

Content's Connectivity between High School Science Textbooks and Middle School Science Textbooks

Hyo-Kwan Dong, Yeong-hee Heo¹, Yong-Jin Kim^{2*}

Korea Institute for Curriculum and Evaluation, ¹Changwon Daeam High School, ²Gyeongsang
National University

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to examine the connectivity of related contents with middle school science textbooks as one of the objective causes of the difficulty in high school science textbooks (convergence science). The results were as follow : There are gaps of the levels of related contents in 46 (50.6%) of 96 content elements in the curriculum of high school science. Also, the gaps of the levels of related contents have been more increased since 88 novel concepts except the content elements presented in the science curriculum have shown in high school convergence science textbooks. It can be concluded that these factors are the underlying cause that makes the difficulty of teaching and learning. These findings suggest that it is necessary to consider the connection with middle school science text books when the high school convergence science textbooks are developed based on the 2015 revised national science curriculum having the same content system with the old one.

Key words : high school science textbook, middle school science textbook, content's connectivity, science curriculum

Introduction

교육 수요자의 요구와 필요, 교육 여건의 변화에 따라 우리나라 교육과정은 1945년 이후 아홉 차례의 개정이 이루어져 왔다. 제 7차 교육과정 이후에는 급변하는 현대 사회에 대응할 수 있도록 교육과정을 수시로 개정하는 체제로 변화하였다. 과학 교과에서는 제 7차 교육과정이 가진 연계성 부족, 내용의 중복, 내용 수준이나 학습량의 적절성 등에 대한 문제점을 개선하기 위해, 제 7차 교육과정의 기본

철학을 수용하면서 과학적 소양의 함양과 창의성 교육을 강조하는 2007 개정 교육과정이 만들어졌다 (MEST, 2007). 그러나 2007 개정 교육과정도 현실적 어려움을 극복하지 못하고, 과도한 과목 분할에 의한 학력 저하, 이공계 기피의 심화, 교수학습의 부담증가 등의 문제를 야기시켰다는 비판을 받았다 (Sim, Shin & Lee, 2010; KAST, 2008). 이에 새로운 교육에 대한 강력한 사회적 요구를 수용하기 위해 곧바로 2009 개정 교육과정이 나오게 되었다 (MEST, 2009b). 최근에는 과학의 개념을 이해하고

* Corresponding Author : Yong-Jin Kim, yjgim@gnu.ac.kr

Received Sep 12, 2017; Accepted Sep 27, 2017; Published Sep 29, 2017

© 2017. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는 과학적 소양과 핵심역량의 함양을 강조한 2015 개정 교육과정이 발표되었고, 2018년부터 학교 현장에 적용될 예정이다(Ministry of Education, 2015).

이전의 과학과 교육과정과 달리 2009 개정 과학 교육과정에서는 선택 과목으로 융합적 성격을 가지는 고등학교 ‘과학’이 신설되었고, 2011년부터 현재까지 고등학교 1학년에 주로 적용되고 있다. 이 교과는 학교 현장에서는 보통 ‘융합형 과학’으로 명하고 있어(Ha et al., 2012), 본 연구에서는 이를 고등학교 융합형 과학(이하 융합형 과학)으로 사용하고 자 한다. 융합형 과학은 물리, 화학, 생명 과학, 지구 과학의 분과적 구성을 벗어나 ‘우주와 생명’, ‘과학과 문명’이라는 대 주제 안에서 개념이 융합되도록 하는 것을 추구하였다. 또한 불합리한 문과와 이과의 구분을 넘어서 모든 학생들에게 현대 과학의 의미, 가치, 역할을 이해시키는 동시에 미래 과학기술 사회가 요구하는 높은 수준의 창의성과 인성을 고루 갖춘 합리적 인재를 양성하는 것을 목표로 한다(MEST, 2009c). 융합형 과학의 구성 내용은 크게 두 부분으로 구분된다. 제 1부에서는 우주의 탄생에서부터 태양계의 형성 및 생명체의 출현에 이르는 과정에 관한 주요 과학 개념과 과학의 본성을, 제 2부에서는 현대 사회에 대한 과학의 기여를 이해하고, 정보통신과 신소재, 인류의 건강과 과학기술, 에너지와 환경 등에 관련된 기초적인 과학 개념을 다루고 있다(MEST, 2009b).

융합형 과학의 성격과 구성 내용으로 볼 때 융합형 과학은 미래 사회에 대비한 인재 양성을 위한 노력이라고 할 수 있다. 4차 산업혁명을 키워드로 묘사되는 미래 사회는 유비쿼터스, 인공지능, 빅 데이터, 로봇공학, 클라우드, 3D 프린팅 등의 기술들이 서로 연결되어 현재 사회와는 상당히 다른 모습을 하고 있을 것이며 현실의 문제를 개별 지식만으로 해결하기 어려운 것으로 전망된다. 이러한 미래 사회의 변화에 선도적으로 대응하기 위해 교육을 통한 융합적 인재 양성의 필요성이 제기되고 있다. 이러한 측면에서 과학과 교육과정에 융합과학이 신설된 것은 학습자로 하여금 미래 사회에 필요한 구성원이 되게 하기 위해 과학 교육을 통해 갖추 수 있는 지식과 경험을 학생

의 필요와 실생활에 비추어 전체적으로 재구성하려는 시도라고 할 수 있다.

지금까지의 선행연구들에 따르면 고등학교 융합형 과학은 긍정적인 측면도 있지만(KIM et al., 2012; KOFAC, 2012), 학습 내용의 높은 수준과 교수학습 지도의 어려움, 평가의 어려움 등 다양한 문제점이 있는 것으로 보고되어 왔다. Cho(2012)의 연구에 따르면 융합형 과학의 운영 목적 및 취지를 많은 교사들이 잘 알고 있으나 융합형 과학에 대한 교사와 학생의 만족도가 높지 않은 것으로 평가되었다. Lee(2012)의 연구에서도 상당수의 과학교사들이 융합형 과학에 새로운 개념이 많이 포함되고 지식의 양과 깊이가 심화되어 있다고 인식하고 있음을 제시하였다. Yoon, Yoon & Woo(2011)의 연구에서도 융합형 과학 교과서에 심화된 내용이 많고 방대하여 학생들이 많은 내용을 이해하기 어려움을 지적하고 있으며 다른 심화 과목과의 연계성에 대한 문제도 제기하였다. 학생들의 입장에서 융합형 과학의 내용이 흥미롭지만 10학년 수준 이상의 과학 전문 용어가 수록되어 있어 이해가 어렵다는 인식조사들도 보고 되었다(Song et al., 2012; Eom, 2012; Lee, 2012; Ha & Lee, 2012). 따라서 고등학교 융합형 과학이 전공 영역간 균형을 이루고 과학에 대한 흥미 유발, 어려운 과학 개념을 적절한 수준에서 소개 한다는 취지를 벗어나 학교 현장에서의 교수학습에 어려움을 주고 있음을 알 수 있다. 이처럼 융합형 과학에 대해 어렵다고 인식하는 근본적인 이유는 여러 가지가 있겠지만 학교 현장에서 교수학습 활동을 위해 일차적으로 접하게 되는 것이 교과서이므로 융합형 과학 교과서의 내용에서 원인을 찾아 개선 방안을 모색할 필요가 있다.

성공적인 학습을 위해서는 문서 상의 교육과정을 바람직하게 설정하는 것도 중요하지만, 이에 따라 개발되어 학교 현장에서 사용되는 교과서의 내용은 학습자의 인지적 발달 수준에 따라 적절한 연계성을 가지면서 조직·배열되는 것이 필요하다(Kwon, 2006; Song et al., 1991). 교육과정이나 교과서의 내용 구성에서 연계성은 효과적인 학습을 위해 필요한 구성 원리로 여러 학자들에 의해 강조되어 왔다. Tayler(1949)는 학습 내용을 반복적으로 다루면서 그 범위를 넓히고 깊게 하는 것의 중요성을 강조하

였고, Taba(1962)는 학습 내용의 점진적인 심화와 확대를 가능하게 하는 누적학습이 필요함을 주장하여 교육과정 내용 조직에 있어서 계속성과 계열성이 필요함을 강조하였다. Gagné (1970)는 학습의 주요 조건의 하나로 수직적 전이를 제시하고 하위 학습 내용을 학습하여 얻은 능력이 상위 학습 내용의 학습에 중요함을 강조하였다. 그러나 융합형 과학의 어려움에 대한 근본적 원인을 찾기 위해서 실질적인 과학 교과서 내용의 분석을 통해 이전 학습 단계인 중학교 과학 교과서와 고등학교 융합형 과학 교과서의 내용이 적절하게 연계되어 있는지 체계적으로 연구한 보고는 드물다(Won, 2015).

한편, 최근에 발표된 2015 개정 교육과정에서는 고등학교 ‘과학’에 해당하는 것으로 문·이과 공통 과목으로 고교 1학년에서 학습하도록 ‘통합형 과학’을 제시하였고, 현행 고등학교의 융합형 과학에 해당하는 고등학교 ‘과학’은 다른 선택과목인 ‘융합과학’으로 과목명을 변경하였다(Ministry of Education, 2015). 새로운 고등학교 ‘융합과학’을 2009 개정 교육과정에서의 고등학교 ‘과학’(융합형 과학)과 비교해 볼 때, 내용 체계가 동일하며 교육과정 문서 상의 내용요소에서도 변화가 거의 없다. 성취기준에서도 2015 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정 사이에 큰 차이가 없으며, 성취기준의 행위동사 부분에 기능의 수행을 포함하는 것으로 변화했을 뿐이다. 따라서 2009 개정 교육과정에 따라 출판된 현행 중학교 과학 및 고등학교 ‘과학’(융합형 과학) 교과서 사이의 내용 연계성을 분석하는 것은

<Table 1> The textbooks for analyses

Textbook's name	Authors	Published Cooperation	Year
중학교 과학 1	이문원 외 12인	(주) 금성출판사	2012
중학교 과학 2	이진승 외 13인	두산동아	
중학교 과학 3	임태훈 외 10인	비상교육	
고등학교 과학 (융합형 과학)	김희준 외 8인	(주) 상상아카데미	2011
	곽영직 외 7인	더 텍스트	
	안태인 외 11인	(주) 금성출판사	
	오필석 외 8인	천재교육	
	조현수 외 9인	천재교육	

전동렬 외 13인

정완호 외 11인

2018년도부터 학교 현장에 적용하기 위하여 발행을 앞두고 있는 ‘중학교 과학’ 및 선택교과인 ‘고등학교 융합과학’ 교과서의 개발을 위한 내용 수준과 개선 방향에 시사점을 줄 수 있을 것이다.

본 연구의 구체적 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 2009개정 교육과정에 따라 고등학교 ‘과학’ 교육과정의 내용요소들이 구현된 융합형 과학 교과서는 중학교 과학 교과서와 어떠한 연계성을 보이는가?

둘째, 2009개정 교육과정에 따라 출판된 고등학교 과학(융합형 과학) 교과서에는 교육과정에서 제시한 내용요소 이외의 개념들이 어느 정도 분포하는가?

Methodology

Textbooks for Analyses

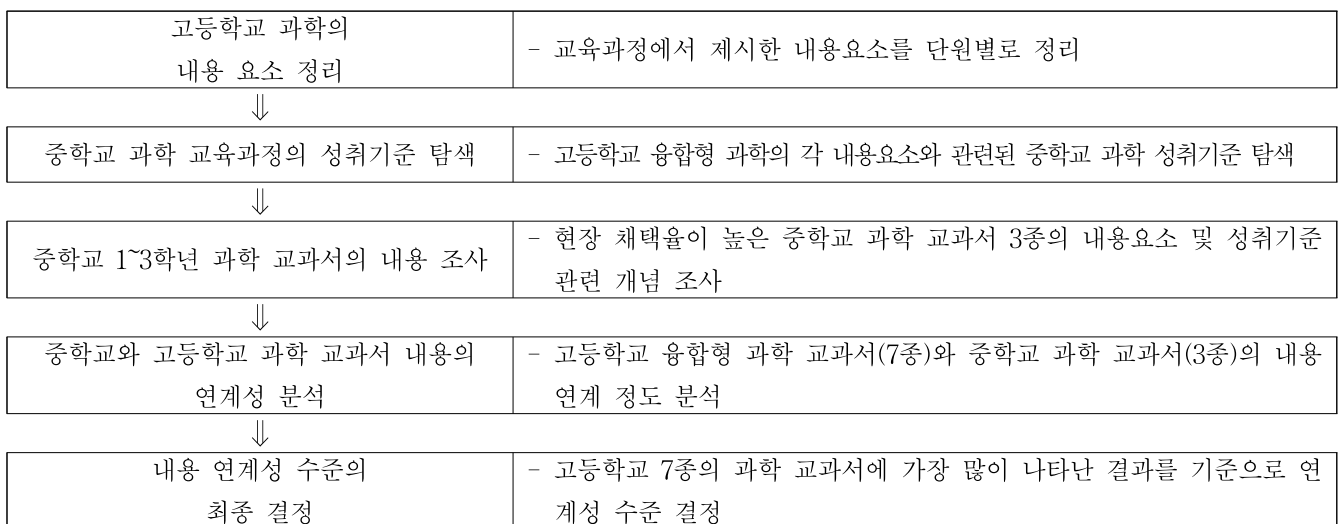
중학교 과학 교과서는 학교 현장에서 활용도가 높은 교과서 3종을 선택하였고, 고등학교 융합형 ‘과학’ 교과서는 출판된 7종 교과서 전체를 분석 대상으로 하였다. 분석 대상의 중학교 과학 교과서 및 고등학교 과학 교과서는 모두 2009 개정 교육과정에 따라 출판된 것으로 <Table 1>과 같다.

Procedure of Connctivity Analyses in Content Elements

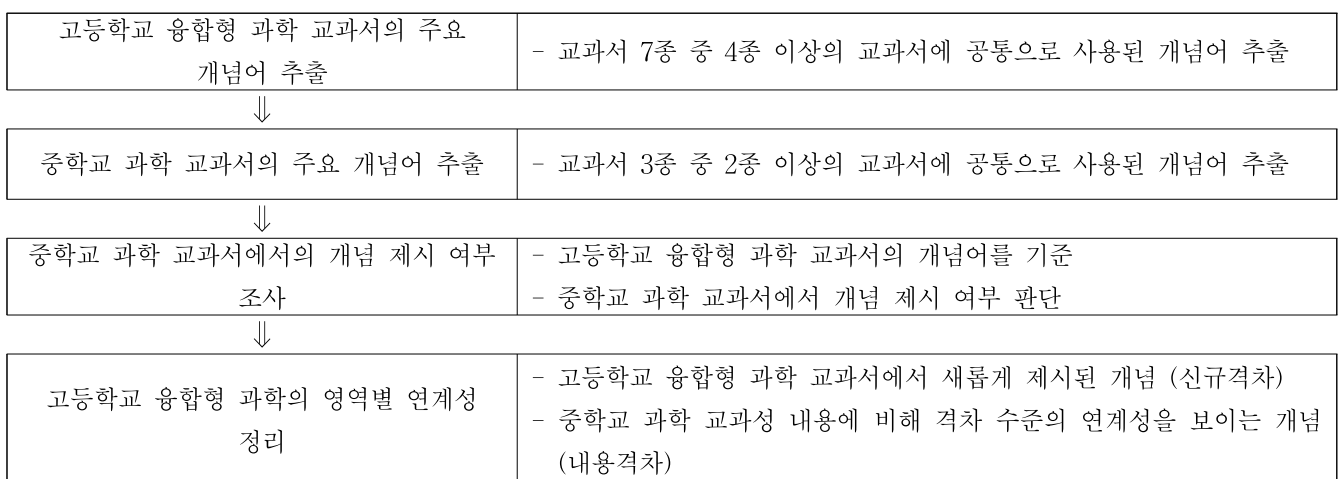
교육과정에는 내용요소로 중요한 개념들이 제시되어 있으며 이와 관련된 성취기준을 제시하여 학습 할 내용과 목표를 안내하고 있다. 따라서 교육과정의 내용 요소가 교과서 내용에서는 어떻게 연계되어있는지 분석하였으며, 그 절차는 [Figure 1]과 같다.

Procedure of Content Connectivity Analyses except Content Elements

고등학교 융합형 과학 교과서에는 교육과정에 제시된 내용요소 이외에 추가로 제시된 개념들이 많이 존재한다. 따라서 중학교 과학 교과서에 연계되지 않고 고등학교 융합형 과학 교과서에서 새로이 제시되는 개념들을 조사하였으며 그 절차는 [Figure 2]와 같다.



[Figure 1] Procedure of connectivity analyses in content elements



[Figure 2] Procedure of content connectivity analyses except content elements

Criteria for Connectivity Analysis

교육내용을 조직하기 위한 교육과정의 원리(Tyler, 1949; Taba, 1962)는 계속성(continuity), 계열성(sequence), 통합성(integration)에 기초하여 왔다. 이에 따라 Song et al.(1991)이 설정한 교과 내용의 연계 분석 모형을 수정하여 연계성 분석의 준거를 설정하였다. 고등학교 과학교과서의 내용을 기준으로 중학교 과학교과서가 어떻게 연계되고 있는지 분석하기 위한 준거는 <Table 2>와 같다.

‘발전’은 이전 단계의 학습내용이 다음 단계의 학습에 도움을 주어 학습자로 하여금 지식의 폭이 넓어지고 깊어질 수 있는 이상적인 연계가 이루어진 경우이다. ‘반복’은

앞서 학습한 내용과 비교하여 폭이 넓어지거나 깊어지지 않고 단순 반복되는 경우이다. ‘격차’는 학습위계상에서 일련의 하위요소 중의 일부가 누락되거나 혹은 충분한 설명이 되어 있지 않은 경우이다.

분석 연구의 명확성을 위해, 중학교 과학 교과서에 관련 내용이 있지만 연계가 안되는 경우는 ‘내용 격차(gap in content level)’의 명칭을 사용했고, 중학교 과학 교과서에서는 언급되지 않은 내용이 고등학교 융합형 과학교육과정의 내용요소로 새롭게 제시된 경우는 격차 중에서 ‘신규격차(gap by new content)’로 명칭을 정하여 분류하였다.

고등학교 ‘과학’ 교육과정의 내용요소에 따른 연계성 분석의 예시는 <Table 3>과 같다.

<Table 2> Criteria for connectivity Analysis

connectivity		level of contents
Progression		고등학교의 내용이 중학교 내용을 기초로 이해가 가능한 수준
Repetition		고등학교 내용이 중학교 내용과 유사한 수준
Gap	Gap in content level	고등학교 교육과정의 내용요소에 해당하는 고등학교 교과서의 내용이 중학교 교과서의 내용보다 수준이 너무 높은 개념이어서 이해가 어려운 수준
	Gap by new content	고등학교 교육과정의 내용요소 중에서 중학교 교과서에 관련 내용의 설명 없이 고등학교 교과서에 처음 소개되는 내용인어서 이해가 어려운 수준

<Table 3> Example of connectivity analysis in content elements of high school science curriculum

content element	content of middle school science textbook	content of high school science textbook	level of connectivity	basis of judgement
허블의 법칙	허블의 법칙의 정의만 제시함 (금성, 중학교 과학3. p.327)	허블의 법칙을 허블상수를 이용해 설명 (미래엔컬처클럽, p.18)	발전	중학교 내용은 단순히 허블의 법칙 정의만을 내려 설명하지만, 고등학교 내용은 허블상수를 이용하여 설명함
자전	인공위성 궤도의 서편 현상 등을 이용해 자전에 대한 개념을 설명함 (금성, 중학교 과학3. p.122)	인공위성 궤도의 서편 현상 등을 이용해 자전에 대한 개념을 설명 (천재(오), p.99)	반복	중학교에서 제시된 내용과 거의 동일한 수준으로 고등학교 내용을 설명함
탄소 순환	지구계에서는 태양에너지에 의해 물질이 순환한다고 단순히 설명함 (두산, 중학교 과학1. p.37)	이산화탄소가 광합성에 의해 유기물로 저장되고, 먹이 사슬을 통해 다른 생물로 전달된다고 설명 (금성, pp.358~359)	내용격차	고등학교에서는 광합성, 먹이사슬, 분해자에 의한 탄소순환을 설명하는데, 중학교 수준으로는 이해하기 어려움

Procedure of Analysis on the Connectivity and Textbook

중학교 과학과 고등학교 융합형 과학 교과서 내용의 연계성 수준은 교과서의 내용을 학습하거나 지도한 경험이 있는 사람들이 평가하는 것이 가장 타당하다. 따라서 고등학교 시절에 융합형 과학을 이수한 경험이 있는 대학생 21명(1, 2학년)이 다음과 같은 과정으로 먼저 연계성을 분석하였다(1차 분석).

① 학생 3명씩 7개의 모둠을 형성하여 각 모둠별로 고등학교 과학 교과서 7종 중의 하나씩을 분담하여 내용을 정독하고, 중학교 과학 교과서 3종의 내용을 모두 정독하며 살펴보았다.

② 모둠 내에서 각자 고등학교 ‘과학’ 교육과정의 내용요소에 해당하는 교과서 내용에 대해 중학교 과학 교과서와의 연계성 정도를 판정하고 정리하였다.

③ 고등학교 ‘과학’ 교육과정에 제시된 내용요소 이외에 고등학교 ‘과학’ 교과서에서 추가된 새로운 개념들을 조사한 후 중학교 과학 교과서에 관련 내용이 없는 것들을 정리하였다.

④ 모둠 내에서 각자의 판정 및 정리 결과를 서로 비교하고, 차이가 있는 경우는 토론을 통해 합의

를 도출하였다.

1차 분석 결과를 바탕으로 고등학교 융합형 과학을 지도한 경험이 있는 과학 전공 교사 7인과 연구자들이 다음과 같은 검토 과정을 거쳐 분석 결과의 신뢰도를 높였다.

① 고등학교 융합형 과학을 지도한 경험이 있는 과학 전공 교사 7인이 고등학교 과학 교과서 7종 중의 하나씩을 분담하여 해당 모둠의 학생들이 분석한 결과를 검토하였다.

② 위에서 검토한 과학 교사들과 연구자들이 최종적인 내용 연계성 수준과 추가 개념들을 정리하였다. 이 과정에서 분석 의견이 일치하지 않을 경우 토론을 거쳐 모두가 합의한 결과를 도출하였다.

Results and Discussions

Connectivity Analyses in Content Elements

2009 개정 교육과정의 고등학교 ‘과학’ 내용체계에 제시된 내용요소를 기준으로, 고등학교 과학 교과서의 내용과 중학교 과학 교과서 내용의 연계성을 분석한 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Content connectivity between middle school and high school science textbooks

Part	Domain	Connectivity in content elements					
		Repetition (%)	Advance (%)	Gap(%)			Total(%)
				Gap of content	Gap by new content	Sum of gap	
Part 1	I. Origin and evolution of universe	1(6.3)	6(37.5)	3(18.8)	6(37.5)	9(56.3)	16(100)
	II. Solar system and earth	2(11.8)	9(52.9)	0	6(35.3)	6(35.3)	17(100)
	III. Evolution of life	1(5.3)	8(42.1)	3(15.8)	7(36.8)	10(52.6)	19(100)
	Sum(%)	4(7.7)	23(44.2)	6(11.6)	19(36.5)	25(48.1)	52(100)
Part 2	IV. Info-communication and new material	0	4(30.8)	0	9(69.2)	9(69.2)	13(100)
	V. Human health and science technology	0	4(28.6)	1(7.1)	9(64.3)	10(71.4)	14(100)
	VI. Energy and environment	0	10(83.3)	0	2(16.7)	2(16.7)	12(100)
	Sum(%)	0	18(46.1)	1(2.6)	20(51.3)	21(53.9)	39(100)
Total(%)		4(4.4)	41(45.0)	7(7.7)	39(42.9)	46(50.6)	91(100)

고등학교 ‘과학’의 교육과정에서 제시한 내용요소는 총 91개이다. 이 중에서 반복 연계가 4개(4.4%), 발전 연계가 41개(45.0%), 격차 연계가 46개(50.6%)를 차지하였다. 격차 연계 중에서는 중학교 과학 교과서에서 다루지 않은 내용인 고등학교 ‘과학’ 교육과정에서 새롭게 제시된 내용요소에 해당하는 ‘신규격차’가 39개로 나타나서 전체의 42.9%나 되었다. 이는 고등학교 ‘과학’의 교육과정 자체에서 학생들에게 생소한 내용의 학습을 많이 요구하고 있음을 의미한다. 따라서 고등학교 ‘과학’을 학습하기 이전 단계인 중학교 과학교육과정과의 연계성을 고려하지 않은 점은 학교 현장에서 교사나 학생들이 융합형 과학을 어렵게 인식하고 있는 것(Song et al., 2012; Yoon, Yoon & Woo, 2011; Lee, 2012; Ha & Lee, 2012; Ha et al., 2012)에 대한 중요한 원인이 될 수 있다.

고등학교 융합형 과학은 제1부와 제2부로 구성되어 추구하는 내용의 방향이 다소 차이가 있다. 제1부 ‘우주와 생명’은 우주의 탄생에서부터 태양계의 형성 및 생명체의 출현에 이르는 과정에 관한 주요 과학 개념의 이해와 탐색을 다루고 있다(MEST, 2009a). 제1부에 해당하는 내용요소는 52개이다. 제1부 내에서 4개(7.7%)가 중복 연계, 23개(44.2%)가 발전 연계를 이루었고, 25개(47.1%)의 내용요소는 격차 연계로 나타났다. 격차 연계 중에서는 교과서 내용에서의 격차를 보인 것에 해당하는 ‘내용격차’는 6개이고, 나머지 19개는 중학교 과학 교과서에 관련 내용이 없이 고등학교 과학에서 새롭게 내용

요소를 제시한 ‘신규격차’에 해당하였다.

제2부 ‘과학과 문명’은 첨단 과학 기술을 기반으로 하는 현대 사회에 대한 과학의 기여를 이해하고, 기초적인 과학 개념을 학습함으로써 올바른 의사소통과 판단능력을 갖추도록 하고 있다(MEST, 2009a). 제2부에 해당하는 내용요소는 39개이다. 제2부 내에서 중복 연계를 보이는 것은 없었으며, 18개(46.2%)가 발전 연계를 이루었고 21개(53.9%)의 내용요소는 격차 연계를 보였다. 격차 연계 중에서 내용격차는 1개 뿐이고 나머지 20개가 신규격차에 해당하였다. 이처럼 제1부에 비해 제2부에서 신규격차가 많이 나타나는 특징을 보인 것은 기존 교육과정과는 다르게 제2부에서 현대 사회 속의 첨단 과학 기술이 적용되는 것을 융합적으로 다루고자 한 고등학교 ‘과학’ 교육과정의 취지(MEST, 2009b)에 따라 새로운 내용요소가 많이 제시되었기 때문으로 해석된다.

각 대영역별로 교육과정에 제시된 내용요소를 기준으로 중학교 과학교과서와 고등학교 과학교과서 내용의 연계성을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

1. Domain of origin and evolution of universe

‘I. 우주의 기원과 진화’ 대영역의 내용요소에 대한 교과서 내용의 연계성을 분석한 결과는 <Table 5>와 같다. 이 영역은 16개의 내용요소 중에서 발

<Table 5> Content connectivity in content element between high school and middle school science textbooks in the domain of origin and evolution of universe

Domain	Unit	Connectivity in content elements					
		Repetition (%)	Advance (%)	Gap(%)			Total(%)
				Gap of content	Gap by new content	Sum of gap	
I. Origin and evolution of universe	(1) Origin of universe	0	2	1	1	2	4
	(2) big bang and basic particle	0	2	2	0	2	4
	(3) Formation of atom	0	1	0	1	1	2
	(4) Star and galaxy	1	1	0	4	4	6
	Total(%)	1(6.3)	6(37.5)	3(18.7)	6(37.5)	9(56.2)	16(100)

전적으로 연계된 것은 6개(37.5%)에 불과하였고, 격차를 보이는 것이 9개(56.2%)로 많이 나타나서 제1부 중에서 가장 격차 연계가 많은 대영역이다. 이는 교사와 학생들이 ‘I. 우주의 기원과 진화’를 가장 어려워하는 것으로 인식한다고 보고한 선행연구들(Song et al., 2012; Ha & Lee, 2012; Ha et al., 2012)의 결과에 대한 원인으로 해석할 수 있다.

중학교 교과서에서 관련 개념이 존재하여 이를 바탕으로 고등학교 과학에서 학습할 수 있는 발전 수준으로 내용을 제시한 내용요소들로는 ‘우주의 팽창, 전스펙트럼, 양성자, 중성자, 수소와 헬륨 원자, 반응속도’ 등이 있었다. 반면에 ‘허블법칙, 기본입자, 원자핵의 형성’ 등의 내용요소는 중학교 과학 교과서에 관련 내용이 제시되어 있지만 고등학교 과학 교과서에서는 매우 심화된 내용으로 기술되어 내용격차로 분류되었다. 소영역인 ‘원자의 형성’과 ‘별과 은하’에서는 내용격차로 분류된 것이 없었지만, 중학교 과학 교과서에 관련 내용이 제시되지 않은 ‘우주 배경 복사, 별의 탄생과 진화, 무거운 원소의 합성, 성간 화합물, 공유결합’ 등의 내용요소들이 신규격차에 해당한다. ‘별과 은하’의 소영역에서 ‘은하의 구조’에 대한 내용요소는 중학교 과학의 내용 수준으로 반복되어 고등학교 과학 교과서에 제시되어 있었다.

2. Domain of solar system and earth

‘II. 태양계와 지구’ 대영역의 내용요소에 대한 교

과서 내용의 연계성을 분석한 결과는 <Table 6>과 같다. ‘태양계와 지구’에 대한 내용은 중학교 과학교과과정에서 관련 내용이 제시되고 있고, 교과서 상에서도 17개의 내용요소 중 9개(52.9%)의 비교적 높은 발전 연계를 보였다.

발전 연계를 보이는 내용요소는 ‘지구형 행성, 목성형 행성, 뉴턴의 운동법칙, 행성의 운동, 지구와 달의 운동, 자전, 공전, 탈출속도, 지구의 원소 분포’ 등이다. ‘태양에너지’와 ‘지구계’는 중복 연계를 보였다. 소영역에서 중학교 과학 교과서와 내용상의 격차 연계를 보이는 것은 없었으나, 고등학교에서 내용요소로 처음 제시한 6개(35.3%)는 어려운 개념으로서 신규격차로 분류되었다. 이에 해당하는 내용요소로는 ‘태양계 형성 과정, 케플러의 법칙, 행성 대기의 차이, 분자구조와 성질, 지구의 진화, 지자기’ 등이 있다.

3. Domain of evolution of life

‘III. 생명의 진화’ 대영역의 내용요소를 기준으로 교과서 내용의 연계성을 분석한 결과는 <Table 7>과 같다. 이 영역은 19개의 내용요소 중에서 내용격차(3개)와 신규격차(7개)로 분류된 격차 연계가 10개(52.6%)로 나타났다.

소영역 ‘생명의 탄생’에서는 발전과 격차의 내용들이 고루 나타났는데, ‘탄소화합물, 생명의 기본 요소, 단백질’ 등의 내용요소는 중학교 과학에 기본적인

<Table 6> Content connectivity in content element between high school and middle school science textbooks in the domain of solar system and earth

Domain				Unit				Connectivity in content elements						
								Repetition (%)	Advance (%)	Gap(%)			Sum of gap	Total(%)
										Gap of content	Gap by new content			
II. solar system and earth	(1)	Formation of solar system	1	2	0	1	4	4						
	(2)	Dynamics of solar system	0	5	0	1	6	4						
	(3)	Atmosphere of planet	0	1	0	2	3	2						
	(4)	Earth	1	1	0	2	4	6						
		Total(%)	2(11.8)	9(52.9)	0	6(35.3)	6(35.3)	17(100)						

내용이 다루어져 있어 발전적으로 연계되었다. ‘화학 반응과 화학적 진화, DNA, 세포막의 구조’ 등은 내용상의 격차를 보였고, ‘원시지구’는 고등학교에서 처음 제시되었다. 소영역 ‘생명의 진화’에서 ‘생명의 다양성’은 중복으로 분류하였으나, 고등학교 ‘과학’ 교과서에서는 분류(생물의 다양성)에 관련된 내용이 매우 적게 다루어지고 있어 축소에 가깝다. 생물의 분류에 대한 것은 고등학교 생명과학II에서 심도있게 다루므로 생명과학II에서는 중학교 과학의 내용과 큰 격차를 보이는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2012).

소영역 ‘생명의 진화’에서는 ‘원시생명체의 탄생, 화석, 지질시대, 원핵세포, 진핵세포’ 등의 5개 내용요소가 신규격차에 해당되었다. 소영역 ‘생명의 연속

성’에서는 ‘유전암호’의 내용요소만 신규격차에 해당하고, ‘유전자와 염색체, 세포 분열, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달’ 등의 내용요소는 중학교 과학 교과서의 내용을 발전시켜 학습할 수 있도록 제시되어 있었다.

4. Domain of Info-communication and new material

‘IV. 정보통신과 신소재’ 대영역의 내용요소를 기준으로 교과서 내용의 연계성을 분석한 결과는 <Table 8>과 같다. 13개의 내용요소 중에서 발전 연계 4개(30.8%)를 제외한 나머지 9개의 내용요소가

<Table 7> Content connectivity in content element between high school and middle school science textbooks in the domain of evolution of life

Domain	Unit	Connectivity in content elements					
		Repetition (%)	Advance (%)	Gap(%)			Total(%)
				Gap of content	Gap by new content	Sum of gap	
III. Evolution of life	(1) Birth of life	0	3	3	1	7	7
	(2) Evolution of life	1	1	0	5	7	7
	(3) Continuity of life	0	4	0	1	5	5
	Total(%)	1(5.3)	8(42.1)	3(15.8)	7(36.8)	10(52.6)	19(100)

<Table 8> Content connectivity in content element between high school and middle school science textbooks in the domain of info-communication and new material

Domain	Unit	Connectivity in content elements					
		Repetition (%)	Advance (%)	Gap(%)			Total(%)
				Gap of content	Gap by new content	Sum of gap	
IV. Info-communication and new material	(1) Generation and processing of information	0	0	0	3	3	3
	(2) Storage and application of information	0	1	0	2	2	3
	(3) Semiconductor and new material	0	0	0	3	3	3
	(4) Mineral resource	0	3	0	1	1	4
	Total(%)	0	4(30.8)	0	9(69.2)	9(69.2)	13(100)

모두 새로운 내용으로서 중학교 과학 교과서와는 연계가 되지 않는 신규격차(69.2%)를 보였다.

신규격차에 해당하는 내용요소들은 ‘정보의 발생, 센서, 디지털정보처리, 저장매체, 정보처리의 응용, 반도체 특성, 반도체 소자, 고분자 소재, 광물 탐사’ 등이다. 이러한 내용요소들은 중학교 과학 교과가 아닌 다른 교과의 학습과 연계될 수는 있지만 과학 교과에서는 기존과 다른 새로운 주제에 해당하므로 어렵게 인식되는 개념들이다. 다른 소영역과 다르게 ‘(4) 광물 자원’ 소영역은 중학교 과학에서도 다루고 있어 발전 연계가 많이 나타났는데, ‘광물의 유형, 생성과정, 활용’ 등의 내용요소가 이에 해당한다.

5. Domain of Human's health and science technology

‘V. 인류의 건강과 과학 기술’ 대영역의 내용요소를 기준으로 교과서 내용의 연계성을 분석한 결과는 <Table 9>와 같다.

이 영역은 첨단 과학 기술이 인간에 미치는 영향을 직접적으로 이해시키는데 적합한 영역이다. 그러나 14개의 내용요소 중에서 ‘생태계와 생물 다양성, 영양, 물질대사, 치료’ 등의 4개(28.6%) 내용요소만이 발전적으로 연계되었고, 나머지 10개(71.4%)의 내용요소는 모두 격차 연계를 보였다. 격차 연계 중에서 ‘질병과 면역’을 제외한 ‘육종, 비료, 식품안전, 물의 소독, 세제, 천연 및 합성 의약품, 건강검진, 첨단영상 진단, 암의 발생과 진단’ 등의 9개 내용요소는 처음 등장하는 신규격차에 해당하였다. 인간의 일상생활에서 접하는 현대 과학 기술을 다룬다는 측면에서 융합과학의 취지가 좋지만 사전 학습과 연계가 부족하여 내용을 이해하기 어려운 부분으로 볼 수 있다.

<Table 9> Content connectivity in content element between high school and middle school science textbooks in the domain of human's health and science technology

Domain		Unit	Connectivity in content elements					
			Repetition (%)	Advance (%)	Gap(%)			Total(%)
					Gap of content	Gap by new content	Sum of gap	
V. Human's health and science technology	(1) Energy and civilization	0	3	0	1	1	4	
	(2) Carbon cycling and climate change	0	4	0	0	0	4	
	(3) Problem and future of energy	0	3	0	1	1	4	
	Total(%)	0	10(83.3)	0	2(16.7)	2(16.7)	12(100)	

<Table 10> Content connectivity in content element between high school and middle school science textbooks in the domain of energy and environment

Domain	Unit	Connectivity in content elements					Total(%)
		Repetition (%)	Advance (%)	Gap(%)			
				Gap of content	Gap by new content	Sum of gap	
VI. Energy and environment	(1) Energy and civilization	0	3	0	1	1	4
	(2) Carbon cycling and climate change	0	4	0	0	0	4
	(3) Problem and future of energy	0	3	0	1	1	4
	Total(%)	0	10(83.3)	0	2(16.7)	2(16.7)	12(100)

6. Domain of Energy and environment

‘VI. 에너지와 환경’ 대영역의 내용요소를 기준으로 교과서 내용의 연계성을 분석한 결과는 <Table 10>과 같다. 이 영역은 모든 소영역에서 고루 발전 연계가 많이 나타나는 특징을 보였다. 12개의 내용요소 중에서 발전적으로 연계된 것이 10개(83.3%)로서 대부분을 차지하였고, ‘에너지 효율, 핵에너지’ 등의 2개 내용요소는 신규격차로 나타났다. 따라서 다른 영역에 비해 ‘에너지와 환경’의 대영역을 학습하는데 어려움이 적을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 융합형 과학의 대영역별 난이도에 대한 인식 조사의 선행연구들(Song et al., 2012; Ha & Lee, 2012; Ha et al., 2012)에서도 다른 대영역에 비해 비교적 이해하기 적절한 영역으로 나타난 이유에 대해 근거가 될 수 있다.

Concepts presented at high school science textbooks except content elements.

과학 교과서의 난이도는 얼마나 많은 개념의 내용들이 제시되어 있는지의 영향을 받을 수 있다. 따라서 과학교육과정에서 요구하는 내용요소 이외에 고등학교 과학교과서에 추가로 제시된 개념 중에서 중학교 과학 교과서의 내용과 격차를 보이거나 새롭게 제시된 개념들을 조사하였다. 조사 결과는 <표 11>과 같다.

대영역 ‘I. 우주의 기원과 진화’에서는 내용요소(16개)보다 많은 19개의 개념이 추가되었는데, 그 중에서 14개가 ‘별과 은하’의 소영역에 집중적으로 나타났다. 별과 은하에 관련된 내용은 선택과목인 지구과학 교과에서 다루는 내용이지만 고등학교 ‘과학’ 교과도 선택과목이므로 충분한 내용 설명을 위해서 내용요소 이외에 추가로 새로운 내용이 많이 제시될 수 밖에 없었던 것으로 보인다.

대영역 ‘II. 태양계와 지구’에서도 내용요소(17개)보다 많은 19개의 개념이 추가되었다. 소영역 ‘태양계의 역학’(15개)과 ‘지구’(7개)에 집중적으로 새로운 개념들이 등장했다. 이러한 개념들은 교육과정에 제시된 내용요소들을 충실하게 설명하기 위해 필요할 수 있지만 많은 개념 수 뿐만 아니라 내용의 수준에서도 학생들의 수준에 어려운 개념들이었다.

대영역 ‘III. 생명의 진화’에서는 19개의 내용요소가 있지만 교과서에 추가로 새롭게 제시된 개념은 없는 것으로 분석되

었다. 따라서 내용요소의 개념을 격차 수준으로 연계된 것을 잘 지도한다면 ‘생명의 진화’ 영역에 대한 학습에는 어려움을 감소시키기에 용이할 것으로 생각된다.

대영역 ‘IV. 정보통신과 신소재’은 교육과정에서 제시한 내용요소가 13개인데 이의 두 배 이상인 29개의 새로운 개념들이 추가되었다. 특히 ‘광물자원’ 소영역을 제외한 나머지 3개의 소영역들에서 모두 8개 이상씩의 추가 개념들이 제시되었다. 이처럼 많은 개념들이 추가되어 학습량이 많아졌으며, 공학적인 내용의 개념들이므로 과학 교사나 학생들이 어려움을 많이 느끼게 된 원인이 될 수 있을 것이다.

대영역 ‘V. 인류의 건강과 과학 기술’에서는 다른 대영역에 비하여 추가된 개념의 수가 적다(11개). 그러나 다른 선택 과목인 고등학교 생명과학 I, II의 수준에서 학습하게 되는 개념들을 주로 포함하고 있어 어려움을 증대시킬 것으로 보인다(Kim et al., 2012).

대영역 ‘VI. 에너지와 환경’은 추가된 개념의 수가 적고(10개), 내용요소에 따른 연계성에서도 발전적인 수준으로 제시된 것이 많은 것으로 분석되었다(표 10). 이러한 점이 선행연구들에서 다른 대영역보다 비교적 용이한 영역으로 나타난 결과의 근본 이유가 될 수 있을 것이다.

제1부에 해당하는 대영역 ‘I, II, III’에서는 교육과정에 제시된 내용요소가 52개인데 추가된 새로운 개념들이 38개로 나타났다. 반면에 제2부에 해당하는 대영역 ‘IV, V, VI’에서는 교육과정에 제시된 내용요소가 39개인데 추가된 새로운 개념들이 50개로 나타났다. 전체적으로 볼 때, 고등학교 ‘과학’의 교육과정에서 제시한 내용요소가 91개인데, 고등학교 과학 교과서에서는 내용요소 이외에 추가로 새롭게 제시된 개념들이 88개가 있었다. 이러한 개념들은 연계성 측면에서 격차에 해당하는 것이므로 내용요소 자체에서 격차 연계로 분석된 것과 함께 학습 내용의 이해를 어렵게 할 수 있으며, 요구되는 학습량도 증가시키게 될 것이다.

<표 11> new concepts in high school science textbooks except content elements in science curriculum

Domain	Unit	No. of content elements	New concepts in textbooks except content elements in science curriculum	
			New concepts	No.
I. Origin and evolution of universe	(1) Origin of universe	4	프라운호퍼선, 도플러효과	2
	(2) big bang and basic particle	4	쿼크, 양자화, 빅뱅	2
	(3) Formation of atom	2	-	0
	(4) Star and galaxy	6	원시별, 수소핵융합반응, 주계열성, 백색왜성, 초신성, 중성자별, 블랙홀, 우주거대구조, 행성상 성운, 우리은하, 타원은하, 나선은하, 불규칙은하, 은하단, 적색거성	15
	Sum	16		19
II. Solar system and earth	(1) Formation of solar system	4	태양에너지의 전환	1
	(2) Dynamics of solar system	6	천동설, 지동설, 역행, 순행, 근일점, 원일점, 코리올리 효과(전향력), 광행차, 달의 위상, 항성월, 삭망월, 개기·부분·금환 일식, 개기·부분 월식, 만유인력법칙	15
	(3) Atmosphere of planet	3	기체의 분자량	1
	(4) Earth	4	영구 자석설, 다이나모 이론, 맨앨런대, 텔러저 현상, 전리층, 원시지구, 주기율표	7
	Sum	17		19
III. Evolution of life		19	(추가된 새로운 개념이 없음)	0
Sum of Part I		52		38
IV. Info-communication and new material	(1) Generation and processing of information	3	탄성파, 전자기파, 아날로그신호, 디지털신호, 가속도센서, 온도센서, 압력센서, 광센서	8
	(2) Storage and application of information	3	강자성체, 앙페르법칙, 페러데이법칙, 원뿔세포, 막대세포, LCD, CCD, 디지털카메라	8
	(3) Semiconductor and new material	3	n형 반도체, p형 반도체, 초전도체, 다이오드, 트랜지스터, 논리회로, 집적회로, 첨가중합, 축합중합, 나노물질	10
	(4) Mineral resource	4	화석광상, 퇴적광상, 변성광상	3
	Sum	13		19
V. Human's health and science technology	(1) Food resources	4	유전자 재조합, 유전자 변형생물, 질소고정, 질소순환, 종자은행	5
	(2) Scientific health care	7	병원체, 세균, 바이러스	3
	(3) Advanced science and treatment of disease	3	암세포, 종양, 신약개발	3
	Sum	14		11
VI. Energy and environment	(1) Energy and civilization	4	열역학 1법칙, 열역학 2법칙, 제1종 영구기관, 제2종 영구기관	4
	(2) Carbon cycling and climate change	4	무역풍, 편서풍, 엘니뇨, 라니냐	4
	(3) Problem and future of energy	4	하이브리드 기술, 방사성 에너지	2
	Sum	12		10
Sum of Part II		39		50
Total		91		88

Results and Discussions

고등학교 과학(융합형 과학)은 2009 개정 과학교육과정의 대표적인 특징을 나타내는 과학 교과목의 과목이다. 교육과정 개정의 취지를 살리기 위해 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 분과적 구성을 벗어나기 위한 융합교육을 추구하고, 문과와 이과의 구분을 넘어서 모든 학생들에게 현대 과학의 이해와 창의성 및 인성을 갖추도록 하는 것을 목표로 하였다. 선택과목임에도 불구하고, 기존의 고등학교 1학년에서 이수한 ‘과학’ 교과를 대체하여 전국의 많은 고등학교에서 교과목으로 편성되어 운영되어 왔다. 그러나 과학 전공영역의 분과적 구성을 벗어나 ‘우주와 생명’, ‘과학과 문명’이라는 대 주제 안에서 개념이 융합되도록 추구하고 있는 고등학교 과학은 본래 취지와 다르게 고등학교 현장에서 어려운 교과로 인식되는 경우가 많은 것으로 보고되어 왔다. 이러한 원인에 대해 교과서의 내용 수준이 높다는 인식은 있어 왔으나 객관적으로 교과서에서 어느 정도 어려운 개념들이 제시되고 있고, 이전 학교급에서의 과학 학습 내용과 어느 정도 연계가 되어 있는지 객관적인 연구와 데이터가 제공된 사례는 거의 없다. 최근에 새로이 개정된 2015 개정 과학교육과정에서는 고등학교 ‘과학’에 해당하는 것으로 문·이과 공통으로 필수 학습하는 ‘통합과학’이 신설되는 것 이외에도 새로운 선택과목인 고등학교 ‘융합과학’이 있다. 고등학교 ‘융합과학’은 기존의 2009 개정 교육과정에 따른 고등학교 ‘과학’과 내용체계 및 내용요소에서 동일한 구성을 가지고 있다. 따라서 기존의 고등학교 과학(융합형 과학) 교과서에서의 장단점을 살펴서 고등학교 ‘융합과학’ 교과서의 개선 방안을 모색할 필요가 있다.

이를 위한 기본적인 탐색을 위해 본 연구에서는 먼저 교육과정에 제시된 내용요소에 기준하여 고등학교 융합형 과학 교과서들이 중학교 과학 교과서와 어느 정도의 연계성을 갖고 있는지 분석하였다. 그 결과, 총 91개의 내용요소 중에서 중학교 과학 교과서 내용을 바탕으로 학습하기 어려운 수준을 의미하는 격차 연계가 46개(50.6%)를 차지하였다. 특히 이 격차 연계 중에는 중학교 과학 교과서에서 다룬 적

이 없는 내용을 고등학교 과학교육과정에서 내용요소로 제시함에 따라 생소한 내용으로 융합형 과학 교과서를 구성한 경우가 39개나 되었다. 본 연구에서는 이를 ‘신규격차’로 분류하였는데, 이러한 격차에 해당하는 내용요소들이 많다는 것은 그동안 고등학교 융합형 과학의 수준이 너무 높다는 학교 현장의 인식에 대한 객관적 근거를 제공해 준다고 볼 수 있다.

교과서를 개발 할 때, 교육과정의 취지와 방향을 고려하여 적절한 수준의 내용으로 훌륭한 교과서를 제작하는 것도 교육과정의 문제를 해결하는 한 방안이 될 수 있다. 이러한 관점에서 교육과정의 내용요소에 관련된 개념 이외에 고등학교 융합형 과학 교과서가 제시하고 있는 개념들을 추가로 분석하였다. 그 결과, 고등학교 ‘과학’의 교육과정에서 제시한 91개의 내용요소 이외에 고등학교 과학 교과서에서 추가로 새롭게 제시된 개념들이 88개로 나타났다. 이러한 개념들은 교과 내용의 연계성 측면에서 ‘격차’에 해당하는 것이므로 내용요소 자체에서 격차 연계를 분석된 것과 합치면 고등학교 융합형 과학서의 내용이 중학교 과학 교과서와 거의 연계되어 있지 못하고 있다고 결론을 내릴 수 있다. 이와 같은 연계성 부족은 학생이 융합형 과학에서 학습해야 할 양이 많고 내용을 이해하기 어려워하는 근본적인 원인으로 작용한다고 볼 수 있을 것이다.

본 연구 결과에 따른 제언은 다음과 같다.

첫째, 고등학교 과학의 교육과정에 대한 검토가 필요하다. 고등학교 융합형 과학이 과학과 교육과정에 개설된 것은 4차 산업혁명으로 특징지워질 수 있는 미래 사회의 주축을 담당할 융합적 인재를 양성하기 위한 것으로도 해석할 수 있다. 따라서 2015 개정 교육과정에서의 고등학교 통합과학이나 융합과학이 학교 현장에 정착하기 위해서는 과학 교육과정 내용의 선정과 조직에 있어서 연계성을 높일 수 있는 방안 모색이 필요하다. 또한 향후 추가적인 교육과정 개정에서 고등학교 통합과학이나 융합과학 교과의 내용을 선정하고 조직할 때, 중학교 과학뿐만 아니라 고등학교 선택과목인 과학1, 과학2 과목의 내용과도 연계 되도록 해야 할 것이다. 따라서 본 연구와 같이 학교급간 수직적 연계를 고려하여 반복, 격차, 발전 등의 관점에서 내용의 연계성을 체계

적으로 분석한 결과를 바탕으로 내용의 선정과 조직을 수행할 필요가 있다.

둘째, 2015 개정 교육과정의 고등학교 융합과학에서도 기존의 고등학교 과학(융합형 과학)과 매우 유사하게 다양한 분야의 내용을 재조직하여 융합적 관점에서 다루게 되므로 내용을 이해하는 데 어려움이 있을 수 있다. 따라서 고등학교 융합과학 교과 학습을 도울 수 있는 지원이 모색되어야 한다. 다양한 분야의 내용을 융합적으로 연관지어 이해하는 것을 어렵게 하는 장애 요인은 무엇인지, 융합적 관점의 사고를 촉진할 수 있는 요인은 무엇인지 등에 대한 연구들에 근거하여 효과적인 학습이 일어나도록 할 수 있는 교수학습 전략과 수업 프로그램을 개발할 필요가 있다.

셋째, 현재 학교 현장에 적용되고 있는 고등학교 융합과학이 효과를 나타내기 위해서는 학교 현장에서의 과학 교수학습에서 어려운 점이 무엇인지를 파악하고, 융합과학의 내용 선정과 조직에 환류하여야 한다. 이를 위해서는 고등학교 융합과학의 학습 결과에 대한 체계적인 평가를 시행하고 그 결과를 반영할 수 있는 시스템이 필요하다. 융합과학에서 학습해야 할 내용에 대한 분석과 융합과학 교과의 학습을 통해 도달해야 할 성취기준에 학생들이 어느 정도 도달했는지를 파악할 수 있는 평가도구의 개발이 필요하다. 또한 융합과학 학습 후에 학생들이 과학을 융합적으로 이해하고 사고 할 수 있는 능력 등이 어떻게 달라졌는지를 알아볼 수 있는 표준화된 검사도구의 개발도 필요하다. 이러한 평가 도구를 이용한 평가 결과를 체계적으로 분석하고 교육과정 및 교과서 개발에 반영할 수 있는 연구와 실행 시스템도 필요하다.

추가로 연구에서 밝혀진 격차로 분석된 내용요소와 교과서에 추가된 개념들에 대해 학교 현장의 학생들이 어떻게 이해하고 받아들이는지에 대한 후속 연구들이 이어질 때 교육과정의 개선에 기여할 수 있을 것이다. 또한 최근 새로이 개정된 2015 개정 교육과정에 따라 고등학교 ‘융합과학’의 교과서를 개발함에 있어서 본 연구의 결과에 기초하여 학습 내용의 수준을 조절할 수 있기를 기대한다.

References

- Cho, J-H. (2012). A Survey on the actual conditions of operation and science teachers' awareness on the fusion science in High school. Master degree at Chemistry Education, *Graduate School of Education*, Korea National University of Education.
- Eom, H. S. (2012). Examination on teachers' and students' recognition of converged science introduced by the revised High School Curriculum in 2009 as well as on its actual implementation. *Master degree at Chemistry Education*, Graduate School of Education, Pusan National University.
- Gagné, R. M. (1970). *The Conditions of Learning*, 2nd Ed. New York : Holt, Rinehart and Winston.
- Ha, M., & Lee, J-K. (2012). Exploring Variables Related to Students' Understanding of the Convergence of Basic and Applied Science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 320-330.
- Ha, H-J., Park, H. J., Kim, J-H., Son, J-W. & Kim, Y-J. (2012). Difficulties of Biology Teachers in Teaching Activities on the Fusing 'Science' in High School. *Biology Education*, 40(1), 121-131.
- Yoon, H., Yoon, W., & Woo, A. J. (2011). High School Science Teachers' Perceptions of the 2009 Revised Science Curriculum and the Science Textbook. *Journal of Research in Curriculum and Instruction*, 15(3), 757-776.
- KAST (The Korean Academy of Science and Technology). (2008). Problems and Improvement direction on Mathematics and Science Education in Korea, What is problems in Korean Science and Technology. *The 50th round table debate*.
- KIM, J. Y., OH, W., CHUNG, J. S., & KIM, S-W. (2012). Comparison of Physics and Other Science Teachers' Conception in the 2009 Revision of the High-school 'Science' Curriculum. *New Physics: Sae Mulli*, 62(2), 104-114.
- Kim, N-H., Han, H-J., Hong, B-R. & Shim, K-C.

- (2012). Analysis of Fusing Science and STEAM Factors of Learning Contents related to Life Science presented in High School "Science" and the Connection between "Science" and "Life Science 1" or "Life Science 2". *Biology Education*, 40(1), 121~131.
- KOFAC (Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity). (2012). Consulting Guidebook for Integrated Science. *Consulting Committee for Integrated Science*
- Kwon, Y. S. (2006). connection of sceondary school science textbook in the 7th curriculum : focused on chemical reaction. Master degree at Chemistry Education, *Graduate School of Education*, Korea University.
- Lee, E-S. (2012). Study on the awareness of the high school teachers regarding 'Science' of the revised curriculum 2009. Master degree at Graduate school of Education, Korea national university of education Majoring in biology education. Master degree at Integrated Science Education, *Graduate School of Education*, Korea national university of education.
- MEST (Ministry of Education, Science and Technology). (2009a). *2009 revision curriculum for elementary and secondary school: science curriculum*, MEST notification 2009-41 (extra number 9). Seoul: Korea Textbook.
- MEST (2009b). *A guidebook of high school science curriculum (According to MEST notification 2009-41)*. Seoul: MEST (Ministry of Education, Science and Technology) Creativity-HR Division.
- MEST (2009c). *Explanation for general introduction of high school curriculum according to 2009 revision curriculum*. Seoul: MEST (Ministry of Education, Science and Technology).
- MEST (2007). *Explanation for Middle school curriculum*. Seoul: MEST (Ministry of Education, Science and Technology).
- Ministry of Education. (2015). *2015 revision curriculum for elementary and secondary school: science curriculum*, MEST notification 2015-74 (extra number 9). Seoul: Ministry of Education.
- Sim, Jae-Ho., Shin, M-K., & Lee, S-K. (2010). Science Teachers' Perception on Major Features of the 2007 Revised Science Curriculum for Class Implementation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(1), 140-156.
- Song, S. C., Hong, B. R., Kim, N. H., Han, H. J., & Shim, K. C. (2012). The study of perception by high school's students and science teachers on the class of high school science subject. *Science Education Study*, 36(1), 130-138.
- Song, S-H., Lee, Y-H., Lee, J-R., Kim, S-W., Kang, S-H., Park, J-Y., Kang, S-J., Kim, K-H., & Yoo, K-H. (1991). Development and application of an analysis taxonomy for curricular articulation in mathematics and science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 11(2), 119-131.
- Taba, H. (1962). *Curriculum Development-Theory and Practice*. New York : Harcourt, Brace, Jovanovich.
- Tyler, R. W. (1949). *Basic Principle of Curriculum and Instruction*. Chicago : University of Chicago Press.
- Won, H. (2015). Study of connectivity between convergence science of high school and middle school science along the revised curriculum of 2009 : Investigation of awareness of convergence science and study on supplementation of middle school science. Master degree at biology education, *Graduate school of Education*, Kyung Hee University.