

박사학위논문

인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기 심리학적  
요인에 따른 학생의 물리 개념 변화 특성

Characteristics of Students' Conceptual Change in  
Physics by Anxiety Types in Cognitive Conflict and  
Motivation Psychological Factors of Attributions

한국교원대학교 대학원

물리교육전공

김연수

2002년 8월

인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기 심리학적  
요인에 따른 학생의 물리 개념 변화 특성

Characteristics of Students' Conceptual Change in  
Physics by Anxiety Types in Cognitive Conflict and  
Motivation Psychological Factors of Attributions

지도교수 권 재 술

이 논문을 교육학 박사학위 논문으로 제출함

한국교원대학교 대학원

물리교육전공

김 연 수

2002년 8월

김연수의

교육학 박사학위 논문을 인준함

심사 위원장 인

심 사 위 원 인

심 사 위 원 인

심 사 위 원 인

심 사 위 원 인

한국교원대학교 대학원

2002년 8월

# 목 차

논문요약 .....	vii
I. 서 론 .....	1
1. 연구의 필요성 및 목적 .....	2
2. 연구 문제 .....	5
3. 용어의 정의 .....	8
4. 연구의 제한점 .....	11
II. 이론적 배경 .....	14
1. 구성주의와 과학교육 .....	14
가. 구성주의 .....	15
나. 구성주의와 과학교육 연구 .....	17
다. 개념 변화 .....	22
2. 인지갈등과 개념 변화 .....	27
가. 인지갈등의 정의와 배경 .....	27
나. 인지갈등 연구의 틀 .....	35
다. 인지갈등 상황에서 불안 .....	44
라. 인지갈등과 과학 개념 변화 .....	51
3. 동기 이론에서 귀인 .....	57
가. Weiner의 귀인이론 .....	59
나. 물리 개념 변화에서 귀인 특성 연구 .....	62
4. 학습동기, 학습전략, 학습의지와 개념 변화 .....	63
가. 학습활동에서 의지조절 .....	65
나. 인지갈등 연구에서 동기와 의지 .....	73
III. 연구 방법과 절차 .....	83
1. 연구 맥락 .....	84
가. 기초 역학 강좌 .....	84
나. 연구 참여자 .....	85
다. 강의에 대한 학생의 평가와 이미지 .....	86

2. 연구 절차 .....	89
가. 기초연구 .....	89
나. 본 연구 .....	91
3. 자료 수집 .....	94
가. 사례제시면담과 인지갈등의 불안 유형 .....	95
나. 개념 변화 유형과 1차 평가와 2차 평가 .....	100
다. 반구조화된 성·패 귀인 면담 .....	101
라. 직접 관찰과 문서자료 .....	103
4. 자료 처리와 분석 방법 .....	103
가. 사례제시면담과 인지갈등의 불안 유형 .....	104
나. 개념 변화 유형과 1차 평가와 2차 평가 .....	106
다. 반구조화된 성·패 귀인 면담 .....	108
IV. 연구 결과 및 논의 .....	114
1. 인지갈등 상황에서 불안 유형 .....	114
가. 인지갈등 상황에서 불안 반응 .....	115
나. 인지갈등 상황에서 불안 유형 .....	148
다. 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특성 .....	151
2. 개념 변화 유형에 따른 귀인의 동기 심리학적 요인 분석 .....	171
가. ‘과학개념 지속형’의 귀인 분석 .....	173
나. ‘오개념 회귀형’의 귀인 분석 .....	179
다. ‘오개념 회귀·과학개념 발전형’의 귀인 분석 .....	192
라. ‘오개념 혼합형’의 귀인 분석 .....	199
마. 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심리학적 요인 분석 종합 .....	219
3. 불안유형과 귀인 특성에 근거한 인지갈등 전략 개발에 시사점 .....	223
V. 요약 및 결론 .....	230
1. 요약 .....	230
2. 결론 .....	234
3. 제언 .....	236
참고 문헌 .....	238
ABSTRACT .....	252

부 록 .....	254
부록 I. 인지갈등 검사 도구 .....	254
부록 II. 면담을 통한 개념 이해 성·패 귀인 검사 질문지 .....	259
부록 III. 기초역학 형성 평가 문항 .....	261
부록 IV. 기초역학 기말 평가 문항 .....	262
부록 V. 기초 역학 강의 평가 설문지 결과표 .....	265
부록 VI. 기초역학 강좌 수업 절차 .....	266
부록 VII. 기초역학 강좌에 참여한 한 학생이 보낸 편지 .....	267
부록 VIII. 면담 프로토콜 예시 .....	269

## 표 목 차

표 II-1. 외국의 과학 교육 연구 동향(Mintzes & Wandersee, 1998) .....	20
표 II-2. 다양한 연구자에 따른 개념 변화 유형 (Harrison et al., 1999) .....	22
표 II-3. 변칙사례에 대한 반응 유형(Chinn & Brewer, 1998) .....	40
표 II-4. 동기에 대한 네 가지 관점(Woolfolk, 2001) .....	57
표 II-5. 성취와 관련된 행동에 관한 주요 귀인의 차원 .....	61
표 II-6. 개념 변화 과정과 관련된 교실맥락 요인, 동기 요인, 인지 요인 .....	63
표 III-1. 기초 역학 수업에 대한 건의 사항과 이미지 .....	87
표 III-2. 1차 평가와 2차 평가 결과에 따른 개념 변화 유형 .....	107
표 III-3. ‘성분 분석’ 방법을 이용한 분석의 예 .....	109
표 III-4. 동기전략과 학습전략의 예 .....	112
표 III-5. 학습의지전략의 예 .....	113
표 IV-1. 인지갈등의 불안 유형에 따른 학생 분포 .....	149
표 IV-2. 인지갈등의 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특징 .....	153
표 IV-3. 인지갈등의 불안 유형에 따른 개념 변화 결과 .....	155
표 IV-4. 개념 변화 유형과 사례 학생 .....	172
표 IV-5. 학생 8번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석 .....	175
표 IV-6. 학생 9번의 세 가지 과제 개념 이해 성공 귀인 성분 분석 .....	178
표 IV-7. 학생 5번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석 .....	181
표 IV-8. 학생 5번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석 .....	184
표 IV-9. 학생 10번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석 .....	189
표 IV-10. 학생 11번의 종이 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석 .....	196
표 IV-11. 학생 11번의 물컵, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석 .....	198
표 IV-12. 학생 2번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석 .....	203
표 IV-13. 학생 2번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석 .....	206
표 IV-14. 학생 3번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석 .....	210
표 IV-15. 학생 3번의 물컵 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석 .....	212
표 IV-16. 학생 6번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석 .....	216
표 IV-17. 학생 6번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인과 물컵 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석 .....	218
표 IV-18. 개념 변화 유형에 따른 개념 이해에 관한 성·패 귀인의 동기 심리학적 특징 .....	220

## 그림 목차

그림 I-1. 인지갈등 유발 단계에서 불안 유형에 따른 개념 변화 가정 .....	6
그림 I-2. 인지갈등이 높은 학생들의 개념 이해에 관한 귀인 분석의 필요성 .....	8
그림 II-1. Piaget의 인지적 평형화 과정(권재술, 1989) .....	30
그림 II-2. Lakatos의 연구 프로그램 .....	32
그림 II-3. 인지갈등 연구의 틀 .....	35
그림 II-5. 도르레 과제의 난이도에 따른 인지갈등 상황 .....	38
그림 II-6. 인지갈등 과정 모형(Lee et al., 1999) .....	43
그림 II-7. 불안의 인지적 평가와 그 표출에 관한 Spielberger의 모형 .....	47
그림 II-8. 인지갈등 상황에서 불안 특성 .....	50
그림 II-9. 동기화에 관한 행동주의와 인지주의 모형 .....	58
그림 II-10. 인간의 동기화 과정에 관한 귀인 모형에서 주요 요인 .....	60
그림 II-13. 정의적 영역과 개념의 특성을 고려한 인지갈등 수업전략의 필요성 ..	81
그림 III-1. 연구 절차 .....	90
그림 III-2. 인지갈등 과제를 이용한 사례제시 면담과 면담학습 과정 .....	92
그림 III-3. 사례제시면담 장면 .....	95
그림 III-4. 책·종이 따로 떨어뜨리기 .....	96
그림 III-5. 책 위에 종이 올려놓고 낙하 .....	96
그림 III-6. 책 위에 올려놓은 종이 .....	96
그림 III-7. 구멍이 있는 물컵을 든 학생 .....	97
그림 III-8. 구멍에서 물이 나오는 물컵 .....	97
그림 III-9. 구멍이 있는 물컵 던지기 장면 .....	98
그림 III-10. 선풍기·수레 과제 .....	98
그림 III-11. 스티로폼 넣기(삽입과제) .....	98
그림 III-12. 로켓 과제(스티로폼 벽이 없을 때와 스티로폼 대고 따라가기) .....	99
그림 III-13. 불안하지 않은 이유에 대한 원인연쇄도형의 예 .....	105
그림 III-14. 선생님에게 질문하지 않는 이유에 대한 원인연쇄도형의 예 .....	110
그림 IV-1. 학생 1번의 종이과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	116
그림 IV-2. 학생 1번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	118
그림 IV-3. 학생 1번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	119
그림 IV-4. 학생 1번의 선풍기 과제 낮은 고민에 관한 원인연쇄도형 .....	120
그림 IV-5. 학생 2번의 종이 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	122
그림 IV-6. 학생 2번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	124

그림 IV-7. 학생 3번의 종이 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	125
그림 IV-8. 학생 3번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	127
그림 IV-9. 학생 3번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	128
그림 IV-11. 학생 4번의 선풍기 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	132
그림 IV-12. 학생 5번의 종이 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	134
그림 IV-13. 학생 5번의 물컵 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	135
그림 IV-14. 학생 5번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	137
그림 IV-15. 학생 6번의 종이 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	139
그림 IV-16. 학생 6번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	141
그림 IV-17. 학생 6번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	142
그림 IV-18. 학생 7번의 종이 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	144
그림 IV-19. 학생 7번의 물컵 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	145
그림 IV-20. 학생 7번의 선풍기 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형 .....	147
그림 IV-21. 인지갈등 상황에서 학생의 불안 유형 .....	148
그림 IV-22. 학생 8번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형 ..	174
그림 IV-23. 학생 9번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형 ..	177
그림 IV-24. 학생 5번의 종이 과제 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형 .....	181
그림 IV-25. 학생 5번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형 .....	183
그림 IV-26. 학생 10번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형 .....	187
그림 IV-27. 학생 11번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형 .....	195
그림 IV-28. 학생 11번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형 .....	197
그림 IV-29. 학생 2번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형 .....	201
그림 IV-30. 학생 2번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형 .....	204
그림 IV-31. 학생 3번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형 .....	209
그림 IV-32. 학생 3번의 물컵 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형 .....	211
그림 IV-33. 학생 6번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형 ..	215
그림 IV-34. 학생 6번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인과 물컵 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형 .....	217
그림 IV-35. 인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기 심리학적 특성에 근거한 인지갈등 관리 과정 .....	224

## 논 문 요 약

# 인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기 심리학적 요인에 따른 학생의 물리 개념 변화 특성

김 연 수

한국교원대학교 대학원 물리교육전공  
(지도교수 권 재 술)

인지갈등이 과학 개념 변화에 중요한 필요 조건이라고 보고한 연구는 많다. 그러나 어떤 갈등 유형이 개념 학습을 촉진시키거나 방해하는가를 구체적으로 탐구한 연구는 찾아보기 힘들다. 또한 인지갈등을 높은 수준으로 경험한 학생이 학습 이후 이해한 과학 개념을 시간이 지난 뒤에 다시 비과학적 개념으로 회귀시키는 이유를 학생과의 구체적인 면담을 통해서 알아본 연구도 거의 없는 실정이다.

그러므로 이 연구에서는 시간의 흐름을 기준으로 다음과 같은 두 가지 연구 문제를 탐구하였다. 첫 번째로 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 높게 일으킨 학생이 인지갈등 유발 단계에서 경험할 수 있는 문제점을 인지갈등의 불안 유형에 초점을 맞추어 알아보았다. 둘째로 높은 인지갈등을 경험한 학생이 개념 학습 이후 이해한 과학 개념을 시간이 지난 후에도 잘 유지하거나 못하는 원인을 학생 면담을 통해서 알아보고 그 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분석하였다. 그리고 이 두 가지 연구 결과를 근거로 인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기 심리학적 특성에 근거한 인지갈등 전략 개발의 시사점을 제안하였다. 이러한 연구 목적을 위해서 질적 연구 방법을 이용하여 교원 양성 대학에서 기초역학을 수강하는 11명의 연구 참여 학생의 면담 자료, 비디오 녹화자료, 문서자료, 관찰기록 등을 분석하였다.

기초역학을 수업하는 기간중 개념 변화를 위해 인지갈등을 일으키는 다양한 인지갈등 과제를 제시하였다. 이 과제 중에서 사례제시면담을 이용하여 제시한 종이·책 낙하 과제, 구멍난 물컵 던지기 과제, 선풍기·수레 과제 등 세 가지 과제

에 초점을 맞추어 연구 결과를 분석하였다. 사례제시면담 과정에서 학생의 사전 예측이 실험 결과와 다른 경우에는 인지갈등 검사도구와 면담을 이용하여 갈등 정도를 측정하였다. 이 과정에서 인지갈등 수준이 높은 학생(인지갈등 요인 중 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인이 높으면서 과제에 따라 ‘불안’ 요인이 높거나 낮은 학생)을 참여자로 불안 유형을 조사하였다. 또한 면담에서 제시한 인지갈등 과제를 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 해결하지 못하는 학생은 스스로 해결할 수 있을 때까지 연구자와 면담 학습을 수행하였다. 그 후 2주 후에 이 세 가지 과제에 관해서 1차 평가와 면담을 하였고, 다시 3주 후 평가에서 2차 평가와 면담을 한 후 각 평가 결과에 대한 개념 이해에 관한 귀인 면담을 수행하였다. 그리고 이 귀인을 동기 심리학(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등)적 관점에서 분석하였다.

이 연구를 통해서 다음과 같은 결과를 발견하였다.

첫째, 인지갈등 요인 중 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인에 높게 반응하는 학생이 다음 네 가지 불안 유형을 보일 때는 높은 불안을 경험하였다. 이 네 가지 유형은 인지갈등 과제의 사전 예측 단계에서 예상되는 결과를 자신의 논리적 오개념으로 설명하며 크게 확신하는 유형(‘논리적 오개념 확신행’), 불일치 상황을 보고도 변인을 추가하여 자신의 생각을 주장하는 유형(‘변인 추가 시도형’), 불일치 상황을 설명할 자신감이 없는 유형(‘자신감 부족형’), 갈등 상황에서 과거경험과 충돌하는 유형(‘과거경험 충돌형’) 등이다.

반면, 이 학생들이 다음과 같은 네 가지 불안 유형을 보일 때는 낮은 불안을 경험하였다. 이 네 가지 불안 유형은 불일치 상황에 대한 사전 예측 결과가 양립되어 있는 유형(‘예측 결과 양립형’), 갈등 상황을 보고 합리적 수정을 바로 하는 유형(‘합리적 수정형’), 실험 결과를 인정하고 교사에 의존해서 해결하면 된다는 타인 의존적 유형(‘타인 의존형’), 불일치 상황을 책에서 읽은 기억이나 수업 시간에 배웠던 과거경험과 융합시켜 합리화시키는 유형(‘과거경험 융합형’) 등이다.

여덟 가지 인지갈등의 불안 유형 중, ‘논리적 오개념 확신행’과 ‘합리적 수정형’은 개념 변화 학습을 촉진시키는 유형으로 나타났으며, 다른 여섯 가지 유형은 인지갈등 전략을 적용할 때 좀 더 구체적인 학습 처치 방법이 필요한 유형으로 확인되었다. 그러므로 이러한 결과는 인지갈등 유발 단계에서 불안 유형의 특징에 따라 그 유형에 적합한 개념 변화 전략이 적용되어야 함을 시사한다.

둘째, 높은 인지갈등을 경험한 학생을 면담 학습 이후 개념 변화 유형에 따라 구분하여 개념 이해에 관한 귀인을 면담한 후, 그 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분

석한 결과는 다음과 같다. 면담 학습 이후 두 번의 평가에서 세 가지 과제를 모두 과학적 개념으로 해결한 학생(‘과학개념 지속형’)은 물리 학습에 대한 내재적 동기를 갖고 있었으며, 학습 활동에서 학습전략과 학습의지전략을 평가 독립적으로 이용하고 있었다. 반면, 두 번의 평가에서 세 가지 과제를 모두 비과학적 개념으로 이해하고 있던 학생은(‘오개념 회귀형’) 두 가지 유형으로 구분할 수 있었다. 첫 번째 유형은 학습에 흥미는 높았으나 학습전략을 관리하고 유지시키는 학습의지전략을 적용하지 못하는 경우였고, 두 번째 유형은 수업 초기부터 물리 학습에 대한 동기가 없었기 때문에 학습의지가 처음부터 부족한 경우였다. 또한 세 가지 과제 중 한 가지 과제를 일차 평가에서 과학적 개념으로 해결하지 못한 학생(‘오개념 회귀·과학개념 발전형’과 ‘오개념 혼합형’)은 학습동기 요인 중 평가 의존적 외재적 동기를 갖고 있었다. 이 학생들은 과제에 대한 목표지향과 동기 특성에 따라 학습전략을 불규칙적으로 활용하였기 때문에 개념을 이해하여 지속시키는 정도가 인지갈등 과제에 따라 다르게 나타났다.

그러므로 불일치 상황에서 인지갈등 수준을 높게 경험한 후 면담 학습을 하였어도 내재적 동기를 갖고 안정된 노력 활동을 통해서 학습전략과 학습의지전략을 사용하지 않으면 개념 이해의 지속성과 맥락 일반성을 성취하기 어렵다는 사실을 확인하였다.

이러한 두 가지 연구 결과를 토대로 인지갈등 수업전략을 적용할 때, 인지갈등 상황에서 불안 유형 특성에 따른 학습 처치의 중요성을 제안하였으며, 학생의 인지갈등 경험 이후 갈등이 건설적으로 관리되기 위해서는 물리 교과에 대한 사전 학습동기와 학습전략 및 학습의지전략의 관리가 필요함을 강조하였다.

※ 본 논문은 2002년 8월 한국교원대학교 대학원위원회에 제출된 교육학 박사학위 논문임.



## I. 서론

1970년대 이후 미국의 과학교육은 행동주의와 경험주의 인식론에서 벗어나 구성주의 인식론에 초점을 맞추었다. 구성주의 인식론에서는 개념을 형성하고 이해하는데 학생의 능동적 역할을 강조한다. 학생은 자신의 대안적 개념을 통해서 자연 현상을 해석하며, 주변 환경과의 끊임 없는 상호작용을 통해서 나름대로의 지식 체계를 구축한다는 것이다. 다시 말해서 개념 형성의 주체는 바로 학생 자신이라고 강조하였다. 이러한 관점은 1980년대 이후 두 가지 측면으로 발전하게 된다. 하나는 과학교육에서 학생들이 갖고 있는 대안 개념의 중요성을 인식하고 학생 개념을 연구하는 풍토로 발전하였고, 다른 하나는 대안 개념을 과학적 개념으로 변화시키는데 도움을 주는 개념 변화 모형의 개발로 이어졌다.

그 이후 개념 변화 모형은 과학을 비롯한 교과 영역에서 전 세계적으로 많은 인기를 누렸으며, 이 모형을 중심으로 학습 효과를 향상시키기 위한 다양한 연구들이 수행되었다. 초기 개념 변화 모형의 이론적 근거는 학생의 개념 변화 조건과 과정을 과학 패러다임의 형성과 발전 과정에서 찾았다. 연구자들은 학습자의 이성적, 인지적 측면을 강조한 개념 변화의 네 가지 조건(자기 개념에 대한 불만족, 과학 개념의 이해 가능성, 그럴 듯 함, 유용함)을 강조하였는데(Posner et al., 1982; Strike & Posner, 1992), 이러한 네 가지 조건의 전제는 학생을 마치 과학 공동체에서 살아가는 작은 과학자로 비유할 수 있다는 것이다.

그러나 기대·가치 이론에 근거한 학습동기 심리학자들은 기존의 개념 변화 모형을 너무 인지적이고 이성적인 측면만을 강조한 차가운 모형이라고 비판하였다. 이들은 학생이 과학자처럼 개념 이해를 위한 목적의식을 갖고 있는 차가운 이성적 존재이기보다는 다양한 동기 프로파일을 갖고 있으면서 주변의 사회적 맥락에 민감하게 영향을 받는 뜨거운 존재라는 것을 강조하였다(Pintrich et al., 1993). 그러므로 이들은 개념 변화 연구에서 동기적 신념(목표, 흥미, 과제 가치, 자기효능감)과 같은 뜨거운 요인이 고려되어야 함을 제안하였다.

이 연구는 개념 변화에 관한 두 가지 관점 중 후자의 관점에서 있다. 그 이유는 이 연구의 기초 연구를 통해서 나타난 결과도 학생의 동기 신념과 학습의지 전략과 같은 특성이 과학 개념 변화에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났기 때문이다(Kim et al., 2001). 두 가지 관점 모두 학생의 개념 변화를 촉진시키는 방법

에 연구의 초점을 맞추고 있으나, 후자의 관점은 학생을 작은 과학자가 아닌 뜨거운 감정과 가슴을 갖고 사회적 문제와 부딪치며 영향을 받고 있는 그 나이 또래의 사회적 존재로 본다.

학생의 과학 개념 변화에 관한 관심이 미국을 중심으로 시작되었지만, 우리의 사회적 맥락에서 중요한 것은 우리가 처해 있는 문제와 우리의 과학교육 현실이다. 입시 중심의 학력 평가 풍토에서 우리 학생들에게 왜 개념 변화가 중요한 것인가? 우리는 개념 변화를 구체적으로 어떻게 정의할 것인가? 학교 현장에서 우리 학생들의 개념 변화를 방해하는 요인은 궁극적으로 무엇인가? 이러한 문제에 대한 해답을 자신이 처한 사회적 맥락 안에서 연구할 때, 국지적 특성에 맞는 이론과 대안을 제시할 수 있을 것이다.

그러나 아직까지 과학교육을 포함하여 우리 교육의 연구 패러다임은 실증주의 방법에 근거한 양적 연구가 대부분을 차지하고 있다. 학생들을 대상으로 한 준실험 연구를 통해서 얻은 통계적으로 유의미한 결과와 유의미하지 않은 결과는 학교 교육 현장에서 학생 소외라는 또 다른 다양한 문제를 만들어 내고 있다(조용환, 1999). 자신이 처한 삶과 현장에서 일상적으로 부딪히는 중요한 연구 문제를 찾아 삶과 연구를 일치시키려는 연구 방법론의 물결이 조용히 일어나고 있다. 그것은 평균화된 점수와 차별화 되고 통제된 피험자의 반응을 통계적으로 구분하는 방법이 아니라 학생과의 대화와 관찰에서 시작하는 질적 연구를 의미한다.

이 연구는 이러한 질적 연구의 관점을 토대로 수행되었다. 이 장에서는 이 연구를 통해서 해결하고자 하는 문제는 무엇이며, 그러한 문제를 해결하는 것이 왜 필요하고 중요한 것인가를 알아보았다. 그리고 이 연구가 질적 연구로서 갖고 있는 한계를 제시하였다.

## 1. 연구의 필요성 및 목적

발달 심리학자들은 자신의 생각과 일치하지 않는 상황을 보았을 때 경험하는 인지갈등이, 다른 사람의 관점을 조절하여 자신의 인지구조를 발달시키는 역할을 한다고 강조하였다. 동기 심리학자들은 인지갈등이 새로운 정보를 탐색하고 이미 알고 있는 지식을 재개념화하도록 동기화시키는 인식론적 호기심을 창출한다고 주장하였다(Johnson et al., 2000). 또한 과학 철학자들은 새로운 과학 이론을 개발

하는 필요조건으로서 기존 이론과 변칙 사례의 갈등 구조를 강조하였으며, 인지심리학자들은 인지갈등이 통찰과 발견을 하는데 필수적인 요인이라고 강조하였다(Gagné et al., 1993).

과학교육에서도 1980년대 초 개념 변화 이론가들이 학생의 대안적 개념을 과학적 개념으로 변화시키는 개념 조절 조건으로서 인지갈등의 중요성을 제안하였다(권재술, 1989, 1992; Posner et al., 1982; Hashweh, 1986; Strike & Posner, 1992). 그리고 그 이후 많은 실험 연구에서 인지갈등을 이용한 개념 변화 전략이 개념 변화에 효과적임을 보고하였다(Druyan, 1997; Niaz, 1995; 차영, 2001; 이영직, 1998; 김범기와 권재술, 1995),

최근 연구에서는 인지갈등이 학생의 학습동기를 유발시키는데 중요한 역할을 한다는 것을 확인하였으며(이경호, 2000), 인지갈등이 개념 변화로 발전하기 위해서는 학생이 '노력'에 관한 관점을 자기조절 학습전략을 활용하는 의미로 사용하도록 도와야 한다고 강조하였다(Kim et al., 2001).

그러나 다른 한편에서는 학생들이 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 경험한다고 해서 항상 건설적인 인지갈등을 경험하는 것은 아니며, 인지갈등 상황에 직면해도 자신의 사전개념을 쉽게 포기하지 않는다는 점을 강조한 연구도 있다. 이와 같은 연구들은 학생의 사전 개념 수준과 동기 유형에 따라 인지갈등이 부정적인 영향을 끼칠 수도 있다고 주장하였다(Limón, 2001; Elizabeth & Galloway, 1996; Dreyfus et al., 1990). 따라서 인지갈등이 과학 개념 변화에 미치는 역할이 긍정적인 것인지 부정적인 것인지에 관한 구체적인 문제는 해결되지 못한 상태이다(Hewson et al., 1998).

한편, 이영직(1998)은 고등학생들을 대상으로 인지갈등과 물리 개념 변화 사이의 관계를 포괄적으로 연구하였다. 그런데 이 연구에서 인지갈등이 높았던 92명의 학생 중 33 명(36 %)은 학습 처치 후 과학 개념으로 변화시킨 후, 1 개월이 지난 후에 다시 비과학적 개념으로 회귀하였다. 그러나 이 연구에서는 인지갈등을 높은 수준으로 경험한 학생들 중 약 36 %의 학생들이 어떠한 이유로 1 개월 후 사후 검사에서 비과학적 개념으로 회귀하였으며, 약 64 %의 학생들은 사후 검사에서도 왜 과학적 개념을 잘 유지하고 있었는가를 연구하진 않았다. 이와 같은 이유를 밝혀본다면 개념 변화에서 인지갈등의 부정적 역할과 긍정적 역할을 규명하는데 중요한 실마리를 찾을 수 있을 것이다.

또한, 이경호(2000)는 인지갈등이 학생의 수업 중 학습동기와 학습전략에 영향을

미친다고 강조하였다. 그러나 이 연구에서는 학습 처치(intervention)방법으로서 인지갈등 전략을 구체적으로 이용한 적극적인 갈등해소에 중심을 둔 것이 아니고, 시범결과의 설명과 읽기 자료를 이용한 단순처치 방법을 이용하였다. 이러한 이유로 수업직후 20 %의 학생들만이 개념을 변화시켰다. 또한 수업 중 학습전략이 직후 개념 변화에 영향을 미친다는 결론을 얻었으나, 어떤 학생은 개념 변화를 위하여 왜 학습전략 사용을 지속시키고, 어떤 학생은 왜 지속시키지 않는가를 연구하진 않았다. 그러므로 인지갈등을 경험한 학생들을 적극적인 면담 학습을 통해서 모두 과학적 개념으로 변화시킨 후, 과학 개념을 성공적으로 유지시키는 경우와 그렇지 못한 경우를 구분하여 그 이유를 면담을 통해서 알아볼 필요가 있다.

이와 같은 연구들을 종합해 보면 어떤 학생들은 왜 놀라운 불일치 상황을 보고 인지갈등을 크게 느껴서 개념 변화에 성공하게 되고, 어떤 학생은 인지갈등을 크게 느껴도 왜 개념 변화에 실패하게 되는가를 구체적으로 알아볼 필요가 있다. 또한 이 학생들이 개념 학습을 통해서 과학적 개념을 이해했음에도 불구하고 시간이 지나면 다시 비과학적 개념으로 회귀하는 이유는 무엇 때문인지 알아볼 필요가 있다.

이와 같은 문제 해결에 접근하는 방법에는 시간의 흐름을 기준으로 두 가지 가정이 있을 수 있다. 첫 번째 가정은 인지갈등을 경험하는 갈등 유발 단계에서 찾을 수 있으며, 두 번째 가정은 개념 학습을 한 이후, 학습한 과학 개념을 건설적으로 관리하고 유지하는데 실패하는 데서 그 원인에서 찾을 수 있다.

연구자는 첫 번째 문제를 인지갈등 검사도구의 구성 요인을 분석함으로써 해당 실마리를 찾을 수 있다고 생각한다. Lee 등(1999)은 문헌연구와 요인분석을 통해서 인지갈등을 구성하는 요인을 네 가지로 정의하였다. 이 네 가지 요인은 인지갈등 상황에 대한 '인식', '흥미', '불안', '재평가'이다. 자신의 예측과 다른 정보나 상황에 직면한 학습자가 그 상황을 보고 자신의 예측 결과와 다른 결과라는 사실을 잘 '인식'하고, 더 많은 '흥미'를 보이고, 더 '불안'해하며, 더 '재평가'해보고 싶은 마음의 강도가 크면 클수록 이 학습자의 인지갈등 정도는 높게 나온다. 이 네 가지 요인 중 '인식', '흥미', '재평가'는 학습동기를 유발시켜 학습의지를 일으키는 데 긍정적 역할을 한다고 볼 수 있다. 그러나 '불안' 요인은 학습자의 자신감이나 그 당시 갖고 있는 자기 개념에 대한 신념 등 여러 특성에 따라 부정적 요인으로 작용하거나 긍정적 요인으로 작용할 수 있다.

Dreyfus 등(1990)은 사전 지식이 부족한 학생이 인지갈등 상황을 대면하게 되면 불안을 느낄 수 있다고 제안했으며, 박종원 등(1993)은 불일치 상황에 대면한

학생들이 다른 변인을 언급하면서 인지적 혼란을 겪는 경우가 있음을 보고하였다. 그러나 이 두 경우, 사전지식이 부족하여 자신감이 없기 때문에 심리적인 불안을 느끼는 경우하고, 불일치 상황을 보고 다른 변인을 도입하여 인지적으로 혼란스럽기 때문에 불안해지는 것은 개념 변화 학습을 하려는 의지에 서로 다른 영향을 미칠 수 있다. 또한 최근에 Kwon 등(2000)은 고등 학생을 대상으로 수행한 연구에서 인지갈등 유형으로 인지적 요소인 '인식'과 '재평가' 요인이 높고, 정의적 요소인 '흥미' 요인이 높고 '불안' 요인이 낮은 유형이 긍정적인 개념 변화 반응과 관련될 것으로 제안하였다.

이와 같이, 인지갈등 상황에서 '불안' 요인이 개념 변화에 미치는 영향에 대해서 연구자마다 의견이 일치하지 않고 있다. 그러므로 높은 인지갈등을 경험하는 학생들의 불안 유형을 밝혀 보고, 학생의 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특성을 알아볼 필요가 있다. 이러한 연구 결과는 인지갈등 상황에서 개념 변화에 바람직한 갈등 유형과 바람직하지 않은 갈등 유형을 구분하는데 도움을 줄 것이며, 학습동기 형성 단계에서 인지갈등 전략을 적용할 때 고려해야 할 또 다른 중요한 시사점을 제공할 것이다.

또한, 두 번째 가정에 대한 확인으로서 높은 인지갈등을 경험한 이후, 학습한 과학 개념을 시간이 지난 후에도 잘 이해하고 있는 원인과 잘 이해하지 못하고 있는 원인을 학생이 어떻게 인식하고 있는가를 구체적인 면담을 통해서 알아보고, 그 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분석해 볼 필요성이 있다. Kim 등(2001)은 학생의 물리 개념 이해에 관한 성공과 실패의 원인에 관한 신념, 즉 귀인을 동기 심리학적 관점으로 분석함으로써 학생의 자기 조절적 특성(학습동기, 학습전략, 학습의 지전략 등)을 알 수 있다고 제안하였다. 이와 같이 학생의 물리 개념 이해에 관한 귀인을 자기 조절적 특성에 근거하여 분석해 본다면, 교사가 인지갈등 전략을 적용한 이후 학생의 개념 이해를 지속시키기 위해서 좀 더 고려해야 할 학습자 특성은 무엇인지 알아볼 수 있을 것이다.

## 2. 연구 문제

연구의 목적과 필요성에서 제시하였듯이 첫째, 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 크게 경험한 학생들의 인지갈등 유발 단계에서의 문제점을 불

안 유형에 초점을 맞추어 알아볼 필요성이 있다. 둘째, 높은 인지갈등을 경험한 이 학생들이 개념 학습 이후 시간이 지난 후에 학습한 개념을 잘 지속시키지 못하는 원인과 잘 지속시키는 원인을 구체적인 학생 면담을 통해서 알아볼 필요성이 있다.

### 가. 인지갈등의 불안 유형과 물리 개념 학습 과정의 특징

먼저 첫 번째 연구 목적과 관련된 연구 문제의 이해를 돕기 위하여 그림으로 제시하면 다음 그림 I-1과 같이 표현할 수 있다.

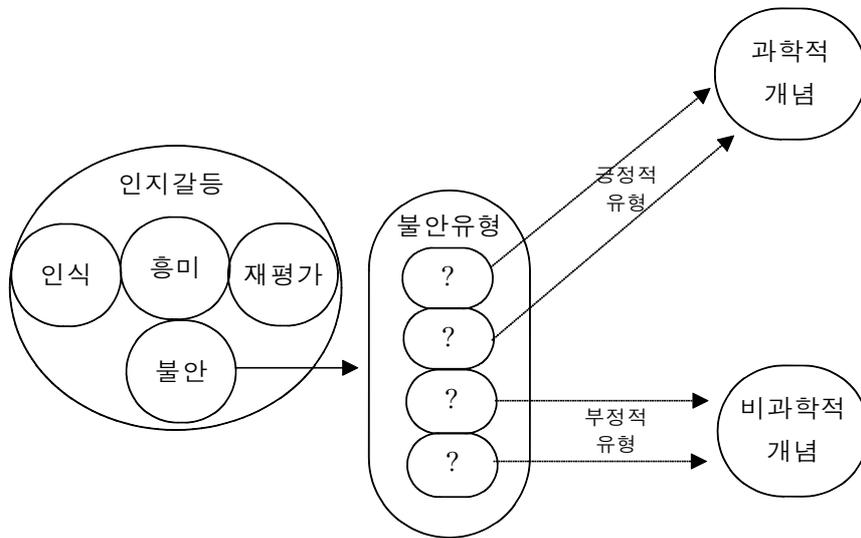


그림 I-1. 인지갈등 유발 단계에서 불안 유형에 따른 개념 변화 가정.

학습자는 일반적으로 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 경험할 때 인지갈등을 경험한다. 그림 I-1에서 제시된 바와 같이 인지갈등을 구성하는 요인은 갈등의 ‘인식’, 갈등 상황에 대한 ‘흥미’, 갈등 상황에서의 ‘불안’, 갈등 상황의 ‘재평가’ 등 네 가지 요인이다. Kwon 등(2000)은 이 네 가지 요인 중, ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인은 개념 변화에 긍정적 요인으로 보았다. 그러나 인지갈등 유발 단계에서 ‘불안’ 요인은 학습자의 불안 유형에 따라 개념 변화를 촉진시킬 수도 있고 방해할 수도 있는 이중적 성격을 지니고 있다. 따라서 인지갈등의 구성 요인 중 인식, 흥미, 재평가 요인이 높더라도 불안 요인에 반응하는 유형에 따라 개념 변화에 미치는 영향은 다르게 나타날 가능성이 있다.

그러므로 이와 같은 첫째 연구 목적을 달성하기 위해서 설정한 세부적인 연구 문제는 다음과 같다.

연구 문제 1

- 불일치 상황에서 인지갈등의 구성 요인인 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인을 비롯해서 ‘불안’ 요인에도 높게 반응하는 학생의 불안 유형에는 어떤 유형이 있는가?
- 불일치 상황에서 인지갈등의 구성 요인 중 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인에는 높게 반응하나 ‘불안’ 요인에는 낮게 반응하는 학생의 불안 유형에는 어떤 유형이 있는가?

연구 문제 2

- 인지갈등의 높은 불안과 낮은 불안을 경험할 때 나타나는 불안 유형 중 물리 개념 변화를 촉진하는 긍정적 유형과 개념 변화를 방해하는 부정적 유형은 무엇인가?

나. 물리 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심리학적 특성

또한 두 번째 연구 목적으로서 높은 인지갈등을 경험한 이 학생들이 개념 학습 이후 시간이 지난 후에도 이해한 개념을 잘 유지시킨 원인과 유지시키지 못한 원인을 구체적인 학생 면담을 통해서 알아보고, 학생이 인식하고 있는 귀인을 동기 심리학적 요인에 따라 분석해 볼 필요성이 있다. 이와 같은 두 번째 연구 목적과 관련된 연구 문제의 이해를 돕기 위해서 그림으로 제시하면 다음 그림 I-2와 같이 표현할 수 있다.

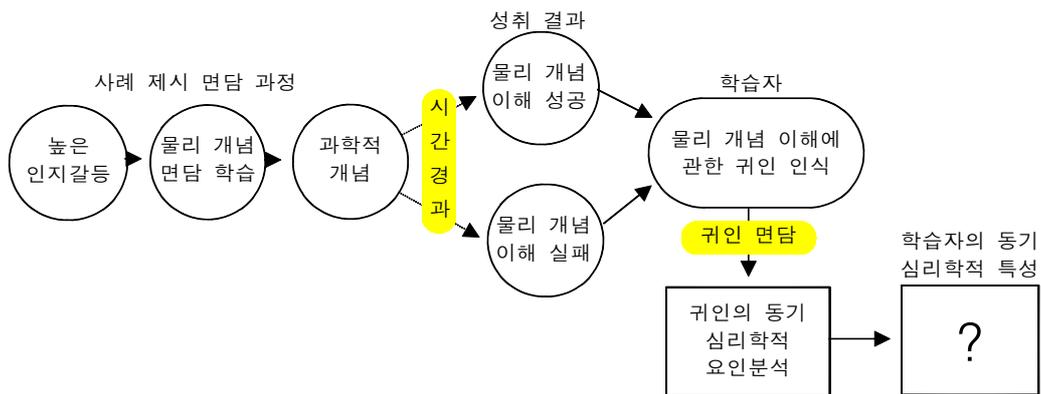


그림 I-2. 인지갈등이 높은 학생들의 개념 이해에 관한 귀인 분석의 필요성.

그림 I-2에서와 같이 높은 인지갈등을 경험한 학생들을 교사와의 면담 학습을 통해서 비과학적 개념에서 과학적 개념으로 이해시킨 후, 시간이 지난 후에 개념 이해 정도를 평가한다. 그 후, 면담을 통해서 개념 변화 유형별로 학생의 개념 이해에 관한 성공과 실패 귀인을 확인하여, 그 귀인을 동기 심리학적 요인(학습동기, 학습전략, 학습의지전략)에 따라 분석한다. 이러한 과정을 통해서 학생이 개념 이해를 유지하고 보호하는데 바람직한 요인과 방해되는 요인이 무엇인지 알아볼 필요가 있다. 이와 같은 연구 목적을 위해서 다음과 같은 세부적인 연구 문제를 설정하였다.

#### 연구 문제 3

- 높은 인지갈등을 경험한 학생들을 개념 변화 유형별로 구분하여 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 동기 심리학적 요인을 기준으로 분석했을 때 나타나는 심리학적 특징(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등)은 무엇인가?

#### 연구 문제 4

- 물리 개념 학습에서 인지갈등의 불안 유형과 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심리학적 요인 분석 결과를 통해서 확인된 특징은 인지갈등 전략을 적용할 때 고려해야 할 사항으로 무엇을 시사하는가?

### 3. 용어의 정의

학생의 과학 개념 변화에 관한 연구에서 연구자마다 다양한 용어를 정의하여 사용하고 있다. 때로는 비슷한 현상을 연구자마다 다양하게 정의하는 것이 연구의 본질을 이해하는데 어려움을 가중시키기도 한다. 본 연구의 이해를 돕기 위해 연구에서 사용한 중요 용어의 정의된 뜻을 밝힌다.

#### 가. 인지갈등

인지구조와 환경 또는 인지구조와 인지구조 사이의 비평형 상태이다. Lee 등(1999)은 인지갈등 상태를 불일치 상황의 ‘인식’, ‘흥미’, ‘불안’, ‘재평가’ 등 네 가지

요인으로 구성되었다고 정의하고, 각 요인의 세기를 합한 결과에 따라 인지갈등의 정도가 결정된다고 제안하였다.

## 나. 불 안

이 연구에서 불안은 Lee 등(1999)이 개발한 인지갈등 검사 도구에서 정의하는 ‘불안’ 개념을 의미한다. Lee 등(1999)은 “학생이 불일치 상황을 보고 혼란스럽고, 이 상황을 해결할 수 없어 고민이 되고, 결과의 이유를 이해할 수 없어서 답답한 상태”를 Anderson(1981)이 제안한 정의적 특성 분류 기준에 따라 ‘불안’ 상태로 정의하였다.

불안은 일반적으로 안정적 성격 특성인 특성불안(trait anxiety)과 일시적인 정서적 상태인 상태불안(state anxiety)으로 구분된다(Spielberger & Vagg; 1995).

일반적으로 간단한 질문을 던지는 상황까지 포함하여 성취 맥락에서의 불안(시험 불안이라고도 한다.)은 두 가지 요인으로 나눌 수 있는데, 한 가지 요인은 인지적 요인이고 다른 하나는 정서적 요인이다(Spielberger & Vagg, 1995; Sarason & Sarason, 1990). 인지적 요인은 성공에 대한 부정적 기대와 자신의 수행에 대하여 걱정과 고민을 하는 상태 등을 포함하며, 정서적 요인은 식은땀이 나거나 심장박동이 빨라지는 것과 같은 생리적 반응을 포함한다. 따라서 자신의 예측이 맞는지 틀리는지 평가되는 상황에서 여러 가지 생각으로 인해서 혼란스럽고, 해결할 수 없어서 고민이 되며, 이해할 수 없어서 답답한 상태는 불안의 인지적 요인이라고 볼 수 있다.

## 다. 귀 인

귀인(歸因, attribution)이란 사람이 갖고 있는 성취 결과의 원인에 대한 인식을 의미한다. 따라서 이 연구에서는 두 번의 물리 개념 평가 결과에 대하여 학생이 갖고 있는 성취 결과의 원인에 대한 인식을 ‘귀인’ 이라고 정의하였다. Kim 등(2001)은 학생의 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 심리학적으로 분석함으로써 학생의 자기조절적 특성(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등)을 알 수 있다고 제안하였다. 이 연구에서는 귀인 이론에서 다루는 정서적 반응보다는 학생이 갖고 있는 인과적 귀인을 동기 심리학적 관점(학습동기, 학습전략, 학습의지전략)에 근거하여 분석하는데 초점을 맞추었다. 동기에 대한 인지적 관점에서는 학생의 성취 행동을 이

해하는데 행동주의적 관점에서 간과하는 원인에 대한 사고 과정과 정서를 중요시하며, 인지갈등과 인과적 귀인이 동기화에 중요한 역할을 한다고 강조하였다(Gagné et al., 1993).

#### 라. 학습동기

이 연구에서 학습동기는 동기에 대한 사회·인지적 관점 중 기대·가치 이론에 근거한다. 기대 요인은 과제를 수행할 수 있는 능력에 대한 신념이며 가치요인은 과제의 중요성과 흥미에 대한 목표와 신념을 의미한다. 기대 요인으로는 자신의 능력에 대한 지각, 자기 효능감, 통제 소재 등을 들 수 있으며, 가치 요인으로는 학습 목표와 수행 목표, 내적 지향과 외적 지향(내재적 동기와 외재적 동기), 과제 가치, 흥미 등을 들 수 있다(Pintrich et al., 1993).

#### 마. 학습전략

학습전략은 학습 목표에 도달하기 위한 일반적인 공부 기술을 의미한다. 학습전략의 분류 방법은 학자들마다 다양하나, 이 연구에서는 크게 인지와 메타인지 전략, 원천관리 전략으로 구분하였다. 여기서 인지와 메타 인지전략의 하위 요인은 시연, 정교화, 조직화, 비판적 사고, 메타 인지적 자기조절 등으로 구분하였고, 원천관리 전략은 시간과 공부환경, 노력조절, 동료 학습, 도움 찾기 등으로 구분하였다(Pintrich et al., 1993a).

#### 바. 학습의지전략

학습의지전략은 선택한 목표달성을 위해 학습할 동기(목표, 기대, 가치)를 보호하고 학습활동을 유지하도록 하는 행동 조절을 의미한다. 이와 같은 행동 조절의 과정에는 주의조절, 부호화 조절, 정서조절, 환경조절 등이 하위 과정에 속한다(Kuhl, 1985; Corno, 1993). 이 연구에서는 학습의지전략이 학습동기와 정서를 조절하기 위한 전략을 의미하며, McCann과 Carcia(1999)의 정의에 따른다. 이들은 학습의지전략의 요인을 자기효능감 강화(self-efficacy enhancement), 스트레스 감소 행동(stress reduction), 부정적 결과회상(negative-based incentives) 등으로 나누었다.

#### 4. 연구의 제한점

이 연구는 질적 연구방법으로 수행한 연구로서 연구의 일반화 문제와 가설설정 및 이론에 관한 문제에 대하여 양적 연구에서 정의하는 개념과는 다른 관점을 지지한다. 양적 연구에 길들여진 우리 학문 풍토에서 이 연구의 특수성을 이해하기 위해 연구의 일반화 문제와 가설 설정 및 이론에 관한 문제에 대하여 이 연구에서 지지하는 관점을 아래와 같이 제시하였다.

##### 가. 연구의 일반화 문제

일반화는 모집단(전집)과 선택집단(표집)의 체계적 관계를 전제로 할 때 가능한 것이다. 그러나 질적 연구에서는 모집단과 선택집단을 설정하는 방식이 양적 연구와는 다르다. 질적 연구에서는 모집단을 소규모로 설정하고 그 모집단의 모든 사례를 총체적으로 연구하거나, 양적 연구의 ‘확률적 표집(probabilistic sampling)’과 성격이 다른 ‘준거적 선택(criterion based selection)’을 통해서 연구사례를 선정한다(조용환, 1999). Goetz와 LeCompte (1984)는 질적 연구의 목적과 현장의 특성에 따라서 열 가지 준거적 선택이 가능하다고 제안하였는데 이 연구에서는 그 중 ‘연계적 사례 선택(progressive and sequential selection)’ 방법을 사용하였다. ‘연계적 사례 선택’은 한 사례나 몇 가지 사례를 선택한 다음 그 사례와 다르거나 대립적인 사례를 연구상황에 맞추어 연속적으로 선택하는 경우를 말한다. 이 연구에서의 사례 선택 방법은 연구방법에서 구체적으로 제시하였다.

이와 같이 준거적 선택은 확률적 표집과는 성격이 다르다. 확률적 표집은 연구계획에서 일회적으로 이루어 이루어지지만, 준거적 선택은 연구과정 내내 연구 상황에 따라 지속적으로 이루어진다. 표집은 일방적으로 이루어지지만, 선택은 연구자가 연구참여자와 상의 또는 협상을 하면서 이루어진다. 또한 표집은 사례들의 내용적 등가성을 전제로 하지만 사람을 사례로 할 때 이러한 전제는 쉽게 성립하지 않는다.

양적 연구를 대표하는 실험연구에서는 ‘만약 다른 조건이 동일하다면’이라는 전제를 설정한다. 따라서 한 실험의 결과를 다른 일반적 상황에 적용하는 것 자체가 근본적인 한계를 갖고 있다. 왜냐하면 인간의 생활 세계에서는 ‘만약 다른 조건이 동일하다면’이라는 실험적 전제가 성립하기 어렵기 때문이다.

그러므로 양적 연구의 패러다임을 근거로 정의한 일반화 개념을 질적 연구에

그대로 적용하기는 힘들다. 다시 말해서 인간을 대상으로 한 모든 통계적 분석은 조사대상의 일부특성을 인위적으로 분리하여 수량화하는 데서 발생하는 생태학적 오류를 피할 수 없다(조용한, 1999). 따라서 양적 연구가 선호하는 ‘법칙 설정적 접근’과 질적 연구가 선호하는 ‘개별 기술적 접근’은 보완적 역할 분담의 관계를 갖는다고 볼 수 있다.

## 나. 연구 가설과 이론

양적 연구에서는 연구자가 연구계획에서 가설을 설정하고 그 가설을 검증하기 위해서 자료를 수집하고 분석한다. 이러한 검증 방식은 실증주의와 후기 실증주의 패러다임에 근거한다(Guba & Lincoln, 1994). 그러나 질적 연구에서는 이와 같이 ‘검증을 위한 가설’을 연구에 앞서 설정하지 않는다. 보다 엄밀히 말해서 질적 연구에서는 이러한 가설을 가질 수 없다. 물론 어떤 연구에서도 연구문제가 없는 연구는 없다. 문제는 그 연구 문제와 관련된 가설을 갖느냐 갖지 않느냐가 아니고, 한 번 설정한 가설을 수정할 수 있는가 아니면 그 검증여부만 확인하느냐이다. 양적 연구와 달리 질적 연구에는 연구 도중에 잠정적 가설들을 부단히 형성, 기각, 수정, 재해석할 수 있다(조용한, 1999). 양적 연구는 설정한 문제와 가설을 설계한 방법에 따라 조사한다. 따라서 연구 도중에 돌출 되는 ‘예기치 않은 현상’에 대해서는 자료해석에서 제외시키거나 회피하고 체계적인 설명을 제시하지 않는다. 다시 말해서 연구 도중에 발견되는 새로운 변수 또는 뜻밖의 변수에 대해 양적 연구는 회피하는 입장을 취한다. 반면 질적 연구는 이러한 특정 상황이나 변수를 수용하여 연구 자체를 재조정하는 열린 자세를 취한다. 이 점에서 양적 연구는 독창적인 지식이나 변형적인 현상을 발견하는 데 취약한 단점을 갖고 있다.

질적 연구에서 가설을 갖지 않고 연구에 임한다는 말은 자신의 가치와 지식을 최대한 유보한 채 무지의 상태에서 현상을 관찰한다는 말이다. 마치 호기심이 왕성한 어린이처럼 미련스럽고 집요하게 질문을 하는 모습이 질적 연구자의 모습이며 이 과정에서 새로운 것을 발견할 수 있다. 이와 같은 연구 전통은 질적 연구가 문화기술적 연구에 뿌리를 두면서 형성된 것이다.

질적 연구에서 가설 설정에 대한 관점과 더불어 이론 문제에 관해서도 유사하게 논의를 전개할 수 있다. 양적 연구에서는 이론을 뒷받침하는 자료를 구하는 반면에 질적 연구에서는 자료에 맞는 이론을 모색한다(Goetz & LeCompte, 1984).

조용한(1999)에 따르면 양적 연구는 기존의 학문세계에서 연구자가 선택하거나 새롭게 설정한 ‘이론의 실제 적합성’을 확인하는데 치중하므로, 이론이 ‘위에서 밑으로 적용된다’고 말할 수 있다. 반면에 질적 연구에서는 연구자가 경험하는 ‘실제의 이론적 해석’을 시도한다. 따라서 질적 연구에서는 이론이 ‘밑에서 위로 형성된다’고 할 수 있다.

예를 들어 양적 연구는 선행연구 분석을 통해서 개념 변화를 촉진시키는 물리 개념 변화 전략에 대한 구조 방정식 모형을 먼저 세우고 그 구조 방정식이 유의미한가를 경로분석 결과에 근거한 통계적 자료를 이용하여 검증하는데 초점을 맞춘다. 반면 질적 연구는 학생의 학습환경 속으로 들어가 참여 학생의 학습과정을 관찰하고 면담하며 자료일지 등을 분석하고 다시 분석 결과의 피드백 과정을 종합하여 학생의 개념 변화 과정을 설명하고 촉진시키는 모형을 제안한다. 이처럼 양적 연구가 연역적 접근을 취하는 데 비해서 질적 연구는 귀납적 접근을 취한다고 볼 수 있다. 질적 연구의 이론이 자료에 기반을 둔 이러한 특성을 강조하여 ‘현장이론(grounded theory)’이라고 강조하기도 한다(Glaser & Strauss, 1967).

양적 연구에서 이론은 대부분 연구자가 현장 바깥 학문세계에서 가져오는 경우가 많다. 질적 연구자 역시 학문세계의 이론을 외면하지는 않지만, 가급적 자신이 속한 현지 세계의 내부에 존재하는 민속적 이론을 최대한 발견하고자 한다. 과학 교육에서 학생의 학습과 개념 이해 현상은 우리 문화와 교육환경의 맥락에서 일어나는 것이다. 이러한 이유 때문에 우리의 교육환경과 맥락에서 일어나는 과학 개념 변화의 문제점과 과학 학습의 특수성을 고려한 이론을 제시하는 데 질적 연구가 필요하다고 생각한다.

연구자는 한 가지 현상에 대하여 여러 가지 다른 이론이 얼마든지 제시될 수 있으며, 연구는 하나의 정통적인 이론을 학습하는 것이 아니라 가능한 여러 이론을 고찰하여 그 타당성을 다각도로 검토하는 일이라고 생각한다. 불일치 상황에서 학생의 불안 유형과 물리 개념 이해에 관한 귀인 특성을 질적 방법을 이용하여 연구함으로써 우리 학생의 특성을 고려한 인지갈등전략 모형을 제시하는 것은 질적 연구의 특징에 비추어 적합한 연구과제라 생각한다.

결론적으로 앞에서 문제를 제시한 양적 연구의 관점에서 질적 연구의 일반화 가능성을 논의하려 한다면 사례 연구에서 밝혀진 모형을 토대로 합리적인 확률적 표집을 고려한 새로운 양적 연구를 수행해야 한다.

## II. 이론적 배경

이 장에서는 이 연구의 주요 이론적 배경이 된 개념과 문헌 연구의 결과를 정리하였다. 먼저 첫 번째 장에서는 1980년대 이후 과학교육 연구에 큰 영향을 미친 구성주의의 정의와 관점에 관해서 알아보았고, 구성주의 철학에 근거한 과학교육 연구를 개관하였다. 또한 연구 방법과 철학에서 양적 연구를 보완할 수 있는 질적 연구의 특징을 소개하였고, 과학 개념 변화를 연구자에 따라 어떻게 정의하고 있는지 알아보았으며, 인지중심의 개념 변화 모형의 문제점을 정리하였다.

두 번째 장에서는 이 연구의 중심 주제인 인지갈등의 정의와 인지갈등 연구의 배경을 알아보았고, 인지갈등 상황에서 학생의 반응 특성 연구를 종합하여 제안된 인지갈등 과정 모형을 제시한 후, 갈등 상황에서 불안의 정의와 불안 유형 연구의 중요성을 살펴보았다. 또한 이 장에서는 과학 개념 학습에서 인지갈등과 개념 변화 사이의 관계를 연구한 문헌을 소개하였다.

세 번째 장에서는 이 연구의 두 번째 연구 주제와 관련된 학습동기 이론 중 Weiner의 귀인 이론을 정리하고, 물리 개념 학습에서 개념 이해에 관한 성·패 귀인의 동기 심리학적 요인 분석의 중요성을 강조하였다.

마지막 장에서는 과학 개념 변화 과정에 중요한 영향을 미칠 수 있는 변인으로 학습동기와 학습의지를 소개하고, 이 변인과 관련된 개념 변화 연구를 정리하였으며, 인지갈등 전략 적용을 적용할 때 이 변인들이 미치는 영향에 대하여 시사점을 논의하였다.

### 1. 구성주의와 과학교육

구성주의는 현재 심리학과 인식론 및 교육 분야에서 폭넓고 방대한 영역을 구축하고 있으며, 철학자, 교육 과정 개발자, 심리학자, 교육학자 등 다양한 연구자들에 의해서 폭넓게 사용되는 용어이다(von Glaserfeld, 1997). 구성주의라는 용어를 사용하는 대부분의 연구자들은 학습자가 개인적·사회적 활동을 통해서 의미를 만들며 학습이 이루어지도록 하는데 주체적 역할을 한다고 강조한다. 구성주의적 관점은 Piaget, Vygotsky, Bartlett, Bruner, John Dewey, 게슈탈트 심리학 등

의 연구를 기초로 하고있다. 이 장에서는 구성주의 정의와 구성주의가 연구 철학과 연구 방법론에서 과학교육에 끼친 영향을 알아보고, 구성주의적 관점에서 개념 변화를 학자에 따라 어떻게 정의하고 있는지 정리하였다.

## 가. 구성주의

구성주의란 지식에 대한 또 다른 인식론적 담론이다. 구성주의에서는 지식을 개인과 독립적으로 존재하는 것으로 보지 않으며, 환경과의 상호작용을 통해서 개인이 주체적으로 지식을 구성한다는 점을 강조한다. 또한 지식의 구성과정에서 개인의 능동적 참여뿐만 아니라 사회적 맥락 안에서 상호작용이 중요함을 강조한다. 지식의 성격에 대한 구성주의 논의는 18세기 Berkely와 Vico에 의해서 시작되었으며(이명숙, 1998, von Glasersfeld, 1989), Kant와 Piaget의 지식에 대한 관점에서도 이러한 논의를 찾을 수 있다(Matthew, 1994; von Glasersfeld, 1989).

Gergen(1995)는 지식의 두 가지 전통으로 세계를 중심으로 보는 외인적(exogenic) 입장과 인간의 정신을 중심으로 보는 내인적(endogenic) 입장을 소개하였다. 외인적 입장에서 지식은 물질로 대표되는 외부세계와 인지적이고 주관적이며 상징적 또는 현상적인 심리 체계를 구별하는 이분법을 인정한다. 이 관점에서 개인의 내적 상태가 외부의 존재를 반영할 때 지식은 형성된다. 즉 개인은 ‘내적 지도(internal map)’를 지니고 있어 자신의 성공적인 개념 형성 방법을 추구한다. 이와 같이 외인적 입장에서 먼저 세계가 주어지고 정신은 세계를 정확하게 반영할 때 가장 잘 형성된다는 관점을 지지한다. 반면 내인적 입장에서는 지식은 인간의 정신 지향적 산물임을 강조한다. 내인적 입장도 외인적 입장과 마찬가지로 정신과 세계는 별개이며 지식은 정신 상태라는 점을 강조함으로써 역시 이분법적 해석에 기초한다.

지식에 대한 입장이 내인적인가 외인적인가에 따라 교육의 실체는 달라진다. 외인적 입장은 학생을 백지 상태로 간주하여 학습에서 정보의 습득을 강조한다. 이에 따라 학생의 직접 관찰과 경험을 중시하며, 직접 관찰을 통해서 얻지 못하는 방대한 양의 지식을 얻을 수 있는 수단으로서 교재와 강의 중심의 수업을 강조한다. 따라서 평가는 정형화되고 통계적인 처리로 이루어진다. 반면에 내인적 입장

은 학생의 이성을 강조하여 정보에 대한 사고 방식을 중요시한다. 이에 따라 사고력을 키워주는 수학, 철학, 외국어가 학습의 중심이 되며, 강의보다는 토론 중심의 수업이 이루어진다. 따라서 평가는 논술시험과 보고서의 형태인 질적 평가가 이루어진다.

구성주의는 이와 같은 지식의 전통적 관점인 내·외인적 관점을 데카르트 식의 이분법이라 규정하고 이에 반대한다. 구성주의에서는 지식이란 아는 과정을 말하며 지식이 어떤 독립적 세계를 나타낸다는 관점을 포기한다. 그 대신 지식은 우리에게 훨씬 더 중요한 어떤 것, 즉 경험적 세계에서 우리가 이해할 수 있는 것임을 강조한다. 진리란 외부 세계의 상태나 사상을 그대로 반영한 개념이 아니고, 유용한 개념이라는 것이다. 유용성은 '목적'에 대한 개념을 어떻게 보느냐 따라 달라진다. 구성주의에서 학습자는 능동적인 의미 형성자이며 학습은 지식을 활성화시키는 과정이다. 따라서 학습자 스스로 지식의 본성과 자신의 학습 과정에 대해 반성하는 메타인지 유발, 토론 및 협동학습, 학습 과정에서 이루어지는 수행 평가 등이 중요하게 다루어진다.

최근에 구성주의는 지식의 본성을 유용성의 개념으로 너무 단순하게 취급했다는 비판과 함께 새로운 지식이 창출되는 과정과 기존의 과학적 지식이 학습되는 과정을 동일시하는 오류를 범하고 있다는 비판을 받기도 하였다(Osborne, 1996; Phillips, 1995). 그러나 구성주의는 대다수 과학교육 연구의 이론적 틀로서 학습과 학습자에 대한 이해의 폭과 깊이를 더하는데 공헌하였다(Staver, 1998). 특히 학습에서 가장 중요한 것은 학습자가 이미 알고 있는 것이라고 강조한 Ausubel 주장과 Piaget의 영향이 구성주의가 광범위한 인식론적 담론으로 자리잡는데 중요한 역할을 하였다. Piaget의 이론은 기본적으로 각 개인이 지식을 구성한다는 신념을 바탕으로 한다. Piaget의 발달 단계 이론이 구성주의에 부합되지 않는 면이 있다고 하더라도, 개인이 지식을 구성한다는 신념은 과학교육에서 구성주의의 관점을 받아들이는데 큰 영향을 주었다.

과학교육에서는 지식의 본성에 대한 관점에 따라 다양한 이름의 구성주의가 존재한다. Geelan(1997)은 구성주의의 형태를 Kelly와 Piaget의 개인적 구성주의(personal constructivism), von Glaserfeld의 급진적 구성주의(radical

constructivism), Solomon의 사회적 구성주의(social constructivism), Gergen의 사회적 구성주의(social constructivism), Talyor의 비판적 구성주의(critical constructivism), Cobern의 상황적 구성주의(contextual constructivism) 등 여섯 가지로 분류하였다(권성기, 1998). Geelan은 객관주의와 상대주의를 연속된 축의 좌우 극단에 놓고, 사회적 극단과 개인적 극단을 상하로 설정하여 구분된 4가지 영역에 구성주의 입장을 배치하여 분류하였다. 예를 들어 급진적 구성주의는 개인적인 영역과 상대주의 영역이 교차하는 영역에 해당한다. 그러나 우리 학교 현장의 학습에서는 다양한 형태의 구성주의에서 어떤 관점이 가장 바람직한가는 관념적 논쟁보다 변증법적으로 통합된 관점을 수용하여 우리 교육의 문화적 맥락을 고려한 실용적 해석과 적용이 중요하다고 생각한다.

다양한 이름의 구성주의는 기본적인 관점이 조금씩 다르긴 하지만, 지식의 관점에 관해서는 개인이 갖고 있는 사전 지식을 기초로 특정 환경이나 다른 사람들과의 능동적인 상호작용을 통해서 지식이 생성된다는 공통된 견해를 갖고 있다(Dana & Davis, 1993). Staver(1998)는 구성주의의 양극단에 위치한 급진적 구성주의와 사회적 구성주의가 갖는 기본 원리와 주장의 공통점을 다음과 같이 정리하였다. 첫째, 지식은 공동체 구성원과 공동체 자체가 그 안에서 능동적으로 구성하는 것이다. 둘째, 다양한 공동체 안에서 그리고 사회적, 문화적 장소에서 일어나는 개인 사이의 사회적 상호작용은 공동체와 사회·문화의 지식 구성뿐만 아니라 개인의 지식 구성에 중심이 된다. 이때 언어는 사회적 상호작용에 중요한 수단이다. 셋째, 인지를 표현하는데 사용하는 언어는 기능적이고 적응적이다. 넷째, 인지와 언어의 목적은 공동체의 지식기반과 개인의 경험 세계에서 각각 일관성을 갖는다. Staver(1998)는 이들의 공통점을 제시하면서 급진적 구성주의가 인지와 개인에 초점을 둔 반면 사회적 구성주의는 언어와 집단에 초점을 둔 것이라고 보는 관점이 연구자가 연구문제와 연구방향의 관점을 쉽게 이해하기 위해서 인위적으로 잘못 설정한 이분법이라고 비판하였다.

## 나. 구성주의와 과학교육 연구

과학교육에서 구성주의는 미국을 중심으로 1960년대와 1970년대에 과학 교육과정의 개정을 지배한 두 가지 관점(순진한 경험주의에 기초한 인식론과 인지발달 단계이론)에 반대하는 것에서 출발한다(Osborne, 1996). 일반 철학으로서의 구성주의가 오랜 역사를 갖고 있고 Ausbel과 Piaget와 같은 이론가에게서 그 뿌리를 찾아볼 수 있다고 하더라도, 과학교육에서 구성주의 운동은 외국의 학자들인 Driver와 Easley(1978)의 논문을 시작으로 본다(Cobern, 1993). 또한 Ausubel 등(1978)이 저술한 책의 출판을 미국의 과학교육에서는 인간중심 구성주의(human constructivist)가 시작되는 시점으로 보기도 한다(Mintzes & Wandersee, 1998). 학습을 교사가 전달한 지식의 전수라고 보았던 전통적 관점을 극복한 새로운 패러다임으로서의 구성주의는 미국을 중심으로 하는 과학교육 연구에서 크게 세 가지 방향 즉, 연구 관점의 변화, 질적 연구 방법의 확산, 다문화적 연구에 영향을 주었다(Cobern, 1993; Mintzes & Wandersee, 1998).

### (1) 연구관점의 변화

구성주의는 과학교육 연구에서 연구를 수행하는 기준을 변화시키는데 기여하였다. 연구를 수행한다는 것은 단순히 연구 방법을 적용하는 것 이상을 의미한다. 특히 교육연구에서 연구자의 이론적 틀은 연구 과정의 모든 측면에 영향을 미친다. 구성주의는 학습자를 백지상태로 간주한 객관주의 관점에서 벗어나 새로운 학습관의 기준이 되었다. 즉 학습은 개인의 능동적인 의미구성 과정이며, 이 의미구성 과정은 다양한 사회적 경험에 영향을 받는다. 구성주의는 다양한 사람들의 학습뿐만 아니라 교수, 교사교육, 교과과정 개발, 그리고 인식론을 보는 관점을 제공하였다. 학습을 이해하는 하나의 방식으로서 구성주의는 학습에 영향을 미치는 요소로서 동기와 신념, 학습환경, 동료들간, 집단간, 학생과 교사와의 상호작용을 포함하며, 학습자의 메타인지와 교사의 수업전략을 중요하게 고려하는 수업과 교과과정 개발에 많은 시사점을 제시하였다. 특히 1980년 이래로 구성주의를 바탕으로 학생의 과학 개념을 이해하고자 하는 연구가 국내외에서 활발히 진행되었으며 유의미 학습과 개념 변화 학습에 관심이 집중되기 시작했다. 학생의 개념과 과학적 개념의 차이, 학생 개념의 본성에 관한 연구 결과를 토대로 제안된 유의미 학습의 여러 가지 도구들(예를 들어 Novak의 개념도, Gowin의 Vee 다이어그램 등)과 개념 변화 모델은 모두 구성주의 관점을 바탕으로 한다.

## (2) 질적(qualitative) 연구

구성주의는 학습자의 개념을 연구할 때 고려해야 할 준거로서 연구방법과 연구평가의 기준이 된다. 실증주의적 인식론을 바탕으로 한 경험주의와 행동주의 교육에서 수행한 양적 연구방법은 자연과학에서 사용하는 방법을 교육에 그대로 도입하여 인간 사회의 교육 현상을 설명하고자 하였다. 따라서 연구 결과에서도 평균과 확률 같은 계량적인 방법을 사용하여 측정의 신뢰도를 강조하였고, 통계를 이용한 양적 분석이 결론의 일반화 가능성을 높였다. 이것은 기본적으로 각각의 인간이 동일하고 다른 매개 변인의 통제가 가능하다는 것을 전제로 한다. 그러나 인간의 문제와 사회와 관련성을 다룬 학문인 교육 연구에 양적인 접근을 도입할 때, 인간을 대상으로 변인을 통제한다는 것은 어려운 일이다(조용환, 1999; Linn & Erickson, 1990). 예를 들어서 한 반의 몸무게를 측정했다고 하자. 그 반의 몸무게 평균이 58.9 kg으로 나왔다면, 과연 그 몸무게는 누구의 몸무게인가? 그리고 그 몸무게는 오늘 이 시점에서도 끊임없이 변화하고 있는 학생들의 몸무게를 대변하는 값이라고 말할 수 있는가? 이러한 실증주의적 접근에서는 개인의 특성과 고유성이 집단 속으로 평균되어 사라져 버린다. 교육 연구의 한 분야인 과학교육 연구에서도 이러한 문제는 예외가 될 수 없다.

표 II-1에서 볼 수 있듯이 미국 중심의 과학교육 연구는 심리적 모델에서 인류학적 모델로, 보편적 비교에서 개별적 서술로, 그리고 복잡한 다변량 분석에서 더 단순한 자료 변환으로 이동하였다. 물론 이 표는 우리나라의 과학 교육연구 방법의 패러다임 변화를 제시해주는 것은 아니다. 우리의 경우는 아직까지 전자의 연구 패러다임이 지배적인 위치를 차지하고 있다. 우리의 과학교육 연구 패러다임이 외국 중심의 종속적 수입에 한정되고 있는 지금 앞으로 어떠한 방향으로 변화되는 것이 바람직한 것인지 충분한 논의가 필요한 시점이다.

미국의 이러한 질적 연구경향은 구성주의 이전의 양적 연구 방법을 기초로 한 연구가 '유의미한 차이가 없음'을 보고하는데 그쳤을 뿐 미국의 과학교육 문제를 해결하는데 실패했다는 비판과 함께 급성장하였다(Mintzes & Wandersee, 1998).

표 II-1. 외국의 과학 교육 연구 동향(Mintzes & Wandersee, 1998)

시기	논제	주도적인 이론가	지배적인 인식론	공통된 연구 방법
실용주의 (1918~1957)	유용성	Dewey	합리주의	서술보고
	효율성	Thorndike	/실용주의	상황보고
	관리	Binet		비실험 처치
	휴가/일 인생 적응 시민의식	Terman Cubberley		연구계획
학문중심주의 (1958~1977)	지식 영역	Ausubel	경험주의	비모수 비교
	구조	Bruner	/행동주의	상관관계 연구
	과학적 탐구	Gagné		실험처치
	인간 발달 행동 변화	Schwab Skinner		연구계획
인간중심 구성주의 (1978~)	의미 만들기	Novak	후기 실증주의	개별사례 서술
	이해	Vygotsky	/구성주의	인지적 탐구
	개념 변화	Kuhn		자연주의적
	지식구조 질(Quality)	Toulmin Glaserfeld		연구계획 사례연구

과거 20년 간 가장 중요한 연구 중의 일부는 학생의 과학 개념 이해를 강조하였으며, 질적 연구 방법을 권장하였다. 구성주의 연구자들은 학습의 본성을 더욱 깊이 있게 연구하기 위하여 실험적 통제가 아닌 자연스러운 일상 생활에서 수행하는(naturalistic) 연구 기법, 즉 사례 연구 등의 질적 접근 방법을 더 많이 사용하였다. 이러한 질적 연구 방법에서는 구체적인 연구방법으로 임상 면담, 개념도, 참여관찰 등이 수행된다. 질적 연구의 결과는 학습과 학습자를 이해할 때 그 폭과 깊이를 더하여 주며 실제 현장의 문제를 자연스러운 상태에서 진단하게 됨으로써 실질적인 문제 해결의 실마리와 치료 효과를 제공받을 수 있는 장점이 있다.

### (3) 다문화적 연구

학습의 맥락을 형성하는 학습자의 문화에 대한 연구는 질적 연구 방법의 하나인 인류학적 모형의 영향을 받아 형성되었다. Bullivant(1989)에 따르면, 문화는 지리적, 사회적, 형이상학적 환경 안에서 적응하는 사회 집단의 계획이다 (Atwater, 1996). 문화는 전체 공동체에 영향을 주는 기대, 신념, 태도, 언어, 체제, 가치를 포함하며, 한 공동체가 일상에서 만나는 사건, 사람, 생각과의 상호작용을

옆 표에서 오른쪽으로 이어짐

연구 도구	자주 사용된 자료분석 방법	전형적인 연구 질문
IQ와 능력 평가 부분적으로 구조화된 검사 조사연구/질문지	평균/표준편차 표본 서술	과학교사와 학생 특성 강의, 실험, 시범실험 과학 학생의 미신적 신념 측정도구 학년 배치
정신(심리) 측정 표준화된 검사 관찰 도구	t-test, ANOVA ANCOVA, r, R 다중회귀, MANOVA 요인분석 다변인 측정기법들	행동 목표와 분류 개별화 교수 교육과정 평가 비판적 사고/과학적 태도 교실 수업 상호작용 교수법 비교
임상 면담 개념도 참여관찰 민족지학적 연구 교실수업 고안물	질적 접근 연속적 비교	개념 발달과 인지 인종과 성별에 따른 효과 교육적 내용 지식 인지적 수업처리 전략 전문가와 초심자 수행

평가하고 해석하는 규칙과 지침을 제공한다(Shade & New, 1993). 학습 맥락으로서 문화는 언어, 경제, 교육수준, 직업, 지리적 위치, 성, 종교, 철학 등을 포함한다. 구성주의 관점에서 과학교육 연구는 개인의 지식 구성에서 이성적인 요인뿐만 아니라 사회적 영향과 같은 비이성적인 요인을 또한 고려한다. 예를 들어, 과학적 지식을 추구하는 것이 아프리카 특정 원주민에게는 생존을 위해서는 중요한 목적이 아닐 수도 있기 때문에 그 사람이 처한 사회·문화적 환경을 고려해야만 한다.

이처럼 질적 연구로서 과학교육 연구는 과학 학습이 이루어지는 상황을 총체적으로 이해하기 위해서 개인의 계급, 무능력, 민족과 관계없는 다양한 문화에서 지식 구성의 논제를 다룬다(Cobern, 1996).

과학 교육은 크게 교육이라는 틀에서 한 분야를 차지한다. 우리의 과학교육 현상을 올바르게 인식하기 위해서는 우리의 사회·문화적 상황 속에서 그 맥락을 고려하여 자연스럽게 수행한 미시적 질적 연구가 필요한 시점이다. 과학 개념 변화에 관한 연구도 같은 맥락에서 생각할 수 있다. 우리 학교문화에서 학생의 과학 개념 변화란 무엇인가? 그리고 바람직한 개념 변화를 방해하는 요인과 촉진하는 요인은 무엇인가를 근본적으로 사회·문화적 영향을 고려하여 알아볼 필요가 있다.

## 다. 개념 변화

과학교육에서 무엇을 개념 변화로 볼 것인가에 관한 문제를 다룰 때, 개념 변화의 정도와 조건에 대한 정의는 학자들마다 다양하다. 학생의 개념학습 과정을 탐구하며 개념 변화를 촉진하는 교육적 주제를 다루는 연구는 학생 개념의 중요성과 학습과의 관련성, 지식이 단순히 정보의 축적이 아니라는 관점, 그리고 학습이 여러 가지 변화를 포함하는 역동적 관점이라는 점에서 공통점을 갖고 있다. 그러나 결정적으로 개념 변화 조건에 대한 합의점에는 이르지 못하고 있다. 예를 들어, 개념 변화가 이루어지기 위한 초기 조건으로 Dykstra(1992)는 비평등화, Posner 등(1982)은 불만족, Scott 등(1992)은 인지갈등을 제시하였다. 이와 같이 어떤 관점이 학습자의 개념 변화의 본성을 설명하는데 유력한 관점인가에 대한 합의는 이루어지지 않고 있다. 이 연구에서는 개념의 조절이 일어나기 위한 개념 변화의 필요조건으로서 인지갈등을 전제로 한다.

표 II-2는 과학교육 연구자들이 제안한 대표적인 개념 변화 유형을 정리한 것이다(Harrison et al., 1999).

표 II-2. 다양한 연구자에 따른 개념 변화 유형 (Harrison et al., 1999)

연구자	정보 첨가	쉬운 개념 변화	어려운 개념 변화
Kuhn (1970)		정상 과학	혁명 과학
Lakatos (1970)		부드러운 핵 변화	견고한 핵 변화
Posner et al. (1992); Strike & Posner (1992)		동화	조절
Hewson (1981, 1982)		개념 획득	개념 교환
Carey (1986)	단순 축적	약한 재구성	강한 재구성
Vosniadou (1994)	단순 축적	약한 재구성	급격한 재구성
Chi, Slotta, & de Leeuw (1994)	수반된 축적 (첨가된 정보)	가지 올리기 (새로운 분류)	나무 바꾸기 (존재론적 변화)
Duschl & Gitomer (1991); Laudan (1984)		새 개념의 점진적 또는 진화적 발달	
Thagard (1992)	1 2 사례 첨가	3 4 5 연속	6 7 8 9 나무 전환

초기 개념 변화 모형의 제안자였던 Posner 등(1982)과 Hewson(1981, 1982)은 과학 역사와 과학 철학에서 당대의 패러다임이 과학 공동체 지식의 변화를 나타낸다는 것에 비유하여 학생의 학습도 이러한 이성적 과정이라는 견해를 취하였다. 다시 말해서 과학 공동체에서 개념 변화 과정과 학생들의 과학 개념 변화 과정이 유사하다는 것이다. 이 관점의 과학 철학적 근거는 Kuhn과 Lakatos이다. Kuhn은 ‘정상과학’의 기간 동안에 과학자 공동체의 활동을 지배하는 패러다임이 존재한다는 과학지식의 특성을 제시하였다. 정상 과학과 비교되는 개념으로 Lakatos는 ‘이론적으로 견고한 핵’을 제안하였다. 이때 정상과학의 패러다임과 견고한 핵은 학생의 개념 생태요소 중에서 학습의 중심을 이루는 ‘확신 신념’에 비유된다. 초기 개념 변화 이론가들은 이와 같은 논리를 중심으로 학습자에게 개념 변화가 일어나는 것은 과학 공동체의 사회적·심리적인 배경에서 혁명적인 패러다임의 전환과 같은 것으로서, 이는 학습에서 조절(accommodation), 개념교환(conceptual exchange), 또는 강한 재구성(strong reconstruction)이 일어나야 한다는 것을 의미한다. Thagard(1992)는 개념이 위계적으로 조직된 개념 체계를 구성하고 있으며 규칙을 갖고 서로 연계되어 있는 조직망이라고 설명하였다. 그는 중요한 개념 변화 유형으로서 개념조직의 재분류(표 II-2에서 8에 해당)와 새로운 개념체계로서의 대체(표 II-2에서 9에 해당)를 강조하였는데 이 단계는 조절이나 개념 교환에 해당하는 의미를 지닌다.

그러나 Carey(1986)와 Vosniadou(1994)는 강한 개념 재구성이나 조절뿐만 아니라 약한 개념 변화도 학습의 중요한 과정이라고 강조하였다. 여기서 약한 개념 변화는 동화 또는 개념 획득에 해당된다(Hewson & Hewson, 1992). 약한 재구성은 새로운 사실이 첨가되거나 기존 개념들 간의 새로운 관계가 생성되는 것을 의미한다. Thagard(1992)는 개념 변화의 정도를 아홉 단계로 구분하고 새로운 사례를 추가하거나 기존 사례의 삭제와 같은 단순 유형의 확신 교정으로 해석 가능한 것, 분해, 병합, 분화, 새 개념 도입, 붕괴 등을 제안하였다. Lakatos와 Toulmin은 과학개념의 발달은 점진적 변화의 누적으로 발달한다는 진보적 발달 견해를 제시하였다. 이들은 혁명적 개념 변화는 실제로 점진적인 변화가 누적되어서 일어난다고 주장하였다.

### (1) 차가운 모형과 뜨거운 모형

초기 개념 변화 모형은 Posner와 그의 동료들(Hewson & Hewson, 1984; Posner, et al., 1982; Strike & Posner, 1985; Strike & Posner, 1992)에 의해서 제안되었으며, 이 모형은 과학교육을 비롯해서 수학과 사회와 같은 교과 영역에서 많은 인기를 누렸다. 개념 변화 모형은 일반적으로 유기체적인 메타 이론적 견해에 의존하며 (Pepper, 1942), Piaget 이론과 많은 점에서 비슷하다. 다만, 피아제는 더 포괄적이고 형식적인 구조와 조작 개념을 제시하였고, 개념 변화모형에서는 개인의 개념 또는 스키마를 더욱 영역 특이적인 관점으로 취급했다는 사실에 차이점이 있을 뿐이다. 이러한 표준적인 개인의 개념 변화 모형은 개인의 학습 과정에서 일어나는 발생적(ontogenetic) 변화가 과학 철학자들이 제안한 과학자 사회에서의 과학적 패러다임의 변화 본성과 유사하다라는 것을 가정한다. 그러나 과학적 패러다임의 변화 본성에 대하여 과학 철학자, 과학사가, 과학사회학자 사이에 불일치하는 관점이 있다. 이와 같은 가정에 대하여 학습동기 심리학자들은 다음과 같은 점에서 반론을 제시하고 있다(Pintrich et al., 1993).

이들의 반론은 이 연구에서 중요한 이론적 배경이 됨으로 간략히 요약하여 제시한다.

첫째, 이성적인 것(논리와 과학적 결과에 의해서 도출되는)에 초점을 맞추는 차가운 모형부터 비이성적인 것(개인의 관심, 동기, 사회/역사적 과정)에 초점을 맞춘 뜨거운 모형(일반적으로 자연주의자의 관점으로 묘사됨; Giere, 1988)까지 연속성을 따라 패러다임을 분류하는데 대하여 과학자들의 판단과 평가의 본성이 일치하지 않는다. 둘째 실제 과학적 이론의 내용 또는 과학적 연구(새로운 개념과 이론을 개발하는 것을 포함하여)를 수행하는 과정을 이성적인 것으로 또는 비이성적인 것으로 완벽하게 진술하는 것이 가능한 것인가에 대하여 일치하지 않는다. Kuhn(1962) 이래로, 심리학적, 사회학적, 역사적인 요인이 과학적 연구과정에 영향을 준다는 의견이 이어져 오고 있으며, 아주 최근에는 과학사회학자들과 특히 사회적 구성주의자들(Knorr-Cetina, 1981; Latour, 1987)이 이러한 비이성적 요인들이 과학 모형과 이론의 실재적 내용에 영향을 준다고 주장하였다(Cole, 1992). 반면 다른 과학 철학자(Thagard, 1992)와 과학 사회학자(Cole, 1992)는 이러한 비이성적 요인들이 과학연구 과정에 영향을 주었다하여도, 경험적이고 논리적인 요인들이 특히 연구영역의 핵심지식에서 실재적 내용의 궁극적 수용을 결정하였다고 반박하였다. 개인의 개념

변화에 대한 이와 같이 서로 다른 관점을 설명하기 위하여 개인적, 동기적, 사회적, 역사적 과정이 개념 변화 과정에 영향을 미친다는 구성주의자 관점이 필요하다. 그럼으로써 개인의 개념 변화에 대한 뜨거운 모형을 옹호한다. 동시에 우리가 논리적이고 경험적인 요인이 핵심지식으로 수용되는 실제 본질적인 이론의 내용을 자주 결정한다는 것을 인정한다하여도(Cole, 1992; Thagard, 1992), 우리는 교실에서 개인이 개념 변화를 하는데, 교실 공동체가 일반적으로 과학자 공동체와 같은 방식으로 운영되지 않는다고 생각한다. 그러므로 우리는 과학에서 학생 오개념의 존재와 견고성에서 나타난 바와 같이, 개인적, 동기적, 사회적, 역사적 요인들이 학생개념과 모형의 실제 내용에 영향을 미친다고 믿는다. 이러한 가정은 학생의 동기적 신념과 교실맥락이 개인의 개념 변화 과정에 어떻게 영향을 미치는가를 분석하는데 기초가 된다.

개념 변화 모형은 인식론적 이론의 언어로써, 다음과 같이 가정한다. 현재의 개념과 새로운 개념이 불일치 상황에 직면하게 되면, 학생은 학습할 개념에 관한 특별한 인지적 접합(즉 불일치 상황의 해소)을 시도하기 위하여 그의 인지기능이 작동되는 것을 경험하게 된다. 그러나 현재 지식 또는 학습할 지식(불일치 상황을 해소하려는 방법과 같이 불일치 상황의 본질적 특성에 대한 지식)에 대한 학습자의 동기적 신념은 개념 변화 이론에서 예상하는 것보다 매우 다른 형태로 나타날 것이다.

동기적 요인으로서 목표지향, 가치, 효능감, 그리고 통제신념 등과 같은 동기 요인들은 개념 변화과정의 매개자로서 기여할 수 있고, 개념 변화 수업에서 학생의 동기와 결합하여 어떻게 동화와 조절과정이 일어나는가에 관한 연구에 공헌할 수 있을 것이다.

셋째, 개념 변화 모형에서 제시하고 있는 개념생태 비유는 학습자의 개념구조 안에서 대안적 개념의 평형을 생태계에서 생물학적이고 환경적인 힘의 평형에 비유하여 묘사한다. 그러나 이러한 비유는 학습자의 존재론적 변화를 묘사하는데 한계를 지닌다. 왜냐하면 학습자는 목적 의식이 있는데 비하여 생태계는 그렇지 않기 때문이다. 학습자는 자신의 생각을 이끌어내고 지속시킬 수 있는 의도, 목표, 목적, 신념 등을 가질 수 있다. 또한 학생이 교실에서 직면하게 되는 과제와 활동에 필요로 하는 다른 제약조건과 요구조건을 선택할 때, 이러한 동기적 신념은 사고의 방향에 영향을 줄 수 있다.

넷째, 개념 변화모형이 개념 변화를 위한 네 가지 조건(불만족, 이해가능, 그럴

듯함, 유용함)을 강조하는데 이 조건에 문제가 있다. 개념 변화이론은 이 네 가지 조건이 마치 차갑고, 이성적인 방법(이 네 가지 조건이 발생하는데 역할을 수행하는 동기적 요인의 영향을 무시한 채)으로 작동하는 것처럼 묘사하였다. 예를 들어, 개념적 분석과 실험 연구에서는, 정의적 영역과 가치에 대한 신념이 적어도 만족조건에 영향을 준다고 주장하였다. 상황적 요인은 물론 학생개인의 흥미가 학생의 개념에 불만족을 야기하는 불일치 상황에 집중할 것인가를 결정할 수도 있다. 물론 불만족의 수준은 새로운 개념이 갖고 있는 효용 가치에 영향을 받을 수 있다. 새로운 개념이 이해가 가능하거나 그럴듯한 것은 학생이 몰두하는 처리과정의 깊이와 관련될 것이다. 즉 만약 학생들이 인지적으로 과제에 몰두하지 않으면, 학생들은 이해가능하거나 그럴듯한 방법으로 새로운 개념을 인식하진 못할 것이다. 또한 처리과정의 깊이는, 부분적으로 최소한, 학습자가 숙달 목표지향인가 또는 수행 목표지향인가, 흥미 수준, 그리고 효능감에 대한 신념과 같은 동기적 요인과 관련된다. 이러한 동기적 신념은 내용영역과 내용 이해에 필요한 학습전략과 관련된다.

다섯째, 학생을 과학자로 보고, 교실 사회를 과학자 사회로 보는 관점의 타당성에 관한 것이다. 이와 같은 관점은 아동과 젊은이들이 갖고 있는 목표와 의도가, 동일하진 않지만, 과학자와 과학자 공동체가 갖고 있는 목표와 의도하고 비슷하다고 가정한다. 이와 같은 가정은 다음과 같은 문제를 야기한다. 과학자와 과학자 사회에서 동기적 지향이란 무엇인가? 이와 같은 관점은 압도적인 다음과 같은 증거들로 인해 주장하기가 어렵다. 그 증거란, 과학자와 연구자들은 과제수행에서 자신의 역할이 있다고 믿는데 비하여 아이들은 자신의 역할을 매우 다르게 이해하며 학교 과제를 수행한다는 것이다. 심지어 의도적 학습자로서 몇몇 학생들이 통합되고, 복잡한 연구분야의 개념을 개발하는 목표를 갖고 학교학습에 접근한다 하더라도, 이 학생들이 학교기업의 목표가 이와 같은 개념을 길러주는 것이라고 믿지 않을 수 있다. 다시 말해서 학생들은 학교와 교실이 연구기관과 같이 목적 의식적으로 목표추구방법을 관리한다고 생각하지 않을 수 있다.

결론적으로 이들은 학교와 교실맥락을 계획하고 관리하는 방법이 목표 의식적인 과학자 공동체에서 행동하는 방법과 반대의 방법을 사용하고 있다고 강조한다 (Gardner, 1991). 즉 학교에서 일어나는 많은 일들이 과학자 공동체와는 다르게 학문적인 규범보다는 관료적이고 제도적인 규범을 유지하기 위해서 필요한 것들이라는 것이다. 특히 이들은 많은 학생들이 학교와 학교에서 일어나는 수업활동에 대해 위와 같은 비슷한 관점을 갖고있음을 강조하며, 진정한 개인적 개념 변화를 위해서

는 교실과 학교의 재구조화(의도적이고, 동기화 되어있으며, 사려 깊은 학습자들의 사회 발달을 육성하게 될 체계에 부응하는)가 필요하다고 강조하였다. 이러한 교실과 학교의 재구조화 없이 스스로 과학자처럼 목적 의식적으로 동기화 되어 자발적으로 개념 변화를 촉진시키기 위해서 노력하는 학생을 기른다는 것은 그 만큼 어렵다고 강조하였다.

## 2. 인지갈등과 개념 변화

초기 개념 변화 이론에서는 개념 변화의 조건으로서 선행개념에 대한 불만족 조건을 제안하였다. 선행 개념에 대한 불만족은 인지 갈등을 상태를 의미한다. 인지갈등은 이처럼 개념 변화를 촉진시키는 요인으로서 주목받아왔다. 인지갈등은 근본적으로 Piaget의 발달심리학적 관점을 근거로 정의할 수 있으나, 동기 심리학적 관점이나 과학 철학적 관점에서도 인지갈등의 중요성을 강조하였다.

이 장에서는 인지갈등의 정의와 배경을 알아보고, 인지갈등 연구의 틀을 기준으로 인지갈등과 개념 변화에 관련된 연구를 정리하였다. 특히 인지갈등 과정 모형에서 불안 요인과 관련된 이론적 배경을 정리하였으며, 물리 개념 학습에서 인지갈등 상황에서 불안 유형 연구의 중요성을 강조하였다.

### 가. 인지갈등의 정의와 배경

인지갈등이란 단어를 풀어보면 ‘인지적인(cognitive)’이란 형용사가 ‘갈등(conflict)’이란 명사를 수식하는 구조로 되어있다. 따라서 인지와 갈등이라는 두 단어를 이해하고 인지라는 단어를 형용사화하여 명사를 꾸며주면 인지갈등의 사전적 정의가 완성된다. 먼저 사전적 정의를 생각해보자. 인지란 지각, 상상, 추리, 기억 및 판단 등 모든 형태의 지적 활동을 포괄하는 광범위한 인간의 정신적 과정으로 정의할 수 있다. 그리고 갈등이란 모순되거나 서로 양립할 수 없는 동기, 태도, 가치, 목적 등이 동시에 유발되어 있는 상태로 정의한다(서울대학교 교육연구소, 1999). 따라서 두 가지 용어를 종합하면 인지갈등이란 인지 활동이 발생하는 인지구조 안에서 자신의 생각과 일치하지 않는 생각이나 자연현상에서 제공된 정보 등이 자신의 생각과 충돌하여 생기는 심리적 상태라고 정의할 수 있다.

인간 사회에서 '갈등'에 관한 연구는 교육 심리학에서 연구되기 이전부터 이미 사회 심리학에서 중요한 연구영역으로 자리잡았다. 개인내, 대인간, 집단간, 국가간 갈등의 역사는 우리 인간의 생존 역사와 같다고 볼 수 있다. 갈등의 역사를 찾는다면 그리스 고대까지 올라갈 수 있다. 소크라테스는 인간이 자신의 무지를 인식하지 못하는 상태에서 자신의 무지를 깨닫게 하여 진리를 찾을 수 있도록 하는 전략으로서 산파법과 반어법을 이용하였는데, 산파법과 반어법은 최초로 갈등의 효과를 이용한 전략이었다. 그 이후 18세기의 철학자 Kant는 학문적 주제로서 갈등을 연구하였으며, Hegel은 변증법을 통해서 정(正)과 반(反) 사이의 관계를 갈등 개념을 이용하여 통합하였다. 그 이후 Marx는 자본론에서 만물은 갈등하며 끊임없이 변한다는 유물론의 주요 관점을 수용하고 역사를 계급간의 갈등으로 설명하였으며, Dawin은 유기체와 환경 사이의 갈등 관계를 정립하여 진화론을 세웠다. 또한 Freud는 인성의 세 가지 요인을 이드(id), 자아(ego), 초자아(superego)로 나누어 이 세 가지 요인의 불일치한 상황을 내적인 심리적 갈등으로 보고, 심리적 발달을 위해서는 이 세 가지 요인들 사이의 갈등이 충분조건은 아니지만 중요한 필요조건이라고 강조하였다(Johnson, Johnson & Tjosvold, 2000).

그 후 심리학계에서는 갈등에 대한 긍정적인 입장(Dewey, Festinger, Berlyne, Piaget, Riegel)과 부정적 입장(Luria, Miller)이 있었으며, 최근 동기 심리학과 발달 심리학에서는 갈등을 인간 성장의 중요한 요인으로 보고 있다(Chapman & McBride, 1992; Johnson, Johnson & Tjosvold, 2000).

과학교육에서 일반적으로 인지갈등에 관한 중요성은 발달 심리학자 Piaget의 인지적 비평형 개념을 그대로 수용하여 강조하고 있다. 그러나 몇 가지 다른 관점에서도 인지갈등의 중요성을 제시하였다. 이 장에서는 인지갈등의 중요성을 강조한 이론적 배경으로 동기 이론적 관점, 발달심리학적 관점, 과학 철학적 관점, 구성주의 개념 변화 이론에서의 관점 등 네 가지 관점을 정리하였다.

### (1) 동기 이론에서 인지갈등

동기 이론에서도 사회심리학적으로 인지갈등의 중요성을 강조하였다. 동기 이론에서 인지갈등의 중요성을 강조한 연구자로서 Festinger(1957)와 Berlyne(1960)의 이론을 간략히 소개하였다. 동기 이론가인 Festinger(1957)는 그의 인지부조화이론(cognitive dissonance theory)에서 동기 요인으로서 인지부조화의 중요성을 강조하였다. 인지부조화 또는 인지불협화는 개인이 두 개 이상의 일치성이 결여된

인지상태를 가지게 될 때 나타나는데, 이러한 상태는 공복감이나 갈등과 마찬가지로 개인에게 불안감을 주는 상태가 된다. 따라서 유기체는 이러한 불안감을 감소시키는 방향으로 행동하고, 이러한 점에서 인지적인 부조화 상태를 경험하게 되면 그것을 해소하여 인지적인 조화 상태로 돌아가려고 하는 동기가 일어난다는 것이다. 이와 같이 Festinger(1957)는 인지갈등이라는 용어를 사용하지 않았을 뿐, 동기 이론가의 관점에서 인지갈등이 유기체의 동기유발에 중요한 요인임을 강조하였다.

또한 Berlyne(1960)은 1960년대 이전에 행동주의 심리학에서 강조한 외적동기(extrinsic motivation) 중심의 연구에서 벗어나 외적인 자극과 관계없이 유기체의 내부에서 우러나오는 내적동기(intrinsic motivation)의 중요성을 인식하고, 내적동기의 근원 중 하나가 호기심(curiosity)이라고 강조하였다. 그는 호기심을 지각적 호기심(perceptual curiosity)과 인지적 호기심(epistemic curiosity)으로 구분하였는데, 특히 인지적 호기심은 모순된 생각이나 신념, 태도에 의해서 발생한다고 주장하였다. 즉 사람들이 경험하는 개념적 갈등(conceptual conflict)이 인지적 호기심을 일으킨다고 보았다. 다시 말해서 사람들이 경험하는 모순된 생각이 심리적 흥분상태를 증가시키고 이와 같은 모순성을 해결하기 위하여 유기체는 탐색행동을 하게 되며, 그럼으로써 흥분상태는 진정국면에 접어들게 된다는 것이다. 그는 이러한 과정에서 모순 상태를 해결하려는 유기체의 탐색행동의 기초가 되는 근본은 감각신경의 각성수준(level of arousal)이라고 하였다. 감각신경의 각성수준과 사람들의 수행 정도의 관계는 마치 정상분배곡선과 유사해서, y축을 사람의 수행 정도로 하고, x축을 감각신경의 각성수준으로 했을 때 나타나는 곡선은 정상분배곡선과 유사하다는 것이다(Yerkes & Dodson, 1908; Woolfolk, 2001). 이 것은 각성수준이 적절할 때, 높은 수준의 수행을 보인다는 것을 의미한다. Berlyne(1960)의 이론에 의하면 감각신경의 각성은 외적으로 주어지는 자극과 상호작용을 통해서 그 수준이 결정되거나, 내적인 정신과정 즉 상상이나 사고와 같은 작용에 의해서 정해진다. 그는 신기함, 인지적 불일치, 복잡성 등이 감각신경의 각성을 일으키는 자극의 특징이 된다고 주장하였다. 정리하면, 개념적 갈등은 인지적 호기심을 발생시켜 유기체로 하여금 새로운 지식을 필요로 하며, 이 과정에서 감각신경의 적절한 각성을 유발시켜 최적의 수행을 일으키는 요인으로 신기함, 인지적 불일치, 복잡성 등이 중요함을 강조하였다(Gagné, Yekovich, & Yekovich, 1993).

## (2) 발달 심리학에서 인지갈등

Piaget는 인지발달의 필수적 요인으로 물리적 환경, 성숙, 사회적 환경, 평형화 등 네 가지 요인을 강조하였다. 이 중 특히 평형화가 나머지 세 가지 요인의 효과를 하나로 통합하는 기능을 하며, 개인과 환경 사이의 상호작용을 조절하고 인지발달이 조직화된 형태로 이루어질 수 있도록 작동하는 기능을 수행한다고 제안하였다(Piaget, 1977). 그는 자신의 인지발달이론에서 인지구조와 환경 또는 인지구조와 인지구조의 불일치로 인해서 발생하는 비평형 상태를 인지갈등이라고 정의하였다(Bringuier, 1980). 또한 인지갈등이 인간의 동기화 과정에서 중요한 역할을 수행한다고 가정하였다(Piaget, 1967). 이러한 Piaget의 인지갈등에 관한 정의는 과학교육과 인지갈등에 의한 개념 변화 연구에 그대로 수용되었다.

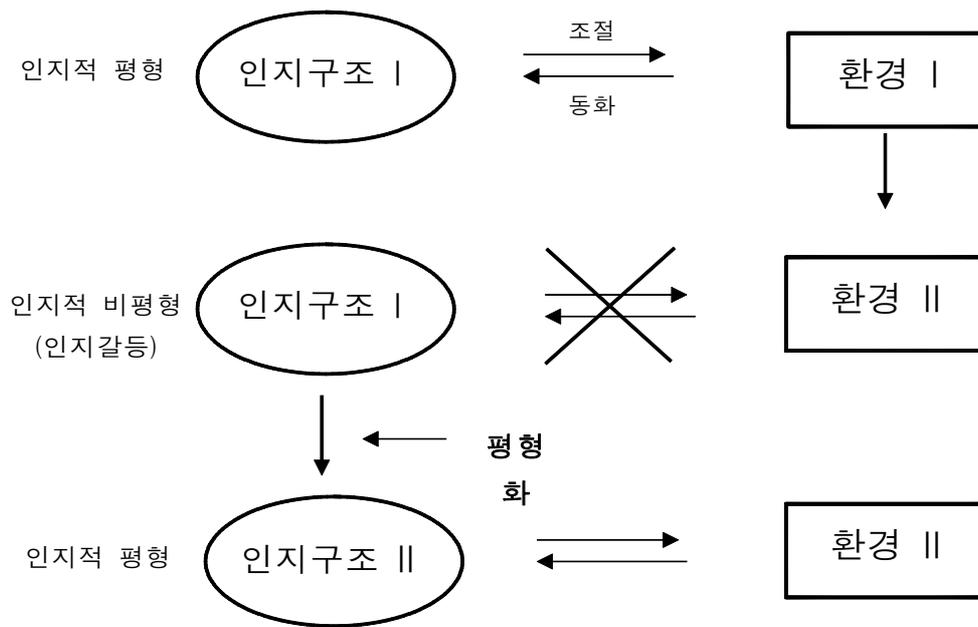


그림 II-1. Piaget의 인지적 평형화 과정(권재술, 1989).

Piaget의 평형화 개념에 관하여 학자들마다 다소의 차이가 있으나, 권재술은 Piaget가 제안한 인지적 평형화를 통한 인지구조의 변화를 도식화하여 위 그림 1과 같이 나타내었다(권재술, 1989). 인지구조가 환경으로부터 오는 자극을 잘 이해할 수 있는 상태를 인지적 평형상태라고 하며, 이 때는 조절과 동화가 원만하게 일어

난다. 그러나, 환경이 변하고 이 새로운 환경을 기존의 인지구조로는 이해할 수 없을 때, 인지적 비평형 즉, 인지적 갈등이 일어나게 된다. 이 때에는 인지구조와 환경 사이의 상호작용인 조절과 동화 작용이 일어나지 않는다. 인간은 이러한 인지적 비평형 상태를 벗어나려고 하는 본능이 있으므로 인지구조에 변화를 가져오게 된다. 이와 같이 인지적 비평형 상태에서 인지구조의 변화를 통하여 다시 평형 상태에 이르는 과정을 평형화 과정이라고 하며, 이러한 평형화 과정을 통하여 인지구조가 발달하게 된다. 학습의 측면에서 보면 평형화는 바로 학습이라고 할 수 있을 것이다.

권재술은 이 도식이 매우 이상적인 경우에 해당하여 실제로는 완전한 평형도 완전한 비평형도 없는 중간 단계라고 강조하였다. 따라서, 인간은 끊임없이 매우 작은 평형화의 과정을 경험하고 있다고 보았다.

### (3) 과학 철학적 관점에서 갈등 구조

과학 철학자들은 과학자 세계에서 과학이론의 발전이 어떻게 이루어지는가에 관한 문제에 대하여 많은 관심을 보여왔다. 과학이론을 발전시키는 주체는 과학자 사회이며, 과학자 사회는 개별 과학자들의 활동에 의해서 구성된다. 과학 철학적 관점에서 보면 과학 이론이 발전하는데 과학자들 사이의 갈등과 이론들 사이의 갈등, 과학자와 이론 사이의 갈등 등 과학자 사회에서도 갈등 구조가 과학이론의 발전에 중요한 역할을 한다는 사실을 확인할 수 있다.

또한 과학자 사회에서 이론들 사이의 갈등 구조를 이해하는 것은 학생이 자신의 소박한 개념을 변화시켜 과학적 개념으로 발전시키는 과정을 이해하는 데 중요한 시사점을 찾을 수 있다. 물론 이 때 주의해야 할 것은 교실 맥락에서 학습에 임하는 학생집단과 과학자 집단이 목표나 동기 수준에서 차이가 있는 다른 집단이라는 것을 전제해야 한다. 과학 철학적 관점에서 과학 이론이 발전하는데 갈등 구조를 강조한 대표적인 이론으로서 Popper의 반증주의, Kuhn의 과학혁명의 구조, Lakatos의 연구프로그램 등을 들 수 있다.

독일의 철학자 Popper는 과학 이론이 반증 가능성이 낮은 이론에서 반증 가능성이 높은 이론으로 발전한다고 제안하였다. Popper는 어떤 과학 이론이 옳다는 것을 완벽하게 증명할 수는 없지만, 그 이론이 옳지 않다는 것은 증명할 수 있다고 주장하였다. 다시 말해서 이론의 완벽한 증명은 불가능하지만 반증은 가능하다는 것이다. 반증주의자들은 문제 상황에서 과학이 출발하게 되면, 과학자는 그 문제 상황을

해결하기 위한 반증 가능한 가설을 제안하게 되며, 이 가설이 반증을 잘 견디어내면 하나의 이론으로 인정받게 된다고 강조하였다. 이와 같이 가설이 하나의 이론으로 발전하는 과정에서 가설과 반증 사례 사이의 갈등 구조는 피할 수 없는 필요조건이다. 따라서 가설이 훌륭한 이론으로 발전하기 위해서는 가설을 제안한 과학자가 반증 사례와의 갈등을 건설적으로 극복해야 한다.

Kuhn은 자신의 과학 혁명 이론에서 과학의 발달이 전과학 단계, 정상과학 단계, 위기 단계, 과학 혁명 단계, 새로운 정상과학 단계 등을 거쳐서 이루어진다고 주장하였다. 이러한 주장은 과학 이론의 발달이 기존 이론의 개량을 통해서 점진적으로 이루어진다는 귀납주의와 반증주의의 입장을 부정하고 혁명적인 방법을 통해서 이루어진다는 것이다. 이 과정에서 특히 위기 단계에서는 기존의 이론, 즉 기존의 패러다임으로 설명할 수 없는 변칙 사례의 발견 빈도가 증가함으로 이러한 변칙 사례를 설명할 수 있는 다양한 가설들이 제안된다. 이 과정에서 기존 패러다임과 변칙 사례들 사이의 갈등은 과학자 사회에서 새로운 패러다임의 필요성을 촉진시키는 역할을 한다. 이와 같이 Kuhn의 과학 혁명 이론에서도 새로운 패러다임의 개발을 위해서는 기존 패러다임과 변칙사례들 사이의 갈등이 중요한 필요조건이 된다는 것을 알 수 있다.

Lakatos는 Kuhn의 과학혁명 이론과 Popper의 반증주의의 단점을 해결할 수 있는 설명 체계로서 역동적 의미를 강조한 ‘연구 프로그램’이라는 개념을 제안하였다. Lakatos는 과학이론이 반증주의에서 주장하듯이 단편적인 사실의 발견에 의해서 바로 지지되거나 반증되는 것은 아니라는 점을 강조하였다. 또한 그는 역사적 역동성에 따라 퇴행하였던 이론이 다시 발전하는 특수성을 ‘과학혁명 이론’으로는 설명하기 어렵다는 사실을 주장하였다(Chalmers, 1982).

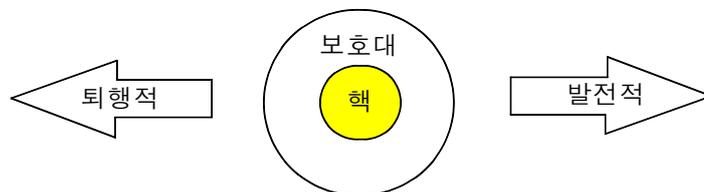


그림 II-2. Lakatos의 연구 프로그램.

Lakatos에 따르면 연구 프로그램은 그림과 같이 핵과 보호대로 구성되어 있다.

여기서 핵은 구체적인 법칙이나 이론 또는 원리를 의미한다. 또한 보호대는 핵이 변칙사례에 의해서 쉽게 반증되지 않도록 핵을 보호하는 역할을 하며, 다양한 보조적 가설과 초기 조건들로 구성되어 있다. 핵이 보호대에 의해서 보호되는 방법에는 두 가지가 있는데, 그 두 가지는 긍정적 발견법(positive heuristic)과 부정적 발견법(negative heuristic)이다. 긍정적 발견법은 반증사례를 설명하기 위하여 새로운 가설을 핵에 첨가하여 핵을 구성하는 이론이 좀더 넓은 범위까지 설명할 수 있도록 핵을 수정하는 것이다. 반면 부정적 발견법은 핵을 반증하는 사례가 나타났어도 견고한 핵이 수정되지 않도록 노력하는 것이다. 연구 프로그램에서도 볼 수 있듯이 핵이 수정되거나 그대로 유지될 때 반증사례와 핵 사이의 갈등은 피할 수 없는 전제 조건이 된다. 이 때 보호대가 어떤 역할을 하느냐에 따라 핵이 수정되거나 그대로 유지된다. 이와 같이 새로운 불일치 현상이 발견될 때마다 보호대가 적절히 대응하면 이 프로그램은 발전하게 되지만, 만약 보호대가 적절하게 대응하지 못하면 퇴행하게 된다. 이와 같은 비유는 불일치 상황을 경험한 한 학생이 자신의 개념을 그대로 고수하거나 개념을 바꾸는 과정을 설명하는데 많이 적용되기도 한다.

#### (4) 구성주의 개념 변화 이론에서 인지갈등

1960년대 Piaget의 인지발달이론이 미국 교육학계에 소개되면서 발생론적 인식론은 미국과학교육운동에 큰 영향을 미쳤다. 이러한 영향은 1970년대 구성주의 인식론이 등장하게 되는데 밑거름이 되었다. 그러나 한편으로는 Piaget이론이 학습에서 맥락적 변인이나 선개념의 상태에 따른 개인차를 설명하지 못한다는 비판도 있었다(Gardner, 1987; Lawson, 1991). 또한 Carey(1986)는 Piaget의 영역 일반적·보편적 발달이론에 대하여 학습자의 선개념 상태에 따른 영역 특이적 발달이라는 관점을 제시하였다.

이러한 과정에서 개념 변화 모형이 Posner 등(Posner et al., 1982)에 의해서 제안되었다. 이 모형은 Piaget 이론과 많은 점에서 비슷하다. 다만 Piaget는 더 포괄적이고 형식적인 구조와 조작 개념을 제시하였는데 반하여, 개념 변화모형에서는 개인의 개념 또는 스키마를 더욱 영역 특이적인 관점으로 취급하는 차이점이 있다. 이러한 표준적인 개인의 개념 변화 모형은 개인의 학습에서 발생적(ontogenetic) 변화가 과학 철학자들이 제안한 과학적 패러다임의 변화 본성과 유사하다라는 것을 가정한다.

이러한 유사성을 근거로 이들은 학습자의 개념 변화를 위한 네 가지 조건을 제시

하였다. (Posner et al., 1982). 첫 번째 조건은 학생이 현재 개념에 불만족을 느껴야 한다는 것이다. 즉, 자신의 현재 개념으로 설명할 수 없는 불일치 상황에 직면하게 되어 인지갈등을 경험해야 한다는 것이다. 이러한 과정은 마치 정상과학 상태에서 반증사례가 증가함으로써 위기상태에 직면하게 되어 갈등상황이 일어난 단계에 비유한다. 두 번째 조건은 새로 도입한 과학 개념을 최소한 이해할 수 있는 것이어야 한다는 것이다. 이러한 이해 가능성은 개념이 논리적으로 적합한가의 여부에 달려 있다. 학습자가 어떤 개념을 이해할 수 있다는 것은 그 개념의 의미가 무엇인지를 알고 일관성 있게 표현할 수 있어야 한다는 것이다(Hewson & Hewson, 1984). 세 번째 조건은 새로운 개념은 일단 그럴 듯 해야한다는 것이다. 다시 말해서 도입한 새로운 과학 개념이 적어도 현재 개념으로 풀 수 없는 상황을 해결할 수 있는 것으로 인식되어야 하고, 다른 지식 체계와 일관성이 있고, 과거의 경험에도 적용될 수 있는 것처럼 보여야 한다는 것이다. 네 번째 조건은 새로운 개념이 유용한 연구 프로그램의 가능성을 제시해야 한다는 것이다. 새로운 개념은 다양한 맥락의 문제 상황에서도 유용하게 확장될 수 있는 가능성을 갖고 있어서 탐구의 새로운 장을 여는 것이어야 한다는 것이다. 연구자들은 학습할 과학 개념이 이러한 네 가지 조건을 만족할 때, 학습자의 개념 생태 안에서 개념의 지위가 상승된다고 주장하였다.

그 후, Pines와 West(1986)는 학습이 일어나는 상황을 설명하는 포도넝쿨 모형을 제안하였다. 이 모형에서 이들은 개념 변화가 일어나기 위해서는 학생이 스스로 형성한 자발적 지식과 학교수업을 통해서 전달되는 형식적 지식 사이에 충돌이 일어나는 갈등상황이 필요함을 강조하였다.

Hashweh(1986)는 Piaget의 인지적 비평형 개념을 수용하면서 두 가지 인지갈등 유형을 제시하였다. 첫 번째 유형은 학생의 사전개념과 현실상황 사이의 갈등이고, 두 번째 유형은 사전개념과 과학적 개념 사이의 갈등이다. 그는 학생이 갖고 있는 개념은 자연 세계와의 상호작용을 통해서 만들어진 결과이며, 이러한 개념은 일상 생활에서 자동적으로 또는 무의식적으로 계속 사용하는 과정적 지식(procedual knowledge)의 형태를 취하고 있기 때문에 쉽게 바뀌지 않는 특성이 있다고 강조하였다.

권재술(1989)은 기존의 개념 변화 이론을 분석하여 Hashweh(1986)가 제안한 모형에서 새로 도입된 과학적 개념과 기존 개념으로 설명되는 자연 현상 사이의 갈등을 추가하여 강조하였으며, 개념 변화의 유형에 따라 나타나는 갈등 유형도 다르다고 주장하였다.

권난주(1994)와 김한호(1995)는 발생학습수업모형, 순환학습수업모형, 가설검증수업모형 그리고 발견학습수업모형 등 과학교육에서 연구되어온 주요 수업모형의 특징을 비교 분석하였다. 연구결과 이 모형들의 공통점으로 수업전략 모형에서 인지갈등 단계가 중요한 역할을 한다는 것을 확인할 수 있었다.

이상의 연구들을 종합해보면, 구성주의 과학 개념 변화 전략에서 인지갈등이 학생의 개념 변화를 촉진시키는 중요한 전제조건으로 제시되고 있음을 확인할 수 있다. 이처럼 인지갈등의 중요성을 강조한 이러한 표준적인 개인의 개념 변화 모형은 개인의 학습에서 발생적(ontogenetic) 변화가 과학 철학자들이 제안한 과학적 패러다임의 변화 본성과 유사하다라는 것을 가정한다. 그러나 1990년대 들어서 학습동기 심리학들은 교실맥락에서 학생 개인의 개념 변화는 과학적 패러다임의 변화 본성과 다르며, 과학자 사회와 다른 학생 사회에서는 교실 맥락 요인과 동기 요인이 또한 고려되어야한다는 반론을 제기하였다(Pintrich et al., 1993).

## 나. 인지갈등 연구의 틀

인지갈등과 관련된 연구를 설명하는 틀로서 과학 개념학습에서 학습자의 인지갈등과 개념 변화과정을 도식화하면 다음 그림 II-3과 같이 나타낼 수 있다.

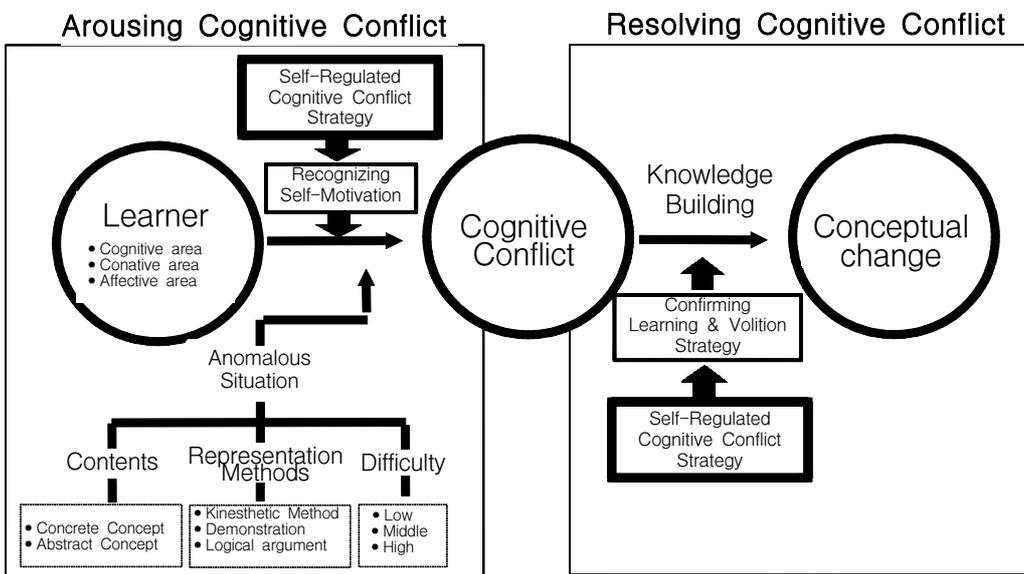


그림 II-3. 인지갈등 연구의 틀.

이 그림에서 왼쪽 과정은 학습자에게 인지갈등을 일으키는 단계를 나타낸 것이고, 오른쪽 과정은 인지갈등을 해소하여 개념 변화를 일으키는 단계를 의미한다. 그림에서 제시된 바와 같이 인지갈등의 주체는 학습자이며, 이 학습자에게 교사는 불일치 상황을 제시하여 인지 갈등을 일으킬 수 있다. 이 상황에서 교사가 제시할 수 있는 불일치 상황은 크게 개념의 내용, 표현 방법, 난이도 등을 고려하여 세 가지 특성으로 분류할 수 있다. 먼저 인지갈등의 주체인 학습자 특성과 불일치 상황을 제시할 때 고려할 수 있는 특성에 대해서 알아보자.

### (1) 학습자 변인

유능한 교사는 불일치 상황을 제시하기 전에 학습자의 특성을 먼저 고려할 것이다. 학습자가 갖고 있는 사전 지식의 특징, 학습에 대한 동기와 학습을 하려는 의지, 과학교과에 대한 태도 등 다양한 학습자 요인이 불일치 상황에 직면한 학습자의 반응에 영향을 미칠 수 있다. 다음 그림은 교육 심리학자들이 학습에 영향을 미치는 학습자 특성을 정의적(affective), 동기·의지적(conative), 인지적(cognitive) 변인들로 구분하여 구체적으로 표현한 것이다(Snow, Corno & Jackson, 1996).

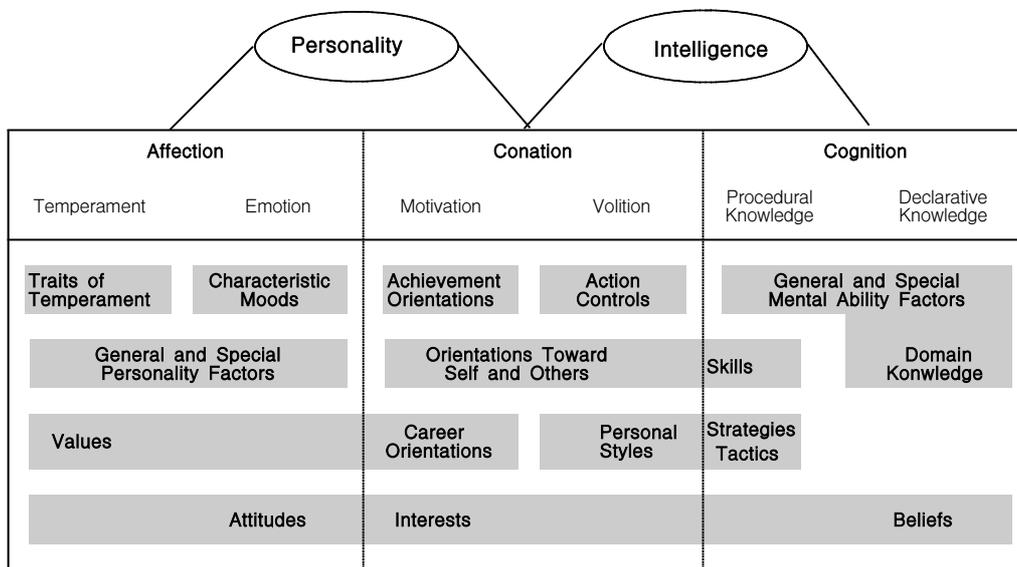


그림 II-4. 학습자의 인지, 정의, 동기·의지적 영역(Snow, Corno, & Jackson, 1996).

인지적 요인으로는 학습자가 갖고있는 절차적 지식과 선언적 지식의 수준이나, 영역 특이적 지식, 학습전략과 신념(belief) 등을 예로 들 수 있으며, 동기 요인에서는 성취 지향과 대상에 대한 지향 그리고 흥미 등을, 의지적 영역에서는 행동통제와 개인적 스타일 등을 그 예로 들 수 있다. 또한 정의적 요인에서는 학습자의 성격이나 기질, 태도 등을 그 예가 된다.

이러한 학습자 요인들은 불일치 상황을 제시하여 인지갈등을 일으키는 단계에서 다양한 영향을 미칠 수 있으며, 특히 인지갈등 상황 때 보이는 학습자의 반응특성과 갈등해소 단계에서도 긍정적인 또는 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것이다. 학생의 과학개념 변화에 관한 연구는 1980년대를 기점으로 초기에는 인지적 요인에 초점을 맞추어 왔으나, 1990년대 이후에는 학습동기학자들과 교육심리학자들의 문제제기를 포괄하여 정의적, 사회환경적 요인을 고려한 연구들이 수행되고 있다.

## (2) 인지갈등 유발 방법

학습자에게 인지갈등을 잘 유발시키는 교사는 일단 학습자를 동기화시키는데 성공한 교사라고 할 수 있다. 그렇다면 학습자 특성 이외에 무엇을 고려하여 불일치 상황을 제시할 때 학습자에게 인지갈등이 더 잘 일어날 수 있을까? 이 문제는 현장의 과학교육을 위해서도 앞으로 체계적이고 지속적으로 탐구되어야 할 주요 연구 과제이다. 그 동안 이 문제를 탐구해온 연구자들은 불일치 상황을 제시할 때 개념의 특성, 갈등상황 제시 방법, 갈등 상황의 난이도 등 세 가지 특성을 고려할 수 있음을 제안하였다.

먼저 도입하려는 과학적 개념이 역학 영역의 개념들과 같이 일상생활에서 접하기 쉬운 구체적 개념인가, 아니면 전자기 영역의 개념들처럼 일상적으로 접하기 어려운 추상적 개념인가를 고려하여 갈등 상황을 제시해야한다.

지금까지 연구된 갈등상황 제시 방법에는 그림 2에서 제시된 바와 같이 체험제시, 현상제시, 논리제시 등을 들 수 있다. 각 제시 방법을 간략히 설명하면 다음과 같다.

- 현상제시: 피험자에게 상황을 설명하고 결과를 예측하게 한 후, 실제 시범을 해보인다.
- 논리제시: 상황을 설명하고, 그 결과의 예측과 그 이유를 제시하게 한 후, 학생

논리에 반하는 논리를 전개한다.

· 체험제시: 상황을 설명하고 예상을 하게 한 후, 스스로 실제 상황에서 체험하게 한다.

이 밖에도 동료 사이의 토론을 통한 토론제시 방법을 사용할 수 있으며, 도입하려는 과학개념의 특성에 따라 보다 적합한 갈등상황 제시 방법이 개발될 수 있을 것이다.

한편, 학습자의 학업수준이나 성취도를 고려한다면 학습자에게 제시하는 불일치 상황을 난이도 별로 구분하여 제시할 수도 있다(오재천, 2002). 예를 들어 비슷한 도르레 과제일지라도 그림 II-4와 같이 고정도르레 과제냐, 움직도르레 과제냐, 이중도르레 과제냐에 따라서 학습자가 경험하는 불일치 상황의 난이도 정도는 다르게 나타날 것이다.

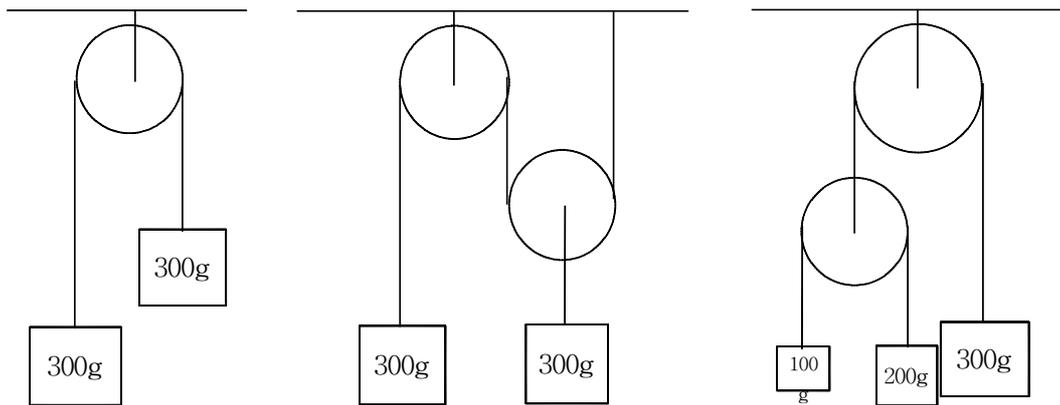


그림 II-5. 도르레 과제의 난이도에 따른 인지갈등 상황.

첫 번째 과제를 해결하기 위해서는 힘의 평형 개념을 이해하고 있어야 하며, 두 번째 과제는 힘의 합성과 분해를, 세 번째 과제는 장력의 특성, 힘의 평형, 힘의 합성과 분해 그리고 운동 방정식을 적용할 수 있어야 한다. 이러한 불일치 상황의 난이도별 구분은 7차 교육과정에서의 수준별 학습을 원활히 하는데 도움을 줄 수 있으며, 학습자의 특성에 따라 어떤 난이도의 불일치 상황을 단계적으로 적용하는 것이 바람직한가를 연구할 필요성이 있다. 이러한 연구들이 발전하면 다단계 또는 다

중 인지갈등 전략의 개발로 발전할 수 있을 것이다.

### (3) 불일치 상황에서 반응 유형과 갈등의 측정

어떻게 인지갈등을 측정할 수 있을까? 인지갈등을 측정하기 위해서는 먼저 학생이 불일치 상황을 경험하게 될 때 어떤 반응 특성을 나타내는가를 알아볼 필요가 있다. 이러한 특성을 종합해보면 인지갈등을 구성하는 요인을 찾을 수 있을 것이다. 이러한 시도로써 Lee 등(1999)은 인지갈등 상황에서 학생이 보이는 반응특성에 관한 선행연구와 면담 원안을 분석하여 인지갈등 과정 모형을 개발하고 인지갈등 측정 도구를 개발하였다. 다음은 이러한 인지갈등 측정도구 개발의 기초 연구가 되었던 선행연구를 제시한 것이다.

Piaget는 인지갈등이 언제나 보다 발전된 인지상태로 발전하는 것은 아니라고 주장하였다. 그는 학생들이 인지갈등 상황에서 보이는 반응을 유형을  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  반응 등 세 가지로 구분하였다(Piaget, 1985).  $\alpha$ 반응은 두 가지 유형으로 다시 구분할 수 있는데 그 중 첫 번째 유형은 갈등상태를 무시하거나 제거하는 반응이고, 두 번째 반응은 자신의 신념을 변화시키지 않고, 갈등 상태를 그 신념구조에 맞게 합리화시키는 것이다. 반면  $\beta$ 반응은 갈등상태를 조절하기 위하여 자신의 생각을 수정하는 것이다. 그러나 이 수정 과정이 앞으로의 모든 상황에 적용될 수 있는 새로운 인지구조를 구성하는 것을 의미하는 것은 아니다. 갈등상태를 조절하기 위하여 인지구조를 재구조화하여 새로운 인지구조를 구성하는 반응을  $\gamma$ 반응이라고 하였다.

Posner 등(1982)은 불일치 자료에 직면한 학생의 반응으로 관찰이론거부, 무관심, 구획을 짓는 갈등회피, 동화시도 등이 있음을 주장하였다. 또한 Posner와 Geortzog(1982)는 자신의 기존개념과 불일치 하는 결과를 설명하려는 동화전략을 확인할 수 있었다.

Chinn과 Brewer(1993, 1998)는 변칙자료에 대한 학생의 반응 유형을 7가지로 분류할 수 있음을 제시한 후, 다시 한 가지 유형을 추가하여 모두 8가지로 분류하였다. 이들은 불일치 사례를 제시한 이후, 다음과 같은 세 가지 질문에 대한 반응에 따라 분류하였다. 이 세 가지 질문은 “학생이 사례를 타당한 것으로 받아들이는가?”, “사례에 대한 설명을 하는가?”, “현재의 이론을 수정하는가?” 이다. 학생들이 나타내는 8가지 반응 유형은 무시, 거부, 불확실, 배척, 미결정, 재해석, 일부 개념 변화, 개념 변화 등이다. 이러한 반응을 정리하면 표 II-3과 같다.

표 II-3. 변칙사례에 대한 반응 유형(Chinn & Brewer, 1998)

반응	사례를 타당한 것으로 받아들이는가?	사례에 대한 설명을 하는가?	현재의 이론을 수정하는가?
무시	아니오	아니오	아니오
거부	아니오	예	아니오
불확실	결정하지 않음	아니오	아니오
배척	예 또는 아니오	아니오	아니오
미결정	예	결정하지 않음	아니오
재해석	예	예	아니오
일부 개념 변화	예	예	부분적으로 예
개념 변화	예	예	전적으로 예

그러나 이들은 이러한 변칙사례에 대한 반응 특성이 수업 후, 시간이 지난 후에 과학개념을 지속시키는 것과 어떤 관계가 있는지에 관해서는 알아보지 않았다.

Chan 등(1997)은 경로분석을 통해서 과학 개념 변화과정에서 인지갈등의 효과가 학생의 지식구축활동과 과학개념 변화 사이를 매개한다는 것을 확인하였다. 이들은 지식구축활동을 하위동화(subassimilation), 직접 동화(direct assimilation), 표면 구성(surface construct), 함축적 지식 구축(implicit knowledge building), 명시적 지식구축(explicit knowledge building) 등 다섯 가지로 분류하였다. 이러한 분류는 Chinn과 Brewer(1998)가 제시한 반응유형과 표현이 다르긴 하지만 비슷한 측면이 있다.

Trumper(1997)는 9~12살 학생을 대상으로 에너지 개념에 관한 개념 변화 수업 중 인지갈등 상황에 대면한 학생의 반응을 조사하였다. 연구결과 그는 다섯 가지 유형을 확인할 수 있었다. 첫 번째 유형은 불일치함을 인식하지 못하는 경우, 두 번째는 불일치함을 인식하지만 갈등해결을 회피하는 경우, 세 번째는 불일치함을 인식하고 부분적으로 개념을 변화시키는 경우, 네 번째는 인지갈등 상태에 도달하였으나 처음 개념을 고수하면서 인지갈등을 해결하는 경우, 다섯 번째는 불일치함을 인식하고 의미 있는 인지갈등 상태에 도달한 후 개념 변화가 된 경우 등 모두 다섯 가지 유형이었다.

Shepardson과 Moje(1999)는 전기회로에 관한 4학년 학생들의 이해체계를 연구하면서 학생이 불일치 자료를 자신의 생각과 다른 불일치한 것으로 인식하기 위해서는 학생의 이해와 이해체계를 연결하는 것이 중요하다는 것을 발견하였다. 그리고 개념 변화가 이루어지기 위해서는 단순히 불일치 상황을 인식하는 것만으로

는 부족하며 자신의 이해체계와 연결된 대안적인 이해가 필요하다고 제안하였다.

국내에서도 불일치 상황에서 학생의 반응특성을 탐색한 연구가 수행되었다. 이경호(1990)는 면담을 통하여 인지갈등이 예상되는 상황의 유형에 따라서 학생들의 반응을 조사하였다. 연구결과 학생의 사전 개념(C1)과 불일치 현상(R2) 사이의 인지갈등인 갈등유형 I에서는 포기, 완전한 개념 변화가 많이 일어났다. 반면, 학습한 과학개념(C2)와 사전 개념으로 설명되는 현상(R1)사이의 갈등유형 II에서는 사전 개념을 유지하기 위하여 동화전략을 사용하고 부분적으로 개념 변화가 되는 경우가 많았다(이경호와 권재술, 1999).

임이숙 등(1998)과 이영직(1998) 등은 면담을 통하여 학생들이 반응정도에 따라 인지갈등 정도를 측정할 수 있는 점검표를 제시하였고, 역학 개념에서는 현상제시 인지갈등 방법이 개념 변화에 바람직하며, 전자기 개념에서는 논리제시 인지갈등 방법이 개념 변화를 촉진한다는 사실을 밝혔다.

박종원 등(1993)은 빛과 그림자에 대한 학생의 선개념을 조사하고 학생에게 자신의 선개념과 일치하는 증거와 일치하지 않는 증거를 제시하여 학생의 반응을 조사하였다. 연구결과 자신의 생각과 일치하지 않는 경우에는 증거에 보다 더 기초하여 반응하였다. 그러나 일치하지 않는 증거에 대한 학생의 반응 중에서 증거를 거부하거나 왜곡하는 반응이 40%로 가장 많이 나왔고, 다른 변인을 언급하면서 인지적 혼란을 겪는 경우, 무조건 수용하거나 그냥 증거를 보고 수용함 등의 반응을 보이는 것으로 나타났다.

김익균(1997)은 꼬마전구 실험에서 자신의 생각과 일치하지 않는 실험 결과에 대한 대학생의 반응을 조사하였다. 연구결과 학생들은 자신의 생각을 고수하려 하거나 자신의 생각을 버리고 실험 결과를 수용하는 반응을 보였다. 어떤 학생들은 실험 결과가 자신의 생각과 일치하지 않음에도 불구하고 자신의 생각을 고수하기 위하여 근사적 일치, 불일치 부분의 무시, 실험상의 오류 등과 같은 합리화 반응을 보였다. 또한 이러한 학생들이 자신의 생각을 버리고 실험 결과를 수용하는 과정에서는 '새로운 개념의 도입', '이유를 모름', '실험 결과는 인정'과 같은 반응을 보였다.

박종원 등(1998)은 중학생과 교육대학생을 대상으로 학생들이 자신의 사전개념을 지지하는 증거나 반증하는 증거가 나왔을 때, 어떻게 반응하는지 조사하였다. 연구결과 자신의 생각을 지지하는 증거를 관찰하였을 때 학생들은 관찰을 그대로 받아들였으며 더 확증하기 위해서 추가로 관찰하였다. 또한 자신의 생각을 반증하

는 증거를 관찰하였을 때 반증 증거에 의해서 자신의 핵심 원리를 폐기한 반응이 있었고, 반증 증거를 수용하였지만 핵심이론을 포기하기보다는 주변부적 이론을 수정·보완하는 반응이 있었다.

또한 박종원(2001)은 6명의 대학생을 대상으로 전자기 유도와 관련된 현상을 보여주고 인지갈등을 일으킨 후, 학생들이 설명가설을 제안과정을 면담을 통해 분석하였다. 연구 결과 불일치한 상황을 관찰할 때 나타나는 반응으로 배경지식에 대한 탐색 반응 유형과 실험상황에 대한 탐색 반응 유형을 확인할 수 있었다. 또한 관찰 반응 유형에 따라 학생이 제안한 가설의 성격이 다르게 나타남을 강조하였다.

이상의 선행연구에서 나타난 학생의 특징을 종합하여 Lee 등(1999)는 불일치 상황에 대하여 인식하는 경우와 불일치 자료를 포함하여 인지갈등 상황을 전체적으로 학생 나름대로 평가하는 경우로 구별하였다. 그리고 이러한 두 가지 유형이 인지갈등 상황에서 인지갈등을 표현하는 심리적 상태를 나타낸다고 제안하였다.

또한 Lee 등(1999)은 인지갈등 상황에서 학생의 정의적 특성을 기술한 다음과 같은 선행연구를 분석하여 인지갈등 상태 때 보이는 학생의 정의적 특성을 정리하였다. Berlyne(1960)이 놀람, 의혹, 당혹, 좌절, 모순 등과 같은 상황에 학생들이 처하게 되면 일종의 개념적 갈등이 일어날 수 있다는 것을 강조한 것에서. Dreyfus 등(1990)이 사전 지식이 부족한 학생이 인지갈등 상황을 대면하게 되면 불안을 느낄 수 있다고 제안한 것에서. Niaz(1995)가 인지갈등을 겪고 있는 학생들에게서 발견할 수 있는 반응으로 호기심, 놀람, 신기함, 당혹, 혼란 등을 예로 들은 것에서. 이러한 정의적 반응을 Anderson(1981)의 정의적 특성 분류기준에 따라 두 가지 요인으로 분류하여 흥미와 불안으로 구분하였다.

따라서 전체 반응특성과 문헌연구에서 확인한 정의적 특성을 종합하여 인지갈등을 구성하는 네 가지 요인인 불일치 상황의 인식, 흥미, 불안, 재평가 요인을 제시하고, 다음 그림 II-6과 같은 인지갈등과정 모형을 제안하였다. 이 모형에서 Lee 등(1999)은 학습자가 인지갈등을 경험하기 위해서는 먼저 불일치 상황의 인식(recognition)이 전제되어야 함을 강조했으며, 불일치 상황을 인식한 학습자가 그 상황에 대하여 흥미(interest)와 불안(anxiety)과 같은 정의적 반응을 보이고, 그 갈등 상황을 인지적으로 재평가(cognitive reappraisal)를 해보려는 경향이 강할수록 인지갈등의 강도가 높다고 주장하였다.

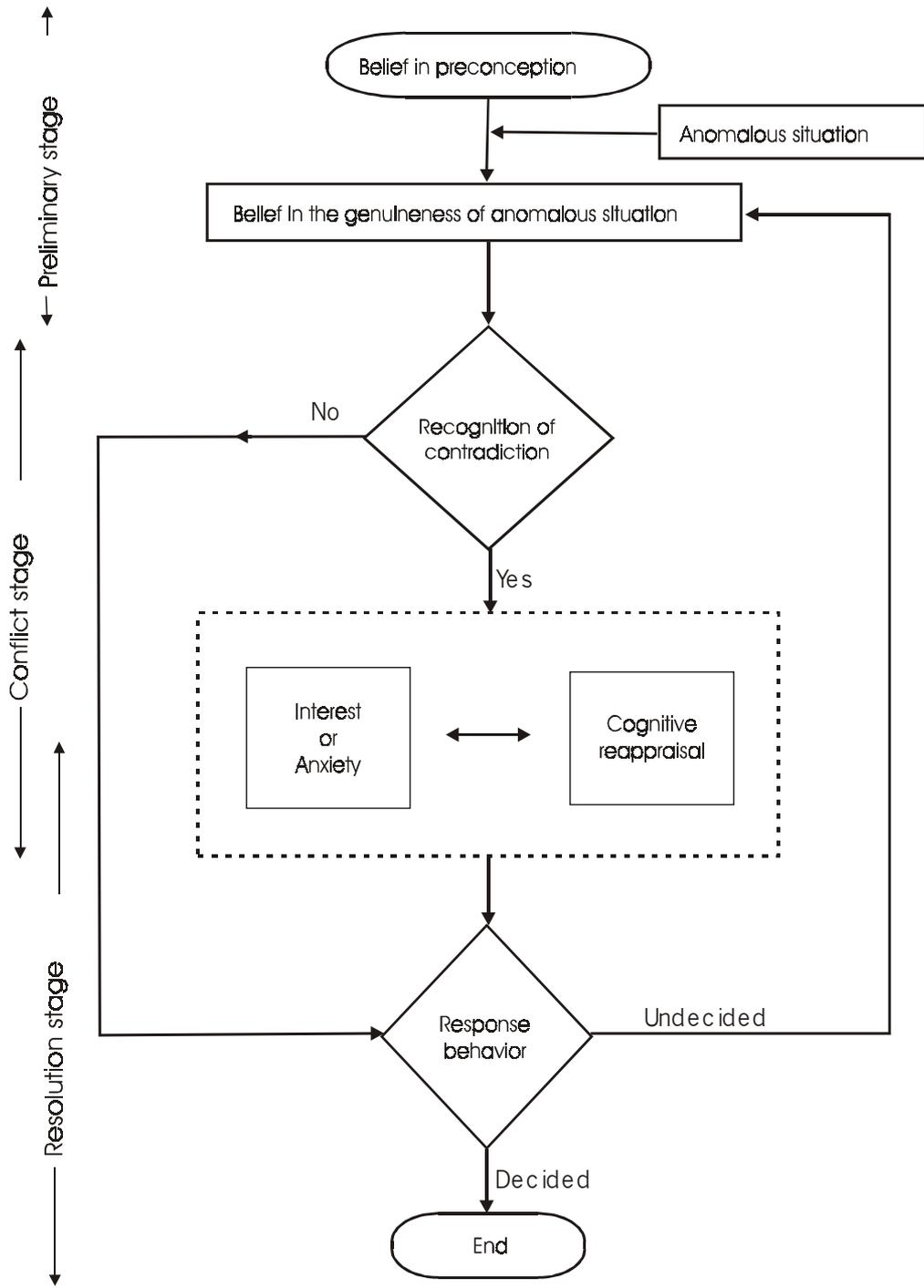


그림 II-6. 인지갈등 과정 모형(Lee et al., 1999).

또한 검사도구 개발에 참여한 연구자들은 면담을 통해서 인지갈등을 측정하는 다른 연구(이영직, 1998; 박용운, 1996; 임이숙, 1996; 이경호, 1990)의 면담 자료에서도 이러한 인지갈등 요인을 확인하였다(Lee et al., 1999; 권혁구, 1999). 이러한 결과를 종합적으로 분석하여 Lee 등(1999)은 인지갈등의 심리적 특성을 인식·흥미·불안·재평가로 정의하는 인지갈등 검사도구를 개발하였다(권혁구, 1999; 박상석, 1999; 김정환, 1999; 원동만, 2000).

이러한 검사 도구 개발이후, Kwon 등(2000)은 고등학교 학생들을 대상으로 학생들의 인지갈등 수준과 유형에 따른 반응 유형과 관계를 연구하였다. 연구결과 역학영역에서는 전기영역에 비하여 흥미요소가 강한 인지갈등 유형이 나타났고, 전기영역에서는 불확실, 새로운 사실의 제거, 표면적 개념 변화 등의 반응이 많이 나타났다. 또한 인지갈등 유형에서 인지적 요소와 흥미 요소가 강하게 유발되는 유형은 긍정적인 개념 변화 반응과 관련될 것으로 제안하였다.

## 다. 인지갈등 상황에서 불안

학습 상황에서 일반적 불안과 인지갈등 상태에서 불안을 비교하고 설명하기 위해서는 먼저 불안의 사전적 의미를 정의해야 한다. 불안(anxiety)에 관한 정의는 다른 심리학적 개념보다도 그 성격이 매우 복잡하고 다원적이기 때문에 단순히 설명하기 어렵다. 또한 학자들마다 접근하는 관점에 따라 다양한 견해를 갖고 있기 때문에 한 가지 관점만이 과학적으로 더 바람직하다고 주장할 수 없다.

불안에 관한 정의를 몇 가지로 분류한다면, 크게 실존철학적 관점, 인본주의적 관점, 정신분석학적 관점, 인지주의적 관점 등으로 구분할 수 있다. 이 장에서는 정신분석학적 관점으로 Freud의 불안 이론과 인지주의적 관점으로 Spielberger(1972)의 상태·특성불안 이론에 대해서 정리한 후, 인지갈등 상태에서의 불안 개념과 비교하였다.

### (1) 불안에 대한 Freud의 관점

Freud는 불안에 관한 이해가 인간을 이해하는데 중요한 관건이 되며, 신경증의 원인으로도 중심문제가 된다고 주장하였다. Freud는 리비도(libido)가 억압될 때 불안이 잉태되기 시작하고, 억압된 리비도가 배출되지 않으면 불안으로 변형된다고 보았다. 초기에 그의 이러한 설명은 불안에 대한 현상적 기술일 뿐 불안의 원인에

대한 설명과는 거리가 멀었다. 그 후, Freud는 더 많은 임상적 경험을 통해서 초기 이론을 수정하여 불안을 일으키는 것은 억압이 아니라고 강조하며, 불안이 먼저 있고, 그 불안이 억압을 가져오게 된다고 제시하였다. 이 수정 이론에서 그는 자아(ego)를 불안의 실제 진원지로 보고 자아가 위험신호를 인지하게 되면 불안을 회피하기 위한 노력으로서 어떤 증상이나 억압이 일어나게 된다고 강조하였다.

Freud는 불안의 유형을 현실불안, 신경증적 불안, 도덕적 불안으로 구분하였다. 현실불안은 그 원인이 외부세계에 있고 신경증적 불안은 자아(ego)에 있으며, 도덕적 불안은 초자아(superego)에 있다고 보았다. Freud는 자신의 초기이론에서 신경증적 불안을 자기 자신의 본능적 충동에 대한 공포로 보았으나, 나중이론에서는 본능적 충동이 행동으로 표출될 때 일어날 수 있는 외부의 위협에 대한 두려움으로 생각하였다. 이와 같이 나중 견해는 불안을 내적 심리과정으로 보았던 초기이론과는 달리 불안의 문제를 인간과 환경과의 상호작용으로 해석한 것이다.

## (2) Spielberger의 상태·특성 불안 이론

인지주의 관점에서 불안을 체계적으로 연구한 사람은 Spielberger(1972)이다. 그는 불안의 개념을 일련의 정서적 과정(emotional process)으로 이해하고 상태·특성(state-trait anxiety)이론을 제안하였다. 그의 이론에 따르면 개인은 자주 경험했던 긴장으로 인해서 상태불안(state anxiety)을 일으키고, 이러한 상태불안이 계속해서 누적되면 성격 특성의 한 부분인 특성불안(trait anxiety)이 된다는 것이다. 또한 이렇게 형성된 특성 불안은 상태 불안에 영향을 준다.

이와 같이 정서적 과정 중에 나타나는 상태·특성 불안은 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

첫째, 평가적 상황(evaluative situation)이 발생한다.

평가적 상황유발이 바로 불안을 일으키는 원인 또는 잠재적 긴장상태를 유발시킬 수 있다.

둘째, 상황에 대한 지각 또는 인식(perception of situation)이 일어난다.

개인이 평가적 상황을 지각하고 인식하게 된다. 이 과정에서 개인은 평가적 상황의 본성과 개인의 선행학습에 의거하여 평가적 상황을 자존심에 위협적인 상황으로 지각하게 될지도 모른다.

셋째, 상태불안 반응(state anxiety reaction)이 일어난다.

만일 개인이 평가적 상황을 위협한 것으로 판단하면 상태불안 반응이 일어난다.

넷째, 인지적 재평가(cognitive reappraisal)가 일어난다. 긴박한 상황에 대처하는 방법을 모색하기 위해서 그 상황을 다시 평가해 보게 되고, 그 긴장감을 경감시키기 위한 구조적인 대응기제를 발견한다.

다섯째, 대응 반응 또는 방어·회피 행동(coping, defensive or avoidance behavior)을 일으킨다.

이와 같은 상태·특성 불안의 다섯 가지 과정 모형은 Lee 등(1999)이 제안한 인지갈등 과정 모형과 유사한 점이 많다. 인지갈등 과정 모형에서는 세 번째 절차에서 불안 반응 뿐 아니라, 정의적 요인인 흥미반응을 추가한 것이 그 특징이다.

### (가) 상태 불안과 특성 불안의 개념

상태 불안은 시간의 경과에 따라 그 강도가 변화되는 인간 유기체의 정서적 상태 또는 조건으로 규정할 수 있다. 상태 불안은 주관적이며, 긴장이나 염려가 의식적으로 지각된 감정이며 자율신경계통의 활동을 일으킨다. 객관적 위협과는 상관없이 개체가 어떤 환경을 위협적인 것으로 지각하면 상태불안의 수준은 높아진다. 반면, 스트레스 상황이거나 위협이 내재된 환경이라도 개체가 그 상황을 위협적인 것으로 지각하지 않으면 상태불안의 강도는 상대적으로 낮아진다.

상태 불안과 비교하여 특성 불안은 변화하지 않는 개인차를 지닌 동기나 획득된 행동성향으로 인해서 나타나는 불안이다. 즉 개인에 따라 광범위한 자극상황을 위협한 것이나 위협적인 것으로 지각하는 성향이 다르며, 이러한 위협에 대해 상태 불안 반응을 일으키는 경향 역시 다름을 의미한다. 그러므로 특성 불안은 개인차로 인해서 과거에 경험한 상태 불안의 빈도와 강도, 미래에 이러한 상태 불안을 경험하게 될 확률이 다름을 반영하는 개념이다. 특성 불안이 높은 사람은 낮은 사람보다 더 많은 상황에서 위협을 지각한다. 또한 이들은 위협적인 상황에서 더 강한 상태 불안을 경험한다.

### (나) 상태·특성 불안 이론의 특징

상태·특성 불안 이론을 설명하는데는 다음과 같은 가정이 필요하다. 즉, 개인이 어떤 특수한 상황을 위협적인 것으로 지각하면, 개인의 현실적·객관적 불안이 있든 없든 상관없이 상태불안은 높아지게 될 것이다. 이 때 상태 불안 반응의 강도와 지속은 개인이 불안 상황에 대하여 지각한 위협의 양과 개인의 집착성(persistence)

에 따라 결정된다.

어떤 특정한 개인이 주어진 상황을 위협적인 것으로 지각하는지, 아닌지는 그 상황에 대한 자기 자신의 개인적 평가에 달려있고, 이러한 개인적 평가는 또한 그의 과거경험에 의해서 거의 결정되어질 것이다(Spielberger, 1972). 특성 불안이 높은 사람은 상대적으로 낮은 사람에 비하여 어떤 유형의 상황이든, 그 상황이 개인의 자존심에 위협적인 것으로 지각하는 경향이 강하다. 즉 실패를 경험할 수 있는 환경 또는 개인의 적합성이 평가되는 상황은 특성불안이 높은 사람에게 특히 위협적일 수 있다.

다음 그림은 불안의 인지적 평가와 그 결과에 대한 Spielberger의 이론을 도식화한 것이다.

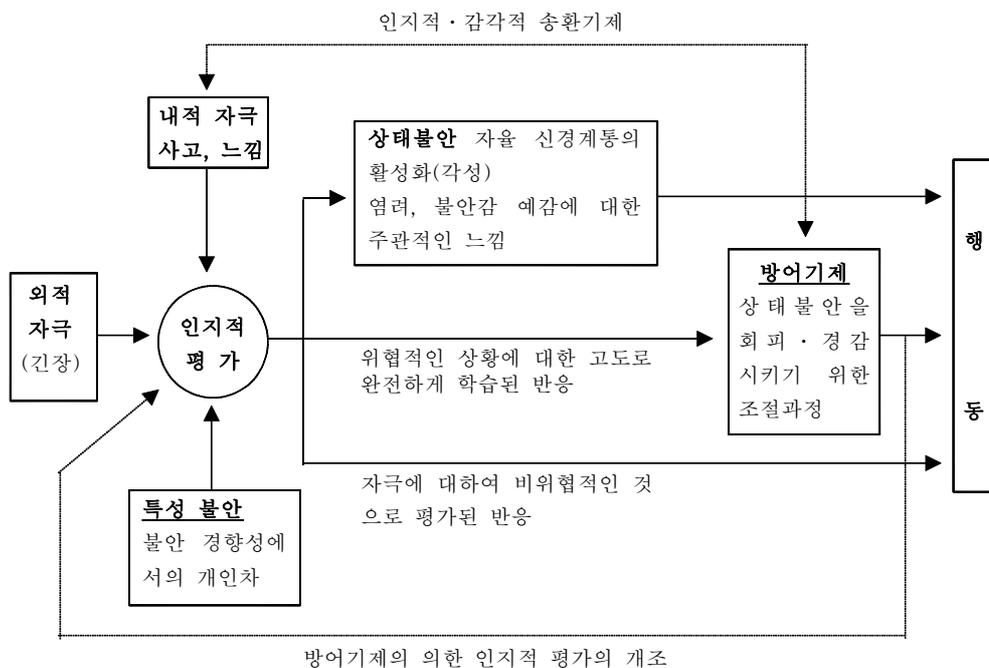


그림 II-7. 불안의 인지적 평가와 그 표출에 관한 Spielberger의 모형.

이 도식을 보면 상태불안의 각성은 개인에게 위협이나 위협을 준다고 지각되는 외적 또는 내적 자극에 의해서 일어난 일시적 사건의 과정이나 결과라는 것을 가정하고 있음을 알 수 있다.

인간이 놀랍거나 위협한 상황을 연상함으로써 생기게 되는 내적 자극 또한 높은 수준의 상태불안을 일으킬 수 있다. 예를 들면 다음 시간에 볼 시험을 잘 준비하지 못한 것을 갑자기 뇌리에 떠올린 학생은 상태불안의 강도가 증가하는 것을 경험하게 될 것이다. 따라서 높은 특성불안을 가진 사람이 낮은 특성 불안을 가진 사람보다 개인에 대한 적합성 평가가 이루어지는 상황이나 환경을 더 위협적인 것으로 지각하기 쉽다.

Spielberger(1972)는 개인이 감각과 인지적 피드백 기제(sensory and cognitive feedback mechanism)를 통해서 높은 수준의 상태불안을 불쾌한 것으로 느낄 수 있으며, 이 과정에서 과거에 효과적으로 상태불안을 감소시켰던 방어기제를 작동시켜 인지적 또는 운동적 과정을 일으킬 수 있다고 주장하였다. 또한 그는 상태·특성 불안 이론에서 제시한 가정을 다시 요약하여 정리하면 다음과 같다.

첫째, 상태불안은 개인이 위협적인 것이라고 평가되는 모든 상황에서 일어날 것이다.

둘째, 특성불안이 높은 사람이 낮은 사람보다 자존심을 손상시키는 환경과 상황을 더 위협적인 것으로 지각하게 될 것이다.

셋째, 상태·특성 불만의 강도는 그 상황이 개인에게 미치는 위협의 양에 비례할 것이다.

넷째, 상태불안 반응의 지속은 이 상황을 위협적인 것으로 판단하는 개인의 해석과 집착성(persistence)에 의존할 것이다.

다섯째, 높은 수준의 상태불안은 인지적·감각적 피드백 기제를 통해서 불쾌한 것으로 경험하게 될 것이다.

여섯째, 상태불안의 상승은 직접적인 행동으로 표현되어지는 또는 과거에 상태불안을 효과적으로 감소시켰던 심리적 방어를 일으키는데 도움이 되는 충동의 속성을 지니게 될 것이다.

일곱째, 자주 경험하는 긴장된 상황들로 인해서 개인은 위협을 극소화시켜 상태불안을 감소시키는 심리적 방어기제를 발달시킬 수도 있을 것이다.

### (다) 인지갈등 상황에서 불안

Dreyfus 등(1990)은 사전 지식이 부족한 학생이 인지갈등 상황을 대면하게 되면 불안을 느낄 수 있다고 제안했으며, 박종원 등(1993)은 불일치 상황에 대면한 학생들이 다른 변인을 언급하면서 인지적 혼란을 겪는 경우가 있음을 보고하였다. 그러나 이 두 경우, 사전지식이 부족하여 자신감이 없기 때문에 심리적인 불안을 느끼는 경우하고, 불일치 상황을 보고 다른 변인을 도입하여 인지적으로 혼란스러움 느낌으로써 불안해지는 것은 개념 변화에 서로 다른 영향을 미칠 수 있는 유형으로 구분할 수 있다.

또한 최근에 Kwon 등(2000)은 고등학생을 대상으로 수행한 연구에서 인지갈등 유형에서 인지적 요소인 갈등의 ‘인식’과 ‘재평가’ 요인이 높고, 정의적 요소에서는 ‘흥미’ 요인이 높고 ‘불안’ 요인이 낮은 경우가 긍정적인 개념 변화 반응과 관련될 것으로 제안하였다.

이와 같이 인지갈등 상황에서 불안이 개념 변화에 미치는 영향에 대해서는 연구자들마다 의견이 일치하지 않고 있다.

이 연구에서 학습자가 자신의 생각과 불일치 하는 현상을 보고 느끼는 인지갈등 상태에서 느끼는 불안 요인은 Lee 등(1999)이 제안한 인지갈등 과정 모형에 근거한다. 앞장에서 소개한 Spielberger의 상태·특성 불안 과정 모형과 인지갈등 과정 모형을 비교하면 몇 가지 공통점과 차이점을 찾아볼 수 있다. 상태·특성 과정 모형에서 불안 상황을 믿고, 그 상황을 인식하며, 불안 상황에 대처하기 위하여 인지적 재평가 상태에 도달한다고 제안한 것은 갈등 상황을 신뢰하고, 인식하며, 갈등 상황에 대처하기 위해 인지적 재평가 과정이 진행된다고 강조한 부분과 비슷하다. 반면 상태·불안 과정에서는 불안 상태의 인식 후 상태불안이 나타난다고 강조했으나, 인지갈등 과정 모형에서는 불안 이외에도 흥미와 같은 정의적 요인이 유발된다고 제시하였다.

인지갈등 상태에서의 불안 요인을 도식화하면 다음 그림 II-8과 같다.

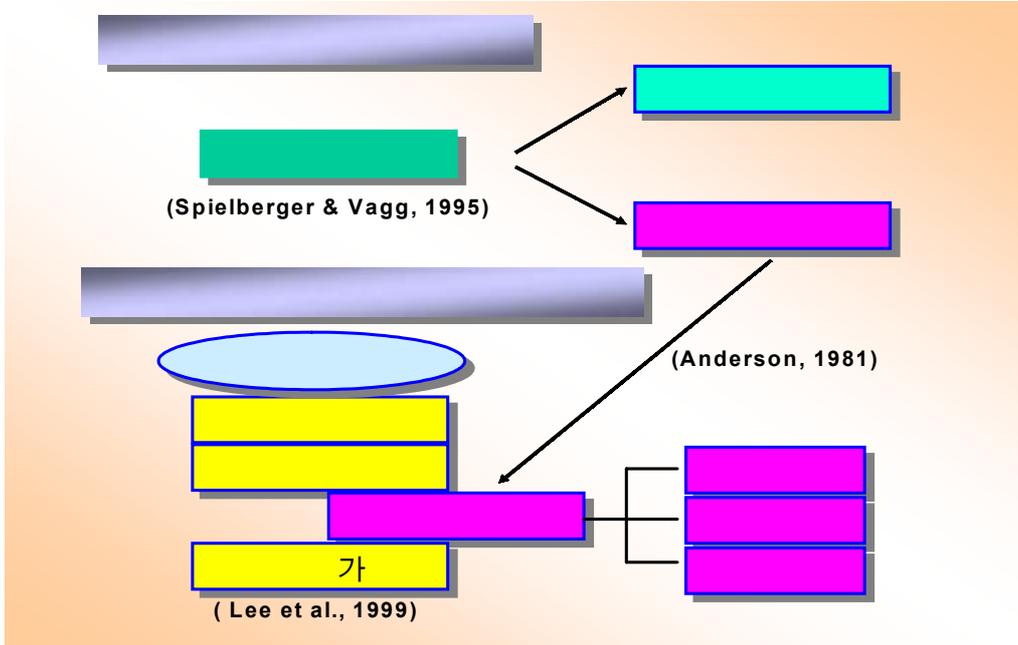


그림 II-8. 인지갈등 상황에서 불안 특성.

Spielberger와 Vagg(1995)는 일반적으로 간단한 질문을 던지는 상황까지 포함하여 성취 맥락에서의 불안 또는 시험 불안이 그림 II-8에서와 같이 정서적 요소와 인지적 요소로 구성된다고 강조하였다. 인지적 요소는 성공에 대한 부정적 기대와 자신의 수행에 대하여 걱정과 고민을 하는 상태 등을 포함하며, 정서적 요소는 식은땀이 나거나 심장박동이 빨라지는 것과 같은 생리적 반응을 포함한다.

따라서 불일치상황을 보고 자신의 예측이 맞는지 틀리는지 평가될 수밖에 없는 상황에서 실험 결과를 보고 혼란스럽고, 해결할 수 없어서 고민이 되며, 이해할 수 없어서 경험하게 되는 답답한 상태는 정서적 반응보다는 불안의 인지적 요인에 가깝다고 볼 수 있다. 왜냐하면 불일치한 실험 결과에 대한 인식 과정과 불일치한 결과를 해결하려는 시도과정, 그리고 이해하려고 노력하려는 과정 등을 모두 인지적 과정으로 볼 수 있기 때문이다.

이와 관련하여 Lee 등(1999)은 불일치 상황에서 학습자가 보이는 혼란스럽고, 고민이 되고, 답답한 상태를 Anderson(1981)인 정의적 특성 분류기준을 근거로 불안

요인으로 정의하였다. 그러므로 이들이 제안한 불안은 Spielberger가 제안한 불안의 인지적 요소와 정서적 요소 중 인지적 요소에 해당한다고 볼 수 있다. 또한 불일치 상황에서 유발되는 상태불안은 학습자의 성격 특성에 따라 다르게 나타나는 특성 불안의 영향을 받을 수 있다.

이 연구에서는 불일치 상황에서 보이는 학생의 불안 정도를 상태·특성 불안 검사지를 이용하여 측정된 것이 아니고, Lee 등(1999)이 개발한 인지갈등 검사도구의 불안 문항을 이용하여 불안의 강도를 측정하였다. 그리고 그 불안 강도의 높·낮이에 따라 불안 반응 시 나타나는 학생의 반응 관찰과 문항 응답 이유에 대한 학생 면담내용을 근거로 불일치 상황에서 보이는 학생의 불안 유형을 구분하였다. 또한 이러한 불안 유형이 개념 변화에 긍정적인 역할을 하는지 부정적인 역할을 하는지 분석하였다.

## 라. 인지갈등과 과학 개념 변화

구성주의 인식론에 토대를 두고 개발한 초기 개념 변화 이론은 전통적인 수업 방법의 대안으로 제시되었다. 구체적으로 말해서 초기 개념 변화 이론은 과학철학과 발생론적 인식론을 바탕으로 만들어졌으며, 학생의 개념 변화를 과학자 공동체의 개념 변화에 비유하였다. 이러한 비유는 학생의 학습활동이 인지중심의 이성적 활동이라는 것을 가정한다. 그러나 학생은 과학자가 아니며 학생이 개념학습에서 갖고 있는 다양한 동기적 신념이 개념 변화에 미치는 과정은 차가운 이성적 과정 이라기보다는 교실맥락과 학습 환경에서 역동적으로 일어나는 뜨거운 의도적이고 의지적인 과정이다. 따라서 개념 변화 모형의 과학자 비유 가정은 개념 변화 이론이 갖고있는 한계라고 할 수 있다. 그러나 인지중심의 초기 개념 변화 모형은 다양한 연구를 파생시켰으며 나름대로의 시대적 역할을 수행했음을 인정해야 할 것이다. 개념 변화 모형에서 인지갈등 요인은 개념 변화 학습전략에서 중요한 요인으로 초점이 맞추어졌다. 과학 개념 변화 연구에서 인지갈등이 어떻게 연구되었는지 알아본다. 이 장에서는 구체적으로 인지갈등을 과학수업에 적용했을 때 나타난 연구결과에 관해서 고찰하였다.

### (1) 인지갈등 전략의 적용과 개념 변화 효과

그 이론이 과연 적합한 것인가에 관한 기준은 일반 학교 현장에서 수업을 통해 나타나야 한다. 개념 변화이론의 등장하면서 이 이론을 학습 현장에 적용해보려는 연구가 많이 있었다. 특히 인지갈등은 개념 변화를 위한 수업에서 기본적인 요소로 적용되었다(Scott, Asoko, & Driver, 1992).

Stavy와 Berkovitz(1980)는 다인수 학급을 구성하는 평균 연령 10세의 학생들을 대상으로 온도 개념에 관한 개념 변화 수업을 실시하였다. 이들이 사용한 수업 방법은 인지구조(질적-직관적 표현체계)와 인지구조(양적-수적 표현체계) 사이의 불일치로 인해서 생기는 인지갈등을 이용하는 것이었다. 이들은 질적 질문이 쓰여진 자료와 양적 질문이 쓰여진 교수자료(worksheet)를 학생에게 제시한 후, 학생들이 자신의 응답에서 모순을 발견함으로써 기존의 개념이 오개념이라는 것을 깨닫게 하여 자발적인 인지갈등 해소를 유도하도록 하였다. 연구 결과 학생들의 개념이 과학적 온도 개념으로 변화되는 결과를 확인하였다.

Nussbaum과 Novick(1982)은 11살에서 13살에 해당하는 학생을 대상으로 인지갈등 전략을 적용한 연구를 수행하였다. 먼저 학생이 사전개념을 표현하도록 하여 명확하게 한 후, 불일치 상황을 제시하여 인지갈등을 일으킨 다음 수업을 하였다. 연구결과 학생들은 인지적인 도전을 받았으며 학습에 대한 동기 유발을 경험하였다. 또한 중요한 개념변화는 혁명적이기보다는 점진적으로 일어난다는 사실을 발견하였다.

Hewson과 Hewson(1984)은 개념갈등을 이용한 두 가지 실험을 소개하며 두 실험 모두 개념갈등을 이용한 수업전략이 개념 변화에 더 효과적이라는 결과를 제시하였다. 첫 번째 실험은 질량, 부피, 밀도 개념을 변화시키기 위해서 고안한 것이고, 두 번째 실험은 속력 개념 변화에 관한 것이었다. 이 연구에서 이들은 인지갈등이라는 용어 대신 용어의 폭을 좀더 협의적으로 좁혀 개념갈등이라는 용어를 사용하였다. 개념갈등의 조건으로 새롭게 도입하는 과학개념이 알기 쉬워야 하며, 학생의 개념과 명확히 비교할 수 있어야 한다는 점을 강조하였다.

Niaz(1995)는 대학교 신입생을 두 집단으로 나누어 화학문제해결에서 인지갈등 전략의 효과를 알아보았다. 연구결과 즉시 사후 검사에서 인지갈등을 도입한 실험 집단은 전통적인 수업을 받은 통제집단에 비하여 훨씬 우수한 성취도를 보였다. 그는 학생이 자신의 선개념을 포기하고 새로운 이론을 구성하도록 도우려면 인지

갈등 유발이 일어날 수 있는 다양한 경험이 제공되어야 한다고 제안하였다.

Druyan(1997)은 5~12세 학생을 대상으로 길이, 무게, 속력 개념의 변화에서 체험제시 갈등을 비롯한 여러 가지 인지갈등 방법의 효과를 알아보는 수업을 수행하였다. 연구결과 세 가지 개념의 변화에서 체험제시 갈등의 효과가 가장 컸으며, 그 다음으로 시각적인 갈등(현상제시 갈등), 아동과 성인 사이의 갈등, 동료 갈등 차례로 개념 변화의 효과가 낮아진다는 것을 확인하였다.

Tao와 Gunstone(1999)은 10학년 학생을 대상으로 역학개념에 대한 예측-관찰-설명 방법을 적용한 컴퓨터 보조 학습을 실시하고 그 결과를 분석하였다. 연구결과 인지갈등이 언제나 개념 변화로 발전하는 것이 아니었으며, 갈등이 개념 변화로 발전하기 위해서는 학생들이 자기 개념에 대한 반성과 재구조화가 필요하다는 것을 강조하였다. 또한 학생들이 맥락 독립적이고 안정된 개념 변화를 성취하기 위해서는 맥락과 무관하게 과학개념의 일반성을 인식하고 수용하는 과정이 필요함을 제안하였다.

Tsai(2000)는 과학 교수와 학습을 증진시키는 한 방법으로 '갈등도(conflict map)'의 사용을 제안하였다. 그는 갈등도가 과학적 개념과 학생들의 대안 개념을 명확히 보여주는 학습 도구로서 과학 교사가 학습 계획을 구성하고, 학습자의 개념 변화 과정을 관찰할 수 있는 메타 인지적 도구로 사용할 수 있음을 강조하였다.

국내에서도 권재술의 과학개념 변화 모형(권재술, 1989)이 발표된 이후, 인지갈등을 이용한 수업전략이 본격적으로 연구되기 시작하였다.

김익균(1991)은 Hashweh(1986)와 권재술(1989)등의 수업모형을 분석하여 인지갈등을 유발하기 위한 구체적인 수업방법에 대하여 연구하였다. 그는 일반물리를 수강하는 대학생들을 대상으로 힘과 가속도 개념 학습에서 대립개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고가 개념 변화에 미치는 영향을 탐색하였다. 연구결과 그는 갈등을 일으킬만한 현상을 단지 제시한다고 하여, 유의미한 갈등이 일어나는 것이 아니며, 학생이 대립되는 개념을 비판적으로 비교 분석하고 증거 생성활동을 함으로써 개념 변화가 일어날 수 있다고 강조하였다. 또한 비판과 증거 생성활동을 하는 과정에서 반성적 사고가 중요한 역할을 한다고 제시하였다.

박종원(1992)은 대학생들을 대상으로 하는 상대론 수업에서 메타인지 전략이 개념 변화에 중요한 역할을 하는 것으로 확인하였다. 그는 이 연구에서 학습자가 불일치 상황에 직면한 후, 인지갈등의 인식과 인지갈등의 해소를 위한 메타 인지적 사고가 개념 변화에 중요한 영향을 미친다고 강조하였다.

오원근(1998)은 중학교 학생을 대상으로 대비적 토론과 비일상적 상황관찰, 교량적 실험으로 구성된 과학수업을 하였다. 이 수업에서 대비적 토론은 학생의 인지갈등이 충분히 일어나도록 하는 단계였다. 연구결과 구조화된 대비활동으로 구성된 과학수업은 중학생의 힘과 운동 개념 변화에 효과적인 것으로 나타났다.

김연수와 권재술(2000)은 13세와 17세 학생을 대상으로 힘 개념과 관련한 불일치 자료를 제시했을 때 반응과 개념 변화 특성을 연구하였다. 연구결과, 학생들은 불일치 자료에 대하여 비판적 거부, 무조건 거부, 비판적 수용, 무조건 수용 등의 반응을 보인다는 것을 확인하고, 나이보다는 불일치 자료에 대하여 비판적 수용 반응이 개념 변화에 중요한 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

한편, 일련의 연구자들(차영, 2001; 김정자, 2001; 김지나 등, 2000; 이영직, 1998; 김한호, 1995; 김명련, 1994; 심영이, 1994)이 다양한 물리개념과 여러 지역에 있는 초·중·고등 학생을 대상으로 권재술의 과학개념 변화 모형(권재술, 1989)을 적용하는 과학수업을 연구하였다. 연구마다 약간의 차이는 있으나 인지갈등이 과학개념 변화에 매우 효과적인 요인이라는 것을 확인하였다. 특히 이영직(1998)은 학생의 인지갈등 정도를 정량화하는 면담법을 개발하였고, 이 방법을 이용하여 인지갈등 정도에 따른 과학 개념 변화를 구체적으로 밝혔다. 또한 그는 불일치 상황 제시 방법으로서 역학 개념 변화에서는 현상제시가 적합하고, 전자기 개념 변화에서는 논리제시가 적합하다고 제안하였다.

## (2) 인지갈등과 학습자 특성

그러나 인지갈등 전략을 적용할 때 학습자의 인지적·정의적 특성에 주의해서 전략을 구사해야한다는 점을 강조한 연구도 계속해서 발표되고 있다. Dreyfus 등(1990)은 개념 변화를 위한 인지갈등 전략을 사용할 때 기본적인 문제점으로 인지갈등에 도달하는 학생의 인식 능력 문제를 지적하였다. 이들은 성적 수준에 따라 인지갈등 전략의 효과를 알아보았는데 학생이 형식적 지식을 이해하지 못할 때 인지갈등 유발과 개념 변화는 어렵다는 사실을 확인할 수 있었다. 반면 경험 의존적 지식은 인지갈등 유발과 개념 변화가 잘 되었으나 비과학적 개념으로 변화는 경우도 있었다. 성적인 좋은 학생은 새로운 문제에 대하여 깜짝 놀라는 상황을 즐기고 인지갈등을 잘 일으켰으나, 성적이 좋지 않은 학생은 인지갈등 상황에 대하여 부정적이고 불안을 더 느끼며 지식 구성에 능동적이지 않았다. 결론적으로 이

들은 인지갈등 전략을 이용하여 개념 변화를 촉진하기 위해서는 학생이 개념을 드러내고 분석할 수 있는 기회를 주어야하며, 학습자의 정의적 특성에 대해 고려해야함을 강조하였다.

Pintrich 등(1993)은 기존의 개념 변화 모형을 인지에 초점을 맞춘 차가운 이성적 이론이라고 보고, 학생은 과학자와 다른 다양한 동기적 신념을 갖고 있으며, 이러한 동기적 신념과 교사의 권위와 평가 구조 등, 교실 맥락적 요인이 개념 변화에 중요한 영향을 미칠 것이라고 제안하였다. 특히 이들은 인지갈등 상황에서 학습자의 목표지향과 과제 가치, 자기 효능감, 통제 신념에 따라 인지갈등 해결을 위한 인지전략이 다르게 작동할 것이라고 주장하였다. 따라서 진정한 개념 변화를 위해서는 불일치 상황을 제시하는 상황과 더불어 학생의 동기적 신념과 교실 맥락적 요인을 고려한 전략이 필요함을 강조하였다.

Elizabeth와 Galloway(1996)도 학생의 동기양식에 따라 불일치 상황은 다른 인지갈등 특성을 보일 것이라고 가정하였다. 즉 도전을 즐기는 학생은 자기 생각과 다른 불일치 상황을 긍정적으로 받아들이는 반면 자기 자치를 방어하려는 학생은 불일치 상황을 인지적 공격으로 인식할 수 있다고 지적하였다. 특히 학습 무기력을 느끼는 학생은 인지갈등 상황에 부정적으로 반응할 수 있다고 제안하였다. 또한 자기가치를 지키는 것이 목적인 학생은 인지갈등 해소를 위한 노력을 최소화하며 실패에 대한 책임을 회피하려는 과제회피 전략을 택할 것이라고 생각하였다. 따라서 인지갈등 전략은 학생의 개인차를 고려해야하며, 전략을 사용하는 과정에서 학습에 실패한 경험이 있는 학생에게 많은 주위를 기울여야 한다고 주장하였다.

Tyson 등(1997)은 최근의 개념 변화 연구 동향을 분석하여 기존 이론이 이성적인 측면에만 치우쳤던 점을 비판하고 존재론적, 인식론적, 사회·정의적 차원이 고려되어야 한다는 다차원 틀을 제안하였다.

이경호(2000)는 고등학교 학생을 대상으로 인지갈등, 학습동기, 학습전략이 개념 변화에 미치는 영향에 대해서 연구하였다. 연구결과 인지갈등은 과학개념 변화의 필요조건으로서 학습동기와 학습전략을 매개변인으로 하여 개념 변화에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 또한 수업 전 학습동기와 학습전략, 수업 전 개념수준은 개념 변화 과정에 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

권난주(2000)는 중학교 학생을 대상으로 하여 인지갈등과 학습자 특성이 과학개념 변화에 미치는 영향을 알아보았다. 연구결과 성격특성 중 사려성과 동조성이

높고, 과학에 관련된 태도가 좋을수록 인지갈등을 많이 일으키는 것으로 확인하였다. 또한 인지갈등을 많이 경험한 학생들이 그렇지 않은 학생들보다 개념 변화율이 높았으며, 지능과 인지수준이 높고 과학성적이 좋은 학생들이 더 개념 변화가 잘 일어났다.

Kim 등(2001)은 동기에 관한 사회·인지적 관점에 근거하여 일반물리를 듣는 대학생을 참여자로 높은 인지갈등과 귀인 특성이 개념 변화에 미치는 영향을 연구하였다. 연구결과 일반적으로 성공을 노력으로 귀인 시키는 학생이 성공을 과제의 난이도로 돌리는 학생보다 인지갈등을 크게 느낀다는 것을 확인하였다. 그리고 높은 수준의 인지갈등을 경험한 학생이라도 개념 이해에 관한 성패 귀인을 어떻게 인식하느냐에 따라 개념 변화가 다르게 일어난다는 것을 확인하였다. 특히 높은 수준의 인지갈등을 경험한 학생들 중 성공적인 개념 이해에 관한 귀인을 노력으로 돌리는 학생이 많았다.

그러나 이 학생들이 갖고 있는 개념 변화를 위한 ‘노력’의 관점을 심층면담을 통해서 연구한 결과, 학생에 따라 노력에 대한 관점은 다르게 갖고 있다는 것을 발견하였다. 개념 이해를 위해서 ‘노력’ 한다는 것을 자기조절 학습을 하는 것으로 인식하는 학생은 성공적인 개념 변화를 보였으나, 노력을 평가 의존적 학습활동이라고 인식하는 학생은 성공적으로 개념을 변화시키지 못하였다. 다시 말해서 노력을 한다는 의미를 동기전략과 인지전략을 사용하며 학습의지전략을 사용하는 것으로 인식하는 학생이 높은 인지갈등을 건설적으로 관리하여 개념 변화에 성공한다는 사실을 확인하였다. 따라서 이 연구는 인지갈등을 건설적으로 관리하여 노력의 관점을 자기조절 학습전략을 사용하는 관점으로 바꿀 수 있도록 돕는 인지갈등 관리전략 모형 개발의 필요성을 제안하였다.

이와 같은 연구를 종합해볼 때, 인지갈등이 개념 변화에 필요조건으로서 중요한 요인이기는 하나, 불일치 상황을 경험한 후 일어난 인지갈등이 건설적으로 관리되어 개념 변화로 발전하는 과정에서 학습자 특성과 더불어 학습전략이 중요한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 연구자는 그 중에서 특히 학습자의 동기신념과 학습의지가 중요한 영향을 미친다고 생각한다. 이 연구는 바로 이러한 문제의식을 기초로 시작된 연구이다.

### 3. 동기 이론에서 귀인

일반적으로 ‘동기(motivation)’란 인간의 행동을 유발시키고, 행동의 방향을 제시하며, 유지시키는 내적 상태로 정의할 수 있다(Pintrich, Marx, & Boyle, 1993). 교실에서 교사와 학생 사이에 일어나는 많은 상황들이 동기에 관한 문제와 매우 밀접히 관련되어 있다. 어떤 학생들은 무엇 때문에 물리 공부를 열심히 하거나, 열심히 하지 않는가? 학생들이 학습에 참여하는 수준은 어떠한가? 이와 같은 질문들은 모두 동기문제에 포함된다.

동기에 관한 이론은 매우 방대하고 복잡하다. 인간의 동기에 대한 관점을 간략히 정리하면 크게 네 가지로 구분할 수 있다. 그 네 가지 관점은 행동주의적 관점, 인본주의적 관점, 인지적 관점, 사회 문화적 관점이다(Woolfolk, 2001). 다음 표는 이러한 네 가지 관점에 대한 차이점과 대표적인 연구자를 정리한 것이다.

표 II-4. 동기에 대한 네 가지 관점(Woolfolk, 2001)

	Behavioral	Humanistic	Cognitive	Sociocultural
Source of Motivation	Extrinsic	Intrinsic	Intrinsic	Intrinsic
Important Influences	Reinforcers, rewards, incentives, and punishers	Need for self-esteem, self-fulfillment, and self-determination	Belief, attributions for success and failure, expectations	Engaged participation in learning communities; maintaining identity though participation in activities of group
Key Theorist	Skinner	Maslow, Deci	Weiner, Graham	Lave, Wenger

행동주의 관점은 동기의 원천이 외부환경에 있다고 보았으나, 인본주의적 관점이나 인지주의적 관점, 그리고 사회 문화적 관점에서는 학습자의 내재적 사고에 이 그 원천이 있음을 강조하였다. 또한 각각의 관점에 따라 동기에 중요한 영향을 미치는 요인이 다르다.

네 가지 관점 중 특히, 학습동기화에 대한 행동주의적 관점과 인지주의적 관점의 차이를 그림 II-9와 같이 제시하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

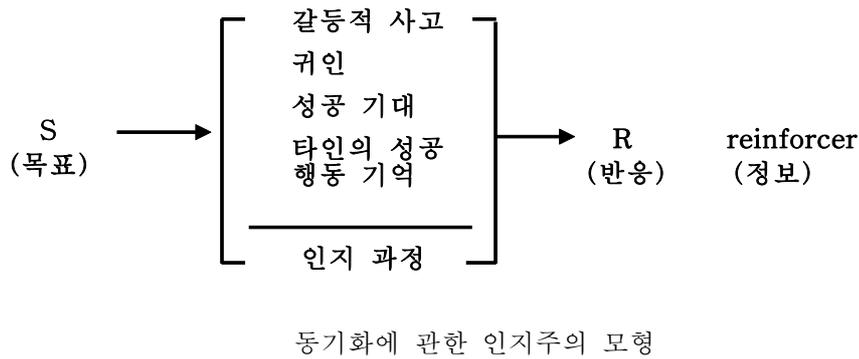
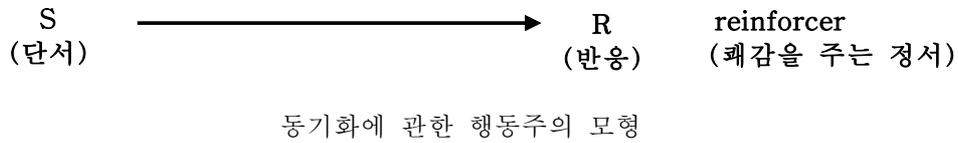


그림 II-9. 동기화에 관한 행동주의와 인지주의 모형.

행동주의 관점에서는 어떤 반응 R을 일으키는 자극 S와 자극에 따른 반응 R을 촉진시키거나 줄여주는 강화(reinforcer)가 동기화에 중요한 핵심이 된다. 또한 행동주의 모형에서는 자극과 반응 사이에 일어나는 중간 과정에 대해서는 아무런 언급이 없다. 그러나 인지주의적 관점에서는 자극 S가 중요한 목표가 되며, 목표와 반응 사이에 인지과정이 개입된다는 것을 강조하였다(Gagné, Yekovich, & Yekovich, 1993).

다시 말해서 행동주의적 관점에서는 자극이 직접 반응을 유발했지만, 인지주의적 관점에서는 자극이 반응을 직접 유발하는 것이 아니다. 자극 즉 목표가 인간의 내적 사고 과정을 일으키며, 그 사고 과정의 결과에 따라 반응이 일어난다. 또한 이 때 반응을 강화시키는 요인은 쾌감을 주는 정서가 아니고 특정 정보이다.

목표에 대한 내적 사고 과정은 사람에 따라 차이가 있을 수 있으나, 모형에서 제시된 바와 같이 인지갈등 상태와 같은 **갈등적 사고 또는 불확실성**, 과거에 관심 있던 목표를 달성하는데 성공이나 실패의 원인은 무엇이었는가를 인식하는 **인과적 귀인(causal attribution)**, 미래의 목표를 달성하는데 성공 또는 실패하느냐에 관한 **기대(expectation)**, 목표를 성취하기 전에 다른 사람이 무엇을 했는가에 관한 **성공 사례의 기억** 등 네 가지 요인이 동기 반응을 일으키는데 중요한 역할

을 한다.

이와 같은 두 가지 관점의 차이점을 요약하자면, 동기에 관한 행동주의 관점은 인간의 사고과정을 고려하지 않은 채, 인간이 자극에 따라 반응하는 기계론적 관점을 지지했다고 볼 수 있다. 반면 인지주의적 관점은 단순히 자극에 따라 반응하는 생물체가 아니고 인지능력을 이용하여 정보를 능동적으로 처리하는 능동적 유기체로서의 정보처리 과정을 강조함을 알 수 있다.

이 연구에서는 동기에 관한 인지주의 관점에서 **갈등적 사고와 인과적 귀인**에 초점을 맞추었다. 학습동기화에서 갈등적 사고의 중요성은 인지갈등에 관한 이론적 배경에서 강조하였다. 이 장에서는 학습동기화에 또 다른 중요한 이론인 귀인 이론을 Weiner의 귀인 이론을 중심으로 정리하였다.

#### 가. Weiner의 귀인 이론(attribution theory)

귀인 이론은 인간의 동기에 관한 연구에서 현재 가장 영향력 있는 이론이다. 귀인 이론가들의 가정에 의하면 인간은 본래 특정한 사건이 일어난 이유(특히 그 결과가 중요하거나 예상하지 못했을 때)를 알고 싶어 하는 경향이 있다(Weiner, 1992). 이와 같이 성취 결과의 원인에 대한 한 개인의 신념을 인과 귀인(causal attribution)이라고 한다. 귀인 이론에서는 자신에게 일어난 사건의 원인을 개인이 어떻게 지각하고 있느냐에 따라 새로운 과제에 대한 성취 동기의 수준이 달라진다고 주장한다.

Weiner(1994)는 성취 상황에서 사람들은 자신의 성공이나 실패를 능력("내가 머리가 좋기 때문에 잘 한 것이다." 또는 내가 머리가 나쁘기 때문에 잘못된 것이다.") 이나 노력("나는 노력 때문에 성공하였다." 또는 "나는 노력 부족해서 실패하였다.")으로 원인을 돌리는 경향이 강하다고 제안하였다. 이 밖에도 "과제가 쉬웠다 또는 과제가 어려웠다.", "운이 따랐다 또는 운이 없었다.", "선생님의 설명이 좋았기 때문이다 또는 설명이 형편없었기 때문이다." 등 다양한 귀인이 있는데, 이러한 귀인들은 능력과 노력보다는 상대적으로 적게 나타난다고 강조하였다.

이와 같은 귀인들은 추후 사람의 감정과 성공을 예측하고, 앞으로의 과업에서 더 열심히 노력할 것인가 덜 열심히 할 것인가 하는 가능성을 결정한다. 예를 들어, 어떤 학생이 자신의 물리 개념을 이해하는데 실패한 이유를 노력 부족으로 귀인 시킨다면, 이 학생은 자신이 잘못했다는 것을 느낄 것이고 자신이 좀 더 노력하면 앞으로 물리 개념을 잘 이해할 수 있을 것이라고 생각하고 실제로 더 노력

할 가능성이 많다. 그러나 개념 이해의 실패 원인을 자신의 능력부족으로 돌린다면, 이 학생은 우울한 감정을 느끼게 될 것이고 다음에도 다시 실패할 것이라고 예상하며 앞으로도 노력을 기울이지 않을 것이다. 이와 같이 학습자가 갖고 있는 인과적 귀인은 **성공의 기대, 정서적 대응, 성취와 관련된 과업의 지속성**에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 이러한 과정을 인간의 동기화에 대한 귀인 모형에서 주요 요인과 관련지어 좀 더 구체적으로 나타내면 다음 그림 II-10과 같이 표현할 수 있다(Gredler, 2001).

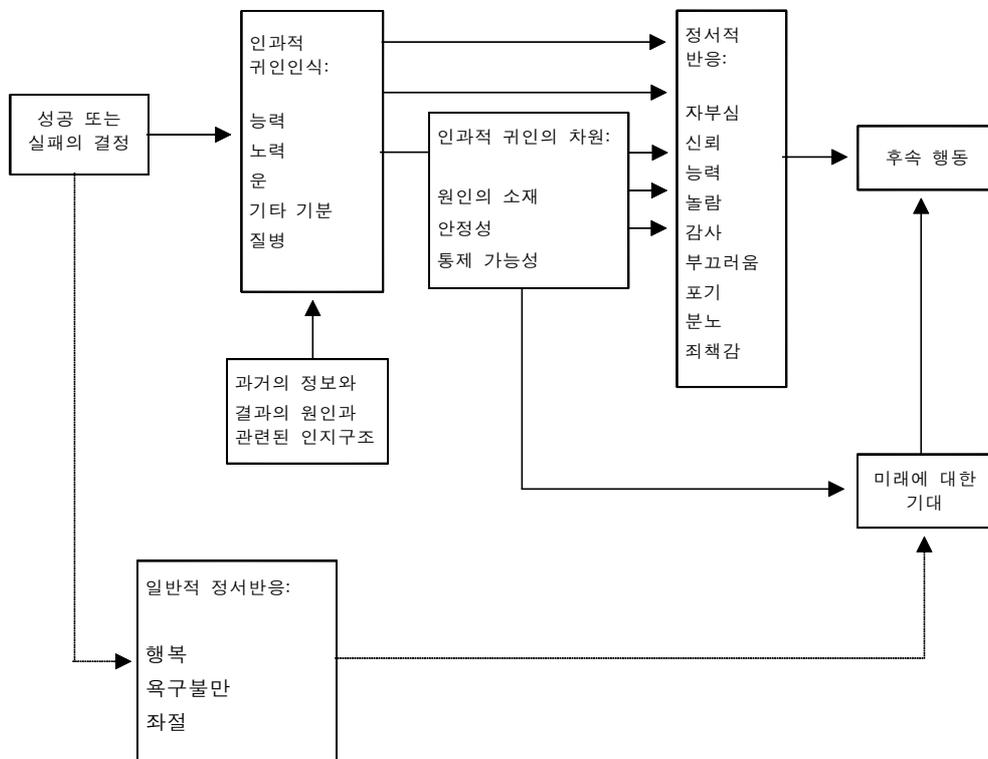


그림 II-10. 인간의 동기화 과정에 관한 귀인 모형에서 주요 요인.

특히, Weiner(1994)는 성취행동을 예측할 때 구체적인 인과귀인보다는 귀인의 바탕이 되는 차원이 더 중요하다고 주장하였다. Weiner는 행동의 원인을 Rotter의 내·외 통제소재(locus of control) 차원으로만 구분하는 것은 성취 상황에서 학생의 행동을 예언하는데 어려운 점이 많다고 지적하였다. Rotter의 기준에 따르면 노력과 능력 귀인은 개인의 내적 요인으로서 대등한 가치를 갖는다. 그러나 사

람들은 일반적으로 노력을 자신이 통제할 수 있다고 생각하지만, 능력은 통제할 수 없다고 생각한다. 또한 노력은 상황에 따라 안정적으로 수행되지 못하는 특성을 갖고 있지만, 능력은 상황에 관계없이 거의 안정적으로 발휘된다. 따라서 Weiner는 귀인의 차원을 분석할 때, Rotter의 내·외적 차원에 더하여 통제가능성과 안정성 차원을 고려해야만 행동을 더 구체적으로 예측할 수 있다고 강조하였다(Graham, 1994).

그러므로 Weiner는 Rotter의 내·외 통제소재 차원을 다음 표 II-5에 나타난 바와 같이 세 개의 각기 다른 차원, 즉 원인의 소재(locus of causality), 안정성(stability), 통제 가능성(controllability)으로 구분하였다. 대표적인 귀인의 차원을 분석하여 제시하면 다음 표에서와 같이 나타낼 수 있다.

표 II-5. 성취와 관련된 행동에 관한 주요 귀인의 차원

귀인	차 원					
	안정성		원인의 소재		통제 가능성	
	안정	불안정	내적	외적	통제가능	통제불가능
능력	○		○			○
노력		○	○	○	○	
과제난이도	○			○		○
행운		○		○		○
기분, 질병		○	○			○
타인의 도움		○		○		○

표의 차원에서 원인의 소재는 귀인의 출처가 개인의 특성이나 행동과 관련되는가(내적 소재) 아니면 외적 변인과 관련되는가를 말한다. 또한 안정성 차원은 지속성을 근거로 해서 귀인의 차원을 구별한 것이고, 통제 가능성은 개인이 그 귀인을 통제할 수 있는가를 근거로 한다. 예를 들어 노력은 개인이 통제 가능하지만, 운은 개인의 힘으로 통제할 수 없다.

한편, 이와 같은 성취 결과의 원인에 대한 신념은 문화적인 차이가 있다고 한다. 동양인은 미국인보다 행동의 결과를 노력에 더 많이 귀인시키는 경향이 있다고 한다. 이와 같은 결과는 동양철학에서 인간의 적응성을 가정하고 향상을 위한 노력을 강조한 사실과 일치한다고 강조한다(Stipek, 1998).

## 나. 물리 개념 변화에서 귀인 특성 연구

최근 과학교육에서도 귀인과 관련된 연구가 수행되었다.

Kim 등(2001)은 학습동기화에 관한 인지주의적 관점에 근거하여 물리 개념 변화에서 인지갈등과 더불어 인과적 귀인이 학습동기의 지속과 성취행동에 중요한 영향을 미칠 것이라는 가설을 제안하였다. 이러한 가설을 근거로 이 연구자들은 대학생들을 대상으로 인지갈등과 귀인 성향 및 개념 변화에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 자신의 성공에 대한 원인을 통제 가능한 내적 차원인 ‘노력’으로 귀인시키는 학생들이 ‘능력’이나 ‘과제의 난이도’ 등으로 귀인시키는 학생들보다 불일치 상황에서 인지갈등을 크게 느꼈다.

둘째, 물리 개념학습을 위한 불일치 상황에서 학생의 인지갈등 정도가 높더라도 ‘노력’에 대한 관점을 안정적 차원으로 인식하고, 자신의 노력에 대한 개념을 자기조절적 학습전략(동기전략, 메타인지 전략, 의지전략 등)을 구사하는 활동으로 인식하는 학생들이 높은 과학개념 변화율을 보였다.

이와 같은 연구를 근거로 Kim 등(2001)은 과학 개념 변화에 관한 귀인 특성을 분석함으로써 학습자의 정서적 반응특성과 예상되는 학습 지속성 이외에도 자기조절적 학습전략의 활용 여부를 확인할 수 있음을 제안하였다.

한편, Kim 등(2001)의 선행연구를 근거로 초등학생의 귀인성향과 인지갈등 및 과학 개념 변화에 관한 연구를 수행한 연구도 있었다. 김준희(2002)는 초등학교 6학년 학생들에게 전구의 직렬연결과 병렬연결 상황을 이용하여 인지갈등을 일으킬 경우, 자신의 성공과 실패의 원인을 노력으로 귀인시키는 학생들이 인지갈등 정도가 높다는 것을 확인하였다. 그리고 자신의 성공과 실패의 원인을 내적 귀인인 노력으로 귀인시키는 학생들이 그렇지 않은 학생들보다 개념 변화율이 더 높았다. 이러한 연구결과를 근거로 이 연구에서는 인지갈등 전략을 적용할 때, 학생들의 성공과 실패의 원인을 노력으로 귀인시키도록 돕는 학습전략의 필요성을 제안하였다.

이와 같은 선행 연구들 중에서도 특히, 이 연구는 Kim 등(2001)이 제안한 바와 같이 학생의 물리개념 변화에 관한 성공과 실패의 원인에 관한 신념을 분석함으로써 자기조절적 특성(학습동기, 메타인지 전략, 의지전략 등)을 알 수 있다는 결론을 자료해석 방법의 중요한 해석 방법으로 수용하여 연구를 수행하였다.

#### 4. 학습동기, 학습전략, 학습의지와 개념 변화

Pintrich와 De Groot(1990)은 173명의 7학년 학생을 대상으로 과학과 영어에 대한 동기 지향, 자기조절 학습전략, 그리고 학업성취도 사이의 관계를 조사하였다. 조사결과 학습활동에서 동기 요인과 자기조절 학습전략은 모두 학업성취에 중요한 요인이었으며 학습과제 수행능력에 관한 자기 효능감과 과제에 대한 흥미와 가치는 자기조절 학습전략과 매우 상관이 높았다. 특히 동기 신념은 직접적으로 성취도에 영향을 주었다. 학생들은 성공적인 과제수행을 위해서 의지와 기능 모두가 필요하다고 제시하였다. 또한 Pintrich 등(1993)은 다음 표 II-6에서 제시하는 교실 맥락 요인과 동기 요인 등이 개념 변화에 영향을 미칠 수 있다고 강조하였다.

표 II-6. 개념 변화 과정과 관련된 교실맥락 요인, 동기 요인, 인지 요인

교실맥락 요인	동기 요인	인지 요인	개념 변화의 조건
과제 구조 도전할 만한 것	완성 목표	선택적 주의집중	불만족
권한 구조 최선의 선택 최선의 도전	인식론적 신념 개인적 흥미	선행지식 활성화 심층적 처리	이해가능 그럴듯함
평가 구조 실패를 긍정적으로 고려하여 개선함	효용 가치 중요성	정교화 조직화	유용함
교실 관리 집중을 위한 시간규칙 사용	자기 효능감 통제 신념	메타인지적 평가와 통제 의지적인 통제와 조절	
교사 모델링 과학적 사고 과학적 경향			
교사 비계 인지 동기			

Anderman과 Young(1994)은 6학년과 7학년 학생들을 대상으로 과학과목에 대한 학습동기, 학습전략, 학업성취에 대하여 조사하였다. 학습에 어려움을 경험한 학생들은 높은 학업성취를 보여주는 학생들과 비교하여 자기 효능감, 목표지향,

기대감, 가치, 자아·개념화 수준이 낮았다. 또한 심층적 학습전략을 사용하는 학생들은 능력에 대한 높은 자아개념을 갖고 있었고 자기 효능감도 높았다.

전경문과 노태희(1997)는 7학년과 10학년 남·녀 학생을 대상으로 동기와 전략, 그리고 과학 성취도를 조사하였다. 조사결과 과제 지향적인 목적을 갖는 학생들이 자기 효능감, 자아 개념, 기대감, 과학 가치 등에 관하여 긍정적으로 인식하며 심층적인 학습전략을 사용하는 것으로 나타났다. 반면 수행 지향적인 목적을 지닌 학생들은 자신의 능력이나 과학 가치를 부정적으로 평가하고 피상적인 학습전략을 사용하였다. 또한 과학 성취도가 상위인 집단 학생들이 과제 지향적인 목적을 지니고 있었으며 심층적인 학습전략을 사용하였다.

Lee와 Brophy(1996)는 6학년 학생을 대상으로 개념 변화 학습을 적용한 과학 수업에서 관찰되는 학생들의 동화화 유형을 다섯 가지로 구분하였다. 이들은 교실 환경에서 나타나는 학생들의 학습전략과 행동 유형을 근거로 동기를 측정하였다. 조사결과 학습할 의도가 반드시 학습에 대한 내재적 흥미나 기쁨 등을 나타내는 것이 아님을 제시하였고, 학습에 대한 내재적 동기가 높다고 하여 내용을 잘 이해하는 목표를 갖고 노력을 기꺼이 수행하는 것은 아니라는 것을 확인하였다. 즉 이들은 동기가 과제 일반적이기보다는 영역 특이적일 수 있음을 제시하였다.

Barlia와 Beeth(1999)는 과학에 대한 개념 변화 학습에서 동기와 유형을 조사하였다. 연구 결과 학습동기의 차이는 학생들의 학습활동에 영향을 주었으며, 동기 요인 중에서 과제 가치와 통제 신념이 가장 중요한 요인으로 나타났다.

이상의 연구를 종합해볼 때, 학습동기는 학습활동과 개념 변화에 긍정적 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 그러나 Pintrich와 De Groot(1990)의 연구와 Lee와 Brophy(1996)의 연구에서 보듯이 학습동기가 직접적으로 개념 변화를 예견하는 것은 아니며, 반드시 적극적인 학습활동을 예측하는 것은 아님을 알 수 있다. 따라서 개념 변화나 학업 성취에서 동기 요인의 예측과 더불어 학습의지의 역할을 강조하는 연구들이 보고되었다. 다음은 학습의지에 관한 선행 연구들이다.

Corno와 Kanfer(1993)는 목표달성을 위하여 학생이 자신의 주의력과 노력을 지속시키는 것이 학습결과를 향상시키는데 필수적 조건임을 제시하였다. 또한 이들은 학습 과제가 어렵게 느껴졌을 때나 주변의 다른 관심사와 주의 산만과 같은 주변 상황에 따라서 학습동기가 변화 될 수 있음을 확인하였다.

Reed 등(1996)은 공부의 여러 단계에서 나타나는 정서 요인을 조사하였다. 이 연구에서 이들은 정서를 지속적으로 유지시키는데 의지 조절 과정의 중요성을 강

조하였다. 그러나 이 연구에서는 정서 조절과정에 초점을 맞추고 자기조절 학습 이론에서 핵심적인 요인인 자기 효능감과 과제 가치에 등에 대해서는 특별히 조사하지 않았다.

그러나 Garcia 등(1998)은 대학생을 대상으로 학습동기와 목표지향행동(학습전략 사용)을 중재하는 의지의 역할을 규명하고 이 요인들 사이의 관계를 조사하였다. 조사결과 의지적 조절은 인지 전략 사용과 밀접히 관련되어 있으며, 내재적 목표지향과 자기 효능감은 높은 상관이 있는 것으로 나타났다. 또한 이들은 경로 분석을 통해서 의지가 동기와 학습전략으로부터 분리되는 영역이라는 것을 확인하였다. 특히 동기 요소가 학습전략을 예언하는 것은 상황에 따라 변하지만, 의지 조절의 효과는 상황에 관계없이 학습전략을 예언한다는 것을 보여줌으로써 의지적 조절이 학습할 의도를 보호하고 유지한다는 결과를 제시하였다.

Wolters(1998)는 대학생을 대상으로 학생들의 동기 조절 유형과 학습전략 및 학업성적 사이의 관계를 조사하였다. 그 결과 학생들은 과제를 수행할 때 인지적, 의지적, 동기적 전략을 다양하게 사용하며 자기조절을 한다는 것을 확인하였다. 또한 학생의 다양한 동기 조절 유형은 목표지향, 인지전략 사용 그리고 학업 성과 양(+)적 상관이 있다는 것을 확인하였다.

이상의 선행 연구들은 학습의지가 내재적 동기, 학습할 의도 등과 같은 동기 요인과 구별됨을 제시하고 있으며, 인지적 학습활동을 잘 예언하는 것이 학습의지라는 것을 보여주고 있다. 따라서 이와 같은 연구들은 개념 변화를 촉진시키기 위해서는 학습동기와 학습의지가 보완된 개념 변화 전략이 필요하다는 것을 시사한다.

### 가. 학습활동에서 의지조절

의지조절에 관한 이론적 배경은 Garcia 등(1998)이 제시한 관점을 참고하여 의지 심리학자들인 Halisch와 Kuhl(1987)의 이론을 중심으로 서술하였다. 또한 의지 조절에서 사전 단계에 해당하는 동기에 관한 이론은 사회·인지적 관점의 대표적 이론인 기대·가치이론을 중심으로 제시하였다(Pintrich & De Groot, 1990). 그 이유는 기대·가치 이론은 인지갈등을 경험한 학생이 개념 변화에 성공하거나 실패하는데 직·간접적으로 영향을 미칠 수 있는 중요한 요인들을 직접적으로 제시하고 있기 때문이다(Pintrich et al., 1993).

## (1) 의지의 심리학적 배경

심리학에서 동기에 관한 연구 역사는 일반적으로 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 목표의 선택(의도 형성)에 초점을 맞추는 관점이고, 다른 하나는 목표 달성을 위한 활동의 실행(의지)에 초점을 맞추는 관점이다. 20세기에 들어서 1940년대까지의 초점은 유럽을 중심으로 후자의 관점이 지배적이었으며, 이러한 관점을 일반적으로 의지 심리학이라고 부른다. 이 영역을 연구한 주요 연구자들은 목표달성과 관련된 활동의 실행과 목표 관련 과제의 어려움에 직면했을 때 의지력(willpower)의 역할을 조사하였다(Corno, 1993).

그러나 동기에 관한 인지적 관점과 사회·인지적 관점은 의지에서 의도형성으로 초점을 바뀌었다. 동기 심리학자들이 의지의 개념을 포기한 이유는 의지라는 개념이 동기 심리학을 객관적인 과학으로 발전시키는데 방해가 된다는 인식에 근거한다. 예를 들어, 자유 의지(free will)라는 것을 구체화할 때 객관화시킬 수 없다는 문제라든가, 행위의 경향성에 대한 규칙을 통제하는 인체모형을 설정할 때 의지를 고려할 경우 발생할 수 있는 끝없는 회귀의 위험성 등과 같은 문제들을 내포하고 있다는 것이 문제가 되었기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 동기 심리학자들은 어떤 행위 경향성의 강도가 기대와 가치의 함수로 이루어진다는 이론을 만들었다. 여기서 ‘가치’는 그 행위로 인해서 기대되는 결과의 가치를 의미하며, ‘기대’는 그 행위를 수행함으로써 원하는 결과를 얻을 것이라는 기대를 의미한다. 기대·가치 이론은 사회·인지적 관점에 뿌리를 두고 있으며, 지난 몇 십 년 동안 동기를 연구하는데 주요관점으로 자리잡았다. 기대·가치 이론의 관점에서 발전된 연구와 이론은 일반적으로 의도 형성의 측면에만 초점을 맞추었으며 신중함, 억제, 그리고 자기지도와 같은 의지적 특성은 다양한 기대·가치 요인의 구성 개념으로 다루는 것이 일반적인 경향이였다(Corno, 1993).

그러나 행동 통제 이론에 뿌리를 두고 있는 Kuhl과 그의 동료들은 이와 같은 지난 반세기 동안의 동기에 관한 관점에 반대하며 오랫동안 동기 요인에 포함되어 온 동기, 의지, 정서를 원상태로 되돌리고자 노력하였다(Kuhl, 1985). 1980년대 동안 이 연구자들은 목표 선택에서 달성까지의 과정을 설명하는데 의도형성과 의지의 두 측면을 통합하여 설명해온 지금까지의 연구들에 문제점이 있음을 제시하였다.

## (2) 의지 조절에 관한 Kulh의 행동 통제 이론

Kuhl(1985)은 두 가지 동기 영역, 즉 선택 동기와 실행 동기를 제시하였다. 그는 특정 목표를 선택하게 되는 원인이나 유인요소, 그리고 특정 목표를 추구하기 위한 의도(intention), 즉 선택동기는 목표를 선택하는 측면을 나타내며 목표달성 과정에서 사전결정 단계를 구성한다고 제안하였다. 또한 그는 실행 동기란 어떻게 의도가 수행되는가(예를 들어, 어떤 행동이 수행되고 있는가? 그리고 왜 수행되고 있는 것인가?)를 나타내며 행동통제 또는 의지를 의미한다고 정의하였으며, 실행 동기가 목표달성 과정에서 사후결정 단계를 구성한다고 주장하였다.

자기조절 학습의 최근 이론들은 Kuhl이 선택동기로 정의한 자기 효능감, 가치, 불안과 같은 동기 요인과 학습전략으로서의 인지전략과 메타인지 전략 사이의 관계를 연구하였다(Pintrich et al., 1993). 자기조절 학습 모형은 자기 효능감, 가치, 불안과 같은 동기 요인에 의해서 형성된 에너지는 목표를 달성하는 동안 나타나는 주변의 간섭이나 다른 경쟁 목표에도 불구하고 학습할 의도를 유지시키기에 충분하다는 가정을 하고 있다. 따라서 이 모형에서는 Kuhl이 제시한 행동동기가 간과되어졌다.

### (가) 사전결정 단계(의도 형성)

학생들의 사전결정 단계의 동기화를 개념화하기 위한 이론적 틀로서 사회·인지적 관점에 토대를 두고 있는 기대·가치 이론을 대표적으로 들 수 있다(Stipek, 1998; Pintrich & Schunk, 1996). 이 이론에서는 동기화 요인으로 세 가지 즉 기대, 가치, 정의적 요인을 제시한다.

#### 1) 기대 요인

과제를 수행할 수 있는 능력에 대한 학생의 신념을 나타내는 요인으로서 “내가 이 과제를 할 수 있는가?”라는 물음에 대한 대답을 포함한다. 기대요인으로서 많이 연구된 요인은 ‘자기 효능감’이다. 학습에 대한 자기 효능감은 교과 내용을 학습할 수 있는 또는 학업 과제를 수행할 수 있는 자신의 능력에 대한 자신감에 근거한다(Bandura & Cervone, 1983; Schunk, 1991). 자아효능감을 처음 제안한 사

람은 사회·인지적 관점의 대표적인 연구자인 Bandura이다. 그는 자기 효능감을 “개인이 어떤 결과를 산출하기 위해 요구되는 행동을 성공적으로 수행할 수 있다는 개인의 신념”이라고 정의하였다. Schunk는 자기 효능감이란 주어진 활동을 수행하는데 자신의 능력에 대한 판단으로 정의하였다. 이 정의를 좀 더 구체적으로 표현하면, 모호하여 예견할 수 없는 그래서 긴장을 주는 요인이 포함된 특수한 상황에서 자신이 얼마나 행동을 잘 조직하고 수행할 수 있겠는가에 대한 판단을 의미한다.

많은 연구에서 자기 효능감이 학습상황에서 어렵거나 이해하기 힘든 학습 과제를 지속시키고 기술을 획득하는데 영향을 준다고 보고하고 있다(Pintrich et al., 1993). 자신이 능력이 있다고 믿는 학생은 그 전에 과제에 대한 어려움을 겪었더라도 혹은 부정적인 피드백을 받더라도 동기화된 행동을 하였다(Schunk, 1989). 또한 자기 효능감은 학생이 앞으로 처음에 한 활동과 유사한 활동을 다시 할 것인가에 영향을 미치며(Sansone & Morgan, 1992), 인지적 학습전략의 사용과 자기조절 학습에 대한 학생의 능력과 밀접하게 관련되어있다는 사실을 확인하였다(Pintrich & De Groot, 1990). Zimmerman(1986)은 초등학생을 대상으로 한 연구에서 풀 수 없는 퀴즈 문제를 제시하여 실패감을 경험하게 하여 자기 효능감을 떨어뜨리자 연속되는 퀴즈 시험에서 부적(-) 효과가 나타난다는 것을 확인하였다.

## 2) 가치 요인

가치 요인은 과제의 중요성과 흥미에 대한 학생의 목표와 신념을 의미한다. 따라서 가치요인은 “나는 왜 이 과제를 수행해야 하는가?”에 대한 가치 판단을 포함한다. 가치 요인의 주요 초점은 학생의 목표와 학업 과제를 수행하는 원인에 있다. 학자마다 가치 요인을 다양한 용어로 정의하였는데 그 중 하나는 내적 목표지향과 외적 목표지향이다. 학생이 학습활동을 할 때 그 활동 자체에 가치를 부여한다면 내적 목표를 지니고 있다고 볼 수 있다. 내적으로 할 만한 가치가 있는 활동은 활동 그 자체가 목표가 된다(Deci & Ryan, 1985). 내적으로 동기화된 학생은 일반적으로 관련 내용이나 과제를 숙달하는데 초점을 맞춘다. 이 학생에게 실패는 자신의 노력이 더 필요함을 의미하거나 자신의 전략을 변화시킬 필요성이 있음을 나타내는 과정으로 인식되며, 학습을 방해하는 요인을 도전해야할 요인으로 간주

한다. 내적으로 동기화된 학생은 보다 자기조절적이고 학습활동을 지속하는 경향이 있으며, 심층적인 인지전략과 메타인지 전략을 사용하는 경향이 있다(Anderman & Young, 1994). Ames와 Archer(1988)는 학습과제에 흥미와 중요성을 느끼는 학습자는 인지전략을 더 사용하고 더 효과적인 노력을 한다는 것을 확인하였다. 이 연구 결과는 학습자의 내적 가치가 인지전략과 자기조절 특성과 관련되어있음을 제시하였다. 또한 많은 연구에서 내적인 동기를 갖고 학습 활동에 참여하는 것이 높은 창의성과 학업 성취도에 관련된다고 보고하였다(Amabile, 1985; Stipeck, 1998).

가치 요소의 또 다른 구성 요인은 과제 가치이다. Eccles(1983)는 과제 가치를 세 가지 차원 즉, 성취, 흥미, 유용성으로 구분하였다. Eccles는 가치가 수강신청, 직업 선택을 결정하는데 중요한 요인임을 제시하였다(Eccles, 1983).

### 3) 정의적 요인

정의적 요인은 과제와 관련된 학생의 정서적 반응을 나타내는 요소로서 “나는 이 과제에 대해서 어떻게 느끼고 있는가?”라는 물음에 대한 대답을 포함하고 있다. 이와 관련된 정서적 반응은 분노, 자부심, 죄책감 등 다양하지만, 학교학습 상황에서 가장 많이 연구되어 온 정서적 요인은 시험 불안이다. Pekrun(1988)은 시험불안을 “만족스럽지 못한 결과에 대한 걱정”과 관련된 정서로 정의하였다. 시험불안은 부정적 평가에 대한 두려움과 관련되며, 자아 존중감(Hembree, 1988)과 자기 효능감(Pintrich & De Groot, 1990)과는 부적 상관을 나타낸다. 또한 시험불안은 낮은 학업 성취, 과제 비관련 행동, 무능력에 대한 지각과 관련되어 있다고 보고되었다(Anderman & Young, 1994). Benjamin 등(1987)는 시험불안이 학습자의 메타인지와 인지전략 사용 그리고 학습자의 노력관리와 관련되어 있다고 제시하였다. 높은 시험불안을 가지고 있는 학습자는 낮은 학습자처럼 학습과제를 수행하는 노력을 기울이고 인내하는 것처럼 보이지만 실제로 이러한 학생은 과제수행을 위한 인지전략을 적절하게 사용하지 못할 뿐만 아니라 낮은 학습 효율을 보이는 것으로 나타났다.

이처럼 시험불안은 과제수행에서 부적절한 반응을 나타내며, 평가에서는 효과적인 사고과정을 방해하는 요소가 된다. Culler와 Holahan(1980)은 학습자가 학습에

대한 자신의 낮은 능력을 개인이 인지하면서 시험불안을 유발시킨다고 하였다. 또한 높은 시험불안을 경험한 학생은 인지전략을 상대적으로 적게 사용하며, 과제수행에 대한 노력을 적게 한다고 한다.

## (나) 사후결정 단계(형성된 의도에 의한 학습 활동)

사후결정 단계는 크게 학습자가 목표달성을 위해서 인지적인 노력을 수행하는 학습전략과 이러한 인지적 활동을 보호하고 지속시키는 의지통제의 단계로 구분할 수 있다.

### 1) 학습전략

학습전략은 학습자가 목표 달성을 위해 노력하는 과정에서 학습하는데 사용하는 핵심적 인지 요인이다. 학습전략은 학생이 새로운 정보를 조직, 획득, 통합하는 방법을 의미한다. 다양한 학습전략과 학습상황에 따른 적절한 학습전략에 대한 지식은 자기조절에 필수적인 요인이다. 학습결과와 학습활동은 학생이 정보를 어떻게 처리하는가에 따라 매우 크게 영향을 받는다(McKeachie, Pintrich, & Lin, 1985). Weinstein과 Mayer(1986)에 의해서 학습전략이 분류된 이후로 학습전략은 몇 개의 범주로 구분할 수 있게 되었다.

정보의 획득과 조직화에 도움이 되는 전략으로는 시연, 정교화, 조직화로 세 가지 유형으로 구분할 수 있다. 시연 전략은 정보를 함축적 방법으로 선택하고 기호화하는데 사용되며, 암송, 정보의 반복 학습 등을 포함한다. 정교화 전략은 정보를 유의미하게 만들어 주어진 학습과제와 학습자의 선개념 사이의 관계를 구체화적으 형상화시키는 전략을 의미한다. 그 예로 기억법 사용하기, 의역하기, 요약하기, 유추, 질문법, 다른 사람에게 가르치기 등이 있다. 조직화 전략은 학습한 정보 조각의 연결을 구성하는 전략으로 윤곽잡기, 정보를 도형화하기, 특징과 관련성에 따라 분류하기 전략 등을 포함한다.

Pintrich(1990)에 의해 학습전략으로 분류된 또 한 가지 범주는 메타인지이다. 메타인지라는 용어를 처음으로 사용한 Flavell(1979)은 “메타인지란 개인의 인지과정과 인지과정 결과 그리고 인지과정에 관련된 모든 것에 대한 지식”이라고 정의하였다. 그는 인지에 대한 지식을 개인에 대한 지식, 과제에 대한 지식, 전략에

대한 지식으로 구분하였다. 다시 말해서 메타인지란 구체적으로 자신의 능력이나 인지 상태에 관한 지식, 과제의 요구와 범위 및 특징에 관한 지식, 인지전략에 대한 가치와 유용성에 관한 지식과 인식을 의미한다. 따라서 학습을 계획하기, 모니터 하기, 점검하기, 수정하기 등과 같은 실행통제 과정을 제시한다고 할 수 있다.

또한 일반적인 사회학습모델을 사용한 Zimmerman(1986)은 계획, 조직, 자기지식, 자기점검, 자기학습 등을 스스로 평가하는 학습자를 자기조절학습자로 정의하고 실행통제의 측면으로 메타인지를 더욱 강조하였다.

## 2) 학습할 의도를 보호하는 의지의 역할

실행동기에서 의지의 역할에 초점을 맞춘 Kuhl은 의지에 관한 연구에서 세 가지 단계를 강조하였다. 이 세 가지 관점은 서로 경쟁하는 많은 의도 사이에서 ‘행동을 시작하기(action initiation)’, 목표달성과 관련된 활동을 인내하며 지속시키는 ‘지속력(perseveration)’, 목표달성 과정에서 나타나는 장애물을 제거하는 ‘내적 장애물 제거’에 관한 것이다. 이와 같은 단계들은 목표달성을 위해서 노력하는 과정 동안 부딪히게 되는 잠재적인 문제들이다.

따라서 이 세 가지 단계를 강조하는 행동 통제 이론은 목표를 단순하게 선택하는 행위만으로는 목표실행을 보장하지 못한다고 강조한다. 의도를 실행하는데 내적, 외적 주의 산만에 의해서 방해받을 때나 또 다른 목표에 의해서 실행하려는 의도가 약해질 때는 이와 같은 상황에 맞서기 위한 노력에 의해서 행동을 통제하는 중재 과정이 활성화되어야 한다. 이와 같이 현재 의도를 실행시키기 위한 중재 과정으로는 선택적 주의집중, 부호화 통제, 정서 통제, 동기유발 통제, 주위 환경 통제, 정보처리의 절약 등이다(Halisch & Kuhl, 1987). 다음은 이 여섯 가지 과정에 관하여 Kuhl(1985)의 설명을 요약한 것이다.

선택적 주의집중은 현재 의도를 지원하는 정보처리 과정을 촉진시키며 경쟁 의도의 정보처리를 금지시킨다. Mischel과 Mischel(1983)은 아동이 자신을 혼란스럽게 하는 것에 대하여 시각적 접촉을 피함으로써 마음을 부추기는 행위 경향에 대하여 유도한 의도를 유지하는 학습경향을 확인하였다.

부호화 통제는 현재의 의도에 관련된 특정 자극을 선택적으로 부호화 함으로써 의지의 보호기능을 촉진시키는 것이다. 예를 들어 학습 내용을 쉽게 암기하기 위

해서 단어 카드를 만드는 행위가 그 예가 된다.

정서 통제는 보호기능을 하는 의지작용을 훼손시킬 지도 모르는 정서상태를 금지시킴으로서 의지작용의 보호기능을 촉진시킨다. 어떤 정서상태(예를 들어 슬픔이나 우울 등)는 의도를 보호하고 유지하여 마음이 흐트러지게 되는 행위 장애를 피하도록 해준다고 보고되었다.

동기유발 통제는 자기조절과정과 자기조절의 동기유발 근거 사이에 피드백 과정과 관련되는 것이다. 특히 동기유발 통제 과정은 약한 행위경향이 현재의 의도를 지지할 때 중요하다. 현재의 의도가 충분히 강하지 못할 때 자기조절과정을 활성화 시켜 현재의 의도를 지지하는 정보를 선택적으로 처리함으로써 현재 의도를 증가시킨다. 동기유발 통제는 위에서 논의한 선택적 주의집중 과정을 포함할 지도 모른다. 그러나 동기유발 통제는 현재 의도의 동기유발 근거를 강화시키는 것을 목표로 한다는 점에서 주의집중 통제와는 다르다. 주의집중 통제는 현재 의도의 강도를 유지하는데 기여하는 반면 동기유발 통제는 현재 의도의 위계를 변화시키는 것을 목표로 한다. 만약 내가 잔디를 깎고자 하는 의도를 가졌으나, 기운을 차려 잔디 깎는 행위를 적극적으로 할 수 없을 만큼 자신의 동기 상태가 너무 낮다는 것을 인식하였다면 동기유발 통제전략은 의도한 행위를 수행하지 못했을 때 어떤 일이 일어날 것인가를 생각하게 함으로써 의도의 강도를 다시 강화시킨다. 예를 들어 나의 이웃이 잔디가 자라는 것을 걱정할 것이고, 잔디가 너무 자라면 나중에 베기가 어려울 것이라고 회상을 하게 되는 것이 그 예가 된다.

환경 통제는 정서 통제와 동기유발 통제를 다루는 보다 기본적인 전략을 발달시킨 전략을 의미한다. 정서와 동기유발 상태는 환경을 조절함으로써 통제될 수도 있다. 예를 들어 담배를 끊으려 하는 사람은 다른 사람에게도 이 사실을 알림으로써 자신의 의도를 유지하도록 돕는 사회적 압력을 유도하는 환경을 만들어 낼 수 있다.

정보처리의 절약은 말 그대로 정보처리 과정을 절약함으로써 의지를 통제하는 것이다. 행위자는 대안적 행위를 수행하지도 않은 상태에서 다른 잠재적인 유력한 대안 행위에 관한 새로운 정보를 지속적으로 처리할 수 있다. 그러나 이 때 효과적인 행위 통제를 위해서는 의사결정과정의 길이를 적절하게 조절하는 하는 것이 필요하다. 행위자가 또 다른 잠재적 행위와 관련된 정보처리로 인해서 현 의도의 실행이 위협받을 수 있다고 믿는다면, 특히 이러한 정보처리로 인해서 현재의 의도가 훼손되고 있다는 정보가 나타난다면 잠재적인 대안 행위를 평가하는 과정을

중단할 수 있다.

이와 같은 행동통제 과정은 명확하게 자기조절학습과 관련되며 Zimmerman과 Martinez-Pons(1988)의 자기조절 분류와 매우 비슷하다. 자기조절에서 의지의 중요성은 의도가 만들어진 이후에 동기와 환경을 조절한다는 것이다. 예를 들면, 과제 수행에 대한 가치부여가 높고, 자기 효능감이 크고, 불안을 낮게 느끼며, 과제 수행에 필요한 다양한 학습전략을 갖고있다고 해서 성공적인 학습과 개념 변화가 일어나는 것을 보장하는 것은 아니다. 학습과제에 대한 개념학습과 개념 변화는 이해한 개념에 대한 맥락 일반성을 확보하기 위해서는 며칠, 또는 몇 주 동안 지속적으로 이루어져야하는 과정이기 때문에 주변의 간섭과 주의 산만 등 외재적·내재적 방해 요인과 대항하여 학습할 의도를 보호하는 의지적 과정이 반드시 뒷받침되어야 하기 때문이다.

## 나. 인지갈등 연구에서 동기와 의지

학생의 과학개념 변화에 관한 연구는 1980년대를 기점으로 초기에는 인지적 요인에 초점을 맞추어 왔으나, 1990년대 이후에는 학습동기학자들과 교육심리학자들의 문제제기를 포괄하여 정의적, 사회 환경적 요인을 고려하여 연구하고 있다.

과학교육에서 개념 변화이론의 선구자격인 Posner 등(1982)은 자신의 개념 변화이론에서 Toulmin(1972)의 개념생태 개념을 강조하였다. Toulmin은 과학적 개념과 이론들이 어떻게 과학적 집단에 수용되게 되는가를 설명하기 위해 ‘생태(ecology)’에 관한 비유를 제안하였다. 그는 개념 생태를 개념과 지적 환경간의 관계라고 보았으며, 과학개념은 개념생태 내에서 ‘적절한 위치(niche)’를 차지하게 된다고 주장하였다. 개념생태에서는 한 사람의 인지구조와 그 사람이 살고 있는 지적 환경이 역동적으로 상호 작용하여 한 개념의 적절한 위치가 결정된다. 이러한 비유에 따르면 개념생태는 개념 변화가 일어나는 개념환경으로서 기본적인 요소들을 포함하며, 변화 과정을 제어하고 조절하는 역할을 한다는 것이다. 이러한 개념 생태의 구성 요소는 학자들마다 다음과 같은 차이를 보이고 있다.

Posner 등(1982)은 개념생태(conceptual ecology)의 구성요소로서 변칙사례, 은유와 비유, 학습자의 인식론적 확신 근거, 형이상학적 신념, 다른 영역에 대한 지식 등을 예로 들었다. 그러나 그들의 수정한 이론(Strike & Posner, 1992)에서는 동기

적 변인(motivational variables), 교과의 본성과 가치에 관한 관점(목표), 동기와 목표에 관한 교육적·사회적 근원과 같은 더욱 다양한 요인이 학습자의 개념생태를 진술할 때, 고려되어야 한다고 제안하였다. 따라서 개념 생태에 관한 개념은 과학의 역사와 과학 철학을 근거로 제시되었던 인식론적 요인들에서 더 나아가 보다 확장되어야 할 필요성을 제시하였다. 이들의 이론 수정은 초기의 이론을 인지적인 측면만 고려한 차가운 개념 변화 이론이라고 비판한 학습동기학자들(Pintrich 등, 1993)의 비판에 부응하는 것이었다.

Thorley(1990)는 세계에 대한 이미지, 다른 사고 및 생각에 대한 비유, 변칙 사례의 해결, 과거경험과의 일치, 형이상학적 신념, 인식론적 확신근거, 다른 이론 및 지식을 개념 생태의 구성요소로 들었다.

Beeth(1993)는 개념이 개념생태 내에서 존재하며 그 의미가 구성된다고 제안하였다. 다시 말해서 개념 생태는 개념 변화 학습에서 개념선택에 대한 기반과 제한점을 제공한다고 주장하였다.

Park(1995)은 인식론적 확신근거, 형이상학적 신념, 정의적 영역 및 감정적 측면, 지식의 본성과 학습의 본성, 개념의 본성, 과거경험, 문제 해결 전략, 개념, 문화, 언어를 그 요소에 포함시켰다.

Tyson 등(1997)은 개념 생태에 영향을 주는 제반 특성들을 다차원 개념 틀로서 몇 개의 커다란 범주로 나누었는데, 이러한 개념 틀은 존재론적 시각, 인식론적 시각, 사회적·정의적 시각을 세 변인으로 하는 삼각 틀을 제안하였다.

이처럼 개념 생태의 요소들에 대한 정의 및 선정은 연구자와 연구결과에 따라 차이가 있다. 그러나 이러한 연구들을 종합해보면, 개념생태란 개념의 지위와 변화과정에 영향을 주는 인지적, 의지·동기적, 정의적 특성을 포함하는 학습자의 환경요인으로 정의할 수 있을 것이다. 특히 이들의 연구에서 주목해야 할 것은 연구자들이 제안한 개념 생태요소 안에 의지·동기적(conative) 부분 중, 의지(volition)적인 부분이 포함되어 있지 않다는 것이다. 미국 심리학에서는 전통적으로 행동주의 심리학의 영향으로 행동 변화에서 학습자의 내면에서 일어나는 의지(will)작용의 역할과 그 중요성을 간과하여 왔다. 학습과 행동 통제에서 의지의 중요성은 독일과 유럽의 형태주의 심리학을 계승한 학자들에 의해서 연구되었다. 최근 자기조절 학습(self-regulated learning)에 관한 연구에서도 학습자의 의지력은 자기조절학습의 중요한 요인으로 제시되고 있다(McCombs & Marzano, 1990; Murphy & Alexander, 2000). 또한 최근에 Kim 등(2001)은 개념 변화 과정에서 인지갈등을 크게 느끼는

학생들을 참여자로 한 질적 연구에서 의지력이 중요한 요인으로 작용하는 자기조절 학습전략을 구사하는 학생들이 성공적으로 개념을 변화시킨다는 사실을 확인하였다. 개념 변화과정을 다차원 틀(인식론적, 존재론적, 사회·정의적 틀)에서 보다 체계적으로 연구하기 위해서는 개념 생태요소로서 학습자의 의지력 요인과 이 의지력 요인이 중요한 영향을 미치는 자기조절 학습전략에도 연구의 초점을 맞출 필요가 있다.

과학적 개념과 학습자 갖고 있는 대안개념 역시 개념생태의 일부분이라 할 수 있으며, 이러한 개념생태의 구성요소들은 다른 요인들과 서로 상호작용하며 발달한다고 할 수 있다. 즉 학생들이 갖고 있는 대안적 개념이나 오개념은 개념 상태를 이루는 다른 요인들과 역동적으로 상호작용하여 만들어졌을 것이다. 따라서 과학 개념 변화의 본질을 밝히기 위해서 개념 변화에 매우 저항적인 대안개념이나 오개념 자체의 특징을 연구하는 것도 중요하지만 더 중요한 것은 이렇게 만들어진 개념이 심리학적 다른 요인들과 어떻게 상호 작용하여 지속되거나 변화하는가를 연구하는 것이다. 이러한 연구가 과학 개념 변화의 본질을 밝히는데 더 중요한 역할을 할 것이다.

### **(1) 인지갈등의 관리와 자기조절 학습**

인지갈등 과제를 보고 예측이 맞은 학생이나 불일치 상황을 경험한 학생이 대안적 개념을 갖고 있는 상황에서 과학적 개념으로 발전한 후, 그 개념을 유지하기 위해서는 자기조절 학습의 과정이 필요하다. 따라서 인지갈등을 건설적으로 관리하는 과정과 자기 조절 학습의 요인을 비교 분석하는 것은 중요한 시사점을 제시할 수 있다.

#### **(가) 인지갈등의 관리와 자기조절 학습의 중요성**

오늘날 지식정보사회에서는 산업사회에서와는 달리 평생직업의 개념이 사라지고 직업을 여러 번 바꾸는 경우가 많다. 미국의 경우는 직업세계에서 은퇴할 때까지 평균 일곱 번 정도 직업을 바꾼다고 한다(Woolfolk, 2001). 대부분의 직업활동에서 사람들은 새로운 지식과 기능(skill)을 필요로 하며 이러한 능력을 토대로 수많은 정보에서 중요한 정보를 찾고 종합하여 문제를 능동적으로 해결해야만 하는 당위성이 증가하고 있다. 따라서 학교 교육의 중요한 목적 중 하나는 학생들이 교사의 도

움이 없어도 자신의 평생동안 독립적으로 스스로 학습을 지속할 수 있도록 가르치는 것이다.

이러한 교육목적은 과학교육에서도 예외가 될 수 없다. 과학교육의 중요한 목표는 평생동안 스스로 문제를 합리적으로 해결할 수 있는 합리적인 문제해결능력을 갖추어 줄 수 있도록 돕는 것이다. 이러한 문제해결 능력을 갖추기 위해서는 삶의 일정 기간에만 학습을 하는 것이 아니라, 평생동안 독립적으로 끊임없이 배우고 학습하려는 태도가 중요하다. 평생동안 독립적으로 스스로 공부하는 학습자가 되기 위해서는 자기조절 학습자(self-regulated learner)가 되어야만 한다. 과학교육을 비롯해 범교과적으로 학생이 자기조절 학습자로 발전할 수 있도록 돕는 것은 현시대의 피할 수 없는 당면과제가 되었다.

#### (나) 자기조절 학습자의 주요 특징

자기조절 학습자는 학습과정을 보다 쉽게 촉진시키는 학습전략(learning strategy)과 학습하려는 의지(will)를 지니고 있으며, 이러한 이유로 학습활동에 대하여 보다 동기화 되어있다(McCombs & Marzano, 1990; Murphy & Alexander, 2000). 자기조절 학습에 관한 개념은 효과적인 학습과 동기에 관해 밝혀진 다양한 사실들을 통합하고 있다. 연구자들은 학습전략(learning strategy)과 관련된 절차적 지식과 동기(motivation)와 의지력(volition or self-discipline)이 자기조절학습에 영향을 미치는 중요한 요인으로 주장하고 있다(Woolfolk, 2001).

인지와 행동의 자기조절은 교실맥락에서 학생의 학습과 학업수행에 중요한 요인이다. 자기조절학습에 관한 다양한 정의가 있지만, 여기서는 Pintrich와 De Groot(1990)이 종합한 것을 중심으로 진술하겠다. 교실 수행에서는 특히 세 가지 요인이 중요한 것으로 생각된다. 첫째 자기조절학습은 계획하기, 모니터링하기, 자신의 인지를 수정하기 등을 위한 학생의 메타인지전략을 포함한다. 둘째로 교실학업 과제에서 학생이 자기노력을 관리하고 통제하는 학습의지전략(McCann & Garcia, 1999)은 또 다른 중요한 요인으로 제시되고 있다. 예를 들어 어려운 과제에 견딜 수 있고 방해자(예를 들어 시끄러운 동료)와 마주치지 않도록 할 수 있는 능력 있는 학생은 과제에 관한 인지적 집중(engagement)을 더 잘 수행할 수 있도록 유지한다. 세 번째로 자기조절학습에 중요한 요인은 몇몇 연구자들이 자기조절 개념화

에 포함시키는 것으로서 학생이 자료를 학습하고, 기억하고, 이해하는 데 이용하는 현실적인 인지전략이다. 연습하기(rehearsal), 정교화하기(elaboration), 조직화 전략(organizational strategies) 등과 같은 서로 다른 인지전략들은 학습과 보다 높은 수준의 성취 결과에서 능동적인 인지집중을 향상시킨다(Weinstein & Mayer, 1986).

그러나 인지적인 지식과 메타 인지적 전략이 일반적으로 학생의 성취도를 향상시키는데 충분한 것은 아니다. 즉 학생들은 자신의 인지와 노력을 조절하고 더 나아가 그 전략을 사용하도록 동기화되어야만 한다. 동기를 자극시킬 수 있는 교실상황과 과제가 있더라도, 또한 과학개념 변화 학습에서도 학생이 학습에 대한 개인적인 동기지향과 신념은 물론 그 교실의 맥락을 지각하는 것이 필요하다고 제안하는 연구들이 있었다(Barlia & Beeth, 1999; Pintrich 등 1993), Pintrich 등(1993)은 기존의 과학개념 변화이론이 교실맥락에서는 다양한 역동성을 설명하기 어려운 인지중심의 차가운 이론이라고 비판하며, 교실맥락에서 학습자의 동기요인의 중요성을 강조하였고, Barlia와 Beeth(1999) 등은 과학에 대한 개념 변화 학습에서 학생들이 갖고 있는 학습동기의 차이가 학습 활동에 영향을 준다는 것을 확인하였고, 동기요인 중에서도 과제가치와 통제신념이 가장 중요한 역할을 한다는 것을 강조하였다.

자기조절 학습과 이와 관련된 요인에 관한 기존의 연구들을 종합해보면, 앞에서도 언급한 바와 마찬가지로 자기조절 학습에 영향을 미치는 요인은 크게 세 가지로 동기, 학습전략(인지전략과 메타인지 전략), 의지전략으로 나눌 수 있을 것이다. 따라서 기존의 인식론적 관점에 바탕을 둔 인지중심의 과학 개념 변화 학습모형은 현재의 시대적 요구에 부응하기 위해서는 자기조절 학습 요인(의지·동기적 요인과 인지적 요인)을 보완하여 교실 맥락에 활용될 수 있도록 발전되어야만 한다. 국내에서도 개념 변화 수업모형에서 학습자의 학습동기를 고려한 연구가 있었으나(백성혜 등, 1999), 구체적인 모형개발과 심층적인 적용 단계로 발전하진 못하였다.

#### (다) 인지 요인과 동기 요인을 반영한 개념 변화 모형의 문제점

선행연구 분석을 통하여 기존의 과학개념 변화 수업모형에서 자기조절 학습의 구성요인(동기, 학습전략, 의지력)을 보완하여 제시하거나 세 가지 요인 중 특정 요인을 강조한 연구들의 문제점과 특성을 분석해보자.

먼저, 차가운 개념 변화이론의 비판에서 제시된 문제점과 개념 변화에서 정의적 영역의 중요성을 인식하고 백성혜 등(1999)이 고안한 학습자의 학습동기를 고려한 개념 변화 수업모형을 제시하면 다음과 같다.

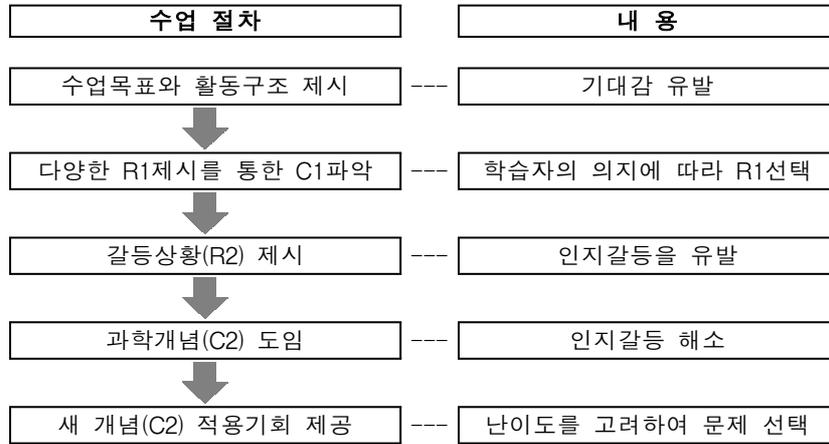


그림 II-11. 학습동기를 고려한 개념 변화 수업모형(백성혜 등, 1999).

- ① 학습에 대한 기대감을 유발시키기 위해서 수업목표와 수업 활동 구조를 분명하게 제시하여 준다.
- ② 학습자가 구체적인 상황(R1)을 통해 자신이 지녔던 선개념(C1)을 파악하도록 한다. 이 때 다양한 상황을 제시하여 학습자가 자신의 의지에 따라 문제를 선택할 수 있도록 한다.
- ③ 선개념으로 설명할 수 없는 갈등상황(R2)을 제시하여 인지갈등을 일으키도록 한다.
- ④ 갈등 상황을 해결할 수 있는 올바른 과학개념(C2)을 제시한다.
- ⑤ 새로운 개념을 확인하고 적용할 수 있는 기회를 교사가 제공한다. 이 때 제시된 문제는 난이도를 고려하여 학생들이 자신의 능력에 따라 선택하여 풀 기회를 준다.

그러나 이 모형을 분석해 보면 여러 면에서 비판의 소지가 있다. 기존 개념 변화 모형과 다른 차이점은 (1)단계에서 수업목표와 수업 활동 구조를 제시하여 기대감을 높인다는 사항과, (2)단계인 개념확인 단계에서 학생의 선택의지에 따라 R1을 선택한다는 사항, 그리고 개념 적용단계인 (5)단계에서 다양한 난이도의 개념적용 문제를 제공하여 학생이 선택할 수 있도록 한다는 것이다.

이 특징들을 분석해보면, (1)단계의 활동은 학생들의 기대감을 강화하는 단계로서 강의 수업모형에서 기본적으로 제시되는 단계이다(진위교, 1996). 2단계에서 학습자의 의지에 따라 상황(R1)을 선정하는 것이 다양한 상황(R1, R1',....)을 선호도에 따라 순차적으로 모두 경험해 보는 것보다 바람직한가 하는 것도 문제의 여지가 있다. 학습자가 특정한 R1을 선정하기보다는 다양한 R1을 선호도에 따라 순차적으로 다채롭게 경험해 보는 것이 과학개념(C2)을 학습하고 나서 보다 다양한 상황(R1)에 적용할 수 있는 기회를 제공하는데 바람직한 가능성이 높다고 생각한다. 마지막 단계인 (5)단계에서 난이도를 고려하여 학생들에게 선택하여 풀 수 있도록 하는 것도 중요하다고 생각하지만, 이 단계에서도 학생들이 개념을 적용하고자 하는 과제를 우선 수위를 정하게 한 다음 단계적으로 제시된 난이도의 문제를 모두 해결할 수 있도록 돕는 것이 바람직하다고 생각한다. 이들의 연구결과를 보면 이 모형을 이용한 집단과 기존 개념 변화 모형을 이용한 집단 사이에는 사전-사후 학습동기의 변화와 개념 변화에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

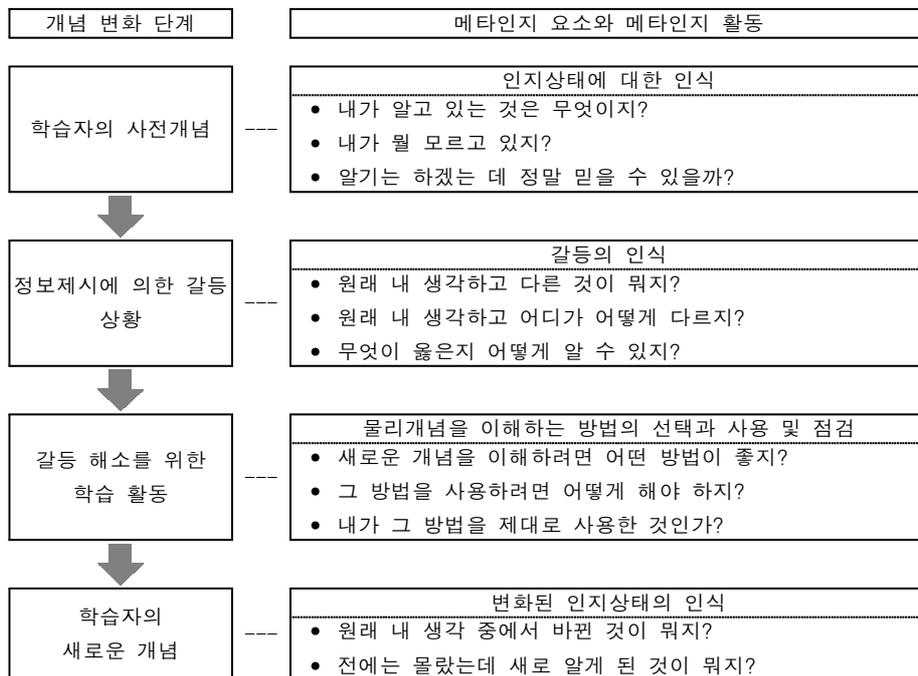


그림 II-12. 메타인지를 통한 물리 개념 변화 모형(박종원, 1992).

두 번째로 자기조절 학습 요인 중 학습전략에 초점을 맞춘 물리개념 변화 모형을 알아보자. 학습전략은 크게 나누어 인지전략과 메타인지 전략으로 구분할 수 있을 것이다. 국내의 과학교육에서도 박종원(1992), 길현정(1997), 노태희 등(1998)이 메타인지 전략의 적용과 개념 변화 효과를 연구하였다. 그 중에서도 대표적인 박종원(1992)은 메타인지 전략을 이용한 개념 변화 모형을 살펴보자. 그의 모형을 제시하면 위 그림과 같다.

이 모형에서 제시하고 있는 메타인지 활동은 학습자의 인지적 영역에서 문제해결을 위한 절차적 지식과 조건적 지식을 확인하고 반성하는데 초점이 맞추어져 있다. 그러나 다양한 학생들이 수업에 참여하는 교실맥락에서 이와 같이 메타인지 활동에 집중하기까지는 모형에서와 같이 단선적으로 이루어지지 않는다는 연구결과가 많이 제기되었다(Pintrich 등, 1993; Barlia & Beeth, 1999). 실제 교실 맥락에서 이루어지는 과정으로서 이 모형은 인지중심의 활동에만 편향되어있다는 비판을 피하기 어려울 것이다.

Kim 등(2001)은 불일치 자료를 보고 인지갈등을 인식하고, 재평가하는 수준이 높지 학생들이라도 개념 변화에 모두 성공적인 것은 아니라는 것을 확인하고, 이 학생들이 개념 변화의 성공원인으로 노력 요인을 제일 중요한 요인으로 귀속시킨다는 것을 밝혔다. 또한 이 학생들이 '노력'이라는 개념을 안정적이고 통제 가능한 요인으로 인식하고, 자기조절 학습전략의 주 요인들을 구사한다는 의미로 인식하고 있을 때, 물리개념 변화율이 높았다. 이 것은 학생들마다 갖고 있는 노력의 개념과 의미가 다르며, 학습전략을 사용하는 능력에도 개인차가 있다는 것을 의미한다. 따라서 학생들이 노력이라는 개념을 구체적인 학습전략을 구사한다는 의미와 더불어 안정적이고 통제 가능한 영역으로 인식할 수 있도록 돕는 수업전략이 필요하다는 것을 시사한다.

Garcia 등(1998)은 경로분석을 통하여 학습에 임하기 전에 학생들은 이미 다양한 동기를 지니고 있으며, 동기요인에 따라 학습전략이 변화하지만 의지 조절 요인은 학습전략을 일정하게 예언한다고 제안하였다. 이처럼 과학 개념 변화 학습에서도 메타인지전략의 사용은 학습자의 동기요인과 심리적인 의지요인에 따라 역동적으로 변화될 수 있는 요인이다.

그러므로 이 모형이 교실맥락에서 좀 더 현실적인 개념 변화 모형으로 발전하기 위해서는 학습자의 학습동기요인(인지주의 관점으로는 Weiner의 귀인 이론, 사회·인지적 관점으로는 Bandura의 기대 가치 이론)과 학습의지전략 요인이 보완되어야 할 것이다. 이러한 요인을 고려할 때, 교실학습 상황에서 학습자의 심리적 상태를 파악하고 좀 더 인간으로 따스한 개념 변화 과정을 촉진하는 수업이 이루어질 수 있을 것이다.

지금까지는 문헌분석을 통해서 인지갈등 전략에 자기조절 학습 요인이 융합될 필요성을 제시하였다. 그런데 이 뿐만 아니라 학교현장에서의 과학교사들의 목소리를 통해서도 이와 같은 필요성을 확인할 수 있다.

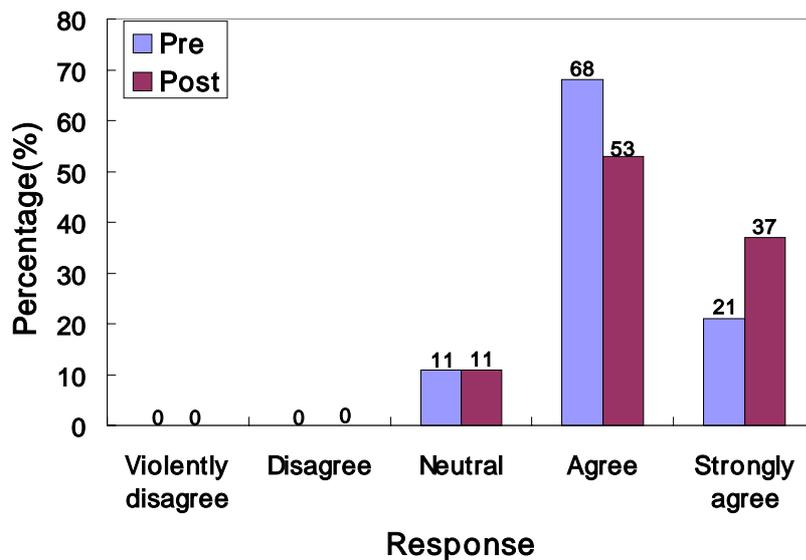


그림 II-13. 정의적 영역과 개념의 특성을 고려한 인지갈등 수업전략의 필요성에 대한 교사들의 응답 분포.

두뇌 한국 21 사업의 지원을 받아 수행한 인지갈등 자료개발에 참여한 현장교사들은 그림 II-13에서와 같이 학습자의 정의적 특성을 고려한 구체적인 인지갈등 전략 수업모형의 필요성을 묻는 질문에 자료 개발 전이나 후에 상관없이 90% 이

상이 수업모형 개발의 필요성에 동의하고 있었다(김연수 등, 2001; 김연수 등, 2001a).

지금까지 이 연구자는 위와 같은 문헌분석과 현장의 문제의식을 근거로 인지갈등 전략 수업에 자지조절 학습의 요인이 융합되어야 할 필요성과 근거를 제시하였다. 현재의 인식론적 관점을 토대로 한 인지중심의 개념 변화 모형에서 발전하여, 지식 정보화 사회체제에 부응하고 정의적 요인을 고려하여 학습자가 스스로 학습주체로 설 수 있도록 돕는 과학 개념 변화 수업모형의 개발이 필요한 시점이다.

### Ⅲ. 연구 방법과 절차

이 연구에서는 시간의 흐름을 기준으로 첫째, 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 높게 일으킨 학생이 인지갈등 유발 단계에서 경험할 수 있는 문제점을 인지갈등의 불안 유형에 초점을 맞추어 알아보았고, 둘째로 높은 인지갈등을 경험한 학생이 개념 학습 이후 이해한 과학 개념을 시간이 지난 후에도 잘 유지하거나 못하는 원인을 학생 면담을 통해서 알아보고 그 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분석하였다. 그리고 이 두 가지 연구 결과를 근거로 인지갈등 전략을 적용할 때 고려해야 할 시사점을 제안하였다. 이 연구에서는 문헌 연구와 선행연구 분석을 통해서 모형을 제안한 후, 자료를 통해서 통계적으로 그 모형의 타당성을 검증하는 실증주의적 연구방법을 사용하지 않았다. 이와는 반대로 연구자는 관찰 사례에서 나타난 문제점과 특성을 분석하여 모형 개발의 시사점을 제시하는 귀납적 방법을 사용하였다. 그 이유는 이러한 사례 연구에 근거한 귀납적 연구 방법이 학생의 인지갈등 반응 특성과 개념 이해의 귀인 특성을 역동적이고 미시적으로 연구해야하는 이 연구의 목적에 더 부합하기 때문이다(Goetz & LeCompte, 1984). 또한 대부분의 실험연구에서 사용하고 있는 실증주의적 연구방법은 교육현장의 문제를 해결하기보다는 더 심각한 문제를 일으키고 있다는 것이 질적 사례 연구를 선택한 또 다른 이유이다(조용환, 1999; 김영천, 1998; Lincoln & Guba, 1989).

이 연구에 참가한 연구 참여자들은 검사지에 강제적으로 반응해야하는 피동적 연구 대상이 아니며, 자신이 연구에 참여를 원하지 않을 때는 언제든지 그만 둘 수 있는 주체적 존재이다. 이 연구는 주체적이고 자발적 참여자들의 솔직한 정보 제공을 연구 타당도의 생명으로 간주한다. 연구자는 궁극적으로 이러한 질적 패러다임에 연구의 뿌리를 두고 있다.

또한 이 연구는 앞에서 언급한 질적 패러다임을 근거로 자료의 내적 타당도를 높이기 위하여 반구조화된 면담과 직접관찰 그리고 문서화된 자료 등 다양한 각도에서 자료를 수집하고 분석하여 삼각측정이 될 수 있도록 노력하였다.

## 1. 연구 맥락

이 연구에 참여한 학생들은 통제된 환경에 구속되어 주어진 자극에 단순히 반응만 하는 존재가 아니다. 참여자들은 기초 역학 강좌라는 학습 환경에서 자신의 목표와 그 시점의 동기 상태, 먼저 해결해야 할 우선 순위 과제 등 심리적, 환경적 요인에 따라 개념 학습 활동이 다양한 영향을 받을 수 있다.

이러한 연구 참여자들이 참가하여 이루어진 이 연구를 이해하기 위해서는 기초 역학 강좌와 연구 참여자의 특징과 이 강좌를 강의한 연구자의 수업 상황을 이해할 필요가 있다.

### 가. 기초 역학 강좌

기초 역학 강좌는 공통과학을 자신의 전공과 함께 복수 전공하거나 부전공 하는 학생을 위해서 개설된 강좌이다. 연구자는 2001년도 1학기에 이 강의를 맡았다. 이 강좌는 교육과정 개편으로 인해서 99년도부터 만들어진 강좌로 공통과학부·복수 전공자를 위한 적합한 교재가 따로 없는 상황이었다. 그래서 연구자는 일반 물리학 교재(Halliday et al., 1993)와 개념 중심의 물리학 교재(Hewitt, 1997) 그리고 2001 연도 1학기 교육대학원 교사들과 개발한 인지갈등 과제(김연수 등, 2001) 등을 상호 보완적으로 제시하여 이용하였다. 이 강좌는 2001년 3월 5일부터 6월 12일까지 일 주일에 3시간 씩 16주간 실시하였다. 3시간은 월요일 1시간, 화요일 2시간으로 각각 오후 3시와 오후 4시~6시에 실시하였다.

연구자가 제시한 이 강좌의 목표는 공통과학 부·복수 전공을 선택한 학생들이 기초 역학 개념의 지식 체계를 바르게 이해하여 일상 생활에서와 같이 다양한 맥락에서도 학습한 개념을 능란하게 적용할 수 있도록 돕는 것이다.

물리학의 학문 체계는 학습자가 일상 생활의 경험을 통해서 나름대로 갖고 있는 선행 개념과 다른 측면이 많기 때문에 비과학적 개념을 과학적 개념으로 바꾸는 것이 쉽지 않다. 따라서 연구자는 개념 변화의 이해를 촉진시키는 인지갈등 수업 전략과 면담법, 개념 적용 문제 연습 등을 적절히 이용하여 개념의 올바른 이해를 돕기 위해서 노력하였다. 특히 학기의 중간 기간에는 개별 학생에게 인지갈등을 일으킬 수 있는 세 가지 과제(책·종이 낙하 과제, 구멍 난 물컵 던지기 과제, 선풍기·수레 과제)를 이용하여 사례제시면담(IAI)과 개별 면담 학습을 수행하였다. 강의 계

획과 수업에서 제시한 인지갈등과제의 목록은 부록으로 제시하였다.

사례제시면담을 하는 동안 인지갈등 과제에 대한 학생의 사전 개념을 확인하고, 불일치 상황을 경험할 때 인지갈등 정도와 인지갈등 요인 중 불안 요인에 대한 반응을 탐색하고자 노력하였다. 인지갈등자료를 이용한 사례제시면담과 면담 학습의 목적은 학생들이 친숙한 생활 소재의 현상을 뉴턴의 운동 법칙을 이용하여 설명할 수 있는 능력을 키우는 것이었다.

## 나. 연구 참여자

연구 참여자는 충북에 있는 교원 양성 대학에서 2001년 1학기에 공통과학 부·복수 전공을 위해 개설된 기초역학을 수강하는 44명의 학생 중 연구목적에 따른 준거적 선택에 따라 11명의 학생이 참여하였다. 연구 참여자의 선택은 양적 연구의 ‘확률적 표집(probabilistic sampling)’과 성격이 다른 ‘준거적 선택(criterion based selection)’을 통해서 연구사례를 선정하였다(조용환, 1999). Goetz와 LeCompte (1984)는 질적 연구의 목적과 현장의 특성에 따라서 열 가지 준거적 선택이 가능하다고 제안하였는데 이 연구에서는 그 중 ‘연계적 사례 선택(progressive and sequential selection)’ 방법을 사용하였다. ‘연계적 사례 선택’은 초기 연구 목적에 부합하는 한 사례나 몇 가지 사례를 선택한 다음 그 사례와 다르거나 대립적인 사례를 연구상황에 맞추어 연속적으로 선택하는 경우를 말한다.

이 연구의 목적을 위해서 적용한 참여자 선택의 준거는 크게 두 가지로 제시할 수 있다.

첫째, 자신의 예측과 다른 실험 결과를 보고 인지갈등을 경험할 때, 높은 인지갈등 수준을 나타내지만 불안요인은 상대적으로 낮게 나타나는 사례에 초점을 맞추었다. 이 말은 다시 말해서 인지갈등을 구성하는 요인 중 인지갈등의 인식, 흥미, 재평가 요인을 묻는 문항에는 높게 응답하지만 불안 요인 즉, 불일치 자료를 보고 혼란스럽거나, 답답하거나, 고민이 되는가? 라는 질문에는 아니거나 전혀 아니라고 응답한 경우를 의미한다.

불일치 상황을 보고 의문이 생기고, 놀랍고, 이상한 생각이 들고(이상 인지갈등의 인식), 실험 결과가 재미있고, 호기심이 생기고, 나의 관심을 끌며(이상 인지갈등 상황에 대한 흥미), 처음 내 생각이 잘 못된 것인지 더 확인해보고 싶고, 실험 결과를 더 생각해야겠다고, 설명할 수 있는 근거를 찾아야겠다고(이상 인지적 재평가)고 생각하는 학생이 있다고 가정하자. 그런데 이 학생이 불일치 상황을 보고 혼란스럽거

나, 답답하거나, 고민이 되는 특징이 실험 과제에 따라 다르게 나타난다면 그 원인을 알아볼 필요가 있다. 왜냐하면 혼란스럽고, 답답하고, 고민이 되는 이와 같은 인지적 특징은 문제해결 과정에서 매우 중요한 단계이기 때문이다. 이 같은 반응 강도가 낮은 학생하고 높은 학생은 개념 이해 과정에 차이가 있을 수 있다. 따라서 이러한 불안 반응 특성이 개념 이해에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 실험 과제에 따라 불안 요인의 반응이 다른 학생을 선택할 필요가 있다. 또한 이러한 사례를 연구함으로써 많은 실험 연구에서 나타났던 불안 요인의 해석 문제를 해결하고, 불안 반응 특성을 고려한 개념 변화 수업전략을 제안할 수 있다.

이 연구에서는 불안반응의 특성을 알아보기 위해서 사례제시면담에서 특정 과제에 낮거나 높은 불안 반응을 보인 7명의 사례 학생을 분석하였다. 또한 이 학생들 중 개념 변화 유형을 대표하는 4명의 학생은 세 가지 과제에 대한 개념 이해 원인 면담과 한 학기 동안의 물리 개념 이해에 관한 성·패 귀인 면담에 참여하였다.

두 번째 사례 선택의 준거는 사례제시면담과 면담 학습이후, 1차 평가와 2차 평가에서 개념 변화 유형이 다른 사례 선택에 초점을 맞추었다. 왜냐하면 두 번에 걸친 개념 이해 면담에서 개념 이해를 성공적으로 지속시키는 사례와 그렇지 못한 사례, 그리고 평가시기에 따라 기복이 있는 사례 등을 비교 연구함으로써 개념 이해를 보호하고 지속시키는 요인과 방해하는 요인을 확인할 수 있기 때문이다. 이러한 요인 분석 결과를 토대로 학생의 인지갈등을 보다 건설적으로 관리해줄 수 있는 인지갈등 관리전략을 제안하였다.

이와 같은 목적을 위해서 사례제시면담에 참여한 학생 중 8명의 학생을 두 번의 개념 이해 평가 결과를 근거로 개념 변화 유형에 따라 구분하였다. 그리고 개념 변화 유형에 따라 두 번의 평가에서 세 가지 과제에 대한 개념 이해 원인과 한 학기 동안 물리 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 면담하였다. 이 8명의 학생 중 4명은 불안 유형을 분석한 사례이다. 이 4명의 학생 중 한 명은 ‘오개념 회귀형’으로 나머지 세 명은 ‘오개념 혼합형’으로 구분하여 분석하였다. 또한 나머지 4명 중 2명은 ‘과학개념 지속형’에 속하며, 다른 2명은 ‘오개념 회귀형’과 ‘오개념 회귀·과학개념 발전형’에 속한다.

따라서 이 연구에서 제시한 인지갈등 관리 전략은 자연적인 교실 상황에서 기초역학 강좌에 참여했던 총 11명의 참여자와의 상호작용 결과에 근거한다.

## 다. 강의에 대한 학생의 평가와 이미지

연구 맥락을 이해하기 위해서는 교실 수업에 참여했던 학생이 이 수업에 대해서

어떤 이미지를 갖고 있었는가를 이해할 필요가 있다. 일상적인 경험을 통해서도 알 수 있듯이 학생들은 수업활동에 집중하고 참여하는데 자신이 좋아하는 수업과 교사의 이미지에 큰 영향을 받는다. 만약 대부분의 학생이 수업에 대하여 부정적인 평가와 이미지를 갖고 있었다면, 교사 변인 중 부정적 이미지가 개념 이해에 영향을 미쳤다는 것을 의미하는 것이며, 이러한 결과는 연구자가 예상하지 못한 다른 결과를 일으킬 수 있기 때문이다. 따라서 자연스러운 교실 환경에서 1학기 기간 동안 수행한 연구상황의 맥락을 이해하는데 학생의 수업 대한 평가와 이미지를 이해할 필요가 있다.

또한, 사례제시면담 이후, 교사와 학생과의 상호작용이 모두 종결되는 상황이 아니고 수업을 통해서 계속해서 상호작용이 지속된다. 이러한 이미지가 1차 평가와 2차 평가에서 반영되기 때문에 전반적인 수업에 대한 이미지를 연구과정에서 밝히는 것이 중요하다고 생각한다. 또한 학생의 학습동기 중 외재적 동기와 내재적 동기는 일시적으로 갖게 되는 특성이 아니고 교사와의 수업을 통해서 지속되거나 바꿀 수 있는 부분이기 때문에 전체 수업 활동에 대한 이미지를 연구 맥락에 반영할 필요가 있다.

그러므로 표 III-1과 같이 이 강좌에 대한 학생의 건의 사항과 이를 근거로 제시한 수업에 대한 이미지를 제시한다.

표 III-1. 기초 역학 수업에 대한 건의 사항과 이미지

사례	건의 사항	이미지	
		긍정	부정
사례 1	물리 공부에 대해 별로 관심과 이해가 떨어졌던 나에게 이 수업은 물리공부에 대해 흥미를 갖게 했던 수업이었다. 그리고 교수님도 너무 열심히 가르쳐 주셔서 너무나 감사했다. 그 선생님의 열의를 배우고 싶다...	○	
사례 2	호기심 유발을 많이 한 것 같습니다.	○	
사례 3	선생님 고맙습니다.	○	
사례 4	열성적으로 가르쳐주시려는 것은 좋고, 많이 알게 되었으나 너무 조이는 듯한 기분이 들었습니다. 조금은 풀리는 그런 수업이 되었으면 합니다.	○	○
사례 5	좀 더 역학을 공부했다라면.. 이런 생각이 드네요~~ 다른 어떤 물리학 수업보다 재미있었고..많은 관심을 가지게 된 계기가 되었습니다... 요즘 물리학이 조금씩 재미있어 지고 있답니다...^^	○	
사례 6	정말 유익한 한 학기 동안의 수업이었습니다. 감사합니다.	○	
사례 7	좀 더 체계적인 수업을 원해요.		○
사례 8	한 학기동안 가르침 주셔서 감사합니다.	○	
사례 9	수업방식이 너무 이상해요.		○
사례 10	너무나 흥미로운 수업이었습니다.	○	
사례 11	교수님 앞으로도 계속 가르쳐주세요!!	○	
사례 12	역학 너무너무 재미있었습니다. 감사합니다.	○	

표 이어짐

사례	건의 사항	이미지	
		긍정	부정
사례 13	색다른 수업이었으며, 아직 역학에 대한 이해가 부족하지만 방학 때 열심히 해볼 랍니다.	○	
사례 14	방학 때도 가르쳐 주세요. ^^	○	
사례 15	감사합니다.	○	
사례 16	학습동기 유발이 많이 이루어진 수업이었다. 따라서 많은 개념확립이 이루어졌다. 하지만 너무 개념 형성을 교수 이론에 맞추어진 느낌이다. 현상을 보고 일어난 의문점을 해결함으로써 학습하는 것은 좋은 방법이지만 모든 경우에 그런 것 만은 아닌 것 같다.	○	
사례 17	질문을 해도 잘 대답도 안 해주고, 숙제로만 내고. I... 나하고는 잘 맞지 않는 수업이었다.		○
사례 18	물리에 대하여 내가 얼마나 모르고 있는지 알게 해주신 김연수 선생님께 감사드립니다. 앞으로 더욱 열심히 할 수 있는 발판으로 삼겠습니다.	○	
사례 19	교수법이 뭔지 알게 된 강좌인 것 같다. 학생들의 개인별 관리가 너무 잘 된 강좌이고 학생들을 배려한 흔적이 강의의 곳곳에 나타난다.	○	
사례 20	너무 열정적이 시네요.	○	
사례 21	학생이 질문을 해도 답변이 하나도 없었다. 물론 다음 시간의 숙제로 넘기는 경우가 허다하였다. 그렇다고 다음시간에 그것에 대한 언급을 한 것도 아니다. 역학에 대한 흥미를 잃게 만드는 수업이었다.		○
사례 22	역학을 이해하는데 유익한 강좌였다고 생각합니다.	○	
사례 23	학생과 물리에 대한 관심과 열정이 계속되지길 기원합니다. 감사합니다.	○	
사례 24	한 한기 동안 감사합니다.	○	
사례 25	학습의욕 및 학습동기는 적절하게 부여했으나 질의와 수업내용에서 정확하게 짚어 주었으면 좋겠다.	○	
사례 26	아주 유익한 수업이었다.	○	
사례 27	선생님~ 한 한기 동안 수고 너무너무 많으셨습니다. 이 수업 절대 잊지 못할 것입니다. 감사드립니다. 건강하세요.	○	
사례 28	방학중에도 계속 볼 수 있으면 좋겠습니다... 평계일 수도 있겠지만 이번 학기에 좀 더 여유가 있었다더라면...하는 아쉬움도 남습니다... 좀 새로운 강의였던 것 같아요... 그만큼 많은 정성을 느낄 수 있었어요.	○	
사례 29	교수님의 수업을 듣고 물리에 재미를 느꼈습니다.	○	
사례 30	설문지 작성이 너무 많아요.		○
사례 31	다양한 교수도구를 이용한 수업과 의욕에 넘치는 선생님의 설명이 인상적인 수업이었다.	○	
사례 32	감사합니다.	○	

수업에 대한 평가와 이미지는 대체적으로 연구자의 노력과 수업전략을 긍정적인 평가가 많았으나, 몇몇 사례의 경우는 상반된 반응을 나타내기도 하였다. 인지갈등 수업전략을 이용한 수업이 모든 학생을 동기화시키는 것은 아니며, 학생의 동기 체계에 따라 부정적인 이미지를 줄 수도 있다. 이런 학생은 수업관찰을 통해서 교사의 적극적인 관찰과 배려가 필요한 학생인데, 그렇게 하기 위해서는 인지갈등을 스스로 긍정적으로 관리할 수 있도록 돕는 다른 차원의 학습전략이 필요한 것 같다.

## 2. 연구 절차

질적 연구에서는 양적 연구와는 달리 자료의 수집과 분석이 선후 관계가 아닌 그림과 같은 나선형적 순환 관계로 이루어진다. 또한 명확하고 표준적인 분석 방법이 따로 없고, 질적 연구 특유의 정서적, 창의적, 직관적, 개방적 분석 능력 등이 필요하다(김영천, 1998).

이 연구는 그림 III-1에서와 같이 크게 기초연구와 본 연구로 구분할 수 있다. 기초연구는 연구 목적과 추진 시기에 따라 세 가지 연구로 나눌 수 있으며, 본 연구는 기초 역학 강의가 시작되는 시기부터 인지갈등 과제 면담과 학습면담, 1차 평가와 2차 평가, 개념 이해에 관한 귀인 면담, 분석 자료 종합 검토, 결과 발표와 수정 기간으로 구분할 수 있다.

### 가. 기초연구

연구의 기초 계획은 1999년 8월에 세워졌다. 선행연구를 보면 높은 인지갈등을 느낀 학생들 중에서 약 33%의 학생들은 다시 초기 대안적 개념으로 회귀하는 현상을 확인할 수 있었다(이영직, 1998). 연구자는 문헌 분석을 통해서 이러한 원인이 기존의 인지중심의 개념 변화 전략이 학습개념의 특성이나 학생의 동기적·의지적 영역을 고려하지 못하고 있기 때문이라고 생각하였다(Pintrich et al., 1993; Corno & Kanfer, 1993; Carcia et al., 1998).

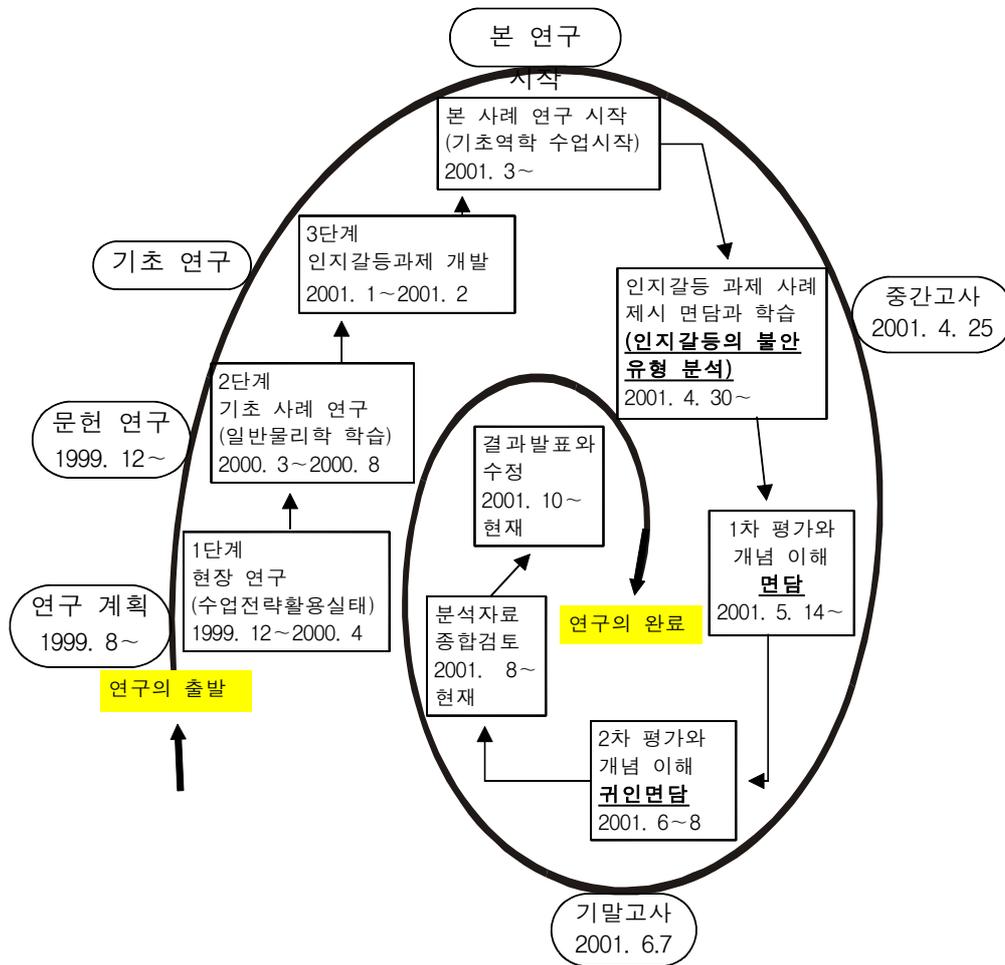


그림 III-1. 연구 절차.

따라서 두뇌 한국 21 프로젝트의 연구 계획으로서 학교 현장에서 과학교사들이 쉽게 이용할 수 있는 인지갈등 과제 개발과 개념의 특성과 정의적 특성을 고려한 인지갈등 전략 모형의 개발에 초점을 둔 연구 계획을 세웠다.

이러한 연구 계획을 근거로 1단계 기초 연구로서 1999년 12월~2000년 4월까지 현장 과학교사 40명을 참여자로 중등과학교육에서 인지갈등 수업전략 활용 실태를 조사하고 학습자의 동기적·의지적 특성이 고려된 인지갈등 수업전략의 필요성을 확인하였다(김연수 등, 2001).

이어서 2단계 기초 연구로서 2000년 3월~2000년 8월까지 연구자에게 일반물리학 강의를 듣는 학생 중 7명을 참여자로 사례 연구를 실시하였다(Kim et al., 2001). 이 연구는 학습동기에 대한 사회·인지적 이론에 근거하여 인지갈등을 경험한 학생의 성공적인 개념 이해와 성공적이지 못한 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 분석하여 귀인 인식과 개념 변화 사이에 어떤 관련이 있는가를 알아보는 연구였다.

3단계 기초 연구로는 대학원에서 물리교육을 전공하는 현장 과학교사 21명과 공동으로 총 51가지의 현상제시 인지갈등 자료를 개발하여 현장보급과 연구 자료로 사용할 수 있도록 하였다(김연수 등, 2001).

## 나. 본 연구

이와 같은 세 가지 기초 연구를 토대로 2001년 3월 5일부터 연구자에게 기초역학을 수강하는 학생들을 참여자로 본 연구를 수행하였다.

이 강좌를 시작하면서 학생들은 수업 참여 동기를 발표하였고, 학생들의 기초역학 개념의 이해 정도를 알아보기 위해 3월 2주차와 3주차에는 역학 기초개념 검사(Hestenes & Wells, 1992)와 힘 개념 검사(Hestenes et al., 1992)를 하였다. 수업 계획에 따라 인지갈등 과제와 인지갈등 수업전략을 이용한 수업을 전반적으로 진행하다가 2001년 4월 25일 중간고사 기간부터 학생 개인별로 세 가지 인지갈등 과제(종이·책 낙하과제, 구멍 난 물컵 던지기 과제, 선풍기·수레 과제)를 이용한 사례제시면담(IAI)과 개념 이해를 돕는 면담학습을 수행하였다. 면담학습은 인지갈등 과제를 뉴턴의 운동법칙과 운동방식으로 설명할 수 있도록 돕기 위하여 소크라테스식 문답법을 사용하였다.

인지갈등 과제를 이용한 사례제시 면담과 면담학습은 그림 III-2와 같은 절차로 이루어졌다. 먼저 면담을 시작하며 과거에 물리학습에 관한 경험을 간단히 질문하고, 인지갈등과제와 관련된 세 가지 문제 상황(종이·책 낙하, 물컵 던지기, 선풍기·수레)을 제시하였다.

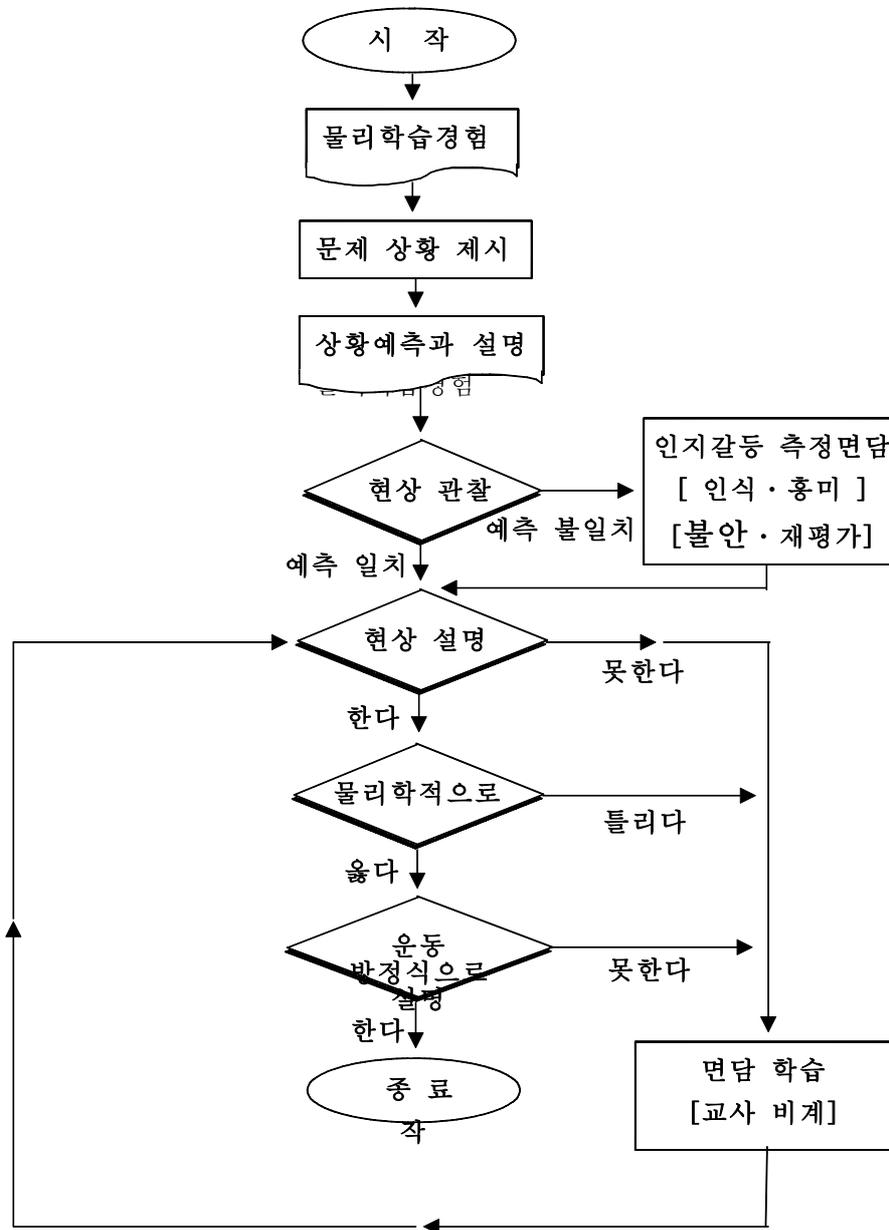


그림 III-2. 인지갈등 과제를 이용한 사례제시 면담과 면담학습 과정.

먼저 실제 실험시범을 하기 전에 각 현상에 대해서 어떤 결과가 일어날지 예측한

후, 왜 그렇게 생각하는지 설명해보도록 하였다. 그 다음 실제 실험 시범을 직접 해보거나 관찰하였다. 이 과정에서 자신의 예측과 다른 결과를 관찰한 학생과 자신의 예측과 같은 결과를 관찰한 학생이 나올 수 있다.

자신의 예측과 다른 결과를 관찰한 학생은 바로 인지갈등 측정 면담에 참여하였다. 인지갈등 측정면담은 Lee 등 (1999)이 개발한 인지갈등 측정도구의 문항을 연구자가 직접 물어보고 참여자가 대답하는 방법으로 진행하였다. 인지갈등 측정 도구는 인지갈등을 4가지 요인 즉, 인식, 흥미, 불안, 재평가로 구분하였다. 각 요인은 3개의 문항으로 구성 되어있으므로, 인지갈등의 정도는 총 12개의 문항에 리커트 척도에 따라 응답한 값을 합하여 결정한다. 이 과정에서 인지갈등 구성 요인 중 특정 문항의 질문에 다른 경향으로 대답한 경우는 왜 그렇게 생각하는지 그 이유를 질문하였다.

특히 인지갈등 구성 요인 중 불안 요인에만 낮게 반응한 참여자에게 왜 불일치 상황을 보아도 혼란스럽거나, 답답하거나, 고민되지 않는가를 질문하였다. 인지갈등 측정 면담이 끝난 후에는 실험 결과를 자신의 생각으로 설명해보도록 하였다. 이 때 설명을 못하거나 물리학적 관점과 다른 경우, 물리학적 관점과 같아도 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식으로 설명하지 못하는 경우는 바로 연구자의 도움을 받는 면담학습에 참여하였다. 면담 학습 이후 관찰 현상을 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식으로 설명할 수 있을 때 면담을 종료하였다.

자신의 예측과 같은 실험 결과를 관찰한 학생에게는 그 결과를 자신의 관점으로 다시 설명해 보도록 한 후, 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식을 이용해서도 설명해보도록 하였다. 이 과정에서 실험 결과에 대한 이유진술이 물리학적으로 옳고, 뉴턴의 운동법칙과 운동방정식으로 이 상황을 설명할 수 있는 학생은 면담을 종료하였다. 그러나 실험 결과에 대한 이유진술을 하지 못하거나 과학적으로 틀린 경우, 또는 과학적으로 타당하지만 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식을 이용해서 설명하지 못하는 경우는 연구자의 도움을 받는 면담학습에 참여하였다. 면담 학습 이후 이 학생이 관찰 현상을 뉴턴의 운동 법칙과 운동 방정식으로 설명할 수 있을 때 역시 면담을 종료하였다.

사례제시면담 이후, 강의를 진행하며 학생들의 수업참여와 질문 참여를 관찰하였고, 2주 후에는 예고 없이 수업에서 학습한 내용과 사례제시면담에서 학습한 개념을 중심으로 1차 평가(형성평가)를 실시하였다. 특히 이 형성평가에서는 사례제시면담에서 사용한 세 가지 인지갈등과제를 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식을 이용해서 설명할 수 있는가를 평가하는데 초점을 맞추었다. 이 평가에서 종이·책 낙하과제

와 구멍난 물컵 투하과제 모두를 운동 방정식을 이용하여 바르게 설명한 경우, 면담학습 내용에 뉴턴의 제 2법칙을 제대로 적용할 수 있는 능력이 있는 것으로 간주하였다. 또한 선풍기·수레 과제와 말과 마차과제 문항을 모두 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 과학적 개념으로 진술할 경우 작용과 반작용 개념을 이해하고 뉴턴의 운동 방정식을 적용할 수 있는 것으로 간주하였다. 형성평가를 실시한 후에는 형성평가 내용 이해에 관한 면담을 실시하였다.

1차 평가(형성평가) 이후, 3 주 후에는 2차 평가를 하였으며 기말 평가 문제와 같이 제시하였다. 기말 평가의 평가 범위는 한 학기 동안 배운 내용을 모두 포함시켰으며, 사례제시면담 과제의 출제 여부는 특별히 언급하지 않았다. 기말 평가 때도 사례제시면담에서 학습한 세 가지 과제에 관하여 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식으로 설명할 수 있는가를 평가하였다. 2차 평가 후에는 평가에서 물은 세 가지 과제를 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식으로 이해하는 것에 관한 면담을 실시하였다. 또한 사례제시면담에서 학습한 개념을 성공적으로 이해한 경우와 성공적으로 이해하지 못한 경우에 관한 귀인 면담과 인지갈등 해결에 성공적인 경우와 그렇지 못한 경우에 대한 귀인 면담, 그리고 한 학기 동안의 학습한 개념을 성공적으로 이해한 경우와 성공적으로 이해하지 못한 경우에 대하여 귀인 면담을 반구조화된 면담형식으로 수행하였다.

최종적으로 한 학기 동안 수행한 관찰기록과 사례제시면담 기록, 1차 평가와 2차 평가 기록과 면담, 그리고 개념 이해 귀인 면담 자료를 종합적으로 분석하였다.

### 3. 자료 수집

양적 연구와는 달리 질적 연구에서는 자료의 수집과 분석이 선후 관계가 아닌 순환 관계를 이룬다(김영천, 1998). 이 연구에서 가장 중요한 해석의 근거로 삼은 자료는 연구 참여자들과의 4차에 걸친 면담자료이다. 또한 자료의 내적 타당도를 높이기 위해 수업관찰과 참여자가 작성한 문서자료 등을 보완하여 삼각측정이 되도록 노력하였다. 이 자료들은 서로 직선적 종속 관계가 아니고, 서로 상호 의존적인 순환적 관계를 갖는다.

1차 면담에서는 인지갈등 과제를 이용하여 사례제시 면담을 사용하였으며, 2차와 3차 면담인 1차 평가와 2차 평가 결과에 관한 면담에서는 평가결과를 보고 비구조화된 면담을 실시하였다. 네 번째 면담에서는 2단계 기초 사례연구(Kim et al.,

2001)에서 사용한 개념 변화에 대한 성·패 귀인을 묻는 질문지를 놓고 한 학기 동안 학습한 개념 이해에 관한 귀인에 관하여 반구조화된 면담을 수행하였다.

### 가. 사례제시면담과 인지갈등의 불안 유형



그림 III-3. 사례제시면담 장면.

사례제시면담(interview about instance)(Osborne & Gilbert, 1980; Osborne & Freyberg, 1985)은 왼쪽 그림과 같이 말 그대로 참여자에게 특정 현상과 관련된 사례를 제시하여 면담을 수행하는 방법이다.

이러한 면담을 통해서 연구자는 학습자의 대안개념과 특정 상황에서의 반응 특성을 발견하거나 확인할 수 있으며, 개념의 이해를 촉진시킬 수도

있다. 위 그림은 연구자가 기초역학 강의를 듣는 학생에게 선풍기·수레 사례를 제시하여 면담을 진행하는 상황을 제시한 것이다.

연구자는 기초역학 강의가 학기의 중간쯤 진행되었을 때, 세 가지 인지갈등 과제(종이·책 낙하과제, 구멍난 물컵 투하과제, 선풍기·수레 과제)와 말·마차 과제를 이용한 사례제시면담(Osborne & Gilbert, 1980; Osborne & Freyberg, 1985)과 면담학습을 수행하였다. 이 사례제시면담의 첫 번째 목적은 친근한 일상 현상을 통해서 학생들이 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식을 적용할 수 있는 능력을 돕는 것이다. 두 번째 또 다른 중요한 목적은 면담과정에서 불일치상황을 경험한 학생의 인지갈등정도를 확인하고 인지갈등 요인 중 불안요인에 낮거나 높게 반응하는 이유를 알아보기 위한 것이다. 면담학습 시간까지 포함하면 사례제시면담 시간은 학생에 따라 1시간 30분 ~ 3시간까지 소요되었다.

첫 번째 인지갈등 과제에서 제시한 문제 상황은 책·종이 과제와 관련된 것이다.



그림 Ⅲ-4. 책·종이 따로 떨어뜨리기.      그림 Ⅲ-5. 책 위에 종이 올려놓고 낙하.

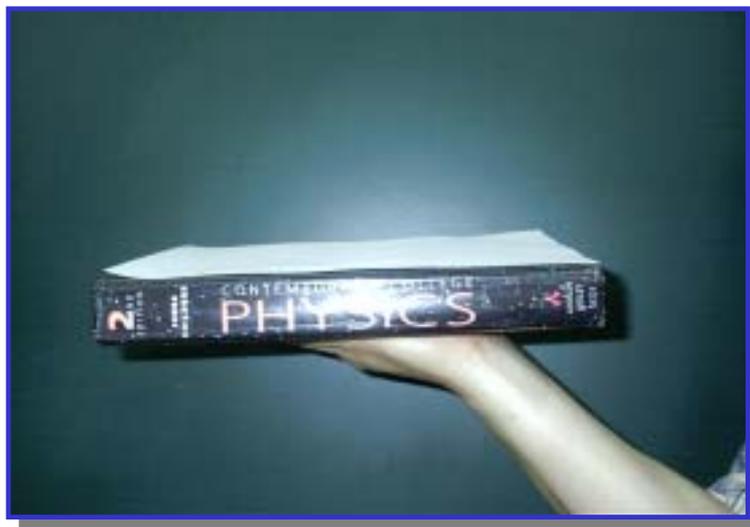


그림 Ⅲ-6. 책 위에 올려놓은 종이.

그림 III-4와 같이 무거운 책과 가벼운 종이를 따로 떨어뜨릴 때와 종이를 아래에 놓고 책을 위에 놓고 떨어뜨릴 때, 그리고 종이를 무거운 책 위에 올려놓고 떨어뜨릴 때 어떤 현상이 일어나는가에 관해서 질문하였다.

이 과제는 VanCleave(1991)의 책과 더불어 많은 물리학 교재에서 학습동기 유발을 일으키는데 많이 사용되는 과제이다. 그러나 아직까지 인지갈등을 일으키는 과제로서 연구에 사용된 적은 없다.

두 번째 인지갈등 과제에서 제시한 상황은 구멍난 플라스틱 물컵에 물을 넣고 그림 III-9와 같이 물컵을 포물선으로 던지는 것이다. 구멍난 물컵에 물을 넣고 포물선으로 던졌을 때, 컵 안에 든 물은 어떻게 되는가를 질문하였다. 이 과제 또한 아직까지 인지갈등과 개념 변화를 연구한 과제로는 사용된 적이 없다.



그림 III-7. 구멍이 있는 물컵을 든 학생. 그림 III-8. 구멍에서 물이 나오는 물컵.



그림 Ⅲ-9. 구멍이 있는 물컵 던지기 장면.

세 번째 인지갈등 과제로 제시한 상황은 그림 Ⅲ-10과 같이 스티로폼 벽을 자석을 이용해서 수레에 달고 선풍기를 수레 위에 올려놓은 후 선풍기를 작동시키면 어떻게 되겠는가를 묻는 상황이다.

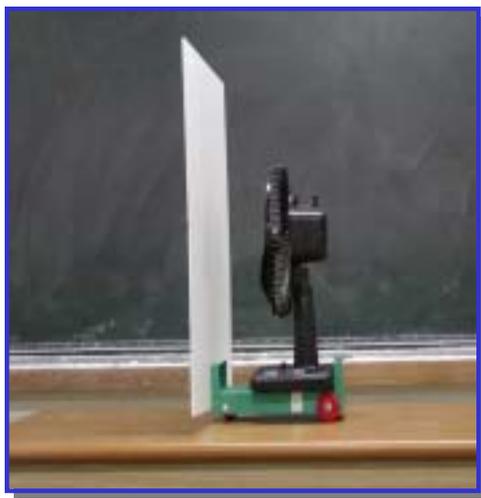


그림 Ⅲ-10. 선풍기·수레 과제.



그림 Ⅲ-11. 스티로폼 넣기(삽입과제).

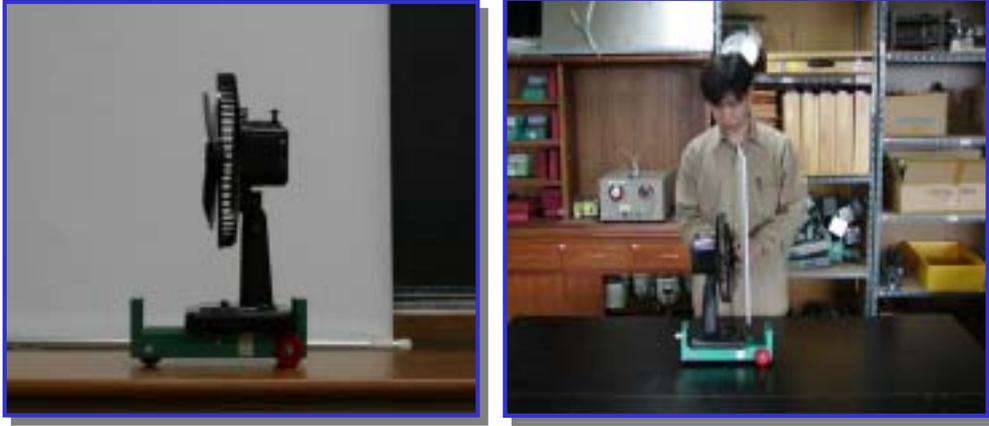


그림 III-12 . 로켓 과제[스티로폼 벽이 없을 때(좌)와 스티로폼 대고 따라가기(우)].

대부분의 연구에서는 네 그림 중 첫 번째 상황(그림 III-10)만을 이용하였다(이경호, 2000; 이영직, 1998; 김석천, 1998; 오강수, 1987). 두 번째 그림 III-11은 스티로폼을 작동하는 선풍기와 스티로폼 벽 사이에 넣을 때 수레가 어떻게 되겠는가를 묻는 과제이다. 세 번째 그림 III-12에서는 스티로폼 벽이 없을 때(그림의 좌)와 네 번째 그림과 같이 선풍기 앞에 스티로폼 벽을 선풍기 앞에 대고 따라갈 때(그림의 우) 수레의 운동에는 차이가 있겠는가를 비교하는 과제이다. 이와 같이 맥락을 변화시키며 연구를 수행한 경우는 찾아보기 힘들다. 특히 네 가지 상황에서 두 번째 상황(그림 III-11)과 그림 III-12의 좌와 우 상황은 연구자가 직접 고안한 과제로서 작용과 반작용 개념에 대한 이해를 확인하고 촉진시키는데 적합한 과제라고 생각한다(Kim et al., 2001). 그림의 각 상황은 학생의 작용과 반작용 개념 이해 수준에 따라 단계적으로 제시하여 개념 변화를 촉진시킬 수 있다. 이러한 단계적 과제 개발은 다단계 인지갈등 전략을 개발하는데 중요한 시사점을 제시한다. 이 연구에서는 불일치 상황을 제시하는 과제로는 첫 번째 그림의 상황을 사용하였고, 두 번째, 세 번째, 네 번째 상황은 면담학습 이후 작용·반작용 개념을 확인하는 과제로 이용하였다.

이와 같은 세 가지 인지갈등 과제를 연구 절차에서 제시한 그림 III-2의 과정에

서 문제 상황으로 제시하였다. 문제 상황과 다른 예측을 한 참여 학생에게는 Lee 등(1999)이 개발한 인지갈등검사도구의 문항을 직접 물어서 질문하는 형식으로 제시하였다. 이 때 질문을 들은 학생들은 자신의 느낌정도를 리커드 척도로 표시하였다. 이 과정에서 연구자는 학생의 문항반응 정도에 따라 왜 그렇게 생각하는지 이유를 묻기도 하였다.

이러한 과정을 통해서 얻은 면담자료를 인지갈등 구성 요인 중 불안 요인에 초점을 맞추어 분석하였다. 불안 유형 분석은 인지갈등 구성 요인 중 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인에 대한 반응을 비교하여 불안 요인에 낮게 반응하는 학생을 기준으로 이루어졌다. 이 학생들에게 불일치 상황을 보아도 왜 혼란스럽거나, 답답하거나, 고민이 되지 않았는가를 질문하였으며, 이 질문에 대한 대답을 분석하여 유형화하였다. 또한 낮은 불안 반응을 보인 학생들이 과제에 따라 높은 불안을 보이는 이유를 인지갈등 면담과정을 분석하여 유형화하였다. 또한 1차 개념 평가와 2차 개념 평가를 근거로 학생의 불안 유형에 따른 개념 변화 특성을 분석하였고, 그 결과를 근거로 인지갈등 전략 적용에 고려해야할 시사점을 제안하였다.

## 나. 개념 변화 유형과 1차 평가와 2차 평가

사례제시면담 이후, 2주 후에는 예고 없이 수업에서 학습한 내용과 사례제시면담에서 학습한 개념을 중심으로 1차 평가(형성평가)를 실시하였다. 그리고 그 후 3주 후에는 2차 평가를 실시하였다. 1차 평가에서는 사례제시면담에서 사용한 세 가지 인지갈등과제를 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식을 이용해서 설명할 수 있는가를 평가하는데 초점을 맞추었다.

1차 평가를 예고 없이 실시한 이유는 인지갈등 과제를 경험하고 면담학습을 수행한 학생들이 평소의 학습전략을 통해서 경험한 인지갈등을 시간이 지난 후에도 얼마나 잘 관리하여 개념 이해를 지속시키는 가를 알아보기 위해서이다. 만약 이 학생들에게 평가를 예고했다면, 2차 평가에서 나타난 바와 같이 학생들은 평소 학습이 아닌 평가 의존적 학습을 수행했을 것이다. 바람직한 개념 변화란 평가 의존적이기보다는 시간 일반적 지속성을 갖고있어야 한다고 생각하기 때문에 예고 없이

1차 평가를 실시하였다. 1차 평가에서 종이·책 낙하과제와 구멍난 물컵 투하과제 모두를 운동 방정식을 이용하여 바르게 설명한 경우, 제시한 인지갈등 과제에 대하여 뉴턴의 제 2법칙을 바르게 적용할 수 있는 능력이 있는 것으로 간주하였다. 또한 1차 평가에서 제시한 선풍기·수레 과제와 말과 마차과제 문항을 모두 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 과학적 개념으로 진술한 경우, 작용과 반작용 개념을 이해하고 뉴턴의 운동 방정식을 적용할 수 있는 것으로 간주하였다. 1차 평가(형성평가)를 실시한 후에는 형성평가 내용 이해에 관한 면담을 실시하였다.

1차 평가(형성평가) 이후, 3주 후에는 2차 평가를 하였으며 사례제시 면담에서 경험한 문제를 기말 평가 문제와 같이 제시하였다. 기말 평가의 평가 범위는 한 학기 동안 배운 내용을 모두 포함시켰으며, 사례제시면담 과제의 출제 여부는 특별히 언급하지 않았다. 기말 평가 때도 1차 평가 때와 같이 사례제시면담에서 학습한 세 가지 과제에 관하여 뉴턴의 운동법칙과 운동 방정식으로 설명할 수 있는가를 주관식 서술형 문항을 이용하여 평가하였다. 기말 평가 때 문제의 맥락을 바꾸어서 평가하지 않은 이유는 학생이 경험한 바로 그 문제를 시간이 지나도 얼마나 잘 이해하는가를 알아보는데 초점을 맞추었기 때문이다. 개념 변화의 정의는 학자들마다 다르다. Tao와 Gunstone (1999)은 개념 변화의 맥락 일반성을 강조하였지만, 일반성을 정의하는 것은 어려운 문제이다. 백만 마리의 백조가 희다고 해서 모든 백조가 희다고 말할 수 없듯이 우리는 개념 변화에서 모든 맥락을 다 고려할 수는 없다. 후기 실증주의 관점에서 말한다면 검증 방법으로써 입증은 할 수 없지만 반증은 할 수 있다. 따라서 다양한 맥락의 문제를 맞추어도 개념 변화가 되었다고 말할 수는 없다. 다만 우리는 반증사례를 통해서 개념 변화가 안 되었다고 말할 수 있을 뿐이다. 왜냐하면 개념 변화가 되었다고 입증할 수는 없어도 반증할 수는 있기 때문이다.

결과적으로 1차 평가와 2차 평가 답안을 분석하여 참여 학생을 ‘과학개념 지속형’, ‘오개념 회귀형’, ‘오개념 회귀·과학개념 발전형’, ‘오개념 혼합형’ 등으로 구분한 후, 개념 변화 유형에 따라 개념 이해에 관한 귀인 면담을 실시하였다.

## 다. 반구조화된 성·패 귀인 면담

반구조화된 면담은 구조화된 면담처럼 미리 만들어진 면담지를 사용하지만 질문하는 방식에 융통성을 갖는다. 질문은 순서대로 해나가되, 답변 중에서 더 깊이 파고 들어야 할 부분에 대해서는 보충적인 질문을 할 수 있다(이용숙, 1998).

2차와 3차 면담인 1차 평가와 2차 평가 결과에 관한 면담에서는 평가결과를 보고 반구조화된 면담을 실시하였다. 면담 내용은 응답 이유를 제 대로 쓴 경우와 쓰지 못한 이유에 관한 질문과 대답으로 이루어졌다.

네 번째 면담에서는 2단계 기초 사례 연구(Kim et al., 2001)에서 사용한 개념 변화에 대한 성·패 귀인을 묻는 질문지를 놓고 한 학기 동안 학습한 개념 이해에 관한 귀인에 대하여 반구조화된 면담을 수행하였다. 면담은 크게 7가지 질문에 대한 대답과 재질문으로 이루어졌다. 첫 번째 물음은 이 번 학기 수강한 기초역학 강좌에 대한 소감을 질문하였다. 두 번째 물음은 “사례제시 면담과 이번 학기 수업을 통해서 학습한 물리개념을 잘 이해해서 학습평가에서 성공적으로 맞출 수 있었다면, 그 이유는 무엇 때문이라고 생각하는가? 그리고 그렇게 생각하는 이유는 무엇인가?”를 질문하였다. 세 번째 물음은 두 번째 물음과 반대되는 질문으로 “사례제시면담과 이 번 학기 수업을 통해서 학습한 물리개념을 잘 이해하지 못해서 학습평가에서 맞출 수 없었다면, 그 이유는 무엇 때문이라고 생각하는가? 그리고 그렇게 생각하는 이유는 무엇인가?”에 대해서 질문하였다. 네 번째 물음은 “사례제시면담을 통해서 경험한 인지갈등을 해결하는데 가장 중요한 역할을 한 것은 무엇인가?”를 질문하였으며, 다섯 번째는 “학생이 갖고 있는 대안적 개념 또는 오개념을 과학적 개념으로 바꾸는데 제일 중요한 요인은 무엇이라고 생각하는가?”에 대해서 질문하였다. 여섯 번째는 ‘행운, 능력, 과제의 난이도, 노력, 다른 중요한 요인’ 중에서 이 번 학기 기초역학 강좌에서 물리개념을 잘 이해해서 좋은 결과를 얻는데 중요한 요인이 되었던 것을 백분율로 표시하고 그 의미와 이유를 설명하도록 부탁하였다. 일곱 번째는 여섯 번째 질문과 반대되는 질문으로 ‘행운, 능력, 과제의 난이도, 노력, 다른 중요한 요인’ 중 이 번 학기 기초역학 강좌에서 물리개념을 잘 이해하지 못해서 좋은 결과를 얻지 못하는데 중요한 요인이 되었던 것을 백분율로 표시하고

그 의미와 이유를 설명하도록 부탁하였다.

일곱 가지 질문에 대한 면담은 질문에 대한 대답으로 자연스러운 분위기에서 참여자에 따라 1시간 30분에서 2시간 동안 이루어졌다. 반구조화된 면담의 중요한 특징으로써 질문과 조금이라도 관련된 대답을 연구자가 도중에 가로막지 않고, 참여자가 상상의 날개를 펼치듯 자유로운 분위기에서 면담을 수행하였다. 면담결과를 프로토콜로 만들었으며, 종합적으로 개념 변화 유형에 따른 귀인 특성을 학습동기에 관한 사회·인지적 관점과 의지 심리학적 관점 그리고 Pintrich 등(1993)이 제시한 개념 변화 과정과 관련된 교실요인과 인지요인을 근거로 분석하였다. 학습동기에 대한 사회·인지적 관점에는 기대·가치이론(Pintrich et al., 1993)과 귀인이론(Weiner, 1994)을 근거로 분석하였고, 의지 심리학적 관점에서는 학습의지 이론(McCann & Garica, 1999)을 근거로 분석하였다. 또한 결론의 마무리에서는 이러한 귀인 특성 분석결과를 근거로 하는 인지갈등 전략 모형 개발의 시사점을 제안하였다.

#### 라. 직접 관찰과 문서자료

연구자는 기초역학 수업을 직접 강의하며 수업활동 중에 연구 참여 학생들의 발표와 질문 등을 주의 깊게 관찰하였다. 학생들의 동의를 얻어 가능한 한 수업을 VCR로 녹화하여 분석하였다. 특히 연구자의 연구실로 특정과제를 해결하기 위해서 질문을 하러 오는 학생과 특정 과제를 만들어 직접 찾아온 학생을 유심히 관찰하였다. 또한 기초역학 수업을 수강하는 동안 학생들이 작성한 사전 학습동기 작성물, 노트, 과제물, 평가 답안지 등을 수집하여 면담 프로토콜 해석의 타당성을 보완하였다.

### 4. 자료처리 및 분석 방법

양적 연구와는 달리 질적 연구에서는 명확하고 표준적인 분석 방법이 따로 없다. 따라서 질적 연구자 특유의 정서적, 창의적, 직관적, 개방적 분석 능력 등이

필요하다(김영천, 1998). 연구자는 사례제시면담 원안, 1차와 2차 개념 이해 평가와 면담 프로토콜, 개념 이해에 관한 성·패 귀인 면담 프로토콜, 학생들이 직접 작성한 노트, 시험지, 과제물 등 다양한 자료를 수입하였다. 특히 연구자는 녹음된 면담 내용을 모두 전사하여 주요 연구 자료로 사용하였다. 또한 각 출처에서 얻은 자료를 연구자 외 과학교육을 전공하는 현장 교사 2명이 개별적으로 분석한 후, 그 결과를 상호 비교하였다. 이러한 과정을 거쳐 3명의 연구자가 공통적으로 인정하는 사항만을 도출하였다. 또한 면담 프로토콜은 연구 참여자들의 확인 과정을 거쳐 결과의 내용 타당도를 높였다.

### 가. 사례제시면담과 인지갈등의 불안 유형

사례제시면담에서 학생개념의 확신정도와 인지갈등을 정도를 측정하기 위해서 Lee 등(1999)이 개발한 인지갈등 검사도구를 사용하였다. 이 검사도구의 결과에 따라 자기 개념에 대한 확신정도와 학생이 경험한 인지갈등 정도를 각 문항의 총 점수에 따라 상·중·하로 구분하였다. 이 도구는 사전 예측 단계에서 학생개념에 대한 확신정도를 묻는 4문항과 인지갈등 정도를 측정하는 12문항으로 구성되어 있다(부록 I 참조). 학생개념의 확신정도는 4문항의 평균이 0~1.25점은 ‘하’로 확신 정도가 낮은 경우로, 1.33~2.58점은 ‘중’은 보통인 경우로, 2.67~4.00은 ‘상’으로 높은 경우로 구분하였다. 인지갈등 정도를 묻는 문항은 인식, 흥미, 불안, 재평가 요인으로 구분되어 있으며, 각 요인에 대하여 세 개의 하위 문항을 개발하여 총 12문항으로 구성되어 있다. 각 문항은 불일치 상황을 보고 인지갈등을 느끼는 학습자가 0~4점까지 있는 리커트 척도에 표시를 할 수 있도록 되어 있다. 12문항의 총 점수가 0~15점(평균 0~1.25점)인 경우는 ‘하’로 인지갈등이 낮은 경우로, 16~31점(평균 1.33~2.58점)은 ‘중’으로 인지갈등이 보통인 경우로, 32~48점(평균 2.67~4.00점)은 ‘상’으로 인지갈등이 높은 경우로 구분하였다.

인지갈등 상황에 따라 인지갈등 구성 요인 중 불안 요인이 다른 요인과 비교하여 다르게 나타난 학생의 반응을 분석하였다. 이 분석을 위하여 인지갈등 수준은 ‘상’ 수준으로 높지만 불안 요인만 ‘하’ 수준(평균 0~1.25점)으로 낮게 반응하

는 학생들을 사례로 선택하였다. 다시 말해서 이 학생들은 인지갈등 상황에 따라 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인은 ‘상’ 수준으로 높지만, ‘불안’ 요인만 ‘하’ 수준으로 낮게 나타난 학생들이다. 이 학생들의 불안 요인 반응을 면담원안을 근거로 원인연쇄분석(이용숙, 1998; Werner & Schoepfle, 1987)을 이용하여 분석하였다. 그리고 이 분석을 근거로 낮은 불안 요인 반응과 높은 불안 요인 반응을 원인 특성에 따라 분류하였다. 실험결과를 보아도 불안하지 않은 한 학생의 사례를 원인연쇄분석을 이용하여 제시하면 아래 그림 III-13과 같다.

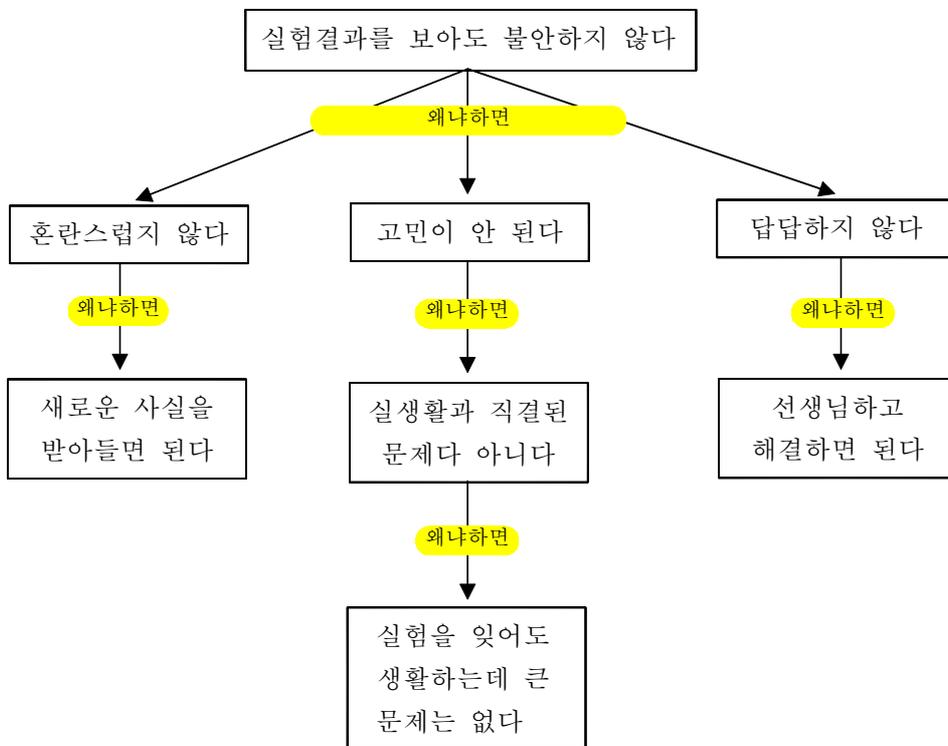


그림 III-13. 불안하지 않은 이유에 대한 원인연쇄도형의 예.

원인연쇄분석 방법은 분류체계 분석 방법을 변형시킨 방법으로서 원인과 결과를 이어주는 선의 중간에 ‘왜냐하면’이라는 말을 넣어줌으로써 반응 결과에 대한 원인을 연쇄적으로 명료하게 보여주는 장점이 있다.

이 학생은 자신의 예측과 다른 불일치 상황(실험)을 보고, 인지갈등의 인식, 실험에 대한 흥미, 재평가는 높으나 불안하지는 않았다고 대답하였다. 그 이유는 인지갈등 검사문항에서 질문한 문항에서와 같이 혼란스럽거나, 고민이 되거나, 답답하지는 않다는 것이다. 혼란스럽지 않은 이유에 대해서는 새로운 사실을 받아들이면 된다는 이유를, 고민이 안 되는 이유에 대해서는 실생활과 직결된 문제가 아니기 때문이라는 이유를, 답답하지 않은 이유에 대해서는 선생님하고 해결하면 되기 때문이라는 대답을 보여주고 있다. 특히 왜 실생활과 직결된 문제가 아니냐는 질문에 대해서는 앞으로 이 실험 결과를 잊어도 생활하는데 큰 문제가 없기 때문이라고 대답하고 있다. 이러한 과정을 원인 연쇄 흐름으로 나타냄으로써 이 학생의 낮은 불안의 원인이 현상의 원인을 교사를 통해서 사실을 해결하면 된다는 수동적 관점과 실험 상황의 가치와 중요성을 크게 인정하지 않고 있기 때문이라는 것을 확인할 수 있다.

#### 나. 개념 변화 유형과 1차 평가와 2차 평가

1차 평가와 2차 평가 자료는 사례제시면담에서 제시했던 세 가지 문제(종이·책 낙하과제, 구멍난 물컵 투하 과제, 선풍기·수레 과제)를 뉴턴의 제 2법칙과 운동 방정식을 이용하여 바르게 풀이한 결과에 따라 과학적 개념과 비과학적 개념으로 구분하였다. 과학적 개념은 뉴턴의 운동 방정식을 바르게 적용했을 때, 비과학적 개념은 뉴턴의 운동 방정식을 완전히 잘 못 적용했을 때와 부분적으로 잘 못 적용했을 때를 의미한다.

1차 평가에서 자유낙하 문제(종이·책 낙하 과제와 구멍난 물컵 투하 과제) 모두를 운동 방정식을 이용하여 바르게 설명한 경우, 제시한 인지갈등 과제에 대하여 뉴턴의 제 2법칙을 바르게 적용할 수 있는 능력이 있는 것으로 간주하였다. 또한 1차 평가에서 작용과 반작용 문제(선풍기·수레 과제와 말·마차 과제)를 모두 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 과학적 개념으로 진술한 경우, 작용과 반작용 개념을 바르게 이해하고 뉴턴의 운동 방정식을 적용할 수 있는 것으로 간주하였다.

참여 학생들의 개념 변화 유형은 1차 평가와 2차 평가 결과를 기준으로 네 가

지 유형으로 구분하였다. 개념 변화 유형 분류의 기준은 개념 이해(뉴턴의 제 2법칙과 제 3법칙)의 시간 지속성을 기준으로 하였다. 이 네 가지 유형은 표 III-2에서와 같이 ‘과학개념 지속형’, ‘오개념 회귀형’, ‘오개념 회귀·과학개념 발전형’, ‘오개념 혼합형’ 등이다.

표 III-2. 1차 평가와 2차 평가 결과에 따른 개념 변화 유형

개념 변화 유형	대상 개념	과제	시 간			사례 학생
			면담 학습	1차 평가	2차 평가	
과학개념 지속형	자유낙하	종이 물컵	○ ○	○ ○	○ ○	학생 8번 학생 9번
		작용반작용	선풍기 말·마차	○ ○	○ ○	
오개념 회귀형 I	자유낙하	종이 물컵	○ ○	× ×	× ×	학생 10번
		작용반작용	선풍기 말·마차	○ ○	× ×	
오개념 회귀형 II	자유낙하	종이 물컵	○ ○	○ ×	○ ×	학생 5번
		작용반작용	선풍기 말·마차	○ ○	× ×	
오개념 회귀·과학개념 발전형	자유낙하	종이 물컵	○ ○	○ ×	○ ○	학생 11번
		작용반작용	선풍기 말·마차	○ ○	× ○	
오개념 혼합형 I	자유낙하	종이 물컵	○ ○	○ ○	○ ○	학생 2번
		작용반작용	선풍기 말·마차	○ ○	× ○	
오개념 혼합형 II	자유낙하	종이 물컵	○ ○	○ ×	○ ×	학생 3번
		작용반작용	선풍기 말·마차	○ ○	○ ○	
오개념 혼합형 III	자유낙하	종이 물컵	○ ○	× ×	○ ×	학생 6번
		작용반작용	선풍기 말·마차	○ ○	○ ○	

○ = 과학적 개념, × = 비과학적 개념

‘과학개념 지속형’은 면담학습 이후 수행한 1차 평가와 2차 평가에서 세 가지 인지갈등 문제와 말·마차 문제(작용과 반작용 개념을 이용하여 뉴턴의 운동 방정

식을 이용하여 푸는 문제)를 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 과학적 개념으로 풀이한 유형이다. 다시 말해서 이 유형의 학생은 1차와 2차 평가에서 종이·책 낙하 문제와 구멍난 물컵 투하 문제 모두를 운동 방정식을 이용하여 바르게 설명하고, 선풍기·수레 문제와 말·마차 문제를 작용과 반작용 개념과 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 바르게 설명하였다. 따라서 자유낙하 과제에 대하여 뉴턴의 제 2법칙을 바르게 적용할 수 있는 능력이 있고, 작용과 반작용 개념을 과학적 개념으로 이해하고 있는 것으로 간주하였다.

‘오개념 회귀형’은 면담 학습 이후, 1차 평가와 2차 평가에서 종이 문제와 물컵 문제 중 한 문제 이상을 비과학적 개념으로 풀고(종이 문제와 물컵 문제 모두 맞아야 자유 낙하 과제를 운동 방정식을 이용하여 풀 수 있다고 간주함), 선풍기·수레 문제와 말·마차 중 한 문제 이상을 비과학적 개념으로 푼 사례이다(두 문제 모두 맞아야 작용과 반작용 개념과 운동 방정식을 이해하고 있다고 간주함). 다시 말해서 이 유형의 학생은 1차 평가와 2차 평가에서 모두 뉴턴의 운동 제 2법칙과 제 3법칙(작용과 반작용 법칙)을 이용해서 문제를 푸는데 성공하지 못하였다.

‘오개념 회귀·과학개념 발전형’은 면담학습 이후, 1차 평가에서 세 가지 인지갈등 문제 중 두 문제 이상을 비과학적 개념으로 풀이하였으나, 2차 평가에서는 세 가지 인지갈등 문제와 말·마차 문제를 모두 과학적 개념으로 풀이한 사례로 정의하였다.

‘오개념 혼합형’은 면담 학습 이후, 두 번의 평가에서 각각 자유낙하 문제(종이·책 낙하 문제와 구멍난 물컵 투하 문제)와 작용·반작용 문제(선풍기·수레 문제와 말·마차 문제) 중 한 가지 문제를 비과학적 개념으로 이해하고 있는 유형이다. 따라서 각각의 평가에서 자유낙하 문제를 하나 틀렸거나, 작용과 반작용 문제를 하나 틀린 학생들이 이 유형에 속한다.

이와 같은 기준에 따라 개념 변화 유형을 나누고 각 유형에 따라 학생의 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 동기 심리학적 특성(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등)에 따라 분석하였다. 그리고 그 분석 결과를 토대로 인지갈등 전략을 적용할 때 교사가 고려해야할 시사점을 논의하였다.

#### 다. 반구조화된 성·패 귀인 면담

제 2단계 기초 사례 연구(Kim et al., 2001)에서 사용한 개념 변화에 대한 성·패 귀인을 묻는 질문지를 놓고 수행한 반 구조화된 면담 내용을 원안으로 만들어 ‘성분분석’(Spradley, 1980)방법과 ‘원인연쇄분석’(이용숙, 1998; Werner & Schoepfle, 1987)방법을 이용하여 분석하였다. 성분분석 방법은 질적 연구에서 심층면담 분석 방법으로 많이 쓰인다. 과학교육에서도 학생의 개념 생태 구성요소를 밝히는 질적 연구에서 ‘성분분석 방법’을 사용하였다(이선경, 2000; 송현미, 1999; Park, 1995; Thorley, 1990). 이 연구에서도 이와 같은 연구에서 사용한 ‘성분분석 방법’을 참고하였다.

먼저 학생이 기초역학 강좌에서 자신이 학습한 역학개념에 대한 성공적 이해와 성공적이지 못한 이해에 대하여 원인을 어떻게 인식하고 있는가를 면담하였다. 이 면담 결과를 발췌하여 기대·가치 이론과 학습의지 이론 그리고 학습전략 이론에 근거하여 분석하였다. ‘성분분석 방법’은 표 III-3에서와 같이 학생에게서 수집한 자료를 세 가지 성분으로 분석하는 방법이다. 1단계로 수집한 면담 자료를 정리한 후 발췌하였다. 2단계로는 그 발췌 내용이 개념 변화에 영향을 주는 학습동기, 학습전략, 학습의지전략 요인 중 어떤 범주에 속하는가를 결정하고, 3단계로 그 범주의 하위 요인으로 다시 구분하였다. 표 III-3은 연구에서 수행한 성분분석의 한 예이다.

표 III-3. ‘성분 분석’ 방법을 이용한 분석의 예

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
평가를 하는 기간동안에는 과제에 대해서 다시 한번 생각해보게 되는데. 그 외의 시간에는 그 과제에 대해서 전혀 생각을 하지 않기 때문에 제가 만약 수업시간에 이해를 다 하지 못했다면 그 상태로 평가 때까지 가기 때문에	학습동기	외재적 목표지향
확실히 갈등을 해결하는 가장 빠른 길은 질문을 하는 것이라고 생각하는데 특정수업을 제외하고는 일반적으로 하고 싶지는 않아요	학습전략	사회적 도움 구하기

표 III-3에서와 같이 면담 발췌 내용을 근거로 성분 분석 결과를 보면, 첫 번째 내용은 개념 이해를 잘 못한 원인 중에 한 요인으로 시험기간에만 과제를 학습하는 경향이 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 이 학생의 학습목표가 학습동기신념 중 학습내용의 이해에 대한 만족감과 같은 내재적인 목표가 아니라 평가 성적에 이끄려는 외재적 목표를 갖고 있음을 의미한다. 두 번째 내용은 인지갈등을 해결하는데 중요한 요인으로서 선생님에게 질문하는 것이라고 인식하고 있으나 아직 언급하지 않은 원인 때문에 질문을 하고 싶지 않았다는 것을 밝히고 있다. 이러한 경향은 이 학생이 아직 언급하지 않은 특정 원인에 의하여 인지갈등을 해결하는 학습전략으로서 교사와의 상호작용을 통한 사회적 도움 구하기 전략을 사용하지 않고 있음을 알 수 있다.

또한 두 번째 면담 내용과 관련하여 그 원인을 ‘원인연쇄분석’ 방법을 이용하여 구체적으로 분석하면 아래 그림 III-14와 같다.

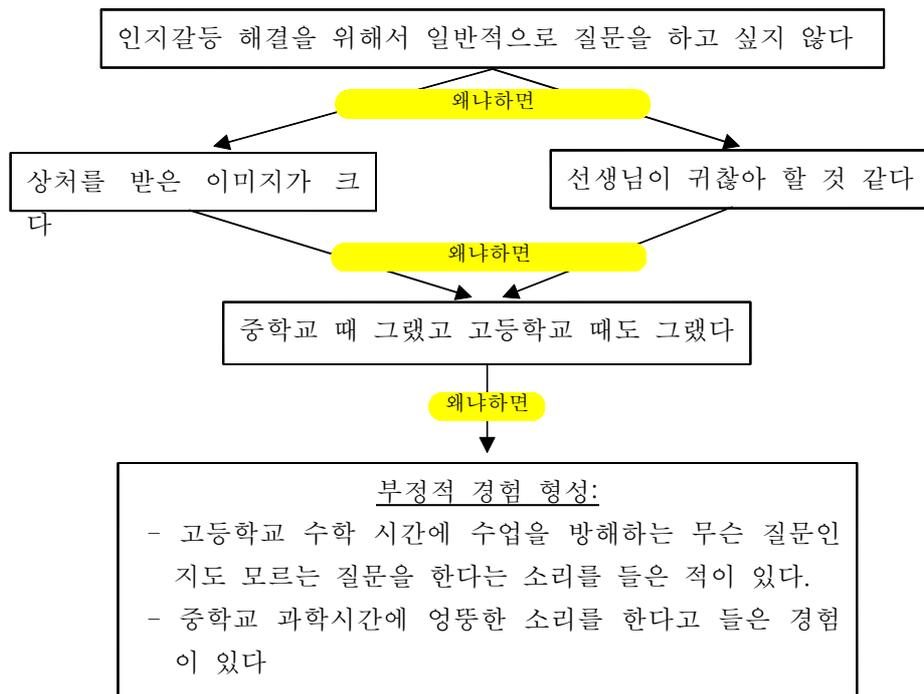


그림 III-14. 선생님에게 질문하지 않는 이유에 대한 원인연쇄도형의 예.

원인연쇄분석을 이용하면 왜 이 학생이 선생님에게 질문하기 전략과 같은 사회적 도움 구하기 전략을 회피하는 경향을 갖게 되었는지 알 수 있다. 이 학생이 인지갈등 해결을 위해서 중요하게 인식하고 있는 사회적 도움 구하기 전략을 회피하고 있는 이유는 중·고등학교 수업 시간에 질문했다가 경험하게 된 교사의 부정적 이미지가 주요 원인이었다는 것을 알 수 있다.

이와 같은 성분 분석 방법을 이용하여 학생들의 개념 이해와 인지갈등 해결에 관한 성·패 귀인을 분석하면 개념 변화 유형에 따라 개념 변화에 영향을 미치는 학습심리학적 요인과 사회·환경적 주요 요인을 찾을 수 있다. 그리고 이러한 요인들 토대로 보다 구체적인 치료 대안과 시사점을 제시할 수 있다.

결론적으로 인지갈등에서 학생의 불안유형 특성과 개념 이해와 인지갈등 해결에 관한 귀인 특성이 개념 변화를 방해하거나 촉진시키는데 어떤 학습 심리학적 요소와 관련되는지 탐색하였다. 그리고 이 결과를 근거로 기존에 차가운 개념 변화 모형에서 간과하고 있는 중요 특성을 제안하였다.

이 연구에서 근거는 두고 있는 학습 심리학적 요소는 동기에 대한 사회·인지적 관점에 바탕을 둔 기대·가치 요인(Pintrich et al., 1993a), 학습전략 요인(Pintrich et al., 1993a), 학습의지전략 요인(McCann & Garcia, 1999), 사회·문화적 요인이다. 이 요인들의 하위 요인을 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

기대·가치 요인은 일반적으로 목표지향, 흥미, 과제의 중요성, 효용가치와 같은 가치요인과 자기효능, 귀인, 통제 신념 등과 같은 기대요인으로 나눌 수 있다.

학습전략은 인지와 메타인지 전략, 원천관리 전략으로 구분할 수 있다. 여기서 인지와 메타인지 전략의 하위 요인은 시연, 정교화, 조직화, 비판적 사고, 메타 인지적 자기조절 등으로 구분할 수 있고, 원천관리 전략은 시간과 공부환경, 노력조절, 동료 학습, 도움 찾기 등으로 구분할 수 있다(Pintrich et al., 1993a). Pintrich 등(1993a)이 제시한 동기요인과 학습전략 요인의 예를 제시하면 다음 표 III-4와 같다.

표 III-4. 동기전략과 학습전략의 예

학습 심리학적 범주	하위 요인	예
동기 전략	내재적 목표지향	- 과학 수업 시간에 나의 만족감을 좌우하는 것은 내용이 완전히 이해되었느냐 하는 점이다. - 좋은 점수를 받지 못하더라도, 나는 가능하면 과제를 통해서 배울 수 있는 것을 선택한다.
	외재적 목표지향	- 지금 나에게는 좋은 성적을 받는 것이 가장 중요하다. - 가족, 친구, 선생님 등 다른 사람에게 나의 능력을 보여주고 싶기 때문에 과학을 잘하고 싶다.
	과제 가치	- 나는 과학수업 시간에 배우는 내용에 매우 흥미를 느낀다. - 과학 수업시간에 수업자료를 이해하는 것은 나에게 중요하다. - 나는 과학 과목의 내용을 좋아한다.
	학습 신념의 통제	- 열심히 노력한다면, 나는 수업내용을 잘 이해할 수 있다.
	학업과 수행에 관한 자기 효능감	- 과학 수업 시간에 선생님께서 주신 자료가 아무리 복잡해도 나는 이해할 수 있다고 자신한다.
학습전략 인지전략과 메타인지전략	시연	- 과학공부를 할 때, 공책과 자료를 여러 번 읽는다.
	정교화	- 과학공부를 할 때 다양한 출처로부터 정보를 얻는다. - 공부한 중요한 개념을 짧게 요약해서 적어둔다. - 학습한 개념을 서로 연관시키려고 노력한다.
	조직화	- 과학 공부를 할 때, 필기한 내용을 반복하여 읽고 중요한 개념의 윤곽을 잡는다.
	비판적 사고	- 과학 수업이나 읽기 자료에서 결론이 제시될 때, 그것을 뒷받침해주는 뚜렷한 증거가 있는지 확인하려고 한다. - 과학 수업에서 어떤 주장이나 결론을 내릴 때 항상 다른 대안이 없는지 고민한다.
	메타 인지적 자기조절	- 과학 자료를 읽을 때 그 내용이 혼동되면 되돌아가서 그것을 해결하려고 한다. - 과학 수업 시간에 공부하고 있는 자료의 내용을 정확히 이해했는가를 확인하기 위하여 스스로 질문을 만들어 낸다.
	원천관리 전략	노력조절
동료학습		- 과학 공부를 할 때, 종종 친구들에게 내용을 설명해 주려고 한다.
도움 구하기		- 이해가 안 되는 개념을 분명히 알기 위해 선생님께 여쭙는다.

학습의지전략요인은 동기조절과 정서조절을 구체화 시켜 자아효능감 강화, 스트레스 감소 행동, 부정적 결과회상 등으로 구분할 수 있다(McCann & Garcia, 1999). 학습의지전략 요인을 제시하면 다음 표 III-5와 같다.

표 III-5. 학습의지전략의 예

학습 심리학적 범주	하위 요인	예
학습의지전략	자기 효능감 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물리공부가 힘들 때면, 나는 내 자신에게 “너는 이것을 할 수 있어”라고 마음다짐을 한다.</li> <li>- 내가 물리공부 계획을 충실히 지켰을 때, 좋은 성적을 받을 수 있다고 내 자신에게 자꾸 다짐한다.</li> <li>- 내가 이 물리 과제를 마쳤을 때 얼마나 흡족한 만족을 느낄 지 생각해본다.</li> <li>- 나는 내 자신에게 “집중하자, 이번 물리시험은 중요한 시험이다”라고 다짐한다.</li> </ul>
	스트레스 감소행동	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물리 공부가 힘들 때면, 질문과 과제를 적절하게 해결하는 나의 모습을 생각해본다.</li> <li>- 물리공부를 보다 흥미 있고 의욕적으로 하기 위해 나는 재미있게 하는 방법, 다양한 방법을 생각해낸다.</li> <li>- 물리공부가 힘들 때면, 기분전환방법을 사용하여 보다 공부에 더 집중할 수 있다.</li> <li>- 물리공부를 미루었을 때 느끼는 스트레스를 안 받기 위해, 그리고 뒤쳐지지 않기 위해 친구들과 규칙적으로 공부하는 시간을 갖는다.</li> </ul>
	부정적 결과 회상	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내가 물리 시험을 제대로 못 봤을 때 다른 사람(가족 /친구)이 얼마나 실망할지 생각해본다.</li> <li>- 친구가 물리 공부하는 시간이 나보다 많으면 나보다 더 좋은 성적을 낼 것이라고 공부가 지루할 때마다 마음을 다진다.</li> <li>- 내가 제대로 물리공부를 하지 않았을 때 돌아 올 안 좋은 결과를 상상해 본다.</li> <li>- 과학공부가 힘들 때면, 지금까지 투자한 나의 노력 또는 부모님의 고생을 생각한다.</li> </ul>

사회·문화적 요인에서는 사회·문화적 가치에 초점을 맞춘다. 사회·문화적 가치는 개인이 성장하면서 가정, 학교, 수업, 사회 조직 등에서 개인적으로 형성된 가치로 정의한다. 사회·문화적 가치로 인해서 개인은 행동을 하거나 생각을 하는데 의식적으로 또는 잠재 의식적으로 영향을 받는다. 또한 사회·문화적 가치는 개인의 행동 선택에 기준이 되기도 하며, 개인이 성장하면서 가정, 학교, 수업, 사회 조직 등에서 개인적으로 형성된 가치이다.

## IV. 연구 결과 및 논의

이 장에서는 연구 문제에 대한 결과를 제시하고 결과의 의미를 해석하였다. 이 연구에서는 시간의 흐름을 기준으로 다음과 같이 크게 두 가지 연구 문제를 수행하였다. 첫 번째 연구 문제는 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 높게 일으킨 학생이 인지갈등 유발 단계에서 경험할 수 있는 문제점을 인지갈등의 불안 유형에 초점을 맞추어 알아보는 것이었다. 따라서 첫 번째 연구 문제에 대한 결과로서 인지갈등 상황에서의 불안 반응을 분석한 후, 불안 유형을 정리하고 개념 학습 과정에서 불안 유형의 역할을 제시하였다.

두 번째 연구 문제는 높은 인지갈등을 경험한 학생이 개념 학습 이후 시간이 지난 후에 개념 이해를 지속시키거나 못하는 원인을 개념 변화 유형별로 구분하여 학생 면담을 통해서 알아보고, 그 귀인을 동기 심리학적 관점(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등의 관점)에서 분석하는 것이었다. 그러므로 두 번째 연구 문제에 대한 결과로서 개념 변화 유형별로 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 동기 심리학적 성분별로 분석하였다.

또한 최종적으로 이 두 가지 연구 결과를 근거로 물리 교사가 인지갈등 전략을 적용할 때 학생의 인지갈등을 보다 건설적으로 관리하여 개념 변화를 촉진시키는데 고려해야 할 시사점을 제안하였다.

### 1. 인지갈등 상황에서 불안 유형

세 가지 인지갈등 과제, 즉 종이·책 낙하 과제, 구멍난 물컵 던지기 과제, 선풍기·수레 과제(이하 종이 과제, 물컵 과제, 선풍기 과제를)를 이용한 사례제시면담에서 인지갈등 구성 요인 중 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인은 높고, ‘불안’ 요인은 인지갈등 과제에 따라 높거나 낮게 나타난 학생 7명의 반응을 분석하였다. 결과적으로 이 학생들은 인지갈등의 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인이 높기 때문에 ‘불안’ 요인이 낮아도 갈등 수준은 높게 나온 학생들이다.

이 학생들의 불안 요인 반응을 면담 원안을 근거로 원인연쇄분석(이용숙, 1998;

Werner & Schoepfle, 1987)을 이용하여 분석하였고, 그 분석 결과를 다시 학생에게 피드백 하여 확인하였다. 그리고 이 분석을 근거로 낮은 불안 요인 반응과 높은 불안 요인 반응을 원인 특성에 따라 분류한 후 개념 변화에 미칠 수 있는 시사점을 논의하였다.

## 가. 인지갈등 상황에서 불안 반응

인지갈등 상황에서 학생의 불안 유형을 알아보기 위해 연구에 참여한 일곱 학생을 대상으로 인지갈등의 ‘불안’ 요인 반응을 분석하였다.

### (1) 학생 1번

이 학생은 세 가지 과제 중, 종이 과제와 물컵 과제에서는 낮은 불안 반응을 보였고, 선풍기 과제에서는 높은 불안 반응을 보인 사례이다. 종이 과제와 물컵 과제에서는 인식, 흥미, 재평가는 높게 나타났으나 불안 요인은 낮게 나타났다. 그러나 선풍기 과제에서는 네 가지 요인 모두 높게 나타났다. 종이 과제와 물컵 과제에서는 문제를 교사와 같이 해결하면 된다는 교사 의존적 태도와 과제가 생활과 직접적인 관련이 있는 것은 아니기 때문에 고민은 안 된다는 반응을 보였다. 반면 선풍기 과제에서는 자신의 통념과 달라서 고정 관념을 흔들어 놓았기 때문에 매우 혼란스럽다고 주장하였다.

#### (가) 종이·책 낙하 과제

이 학생은 종이와 책을 따로 떨어뜨릴 때 종이가 천천히 떨어지는 것은 종이의 질량이 작아서 종단속도에 먼저 도달하기 때문이라고 설명하였으나 그 이유는 설명하지 못했다. 그리고 종이를 책 위에 올려놓고 떨어뜨리면 종이와 책 사이는 공기로 분리되어 있기 때문에 종이는 공기의 저항을 따로 받아 천천히 떨어진다고 대답하였다.

이 학생은 불일치 상황에서 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인 ‘상’ 수준으로 높게 반응했으나 ‘불안’ 요인에서는 혼란스러울 것까지는 없음을 강조하였다. 그 이유를 원인 연쇄도형으로 표현하면 그림 IV-1과 같다.

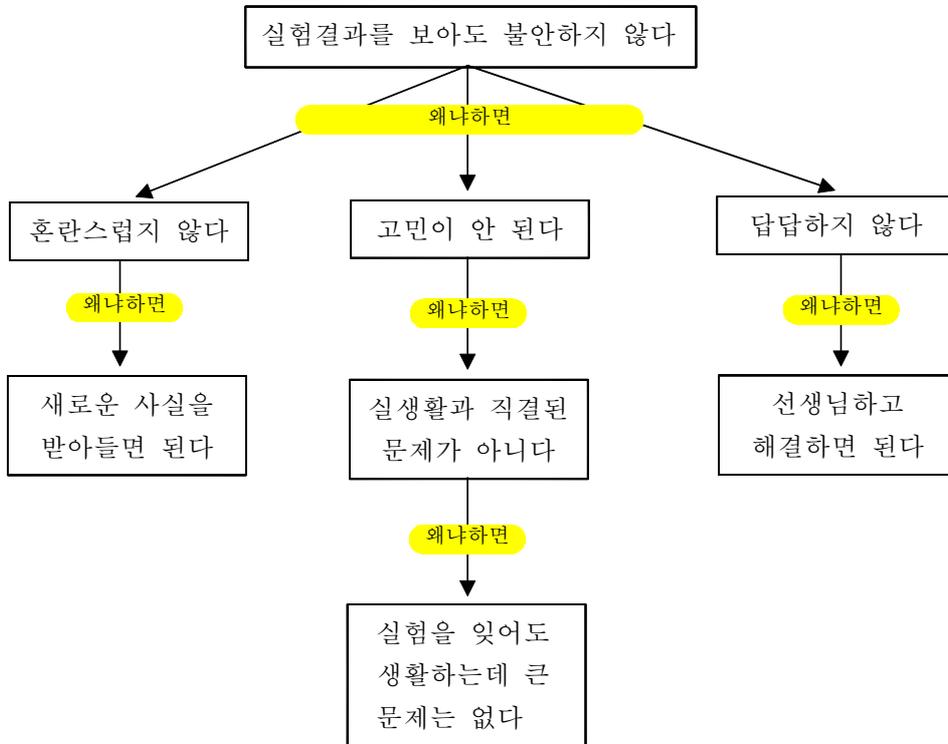


그림 IV-1. 학생 1번의 종이 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

원인연쇄도형에서 나타나는 바와 같이 혼란스럽지 않은 이유는 새로운 개념에 대한 사실을 받아들이면 되기 때문이며, 선생님과 해결하면 되기 때문에 답답하지는 않다고 언급하였다. 또한 이 결과를 설명할 수 없어 고민이 되는가에 대한 질문에는 생활에 직결된 문제가 아니기 때문에 이 실험을 잊어도 큰 문제는 없고 따라서 고민이 되는 것은 아니라고 설명하였다.

전체적으로 이 학생은 인식, 흥미, 재평가 요인으로 인지갈등 '상' 수준으로 높게 나타났으나 불안 요인에서는 결과를 수용하고 교사를 통해서 해결하면 된다는 교사의 의존적 태도와 과제가 실생활과 직결된 문제가 아니라는 인식으로 인해서 낮은 불안 반응을 나타냈다.

이 학생이 의미하는 생활에 직결된 문제는 다음과 같은 것이었다.

교사: 생활에 직결된 문제는 예를 들어서 뭐를 말하는 거지?

학생: 생활에 직결되는 문제 말씀입니까?

학생: 제가 지금 이런 이론에 대해서 증명을 해야 되는 그런 급박한 과제가 있다든지, 제가 매일마다 똑 같은 행동을 하게 될 때에 이해할 수 없는 상황이 생긴다든지 해야 하는데... 그런데 이 과제는 현실에 부딪히는 것이 아니고, 방에 들어가면 이 실험을 잊어도 제가 생활하는 데는 큰 문제가 없기 때문입니다.

이 학생은 불일치 상황을 보고 난 후에는 두 물체가 하나의 물체처럼 행동한다고 인식하고 있었으나 왜 하나의 물체처럼 행동하는지는 설명하지 못하였다. 이에 관한 설명은 다음과 같다.

교사: 왜 같이 떨어진다고 생각하지?

학생: 일단 같이 떨어진다는 말은 하나의 질량으로 되어 두 물체가 하나의 역할을 한다라고 생각하는데 중력을 받고 마찰력을 받을 텐데. 그런데 어떻게 해서 하나의 물체로 작용할까? 그 이유에 대해서 깨달은 바는 없고 계속해서 생각하고 있습니다.

#### (나) 구멍난 물컵 던지기 과제

물컵 과제에서는 불일치 상황을 보기 전에는 수평 방향으로 던진 힘이 물에 가해져서 앞으로 그 힘만큼 물이 더 잘 나올 것이라는 대답을 하였다. 이 생각에 대한 확신 정도는 높은 수준이었다.

종이 과제에서와 유사하게 물컵 과제에서도 다음 그림 IV-2에서와 같이 실생활에 직접적으로 부딪히는 문제가 아니라고 강조하고, 호기심은 좀 있지만 관심까지는 아니라고 언급하였다. 또한 선생님과 함께 이해하면 된다는 수동적 자신감이 있기 때문에 혼란스럽지는 않다고 언급하였다.

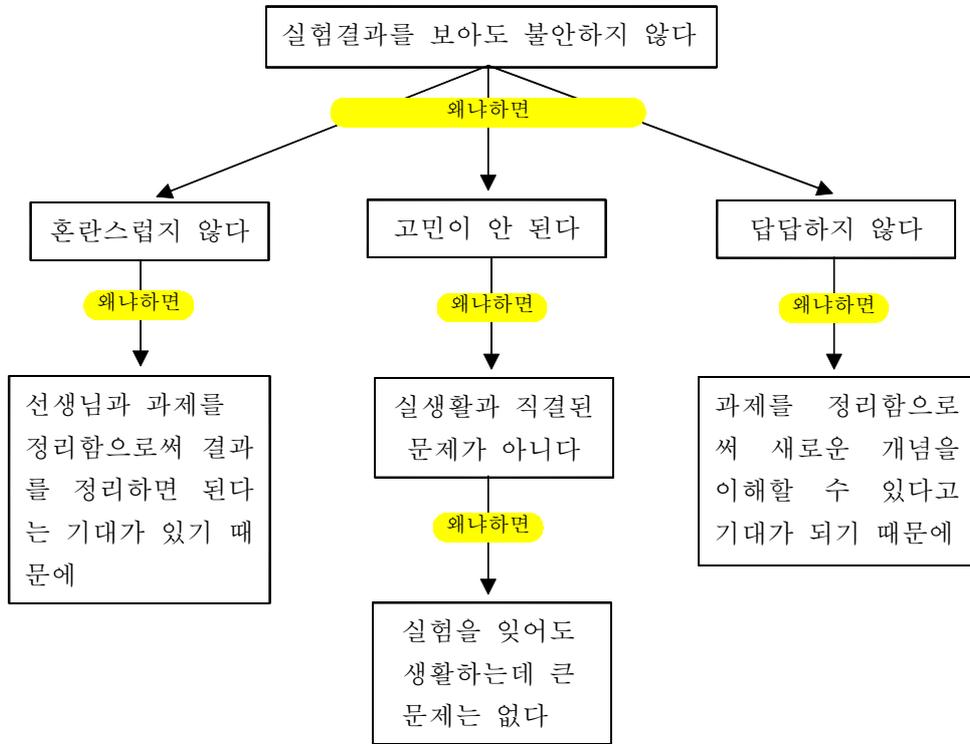


그림 IV-2. 학생 1번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

특히 고민이 되는가에 관한 질문에는 종이 과제에서와 같이 생활에 직결된 문제가 아니고 이 실험을 잊어도 생활하는데 큰 문제는 없기 때문에 고민스럽지는 않다고 언급하였다. 전체적으로 인식, 흥미, 재평가 요인은 높았으나 불안 요인에서는 낮게 반응하였다.

실험 결과를 보고는 이 현상을 관성의 법칙으로 설명하려고 접근하였다. 움직이는 물체는 모두 같이 움직이기 때문에 물이 나오지 않았다고 설명하였다. 그러나 처음에 준 힘이 주어졌으니까 그 힘의 영향을 계속 받는다고 설명하며, 자신은 힘의 존재를 포괄적으로 적용했다고 언급하였다. 수업 시간에는 힘이 작용하지 않는다고 배운 걸로 기억하고 있었으나, 교실에서 배운 내용을 실생활에서는 잘 적용하지 못하는 경향이 있다고 설명하였다. 그 이유는 실생활에서는 교실에서 배운 사실을 거의 잊고 살기 때문이라고 주장하였다.

(다) 선풍기·수레 과제

선풍기 과제에서는 결과를 보기 전에는 선풍기의 바람으로 벽을 밀기 때문에 힘이 지면의 마찰력보다 크다면 수레는 앞으로 이동한다고 설명하였다. 이 생각에 대한 확신 정도는 높은 편이었다.

또한 그림 IV-3에서와 같이 선풍기 과제에서는 앞에서 제시한 종이 과제와 물컵 과제와는 다른 불안 반응을 보였다.

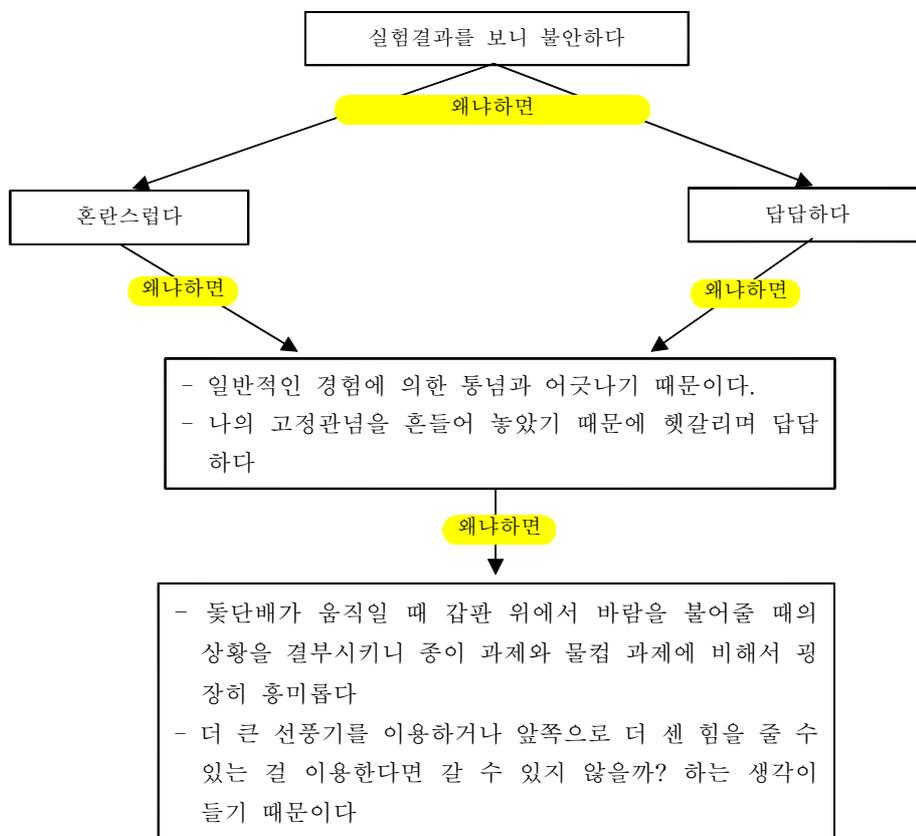


그림 IV-3. 학생 1번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

이 과제는 자신의 일반적인 경험에 의한 통념과 고정관념에 어긋나기 때문에 굉장히 흥미롭다는 반응을 보였다. 종이 과제와 물컵 과제에 비교해서 돛단배가 움직일 때 갑판 위에서 바람을 불어 줄 때의 상황을 결부시키니 더욱 흥미롭다는 것을

강조하였다. 특히 실험 결과를 목격한 후에는 바람이 약해서 가지 않았다는 주장을 펴기도 했으며, “만약 큰 선풍기를 이용한다면, 앞으로 더 센바람으로 힘을 줄 수 있는 걸 이용한다면 갈 수 있지 않을까?” 라고 문제 제기를 하며 자신의 생각과 달라서 더욱 혼란스럽고 헛갈리며 답답하다고 강조하였다.

그러나 “이 결과를 해결할 수 없어 고민이 되는가?” 라는 질문에 대해서는 고민까지는 아니라고 대답하였다. 고민을 하려면 그림 IV-4에서와 같이 식생활 문제와 관련하여 안 좋은 피드백이 오거나 삶에 어떤 직접적인 영향을 주어야 한다고 생각하였다.

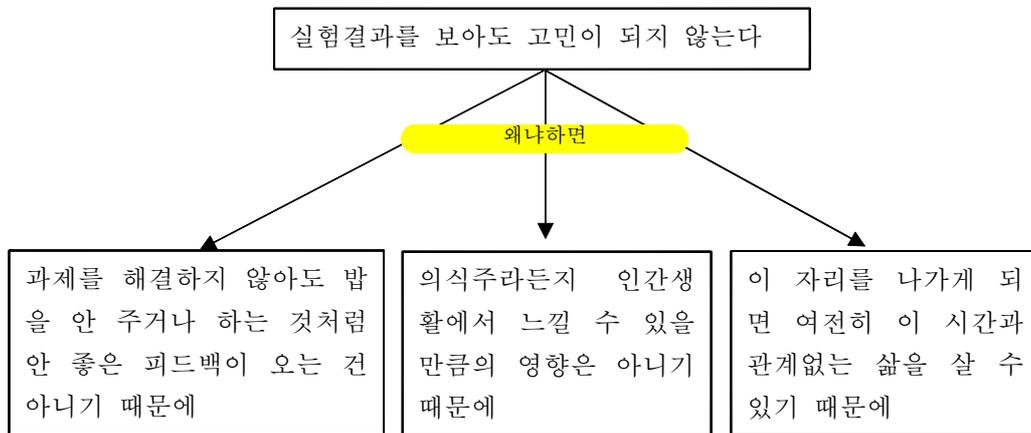


그림 IV-4. 학생 1번의 선풍기 과제 낮은 고민에 관한 원인연쇄도형.

이 학생이 생각하는 고민에 관한 관점은 다음 대화에 잘 표현되어 있다.

교사: 어떤 경우에 고민이 되지?

학생: 제가 과제를 해결하지 못하여 안 좋은 피드백이 오게 되면 그 때 고민이 되지 않을까요? 초등학교 여름 성경 학교 때, 밥을 먹기 전에 만약 암송을 하지 않으면 밥을 주지 않았거든요. 밥을 먹으려면 암송을 해야 했기 때문에 만약 제가 암송이 잘 되지 않았다면 그 땐 굉장히 고민이 되었을 겁니다. 그런데 이 상황에서는 그 만큼 저에게 안 좋은 피드백이 있는 건 아니기 때문에 고민이 되는 건 아니며, 이 자리를 나가게 되면 여전히 저는 이 시간과 관계없는 삶을 살 수 있습니다.

교사: 고민까지는? 고민하려면 좀 삶에 어떤 직접적인 영향을 주어야 한다?

학생: 네.

교사: 식생활?

학생: (웃는다) 의식주라든지 인간 생활에서 느낄 수 있을 만큼의 영향을 주어야지요.

선풍기 과제에서의 결과를 종합하면 이 학생은 인지갈등을 일으키는 과제가 학생이 지니고 있는 과거의 개념에 크게 어긋나는 것일 때 불안 요인을 비롯해서 모든 요인이 크게 나타난다는 것을 보여주고 있다. 그러나 고민에 대한 반응은 과거 고민 경험에 크게 의존하며, 자신의 생활에서 형성된 관점이 크게 영향을 미치고 있다는 것을 확인할 수 있다.

## (2) 학생 2번

이 학생은 세 가지 인지갈등 과제 중, 종이 과제에서 매우 높은 불안 반응을 보였으나, 물컵 과제에서는 불안 반응을 전혀 보이지 않았으며 선풍기 과제에서는 실험 결과와 같은 예측을 한 사례이다. 이 학생은 앞의 사례 1번 학생과는 또 다른 중요한 반응 특성을 보여주었다. 종이 과제에서는 매우 체계적인 대안 개념을 갖고 있었으며, 물컵 과제에서는 결과를 보면서 불안이 해소되는 반응을 보여주었다.

### (가) 종이 · 책 낙하 과제

종이 과제에서 공기의 유속과 기압 사이의 관계를 이용하여 대안적 개념으로 체계적인 설명을 했으나, 생각한 결과가 매우 다른 결과가 나오자 얼굴이 붉어지며 매우 당황하였다. 다음은 실험을 하기 전에 예측에서부터 실험을 보고 난 후까지 과정을 보여주는 대화이다.

교사: 종이를 따로 떨어뜨리면 어떻게 떨어질까?

학생: 공기의 저항 때문에 등속 운동으로 떨어집니다.

교사: 책을 떨어뜨리면?

학생: 책을 떨어뜨리는 경우에는 책이 질량이 크기 때문에 거의 등가속도로 떨어집니다.

교사: 종이를 책 위에 놓고 떨어뜨리면?

학생: 책이 떨어지면서 책 위쪽의 기압이 낮아지기 때문에 책과 종이 사이의 기압이 떨어지면서 기압이 낮아지기 때문에 종이는 뜹니다.

교사: 종이는 위쪽에 기압이 낮아져서 뜬다? 왜 기압이 낮아지지?  
 학생: 속도가 빨라지면 책 위쪽의 기압이 낮아지기 때문에 모서리 부분의 유속이 빨라져서 기압 차이로 뜬다.  
 교사: (시범을 보인다.)  
 학생: (웃으면서 얼굴이 빨개진다.)  
 교사: 너도 해볼래.  
 학생: 안 해도 될 것 같아요.  
 학생: 다시 보니까 밑으로 내리 누르는 기압이 생기는 것 같습니다.  
 교사: 왜 얼굴이 빨개졌었지?  
 학생: 생각했던 결과와 다른 결과가 나와서요.

이 학생은 유체의 유속과 기압 차이의 개념으로 종이가 떠야 하는 이유를 매우 논리적으로 설명하였다. 자신의 예측과 다른 실험 결과를 보고 난 후에도 위에서 내리 누르는 기압이 생기는 것 같다고 주장하며 자신의 초기 이론을 지속시키고 있다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 자신의 대안 개념을 이용하여 논리적으로 잘 설명하였으나, 관측 후에 그 체계적 대안 개념에 무엇인가 문제가 있다는 것을 인식할 경우 매우 높은 불안 반응을 보인다는 사실을 확인할 수 있었다. 다음 그림 IV-5의 원인연쇄도형은 이러한 과정을 보여주고 있다.

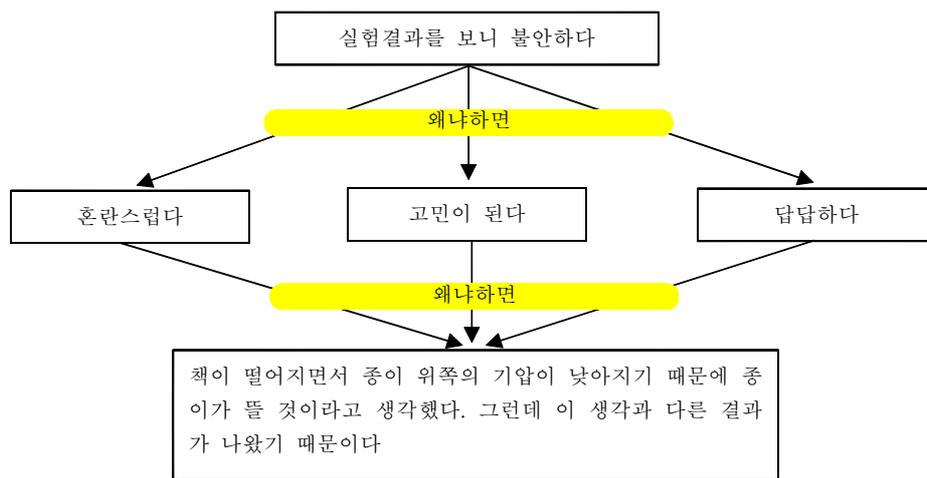


그림 IV-5. 학생 2번의 종이 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

이 학생은 자신의 대안적 개념을 명확히 인식할 수 있었던 이러한 과정이 새롭게 도입한 과학적 개념을 학습하는데 큰 도움이 되었음을 언급하였다. 다시 말해서 어떤 현상에 대하여 자신의 입장을 명확히 정리하는 과정을 통해서 도입한 새로운 개념(뉴턴의 운동 방정식으로 설명)과의 효율성을 비교할 수 있고, 이러한 비교 과정이 개념 이해를 촉진시켰다고 언급하였다. 따라서 어떤 현상에 대한 학생의 개념을 논리적으로 명확히 표현해 볼 수 있도록 도울 필요가 있다는 것을 확인할 수 있었다.

#### (나) 구멍난 물컵 던지기 과제

물컵 과제에서는 실험 전 예측에서 컵이 올라가는 동안만 물이 나온다고 응답하였다. 그 이유는 컵은 위로 올라가려 하는데 물은 가만히 제자리에 있으려는 성질 때문에 올라가는 동안만 상대속도 차이가 나서 물이 나오며, 포물선의 정점을 기준으로 내려올 때는 물과 컵이 같이 자유낙하를 하기 때문에 물이 안 나온다는 것이다. 이러한 생각에 대한 확신 정도는 높은 편이었다. 그러나 불일치 상황을 보자 물과 컵이 올라가는 동안에도 내려 올 때와 마찬가지로 같은 속력으로 올라간다는 사실을 인정함으로써 자신의 처음 생각을 바로 수정하였다. 이러한 과정에서 의문이 해결이 되었기 때문에 결과를 자명한 것으로 받아들였다. 따라서 실험 결과를 보자 혼란스럽거나, 고민이 생기거나, 답답한 것이 아니고 자신이 무엇을 잘못 생각했는지 수정하는 계기가 되었기 때문에 깨달은 바가 있다고 설명하였다.

다음 그림 IV-6은 학생 2번의 물컵 과제에 대한 낮은 불안 반응을 원인연쇄도형으로 표현한 것이다.

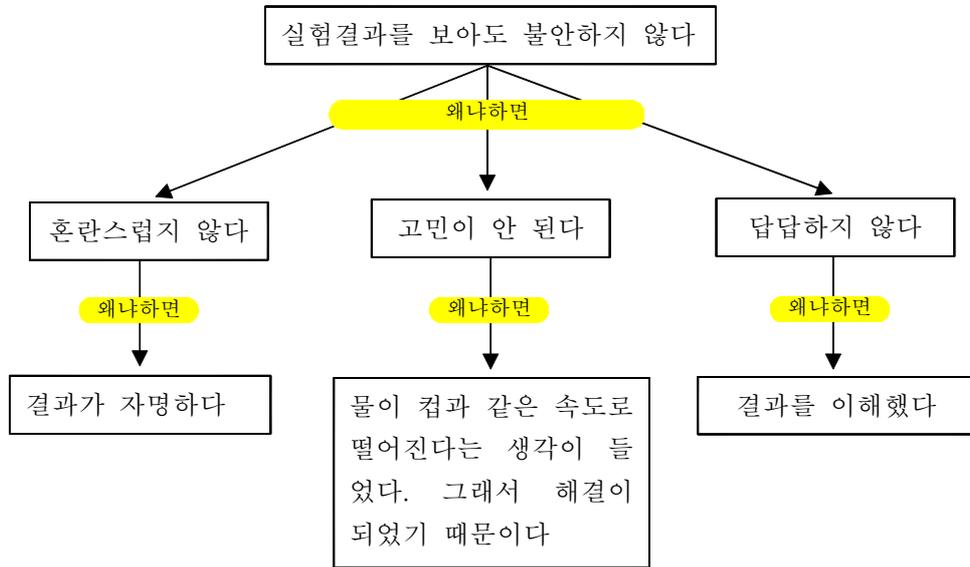


그림 IV-6. 학생 2번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

위 그림 IV-6에서와 같이 이 학생은 불일치 상황을 경험하는 과정에서 자신의 초기 개념 중 잘 못 생각했던 부분을 수정함으로써 불안 요인이 해소되는 경험을 했다는 것을 알 수 있다. 이 사례를 통해서 우리는 학생들에게 불일치 상황을 제시하는 것이 불안을 크게 일으키는 원인이 되기도 하지만 그 학생의 생각을 수정할 수 있는 기회를 준다는 것을 확인할 수 있다.

### (3) 학생 3번

이 학생은 세 가지 인지갈등 과제 중, 종이 과제에서만 낮은 불안 반응을 보였고, 물컵 과제와 선풍기 과제에서는 높은 불안 반응을 보였다. 종이 과제에서는 책에서 읽은 경험을 상기하며 자신의 예측과 불일치한 결과를 합리화시켰다. 이 학생의 이러한 과거 의존적 합리화는 낮은 불안 요인 반응으로 나타났다. 그러나 물컵 과제에서는 물컵에 있는 구멍의 방향에 따라 결과가 다르게 되어야 함을 주장하며 답답

하다는 반응을 보였고, 그 결과가 높은 불안으로 발전했다. 또한 선풍기 과제에서는 사례 1번 학생이 선풍기 과제에서 보였던 반응과 비슷한 결과를 보였다. 이 학생은 실험 결과를 보기 전부터 과거 수업에서 학습한 비행기 상황에 관한 학습 경험을 상기시키며 혼란스러웠다고 진술하였다. 또한 다른 과제보다도 이 과제가 다른 생각과 연관되는 것이 많아서 더 헷갈린다는 반응을 보였다.

### (가) 종이 · 책 낙하 과제

실험 전 예측 과정에서 종이는 질량이 작기 때문에 작은 힘을 받아 천천히 떨어지고, 책은 질량이 크기 때문에 큰 힘을 받고 빨리 떨어진다는 설명을 하였다. 그러다가 다시 두 물체의 가속도는 똑 같다는 책에서 본 생각을 상기시켰으나 왜 그런가는 설명하지 못했다.

이 학생은 불일치 상황을 보자 그림 IV-7에서와 같이 책에서 “떨어지는 물체는 가속도가 같아야 한다”고 읽은 적인 있는 어렴풋한 기억을 회상하였다.

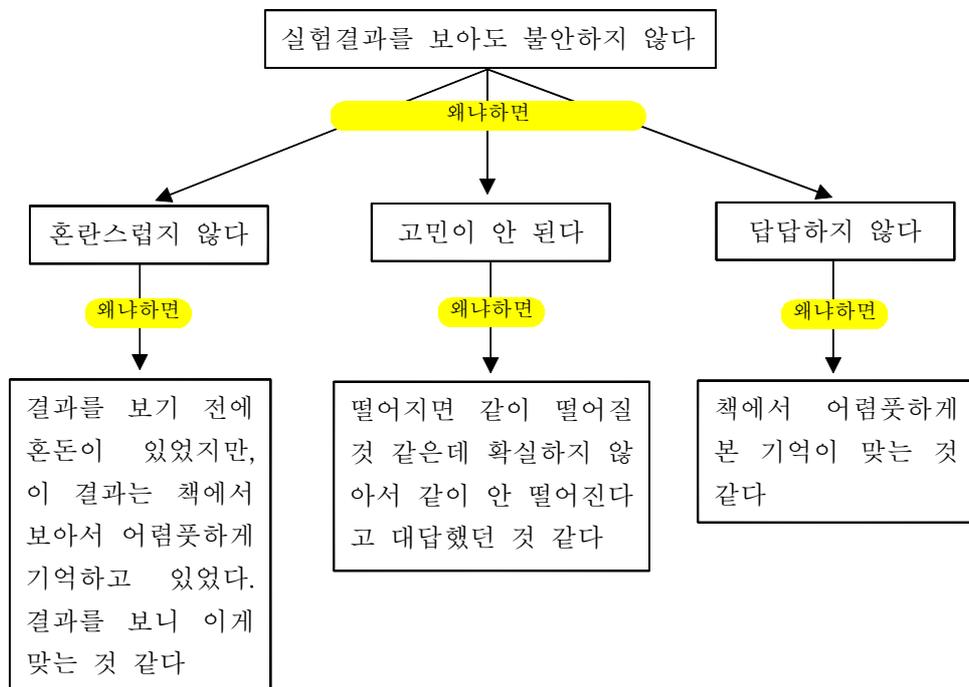


그림 IV-7. 학생 3번의 종이 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

그러면서 그 기억을 이 결과와 결부시키며 이 결과가 옳다고 바로 인정하였다. 따라서 불안 요인에 대한 반응은 낮게 나타났다.

연쇄 도형에서 나타나는 바와 같이 이 학생은 불일치 상황을 보자 과거에 책에서 본 기억을 회상하며 실험 결과를 합리화시키고 있다. 이런 유형의 학생은 과거 경험에 비추어 결과 의존적 경향을 강하게 보인다. 비록 이 학생은 낮은 불안 반응을 보였으나, 이러한 유형의 낮은 불안 반응은 개념 변화를 지연시키는 결과를 초래할 수도 있다. 마치 결과를 보고 자신이 확실하지는 않았지만 알았던 지식을 확인할 수 있기 때문이다. 이 경우 교사에게 중요한 대처 전략은 책에서 본 기억이 왜 옳으냐를 반문함으로써 자신의 개념과 책에서 전개한 논리의 차이점을 명확히 해주는 상호작용 전략이다.

#### (나) 구멍난 물컵 던지기 과제

그러나 이 학생은 종이 과제와는 다르게 물컵 과제에서는 높은 불안 반응을 나타냈다. 구멍난 물컵을 포물선으로 던질 때, 컵에 있는 구멍의 방향이 던지는 방향의 뒤쪽을 향하면 물의 관성으로 인해서 물은 뒤로 쏠려서 물컵이 운동을 하는 동안 물이 나온다는 응답을 하였다. 이 생각에 대한 확신 정도는 높은 편이었다. 불일치 상황을 보자 자신의 생각이 맞아야 하는데 하면서 높은 불안 반응을 나타냈다. 다음 그림 IV-8은 이 학생이 보여준 높은 불안 반응의 원인을 보여주는 도형이다.

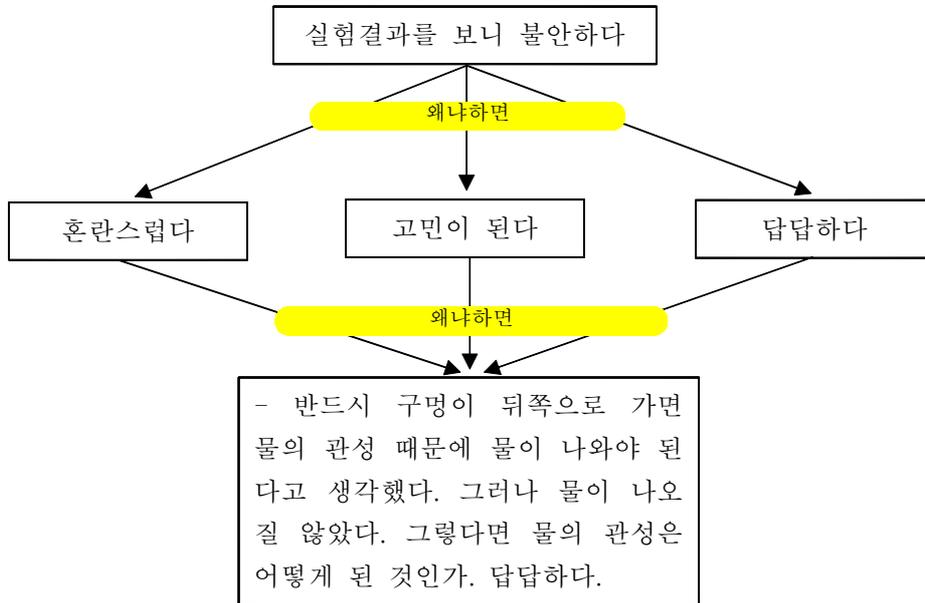


그림 IV-8. 학생 3번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

그림에서 제시된 바와 같이 이 학생은 물의 관성으로 인해 뒤쪽으로 물이 나와야 하는데 나오질 않았기 때문에 답답하다는 반응을 보여주고 있다. 이처럼 물구멍의 방향, 즉 새로운 변인을 추가함으로써 자신의 생각을 전개했다가 불일치 상황을 경험하게 되는 경우는 선풍기 과제에서 사례 1번 학생이 보였듯이 큰 불안을 일으키는 것 같다.

변인을 추가함으로써 일으키는 이러한 불안 반응은 개념 변화에서 맥락 일반성을 촉진시키기 위한 구체적인 학습 전략인 필요하다. 변인을 변화시켜도 문제 상황이 변화된다는 것을 보여주지 않으면 자신의 입장을 변호하기 위하여 노력할 것이다.

#### (다) 선풍기·수레 과제

선풍기 과제에서는 사전 예측에서부터 오랜 시간동안 고민하는 반응을 보여주었다. 결국은 비행기와 벽 사이의 유사성을 예로 들며 수레가 앞으로 가야 한다고

주장하였다. 이러한 생각의 확신 정도는 높은 편이었다.

불일치 상황을 제시하자 이 학생이 높은 불안 반응을 보인 원인을 도형으로 제시하면 다음 그림 IV-9와 같다.

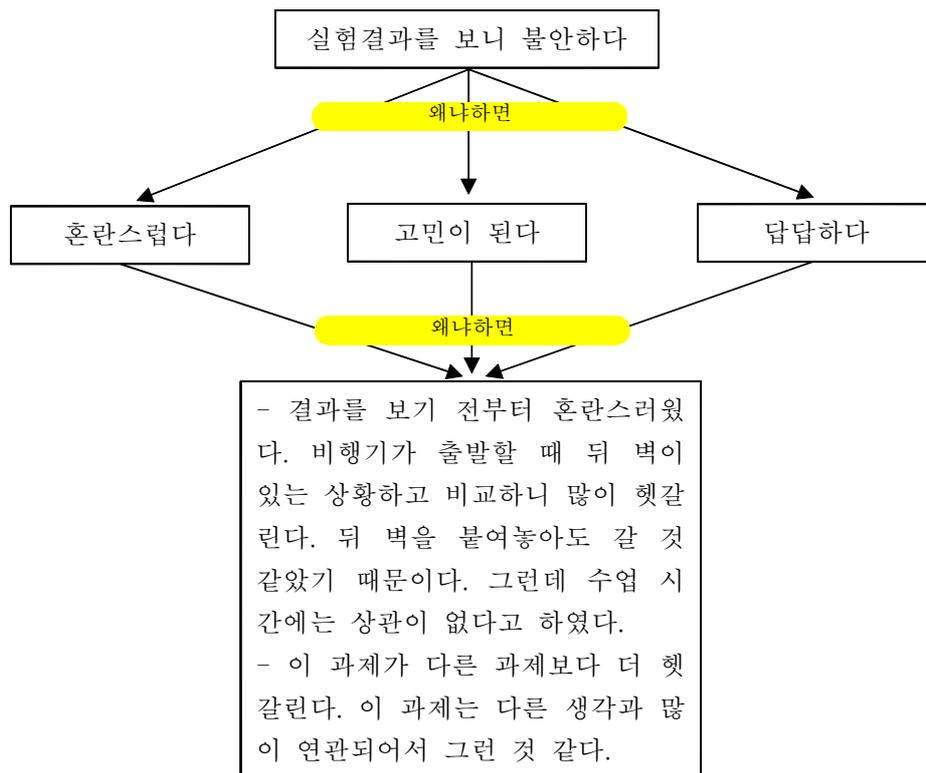


그림 IV-9. 학생 3번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

그림에서 나타난 바와 같이 예측과 일치하지 않는 결과를 목격하자 전에 갖고 있던 기존의 구체적 사고 경험(비행기와 벽 사이의 유사성)을 언급하며 혼란스러워했다. 또한 입으로 호~부는 상황과 특히 수업시간에 학습한 비행기 상황을 떠올리며 다른 생각과 많이 연관된다는 것을 강조하였다. 이 학생은 모든 인지갈등 요인이 높게 나타났다. 선풍기·수레 과제에서 이러한 유형은 다른 세 명의 참여 학생에게서도 확인할 수 있었다. 이 학생들은 과거 수업 활동에서 학습한 작용·반작용

에 대한 학습 개념이 안정적으로 정착되지 않았기 때문에 생기는 문제라고 할 수 있다. 이러한 문제는 다양한 문제 상황을 제시함으로써 개념의 맥락 일반성을 인식할 수 있도록 돕는 것이 중요하다고 생각한다.

#### (4) 학생 4번

이 학생은 세 가지 과제 중, 종이 과제에서는 실험 결과와 같은 예측을 하였고, 물컵 과제에서는 낮은 수준의 불안 반응을 보였으며, 선풍기 과제에서는 아예 불안 반응을 보이지 않았다. 물컵 과제에서는 실험 결과를 본 후 바로, 물이 나오질 않는다는 사실을 인식하고 수평 방향으로 컵이 가속되지 않는다는 관점으로 합리적인 수정을 하였다. 그리고 선풍기 과제에서는 선풍기가 가는 경우와 가지 않는 경우의 양립된 결과를 모두 예측하고 있었기 때문에, 그 중 한가지 결과를 본 것이므로 전혀 불안하지 않다고 주장하였다. 그러나 이 학생이 사전 예측 단계에서 제시한 양립하는 두 가지 결과는 논리적인 일관성을 갖고 있지는 않았다.

##### (가) 구멍난 물컵 던지기 과제

물컵 던지기의 사전 예측에서는 물컵이 포물선 운동을 하는 동안 물이 뒤로 쏠리기 때문에 물이 나온다고 예측하였다. 이러한 생각의 확신 정도는 높은 편이었다. 그런데 불일치 상황을 보자 생각을 잠깐 잘못 한 것 같다는 생각이 바로 들었으며 놀라기는 했으나 혼란스럽지는 않았다고 응답하였다. 이미 현상을 보면서 물컵이 던져진 상태에서는 운동 방향으로 힘이 작용하지 않는다는 사실과 중력만 작용한다는 것을 인식할 수 있었다고 응답하였다. 따라서 결과가 그렇구나 하는 생각이 들었지 고민이 되거나 답답한 것은 아니었다고 강조하였다. 이런 사례는 불일치 상황을 보면서 자신의 생각을 합리적으로 수정하는 유형에 속한다고 볼 수 있다. 학생 2번의 경우도 이 학생과 비슷한 반응을 보여주었는데 이 학생들은 결과를 보고 결과에 맞게 합리적 수정을 한 사례로 볼 수 있다. 다음 그림 IV-10은 이 학생이 낮

은 불안 반응을 보인 원인을 원인연쇄도형을 이용해서 나타낸 것이다.

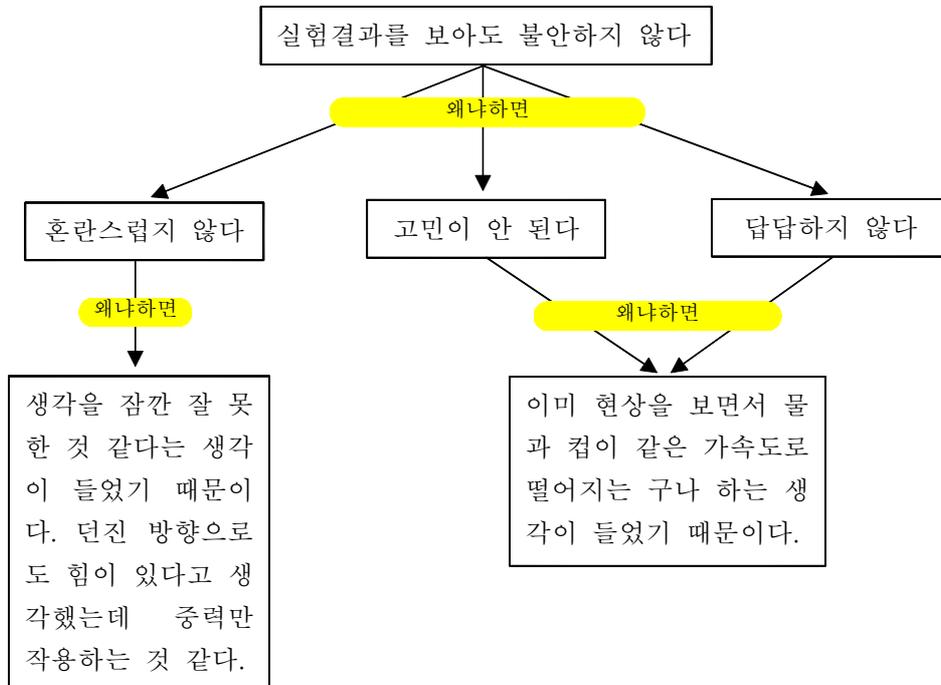


그림 IV-10. 학생 4번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

그림 IV-10에서와 같이 이 학생은 불일치 상황을 보고 자신의 개념을 현상에 맞게 합리적으로 수정했기 때문에 혼란스럽거나 답답하거나 고민이 되지는 않는다고 언급하였다. 인지갈등 요인 중 인식, 흥미, 재평가가 높고 불안 요인이 낮은 경우에 개념 변화가 잘 될 것이라는 논리는 이러한 경우가 해당된다고 생각한다(Kwon et al., 2000). 그러나 지금까지 살펴 본 사례의 경우만 보더라도 불안 요인이 낮은 이유는 다양한 원인이 있을 수 있다. 낮은 불안의 원인이 과거경험 의존형이나 식생활 중심형인 경우는 단순 의존적 합리화나 과제 가치를 낮게 인식하는 이유로 인해서 바람직한 개념 변화를 방해할 수도 있다. 그러므로 불안 요인을 평균화시켜 양

적인 수치와 예측만 가지고서 개념 변화에 바람직한 요인을 추정하는 것은 한계가 있다. 이러한 문제가 생기는 이유는 학생들마다 불안에 대한 인식과 그 인식을 구성하는 맥락이 서로 다르기 때문이다. 학생들의 관점에 따라 ‘고민이 된다’, ‘답답하다’, ‘혼란스럽다’ 라는 용어의 인식은 달라질 수 있다. 이러한 맥락 특이성을 양(量)화된 수치로 알아내는데 한계가 있다. 그 질적인 의미를 알기 위해서는 사람과 사람이 상호 작용하는 심층적 면담이 그래서 필요한 것이다.

#### (나) 선풍기·수레 과제

선풍기·수레 과제의 사전 예측에서는 선풍기가 갈 수 있다는 생각과 갈 수 없다는 생각이 공존하고 있었다. 각각의 이유는 알짜 힘의 크기에 따라 결과가 달라질 수 있다고 주장하였다. 그러나 최종적인 대답에서는 이러한 논리보다는 자신의 직관적 선입관에 따라 선풍기의 바람에 의해서 수레가 앞으로 간다는 생각으로 바꾸어 언급하였다. 이러한 생각에 대한 확신 정도는 보통이라고 말하였다.

이러한 상태에서 자신의 예측과 다른 결과를 보자 이제 확신이 섰다고 언급하며 결과에 대하여 반반 씩 양립된 생각을 하고 있었다는 점을 강조하였다. 결과적으로 나중에 자신이 선풍기가 앞으로 간다고 언급한 것은 직관적 선입관에 따라 응답하고 싶은 마음이 강했기 때문이며, 결국 그것이 잘못이었다는 것을 주장하였다. 그러므로 물 컵 과제처럼 아예 생각의 방향이 잘못 된 것이 아니었다고 강조하며, 잠깐 판단이 흐려졌기 때문에 응답을 잘못된 것이었다고 주장하였다. 이 학생은 불일치 상황을 보고 양립하고 있던 두 가지 관점 중에서 한 가지 입장을 정리함으로써 불안 요인에 낮게 반응하였다. 그 이유를 정리하면 그림 IV-11의 원인연쇄도형의 내용과 같다.

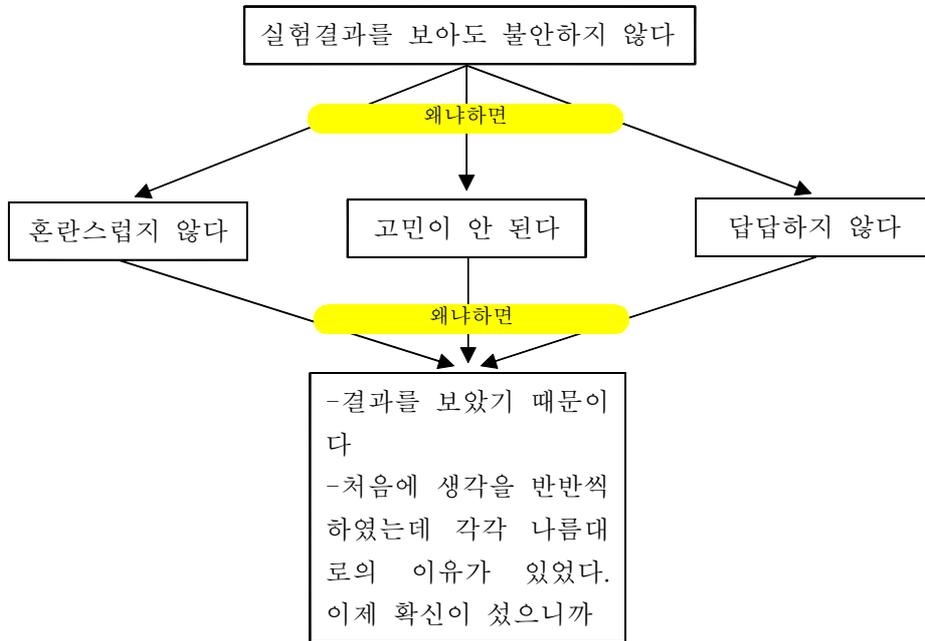


그림 IV-11. 학생 4번의 선풍기 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

이 사례에서 주목해야 할 점은 학생들이 불일치 상황을 보기 전에 과학적 개념으로 인해 현상에 대한 두 가지 다른 결과를 예측할 수도 있다는 것이다. 선풍기·수레 과제의 경우, 결과와 같은 예측을 했는가? 또는 다른 예측을 했는가가 중요한 것은 아니다. 수레가 가야 한다면 왜 가야 하는가? 가지 말아야 한다면 왜 가지 말아야 하는가를 나름대로 설명할 수 있는 논리와 근거가 중요한 것이다. 만약 선풍기·수레 과제에서 물체에 작용하는 힘의 크기를 바르게 표시하여 알짜 힘의 크기가 어느 방향이 되느냐에 따라 두 가지 결과가 다르게 나올 수 있다고 생각한다면, 이 학생은 바른 과학적 개념을 갖고 있는 것이다. 이와 같이 양립된 예측에 대한 이유가 무엇인가에 따라 이 유형은 개념 변화에 긍정적이거나 부정적인 유형이 될 수 있다고 생각된다. 만약 양립된 예측을 하는 이유가 논리적이거나 일관성이 없다면 추후 학습을 통한 상호 작용이 뒤따라야 할 것이다.

## (5) 학생 5번

이 학생은 세 가지 과제 중, 종이 과제에서는 낮은 불안 반응을 보였고, 물컵 과제와 선풍기 과제에서는 높은 불안 반응을 보였다. 종이 과제에서는 물컵 과제에 대한 사례 2번 학생과 사례 4번 학생의 반응처럼 실험 결과를 보고 합리적인 수정을 하였다. 즉, 책으로 인해서 종이가 공기의 저항을 받지 않는다는 사실을 주장하였다. 그러나 물컵 과제에서는 자신의 개념에 대한 자신감이 없었기 때문에 높은 불안 반응을 보였으며, 선풍기 과제에서는 사례 1번과 3번 학생처럼 일상적인 생활 경험(선풍기를 틀었을 때의 상황)을 상기시키며 높은 불안 반응을 나타내었다.

### (가) 종이 · 책 낙하 과제

종이 과제의 사전 예측에서는 종이가 중력에 의해서 가속되는 데, 공기의 마찰력이 책보다 상대적으로 커서 천천히 떨어진다는 생각을 하였다. 이러한 생각의 확신 정도는 매우 높았다. 불일치 상황을 보고는 바로 왜 그런지 알 것 같다고 언급하였다. 종이를 따로 떨어뜨리면 종이가 공기의 저항을 받지만 책 위에 놓고 떨어지면 한 물체가 되어서 책으로 인해 공기의 저항을 안 받기 때문에 같이 떨어진다고 주장하였다. 이러한 자신의 주장으로 나름대로 잘 해결할 수 있기 때문에 혼란스럽거나 고민이 되거나 답답하지는 않았다고 설명하였다. 결과적으로 인지갈등의 인식, 흥미, 재평가는 매우 높았으나 불안 요인은 매우 낮게 나타났다.

이 학생은 실험 결과를 보고 바로 합리적인 수정을 시도한 유형에 속한다고 볼 수 있다. 이처럼 자신이 생각을 바로 수정하거나 조금 틀린 것 같다는 생각이 들었을 때는 불안이 낮게 나타난다는 것을 확인할 수 있었다. 앞에서 설명한 물컵 과제에 대한 사례 2번 학생과 4번 학생의 반응과 같은 유형이라고 생각한다. 그림 IV-12는 이 학생의 낮은 불안을 보인 원인을 연쇄도형으로 나타낸 것이다.

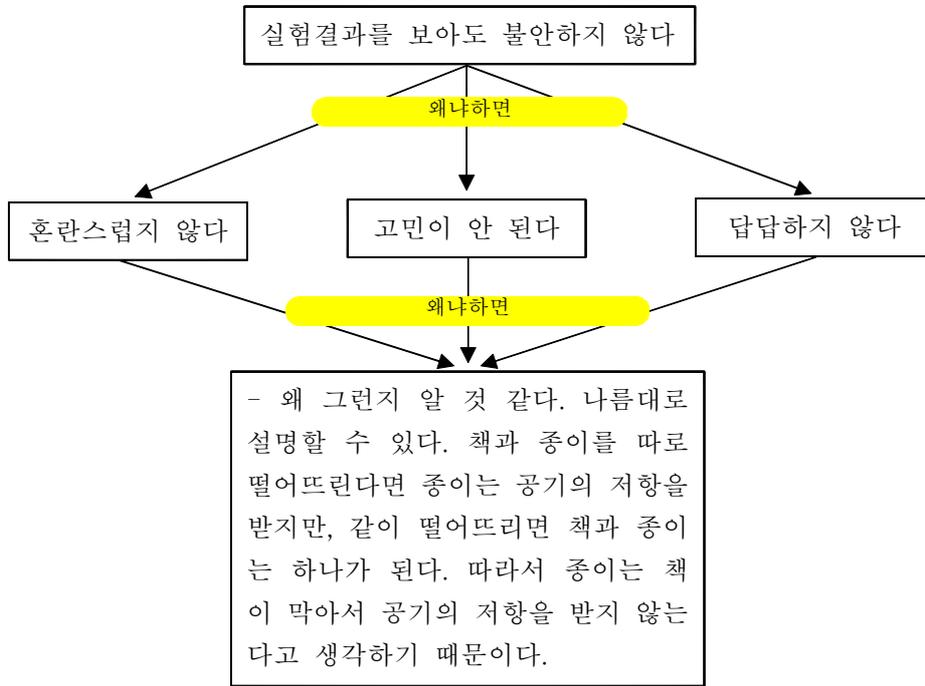


그림 IV-12. 학생 5번의 종이 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

**(나) 구멍난 물컵 던지기 과제**

물컵 과제의 사전 예측에서는 구멍난 물컵을 던지더라도 똑같이 물이 나온다고 예측하였다. 그 이유는 물컵을 던져도 계속해서 중력이 계속해서 작용하기 때문에 물컵을 들고 있는 상황하고 결국 같기 때문이라고 설명하였다. 이러한 자신의 생각에 대한 확신 정도는 보통이라고 언급하였다.

그러나 아래 그림 IV-13과 같이 물컵 과제에서는 불일치 상황을 본 후의 반응이 종이 과제와는 매우 다르게 나타났다.

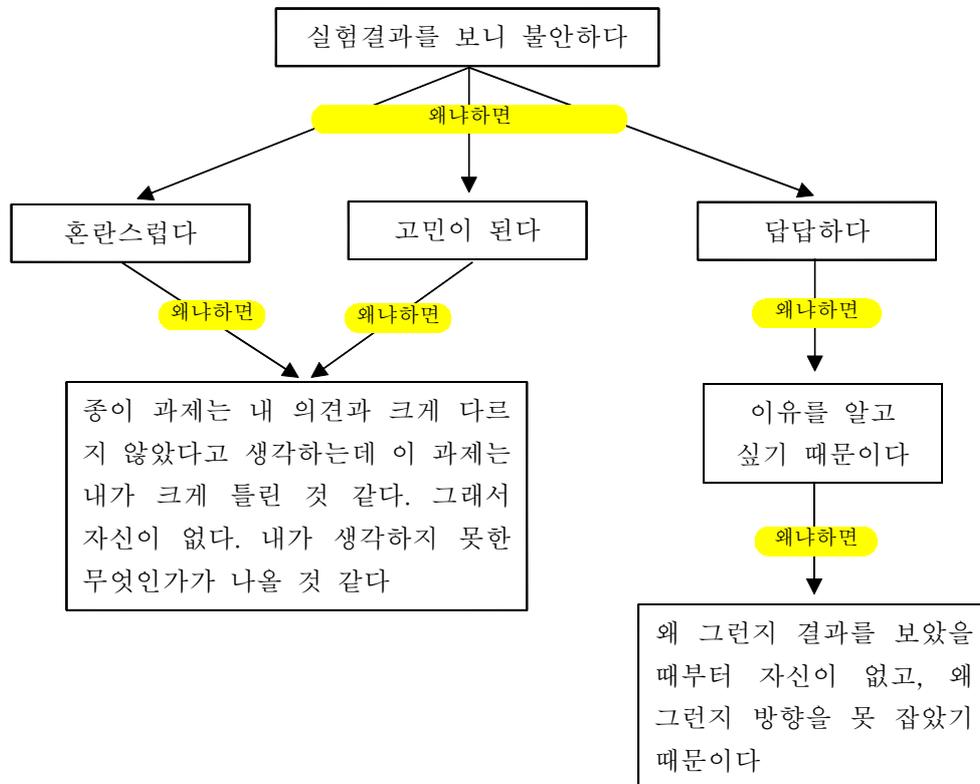


그림 IV-13. 학생 5번의 물컵 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

자신의 생각이 종이 과제처럼 수정을 하면 되거나 조금 생각이 틀린 것이 아니라 크게 틀린 것 같다고 강조하였다. 특히 자신이 생각하지 못한 무엇인가가 있는 것 같기 때문에 이유가 매우 알고 싶지만 설명에는 자신이 없고 왜 그런지 방향을 못 잡겠다고 설명하였다. 이러한 이유로 인해서 이 학생은 매우 높은 불안 반응을 보였으며, 불일치 상황에 대한 인식, 흥미, 재평가 요인도 매우 높게 나타났다. 또한 이 학생은 경험한 세 가지 과제 중에서 물컵 과제가 가장 흥미롭다고 언급하였다.

설명에 자신이 없고 자신의 설명이 무엇인가 크게 잘 못된 것 같다고 인식하는 유형은 개념 변화 과정에서 두 가지 과정으로 발전할 수 있다고 생각한다. 하나는

자신이 없고 자기 효능감이 부족하여 과제에 대한 올바른 인식을 쉽게 포기하는 경향이고, 다른 하나는 크게 잘 못 된 것을 깨닫고 새롭게 도입한 과학적 개념과 자신의 초기 설명이 얼마나 큰 차이가 날 수 있는가를 인식함으로써 개념 변화를 촉진하는 과정이다. 개념 변화 전략을 구사할 때 교사는 불일치 상황을 보고 자신이 없어 하는 학생에게 초기 학생의 생각이 오개념이라고 너무 강조하는 것은 바람직하지 않을 것이다. 그 보다는 나름대로의 설명 방식이 중요하다는 분위기를 띄우며 문제 해결에 대한 자신감을 촉진시키는 것이 중요하다고 생각한다.

#### (다) 선풍기 · 수레 과제

선풍기 과제에 대한 사전 예측에서는 선풍기가 공기를 보내서 판자에 부딪치면 판자는 공기에 힘을 가하고 공기는 판자에 힘을 가하는데 이 때 공기가 판자에 작용하는 힘으로 인해서 수레는 앞으로 간다고 설명하였다. 이 설명에 대한 확신 정도는 보통 수준이었다.

불일치 상황을 보는 순간 저 판과 선풍기는 하나다라는 생각을 했지만 왜 움직이지 않았는지는 일상생활에서 선풍기와 관련된 경험을 언급하여 질문을 던졌다. 집에서 바닥에 놓고 선풍기를 틀면 바람만 나오지 선풍기는 항상 움직이지 않음을 강조하였다. 그러나 이 상황에서는 선풍기가 수레 위에 올라가 있기 때문에 움직여야 하는 것이 아니냐고 반문하였다. 또한 자기 생각으로 이 현상과 같은 물리현상을 설명하기가 너무 추상적이고 어렵다고 강조하였다. 결과적으로 이 학생의 불안 정도는 매우 높았다. 다음 그림 IV-14는 이 학생이 매우 높은 불안 반응을 보인 이유를 원인연쇄도형으로 표현한 것이다.

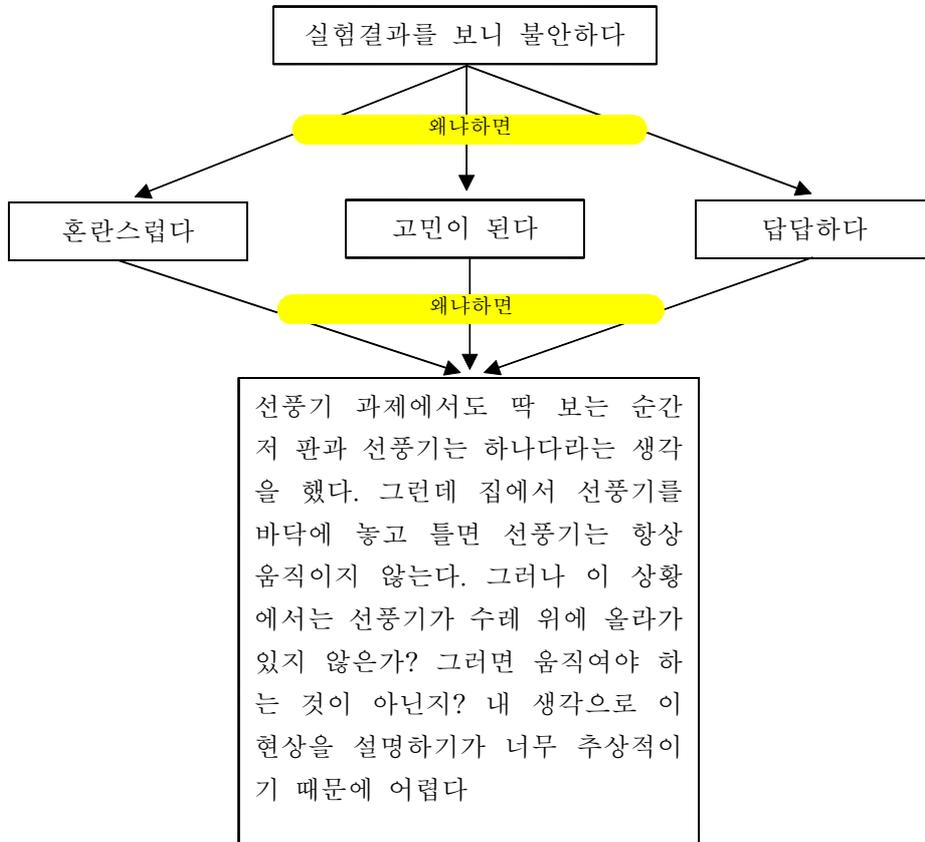


그림 IV-14. 학생 5번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

이 학생이 높은 불안 반응을 보인 원인을 보면 선풍기가 수레 위에 올라가 있기 때문에 자신의 일상적인 선풍기 경험과는 다르게 나타나야 한다는 것이다. 그런데 결과는 그렇지 않았기 때문에 어렵게 느껴지고 불안이 그 만큼 높아졌음을 알 수 있다. 과거의 일상적인 경험을 이용한 논리와 불일치 현상이 충돌을 일으키고 있음을 확인 할 수 있다. 이러한 경향은 선풍기 과제에서 사례 1번, 3번, 6번 학생에게서도 찾아 볼 수 있다.

과거경험이 현재 불일치 상황과 충돌하는 경우는, 그 과거경험을 명확히 진술하게 한 후 왜 그렇게 생각하는 지 그 이유를 힘으로 표시하게 해 볼 필요가 있다. 선풍기를 틀어도 선풍기가 가지 않는 이유를 설명할 수 있다면 이 선풍기 과제를

쉽게 해결할 수 있게 될 것이다.

## (6) 학생 6번

이 학생은 세 가지 인지갈등 과제 중, 종이 과제와 물컵 과제에서는 낮은 불안 반응을 보였다. 그러나 선풍기 과제에서는 높은 불안 반응을 보였다. 종이 과제와 물컵 과제에서는 불일치 상황을 보고 과거에 학습한 지식을 동원하여 설명하는 경향을 보였으며, 선풍기 과제에서는 과거경험과 불일치 현상이 충돌하는 경향이 나타났다.

### (가) 종이·책 낙하 과제

종이 과제의 사전 예측에서는 종이는 공기의 저항을 받기 때문에 천천히 떨어지고 책은 무겁기 때문에 빨리 떨어진다고 예측하였다. 그런데 자신의 생각을 확신하는 정도는 보통이라고 언급하였다. 그 이유는 이 문제가 옛날부터 궁금했던 문제로 책에서 본 경험이 있으나 확신이 잘 서지 않기 때문이라고 대답하였다. 다음은 이 이유 진술과 관련된 대화이다.

교사: 나는 이 문제에 대한 나의 생각을 확신한다?

학생: 보통이다. 제가 지금까지 이에 관한 문제를 중학교 때부터 궁금하게 생각했거든요. 그런데 책에서는 아니라고 그러고, 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨리면 분명히 다를 것 같은데 책에서는 같다고 그러고, 궁금해서 책을 찾아보기도 했는데 제 나름대로 책을 이해하기가 어려웠던 것 같아요.

불일치 상황을 보기 전부터 종이 과제에서 자신의 생각과 책에서 읽은 생각을 동시에 갖고 있었으나, 책의 이론이 왜 그런지는 이해하지 못하고 있었기 때문에 무거운 물체가 더 빨리 떨어져야 한다는 자신의 평소 직관대로 설명하였다. 그런데 이 학생의 실험 결과를 보고 난 후에는 책에서 본 기억이 옳기 때문에 해결할 수

있을 것 같다는 반응을 보였다. 이러한 이유로 인해서 불안 반응은 낮게 나타났다. 아래 그림 IV-15는 이 학생이 불안하지 않은 이유를 원인연쇄도형으로 나타낸 것이다.

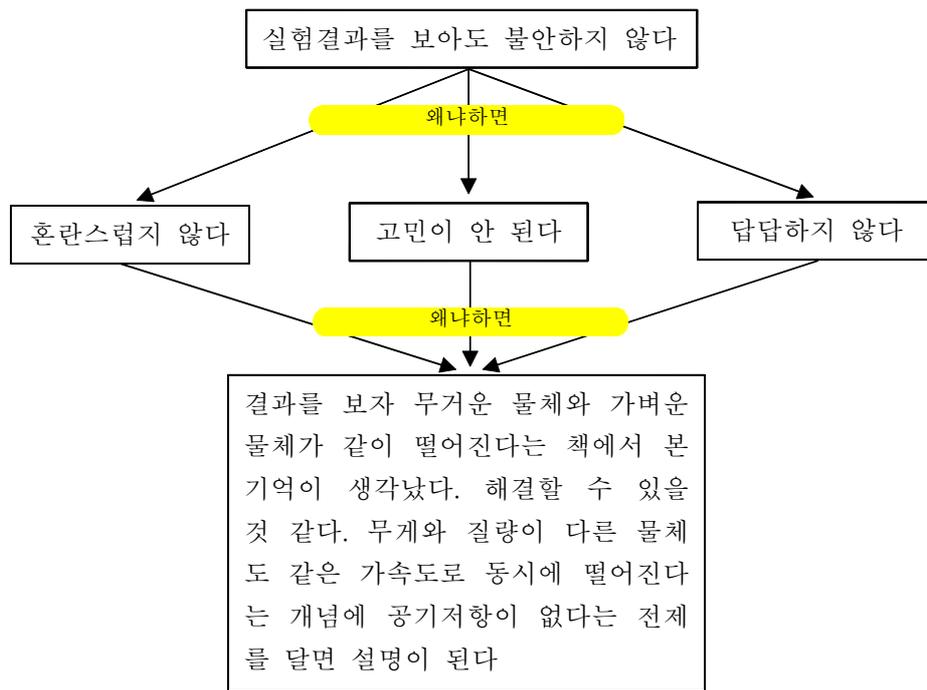


그림 IV-15. 학생 6번의 종이 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

도형에서 제시되어 있듯이 이 학생이 불안을 느끼지 않았던 주된 요인은 무거운 물체와 가벼운 물체를 동시에 떨어뜨리면 같게 떨어진다는 책에서의 기억을 상기시켰기 때문이다. 그밖에도 저항력의 개념을 도입하거나 공기의 저항이 없으면 된다는 가정을 도입하면 설명할 수 있다고 강조하였다. 그러나 공기의 저항이 없는 상황에서 무거운 물체와 가벼운 물체가 왜 같이 떨어지는가를 작용하는 힘을 표시해

서 뉴턴의 운동 방정식으로 설명하지는 못했다.

이와 같이 불안이 낮게 나타나더라도 과거의 학습 경험에 의존하여 현상을 합리화시키는 유형에 주목할 필요가 있다. 어렴풋한 학습 기억이 문제의 본질을 이해하는데 방해가 되기 때문이다.

### (나) 구멍난 물컵 던지기 과제

또한 이 학생은 물컵 과제에서도 종이 과제와 비슷한 반응을 보였다. 물컵 과제의 사전 예측에서는 물에 작용하는 관성력으로 인해서 물이 나온다고 예측하였다. 즉 물컵이 앞으로 운동하면 물은 뒤쪽으로 쏠리는 관성력을 받아서 뒤로 기울어져 물이 나온다는 것이다. 사전 예측의 확신 정도는 보통이라고 말하였는데 그 이유는 유체와 관련된 부분은 좀 자신이 없기 때문이라고 설명하였다.

그런데 불일치 상황을 보자 알 것 같다고 말하며, 이 실험을 보는 순간 엘리베이터 안에서 줄이 끊어진 상황이 생각났다고 언급하였다. 줄이 끈기면 안에 있는 물체가 무중력 상태가 되니까 물체도 중력 가속도로 떨어지고 엘리베이터도 중력 가속도로 떨어진다. 그래서 가만히 떠 있다고 설명하며 물이 안 나오는 이치도 비슷한 것 같다며 찾아서 공부하면 될 것 같다고 강조하였다. 따라서 결과적으로 그림 IV-16의 원인연쇄도형에서 나타난 바와 같이 낮은 불안 반응 보였다.

그러나 이 학생은 엘리베이터 안에서 무중력(엄밀히 말해서 무중량) 상태가 되는 이유를 뉴턴의 운동법칙과 방정식을 이용해서 설명하지는 못했다. 과거 학습 경험에 관한 단편적 지식을 불일치 현상에 연관 시켰을 뿐, 그 현상을 학습한 이론을 이용하여 설명하지는 못했다. 이 학생에게는 먼저 과거에 학습한 내용인 엘리베이터 안에서 무중력 상태가 되는 이유를 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 정확히 이해할 수 있도록 돕는 전략이 선행되어야 한다.

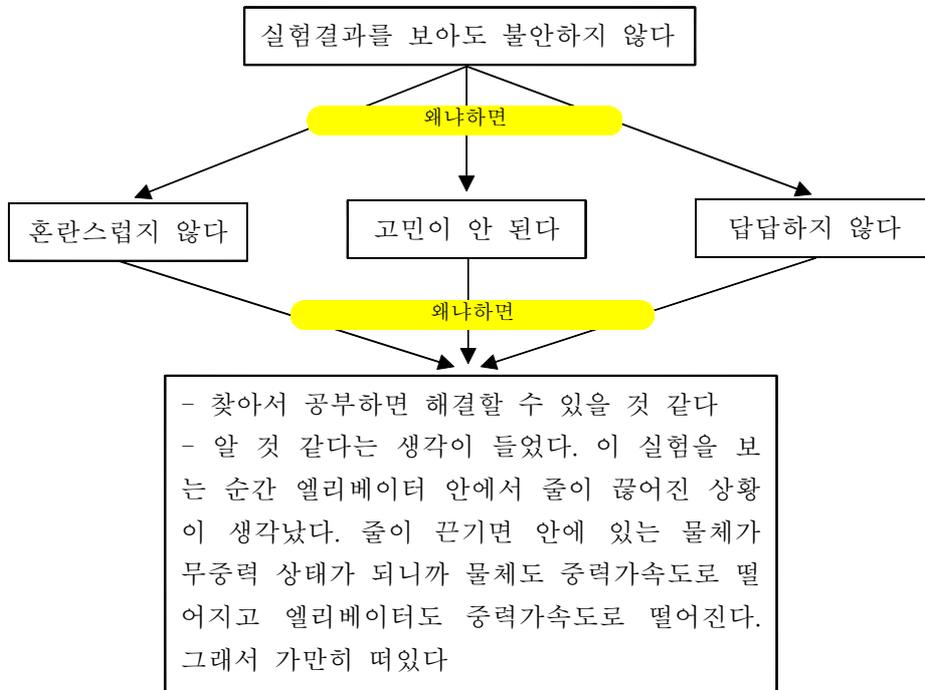


그림 IV-16. 학생 6번의 물컵 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

#### (다) 선풍기 · 수레 과제

앞에서 경험한 종이 과제와 물컵 과제가 과거의 경험을 연관시키면 현상을 합리화하여 낮은 불안 반응을 보인 반면, 선풍기 과제에서는 평소 갖고 있는 있던 의문과 갈등하여 높은 불안 반응을 보였다.

사전 예측에서는 신중히 오랜 시간을 고민을 하다가 힘이 상쇄되어 안 간다고 말했다가 그 이유를 진술하는 과정에서 앞으로 간다고 설명하였다. 앞으로 가는 이유는 선풍기 바람과 스티로폼 벽 사이의 작용과 반작용 때문에 판을 미는 힘 때문이라고 강조하였다. 이러한 생각에 대한 확신 정도는 높은 편이었다.

이 학생은 불일치 상황을 보자 항상 이와 관련된 문제가 어렸을 적부터 궁금한 점으로 차안에서 밀 때와 밖에서 밀 때 차가 갈 수 있을까 하는 문제가 생각나서

매우 궁금하기 때문에 고민이 되고, 답답하고, 혼란스럽다고 말하였다. 또한 이러한 현상의 원인을 매우 알고 싶었는데 과거에 학교에서는 안 가르쳐 주었음을 강조하였다. 따라서 높은 불안 반응을 보인 원인을 원인연쇄도형으로 표시하면 그림 IV-17과 같다.

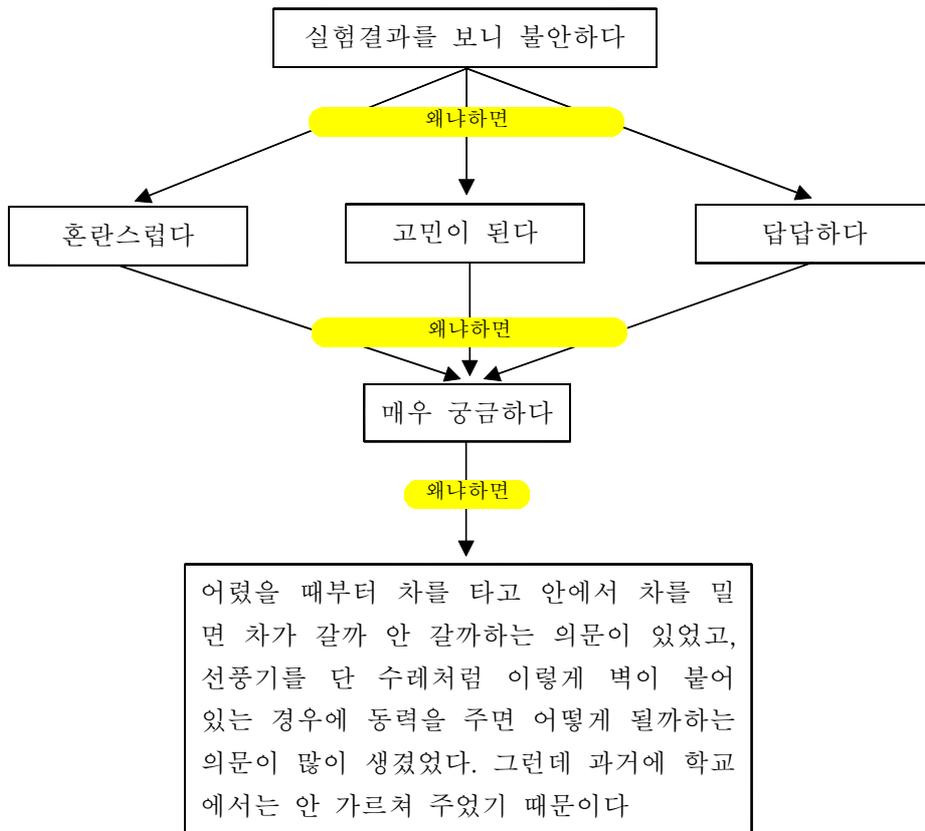


그림 IV-17. 학생 6번의 선풍기 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

도형에서 확인 할 수 있듯이, 이 학생은 평상시 갖고 있던 의문점이 불일치 상황을 보자 더 강해지고 알고 싶은 궁금증이 강해져 불안 요인이 크게 나타났음을 알 수 있다. 선풍기·수레 과제에서는 이와 같이 과거의 궁금했던 기억과 불일치 현상

이 상호 작용하여 불안 요인이 높게 나타난다는 것을 다른 세 명의 (학생 1번, 3번, 5번) 사례를 통해서도 확인할 수 있었다.

## (7) 학생 7번

이 학생은 세 가지 인지갈등 과제 중, 종이 과제와 물컵 과제에서는 높은 불안 반응을 보였으나 선풍기 과제에서는 낮은 불안 반응을 보였다. 종이 과제에서는 과거에 학습한 내용과 갈등을 일으키는 모습을 보였으며, 물컵 과제에서는 물컵에 있는 구멍의 방향을 강조하여 높은 불안 반응을 일으켰다. 그러나 선풍기 과제에선 과거에 학습한 사례를 예로 들며 불일치 현상을 설명할 수 있다는 자신감을 보였다. 이 때 과거경험을 이용해서 불일치 상황을 명확히 설명할 수 있을 때 불안 반응이 작게 일어난다는 사실을 확인할 수 있었다.

### (가) 종이·책 낙하 과제

종이과제의 사전 예측에서는 질량이 가벼운 물체는 천천히 떨어지고 질량이 무거운 물체는 빨리 떨어진다는 생각으로 대답을 했으나 다시 무거운 물체와 가벼운 물체가 같이 떨어진다는 과거의 학습 상황을 언급하며 생각을 상기시키며 매우 확신하지는 못한다고 언급하였다. 특히 이 상황에서 의문이 드는 게 무거운 물체와 가벼운 물체를 떨어뜨리면 같이 떨어진다는 것을 배운 것 같은데 자신의 생각으로는 종이가 책 위에 있을 때 왜 천천히 떨어지는가를 확실히 설명하진 못하겠다고 강조하였다.

불일치 현상을 보고 나서는 더욱 의문이 드는 이유로 옛날에 가벼운 거랑 무거운 거랑 같이 떨어진다는 것을 갈릴레이가 실험했다는 것을 다시 강조하며, 실험 상황에서 종이가 공기의 저항을 받지 않기 때문에 같이 떨어진 것 같은데 저항을 안 받으면 왜 같이 떨어져야 하는 것인지 혼동된다고 말하였다. 다음 그림 IV-18은 이 학생이 높은 불안 반응을 보인 원인을 원인연쇄도형으로 나타낸 것이다.

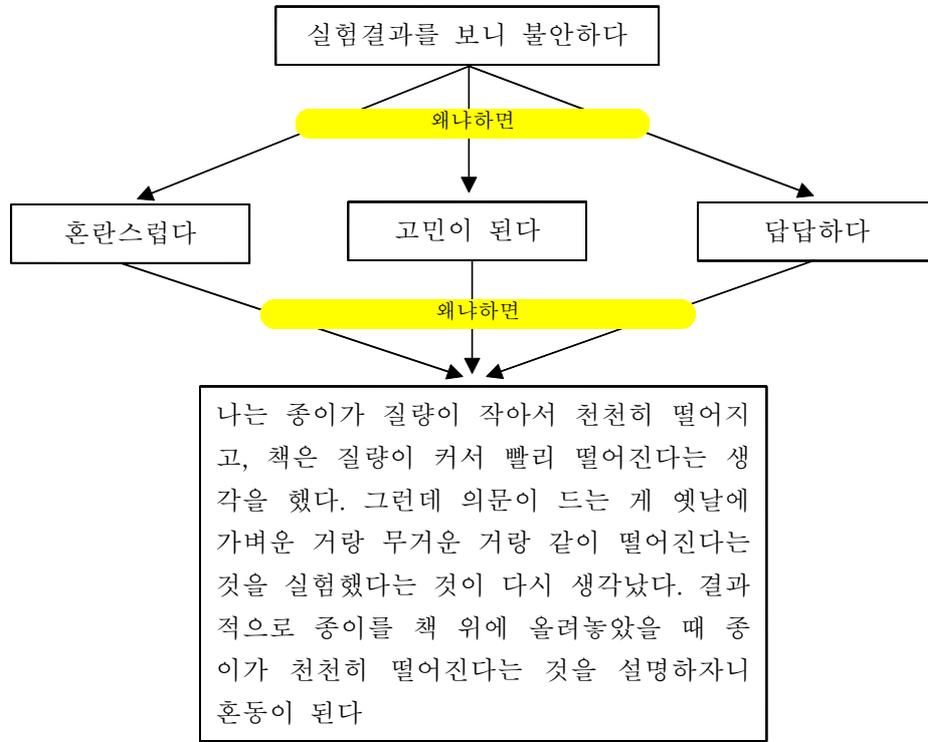


그림 IV-18. 학생 7번의 종이 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

도형에 나타나듯이 과거에 학습한 경험을 자신의 이론으로 설명할 수 없기 때문에 불안 반응을 크게 보였음을 알 수 있다. 따라서 이러한 불안 반응은 과거의 학습 경험을 새롭게 도입한 개념(뉴턴의 운동 방정식)을 이용하여 설명할 수 있다면 해소될 수 있을 것이다.

#### (나) 구멍난 물컵 던지기 과제

물컵 과제의 사전 예측에서는 물이 잘 나올 수도 있고 안 나올 수도 있다는 생각이 서로 갈등하고 있다가 물이 안 떨어진다는 생각으로 응답하였다. 그러나 면담이 진행되면서 구멍의 방향이 앞쪽으로 되어 있으면 안 떨어지고 뒤쪽으로 되어 있으면 떨어진다는 생각으로 생각을 바꾸었다. 그 이유로 물의 관성 때문에 컵이 날

아가는 동안 물이 뒤쪽으로 쏠리기 때문이라고 응답하였다. 이 때도 구멍의 방향에 따라 어떻게 되는가에 관해서 많은 갈등을 느끼고 있었다. 따라서 상황 제시에 대한 기대감이 고조되어 빨리 보고 싶다는 반응을 보였다. 최종적으로는 확신 정도도 높게 나타났다.

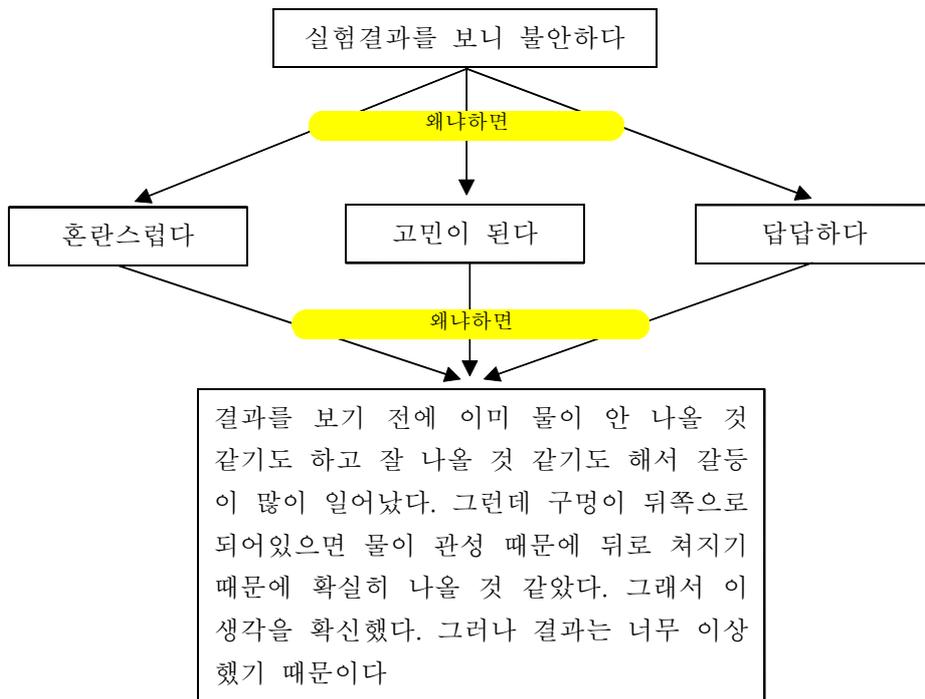


그림 IV-19. 학생 7번의 물컵 과제 높은 불안에 대한 원인연쇄도형.

두 가지 생각이 공존하고 있는 상황이었기 때문에 놀라운 정도는 보통이었으나 의문은 크게 일어났다. 불일치 상황을 보고 나서도 구멍의 방향에 따라 결과가 달라지지 않는 이유가 매우 궁금하다고 하였다. 불일치상황을 보기 전과 본 후에 모두 갈등이 높았다고 언급했으며, 원인연쇄도형에서 제시되어 있듯이 구멍의 방향에

대한 의문으로 인해서 불안 반응이 높게 나타났다.

#### (다) 선풍기·수레 과제

선풍기과제의 사전 예측에선 처음에 수레가 안 간다는 이유를 도출했으나, 힘 개념을 표시하여 설명하는 과정에서 선풍기가 간다는 결론을 도출했다. 그러나 돛단배가 적도 무풍지대에서 빠져 나오지 못하고 갇히게 되는 사례를 들어 움직일 수 없다는 생각을 제시하며 두 생각 사이에 갈등하였다. 결국은 선풍기가 돌아서 공기를 밀면 그 공기가 벽을 때려서 수레가 움직이게 된다는 생각으로 최종 결론을 내렸다. 이러한 생각의 확신 정도는 보통이었으며, 자신의 경험을 통해서 알게 된 정보에 미련을 버리지 못했다. 이 과제에서 이 학생은 빨리 해보고 싶어하는 기대감이 크게 일어났으며 불일치 상황을 본 이후에 바로 스티로폼 삽입 과제를 쉽게 이해하였다.

이 학생은 불일치 상황 이전에 두 가지 생각이 공존했으나, 수레가 안 갈 것 같다는 생각을 경험적으로 깊이 하면서도 뉴턴의 법칙으로 설명하는데 성공하지 못해서 다른 생각을 선택하게 된 사례이다. 따라서 불일치 상황을 보자 처음 생각했던 것이 맞는 것 같다고 생각하며 자신의 생각 방식대로 잘 설명이 된다고 인식하였다. 자신의 평소 생각의 예로 돛단배와 로켓의 바닥이 있을 때와 없을 때 수업 경험을 예로 들며 초기 자신의 설명 이론을 합리적으로 수정하였다.

나름대로의 과거경험과 학습 경험을 이용하여 실험 결과를 설명할 수 있었기 때문에 낮은 불안 반응을 보였다. 선풍기 과제는 이 학생에게 경험적으로 친숙한 과제였지만 종이 과제와 물컵 과제는 익숙하지 않기 때문에 고민의 정도에 차이가 났다고 설명하였다. 이 학생이 선풍기 과제에서 낮은 불안 반응을 보인 원인을 원인연쇄도형으로 표시하면 그림 IV-20과 같다.

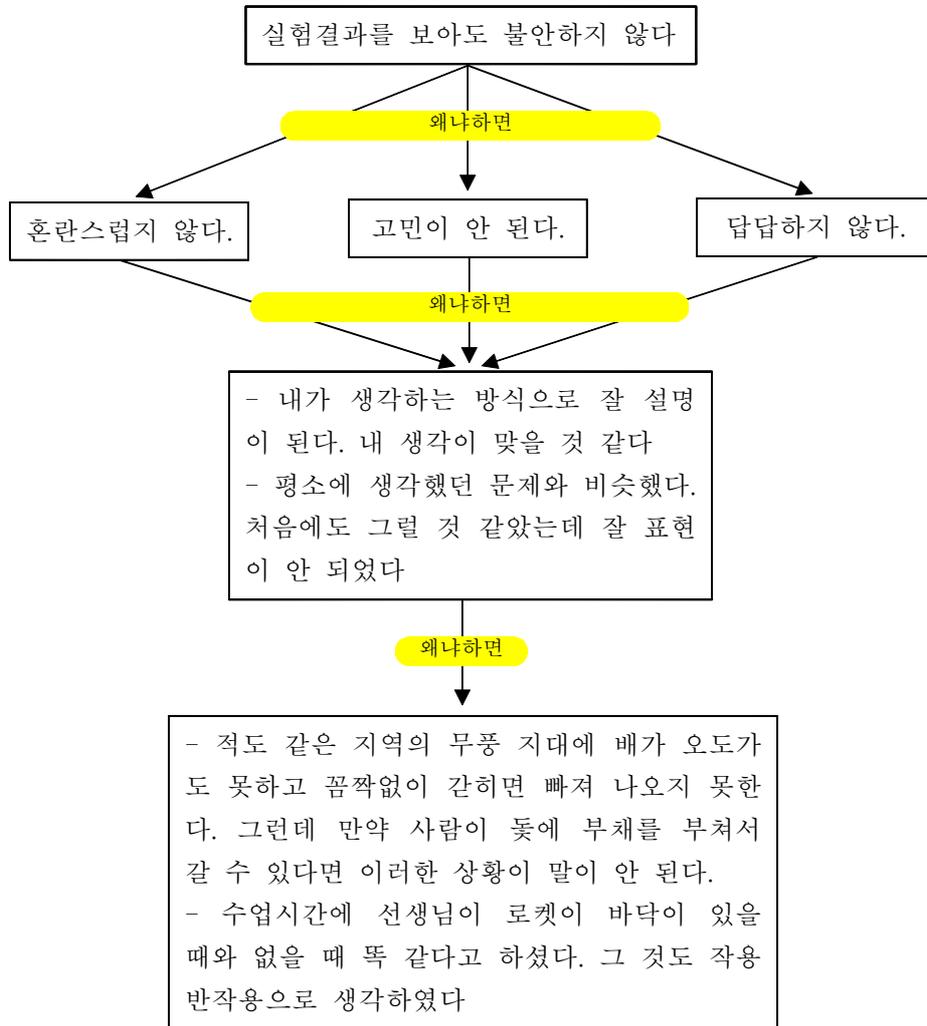


그림 IV-20. 학생 7번의 선풍기 과제 낮은 불안에 대한 원인연쇄도형.

결론적으로 이 학생은 과거의 경험과 학습 기억을 이용하여 낮은 불안 반응을 보였지만 과거경험에 의존하여 불일치 상황을 합리화시키는 경향을 보인 학생 3번과 6번 사례와는 또 다른 특징을 보여주었다. 그것은 단순히 과거경험에 의존하여 합리화시키는 것이 아니라 이러한 과거경험을 자신의 초기 설명 이론을 합리적으로 수정하는데 이용했다는 것이다. 따라서 과거경험에 의존적인 학생이 그 경험을 자

신의 초기 이론을 현상에 맞게 합리적으로 수정하여 해석하는데 활용할 수 있다면 이 과정에서 인지갈등 해소가 좀 더 자연스럽게 일어날 수 있음을 알 수 있었다.

## 나. 인지갈등 상황에서 불안 유형

앞에서 논의한 학생들의 불안 반응을 분석하여 유형화시키면 아래 그림 IV-21과 같이 여덟 가지 유형으로 구분할 수 있다.

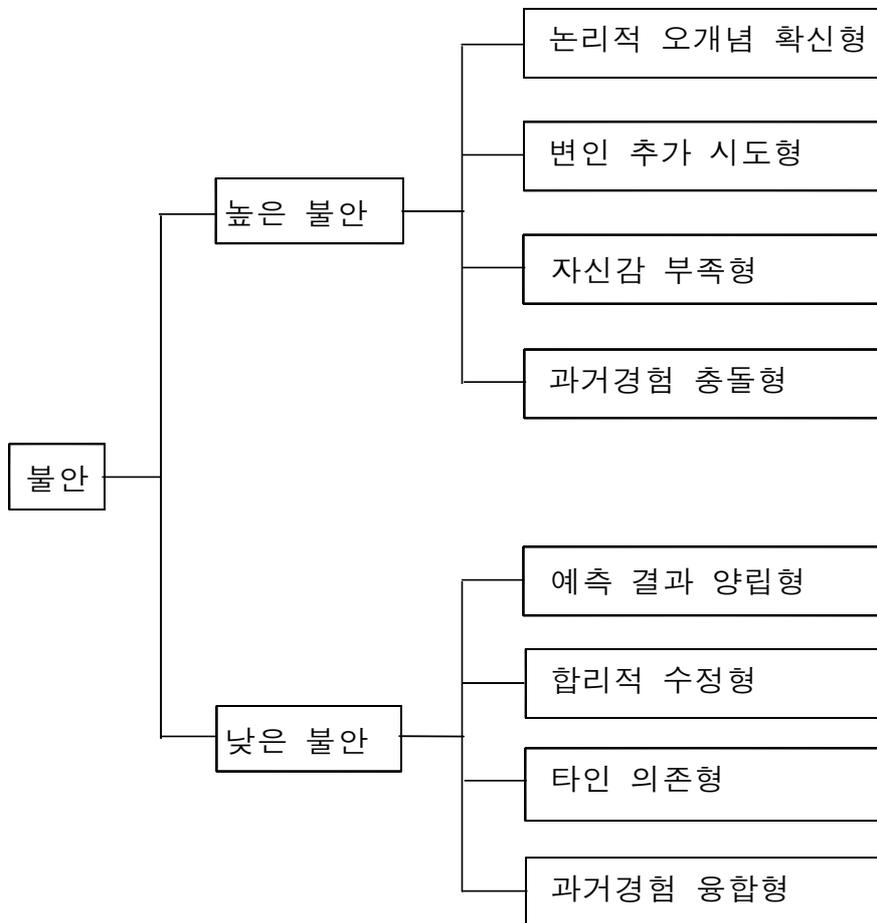


그림 IV-21. 인지갈등 상황에서 학생의 불안 유형.

이 여덟 가지 유형에 속하는 학생 사례를 제시하면 표 IV-1과 같다. 학생들이 불일치 상황을 보고 불안을 크게 느끼는 경우는 사전 예측 단계에서 자신의 논리적 오개념을 확신할 때, 불일치 상황을 보고 변인을 추가하며 생각할 때, 현상을 설명할 수 있는 자신감이 부족할 때, 불일치 상황과 과거경험이 충돌할 때 등으로 네 가지 유형으로 구분할 수 있다.

표 IV-1. 인지갈등의 불안 유형에 따른 학생 분포

불안 정도	불안 유형	반응 특징	인지갈등 과제			총 빈도 (명)
			종이 낙하	물컵 던지기	선풍기	
높은 불안	논리적 오개념 확신행	사전 예측 단계에서 나름대로 갖고 있는 체계적 오개념에 근거하여 일어날 현상을 예측하는 유형으로 자기 개념에 대한 확신 정도가 매우 높은 유형	학생 2번			1
	변인 추가 시도형	불일치 상황을 보고 변인을 추가하며 자신의 입장을 변호하려고 노력하는 유형으로 물컵의 구멍 방향과 선풍기의 바람 세기와 같이 특정 변인을 강조함		학생 3번 학생 7번	학생 1번	3
	자신감 부족형	현상을 설명할 수 있는 자신감이 부족한 경우로 자신이 설명할 수 없는 다른 변인이 더 있을 것 같다며 자신감이 없다는 반응을 보이는 유형		학생 5번		1
	과거경험 충돌형	과거에 갖고 있던 의문이나 생활 속에서 형성된 경험이 불일치 상황과 충돌하여 높은 불안을 보여주는 유형	학생 7번		학생 1번 학생 3번 학생 5번 학생 6번	5
낮은 불안	예측 결과 양립형	실험 결과에 대한 사전 예측에서 상반된 실험 결과를 모두 예상하고 있었기 때문에 고민될 것이 없다고 생각하며 불일치 상황을 합리화시키는 유형			학생 4번	1
	합리적 수정형	불일치 상황을 보고 자신의 선행 개념을 합리적으로 수정하여 불안 요인이 낮게 나타난 유형으로 이러한 학생들은 불일치 상황을 보는 과정에서 인지갈등이 해소되는 경험을 하는 경우임	학생 5번	학생 2번 학생 4번	학생 7번	4
	타인 의존형	스스로 실험 현상을 설명해 보고 노력하는 능동적인 태도보다는 실험 결과를 인정하고 교사에 의존해서 해결하면 된다고 생각하는 유형	학생 1번	학생 1번		2
	과거경험 융합형	책에서 읽은 기억이나 수업 시간에 배웠던 과거경험에 의존하여 자신의 입장을 합리화시키는 유형	학생 3번 학생 6번	학생 6번	학생 7번	4

**논리적 오개념 확신형**은 불일치 상황에 대한 사전 예측 단계에서 학생이 나름대로 갖고 있는 논리적인 오개념에 대한 확신을 갖고 실험 결과를 예측하는 유형으로 학생 2번이 종이 과제에서 기압 차와 유속 사이의 관계를 이용하여 체계적으로 설명한 경우가 이 유형에 해당된다. 이 학생은 자기 개념에 대한 확신 정도도 매우 높았으며, 불일치 상황을 보고 나서도 자신의 초기 이론으로 그 상황을 설명하려고 시도하였다.

**변인 추가 시도형**은 불일치 상황을 보고 변인을 추가하는 유형으로 물컵 과제에서 학생 3번과 학생 7번이 보인 반응이 이 유형에 해당되고, 선풍기 과제에서는 학생 1번이 이 유형에 해당된다. 학생 3번과 7번은 물컵의 구멍 방향(변인)에 따라 물이 다르게 나올 것이라고 주장하였고, 학생 1번은 선풍기에서 나오는 바람의 세기(변인)를 더 강력하게 해보고 싶다는 생각을 강조하였다. 이와 같이 특정 변인을 추가하거나 변화시킴으로써 자신의 생각을 변호하려고 노력함으로써 높은 불안 반응을 보인 학생들이 이 유형에 속한다.

**자신감 부족형**은 물 던지기 과제에서 학생 5번의 반응이 이 유형에 해당된다. 이 학생은 물컵 과제에서 물컵의 포물선 운동 시 물이 나오지 않은 이유를 설명할 수 있는 자신감이 부족했던 경우로 자신이 설명할 수 없는 다른 변인이 더 있을 것 같다며 불일치 현상을 설명할 자신감이 없다는 반응을 보인 유형이다.

**과거경험 충돌형**은 주로 선풍기 과제에서 많이 나타난 유형으로 학생 1번, 3번, 5번, 6번 학생이 과거에 갖고 있었던 의문이나 생활 속에서 형성된 경험이 불일치 상황과 충돌하여 높은 불안을 보여주었던 유형이다. 종이 과제에서는 학생 7번이 이러한 특성을 보여주었다.

학생들이 불일치 상황을 보고 불안을 적게 느끼는 경우를 분석하여 유형을 구분하면, 사전 예측 결과가 양립되어 있을 때, 불일치 상황을 보고 바로 합리적 수정을 할 때, 교사에 의존하여 해결하면 된다는 의존적 태도를 보일 때, 과거경험에 의존하여 불일치 상황을 합리화시키려 할 때 등으로 네 가지 유형으로 구분할 수 있다.

**예측 결과 양립형**은 불일치 상황을 보여주는 시범 실험 결과에 대한 사전 예측 단계에서 양립된 결과를 모두 예측한 유형이다. 이 유형은 나름대로 생각한 두 예측 결과 중 한 가지 결과를 확인하였기 때문에 불안하지 않다는 반응을 보였다. 이

러한 특징은 선풍기 과제에서 학생 4에게서 확인할 수 있었다.

**합리적 수정형**은 불일치 상황을 보고 자신의 선행 개념을 합리적으로 수정하여 불안 요인이 낮게 나타난 유형으로 이러한 학생들은 불일치 상황을 보는 과정에서 인지갈등이 해소되는 경험을 하는 경우이다. 이러한 유형은 세 가지 과제에서 모두 확인 할 수 있었다. 종이 과제에서는 학생 5번과 학생 6번에게서, 물컵 과제에서는 학생 2번과 학생 4번에게서, 선풍기 과제에서는 학생 7번에게서 이러한 반응 유형을 발견하였다.

**타인 의존형**은 결과를 받아들이고 교사와 같이 해결하면 된다는 의존적 태도를 보인 유형이다. 이 유형은 스스로 실험 현상을 설명해 보고 노력하는 능동적인 태도보다는 교사에 의존해서 해결하면 된다는 자신감을 보이며 낮은 불안 반응을 보인 유형이다. 또한 이 유형의 학생은 불일치 상황을 해결하는 것이 실생활을 살아가는데 도움을 주거나 큰 영향을 미치는 것은 아니라고 강조하였다. 이러한 특징은 학생 1번의 종이 과제와 물컵 과제의 반응에서 확인할 수 있었다.

**과거경험 융합형**은 책에서 읽은 기억이나 수업 시간에 배웠던 과거경험에 의존하여 자신의 불일치 상황을 합리화시켰던 유형으로 종이 과제에서는 학생 3번과 학생 6번에게서, 물컵 과제에서는 학생 6번에게서, 선풍기 과제에서는 학생 7번에게서 이러한 유형을 확인할 수 있었다. 특히 7번 학생은 처음에 과거경험을 이용하여 인지갈등 상황을 합리화시키는 반응을 보이다가 최종적으로는 힘의 평형 관계를 이용하여 과학적으로 설명하는 합리적 수정형으로 변화되는 특징을 보였다. 따라서 인지갈등의 불안 유형이 한 가지 유형으로 고착되어 나타나는 반응이 아니고, 교사의 대화 과정에서 다른 유형으로 발전되는 역동성이 있음을 확인할 수 있었다.

## 다. 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특성

기존 선행 연구들은 인지갈등 상황에서의 불안 반응에 관하여 단편적인 해석을 하였다. Dreyfus 등(1990)은 사전 지식이 부족한 학생들이 불안을 느낄 수 있다고 제안했으며, 박종원 등(1993)은 불일치 상황에서 다른 변인을 언급하면서 혼란을 겪

는 경우가 있음을 보고하였다.

그러나 불일치 상황에서 경험하는 불안 특성이 개념 학습 과정에서 어떤 영향을 주는가는 아직 연구된 바 없다. 다만 Kwon 등(2000)이 실험 연구를 통해서 인지갈등 요인 중 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’, ‘흥미’ 요인이 높고 불안 요인이 낮을 때, 개념 학습에 바람직하다고 제안하였다. 반면 일반적인 성취 맥락에서 불안을 연구했던 몇몇 연구자들은 과제가 그다지 어렵지 않다면 어느 정도의 불안은 수행을 저해하지 않고 오히려 촉진한다고 강조하였다(Ball, 1995; Luthar, 1995). 또한 성취 상황에서 불안 수준이 높은 학생이 그렇지 않은 학생들보다 수행 수준이 미숙하다고 보고한 연구들도 있다(Everson et al., 1994; Pintrich & De Groot, 1990).

이와 같이 불안과 일반적인 성취 수준 사이의 관계를 논의한 연구들은 서로 다른 결과를 제시하고 있다. 그 이유는 불안과 성취 사이의 관계가 인과적 관계가 아니기 때문이다(Stipek, 1998). 그러므로 인지갈등에서의 불안 유형과 개념 변화 사이의 관계를 논의할 때도 불안 특징이 과학 개념을 이해하는데 인과적 원인으로 작용하지는 않는다는 사실을 전제해야 한다.

불안 유형의 특성에 따라 개념 학습 과정의 특징을 논의하였다. 이와 같은 논의를 위하여 표 IV-2는 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특징을 정리한 것이다. 이 표에서 불안 유형이 개념 학습을 촉진시키는 긍정적인 유형인가, 아니면 지연시키는 부정적인 유형인가를 구분하는 기준은 불안 반응에서 나타나는 특징이 교사가 인지갈등 전략을 적용하는 과정을 촉진시키는가 아니면 지연시키는가를 기준으로 논의하였다.

표 IV-2의 높은 불안에서 **논리적 오개념 확신행**은 개념 학습 과정에서 학생이 자신이 갖고 있는 논리적인 개념(C1)과 과학적 개념(C2)의 차이점을 명료하게 구분할 수 있기 때문에 과학 개념 변화 학습을 촉진시킬 수 있다.

**변인 추가 시도형**은 불일치 상황에 관한 시범 결과를 보고도 다른 변인을 도입하여 자신의 개념을 변호하려고 노력하는 유형으로 변인을 변화시켜서 실험을 해보

지 않으면 자신의 가설을 쉽게 포기하지 않는다.

표 IV-2. 인지갈등의 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특징

불안 정도	불안 유형	개념 학습 과정의 특징
높은 불안	논리적 오개념 확산형	개념 학습 과정에서 학생의 논리적인 개념(C1)과 과학적 개념(C2)의 차이점을 명료하게 구분할 수 있기 때문에 과학 개념 변화 학습을 촉진시키는 긍정적인 유형
	변인 추가 시도형	시범 결과를 보고도 불일치 상황을 인정하지 않는 유형으로 변인을 변화시켜서 실험을 해보지 않으면 자신의 가설을 쉽게 포기하지 않음
	자신감 부족형	자기 효능감을 떨어뜨려 개념 이해를 위한 동기 유발에 부정적 영향을 끼칠 수 있음
	과거경험 충돌형	과거에 갖고 있던 의문이나 생활 속에서 형성된 경험(C1)이 불일치 상황(R2)과 충돌하는 과정에 있으므로 과학적 개념을 도입하여 불안을 해소시켜주어야 함
낮은 불안	예측 결과 양립형	불일치 상황에 관한 시범 실험에 대한 사전 예측 단계에서 상반된 두 가지 결과를 예측하였기 때문에 불일치 상황을 쉽게 인정하고 합리화 시킬 수 있음
	합리적 수정형	불일치 상황을 보고 합리적 수정을 함으로써 갈등 해소 단계에 들어간 유형으로 볼 수 있다. 따라서 이 단계는 불일치 상황을 설명하는 설명가설을 제안한 단계로 과학 개념과의 차이점과 공통점을 인식함으로써 개념 이해를 촉진시키는 역할을 함
	타인 의존형	교사의 도움을 받으면 된다고 믿음으로써 불일치 상황을 합리화시키는 유형으로 불일치 상황을 스스로 설명해보려는 의지가 약한 유형임. 학생 스스로 설명가설을 제안해 보려는 사고 과정을 방해함
	과거경험 융합형	개념 변화 학습에서 가장 경계해야 할 유형이다. 자신의 예상과 다른 실험 현상을 과거경험과 지식에 의존하여 합리화시키는 유형으로 학생의 사전 개념과 불일치 상황사이의 갈등을 쉽게 회피하려는 경향을 보여줌

**자신감 부족형**은 자신의 힘으로 불일치 상황을 이해할 수 없다는 생각 때문에 자기 효능감을 떨어뜨려 개념 이해를 위한 동기 유발에 부정적 영향을 끼칠 수 있다.

**과거경험 충돌형**은 과거에 갖고 있던 의문이나 생활 속에서 형성된 경험(C1)이 불일치 상황(R2)과 충돌하는 과정에 있으므로 과학적 개념을 도입하여 불안을 해소시켜 주어야 한다.

낮은 불안에서 **예측 결과 양립형**은 양립한 결과가 단순한 추측에 의한 것인가 아니면 논리적 근거를 갖고 두 가지 가능성을 모색한 결과인가를 확인할 필요가 있다. 단순한 추측일 경우 자신의 생각이 명료화되어 있지 않은 상태이기 때문에 개

념 학습을 방해할 수 있다.

**합리적 수정형**은 불일치 현상을 보고 그 현상에 적합하게 자신의 개념을 합리적 수정을 함으로써 설명가설을 제안하는 유형으로 갈등 해소 단계로 들어간 유형으로 볼 수 있다. 따라서 자신의 설명가설과 과학 개념과의 차이점과 공통점을 인식함으로써 개념 이해를 촉진시키는 역할을 한다.

**타인 의존형**은 교사의 도움을 받으면 된다고 믿음으로써 불일치 상황을 합리화시키는 유형으로 불일치 상황을 스스로 설명해 보려는 의지가 약한 유형이다. 그러므로 이러한 유형은 학생 스스로 설명가설을 제안해 보려는 사고 과정을 방해한다.

**과거경험 융합형**은 개념 변화 학습에서 가장 경계해야 할 유형이다. 자신의 예상과 다른 실험 현상을 과거경험과 지식에 의존하여 불일치 상황을 쉽게 합리화시키는 유형으로 명확한 문제 인식을 방해한다. 따라서 학생의 합리화 과정에 어떤 문제가 있는지 노출시켜 줄 필요가 있다. 예를 들어 무거운 물체가 빨리 떨어진다 고 생각했던 학생이 과거의 학습 경험을 되살려 무거운 물체와 가벼운 물체는 같이 떨어져야 한다고 주장한다면, 그 이유를 뉴턴의 운동 방정식을 이용해서 설명해 보도록 하는 것이다. 만약 이 학생이 설명하지 못한다면 자신이 단순한 과거 지식에 의존해서 그렇게 생각했다는 것을 확인하며 도입하는 과학적 개념에 좀 더 관심을 가질 수 있을 것이다.

불안 반응 유형이 개념 이해 과정에서 할 수 있는 역할을 학생들의 두 차례의 개념 이해 평가 결과와 같이 제시하면 표 IV-3과 같이 나타낼 수 있다.

불안의 크기와 개념 이해의 관계는 인과관계가 아니라는 것을 앞에서 강조하였다. 개념 이해나 개념 변화에는 동기화에 영향을 미치는 ‘불안’ 요인 이외에도 학습자의 학습전략과 같은 인지적 요인과 학습의지와 같은 의지적 요인이 노력수행에 중요한 역할을 한다. 그밖에도 과제 변인으로서 과제에 대한 흥미와 난이도 또한 개념 이해에 영향을 줄 수 있다. 표 IV-3에서도 불안의 크기와 개념 이해 사이에 인과적 관계를 확인할 순 없다. 그러나 학생들과의 면담 내용을 근거로 불안 유형과 개념 이해 결과를 비교해 보면 앞에서 제시한 표 IV-2의 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특징을 좀 더 구체적으로 논의할 수 있다.

표 IV-3에서 학생 2번, 학생 3번, 학생 5번, 학생 6번은 1차 평가와 2차 평가의

개념 이해에 관한 귀인 면담에 참여한 학생들이다.

표 IV-3. 인지갈등의 불안 유형에 따른 개념 변화 결과

사례 학생	인지갈등 과제	불안 정도	불안 유형	불안 유형의 특성		1차 평가	2차 평가
				긍정	부정		
학생 1번	종이	낮	타인 의존형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	●	●
	물컵	낮	타인 의존형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	●
	선풍기	높	변인 추가 시도형 과거경험 충돌	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	○
학생 2번	종이	높	논리적 오개념 확신행	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●
	물컵	낮	합리적 수정	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●
	선풍기	·	·			○	○
학생 3번	종이	낮	과거경험 융합	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	●	●
	물컵	높	변인 추가 시도형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	○
	선풍기	높	과거경험 충돌	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	●	●
학생 4번	종이	·	·			○	●
	물컵	낮	합리적 수정	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●
	선풍기	낮	예측 결과 양립	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	○
학생 5번	종이	낮	합리적 수정	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●
	물컵	높	자신감 부족	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	○
	선풍기	높	과거경험 충돌	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	○
학생 6번	종이	낮	과거경험 융합	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	●
	물컵	낮	과거경험 융합	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	○
	선풍기	높	과거경험 충돌	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	●
학생 7번	종이	높	과거경험 충돌	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	○	●
	물컵	높	변인 추가 시도형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	●	●
	선풍기	낮	과거경험 융합 합리적 수정	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●

● = 과학적 개념, ○ = 비과학적 개념, · = 시범 결과와 같은 옳은 예측

따라서 이 학생들의 인지갈등 상황에서의 반응 특성과 개념 이해에 관한 귀인 면

담 내용을 분석하면 불안반응 유형과 개념 변화 사이의 관계를 좀 더 구체적으로 논의할 수 있다.

### 가. ‘논리적 오개념 확산형’과 ‘합리적 수정형’

‘논리적 오개념 확산형’은 높은 불안 유형이고, ‘합리적 수정형’은 낮은 불안 유형이다. 학생 2번은 종이 과제서 논리적 오개념 확산형의 특징을 보였으며, 학생 2번, 4번은 물컵 과제에서, 학생 5번은 종이 과제에서, 학생 7번은 선풍기 과제에서 합리적 수정형의 특징을 나타냈다. 이 두 가지 불안 유형 반응을 보였던 학생들은 두 번의 개념 이해 평가에서 모두 과학적 개념으로 이해하고 있었다.

학생 2번은 종이 과제에서 논리적 오개념 확산형으로 높은 불안 반응을 보였으며, 물컵 과제에서는 합리적 수정형으로 낮은 불안 반응을 보였다. 그러나 선풍기 과제에서는 사전 예측 단계에서 시범 실험 결과와 같은 옳은 예측을 했기 때문에 인지갈등을 일으키진 않았다. 학생 2번은 종이 과제와 물컵 과제는 두 번의 개념 이해 평가에서 과학적 개념으로 이해하고 있었으나, 선풍기 과제는 두 번의 평가에서 모두 비과학적 개념으로 이해하고 있었다.

논리적 오개념 확산형과 합리적 수정형은 표 II-3에서 제시된 바와 같이 개념 학습 과정에서 긍정적인 역할을 한다고 제안하였다. 이러한 주장의 근거를 학생의 개념 이해 결과에 대한 귀인 면담에서 확인할 수 있었다.

학생 2번은 자신이 종이 과제를 잘 해결할 수 있었던 원인으로 불일치 상황을 보기 전 사전 예측 단계에서 자신의 논리적인 대안 개념을 정리했던 것이 중요했다고 강조하였다. 또한 물컵 과제에서는 불일치 상황을 보고 자신의 생각을 합리적으로 수정하였기 때문에 어느 정도 갈등이 해소되었음을 강조하였다. 다음 대화는 이러한 관점을 보여주는 면담 내용이다.

교사: 사전에 자신의 입장이 명확하지 않았다는 이야기인가? 선풍기 과제에서

학생: 예. 그냥 모른다고 대답했다면 그게 아주 정확한 대답인 것 같습니다.

교사: 사전에 자신의 입장이 명확하지 않았다. 그런데 다른 과제에서는?

학생: 상당히 정리된 상태에서 대답을 했거든요. 그래서 선생님이 왜 종이가 나중에 떨어질 것이냐고 질문했을 때 대답을 정리해서 했고요. 물컵 과제에서도.

교사: 그 때 네가 압력하고 기압으로 설명을 했었지.

학생: 예.

[중간 생략]

교사: 그래서 이런 식으로 사전입장이 정리되어 있었다는 거니? 종이 과제에서도 그렇고 물컵 과제에서도 그렇고.

학생: 예.

교사: 종이 과제에서도 그렇고. 물컵 과제에서는?

학생: 물컵 과제에서는 사전 입장이 정리되었다고 하기보다는 그냥 막연히 물컵을 던지는 것을 관찰하니까 던지는 동안에만 힘이 작용하는 건데 올라가는 동안에도 힘이 작용한다는 오개념을 가지고 있었다는 것을 생각했습니다.

교사: 그 상황을 보고.

학생: 그 상황을 보고 이제 물컵이 손안에서 움직일 때만 힘이 작용하고 손을 떠났을 때는 손의 힘이 작용하지 않는다는 것을 실험을 통해서 정리했습니다.

교사: 그래서 틀린 예측을 한 상황에서는 사전개념에 대한 나름대로의 확신 정도가 있었다는 거니?

학생: 예.

교사: 그런데 선풍기 과제는 입장 정리가 안 되었다.

학생: 예.

교사: 그런데 그런 것들이 개념을 변화시키는데 영향을 미쳤나? 입장정리가 되었을 때하고 안 되었을 때하고?

학생: 그런 것도 있고요. 선풍기 과제는 지금도 솔직히 잘 모르겠거든요.

교사: 1차에서도 그렇고 2차에서도 조금 입장정리가 안 되었네.

학생: 예.

교사: 그게 불일치 상황을 예측했을 때 자신의 어떤 입장이 명확히 정리되어 있지 않았다는 것이 영향을... 명확히 정리되어 있었으면?

학생: 제가 어떤 식으로든지 나름대로 설명할 수 있었더라면, 그러면 나중에 선생님의 설명을 듣고 비교를 해서 이해하려고 노력을 했을 텐데. 그런데 그게 잘 안 되어 있으니깐 선풍기 과제에서는 선생님이 설명하실 때 그냥 주입식하고 별로 차이가 없었던 것 같습니다.

교사: 비교를 할 수 있는 자기개념을 가지고 있는 경우와 없는 경우가 차이가 있었다는 이야기인가?

학생: 예.

교사: 자기 입장을 명확히 했을 때는 비교할 수 있었는데.

학생: 예.

교사: 설명을 들을 때라든가?

학생: 예.

[중간 생략]

교사: 그래서 입장정리가 명확히 되어있던 경우는 개념변화를 하는 것이 좀 더 수월했다는 이야기야?

학생: 예.

교사: 명확해?

학생: 예. 입장 정리가 안 되었기 때문에 선생님 설명이 잘 들어오지 않았습니다.

교사: 선생님 설명이 주입식으로 들렸나?

학생: 예.

위 면담 내용에서 나타나듯이 종이 과제에서는 기압 차로 설명했던 것과 같이 자신의 입장이 명확히 정리되어 있었기 때문에 선생님의 설명을 들을 때 명료하게 비교해서 이해할 수 있었다고 주장하였다. 또한 물컵 과제에서는 실험 결과를 확인하는 과정에서 물컵이 포물선을 그리며 위로 올라가는 동안에도 물과 컵에 손에서 던진 힘이 작용하는 것은 아니라고 생각하며 자신의 처음 생각을 합리적으로 수정하게 되었음을 강조하고 있다.

그러나 선풍기 과제에서는 사전 예측 단계에서 자신의 입장이 정리되지 않았기 때문에 교사가 과학적 개념을 도입하여 설명한 내용이 귀에 잘 들어오지 않았음을 강조하였다. 또한 그 이후 따로 학습을 하지 않았기 때문에 두 번의 평가에 비과학적 개념으로 이해하고 있었다고 언급하였다.

논리적 설명 반응이 개념 학습 과정에서 긍정적 역할을 한다는 사실을 학생 11번의 종이 과제에 관한 개념 이해 귀인 면담에서도 확인할 수 있었다. 다음은 이와 관련된 학생 11번과의 면담 내용이다.

교사: 선생님하고 사례제시면담을 했잖아. 개념 변화를 잘 시킬 수 있었다면 그 이유는 무엇 때문이었나?

학생: 그 과제에 대해서 생각하게 했던 것이 중요했던 것 같아요.

교사: 그 과제에 대해서

학생: 예.

교사: 왜 그 과제에 대해서 생각을 했지?

학생: 반대로 나왔으니까. 그리고 면담을 할 때 딴 거는 선생님이 어떻게 될 것 같으나 하고, 제가 반대로 이야기하면, 뭘 어떻게 하고 선생님이 제시해 주고 그렇게 했잖아요. 그런가 보다 하고 넘어가고 그랬는데. 그런데 종이 과제를 할 때는 제 원래 생각을 마지막까지 바꾸지 않았잖아요. 마지막까지도 이 것도 맞지만 제 것도 틀린 것 같지 않다고 말했던 걸로 기억하거든요. 다른 사람하고 얘기는 하지 않았지만, 그런데 가서 생각해 보니까 내 생각이 틀린 것 같구나 혼자 생각이 들었어요.

교사: 왜 틀렸다는 생각이 들었어?

학생: 베르누이 정리가 틀렸으니까요. 그렇게 해서 설명이 잘 안되잖아요.

교사: 그 때는 설명을 했잖아.

학생: 그런데 틀렸잖아요.

교사: 어떻게 알아 틀렸는지?

학생: 집에 가서 생각해 보니까 틀린 것 같았어요.

교사: 그런 게 아니고, 선생님 생각을 그냥 수용한 것 아니야. 자기 생각이 왜 잘 못되었는지 명확히 반박해서 틀렸다고 생각하는 것이 아니고, 선생님이 이런 설명을 제시하니깐 자기 생각을 포기하고 이 생각을 수용하자.

학생: 아니 그 때도 베르누이 정리가 왜 안 되는지 설명해주셨잖아요.

교사: 그거 설명할 수 있어 지금.

학생: 예. 베르누이 정리는 운동하는 경우 유속의 흐름에 직각으로 작용하는 압력이라고. 그런데 제가 생각한 경우는 공기가 이렇게 밀려와서 뜨지 못한다고 생각했는데. 그게 아니구나 라고 생각했어요.

교사: 다시 한 번 설명해 봐.

학생: 제가 생각했을 때는 여기에 공기가 없어지니깐 공기가 밀려와서 안 떨어진다고 생각했는데. 종이하고 책하고 같이 있을 때, 옆에 공기가 와서 압력을 주어서 종이가 못 떨어진다고 생각했어요.

교사: 베르누이 정리를 이용해서 왜 늦게 떨어지는지 설명했다 이거지?

학생: 늦게 떨어지는 경우와 나중에 보고 빨리 떨어지는 것도 설명한 것 같아요. 잘 기억이 안나요.

교사: 그런데 그 과제를 생각해 보았다 이거지?

학생: 예.

교사: 어떻게 생각해 보았다는 거지?

학생: 면담 끝나고 나서 선생님이 설명하신 것이 모순이 없나 생각해 보았어요.

교사: 물컵 과제와 선풍기 과제는 생각 안 해봤어?

학생: 안 해 봤는데요. 제 입장이 명확한 종이 과제만 생각해 봤어요.

교사: 그러면 평상시에 많이 생각해 본 과제가 잘 이해가 된다.

학생: 평상시는 아니고, 면담 끝나고.

교사: 그런데 면담 안 한 과제도 있잖아? 그런 것 중에도 잘 이해가 된 것이 있잖아.

학생: 그런 것도 지금까지 물리를 배우면서 많이 생각을 해 봤겠지요.

위 면담 내용에서와 같이 학생 11번은 자신의 개념을 명확히 이해하고 있었기 때문에 교사의 설명과 비교해서 결국 도입된 과학 개념을 확실히 이해할 수 있었다는 점을 강조하였다. 이와 같이 논리적 오개념 확산형은 개념 학습 과정에서 도입한 과학적 개념과 자신의 개념을 비판적으로 사고할 수 있는 실마리를 제공한다는 사실을 확인할 수 있다. 그러므로 불안 유형에서 논리적 오개념 확산형은 과학 개념 학습 과정에서 긍정적인 역할을 한다고 생각한다.

한편, 합리적 수정 반응을 통해서 낮은 불안 반응을 보인 학생 4번의 물컵 과제, 학생 5번의 종이 과제, 학생 7번의 선풍기 과제에서의 반응을 보면, 이 학생들 모두가 학습 면담 이후 1차 평가와 2차 평가에서 모두 과학적 개념으로 해결했다는 것

을 확인할 수 있다. 이 학생들이 과학적 개념으로 잘 이해하는데 영향을 준 요인 중 하나는 이 학생들이 불일치 상황을 보고 수정한 개념이 과학적 개념과 비슷하였기 때문이다. 그 예로써 다음은 이와 관련된 학생 4번, 학생 5번, 학생 7번의 면담 내용이다.

[학생 4번]

교사: 이 실험 결과를 보니 생각이 혼란스럽니?

학생: 아니요.

교사: 혼란스럽지는 않다?

학생: 생각을 잠깐 잘 못한 거 같다는 생각이 바로 들며 놀랍지 혼란스럽지는 않아요. 던진 방향으로도 던진 힘이 있다고 생각했는데 중력만 작용하는 것 같아요.

교사: 고민이 되거나 답답하니?

학생: 고민이 되거나 답답하지는 않아요.

교사: 왜?

학생: 이미 현상을 보면서 물과 물컵이 같은 가속도로 떨어지는 구나 하는 생각이 들었기 때문에.

학생 4번은 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 던진 방향으로 손에서 작용하는 힘이 물이나 컵에 더 이상 작용하지 않다는 생각으로 수정하여 중력만 작용하기 때문에 가속도가 같다는 생각으로 수정하였다. 이 개념은 운동 방정식을 이용해서 설명하지만 않았을 뿐 거의 과학적 개념으로 자신의 개념을 수정했음을 알 수 있다.

[학생 5번]

교사: 불일치 상황을 보고 혼란스럽니? .

학생: 아니요.

교사: 왜 아니라고 생각하지?

학생: 애가 떨어지면서 마찰력이 작용하잖아요. 따로따로 떨어뜨린다면 종이는 공기의 저항을 받지만 책과 함께 떨어지면 책과 종이는 하나가 되잖아요. 그래서 종이는 저항을 안 받아요.

교사: 왜 혼란스럽지는 않지?

학생: 상황을 설명하는 게 잘 맞는다고 생각하거든요.

교사: 나름대로의 생각으로 해결할 수 있기 때문에

학생: 예.

위에서 제시한 학생 5번도 불일치 상황을 보고 종이를 책 위에 올려놓으면 종이는 더 이상 공기의 저항을 받지 않기 때문에 결국 책과 같이 떨어진다는 생각으로

처음 생각을 수정하였다. 이러한 생각은 과학적 개념과 비슷한 개념으로 이 단계에서는 이미 어느 정도 갈등해소가 되었음을 보여주고 있다. 따라서 이 학생은 나름대로의 생각으로 불일치 상황을 해결할 수 있음을 강조하였다.

[학생 7번]

교사: (선풍기 과제를 보여주며) 이 상황에 대해서 어떻게 생각하지?

학생: 힘이 지금 어떻게... 저게 저렇게 되면, 그 뭐야 바람이 없어도 옛날에 배가 돛으로 가는 배가 바다에서 바람이 없어도 그 위에서 뒤에서 사람이 돛에 부채를 부치면 그냥 갈 수 있잖아요. 그런데 바람이 없는 이야기를 들어보면 적도 같은 경우에는 무풍지대가 있어서 배가 오도가도 못하고 바다 위에서 꼼짝없이 갇히게 되는 경우가 있거든요. 만약 저렇게 움직일 수 있다면 그냥 빠져 나오면 되잖아요.

교사: 빠져 나오면 안되나? 그냥 빠져 나오면?

학생: (생각한다.)

학생: 예. 어차피 저 선풍기에서 바람은 공기하고 상호 작용하는 거잖아요. 선풍기가 돌아서 공기를 돌리면 거기서 이미 수레가 움직여야 되잖아요. 그러면 반대로 움직여야 되잖아요.

학생: 그래서 벽을 없애면 움직일 것 같아요.

교사: 그러면 이 상태에서 이 스티로폼을 손으로 잡고 넣으면 어떻게 될 것 같아?

학생: 그러면 반대로 갈 것 같아요. 지금 여기를 보면 수레가 판자를 잡고 있잖아요. 바람이 판자를 미는 힘하고 판자가 바람을 미는 힘은 작용 반작용이잖아요. 그래서 선풍기가 바람을 미는 힘하고 공기가 선풍기를 미는 힘하고 작용 반작용이잖아요. 그러니까 결과적으로는 스티로폼을 넣으면 선풍기에 미치는 힘만 작용하게 되니까요.

[중간 생략]

교사: 이 실험 결과를 보니 생각이 혼란스럽다?

교사: 그렇지 않아? 왜?

학생: 제 생각하는 방식으로 잘 설명이 되니까요.

교사: 고민이 된다?

학생: 아니요.

교사: 왜 아니야?

학생: 그냥 우선 평소에 그 생각했던 문제와 비슷했던 것 같아요.

교사: 어떤 문제랑?

학생: 아까 제가 말했듯이 배에서 문제라든지. 수업 시간에도 그 얘기를 하셨잖아요. 로켓이 바닥이 있을 때와 없을 때와 로켓이 올라가는데는 똑같다고 하셨잖아요. 그 것도 작용 반작용으로 생각하고요.

학생: 그런데 이런 것들은 처음 접해 보는 거잖아요. 물컵, 종이는 익숙하지 않기 때문에.

교사: 답답하니?

학생: 아니요.

교사: 왜?

학생: 제가 생각하는 게 맞을 것 같다고 생각하는데 아직 확신은 조금 안서 서요.

이 학생은 선풍기 과제에서 처음에는 적도의 무풍 지대를 상기시키며 자신의 지식을 이용하여 불일치 상황을 합리화시키려 하였지만, 면담 과정에서 바람과 선풍

기 사이의 상호작용을 언급하며 작용과 반작용 개념을 이용하여 현상을 설명하였다. 따라서 이 학생 또한 자신의 생각하는 방식으로 잘 설명이 된다는 반응을 보였다. 그러므로 이와 같은 합리적 수정형은 갈등 상황을 경험하면서 과학적 개념 변화를 촉진시키는 유형이라고 할 수 있다.

### 나. ‘과거경험 충돌형’과 ‘과거경험 융합형’

‘과거경험 충돌형’은 높은 불안 유형이고, ‘과거경험 융합형’은 낮은 불안 유형이다. 과거경험 충돌형은 불일치 현상과 학생이 과거경험을 통해서 인식하게 된 개념 사이의 충돌이 크게 일어나는 유형으로 볼 수 있다. 반면 과거경험 융합형은 과거에 수업 시간이나 생활 속에서 알게 된 지식이나 경험을 이용하여 불일치 현상을 합리화시키는 반응으로 볼 수 있다.

학생 1번, 학생 3번, 학생 5번, 학생 6번은 선풍기 과제에서 과거경험 충돌형의 특징을 보였고, 학생 7번은 종이 과제에서 과거경험 충돌형의 특징을 보였다. 과거경험 충돌형의 반응을 보였던 네 명의 학생들은 학생 3번을 제외하고 면담 학습 이후 3주가 되어 실시한 1차 평가에서 모두 비과학적 개념으로 회귀하였다.

또한, 과거경험에 의존하여 불일치 상황을 합리화시킨 과거경험 융합형 학생은 세 명이었다. 학생 3번은 종이 과제에서, 학생 6번은 종이 과제와 물컵 과제에서, 학생 7번은 선풍기 과제에서 과거경험 융합형 반응을 보였다.

학생 3번은 면담 학습 이후 두 번의 개념 이해 평가에서 모두 과학적 개념으로 이해하고 있었으나, 학생 6번은 두 과제 모두 면담 학습 이후 1차 개념 이해 평가에서 비과학적 개념으로 이해하고 있었다. 학생 7번은 인지갈등 상황에서 초기에는 과거경험 융합형의 반응을 보였으나, 곧 자신의 개념을 수정하여 합리적 수정 반응을 나타내었다.

따라서 이 두 가지 유형은 논리적 오개념 확산형이나 합리적 수정형과 비교하여 면담 학습 이후 비과학적 개념으로 되돌아가는 경우가 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 특징은 과거경험과의 충돌이나 과거경험에 근거한 합리화가 개념 변화를 촉

진시키는 데 방해 요인이 되기 때문이라고 생각한다. 그러므로 이러한 유형의 학생들은 개념 변화 학습 과정에서 논리적 오개념 확산형의 학생처럼 자신의 생각을 명확히 표현할 필요가 있으며, 불일치 상황을 본 후에는 합리적 수정형의 학생처럼 불일치 현상을 나름대로 설명할 수 있는 타당한 설명가설을 제안하도록 유도해야 한다.

불일치 상황에서 과거경험 충돌형인 학생 1번과의 면담 내용을 제시하면 다음과 같다.

학생: 제 생각과 일반적인 통념과 어긋나기 때문에 굉장히 흥미롭습니다.

교사: 굉장히 흥미롭다. 종이 과제와 물컵 과제와 비교해서?

학생: 실질적으로 더 흥미롭습니다. 왜냐하면 돛단배가 갑판 위에서 바람이 불어 줄 때 움직인다면 어떻게 될까? 하는 문제와 결부시켜서 생각하니까 더 흥미롭습니다.

교사: 돛단배는 움직이는데 이 건 왜 안 움직여?

학생: 이 건 처음에 바람이 막혀서.

교사: 어~ 돛단배는 움직이는데.

학생: 이 건 중간에 다른 물체가 들어가 있으니까 또 그 물체와 상호작용 때문에 반대 방향으로 움직이게 되는 그 이유가...

교사: 그런데 앞에 종이 과제와 물컵 과제보다 흥미롭다.

학생: 생활 속에서 돛단배에 대한 통념을 갖고 있었는데 이러한 개념을 흔들어 놓았기 때문에 더 흥미롭습니다.

교사: 이 실험 결과를 보니 생각이 혼란스럽니?

학생: 아. 그렇습니다.

교사: 그래 이 건. 왜?

학생: 관심을 끌어 더욱 흥미가 많고요. 제가 가지고 있던 고정관념이 더욱 크기 때문에 혼란스럽거나 헷갈리지 않았나.... 만약 큰 선풍기를 이용하면 더 센 앞쪽으로 힘을 줄 수 있는 걸 이용하면 갈 수 있지 않을까?

위 대화 내용을 보면 이 학생은 과거경험을 통해서 알게 된 돛단배에 관한 이미지를 선풍기 과제에 적용시키고 있다. 그러나 이 과정에 중요한 사실은 돛단배는 움직이는데 선풍기 과제는 왜 움직이지 않는지 두 현상의 차이점을 명확히 구별하지는 못하고 있다. 따라서 이 때 두 현상의 차이점을 설명한 후 자신의 생각을 명확히 하는 단계가 필요하다고 생각한다.

또한 이 학생은 보다 큰 선풍기를 이용하여 더 센바람을 일으키면 앞으로 가지

않을까 하는 의문을 제기하였다. 이러한 반응은 변인을 변화시켜 자신의 생각을 지키려고 문제를 제기 하는 변인 추가 시도형의 특징이라고 볼 수 있다. 학생 1번의 반응을 보면 불일치 상황에서 특정 한 유형 이외에 두 가지 유형이 복합적으로 나타나는 경우도 있음을 알 수 있다.

학생 6번은 선풍기 과제에서 과거경험 충돌형을 보였는데 다음 면담 내용은 불일치 상황을 보고 난 후, 이 학생의 반응 특성을 보여주는 면담 내용이다.

학생: (선풍기를 틀어 실험을 한다.)

학생: (당황하며) 안가요.

교사: 왜 안 갈까?

학생: 선풍기가 수레에 부착되어 있으니깐. 떠먼 갈 것 같아요.

교사: 실험 결과를 보는 순간 왜 그럴까 하는 의문이 생겼니?

학생: 예.

교사: 매우 그러네. 왜 매우 그렇지?

학생: 궁금해요.

교사: 아까 물컵 과제나 종이 과제는 안 그랬잖아.

학생: 작용 반작용에 관한 건 그렇게 어렵지 않고. 항상 어렸을 적부터 궁금한 게 차안에 타서 차 밀면 안 갈까 그런 것도 궁금하고 그랬는데. 이렇게 붙어 있는데 동력을 주면 어떻게 될까?

교사: 예상했었나?

학생: 예상했었는데. 책대로 하면 갈 것 같기도 하고.

교사: 의문이 많이 생긴 건 어렸을 때부터 많이 생각했기 때문인가? .

학생: 예.

교사: 매우 궁금해?

학생: 궁금했는데 과거에 학교에서 안 가르쳐 주니까. 이런 건 차에 탔을 때, 안에서 힘을 주었을 때와 안에서 힘을 주었을 때랑 외부에서 힘을 주었을 때 움직일까? 안 움직일까? 다 기억은 안 나는데요....

교사: 언제부터?

학생: 어렸을 때부터요.

학생 6번은 차안에서 차를 밀면 차가 가는가 안 가는가 하는 사실이 어렸을 때부터 궁금했다는 사실을 강조하였다. 이 학생의 경우도 차안에서 차를 밀는 상황과 선풍기가 수레의 판을 바람으로 밀는 상황을 비교하는 단계가 필요함을 알 수 있다.

또한, 학생 6번은 종이 과제와 물컵 과제에서는 과거경험에 의존하여 불일치 상

황을 합리화시키는 ‘과거경험 융합형’의 특성을 보였다. 다음은 불일치 상황에서 학생 6번과의 면담 내용이다.

교사: (시범을 보인다.)

학생: 아아!(손벽을 친다.)

교사: 어때?

학생: 알 것 같아요.

교사: 의문이 생겼어?

학생: 의문이 안 생겼어요. 그럴 것 같다는 생각이 들었어요. 물이 떨어지면 안에는 무중력 상태가 되어서

교사: 언제 그런 생각이 났어?

[중간 생략]

학생: 이 걸 보는 순간 엘리베이터 안에서 줄이 끈기면 그 안에 있는 물체가 무중력 상태가 되니까 물체가 무중력 상태가 되니까 물체도 중력 가속도로 떨어지고 엘리베이터도 중력가속도로 떨어지잖아요. 그래서 가만히 떠 있다.

학생: 실험을 보는 순간 나의 생각이 틀리다는 것을 알았어요.

교사: 생각이 혼란스럽다?

학생: 혼란스럽지는 않아요.

학생: 공부를 찾아서 하면 할 수 있을 것 같아요.

교사: 이 문제를 해결 할 수 없어 고민이 된다?

학생: 아니다. 그건 아닌 것 같아요. 해결하려면 해결할 수 있을 것 같아요. 해결할 수 없어 고민이 안 되는 것은 아니에요.

교사: 이 실험 결과에 대한 이해를 이해할 수 없어서 답답하다? .

학생: 보통이요. 처음 제가 갖고 있는 생각이 맞는지는 ..... 엘리베이터도 처음에는 왜 저렇게 될까 궁금해서 찾아보고 그랬는데.... 처음에 딱 이해가 안가면 찾아서 공부해도 그 때 뿐이고 틀린 개념을 어느 정도 갖고 있다가 또 조금씩 조금씩 한꺼번에 확 뒤바뀌는 것이 아니라고. 가지고 있던 생각이 조금씩 조금씩 바뀌는 과정이라서 딱 보자마자 저게 저렇게 될 것이다 생각이 안되면 제가 알고 있는 것 같은 느낌이 드는 것 같아요. .

교사: 그래서 답답한 건 아닌 것 같다 이거지.

학생: 찾아서 공부해야겠다는 생각이 들어요.

이 학생은 불일치 상황을 보자 알 것 같다는 반응을 보이며, 과거에 학습한 내용을 근거로 물체가 낙하할 때 무중력 상태가 된다는 사실과 엘리베이터가 자유낙하는 상황과 연관시켰다. 그러나 이 학생에게 왜 무중력 상태가 되고 두 물체의 가속도가 같은지 질문했을 때 이 학생은 더 이상 설명하지 못했다. 또한 수업 시간에

배운 뉴턴의 운동 방정식을 이용해서도 설명하지 못했다. 이 학생은 불일치 상황을 보자 과거의 학습 경험을 근거로 알 것 같다는 반응을 보였지만, 면담 내용에서 보여지듯이 이 학생의 느낌일 뿐이다. 이러한 느낌은 갈등 상황을 고민해서 타당한 설명 가설을 제안하는 과정을 생략한 채 과거 학습 내용에 의존하는 경향으로 발전할 수 있다.

이와 같이 과거경험을 융합시켜 불일치 상황을 합리화시키는 것은 자신이 무엇을 구체적으로 모르고 있는가를 인식하는데 방해요인이 된다. 따라서 과거경험 융합형의 학생이 마치 알 것 같다는 내용이 완전한 과학적 개념이 아니라는 사실을 인식하도록 도울 필요가 있다.

한편, 이 학생 6번이 물컵 과제를 과학적 개념으로 이해하는데 실패한 귀인 면담 내용을 보면 다음과 같다.

교사: 좋아. 지금 명확히 이해가 잘 안 된 상태네. 선생님하고 면담하고 나서 이해했던 것과는 다르게 이해하고 있단 말이야. 그렇지?

학생: 예.

교사: 그 이유는 뭐지?

학생: 직접 보면서 다른 사람이 푸는 건 이해하는 건 쉬운데요. 자기가 다시 그것의 요지를 생각하면서 또 쓰는 건 다른 것 같아요. 보면서 이해를 하고 다음에도 다시 써 본 것이 아니라, 써 보긴 써 보았는데. 앞에 것을 보면서 다시 정리한 것이 오랜 시간이 지나니까 다시 잘 생각이 안 나는 것 같아요.

교사: 그 때 면담 할 때는 확실히 이해했나?

학생: 그 때 면담할 때 제일 어려운 게 이 물컵에서 물하고 사실, 사실적으로는 이해가 안 가거든요. 물의 무게하고 컵의 무게는 완전히 다른 거고. 던지면 중력이 작용하는데, 식을 보면 어 이렇게 되네. 아는 것 같은데. 다시 생각을 하면 아닐 것 같은데. 그래서 이해를 못했던 것 같아요.

교사: 뭐가 아닐 것 같은데.

학생: 우선 무게가 다르잖아요. 컵하고 물하고 무게가 다른데 같이 떨어지면 안 된다는 거지요.

교사: 무게가 다른데 같이 떨어진다는 게 이해가 안 되는 것인가?

학생: 인정은 되는데(웃으며).

교사: 선생님이 그것을 잘 이해할 필요가 있거든?

학생: 예.

교사: 확실히 자기 것으로 만들어야지.

이 면담 내용을 보면, 면담 학습을 했어도 학생이 갖고 있는 개념 즉, 무거운 물

체가 가벼운 물체보다 먼저 떨어진다는 생각을 과학적 개념으로 변화시키는 것이 쉽지 않음을 알 수 있다. 학생 자신이 이러한 견고한 생각을 지속적으로 가지고 있음에도 불구하고, 어떤 불일치 상황을 보았을 때는 그 불일치 상황을 과거경험을 이용하여 해결한 것처럼 행동한다는 사실에 주목할 필요가 있다. 따라서 이러한 학생의 견고한 개념을 바꾸기 위해서는 좀 더 다양한 맥락을 제시하는 단계적인 학습 과정이 필요함을 알 수 있다.

### 다. ‘변인 추가 시도형’과 ‘예측 결과 양립형’

변인 추가 시도형은 높은 불안 유형이고, 예측 결과 양립형은 낮은 불안 유형이다. 변인 추가 시도형은 불일치 상황을 보고도 다른 변인을 변화시키면 자신의 사전 예측이 옳을 것이라는 주장이 전제되어 있다. 따라서 불일치 상황을 그대로 받아들이기에는 명확하지 않은 부분이 있음을 강조한다고 볼 수 있다. 반면 예측 결과 양립형은 불일치 상황에 대한 합리화 반응으로 볼 수 있다.

학생 3번과 학생 7번은 물컵 과제에서, 학생 1번은 선풍기 과제에서 변인 추가 시도형과 과거경험 충돌형 반응을 보였고, 학생 4번은 선풍기 과제에서 예측 결과 양립형 반응을 나타냈다.

변인 추가 시도형 학생인 1번과 3번은 면담 학습 이후 1차 평가와 2차 평가에 모두 비과학적 개념으로 회귀하였으며, 학생 7번만 면담 학습 이후 두 번의 평가에서 과학적 개념으로 응답하였다.

물컵 과제에서 변인 추가 시도형 반응을 보인 학생 3번의 개념 이해 관한 실패 귀인 면담 내용을 보면 다음과 같다.

교사: 그러면 여기서 종이 과제하고 선풍기 과제는 잘 이해했는데, 물컵 과제는 잘 이해하지 못한 이유는 뭐라고 생각하지? 그 때 보고 갈등을 많이 느꼈었지.

학생: 예.

교사: 물컵 과제는 아직 까지 갈등 해소가 잘 안되었잖아. 그 원인은 뭐라고 생각해.

학생: 면담 학습 이후 어느 정도 이해는 했었는데, 다시 구멍의 방향에 따라 다시 헛갈려서...

교사: 1차 검사 이후에 보완을 왜 안 했어?

학생: 복습을 잘 못했어요.

교사: 복습을. 복습을 한다는 건 뭐야? 어떻게 하는 것이 복습인데?

학생: 다시 한 번 보고, 이해 안되면 질문해 보고 그래야 하는데. 질문을 잘 안 하거든요.

교사: 질문을 잘 안 하나?  
 학생: 누구한테 물어 볼까 하다가 질문하는 게 습관이 안되어서 그런지 질문을 거의 안 하거든요. 수업 시간에도 그렇고.  
 교사: 왜 그렇지 그건?  
 학생: 초등학교 때부터 계속 질문 안 하는 게 습관이 되었어요. 질문을 수업 시간에 해본 적이 거의 없어요. 수업 중에.  
 교사: 그건 왜 그랬다고 생각해?  
 학생: 어렸을 때부터 계속 그랬어요. 질문이 거의 없었어요. 수업 중에 잘 이해가 안가면 가만히 있거나... 그러니깐 자꾸 틀리고 가만있다가 그냥 넘어가든지.  
 교사: 그래서 그랬다?  
 학생: 예.

학생 3번의 위 면담 내용을 보면 면담 학습 이후에는 이해를 한 것 같았으나, 시간이 지나자 불일치 상황에서 제시했던 물컵의 구멍 방향에 따라 물이 나올 것 같다는 생각이 다시 헛갈렸다는 사실을 알 수 있다. 따라서 학습 이후 구체적인 학습 전략을 이용하여 복습하지 않으면 학습한 개념이 다시 쉽게 비과학적 개념으로 회귀할 수 있다는 사실을 보여주고 있다. 특히 이 학생의 경우는 학습 중 질문을 잘 하지 않는 습관이 학습 활동을 방해한다는 사실도 확인할 수 있다. 그러므로 변인 추가 시도형은 학습 이후 노력활동을 통해서 개념 적용의 맥락 일반성을 확보하지 못한다면 다시 비과학적 개념으로 회귀할 가능성이 높다. 또한 변인 추가 시도형은 인지갈등 해소 단계에서도 그 변인과 관련된 현상을 과학적 개념을 이용하여 명확히 해결해 주는 단계가 더 강조되어야 하는 유형이라고 볼 수 있다.

예측 결과 양립형인 학생 4번은 면담 학습 이후 두 번의 평가에서 모두 비과학적 개념으로 응답하였다. 불일치 상황의 사전 예측 단계에서 두 가지 가능성을 모두 예측하고 있었기 때문에 불일치 상황을 보아도 고민이 되거나 답답하지 않다는 사실을 강조하였다. 다음은 학생 4번의 이와 관련된 면담 내용이다.

교사: 놀라왔니?  
 학생: 반반인 것 같아요. 충분히 알 수 있었는데. 생각이 반반이었기 때문에 놀랍지는 않았어요. 제가 작용점 생각은 생각했었는데...  
 교사: 이 실험결과를 보니 생각이 혼란스럽다?  
 학생: 그건 아니에요. 결과를 보았으니깐. 제가 생각한 것이 반반이었는데 이제 확신이 섰으니까요.  
 교사: 고민이 되었니?  
 학생: 아니에요.

학생: 처음에 생각한 것이 틀린 것이라는 것을 알았으니까. 제가 틀린 지 확실히 알았잖아요. 앞에서 물 컵처럼 아예 생각의 방향이 잘 못된 것이 아니라 제가 이걸 알고 있는데 제가 잠깐 판단이 흐려진 거예요. 처음 보고 나서.

위 대화 내용을 보면, 자신의 예측과 다른 결과를 보자 이제 확신이 섰다고 언급하며 결과에 대하여 반반 씩 양립된 생각을 하고 있었다는 점을 강조하였다. 결과적으로 나중에 자신이 선풍기가 앞으로 간다고 언급한 것은 직관적 선입관에 따라 응답하고 싶은 마음이 강했기 때문이며, 결국 그것이 잘못이었다는 것을 주장하였다. 그러므로 물컵 과제처럼 아예 생각의 방향이 잘못된 것이 아니었다고 강조하며, 잠깐 판단이 흐려졌기 때문에 응답을 잘못된 것이었다고 주장하였다.

따라서 학생 4번은 불일치 상황의 사전 예측 단계에서 직관적 선입견에 의한 생각과 과학적 접근에 근거한 생각 사이에서 갈등하고 있었음을 알 수 있다. 따라서 두 가지 양립된 생각의 근거를 확실히 하고, 자신의 생각이 논리적으로 어떤 개념 인가를 밝히지 않는다면 갈등 상황을 회피하기 위한 합리화 반응으로 한정될 수 있다.

#### 라. ‘자신감 부족형’과 ‘타인 의존형’

‘자신감 부족형’은 높은 불안 유형이고, ‘타인 의존형’은 낮은 불안 유형이다. 학생 5번은 물컵 과제에서 자신의 능력으로 불일치 상황을 설명할 자신감이 없다는 자신감 부족형 반응을 보였다. 이 학생은 면담 학습 이후 두 번의 개념 이해 평가에서 모두 비과학적 개념으로 이해하고 있었다.

한편, 학생 1번은 종이 과제와 물컵 과제에서 교사에 의존하여 불일치 상황을 해결하면 된다고 강조한 타인 의존형 반응을 보였다. 이 학생은 면담 학습 이후 3주가 되어 실시한 종이 과제에 대한 평가에서는 과학적 개념으로 이해하고 있었으나, 물컵 과제는 비과학적 개념으로 이해하고 있었다.

물컵 과제에서 자신감 부족형을 보인 학생 5번은 학습 면담 이후 실시한 1차 평가와 2차 평가에 대한 면담 과정에서도 자신의 응답 결과에 대해서 자신감이 부족한 반응을 보였다. 또한 면담 학습 과정에서는 교사의 설명을 이해했었으나, 다시 생소하게 느껴진다고 강조하였다. 다음은 이와 관련된 학생 5번의 면담 내용이다.

교사: 물컵 과제하고 선풍기 과제를 이렇게 했지.  
 학생: 이 건 너무 바보같이 했던 것 같아요.  
 교사: 바보 같다니 사람의 생각은 모두 나름대로 소중한 거야.  
 교사: 물컵 과제를 왜 이렇게 했지?  
 학생: 막상 설명을 들을 때는 아는 것 같았는데 그 날 와서 바로 다시 해보았던걸 풀어 보았어야 했는데 확실히 제 것으로 정리하지 못했던 것 같아요.  
 교사: 선생님하고 마지막에 면담했을 때 설명을 잘 했어? 못했어.  
 학생: 설명 잘하고 이해도 잘 했었던 것 같아요. 설명했으니까 보내 주셨을 것 같은데. 이게 다시 생소하게 느껴져요.

이 학생의 면담 내용을 보면, 자신이 응답했던 생각에 대하여 나름대로 소중한 생각이었다고 생각하기보다는 자신의 생각이 너무 잘못된 생각이라고 자신감 없이 비하시키는 경향이 있었다. 학생 5번의 이러한 반응은 인지적인 특성이기보다는 정서적인 반응으로 볼 수 있으며, 갈등 상황에서의 불안 유형 중 자신감 부족 반응과 밀접히 관련된다고 볼 수 있다. 자신감이 부족한 이러한 반응은 개념 학습 과정에 부정적 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 이 학생이 인지갈등을 건설적으로 관리하도록 도와주기 위해서는 일반적인 갈등해소 방법보다는 적절한 난이도의 인지갈등 과제를 단계별로 제시하여 자기 효능감을 키워 줄 수 있는 성공 경험이 필요하다.

반면, 낮은 불안 유형 중 타인 의존형 반응을 보인 학생 1번은 결과를 인정하고 교사와 함께 해결하면 되기 때문에 고민이 되거나 답답하거나, 혼란스럽지는 않다고 강조하였다. 이러한 반응은 자신의 생각과 다르게 나타난 불일치 상황을 적극적으로 부딪쳐 해결하려는 반응이기보다는 이 상황을 다른 사람에게 의존하여 회피하려는 합리화 반응으로 볼 수 있다. 다음은 이러한 특성을 보여주는 학생 1번의 면담 내용이다.

교사: 혼란스럽니?  
 학생: 뭐 혼란스러울 경우까지는 없는 것 같아요. 그러한 새로운 개념에 대한 사실을 받아드리면 되니까요.  
 교사: 고민이 된다.  
 학생: 선생님하고 해결하면 하면 되기 때문에 고민은 안됩니다.  
 교사: 답답하니?

학생: 답답한 건 아닙니다. 생활에 직결된 문제가 아니니까.  
 교사: 생활에 직결된 문제는 예를 들어서 뭐를 말하는 거지?  
 학생: 생활에 직결되는 문제 말씀입니까?  
 학생: 내가 지금 이런 이론에 대해서 증명을 해야 되는 그런 급박한 과제가 있다든지, 내가 매일마다 똑 같은 행동을 하게 될 때에 이해할 수 없는 상황이 생긴다든지. 현실에 부딪치는 것이 아니고, 방에 들어가면 이 실험을 잊어도 내 생활하는 데는 큰 문제가 없기 때문입니다.  
 교사: 그래서 답답한 것은 아니다.

면담 내용에서와 같이 이 학생의 이러한 반응은 인지갈등 상황에서 자신의 개념과 현상 사이의 불일치 상황을 적극적으로 해결해 보려는 노력보다는 교사의 도움을 받아 과학적 개념으로 해결하면 된다는 수동적 반응이라고 볼 수 있다. 구성주의 관점에서는 지식을 구조화하는데 학생의 역할을 강조한다. 불일치 상황에 대한 학생의 반응이 좀 더 능동적일 때 개념 변화 학습이 촉진될 수 있다.

결과적으로 개념 변화 학습에서 인지갈등의 여덟 가지 불안 유형의 역할을 종합하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

인지갈등의 여덟 가지 불안 유형 중 높은 불안의 ‘논리적 오개념 확신행’과 낮은 불안의 ‘합리적 수정형’은 개념 학습 과정에서 개념 변화를 촉진시키는 긍정적인 불안 유형으로 확인되었다. 반면, 높은 불안의 ‘과거경험 충돌형’, ‘변인 추가 시도형’, ‘자신감 부족형’과 낮은 불안의 ‘과거경험 융합형’, ‘결과 양립형’, ‘타인 의존형’은 인지갈등 전략을 적용할 때 좀 더 구체적인 학습 처치 방법이 필요한 불안 유형으로 확인되었다. 이러한 결과를 근거로 불안 유형에 근거한 인지갈등 전략 개발의 시사점을 제 3 장에서 논의하였다.

## 2. 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심리학적 요인 분석

사례제시면담에 참여한 학생들이 학습 면담 이후 두 번의 평가에서 세 가지 과제에 관하여 과학적 개념을 지속시킨 원인과 지속시키지 못한 원인을 귀인 면담을 통해서 알아보고, 그 원인을 동기에 관한 사회·인지적 관점과 학습의지 심리학적 관점 그리고 사회·문화적 가치에 근거하여 분석하였다. 이러한 분석을 통하여 높은 인지갈등을 유발한 학생들이 면담 학습 이후에 이해한 개념을 지속시키는 이유와 지속시키지 못하는 이유를 동기 심리학적 관점에서 논의할 수 있었다.

또한 개념 변화 유형에 따라 이러한 특성을 분석함으로써 개념 변화를 촉진시킨 원인과 개념 변화를 방해한 원인을 학생 입장에서 확인할 수 있으며, 촉진 원인과 방해 원인을 종합하여 인지갈등 전략을 적용할 때 고려해야 할 구체적인 시사점을 논의할 수 있다.

먼저 자료 처리 및 분석 방법에서 설명한 바와 같이 표 IV-4에서 제시한 개념 변

표 IV-4. 개념 변화 유형과 학생 사례

개념 변화 유형	대상 개념	과제	시 간			사례 학생
			면담 학습	1차 평가	2차 평가	
과학개념 지속형	자유낙하	종이 물컵	○	○	○	학생 8번 학생 9번
	작용반작용	선풍기 말·마차	○	○	○	
오개념 회귀형 I	자유낙하	종이 물컵	○	×	×	학생 10번
	작용반작용	선풍기 말·마차	○	×	×	
오개념 회귀형 II	자유낙하	종이 물컵	○	○	○	학생 5번
	작용반작용	선풍기 말·마차	○	×	×	
오개념 회귀·과학개념 발전형	자유낙하	종이 물컵	○	○	○	학생 11번
	작용반작용	선풍기 말·마차	○	×	○	
오개념 혼합형 I	자유낙하	종이 물컵	○	○	○	학생 2번
	작용반작용	선풍기 말·마차	○	×	×	
오개념 혼합형 II	자유낙하	종이 물컵	○	○	○	학생 3번
	작용반작용	선풍기 말·마차	○	○	○	
오개념 혼합형 III	자유낙하	종이 물컵	○	×	×	학생 6번
	작용반작용	선풍기 말·마차	○	○	○	

○ = 과학적 개념, × = 비과학적 개념

화 유형에 따라 사례 학생을 구분하여 이 학생들이 세 가지 과제에 대한 개념을 성공적으로 이해한 원인과 성공적으로 이해하지 못한 실패 원인을 알아보았다. 개념 변화 유형은 ‘과학개념 지속형’, ‘오개념 회귀형’, ‘오개념 회귀·과학개념 발전형’, ‘오개념 혼합형’ 등 네 가지 유형으로 구분하였다.

사례제시면담에 참여한 학생 중 개념 변화 유형에 대표적인 여덟 명의 학생을 분석하였는데, 이들은 모두 인지갈등 과제에서 상반된 예측을 했을 경우 인지갈등 정도가 ‘상’ 수준으로 높게 나타난 학생들이다. 이 중 네 명의 학생은 불안 반응 특성을 분석한 학생들로 한 명(학생 5번)은 ‘오개념 회귀형’으로 구분하였고, 나머지 세 명(학생 2번, 3번, 6번)의 학생은 ‘오개념 혼합형’으로 구분하여 분석하였다. 또한 ‘과학개념 지속형’에서는 학생 8번과 9번, ‘오개념 회귀형’에서는 학생 5번과 더불어 10번, ‘오개념 회귀·과학개념 발전형’에서는 학생 11번을 분석하였다.

이 절에서는 각 개념 변화 유형에 따라 학생의 개념 이해에 관한 귀인을 동기 심리학적 요인을 근거로 분석하여 귀인의 동기 심리학적 특징을 제시하였다.

## 가. ‘과학개념 지속형’의 귀인 분석

‘과학개념 지속형’은 사례제시 면담에서 실시한 면담학습 이후 수행한 1차 평가와 2차 평가에서 세 가지 인지갈등 문제와 말·마차 문제(작용과 반작용 개념을 이용하여 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 푸는 문제)를 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 과학적 개념으로 풀이한 유형이다. 이러한 유형은 시간이 지나도 학습한 과학 개념을 잘 정착시켜 자신의 개념으로 갖고 있는 유형으로 개념 변화 학습에서 주요 목표로 하는 유형으로 볼 수 있다. 이러한 결과를 보여준 사례로 학생 8번과 학생 9번 학생의 개념 이해에 관한 귀인 특성을 동기 심리학적 관점에서 분석하였다.

### (1) 학생 8번

이 학생은 과학 교사가 되고자 하는 동기가 강했으며, 힘 개념에 대해서 잘 이해할 수 있었기 때문에 한 학기 동안의 수업이 재미있었다는 반응을 보였다. 다음은 이러한 특성을 보여주는 대화 내용이다.

교사: 수업은 어땠어?

학생: 물리를 고등학교 때 공통과학 수준만 배웠는데 힘에 대해서 잘 이해를 하니깐 재미있는 것 같아요.

[중간 생략]

학생: 선생님한테 배울 때는 다른 선생님한테 배우는 거와 좀 틀리게 더 믿을 수 있고 존경하기 때문에 어떤 말 한 마디를 하더라도 좀더 다른 사람이 했던 것보다도 동기부여가 되었던 것 같아요. 고등학교 때 좋아하는 선생님 수업을 열심히 듣는 것처럼...

교사: 선생님에 대한 믿음이 작용하는가?

학생: 예. 컸어요. 비슷한 생각들.

이 학생은 두 번의 평가에서 모두 과학적 개념으로 이해하고 있었다. 이 학생이 두 번의 평가에서 모두 과학적 개념으로 이해한 귀인을 원인연쇄도형으로 나타내면 그림 IV-22와 같다.

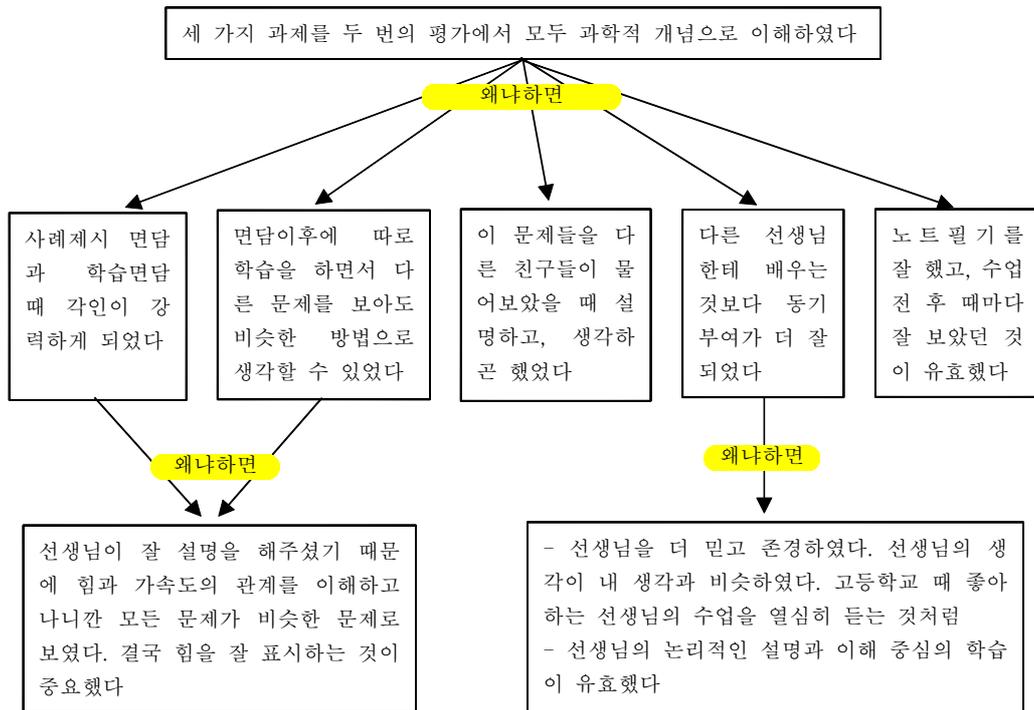


그림 IV-22. 학생 8번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형.

이 학생이 과학적 개념으로 잘 이해한 원인은 크게 학습동기와 학습전략으로 구분하여 설명할 수 있다. 구체적으로 그 원인을 심리학적 요인으로 성분 분석하여 제시하면 표 IV-5와 같다.

표 IV-5. 학생 8번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
고등학교 때 좋아하는 선생님의 수업을 열심히 듣는 것처럼 다른 선생님한테 배우는 것보다 동기부여가 더 잘 되었다. 선생님의 생각이 내생각과 비슷하였기 때문에 선생님을 더 믿고 존경하였다 학점보다는 물리 개념을 이해하는데 초점을 두었다	학습동기	내재적 목표지향
노트필기를 잘 했고, 수업 전 후 때마다 잘 보았던 것이 유효했다	학습전략	조직화, 시연
이 문제들을 다른 친구들이 물어보았을 때 설명하고 생각하곤 했었다	학습전략	동료학습, 시연, 정교화
면담 이후에 따로 학습을 하면서 다른 문제를 보아도 비슷한 방법으로 생각할 수 있었다	학습전략	노력 조절, 조직화

위 표에서 제시된 바와 같이 이 학생의 특징을 살펴보면 첫째로, 교사에 대한 신뢰를 바탕으로 목표를 물리개념 이해에 초점을 맞추었으므로 내재적인 목표지향성을 갖고 있음을 알 수 있다. 둘째, 노트필기를 통해서 학습개념을 조직화시키고, 학습 내용을 그 때 마다 연습하는 시연전략을 사용하였다. 셋째, 동료들과의 상호작용을 통해서 학습한 개념을 보다 정교하게 다듬었음을 알 수 있다. 넷째, 사례제시면담 이후에도 따로 학습시간을 갖고 노력함으로써 학습한 개념을 다른 문제에도 일반화시켜 적용할 수 있게 되었다. 이와 같은 네 가지 특징을 종합해 보면 이 학생은 자기 조절 학습의 주요 특징인 세 가지 특징인 학습동기, 학습전략, 학습의지를 모두 갖춘 학습자였음을 확인할 수 있다.

## (2) 학생 9번

이 학생은 한 학기 동안의 수업에서 다른 학생들보다도 더욱 적극적인 태도를 보여준 학생이었다. 특히 기초 역학 수업 중 실습을 나간 기간에도 부록 II에서 제시되어 있는 6번 문제를 오랜 시간을 들여 스스로 해결하여 가지고 와서 교사에게 확인 받고자 할 만큼 적극적인 학생이었다. 이 6번 문제는 물리 교사들이 해결하기에도 쉽지 않은 난이도 높은 문항이었다. 다음 대화는 이 학생이 갖고 있는 기초역학 강좌에 대한 이미지가 반영된 대화이다.

교사: 이 번 학기 때 기초역학을 배웠는데 어땠어?

학생: 일반물리는 ○○○선생님한테 들었는데. 선생님은 많이 아시는 것 같은데 스타일에 따라 달랐을 텐데..., 선생님께서 주로 혼자 설명하시는 스타일이셔서 잘 이해가 안가는 부분이 많이 있었어요.

학생: 그런데 이 번 학기는 많이 힘들었는데 대개 많이 알았어요. 사람들이 작용·반작용을 물어 보면 잘 설명해 주었을 것 같아요. 선생님께서 노트 검사도 수시로 하시고, 꼭 학점이라는 것을 떠나서. 내가 다음 것을 배울 때 앞에 것을 모르면 안 되게 하셨잖아요. 제가 보기에 수업시간에도 학생들이 대개 적극적이었고, 다른 수업은 장난이 아니에요. 아예 안 듣는 수업도 있고 교수님 혼자 얘기하고 자거나. 시험 때나 되야 잘 정리하고 그 때 뿐이지. 스스로 공부해서 지금 기초 역학은 노트 빌려 달라는 걸 한 번도 못 봤어요. 자기 것은 자기가 다하고. 다른 건 노트 같은 게 돌거든요. 전체적으로 다들 열심히 했던 것 같아요.

이 학생 스스로도 수업에 대해서 적극적으로 참여하였지만, 전체적인 수업 분위기가 적극적이었음을 알 수 있다. 이 학생은 사례제시면담에서 실험 결과와 다른 예측을 하였지만, 두 번의 평가에서는 모두 과학적 개념으로 이해하고 있었다. 이 학생이 세 가지 과제를 두 번의 평가에서 과학적 개념으로 이해한 귀인을 원인연쇄도형으로 제시하면 그림 IV-23과 같다.

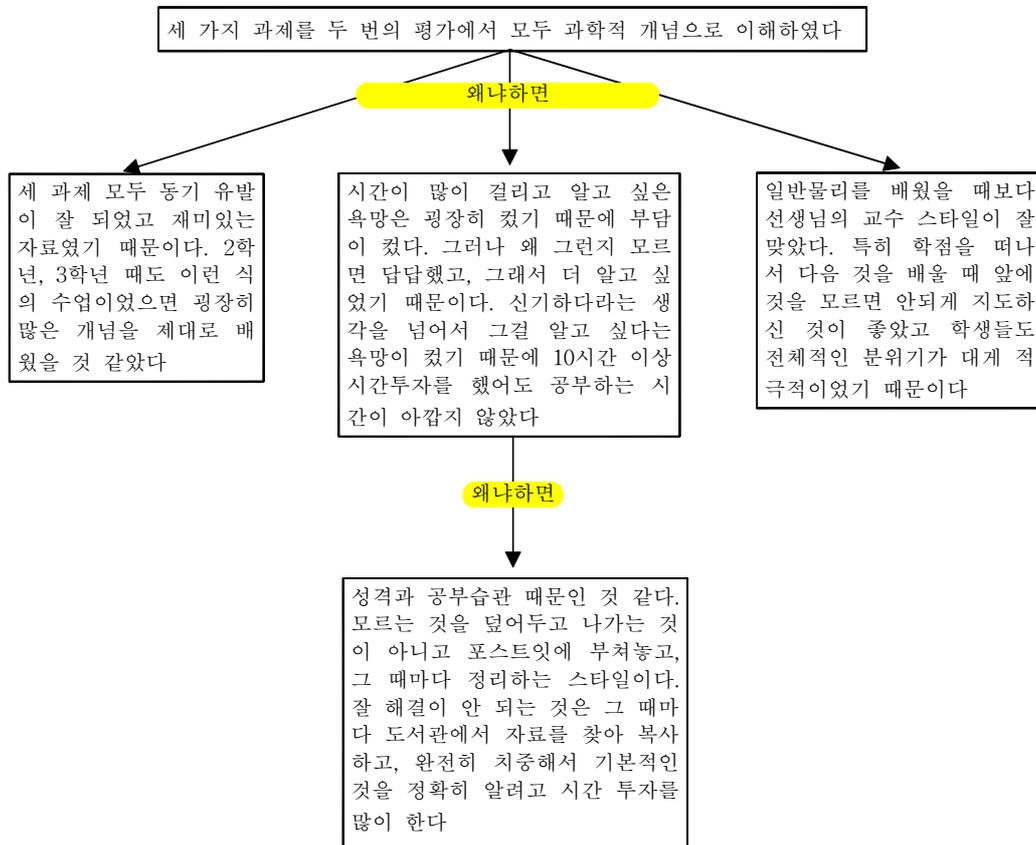


그림 IV-23. 학생 9번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형.

그림에서와 같이 이 학생은 불일치 자료로 제시한 세 가지 과제를 재미있고 흥미 있는 과제로 인식하고 있었다. 또한 이 학생은 알고자 하는 욕망이 강했기 때문에 10시간 이상의 시간을 투자를 했어도 시간이 아깝지 않았다고 강조하였으며, 앞에서 먼저 제시한 학생 8번과 같이 교사의 수업 스타일이 자신에게 잘 맞았음을 언급하였다. 이러한 원인을 학습 심리학적 하위 요인으로 성분 분석을 하여 제시하면 표 IV-6과 같다.

표 IV-6. 학생 9번의 세 가지 과제 개념 이해 성공 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
세 과제 모두 동기 유발이 잘 되었고 재미있는 자료였기 때문이다	학습동기	과제 가치 흥미
시간이 많이 걸리고 알고 싶은 욕망은 굉장히 컸기 때문에 부담이 컸다. 그러나 왜 그런지 모르면 답답했고, 그래서 더 알고 싶었기 때문이다. 신기하다라는 생각을 넘어서 그걸 알고 싶다는 욕망이 컸기 때문에 10시간 이상 시간투자를 했어도 공부하는 시간이 아깝지 않았다	학습동기	내재적 목표지향
일반물리를 배웠을 때보다 선생님의 교수 스타일이 잘 맞았다. 특히 학점을 떠나서 다음 것을 배울 때 앞에 것을 모르면 안되게 지도하신 것이 좋았고 학생들도 전체적인 분위기가 대개 적극적이었기 때문이다	학습동기	사회적 지원
모르는 것을 덮어두고 나가는 것이 아니고 포스트잇에 부쳐놓고, 그 때마다 정리하는 스타일이다. 잘 해결이 안 되는 것은 그 때마다 도서관에서 자료를 찾아 복사하여 정리한다.	학습전략	조직화
완전히 치중해서 기본적인 것을 정확히 알려고 시간 투자를 많이 한다	학습전략 학습의지전략	노력조절 선택적 주의집중

위 표에서 제시된 바와 같이 이 학생의 개념 이해 원인 인식을 구체적으로 살펴보면 다섯 가지로 정리할 수 있다. 첫째로 불일치 자료로 제시된 세 가지 과제를 재미있고 흥미롭게 인식하였다. 둘째, 불일치 과제에 대한 원인을 잘 알고 싶다는 내재적 목표가 강했다. 셋째, 교사의 수업 스타일과 수업 분위기가 자신과 잘 맞았다. 넷째, 모르는 것을 그 때마다 정리하고 다른 자료를 찾아 보완하여 해결하는 조직화 전략을 사용하였다. 다섯째, 기본적인 것을 정확히 알기 위해서 시간투자를 많이 하는 노력조절과 선택적 주의집중 전략을 사용하였다. 이러한 다섯 가지 특징을 종합해 보면 이 학생은 앞에서 제시한 학생 8번과 유사하게 학습동기, 학습전략, 학습의지전략의 요인을 모두 갖추고 있음을 확인할 수 있다.

결과적으로 이 학생은 자발적으로 자신을 동기화시키고, 그 학습동기를 보호하고 유지하는 데 학습전략과 의지전략을 적절히 사용하는 학습자라는 것을 확인할 수 있으며, 이 학생이 인식하고 있는 ‘노력’의 의미 속에 이러한 특성이 내포되어 있다는 것이다. 이러한 맥락을 참고할 수 있도록 이 학생이 학기 중 연구자에게 보낸 편지를 부록 VI에 실었다.

### 나. ‘오개념 회귀형’의 귀인 분석

‘오개념 회귀형’은 사례제시면담에서 실시한 면담 학습 이후 두 차례에 걸쳐서 실시한 1차 평가와 2차 평가에서 종이 문제와 물컵 문제 중 한 문제 이상을 비과학적 개념으로 풀고(종이 문제와 물컵 문제 모두 맞아야 자유 낙하 과제를 운동 방정식을 이용하여 풀 수 있다고 간주함), 선풍기·수레 문제와 말·마차 중 한 문제 이상을 비과학적 개념으로 푼 사례이다(두 문제 모두 맞아야 작용과 반작용 개념과 운동 방정식을 이해하고 있다고 간주함). 다시 말해서 이 유형의 학생은 1차 평가와 2차 평가에서 모두 뉴턴의 운동 제 2법칙과 제 3법칙(작용과 반작용 법칙)을 이용해서 문제를 푸는데 성공하지 못한 사례이다. 이 유형에 속하는 사례로서 학생 10번은 두 번의 평가에서 세 가지 인지갈등 문제를 모두 비과학적 개념으로 응답하였고, 학생 5번은 또한 종이 문제와 물컵 과제 중 물컵 과제를 두 번의 평가에서 과학적으로 개념으로 이해하지 못하였고, 선풍기 문제와 말·마차 문제도 두 번의 평가에서 모두 비과학적 개념으로 이해하고 있었다.

‘오개념 회귀형’에 속하는 학생은 인지갈등을 통해서 유발된 학습동기를 보호하고 학습 의도를 유지시키는 데 실패하여 과학 개념 변화로 발전시키지 못한 학습자이다. 과학 개념 변화 수업 전략이 보다 실질적인 전략으로 발전하기 위해서는 이러한 유형의 학생들이 갖고 있는 특성에 주목할 필요가 있다. 이상적인 수업전략은 이러한 유형의 학생이 스스로 능동적인 학습자가 될 수 있도록 지속적인 관심을 보이고 도움을 줄 수 있는 전략이어야 한다.

이러한 개념 변화 유형을 보여준 사례로 학생 5번과 학생 10번의 개념 이해 귀인 특성을 분석하였다. 이 두 학생 중, 학생 5번은 불안 유형 특성에서 언급한 사례이다.

## (1) 학생 5번

이 학생은 대학에 와서 초기에는 교사가 된다는 것에 회의적인 생각을 하여 인문과목의 부전공을 하기도 했었다. 그러나 4학년이 되면서 다시 진로를 바꾸어 부전공으로 공통과학을 하면서 과학교사가 되고자 하는 분명한 목표를 새롭게 세웠다.

기초 역학 강좌에 대한 목표지향은 학점을 잘 받아야겠다는 외재적 목표보다는 일단 개념을 잘 이해하자는 내재적 목표와 의욕이 상대적으로 더 강했으며 수업에서 제시한 과제 제시가 전반적으로 매우 흥미로웠다는 것을 강조하였다. 다음은 이 학생이 수업에 대해 갖고 있는 이미지가 반영된 대화이다.

교사: 이 번 학기 수업이 어땠어?

학생: 도움이 많이 되었던 것 같아요. 그냥 물리학이 대개 어려웠었는데. 그 전에는 어떤 물체의 운동을 알려면 그 물체에 힘을 표시해서 운동 방정식을 세워야 한다는 기본적인 것을 몰랐던 것 같은데 그게 가장 큰 얻음인 것 같아요. 그리고 수업시간에 어떻게 될까? 물 컵 돌리더라던가 그런 게 모두 다가 저에게는 예상외에 결과였거든요. 문제 제시가 대개 흥미로웠던 것 같고요. 이것에 대한 설명방식이 물리개념을 이해하는데 도움이 많이 되었던 것 같아요.

교사: 문제점은?

학생: 처음에는 많이 반복되었던 것 같은데 끝 부분에는 진도 때문에 반복이 덜 되었던 것 같아요.

교사: 그래도 자세히 설명했잖아.

학생: (웃는다.)

면담 내용에서도 제시되듯이 이 학생은 수업과 과제에 대한 흥미는 높았으며, 사례제시면담 이후에는 연구자에게 직접 찾아와 부록 II에서 제시한 문제 7번과 같이 이해가 부족했던 수업 내용 등을 질문하기도 하였다.

이 학생은 사례제시면담 과제 중, 종이 과제는 두 번의 평가에서 모두 과학적 개념으로 이해하고 있었으나, 물컵 과제와 선풍기 과제는 과학적 개념으로 이해하지 못하였다.

참고로 사례제시면담시 불안 반응에서 이 학생은 종이 과제는 합리적 수정 반응을, 물컵 과제는 자신감 부족 반응을, 선풍기 과제는 과거경험 충돌 반응을 보였다.

그림 VI-24는 불안 반응에서 합리적 수정 반응을 보였던 종이 낙하 과제에 대한 이 학생의 개념 이해 성공 원인을 도형으로 제시한 것이다.

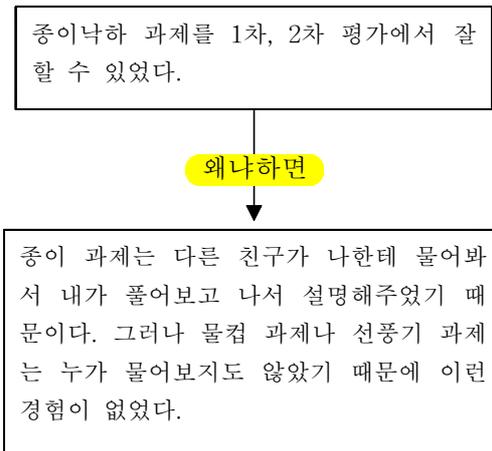


그림 IV-24. 학생 5번의 종이 과제 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형.

그림 IV-24에서 제시된 바와 같이 이 학생은 종이 과제를 두 번의 평가에서 잘 해결할 수 있었던 원인이 친구가 물어 본 경험이 중요했음을 알 수 있다. 다시 말해서 친구가 질문을 했기 때문에 다시 한번 학습을 하여 정리하게 되었고, 그 정리한 내용을 다시 가르치는 경험을 했기 때문이라고 강조하고 있다. 이러한 원인을 성분 분석하여 제시하면 표 VI-7과 같이 제시할 수 있다.

표 IV-7. 학생 5번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
종이 과제는 다른 친구가 나한테 물어봐서 내가 풀어보고 나서 설명해주었기 때문이다. 그러나 물컵 과제나 선풍기 과제는 누가 물어보지도 않았기 때문에 이런 경험이 없었다	학습전략	정교화 동료 학습

성공 원인의 주요 심리학적 하위 요인으로 학습전략에서 정교화 전략과 동료 학

습이 중요한 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 즉 친구에게 질문 받은 경험으로 인해서 다시 한 번 종이 과제에 관한 학습 내용을 정교화시킬 수 있는 기회를 가졌으며, 이러한 경험을 동료와의 상호작용을 통해서 명확히 정착시킬 수 있었기 때문이다. 그러나 물컵 과제와 선풍기 과제에서는 이러한 경험을 할 수 없었기 때문에 건설적인 개념 이해로 발전할 수 없었다는 것을 알 수 있다. 따라서 이 학생이 보다 바람직한 개념 이해로 발전하기 위해서는 누군가가 질문을 해주는 과정을 피동적으로 받기보다는 동료와 능동적인 상호작용을 할 수 있도록 수업과정에서 인위적 환경을 조성시켜 주는 것이 중요하다고 생각한다.

다음은 이 학생이 두 번의 평가에서 물컵 과제와 선풍기 과제를 해결할 수 없었던 원인에 대하여 좀더 구체적으로 알아본 것이다. 이 학생이 물컵 과제와 선풍기 과제를 두 번의 평가에서 모두 해결할 수 없었던 이유를 정리하여 제시하면 그림 VI-25와 같은 원인연쇄도형으로 제시할 수 있다.

이 도형에서 무엇보다도 주목해야 할 점은 학습자의 학습의지가 학습동기와 명확히 구별된다는 사실이다. 이 학생은 수업 전반에 걸쳐 수업 상황에서 제시한 인지갈등 과제에 대하여 높은 흥미와 가치를 느끼고 있었지만, 이러한 학습동기 요인을 보호하고 유지하여 명확한 개념 이해로 발전시키는데는 성공적이지 못하였다. 다시 말해서 이 학생은 학습동기를 보호하고 유지시키는 학습의지전략을 활용하고 강화시키는 능동적 활동이 부족하였다. 다음 대화는 이 학생이 학습 과제에 의한 흥미와 호기심과 같은 학습동기가 학습의지와는 다르다는 것을 주장한 부분이다. 이 대화에서 이 학생은 ‘의욕’이라는 단어를 학습동기와 학습의지를 뜻하는 두 가지 의미로 사용하고 있다.

학생: 항상 필요성을 느꼈는데 어떤 때는 행동으로 옮기고 어떤 때는 행동으로 옮기지 못했던 것 같아요. 의욕의 문제인 것 같아요.

교사: 그러면 어떤 때는 의욕이 약하고 어떤 때 의욕이 강해?

학생: 어떤 충격이 있으면 의욕적으로 공부를 하고 질문을 하다가...

교사: 어떤 때 놀라움을 느꼈어? 질문을 하러 왔었던 도르래 과제 같은 것은 의욕이 일어났나?

학생: 그런데요, 그 의욕이 과제의 특성은 아니거든요. 그냥 이건 그 과목이나 문제의 종류나 과제와 무관하게 이 건 그냥 순수한 감정적인 심리적인 것이거든요.

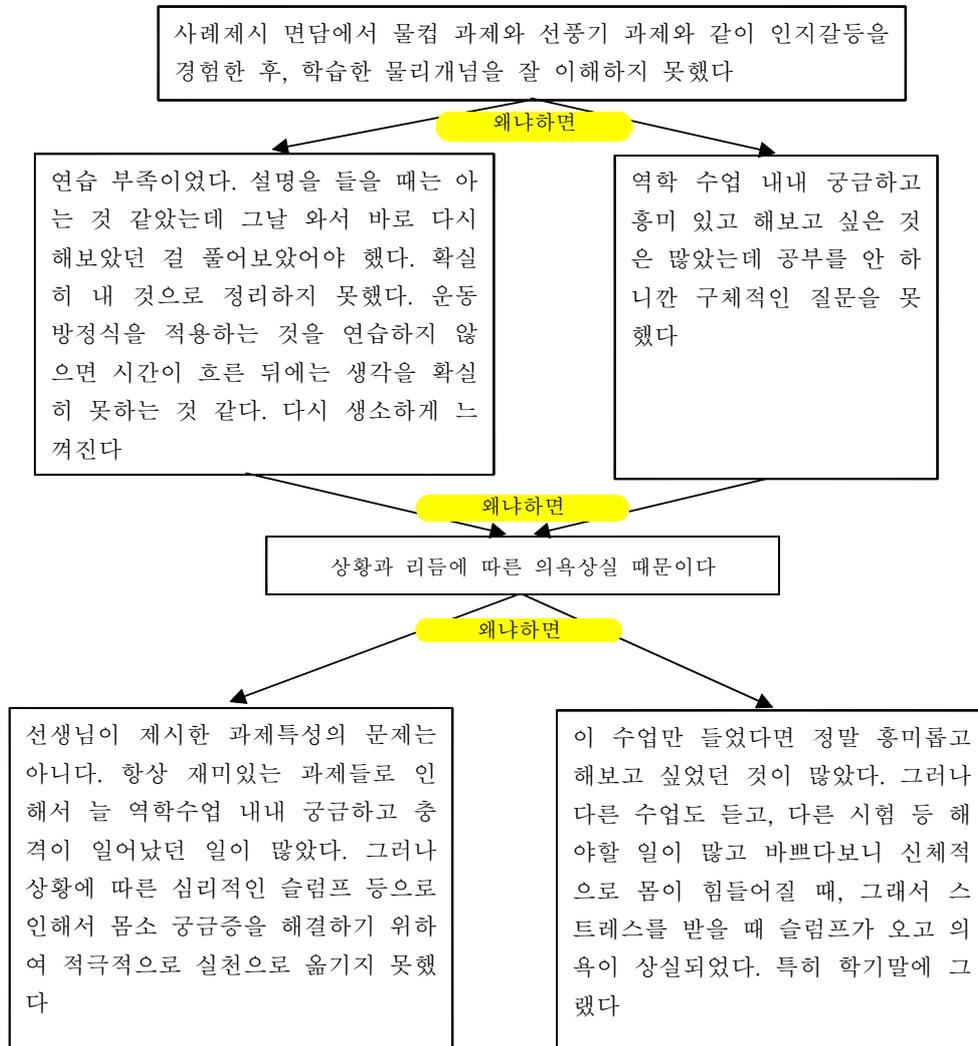


그림 IV-25. 학생 5번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형.

교사: 이 의욕은?

학생: 예. 여기서의 의욕이란 어떤 학습 과제에 대한 흥미도라든가 호기심으로부터 발생하는 의욕은 이미 늘 있었던 것이고요. 아까도 말했지만 늘 궁금하긴 하니깐 해야겠다는 의욕은 항상 있는데. 그런데 이제

교사: 그러면 이 번 기초 역학 수업 시간을 진행하는 동안에 과제에 대하여 알고 싶은 것은 늘 있었다는 거지. 그걸 동기라고 해도 되겠어?

학생: 네. 궁금하면 제가 어디서 찾아보고 아니면 선생님께 여쭙어 보고 그래서 해결을 적극적으로

몸소 실천에 옮겨서 해결을 했느냐. 그 궁극증을 해결했느냐 찾아보지 않았느냐 그 두 가지이지요.

학생: 이 것은 슬럼프 같은 종류의….

그림 IV-25에서 제시한 물컵 과제와 선풍기 과제에 관한 개념 이해에 관한 실패 원인연쇄도형과 면담 내용을 심리학적 하위 요인으로 분석하여 제시하면 표 VI-8과 같다.

표 IV-8. 학생 5번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
연습 부족이었다. 설명을 들을 때는 아는 것 같았는데 그날 와서 바로 다시 해보았던 걸 풀어보았어야 했다. 확실히 내 것으로 정리하지 못했다	학습전략	시연 정교화
상황에 따른 심리적인 슬럼프 등으로 인해서 몸소 궁극증을 해결하기 위하여 적극적으로 실천으로 옮기지 못했다. 다른 수업도 듣고, 다른 시험 등 해야할 일이 많고 바쁘다보니 신체적으로 몸이 힘들어질 때, 그래서 스트레스를 받을 때 슬럼프가 오고 의욕이 상실되었다. 특히 학기말에 그랬다	학습의지전략	선택적 주의집중  자기 효능감 강화  스트레스 감소행동

성분 분석표에서 제시한 바와 같이 학습전략을 지속시키고 보호하는 학습의지전략의 사용이 부족하였음을 확인할 수 있다. 따라서 이 학생의 학습의지전략 활용의 구체적 문제점을 제시하면 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 자신의 의도를 지원하고 정보처리를 촉진할 수 있도록 돕는 선택적 주의집중 과정이 부족하였다. 둘째, 다른 시험을 보아야 하는 상황이나 몸이 힘들어지는 상황에서 가해지는 스트레

스를 감소시키는 구체적인 행동 전략이 부족했다. 셋째, 힘들 때마다 자신의 자신감을 강화시키기 위해서 긍정적인 피드백을 규칙적으로 주는 자기 효능감 강화 전략이 부족하였다.

그러므로 이 학생에게는 이러한 세 가지 전략을 보강하여 적절히 사용할 수 있도록 도울 수 있도록 돕는 과정이 필요하다는 것을 확인할 수 있다. 학습의지전략의 사용은 단지 학습자 개인의 몫이 아니라 교사의 긍정적 피드백과 수업과정을 통해서 학습시킬 수 있으며, 학습되어야 함을 강조한 연구들이 보고되고 있다(Murphy & Alexander, 2000; Corno, 1995). 특히 과학 교육에서 인지갈등과 같은 동기 유발 전략을 사용하는 경우, 유발된 학습동기를 개념 변화로 촉진시키기 위해서는 학습 전략을 보호하고 유지시키는 학습의지전략의 학습이 필요하다.

## (2) 학생 10번

이 학생은 고등학교를 졸업하면서 건축 공학과를 가고 싶었으나 아버지의 추천으로 교사가 되고자 했으며, 중학교 때 좋아했던 국어 선생님이 되고 싶었으나 자연계를 선택했기 때문에 국어 선생님이 아닌 과학 선생님을 택하게 되었다고 언급하였다. 그런데 이 학생은 기초 역학 강좌를 듣기 전부터 물리 교과에 대하여 부정적 이미지를 갖고 있었다. 이러한 이미지는 고등학교 때 물리 교과와 관련된 경험으로 인해서 형성되었다. 이 번 강좌를 통해서 이러한 거부감이 줄어들긴 했으나 구체적인 목표지향이 없는 상태로 개념 이해 활동을 방학 이후로 연기하는 태도를 보였다. 다음 대화는 이러한 이미지를 보여주는 면담 내용이다.

교사: 선생님 강의 듣기 전에 물리는 어땠어?

학생: 어려워요(웃으며). 끈기 있게 많이 해야 하는 것이라서 제가 끈기가 없나. 붙잡고 늘어지는 성미가 아니라서 하는데 성격상 그렇지 못해서. 좀 무언가 결론이 빨리 나와야 하는데. 물리 같은

경우는 고민을 해보고 또 해보고 하다가 안되면 그냥 넘어가고.

교사: 물리를 좋아 하나?

학생: 별로 요.

교사: 언제부터 그랬어.

학생: 고등학교 때부터요.

학생: 물리를 선생님께서 가르쳐 주실 때, 교과서를 보고 바로 문제를 풀어 주시는데 너무 조금만 바뀌어도 개념을 적용할 때 어려움이 있는 것 같아요. 하면서 좀 재미가 붙어야지 아는 건 좀 쉬운데 모르는 건 도저히 모르겠어요. 도대체 어떻게 접근을 해야 하는지. 장력, 도르래가 몇 개 있는 상황은 도대체 왜 틀려질까?

[중간 생략]

교사: 이 번 강좌에서는 어땠어?

학생: 수업 시간은 좋았고 거부감은 줄었어요. 수업 시간에 듣고 방학 때 시간을 내어서 따로 하자.

교사: 거부감이 줄었던 이유는 무엇인가?

학생: 힘에서 잘 설명해 주시고, 한 번 설명해 주시고 다시 해주시는 것이 좋았던 것 같아요. 그리고 어차피 해야 하는 것이니까.

[중간 생략]

학생: .... 그런데 다른 물리 수업보다는 가장 좋았던 것 같아요. 수업도 재미있었던 것 같아요. 개념을 잘 이해해야겠다는 생각도 있긴 했는데... 제가 이해에 투자한 시간이 없었기 때문에 처음에 인상적이었는데 마지막에 너무 바빠서. 교과서만 중심으로만 하신 것이 아니라 문제 풀 때만, 현상을 보면서 문제를 해결했더니 더 오래 가는 것 같아요.

이 학생은 사례제시면담에서 종이 과제에서는 실험 결과와 같은 예측을 하였으나, 뉴턴의 운동법칙으로는 설명하지 못하여 면담 학습을 수행했으며, 물컵 과제와 선풍기 과제에서는 실험 결과와 다른 예측을 하고 높은 인지 갈등 수준을 경험하였다.

그러나 면담 학습 이후, 두 번의 평가에서 세 과제 모두 과학적 개념으로 이해하지 못하고 있었다. 그림 IV-26은 이 학생이 두 번의 평가에서 세 가지 과제를 과학적 개념으로 이해하지 못한 이유를 원인연쇄도형으로 표현한 것이다.

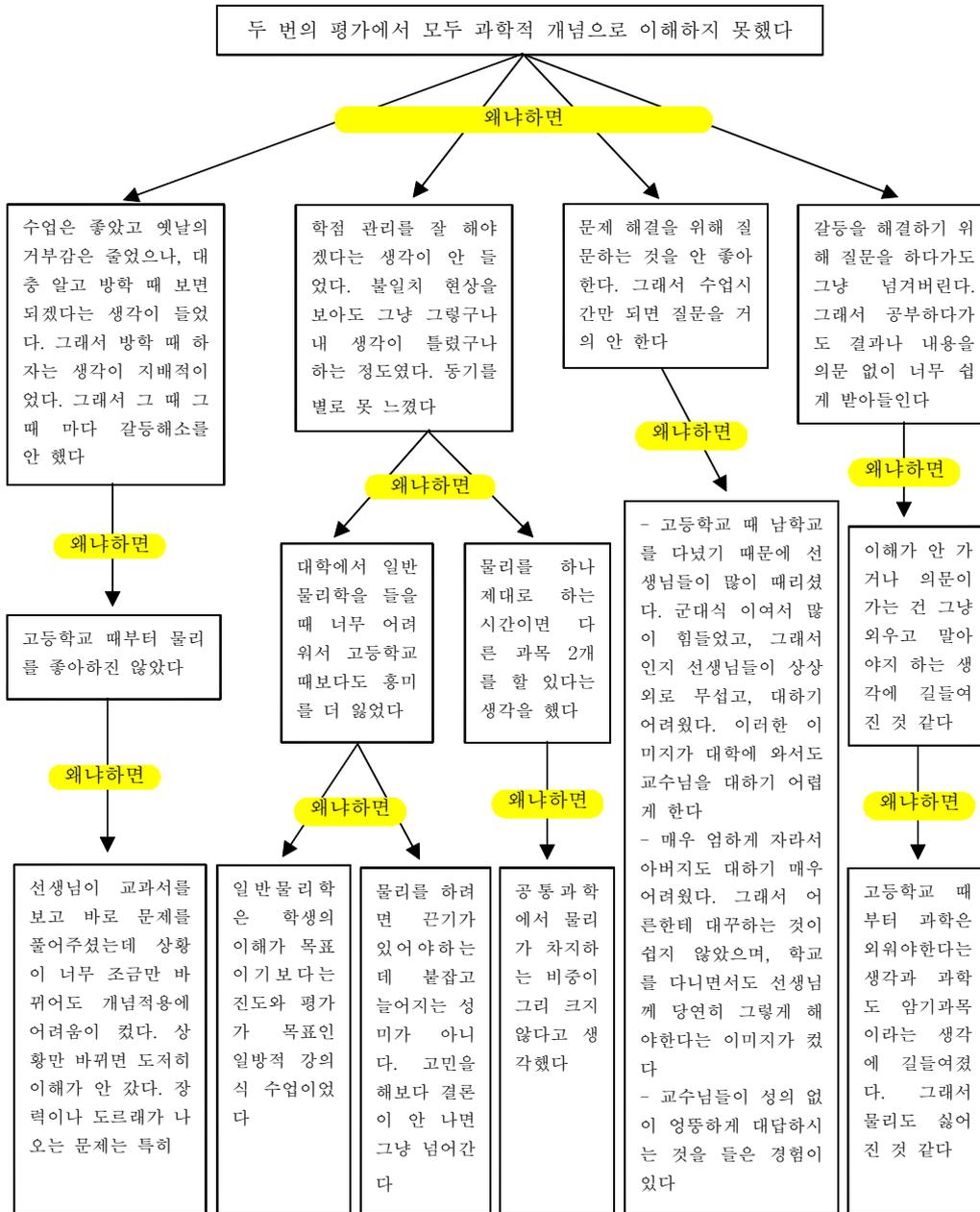


그림 IV-26. 학생 10번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형.

인지갈등을 높게 경험하고, 학습 면담을 했어도 이러한 학습과정이 이 학생에게 구체적인 목표지향을 가게 하진 못했다. 외재적인 목표지향이든 내재적인 목표지향이든 특정한 목표지향 없이 학업과제를 방학으로 연기시킨 원인을 살펴보면 그 뿌리에는 과거의 학습 경험을 통해서 쌓여진 물리 교과에 대한 부정적인 이미지와 학습 습관이 주된 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

이 학생과 같이 동기적 목표지향이 없는 경우, 인지갈등 전략은 단편적인 수업 활동으로 그칠 수밖에 없다는 사실을 보여주는 중요한 사례이다. 이 학생의 인지갈등을 학습동기 요인 중 목표지향이나 과제 가치의 인식으로 발전시키는데 관심을 보이지 않았기 때문에 그 이후의 학습전략이나 학습의지전략은 발현되지 않았음을 쉽게 확인 할 수 있다.

표 IV-9는 사례 10번 학생의 개념 이해에 관한 실패 귀인을 학습 심리학적 하위 요인으로 성분 분석을 한 것이다. 이 표를 근거로 하여 개념 이해 실패 원인의 심리학적 하위 요인 별 특성을 살펴보면 다음과 같다. 첫째 학습동기요인 중 학습 과제 가치와 구체적인 목표지향이 정립되지 않았다. 둘째 첫 번째 특징의 근원은 과거의 고등학교 때 경험과 대학에서 경험한 사회·문화적 가치가 중요한 영향을 미쳤다. 셋째 문제 해결을 위한 능동적 질문을 회피함으로써 교사와의 상호작용을 통한 도움 구하기 전략을 활용하지 않았으며, 이러한 학습전략의 방해 원인은 과거 고등학교 때의 학습 경험과 가정에서 받은 사회·문화적 가치가 영향을 주었기 때문이었다. 다음 대화는 이러한 특징을 보여주는 내용이다.

학생: 그 문제에 대해서 생각을 많이 해야 될 것 같아요. 진짜 모르겠으면 바로 찾아보든지 질문을 해서 해결해야 될 것 같아요. 찾아가서 해결해야 되는데 선생님은 어렵고 중학교 고등학교 남학교를 다녀서 많이 선생님들이 때린단던가? 질문을 하는 걸 자체를 별로 안 좋아했던 것 같아요. 그냥 우리끼리 해결하고. 이러한 이미지가 대학에 와서도 교수님들도 좀 어렵거든요.

교사: 이런 이미지는 어디서 온 것 같아?

표 IV-9. 학생 10번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
<p>학점 관리를 잘 해야겠다는 생각이 안 들었다. 불일치 현상을 보아도 그냥 그렇구나 내 생각이 틀렸구나 하는 정도였다. 동기를 별로 못 느꼈다. 물리를 하나 제대로 하는 시간이면 다른 과목 2개를 할 수 있다는 생각을 했다.</p> <p>대충 알고 방학 때 보면 되겠다는 생각이 들었다. 그래서 방학 때 하자는 생각이 지배적이었다. 그래서 그 때 그 때 마다 갈등해소를 안 했다.</p>	학습동기	목표지향 상실 과제 가치
<p>고등학교 때부터 과학은 외워야한다는 생각과 과학도 암기과목이라는 생각에 길들여졌다. 그래서 물리도 싫어진 것 같다</p> <p>고등학교 때 남학교를 다녔기 때문에 선생님들이 많이 때리셨다. 군대식 이어서 많이 힘들었고, 그래서 인지 선생님들이 상상외로 무섭고, 대하기 어려웠다. 이러한 이미지가 대학에 와서도 교수님을 대하기 어렵게 한다.</p> <p>매우 엄하게 자라서 아버지도 대하기 매우 어려웠다. 그래서 어른한테 대꾸하는 것이 쉽지 않았으며, 학교를 다니면서도 선생님께 당연히 그렇게 해야한다는 이미지가 컸다.</p>	학습동기	사회 문화적 가치
<p>일반물리학은 학생의 이해가 목표이기보다는 진도와 평가가 목표인 일방적 강의식 수업이었다. 그래서 고등학교 때보다도 흥미를 더 잃었다.</p>	학습동기	사회적 지원
<p>문제 해결을 위해 질문하는 것을 안 좋아한다. 그래서 수업시간만 되면 질문을 거의 안 한다.</p>	학습전략	도움 구하기

학생: 아버지도 아주 어렵거든요. 엄하게 자랐거든요. 어른한테 대꾸하거나. 아버지가 어려운 존재였어요. 아버지가 때리거나 그런 건 없었는데 평소에 행동하시는 걸 보면, 호통을 많이 치셨다고 해야 하나. 어른들한테는 항상 그렇게 해야 한다. 학교를 다니면서 당연히 선생님한테 그렇게 해

야 한다. 중학교 때는 좀 질문도 하고 그랬는데 저희가 고등학교 때는 저희가 사립이었고 교장 선생님 방침이 아이들을 잡아라. 말로 안되면 학교가 아주 웃기는 게 교련시간 체육시간이 혼련소에서 혼련받는 것보다 더 어려웠거든요. 대개 군대식이었어요. 선생님들이 좀 상상외로 무섭고 어려웠거든요. 선생님 하면? 아효!(웃는다.) 대학 와서는 좀 틀릴 줄 알았어요. 질문도 많이 하고. 그럴 줄 알았는데 아이들도 시큰둥하고. 대학 와서도 그렇게 안 달라지더라고요.

교사: 고등학교 때 습관이 대학에 와서 별로 안 달라지더라 이거야?

학생: 솔직히 실망을 많이 했거든요. 그렇지는 않겠지 하고 왔는데, 수업도 다양하게 배울 것 같았고 날마다 칠판만 쓰는 게 아니라 진짜로 ○○교과이면은 현장 실습도 하고 그렇게 생각하고 왔는데 똑같더라고요.

학생: 주로 수업은 책보고 교과서보고, 조금 기대에 못 미쳤어요. 좀 뻥할 걸 다시 배웠던 것 같아요. 고등학교 때 배운 걸 또 배우고.

이 대화에서와 같이 학생이 교사에게 도움 청하기 전략과 같은 질문 습관은 학교와 가정에서 사회적 경험을 통해서 큰 영향을 받고 있으며, 이러한 습관은 대학에 와서도 계속 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 질문 습관에 관련하여 사례 2번 학생에게도 물었으나 2번 학생은 다음과 같이 언급하였다.

교사: 고등학교 때 영향 받은 질문 습관은 없나?

학생: 그런 것은 없고요. 고등학교 때 질문을 많이 했거든요.

교사: 고등학교 때 질문을 많이 했어?

학생: 예. 수업시간에 열심히 듣고.

교사: 학교는 분위기가 좋았나 보지? 질문을 많이 했기에.

학생: 학교가 좀 학구적인 분위기였고 자유로운 분위기였기 때문에 제가 모는 것은 질문을 많이 하고 선생님도 대부분 적극적이셨어요.

교사: 어느 학교?

학생: 사립이었는데요. ○○○○도 ○○에 있는 ○○ 고등학교인데요.

교사: 자유스러운 분위기였어. 선생님들은?

학생: 과학선생님들이 두 분이 재미있었거든요. 물리시간은 재미없었고. 화학하고 생물시간이 재미있었어요. 지구과학시간에는 수업을 어렵게 하셔서. 화학은 재미있게 가르쳐 주시니까 질문할 게 생기더라고요. 물리는 고등학교 때 문제 푸는 시간밖에 기억이 안 나고. 물리를 제대로 배웠으면 도움이 되었을 텐데. 그게 바로 능력이 아니겠습니까.

교사: 그래서 질문하는 습관이 고등학교 때 영향을 받은 것은 아니다.

학생: 예.

교사: 고등학교 때 질문을 많이 했었다.

학생: 예.

교사: 자율적인 분위기였다.

학생: 예. 선생님이 질문을 못하게 해서 제가 질문을 안 하는 습관이 들었다던가 그런 것은 없습니다.

학생 2번의 고등학교 때 경험은 학생 10번의 경험과는 상반된 것이다. 학생 2번은 수업 시간에도 결정적인 질문을 하곤 하였는데 자주 질문을 하지 않은 이유는 공부를 안한 상태에서 질문의 수준이 낮은 것으로 생각되었기 때문이라고 강조하였다. 따라서 질문을 자주 하지 않은 이유는 과거경험에 의한 이미지 때문이 아니고 수업에 흐름에 방해가 될 것 같아서 자중했기 때문이라고 주장하였다. 이와 같이 학생의 질문습관은 교사가 조성하는 학급 분위기에 의해서 크게 영향을 받는다는 사실을 확인할 수 있으며, 중등 교육에서 경험한 교사에 대한 이미지가 대학에 와서도 잠재적으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

또한 공부를 하면서 생긴 의문을 너무 쉽게 받아들이는 습관은 고등학교 때부터 과학 과목으로 인식하고 학습했던 습관에서 영향 받게 되었음을 아래와 같이 강조하고 있다. 특히 수업 전략이 적용되는 수업이 대학 초기에 이루어지지 않았기 때문에 이러한 습관 변화가 어렵다는 것을 주장하고 있다.

교사: 질문을 잘 하는 게 중요한데 네가 지금까지 교육환경 시스템에서 받아 온 영향으로 인해서 생긴 어른들이나 선생님들을 대하기가 어렵다고 생각하는 인식, 그 인식으로 인해서 적극적으로 질문을 하는 것이 어렵다.

학생: 네. 제일 큰 것 같아요. 갈등을 해소하는데. 질문을 왜 그렇지 하고 있다가도 그냥 넘겨 버린다는 것이지요. 제가 공부하고 있다가도 너무 쉽게 받아들이는 것 같아요.

교사: 왜 너무 쉽게 받아들이지?

학생: 이런 것은 외우고 말야. 과학교육 하는데 있어서 언제간 과학을 가르쳐야 하는데 저 자체가 그런 식으로 교육에 길들여진 것 같아요.

학생: 아직까지 과학은 외워야 한다. 이런 것이 고등학교 때부터 과학도 암기 과목이다.

교사: 그런 생각은 언제부터 했어?

학생: 제가 공부했던 방식이 암기과목을 공부했던 방식이 아닌가? 계속 왜 그렇지 하면 찾아보고 그래야 하는데. 그냥 거기서 그친다는 거지요. 그게 가장 문제인 것 같아요. 몰리도 그래서 싫은 것

같아요. 그런 문제를 저만 느끼는 것이 아니고 ○○형이나 친구 ○○나 서로 이야기 하다가 됐다 하고 그냥 끝나거든요.

교사: 얽혀 있구나.

학생: 저는 고등학교 때나 대학에 와서나 별 차이 없다고 생각하거든요. 실제로 실험 수업을 한다고 하더라도 물리 실험, 지구과학 실험, 화학, 생물 실험을 해보았어도... 제가 입학할 당시에는 요즘에 부각하는 탐구 수업이라던가? 뭐 ○○○ 선생님의 인지갈등 수업이라든지 이런 수업은 거의 3학년 때 좀 맛을 보거든요. 1, 2학년 때는 그런 것을 접할 때가 없거든요. 단지 배운 것을 복습을 하거든요. 1, 2학년 단지 그렇게 밖에 하지 않는다는 거지요. 그런데 그런 게 아니구나 하는 것을 3, 4학년 때 생각하게 되었지요. 실험 수업도 제대로 했으면 좋겠는데.

결과적으로 이 학생은 물리 교과에 대한 부정적 이미지로 인해서 물리 학습에 대한 목표지향을 갖고 있지 않았다. 그러므로 예상과 다른 실험 결과를 제시하여도 순간적으로만 인지갈등이 일어날 뿐 수업을 통해서 학습한 개념을 학습전략과 학습의지전략을 이용하여 자신의 개념으로 발전시키지 못했다. 따라서 이 사례 학생은 과학 개념학습에서 인지갈등이 일어난 후 개념 변화로 발전하기 위해서는 분명한 목표지향성을 갖고 있어야 함을 시사한다.

이 학생에게는 무엇보다도 수업 활동에 관한 외재적 목표나 내재적 목표를 갖고 수업에 참여할 수 있도록 돕는 수업전략이 필요하다. 또한 난이도가 너무 어렵지 않은 과제를 제시하여 성공 경험을 느끼게 함으로써 자기 효능감을 증진시켜 물리 교과에 대한 자신감을 향상시키고 부정적인 선입견을 줄여 줄 필요가 있다.

## 다. ‘오개념 회귀 · 과학개념 발전형’의 귀인 분석

‘오개념 회귀 · 과학개념 발전형’은 면담학습 이후 1차 평가에서 세 가지 인지갈등 문제 중 두 문제 이상을 비과학적 개념으로 풀이하였으나, 2차 평가에서는 세 가지 인지갈등 문제와 말 · 마차 문제를 모두 과학적 개념으로 풀이한 유형이다.

1차 평가는 예고 없이 실시되었으며, 2차 평가는 학기말에 실시되었다. 이러한 개념 변화 유형을 보인 사례로 학생 11번의 개념 이해에 관한 성 · 패 귀인을 분석하였다. 이 학생은 사례제시면담에서 제시한 세 가지 과제에 대하여 실험 결과와 모

두 다른 예측하였으며 인지갈등 정도도 모두 '상'수준으로 높게 나타났다.

이 학생은 종이 과제를 두 번의 평가에서는 과학적 개념으로 이해하고 있었으나 물컵 과제와 선풍기 과제는 1차 평가에서 과학적 개념으로 이해하지 못하고 있다가 2차 평가에서 과학적 개념으로 이해하고 있었다.

이러한 개념 변화 유형의 학생은 평가 의존적 학습 경향이 강한 것으로 나타났으며, 내재적 목표지향보다는 평가와 성적과 같은 외재적 목표지향이 강하다는 것을 확인할 수 있었다. 사례제시면담에서 제시한 세 가지 과제에 대한 학생 11번 학생의 구체적인 개념 이해 귀인을 알아보았다.

### (1) 학생 11번

이 학생은 기초 역학 강좌에 대하여 다른 참여 학생과는 다른 관점을 가지고 있었다. 수업이 구체적인 문제 중심으로 시작하는 것은 좋았지만, 논리적인 체계는 부족하였음을 강조하였다. 그 이유는 일반적인 수업에서는 공식을 논리적으로 유도하고 그 공식을 문제 풀이에 적용하는 방법을 사용하는데 이러한 방법이 더 체계적인 수업 방식이라고 인식하고 있었다. 또한 인지갈등 해소 전략에서 인지갈등을 일으킨 후 갈등 해결을 적어도 다음 시간 전까지는 적절한 시기에 명확하게 해주었으면 좋겠다고 제안하였다.

이 학생의 이러한 제안은 인지갈등 전략에서 인지갈등 해결을 언제 명확하게 해주는 것이 바람직한가 하는 문제를 제기하는 중요한 제안이다. 그러나 이러한 바람은 교사가 항상 인지갈등을 해소시켜 주고, 언젠가 적절한 시기에 모든 해답을 다 가르쳐 준다는 생각으로 인해서 갈등 과제를 능동적으로 해결하거나 질문할 필요가 없다는 수동적 학습 태도로 발전할 수도 있다. 이 학생에게도 이러한 수동적 학습 태도가 내재되어 있음을 확인할 수 있었다. 다음 면담 내용은 이 학생의 수업에 대한 관점을 담고 있는 내용이다.

교사: 이 번 학기에 기초 역학 수업은 어땠어?

학생: 여지까지 받을 수업하고는 다른 것 같았어요. 구체적인 문제 중심으로 했던 것 좋은 것 같았는데. 전체적인 체계는 조금 부족했던 것 같아요. 문제를 많이 다루었던 것 좋은데. 먼저 현상을 보고 갈등이 일어나니까. 수업을 다 듣고 나서 노트를 보면 개념에 대해서 구체적으로 생각이 안 나는 것 같아요. 일반적인 수업은 공식을 유도하고 적용하고. 그랬는데 거꾸로 적용할 문제를 주면. 우리가 해결을 시도하고 그래도 안되면 선생님이 해주셨어요.

교사: 다음에는 어땠으면 좋겠어.

학생: 갈등을 일으키고 답을 명확하게 해결해 주셨으면 좋겠어요. 갈등이 일어나는 건 좋은데 그 다음에 명확하지 않으면 그 다음 문제를 풀 때도 짹짹하고 그런 것 같아요.

교사: 명확하게 가르쳐주지 않았던 것은 뭐지?

학생: 결국은 끝에 다 가르쳐 주셨는데요. 수업 중간에 오랫동안 가르쳐 주시지 않은 것 아니에요. 당기는 과정도 그렇고 오랫동안. 새로운 수업을 배웠으니까 갈등해소가 적어도 다음 시간까지는 되었으면 좋겠어요. 언제 알려 줄지 모르니깐...

교사: 그러면 그 때 과제가 있을 때 해야지 선생님한테 질문을 하던가 더 능동적인 방법으로 해결을 하려고 노력해야 되는 게 아닌가? 선생님이 다 떠 먹여 주어야 하나? 고등학생도 아닌데. 그 것에 대해서 어떻게 생각해?

학생: 질문 같은 것을 자주 안 해서...

교사: 질문을 안 한다. 그건 왜 그래?

학생: 언젠가 알려 주니깐.

교사: 언젠가 알려 주니깐?

학생: 예.

교사: 언젠가 알려 주진 않은 것도 있잖아?

학생: 이 번 수업에서 거의 문제를 제시했던 건 마지막까지 다 가르쳐 주신 것 같아요.

교사: 그 때마다 밀리지 않고 능동적으로 되어야 하는 건 아닌가?

학생: 예.

교사: 좋아 그럼 면담하면서 더 이야기하자.

다음으로 학생 11번의 세 가지 과제에 대한 개념 이해에 관한 귀인 특성을 알아보자. 이 학생은 사례제시면담 과정 중, 종이 과제에 대한 사전 예측에서 유속의 압력과 속도의 관계를 이용하여 상반된 예측을 하였다. 유속과 기체의 압력을 이용한 이와 같은 설명방식은 사전에 친구들과 토론을 통해서 내린 결론이었다. 이러한 결과는 종이 과제에 대한 불안 반응에서 체계적 대안 개념을 갖고 높은 불안 반응을 일으켰던 학생 2번과 매우 유사한 반응이었다. 이 학생 또한 인지갈등에서 높은 불안 반응을 보였으며, 자신의 예측과 다른 실험 결과를 보았어도 자신의 설명 방식

을 포기하지 않았다.

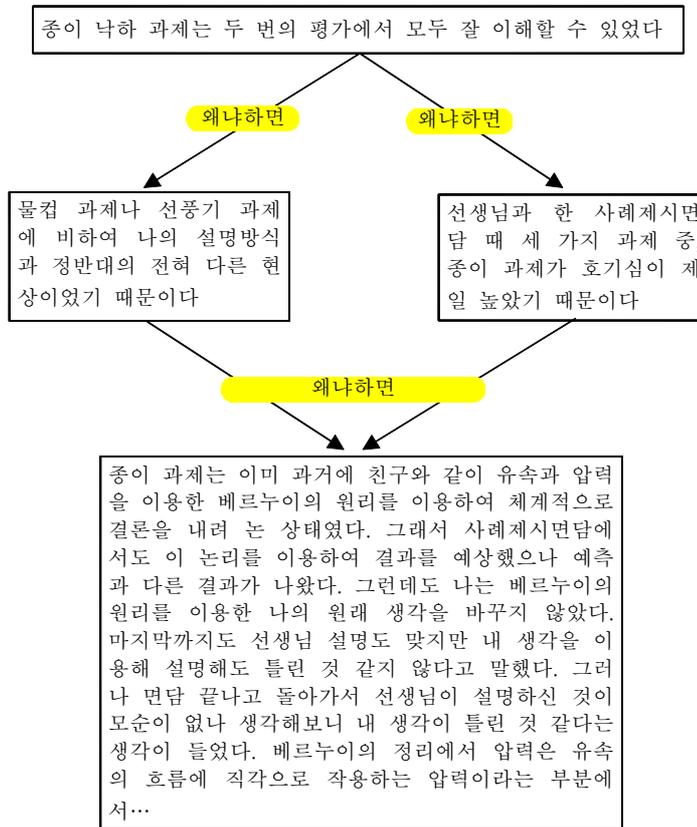


그림 IV-27. 학생 11번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형.

이러한 과정을 경험한 이 학생은 종이 과제에 관한 두 번의 평가에 모두 과학적 개념으로 이해하고 있었다. 이 학생이 두 번의 평가에서 종이 과제를 과학적 개념으로 이해할 수 있었던 원인을 연쇄 도형으로 제시하면 앞 그림 IV-27과 같다.

이 학생이 종이 과제를 과학적 개념으로 이해할 수 있었던 주된 원인은 자신의 명확한 개념과 교사와 학습한 개념을 비판적으로 비교하여 더 적합한 개념을 능동적으로 선택하는 과정을 경험을 할 수 있었기 때문이다. 이러한 과정을 다시 요약하면 첫째, 친구와의 토론을 통해서 내린 결론이었기 때문에 확신 정도가 높았던 논리적인 자신의 개념(설명방식)을 명확히 이해하고 있었다. 둘째, 이 개념에 어긋

나는 실험 결과를 관찰한 후에도 이 개념을 포기하지 않고 이용하여 불일치 상황을 설명해 보려고 노력하였다. 셋째, 집으로 돌아가서도 교사의 설명과 자신의 설명을 비판적으로 비교하여 자기 개념의 문제점을 인식하고 교사와 학습한 개념을 선택하였다. 넷째, 이러한 과정에서 종이 과제에 대한 흥미와 호기심이 더욱 증가하였다.

표 IV-10은 종이 과제에 대한 성공적인 개념 이해에 관한 귀인을 심리학적 하위 요인으로 성분 분석을 한 결과이다.

표 IV-10. 학생 11번의 종이 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
선생님과 한 사례제시면담 때 세 가지 과제 중, 종이 과제가 호기심이 제일 높았기 때문이다.	학습동기	과제 가치
면담 끝나고 돌아가서 선생님이 설명하신 것이 모순이 없나 생각해보니 내 생각이 틀린 것 같다는 생각이 들었다. 베르누이의 정리에서 압력은 유속의 흐름에 직각으로 작용하는 압력이라는 부분에서...	학습전략	비판적 사고

종이 과제에 대한 호기심이 가장 높았다는 것은 학습동기 요인 중 과제 가치의 흥미가 높았다는 것을 의미하며, 자신의 개념과 선생님과 학습한 개념을 비교하며 선생님의 개념에 모순이 없는 가를 비교하는 과정은 학습전략 중 비판적 사고 과정에 속한다.

이러한 특성을 종합해 볼 때, 과학 개념 이해에서 자기 개념에 대한 명확한 이해, 학습 과제의 가치 인식, 자기 개념과 교사의 개념을 비판적으로 사고하여 비교하는 과정은 매우 중요한 요인임을 알 수 있다.

그러나 종이 과제에서는 이러한 개념 이해 특성을 보인 학생이 1차 평가에서 물컵 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 이해하지 못한 이유는 무엇인가? 그림 IV-28은 이 학생이 1차 평가에서 물컵 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 이해하지 못한 귀인을 연쇄 도형으로 나타낸 것이다.

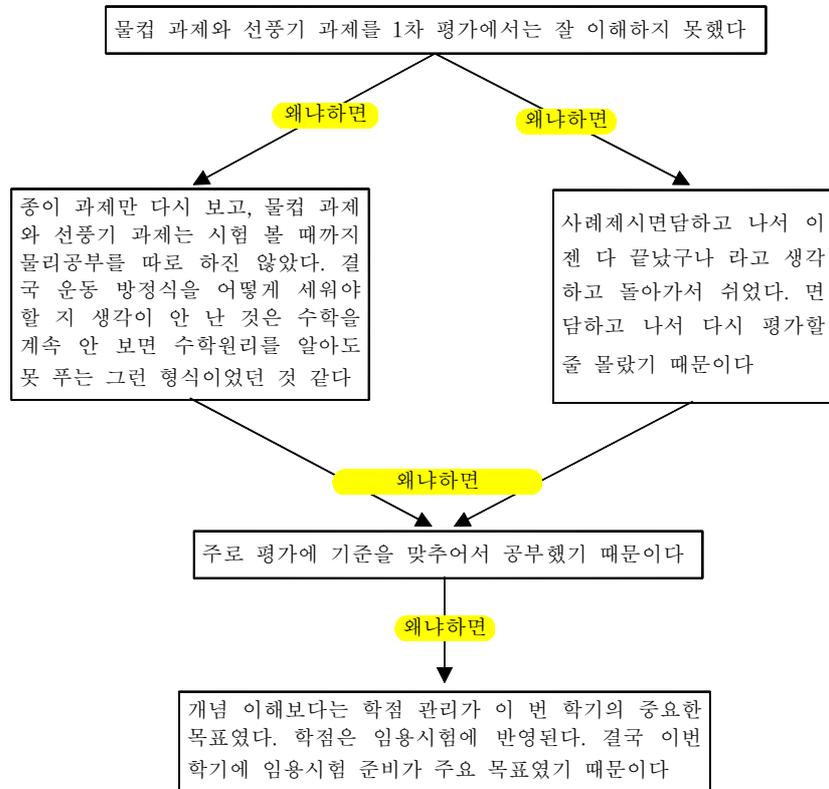


그림 IV-28. 학생 11번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형.

자신의 명확했던 생각과 상반된 실험 결과가 나온 종이 과제만 돌아가서 확인했을 뿐, 물컵 과제와 선풍기 과제는 종이 과제에서 경험했던 과정이 없었다. 그 주요 원인은 사례제시면담이 끝나고 난 뒤 다시 평가할 줄 몰랐기 때문이라고 언급하였다. 다시 말해서 학생 11번은 개념 이해에 초점을 맞추어 학습을 하기보다는 평가에 맞추어 학습을 하는 외재적 목표지향이 강했기 때문이다. 그림 IV-32에서 제시한 원인연쇄도형에서 제시된 바와 같이 평가 중심의 학습은 수학의 원리를 알아도 안 보면 문제를 못 푸는 것처럼 평가가 끝나면 평가 전에 학습한 개념을 쉽게 잊어버리는 경향이 자연스럽게 나타난다.

표 IV-11은 1차 평가에서 물컵 과제와 선풍기 과제에 대한 개념 이해에 관한 실패 귀인을 심리학적 하위 요인으로 성분 분석을 하여 제시한 결과이다.

표 IV-11. 학생 11번의 물컵, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
개념 이해보다는 학점 관리가 이 번 학기의 중요한 목표였다. 학점은 임용시험에 반영된다. 결국 이번 학기에 임용시험 준비가 주요 목표였기 때문이다	학습동기	외재적 목표지향

표 IV-11에서 제시된 바와 같이 이 학생은 기초 역학 개념의 올바른 이해보다는 학점 관리와 임용시험 준비를 위해 평가 기간에 초점을 맞추어 학습을 하였으므로 학습동기 요인 중 외재적 목표지향성이 강했음을 알 수 있다. 다음 면담 내용은 이 학생의 외재적 목표지향성을 보여주는 내용이다.

교사: 그래서 이 때는 학습을 하고, 이 때는 안 되었다 이거지?

학생: 예. 그냥 면담하고 땡 이었어요.

교사: 아까 중요한 말을 했는데. 사례제시면담을 하고 나서 이제 끝났구나 생각했다고 했지?

학생: 예. 기말도 이렇게 할 지는 몰랐어요. 처음부터 본다고 하셨는데, 저는 그 때까지 한 것은 끝이라고 생각했는데.

교사: 그 때까지가 끝나고, 면담하고 나서 떨쳐버렸듯이.

학생: 예(웃으며).

교사: 그러니까 평가에 기준을 맞추어서 공부했다 이거 네.

학생: 거의 그렇지요.

교사: 내가 그 개념을 바르게 이해해야겠다. 그래서 완전히 내 것으로 만들어야겠다. 이런 목적을 갖고 학습이 이루어졌던 것이 아니고 평가에 초점을 맞추었네.

학생: 그렇지요.

교사: 그 이유는 왜 일까? 왜 평가에만 초점을 맞추어 학습을 했을까?

학생: 학점을 잘 받아야 하니까요.

교사: 그게 이 번 학기 목표에서 가장 중요했나?

학생: 그럼요.

교사: 물리 개념을 내가 이 번 학기에 이해하는 것이나, 수업 시간에 이해가 안 되었던 개념을 그 때 그 때마다 잘 이해해야겠다는 것보다 내가 이 번 학기에 학점 관리를 잘 해야겠다 라는 생각이 더 중요했다는 거지?

학생: 예.

교사: 그런데 그런 생각이 지배적이었던 이유는 뭐지?

학생: 임용 고사에 반영이 되잖아요. 그게 아니더라도 점수가 좋으면 좋지요.

전체적으로 모든 결과를 종합해 볼 때, 이 학생은 외재적 목표지향이 상대적으로 강했기 때문에 예고 없이 평가한 1차 평가에서 물컵 과제와 선풍기 과제에 대해서는 과학적 개념으로 이해할 수 없었다. 그러나 종이 과제의 경우는 과거에 동료와의 토론 경험을 통해서 확립한 자신의 생각과 선생님의 생각을 비판적으로 비교하여 검토할 수 있었던 과정이 크게 영향을 미쳤기 때문에 두 번의 평가에서 과학적 개념으로 쉽게 이해할 수 있었다.

비록 이 학생이 평가 기간에 초점을 맞추어 학습 활동을 한다고 하지만, 시간 지속성과 맥락 일반성을 고려한 진정한 개념 이해와 변화가 뒤따르기 위해서는 본질적으로 왜 그 개념을 수업 시기에 맞추어 그 때마다 잘 이해하는 것이 중요한가를 이해하도록 돕는 수업 전략이 필요하다. 이 학생이 물리학습에 대한 내재적 목표지향을 지닌 학습자로 발전할 수 있을 때 바람직한 개념 변화가 이루어질 수 있을 것이다.

## 라. ‘오개념 혼합형’의 귀인 분석

‘오개념 혼합형’의 학생은 면담 학습 이후, 두 번의 평가에서 각각 자유낙하 문제

(종이·책 낙하 문제와 구멍난 물컵 투하 문제)와 작용·반작용 문제(선풍기·수레 문제와 말·마차 문제) 중 한 가지 문제를 비과학적 개념으로 이해하고 있는 유형이다. 따라서 각각의 평가에서 자유낙하 문제를 하나 틀렸거나, 작용과 반작용 문제를 하나 틀린 학생들이 이 유형에 속한다.

이러한 유형의 사례로 학생 2번, 학생 3번, 학생 6번의 세 가지 인지갈등 과제에 대한 성공적인 개념 이해와 성공적이지 못한 개념 이해에 대한 원인을 탐색하고, 한 학기 동안의 물리 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 분석하였다. 이 유형의 학생들은 사례제시면담을 할 때, 불안 유형 특성을 알아본 사례이다.

### (1) 학생 2번

이 학생은 학기초기에 이성 문제로 인해서 학습 활동에 집중할 수 없었음을 강조하였고, 동아리 활동이 자신의 삶에서 중요한 부분을 차지하기 때문에 학습 과제 해결보다 우선 순위에 있었다고 진술하였다. 그리고 수업이나 면담 학습 이후 별도의 학습 활동을 하진 않았으며, 평가 기간에만 공부를 하는 습관에 길들여졌다고 강조하였다.

사례제시면담을 할 때, 이 학생은 종이 과제와 물컵 과제에서는 실험 결과 다른 예측을 하였고, 선풍기 과제에서는 실험 결과와 같은 예측을 하였다. 그리고 이 면담 이후 실시한 두 번의 평가에서는 종이 과제와 물컵 과제를 과학적 개념으로 이해하고 있었으나 선풍기 과제는 두 번의 평가에서 모두 과학적 개념으로 이해하지 못하고 있었다.

사례제시면담 때 사전 예측 단계에서는 종이 과제의 경우 기체의 압력과 속도와의 관계에 근거하여 실험 결과를 예측하였으며, 불안 수준도 높게 나타났다. 또한 물컵 과제의 경우는 실험 결과를 보면서 물의 가속도와 컵의 가속도가 같다는 합리적 수정을 함으로써 낮은 불안 반응 보였다.

사례제시면담에서 실시한 면담 학습 이후, 평가 기간까지 별도의 학습 활동을 하

지 않은 이 학생이 두 번의 평가에서 종이 과제와 물컵 과제를 성공적으로 해결할 수 있었던 구체적인 원인은 무엇인가? 이러한 원인을 분석하면 인지갈등 수업 전략에서 교사가 주의해서 고려해야 할 요인이 무엇인지 확인하는데 중요한 시사점을 찾을 수 있다.

그림 IV-29는 이 학생이 두 번의 평가에서 종이 과제와 물컵 과제를 잘 이해할 수 있었던 성공 귀인을 원인연쇄도형으로 나타낸 것이다.

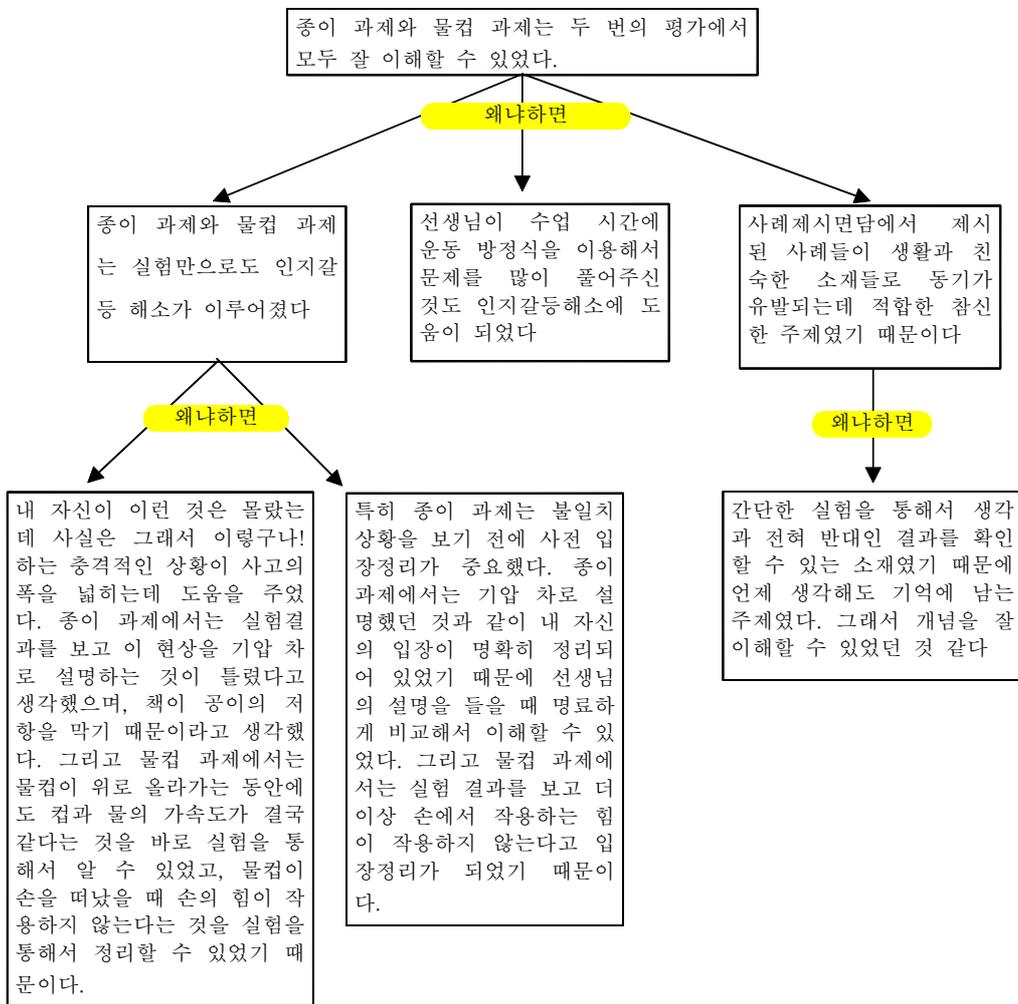


그림 IV-29. 학생 2번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형.

그림 IV-29에서 제시된 바와 같이 이 학생이 종이 과제와 물컵 과제를 잘 이해할 수 있었던 이유를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 실험 결과에 대한 사전 예측 단계에서 자신의 개념을 명확히 정리할 수 있었기 때문에 선생님의 설명과 명료하게 비교해서 이해할 수 있었다. 이 학생은 종이 과제의 경우 학생 11번과 비슷한 체계적 대안 개념을 갖고 있었다. 따라서 자신의 개념에 대한 입장을 명확히 정리할 수 있었고, 실험 결과를 본 후 선생님의 설명을 들었을 때는 자신의 생각과 선생님의 생각을 비판적 관점에서 접근하여 이해할 수 있었다. 또한 물컵 과제에서도 물컵이 위로 올라가는 동안에는 왜 물이 나와야만 하는지 자신의 입장을 잘 정리할 수 있었기 때문에 실험 결과를 보고 무엇을 잘 못 생각했는지 확인할 수 있었음을 강조하였다.

둘째, 실험 결과를 확인하는 단계에서 자신의 생각을 수정하여 정리할 수 있었기 때문에 두 가지 과제를 잘 해결할 수 있었다. 이 학생은 자신이 이런 것은 물랐는데 사실은 그래서 이렇구나! 하는 충격적인 상황을 확인하고 자신의 생각을 수정함으로써 사고 폭을 넓힐 수 있었다고 강조하였다. 종이 과제에서는 실험 결과를 보고 이 현상을 기압 차로 설명하는 것이 틀렸다고 생각하며 책이 공기의 저항을 막기 때문이라고 수정하였다. 또한 물컵 과제에서는 물컵이 위로 올라가는 동안에도 컵과 물의 가속도가 결국 같다는 것을 바로 실험을 통해서 알 수 있었다. 그러므로 물컵을 손에서 놓으면 손의 힘이 더 이상 작용하지 않는다는 사실을 실험을 통해서 확인할 수 있었다고 진술하였다.

셋째, 면담 학습 이후 별도의 학습을 하진 않았지만 사례제시면담에서 제시된 과제들이 생활과 친숙한 소재들로서 동기를 유발하는데 적합한 참신한 주제였기 때문에 과제를 잘 이해할 수 있었다. 즉, 종이 과제와 물컵 과제 등은 간단한 실험을 통해서 자신의 생각과 전혀 반대인 결과를 확인할 수 있는 주제였기 때문에 언제 생각해도 기억에 잘 남았다고 강조하였다.

이러한 세 가지 특징을 학습 심리학적 하위 요인으로 성분 분석을 하면 표 IV

-12와 같다.

표 IV-12. 학생 2번의 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
특히 종이 과제는 불일치 상황을 보기 전에 사전 입장정리가 중요했다. 종이과제에서는 기압 차로 설명했던 것과 같이 내 자신의 입장이 명확히 정리되어 있었기 때문에 선생님의 설명을 들을 때 명료하게 비교해서 이해할 수 있었다.	학습전략	비판적 사고
물컵이 손을 떠났을 때 손의 힘이 작용하지 않는다는 것을 실험을 통해서 정리할 수 있었기 때문이다.	학습전략	정교화
사례제시면담에서 제시된 사례들이 생활과 친숙한 소재들로 동기가 유발되는데 적합한 참신한 주제였기 때문이다.	학습동기	과제 가치

위 표에서 제시된 바와 같이 첫 번째 특징은 자신의 개념을 명확하게 정리하여 교사가 도입한 과학 개념과 비판적으로 비교하는 과정으로서 학습전략 중 인지전략과 메타인지 전략의 비판적 사고 요인을 의미한다. 두 번째 특징은 자신의 예측과 다른 실험 결과를 보고 자신의 개념을 수정하여 정교화시키는 과정으로서 학습전략 중 인지전략의 정교화 요인에 해당한다. 세 번째 특징은 사례제시면담에서 제시한 인지갈등 자료를 참신하고 흥미 유발에 적합한 소재로 인식하고 있기 때문에 학습동기의 하위 요인 중 과제 가치 요인으로 볼 수 있다.

이 세 가지 특징을 종합해 보면 인지갈등 상황을 제시하고 학습 활동을 전개할 때, 사전 개념을 학생 스스로 명확하게 이해하는 단계와 자신의 개념과 교사가 도입한 개념을 비판적으로 비교하는 단계가 학습전략적 측면에서 매우 중요함을 알 수 있다. 또한 학습동기적 측면에서는 인지갈등 과제가 학생이 인식하기에 생활과 친숙하면서도 간단한 소재일 때 학습동기 유발에 적합하다는 것을 확인할 수 있다. 학생의 과제 친숙도와 흥미는 학생 개인의 사전 경험에 따라 달라질 수 있다. 따라서 이러한 사실은 동일한 개념을 전제로 하는 다양한 맥락의 인지갈등 과제가 개발

되고 연구되어야 함을 강하게 시사한다.

그러나 이러한 세 가지 요인만으로 모든 과제에 대한 과학적 개념 이해가 보장될 수는 없다. 이 학생이 선풍기 과제에서 대해서는 두 번의 평가에서 성공적으로 이해할 수 없었던 이유를 주목할 필요가 있다.

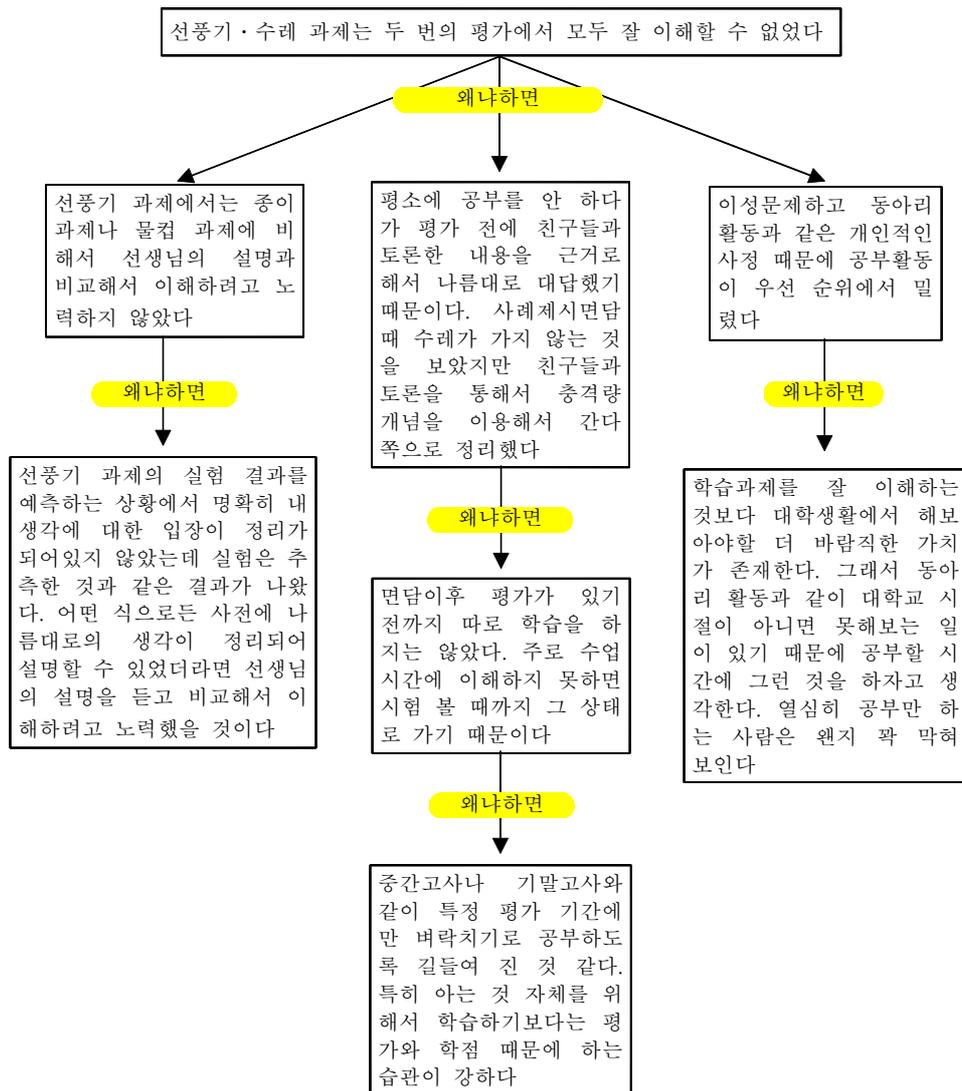


그림 IV-30. 학생 2번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형.

그림 IV-30은 학생 2번이 두 번의 평가에서 선풍기 과제를 과학적 개념으로 해결할 수 없었던 이유를 원인연쇄도형으로 표현한 것이다. 이 학생은 선풍기 과제에서 실험 결과와 같은 예측을 하였다. 그림에서 제시한 내용을 근거로 개념 이해에 실패한 원인을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 자신의 생각이 명확하게 정리되어 있지 않았기 때문에 선생님의 설명과 비교해서 이해하려고 노력하지 않았다. 이 학생은 선풍기 과제의 실험 결과에 대한 사전 예측 과정에서 자신의 개념을 명확하지 정리하지 못했다. 명확하지 않은 생각을 갖고 실험 결과를 예측한 것이 실제로 자신의 예측과 일치한 결과가 나왔다. 그러므로 선풍기를 실은 수레가 가지 않은 이유를 운동 방정식을 이용하여 설명할 수 없었다. 그리고 실험 결과를 본 이후 교사와 한 면담 학습에서도 교사의 설명과 비교해서 이해하려고 노력하지 않았다.

다음 면담 내용은 이 학생의 이러한 측면을 보여주는 대화 내용이다.

교사: 그런데 선풍기 과제는 입장 정리가 안 되었다.

학생: 예.

교사: 그런데 그런 것들이 개념을 변화시키는데 영향을 미쳤나? 입장 정리가 되었을 때하고 안 되었을 때하고?

학생: 제 생각에 대한 입장 정리가 안되었고, 지금도 솔직히 잘 모르겠거든요.

교사: 1차에서도 그렇고 2차에서도 조금 입장 정리가 안 되었네.

학생: 예.

교사: 그게 불일치 상황을 예측했을 때 자신의 어떤 입장이 명확히 정리되어 있지 않았다는 것이 영향을.... 명확히 정리되어 있었으면? .

학생: 제가 어떤 식으로든지 나름대로 설명할 수 있었더라면, 그러면 나중에 선생님의 설명을 듣고 비교를 해서 이해하려고 노력을 했을 텐데, 그런데 그게 잘 안 되어 있으니깐 선생님이 설명하실 때 순간적으로 이해는 했어도 시간이 지나면 주입식하고 별로 차이가 없었던 것 같습니다.

교사: 비교를 할 수 있는 자기개념을 가지고 있는 경우와 없는 경우가 차이가 있었다는 이야기인가?

학생: 예. 제 생각을 정리하지 않은 상태에서 이해하더라도 비교해서 되새겨 보지 않으면 오래 못가는 것 같습니다.

교사: 자기 입장을 명확히 했을 때는 비교할 수 있었는데.

학생: 예.

교사: 설명을 들을 때라든가?

학생: 예.

둘째, 면담 이후 평가가 있기 전까지 따로 학습을 하지 않았기 때문이다. 이 학생은 주로 수업 시간에 이해하지 못하면 시험 볼 때까지 그 상태로 지속되는 경우가 많다고 강조하였다. 학점 때문에 중간 고사나 기말 고사와 같이 특정 평가 기간에만 공부하는 습관으로 인해서 평가 전에 친구들과 토론한 내용을 근거로 충격량 개념을 이용하여 수레가 간다는 쪽으로 생각을 정리했다고 한다.

셋째, 이성 문제하고 동아리 활동과 같은 개인적인 관심 때문에 공부활동이 우선 순위에서 밀렸기 때문이다. 이 학생은 학습과제를 잘 이해하는 것보다 대학생활에서 해보아야 할 더 바람직한 가치가 존재하고 강조하였다. 그래서 동아리 활동과 같이 대학교 시절이 아니면 못해보는 일이 있기 때문에 공부할 시간에 이러한 활동을 하는 것이 더 중요하다 인식하고 있었다. 또한 열심히 공부만 하는 사람은 웬지 꼭 막혀 보인다고 주장하였다.

개념 이해 실패 이유와 관련된 이러한 세 가지 귀인을 심리학적 하위 요인으로 성분을 분석하면 표 IV-13과 같다.

표 IV-13. 학생 2번의 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
선분기 과제의 실험 결과를 예측하는 상황에서 명확히 내 생각에 대한 입장이 정리가 되어있지 않았는데 실험은 추측한 것과 같은 결과가 나왔다. 어떤 식으로든 사전에 나름대로의 생각이 정리되어 설명할 수 있었다라면 선생님의 설명을 듣고 비교해서 이해하려고 노력했을 것이다.	학습전략	비판적 사고
중간고사나 기말고사와 같이 특정 평가 기간에만 베풀치기로 공부하도록 길들여진 것 같다. 특히 아는 것 자체를 위해서 학습하기보다는 평가와 학점 때문에 하는 습관이 강하다.	학습동기	외재적 목표지향
학습과제를 잘 이해하는 것보다 대학생활에서 해보아야 할 더 바람직한 가치가 존재한다. 그래서 동아리 활동과 같이 대학교 시절이 아니면 못해보는 일이 있기 때문에 공부할 시간에 그런 것을 하자고 생각한다. 열심히 공부만 하는 사람은 웬지 꼭 막혀 보인다.	학습동기	과제 가치 개인적 가치

표 IV-13에서 제시된 바와 같이 첫 번째 귀인은 자신의 개념을 명확히 정리하고 교사가 설명한 개념과 비교하지 않았기 때문에 생긴 문제로서 학습전략 중 비판적 사고 요인이 부족했기 때문에 발생한 문제라고 볼 수 있다.

두 번째 귀인은 학습 활동이 수업이 끝난 후 그 때마다 이루어지기보다는 평가가 있을 때만 수행되었기 때문에 생긴 문제로 학습동기 요인 중 학습 목표에 대한 외재적 목표지향성을 갖고 있기 때문에 생긴 문제라고 생각한다.

세 번째 귀인은 자신이 명확하게 이해하지 못한 선풍기 과제를 해결하려는 공부 활동의 순위가 동아리 활동 등과 같은 개인 문제에 의해서 시간 투자의 우선 순위에서 밀려서 생긴 문제로 학습동기 요인 중 과제 가치 요인이 개인적 가치 요인보다 낮기 때문에 발생한 문제라고 생각할 수 있다.

세 가지 귀인을 종합해 볼 때, 이 학생이 면담 학습과 같은 수업 활동을 개념 이해로 건설적으로 발전시키기 위해서는 수업 전략 전개 과정에서 두 가지 측면이 강조되어야 함을 알 수 있다. 먼저 인지갈등 과제의 사전 예측 단계에서는 자신의 생각을 분명히 정리하여 명확히 할 수 있도록 촉진시키는 전략이 필요하다. 또한 수업에 대한 목표지향성을 시험 중심의 외재적 동기에서 벗어나 내재적 동기를 가질 수 있도록 도와서 학습 활동을 미루지 않는 습관을 갖도록 해야 할 필요성이 있다.

다음 대화는 이 학생이 자신이 학습 활동을 미루지 않고 하려면 어떤 방법이 좋겠는가에 대한 자신의 생각을 밝힌 부분이다.

교사: 어떤 것에 길들여졌는데?

학생: 암기학습, 평가, 시험기간에만 학습 그런 학습방법에만 길들여져 있어 가지고. 평소 수업을 하시다보면 예습이나 복습을 굉장히 강조하셨는데. 책을 한 번 읽어봐라 하셨는데 한 명 두 명 손들고 그렇게 하는 사람이 없다는 것은 그런 식으로 많이 길들여져 있기 때문에.

교사: 어떻게 길들여져 있어?

학생: 평가를 할 때만 잠깐 베퉼치기로 준비했습니다.

교사: 그러면 학생들이 그렇게 하지 않으려면 어떻게 하면 좋을까?

학생: 수행평가 비슷하게요 과제를 그 때 그 때 마다 요.

교사: 과제를 그 때 그 때 마다. 그렇게 하면 자발적인 학습이 되겠나?

학생: 한 사람씩 비슷하면서도 다른 과제를 주는 겁니다. 배길 수 없게.

교사: 스스로 학습하게 만드는 게 굉장히 어려운 것인가? 학생이 스스로 학습하게 만드는 게?

학생: 한 학기 동안 배워야 할 내용이 양적으로 적다면, 이해를 하는 것이 강의의 목적이려면 이해해야 할 원리가 가지 수가 많지 않기 때문에 그 과제에 한에서는 학습을 할 텐데.

대화 내용을 보면 이 학생은 같은 개념 맥락을 갖고 있는 다양한 과제가 제시되어 학생들이 서로 다른 과제를 맡아 학습하고, 이 과정에서 그 학생의 수행과정을 평가한다면 바람직하리라 제안하고 있다. 이러한 제안은 학생이 학습 과제에 대한 과제 가치 인식을 높이고 내적 동기를 가질 수 있도록 촉진하기 위해서는 같은 개념 맥락을 갖는 다양한 인지갈등 과제 개발이 필요함을 강하게 시사한다.

## (2) 학생 3번

이 학생은 면담 학습 이후 돌아가서 학습 내용을 복습한 사례이다. 첫 번째 평가와 두 번째 평가에서 종이 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 해결하였으나, 물컵 과제는 두 번의 평가에서 과학적 개념으로 해결하지 못했다.

또한 이 학생은 사례제시면담에서 세 과제에 대하여 다른 불안 반응을 보였던 사례이다. 종이 과제에서는 과거경험에 의존하여 낮은 불안 반응을 보였고, 물컵 과제에서는 변인을 추가하여 높은 불안 반응을 보였으며, 선풍기 과제에서는 과거경험과 충돌하여 높은 불안 반응을 보였다.

이 학생이 앞에서 소개한 학생 2번과는 다르게 면담 학습 이후 돌아가서 학습을 하게 된 동기는 무엇이었는지 알아보고 1차 평가와 2차 평가에서 종이 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 해결할 수 있었던 원인을 알아보자.

그럼 IV-31은 이 학생이 두 번의 평가에서 종이 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 해결할 수 있었던 귀인을 연쇄 도형으로 표현한 것이다. 그림에서 제시된 바와 같이 그 귀인을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 사례제시면담 이후 돌아가서 복습을 하였던 것이 중요했다. 복습을 한 원인을 보면 사례제시면담 때 자신의 예측이 모두 틀려서 부끄러운 감정이 있었기 때문

이며, 선생님이 면담을 통해서 해주시는 거니깐 기본적으로 이해해야 하는 것으로 생각했기 때문이라고 설명하였다.

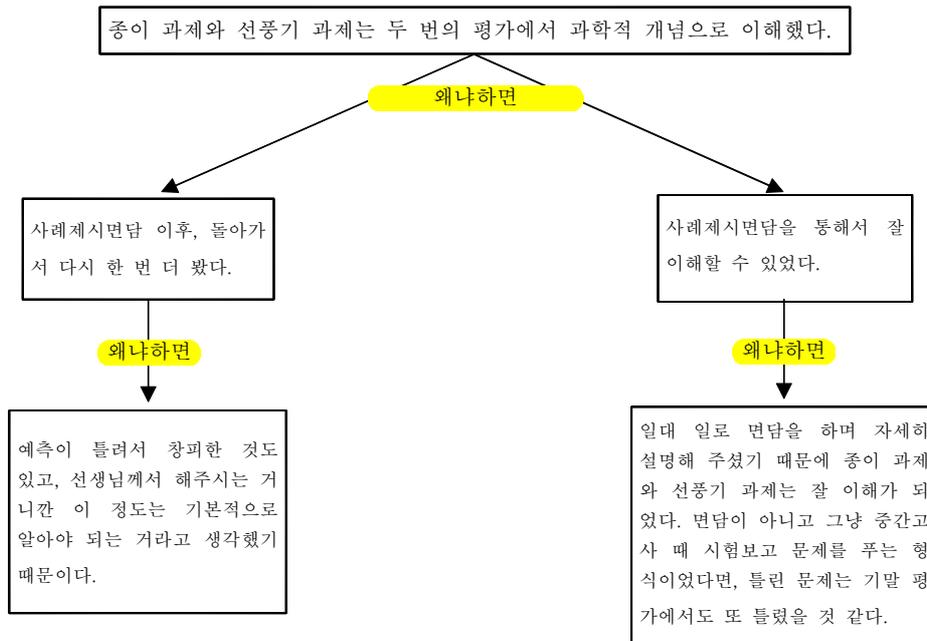


그림 IV-31. 학생 3번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 연쇄 도형.

둘째로 단순 시험이나 평가가 아니고, 사례를 제시한 후 교사와 일 대 일로 상호 작용하며 면담 학습을 했기 때문에 이해가 잘 되었기 때문이었다. 만약 시험을 보고 문제를 잘 못 풀 경우였다면 기말 평가에서도 과학적 개념으로 이해하지 못했을 것이라고 이 학생은 강조하였다.

원인연쇄도형에서 제시한 두 가지 귀인을 심리학적 하위 요인으로 성분을 분석하면 표 IV-14와 같다. 첫째, 면담 이후 다시 돌아가 다시 복습을 했다는 것은 학습전략 중 시연 전략을 사용한 것으로 볼 수 있다.

둘째, 복습을 하게 된 원인이 부끄러운 감정이나 과제에 대한 책임감 때문이었다는 것은 학습동기 중 내재적 동기 요인보다 외재적 동기 요인이 강했다고 볼 수 있다.

표 IV-14. 학생 3번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
사례제시면담 이후, 돌아가서 다시 한 번 더 봤다	학습전략	시연
사례제시면담 때, 예측이 모두 틀려서 창피한 것도 있고, 선생님께서 해주시는 거니깐 이 정도는 기본적인으로 알아야 되는 거라고 생각했다	학습동기	외재적 목표
일대 일로 면담을 하며 선생님이 자세히 설명해주셨기 때문에 잘 이해가 되었다. 면담이 아니고 그냥 중간고사 때 시험보고 문제를 푸는 형식이었다면, 틀린 문제는 기말 평가에서도 또 틀렸을 것 같다	사회적 상호작용	교사 비계

셋째, 교사와의 일 대 일 면담 때문에 잘 이해할 수 있었다는 것은 사회적 상호작용으로 교사의 도움이 이해를 촉진시키는데 비계(scaffolding)역할을 했다는 것을 의미한다.

따라서 세 가지 요인을 종합해 보면 종이 과제와 선풍기 과제를 잘 이해하는데 외재적 동기 유발에 의한 복습과 교사와의 상호작용이 과학적 개념 이해를 촉진시켰다고 볼 수 있다.

이와 같은 요인으로 두 번의 평가에서 종이 과제와 선풍기 과제는 과학적 개념으로 해결할 수 있었으나, 물컵 과제는 두 번의 평가에서 과학적 개념으로 해결하는데 성공하지 못했다. 그림 IV-32는 이 학생이 두 번의 평가에서 물컵 과제를 잘 이해할 수 없었던 원인을 연쇄 도형으로 나타낸 것이다.

그림에서 제시된 바와 같이 이 학생은 면담 학습과 1차 평가 이후 나름대로 물컵 과제를 이해하려고 노력하였다. 복습 과정에서 잘 이해가 안되어 동료에게 묻기도 했으나, 수업 시간이나 개인적으로 교사에게 직접 질문을 통해서 해결해 보려고 노력을 하지는 않았다.

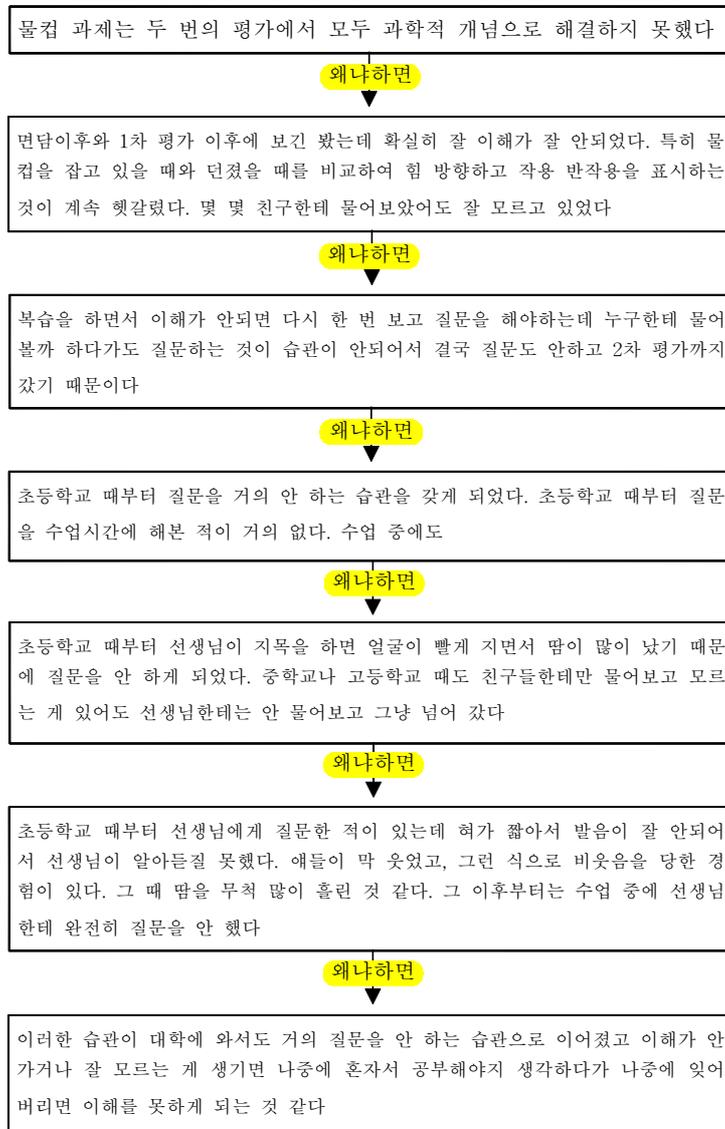


그림 IV-32. 학생 3번의 물집 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형.

그 원인은 초등학교 수업 시간에 경험한 발음 문제와 관련된 교사와 동료들로부터의 부정적 경험 때문이었다. 이러한 경험으로 인해서 수업 시간에 질문을 회피하려는 습관이 형성되었으며, 대학에 와서도 수업 시간이나 그 이 후에도 교사에게

개인적으로 거의 질문을 하지 않는 습관이 형성되었다고 강조하였다. 이러한 원인에 대해서 면담 초기에는 궁극적인 이러한 부정적 경험을 이야기하지 않으려 했으나, 면담이 심층화되면서 이러한 사실을 발견할 수 있었다.

이러한 귀인을 심리학적 하위 요인으로 성분을 분석하면 표 IV-15와 같다.

표 IV-15. 학생 3번의 물컵 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
면담이후와 1차 평가 이후에 보긴 봤는데 확실히 잘 이해가 잘 안되었다. 특히 물컵을 잡고 있을 때와 던졌을 때를 비교하여 힘 방향하고 작용 반작용을 표시하는 것이 계속 헷갈렸다. 몇몇 친구한테 물어보았어도 잘 모르고 있었다.	학습전략	정교화 비판적 사고 부족
초등학교 때부터 선생님에게 질문한 적이 있는데 허가 짧아서 발음이 잘 안되어서 선생님이 알아듣질 못했다. 애들이 막 웃었고, 그런 식으로 비웃음을 당한 경험이 있다. 그 때 맘을 무척 많이 흘린 것 같다. 그 이후부터는 수업 중이나 개인적으로 선생님한테는 질문을 안 했다.	학습전략	도움 구하기

1차 평가 이후 물컵 과제에 대하여 복습을 할 때 힘을 표시하는 등 이해가 안가는 부분을 비판적 관점에서 명확히 하지 않은 것은 학습전략 중 정교화 과정과 비판적 사고가 부족했기 때문이다.

또한, 수업 시간이나 수업이 끝나고 자신의 노력으로 잘 해결이 안 된 문제를 적극적인 질문을 통해서 해결하지 못한 것은 학습전략 중 능동적 도움 구하기 전략이 부족했기 때문이다.

우리는 능동적으로 질문하기와 같은 이러한 도움 구하기 전략을 통해서 자신을 모르는 것을 좀 더 구체적으로 확인하고 질문을 받는 사람과의 상호작용을 통해서

문제 해결의 실마리를 찾을 수 있다. 그러나 이 학생의 경우, 자신의 발음과 관련된 문제에 대하여 교사에게 받은 부정적인 피드백이 이러한 능동적 질문 습관이 형성되는데 부정적인 영향을 주었다. 초등학교 때부터 이 학생이 질문을 했을 때, 교사가 발음과 관련된 신체적 문제에 대하여 긍정적 피드백을 주고, 이 학생의 질문 의도를 보호해 주었다면 좀 더 능동적인 질문 전략을 사용하는 학생으로 성장할 수 있었으리라 생각된다.

이와 같이 학습전략으로서 교사에게 구체적인 질문을 하여 도움을 구하는 습관이 형성되어 있지 않았던 학생 10명과 학생 3명과 같은 학습자를 인지갈등 수업을 통해서 개념 이해를 촉진시키기 위해서는 과거의 부정적 이미지를 희석시키고 구체적인 질문전략을 사용할 수 있도록 돕는 적극적인 관심과 관리 전략이 필요하다.

### (3) 학생 6번

이 학생은 처음 대학에 들어올 때는 변리사가 되고 싶은 목표로 인해서 교사가 되고자 하는 생각이 없었다고 한다. 그러나 최근에 아이들을 가르치는 경험을 하면서 자신이 스스로 아는 만큼 아이들한테 재미있게 가르쳐 줄 수 있다는 사실이 매력적으로 받아들여졌기 때문에 현재는 교사가 돼야겠다는 마음이 들었다고 강조하였다. 그리고 더욱 주목해야 할 것은 사례제시면담이후, 이 학생이 부록 II에 실린 문제 6번을 해결해 보기 위해서 직접 실제 모형을 스티로폼과 탁구공으로 만들어서 가지고 왔다는 사실이다.

또한 이 강좌를 듣기 전에는 물리를 좋아하지 않았지만 기초 역학 강좌를 듣고 난 후에는 물리 과제에 대한 자신감이 생겼으며 물리를 공부하고 싶어졌다는 생각을 가지고 되었다고 표현하였다. 다음 대화는 이 학생의 이러한 관점을 보여주는 면담 내용이다.

학생: 하나 씩 알아지니깐 재미있어져요.

교사: 강좌 시작하기 전에는?

학생: 별로 안 좋아했어요.

교사: 지금은?

학생: 공부하고 싶어요.

교사: 공부하고 싶어지는 이유는 뭐야? 진짜 그래?

학생: 예. 해야 되는 것도 있고요. 생각보다 그렇게.... 하면 할 수 있을 것 같다는 생각이 들어요.

교사: 전에는 그런 생각이 안 들었어?

학생: 전에는 그냥 어려운 것. 물리 하면 어려운 것? 이제는 아직 모르는 것도 있지만 하면 할 수 있겠다는 생각이 들어요.

교사: 옛날에는 그렇게 생각을 했었는데, 피하고 싶고 하면 할수록 어렵고. 그런데 요즘에는 하면 할수록, 하면 할 수 있겠다는 생각이 드는 이유는 뭐야?

학생: 일반물리를 너무 끔찍하게 들었어요. 학점도 안 나왔지만. 재미없게 가르치셨어요. 그래서 그때 그걸 더 나쁜 영향을 미친 것 같아요. 고등학교 때는 물리가 그냥 어렵지도 않고 쉽지도 않고 그냥 그렇다는 생각이 들었는데요. 대학교 와서 그냥 갑자기 모르는 것들을 한 학기 동안 그냥 정신 없이 책을 훑었을 뿐이지 개념을 제대로 안 다거나 하는 것은 거의 없었던 것 같아요. 그런데 이 수업을 들으면서 제대로 알게 된 게 많이 있었어요.

교사: 그래서 하면 할 수 있다라는 그런 생각이 든다 이거니?

학생: 네. 생각을 하나씩 하다 보니까. 과제에 대해서 자신감이 생기는 것 같아요.

이 학생은 사례제시면담 중, 종이 과제에서는 과거경험에 의존하는 태도와 예측 결과 양립적인 생각으로 낮은 불안 반응을 보였고, 물컵 과제에서도 과거경험 의존적 태도로 낮은 불안 반응을 보였으며, 선풍기 과제에서는 과거경험과 충돌하는 특징을 보이며 높은 불안 반응을 나타냈다.

사례제시면담이 후 실시한 첫 번째 평가에서 이 학생은 세 가지 과제 모두 과학적 개념으로 해결하는데 성공하지 못하였고, 그리고 두 번째 평가에서는 종이 과제와 선풍기 과제는 과학적 개념으로 해결하는데 성공하였으나 물컵 과제는 과학적 개념으로 해결하는데 성공하지 못했다.

그럼 IV-33은 이 학생이 첫 번째 평가에서 세 가지 과제를 과학적 개념으로 해결하지 못한 귀인을 원인연쇄도형으로 나타낸 것이다.

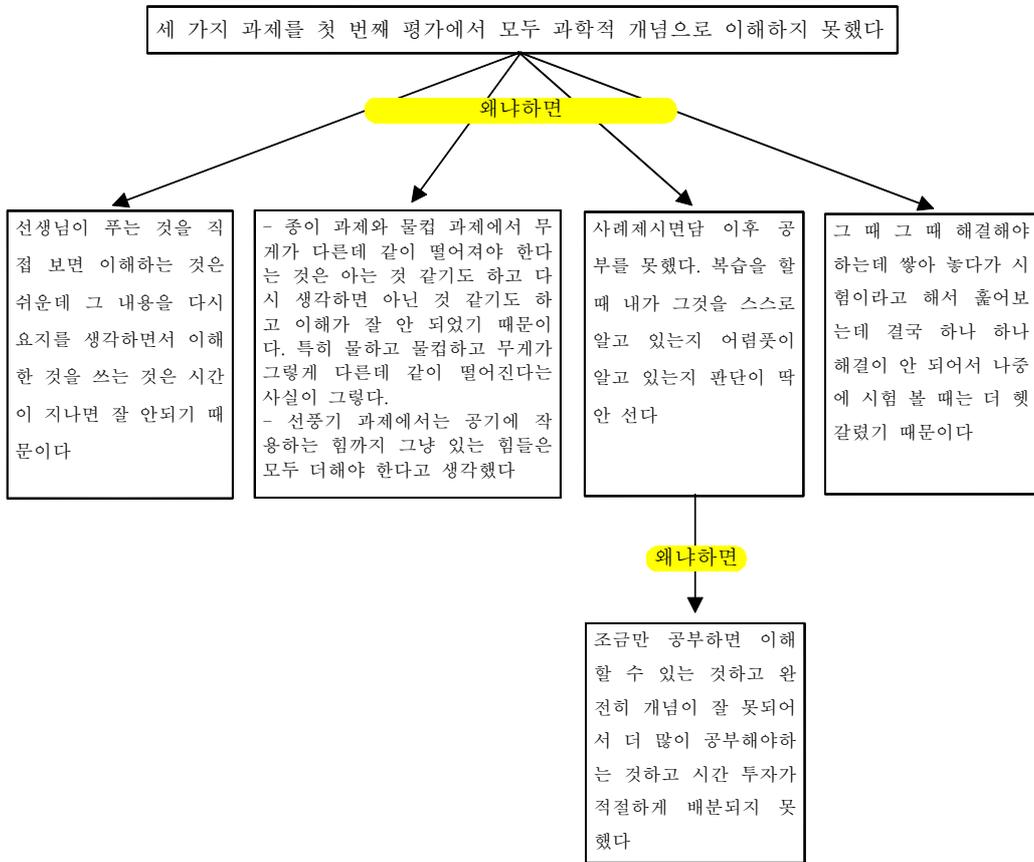


그림 IV-33. 학생 6번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형.

그림에서 제시된 원인을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 사례제시면담 이후 바로 복습을 안 했기 때문에 자신이 알고 있는 것과 어렵듯이 알고 있는 것을 명확히 구분하지 못했기 때문이다. 둘째, 조금만 공부하면 이해할 수 있는 개념과 완전히 잘못 이해하고 있는 개념을 확인하여 적절한 시간 투자를 하지 못했기 때문이다. 셋째, 시험 중심으로 몰아서 공부를 하는 습관 때문에 세 가지 과제를 잘 해결할 수 없었다.

이러한 세 가지 원인을 심리학적 하위 요인으로 분석하여 제시하면 표 IV-16과 같다.

표 IV-16. 학생 6번의 세 가지 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
사례제시면담 이후 공부를 못했다. 복습을 할 때 내가 그것을 스스로 알고 있는지 어렵פות이 알고 있는지 판단이 딱 안 선다.	학습전략	메타 인지적 자기조절
조금만 공부하면 이해할 수 있는 것하고 완전히 개념이 잘 못되어서 더 많이 공부해야하는 것하고 시간 투자가 적절하게 배분되지 못했다.	학습전략	노력관리
그 때 그 때 해결해야하는데 쌓아 놓다가 시험이라고 해서 훑어보는데 결국 하나 하나 해결이 안 되어서 나중에 시험 볼 때는 더 헛갈렸기 때문이다.	학습동기	외재적 목표지향

첫 번째 귀인은 복습을 통해서 자신이 아는 것과 모르는 것을 명확히 하지 못해서 생기는 문제로 학습전략 중 메타 인지적 자기조절을 못했기 때문에 생긴 문제라고 할 수 있다. 두 번째 귀인은 잘 모르는 개념과 조금 모르는 개념을 구별하게 시간 투자를 적절하게 하지 못했기 때문에 발생한 문제로 학습전략 중 노력관리에서 요인이 부족했기 때문이라고 볼 수 있다. 세 번째는 이 학생이 평가 중심으로 학습을 하는 습관이 있다는 것을 의미하므로 학습동기중 외재적 목표지향성을 갖고 있다고 볼 수 있다.

따라서 세 가지 귀인을 종합해볼 때, 이 학생은 학습전략 중 메타 인지적 자기조절과 노력관리가 부족했으며, 학습동기에서는 외재적 동기가 강했음을 알 수 있다. 이 세 가지 원인을 학습 과정에서 시간 순차적으로 생각해 보면 먼저 평가 중심의 외재적 동기가 강했기 때문에 면담 학습 이후 메타 인지적 자기조절과 노력관리가 이루어지지 않았음을 확인할 수 있다. 그러므로 이 학생의 개념 이해를 촉진하기 위해서는 무엇보다도 수업 활동을 통해서 외재적 동기에서 벗어나 내재적 동기를 갖도록 도와야 한다. 또한 학습전략 측면에서는 자신이 아는 것과 어렵פות이 아는 것을 명확히 하는 메타 인지적 자기조절 전략과 개념 이해 수준에 따라 시간

투자를 달리하는 노력관리 능력을 키워 줄 필요가 있다.

이 학생은 위에서 살펴본 바와 같이 첫 번째 평가에서는 세 가지 과제를 모두 해결할 수 없었지만 두 번째 평가에서는 종이 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 해결하였고, 물컵 과제는 과학적 개념으로 해결하지 못하였다.

그림 IV-34는 이 학생이 두 번째 평가에서 종이 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 해결한 귀인과 물컵 과제는 해결하지 못한 귀인을 원인연쇄도형으로 제시한 것이다.

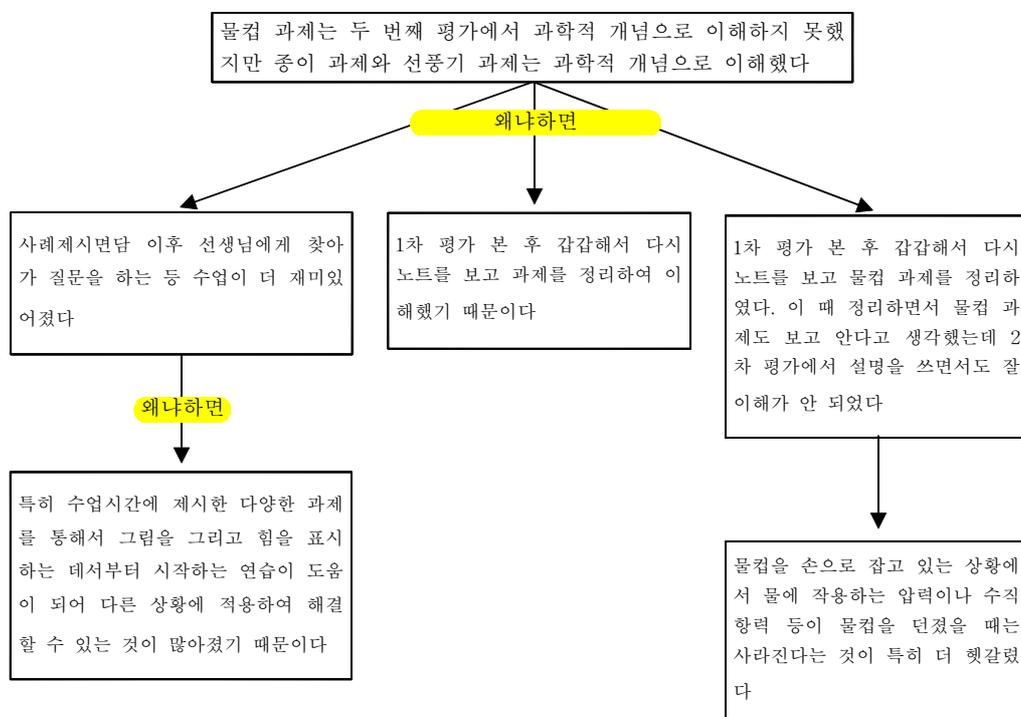


그림 IV-34. 학생 6번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인과 물컵 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 연쇄 도형.

첫 번째 귀인과 두 번째 귀인은 2차 평가에서 종이 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 해결하게 된 원인이고, 세 번째 귀인은 2차 평가에서 물컵 과제를 과학적 개념으로 해결하지 못한 원인이다. 이 세 가지 원인을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 사례제시면담 이후 교사를 직접 찾아가 질문을 하는 등 수업에 더 흥미를 느끼게 되었다. 이와 같이 흥미를 갖게 된 이유는 수업 시간에 제시한 다양한 사례를 통해서 힘을 표시하여 문제를 해결할 수 있는 능력을 길렀기 때문이라고 진술하였다.

둘째, 1차 평가 때 문제를 잘 못 풀어서 다시 노트를 보고 과제를 정리하여 이해했기 때문이다.

셋째, 물컵 과제를 2차 평가 때도 과학적 개념으로 해결할 수 없었던 것은 손으로 잡고 있던 상황과 포물선 운동을 하는 상황을 비교할 때, 힘을 표시하는 것이 잘 이해가 안되었기 때문이다.

이러한 세 가지 원인을 학습 심리학적 하위 요인으로 성분을 분석하면 표 IV-17과 같다.

표 IV-17. 학생 6번의 종이, 선풍기 과제 개념 이해에 관한 성공 귀인과 물컵 과제 개념 이해에 관한 실패 귀인 성분 분석

면담 발췌 내용	학습 심리학적 범주	하위 요인
사례제시면담 이후 선생님께서 찾아가 질문을 하는 등 수업이 더 재미있어졌다.	학습전략 학습동기	도움 청하기 흥미
특히 수업시간에 제시한 다양한 과제를 통해서 그림을 그리고 힘을 표시하는 데서부터 시작하는 연습이 도움이 되어 다른 상황에 적용하여 해결할 수 있는 것이 많아졌기 때문이다.	학습전략	정교화
1차 평가 본 후 갑갑해서 다시 노트를 보고 과제를 정리하여 이해했다.	학습전략	시연 조직화
물컵을 손으로 잡고 있는 상황에서 물에 작용하는 압력이나 수직항력 등이 물컵을 던졌을 때는 사라진다는 것이 특히 더 헷갈렸다.	학습전략	정교화

첫 번째 귀인은 적극적으로 교사를 찾아가 질문을 하는 활동으로 학습전략 중 도움 구하기 전략이라고 볼 수 있다. 또한 수업에 더 흥미를 느끼게 되었다는 것은 학습동기 중 흥미 요인이 더 많아졌다는 것을 의미하고, 다양한 과제를 통해서 힘

개념을 문제에 적용할 수 있게 된 것은 자신의 개념을 보다 정교화시켰다는 것을 의미한다.

두 번째 귀인은 1차 평가 이후, 다시 노트를 보고 정리했다는 것은 학습전략 중 시연과 조직화 전략을 의미한다고 할 수 있다. 그러나 이 때 이러한 학습전략을 적용하는 활동을 한 이유가 1차 평가에서 세 가지 과제를 틀려서 답답했기 때문이라는 사실에 주목할 필요가 있다.

세 번째 귀인은 2차 평가에서도 물컵 과제를 과학적 개념으로 해결할 수 없었던 원인인데 그 이유를 보면, 물컵 과제에서는 아직 까지도 뉴턴의 운동법칙을 이용하여 힘을 표시하고 운동 방정식을 적용하는 과정이 정교화되지 못했음을 알 수 있다.

세 가지 귀인을 종합해 볼 때, 같은 평가에서 두 가지 과제는 이해했으나 한 가지 과제는 과학적 개념으로 이해하고 있지 못했다는 사실을 확인할 수 있다. 이것은 아직까지 뉴턴의 운동 법칙을 변화된 맥락에 적용하는 능력이 부족하다는 것을 의미한다.

이와 같은 특징을 종합해 보면 1차 평가 이후, 수업에 대한 흥미를 더 갖게 되고 능동적인 질문 전략을 사용하게 된 것은 긍정적인 변화이다. 그러나 1차 평가 원인 분석에서도 강조하였듯이 이 학생의 개념 이해를 촉진하기 위해서는 학습전략 측면에서 자신이 아는 것과 어렵듯이 아는 것을 명확히 하는 메타 인지적 자기조절 전략과 개념 이해 수준에 따라 시간 투자를 달리하는 노력관리 능력을 키워 줄 필요가 있다.

#### **마. 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심리학적 분석 종합**

인지갈등을 높게 경험한 학생들을 대상으로 면담 학습 이후 두 번의 개념 이해 평가 결과를 기준으로 개념 변화 유형을 구분하였다. 그리고 그 개념 변화 유형을 기준으로 학생들의 개념 이해에 관한 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분석하였다. 그 분석 결과를 종합하여 제시하면 표 IV-18과 같이 제시할 수 있다.

표 IV-18. 개념 변화 유형에 따른 개념 이해에 관한 성·패 귀인의 동기 심리학적 특징

개념 변화 유형	사례 학생	인지갈등 과제	개념평가		성·패 귀인의 동기 심리학적 요인과 특징						
			1차	2차	학습동기		학습전략		학습의지전략		특징요약
					성공	실패	성공	실패	성공	실패	
과학개념 지속	8번	종이	○	○	내재적 목표	시연 조직화, 정교화 동료 학습	노력조절			교사가 되고자하는 내재적 동기가 강하고, 평가 독립적으로 학습전략과 학습의지전략을 사용함	
		물집	○	○							
선풍기	○	○									
	9번	종이	○	○	흥미 내재적 목표 사회적 지원	시연 조직화 정교화	노력조절 선택적 주의집중			물리학습에 대한 내재적 동기가 강하고, 인지갈등 과제에 대한 흥미가 강함. 이와 같은 학습동기를 구체적인 학습전략과 학습의지전략으로 발전시킴	
		물집	○	○							
선풍기	○	○									
오개념 회귀	5번	종이	○	○	목표지향 상실 과제 가치 인식부족 사회 문화 가치	정교화 동료 학습	시연 정교화	선택적 주의집중 자기효능감 강화 스트레스 감소행동		종이 과제는 동료를 가르쳐준 경험으로 인해 정교화시킴. 전반적으로 수업참여 때 과제 흥미는 높았으나 학습의지전략의 부족으로 과제흥미를 학습전략으로 발전시키지 못함	
		물집	×	×							
선풍기	×	×									
	10번	종이	×	×	비판적 사고	도움 구하기				학습활동에 대한 목표지향이 없음. 궁극적으로 학습에 대한 동기가 없었기 때문에 학습전략과 학습의지전략으로 발전시키지 못함. 또한 교사에게 질문을 하는 도움구하기 전략이 고등학교 때의 부정적 경험과 가정 경험을 통해서 발전하지 못함	
		물집	×	×							
선풍기	×	×									
오개념 회귀·과학개념 발전	11번	종이	○	○	과제 가치 외재적 목표	비판적 사고 정교화				종이 과제는 갈등단계에서 사전개념을 근거로 하는 비판적 사고과정을 통해 해결하였으나, 전반적으로 평가의존적 학습경향이 강함	
물집	×	○									
선풍기	×	○									
오개념 혼합형	2번	종이	○	○	과제 가치 외재적 목표 개인적 가치	비판적 사고 정교화	비판적 사고			종이와 물집 과제는 인지갈등 단계와 면담학습 단계에서 비판적 사고와 합리적 수정을 통해 개념을 정교화시킴. 그러나 학습면담 후 개인적 가치가 우선 시 되어 평가 전까지 학습활동 없음	
		물집	○	○							
선풍기	×	×									
	3번	종이	○	○	외재적 목표	시연 교사 비계	정교화 비판적 사고	도움 구하기		과제해결에 대한 책임감에 근거하여 학습을 함. 교사에게 능동적으로 질문을 하는 도움 구하기 전략이 초등학교 때 교실 상황에서 질문을 했을 때 부정적 경험으로 발전하지 못함	
		선풍기	○	○							
물집	×	×									
	6번	종이	×	○	흥미 외재적 목표 외재적 목표	정교화 시연 조직화 도움 청하기	메타 인지	노력관리		평가 의존적 학습경향으로 인해 학습전략과 노력관리가 부족하여 1차 평가에서는 세 가지 인지갈등 과제 해결에 실패함.	
		선풍기	×	○							
		물집	×	×							

○ = 과학적 개념, × = 비과학적 개념

이 표에서 확인할 수 있듯이 ‘과학개념 지속형’ 학생들(학생 8번과 9번)은 공통적으로 학습동기에서는 내재적 목표를 가지고 있었으며, 학습전략으로는 학습한 물리 개념을 시연, 조직화, 정교화하는 전략을 사용했음을 알 수 있다.

또한 이 학생들은 학습전략이 지속적으로 유지될 수 있도록 노력을 조절하는 전략과 선택적으로 주의를 집중하는 학습의지전략을 사용한다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 학습한 개념을 지속적으로 유지하기 위해서는 학습동기와 학습전략 및 학습의지전략이 조화를 이루어야 된다는 것을 알 수 있다.

반면, ‘오개념 회귀형’ 학생들의 귀인을 분석해 보면 이해한 물리 개념을 지속시키는데 실패하는 이유를 두 가지 유형으로 구분할 수 있다. 첫 번째 유형은 학생 5번과 같이 학습동기는 있었으나, 학습전략을 지속시키고 관리하는 학습의지전략을 사용하지 못하여 개념 이해를 지속시키는데 실패한 유형이다. 학생 5번은 대체적으로 인지갈등 과제에 대한 흥미는 높았으나, 학습전략을 구체적으로 지속시키고 관리하는 선택적 주의 집중, 자기 효능감 강화, 스트레스 감소 행동과 같은 학습의지전략을 사용하지 못했다는 것을 확인할 수 있었다.

또한 두 번째 유형은 학생 10번과 같이 물리 개념 학습 활동에 대한 목표지향성을 갖고 있지 않아서 학습동기가 매우 부족한 상태로 수업 이후에도 학습전략과 학습의지전략을 사용할 줄 모르는 유형이다. 학생 10번은 물리 개념 학습 활동에 대한 내·외재적 목표를 갖고 있지 않았으며, 궁극적으로 학습에 대한 동기가 없었기 때문에 물리 개념 학습 이후에도 학습전략과 학습의지전략을 어떻게 적용하는지를 알지 못했다. 특히 이 학생은 고등학교 때의 부정적 교사 경험과 엄격한 아버지로 인한 가정 경험을 통해 윗사람이나 교사에게 적극적인 질문을 하는 도움 구하기 전략을 회피하고 있었다.

‘오개념 회귀·과학개념 발전형’에 속하는 학생 11번의 경우, 종이 과제에서는 불일치 상황을 나름대로의 대안적 개념으로 설명하려고 노력하였기 때문에 면담 개념 학습에서 자신이 갖고 있던 설명 가설과 과학적 개념을 명확히 구분하여 이해할 수 있었다. 그러므로 이 학생은 이러한 비판적 사고 과정을 통해서 과학적 개념을 잘 이해할 수 있었고, 시간이 지나도 그 때의 인상이 강하게 남아 있었기 때문에 두 번의 평가에서 잘 이해할 수 있었다고 강조하였다.

그러나 학생 11번은 물컵 과제와 선풍기 과제에서는 종이 과제에서와 같이 인지갈등 상황에서 비판적 사고 과정을 경험하진 않았으며, 평가 의존적으로 학습을 하는 외재적 목표를 갖고 있었기 때문에 예고 없이 실시된 1차 평가에서는 비과학적 개념으로 이해하고 있었으며, 기말 고사 기간에 실시된 2차 평가에서는 과학적 개념으로 응답하였다.

한편, ‘오개념 혼합형’에 속하는 학생 2번, 3번, 6번은 공통적으로 물리 개념 학습에 대해서 평가 의존적으로 학습하는 외재적 목표를 갖고 있었다. 또한 이 학생들은 인지갈등의 과제의 종류에 따라 학습전략을 불규칙적으로 사용하였다. 이 학생들이 학습전략을 불규칙적으로 사용했다는 것은 학습전략을 유지하고 관리하는 학습의지전략을 활용하지 못했다는 것을 의미한다.

그러나, 학생 2번의 경우 종이 과제와 선풍기 과제에서는 두 번의 물리 개념 평가에서 모두 과학적 개념으로 이해하고 있었는데, 그 이유로 불일치 상황을 보고 그 상황을 설명하기 위해서 제시한 자신의 설명가설과 과학적 개념을 면담학습을 통해서 비판적으로 비교할 수 있었던 경험을 강조하였다. 또한 이 학생에게서 주목할 만한 점은 이 학생이 학습 면담 후 동아리 활동과 같은 개인적 목표를 우선 시 하여 평가 전까지는 학습 활동을 특별히 따로 하진 않았다는 사실이다.

‘오개념 혼합형’에 속하는 학생 3번은 종이 과제와 선풍기 과제를 두 번의 물리 개념 평가에서 과학적 개념으로 이해하고 있었다. 학생 2번이 불일치 상황에서 자신의 비판적 태도를 개념 이해의 귀인으로 강조 한데 반하여 학생 3번은 군대를 다녀온 복학생으로서의 학업에 대한 책임감을 강조하였다. 학생 3번은 이러한 책임감 때문에 면담 학습 이후 집으로 돌아가서도 개인적으로 면담 학습 내용을 복습한 사실과 면담 학습에서 교사와 상호작용을 한 경험이 물리 개념을 잘 이해하는데 중요한 원인이 되었다고 언급하였다.

그러나 학생 3번은 물컵 과제에서는 두 번의 개념 이해 평가에서 과학적 개념으로 이해하지 못하고 있었다. 그 원인으로 혼자서 복습을 할 때나 학습을 할 때 이해가 안 되는 개념이 있을 경우, 교사에게 능동적으로 질문을 하지 않는 습관이 있기 때문이라고 강조하였다. 이러한 습관이 생긴 이유는 초등학교 때 교실 상황에서 질문을 했을 때 교사에게 받은 부정적 피드백이 원인이 되었다고 주장하였다. 이와

같이 한 학생이 교실에서 질문하는 습관은 과거에 개인적으로 경험했던 교사의 반응에 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

개념 이해 ‘오개념 혼합형’ 유형에 속하는 학생 6명은 시험이나 평가가 있을 때만 학습을 하는 전형적인 외재적인 목표를 갖고 있었다. 따라서 이 학생은 예고 없이 실시된 1차 평가에서는 세 가지 과제를 모두 비과학적 개념으로 이해하고 있었다. 이와 같은 평가 의존적 학습 습관으로 면담 학습 이후에도 기말 평가 때 실시된 2차 평가 전까지는 학습전략과 노력을 관리하는 학습의지전략을 적용하지 못했다. 그러나 2차 평가에서는 종이 과제와 선풍기 과제를 과학적 개념으로 이해하고 있었는데, 그 이유는 기말 시험을 준비하면서 친구들과 토론을 하며 시연, 조직화, 정교화 등과 같은 학습전략을 적용했기 때문이라고 강조하였다.

### 3. 불안 유형과 귀인 특성에 근거한 인지갈등 전략 개발에 시사점

지금까지 살펴보았듯이 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 높게 경험한다고 해서 학생의 개념이 모두 과학적 개념으로 변화되는 것은 아니다. 그렇다면 인지갈등이 과학 개념 변화에 중요한 필요조건이라면, 개념 변화의 충분조건을 위해서는 다른 어떤 조건들이 만족되어야 하는가를 생각해 볼 필요가 있다.

물리 개념 변화 학습에서 인지갈등 전략을 적용하는 단계를 시간의 흐름에 따라 구분하면 두 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째 단계는 인지갈등을 유발시키고 갈등을 해소하기까지의 단계이고, 두 번째 단계는 갈등을 해소시킨 후, 과학적 개념을 잘 유지시키는 단계이다. 따라서 이 연구에서는 시간의 흐름을 기준으로 다음과 같은 두 가지 연구 문제를 수행하였다. 첫 번째는 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 높게 경험한 학생들의 인지갈등 유발 단계에서의 문제점을 인지갈등의 불안 유형에 초점을 맞추어 알아보았다.

불안 유형에 초점을 맞춘 이유는 인지갈등의 구성 요인 중 갈등의 ‘인식’과 ‘재평가’, 갈등 상황에 대한 ‘흥미’ 등은 개념 학습에 긍정적인 요인이지만, 갈등 상황에 대한 ‘불안’은 학습자의 반응에 따라 부정적이거나 긍정적인 두 가지 성격을

갖고 있기 때문이다.

둘째로 높은 인지갈등을 경험한 학생이 개념 학습 이후 시간이 지난 후에 개념 이해를 지속시키거나 못하는 원인을 학생 면담을 통해서 알아보고 그 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분석하였다. 이와 같이 학생 스스로 인식하고 있는 성·패 원인을 동기 심리학적 관점(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등의 관점)에서 분석함으로써 그 학생의 자기 조절적 특성의 문제를 확인할 수 있었다.

이와 같은 두 가지 연구 문제의 결과를 종합하여 인지갈등 전략을 적용하고 학생의 과학적 개념을 유지시키는데 고려야 할 시사점을 제시하였다. 다음 그림 IV-35는 이러한 시사점을 논의하기 위해서 제시한 모형이다.

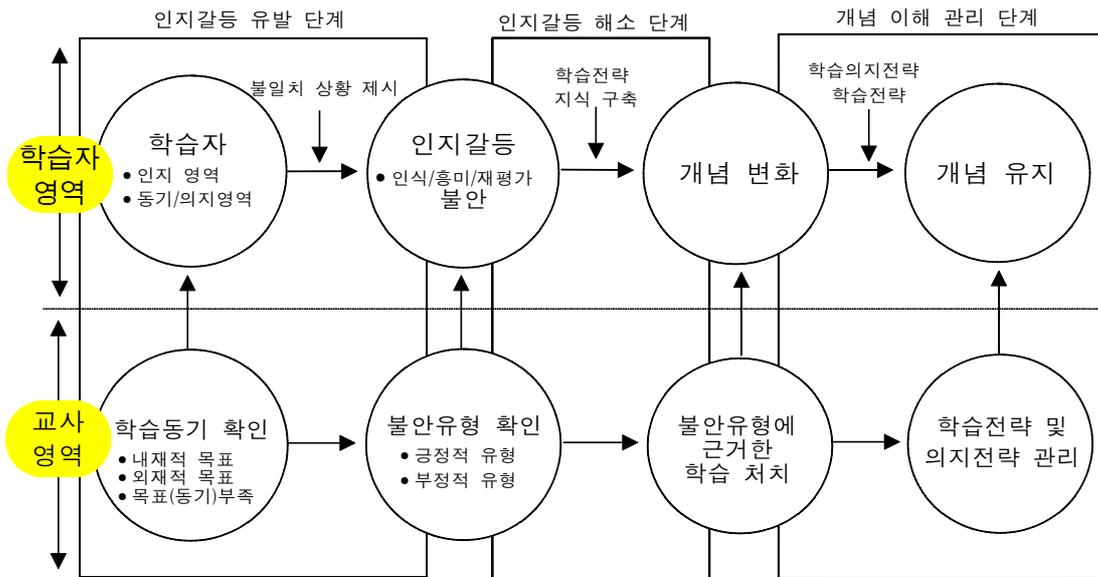


그림 IV-35. 인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기 심리학적 특성에 근거한 인지갈등 관리 과정.

물리 개념 학습에서 인지갈등 전략을 적용하여 학생이 과학적 개념을 잘 유지하고 있는 상황까지를 단계로 구분하면 그림에서와 같이 세 단계로 나눌 수 있다. 첫 번째 단계는 교사가 학생의 생각과 다른 불일치 상황을 제시하여 인지갈등을 유발

하는 단계이다. 두 번째 단계는 인지갈등을 해소하는 단계로 교사와의 상호작용(학습 처치)을 통해서 학생이 자신의 개념을 포기하고 과학적 개념을 이해하는 과정이다. 세 번째 단계는 이해한 과학적 개념을 학습전략과 학습전략을 관리하고 노력 활동을 지속시키는 학습의지전략을 이용하여 학습한 과학적 개념을 견고하게 만들고 유지하는 과정이다. 각 단계에서 물리 교사가 고려해야 할 사항을 제안하면 다음과 같다.

### 가. 인지갈등 유발 전단계

첫째, 인지갈등 유발 단계에 들어가지 전에 물리 교사는 학생이 교과에 대하여 갖고 있는 학습동기 유형을 확인할 필요가 있다. 교사가 간단히 확인할 수 있는 학습동기 유형은 내재적 목표(동기), 외재적 목표(동기), 목표(동기) 부족 등이다. 학기 초에 간단한 질문지나 면담을 통해서 이러한 동기 유형을 확인할 수 있다.

물리 개념 학습에서 교과에 대한 학습동기는 갈등 상황에 대한 흥미와는 또 다른 중요성을 시사한다. ‘오개념 회귀형’에서 10번 학생의 사례에서 살펴보았듯이, 이 학생은 갈등 상황에 대한 흥미는 높았으나 교과와 수업에 대한 내재적 또는 외재적 목표(동기) 자체가 없었기 때문에 면담 학습을 통한 갈등해소 이후에도 개념 이해를 위한 노력 활동을 수행하지 않았다. 또한 개념 이해 회귀 발전형의 학생 11번과 ‘오개념 혼합형’의 학생 2번, 3번, 6번의 사례에와 같이 교과에 대한 외재적 목표(동기)를 갖고 있던 학생은 시험이 있을 때만 학습을 하는 평가 의존적 경향을 갖고 있었다. 이러한 평가 의존적 경향은 과학 개념을 시간 일반적으로 이해하고 지속시키는데 바람직하지 않은 특성이라고 볼 수 있다.

그러므로 물리 교사가 불일치 상황을 제시하기 전에 학생이 물리 교과에 대하여 어떤 동기를 갖고 있는가를 미리 파악하고 있을 때, 수업 이후에도 학생의 동기 유형에 따라 학생의 개념 이해를 촉진시키는 다양한 조치를 취할 수 있을 것이다.

### 나. 인지갈등 유발과 갈등 해소 단계

둘째, 인지갈등 유발 단계에서 학생의 불안 유형을 확인하고 그 불안에 적합한

학습 처치를 할 필요가 있다. 인지갈등의 구성 요인 중, 갈등의 ‘인식’과 ‘재평가’ 및 갈등 상황에 대한 ‘흥미’는 개념 학습 과정에서 긍정적인 역할을 하지만 갈등 상황에서의 ‘불안’은 그 반응 유형에 따라 이중적인 성격을 갖고 있는 요인이다. 따라서 인지갈등 상황에서 보이는 불안 유형에 따라 다른 갈등 해소 방법을 사용할 필요가 있다.

현재의 교실 맥락적 측면에서 볼 때도 학생의 특성에 근거한 교사의 학습 처치 방법은 중요한 요인이다. 기존의 인지갈등 전략에서는 학습 처치로서 동일한 갈등 해소 방법을 사용하고 있다. 그러나 현재 중등 교육에서와 같은 다인 수 학급에서는 다양한 수준의 학생들이 학습을 받고 있으며, 인지갈등을 경험할 때 나타나는 반응 또한 다양할 수 있다. 따라서 학생의 반응 특성에 보다 적합한 인지갈등 해소 방법을 사용한다면 학생의 개념 변화를 보다 촉진시킬 수 있을 것이다.

다음 표 IV-19에서 인지갈등의 불안 유형에 따라 구체적으로 어떻게 학습 처치를 다르게 할 수 있는가를 첫 번째 연구 문제의 사례 연구 결과를 근거로 제시하였다.

표 IV-19. 불안 유형에 따른 인지갈등 관리 전략

정 도	불안 유형	학습과정에서 역할		학습 처치 전략
		긍정	부정	
높 은	논리적 오개념 확신형	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	자신의 관점과 과학적 관점을 비판적으로 비교 두 관점의 개념 적용 맥락을 바꾸어 비교
	은 변인 추가 시도형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	변인을 추가하거나 변화 시켜가며 실험을 해보도록 함 과학적 개념을 도입하여 추가한 변인과 관련이 없음을 강조
불 안	자신감 부족형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	난이도 선택(R2) → 긍정적인 성공경험 → 자기효능감 강화
	과거경험 충돌형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	과거경험 명확히 하기 → 설명이 안 되는 부분 확인
낮 은	예측 결과 양립형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	상반된 예측 근거 확인 → 근거 명료화
	은 합리적 수정형	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	과학적 개념과의 유사성 확인
불 안	타인 의존형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	능동적 문제해결 시간 부여
	과거경험 융합형	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	과거경험을 명확히 하고 그 과거경험을 이용하여 불일치 상 황을 설명하도록 유도

인지갈등의 불안 유형에서 **논리적 오개념 확신형**은 불일치 상황을 보기 전의 사

전 예측 단계에서 체계적이고 논리적인 대안 개념을 갖고 그 현상이 어떻게 되리라고 주장하는 확신정도가 매우 높은 유형이었다. 이러한 유형은 자기 자신의 개념에 대한 확신 정도가 매우 높았고, 자신의 생각이 무엇인가를 논리적으로 잘 설명할 수 있으며, 불일치 상황을 보고도 자신의 설명 방식을 고수하려는 반응을 보이기도 한다. 따라서 이러한 학생에게는 과학적 개념을 이용하여 설명하는 방식과 자신의 설명 방식과의 차이점을 비판적 관점에서 비교시키는 단계가 강조되어야 하고, 개념이 적용되는 맥락을 바꾸어 두 관점을 비교할 수 있도록 해주어야 한다. 예를 들어 종이와 무거운 책이 동시에 떨어지는 현상을 공기의 압력을 이용하여 설명하는 방식과 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 가속도를 비교하여 설명하는 방식을 비교할 수 있는 기회를 주어야 한다.

**변인 추가 시도형** 학생에게는 실제로 그 변인을 변화시켜 실험을 할 수 있도록 실험 환경을 만들어 주어야 한다. 예를 들어 종이 낙하 과제에서는 종이와 책의 크기를 바꾸어 가며 실험을 할 수 있도록 해주어야 하고, 물컵 과제에서는 물컵에 구멍의 크기와 방향을 실제로 변화시켜 가면서 실험을 할 수 있도록 해주어야 하며, 선풍기 과제에서는 선풍기의 바람의 속도를 더 크게 조절 할 수 있도록 하거나, 더 큰 선풍기를 이용할 수 있도록 해주어야 한다. 그리고 그 다음 단계에서는 이러한 변인들이 실험 결과에 영향을 미치지 않는 이유를 과학적 개념을 도입하여 설명할 필요가 있다. 이 때 과학적 개념이 맥락 일반적으로 적용됨을 강조한다.

**자신감 부족형** 학생에게는 도입할 과학 개념과 관련된 좀 더 쉬운 난이도의 인지갈등 과제를 제시해야 한다. 예를 들어 선풍기 과제에서는 판이 없는 선풍기·수레 과제나, 바닥 위에서 작동되고 있는 선풍기에 작용하는 힘을 표시하여 운동 상태를 예측할 수 있는 난이도가 좀 더 쉬운 과제를 먼저 수행해 볼 필요가 있다. 이러한 과정을 통해서 자아 개념에 긍정적인 성공 경험을 하도록 도와 자기 효능감을 증진시킬 필요가 있다.

**과거경험 충돌형** 학생에게는 학생이 듣거나 경험했던 과거의 어떤 생각이 불일치 상황을 설명하는데 충돌을 일으키는가를 명확히 설명할 수 있도록 해야 한다. 그리고 갈등 해소 단계에서 도입한 과학적 개념과 자신이 갖고 있던 과거경험 사이의 차이점을 명확히 구분할 수 있도록 해야 한다.

한편, 낮은 불안 유형으로서 **예측 결과 양립형**인 학생에게는 실험 예측 단계에서 서로 다른 예측을 한 이유를 구체적으로 설명하도록 해야 한다. 이러한 예측의 근거가 나름대로 논리적인 이유를 갖고 이러한 반응을 보인 것인지 아니면 두 결과 중 한 결과는 나오리라고 단순한 추측에 근거하여 예측한 것인가를 명확히 할 필요가 있다.

**합리적 수정형**을 보이는 학생에게는 수정한 학생의 개념과 갈등 해소를 위해서 도입한 과학적 개념과의 유사성을 확인하도록 한 후, 과학적 개념을 이용해 불일치 상황을 정량적으로 설명할 수 있도록 한다.

**타인 의존형** 학생에게는 교사에게만 너무 의존하려는 경향에서 벗어나 자신의 생각으로 불일치 상황을 설명해보도록 충분한 시간을 준다. 또한 이 유형의 학생에게는 과학 개념을 능동적으로 자기 개념으로 만들기 위해서는 자기 나름대로의 생각으로 문제 해결을 위해 접근해보는 것이 교사에 의존하여 일방적으로 과학 개념을 수용하는 태도보다 바람직하다는 사실을 숙지시킬 필요가 있다.

**과거경험 융합형** 학생들은 과거에 책에서 보았던 기억이나 교사에게 들었던 경험을 이용하여 불일치 상황을 합리화시키는 유형이다. 따라서 과거경험을 통해서 알게 된 자신의 개념을 이용하여 불일치 상황을 논리적으로 설명해 보도록 유도해야 한다. 예를 들어 가벼운 종이를 무거운 책 위에 올려놓았을 때 같이 떨어지는 현상을 보고, 지구 과학 시간에 무거운 물체와 가벼운 물체는 같이 떨어진다는 것을 배운 적이 있다고 강조하며 불일치 현상을 합리화시킬 때, 왜 같이 떨어지는가를 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 설명해 보도록 질문할 필요가 있다.

## 다. 개념 이해 관리 단계

셋째, 불안 유형에 근거하여 학습 처치를 수행한 후 시간이 지난 뒤에는 물리 교과에 대한 학습동기 유형(내재적 목표, 외재적 목표, 목표 부족 등)에 따라 이해한 과학 개념을 잘 유지하고 관리하고 있는가를 확인할 필요가 있다.

물리 교과에 대한 학습동기가 거의 없었던 회귀 지속형에 속했던 학생 10명의 사례를 보면, 인지갈등을 높게 경험하고 면담 학습을 통해서 과학 개념을 이해했어도,

면담 학습 이후 학습의지가 없었기 때문에 결국 두 번의 평가에서 모두 비과학적 개념으로 다시 회귀하였다. 또한 학생 5번의 사례에서 나타났듯이 수업과 갈등 과제에 대한 흥미가 높았어도 면담 학습 이후, 지속적인 학습전략과 학습전략을 관리하는 학습의지전략을 활용하지 못할 때는 역시 비과학적 개념으로 다시 회귀하였다. 자신이 명확히 이해하지 못하는 개념을 선택적으로 확인하여 주의를 집중하거나 노력활동을 통해서 학습전략을 지속시키는 역할은 학습의지에 달려있다. 학습의지전략은 이와 같이 학습전략을 관리하고 지속시키는 역할을 한다.

따라서 교사는 학습 이후, 학생들을 그대로 방치할 것이 아니라 물리 교과에 대한 학습동기에 따라 학습의지를 확인하고 그 학생이 이해했던 과학적 개념을 지속시키고 유지하기 위해 학습전략과 학습의지전략을 활용하고 있는가를 확인해야 한다. 이러한 확인 과정을 통해서 학습의지가 약한 학생들에게 자기 효능감을 강화시키고, 스트레스를 감소시키는 전략을 습득할 수 있도록 적절한 학습 과제를 부여하고 그 성취 결과를 확인하는 적극적인 피드백 활동이 이루어져야 한다. 이러한 과정이 교사와 학생 사이에서 활발하게 이루어 질 때, ‘오개념 회귀형’ 학생들에게도 과학적 개념 변화가 촉진될 수 있을 것이다.

## V. 요약 및 결론

이 연구에서는 대학생들을 참여자로 높은 인지갈등을 경험한 학생들이 인지갈등 상황에서 보이는 불안 유형을 분석하고, 그 불안 유형에 따른 물리 개념 학습 과정의 특징을 알아보았다. 또한 높은 인지갈등을 경험한 학생들을 개념 변화 유형별로 구분하여 두 번의 개념 평가 결과에 관한 성·패 귀인을 동기 심리학적 요인을 기준으로 분석하였다. 이 장에서는 이 연구의 결과를 요약하고, 연구 결과를 근거로 결론을 제시하였다. 그리고 제언에서는 이 연구의 후속 연구로 발전되어야 할 연구 주제를 제안하였다.

### 1. 요약

인지갈등이 과학 개념 변화에 중요한 필요 조건이라는 연구 결과는 많으나, 어떤 갈등 유형이 개념 학습을 촉진시키고, 어떤 갈등 유형이 개념 학습을 방해하는가를 탐구한 연구는 찾아보기 힘들다. 또한 인지갈등 전략 수업을 통해서 과학 개념을 이해한 학생이 시간이 지난 뒤에 다시 비과학적 개념으로 회귀하는 이유를 학생과의 구체적인 면담을 통해서 알아본 연구도 거의 없는 실정이다.

그러므로 이 연구에서는 시간의 흐름을 기준으로 다음과 같은 두 가지 연구 문제를 수행하였다. 첫 번째는 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 높게 일으킨 학생이 인지갈등 유발 단계에서 경험할 수 있는 문제점을 인지갈등의 불안 유형에 초점을 맞추어 알아보았다. 불안 유형에 초점을 맞춘 이유는 인지갈등의 구성 요인 중 갈등의 ‘인식’과 ‘재평가’, 갈등 상황에 대한 ‘흥미’ 등은 개념 학습에 긍정적인 요인이지만, 갈등 상황에 대한 ‘불안’은 학습자의 반응에 따라 부정적이거나 긍정적인 두 가지 성격을 갖고 있기 때문이다.

둘째로 높은 인지갈등을 경험한 학생이 개념 학습 이후 시간이 지난 후에 개념 이해를 지속시키거나 못하는 원인을 학생 면담을 통해서 알아보고 그 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분석하였다. 이와 같이 학생 스스로 인식하고 있는 성·패

원인을 동기 심리학적 관점(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등의 관점)에서 분석함으로써 그 학생의 자기 조절적 특성의 문제를 확인할 수 있었다.

이러한 연구 목적을 위해서 질적 연구 방법을 이용하여 교사 양성 대학에서 기초역학을 수강하는 11명의 연구 참여 학생의 면담 자료, 비디오 녹화자료, 문서자료, 관찰기록 등을 분석하였다.

기초역학을 수업하는 기간 중 개념 변화를 위해 인지갈등을 일으키는 다양한 인지갈등 과제를 제시하였다. 이 과제 중에서 사례제시면담을 이용하여 제시한 종이·책 낙하 과제, 구멍난 물컵 던지기 과제, 선풍기·수레 과제 등 세 가지 과제에 초점을 맞추어 연구 결과를 분석하였다. 사례제시면담 과정에서 학생의 사전 예측이 실험 결과와 다른 경우에는 인지갈등 검사도구와 면담을 이용하여 갈등정도를 측정하였다. 이 과정에서 인지갈등 수준이 높은 학생(인지갈등 요인 중 인식, 흥미, 재평가 요인이 높으면서 과제에 따라 불안 요인이 높거나 낮은 학생)을 참여자로 불안 유형을 조사하였다. 또한 면담에서 제시한 인지갈등 과제를 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 해결하지 못하는 학생은 스스로 해결할 수 있을 때까지 연구자와 면담 학습을 수행하였다. 그 후 2주 후에 이 세 가지 과제에 관해서 1차 평가와 면담을 하였고, 다시 3주 후 기말 평가에서 2차 평가와 면담을 한 후 각 평가 결과에 대한 개념 이해에 관한 귀인 면담을 수행하였다. 그리고 이 귀인을 동기 심리학(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등)적 관점에서 분석하였다.

이와 같은 과정을 통해서 알아낸 연구 결과는 다음과 같다.

## 가. 인지갈등의 불안 유형과 물리 개념 학습 과정의 특징

### 연구 문제 1

- 불일치 상황에서 인지갈등의 구성 요인인 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인을 비롯해 ‘불안’ 요인에도 높게 반응하는 학생의 불안 유형에는 어떤 유형이 있는가?

인지갈등 요인 중 인식, 흥미, 재평가 요인에 높게 반응하는 학생이 다음 네 가지

불안 유형을 보일 때는 높은 불안을 경험하였다. 이 네 가지 유형은 인지갈등 과제  
의 사전 예측 단계에서 예상되는 결과를 논리적인 오개념을 이용하여 설명하고 그  
개념을 매우 확신하는 유형('논리적 오개념 확신형'), 불일치 상황을 보고 변인을 추  
가하며 설명을 시도하는 유형('변인 추가 시도형'), 불일치 상황을 설명할 자신감이  
없는 유형('자신감 부족형'), 갈등 상황에서 과거경험과 충돌하는 유형('과거경험 충  
돌형') 등이다.

- 불일치 상황에서 인지갈등의 구성 요인 중 '인식', '흥미', '재평가' 요인에는 높게  
반응하나 '불안' 요인에는 낮게 반응하는 학생의 불안 유형에는 어떤 유형이 있는  
가?

다음과 같은 네 가지 불안 유형을 보일 때는 낮은 불안을 경험하였다. 이 네 가  
지 불안 유형은 불일치 상황에 대한 사전 예측 결과가 양립되어 있는 유형('예측  
결과 양립형'), 갈등 상황을 보고 합리적 수정을 바로 하는 유형('합리적 수정형'),  
불일치 상황이 일어난 결과를 인정하고 교사에 의존해서 해결하면 된다는 타인 의  
존적 유형('타인 의존형'), 불일치 상황을 책에서 읽은 기억이나 수업 시간에 배웠던  
과거경험과 융합시켜 합리화시키는 유형('과거경험 융합형') 등이다.

## 연구 문제 2

- 인지갈등의 높은 불안과 낮은 불안을 경험할 때 나타나는 불안 유형 중 물리 개  
념 변화를 촉진하는 긍정적 유형과 개념 변화를 방해하는 부정적 유형은 무엇인가?

인지갈등 상황에서의 학생 면담 내용과 두 번의 과학 개념 평가를 근거로 인지갈  
등의 높은 불안에서 '논리적 오개념 확신형'과 낮은 불안에서 '합리적 설명형'은 개  
념 학습 과정에 개념 변화를 촉진시키는 긍정적인 역할을 하는 것으로 확인되었다.  
반면, 높은 불안의 '과거경험 충돌형', '변인 추가 시도형', '자신감 부족형'과 낮은  
불안의 '과거경험 융합형', '예측 결과 양립형', '타인 의존형'은 인지갈등 전략을 적  
용할 때 좀 더 구체적인 학습 처치 방법이 필요한 유형으로 확인되었다. 따라서 불

안 상태가 높거나 낮은 정도보다는 불안 유형에 따라 학습동기 형성과 개념 학습 과정에 다른 영향을 미칠 수 있다는 점을 알 수 있었다. 그러므로 이러한 결과는 인지갈등 유발 단계에서 불안 유형의 특징에 따라 그 유형에 적합한 개념 변화 전략이 적용되어야 함을 의미한다.

## 나. 물리 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심리학적 특성

### 연구 문제 3

- 높은 인지갈등을 경험한 학생들을 개념 변화 유형별로 구분하여 개념 이해에 관한 성·패 귀인을 동기 심리학적 요인을 기준으로 분석을 했을 때 나타나는 심리학적 특징(학습동기, 학습전략, 학습의지전략 등)은 무엇인가?

면담 학습 이후 두 번의 평가에서 세 가지 과제를 모두 과학적 개념으로 해결한 학생('과학개념 지속형')은 물리 학습에 대한 내재적 목표(동기)를 갖고 있었으며, 학습 활동에서 학습전략과 학습의지전략을 평가 독립적으로 이용하고 있었다. 반면, 두 번의 평가에서 세 가지 과제를 모두 비과학적 개념으로 이해하고 있던 학생('오개념 회귀형')은 두 가지 유형으로 구분할 수 있었다. 첫 번째 유형은 학습에 흥미는 높았으나 학습전략을 관리하고 유지시키는 학습의지전략을 적용하지 못하는 유형이었고, 두 번째 유형은 수업 초기부터 물리 학습에 대한 동기가 없었기 때문에 학습의지가 부족한 유형이었다. 또한 세 가지 과제 중 한 가지 과제를 일차 평가에서 과학적 개념으로 해결하지 못한 학생('오개념 회귀·과학개념 발전형'과 '오개념 혼합형')은 학습동기 요인 중 평가 의존적 외재적 목표(동기)를 갖고 있었다. 이 학생들은 과제에 대한 목표지향과 동기 특성에 따라 학습전략을 불규칙적으로 활용하였기 때문에 개념을 이해하여 지속시키는 정도가 인지갈등 과제에 따라 다르게 나타났다.

### 연구 문제 4

- 물리 개념 학습에서 인지갈등의 불안 유형과 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심

리학적 요인 분석 결과를 통해서 확인된 특징은 인지갈등 전략을 적용할 때 고려해야 할 사항으로 무엇을 시사하는가?

인지갈등 유발 단계에서 교사는 학생의 인지갈등의 불안 유형을 확인하여 적절한 학습 처치를 할 필요가 있다. 학생의 불안 유형이 ‘논리적 오개념 확산형’이나 ‘합리적 수정형’일 경우는 기존의 인지갈등 전략에 따라 갈등해소를 하여도 바람직하리라 예상되나, ‘과거경험 충돌형’, ‘과거경험 융합형’, ‘변인 추가 시도형’, ‘예측 결과 양립형’, ‘자신감 부족형’, ‘타인 의존형’ 등 여섯 가지 유형의 경우는 그 유형에 적합한 학습 처치와 갈등해소 방법이 필요한 것으로 보인다.

또한, 불일치 상황에서 인지갈등 수준을 높게 경험한 학생이 면담학습을 하였어도 내재적 목표(동기)를 갖고 학습전략과 학습의지전략을 사용하여 안정된 노력 활동을 하지 않으면 개념 이해의 지속성과 맥락 일반성을 성취하기 어렵다는 사실을 확인하였다. 따라서 인지갈등 경험 이후 갈등이 건설적으로 관리되기 위해서는 물리 교과에 대한 사전 학습동기와 학습전략 및 학습의지전략의 관리가 필요함을 확인하였다.

## 2. 결 론

시간의 흐름을 기준으로 자신의 생각과 다른 불일치 상황을 보고 인지갈등을 높게 일으킨 학생이 인지갈등 유발 단계에서 경험할 수 있는 문제점을 인지갈등의 불안 유형에 초점을 맞추어 알아보았다. 그리고 높은 인지갈등을 경험한 학생이 개념 학습 이후 시간이 지난 후에 이해한 개념을 잘 유지하거나 못하는 원인을 학생 면담을 통해서 알아보고 그 귀인을 동기 심리학적 관점에서 분석하였다.

이러한 연구 결과를 통해서 다음과 결론을 내릴 수 있다.

### 가. 인지갈등의 불안 유형과 물리 개념 학습 과정의 특징

첫째, 인지갈등 상황에서 학생의 불안 유형을 고려한 학습 처치가 필요하다. 연구 결과를 근거로 인지갈등의 긍정적 유형을 제안한다면, 인지갈등 구성 요인 중, ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’ 요인에 높은 수준으로 반응하고, 높은 불안에서는 ‘논리적 오개념 확산형’과 낮은 불안에서는 ‘합리적 수정형’의 반응을 보이는 경우이다. 이러한 유형은 개념 변화 학습을 촉진하는 것으로 확인되었다. 반면, 높은 불안의 ‘과거경험 충돌형’, ‘변인 추가 시도형’, ‘자신감 부족형’과 낮은 불안의 ‘과거경험 융합형’, ‘결과 양립형’, ‘타인 의존형’은 인지갈등 전략을 적용할 때 좀 더 구체적인 학습 처치 방법이 필요한 유형으로 확인되었다. 특히 낮은 불안에서 ‘과거경험 융합형’은 불일치 상황을 학생의 과거경험을 이용해 합리화시키는 유형으로서 갈등 상황을 빠르게 인식하는 과정에 방해가 될 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 연구자는 인지갈등의 ‘불안’ 요인이 인지갈등의 이중적인 본질(건설적 또는 비건설적 특성)을 잘 표현하는 요인이라고 생각한다. 실험 연구를 수행한 다른 연구자들은 인지갈등 요인 중 ‘인식’, ‘재평가’, ‘흥미’가 높고, ‘불안’ 요인이 낮을 때, 개념 변화에 바람직하다고 제안하였다. 그러나, ‘불안’ 요인에 대한 반응은 단편적인 한 가지 유형의 반응이 아니고 불안의 높·낮이와 상관없이 개념 학습 과정을 촉진하는 유형과 인지갈등 유발 단계에서 좀 더 세분화된 학습전략이 필요한 유형으로 구분할 수 있었다.

#### 나. 물리 개념 이해에 관한 귀인의 동기 심리학적 특성

둘째, 인지갈등을 높게 경험한 학생이 인지갈등 전략 학습 이후, 시간이 지난 뒤에도 과학적 개념을 잘 유지하도록 돕기 위해서는 물리 교과에 학습동기와 학습전략을 지속시키고 보호하는 학습의지전략이 관리되어야 한다. 인지갈등 해소를 위한 면담 학습 이후 두 번의 평가에서 모두 세 가지 과제를 과학적 개념으로 해결한 학생(‘과학개념 지속형’)은 물리 학습에 대한 내재적 동기를 가지고 있었으며, 학습활동에서 학습전략과 학습의지전략을 평가 독립적으로 이용하고 있었다. 반면, 두 번의 평가에서 세 가지 과제를 과학적 개념으로 해결하지 못했던 학생(‘오개념 회귀형’)은 학습에 흥미는 높았으나 학습전략을 관리하고 유지시키는 학습의지전략을 적용하지 못하는 경우나, 수업 초기부터 물리 학습에 대한 동기가 없었기 때문에

학습의지가 처음부터 부족한 경우였다. 또한 일차 평가에서 과학적 개념으로 해결하지 못한 학생('오개념 회귀·과학개념 발전형' 또는 '오개념 혼합형')은 학습동기요인 중 목표지향이 없거나 평가 의존적인 외재적 동기를 갖고 있었다. 따라서 이 학생들은 동기 특성에 따라 학습전략을 사용하지 않거나 평가 전에만 학습전략을 적용하였다. 그러므로 불일치 상황에서 인지갈등을 높게 경험하였어도 내재적 동기를 갖고 학습전략과 학습의지전략을 사용하여 안정된 노력 활동을 하지 않으면 개념 이해의 지속성과 맥락 일반성을 성취하기 어렵다는 사실을 확인할 수 있었다.

이러한 결론은 교실 맥락에서 학습자는 학습 전부터 이미 동기화된 작은 과학자가 아니라 사회적 환경과 주변 맥락에 영향을 받아 불일치 상황에서 다양한 불안 유형을 가질 수 있고, 학습 이후에도 서로 다른 동기 유형을 가질 수 있는 불안정한 존재라는 것을 지지한다.

### 3. 제 언

이 연구는 한 학기 동안 기초역학 수업을 수강한 11명의 학생을 참여자로 수행한 질적 연구이다. 이 연구의 후속 연구가 될 수 있는 연구 과제를 제안하면 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 제시한 물리 개념 학습에서 인지갈등의 불안유형과 인지갈등 전략 적용에 시사점을 보다 일반화하기 위해서는 좀 더 장기적이고 체계적인 질적 연구와 실험연구가 필요하다. 특히 이 연구에서는 인지갈등을 높게 경험하는 학생들의 개념 변화에 초점을 맞추었으나, 갈등을 낮게 경험하는 학생이나, 갈등을 회피하는 학생들의 특성은 무엇이며, 이 학생들에게 적합한 인지갈등 전략은 무엇인지 알아볼 필요가 있다.

둘째, 이 연구에서는 사례제시면담에서 세 가지 과제를 사용하여 연구 결과를 분석하였다. 비슷한 개념 맥락을 갖고 있는 다양한 인지갈등 과제를 개발하여 어떤 인지갈등 과제가 학생의 과제 가치와 내재적 동기를 증진시키는데 바람직한가를 알아볼 필요가 있다.

셋째, 이 연구를 수행한 결과 불일치 상황을 경험한 학생들의 낮은 불안과 높은

불안을 경험하는 유형을 총 8가지로 분류하였다. 다양한 학생들을 사례로 심층적인 연구를 수행할 경우 이 연구에서 발견하지 못한 다른 불안 유형을 발견할 수도 있으리라 생각된다.

넷째, 실제로 불안 유형에 근거한 학습전략을 좀 더 구체화시켜 적용하고 그 효과를 알아볼 필요가 있으며, 학생의 내재적 동기를 강화시켜주기 위해서는 수업활동에서 구체적으로 어떤 요인이 뒷받침 되어야하는가를 치밀한 질적 연구를 통해서 알아볼 필요가 있다.

마지막으로 질적 연구를 통해서 만들어진 불안 유형에 근거한 인지갈등 전략을 다인수 학급인 우리의 교실 맥락에서 장기간 종단적으로 수행해 볼 필요가 있다. 우리 교실 맥락에서 이러한 동기유발 전략을 장기간 적용할 때 과학 교과와 학습목표 달성에 어떠한 긍정적 역할과 교육적 시사점을 수반하는가를 알아볼 필요가 있다. 또한 현재의 교육 현실에서 인지갈등의 건설적인 관리를 방해하는 사회적 요인과 개인적 요인은 무엇인지 밝혀 볼 필요가 있다. 이러한 종단적 연구가 가능하기 위해서는 다양한 난이도의 인지갈등 자료와 인지갈등 수업전략 지도안의 개발 및 갈등자료 관리 시스템이 전제되어야 할 것이다.

이와 같이 위에서 진술한 미시적 질적 연구와 거시적 실험 연구가 상호작용하며 발전될 때, 인지갈등 연구의 결과물이 우리 중등 과학교육과 대학 과학교육의 현장 개선에 공헌할 수 있으리라 생각한다.

## 참고 문헌

- 권난주(1994). 과학개념학습을 위한 수업모형의 비교와 일반 모형 탐색. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 권난주(2000). 인지갈등에 의한 중학생의 과학 개념 변화에서 학습자특성의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 권성기(1998). 과학학습과 구성주의. 김종문 외 13인 공저, 구성주의 교육학(pp. 361-393). 서울: 교육과학사.
- 권재술(1989). 과학 개념의 한 인지적 모형. 물리교육, 7, 1-9.
- 권재술(1992). 과학 개념 학습을 위한 수업 절차와 전략. 한국과학교육학회지, 12, 19-29.
- 권혁구(1999). 과학학습에서 발생하는 고등학생의 인지갈등 측정도구개발. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 길현정(1997). 초인지전략이 질량보존 개념 변화에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김명련(1994). 인지갈등 수업 전략이 중학생의 과학 개념 변화와 과학적 태도에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김범기, 권재술(1995). 과학개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 15, 472-486.
- 김석천(1998). 문항의 맥락에 따른 작용-반작용 개념의 학습 지속 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김연수, 이영직, 최혁준, 권재술(2001). 과학교사들의 현상제시 인지갈등자료 개발과 인지갈등 수업전략 적용. 제 3회 과학교육연합 학술대회 발표 요약집.
- 김연수, 권재술(2000). 나이에 따른 학생들의 힘에 관한 개념 변화 특성. 한국과학교육학회지, 20, 221-233.
- 김연수, 서상오, 이경호, 박현주, 권재술(2001a). 중등과학교육에서 인지갈등 수업전략 활용 실태. 한국과학교육학회지, 21, 400-410.
- 김영천(1998). 학교 교육현상 탐구를 위한 질적 연구의 방법과 과정. 이용숙·김영천 편(1998), 교육에서의 질적 연구: 방법과 적용, pp. 73-106. 교육과학사.
- 김익균(1991). 대립 개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념 변화. 서울대학교 박사학위논문.
- 김익균(1997). 꼬마전구 실험에서 자신의 생각과 불일치 하는 실험결과에 대한 대학생들의 반응. 물리교육, 15, 88-99.
- 김정자(2001). 불일치 상황 제시 수업에서 나타난 고등학생 질문 분석. 한국교원대

학교 석사학위논문.

- 김정환(1999). 과학학습에서 불일치 상황에 대면한 중학생의 인지갈등 측정도구개발. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김준희(2002). 전기회로 과제에서 초등학생들의 귀인성향에 따른 인지갈등과 개념변화. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김지나, 이영직, 권재술(2000). 갈등상황 제시 유형에 따른 학생 개개인의 물리 개념 변화 경로 분석. 한국과학교육학회지, 20, 77-87.
- 김한호(1995). 과학수업모형의 이론적 분석과 현장적용연구. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 노태희, 장신호, 임희준(1998). 평소 학습과 시험 상황에서 초등학생의 인지전략과 메타인지 전략의 사용. 한국과학교육학회지, 18, 327-336.
- 박상석(1999). 과학학습에서 불일치 상황에 대면한 초등학생의 인지갈등 측정 도구 개발. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 박용운(1996). 전기회로에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 박종원(1992). 상대론 기초 개념 변화에 있어서 초인지의 역할. 서울대학교 박사학위논문.
- 박종원(2001). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석. 한국과학교육학회지, 21, 609-621.
- 박종원, 김익균, 이무, 김명환(1998). 학생 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 18, 283-298.
- 박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재(1993). 중학생의 빛과 그림자에 대한 증거평가. 한국과학교육학회지, 13, 135-145.
- 백성혜, 김혜경, 채우기, 권균, 노태희(1999). 학습자의 학습동기를 고려한 개념 변화 수업 모형의 효과 분석. 한국과학교육학회지, 19, 305-314.
- 서울대학교 교육연구소 편(1999). 교육학 용어사전. 하우동설.
- 송현미(1999). 생물 존재 필요성에 대한 중학생의 개념 생태 특징. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 심영이(1994). 인지갈등전략이 아동의 힘 개념 변화에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 오강수(1987). Newton 제 3법칙에 대한 오인의 원인 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 오원근(1998). 비일상적 상황의 무중력과 상대성이 도입된 구조화된 대비활동을 통한 중학생의 힘과 운동 개념 변화. 서울대학교 박사학위논문.

- 오재천(2002). 학습과제의 난이도에 따른 학생들의 인지갈등 정도와 개념변화 특성. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 원동만(2000). 논리제시에 의한 초등학생의 인지갈등 측정 도구 개발과 적용. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이경호(1990). 인지적 갈등상황에 대면한 학생들의 행동특성. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이경호(2000). 고등학생의 물리 개념 변화에 미치는 인지갈등, 학습동기와 학습전략의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 이경호, 권재술(1999). 관성개념에 대하여 자기의 생각과 불일치 하는 상황의 유형에 따른 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 19, 516-527.
- 이명숙(1998). 구성주의의 심리학적 근거. 김종문의 13인 공저, 구성주의 교육학(pp. 35-61). 서울: 교육과학사.
- 이선경(2000). 일반화학 학습의 맥락을 형성하는 학생들의 개념 생태 범주. 단국대학교 박사학위 논문.
- 이영직(1998). 인지갈등에 의한 고등학생의 물리 개념 변화. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 이용숙(1998). 교육에서의 질적 자료의 분석. 이용숙·김영천 편(1998), 교육에서의 질적 연구: 방법과 적용(pp. 107-186). 서울: 교육과학사.
- 임이숙(1996). 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등 상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 임이숙, 이영직, 권재술(1998). 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 18, 473-484.
- 전경문, 노태희(1997). 학생들의 과학 학습동기 및 전략. 한국과학교육학회지, 17, 415-424.
- 조용환(1999). 질적 연구 방법과 사례. 교육과학사.
- 진위교(1996). 강의 수업 모형. 서울특별시 교육연구원 편(1996), 수업 모형의 이론과 적용(pp. 17-43). 서울특별시 교육연구원.
- 차영(2001). 작용과 반작용을 이용한 학습에서 토론을 통한 인지갈등 유발과 개념변화의 관계. 한국교원대학교 석사학위논문.
- Amabile, T. M. (1985). Motivation and creativity: Effects of motivational orientation on creative writers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 393-397.
- Ames, C., & Archer, J. (1988). Achievement goals in the classroom: Student learning strategies and motivation processes. *Journal of Educational*

- Psychology, 80, 260-267.
- Anderman, E. M., & Young, A. J. (1994). Motivational and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 811-831.
- Anderson, L. W. (1981). *Assessing affective characteristics in the schools*. Boston: Allyn & Bacon, Inc.
- Atwater, M. M. (1996). Social constructivism: Infusion into the multicultural science research agenda. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 821-837.
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ball, S. (1995). Anxiety and test performance. In C. Spielberger & P. Vagg (Eds.), *Test anxiety: Theory, assessment, and treatment* (pp. 107-113). Washington, DC: Taylor & Francis.
- Bandura, A., & Cervone, D. (1983). Self-evaluative and self-efficacy mechanisms governing the motivational effects of goal systems. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 1017-1028.
- Barlia, L., & Beeth, M. E. (1999, March). High school students' motivation to engage in conceptual change learning in science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston, MA.
- Beeth, M. E. (1993). *Dynamic aspects of conceptual change instruction*. Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Benjamin, M., McKeachie, W. J., Lin, Y. G., & Hollinger, D. P. (1987). Test anxiety; Deficits in information processing. *Journal of Educational Psychology*, 79, 131-136.
- Berlyne, D. E. (1960). *Conflict, arousal, and curiosity*. New York: McGraw-Hill.
- Bringuier, J. C. (1980). *Conversations with Jean Piaget*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Bullivant, B. M. (1989). Culture: Its nature and meaning for education. In J. Banks & C. A. M. Banks (Eds.), *Multicultural education: Issues and perspectives* (pp. 27-48). Boston: Allyn & Bacon.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 1, 1123-1130.

- Chalmers, A. F. (1982). *What is this thing called science?: An assessment of the nature and status of science and its method*. St. Lucia, Queensland: University of Queensland Press.
- Chan, C., Burtis, J., Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15, 1-40.
- Chapman, M., & McBride, M. L. (1992). The education of reason: Cognitive conflict and its role in intellectual development. In C. U. Shantz & W. W. Hartup (Eds.), *Conflict in child and adolescent development* (pp. 36-69). New York: Cambridge University Press.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623-654.
- Coburn, W. W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. In K. G. Tobin (Ed.). *The practice of constructivism in science education* (pp. 51-69). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Coburn, W. W. (1996). Constructivism and non-western science education research. *International Journal of Science Education*, 18, 295-310.
- Cole, S. (1992). *Making science: Between nature and society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Corno, L. (1993). The best-laid plans: Modern conceptions of volition and educational research, *Educational Research*, 22, 14-22.
- Corno, L. (1995). Expanding the volitional resources of urban community college students, *New Directions for Teaching and Learning*, 63, 57-70.
- Corno, L., & Kanfer, R. (1993). The role of volition in learning and performance, *Review of Research in Education*, 19, 301-341.
- Culler, R. E., & Holahan, C. J. (1980). Test anxiety and academic performance: The effects of study related behaviors. *Journal of Educational Psychology*, 72, 16-20.
- Dana, T. M., & Davis, N. T. (1993). On considering constructivism for improving mathematics and science teaching and learning. In K. G. Tobin

- (Ed.). The practice of constructivism in science education (pp. 325-333). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change: Some implications, difficulties, and problems. *Science education*, 74, 555-569.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Druyan, S. (1997). Effect of the kinesthetic conflict on promoting scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1083-1099.
- Dykstra, D. (1992). Studying conceptual change: Constructing new understanding. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 40-58). Proceeding of an international workshop. Kiel, Germany: Institute for Science Education.
- Eccles, J. S. (1983). Expectancies, values and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives* (pp. 75-146). San Francisco: Freeman.
- Elizabeth, L. L., & Galloway, D. (1996). Conceptual links between cognitive acceleration through science education and motivational style: A critique of Adey and Shayer. *International Journal of Science Education*, 18, 35-49.
- Everson, H., Smoldaka, I., & Tobbias, S. (1994). Exploring the relationship of test anxiety and metacognition on reading test performance: A cognitive analysis. *Anxiety, Stress & Coping: An International Journal*, 7, 85-96.
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Fravell, J. H. (1979). *Cognitive development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Gagné, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The cognitive psychology of school learning*. Addison-Wesley.
- Garcia, T., McCann, E. J., Turner, J. E., & Roska, L. (1998). Modeling the mediating role of volition in the learning process. *Contemporary*

- Educational Psychology, 23, 392-418.
- Gardner, H. (1987). *The mind's new science: A history of the cognitive resolution*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1991). *The unschooled mind: How children think and how schools should teach*. New York: Basic.
- Geelan, D. R. (1997). Epistemological anarchy and the many forms of constructivism. *Science & Education*, 6, 15-28.
- Gergen, K. J. (1995). Social construction and the educational process. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 17-40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (조연주, 조미현, 권형규 공역(1997). *구성주의와 교육*. 서울: 학지사.)
- Giere, R. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine Pub. Co.
- Goetz, J., & M. LeCompte. (1984). *Ethnography and qualitative design in educational research*. New York: Academic Press.
- Graham, S. (1994). Classroom motivation from an attributional perspective. In M. Drillings (Ed.), *Motivation: Theory and research* (pp. 31-48). Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates.
- Gredler, M. E. (2001). *Learning and Instruction: theory into practice*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Guba, E. & Lincoln, Y. (1994). Competing Paradigms in Qualitative Research. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research*. London: Sage.
- Halisch, F., & Kuhl, J. (1987). *Motivation, intention, and volition*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (1993). *Fundamentals of physics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 55-87.
- Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8, 229-249

- Hembree, R. (1988). Correlates, causes, effects, and treatment of test anxiety. *Review of Educational Research*, 58, 47-77.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- Hestenes, D., & Wells, M. (1992). A mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30, 159-166.
- Hewitt, P. G. (1997). *Conceptual physics*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3, 383-396.
- Hewson, P. W. (1982). A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4, 61-78.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. (1992). The status of students' conception. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 59-73). *Proceeding of an international workshop*. Kiel, Germany: Institute for Science Education.
- Hewson, P. W., Beeth, M. E., & Thorley, N. R. (1998). Teaching for conceptual change. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education part one* (pp. 199-218). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Tjosvold, D. (2000). Constructive Controversy: The value of intellectual opposition. In M. Deutsch & P. T. Coleman (Ed.), *The handbook of conflict resolution*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Kim, Y. S., Kwon, J. S., & Park, H. J. (2001, March). Cognitive conflict and causal attributions to successful conceptual change in physics learning. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St. Louis, MO.
- Knorr-Cetina, K. (1981). *The manufacture of knowledge: An essay on the*

- constructivist and contextual nature of science. New York: Pergamon.
- Kuhl, J. (1985). Volitional mediators of cognition-behavior consistency: Self-regulatory processes and action versus orientation. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Action Control: From cognition to behavior* (pp. 101-128). New York: Springer-Verlag.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kwon, J. S., Lee, G. H., Park, H. G., Kim, J. K. (2000, April). The relationship between the characteristics of cognitive conflict and responses to anomalous situations when learning science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA.
- Latour, B. (1987). *Science in action*. Cambridge, England: Harvard University Press.
- Lawson, A. (1991). Is Piaget's epistemic subject dead? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 581-592.
- Lee, G. H., Kwon, J. S., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., Park, H. K. (1999). The development of an instrument for the measuring of students' cognitive conflict levels. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston, MA.
- Lee, O., & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in sixth grade science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 303-318.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal, *Learning and Instruction*. 11, 357-380.
- Lincoln, Y., & Guba, E. (1989). *Fourth generation evaluation*, Newbery Park: Sage.
- Linn, R. L., & Erickson, F. (1990). *Research in teaching and learning* (vol. 2): Quantitative Methods, Qualitative Methods. NY: McMillan Publishing Co.
- Luthar, S. (1995). Social competence in the school setting: Prospective cross-domain associations among inner-city teens. *Child Development*, 66, 416-429.
- Matthew, M. R. (1994). Science teaching: The role of history and philosophy of science. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp.

- 137-161). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (조연주, 조미현, 권형규 공역(1997). 구성주의와 교육. 서울: 학지사.).
- McCann, E. J., & Garcia, T. (1999). Maintaining motivation and regulating emotion: Measuring individual differences in academic volitional strategies. *Learning and Individual Differences*, 11, 259-279.
- McCombs, B. L., & Marzano, R. J. (1990). Putting the self in self-regulated learning: The self as agent in integrating skill and will. *Educational Psychologist*, 25, 51-70.
- McKeachie, W. J., Pintrich, P. R., & Lin, Y. G. (1985). Teaching learning strategies. *Educational Psychologist*, 20, 153-160.
- Mintzes, J. J., & Wandersee, J. H. (1998). Reform and innovation in science teaching: A human constructivist view. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (eds.). *Teaching science for understanding* (pp. 29-58). San Diego, California: Academic Press.
- Mischel, H. N., & Mischel, W. (1983). The development of children's knowledge of self-control strategies. *Child Development*, 54, 603-619.
- Murphy, P. K., & Alexander, P. A. (2000). A motivated exploration of motivation terminology. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 3-53.
- Niaz, M. (1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problems: A dialectic-constructivist perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 959-970.
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative framework, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Osborne, J. F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80(1), 53-82.
- Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring students' view of the world. *Physics Education*, 15, 376-379.
- Osborne, R. J., & Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implication of children's science*. Auckland, NZ: Heinemann.
- Park, H. J. (1995). A study of the components of students' conceptual ecologies. Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Pekrun, R. (1988). Anxiety and motivation in achievement settings: Towards a systems-theoretical approach. *International Journal of Educational Psychology*, 82, 33-40.

- Pepper, S. (1942). *World hypotheses*. Berkeley: University of California Press.
- Phillips, D. C. (1995). The good, the bad, and the ugly: The many faces of constructivism. *Educational Researcher*, 24, 5-12.
- Piaget, J. (1967). The mental development fo the child. In D. Elkind (Ed.), *Six psychological studies*. New York, NY: Random House. (Original work published in 1940).
- Piaget, J. (1977). Problem in equilibration. In M. Appel & Goldberg (Eds.), *Topics in cognitive development: Vol. 1. Equilibration: Theory, research, and application* (pp. 3-13). New York: Plenum.
- Piaget, J. (1985). *The equilibration of cognitive structures*. Chicago: University of Chicago Press.
- Pines, A. L., & West, L. H. T. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research with a source of knowledge framework. *Science Education*, 70, 583-604.
- Pintrich, P. R., & De Groot. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82. 33-40.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Columbus, OH: Merrill.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-200.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1993a). Reliability and predictive validity of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ). *Educational and Psychological Measurement*, 53, 801-813.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 221-227.
- Posner, G. J., & Gertzog, W. A. (1982). The clinical interview and the measurement of conceptual change. *Science Education*, 66, 195-209.
- Reed, J. L., & Hagan, A. S., Wicker, F. W., & Schallert, D. L. (1996). Involvement as a temporal dynamic: Affective factors in studying for

- exams. *Journal of Educational Psychology*, 88, 101-109.
- Sansone, C., & Morgan, C. (1992). Intrinsic motivation and education: Competence in Context. *Motivation and Emotion*, 16, 249-269.
- Sarason, I. G., & Sarason, B. R. (1990). Test anxiety. In H. Leitenberg (Ed.), *Handbook of social and evaluation anxiety* (pp. 475-495). New York: Plenum.
- Schunk, D. H. (1989). Self-efficacy and cognitive achievement: Implication for students with learning problems. *Journal of Learning Disabilities*, 22, 14-22.
- Schunk, D. H. (1991). Self-efficacy and academic motivation. *Educational Psychologist*, 26, 207-232.
- Scott, P. H., Asoko, H. M., & Driver, R. H. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 310-329). Proceeding of an international workshop. Kiel, Germany: Institute for Science Education.
- Shade, B. J., & New, C. A. (1993). Cultural influences on learning: Teaching implications. In J. Banks & C. A. M. Banks (Eds.), *Multicultural education: Issues and perspectives* (pp. 317-333). Boston: Allyn & Bacon.
- Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuit. *International Journal of Science Education*, 21, 77-94.
- Snow, R.E., Corno, L., & Jackson, D. (1996). Individual differences in affective and conative functions. In D. Berliner & R. Calfee(Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 243-310). New York: Macmillan.
- Spielberger, C. (1972). Experimental approaches to test anxiety; Attention and the uses of information. In C. D. Spielberger(Ed.), *Anxiety; Current trends in theory and research*, (Vol, 2), N. Y: Academic press.
- Spielberger, C., & Vagg, P. (1995). Test anxiety: A transactional process model. In C. Spielberger & P. Vagg (Eds.), *Test anxiety: Theory, assessment, and treatment* (pp. 3-14). Washington, DC: Taylor & Francis.
- Spradley, J. P. (1980). *Participant Observation*, New York: Rinehart and Winstone.
- Staver, J. R. (1998). *Constructivism: Sound theory for explicating the practice of*

- science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 501-520.
- Stavy, R., & Berkovitz, B. (1980). Cognitive Conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64, 679-692.
- Stipek, D. J. (1998). *Motivation to learn*. Boston: Allyn & Bacon.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-230). Orlando, FL: Academic Press.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). New York: State University of New York Press.
- Tao, P. K., & Gunstone, R. F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 859-882.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Thorley, N. R. (1990). The role of the conceptual change model in the interpretation of classroom interaction. Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Trumper, R. (1997). Applying conceptual conflict strategies in the learning of the energy concept. *Research in Science & Technological Education*, 15, 5-18.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Tsai, C. (2000). Enhancing science instruction: the use of 'conflict maps'. *International Journal of Science Education*, 22, 285-302.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G., Treagust, D. F. (1997). A Multidimensional Framework for Interpreting Conceptual Change Events in the Classroom. *Science Education*, 81, 387-404.
- VanCleave, J. P. (1991). *Physics for every kid*. John Wiley & Sons, Inc.
- von Glaserfeld, E. (1997). Amplification of a constructivist perspective. *Issue in Education: Contributions from Educational Psychology*, 3, 203-210.
- von Glaserfeld, E. (1989). *Cognition, construction of knowledge, and teaching*.

- Synthese, 80, 121-140.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Weiner, B. (1992). *Human motivation: Metaphors, theories and research*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Weiner, B. (1994). Integrating social and personal theories of achievement striving. *Review of Educational Research*, 64, 557-573.
- Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 315-327). New York: Macmillan.
- Werner, O., & Schoepfle, G. M. (1987). *Systematic Fieldwork*. Newbury Park: Sage Publications.
- Wolters, C. A. (1998). Self-regulated learning and college students' regulation of motivation. *Journal of Educational Psychology*, 90, 224-235.
- Woolfolk, A. (2001). *Educational Psychology*. Allyn and Bacon.
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. R. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habitformation. *Journal of Comparative Neurological Psychology*, 18, 459-482.
- Zimmerman, B. J. (1986). Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocesses? *Contemporary Educational Psychology*, 11, 307-313.
- Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M. (1988). Construct validation of a strategy model of student self-regulated learning. *Journal of Educational Psychology*, 80, 284-290.

## **ABSTRACT**

### **Characteristics of Students' Conceptual Change in Physics by Anxiety Types in Cognitive Conflict and Motivation Psychological Factors of Attributions**

*Kim, Yonsoo*

Major in Physics Education  
Graduate School of Korea National University of Education  
Chung Buk, KOREA

Supervised by Professor Kwon, Jaesool, Ph. D.

The first purpose of this study is to investigate the anxiety types in cognitive conflict, when students are confronted with discrepant events that contradict their existing conceptions in physics concepts learning, and to examine the characteristics of students' conceptual change by the anxiety types. The second purpose is to find out the motivation psychological characteristics (motivation, learning strategy and volitional strategy) of causal attributions for successful/unsuccessful understanding of the concepts in learning physics according to the patterns of conceptual change. Based on the results, we suggested some implications that have to be considered to facilitate student's conceptual change in learning physics. Data collection for this study included participant observations, documents, and semi-structured and in-depth interview. Triangulation on data collection and analyzing were implemented.

The participants in the study were eleven college students who attended basic mechanics course. The present researcher conducted this lecture and implemented the cognitive conflict strategy through daily classroom activities. At the middle of semester, the participants took interviews about instances related to free fall, projectile motion, and action · reaction concepts. The interviews consisted of the conceptual pretest, confronting the discrepant events (demonstrations) that contradicts their existing conception, and the cognitive

conflict level test to find out the anxiety types in cognitive conflict. After two weeks and five weeks, they took part in a posttest and delayed posttest to determine their conceptual change. Finally, they were interviewed to find out their attributions for successful/unsuccessful understanding of the concepts when learning physics. According to the patterns of conceptual change, the data of their attributions were analyzed by views of motivational psychology.

The results of this study are as follows:

First, regardless of high level of cognitive conflict, students who had one of four conditions experienced high level of anxiety in cognitive conflict situation. The conditions consisted of the types of having a systematic alternative conceptions to predict the situation, proposing another experimental variables to protect own ideas, having low confidence to resolve the conflict situation, and conflicting the past experience related to the situation.

Second, regardless of high levels of cognitive conflict, students who had one of four conditions experienced low level of anxiety in cognitive conflict situation. The conditions consisted of the types of depending on physics teacher to resolve the conflict, having the compatible conceptions in predicting a result of demonstration, rational revising his alternative conceptions after demonstration, and applying a past experience to the conflict situation to rationalize the discrepant event. These different anxiety types could have a affirmative or negative effect on fostering conceptual change in physics instruction. Especially, student who belonged to the type of having a systematic alternative conception or rational revising his alternative conceptions had the scientific conceptions at the posttest and delayed posttest.

Third, students had different profiles of attributions for resolving the conflict and successful/unsuccessful understanding of the physics concepts, thus these profiles seem to strongly influence the cognitive conflict resolution and the process of conceptual change after physics instruction. And the profiles appeared to be related to motivation styles, learning strategies and volitional strategies. High levels of cognitive conflict did not always produce conceptual change. For the conflicts to lead to change, students need to have the intrinsic motivation, learning strategy (cognitive and metacognitive strategy) and volitional strategy.

Thus, to facilitate physics conceptual change, physics teacher should need the instructional strategies to manage the anxiety types in cognitive conflict situation and consider student's motivation style, learning strategy, and volitional strategy.

※ A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Korea National University of Education in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Education in August, 2002.

## 부록 I. 인지갈등 검사 도구

※ 사례제시면담을 할 때 아래 문항을 읽어주고 응답이유를 질문한다.

[연구에서 사용한 인지갈등 상황]



그림 1. 책 위에 종이 올려놓고 낙하.

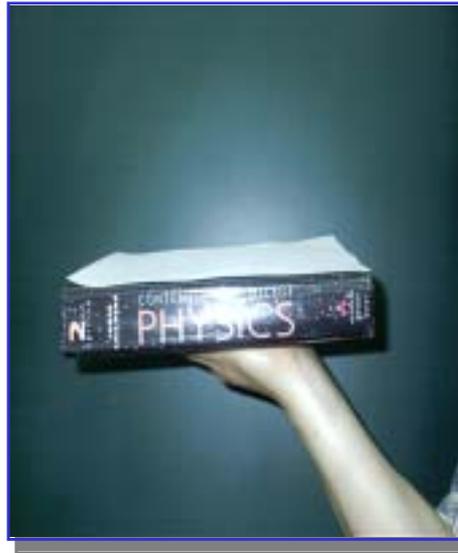


그림 2. 책 위에 올려놓은 종이.



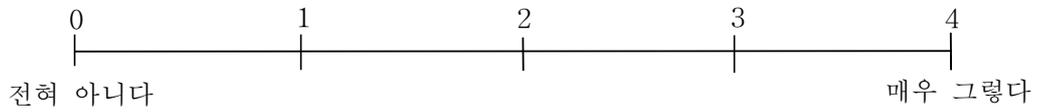
그림 3. 구멍난 물컵 던지기.



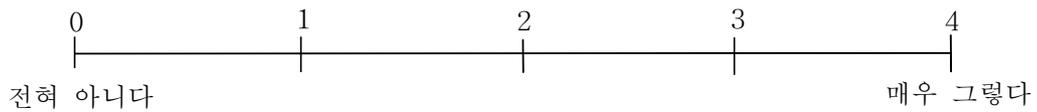
그림 4. 선풍기·수레 과제.



4. 자신이 직접 실험해도 선생님이 보여준 실험결과와 같은 결과가 나올 것이다.

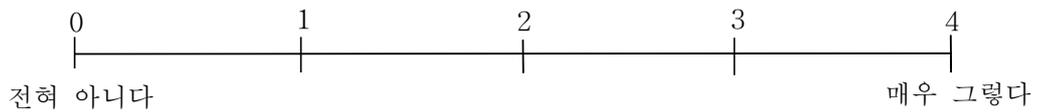


5. 나는 이 실험결과를 믿는다.

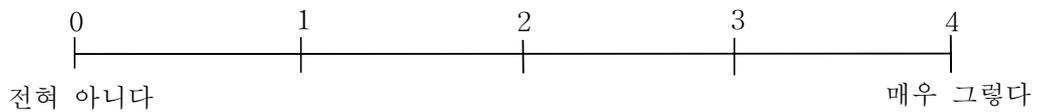


### III. 인지갈등 측정

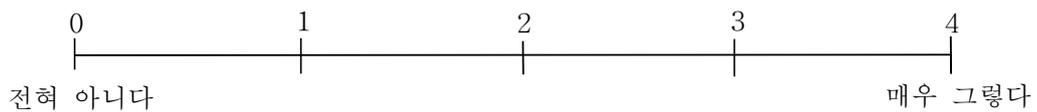
1. 실험결과를 보는 순간 왜 그럴까 하는 의문이 생겼다.



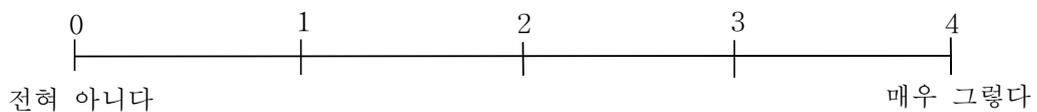
2. 이 실험결과를 보는 순간 놀라웠다.



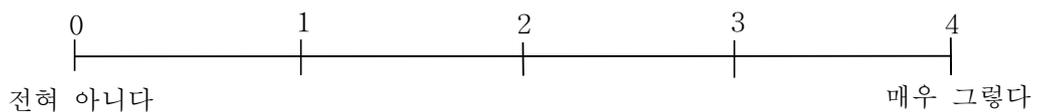
3. 실험결과를 보는 순간 나의 예상과 달라서 이상하다는 생각이 들었다.



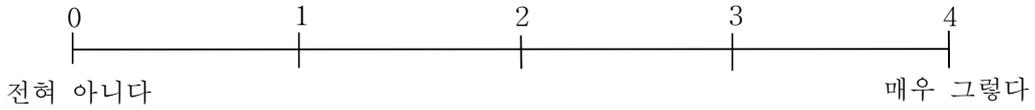
4. 이 실험은 재미있는 결과이다.



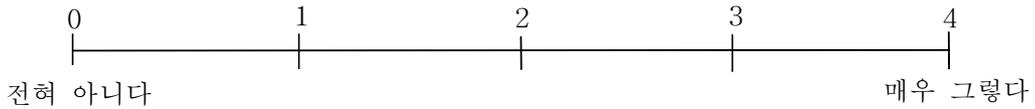
5. 이 실험결과를 보니 호기심이 생긴다.



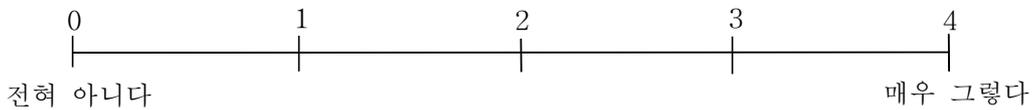
6. 이 실험결과는 나의 관심을 끈다.



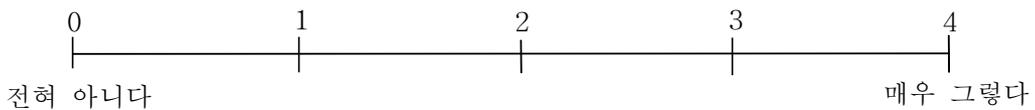
7. 이 실험결과를 보니 생각이 혼란스럽다.



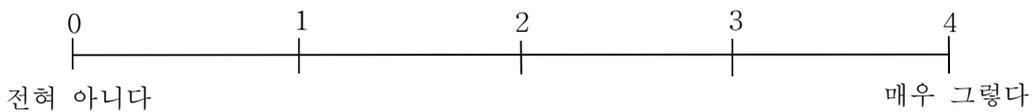
8. 이 문제를 해결할 수 없어 고민이 된다.



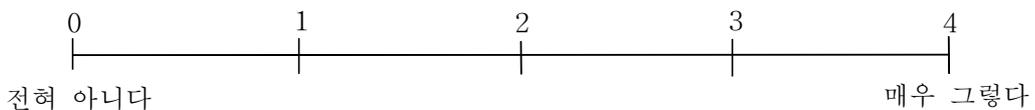
9. 이 실험결과에 대한 이유를 이해할 수 없어서 답답하다.



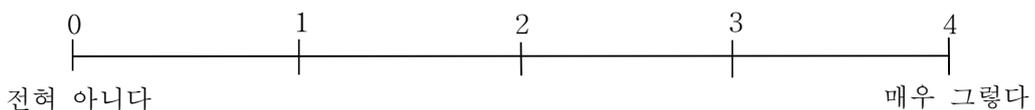
10. 내 생각이 잘못된 것인지 좀 더 확인해 보고 싶다.



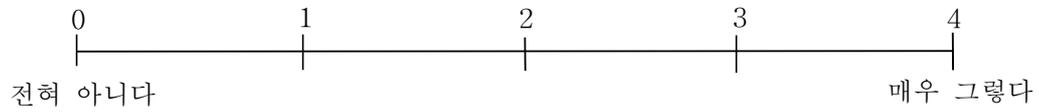
11. 실험결과가 왜 그런지 더 깊이 생각해야겠다.



12. 실험결과를 설명할 수 있는 근거를 찾아야겠다.

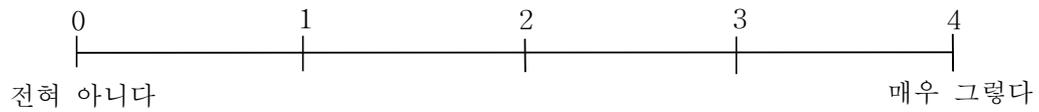


13. 처음의 내 생각과 다른 이 실험결과를 타당하다고 인정한다.



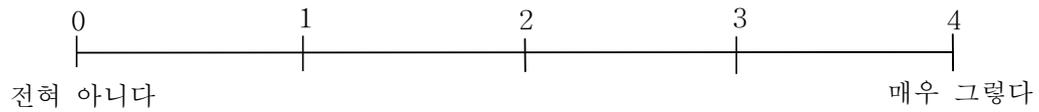
응답이유를 자세히 설명해 보시오:

14. 나의 생각과 다른 이 실험결과를 설명할 수 있다.



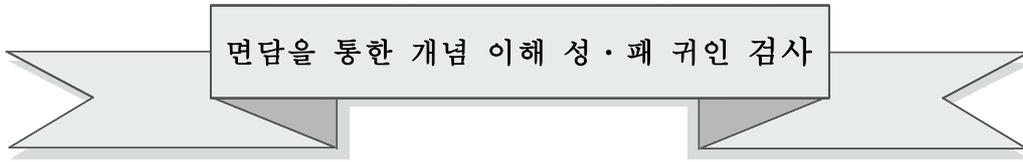
실험결과에 대하여 현재 자신이 가지고 있는 생각을 되도록 자세하게 설명해 보시오:

15. 나의 생각과 다른 이 실험결과를 본 후 처음의 생각을 바꾸었다.



실험결과를 보고 바꾼 생각을 자세히 설명해 보시오:

## 부록 II. 면담을 통한 개념 이해 성·패 귀인 검사 질문지



학과 \_\_\_\_\_ 학번 \_\_\_\_\_ 이름 : \_\_\_\_\_

1. 사례제시 면담과 이번 학기 수업을 통해서 학습한 물리개념을 잘 이해해서 학습평가에서 성공적으로 맞출 수 있었다면, 그 이유는 무엇 때문이라고 생각합니까? 그리고 그렇게 생각하는 이유는 무엇입니까?
  
2. 사례제시 면담과 이번 학기 수업을 통해서 학습한 물리개념을 잘 이해하지 못해서 학습 평가에서 맞출 수 없었다면, 그 이유는 무엇 때문이라고 생각합니까? 그리고 그렇게 생각하는 이유는 무엇입니까?
  
3. 사례제시 면담을 통해서 경험한 인지갈등을 해결하는데 중요한 역할을 한 것은 무엇입니까? 또한 본인이 갖고 있는 대안적 개념(오개념)을 과학적 개념으로 바꾸는데 제일 중요한 요인은 무엇이라고 생각합니까?

4. 다음 요인 중 물리개념을 잘 이해해서 좋은 결과를 얻는데 중요한 요인이 되는 것을 차례대로 백분율(%)로 표시해보시오.

요인	백분율(%)	비고(이유)
행운		
능력		
과제의 난이도		
노력		
기타 (다른 중요한 요인)		

5. 다음 요인 중 물리개념을 잘 이해하지 못해서 좋은 결과를 얻지 못하는데 중요한 요인이 되는 것을 차례대로 백분율(%)로 표시해보시오.

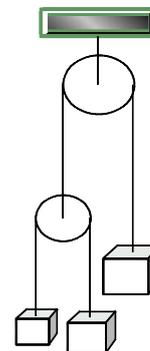
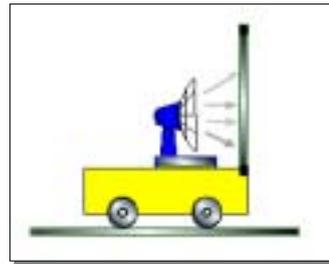
요인	백분율(%)	비고(이유)
행운		
능력		
과제의 난이도		
노력		
기타 (다른 중요한 요인)		

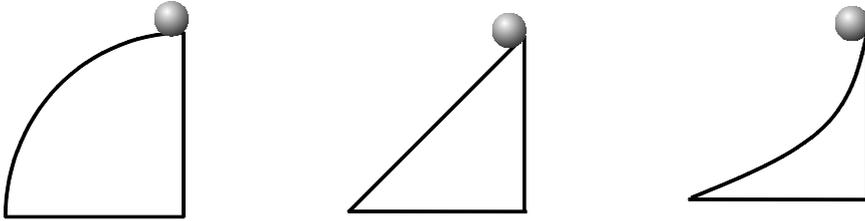
### 부록 III. 기초역학 형성 평가 문항

#### 기초역학 형성 평가 문제(공통과학 부·복수 전공 대상)

※ 다음 물음에 자세히 답하시오.

1. 등속원운동은 속도와 가속도가 일정한 운동인지 아니지를 그림을 그려 자세히 설명하시오. 그리고 원의 반경이  $r$ 인 경우 구심 가속도의 크기를 정량적으로 접근(두 가지 방법: ①미분을 이용, ②기하학적 방법)하여 구해보시오.
2. 말과 마차문제에서 말이 마차를 끌 수 있는 이유를 작용과 반작용법칙과 운동 방정식을 이용하여 설명하시오.
3. 공기 중에서 비슷한 모양의 가벼운 종이와 무거운 책을 떨어뜨리면 어느 물체가 빨리 떨어지는가? 이 번에는 종이를 무거운 책 위에 올려놓고 떨어뜨리면 어느 물체가 빨리 떨어지는가? 이런 현상이 일어나는 이유를 물체에 작용하는 힘을 표시한 후, 뉴턴의 운동 방정식을 세워 설명하시오.
4. 구멍이 뚫린 컵에 물을 부어서 포물선으로 던지면 포물선 운동을 하는 동안 컵 안에 있는 물은 어떻게 되는가? 이러한 현상을 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 설명하시오.
5. 그림에서처럼 선풍기를 켜면 이 수레는 어떻게 될까? 지면과의 마찰을 무시하는 경우와 무시하지 않는 경우로 나누어서 운동 방정식을 세워 이 현상을 설명하시오. 단, 선풍기 바람은 얼마든지 강력하게 조절할 수 있다고 가정한다.
6. 다음 그림에서와 같이 비탈에서 공을 떨어뜨릴 때, 이 공의 운동을 속도-시간 그래프로 한 한 그래프 안에서 나타내고 그 이유를 설명하여라. 비탈의 끝 부분을 지날 때의 속력은 같은가? 시간은 같은가? 이 그림에서 바닥이 없음을 주의하여라.





7. 이 도르래에 달린 물체의 질량은 왼쪽에서부터  $m$ ,  $2m$ ,  $3m$ 이다. 이 도르래에서 실에 걸리는 장력과 수레에 달린 물체의 가속도를 구하기 위한 운동 방정식을 세워라. (힌트: 구하고자하는 미지수를 생각하고, 미지수의 개수와 같은 식을 고안하라.)

-이상-

## 부록 IV. 기초역학 기말 평가 문항

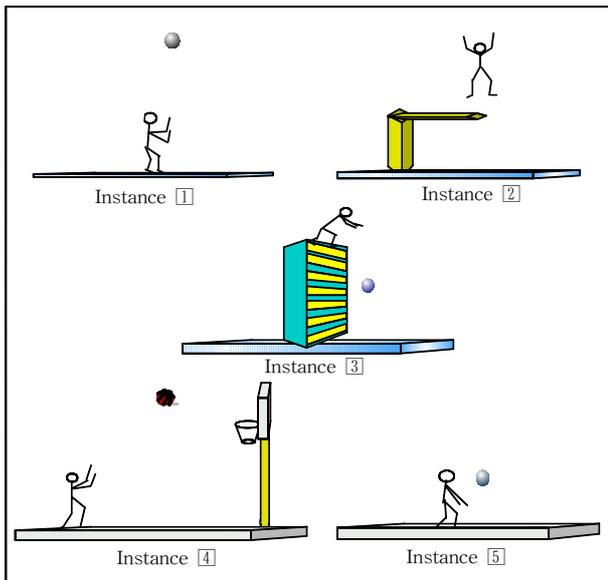
### 기초역학 기말 평가 문제(공통과학 부·복수 전공 대상).

※ 다음 물음에 자세히 답하시오. (각 문제는 10점)

1. 다음 과학 개념들을 개념도를 이용하여 표현하고, 개념도에서 개념사이의 관계를 간단히 진술하라.

1)가속도, 2)상대속도, 3)시간, 4)운동량보존, 5)충격량, 6)지표부근의 운동, 7)관성의 법칙, 8)구심력, 9)원운동, 10)마찰력, 11)단진자, 12)반발계수, 13)운동의 법칙, 14)등가속도 운동, 15)변위, 16)속력, 17)작용과 반작용의 법칙, 18)단진동, 19)운동량, 20)공기저항, 21)복원력, 22)자유낙하, 23)용수철 진자, 24)포물선 운동, 25)스칼라량, 26)속도, 27)연직하방운동, 28)뉴턴의 제 2법칙, 29)연직상방운동, 30)이동거리, 31)벡터량, 32)만유인력에 의한 위치에너지 33)에너지, 34)운동에너지, 35)일, 36)위치에너지, 37)중력에 의한 위치에너지, 38)탄성력에 의한 위치 에너지 39) $v=v_0 + at$ , 40)  $s= v_0t + 1/2at^2$ , 41)  $2as = v^2-v_0^2$

2. 아래에 제시한 5가지 사례에서 운동하는 물체에 작용하는 힘을 답안지에 다시 그려 표시하고 그 힘이 어떤 힘인지 간단히 설명하시오.



사례[1]은 테니스 공니스 공을 연직 위로 던진 그림.

사례[2]는 다이빙 대 위에서 뛰어서 위로 올라가고 있는 그림.

사례[3]은 빌딩의 옥상 위에서 테니스공을 연직아래로 강하게 내려 던진 그림.

사례[4]는 농구공을 바구니를 향해서 포물선으로 던진 그림.

사례[5]는 테니스공을 바닥에 강하게 내려 던져서 공이 바닥에 맞고 다시 튀어 올라가고 있는 그림.

3. 등속원운동은 속도와 가속도가 일정한 운동인지 아닌지를 그림을 그려 자세히 설명하시오. 그리고 원의 반경이  $r$ 일 경우 구심 가속도의 크기를 정량적으로 접근(두 가지 방법: ①미분을 이용, ②기하학적 방법)하여 구해보시오.

4. 원운동에서 가속도의 방향은 항상 구심을 향해야만 하는가? 만약 그렇지 않다면 이때 어떤 가속도가 있는지 구해보아라.

5. 나무에 매달린 강통을 겨냥한 총알이 강통이 떨어지기 시작한 시간과 동시에 발사된다면 항상 총알은 강통에 맞게 되는지 보이고, 이 때 어떤 조건이 만족되어야 하는지 그 조건을 구하여라.

6. 말과 마차문제에서 말이 마차를 끌 수 있는 이유를 **작용과 반작용법칙**과 **운동 방정식**을 이용하여 설명하시오.

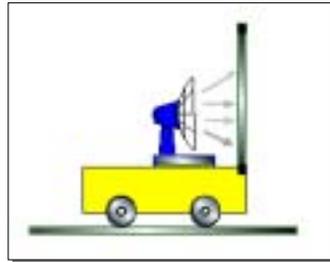
7. 공기 중에서 비슷한 모양의 가벼운 종이와 무거운 책을 떨어뜨리면 어느 물체가 빨리 떨어지는가? 이 번에는 종이를 무거운 책 위에 올려놓고 떨어뜨리면 어느 물체가 빨리 떨어지는가? 이런 현상이 일어나는 이유를 물체에 작용하는 힘을 표시한 후, 뉴턴의 운동 방정식을 세워 설명하시오.

8. 구멍이 뚫린 컵에 물을 부어서 포물선으로 던지면 포물선 운동을 하는 동안 컵 안에 있는 물은 어떻게 되는가? 이러한 현상을 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 설명하시오.

9. 그림에서처럼 선풍기를 키면 이 수레는 어떻게 될까? 단, 선풍기 바람은 얼마든지 강력하게 조절할 수 있다고 가정한다.

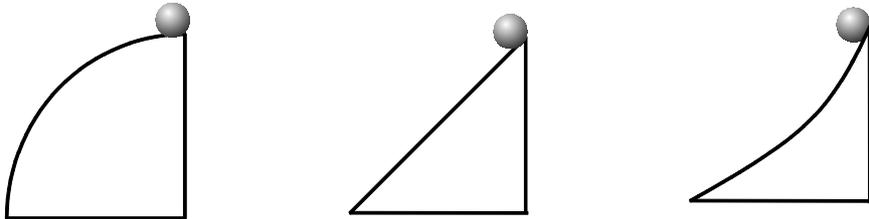
1) 지면과의 마찰을 무시할 경우, 운동 방정식을 세워 이 현상을 설명하시오.

2) 면담에서와 같이 이 상태에서 선풍기와 벽 사이에 스티로폼 벽을 사이에 넣었다. 이 경우 수레의 운동은 어떻게 되는지 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 설명하시오.



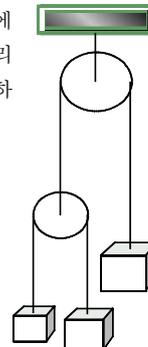
10. 질량이  $m$ 인 벽돌에 실을 매어서 천천히 위로 당기면 실이 끊어지지 않는다. 그러나 갑자기 벽돌을 위로 당기면 실이 끊어진다. 그 이유를 뉴턴의 운동 방정식을 이용하여 설명하시오.

11. 다음 그림에서와 같이 비탈에서 공을 떨어뜨릴 때, 이 공의 운동을 속도-시간 그래프로 한 그래프 안에서 나타내고 그 이유를 설명하여라. 특히 바닥을 지나고 난 후의 시간까지 포함하여 나타내어라. 비탈의 끝 부분을 지날 때의 속력은 같은가? 시간은 같은가? 이 그림에서 바닥이 없음을 주의하여라.



12. 이 도르래에 달린 물체의 질량은 왼쪽에서부터  $m, 2m, 3m$ 이다. 이 도르래에 실에 걸리는 장력과 수레에 달린 물체의 가속도를 구하기 위한 운동 방정식을 세워라. 그리고 왜 이 도르래가 평형상태를 유지하지 않는지 그 이유를 진술하라. (힌트: 구하고자하는 미지수를 생각하고, 미지수의 개수와 같은 식을 고안하라.)

A  
a'



a

13. 수업시간에 보았듯이 물통에 물을 담아서 지면에 대해서 수직으로 회전시킬 때, 물이 정상에서 거꾸로 되어 있음에도 불구하고 물이 쏟아지지 않는다. 물이 쏟아지지 않는 까닭을 설명하고, 물통에 걸리는 최대 장력과 최소 장력의 차이를 구하여라. 물과 물통의 질량의 합은  $m$ 으로 한다.

14. 줄에 매달아 회전 운동하는 깡통 안에 들어가 있는 개미와 지구 주위를 원운동 하는 인공위성을 타고 있는 개미가 있다. 이 때 각각의 개미에게 작용하는 힘을 표시하고, 다음 두 좌표계에서 운동 방정식을 세워 이 원운동을 설명한 후, 이 운동의 차이점을 논하라.

① 두 개미의 운동을 회전하는 좌표계 밖에서 진술할 경우

② 두 개미의 운동을 회전하는 좌표계에서 진술할 경우.

15. 파리와 기차가 충돌할 경우, 파리가 받는 충격력과 기차가 받는 충격력 중 어느 것이 더 큰가? 또한 파리의 운동량 변화량과 기차의 운동량 변화량은 어느 것이 더 큰가? 그 이유를 설명하시오.

16. 운동량 보존 법칙이 성립하는 경우와 각운동량 법칙이 성립하는 경우의 사례를 일상생활에서 찾아 그 예를 들고, 이 때 어떤 전제조건들이 필요한지 설명하여라. 또한 운동량 보존법칙이 성립하면 각운동량 보존의 법칙도 성립하는지 논하고, 그 역의 관계도 성립하는지 설명하여라.

17. 수업시간에 설명한 고무마 문제에서 형이 더 많은 고무마를 먹게 되는 이유를 회전 평형을 이용하여 설명하여라.

18. 각운동량의 변화 방향이 토크방향과 같음을 증명하시오.(10점)

19. 질량  $M$ 과 질량  $m$ 인 두 물체 사이에 만유인력이 작용할 경우, 공간에서의 위치  $r$ 에서 물체  $m$ 이 갖는 위치에너지를 일-에너지 정리를 이용하여 구하고, 그 부호가 같은 의미를 진술하여라. (위치에너지의 기준점은  $\infty$ 로 한다.)

20. 같은 질량( $M$ )의 둥근 고리, 원판, 구가 각도  $\theta$ 로 경사진 경사면의 맨 위쪽에서 굴러 내린다. 경사면의 맨 위부분은 지면으로부터 수직 높이가  $h$ 이고, 경사면의 길이를  $L$ 이라고 할 때, 지면에 도달할 때의 각 물체의 속력을 2가지 방법(① 뉴턴의 운동 방정식, ②역학적 에너지 보존)으로 논하고 그 결과가 같음을 증명하시오.(20점)

21. 문제의 결과를 마찰력이 없을 때의 결과와 비교해서 설명해 보시오.

22. 구르는 물체의 운동은 기하학적인 모양에만 관계할 뿐, 크기와는 무관하다. 그 이유는 “물체의 단위 질량 당 마찰력이 같기 때문이다.” 이 말의 의미가 무엇인지 그 근거를 제시하시오.

## 부록 V. 기초 역학 강의 평가 설문지 결과표

학년도 2001 학기: 1 과목명: 기초 역학 평가인원: 43명

평가 항목	내 용					
1	강의 계획서는 구체적이고 이해하기 쉽게 작성되었다.					
2	담당 교수는 강의 계획서의 내용을 충실하게 다루었다.					
3	강의는 일정대로 진행되었으며, 휴강 시에는 보강이 이루어졌다.					
4	담당 교수는 학생이 이해를 돕기 위해 적절한 교수법이 활용되었다.					
5	담당 교수는 동기 부여를 통해 학습 의욕을 북돋으려고 노력하였다.					
6	강의 내용은 논리적이고 체계적인 편이었다.					
7	담당 교수는 강의에 적합한 교재와 참고 문헌을 활용하였다.					
8	강의 중이나 그 외의 시간에 질의 응답의 기회가 주어졌다.					
9	부과되는 과제물은 강의의 이해·심화에 도움이 되었다.					
10	이 강좌는 나에게 유익하였다.					

평가항목	매우 그렇다	그렇다	보통이다	아니다	전혀 아니다	무응답
1	12 (27.9%)	19 (44.2%)	6 (14%)	3 (7%)	3 (7%)	0 (0%)
2	14 (32.6%)	19 (44.2%)	6 (14%)	1 (2.3%)	3 (7%)	0 (0%)
3	17 (39.5%)	19 (44.2%)	3 (7%)	2 (4.7%)	2 (4.7%)	0 (0%)
4	26 (60.5%)	11 (25.6%)	1 (2.3%)	2 (4.7%)	3 (7%)	0 (0%)
5	25 (58.1%)	11 (25.6%)	2 (4.7%)	3 (7%)	2 (4.7%)	0 (0%)
6	13 (30.2%)	17 (39.5%)	7 (16.3%)	0 (0%)	6 (14%)	0 (0%)
7	14 (32.6%)	18 (41.9%)	8 (18.6%)	1 (2.3%)	2 (4.7%)	0 (0%)
8	26 (60.5%)	10 (23.3%)	4 (9.3%)	0 (0%)	3 (7%)	0 (0%)
9	12 (27.9%)	20 (46.5%)	7 (16.3%)	0 (0%)	4 (9.3%)	0 (0%)
10	17 (39.5%)	16 (37.2%)	5 (11.6%)	2 (4.7%)	3 (7%)	0 (0%)
계	176 (40.9%)	160 (37.2%)	49 (11.4%)	14 (3.3%)	31 (7.2%)	0 (0%)

## 부록 VI. 기초역학 강좌 수업 절차

주	기간	연구내용과 인지갈등 유발 자료	소단원과 대상 개념	비 고
1	3. 5 ~ 3. 10	기초역학개념 조사 • 평균속력과가속(논리제시)	운동의 종류	개념평가
2	3. 12 ~ 3. 17	• 총알과 물방울과제(논리제시)	포물선 운동	개념 변화 평가와 면담
3	3. 19 ~ 3. 24	• 자동차 과제(현상제시) • 알짜 힘과 힘의 방향(논리제시) • 물병 속에 코르크와 고무(현상제시)	뉴턴 1법칙 관성	개념 변화 평가와 면담
4	4. 2 ~ 4. 7	• 책과 종이 낙하(현상제시) • 용수철 과제(현상제시)	뉴턴 2법칙 힘과 가속도	개념 변화 평가와 면담
5	4. 9 ~ 4. 14	• 선풍기 과제(현상제시) • 말과 마차(논리제시) • 원숭이·바나나 과제(논리제시)	뉴턴 3법칙 작용·반작용	개념 변화 평가와 면담
6	4. 16 ~ 4. 21	• 파리와 기차 과제(논리제시) • 고무탄알과 구리탄알 과제(논리제시) • 충격량 과제(논리제시)	운동량	개념 변화 평가와 면담
7	4. 23 ~ 4. 28	• 학습개념도 그리기 • 질문 면담 평가	중간 평가	개념 변화 평가와 면담
8	4. 30 ~ 5. 4	• 위치에너지 일치과제(논리제시) • 지레대 과제(논리제시) • 3중 도르레 과제(논리제시)	에너지	개념 변화 평가와 면담
9	5. 7 ~ 5. 12	• 인공위성과 양동이 돌리기에서 개미과제(논리제시) • 단진자에 걸린 장력과제(논리제시)	원운동	개념 변화 평가와 면담
10	5. 14 ~ 5. 19	• 무게중심과 질량중심은 일치하 는가? (논리제시)	무게중심	개념 변화 평가와 면담
11	5. 21 ~ 5. 26	• 회전관성(체험제시) • 실패과 실 과제(체험제시) • 총알과 철관 과제(논리제시) • 각운동량보존 과제(체험제시)	회전역학	개념 변화 평가와 면담
12	5. 28 ~ 6. 2	• 사과와 로켓 과제(논리제시)	만유인력	개념 변화 평가와 면담
13	6. 4 ~ 6. 9	• 물병과제(현상제시) • 조석효과 원인(논리제시)	중력에 의한 상호작용	개념 변화 평가와 면담
14	6. 11 ~ 6. 16	• 원운동속력과 탈출속력과제(논리제시)	위성의 운동	개념 변화 평가와 면담
15	6. 18 ~ 6. 23	개념도 평가와 면담평가	기말 평가	개념 변화 평가와 면담
16	6. 25 ~ 7. 31	추후 면담	추후 면담	

## 부록 VIII. 기초역학 강좌에 참여한 한 학생이 보낸 편지

전 기초역학을 듣고 있는 4학년 학생 ○○○예요^^

벌써 한 학기가 거의 끝이 났네요

한 학기 동안 기초역학이란 과목을 들으면서 정말 배운 게 많아요

물리적인 내용을 비롯해서 과학이라는 것... 새롭게 생각하게 된 것이 정말 많았거든요. 그리고 교재에서 이런 말이 정말 와 닿았던 거 같아요 - 우리는 이미 알고 있는 것을 물리를 통해 이해하는 것이다!

정말 어려운 과목이라는 생각은 여전히 드는 건, 제가 부족한 탓인지... 잘 모르겠지만 듣기 잘했다는 생각이 드는 건 많이 배운 것 같기 때문이겠지요^^

생각하는 습관에도 좀 변화가 있었어요

늘 바로 해결하기에는 노력과 부지런함이 정말 많이 필요한데 잘 되지 않았거든요 한데 물리는 계속 누적이 되면 그러니까 기초적인 것부터 이해하지 않으면 계속 공부하기가 어렵다는 걸 알았거든요

물론 공부라는 게 다 그렇지만 기초적인 내용을 알 때 좀더 빨리 공부가 진행되는 것 물리 같아요.

이런 저런 얘기를 선생님과는 정말 많이 한 것 같네요- 제 면담이 너무 길어 힘드셨지요? ^^

늘 모르는 게 너무 많이 생길 때면 항상 고민을 해요

무조건 남에게 묻는 것보다는 충분히 생각을 해야 하니까요

그러다가 친구들이나 선생님께 묻게 되는데 그렇게 되면 너무 끝없이 모르는 게 많기 때문에 죄송해질 때가 더 많아요...

공부라는 거 - 그걸 하면서 생기는 물음들, 고민들을 해결할 곳을 찾는 사람은 거의 없을 거예요

그걸 스스로 찾기 위해서 정말 많은 시간을 들이는 것일테고요...

저도 그래요 그 답이란 게 뭔지... 그걸 알아야 다음 공부가 진행되니까요...

그 답을 위해서 공부를 해야하는 건데 그걸 알아야 다음 공부가 되니까요 참 이상하지요?

하지만 이번 기초역학수업을 통해서 그걸 좀 배우게 되었어요

무조건 답을 아는 게 중요한 게 아니라는 거요...

답을 알고 보면 오히려 그것에 대해 시험이 없으면 공부하지 않게 되더라고요...

그러니까 너무 어려운 공부지만 답을 알기 위해 하는 공부가 정말 공부인 것 같아요

시간만 충분하다면-

그건 즐기면서 공부하는 사람들의 일반적인 생각일거 같아요 저도 그러고는 싶지만  
 당장 시험들에 치이고, 거기 까진 시간이 너무 없고...  
 그런 수업을 4학년이 되어서야 받게 된 게 참 안타깝네요  
 4학년... 너무 여유도 시간도 정신도 없는 시기니까요  
 그제 앞만 보고 방법이야 어찌되었든 열심히 공부해야 하는 그런 6월달...  
 선생님이 추구하시는 게 어떤 건지 이제서야 좀 알겠어요  
 그리고 거기에 저도 이제서야 동의 할 수 있겠어요  
 선생님도 아실 수도 있지만 저를 비롯해서 대부분의 학생들은 처음에는 기초역학  
 수업방식에 적응하기가 너무도 힘들었거든요  
 처음 접하는 방식이라 서요 좀 부담도 된 게 사실이고요  
 하지만 다 지나고서보니 정말 남는 게 많네요  
 내용 면으로는 시간이 지나면 또 잊을 수도 있겠지만, 물리라는 것...  
 평소 공부다운 공부를 한다는 것...  
 나중에 선생님이 되어도 잊지 못할 거 같네요  
 내용이 너무 길었지요?  
 오늘도 시험을 두개 치르고 앞으로도 시험이 많아요  
 그리고 나면 방학이 시작되고 바로 한달 만에 휴식을 위해 집에 가게 될 거 같아서  
 방학이 되기 전에 선생님께 이렇게 메일한번 보내고 싶어서요^^  
 한 학기동안 정말 재미있는 수업 너무 감사 드리구요  
 열심히 더 공부하도록 하는 학생 될게요  
 아 ! 그리고 그 설문지요 학점에 관계하지 않는다는 약속 꼭 지켜주세요  
 정의껏 쓴다고 썼는데 사람마음이 원래 잘 바뀌는지라...  
 실은 받고 싶은 학점을 쓸 때.... 마음 따로 몸 따로 인걸 그냥 마음 향하는 대로  
 써서...  
 선생님이 저번에 어떤 학생은 양심껏 받을 수 있는 것 보다 더 낮게 적었다고...  
 제가 어느 정도로 평가 될 수 있는지 저는 잘 모르니까요  
 제가 너무 높은 학점은 기대한 것 일수도 있고 해서... 학점생각을 하면 욕심이 나  
 지 않는 사람은 솔직히 없을 테니까요...  
 아무튼 전 이번 수업을 통해서 새로이 알게 된 것이 너무도 많다는 사실에 감사하  
 면서 이 수업을 마무리짓고 싶어요  
 감사 드리구요. 방학 때도 기회가 되면 저희들 공부 도와주시고요  
 언제나 하시는 일 다 잘되시고 행복이 함께 하시길 바랄게요  
 건강하세요~  
 너무 더운데 무리 마시고요 늘 건강 신경 쓰세요 그럼 다음주에 배요^^

## 부록 VIII. 면담 프로토콜 예시

학생 2번

[인지갈등 면담]

### ① 종이 과제

(인지갈등 수준: 4수준-상, 불안수준: 3.67)

교사: 종이를 떨어뜨리면 어떻게 떨어질까?  
 학생: 공기의 저항 때문에 등속 운동으로 떨어집니다.  
 교사: 책을 떨어뜨리면?  
 학생: 책을 떨어뜨리는 경우에는 책이 질량이 크기 때문에 거의 등가속도로 떨어집니다.  
 교사: 종이를 책 위에 놓고 떨어뜨리면?  
 학생: 책이 떨어지면서 책 위쪽의 기압이 낮아지기 때문에 책과 종이 사이의 기압이 떨어지면서 기압이 낮아지기 때문에 종이는 뜹니다.  
 교사: 종이는 위쪽에 기압이 낮아져서 뜹다. 왜 기압이 낮아지지?  
 학생: 속도가 빨라지면 기압이 낮아지기 때문에 모서리 부분의 유속이 빨라져서 기압 차이로 뜹니다.  
 교사: (시범을 보인다.)  
 학생: (웃으면서 얼굴이 빨개진다.)  
 교사: 너도 해볼래.  
 학생: 안 해도 될 것 같아요.  
 학생: 다시 보니까 밑으로 내리 누르는 기압이 생기는 것 같습니다.  
 교사: 왜 얼굴이 빨개졌었지?  
 학생: 생각했던 결과와 다른 결과가 나와서요.

[중간 생략]

교사: 생각이 혼란스럽다?  
 학생: 4번 매우 그렇다.  
 교사: 왜?  
 학생: 제 나름대로 기압 개념을 이용해서 설명했고, 그 설명이 옳다고 확신했는데, 생각했던 것과 다른 결과가 나와서요.  
 교사: 고민이 된다?  
 학생: 4번 매우 그렇다.  
 교사: 왜 그렇지?  
 학생: 책이 떨어지면서 책 위쪽의 기압이 낮아지면 종기가 위쪽으로 떠야하는데 뜨지 않는 이유를...  
 교사: 답답하지?  
 학생: 그렇다.  
 교사: 왜 답답하지?  
 학생: 모두 비슷한 질문 같아요. 저는 책이 떨어지면서 위쪽의 기압이 낮아지기 때문에 종이가 뜹다고 생각했는데 다른 결과가 나왔잖아요.

### ② 물컵 과제

(인지갈등수준: 4수준-상, 불안수준: 0)

교사: 여기 구멍난 물컵이 있어. 이 물컵을 포물선으로 던지면 어떻게 될까? 포물선 운동을 하면.  
 학생: 처음에는 컵이 포물선의 정점에 다다를 때까지는 물이 새다가 정점을 지나면서부터 새지 않을 것 같아요.  
 교사: 그 이유는 뭐지?  
 학생: 컵의 입장에서 보았을 때, 상대속도는 물은 아래로 떨어지고 정점에 도달했을 때부터는 상대속도가 같기 때문에 같이 떨어져요.  
 학생: 컵은 위로 올라갈라고 하고 물은 가만히 유지하려고 하니, 올라가는 동안은 물이 나오고 정점을 지나면서부터는 같이 떨어지기 때문입니다.

교사: (시범을 보이고) 어때?  
 학생: 안 떨어졌어요.  
 교사: 충격을 받았어.  
 학생: 무언가 깨달았어요. 무엇인가 알았어요.  
 교사: 왜 그렇까 하는 의문이 생겼니?  
 학생: 보는 순간 느낌이 와서 알았어요.

[중간 생략]

교사: 7번 이 실험결과를 보니 생각이 혼란스럽다?  
 학생: 아니다.  
 교사: 왜?  
 학생: 결과가 자명하니까요. 결국 올라갈 때나 내려갈 때, 물과 컵이 같은 속도로 떨어진다는 생각이 들었어요.  
 교사: 결과가 자명하니까?  
 학생: 네.

교사: 8번 고민이 된다.  
 학생: 물이 컵과 같은 속도로 떨어진다는 생각이 들었어요. 그래서 해결이 되었기 때문에.  
 교사: 답답하다.  
 학생: 답답하진 않아요. 결국 올라갈 때나 내려갈 때 같은 가속도로 떨어지는 것 같아요. 결과를 이해했어요.  
 교사: 그러면 다 이해한 거니?  
 학생: 그래도 다시 한 번 잡고 넘어가야지요.

[개념 변화 면담]

교사: 학점은 잘 나왔어?  
 학생: 제가 생각했던 것보다 잘 나왔습니다.  
 교사: 우리가 이번 학기 때 세 가지 과제에 대해서 했었지. 종이낙하 과제·물컵과제·선풍기 과제에 대해서 했었지. 진술을 많이 쓰진 않았네.  
 학생: 전 원래 답을 간결하게 쓰는 것을 좋아합니다.  
 교사: 1차 평가에서 공기 중에서 떨어뜨리는 종이낙하 과제는 아주 잘 진술을 했네. 이 과제는 이 상황에서 확실히 이해하냐?  
 학생: 네. 확실히 이해했었습니다.  
 교사: 가속도를 비교하는 거다. 힘을 표시해서. 종이과제는 확실히 이해했고. 종이과제는 예측하고 답했었지? 면담했을 때.  
 학생: 예.  
 교사: 그런데 면담할 때는 예측하고 답했는데 이 종이낙하 과제를 1차 평가에서 잘 이해했던 이유는 본인이 생각하기에 무엇 때문이라고 생각하지?  
 학생: 다른 과제에 비해서 결론 내리기가 좀 쉬운 편이어서 잘 이해했던 것 같습니다.  
 교사: 음. 다른 과제보다 좀 쉬었다.  
 학생: 예.  
 교사: 왜 이 종이과제가 더 쉬었지?  
 학생: 선생님님이 내셨던 문제가 이 세 가지 내용을 운동 방정식을 이용해서 풀어보라고 하셔서 말로는 대중 설명할 수 있을 것 같았는데 운동 방정식을 세우는 것이 생각보다 좀 잘 안 되더라고요. 그런데 종이과제 같은 경우는 좀 간단해서 풀 수 있었던 것 같습니다.  
 교사: 종이과제는 면담할 때도 잘 이해했었나? 나하고 면담할 때는 종이과제, 물컵과제, 선풍기 과제를 잘 해결하지 못했었니?  
 학생: 종이과제는 분명히 해결이 되었고요. 물컵과제도 좀 해결이 됐었는데 선풍기 과제가 그 때 잘 해결이 안 됐었던 거든요. 머리 속에서 맴돌더라고요. 그래서 진술한 것을 보니까 그 때 제가 공부를 안하고 시험을 봐 가지고.....  
 교사: 면담을 했을 때는 세 과제를 모두 다 해결하고 끝냈잖아.  
 학생: 예.  
 교사: 선풍기 과제는 그 때 안 간단라고 응답을 했었고,  
 학생: 예.  
 교사: 그 이유를 나름대로 했었고. 그렇지?  
 학생: 예.  
 교사: 그리고 물컵과제는 1차 평가에서 명확하게 이해를 했던 것 같아? 안 되었던 것 같아?  
 학생: 면담할 때는 제가 떨어질 것이라고 했던 것 같거든요. 컵을 던졌을 때 올라가는 동안에는 떨어지고 내려가는 동안에는 떨어지지 않을 것이라고 말을 했었는데, 둘다 올라가는 과정이나 내려가는 과정이나 떨어지지 않아서 늘었던 기억을 가지고 있습니다.  
 교사: 그렇지. 그래서 그 때 면담할 때 답답하나, 고민이 되나, 혼란스럽나 선생님이 질문을 했을 때 어떻게 얘기했던 것 같아?  
 학생: 답답하거나 혼란스러운 건 아니었습니다. 왜냐하면 컵이 올라갈 때도 물리 안 나왔기 때문입니다. 내려갈 때도 안 나오니까 올라갈 때도 안 나오는구나. 그렇게 이해했습니다.  
 교사: 그런데 1차 평가 때는 g의 가속도로 운동하므로 물은 컵에서 떨어지지 않는다고 결과를 얘기했는데.  
 학생: 예.  
 교사: 그런데 컵에 관한 운동방정식을 세울 때 설명이 부족했던 말이야. 컵을 던졌을 때 컵에 작용하는 힘은 뭐가 있나?  
 학생: 컵을 던졌을 때는 컵에 작용하는 힘은 중력만 작용합니다. 컵하고 물에요.  
 교사: 컵이라고 해놓고 물에만 작용한다고 진술했는데. 이 게 좀 명확하지 않았던 것 같아 그렇지?  
 학생: 예. 컵에 작용하는 힘은 컵의 질량하고 물의 질량을 고려한 중력.....  
 교사: 결과는 이렇게 썼어. g의 가속도로 운동하므로 떨어지지 않는다. 그런데 원인은 약간 좀 설명이 명확하게 이해가 안 됐었나?

학생: 예.  
 교사: 그 다음에 선풍기 과제에서는 벽에 작용하는 힘과 선풍기기에 작용하는 힘이 같기 때문에 선풍기가 안 간다. 그렇게 응답을 했는데, 그렇지.  
 학생: 예.  
 교사: 잘 응답한 것 같아. 이 때는 마찰력을 고려한 것인가? 고려하지 않고 한 건가?  
 학생: 마찰력을 고려하지 않고 했던 것 같습니다.  
 교사: 그래. 결과적으로 물체과제는 잘 이해가 안됐던 거네.  
 학생: 힘을 던졌을 때 잡고 물이 자유 낙하하는 부분은 이 해가 되었는데, 힘을 손으로 잡고 있을 때는 그 상태를 운동방정식으로 표현하는 게 아직까지도 잘 안 되는 것 같습니다. 잡고 있는 순간 작용하는 마찰력하고 힘이 물에 누르는 수직항력 표시를 잡고 물에 누르는 작용점을 표시하는 게 잘 못 된 것 같습니다.  
 교사: 그러면 종이과제는 면담 이후에 이해가 잘 되고 물체과제가 잘 안 되었던 이유는 뭐지?  
 학생: 물체과제는 두 가지로 나누어서 설명을 했지 않습니까? 손으로 잡고 있을 때하고 손으로 던졌을 때. 두 가지 상에서 이 해가 빨리 되었던 것 같습니다. 아 예측이 벗어나갔는데 왜 그런가 생각을 하면서 고심을 했기 때문에 이해가 빨리 되었던 것 같습니다. 그런데 손으로 잡고 있을 때는 우리가 평상시 느끼고 있는 현상과는 상반되는 현상이기 때문에 이 상황에 대해서는 더 생각을 하지 안 하려고 했던 것 같습니다.  
 교사: 평상시에 우리가 경험을 하는 상황 이니까. 그런데 물체과제를 던졌을 때는 자기 생각하고 반대로 나왔기 때문에 이해를 하려고 했던 것 같아.  
 학생: 예.  
 교사: 음 여기서 운동방정식으로 표현하는 건 던졌을 때 상황 이잖아.  
 학생: 예. 근데 이 쪽 운동방정식은 좀 틀린 것 같거든요. 여 기는 힘에 대한 운동방정식을 세울 때, 물의 무게 질량 을 더한... 잠깐 쓰다가 착각한 것 같습니다.  
 교사: 음, 그래. 완전히 이해를 하고 있었던 것은 아니네. 그렇지?  
 학생: 이 부분은 제가. 이 것을 쓸 때 시간을 되게 많이 생각 했거든요. 힘을 손으로 잡고 있을 때 맞습니다. 힘을 손으로 던졌을 때는 오히려 그냥 썼는데, 힘을 손으로 잡고 있을 때가 그럼으로 힘을 표시하라고 했을 때 참 많이 망 설었던 것 같습니다.  
 교사: 잡고 있는 상황이?  
 학생: 네. 그럼으로 표시할 때.  
 교사: 선풍기 과제는 1차 평가 때 잘 이해했었어?  
 학생: 잘 이해를 못 해 가지고 운동방정식으로 안 썼거든요. 말로는 설명을 했는데 운동방정식은 못 썼어요.  
 교사: 쓰면 되지 뭐. 이 힘하고 저 힘을 더해서.  
 교사: 1차 평가에서는 말과 마찰과제는 손을 안 댔네. 그렇지? 이 때 말과 마찰과제가 해결이 안 됐었어?  
 학생: 이 것들 운동방정식을 세울 때 가장 중요했던 게 마찰 력의 방향이 말에 작용하는 것과 수레에 작용하는 것이 반대인데 그 것을 잘 표현하지 못 하였던 거요. 왜 그런 지. 지금도 좀.  
 교사: 말과 마찰 과제에서?  
 학생: 예. 말에서는 앞으로 작용하는데 수레에서는 뒤로 당기 고.  
 교사: 작용과 반작용이 아직 해결이 안 됐다 이거지?  
 학생: 예.  
 교사: 음~. 그래.  
 교사: 종이과제는 해결이 됐고?  
 학생: 예.  
 교사: 그러면 물체과제와 선풍기 과제에서는 어떤 원인 때문 에 해결이 잘 안 된 것 같니? 종이과제는 해결이 잘 됐 는데. 본인이 생각하기에, 면담을 하고서 바로 가서 이 과제들을 다시 공부했어?  
 학생: 아니요. 여기서 더 공부한 건 없거든요. 종이과제는 생 각이 잘났는데 물체과제하고 선풍기 과제는 좀 어려운 내용이어 가지고 기억이 잘 안 난 것 같습니다.  
 교사: 면담 끝나고 나서 다시 공부를 하지는 안았다 이진가? 왜?  
 학생: 예.  
 교사: 왜 안 했지?  
 학생: 제가 원래 공부를 좀 안 합니다.  
 교사: 왜 안 해?  
 학생: 개인적으로 좀 복잡한 사정이 있었기 때문에 1학기 때 전체적으로 공부를 좀 안 했습니다.  
 교사: 그 때 말했던 친구문제지?  
 학생: 예.  
 교사: 그런 문제가 학습을 수행하는데 큰 영향을 미쳤다는 거 니?  
 학생: 그것도 그렇고, 복학해서 첫 학기여서 공부를 하는데 좀 애로사항이 있었습니다. 머리를 많이 쓰는 것이 아니 고 위우는 그런 과목이라면 성적이 잘 나왔을 텐데, 생 각을 많이 해야되고 평소에 공부를 많이 해야하는 수업 은, 예습 복습해야 되는 수업은 성적이 안 좋았습니다.

교사: 그리고 나서 2차 평가, 즉 기말평가 때 했던 것을 보면 말과 마찰과제를 잘 이해를 했어요. 이 때는 그렇지? .  
 학생: 예. 말과 마찰과제는 책을 보고 공부를 해서요.  
 교사: 종이과제와는? 이 때도 거의 책이 빨리 떨어진다 는 것을 설명하고, 다음에... 음 이렇게 쓴 이유는 뭐야?  $F=ma$  이니까  $m$  넘어가면 지워져야지 그렇지? 1차 평 가 때는 자세하게 나누질 않았지. 그런데 여기서는 나누 었단 말이야. 양변을 이렇게.  
 학생: 자세하게 쓰다보니까 그랬던 것 같습니다.  
 교사: 그런데 양변에 차원이 맞아야 하지? 힘이면 차원이 힘 이어야 하고, 가속도면 가속도 차원이 나와야 하지? 그 럼지?  
 학생: 예. 질량 당 힘이 되어야 하는데.  
 교사: 그 차원이 뭐야? 가속도잖아. 그런데 힘으로 표시했네.  
 학생: 이렇게 쓴 사람이 여러 명 있었습니까? 이 때 평 가하기 전에 모여 가지고 토의를 많이 했거든요.  
 교사: 토의를 많이 했다?  
 학생: 예. 평가하기 전에 모여 가지고  $F/m$ 로 이야기했습니다.  
 교사: 그리고 물체과제는 다시 잘 이해를 했어요. 가속도가 같아서 안 떨어진다.  
 학생: 예.  
 교사: 선풍기 과제도 나름대로 잘 썼어요. 운동방정식을 잘 세웠는데 왜 이동한다고 생각했지? 면담에서 결과를 보 았는데 왜 이동한다고 썼지?  
 학생: 평가하기 전에 모여서 공부할 때 누군가가 충격량 얘 기를 꺼내서 소신껏 밀고 나가셨다. 그렇게 생각해서 썼습 니다.  
 학생: (잠시 생각한다.) 선풍기에서 나간 공기가 벽에 부딪쳐 서 속도가 수평방향으로 바뀌잖아요.  $v_1$ 에서  $v_2$ 로 바뀌 면 처음 나온 선풍기의 속력  $v_1$ 과 다르기 때문에 충격량 이 서로 다를 것이라고 생각해서 결론을 내렸습니다.  
 교사: 그런데 면담에서 현상을 보았을 때는 안 갔잖아.  
 학생: 예.  
 교사: 그런데 평가 전에 친구들과 토론을 하다보니까 간다 쪽으로 생각을 정리했다 이거야?  
 학생: 예. 저는 간다 쪽으로 정리했습니다.  
 교사: 그런데 면담에서는 안 갔잖아?  
 학생: 예.  
 교사: 그런데 왜 간다 쪽으로 정리했어? 선풍기하고 벽 사이 에 스티로폼을 넣었을 때는 설명을 잘 했던 말이야.  
 학생: 처음 면담을 했을 때도 이 상황의 경우는 선풍기 쪽으 로 이동한다고 대답을 했거든요.  
 학생: 그런데 스티로폼이 없는 경우는 운동방정식까지 세워 놓고 충격량이 생각나서 토론했을 때의 생각으로 정리 했습니다.  
 교사: 그랬어.  
 학생: 예.  
 교사: 종이과제는 약간 조금 잘 못 생각한 부분이 있었고, 물 체과제는 다시 잘 이해를 했고, 선풍기 과제는 다시 기 말 평가에서는 충격량 개념으로 썼어.  
 교사: 종이과제에서 가속도를 비교했어야 했는데...  
 학생: 종이과제에서는 자세히 풀이를 하다 보니까 깊이 알지 못하는 부분을 써 가지고.  
 교사: 물체과제는 다시 잘 이해하게 되었는데.  
 학생: 운동방정식을 세우는 것을 공부해서 이해하게 되었습 니다.  
 교사: 공부를 했다?  
 학생: 예. 평가 보기 전에 공부를 좀 했습니다. 1차는 공부를 안 하고 보고, 2차는 공부를 좀 하고 연습문제를 풀고 보았습니다.  
 교사: 2차 평가 전에는 공부를 좀 했던 거고, 그런데 1차 평가는 평가를 갑자기 하는 바람에 하기 학습이 안 된 부분이 있었고.  
 학생: 5번 같은 경우에도 공부를 안한 상태였는데 답은 알았 는데, 설명을 못했는데, 2차 평가를 준비하면서 공부를 하다보니까 혼자 생각해서는 답이 잘 안 나왔습니다. 애 들끼리 이 과제를 공부하는데 이유가 제 각각이었습니 다. 고집스럽게 쓰긴 했는데, 만약 제가 이렇게 제 생각 대로 쓰지 않고 전에 알고 있었던 대로 결과만 썼다면 결과만 맞았겠지만, 설명은 처음처럼 이렇게 간단하게 두 힘이 같기 때문에 움직이지 않을 것이라고만 썼 을 겁니다. 그런데 이 방식으로는 설명이 안 되는 부분 이 있어서 제 방식대로 이유 진술을 설명했습니다.  
 교사: 평가가 있을 때만 공부를 했다 이거지?  
 학생: 예.  
 교사: 면담 이후에는 학습을 안 했나?  
 학생: 예.  
 교사: 면담 이후에 학습을 안 한 이유는?  
 학생: 아까 말씀 드렸듯이 개인 사정이 있어서...  
 [개념이해 성공구인]  
 교사: 사례 제시 면담과 이 번 학기 수업에서 성공적으로 개 념을 이해할 수 있었다면 그 이유는 무엇 때문이라고 생각하니?  
 학생: 사례 제시하고 면담을 했는데 사례 제시 면담에서 제시 된 사례들이 저희가 학습을 할 수 있는 동기유발을 하 는데 좋은 주제였다고 생각을 하고요.  
 교사: 어떤 게?  
 학생: 처음에 많은 사람들이 정답과는 반대이거나 비기어 나 가는 그런 대답을 할 수 있는 그런 주제인데, 간단한 실 험을 통해서 생각과 전혀 반대인 결과가 나왔다면 왜 그럴까? 하고 한 번 더 생각할 수 있는 그런 주제였어

때문에, 언제 생각해도 기억에 남은 그런 주제였기 때문  
 그런 것 같습니다. 그래서 개념을 잘 이해할 수 있었  
 던 것 같습니다.

교사: 그렇기 때문에 개념을 잘 이해할 수 있었던 것 같다.  
 학생: 예.  
 교사: 그런데 면담을 하고 나서 다 개념을 이해했던 것은 아  
 니잖아?  
 학생: 면담을 통해서 완벽하게 개념을 이해시키려면.....  
 교사: 그 때는 이해했었어? 그 날 붙잡고 오랫동안 면담을 했  
 었는데 가르쳐주기도 했었는데 그 자리에서 이해했어  
 못했어?  
 학생: 그 상황에서 제가 지식이 좀 짧아 가지고. 또 운동법칙  
 으로 현상을 설명하는 것에 대해서 생소한 학습방법이 있  
 었기 때문에 잘 머리 속에 안 들어왔던 것 같습니다. 그  
 부분에 대해서, 현상에 대해서는 왜 그렇게 내 생각과  
 반대로 될까? 에 대해서는 생각을 하려했는데, 운동 방  
 정을 세워서 가지고 설명하는 것은 잘 안 되었기 때문  
 이 나중에 다시 평가에서는 다시 운동방정식을 세우는  
 것이 머리 속에 쉽게 안 들어왔다고 생각합니다.

교사: 왜 생소하고 이해가 잘 안 되었어?  
 학생: 학교 다닐 때나 일반물리학 문제를 풀 때, 운동 방정식  
 을 세워서 현상을 이해하는 것을 좀 소홀히 다루는 것  
 같습니. 수치를 계산하는 그런 문제가 대부분이지 운  
 동방정식 계산할 때는 식만 대입해서 하는 게 너무 동  
 영적인 것 같습니다. 운동방정식으로 현상을 설명하는 연  
 습은 많이 생소하고 것 같습니다.

교사: 수업시간에 그 연습 많이 하지 않나?  
 학생: 아직까지는 일반물리학 하면서 그렇게 수업하는 경우는  
 못 봤거든요. 1학기 때도.  
 교사: 어떻게 수업이 진행되는 데?  
 학생: 현상은 그림을 그려서 그냥 화살표나 정해진 표식을 하  
 면서 대부분 수업을 하는 것 같고, 문제는 또 수치를 대입  
 해서 설명하러 어떻게 하면 설명이 명확히 나오는데, 따로  
 따로 배워서 때문에 이런 문제에서는 오히려 대부분 사  
 람들이 설명을 잘 못 하는 것 같습니다.

교사: 수치를 대입하려면 운동 방정식을 세워야 하잖아?  
 학생: 문제는 이런 식으로 주어는 데 빗면을 딱 그려놓고 힘  
 의 방향을 화살표로 제시해 놓고 이 것은 몇 뉴턴이고  
 이 힘은 얼마고, 중력 가속도는 얼마다 뭐 이런 식으로  
 해 가지고 대입하면 풀 수 있게 문제를 제시하는데.....  
 그런데 선생님께서 제시하신 문제는 당황했어요.  
 교사: 그런 문제는 책의 문제와 어떤 차이가 있는 데?  
 학생: 차이는 교사의 설명이 많이 필요하. 현장에 나가서  
 이런 문제를 설명하려면 시험문제에 냈을 때 좀 평가와  
 가가 곤란하고, 답이 따로 따로 나오기 때문에, 단답형  
 이고 공식 같은 것을 대입해 가지고 답만 마지르면 맞는  
 데, 이런 문제는 풀이 과정이 다르니까 이 것을 평가하  
 고 곤란할 것 같습니다.

교사: 풀이 과정을 평가하면 되는 거지? 이 번처럼.  
 학생: 여태까지 이렇게 배운 적이 없었는데요. 물리 수업에서  
 이런 문제를 다루면 적은 이 번 수업에서 처음입니다.  
 교사: 이런 과정이 많이 필요한 것 같아? 필요 없는 것 같아?  
 학생: 이런 과정이 절대적으로 필요하다고 생각합니다.  
 교사: 절대적으로 필요하다고 생각해?  
 학생: 예.  
 교사: 왜?  
 학생: 물리현상을 이해하는데 가장 필요한 게 이런 것이라는  
 것을 기초연습 수업을 들으면서 느꼈습니다. 그런데 아  
 직도 정리가 잘 안 된 것도 있어서.  
 교사: 그럼 지금까지 한 말을 정리하면?  
 학생: 참신한 주제 선정과 운동방정식을 이용한  
 교사: 여기서 참신한 주제 선정이라는 것은 왜 참신하다는 거  
 지?  
 학생: 사람들이 착각하기 쉬운, 답을 반대로 얘기하기 쉬운  
 아니면 이해하면서도 정확히 설명하지 못하는 그런 주  
 제를 선정해서 그 것을 운동방정식을 통해서 설명할 수  
 있도록 유도함으로써 물리현상의 정확한 이해를 도울  
 수 있기 때문에 중요하다고 생각합니다.

교사: 물리 개념을 잘 이해하지 못해서 학습개념에서 맞출 수  
 없었다면 그 이유는 대체로 무엇 때문이라고 생각하는  
 가?  
 학생: 공부를 하지 않았기 때문이라고 생각합니다. 이 것이  
 이유의 전부라고 생각합니다.  
 교사: 공부를 하지 않았다. 왜?  
 학생: 개인적인 사정이... (웃으며)  
 교사: 이 상황에서 이러한 과정을 보았어도 개인적인 사정이  
 영향을 더 크게 미친다는 건가?  
 학생: 예.  
 교사: 자기 생각하고 다른 불일치 상황을 보았다. 그랬어도  
 자신의 학습활동에서는 이 때 그런 상황에서의 개인적  
 상황이 영향을 많이 준다.  
 학생: 예.  
 교사: 평가가 있기 전까지는?  
 학생: 예. 평가를 하면 책보고 공부를 하긴 하는데 그 과정에  
 서 또 혼자서 스스로 공부를 하기 때문에 우리가 앞에  
 서처럼 잘 못된 사고를 하기도.  
 교사: 평가가 없기 전까지는 학습이 어때? 일어나 잘 안 일어  
 나?  
 학생: 면담에서 자기가 생각했던 또는 얻었던 그 상황 그 대  
 로 혹은 좀 잊어버리거나 멈춰있는 것 같습니다.

교사: 면담상황에서 지체된다 이 건가? 무엇을 하기 전까지는?  
 학생: 예. 학습을 하기 전까지는. 평가를 하기 전까지는.  
 교사: 그러면 학습을 하는 목표가 평가를 위해서 학습을 주로  
 했었나? 시험이 있었니?  
 학생: 그렇게 되면 안 되는 건데, 항상 평소에 공부를 하자라  
 고 생각을 하고 있었는데 잘 안 되는 것 같습니다.  
 교사: 평소에 공부를 하려고 하는데 잘 안 된다 이거지?  
 학생: 예. 학점하고...  
 교사: 평가를 통해서 학습을 한다 이거지?  
 학생: 예.  
 교사: 시험이 있으니까 학점과 관련되니까?  
 학생: 예. 학점하고...  
 교사: 그 이유는 뭘까? 평소에 학습이 안 되고 평가에 맞추어  
 서 학습을 하게 되는 이유는?  
 학생: 학교 제도가 그렇게 되어있기 때문에 그런 것 같습니  
 다.  
 교사: 제도가 어떻게?  
 학생: 학습활동이 중간고사하고 기말고사 두 개의 시험으로만  
 평가되니까. 그렇게만 하는 상황에서 시험기간에만 공부  
 하고 나머지 시간에는 놀고.  
 교사: 그러면 자주 평가하면 괜찮겠어?  
 학생: 그러면 그 수업을 우선 안 들으려고 하겠지요.  
 교사: 왜?  
 학생: 수시 평가를 한다면 웬만하면 안 들으려고 합니다.  
 교사: 힘이 들어서?  
 학생: 예. 학기초에 수시 평가라고 하면 수강을 안 하려고 함  
 니다.  
 교사: 수시 평가인지 아닌지 어떻게 알아?  
 학생: 소문이 다 들리니까요.  
 교사: 그러면 학습에서 스스로 학습을 하겠다는 생각이 부족  
 하다는 건가? 오늘 불일치하거나 모르는 것을 보았을  
 때 저 것을 내가 평가와 무관하게 잘 한 번 알아봐야겠  
 다. 스스로 학습을 하겠다는 생각을 접어두고 일단은 특  
 정 평가 기간에만 학습을 하게 되는 그런 습관을 많이  
 갖고 있다는 건가?  
 학생: 예.  
 교사: 그런 상황에 대해서는 어떻게 생각해 스스로 학습을 하  
 는 학습자를 만드는 데는 바람직하다고 생각하나? 어쩔  
 수 없다고 생각하나? 어떤 학생은 시험이 있을 때만 생  
 각하잖아 그렇게 되는 것이 바람직한 것이냐?  
 교사: 그렇게 안 되는 이유는 뭐야?  
 학생: 학교의 전체적인 분위기라든지, 열심히 하는 사람이 있  
 고 열심히 하지 않은 사람이 있는데, 그렇게 열심히  
 부하는 사람들은 웬지 꼭 막혀 보이고, 그 시간에 다른  
 것을 하면 좀 더 재미있지 않을까. 자신한테 대학교 진  
 학 시절이 아니면 못해보는 일이 있기 때문에 지린 거  
 공부할 시간에 다른 활동을 하자. 저 같은 경우에는,  
 교사: 학습과제 자체보다 그 학습과제를 잘 이해하는 것보다  
 더 바람직한 가치가 존재한다. 대학 생활에서 해보아야  
 할.  
 학생: 예.  
 교사: 과제 가치의 우선 순위에서 밀려난다.  
 학생: 예.  
 교사: 중간이나 기말에만 학습하도록 많이 길들여져서 그런  
 가?  
 학생: 예. 다른 과목도 대부분 수업과제가 주입적이고, 그 주  
 입된 내용을 중간이나 기말에서 암기력 테스트 비슷하  
 게 그런 식으로 항상 평소에 알고 있는 내용을 평가하  
 는 것이 아니고 암기력 위주의 평가를 하기 때문에 평  
 소에 공부할 필요가 없다는 거지요. 중간이나 기말고사  
 기간에만 잠깐 외워서 시험 보면 시험 성적이 잘 나온  
 다. 그렇게 생각하기 때문에.  
 교사: 그러면 잘 이해할 수 없었던 이유를 정리하면?  
 학생: 평가를 하는 기간동안에는 과제에 대해서 다시 한 번  
 생각해보게 되는데, 그 외의 시간에는 그 과제에 대해서  
 전혀 생각을 하지 않기 때문에 제가 만약 이해를 수업  
 시간에 다 하지 못했다면 그 상태로 평가 때까지 가  
 기 때문에, 그런 것처럼 혼자서 공부하거나 책을 보는 것  
 은 이해가 잘 되지 않았고 시험도 잘 못 보게되는 것  
 같습니다.  
 교사: 개념을 잘 이해하지 못한 것하고 시험성적이 잘 안 나  
 온 것하고 동일해?  
 학생: 개념을 잘 이해하지 못했기 때문에 혼자 이렇게 공부하  
 는 과정에서 잘 못된 내용을 옳다고 생각하고 시험 답  
 안지에 쓴 거지요.  
 교사: 그렇게 안 하려면 어떻게 해야해?  
 학생: 그러면 평소에 공부를 하도록 해야지요. 그렇게 한다면  
 개별지도를 하면 좋는데 대학 강의 상 그렇게 할 수도  
 없고.  
 교사: 개별지도를 하면 된다. 강제로  
 학생: 자발적인 분위기를 유도해야지요.  
 교사: 내가 어떻게 했으면 더 자발적으로 그 때 그 때 마다  
 더 공부를 했겠어? 선생님이 이렇게 하면 더 할 수 있  
 었을 텐데?  
 학생: 잘 해주셨는데요(웃으며). 저희가 공부를 안 해서, 이런  
 경우에 길들여져 있었기 때문에 그럴 수도 있고.  
 교사: 어떤 것에 길들여졌는데?  
 학생: 암기학습, 평가, 시험기간에만 학습 그런 학습방법에만  
 길들여져 있어 가지고. 평소 수업을 하시다보면 예습이  
 나 부족을 굉장히 강조하셨는데, 책을 한 번 읽어봐라  
 하셨는데 한 명 두 명 손들고 그렇게 하는 사람이 없  
 는 것은 그런 식으로 많이 길들여져 있기 때문에.

교사: 어떤 데 같들어져 있어?  
 학생: 평가를 할 때만 잠깐 버락치기로 준비했습니다.  
 교사: 그러면 학생들이 그렇게 하지 않으려면 어떻게 하면 좋을지?  
 학생: 수행평가 비슷하게요 과제를 그 때 그 때 마다 요.  
 교사: 과제를 그 때 그 때 마다. 그렇게 하면 자발적인 학습이 되겠나?  
 학생: 한 사람씩 비슷하면서도 다른 과제를 주는 겁니다. 배길 수 없게.  
 교사: 스스로 학습하게 만드는 게 굉장히 어려운 것인가? 학생: 생이 스스로 학습하게 만드는 게? 학생: 한 학기 동안 배워야 할 내용이 양적으로 적다면, 이해를 하는 것이 강요의 목적이라면 이해해야 할 원리가 가지 수가 많이 많다면 그 과제에 한에서는 학습을 할 텐데.  
 교사: 쉬운 문제로 시작하진 않겠나? 진정한 학습자를 만드는 게? 평가 없이 스스로 학습하는 진정한 학습자를 만드는 게 쉬운 일이 아니네.  
 학생: 다른 사람이 평가하는, 그러니까 교수님이 학점으로 평가하기보다는 저희 같은 경우는 졸업장을 해서 임용고사 받고 앞으로 나가서 훌륭한 교사가 되기 위한 위해서, 훌륭한다는 표현을 듣기 위해서는 공부를 해야 하잖아요. 그러니까 꼭 임용고사라고는 자기가 이런 고사가 되어야겠다는 생각이 들어가야 하잖아요. 자기가 공부를 잘 하는 것 같습니까. 저 정도 친구들이랑 물리 스터디를 하고 있는데, 이런 것이 외국인 평가 때문인지 임용고사를 위해서 하고 있는 것일지도 모르겠네요. 제대로 가르치니까 이런 생각에서.  
 교사: 평가가 아니라 학습을 한다. 그런데 개인적 사정 때문에 학습이 제대로 못 되었다. 여기서 개인적 문제는 뭐지?  
 학생: 이성분제하고 저 같은 경우는 동아리 활동을 하고 있는데 스스로 성취감을 느끼기 위해서 무언가를 해야겠다는 생각하고 했기 때문에. 만족할 만큼 복학해서 제 역할을 해야 하기 때문에. 약기를 다루는 동아리이기 때문에 후진으로 양성이 중요하거든요. 그것도 있고 동아리를 체계적으로 해놓고 4학년이 되기 전에 해야 하거든요. 그래서 나갈 때마다 정신적 부담감이 컸거든요.  
 교사: 그래서 이런 것들이 기초역학에서 물리개념을 이해하는 학습의 지라든가, 학습지속 노력효과에 영향을 미쳤기 때문이지요?  
 교사: 그래서 평가가 있을 때에 한해서만 학습이 이루어지고요.  
 학생: 예.  
 교사: 사례 제시 면담을 통해서 인지갈등을 느꼈을 때 인지갈등을 느꼈었나?  
 학생: 예.  
 교사: 이 때 느낀 인지갈등을 해결하는데 중요한 역할을 한 것은 무엇이었던가?  
 학생: 실험이지요. 선생님 세 가지 사례 제시 실험에서 이런 상황을 제시면서 이러한 어떻게 되겠는가를 물어보셨잖아요. 그리고 제가 그 물음에 대해서 나름대로의 생각을 말씀드리고  
 교사: 다시 한 번 이야기 해봐?  
 학생: 선생님 세 가지 주제를 실험을 하기 전에 상황을 설명하는데 설명하시고 제가 실험하기 전에 예측을 말씀드리면 실험을 선생님 세 가지 후에 제가 인지갈등이 일어나는 거지요. 결과를 알려주지 않은 상태에서 실험을 한 것이 인지갈등이 일어나게 하는데 중요한 역할을 했었고요. 인지갈등을 해결하는데는 실험만으로도 상당히 인지갈등 해소는 이루어졌거든요. 아! 내가 잘못 알고 있었구나. 아! 이 것은 이것 때문에 그것이 이런 결과가 나타났구나. 미리 속으로. 실험만으로도 상당히 해소는 되었는데, 실험 후에 머리가 복잡하나 혼란스러운가? 그 질문에 대해서 명쾌하다고 대답한 경우가 몇 개 있었을 거예요. 첫 번째 종이과제에서나 물결 과제에서 현상 자체만 보고도 해소가 되었기 때문에 그렇게 대답을 했을거예요.  
 교사: 상황 자체가.  
 학생: 예, 상황 자체가. 해결을 하는데. 그래서 그렇구나 라고 생각을 정리해서. 그런데 또 운동방정식으로 표현을 하다가 보니까 생소한 개념으로 해보지 않았던 그런 식으로 풀이를 하니까 거기선 인지갈등이 일어나기보다는 모르니까 잘 안 되더라고요. 모르니까. 인지갈등을 해소하는데는 생각에는 초기에는 처음 실험을 했을 때 그 실험이 아주 중요했고요. 그 다음에 운동방정식으로 문제를 푸는 게 또 인지갈등을 해소하는데 도움이 되었다고 생각합니다.  
 교사: 수업에서 개념을 도입해서 적용하고 운동방정식을 푸는 거?  
 학생: 예.  
 교사: 그러면 중요한 역할을 한 것은 무엇이냐? 정리하면.  
 학생: 두 가지가 있겠지요. 잘 이해하지 못하고 있는 정답을 모르는 상황에 대한 실험을 통해서 전에 알고 있던 것 그걸 뒤라고 하지 선... 선...(머뭇거리다.)  
 교사: 선개념, 오개념.  
 학생: 예. 대안적 개념에 대한 자신의 대안적 개념에 상반되는 그러한 상황을 제시하는 것이 인지갈등을 일으키는 데 중요한 역할을 했고, 또 그 것을 해소하는 데도 상당한 역할을 한 것 같아요. 흥미가 있는 자신이 모르고 있던 상황에 대해서 그렇지 않다. 자신의 생각과 상반된 현상만으로도 인지갈등을 해소하는데 도움이 되었다고 생각

하거든요. 자신이 이런 것은 몰랐는데 사실은 이렇구나! 하는 상황이 충격적인 상황이 사고의 폭을 넓히는데 인지갈등을 해소하는데 도움을 줬다고 생각을 하고. 또 하려는 운동방정식을 통해서 해석을 함으로써 이런 것들을 수월적으로 반복해서 이해를 함으로써 많은 물리현상들을 운동방정식을 통해서 해석하게 함으로써 해소하는데 도움을 준다고 생각합니다.  
 교사: 그러면 오개념을 과학적 개념으로 바꾸는데 중요한 요인은 무엇이라고 생각하는가? 이 점은?  
 학생: 그것은 실험 내용이라고 생각합니다. 실험 내용이 중요했다고 생각합니다. 인지갈등을 일으켰던 실험내용.  
 교사: 실험 내용이 중요하다고 생각하나요?  
 학생: 예. 그런 실험 내용이 많이 나왔으면 참 좋겠습니다. 간단하면서도 현장에서 많이 사용할 수 있는 실험. 간단해하면서도 현장에서 많이 사용할 수 있으면서, 친근한 상황인 데도 좋고, 종이과제나 물결과제를 보면, 친근한 상황인데 소재인데 오개념을 갖고 있을 수도 있는 것. 생활과 친숙한 소재 많이 찾아 가지고 사용할 수 있으면 좋겠어요.  
 교사: 생활에 친숙한 소재는 뭐지?  
 학생: 책과 종이 같은 경우에도 저희가 실험을 많이 하잖아요. 책만 떨어뜨리는 실험도 많이 하고 종이만 떨어뜨리는 실험도 자주 하잖아요. 종이를 떨어뜨리는 공기에 대한 마찰력 때문에 종이와 천천히 떨어진다. 책을 떨어뜨릴 때는 책은 무게가 많이 나가니까 종이에 비교해서 중력이 크기 때문에 그렇다. 그런 실험을 많이 하잖아요. 평소에도. 그런데 종이를 책 위에 올려놓고 떨어뜨리는 실험은 거의 없으니까. 많이 해본 소재인데도 잘 이해하지 못하고 있는 그런 소재를 찾아 가지고 실험을 했으면 좋겠습니다.  
 교사: 그러면 사례 제시 면담을 통해서 인지갈등을 해소하는데 중요한 역할을 한 것은 아까 두 가지 이야기를 했고. 비과학적 개념을 과학적 개념으로 바꾸는 데 제일 중요한 요인은 지금 이야기 한 것인가?  
 학생: 예.  
 교사: 비슷하면서도 인지갈등 해소와 관련된 요인이 한 가지가 더 있겠나?  
 학생: 예.  
 교사: 비과학적 개념을 과학적 개념으로 바꾸는데 제일 중요한 요인은 참신한 실험내용을 관찰하는 것이었다.  
 학생: 예.  
 [성공적인 면담]  
 교사: 물리개념을 잘 이해해서 좋은 결과를 얻는데 중요한 요인을 백분율로 표시해보자.  
 학생: 저는 일단 동기유발률 적절히 시킬 수 있는 과제가 40% 노력은 30%, 능력은 30%.  
 교사: 왜 이렇게?  
 학생: 노력은 물론 중요하다고 생각하고요. 노력하고 능력하고 똑 같은 비중을 둔 것은 개인적인 것인데 물리를 공부하면서 느끼는 건데. 물리는 안 되는구나하고 사람들이 이 그런 생각을 많이 가지고 있는데. 아직까지도 다른 사람에 비해서 물리를 이해하는 데 걸리는 시간이 많이 걸리거든요. 제가. 똑 같은 과제인데 그 것을 이해하는데 걸리는 시간이 많이 걸린다고 생각하기 때문에 제가 개인적으로 좀 더 물리에 관한 많은 것을 알아야만 공부를 잘 할 수 있다고 생각하기 때문에 노력에도 30%를 주고 능력에도 30%를 주었습니다.  
 교사: 여기서 능력이란 무엇을 의미하나요?  
 학생: 지식의 정도라고 그리고 개인적으로 공부를 할 수 있는 능력에 차이가 나지 않습니까? 머리가 좋든지, 암기력이 좋든지. 암기력이냐 장의력?  
 교사: 이런 것들, 유전적인 것?  
 학생: 예. 유전적인 것.  
 교사: 이 능력은 노력에 의해서 변할 수 없는 것인가?  
 학생: 여기에서 지식의 정도는 많이 공부를 하면 변할 수 있는 것이고요. 유전적 요인하고 환경적 요인 50:50인 것 같습니다.  
 교사: 여기서 노력은 무엇을 의미하는 거야?  
 학생: 노력도 능력에 포함시킬 수 있는데 공부를 해야만 하는 상황에서는 누구나 공부를 하겠지요. 과제나 시험, 평소에도 노력을 하는 것은 아무나 할 수 있는 것이 아닌 것 같거든요.  
 교사: 왜?  
 학생: 평소에도 공부를 하는 것은 공부를 아주 좋아하는 사람만 할 수 있을 것 같거든요. 평소에도 노력을 하는 게... 능력하고 과제는 주어졌다고 가정하면. 나머지 노력은 자신이 얼마나 하느냐? 에 따라서... 물리개념을 이해하는 데 노력의 정도에 따라서 나머지는 좌우된다고 생각합니다.  
 교사: 본인은 노력을 어떤 식으로 한다고 생각하나요?  
 학생: 저는 평가라든지 동기 유발이 아주 잘 된다는지 할 때 공부합니다.  
 교사: 어떻게?  
 학생: 책을 보고, 평가 있을 때 특별히 공부를 많이 하는 것은 아니거든요. 평가가 있을 때보다는 수업시간에 수업 시간에 공부할 것을 주고 생각해 가지고 시험지에 쓰거든요.  
 교사: 수업시간에 한 것으로 주로 끝나는구나(웃으면서). 책을 보고 노력을 어떻게 하는 거야?  
 학생: 저 개인적으로는 수업시간에 주로 다 이해하려고 노력하고요. 수업 시간에 다 이해하면은 출가분한 기분으로

수업을 마치는 것이고요. 수업시간에 다 이해하지 못하고 나가면 어쩔 때는 동기유발이 아주 잘 됐을 때는 나가서 책을 볼 때도 있고 거의 없지만요(웃으며). 동기유발이 아주 안 되었을 때는 그냥 과목을 포기해버리는 경우도 있지요.

교사: 따로 공부하지는 않고.  
 학생: 과목을 포기한다 라고 하기보다는 평가하기 전에 외운 내용만 가지고 시험을 보고, 제가 적절하고 있는 노력은 제가 수업시간에 들으려고 하는 것이 30%입니다.

교사: 적절한 동기유발을 시키는 과정이 40%로 가장 높은 이유는 뭐지?  
 학생: 이 과정이 가장 첫 번째 나와 가지고 그렇고요. 피동적 학습이라고 할 수 있는데, 일단 과정이 주어지자 그 것에 대해서 이해하려고 노력을 하고, 지식의 정도라든지 다른 요인이 뒷받침이 되기 때문에, 제 상황에서는 가장 중요했던 것이 과정였고 그 다음 노력이라든지...그 것을 뒷받침해주는 능력이 따르기 때문에.

교사: 적절한 동기유발을 시키는 과정 앞에서 이야기한, 어떤 과정이 그랬지?  
 학생: 종이과제처럼 자기 생각과 반대의 결과가 나오는 그런 과제들.

교사: 그 것이 개념을 변화시키는데 중요한 요인이었다.  
 학생: 제 생각에는 이런 경우가 학생들의 대부분의 입장이 아닐까 생각하는데요. 저는 그렇습니다.

교사: 지금까지는 성공을 하는데 중요한 요인이었다면, 물리 개념을 잘 이해하지 못해서 좋은 결과를 얻지 못했어. 이때 중요한 요인은?  
 학생: 성공 요인과 같은 것 같은데....  
 교사: 우리 옛말에 잘 되면 자기 탓. 못 되면 남의 탓이라고 하잖아. 원인이 다르지?  
 학생: 예. 공부를 안 했기 때문에 노력이 부족해서 그 것이 70%를 차지하는 것 같고, 과제 같은 경우에는 문제가 안될 것 같고, 만약에 과제 때문에 물리개념을 이해하지 못했다 라고 한다면 그 것은 핑계라고 할 수 있겠지요. 나머지 30%는 능력이라고 생각합니다.

교사: 나머지 30%는 능력?  
 학생: 예.  
 교사: 여기서 노력이라는 것은 어떤 것을 의미하는 거지?  
 학생: 하루에 공부를 데 투자하는 시간이지.  
 교사: 하루에 공부시간 어떻게 해 공부?  
 학생: 정상적인 대학생이라면, 수업시간 끝나고 저녁을 먹고 나면은 바로 책을 펴놓고 그날 배운 내용에 대한 복습을 해야한다고 생각하거든요. 그런데 저 같은 경우는 그렇게 한 적이 없으니까 물리개념을 이해할 수가 없지요(웃으며).

교사: 그날 배운 학습을 복습하는 것. 어떻게 주로 복습 활동을 해?  
 학생: 복습을 한다면 그 날 수업시간에 이해하지 못한 내용을 이해하려고 몇 시간이 걸려도 집중적으로 노력하는 것.

교사: 질문은 잘 하는 편인가?  
 학생: 질문은 스스로 잘하는 편이라고 생각하지는 않는데요. 가끔씩, 많이 잘 하는 편은 아니고요. 한 시간에 질문하다가 하나 둘 정도 생각이 나는데 그냥 안하고 넘어가는 경우가 많지요.

교사: 왜 안하고 넘어가는 경우가 많아?  
 학생: 아주 수준 이하에 질문이라고 생각하는 경우가 많기 때문에. 아주 기본적인 내용을 질문하기 때문에 다른 사람들은 기본적인 것을 생각하고 있는데, 기초가 부족해서.

교사: 선생님의 어떤 권위나 습관 때문에 질문을 안 하는 것이 아니고?  
 선: 다른 학생한테 좀 피해가 가는 것 같기도 하고, 수업 내용을 진행하는데... 선생님이 이런 정도는 알 것이다 라고 생각하고 수업을 진행하잖아요. 제가 그런 질문을 하면 그 수준이 이렇게 내려가는 것이니까 선생님이 여기서부터 설명을 하면 부담이 많이 되잖아요. 차근차근 설명을 해야하니까. 그렇기 때문에 그래서 보통 질문을 안 하지요.

교사: 질문 내용이 수준이하라고 생각하기 때문에  
 학생: 예.  
 교사: 중·고등학교 때 받았던 어떤 습관이 영향을 주는 것은 아니고?  
 학생: 그런 것은 아니고, 꼭 필요한 질문은 하거든요.  
 교사: 기초 역학 수업시간에 질문 좀 했지? 기초역학 시간에?  
 학생: 기초역학 시간에는 몇 번 질문을 드렸던 것 같습니다. 몇 개를 했는데 다 풀리지 않았어요. 지금은 무슨 질문을 했는지 잘 기억이 안 나는데요.

교사: 고등학교 때 받은 질문 습관은 없다.  
 학생: 그런 것은 없고요. 고등학교 때 질문을 많이 했거든요.  
 교사: 고등학교 때 질문을 많이 했어?  
 학생: 예. 수업시간에 열심히 듣고.  
 교사: 학교는 분위기가 좋았나 보지? 질문을 많이 했기에.  
 학생: 학교가 좀 학구적인 분위기였고 자유로운 분위기였기 때문에 제가 모는 것은 질문을 많이 하고 선생님도...  
 교사: 어느 학교?  
 학생: 사립이었는데요. 천라북도 정읍에 있는 정주 고등학교 인데요.

교사: 자유스러운 분위기였어. 선생님들은?  
 학생: 과학선생님들이 두 분이 재미있었거든요. 물리시간은 재미없었고, 화학하고 생물시간이 재미있었어요. 지구와 학시간에는 수업을 어떻게 하셔서, 화학은 재미있게 가

르쳐 주시니까 질문할 게 생기더라고요. 물리는 고등학교 때 문제 푸는 시간밖에 기억이 안 나고, 물리를 제대로 배웠으면 도움이 되었을 텐데, 그게 바로 능력이 아니겠습니까.

교사: 그래서 질문하는 습관이 고등학교 때 영향을 받은 것은 아니다.  
 학생: 예.  
 교사: 고등학교 때 질문을 많이 했었다.  
 학생: 예.  
 교사: 자율적인 분위기였다.  
 학생: 예. 선생님이 질문을 못하게 해서 제가 질문을 안 하는 습관이 들었던가 그런 것은 없습니다.

교사: 능력은 무엇을 의미하지?  
 학생: 아가 말씀드린 지식의 정도, 암기력이나 창의력 등.

교사: 그래서 사례제시 면담에서 불일치 상황을 보고 바로 이렇게 아! 그래서 그렇구나 하고 해결이 되는 경우가 있다고 했는데 물리과제의 경우에, 그런 경우는 개념을 변화시키는 것이 어땠어?  
 학생: 개념을 변화시키는 게...  
 교사: 개념 변화에 도움이 되었던 것 같아 아니면 아! 그래서 그렇구나하고 합리화시킨 것 같아?  
 학생: 개념을 변화시키는데 도움이 된 것 같고요. 실험 결과 만으로도 물의 가속도와 컵의 가속도 같다는 것을 정확하게 운동방정식을 세울 정도는 아니었지만 그런 것을 알 수는 있다. 물이 이동하는 가속도가 컵이 운동하는 동안의 가속도가 같다는 것을 바로 실험을 통해서 알 수 있었습니다.

교사: 선공기 과제에서는 그런 느낌이 안 들었어? 그 때는 바른 예측을 했었지?  
 학생: 바른 예측을 했는데도 시험 끝날 때도 그게 미심쩍었던 거예요.  
 교사: 자기 현상과 일치되는 바른 예측을 했는데도.  
 학생: 예. 생각을 하면 할수록 이렇게 좀 머리 속에서 맴돌더라고요.  
 교사: 바른 예측을 한 것이 다른 예측을 한 것보다 큰 도움이 안되었어? 다른 예측을 한 것이 도움이 되었던 것 같나?  
 학생: 예측을 바로 명쾌하게 양단 사이에 결정을 내리는 것이었잖아요. 물이 떨어질 것이다. 안 떨어질 것이다. 좋은 것이 먼저 떨어질 것이다. 책일 먼저 떨어질 것이다. 그런 경우는 바로 결정을 내릴 수 있는데, 선공기 과제 같은 경우는 관찰을 생각해봐도 답이 그렇게 바로 나오는 그런 과제가 아니라서 그런 것 같습니다.

교사: 내가 옳은 예측을 했잖아. 안 같다는. 옳은 예측을 한 것이 별로 크게 도움이 안 된 것 같아? 틀린 예측을 한 것보다.  
 학생: 그것은 예측에 대해서 제가 확신을 가지고 있지 않았기 때문에. 움직인다고 대답을 했어도 그것이 저에 입장을 충분히 대변할 수 있는 대답이 아니었고, 움직이지 않는다고 했어도...  
 교사: 사전에 자신의 입장이 명확하지 않았다는 이야기인가?  
 학생: 예. 그냥 모른다고 대답했다면 그게 아주 정확한 대답인 것 같습니다.  
 교사: 사전에 자신의 입장이 명확하지 않았다. 그런데 다른 과제에서는?  
 학생: 상당히 정리된 상태에서 대답을 했거든요. 그래서 선생님이 왜 종이가 나중에 떨어질 것이냐고 질문했을 때 대답을 정리해서 했었고, 물리과제에서도.  
 교사: 그 때 네가 압력하고 기압으로 설명을 했었지.  
 학생: 예.  
 교사: 베르누이의 정리라는 말을 썼나? 안 썼지?  
 학생: 그런 말을 썼던 것 같아요.  
 교사: 베르누이의 정리라는 말을 썼어?  
 학생: 베르누이의 정리라고 그런 말을 썼는지는 모르겠는데, 책이 내려오면서 책 뒤쪽의 공기의 흐름이 빠르기 때문에 기압이 낮아지기 때문에 공기의 속도가 증가하는 것 같아요.  
 교사: 여기서의 압력은 무슨 압력이야?  
 학생: 이 앞의 대기압보다 바깥쪽이 낮으니깐 종이가 뜰 것이야. 종이고 책 사이의 기압이 종이 바깥보다 높으니깐 뜨게 되지 않습니까?  
 교사: 안 쪽이 높고 바깥쪽이 낮은 이유는?  
 학생: 안 쪽은 공기가 채워져 있는 정지된 상태이고 바깥쪽은 흐름이 있으니깐 기압이 낮다. 속도가 빠르니까.  
 교사: 안 쪽은 높고 바깥쪽은 낮기 때문에.  
 학생: 예.  
 교사: 그래서 이런 식으로 사전입장이 정리되어 있었다는 거지? 종이과제에서도 그렇고 물리과제에서도 그렇고.  
 학생: 예.  
 교사: 종이과제에서도 그렇고, 물리과제에서는?  
 학생: 물리과제에서는 사전 입장이 정리되었다 라고 하기보다는 그냥 막연히 물건을 던지는 것을 관찰하니까 던지는 동안에만 힘이 작용하는 건데 올라가는 동안에도 힘이 작용한다는 오개념을 가지고 있었다는 것을 생각했습니까.  
 교사: 그 상황을 보고,  
 학생: 그 상황을 보고 이제 물컵이 손안에서 움직일 때만 힘이 작용하고 손을 떠났을 때는 손의 힘이 작용하지 않는다는 것을 실험을 통해서 정리했습니다.  
 교사: 그래서 틀린 예측을 한 상황에서는 사전개념에 대한 나

름대로의 확산 정도가 있었다는 거지.

학생: 예.

교사: 그런데 선풍기 과제는 입장 정리가 안 되었네.

학생: 예.

교사: 그런데 그런 것들이 개념을 변화시키는데 영향을 미쳤나? 입장정리가 되었을 때하고 안 되었을 때하고?

학생: 그런 것도 있고요. 선풍기 과제는 지금도 솔직히 잘 모르겠거든요.

교사: 1차에서도 그렇고 2차에서도 조금 입장정리가 안 되었네.

학생: 예.

교사: 그게 불일치 상황을 예측했을 때 자신의 어떤 입장이 명확히 정리되어 있지 않았다는 것이 영향을... 명확히 정리되어 있었으면?

학생: 제가 어떤 식으로든지 나름대로 설명할 수 있었다라면, 그러면 나중에 선생님의 설명을 듣고 비교를 해서 이해하려고 노력을 했을 텐데, 그런데 그게 잘 안 되어있으니깐 이번에 선생님이 설명하실 때 그냥 주입식하고 별로 차이가 없었던 것 같습니다.

교사: 비교를 할 수 있는 자기개념을 가지고 있는 경우와 없는 경우가 차이가 있었다는 이야기인가?

학생: 예.

교사: 자기 입장을 명확히 했을 때는 비교할 수 있었는데.

학생: 예.

교사: 설명을 들을 때라든가?

학생: 예.

교사: 이 때는 이 생각을 왜 포기했지? 종이과제에서 기압과 압력을 이용한 설명?

학생: 이 과제를 운동방정식을 통해서 풀이를 하면 당연히 이런 결과가 나오기 때문에,

교사: 불일치 상황을 보고 나서 바로 이 생각을 포기했나?

학생: 예, 바로 포기했습니다.

교사: 불일치 상황을 보고 나서도 바로 이 방법으로 설명하려고 노력하지 않았나?

학생: 이 방법으로는 저는 바로 틀 줄 알았거든요. 그런데 안 쓰는 것은 제 생각이 틀렸구나. 이 방법이 틀렸구나 바로 알 수 있었습니다.

교사: 이 방법으로 바로 이 상황을 설명하려고 했던 것은 아니고?

학생: 예.

교사: 그건 왜 그랬지?

학생: 중이가 조금이라고 막 뜨려고 했으면 설명하려고 했겠지만 제 생각이 좀 바보 같았구나 라고 느꼈습니다. 이 현상에서 기압이나 압력 차이는 별로 중요하지 않을 텐데.

교사: 그래서 입장정리가 명확히 되어있던 경우는 개념변화를 하는 것이 좀 더 수월했다는 이야기야?

학생: 예.

교사: 명확해?

학생: 예.

교사: 그래서 올라가는 동안에는 물이 나오고 떨어지는 동안에는 안 나옵니다. 그러한 입장을 명확하게 가지고 있었다 이거지?

교사: 선생님 설명이 주입식으로 들렸다.

학생: 예.

학생: 예, 입장정리가 안 되었기 때문에 선생님 설명이 잘 들어오지 않았습니다.

교사: 정리를 다시 하면은 분명히 불일치 상황을 선생님이 제시했었지?

학생: 예.

교사: 그래서 네 나름대로 종이과제에서는 기압과 압력으로 설명을 했었고 그리고 또 물컵이 올라가는 상황에서는 던진 구멍의 방향에 따라서 결과가 달라질 것이라고 생각했었지?

학생: 예.

교사: 그래서 종이 과제 같은 경우에는 실험을 보고 그게 아니다 라고 같이 떨어진다는 입장을 정리했었고, 왜 그런데 종이하고 책이 같이 떨어진다고 생각했었지?

학생: 실험을 보고 난 다음 예요? 마찰력은 책에만 작용하고...

교사: 그런 식으로 설명했었지. 결과를 보자마자.

학생: 예.

교사: 그리고 물컵을 던졌을 때도 바로 입장정리를 했었지? 더 이상 손에서 작용하는 힘은 더 이상 작용하지 않는다.

학생: 예.

교사: 그런데 선풍기 과제에서는?

학생: 처음 입장도 제가 설명을 제대로 못했구요. 할 수가 없었고요. 운동량 나오고 운동에너지 나오고...(웃으며)

교사: 그래서 혼동되어서 너의 입장이 제대로 정리되어 있지 않았었다 이거지?

학생: 예.

교사: 그래서 정리가 된 경우하고 안 된 경우하고 개념변화에서 차이가 있었다는 이야기네.

학생: 예.

교사: 나중에 따로 뭘 학습을 하거나 그런 것은 아니었고.

학생: 예.

교사: 그리고 평가가 있을 때만 학습을 했다는 이야기지?

학생: 예.

교사: 그래 면담하는데 수고가 많았어.

학생: 예.

## 감사의 글

여러 면에서 부족한 제가 한 가지 일을 매듭짓고 그 매듭을 기초로 새로운 출발을 할 수 있도록 도와주신 여러분이 있었기에 이 자리를 빌어 감사의 마음을 꼭 전하고자 합니다.

여러 면에서 부족함이 많은 저를 참된 삶의 세계로 인도해주시고 넓은 아량과 사랑으로 지도해주신 권재술 선생님께 감사 드립니다. 선생님께서는 앞으로 더욱 열심히 공부하고 탐구하는 연구자의 모습으로 그 은혜에 보답하고자 합니다. 학부 때부터 인자하시고 자상하신 마음으로 제자들을 지도해주시고 논문의 문제점을 꼼꼼히 지도해주신 김범기 선생님과 언제나 변함 없이 물리학에 대한 아름다움을 가르쳐주시고 그 아름다움을 몸소 행동으로 실천하시는 윤성현 선생님께 감사 드립니다. 논문 심사 과정에서 가장 많은 관심과 사랑을 갖고 제 논문을 지도해주신 백성혜 선생님께 감사 드립니다. 바쁘신 가운데도 논문 심사를 맡아주셔서 큰 문제에서부터 작은 문제까지 세심하게 지도해주신 김익균 선생님께 감사 드립니다. 학부 때부터 참된 연구자의 모범을 가르쳐 주신 장세중 선생님, 항상 넉넉한 미소와 여유로 편안하게 대해주시는 김상년 선생님, 학문에 대한 패기와 열정을 보여주신 김종복 선생님께 감사 드립니다.

미국에서 참된 연구자로서 열정을 펼치고 있는 이경호 선생님과 항상 연구실의 굳은 일을 도맡아 행하시는 넉넉한 최혁준 선생님과 섬세한 서상오 선생님께 감사 드립니다. 음으로 양으로 도와주신 최한용, 박학규, 김준태, 이영직, 권난주, 김영삼, 김지나, 문성숙, 홍윤희 선생님과 소심회의 모든 선생님, 광학방의 이충희, 김경대, 김수경 선생님, 431호의 김만희, 정현주 선생님께 감사 드립니다.

논문 심사과정을 성심껏 도와준 친구 송영욱과 후배 김학성에게 감사의 마음을 전합니다. 또한 밤늦게까지 논문에 대한 토론과 마지막까지 논문 수정 작업을 도와준 수리 고등학교 조용현 선생님과 동생 장방원 선생님에게도 감사의 마음을 전합니다.

올해 현장으로 복직한 저에게 여러 소중한 가르침을 몸소 실천으로 보여주신 금천 고등학교 김승태 교장 선생님과 이완재 선생님을 비롯한 자연과학부 선생님들과 1학년부 선생님들께도 감사의 인사를 드립니다.

마지막으로 언제나 막내를 걱정해주시는 누님과 매형을 비롯한 형님들 내외분과 서울에 계시는 아버님과 부산에 계시는 아버님, 어머님께도 감사 드립니다. 박사 과정 3년의 휴직기간 동안 저는 딸 민주와 아들 용정의 아버지가 되었습니다. 여러 모로 희생이 많았던 아내 김은아와 자녀들에게 고마운 마음을 전하며 참된 삶과 진리를 위해 진지하게 노력하는 아버지와 남편이 될 것을 약속하며, 해맑고 아름다운 금천 고등학교 1학년 12반 학생들과 이제는 대학생과 사회인이 된 중경 고등학교 제자들의 건강과 발전을 기원합니다.

2002년 7월 29일 김연수 올림