

## ■ 제2발제

# 통합과학 속 화학 내용에 대한 의견

고아라(고양제일중)

2015 개정교육과정을 통해 과학 교과 내에서 가장 많이 바뀐 것은 단연 통합과학 교과의 신설이다. 과학 교과의 경우 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 네 영역이 균등하게 배치되는 것만큼이나 영역 간 융합을 통한 창조적인 사고가 중요하기 때문에 융합에 대한 시도들은 계속적으로 있어왔다. 특별히 2009 개정 교육과정에서 신설된 융합과학에서는 빅뱅(우주대폭발)으로 시작하여 식량증산과 비료와 같이 실생활에 밀접히 연관된 영역에 이르기까지 폭넓은 내용을 다루었다. 이를 통해 4개 영역에 균등하게 내용을 배분하던 공통과학보다, 과학이라는 학문 자체가 다루는 자연세계의 근본부터 살피는 혁신적인 관점의 전환을 유도했다.

그러나 이러한 특성 때문에 교사 한 명이 가르치기에는 많은 전문성을 필요로 했고, 영역별로 내용의 깊이와 양이 달랐기 때문에 배분함에 있어 문제가 있기도 했다. 또한 인문계 학생들은 과정 초반부터 등장하는 지구의 기원에 대한 내용부터 학습에서 큰 부담과 어려움을 느꼈고, 자연계 학생들 역시 수학능력시험 선택 과목이 아니었기 때문에 내신 성적을 위한 단순 암기 이상으로 지속적으로 학습하거나 사고하는 경우는 많지 않았다. 이에 따라 실제 학교 현장에서 적용됨에 있어 상당 부분 아쉬움과 어려움이 남았다.

이러한 맥락 가운데 새롭게 짜여진 통합과학에서는 2009 개정 융합과학의 장점을 잘 살리면서도 각 교과별로 최소 알아야 할 내용들을 배치함으로써 새로운 융합적 변화를 제시했다. 화학 교과의 경우 근본적인 내용과 실생활 중심의 내용들을 배치하였고, 이에 따라 기대되는 바와 우려되는 바가 여럿 있을 것으로 생각된다.

## II. 2009개정 교육과정의 어떠한 개념이 “통합과학”의 개념으로 들어왔는가

### - <화학, 근본적인 내용과 실생활 중심의 내용>

통합과학 내용에 포함된 화학 관련 내용들을 살펴보면 모두 화학 I에서 발췌되어 통합과학으로 이동한 내용들이며, 크게 두 가지로 구분해보자면 화학의 근본적인 내용, 또는 실생활 중심의 내용들이다. 전자에는 빅뱅, 원자와 원소, 주기율, 화학결합 등이 해당하고, 후자에는 산화와 환원, 중화반응이 해당한다.

<표 1-1>을 통해 2009 개정 교육과정 내 중학교, 고등학교(융합과학, 화학 I, II) 화학 내용과 2015 개정 교육과정 내 중학교, 고등학교(통합과학, 화학 I, II)의 연계성을 분석하였다.

우선 통합과학으로 모인 핵심개념들은 중학교 과정과 꽤 연계성이 깊은 편이다. 2009 개정 융합과학에서는 현상을 해석하는 이론적 바탕으로서만 지식이 제시되었던 것과 비교하면 보다 근본적인 내용이 늘어났음을 볼 수 있다. 우선 ‘물질과 규칙성’ 영역에서 ‘물질의 규칙성과 결합’이란 핵심개념 하에 근본적인 내용들이 많이 포함되어있다. 2009 개정 중학교 2학년 ‘물질의 구성’ 단원에서 학습한 원소와 원자에 관한 내용이 연계되고, 2009 개정 화학 I에서 다루는 수준보다는 낮은 수준으로 다루고 있다. 주기율의 경우에도 화학 I에서 다양한 주기적 성질을 학습했던 것에 비하면 내용이 많이 줄어 할로젠이나 알칼리 정도까지만 언급하고 있다. 또한 원소의 기원이 되는 대폭발의 내용 등은 2009 개정 융합과학에서와 비슷하며, 기존 화학 I에서 원소의 기원을 언급했던 것과 맥을 같이 한다. 화학 결합에 관련한 내용 역시 기존 화학 I의 내용보다는 적은 내용을 포함하고 있는 것으로 보인다. 이렇게 원소와 원자, 결합에 대한 기초적인 개념을 잡은 후 ‘자연의 구성 물질과 기원’이라는 핵심개념 하에 지각과 생물을 구성하는 물질에 대해서 다루게 된다. 기존에 지구과학 I과 생명과학 I에서 따로 따로 다루었던 것보다 원소에 대해 학습한 후 접하는 것이기 때문에 학생들의 이해도를 높일 수 있을 것으로 보인다.

이어 ‘변화와 다양성’ 영역에서 ‘화학변화’라는 핵심개념 하에서 실생활 중심의 화학 내용들이 펼쳐진다. 앞서 단원에 비해 보다 실제적인 사례가 많은 내용으로, 2009 개정 화학 I ‘닭은 풀 화학 반응’에서 개념을 펼쳐나갔던 것과 거의 비슷한 맥락이다. 이는 2009 개정 중학교 3학년에서 다룬 산화와 환원, 산과 염기, 중화반응과 이어지고 있는 내용인데, 2015 개정 중학교 과정에서는 이 내용이 온전히 통합과학으로 이동한 것으로 보인다. 융합과학에서 산과 염기는 다루지지 않았었고, ‘산화와 환원’ 내용의 경우 광합성 박테리아나 화석연료의 사용 등 현상을 해석하는 정도만 제시되었다면, 통합과학에서는 규칙성 측면에서, 즉 산화와 환원의 원리를 탐구하는 쪽으로 확대된 것으로 보인다.

<표 1-1>

영역	핵심개념	2009 중학교 성취기준	2009개정 융합과학	2009 화학·II	2015 통합과학 성취기준 (2015.04.29.)	2015 중학교 성취기준	2015 화학·II
물 질 과 규 칙 성	물질의 규칙성과 결합 (11차시)		과1213. 수소, 헬륨 원자가 나타내는 선스펙트럼으로부터 우주에 수소와 헬륨이 풍부하다는 것을 알고 수소와 헬륨 원자가 형성되면서 나온 빛이 우주배경복사로 검출되는 것을 이해한다. 과1212. 빅뱅 우주에서 기본 입자와 양성자 및 중성자, 헬륨 원자핵이 순차적으로 만들어진 것을 말할 수 있다. 과1214. 별이 탄생하고 적색 거성, 초신성으로 진화하면서 탄소와 산소 등 무거운 원소가 만들어진 과정을 이해한다.	화1202. 원소의 기원, 핵반응 및 방사성 동위원소의 특성을 설명할 수 있다.	① 지구와 생명을 비롯하여 우주를 구성하는 기본 입자들이 우주 초기부터의 진화 과정을 거쳐서 형성됨을 물질에서 방출되는 빛을 활용하여 추론할 수 있다. (3차시)  ② 우주의 기본입자들이 응집되어 태양계의 재료이면서 생명에 필수적인 무거운 원소들이 생성되는 과정을 통해 지구와 생명의 역사가 우주 역사의 일부분임을 해석할 수 있다. (3차시)		
	물질의 규칙성과 결합 (11차시)	과9081-1. 물질은 원소로 이루어져 있음을 설명할 수 있다.	과1226. 지구의 원소 분포와 주위의 화합물을 주기율표와 관련지어 설명할 수 있다.	화1102-1. 화학 반응에 관련된 간단한 물질을 소재로 원소, 화합물, 원자, 분자의 개념을 설명할 수 있다. 화1205. 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.	③ 세상을 이루는 물질은 원소들로 이루어져 있으며, 각 원소들의 성질이 주기성을 나타내는 현상을 통해 자연의 규칙성을 찾아낼 수 있다. (4차시)	① 모든 물질은 원소로 이루어져 있음을 이해하고, 대표적인 원소를 원소 기호로 표현할 수 있다. ② 실험을 통해 원소의 종류를 구별할 수 있다.	④ 전기 음성도의 주기적 변화를 설명할 수 있다. ① 주기율표가 만들어지기까지의 과정을 조사하고 발표할 수 있다. ② 주기율표에서 유효 핵전하의 주기성을 설명할 수 있다. ③ 주기율표에서 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 설명할 수 있다.
	과9084-1. 이온의 형성 과정을 모형으로 나타낼 수 있다. 과9084-2. 양금 생성 반응을 관찰하고 이를 분석하여 이온의 종류를 알아낼 수 있다.	과1231-1. 생명현상과 관련된 간단한 화합물의 생성과정을 간단한 화학 반응식을 통해 설명할 수 있다.	화1302-1. 물과 용융 NaCl의 전기 분해 비교 등을 통해 화학 결합의 전기적 성질을 설명할 수 있다. 화1302-2. 물의 전기 분해 실험을 수행하여 생성된 기체의 부피비와 화학 결합의 전기적 성질을 설명할 수 있다. 화1303-1. 비활성 기체의 전자 구조를 통해 옥텟 규칙을	④ 지구를 구성하는 주요 원소들이 결합을 형성하는 이유와, 원소들의 성질에 따라 형성되는 결합의 종류를 추론할 수 있다. (3차시) ⑤ 인류의 생존에 필수적인 산소, 물, 소금 등이 만들어지는 원소들의 결합을 모형으로 나타내어	⑤ 원자가 전자를 잃으면 양이온, 전자를 얻으면 음이온이 되는 과정을 모형으로 나타낼 수 있다. ⑥ 원자의 이온화 과정을 이온식으로 표현할 수 있다.	② 이온 결합의 특성과 이온 화합물의 성질을 설명하고 예를 들 수 있다. ③ 공유 결합, 금속 결합의 특성을 설명하고 몇 가지 물질의 성질을 결합의 종류와 관련지어 설명할 수 있다.	

영역	핵심개념	2009 중학교 성취기준	2009개정 통합과학	2009 화학·II	2015 통합과학 성취기준 (2015.04.29.)	2015 중학교 성취기준	2015 화학·II
	자연의 구성 물질 (10차시)			설명하고, 옥텟 규칙으로 화학 결합을 설명할 수 있다.	비교하고 각 물질의 성질을 알아보는 탐구를 수행할 수 있다. (4차시)		
				화1301-1. 흑연과 다이아몬드, 풀러렌과 나노 튜브 등의 구조를 설명할 수 있다. 화1301-2. DNA 이중나선 구조의 특성과 기능을 설명할 수 있다.	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)  ⑦ 생명체를 이루는 주요 구성 물질(탄수화물, 지질, 단백질, 핵산)의 구조와 기능을 이해하고, 그 차이를 비교하여 설명할 수 있다. (3차시)		
표면 화학과 다량영양	화학변화 (14차시)	과9194-1. 산화와 환원의 정의를 말할 수 있고 화학반응식에서 산화되는 물질과 환원되는 물질을 찾을 수 있다.  과9194-2. 산소와 결합하는 산화반응 실험을 수행한 후, 산화된 물질을 찾을 수 있다  과9195. 일상생활에서 산화와 환원 반응의 예를 다양하게 들 수 있다.	과1232-2. 광합성 박테리아가 태양에너지를 이용해 물을 분해하고 이때 나온 수소를 사용하여 이산화탄소를 탄수화물로 환원시키면서 산소가 발생하는 반응을 설명할 수 있다.  과1265-1. 화석 연료의 사용을 산화와 환원 과정으로 이해하고, 연소과정에서의 에너지 방출을 설명할 수 있다.  과1266-1. 식물의 광합성을 이산화탄소의 환원과정을 탄소의 순환과 관련하여 설명할 수 있다.	화1401. 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식이 산소에 의한 화학적 산화-환원 반응임을 설명할 수 있다. 화1402. 질소와 수소의 반응에 의한 암모니아의 합성이 전자 이동에 의한 산화-환원 반응임을 설명할 수 있다.  화2308-1. 화학 전지, 연료 전지의 원리를 산화-환원 반응으로 설명할 수 있다. 화2308-2. 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.	① 지구와 생명의 역사에 큰 변화를 가져온 광합성, 화석 연료 사용, 철기 시대를 초래한 철의 제련 등을 조사하고 각 반응의 공통점을 찾을 수 있다. (3차시)  ② 생명 현상 및 일상생활에서 일어나고 있는 다양한 변화의 이유를 산화와 환원에서 나타나는 규칙성과 특성 측면에서 파악하여 분석할 수 있다. (4차시)	② 화학 변화는 물질을 구성하는 원자의 배열이 달라지는 것임을 모형을 이용하여 설명할 수 있다.	⑤ 산화-환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명할 수 있다. ⑥ 산화수를 이용하여 산화 환원 반응식을 완성할 수 있다.

영역	핵심개념	2009 중학교 성취기준	2009개정 융합과학	2009 화학·II	2015 통합과학 성취기준 (2015.04.29.)	2015 중학교 성취기준	2015 화학·II
		<p>과9191. 산과 염기의 특징을 설명할 수 있고 수용액에서 산과 염기의 이온화를 이온식으로 표현하며 각각의 특징을 나타내는 공통 이온을 찾을 수 있다.</p> <p>과9192-1. 중화 반응이 일어날 때 지시약의 색 변화와 온도 변화를 관찰하고, 용액의 성질과 온도 변화를 설명할 수 있다.</p> <p>과9193-1. 중화 반응을 수소 이온과 수산화 이온의 1:1 결합모형으로 설명할 수 있다.</p> <p>과9193-2. 중화 반응을 이온 반응식으로 나타낼 수 있다.</p>		<p>화1404-2. 생활 속에서 산과 염기의 예를 찾을 수 있다.</p> <p>화1405. 산과 염기의 중화 반응을 설명할 수 있다.</p> <p>화1407-1. 확장된 옥텟 규칙으로 DNA에서 인산의 구조와 역할을 설명하고, A, T, G, C 염기의 수소 결합을 설명할 수 있다.</p> <p>화2306-1. 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.</p> <p>화2306-2. 산-염기 중화 반응 실험을 수행하여 미지의 산 또는 염기의 농도를 구할 수 있다.</p>	<p>③ 생명 현상과 밀접한 관련이 있는 핵산, 식량 증산을 가능하게 해준 암모니아 등의 물질을 각각의 성질에 따라 분류하고 산성과 염기성을 판별하는 탐구를 수행할 수 있다. <b>(4차시)</b></p> <p>④ 산과 염기를 섞었을 때 일어나는 변화를 관찰하여 미시적 관점에서 해석하고, 중화 반응을 활용하여 일상생활에서 발생하는 문제점을 해결할 수 있다. <b>(3차시)</b></p>	<p>*초등학교 5~6학년군 성취기준</p> <p>② 여러 가지 용액에 지시약을 넣었을 때의 변화를 이용하여 산성과 염기성 용액으로 분류한다.</p> <p>④ 산성 용액과 염기성 용액의 여러 가지 성질을 비교하고, 산성 용액과 염기성 용액을 섞었을 때의 변화를 관찰할 수 있다.</p> <p>⑤ 일상생활에서 산성 용액과 염기성 용액이 사용되는 예를 찾고 설명할 수 있다.</p>	<p>③ 산-염기 중화 반응을 이해하고, 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.</p> <p>④ 중화 적정 실험을 통해 식초의 아세트산 함량을 확인할 수 있는 실험을 계획하고 수행할 수 있다. (*적정 곡선은 다루지 않는다)</p>

### Ⅲ. 예상되는 어려움

우선 통합과학 내 화학 내용 중, 학생들이 중학교 과정을 통해 전혀 접해보지 않았던 내용은 원소의 기원에서 등장한 우주대폭발에 대한 내용 정도이다. 원소나 원자의 개념, 화학 결합, 산화와 환원, 산염기와 중화반응 등은 학생들이 중학교 과정을 통해 접한 개념이나 좀 더 높은 난이도의 내용을 다루게 되는 것이라 고등학교 1학년 학생들이 중학교에서 학습한 개념을 상당부분 잊은 상태에서 학습하기에는 부담이 될 수 있을 것 같다. 또한 화학 I에서 적지 않은 내용이 이동한 것이기에 양적으로도 부담이 있을 것으로 보인다.

단원별로는 ‘물질의 규칙성과 결합’ 단원에서 다루지는 화학 결합, ‘화학 변화’ 단원에서 다루지는 산화와 환원, 중화반응의 난이도가 어떻게 설정되는가가 중요할 것이다. 기존 2009 개정 중학교 과학에서는 이온의 형성을 학습한 후, 양금 생성 반응을 배우며 이온 결합에 대하여 간략하게나마 이해할 수 있는 흐름이었다. 이어 화학 I에서 주기율과 옥텟 규칙을 기반으로 결합에 관한 내용이 심도 있게 제시되었다. 통합과학에서도 결합의 종류와 성질의 탐구 등 화학 I 수준의 내용이 제시되는 것은 비슷해 보이는데, 화학 내용 내에서 결합이 중요한 만큼 이것을 이해하는 데 소요되는 시간도 적지 않기 때문에 학생들이 대략 7차시 내에 충분히 이해할 수 있도록 자세한 설명이 덧붙여진 교과서 집필이 필수적일 것으로 보인다.

이어 산화와 환원, 중화반응의 경우 내용 자체가 난이도가 있기 때문에, 실생활과 연관된 맥락에서는 매우 필요하나 학생들이 느낄 부담을 고려하면 난감한 내용이다. 기존 화학 I에서는 7차 교육과정 화학 II에 해당하였던 전자의 이동을 통한 산화 환원과, 산화수를 통해 이를 해석하는 법을 학습하였다. 또한 ‘화학의 언어’라는 단원을 통하여 다양하고 심도 있는 화학 반응식을 세우고 해석하는 법까지 학습한 후 산화와 환원을 다루었기 때문에 이를 통한 여러 정량적 해석이 가능했다. 현재 통합과학의 성취기준으로는 정량적 해석보다는 현상 자체를 이해하고 분석하는 수준인 것으로 보이나-기존 2009 개정 중학교 과학에서 다루었던 산화와 환원 수준인 것 같다- 실제 교과서 집필 과정에서 현상의 복잡한 화학 반응식이 제시된다거나 정량적 접근이 많아질 경우 학생들이 느끼는 체감 난이도는 꽤 높아질 수 있을 것이다. 중학교 과정에서 화학 반응식이 제시되기는 하나, 기존 화학 I에서 양적관계를 추론할 수 있을 정도로 화학 반응식을 꼼꼼하게 다룬 것은 아니기 때문에 이해에 다소 어려울 수 있을 것으로 보인다.

중화반응은 기존 화학 I에서도, 화학 II에서도 난이도가 가장 높은 단원 및 내용에 해당했다. 산과 염기를 섞을 때 물이 생기고 열이 발생한다는 단순한 논리이지만, 그 어느 반응보

다도 학생들의 입자적 관점이 잘 갖추어져 있어야 올바른 해석이 가능하다. 또한 기존 교육 과정에서는 정량적 해석에 있어 교과서 수준과 수학능력시험의 수준 차이가 굉장히 컸기 때문에 교과서가 쉽더라도 실제 수업은 좀 더 어렵게 진행될 수밖에 없었다. 학생들도 수업에서 원리를 이해했음에도 지필평가를 준비하며 접하게 된 여러 참고서-수능을 기반으로 집필된-의 수준에 괴리를 많이 느꼈던 내용이 중화반응이었다. 기존 2009 개정 중학교 과학 수준의 내용을 다루게 된다면, 학생들이 산과 염기를 학습한 것이 초등학교 5~6학년군인 만큼, 실생활과 잘 엮어 최대한 쉽고 이해할 수 있는 수준으로 다뤄져야 할 것으로 보인다.

#### IV. 융합의 도전과 한계

통합과학의 모토가 Big Idea 중심의 ‘통합’을 구현하려는 것이었던 것만큼 통합을 향한 시도는 보인다. 특별히 화학과 관련있는 부분을 꼽자면 기존 화학 I 에서처럼 ‘물질의 기원’이라는 핵심개념 하에 물리와 지구과학과 연관된 부분이 등장하고, ‘자연의 구성’ 핵심개념 하에서 생명체와 지각을 이루는 구성 물질에서 원소 개념과 연관되어 제시된다. 나아가 신소재라는 것을 제시함으로써 학생들의 진로와 연관된 부분까지도 다룰 수 있을 것이 기대된다. 또한 ‘생명 시스템’ 핵심개념 하에서 효소가 제시되는데, 나아가 2009 개정 화학 II 에 이어 2015 개정 화학 II 에도 동일하게 자리한 에너지 관점에서의 물질대사와 효소에 관련한 부분까지 지속적으로 연결시킬 수 있을 것 같다. 그러나 ‘변화와 다양성’이라는 영역으로 화학의 산화환원과 생물다양성을 묶은 것은 꽤 어색하다. 필요한 내용을 먼저 모은 후에 묶으려 한 시도 가운데 나타난 것처럼 보이는데, 두 영역이 딱히 크게 연관되어 있지 않기 때문에 거시적 관점에서 영역 하나하나의 융합은 약간 어색한 감이 있다.

#### V. 맺으며

학생들이 과학을 가장 많이 포기하는 때가 중학교 2,3학년부터 고등학교 1학년 즈음이라고 한다. 특별히 기존 인문계, 자연계로 나누는 체계에서는 학생들의 진로 고민이 깊어지며 특별히 인문계로 결정한 학생의 경우 과학에 대한 흥미를 잃고 포기해버리는 경우가 많았다. 게다가 7차 교육과정부터 수능 선택과목에 인문계의 경우 과학탐구 영역이 사라지면서 일찍 포기하고 과학적 사고력을 충실히 발달시킬 수 없었다. 이러한 맥락 가운데 과학교사로서 창의융합형 인재상을 지향하며 등장한 통합과학은 꽤 반가운 과목이다.

과학에 있어 융합을 위해 화학이 할 수 있는 일은 ‘고개를 숙여 작은 것을 보고, 고개를 들었을 때 거시적 현상이 달리 보이는 관점의 전환’ 이라고 생각한다. 화학이라는 과목 자체가 물질을 미시적 관점에서 탐구하고 해석하는 것이기에 관점의 전환을 줄 수 있는 것이다. 그러나 그렇기 때문에 많은 학생들이 가시적이지 않은 현상들을 다룸에 있어 굉장히 어려워하고, 쉽게 포기해버리는 것도 사실이다.

이 관점에서 통합과학 속 화학의 내용은 내용 자체가 갖는 가치는 근본적 내용과 실제적 내용을 모두 아우르는 중요한 내용이 포함되었다. 하지만 기존 2009 개정 화학 I 에서 2학년 과정으로 다루어지던 내용들이 다수 이동했다는 점에서 양적 부담이 크고, 또한 이동한 내용이 융합적 관점에서 그리 큰 영향을 주고 있는 것 같지는 않다는 점이 다소 아쉽다. 원소의 개념과 같이 중학교 과정에서 다루었던 내용이 이어진다는 점은 다행이나, 산화환원이나 중화반응은 생소하게 시작하는 만큼, 어느 정도의 난이도로 풀어내느냐에 따라 학생이 체감하는 난이도는 크게 달라질 수 있을 것으로 보인다. 또한 이 난이도를 설정함에 있어 현장의 의견이 다수 반영되어 실제 문과 학생이나 예체능 계열 학생의 수준을 반드시 고려해야 할 것으로 보인다.





