

제4발제

2015 개정 과학과 교육과정 중 '통합과학'의 적절성 및 지구과학영역에 대한 분석

장슬기(소명중고등학교, 좋은교사운동 과학교사모임 대표)

I. 문제제기 그리고 제안

문제제기는 이런 주제가 어떨지요?

< 과학의 흥미를 잃어버린 기간들! 통합과학, 융합과학의 재탕이 될 것인가? >

2009 개정 교육과정 '융합과학'을 가르치신 과학선생님들에게 받은 피드백

- 60시간 융합과학 교사연수만으로 융합과학을 이해하고 가르치긴 불가능하다
- 한 교사가 가르칠 경우, 현장에서 대학 때도 배우지 않은 타전공의 내용을 아이들에게 가르쳐야했기 때문에 오개념 수업이 많았다.
- 우주의 탄생부터 순차적으로 가르쳐야 할 내용을, 전공샘들끼리 영역을 나눠 가르칠 경우 분절화되어 융합과학의 취지에 어긋났다.
- 하지만 변화하는 과학계 동향과 연구내용을 간과할 수는 없다. 과학교사들이 죽은 지식을 가르치고 있다는 비판이 나올 수 있다. 그러나 자연계열학생들에게 필요하다 할지라도, 문과와 예체능계 학생들에게 가르쳐야하는가가 문제다.
- 2009개정 융합과학은 선생님들이 피하고 싶은 과목이죠. 수 년간 시행착오하며 가르쳐보니 재밌기도 하지만, 문과나 예체능계 학생들은 저만큼 재밌어하진 않아요. 사실 지루해하는 경향이 많습니다.
- 지나치게 학문중심의 교육과정이에요. 언제즈음이면 이런 굴레를 탈출할 수 있을까요? STEAM이 유행인데, '과학과 사회'나 '과학과 예술' 혹은 '과학과 영화' 등 이런 다양한 융복합적 사고력을 성장시킬 교과서가 필요한 것은 아닐까요?
- 저희는 작년부터 (융합)과학 없애고 1학년들의 경우 '물리1'을 다 가르칩니다. 융합과학이 1학년에 있던 제작년까지는 (융합)과학을 물리 선생님들이 가르치셨었는데, 깊이 않게 현대과학동향을 대중 훑는 방식으로 수업하시더군요. 처음엔 감이 안 왔는데 몇 년간 하다보니 할

만했지만 그러나 깊이있게 알고 싶어하는 아이들이 깊은 질문할 때면 당혹스러웠다 하시더라구요.

- 수능에도 안나오는 과목이라는 점 때문에 학생들을 견인하기가 쉽지 않아요. 교과서는 현대 과학의 큰 틀거리인 진화적 관점으로 체계적이긴 한데, 흥미를 지나치게 떨어뜨릴 만큼 어려워져 결국에서 솔직히 자는 학생들이 많죠. 취지가 ‘융합형인재’를 키우자는 건데, 자고 있는 학생들을 보면 ‘과연 그런가’ 되질문하게 됩니다. 특히 문과나 예체능 계열학생들이 심하죠.

융합과학의 문제를 단적으로 표현하면, 지나치게 학문중심의 교육과정인 현대과학의 주류이론들로 ‘Big Story’ 로 구성되어(특히 제 1부 우주와 생명), 현장의 교사들조차 부담스러워하는 과목으로 전락했고, 결론적으로 문과와 예체능계열을 비롯한 다수의 학생들로 하여금 ‘과학의 흥미’ 를 상실케 하였다고 표현할 수 있다.

이는 과학적 소양교육으로서의 기초교과로 보기에 힘든, 자연계열(고등학교 3학년) 수준의 난이도가 높은 통합적 교육과정을 고등학교 1학년에 배치(어쩔 수 없는 현장교사들의 선택)하게 되어, 다수의 학생들에게 ‘과학 = 재미없는 과목’ 이란 인식을 학생들에게 확산시켰다. 그러므로 현장교사들에 의해 회피대상 1호 과목이 되어 왔다. 과연 융합형 인재를 기르는데 이 교육과정과 교과서이 적절했는가? 통렬히 반성할 필요가 있다.

그러므로 2015 개정 교육과정의 대표격인 ‘통합과학’ 이 이러한 전철을 밟지 않기 위해, 현안을 재고하지 않고 교육과정 재구성없이 진행된다면, 앞으로 현장에서 학생들과 교사들에 의해 ‘회피대상 1호 과목’ 이 되어 이로 인해 앞으로 5년 이상의 기간이 ‘한국과학교육의 퇴보기간’ 이라는 오명을 얻을 가능성이 내재되어있다.

이에, 융합과학이 재탕이 되는 불상사가 일어나지 않기를 간곡히 부탁하는 바이다.

물론, ‘통합과학’ 의 현안이 융합과학 만큼의 학문중심의 난이도를 가지고 있다고는 보지 않는다. 다만 특정내용영역과 내용성취기준들에서 ‘융합과학’ 의 내용영역들이 다수 포함되어 있기에, 문과학생들과 예체능계열을 선택할 다수의 교사와 학생들에게는 역시 ‘융합과학’ 의 아류로 느껴질 수 있다.

결국, 문이과 통합교육과정이라는 이름으로 ‘통합형 인재를 기른다는 교육목표’ 는 추상적 선언에 불과하게 될 것이다.

이제, 다음과 같이 제안하고자한다.

첫째, 현 (융합)과학과 연동되거나 I, II(물리, 화학, 생명과학, 지구과학)에 해당하는 난이도가 높은 내용영역과 성취기준은 과감히 뺄 것을 요청한다.

둘째, 중 3 수준을 정규적으로 이수한 학생들이 쉽게 이해할 수 있는 ‘교과서’ 로 출판되도록, ‘교육과정 해설서나 교과서 집필 및 출판관련 지침 등’ 에 명시해줄 것을 제안하는 바이다.

셋째, 무엇보다 ‘통합형 인재 육성’ 에 의지가 있다면, 과학교과 내 통합을 넘어 타교과와의 통합에 대한 Big Idea를 설정하여 교육과정에 삽입하기를 요청한다. 예로, ‘과학과 사회, 과학과 예술, 과학과 미래기술, 과학과 스포츠, 과학과 철학, 과학과 종교’ 등이 가능하

며, 이미 한국과학창의재단에서 만들어둔 ‘과학교양, 과학융합’ 교과서가 의미있는 예시가 될 것이다.

이제 이와 같은 ‘문제제기와 제안’을 하게 된 이유를, ‘통합과학의 지구과학영역을 중심의 적절성 등’의 분석을 통해 근거로 삼고자 한다.

II. 2015 개정 과학과 교육과정 중 ‘통합과학’의 적절성에 관해

현재 2015 과학과 교육과정 중 ‘통합과학’ 시안은, 그 추구하는 인간상인 “인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖추고 바른 인성을 겸비하여 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출하는 창의융합형 인재” 양성에 적절한가?

Big Idea를 중심으로 통합과학 과목을 신설하여 ‘자연현상에 대한 통합적인 접근과 융복합적 사고가 가능하도록 구성한 것은, 2009개정 교육과정이 지나치게 학문중심이었던 ‘과학(융합과학)’ 교육과정의 한계와 문제점들을 넘어선 대안이 될 수 있을까? 2015 개정 ‘통합과학’이 2009 개정 과학(융합과학)의 전철을 다시 밟는 것은 아닌가?

의 질문을 가지고 관련자료를 비교분석하였다.

먼저, 2009 개정 과학교육과정 중 일반선택과목인 과학(융합과학)의 목표는 다음과 같다. ‘과학(융합과학)’은 제 1부‘우주와 생명’과 제 2부‘과학과 문명’으로 구성된다. 그 중 1부에 관하여,

- 제 1부에서는 우주의 탄생에서부터 태양계의 형성 및 생명체의 출현에 이르는 과정에 관한 주요과학 개념의 이해를 바탕으로, 이 과정을 밝혀내기 위하여 **과학자들이 가졌던 의문과 해결방안**을 탐색하게 함으로써 과학의 본성을 이해하게 구성되어 있다.

- ‘과학(융합과학)’에서는 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 기본개념들이 적절하게 균형을 이루면서 자연스럽게 융합되도록 구성한다. 학생들이 과학에 대한 흥미를 느끼고 자연을 통합적으로 이해하는데 필요하다면 **어려운 과학**개념일지라도 적절한 수준에서 소개한다.

- ‘과학’을 통하여 학생들이 심화된 물리, 화학, 생명과학, 지구과학을 학습할 수 있는 의욕을 갖도록 하고, 관찰, 실험, 조사, 토론 등 다양한 활동을 통하여 과학적 탐구방법과 과정을 이해하게 하여, 이를 바탕으로 창의적 문제해결능력과 시민사회에서 합리적인 의사결정을 위한 과학적 사고력을 기르도록 구성한다.

▶ **분석** : Big Idea 였던 진화론(우주진화, 물질진화, 지구진화, 생명진화)을 중심으로 과학자 수준의 현대과학적 탐색을 가능하도록, ‘통합과학’이라는 새로운 틀의 교육과정을 만든 것은, 과학자들의 박수를 받을 만한 ‘학문중심의 교육과정’의 통합적 사례로 의의가 있다. 수준과 난이도가 높은 내용이 교과서의 50% 이상 차지하였기에 일반선택과목으로서 선택하지 않아도 되는 과목이었다. 그러기에 현장에서는 물,화,생.지 I, II를 어느 정도 이해한 학생들을 위해 통합적 이해를 위한 과목으로 고등학교 3학년에 선택배치되어야 하며, 특히 자연계열 학생만

을 위해 배치되어야하는 선택과목이었다.

그러나 고등학교 3학년에서는 이 과목을 입시로 인해 배치할 수 없는 상황인데다, 10학년(고등학교 1학년)에서는 문이과 계열이 분리되지 않는 교육상황과 모의고사에 일부 출제되는 상황으로 인해, 과학을 가르치기 위해서 유일하게 존재하는 과목으로 '과학(융합과학)'이 다수의 고등학교 1학년에서 문이과 통합으로 가르치게 되었다.

이로 인해 결국 학생들 다수가 '과학의 본성 곧 재미없다, 어렵다, 과학자들만 하는 것이다, 지루하다'를 경험하고 이해하게하였다. 다시 한 번 과학에 대한 좌절하고 의욕을 상실시키는 대상과목이 되었다.

그렇다면, 2015 개정 '통합과학'은 2009개정 교육과정이 지나치게 학문중심이었던 '과학(융합과학)' 교육과정의 한계와 문제점들을 넘어선 통합적 과목의 대안인가? 혹 2009 개정 과학(융합과학)의 전철을 다시 밟는 것은 아닌가?

▶ **분석** : 영역('물질과 규칙성' '시스템과 상호작용' '변화와 다양성' '환경과 에너지')과 핵심 개념을 자세히 살펴보면, 융합과학, 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 넘어선 새로운 주제로서의 Big Idea를 아닌, 융합과학의 Big Story를 분절시키고 물,화,생,지과 재조합해서 단원을 구성한 듯한 인상을 지울 수 없다. 영역을 표현하는 단어들 즉 '규칙성, 시스템, 상호작용, 변화와 다양성' 조차 중학교를 갓 졸업한 고등학교 신입생들의 쉽게 귀에 들어오지 않는 단어들이다. 이런 추상성이 학생들에게 어떻게 비춰질까?

교육과정의 내용은 수 십 년 간 큰 변화가 없었다. 학년간의 이동하여 순서만 바뀌거나 재조합에 불과했다. 이는 학문중심의 교육과정 그리고 나선형 교육과정의 장점이자, 최대 단점으로 보인다. 새 교육과정인 '통합과학' 역시 기존의 것에 재구성, 재조합한 방식으로 전개된다면, 과연 "인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖추고 바른 인성을 겸비하여 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출하는 창의융합형 인재"양성에 적절할까? 수없이 진행된 교육과정 전면개정과 수시개정이 보여주었듯, 인재추구의 목표와 구현되는 실재는 달랐으며, '통합과학' 또한 그러한 전철을 밟지 않을지 우려된다.

뿐만 아니라 '물화생지 I의 내용과 융합과학내용' 이 포함되게 되어, 인문계열 혹은 예체능계열의 학생들에게 회피과목이 될 가능성 또한 배제할 수 없다. 결국 '과학의 본성 곧 재미없다, 어렵다, 과학자들만 하는 것이다, 지루하다' 을 다시 경험하게 하여, 학습의욕을 상실시키는 과목이 될 가능성이 많다. 결국, "인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 막고 수업을 지루해하는 학생을 만들어, 새로운 지식을 재미없어하고 다양한 지식을 융합하는 것에 전혀 가치를 못느끼는 반창의융합형 인재" 양성에 기여하지 않을까?

또한 교수의 과정을 준비하는 교사들의 전문성에서도, 2009 개정 때와 같이 취약한 한계점이 나타날 것으로 예상된다. 물론 '통합과학' 내부에 과학(융합과학)만큼의 고난이도의 교육과정이 전면배치(특히 1부 '우주와 생명' 에서) 되어 있지는 않다. 하지만, 곳곳에 네 가지 과학의 통합을 진행하고 있기에, 누가 가르칠 것인가가 애매모호한 상황에서, 네 영역 모두의 지성적 전문성을 가지고 통합을 가르치거나 배우지 못했던 기존 교사들에게, 회피과목으로 전락할 가능성이 내재되어 있다.

Ⅲ. 2009 개정 교육과정의 중학교와 고등학교 교과와 2015 개정 ‘통합과학’ 사이의 연계성 측면에서의 분석 < 지구과학영역 중심으로 >

2015 개정 교육과정인 ‘통합과학’은 범교과차원의 통합이 아닌 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 등 과학교과 내의 통합형 교육과정을 지향하고 있으며, 중학교와 고등학교의 교육과정 중 영역을 추출하여 핵심개념(Big Idea)를 중심으로 단원을 구성하였다.

통합적 주제를 네 가지 영역(‘물질과 규칙성’ ‘시스템과 상호작용’ ‘변화와 다양성’ ‘환경과 에너지’)으로 정하고, 각 영역에 통합의 핵심개념을 잡은 후 성취기준을 제시하고 있다. 통합적 주제를 위해 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 영역들을 두 과목 ~ 세 과목까지 교과 간 내용요소들을 물리적 혹은 화학적 통합을 유도하고 있다.

이에 본 고에서는 앞서 분석한 것과 같이, ‘통합과학’이 기존의 2009 개정의 ‘융합과학, 물리, 화학, 생명과학, 지구과학’의 개념위주의 교육과정을 재조합하였으며, 특히 고등학교 1학년 학생들이 배우기에 쉽지 않은 고난이도의 ‘융합과학’ 교육과정과 연계가 많이 되어 있다는 점을 제시하려한다. 특히 이 중 지구과학영역에 대해서, 2009 개정 교육과정 중 중학교와 고등학교 교과들과 2015 개정인 ‘통합과학’의 사이의 연계성 측면에서의 분석하였다.

<표 1-1>을 통해 ‘통합과학’ 성취기준이 기존 2009개정의 중학교의 지구과학관련 단원과 고등학교 융합과학 및 지구과학 I·II에서 어떻게 재조합되어 연계되었는지, 특히 지구과학과 관련된 교육과정내용과의 연계성을 조사해보았다.

< 표 1-1 >

영역	핵심개념	2009 중학교 성취기준	2015 통합과학 성취기준 (2015.04.29.)	2009개정 융합과학	2009 지구과학 · II
물질과 규칙성	물질의 기원 (6차시)		<p>① 지구와 생명을 비롯하여 우주를 구성하는 기본입자들이 우주 초기부터의 진화 과정을 거쳐서 형성됨을 물질에서 방출되는 빛을 활용하여 추론할 수 있다. (3차시)</p> <p>② 우주의 기본입자들이 응집되어 태양계의 재료이면서 생명에 필수적인 무거운 원소들이 생성되는 과정을 통해 지구와 생명의 역사가 우주 역사의 일부분임을 해석할 수 있다. (3차시)</p>	<p>과1213. 수소, 헬륨 원자가 나타내는 선스펙트럼으로부터 우주에 수소와 헬륨이 풍부하다는 것을 알고 수소와 헬륨 원자가 형성되면서 나온 빛이 우주 배경복사로 검출되는 것을 이해한다.</p> <p>과1212. 빅뱅 우주에서 기본입자와 양성자 및 중성자, 헬륨 원자핵이 순차적으로 만들어진 것을 말할 수 있다.</p> <p>과1214. 별이 탄생하고 적색거성, 초신성으로 진화하면서 탄소와 산소 등 무거운 원소가 만들어진 과정을 이해한다.</p>	<p>지24305. 우주 배경 복사, 초신성관측 등의 최신 관측 자료를 바탕으로 급팽창 우주와 가속우주를 포함하는 빅뱅(대폭발) 우주를 설명할 수 있다.</p>
	자연의 구성 물질 (10차시)	<p>• 지구계의 구성 요소가 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권임을 알고 각 권의 특징과 지구계 내에서 물질과 에너지 순환이 일어남을 안다.</p>	<p>⑥ 우리가 살고 있는 세계와 생명체는 특정한 규칙성을 따라 다양한 형태로 만들어져 있는 물질로 이루어져 있다는 사실을 생명체와 지각을 구성하는 단백질, 광물 등을 예를 들어 논증할 수 있다. (3차시)</p>	<p>과1226. 지구의 원소 분포와 주위의 화합물을 주기율과 관련지어 이해한다.</p>	<p>지21201. 조암광물의 여러 가지 성질을 조사하고, 그 특징을 설명할 수 있다.</p>

영역	핵심개념	2009 중학교 성취기준	2015 통합과학 성취기준 (2015.04.29.)	2009개정 융합과학	2009 지구과학 · II
시스템과 상호작용	지구시스템 (11차시)	<ul style="list-style-type: none"> 지구계의 정의를 알고, 과학 교과에서 다루는 계와 관련된 내용(순환계, 생태계, 소화계 등)을 이해한다. 지구계의 구성 요소가 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권임을 알고 각 권의 특징과 지구계 내에서 물질과 에너지 순환이 일어남을 안다. 판구조론의 발달 과정을 과학사적 관점에서 이해하고 판의 운동과 지진, 화산활동을 연계하여 설명한다. 대기 대순환과 순환의 분포가 생기는 원인을 알고, 대기 대순환과 해양의 표층순환을 관련지어 이해한다. 	<p>③ 지구시스템은 태양계라는 시스템의 구성요소이면서 그 자체로 수많은 생명체를 포함하는 시스템임을 추론하고, 지구시스템을 구성하는 하위요소를 분석할 수 있다. (3차시)</p> <p>④ 다양한 자연 현상이 지구시스템 내부의 물질의 순환과 에너지의 흐름의 결과임을 기권과 수권의 상호작용을 사례로 논증할 수 있다. (4차시)</p> <p>⑤ 지권의 변화를 판구조론적 관점에서 해석하고, 에너지 흐름의 결과로 발생하는 지권의 변화가 지구시스템에 미치는 영향을 추론할 수 있다. (4차시)</p>	<p>과1225. 지구의 진화 과정을 통하여 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성을 이해하고, 지구가 이처럼 특별한 행성임을 태양으로부터의 거리, 간단한 물질의 분자 구조와 관련지어 설명할 수 있다.</p> <p>과1261. 에너지가 다양한 형태로 존재하고, 자연이나 일상생활에서 에너지가 다른 형태로 전환되는 과정에서 에너지가 보존되는 것을 이해한다.</p> <p>과1265. 화석 연료의 사용을 산화와 환원 과정으로 이해하고, 화석 연료의 과다 사용에 따른 지구 온난화와 기후 변화를 이해한다.</p>	<p>지11103. 에너지의 순환 및 물질 교환의 관점에서 지구계를 구성하는 각 권의 상호작용을 이해한다.</p> <p>지11203. 대기와 물이 생물권에 작용하는 영향과 중요성을 이해한다.</p> <p>지12101. 지진, 화산 등 지각의 변화를 일으키는 과정과 원리를 판구조론과 연계하여 설명한다.</p> <p>지12204. 여러 기상 현상을 대기와 해양의 대순환과 연계하여 설명할 수 있다.</p> <p>지12104. 지진, 화산, 사태 등 지질 재해의 종류와 피해 및 피해를 줄이기 위한 대책을 설명할 수 있다.</p> <p>지12205. 대기와 해양에서 일어나는 다양한 현상이 우리 생활에 많은 영향을 준다는 사실을 이해한다.</p>

영역	핵심개념	2009 중학교 성취기준	2015 통합과학 성취기준 (2015.04.29.)	2009개정 융합과학	2009 지구과학·II
변화와 다양성	생물의 다양성과 유지 (14차시)		⑤ 지질시대를 통해 지구환경이 끊임없이 변화해 왔으며 이러한 환경 변화에 적응하며 오늘날의 생물 다양성을 갖게 되었음을 추론할 수 있다. (4차시)	과1233. 생물의 화석과 지질 연대의 관계를 파악하고, 지질 시대에 따른 생물 화석의 변화를 통해 생물 종의 진화 과정을 설명할 수 있다. 아울러 생물 화석이 포함된 지층과 암석의 특징을 바탕으로 과거 생물의 생활환경을 유추할 수 있다.	지22203. 지질 시대의 환경과 생물을 기(期) 수준에서 이해하고, 중요한 지질학적 사건을 설명할 수 있다.
	환경과 에너지	생태계와 환경 (13차시)	<ul style="list-style-type: none"> 탄소의 순환 과정을 알고, 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 이해한다. 	③ 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 분석하고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력을 찾아 토론할 수 있다. (3차시)	과1264. 지구의 에너지 순환 과정으로써 대기와 해양의 순환을 이해하고, 엘니뇨나 라니냐와 같은 해양 순환의 변화가 기후에 심각하게 영향을 미친다는 것을 이해한다.
<ul style="list-style-type: none"> 탄소의 순환 과정을 알고, 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 이해한다. 		④ 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열로 인해 열효율이 낮아진다는 것을 알고, 열효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다. (4차시)	과1265. 화석 연료의 사용을 산화와 환원 과정으로 이해하고, 화석 연료의 과다 사용에 따른 지구 온난화와 기후 변화를 이해한다.		
<ul style="list-style-type: none"> 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지, 신재생 에너지 등 여러 형태의 에너지 종류와 특징을 알고, 인류의 미래에서 에너 		⑦ 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그 중 일부가 지구에서 에너지 순환을 일으키고 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론	과1261. 에너지가 다양한 형태로 존재하고, 자연이나 일상생활에서 에너지가 다른 형태로 전환되는 과정에서 에	지11207. 지열, 바람, 조석, 파도, 태양 등 미래의 친 환경 에너지의 원천을 지구에서 얻을 수 있음을 이해한다.	

영역	핵심개념	2009 중학교 성취기준	2015 통합과학 성취기준 (2015.04.29.)	2009개정 융합과학	2009 지구과학·II
		<p>지의 중요한 역할을 이해한다.</p> <p>• 에너지 전환의 예를 일상생활에서 찾고, 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 이해한다.</p>	<p>할 수 있다. (3차시)</p> <p>⑧ 기후 변화 등이 지구 환경에 초래하는 문제를 극복하기 위한 대체 에너지로서의 핵발전과 태양광 발전의 장단점을 발전 원리에 근거하여 평가할 수 있다. (3차시)</p> <p>⑨ 인류의 문명 발전에 필요한 차세대에너지 기술 개발의 필요성과 대안적인 방법에 해당하는 파력, 조력, 연료전지 등을 이용한 발전의 원리를 정성적으로 이해하여, 에너지 문제를 해결하기 위한 현대 과학의 노력과 산물을 예시할 수 있다. (4차시)</p>	<p>너지가 보존되는 것을 이해한다.</p> <p>과1262. 지구의 가장 중요한 에너지원이 태양 에너지와 화석 연료임을 알고, 에너지를 빛, 열, 소리, 전기 등으로 전환시키는 기술을 바탕으로 인류 문명이 발전했음을 이해한다.</p> <p>과1267. 화석연료와 방사성 에너지 자원의 생성 과정을 이해하고, 에너지 자원의 고갈에 따른 문제를 이해한다.</p> <p>과1268. 태양, 풍력, 조력, 파력, 지열, 바이오 등의 재생 에너지, 핵융합이나 수소와 같은 새로운 에너지 자원에 대해 알고, 에너지 자원의 활용을 지속가능한 발전의 관점에서 이해한다.</p>	<p>지13204. 엘니뇨, 해수면 상승, 오존홀, 사막화, 황사 등과 같은 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 설명한다.</p> <p>지13205. 인간의 활동에 의한 지구 환경 변화의 사회적 경제적 영향을 알고 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력들을 알아본다.</p>

▶ 분석 : 2009 개정 과학교육과정 중, 중학교 ‘과학 중 지구과학’영역과 ‘융합과학 중 지구과학’ 영역 그리고 ‘지구과학 I, II’ 의 비교조사 결과, 위 표와 같이 ‘통합과학 성취기준’과 연계되어 있는 밀접성이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 즉, 중학교와 고등학교의 교육과정을 적절히 추출하여 영역과 핵심개념과 성취기준을 세웠다는 것을 알 수 있으나, 세부적인 성취기준까지 동일한 것은 아니다.

그 중 융합과학이 주요한 추출대상교과인 것으로 나타났으며, 지구과학 I과도 연계성이 높은 것으로 분석된다. 자세한 비교분석은 표로 대신한다.

이와 같은 난이도에서 상위 교과인 ‘융합과학과 지구과학 I’의 도입되고, 물리나 생물과 통합되는 상황에서, 고등학교 1학년 학생들에게 적절한 교육과정인가에 대해서는 앞서 말한 것처럼 부적절하다고 생각되어 진다. 특히 융합과학처럼 자연계열학생들에게도 고난이도의 교육과정 중 어느 정도 유입된다면, 인문계열과 예체능계열 학생들의 경우, ‘융합과학’과 같은 전철을 밟을 수밖에 없다고 우려되는 상황이다.

지구과학과 관련된 각 단원 별 고등학교 1학년 문과학생들의 예상이해 난이도는 < 표 1-2 >에서와 같다. ‘하’수준의 내용보다 ‘중’ 그리고 ‘상’의 이해도가 상대적으로 많다고 분석자는 판단해본다. (물론, 교육과정이 교과서로 구체화되는 과정에서 어느 정도의 난이도를 가지고 구현될 지는, 분석자의 추측임을 밝혀둔다.)

그러기에, 앞으로 교과서가 어떤 수준의 난이도로 구현되는가가 중요한 이슈가 될 것 같다. 만약 과학교육을 전공하는 전문교수진 중심으로 추후의 교육과정 세부화와 교과서 작업이 진행된다면, ‘통합과학’이 이루려고 했던 ‘인재상’을 세우려는 의미있는 행보는, 단지 실체화되지 않을 ‘선언’에 불과하지 않을 지 우려된다.

따라서 현장의 교사들을 중심으로 추후의 교육과정과 교과서집필 제반과정이 진행되고, 교수진은 자문 및 검토위원으로서의 역할만을 하는 것이 바람직하다고 사료된다.

IV. 통합교과의 핵심개념과 내용요소의 적절성 및 인문예체능 계열 학생대상의 난이도 적절성에 관해 < 지구과학영역 중심으로 >

통합과학의 성취기준표에서 제시된 기준을 분석하여, 핵심개념과 내용요소의 응집성(혹은 적절성)을 '지구과학 영역' 중심으로 비교분석해보았으며, 실제 수업에서 문·이과 학생들이 해당 내용을 소화하고 성취기준을 달성하기에 무리가 없는지 분량의 적절성을 '기준차시와 예상소요시수'로 비교해보았다. 또한 문과와 예체능계열학생들이 학습하기에 적절한 난이도를 가지고 있는지 예상해보았으며, 이를 통해 내용영역마다 '고등학교 1학년 통합과학' 교육과정으로 계속 유지되어야할지, 상급학년의 전문과학교과로 이동해야할지 삭제해야할지를 제안해보았다.

그리고 기준차시는 성취기준표를 참고하여 기재하였으며, 예상소요시수는 필자의 주관적인 판단임을 밝혀둔다. (필자는 지구과학교사로 15년, 융합과학과 중학교과학을 5년간 가르치고 있다. 또한 예상소요시수는 정확할 수 없다. 어느 수준까지 세부교육과정에 담을 것인가는 세부교육과정을 만드는 주체나 교과서를 만드는 주체에 의해 결정되기 때문이다.)

< 표 1-2 >

통합과학성취기준분석표(영역 : 지구과학, II, 융합과학)											
영역	핵심개념	내용 요소	성취기준	2009개정 해당 교과목	2009 중학교 과정과의 내용 연계성	고1 문과, 예체능과 학생의 이해 난이도 및 계열기준 바람직한 변화양태				핵심개념-내용 요소 배치 적절성	핵심개 념 내 내용요 소간 응집성
						난이 도	유지	이동	삭제		
물질과 규칙성	물질의 기원	-우주초기의원소생성 -무거운원소의생성 -고체물질의형성 -지구의기원물질-전 자기파의스펙트럼	① 지구와생명을비롯하여우주를구성하는기 본입자들이우주초기부터의진화과정을거쳐 서형성됨을물질에서방출되는빛을활용하여 추론할수있다.	융합과 학 / 지구 과학, 물리	낮음	상		지구 과학	핵심개념의 부적절 (통합과학에서 굳이 난이도가 높은 '물질 기원'을 도입할 필요가 없다. 융합과학에서 도 어려운 영역)	높음	
			② 우주의 기본입자들이 응집되어 태양계 의 재료이면서 생명에 필수적인 무거운 원소들이 생성되는 과정을 통해 지구와 생명의 역사가 우주 역사의 일부분임을 해석할 수 있다.	융합 과학, 물리	낮음		상				지구 과학
	자연의	-지각의구성물질 -생물의구성원소 -생물의구성물질	⑥우리가 살고있는 세계와 생명체는 특정 한 규칙성을 따라 다양한 형태로 만들어	중학과 학	높음	중	○		적절	높음	

	구성별 집	<ul style="list-style-type: none"> -단백질과DNA의구조 -신소재 -전기전도성 -열전도 -자성 -경도 	<p>저 있는 물질로 이루어져 있다는 사실을 생명체와 <u>지각을 구성하는 단백질, 광물</u> 등을 예를 들어 논증할 수 있다.</p>	<p>통합과학 지구과학, 생물</p>							
시스템과 상호작용	지구시스템	<ul style="list-style-type: none"> -지구시스템의구성 -지구시스템의에너지와물질순환 -기권과수권의상호작용 -지권의변화와판의운동 	<p>③ 지구시스템은 태양계라는 시스템의 구성요소이면서 그 자체로 수많은 생명체를 포함하는 시스템임을 추론하고, 지구시스템을 구성하는 하위요소를 분석할 수 있다.</p> <p>④ 다양한 자연 현상이 지구시스템 내부의 물질의 순환과 에너지의 흐름의 결과임을 기권과 수권의 상호작용을 사례로 논증할 수 있다.</p> <p>⑤ 지권의 변화를 판구조론적 관점에서 해석하고, 에너지 흐름의 결과로 발생하는 지권의 변화가 지구시스템에 미</p>	<p>중학교 통합과학 지구과학</p>	<p>높음</p>	<p>중</p>	<p>○</p>			<p>적절</p>	<p>높음</p>
					<p>높음</p>	<p>중</p>	<p>○</p>			<p>적절</p>	
					<p>높음</p>	<p>중</p>	<p>○</p>			<p>적절</p>	

			치는 영향을 추론할 수 있다.								
변화와 다양성	생물의 다양성과 유지	-지질시대와생물의 변천 -진화의원리:변이와 자연선택 -생물다양성 -생물다양성보전	⑤지질시대를 통해 지구환경이 끊임없이 변화해 왔으며 이러한 환경변화에 적응하며 오늘날의 생물 다양성을 갖게 되었음을 추론할 수 있다.	융합과학, 지구과학II 생물	낮음	중 또는 상		지구과학, 생물		부적절	높음
환경과 에너지	생태계와 환경	-생태계구성요소와 환경과관계 -생태계 -생태계평형 -엘니노 -사막화 -지구온난화와지구 환경변화	③ 엘니노, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 분석하고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력을 찾아 토론할 수 있다.	중학교학, 융합과학, 지구과학I	낮음	중	○			적절	높음
		-에너지전환 -에너지보존 -열효율	④에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석연료의 사용과정에서 버려지는 열로 인해 열효율이 낮아진다는 것을 알고, 열효율을 높이는것이사회적으로 어떤의미가있는지를설명할수있다.		낮음	중	○			적절	

핵 발전과 차세대 에너지	<ul style="list-style-type: none"> -전자기유도, -전력수송, -광전효과, -태양광발전, -질량-에너지등가성 , -핵분열과핵융합, -핵발전 -핵분열 -핵융합 -핵발전 -광전효과 -에너지전환 -차세대에너지 -연료전지 -파력,조력에너지 	<p>⑦ 태양에서 수소 핵융합 반응을 통해 질량 일부가 에너지로 바뀌고, 그 중 일부가 지구에서 에너지 순환을 일으키고 다양한 에너지로 전환되는 과정을 추론할 수 있다.</p>	<p>융합과학, 지구과학, 중학교 과학, 물리</p>	낮음	상	쉽게 구성해서 유지			적절	높음
		<p>⑧ 기후 변화 등이 지구 환경에 초래하는 문제를 극복하기 위한 대체 에너지로서의 핵발전과 태양광 발전의 장단점을 발전 원리에 근거하여 평가할 수 있다.</p>		높음	중	○			적절	
		<p>⑨ 인류의 문명 발전에 필요한 차세대 에너지 기술 개발의 필요성과 대안적인 방법에 해당하는 파력, 조력, 연료전지 등을 이용한 발전의 원리를 정성적으로 이해하여, 에너지 문제를 해결하기 위한 현대 과학의 노력과 산물을 예시할 수 있다.</p>		높음	중	○			적절	

고1 문과, 예체능계열 학생의 이해 난이도	유지	이동	삭제	
상 / 중 / 하로 구분	기준 : 고등학교 1학년의 모든 계열학생이 함께 배우기에 적절하다.	기준 : 고등학교 1학년의 모든 계열 학생이 배우기에 배우기 어려워, 자연계열 상급학년에 I, II로 이동해야한다.	기준 : 전체 고등학교 과정에서, 학생에 배우기가 힘들어 삭제를 요한다.	

▶ 분석 : 먼저, 핵심개념과 내용요소의 응집성(혹은 적절성)을 '지구과학 영역' 중심으로 비교분석해보았다. '응집성'은 '핵심개념과 각 교과 통합을 위해 끌어온 내용요소들과의 연계성, 내용요소들 간의 연계성'으로 정의하였다. 과학 내 타교과 간의 통합을 선택했기에, Big Idea를 중심으로 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 내용요소를 어떻게 끌어 들였는지는 매우 중요한 요소이며, 교육과정이 적절했는가에 대한 판단으로 '응집성'은 유의미한 분석기준이 될 수 있다.

지구과학영역만으로는 판단할 수 없지만, 여러 타교과 내용요소와 함께 비교하더라도 전반적으로 '응집성'은 매우 높았다. 그러나 '응집성'과는 달리 학습대상의 수준에 있어서 '난이도의 적절성'은 앞서 비교분석한 것처럼 상대적으로 '부적합'한 부분이 있다고 판단되어진다. 특히 '물질의 기원' 영역이 상대적으로 어렵고, '생물의 다양성과 유지' 부분이 상대적으로 어렵게 교과서화되지 않을까 우려된다. (물론, 세부교육과정과 교과서 집필진이 어떤 난이도를 택할지는 미지수다.)

그리고, 문·이과 학생들이 해당 내용을 소화하고 성취기준을 달성하기에 무리가 없는지 분량의 적절성을 '기준차시와 예상소요시수'로 비교해보았다. <표 1-2>와 같이 예상소요시수와 비교해볼 때 큰 무리는 없어 보이지만, 분량의 적절성 역시 집필되는 과정에서 확대적용될 수 있기 때문에, 지속적인 현장교사들의 피드백이 필요하다.

무엇보다, 고1 문과와 예체능과 학생이 이해할 수 있을지 예상난이도를 평가하여, 고등학교 1학년의 배치에 바람직한지 또는 이동 혹은 삭제되어야할지 평가해본 결과에서, 몇 개 영역은 지구과학 I, II로 이동하는 것이 적절하다고 생각되어진다.

IV. 맺음 그리고 제언

교육과정개편은 곧 십 수 년 뒤 인재상으로 열매맺어야한다. 그러기에, 교육과정의 적절성은 “인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖추고 바른 인성을 겸비하여 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출하는 창의융합형 인재” 양성에 적절한가? 라는 중핵적인 기준으로 평가되어야한다. 뿐만 아니라 학생들이 관련교과를 얼마나 선호하고 흥미있어 하는지가 ‘인재상을 구현하기에 적절한 교육과정’ 인지를 판단해볼 수 있는 중요한 준거가 될 수 있다.

현재까지의 분석을 토대로 정리해보자면,

2015 개정 교육과정 '통합과학'의 경우, 표에서와 같이 '물화생지 I의 내용'이 다수 연계되어 있으며, 특히 고난이도의 과학(융합과학)의 내용이 들어와 있기 때문에, 고등학교 1

학년의 인문계열 혹은 예체능계열의 학생들에게는 난이도가 높다고 예상되었다. 그러므로 고등학교 1학년 학생들에게 부적절하다고 생각되어 진다. 특히 융합과학처럼 자연계열학생들에게도 힘겨운 교육과정 중 다수 유입되어 인문계열과 예체능계열 학생들의 경우, '융합과학'과 같은 전철을 밟을 수 있다고 우려되는 상황이다.

비록 교육과정의 적절성에 대한 유의미한 분석기준인 '응집성'이, 지구과학영역은 전반적으로 매우 높았지만, '응집성'과는 달리 학습대상의 수준에 있어서 난이도의 적절성은 앞서 비교분석한 것처럼 상대적으로 '부적합'한 부분이 있다고 판단되어진다. 이는 응집성 있는 과개념들을 '통합'하겠다는 의지를 교육과정에 잘 표현하였으나, 학습대상자들의 성취능력을 높게 인식하여 설정하므로, 응집성이 '내용 적절성'에 대한 유의미한 지표라고 보고 힘들다.

그리고, 문·이과 학생들이 해당 내용에 있어 분량의 적절성을 '기준차시와 예상소요시수'로 비교해볼 때 큰 무리는 없어 보이지만, 분량의 적절성 역시 집필되는 과정에서 확대 적용될 수 있기 때문에 지속적인 현장교사들의 피드백이 필요하다.

결국 이런 난이도 조절 실패는 '과학교과에 대한 부담과 비선호교과'로 전락할 가능성이 내포하고 있기에, 과연 이러한 상황으로 "인문학적 상상력과 과학기술 창조력을 갖추고 바른 인성을 겸비하여 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출하는 창의융합형 인재"를 양성하겠다는 취지와 상반되어 보인다.

또한 교수의 과정을 준비하는 교사들의 전문성에서도, 2009 개정 때와 같이 취약한 한계점이 나타날 것이 예상된다. 누가 가르칠 것인가가 애매모호한 상황에서 네 영역 모두의 지성적 전문을 가지고 통합을 경험하거나 배우지 못했던 기존 교사들에게 회피과목으로 전락할 가능성이 내제되어 있다.

이와 같은 전반적인 결론을 토대하여,

앞서 서론과 본문에서 제안한 것을, 다시 한 번 더 제안하고자한다.

첫째, 난이도가 높은 내용영역과 성취기준들은 과감히 뺄 것을 요청한다. 즉 내용영역마다 '고등학교 1학년 통합과학' 교육과정으로 학생들에게 흥미를 상실케하는 수준의 난이도의 내용들은, 상급학년의 전문과학교과로 이동해야할지 삭제해야할지를 재결정해주기를 요청한다.

둘째, 중 3 수준을 정규적으로 이수한 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 '교육과정 해설서나 교과서 구현지침 등'에 명시해줄 것을 제안하는 바이다.

셋째, '통합형 인재 육성'에 의지가 있다면, 과학교과내 통합을 넘어 타교과와의 통합에 대한 Big Idea를 잡고 교육과정에 삽입하기를 요청한다. 예로, '과학과 사회, 과학

과 예술, 과학과 미래기술, 과학과 스포츠, 과학과 철학, 과학과 종교' 등이 가능하며, 이미 한국과학창의재단에서 만들어둔 '과학교양, 과학융합' 교과서가 적절한 예시가 될 것이다.

넷째, 현장의 교사들을 중심으로 추후의 교육과정과 교과서집필 제반과정이 진행되고, 교수진은 자문 및 검토위원으로서의 역할만을 하는 것이 바람직하다고 사료된다.

개인적으로 '2015 개정교육과정의 취지와 인재상'에 대해 기대하는 것만큼의 '통합과학'의 틀이 구성되지 않는 것에 대해 큰 안타까움이 가지고 있다. 수 십 년 간 늘 학문중심주의의 틀에서 벗어나지 못하는 현행 과학교육과정을 보며, 그리고 수업시간에 상당수가 몰입하지 못하고 과학을 포기하는 학생들의 모습을 볼 때마다, 모두가 즐거워하고 행복해지도록 교육당국의 근원적인 고민이 시작되기를 요청하며, 본고를 마치고자한다.

영역	핵심 개념	내용 요소	교과	성취기준	기준 차시	2009개정 정당 교과목	중학교 과정과의 내용 연계성	고1 문과,예체능계열 학생의 난이도	유지	이동	삭제
물리학과 근거성	물질 질 기원	-우주초기의원소생성 -무거운원소의생성 -고체물질의형성 -지구기원물질 -전자기파의스펙트럼	화학 지학	① 지구와생명을비롯하여우주를구성하는기본입자들이우주초기부터의진화과정을거쳐서형성됨을물질에서방출되는빛을활용하여추론할수있다.	3	화학1 지학1	낮음	상		화학1 지학1	
			화학 지학	② 우주의 기본입자들이 응집되어 태양계의 재료이면서 생명에 필수적인 무거운 원소들이 생성되는 과정을 통해 지구와 생명의 역사가 우주 역사의 일부임을 해석할 수 있다.	3	화학1 지학1	낮음	상		화학1 지학1	
물리학과 근거성	자연 구물 구물 구물	-지구의구성물질 -생물의구성물질 -단백질과DNA의구조 -신소재 -전기전도성 -열전도 -자성 -경도	화학(생명,지구과학)	⑥ 우리가살고있는세계와생명체는특정연구치성을따라다양한형태로만들어져있는데물질로이루어져있다는사실을생물체와지구를구성하는단백질,지방,물등을예를들어논증할수있다.	3	화학1(생명,지구과학1)	낮음	중	v		
시스템과 상호작용	지구 시스템	-지구시스템의구성요소 -지구시스템의에너지흐름 -지권의변화와판구조론의영향	지학	③ 지구시스템은 태양계라는 시스템의 구성요소이면서 그 자체로 수많은 생명체를 포함하는 시스템을 추론하고, 지구시스템을 구성하는 하위요소를 분석할 수 있다.	3	융합과 지학1, 중학과 학	높음	중		v	
			지학	④ 다양한 자연 현상이 지구시스템 내부의 물질의 순환과 에너지의 흐름의 결과로 나타나는 지권의 상호작용을 사례로 논증할 수 있다.	4	융합과 지학1, 융합과 학	높음	중		v	
			지학	⑤ 지권의 변화를 판구조론적 관점에서 해석하고, 에너지 흐름의 결과로 발생하는 지권의 변화가 지구시스템에 미치는 영향을 추론할 수 있다.	4	융합과 지학1, 융합과 학	높음	중		v	

영역	핵심개념	내용 요소	교과	성취기준	기준차시	2009 개정당 교과과목	중학교 과정과의 내용연계성	고1 문과, 예체능계열 학생의 이해 난이도	유지	이동	삭제
변화와 다양성	생물의 다양성과 유지	-지질시대와생물의변천 -지화의원리:변이와자연선택 -생물다양성 -생물다양성보전	지학(생명)	⑤ 지질시대를 통해 지구 환경이 끊임없이 변화해 왔으며 이러한 환경 변화에 적응하며 오늘날의 생물 다양성을 갖게 되었음을 추론할 수 있다.	4	생명과학2 지구과학2 과용과학물	낮음	중 또는 상		지학1 생명1	
환경과 에너지	발전과 세대의 에너지	-생태계 구성요소와 환경과 관계 -생태계 평형 -엘니뇨 -사막화 -지구온난화와 지구환경변화 -에너지 전환 -에너지 보존 -에너지 효율		③ 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경에 미치는 영향을 분석하고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력을 찾아 토론할 수 있다.	3	융합과학 지구과학1, 중학과학	낮음	중	v		