

Big idea를 중심으로 한 통합형 과학 교육과정 틀 설계

방담이¹ · 박은미² · 윤회정^{3*} · 김지영⁴ · 이윤하⁵ · 박지은³ · 송주연⁶ · 동호관⁷
· 심병주⁸ · 임희준⁹ · 이현숙¹⁰

¹카톨릭대학교 · ²광남고등학교 · ³이화여자대학교 · ⁴둔촌중학교 · ⁵대영중학교 · ⁶한국교육개발원
· ⁷한국교육과정평가원 · ⁸서울사대부설초등학교 · ⁹경인교육대학교 · ¹⁰한국과학창의재단

The Design of Integrated Science Curriculum Framework Based on Big Ideas

Bang, Dami¹ · Park, Eunmi² · Yoon Heojeong^{3*} · Kim Ji young⁴ · Lee Yoonha⁵ · Park Jieun³
· Song Joo-Yeon⁶ · Dong, Hyokwan⁷ · Shim, Byeong Ju⁸ · Lim, Hee-Jun⁹ · Lee, Hyun-suk¹⁰

¹The Catholic University of Korea · ²Gwangnam High School · ³Ewha Womans University
· ⁴Doonchon Middle School · ⁵Daeyoung Middle School · ⁶Korean Educational Development Institute
· ⁷Korea Institute for Curriculum and Evaluation · ⁸Seoul National University Elementary School
· ⁹Gyeongin National University of Education · ¹⁰Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity

Abstract: Big ideas are overarching principles that help students to build a holistic understanding of domain-specific knowledge and assimilate individual facts and theories. This study aims to design a standard-based integrated science curriculum framework based on Big Ideas. The core contents were extracted by analysing the 2009 National Science Standards curriculum of primary and middle schools. Four Big Ideas, ‘diversity,’ ‘structure,’ ‘interaction,’ and ‘change,’ were generated after the process of examination and categorization of core contents. The scientific facts, disciplinary concepts, and interdisciplinary concepts of every scientific domains included in each Big Idea are represented as a knowledge pyramid. Essential questions guiding the direction of curriculum design were proposed on each Big idea. Based on the framework, teaching modules for ‘structure’ were developed for grades 5~6.

Key words: big ideas, standard based integrated science curriculum framework, intergrated science education, curriculum design

I. 서론

과학 교과에서 통합은 100여 년 전부터 시도되어 왔으나 통합의 중요성은 1990년대 이후로 새롭게 부각되기 시작했다(Gehrke, 1998). 그 이후로 현재까지 교과 간, 교과 내의 통합을 포함한 다양한 통합교육에 대한 연구들(Cervetti *et al.*, 2012; Rennie *et al.*, 2011; Stoddart *et al.*, 2002)이 지속적으로 이루어지고 있다. PISA(Programme for International Student Assessment) 결과에 대한 우려로부터 시작되어 미국의 국가 경쟁력 강화를 위한 교육의 일환으로

대두된 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 교육은 통합교육에 대한 관심을 다시 한 번 불러일으킨 계기가 되었다. STEM 교육은 기술과 공학 교육을 중심으로 진행되어 왔지만(Sanders, 2009) 점차 교육 전반에 영향을 미치고 있으며, NRC(2010)는 K-12 학생들을 위한 과학교육 틀에서 기술, 공학과 과학의 적용을 제시하였다. 이러한 움직임과 더불어 21세기 지식기반 사회에서 필요로 하는 창의적 인재 양성을 위한 하나의 패러다임으로 등장한 통합교육은 과학 교육 개혁 운동의 핵심으로 대두되고 있다(Sanders *et al.*, 2011).

*교신저자: 윤회정(hyoon@ewhain.net)

**2013.07.06(접수), 2013.07.29(1심통과), 2013.08.26(최종통과)

***이 논문은 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행된 성과물임.

2009 개정 교육과정에서는 창의성과 문제해결력을 갖춘 인재 양성을 목표(교육과학기술부, 2011)로 과학교과에서 융합적 접근을 시도하고 있다. 하지만 이러한 시도에 대해 아직까지는 융합교육의 취지를 달성하기에 부족한 면이 있다는 연구 결과들이 보고되고 있다. 김남희 등(2012)에 의하면 2009 개정 고등학교 '과학'의 생명과학 관련 학습 내용은 융합적 요소가 다소 낮아 융합교육을 실현하기엔 다소 부족하다. 또한, 2009 개정 고등학교 '과학' 교과서에 대한 교사들의 인식 조사 결과에 의하면, 다수의 교사들이 '과학' 교과서가 실제 융합교육의 취지를 달성하는데 부족한 점이 있다고 지적하였다(윤회정 등, 2011). 특히 3학년~9학년의 내용 체계는 '에너지와 물질', '생명과 지구'로 묶여 있으나 실제 내용 요소들을 살펴보면 에너지, 물질, 생명, 지구라는 기존의 분과적 영역으로 뚜렷이 구분할 수 있음을 알 수 있다.

최근 들어 과학의 각 분과별로 중심이 되는 개념들을 선정하고, 이러한 개념들을 중심으로 교육과정을 구성하려는 노력이 새롭게 이루어지고 있다(Plummer & Krajcik, 2010). 이때 중심이 되는 개념, 주제, 원리를 Big idea라고 볼 수 있는데, 이러한 Big idea를 중심으로 학생들의 통합적이고 일관성 있는 과학 개념에 대한 이해를 도모하고자 하는 연구도 진행되고 있으며(Nordine *et al.*, 2011), Big idea를 중심으로 기존 교육과정을 수정해 보려는 시도도 이루어지고 있다(Cothron, 2009).

본 연구에서는 현재 분과적으로 구성되어 있는 초·중등학교 과학교과를 통합이라는 시대적 요구에 맞추어 통합과학 교육과정으로 설계하는데 바탕이 될 수 있는 틀을 제안하였다. 통합과학 교육과정 설계의 중심으로 Big idea를 제안하였으며, 2009 개정 과학과 교육과정의 과학과 내용 요소들을 바탕으로 분과적인 교과 개념을 아우를 수 있는 Big idea를 구성하였다. 따라서 이 연구에서의 통합은 과학 내의 교과목인 물리, 화학, 생물, 지구과학에 대한 통합을 의미한다. 마지막으로 본 연구 결과를 실제 학교 현장에서 구현하는데 도움을 주기 위하여 현재 적용되고 있는 교육과정의 내용을 Big idea에 맞추어 재구성하고, 이를 바탕으로 예시 모듈을 개발하였다.

II. 이론적 배경

1. 통합교육과정

과학은 자연을 탐구하는 학문으로 과학이라는 학문 자체의 속성을 고려해 볼 때 자연은 본래 통합체로 이해되어야 하는 대상이지 그 자체를 물리, 화학, 생물, 지구과학이라는 영역으로 분리할 수 있는 것이 아니며, 과학의 방법은 지식의 통합적 접근을 통하여 자연 현상을 탐구하는 과정으로 볼 수 있다(강호감 등, 2007). 최근 생물화학, 물리화학과 같은 간학문이 생성되면서 과학 교과들 간의 경계가 불명확해지면서 학문 간의 상호관련성이 강조되는 경향을 보이는데, 이는 과학교육이 통합이라는 방향으로 이루어져야 함을 시사한다(손연아, 이학동, 1999; 조희형, 박승재, 1994). 특히, 19~20세기의 급격한 과학 발전이 영역 분화적으로 이루어졌으며, 여러 개의 하위 분야로 쪼개어지고 연결되지 않은 채 탐구되어 효율적이지 않았다는 점이 자각되면서 21세기에는 융합적이고 총체적 접근 방식이 요구되고 있다는 점도 통합교육의 필요성을 부각시킨다(이정모, 2005).

통합교육의 정의에 대해서는 많은 학자들의 다양한 견해가 존재하지만(곽병선, 1983; 이경민, 최일선, 2009; Donna & James, 2003/1997; Drake, 2007; Morrow *et al.*, 1997), 모두 공통적으로 각 교과의 지식, 경험, 교육 내용들을 일정한 경계나 구분 없이 결합하여 전체를 만들어야 함을 강조하고 있다. 다양한 통합 방식이 시도되었는데 통합의 대상에 따라 단일 교과 내에서의 통합, 여러 교과 간에 걸친 통합, 학습자들 간의 통합으로 나누기도 하며(Fogarty, 1991), 통합의 중심 내용이 무엇인지에 따라 주제 중심, 문제 중심, 기초기능 중심, 사과의 양식 중심, 경험 중심, 표현 중심, 활동 중심, 흥미 중심으로 나누기도 한다(곽병선, 1983).

국내에서는 교육방법상의 지침으로 국가교육과정 총론에서 '통합성'을 강조해 왔으며, 이에 따라 제3차 교육과정 이후부터 '과학교육의 통합적 노력'을 표방하며 과학 교과와 다른 분야를 연계시키려는 노력이 지속적으로 이루어졌고, 제6차 과학과 교육과정에서는 '공통과학' 교과를 신설하였다(권난주, 안재홍, 2012; 손연아, 2009). 이어서 제7차와 2007 개정 교육과정에서는 교육과정에서의 범교과 학습 강조 등

통합과학 교육을 교육과정의 중요한 지침으로 설정하였다(교육인적자원부, 2007). 2009 개정 과학교육과정에서는 미래의 과학, 기술, 사회가 요구하는 높은 수준의 창의성과 인성을 고루 갖춘 합리적인 인재 양성을 목표로 융합교육을 지향하고 있다(교육과학기술부, 2011). 2009 개정 교육과정에 따라 집필된 고등학교 과학 교과서는 물리, 화학, 생명 과학, 지구 과학의 분과적 내용의 구분 대신 '우주와 생명'과 '과학과 문명'이라는 대 주제 안에서 모든 개념이 융합될 수 있게 통합적으로 구성되어 있다.

2. Big idea

Big idea란 독립적인 개념들을 서로 연결시켜 다양한 현상을 설명할 수 있도록 하는 한 학문 내 또는 다양한 학문을 아우르는 개념, 원리나 모델로, 포괄적이고 중요한 것에 대한 이해이며 특정 분야에 한정되지 않고 여러 학문의 기저가 될 수 있는 idea를 의미한다(Duschl *et al.*, 2007; Smith *et al.*, 2006; Wiggins & McTighe, 2005). Big idea는 Bruner(2010/1960)가 제시한 지식의 구조(학문의 기저를 이루고 있는 일반적인 원리)와 같은 맥락에서 이해될 수 있으며, Reeves(2002)가 주장한 성취 기준(power standards), 즉 내용보다 우선순위에 위치해야 하는 것이 가능성이 높은 개념이나 과정과도 일맥상통한다고 볼 수 있다.

Big idea는 개념, 주제, 논쟁과 관점, 파라독스, 이론, 가정, 반복되는 질문, 이해 및 원리와 와 같이 다양한 형태로 표현될 수 있다(Wiggins & McTighe, 2005). Big idea는 Drake와 Burns(2004)가 교육과정 통합방식으로 제안한 KDB(Know-Do-Be) 모형을 이용하여 표현할 수도 있다. KDB 모형은 지식(Know)-기능(Do)-태도(Be)에 대한 간학문적 통합을 제안하는데, 여기서 지식은 지식 피라미드의 형태로 제시된다. 지식 피라미드의 제일 아래쪽에 사실(facts)이 위치하며 그 위로 토픽(topics), 학문 내 개념(disciplinary concepts), 간학문적 개념(interdisciplinary concepts)과 지속적 이해(enduring understandings)가 위계적으로 배치된다. 여기서 지속적 이해는 Big idea와 같은 맥락에서 이해될 수 있다. 본 연구에서는 과학의 각 분과에 포함된 핵심 내용들을 포괄할 수 있는 개념, 주제, 원리

를 Big idea라고 보았다.

기존 연구에서는 다양한 Big idea들을 제시하였는데, 이를 살펴보면 다음과 같다. Erickson(2002)은 포괄적 개념을 가지며 다양한 학문 영역에 적용될 수 있는 Big idea로 '순서', '계', '변화'와 '상호작용'을 제시하였다. Drake와 Burns(2004)는 '지속가능성', '균형', '원인과 결과', '패턴', '변화와 보존', '순서', '순환', '갈등과 협력', '계', '상호연결과 상호의존', '지각', '다양성'을 제안하였다. NRC(2010)에서는 물상과학, 생명과학, 지구와 우주, 기술, 과학과 응용과학의 네 영역에서 '패턴', '원인과 결과', '크기, 비율과 양', '시스템과 모델링', '에너지와 물질', '구조와 기능', '안정성과 변화'라는 교차 개념(crosscutting concept)들을 제시하였다. 싱가포르나 캐나다(온타리오 주)의 교육과정에서도 Big idea가 제시되어 있다. 싱가포르 초등(Primary) 교육과정에서는 '다양성', '순환', '계', '상호작용', '에너지'를 제시하였으며, 중등(Lower secondary) 교육과정에서는 '과학과 기술', '측정', '다양성', '모델과 계', '에너지', '상호작용'을 제시하였다. 캐나다(온타리오 주) 교육과정에서는 '물질', '에너지', '계와 상호작용', '구조와 기능', '지속가능성과 책무', '변화와 연속성'을 제시하였다. 국내에서는 최미화와 최병순(1999)이 외국의 통합과학 교재들을 분석하여 자연 현상을 포괄적으로 설명할 수 있는 통합주제로서 '계(시스템)', '상호작용', '조화와 균형', '구조와 기능', '순환'을 선정하여 제시하였다.

Big idea는 항상 개념적인 내용 즉, 설명해야 할 '어떤 것'을 포함한다. 이때 Big idea는 분과적인 중요 개념을 포함하는 보다 상위 개념이기 때문에 다양한 과학적 현상뿐만 아니라 과학 외의 다른 분야(교과)와 연계된 현상에 대해서도 설명을 제공할 수 있다(Wiggins & McTighe, 2005). 이런 측면에서 볼 때, Big idea는 학생들로 하여금 과학의 다양한 개념들을 통합적으로 이해할 수 있도록 도움을 줄 수 있으며 교육과정을 설계하는 바탕이 될 수 있다. Big idea는 교사들이 학생들로 하여금 단편적으로 배우는 개념들이 어떤 연관성을 가지며 특정 현상에 대한 인과적 설명을 제시하고, 과학 교과서의 중요성을 인식할 수 있도록 수업을 구성하는데 도움을 줄 수 있는 것이다. 또한 Big idea는 단편적 사실과 달리 다른 토픽, 탐구, 맥락, 이슈, 문제에 적용할 수 있기 때문에 높은 전이가

능성을 가진다. 특히 학습해야 하는 지식의 양이 매우 방대한 현대 사회에서 주요 아이디어에 집중하는 것은 정보의 과부하를 막는 한 가지 방법이 될 수 있다 (McTighe & Wiggins, 2008/2004).

Big idea를 중심으로 교육과정이나 프로그램을 설계할 때, 길잡이 질문(guiding question)으로 본질적 질문(overarching essential question)을 구성하여 활용할 수 있다(Blake, 2007; Wiggins & McTighe, 2005). 본질적 질문은 구체적인 주제, 기능, 사건, 단원을 넘어서는 질문으로, Big idea에 지속적으로 초점을 맞추고 더 발전된 탐구, 효율적인 학습, 추가적인 질문을 유발할 수 있도록 하는 역할을 한다. 뿐만 아니라 학생들이 Big idea를 이해하고, Big idea에 대한 이해를 지속적으로 유지할 수 있도록 하는 이정표 역할도 한다. 이러한 본질적 질문은 추상적이고 일반적인 특성을 갖는다. 따라서 학년이나 차시 수준의 수업을 설계할 때에는 본질적 질문을 보다 구체화할 필요가 있는데, 이것이 주제 수준의 본질적 질문(topical essential question)이다. 주제 수준의 본질적 질문은 주제나 토픽에 대한 구체적인 질문으로 단위 수업에서 Big idea를 이해할 수 있도록 안내하는 역할을 한다. 주제 수준의 본질적 질문을 사용하면 학년 단위, 차시 단위의 수업에 대한 틀을 구성할 수 있다. 이러한 질문은 옳은 답을 요구하는 것처럼 보이기 때문에 진정한 의미의 본질적 질문으로 보이지 않을 수도 있다. 하지만 주제 수준의 본질적 질문에 이어지는 수업의 과정과 평가의 방법이 정답이나 단편적 지

식이 아닌 Big idea로 향해 있다면 본질적 질문으로서의 가치를 가질 수 있다.

Ⅲ. 연구 절차 및 방법

Big idea를 중심으로 한 통합형 과학 교육과정 틀을 설계하기 위해 분과적인 교과개념을 아우를 수 있는 Big idea를 구성하고, Big idea에 포함되는 내용 요소들을 지식 피라미드를 이용하여 체계화한 후, 교육과정의 방향을 제시할 수 있는 본질적 질문들을 구성하였다. 마지막으로 Big idea 활용에 대한 예시로 하나의 Big idea를 선택하여 Big idea에 포함되는 일부 내용 요소들로 구성된 모듈을 제안하였다. 구체적인 연구 절차는 그림 1과 같다.

1. Big idea의 구성

본 연구에서 통합의 중심으로 제안하는 Big idea는 다음과 같은 단계를 거쳐 구성되었다. 첫 번째 단계에서는 초·중등 교과교사 5인, 과학교육 전문가 5인이 모여서 Big idea에 대한 개념을 정립한 후, 브레인스토밍을 통하여 교과교과에서의 Big idea들을 잠정적으로 제안하였다. 이때 싱가포르, 캐나다의 외국 교육과정과 기존 연구에서 제시되었던 여러 가지 Big idea관련 개념(최미화와 최병순, 1999; Drake & Burns, 2004; Erickson, 2002; NRC, 2010)들을 고려하였다.

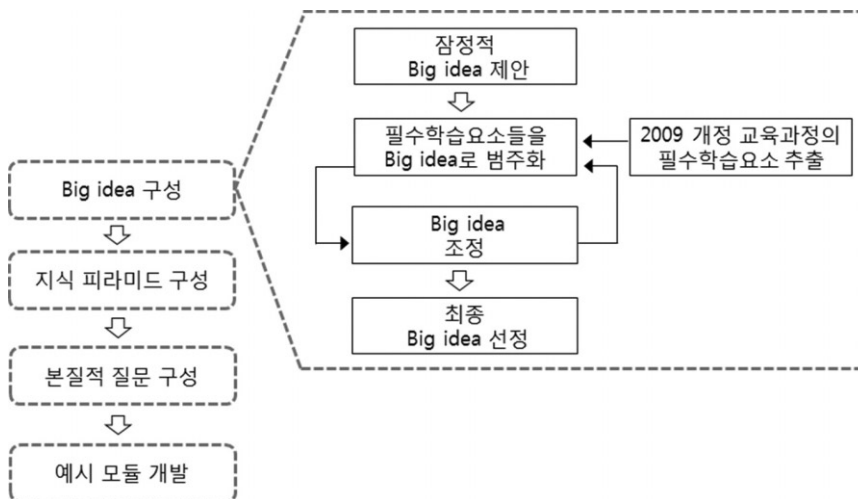


그림 1 통합형 과학교육과정 틀 개발과 적용을 위한 절차

두 번째 단계에서는 2009 개정 과학과 교육과정을 분석하여 초등학교 3~4학년군, 5~6학년군, 중학교 1~3학년군 과학의 필수학습요소들을 추출하였다. 이때 교육과정에 포함된 성취 기준을 참고하여 반드시 가르쳐야 하는 요소들을 파악하였다. 또한 구체적으로 그 내용이 기술된 교과서들을 비교 분석하면서 각 요소들이 해당 학년군에서 다루어져야 하는 수준을 함께 고려하여 필수학습요소를 선정하였다.

세 번째 단계에서는 추출한 필수학습요소들을 Big idea로 범주화하면서 Big idea를 조정하여 최종적으로 적절한 Big idea들을 선정하였다. 먼저 필수학습요소의 성취 목표를 고려하여 각각의 필수학습요소들이 어떤 Big idea에 포함되어야 할지 판단하여 범주화하였다. 범주화 과정에서 Big idea의 타당성과 적절성을 고려하면서 잠정적인 Big idea들을 통합, 삭제하거나 수정하였다. 이렇게 조정한 Big idea들을 바탕으로 필수학습요소들을 재범주화해보고, 다시 Big idea의 타당성과 적절성을 검증하는 과정을 반복하면서 최종적으로 Big idea들을 선정하였다. Big idea의 타당성과 적절성을 검증하는 과정에서 'Big idea가 과학 교육과정에서 의미 있게 다루어질 수 있는가?', '과학교과 내에서 범교과적으로 적용가능한가?', '물리, 화학, 생물, 지구과학의 필수학습 요소를 적절히 포함하는가?', '지나치게 광범위하거나 협소하지 않은가?', '학년군이 올라감에 따라 더 복잡해지고 추상화되면서 다루어질 수 있는 광범위한 개념인가?' 와 같은 요인들을 고려하였다. 총 3차에 걸친 자문회의와 공청회를 통해 물리, 화학, 생물, 지구과학의 내용 및 교육 전문가와 현장 교사들로부터 Big idea의 타당성과 적절성을 검증받았다.

2. 지식 피라미드의 구성

Big idea에 포함되는 교육과정의 내용 요소들을 구체적으로 표현할 수 있는 방법으로 Drake와 Burns(2004)가 제안한 지식 피라미드를 활용하였다. 지식 피라미드를 이용하여 지식의 위계 속에서 Big idea의 위치를 표현하고, Big idea에 포함되는 간학문적 개념(interdisciplinary concept), 학문 내 개념(disciplinary concept)과 과학적 사실(fact)을 제시하였다.

3. 본질적 질문의 구성

본 연구에서 선정한 각각의 Big idea에 대해 본질적 질문들을 개발하여 제시하였다. Drake(2007)나 Wiggins와 McTighe(2005)가 제시한 것처럼 하나의 Big idea에 포함되어 있는 간학문적 개념들을 동사로 연결하여 해당 Big idea에 대한 본질적 질문을 생성하였다. 이때 본질적 질문은 교수·학습의 과정에서 지속적으로 Big idea에 초점을 맞추므로써 Big idea에 대한 효과적인 이해에 도움이 되도록 구성하였다.

4. 예시 모듈의 개발

본 연구에서 선정한 네 개의 Big idea 중 하나인 '구조'를 선택하여 초등학교 5~6학년군에 적용할 수 있는 예시 모듈을 개발하였다. 모듈은 Wiggins와 McTighe(2005)가 제안한 백워드 설계를 바탕으로 개발하였다. 백워드 설계는 세 단계로 진행하였다. 첫 번째는 학습 목표를 명료화하는 단계이다. 이 단계에서는 선정한 Big idea의 이해를 위한 주제 수준의 본질적 질문들을 구체적으로 제시하였다. 본 연구에서 제안한 Big idea는 지식 영역에 한정되어 있지만, 실질적으로 Big idea가 학교 현장에서 의미 있게 활용되기 위해서는 과학 지식을 중심으로 한 Big idea의 활용 수업이 학생들의 기능과 태도도 향상시켜 줄 필요가 있다. 따라서 모듈에서는 해당 교육과정의 범위와 수준에서 성취해야 할 기능과 태도도 포함시켰다. 이때 기능은 현행 과학과 교육과정에서 제시하고 있는 기초 탐구 기능(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)과 통합 탐구 기능(문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화)을 적용하였다. 기능과 태도는 Big idea에 집중하면서 개념과 원리의 영속적 이해를 도울 수 있도록 제시하였다. 두 번째는 설정한 목표의 달성 여부를 확인할 수 있는 평가 기준을 제시하는 단계이다. 학생들이 수행해야 하는 과제와 학습의 증거들을 제시할 수 있도록 구성하였다. 마지막 단계는 구체적인 학습 활동을 제시하는 것이다. 해당 학년군에서 학습해야 하는 내용 요소들의 일부가 포함되도록 학습 활동을 구성하였으며, 특히, Wiggins와 McTighe(2005)가 제안한 WHERETO 요소들을 고려하여 이들이 반영되도록 학습 활동을 개발하였다. WHERETO 요소는 다음과 같다.

- Where and Why: 학생들이 수업의 목표와 그 목표의 중요성을 이해하였는지 확인한다.
- Hook and Hold: 학생의 흥미를 유발하고 유지한다.
- Explore, Experience, Enable and Equip: 학생들이 목표를 달성하는데 필요한 경험, 기구, 지식, 노하우 등을 준비한다.
- Reflect, Rethink and Revise: 학생들이 Big idea에 대해 생각하고 학습 과정을 돌아보며 학습을 수정할 수 있는 기회를 제공한다.
- Evaluate work and progress: 학습 결과를 학생 스스로 평가할 수 있는 기회를 제공한다.
- Tailor and personalize the world: 학생의 능력, 흥미, 성향, 요구를 반영하여 수업을 설계한다.
- Organize for optimal effectiveness: 최상의 효과를 위하여 학습을 조직하고 계열화한다.

의미와 Big idea에 포함되어 있는 간학문적 개념들을 나타내었다. 간학문적 개념들은 Big idea의 이해를 위해 필요한 개념으로, 각 Big idea로 범주화된 필수 학습요소들에 포함된 교과 내 개념을 포괄하는 전이 가능한 개념으로 추출하였다.

‘다양성’과 ‘구조’는 자연이 현재 존재하고 있는 모습, 즉 자연의 정적인 측면을 이해하고자 하는 것이며, ‘상호작용’과 ‘변화’는 자연에서 나타나는 변화, 즉 자연의 동적인 측면을 이해하려는 것이다.

‘다양성’은 대상의 특성이나 공통점 또는 차이점과 같은 간학문적 개념을 이용하여 자연에는 각각의 특징을 가진 다양한 대상이 존재함을 이해하고자 하는 Big idea이다. 이는 자연을 구성하는 것들의 존재를 이해하고자 한다는 측면에서 정적인 개념 및 원리이며, 그 존재들의 특징이 다양하다는 것을 한 차원에서 설명하므로 수평적인 성격을 갖는다.

‘구조’는 자연에 존재하는 대상을 이해하고자 한다는 점에서 ‘다양성’과 같이 정적인 특성을 갖는다. 하지만 전체가 각 부분으로 구성된다는 측면으로 대상을 이해하고자 한다는 점에서 수직적인 성격을 갖는다. 즉, ‘구조’를 통해 우주에서 입자에 이르기까지 자연은 전체와 부분으로 이루어진 수직적 위계를 가지고 있음을 이해할 수 있다. ‘구조’는 각 부분은 특정 기능을 수행하는 구조를 가지고 있으며 이들은 전체를 위해 함께 기능한다는 의미를 갖는다. 이를 위해 구성요소, 관련성, 기능과 같은 간학문적 개념들이 사용된다.

IV. 연구 결과 및 논의

1. 통합형 과학 교육과정 틀 개발을 위해 선정된 Big idea

본 연구에서는 초·중등학교 통합형 과학 교육과정을 개발할 때 통합의 중심이 될 수 있는 Big idea로 ‘다양성’, ‘구조’, ‘상호작용’, ‘변화’를 생성하였다. 이 네 가지 Big idea는 다양한 간학문적 개념들을 포괄하는 원리의 형태를 띠고 있다. 표 1에 Big idea의

표 1 Big idea의 의미와 Big idea에 포함된 간학문적 개념

| Big idea의 성격 | Big idea | Big idea에 포함된 간학문적 개념 |
|--------------|--|-----------------------|
| 정적 | 수평적 다양성 자연에는 각각의 특징을 가진 다양한 것들이 존재한다. | 특성, 공통점/차이점 |
| | 수직적 구조 전체는 각각의 부분이 모여 구조화되어 있으며, 각 부분은 특정 기능을 수행하는 구조를 가진다. | 구성요소, 관련성, 기능 |
| 동적 | 양방향 상호작용 자연을 구성하는 요소들은 서로 연관되어 영향을 주고 받으며, 이로 인해 여러 현상들이 나타난다. | 영향, 적응, 지속가능성 |
| | 일방향 변화 자연은 변화하며, 변화에는 원인이 있고 변화하는 동안 규칙성이 나타난다. | 변화/보존, 전환, 순환, 규칙성 |

‘상호작용’은 자연을 구성하는 요소들이 서로 연관되어 영향을 주고받으며 이로 인해 나타나는 여러 가지 자연현상이 있다는 것을 이해하고자 하는 Big idea이다. 자연현상을 설명하고자 한다는 측면에서 동적인 개념 및 원리이며, 일방향적인 변화가 아닌 양방향적인 변화의 방향을 담고 있다는 점이 특징이다. 영향, 적응, 지속가능성과 같은 간학문적 개념들을 이용하여 ‘상호작용’을 이해할 수 있도록 하였다.

‘변화’는 자연의 변화를 동적으로 이해하려고 하는 개념 및 원리이다. 자연이 변화하고 있다는 사실과 그러한 변화에는 원인이 있으며 변화하는 동안 나타나는 규칙성이 있음을 의미하는 것이다. ‘상호작용’과 달리 변화의 종류나 변화가 일어나는 과정에서의 특성을 이해하고자 한다는 측면에서 일방향적인 성격을 띤다. 이 Big idea가 담고 있는 간학문적 개념은 변화와 보존, 전환, 순환, 규칙성 등이다.

2. Big idea에 대한 지식 피라미드

지식 피라미드는 Big idea에 포함되는 간학문적 개념, 교과 내 개념, 사실들로 구성하였다. Big idea는 지식 피라미드의 가장 상위에 위치하며, Big idea에 포함된 간학문적 개념을 Big idea의 아래에 제시하였다. 간학문적 개념에 속하는 과학 교과 내의 개념들을

간학문적 개념 아래에 제시하였고, 지식 피라미드의 가장 하위에 교과 내의 개념에 포함되는 여러 가지 사실들을 나타내었다. ‘다양성’, ‘구조’, ‘상호작용’, ‘변화’의 네 가지 Big idea에 대한 네 개의 지식 피라미드를 각각 그림 2, 3, 4, 5에 제시하였다.

‘다양성’은 자연에는 다양한 것들이 존재하며 이들은 각각의 특징이 있고, 공통점과 차이점에 따라 분류할 수 있다는 것을 의미하는 Big idea이다. 다양성이 포괄하는 사실은 지구상에 다양한 생물, 암석, 물질이 존재한다는 것과 다양한 빛과 여러 가지 소리가 있다는 것이다. 자연에 존재하는 다양한 것들 즉, 생물, 암석, 물질, 빛, 소리는 각각 서로 다른 특징이 있다는 것을 이해하고, 이를 이용한 분류 체계를 이해하는 것은 자연의 정적인 모습을 수평적 관점에서 이해하고자 하는 것이다. 더 나아가서 생물의 다양성에 대한 원인으로 유전과 진화를, 암석의 다양성에 대한 원인으로 생성과정을, 빛·소리의 다양성에 대한 원인으로 파동의 특성을 이해할 수 있다. 또한 물질의 다양성에 대한 원인으로 화학 결합의 종류를 다룰 수 있으나 이는 2009 개정 과학과 교육과정에서 제시한 초·중등학교 교육과정의 내용 범위를 벗어나므로 지식피라미드에 포함시키지 않았다.

‘구조’는 자연을 구성하고 있는 부분과 전체에 대해 이해하고자 하는 Big idea로 전체를 구성하는 각 부

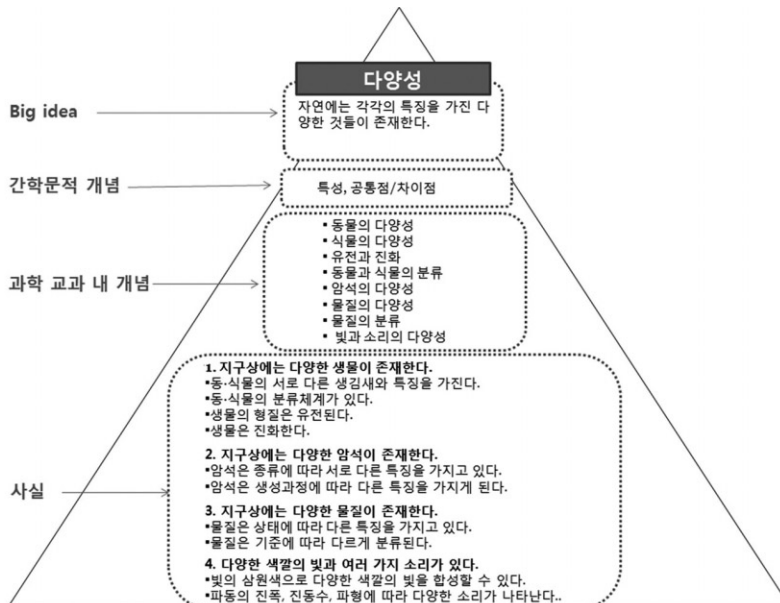


그림 2 '다양성'에 대한 지식 피라미드

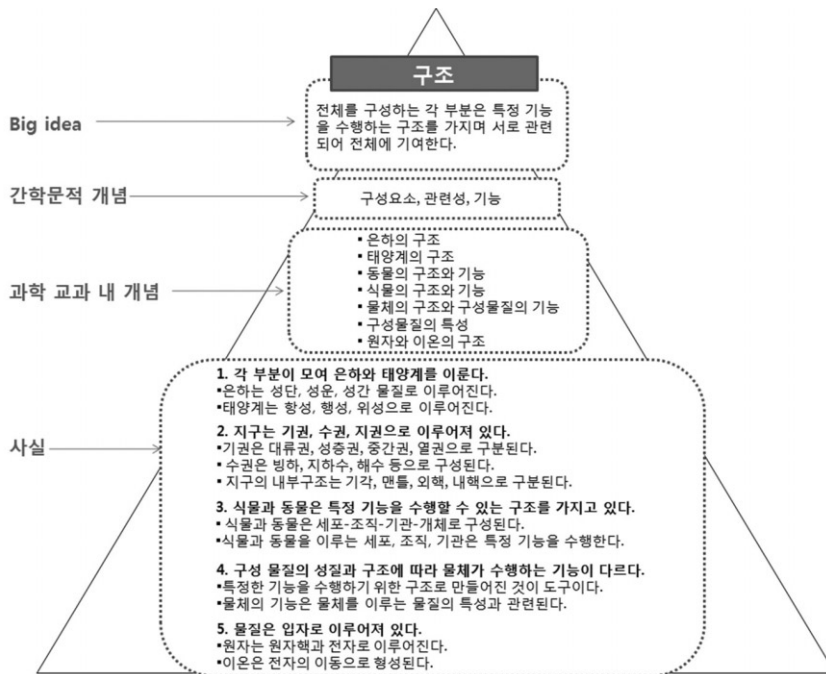


그림 3 '구조'에 대한 지식 피라미드

분은 특정 기능을 수행하는 구조를 가지며 서로 관련되어 전체에 기여한다는 원리를 담고 있다. 초·중등학교 교육과정에서는 은하와 태양계, 태양계의 일부인 지구와 지구를 기권, 수권, 지권, 생물권으로 나누어 제시하고 있다. 이어서 지구를 이루고 있는 부분인 생물권에 속하는 식물과 동물의 구조와 생명을 이루는 세포까지의 내용이 제시된다. 세포를 이루고 있는 물질과 물질을 구성하는 입자에 대한 내용 후에, 마지막으로 입자의 구조까지 살펴볼 수 있도록 구성되어 있다. 이러한 수직적인 구조와 더불어 전체를 이루고 있는 부분들이 구조에 따른 기능이 있으며 그 기능들이 전체를 위해 기여한다는 내용을 함께 다룬다.

'상호작용'은 자연을 구성하는 요소들이 서로 연관되어 영향을 주고받는다라는 것과 이로 인해 나타나는 여러 가지 현상에 대한 이해를 포함하는 Big idea이다. '상호작용'에 대한 이해를 위하여 태양계의 일부인 태양, 지구, 달의 상호작용과 이러한 상호작용으로 인해 나타나는 계절변화, 별의 연주/일주운동, 달의 위상변화, 낮과 밤 등의 현상을 알아본다. 이어서 지구를 이루고 있는 부분인 생물과 환경, 생물과 생물, 생물체 내에서의 상호작용과 그로 인해 나타나는 현상들을 알아보고, 물체와 물체, 입자와 입자 사이의

상호작용까지 알아본다.

'변화'는 자연이 변화하고 있다는 것, 변화의 원인과 변화하는 동안 나타나는 규칙성에 대한 이해를 포함하는 Big idea이다. 우주, 지구, 식물과 동물, 물질과 에너지는 끊임없이 변화하고 있으며, 변화에는 원인이 있고, 변화하는 동안 나타나는 규칙성이 있다는 내용을 포함하고 있다.

3. Big idea를 위한 본질적 질문

본질적 질문은 교육과정 개발이나 프로그램의 개발에 실질적으로 활용할 수 있도록 방향과 목적을 안내하는 질문으로 각각의 Big idea에 대해 2~3개 정도의 본질적 질문들을 개발하였으며, 이를 표 2에 제시하였다.

'다양성'에 지속적으로 초점을 맞추고 더 발전된 탐구나 효율적인 학습이 이루어지도록 하기 위해 세 가지 본질적 질문을 구성하였다. 첫째는 '자연에는 어떠한 것들이 존재하는가?'로 이 질문을 통해 학생들은 자연에 존재하는 것들을 탐구하여 여러 가지 종류의 식물과 동물 및 물질들 등이 존재한다는 것을 아는데 초점을 맞추도록 하였다. 둘째는 '자연에 존재하는 것

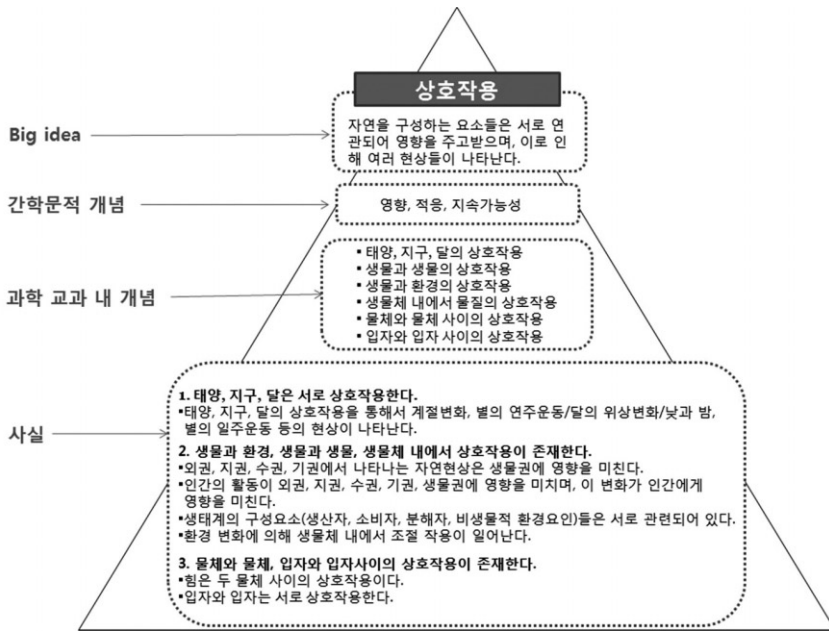


그림 4 '상호작용'에 대한 지식 피라미드

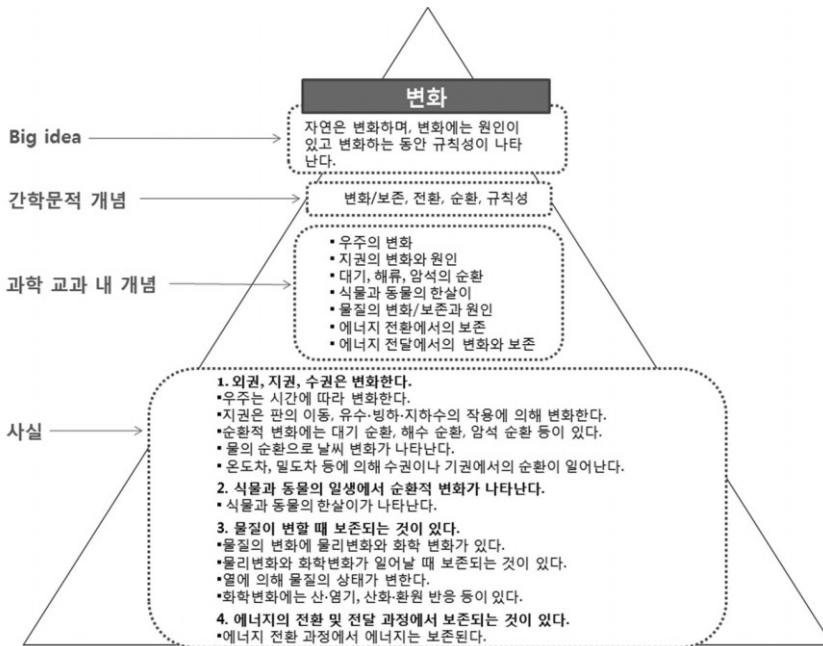


그림 5 '변화'에 대한 지식 피라미드

들을 어떻게 분류할 수 있을까? 로 자연에 존재하는 다양한 생물과 물질들의 공통점과 차이점은 무엇이며, 일정한 기준을 세워 다양한 종류의 생물이나 물질들을 유사한 것끼리 분류할 수 있다는 것을 탐구를 통

해 학습하도록 유도하기 위해 질문을 구성하였다. 셋째는 '다양성이 나타나는 원인은 무엇인가?' 로 자연계에서 나타나는 생물의 다양성이 생물의 생존에 어떠한 도움이 되는가에 초점을 맞추어 생각해 보도록

표 2
Big idea와 본질적 질문

| Big idea | 본질적 질문 |
|---|--|
| <p>다양성 자연에는 각각의 특징을 가진 다양한 것들이 존재 한다.</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 자연에는 어떠한 것들이 존재하는가? · 자연에 존재하는 것들을 어떻게 분류할 수 있을까? · 다양성이 나타나는 원인은 무엇인가? |
| <p>구조 전체를 구성하는 각 부분은 특정 기능을 수행하는 구조를 가지며 서로 관련되어 전체에 기여한다.</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 전체는 어떤 부분으로 이루어져 있는가? · 구조와 기능은 어떠한 관계가 있는가? · 각 부분의 역할은 어떠한가 전체에 어떻게 기여하는가? |
| <p>상호작용 자연을 구성하는 요소들은 서로 연관되어 영향을 주고받으며, 이로 인해 여러 현상들이 나타난다.</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 자연을 구성하는 요소들이 어떻게 상호작용하는가? · 상호작용으로 나타나는 현상에는 어떤 것들이 있는가? |
| <p>변화 자연은 변화하며, 변화에는 원인이 있고 변화하는 동안 규칙성이 나타난다.</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 자연에는 어떠한 변화가 나타나는가? · 변화가 나타나는 원인은 무엇인가? · 변화가 일어나는 동안 보존되는 것은 무엇인가? |

하였다.

‘구조’를 이해하기 위한 이정표인 본질적 질문으로 세 가지를 제시하였다. 첫째는 ‘전체는 어떤 부분으로 이루어져 있는가?’로 태양계, 식물, 동물, 물질, 도구 등이 각각 어떠한 부분으로 구성되어 전체를 이루고 있는지 이해할 수 있도록 하였다. 둘째는 ‘구조와 기능은 어떠한 관계가 있는가?’로 전체를 이루고 있는 각 부분들의 구조를 살펴보고, 그 구조와 기능의 관계를 연관지어 학습하도록 안내하였다. 셋째는 ‘각 부분의 역할은 어떠한가 전체에 어떻게 기여하는가?’로 전체를 구성하는 각 부분의 역할을 알고, 각 부분이 모여 전체로서의 기능을 수행하는데 있어서 각각이 어떻게 연관되어 기여하고 있는지에 초점을 맞추어 학습하도록 제시하였다.

‘상호작용’에서는 두 가지 본질적 질문을 구성하여 제시하였다. 첫 번째는 ‘자연을 구성하는 요소들이 어떻게 상호작용하는가?’로 자연을 구성하는 다양한 요소들인 생물들 간에 생물과 환경 간에 물체 간에 서로 관련되어 여러 가지 상호작용 하고 있다는 것을 이해할 수 있도록 하였다. 두 번째 본질적 질문은 ‘상호작용으로 나타나는 현상에는 어떤 것들이 있는가?’로 자연을 구성하는 요소들이 상호작용을 한 결과 나타나는 여러 가지 현상들을 탐구하거나 이해하는 데 관심을 두고 학습할 수 있도록 하였다.

‘변화’에서는 변화에 지속적으로 초점을 맞추고 더

발전된 탐구나 효율적인 학습이 이루어질 수 있도록 세 가지 본질적 질문을 구성하였다. 먼저 ‘자연에는 어떠한 변화가 나타나는가?’의 질문은 자연을 구성하는 외권, 수권, 지권, 생물권 및 물질에서 나타나는 변화에 관심을 가지고 관찰하도록 유도하였다. 두 번째 본질적 질문인 ‘변화가 나타나는 원인은 무엇인가?’를 통해 자연에서 나타나는 여러 가지 변화의 원인들을 생각해 보도록 하였다. 세 번째 본질적 질문은 ‘변화가 일어나는 동안 보존되는 것은 무엇인가?’로 물질의 변화 과정에서 질량이 보존되고 에너지의 전환 과정에서 총 에너지가 보존된다는 개념에 초점을 맞출 수 있도록 하였다.

V. 개발된 예시 모듈

네 개의 Big idea 중 ‘구조’를 선정하여 백워드 설계에 따라 초등학교 5~6학년군을 대상으로 모듈을 개발하였다. 초등학교 5~6학년군의 ‘구조’에 포함되는 교육과정 내용은 ‘태양계의 구조’, ‘렌즈의 기능과 활용’, ‘생명체의 기본적 구조와 기능의 이해’, ‘구조와 관련된 생명체의 기능 이해’, ‘생명체 전체에 대한 각 부분의 기여에 대한 이해’, ‘세포로 이루어진 식물체’, ‘간단한 도구의 구조와 기능’이다. 이들 중 일부(‘렌즈의 기능과 활용’, ‘생명체의 기본적 구조와 기능의 이해’, ‘구조와 관련된 생명체의 기능 이해’, ‘생

명체 전체에 대한 각 부분의 기여에 대한 이해) 내용만을 선정하여 모듈을 개발하였다.

모듈에서는 '식물', '인간', '렌즈'라는 구체적인 토픽을 다루었다. 또한 교육과정에 포함되어 있지는 않지만, '구조'라는 Big idea를 이해하는데 도움이 되는 '이동수단'을 포함시켰다.

도입에서는 '이동수단', 모듈 1에서는 '식물', 모듈 2에서는 '렌즈', 모듈 3~7에서는 '식물과 인간'을 다루었는데, 구체적인 토픽에 대한 모듈 구성의 방향과 학습 목표를 제시하기 위하여 각 모듈별로 주제 수준의 본질적 질문들을 개발하였다. 각 모듈별 주제 수준의 본질적 질문과 각 모듈을 통해 도달하고자 하는 지식, 기능, 태도의 구성 요소를 표 3에 제시하였다.

VI. 통합형 과학 교육과정 틀의 활용방안 및 제안점

본 연구는 Big idea를 중심으로 물질, 에너지, 생명, 지구의 내용체계를 통합할 수 있는 통합형 과학 교육과정 틀을 설계하고자 진행되었다. 연구 결과의 활용방안은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 제시한 Big idea는 새로운 교육과정 설계의 기초자료로 활용될 수 있다. 최근 통합교육의 필요성이 증대되고 있으며 이에 따라 2009 개정 과학과 교육과정에서도 통합교육을 표방하고 있다. 하지만 실제로는 초·중 과학과 교육과정이 물질, 에너지, 생명, 지구라는 분과적 접근을 취하고 있어 통합교육의 취지와 일치하지 않고 있다. 이 연구에서 제시한 Big idea는 교육과정을 통합교육의 방향으로 개정하고자 할 때 활용될 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구에서 추출한 Big idea는 학생들이 교과에 얽매이지 않고, 통합적인 시각에서 자연현상을 이해할 수 있도록 돕는 효과적인 교수·학습 자료를 개발하는데 활용될 수 있다. Big idea는 학생들이 시간, 공간, 주제 영속적으로 유지해야 할 지속적 이해로서의 역할을 함으로써, 분과적으로 습득한 지식들을 아우르는 핵심으로서 기능할 수 있을 것이다. 현재 과학의 네 분과 영역은 서로 다른 소재와 주제를 다룬다. 가령 지구 내부의 구조, 원자의 구조, 식물의 구조, 동물의 구조, 도구 등으로 구성된 학습 내용들은 학생들이 기억해야 할 지식의 조각들이다. 이러한 조각들을 가로지르는 Big idea를 중심으로 교육과 학습

이 이루어진다면 학생들은 여러 학문 분야의 지식들을 연결할 수 있으며 이를 통하여 시간이 지나도 유지되는 지속적 이해를 얻을 수 있게 될 것이다.

셋째, 본 연구 결과를 바탕으로 현장 과학교사 재교육 및 예비교사 대학교육에 적용할 수 있는 자료를 개발하여 적용함으로써 과학 교사가 Big idea를 이해하는데 도움을 줄 수 있다. 교사가 Big idea에 초점을 맞추어 수업한다면 지식을 기억하도록 하는 수업에서 벗어나 지식을 생성하도록 학생들을 격려할 수 있다. 이러한 점은 교사가 교육현장의 변화에 매우 큰 역할을 담당한다는 면에서 매우 고무적이다. 특히 본 연구는 2009 개정 교육과정에 제시된 과학의 내용에 대한 체계적인 분석을 바탕으로 Big idea를 구성한 것이므로 현장에서의 활용 가능성이 매우 높다고 하겠다.

본 연구의 제안은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 2009 개정 과학과 교육과정의 내용요소에 기반을 둔 연구이므로 Big idea로의 집중을 위한 내용 요소의 배제나 추가가 어려웠다는 제한점이 있다. 본 연구에서 제시한 Big idea에 대한 후속연구가 이루어진다면 Big idea에 대한 효과적인 이해를 위하여 일부 내용 요소들을 삭제하거나 추가할 필요가 있다. 그동안 여러 차례 교육과정이 개정되어 왔는데, 이를 모두 아우를 수 있는 과학 교육 내용 표준을 근거로 Big idea의 내용 요소 선정 및 구성을 시도해 볼 수 있다. 국내에서도 과학 교육 내용 표준에 대한 연구 결과가 나오고 있으므로 이를 근거로 Big idea를 구성하는 후속연구가 이루어질 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서 제시한 네 가지 Big idea는 자연을 각기 다른 관점으로 이해해보고자 하는 것이다. 하지만 각각의 Big idea에 따라 과학의 개념 및 원리가 정확히 분절될 수 있는 것은 아니다. 따라서 Big idea 간의 상호 관련성, 공통 영역 등을 시각화할 수 있는 추가적인 노력이 필요하다.

셋째, 본 연구에서 구성한 Big idea는 지식의 피라미드의 가장 상위에 속하는 원리이다. 이러한 특성으로 인하여 Big idea를 추출하는데 있어서 지식 영역이 주로 분석대상이었다. 후속 연구에서는 탐구, 태도, 과학의 본성 등 과학교육에서 반드시 고려해야 하는 다른 요인들이 Big idea 중심 교육에서 어떤 역할을 하는지 보다 더 구체화할 필요가 있다.

넷째, Big idea가 통합 과학교육에서 가지는 중요성은 크지만 이를 교육과정에 전면 도입하기 어려우

표 3
모듈에 대한 주제 수준의 본질적 질문과 지식-기능-태도의 구성요소

| 모듈별 주제 수준의 본질적 질문 | | 지식-기능-태도의 구성요소 | | | | |
|---|--|---|---|--|--|---|
| | 사실 | 지식 | | 기능 | | 태도 |
| | | 학문 내 개념 | 간학문적 개념 | 학문 내 기능 | 간학문적 기능 | |
| <p>도입 이동수단을 구성요소 살펴보기</p> <ul style="list-style-type: none"> · 자동차는 어떤 부분으로 이루어져 있을까요? · 자동차의 각 부분들은 어떤 역할을 할까요? · 여러 이동 수단에서 각 부분은 서로 어떤 역할을 하면서 전체를 움직이도록 할까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 식물은 뿌리, 줄기, 잎으로 이루어져 있고, 각 부분은 식물체가 생존하기 위한 기능을 담당한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 식물의 구조 · 뿌리의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 구성요소 · 관련성 · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 이동 수단의 구조 및 각 부분의 역할 비교 | <ul style="list-style-type: none"> · 관찰 · 추리 · 결론도출 | <ul style="list-style-type: none"> · 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 이동 수단의 구조를 기능과 관련지어 이해하려는 태도를 가진다. |
| <p>1. 식물은 어떤 구조를 가지고 있을까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> · 식물은 어떤 부분으로 이루어져 있을까요? · 식물의 어떤 부분이 이러한 기능을 담당할까요? · 식물의 뿌리가 없다면 어떻게 될까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 식물은 뿌리, 줄기, 잎으로 이루어져 있고, 각 부분은 식물체가 생존하기 위한 기능을 담당한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 식물의 구조 | <ul style="list-style-type: none"> · 구성요소 · 관련성 · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 뿌리의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 추리 | <ul style="list-style-type: none"> · 식물의 각 부분의 역할을 식물체 전체의 생명유지를 위해 기여하는 구조와 관련지어 이해하려는 태도를 가진다. |
| <p>2. 왜 다르게 보일까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> · 렌즈는 모양에 따라 어떤 기능을 할까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 렌즈는 모양에 따라 다른 기능을 가지고 있으며 렌즈가 이용되는 도구가 있다. | <ul style="list-style-type: none"> · 렌즈의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 렌즈의 구조에 따른 기능 관찰 | <ul style="list-style-type: none"> · 관찰 · 추리 | <ul style="list-style-type: none"> · 렌즈의 모양에 따른 기능을 파악함으로써 도구의 구조와 기능을 판단하여 이해하려는 태도를 가진다. |
| <p>3. 물과 영양분의 이동은 어떻게 이루어질까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> · 식물은 뿌리로부터 흡수한 물을 어떻게 식물의 각 부분으로 이동시킬까요? · 식물은 잎에서 만든 영양분을 어떻게 식물의 각 부분으로 이동시킬까요? · 식물에서 물을 이동시키는 물관과 사람에서 혈액을 이동시키는 혈관 구조의 유사한 점은 무엇일까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 식물과 동물은 물이나 영양분을 필요한 곳에 전달할 수 있는 구조를 가지고 있다. | <ul style="list-style-type: none"> · 줄기의 구조와 기능 · 순환기관의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 구성요소 · 관련성 · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 줄기의 물관 관찰 · 펌프를 이용한 심장의 역할 추론 | <ul style="list-style-type: none"> · 관찰 · 추리 · 결론도출 | <ul style="list-style-type: none"> · 생명 유지에 필요한 물과 영양분의 이동을 위한 구조를 기능적으로 파악하려는 태도를 가진다. |
| <p>4. 공기의 출입은 어떻게 이루어질까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> · 숨을 쉴 때 공기의 출입이 이루어지기 위해 우리 몸의 부분들은 어떻게 움직일까요? · 식물은 어떤 부분을 통해 공기의 출입이 이루어질까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 식물과 동물은 공기가 출입할 수 있는 구조를 가지고 있다. | <ul style="list-style-type: none"> · 잎의 구조와 기능 · 호흡기관의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 구성요소 · 관련성 · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 잎의 증산작용 관찰 · 폐 모형 제작과 관찰을 통한 호흡 운동의 원리 추론 | <ul style="list-style-type: none"> · 관찰 · 추리 · 변인통제 · 자료해석 · 결론도출 | <ul style="list-style-type: none"> · 생명 유지에 필요한 기체의 출입을 위한 구조를 기능적으로 파악하려는 태도를 가진다. |
| <p>5. 영양분은 어떻게 얻을까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> · 식물은 필요한 영양분을 어떻게 얻을까요? · 사람은 필요한 영양분을 어떻게 얻을까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 식물의 잎은 햇빛을 잘 받을 수 있는 구조로 되어 있으며 햇빛을 이용하여 스스로 영양분을 만들고 산소를 내보낸다. · 사람은 음식물을 먹고 소화과정을 거쳐 영양분을 흡수한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 잎의 구조와 기능 · 소화기관의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 구성요소 · 관련성 · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 잎의 배열 제작 및 관찰을 통한 잎의 기능 추론 · 잎의 광합성 산물 관찰 | <ul style="list-style-type: none"> · 관찰 · 추리 · 자료해석 · 결론도출 | <ul style="list-style-type: none"> · 생명 유지에 필요한 영양분을 얻기 위한 구조를 기능적으로 파악하려는 태도를 가진다. |
| <p>6. 어떻게 잘 흡수할 수 있을까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> · 수분이 물처럼 쉽게 생긴 구조를 가지고 있는 이유는 무엇일까요? · 식물과 동물에도 이러한 구조를 가진 부분이 있을까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 식물과 동물은 표면적을 늘린 구조를 통해 물이나 영양분을 더 잘 흡수한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 뿌리의 구조와 기능 · 소화기관의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 구성요소 · 관련성 · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 뿌리의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 추리 | <ul style="list-style-type: none"> · 자연에서 볼 수 있는 여러 가지 구조에 흥미와 호기심을 가지고 기능과 관련지어 해석하려는 태도를 가진다. |
| <p>7. 식물이 사러지면 어떤 일이 생길까요?</p> <ul style="list-style-type: none"> · 숲이 점점 사라져 간다면 앞으로 지구는 어떻게 될까요? | <ul style="list-style-type: none"> · 식물은 뿌리, 줄기, 잎으로 이루어져 있고 각 부분은 식물체가 지구에서 생존하기 위한 기능을 담당한다. | <ul style="list-style-type: none"> · 식물의 구조 · 뿌리의 구조와 기능 · 잎의 구조와 기능 · 줄기의 구조와 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 구성요소 · 관련성 · 기능 | <ul style="list-style-type: none"> · 식물의 기능에 미치지 못하는 영향과 중요성에 대한 이해를 바탕으로 문제 해결과 의사 결정에 적극적으로 참여하는 태도를 가진다. | | |

므로 Big idea의 장점을 과학교육에 빠르게 확산시키기 위한 전략적 노력이 필요하다. 예를 들어 통합이 강조되는 10학년 과학에서 Big idea를 적용하기 쉬운 내용을 중심으로 교육과정에 도입하는 것을 고려할 수 있다. 또한 과학 고등학교나 과학 중점학교 등에서 사용되는 통합 과학교육을 위한 과학 교재 개발에 이론적 근거로 사용될 수 있는 방안을 시작으로 점차 Big idea를 도입하는 교육과정이나 교재 개발의 범위를 확대하는 것도 고려할 수 있다. 이와 더불어 Big idea를 활용한 과학 수업이 이루어지는 3학년에서 12학년 중 어떤 시기에 도입하는 것이 보다 효과적일 수 있는지를 연구할 필요가 있다.

다섯째, Big idea는 여러 학문에서 다루는 현상과 개념을 아우르는 개념이나 원리이므로 Big idea를 이용한 과학 수업은 과학의 각 과목에서 분리하여 과학 개념을 배우는 것보다 통합적이고 심층적인 이해를 도울 수 있을 것이다. Big idea를 이용한 수업이 과학 개념의 심층적 통합적 이해에 어떤 영향을 미치는지, 오개념을 과학 개념으로 대체하는데 어떤 영향을 미치는지에 대한 심층적인 연구가 이루어질 필요가 있다.

여섯째, 본 연구에서는 과학 내의 내용 요소들을 포괄하는 Big idea를 구성하였다. 하지만 Big idea는 개별적인 사실, 개념, 원리들을 포괄할 수 있다는 특성이 있으므로 과학 이외의 다른 교과목을 통합할 때에도 이 연구에서 제시한 Big idea를 활용할 수 있다. 특히 창의융합 인재 양성을 목표로 하는 STEAM 교육에서 이 연구의 결과가 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

국문 요약

본 연구의 목적은 여러 학문에서 다루는 개념과 다양한 현상을 포괄하여 설명할 수 있는 원리가 되는 Big idea를 중심으로 교육과정에 기반을 둔 통합과학 교육과정(standard based integrated science curriculum) 틀을 설계하는 것이다. Big idea에 대한 학습을 통하여 학생들은 개별적인 사실 및 이론을 통합할 수 있을 뿐 아니라 영역 특정한 지식들에 대한 총체적인 이해를 도모할 수 있다. 이를 위하여 2009 개정 과학과 교육과정에 제시된 초·중등학교 과학의 내용 영역을 분석하여 필수학습요소를 추출하였

다. 필수학습요소들을 분석하고 범주화하는 과정을 거쳐 통합의 중심이 되는 네 개의 Big idea인 '다양성', '구조', '상호작용', '변화'를 선정하였다. 지식 피라미드를 이용하여 각각의 Big idea에 속하는 내용 지식과 이들을 포괄할 수 있는 학문 내 개념, 간학문적 개념들을 위계적으로 나타내었다. 또한 Big idea를 중심으로 교육과정을 설계할 때 방향을 제시할 수 있는 본질적 질문들을 각각의 Big idea마다 제시하였다. 개발한 통합과학 교육과정 틀을 이용하여 교육 현장에 적용할 수 있는 방법을 구체화한 예시 모듈을 개발하였다.

주제어: 빅아이디어, 통합형 과학 교육과정, 통합 과학교육, 교육과정 틀 설계

참고 문헌

- 강호감, 김은진, 노석구, 박현주, 손정우, 이희순 (2007). 통합과학교육. 파주: 한국학술정보.
- 곽병선 (1983). 교육과정. 서울: 주영 문화사.
- 교육과학기술부 (2011). 2009 개정교육과정에 따른 과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호.
- 교육인적자원부 (2007). 과학과 교육과정-교육인적자원부 고시 제2007-79호(별책 9). 서울: 대한교과서 주식회사
- 권난주, 안재홍 (2012). 융합 및 통합과학교육 관련 국내 연구 동향 분석. 한국과학교육학회지, 32(2), 265-278.
- 김남희, 한화정, 홍보라, 심규철 (2012). 고등학교 '과학' 과목의 생명과학 관련 학습 내용에 관한 과학 융합 요소와 STEAM 요소 분석 및 '과학' 과목의 '생명과학 I', '생명과학 II'와의 연계성. 생물교육, 40(1), 121-131.
- 손연아 (2009). 과학과 통합교육과정의 이해와 운영의 실제. 한국통합교육과정학회 학술발표논문집, 4, 43-77.
- 손연아, 이학동 (1999). 통합과학교육의 방향 설정을 위한 이론적 고찰. 한국과학교육학회지, 19(1), 41-61.
- 윤종하 (1997). 통합적 접근에 의한 공통과학 에너지 단원의 교수자료 개발. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 윤희정, 윤원정, 우애자 (2011). 2009 개정 교육과정과 융합형 과학 교과서에 대한 고등학교 과학교사들의 인식. 교과교육학연구, 15(3), 757-776.
- 이경민, 최일선 (2009). 통합교육과정의 효과적 운영.

서울: 학지사.

이정모 (2005). 미래 융합과학기술의 틀과 인지과학. 과학사상, 1, 22-42.

조희형, 박승재 (1994). 과학론과 과학교육. 서울: 교육과학사.

최미화, 최병순 (1999). 통합주제를 중심으로 한 중학교 수준의 통합과학 내용 구성 방안. 한국과학교육학회지, 19(2), 204-216.

Bruner, J. S. (2010). 교육의 과정(이홍우 역.). 서울: 배영사(원저 1960 출판)

Cervetti, G. N., Barber, J., Dorph, R., Pearson, P. D., & Goldschmidt, P. G. (2012). The impact of an integrated approach to science and literacy in elementary school classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(5), 631-658.

Cothron, J. H. (2009). Integrating nanoscience into virginia's standards of learning for science. A draft document developed by the mathscience innovation center for use in advocating revisions to the science standards. Available at: <http://www.seas.virginia.edu/admin/diversity/k12/files/Integrating-Nano-VA-SOLS2009.pdf>

Donna, M. W., & James, W. S. (2003). 통합교육과정의 이론과 실제(강현석, 박영무, 조영남, 허영식, 이종원 역.). 서울: 양서원(원저 1997 출판)

Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). Meeting Standards through integrated curriculum. Alexandria, VA: ASCD.

Drake, S. M. (2007). Creating standards-based integrated curriculum: Aligning curriculum, content, assessment and instruction. Corwin Press, Inc.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8(Eds.). Washington, DC.: National Academies Press.

Erickson, H. L. (2002). Concept-based curriculum and instruction. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Fogarty, R. (1991). Ten ways to integrated curriculum. *Educational Leadership*, 49(2), 61-65.

Gehrke, N. J. (1998). A look at curriculum integration from the bridge. *Curriculum Journal*, 9(2), 247-260.

McTighe, J. & Wiggins, G.(2008). 거꾸로 생각하는 교육과정 개발-교사 연수를 위한 워크북(강현석, 이원희, 박영무, 최호성, 박창언 역.). 서울: 학지사(원저 2004 출판)

Morrow, L. M., Pressley, M., Smith, J. K., & Smith, M. (1997). The effect of literature-based program integrated into literacy and science instruction with children from diverse backgrounds. *Reading Research Quarterly*, 32(1), 54-76.

National Research Council (2010). A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academy Press.

Nordine, J., Krajcik, J., & Forture, D. (2011). Transforming energy instruction in middle school to support integrated understanding and future learning. *Science Education*, 95(4), 670-699.

Plummer, J. D., & Krajcik, J. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 768-787.

Reeves, D. (2002). Making standards work. CA: Center for performance assessment.

Rennie, L. J., Venville, G., & Wallace, J. (2011). Learning science in an integrated classroom: Finding balance through theoretical triangulation. *Journal of Curriculum Studies*, 43(2), 139-162.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.

Sanders, M., Kwon, H., Park, K., & Lee, H. (2011). Integrative STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education: contemporary trends and issues. *SERI Journal*, 59(3), 729-762.

Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic molecular theory. *Focus Article. Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 14, 1-98.

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). Understanding by design(Expanded 2nd Ed.). Alexandria, VA: ASCD.