

과학과 실과(기술·가정) 교육과정에 제시된 '시스템'과 '에너지' 핵심 개념의 연계성에 대한 국제 비교 연구

박경숙 · 정현도*

경북대학교

International Comparison Study on the Science & Practical Arts (Technology · Home Economics) Curricula about Continuity of the 'System' and 'Energy' as a Big Concepts

Kyungsuk Park · Hyeondo Jeong*

Kyungpook National University

Abstract : The purposes of this study are to derive suggestions and implications to improve the continuity of Korean Science & Practical Arts (Technology·Home Economics) curricula through international comparative analysis with focus on the science curricula or standards in five countries (Canada, New Zealand, Singapore, the United States, Korea). Original documents of the national curriculums or standards of each country collected from NCIC comparatively analyzed the big concepts of the 'system' and 'energy' based on features of related components of curriculum contents, vertical, and lateral connectivity. The results indicated that the big concepts of systems and energy were used internationally to consider the curriculum continuity. In most countries, the big concept of system was used as a framework to integrate science with technology or other contents. In particular, it was also utilized to strengthen vertical and lateral connectivity in earth science and space science contents area. In the comparison of countries for the system as the big concept, New Zealand focused interrelationship between system and human activities, systems' interaction, levels and features of system concept for the linkage between grades and subjects on the basis of level. In the case of Canada and Singapore, science and technology are combined to strengthen contents' connection. However, the revised 2015 curriculum has a lack of continuity and sequence because the concepts of system and energy were concentrated on a specific grade and contents' area. The curriculum was not developed systematically for multiple grades according to their levels. In conclusion, Korean science curriculum requires sufficient understanding of students' learning and research on learning progressions and curriculum continuity. In addition, it is very important to constitute the curriculum based on the vertical and lateral connectivity in order to improve science education and to foster students' key competencies and abilities.

keywords : 2015 revised curriculum, curriculum continuity, vertical connectivity, lateral connectivity, big concept, system, energy, Canada, New Zealand, Singapore, the United Kingdom, the United States

*교신저자: 정현도(vorn@daum.net)

**이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5B5A07918179).

***2018년 2월 22일 접수, 2018년 4월 05일 수정원고 접수, 2018년 4월 05일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2018.42.1.27>

I. 서론

우리나라의 2009, 2015 개정 교육과정은 OECD를 비롯한 선진 국가에서 추구하고 있는 학생들의 핵심 역량의 함양에 초점을 두고 있으며 미래 사회가 요구하는 융합형 인재 양성을 강조하고 있다(Cho *et al.*, 2012; MOE, 2012a, 2012b, 2015a, 2015b; OECD, 2010, 2014). 최근 개정된 2015 개정 과학과와 실과(기술·가정) 교육과정에서는 2009 개정 교육과정에서부터 강조된 교과 간 연계와 통합적 접근을 더 체계적이고 구체적으로 실행하고 있다. 2009 개정 교육과정의 ‘목표’, ‘학습 지도 계획’, 및 ‘학습 지도 방법’의 내용을 살펴보면 다른 교과와의 관련성에 대한 내용을 찾아볼 수 있다(MEST, 2012a). 예를 들어, 실과(기술·가정) 교과는 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과 간 통합적 접근 교육과 융합적 교수·학습 활동을 강조하였고 직업과 관련된 체험적 활동을 통해 진로를 탐색할 수 있는 기회를 제공하였다(MEST, 2012a). 2015 개정 교육과정의 실과(기술·가정) 교과는 ‘가정생활’, ‘기술의 세계’로 교육 분야를 구분하여 생활의 경험과 문제를 실제적이고 통합적인 내용으로 구성하고, 실천적 경험을 바탕으로 학생들의 문제해결능력을 배양하여 일, 직업, 진로 선택에 관련된 역량을 길러주는 데 중점을 두고 있다(MOE, 2015a).

과학과는 2009 개정 교육과정에서부터 교과 간 연계와 교과 내 통합을 구체적으로 강조하고 있다. 과학을 기술, 공학, 예술, 수학 등 다른 교과와 관련지어 지도하도록 기술하고 있으며, 학생의 창의성을 계발하고 인성과 감성을 증진하기 위하여 다른 교과와 관련지어 통합된 내용을 적절한 수준을 적용하여 지도하도록 제시하였다(MEST, 2012b). 특히 2015 개정 교육과정에서는 통합을 실천하는 ‘통합과학’ 교과가 새롭게 신설되었다. 통합과학은 기존 과학과의 구성 영역인 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주 등을 통합하여 물질과 규칙성, 시스템과 상호 작용, 변화와 다양성 및 환경과 에너지의 영역으로 재구성하였다. 또한 각 영역은 다양한 핵심 개념(Big ideas)들로 단원이 구성된다

(MOE, 2015b).

미국, 영국, 캐나다 등 국가 수준의 교육과정(또는 교육 기준)을 살펴보면, 교과 간 통합이나 연계(예, 과학과 기술)를 더욱 강조하고 있으며 학교 교육에 적용하고 있다(Kim *et al.*, 2013; Lee & Yeo, 2015; Lee *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2016). 미국의 예를 들면, 2013년에 차세대과학기준(NGSS: Next Generation Science Standards)을 발표하였는데, 1996년에 제시된 과학과 국가 기준(NRC, 1996)과 비교하여 내용 영역에서 가장 큰 변화는 과학과 기술/공학 영역과의 연계이다. 과학에서 학습하는 내용을 기술/공학 분야에서는 어떻게 적용되는지를 다루고, 기술/공학 분야의 설계 기반의 문제해결방법이나 실습을 통합적으로 구성하고 있다. 또한 과학 및 다른 분야를 체계적으로 연계하기 위해 관통 개념(Crosscutting Concepts)을 제시하여 내용을 구성하고 있다(NRC, 2013).

영국의 경우는 2013년에 국가 수준의 교육과정이 개정된 이후 학교 교육에서 ‘과학과 기술의 이해’라는 통합교육과정을 운영하고 있다. ‘디자인 및 기술’이라는 분야를 통해 과학과 기술을 연계하여 학교 현장에서 가르치고 있다. 이러한 교과의 연계와 체계적인 내용 구성을 위해 시스템, 순환 등의 핵심 개념을 적용하고 있다(Department for Education, 2011, 2013; Kim *et al.*, 2013). 캐나다에서도 영국과 유사하게 ‘과학과 기술’이라는 교과를 제시하고 있으며, ‘구조와 역학의 이해’, ‘생명 시스템의 이해’, ‘물질과 에너지의 이해’, ‘지구와 우주 시스템의 이해’ 등의 세부 내용 영역으로 구성되어 있다. 세부 영역에는 시스템, 상호작용, 에너지, 지속성 등을 적용하여 통합적으로 연계하고 있다. 다시 정리하면, 과학과 기술을 연계하여 학교 교육이 이루어지고 있고 통합적인 핵심 개념을 적용하여 관련 교과를 연계하고 있다(Kim *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2016). 이처럼 국내외의 교육과정에서 교과 간 통합이나 연계(예, 과학과 기술)에 초점을 두는 것은 미래의 4차 산업 혁명과 융합적인 시대를 대비하여 핵심 역량의 함양과 인재 양성의 요구를 충족시키는 데 있다. 과학, 기술 등에 대한 학생들의 기초적인 소양과

역량의 함양, 기초적인 이해 및 문제해결력 증진을 위해 최근의 교육과정에서는 연계성을 강화하고 있는 것이다.

교육과정의 연계성은 무엇을 의미하는 것일까? 선행 연구에서 분석된 교육과정에서의 연계성은 계속성(continuity), 통합성(integration), 접합성(articulation), 관계성(relation), 연결성(connection or coherent) 등 다양한 용어 사용과 함께 다르게 해석되고 있다(Berlin & Lee, 2005; Fogarty, 1991; Kim, 2006; Kim *et al.*, 2013; Lee, 2004; Lee, 2011a; Lee & Yeo, 2015; Lee *et al.*, 2016). 그러므로 교육과정의 연계성을 위한 대상 교과, 교수·학습 방법, 평가 전략 등도 다양하게 적용되고 있다. 예를 들어, 과학과 수학 교과의 통합이나 교육과정 연계는 100여년 이상의 기간 동안 시도되어 왔으며, 그 교수·학습적 통합의 방법도 주제, 교과 내용, 탐구, 문제해결, 프로젝트 중심 등으로 다양하다(Berlin & Lee, 2005; Lee, 2011a; Suh, 2008; Pang & Good, 2000). 최근에는 과학, 수학, 기술 등의 교과를 중심으로 연계가 강조되고 있으며, 설계 기반의 문제해결과정과 같은 방법적인 측면을 적용하여 연계를 실천하고 있다(Lee *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2013; NRC, 2013; Sanders, *et al.*, 2011). 이처럼 교육과정의 연계에 대해 다양한 접근 방법이 있지만, 이 연구에서는 Kim *et al.* (2013)의 교육과정 연계성 분석에서 적용한 연계성 개념을 적용하여 과학-기술 교과의 교육과정을 분석한다(Choi & Lee, 2013; Lee *et al.*, 2015). 즉 과학, 기술 등 이들 교과의 교육과정에서 서로 유기적인 관련성(예, 핵심 개념)을 가진 내용이나 개념에 초점을 둔다(Kim, 2006).

우리나라의 교육과정에서 과학과 실과(기술·가정) 교육과정은 어떻게 연계성이 고려되었나? 그 대표적인 노력은 과학 교과와 실과(기술·가정) 교과를 하나의 교과군으로 분류한 것이다. 동일 교과군으로 분류한 이유는 교과 내용의 적정화, 학습 부담의 경감, 효율성의 제고 등을 의도하고 있지만, 교육과정의 내용과 교과서를 보면 두 교과 간 내용의 중복, 연계를 위한 핵심 개념의 부재 등으로 동일 교과군에

대한 효율성을 낮추는 것으로 분석되었다(Jeong, 2012; MEST, 2012a, 2012b; Sim *et al.*, 2017).

과학과 실과(기술·가정) 교과 간의 연계성과 관련된 선행 연구를 살펴보면, 그 교과 간 내용 중복성에 대한 연구가 다수 수행되었다. Park(2014)에 의해서는 교육과정의 수준에서 연계성을 분석하였고, 다수의 선행 연구는 교과서를 초점에 두고 연계성이나 중복성을 분석하였다(Ahn, 2012; Jeon, 2005; Jeong, 2012; Kim *et al.*, 2014; Lee, 2009; Lee & Kim, 1999; Yang *et al.*, 2014). 예를 들어, 영양 및 영양소(Ahn, 2012; Park, 2014; Yang *et al.*, 2014), 성, 생식 및 발생(Kim *et al.*, 2014; Park, 2014), 일, 에너지 및 신재생 에너지 등의 내용(Jeong, 2012; Lee, 2009; Park, 2014)이 두 교과에서 중복된 것으로 나타났다(Lee, 2009).

앞서 살펴본 것처럼 과학과 실과(기술·가정) 교과 간 연계성에 대한 연구는 제한적으로 수행되었다. 특히 최근 강조되고 있는 핵심 개념을 중심으로 교육과정에 제시된 두 교과 간의 구성 체계를 분석하고 이를 국외 교육과정에 대한 비교 분석은 일부 교과(예, 과학, 사회)에만 한정되어 수행되었다(Kim *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2015; Choi & Lee, 2013). 특히 2015 개정 교육과정을 대상으로 수행한 연구는 부족한 실정이다.

이 연구에서는 과학과 기술 교과를 연계하거나 통합하여 구성할 수 있는 핵심 개념을 토대로 우리나라 과학과 실과(기술·가정) 교육과정에 대한 연계성을 분석할 것이다. 아울러, 교육과정의 국제 비교를 통해 우리나라 교육과정의 현 실태를 진단하고 교육과정에서의 연계성 개선 방안을 제시하고자 한다. 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

첫째, 2015 개정 과학과 및 실과(기술·가정)의 교육과정에서 제시한 핵심 개념(시스템, 에너지)의 구성 체계와 연계성을 분석한다.

둘째, 국외 과학과 교육과정(또는 기준)에서 제시하는 핵심 개념(시스템, 에너지)에 대한 내용 요소와 연계성을 분석한다.

II. 연구 방법

이 연구의 목적은 2015 개정 과학과 및 실과(기술·가정) 교육과정 상의 핵심 개념(내용)에 대한 구성 체계와 연계성을 분석하고 교육과정 국제 비교를 통해 우리나라 교육과정의 연계성의 실태를 진단하고 연계성 개선 방안을 도출하는 것이다.

1. 연구 대상

이 연구에서는 우리나라 교육과정과 국외 교육과정의 비교를 위해 다음과 같은 기준을 만족하는 국가를 선택하여 분석하였다. 그 기준은 1) 국가 교육과정정보센터(NCIC)에 탑재된 국가들 중 국가 수준의 과학과 교육과정이나 과학 기준이 개발되어 있고 적용됨; 2) 과학과 기술 교육의 연계나 통합이 실행되고 있음; 3) 과학과 기술 교육에 있어서 우리나라와 유사한 핵심 개념(예, 시스템, 에너지 등), 통합적 주제 등이 적용되고 있음. 이와 같은 기준으로 선정된 국가는 뉴질랜드, 미국, 싱가포르, 캐나다이고 선정된 국가의 교육과정 원문을 국가교육

과정정보센터를 통해 수집하여 분석에 사용하였다(Table 1).

핵심 개념에 대한 교육과정의 연계성을 분석하기 위해 '시스템'과 '에너지'를 선정하였다. 이는 우리나라의 과학과와 실과(기술·가정) 공통 교육과정(1~9학년)에서 다루어지는 핵심적인 개념들의 출연 빈도와 그 중요성을 토대로 선정하였고 국내외 문헌과 선행연구를 토대로 두 교과에서 공통적으로 다루고 있는 개념들을 추출한 것이다. 국외 교육과정의 분석은 국가별로 선택 과목이 다양하고 그 수준과 내용 범위의 차이가 크기 때문에 고등학교 학급을 제외하고 공통이나 핵심 교육과정에 초점을 두고 분석하였다. 우리나라의 경우도 공통 교육과정인 과학과(3~9학년), 실과(5~9학년)를 대상으로 연구를 수행하였다.

2. 연구 절차

이 연구의 목적을 달성하기 위해 2단계로 구분하여 진행하였다. 1단계에서는 교육과정의 연계성, 중복성, 국외 교육과정 연계성 등과 관련하여 과학,

Table 1. Original curriculum statements for international comparative analysis

Country	Curriculum statements
Canada	<ul style="list-style-type: none"> · Ontario Ministry of Education. (2007). <i>The Ontario curriculum, grades 1~8: Science and Technology</i>. Ontario, Canada: Queen's Printer for Ontario. · Ontario Ministry of Education. (2008). <i>The Ontario curriculum, grades 9 and 10: Science</i>. Ontario, Canada: Queen's Printer for Ontario.
New Zealand	<ul style="list-style-type: none"> · New Zealand Ministry of Education (2007a). <i>New Zealand curriculum</i>. Wellington, New Zealand: Author. · New Zealand Ministry of Education (2007b). <i>Primary and secondary Level(1~8) curriculum</i>. Wellington, New Zealand: Author.
Singapore	<ul style="list-style-type: none"> · Ministry of Education, <i>Singapore Content based on information available as at 15 February 2006</i>. Science Syllabus Lower Secondary
United States	<ul style="list-style-type: none"> · National Research Council. (2013). <i>Next Generation Science Standards: For states, by states</i>. Washington, DC: National Academies Press.
Korea	<ul style="list-style-type: none"> · Ministry of Education. (2015a). Practical arts (Technology·Home Economics) curriculum. Sejong, Korea: Author. · Ministry of Education. (2015b). <i>Science Curriculum</i>. Sejong: Author.

실과(기술·가정) 교과(분야)에서 선행 연구, 연구 보고서 및 서적 등을 대상으로 내용 분석(content analysis)을 실시하였다(Merriam, 1998, 2009). 다음으로 과학과와 실과(기술·가정) 교육과정 상에서 시스템, 에너지에 대한 핵심 개념이 어느 학교 급과 학년에서 다루어지는지를 내용 체계를 분석하였다. 교육과정의 연계성 분석은 Kim *et al.* (2013)에 의해 개발된 교육과정의 종적, 횡적 연계성 요소를 토대로 분석하였다. 연계성에 대한 핵심적인 내용 요소를 설명하면, 종적 연계성은 학년(군)/학교급 간 계속성, 지속되는 개념(내용)을 중심으로 분석하였고 다음으로 종적인 계열성은 이전 학년(군)의 내용을 바탕으로 다음 학년(군)의 내용이 전개되었는지 ‘교과 내용의 위계’, 그 내용이 확대 또는 심화되는 관계를 분석하였다. 횡적인 연계성은 교과 간 개념(내용)의 관련성, 수준, 범위를 분석하였다.

2단계에서는 국외의 교육과정에 대해 1단계 연계성 측면을 토대로 비교 분석하였다. 국가별로 이러한 분석 과정을 반복적으로 진행하여 우리나라 과학과 및 실과(기술·가정) 교육과정 연계성의 강화 방안과 시사점을 도출한다. 이 연구에서는 연계성에 대한 분석 결과의 타당도를 검증하기 위해 분석된 결과를 세부 항목으로 설정하여 과학, 기술 교과교육 전문가와 과학과 기술 교사 6명을 대상으로 의뢰하였고 그 결과를 종합하여 분석 및 정리하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. ‘시스템’과 ‘에너지’ 핵심 개념에 대한 우리나라 교육과정의 분석

1) 2015 개정 과학과 교육과정에서 ‘시스템’과 ‘에너지’ 핵심 개념과 관련된 내용 요소 우리나라의 과학과 공통 교육과정(1~9학년)에서

‘에너지’와 ‘시스템’에 관련된 핵심 개념의 내용 요소를 추출하여 정리하면 Table 2와 같다. ‘에너지’와 관련된 내용 요소를 분석해보면, 물리학, 화학과 관련된 내용 영역인 ‘힘과 운동’, ‘열과 에너지’, ‘물질의 변화’에서 ‘역학적 에너지’, ‘에너지 전환’, ‘물질의 상태 변화’, ‘에너지의 출입’ 등의 핵심 개념을 설정하였고 이와 관련된 내용을 주로 중학교 1~3학년에서 다루고 있다. 그러나 물질의 상태 변화 시 에너지가 출입한다는 내용은 초등학교 3~4학년군에서 물의 상태 변화, 증발, 끓음, 응결 등을 다루고 있다.

생명과학 영역의 ‘식물과 에너지’ 단원에서는 식물이 광합성을 통해 에너지를 얻는 과정에 대해 다루고 있다. 이 영역에서 ‘시스템’ 개념을 적용한 것을 살펴보면, ‘생물과 환경’ 단원에서 제시한 생태계와 관련된 내용이다. 생물과 환경에 대한 내용을 다루기 위해 생태계라는 시스템적 접근(Kwon *et al.*, 2011)을 사용하여 생태계의 구성 요소, 영향, 환경 요인, 환경과 생물 사이의 관계 등을 다루고 있다. 더욱이 생태계의 보존까지 다루고 있다. 그리고 생명과학 영역은 다른 영역과 다르게 ‘에너지’와 ‘시스템’ 핵심 개념을 연계하여 제시하였다. 예를 들어, ‘동물과 에너지’ 단원에서는 우리 몸의 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계가 어떻게 작동하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는지 학습한다. 즉, 동물의 각각의 구조와 기능을 소화계, 배설계, 순환계, 호흡계 등 시스템적인 개념을 적용하여 설명하고 그 생명 활동을 에너지와 관련지어 상호 작용과 관련성에 초점을 두고 있다.

지구과학 영역에서 핵심 개념인 ‘에너지’는 중학교 ‘기권과 날씨’ 단원에서 온실 효과와 지구 온난화를 복사 평형의 관점에서 다루고 있다. 이 영역에서는 ‘에너지’보다는 ‘시스템’의 핵심 개념을 다루고 있다. 예를 들어, 지구계, 기권, 수권, 태양계 등 시스템적인 틀을 적용하여 다루고 있고 물의 순환, 대기와 운동과 순환, 해수의 순환 등 ‘순환’에 대한 내용 요소는 지구과학의 현상이나 개념을

시스템적인 측면에서 이해하고 설명하는 것이다 (Jeong & Kim, 2008; Kim & Jeong, 2014; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005a). 지구과학의 시스템과 관련된 내용 요소는 초등학교 3~4학년부터 중학교 3학년까지 다루어지고 있다.

2) 2015 개정 실과(기술·가정) 교육과정엔 ‘시스템’과 ‘에너지’ 핵심 개념과 관련된 내용 요소

실과(기술·가정)는 초등학교 3~4학년에는 편제되어 있지 않고, 초등학교 5~6학년군에는 ‘실과’, 중학교 1~3학년군에는 ‘기술·가정’이 편제되어 운영된다. 실과(기술·가정) 교과는 ‘가정생활’, ‘기술의 세계’로

Table 2. Content statements for big concepts of ‘Energy’ and ‘System’ in 2015 revised science curriculum (MOE, 2015b).

영역	핵심 개념	내용 요소		
		초등학교 (3~4학년)	초등학교 (5~6학년)	중학교 (1~3학년)
힘과 운동	·역학적 에너지			·중력에 의한 위치 에너지 ·운동 에너지 ·역학적 에너지 보존
열과 에너지	·열역학 법칙 ·에너지 전환			·소비 전력 ·일 ·에너지 전환(전기)
물질의 변화	·물질의 상태 변화 ·에너지 출입	·물질의 상태 변화 ·증발, 끓음, 응결		·세 가지 상태와 입자 배열 ·상태 변화 ·상태 변화와 열에너지 출입 ·화학 반응에서의 에너지 출입
생물의 구조와 에너지	·동물의 구조와 기능		·소화·순환·호흡·배설 기관의 구조와 기능	·소화계, 배설계의 구조와 기능 ·순환계, 호흡계의 구조와 기능 ·소화·순환·호흡·배설의 관계
항상성과 몸의 조절	·자극과 반응			·뉴런과 신경계의 구조와 기능 ·중추 신경계와 말초 신경계
환경과 생태계	·생태계와 상호 작용		·생태계의 구조와 기능 ·환경오염이 생물에 미치는 영향 ·생태계 보전을 위한 노력 ·먹이 사슬과 먹이 그물 ·생태계 평형	
고체 지구	·지구계와 역장	·지구의 환경		·지구계의 구성 요소
대기와 해양	·해수의 성질과 순환	·물의 순환		·수권 ·해수의 층상 구조
	·대기의 운동과 순환			·기권의 층상구조 ·복사 평형 ·온실 효과 ·지구 온난화
우주	·태양계의 구성 과 운동	·지구와 달의 모양 ·지구의 대기 ·달의 환경	·태양 ·태양계 행성	·지구와 달의 크기 ·지구형 행성과 목성형 행성 ·태양 활동

교육 분야를 구분하여 구성되어 있으며, ‘시스템’과 ‘에너지’에 대한 내용은 ‘기술의 세계’ 분야에서 주로 다루고 있다. ‘기술의 세계’ 분야의 교육은 ‘기술 시스템’ 영역의 생산·수송·통신 기술과 ‘기술 활용’ 영역인 발명, 표준, 지속가능 발전에 대한 학습과 실천을 통해 실시된다(MOE, 2015a).

내용 분석의 결과를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 중학교 ‘기술 시스템’ 단원에서 ‘시스템’이 집중적으로 다루어지고 있으며 이 시스템은 과학 교과에서 지구나 우주에서 일어나는 현상이나 개념을 설명하려는 틀이 아니라 인간을 위해 개발되고 활용되고 있는 기술/공학 영역의 지식을 체계적으로 다루는 데 시스템적 접근(예, 기술/공학 분야의 시스템을) 사용하고 있다. 다시 말하면, 이 단원에서는 기술이 투입-과정-산출-되먹임의 시스템을 통해 이루어지는 것을 이해하고 체험 활동을 통해 기술적 문제해결능력과 시스템 설계 능력을 배양하는 것을 핵심 목표로 하고 있다(Ison, 1999; MOE, 2015a; O'Connor, McDermmot, 1997). 그러므로 이 단원에서 다루는 시스템은 기술의 세부 영역(예, 제조 기술, 건설 기술, 생명 기술 등)으로 구분하여 제시하고 있고 각 시스템의 의미와 단계별 세부 요소를 이해하고 그 특징과 발달 과정 등에 초점을

두고 있다(MOE, 2015a). 그리고, 에너지와 관련된 내용은 신·재생 에너지의 중요성과 에너지 이용 방안에 대한 내용으로 국한되어 있고 에너지의 효율적인 사용 방안에 대해 수송 기술과 연계하여 다루고 있다. ‘자원 관리와 자립’ 단원에서는 ‘에너지’에 대한 내용을 직접적으로 다루지는 않지만, 쓰레기 분리수거, 재활용 과정의 제시를 통해 이와 관련된 문제점을 조사하고 이를 해결할 수 있는 실천 가능한 방안을 탐색하도록 구성되어 있다. 이 교과에서는 학생들이 시스템에 관련된 내용을 다양한 기능(예, 조작하기, 적용하기, 평가하기, 설계하기, 제작하기 등)과 함께 학습할 수 있도록 구성되어 있다.

3) 2015 개정 과학과 실과 교육과정의 연계성
두 교과의 교육과정에서 나타나는 횡적 연계성은 교과 간 개념이나 내용의 관련성 측면에서 분석하였다. ‘시스템’ 핵심 개념은 두 교과에서 모두 다루고 있지만 과학과에서는 자연 현상, 생명체, 사물 등을 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해시키고 학습이나 모델링하는데 ‘시스템’을 적용하고 있다(Hung, 2008). 그 대표적인 과학적 개념이 생태계, 지구계, 행성계, 태양계 등이며 상호작용하고 있는 요소들의 복합체로서의 시스템적인 개념을 적용하

Table 3. Content statements for big concepts of ‘Energy’ and ‘System’ in 2015 revised Practical Arts (Technology·Home Economics) curriculum(MOE, 2015a)

영역	핵심 개념	내용 요소	
		초등학교(5~6학년)	중학교(1~3학년)
기술 시스템	창조	· 생명 기술 시스템	· 제조 기술 시스템 · 제조 기술 문제해결
		· 식물 가꾸기	· 건설 기술 시스템 · 건설 기술 문제해결
		· 동물 돌보기	· 미래의 기술과 생명 기술
	효율	· 수송 기술과 생활	· 수송 기술 시스템 · 수송 기술 문제해결
		· 수송 수단의 안전 관리	· 신·재생 에너지
	소통	· 소프트웨어의 이해	· 통신 기술 시스템
· 절차적 문제해결		· 통신 기술 문제해결	
· 프로그래밍 요소와 구조		· 미디어와 이동 통신	

고 있다(Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005b, 2010a, 2010b; Ison, 1999; Kali *et al.*, 2003; Senge, 1996, 2006). 또한, 순환계, 소화계, 배설계, 신경계 등 특정한 목적을 달성하기 위해 관련된 구성 요소들이 상호작용하는 유기적인 집합체의 의미로 시스템적인 개념이 적용되고 다루어지고 있다(Hogan, 2000; Kim, 2010; Kwon *et al.*, 2011).

반면에 실과(기술·가정)에서는 인간의 요구나 조작적 욕구에 부합하는 활동적인 측면에 초점을 두고 시스템을 다루고 있다. 즉, 과학, 수학 등 다양한 분야의 지식과 자연으로부터 얻은 자원을 활용하여 인간을 위한 산출물을 만드는데 사용되는 기술/공학적인 실천적인 지식, 문제해결능력, 의사결정능력, 창의력 등을 다루기 위해 시스템 개념이 적용되고 있는 것이다(ITEA, 2000; MOE, 2015a; NRC, 2012). 그 대표적인 개념이 제조 기술 시스템, 건설 기술 시스템, 생명 기술 시스템, 수송 기술 시스템, 통신 기술 시스템 등으로 기술 시스템이고 이들은 기술 시스템이라는 거시적인 수준의 하위 분야 또는 요소에 해당되고 이들의 특징과 발달 과정을 중심으로 다루고 있다(ITEA, 2000; MEST, 2012a; MOE, 2015a). 또한, ‘에너지’ 개념도 과학의 경우 물리화학적인 단원에서 주로 다루고 있고 실과(기술)에서는 신재생 에너지에 한정해서 제시하고 있다. 종합적으로 두 교과 간의 ‘시스템’ 핵심 개념의 종적 연계성은 내용의 관련성 측면에서는 매우 낮은 것으로 분석되었고 다루고 있는 내용 수준과 범위 또한 연계성을 고려가 미비한 것으로 나타났다.

2. ‘시스템’과 ‘에너지’ 핵심 개념에 대한 국외 교육과정의 분석

1) 싱가포르 교육과정에서 제시하고 있는 ‘시스템’과 ‘에너지’ 핵심 개념과 관련된 내용 요소 및 연계성

싱가포르의 과학과 교육과정에서는 과학 내용을 크게 5개 영역(다양성, 순환, 시스템, 상호작용, 에너지)으로 구분하여 제시하고 있는데, 시스템, 에너지가 핵심 개념에 포함되어 있다. ‘시스템’에 대한 개념의 제시를 살펴보면, 초등학교 3~4학년의 경우 식물 시스템과 인간 시스템을 다룬다. 식물의 부분과 기능에 초점을 두고 있으며 사람의 경우 소화계에 관한 내용이 제시되고 있다. 5~6학년에는 식물과 인간 시스템 모두에서 호흡과 순환계의 시스템을 다루고 있고 추가적으로 세포 시스템, 전기적 시스템이 제시되고 있다.

이 교육과정은 3~4학년과 5~6학년에 제시된 개념의 횡적인 연계성이 체계적으로 설계되어 있는 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2013; Lee, *et al.*, 2016). 즉, 초등학교 3~4학년에서는 시스템적인 측면에서 전체적이고 거시적인 내용 요소를 다루고 있으며 전체적인 탐구가 가능하도록 구성되어 있다. 다음으로 초등학교 5~6학년에서는 거시적 관점과 관련한 구체적이고 심화된 내용이 구성되어 있다. 식물과 인간의 대표적인 과학적 개념을 하나의 시스템적인 측면에서 다루고 식물, 동물을 통합적인 관점으로 접근할 수 있도록 소화계, 호흡계, 순환계 등의 과학적 개념을 구체적으로 제시하고 있다. 또한 ‘시스템’ 핵심 개념에 중요한 내용 요소라 할 수 있는 ‘순환’이 함께 다루어지고 있다(Ison, 1999; Kali *et al.*, 2003). 예를 들어, 초등학교급에서 식물과 동물의 생명 순환과 물질과 물의 순환을 시스템적인 틀(Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005a)을 적용하여 다루고 있다.

중학교 1~4학년 과학과 교육과정에서는 ‘과학과 기술’이라는 영역에서 과학-기술-사회에 대한 내용을 다루고 있다 과학적 탐구, 기술의 정의, 자원으로로서의 에너지 등의 내용이 다루어지고 있다. ‘시스템’과 관련된 내용은 ‘모형과 시스템’이라는 영역에서 다루고 있다. 식물, 인간 시스템과 관련된 세부적이고 심화된 과학 개념을 설명하고 이해시키기 위해 모형, 모델링과 시스템을 적용하고 있다

(Hung, 2008).

끝으로 '에너지'에 대한 핵심 개념은 초등학교급에서는 에너지의 형태, 이용, 전환에 초점을 두고 빛, 열, 광합성 등의 구체적인 과학 개념을 다루고 있다. 중학교급(속진/정규 과정)에서는 에너지에 대한 내용을 상세하게 다루고 있다. 종적 연계성과 관련하여 분석하면, 동일한 초등학교급에서 3~4학년에서는 태양 에너지와 다양한 에너지가 인간과 생명 활동에 어떻게 이용되는지를 다루고 있고 에너지의 다양한 형태와 이용에 초점을 두고 있다. 5~6학년에서는 에너지의 전환에 대한 내용으로 구체적이고 심화된 과학 개념을 다룬다. 3~4학년에서는 학습한 태양에너지가 식물의 광합성에 의해 에너지가 어떻게 전환되는지를 다루고 있다. 중학교에서는 '에너지의 조직과 사용'에 초점을 두고 에너지 생성과 보존, 빛, 전기, 광합성과 호흡 등 에너지와 관련된 심화된 과학 개념을 제시하고 있다. 더욱이 '상호 작용'의 핵심 개념과 관련하여 힘과 에너지의 상호작용, 생태계, 생태계에서 에너지 흐름 과정, 생태계에서 영양 순환을 다루면서 에너지와 시스템의 핵심 개념이 연계되어 다루어지고 있다(Hogan, 2000; Kim, 2010; Kwon *et al.*, 2011).

2) 캐나다 교육과정에서 제시하고 있는 '시스템'과 '에너지' 핵심 개념과 관련된 내용 요소 및 연계성

캐나다 온타리오주의 과학 교육과정은 기본 개념과 핵심 개념을 강조하고 있다. 기본 개념은 과학과 기술 관련 지식 습득을 위해 체계를 제공하는 핵심적인 개념을 의미한다. 핵심 개념은 각 학년 수준에 제시된 기본 개념들의 방향을 제시해주는 개념이다. 과학과 교육과정에 제시된 기본 개념은 물질, 에너지, 시스템과 상호작용, 구조와 기능, 지속 가능성과 책임, 변화와 연속성이다. 이 기본 개념에 에너지와 시스템이 포함되어 있으며 1~8학년에는 '과학과 기술'이라는 교과로 두 영역을 통합하

여 다루고 있다. 이 교육과정에서는 시스템과 상호작용을 다음과 같이 설명하고 있다. 시스템은 생물 또는 무생물의 조합이며 어떠한 기능을 수행하기 위한 상호 작용의 과정(Kim, 2010)이다. 시스템은 투입과 산출, 시스템의 구성 요소 간 관계도 포함한다(Hogan, 2000; Ison, 1999; Kali *et al.*, 2003; Senge, 1996, 2006). 다음으로 에너지는 다양한 형태로 나타나며 그 형태가 변형될 수 있다. 이것은 어떤 상황이나 물체가 일을 하고 작동할 수 있다고 설명한다.

1~8학년까지의 과학과 기술 교육과정에서는 '생명 시스템', '구조와 역학', '물질과 에너지', '지구와 우주 시스템'의 네 영역으로 구분하여 주제를 제시하고 있다(Table 4). 네 가지 영역에 '시스템'과 '에너지'의 개념이 핵심적으로 적용되고 있다. 캐나다의 경우 초등학교급에서는 과학과 기술을 통합적으로 다루고 있고 시스템적인 관점을 적용하여 기본적으로 생명과학, 지구와 우주과학 내용을 다루고 있고, 기술 영역에서도 8학년에 'Systems in Action'과 관련된 내용을 다루고 있다.

다시 정리하면 과학과 기술에 대한 핵심 개념과 현상을 이해하기 위해 횡적과 종적인 연계성이 체계적으로 고려되어 있고 지구과학이나 생명과학의 내용 영역에 시스템적인 접근(예, 하위 구성 요소, 상호 작용, 영향, 전체적인 시스템 등)을 고려하여 개발되어 있다. 예를 들어, 'Earth and Space Systems' 영역에서는 1학년에 학생들의 생활 주변에서 경험하고 있는 일변화와 계절 변화를 다룬다. 학년이 올라감에 따라 학생들에게 친숙한 주제인 공기, 물, 토양, 암석 등을 순차적으로 다루며, 이처럼 구체적인 사례로부터 이들을 포괄하거나 설명할 수 있는 거시적인 개념으로 접근하고 있다. 영역 내의 위계가 학생들이 경험할 수 있는 시스템의 하위 구성 요소로부터 시작하여 좀 더 높은 수준인 구성 요소 간의 상호작용과 영향을 다루고 전체적인 하나의 시스템(예, 물 시스템)을 다루도록 구성되어 있다.

Table 4. Science and Technology Curriculum's broad connection in grade 1-8 topics (Ontario Ministry of Education, 2007, p. 19)

Grade	Understanding Life Systems	Understanding Structures and Mechanisms	Understanding Matter and Energy	Understanding Earth and Space Systems
1	Needs and Characteristics of Living Things	Materials, Objects, and Everyday Structures	Energy in Our Lives	Daily and Seasonal Changes
2	Growth and Changes in Animals	Movement	Properties of Liquids and Solids	Air and Water in the Environment
3	Growth and Changes in Plants	Strong and Stable Structures	Forces Causing Movement	Soils in the Environment
4	Habitats and Communities	Pulleys and Gears	Light and Sound	Rocks and Minerals
5	Human Organ Systems	Forces Acting on Structures and Mechanisms	Properties of and Changes in Matter	Conservation of Energy and Resources
6	Biodiversity	Flight	Electricity and Electrical Devices	Space
7	Interactions in the Environment	Form and Function	Pure Substances and Mixtures	Heat in the Environment
8	Cells	Systems in Action	Fluids	Water Systems

과학과 기술 교육과정에서 횡적 연계성은 학년 내 내용 영역의 상호 관련성이다. 예를 들어, 1학년의 'Understanding Life Systems' 영역에서는 실생활에서 친숙한 생명체인 동물과 식물의 필요와 특징을 'Understanding Matter and Energy' 영역의 에너지와 물질로 연계되어 내용이 구성되어 있다.

우리 생활에서의 에너지는 또한 'Earth and Space Systems' 영역의 하루의 변화와 계절의 변화가 어떻게 생명체와 우리 생활과 관련되어 있는지의 내용으로 구성되어 있다. 이처럼 캐나다 온타리오의 과학과 기술 교육과정은 학교급 내의 종적 연계성은 물론이고 횡적 연계성을 고려하여 개발되어 있다.

3) 미국 교육과정에서 제시하고 있는 '시스템'과 '에너지' 핵심 개념과 관련된 내용 요소 및 연계성

미국의 차세대과학교육기준(NGSS)을 살펴보면 '과학과 기술.공학적 활동(scientific and engineering practices)', '학문 내 핵심 개념(disciplinary core idea)', '학문 간 교차개념(crosscutting concepts)'의 세 가지 차원과 함께 '수행기대(performance expectation)'를 제시하고 있다(NRC, 2012, 2013). 교과 내와 교과 간 연계성을 위해 7가지 교차(관통)개념을 제시하고 있고, 이 중 '시스템과 시스템 모델', '에너지와 물질'이 포함되어 있다. NGSS에서 다루는 핵심 개념은 물상과학, 생명과학, 지구와 우주과학, 공학 설계로 구분하여 제시되고 있으며, 이는 학생의 경험이나

관심에 관련되어 복잡한 개념을 이해하고 과학적, 기술적 문제를 해결하는 데 핵심이 되는 것이다 (Lee & Yeo, 2015; Lee *et al.*, 2014; NRC, 2013). 또한 초중고 학교급의 학생들에게 이해될 수 있는 개념이고 지속적인 탐구와 학습이 가능할 수 있는 범위를 가지고 있는 개념을 말한다(NRC, 2013).

NGSS에서 학문 내 핵심 개념(disciplinary core idea) 중 '시스템'과 '에너지'에 관련된 내용을 정리하면 Table 5와 같다. '지구와 우주과학' 내용 영역을 보면 지구시스템의 개념과 관련 내용이 초등학교 저학년부터 중학교까지 연속적으로 다루어지고 있다. 구체적으로 살펴보면, '지구시스템'과 관련된 내용은 유치원 과정에서부터 태양빛, 바람, 눈, 비 등의 날씨와 관련 내용과 식물과 동물이 지구 환경을 변화시킨다는 내용을 다루고 있다. 특히 사람들이 지구 환경에 영향을 미치고 있고 땅, 물, 공기 등에 대한 영향을 줄이는 내용을 통해 지구시스템의 하위 구성요소에 초점을 두고 있다. 학년이 올라가면서 지구시스템의 구성 요소와 상호작용에 대한 내용으로 그 위계가 높아진다. 예를 들어, 2학년의 경우 지구의 물질이나 바람과 물이 지형을 변화시킬 수 있다와 같이 상호작용에 대해 다루기 시작한다. 그리고 '판구조론과 대규모 시스템의 상호작용'이라는 핵심 개념의 내용으로 지도, 육지, 바다, 지형의 모습, 우리가 사는 장소 등의 기초적인 내용을 다룬다. 4학년에서는 2학년과 동일한 핵심 개념을 다루지만 그 수준과 범위가 심화되어 연속성을 가지고 있다. 예를 들어, 동일한 주제인 '큰 규모의 시스템 상호작용'과 판구조론에서 화산, 해구, 지진, 환태평양조산대, 판의 경계 등을 다루기 시작한다. 초등학교 5학년에서는 그동안 학습했던 지구시스템의 하위요소를 아우를 수 있는 전체적이고 거시적인 지구시스템의 개념과 지권, 수권, 기권에 대해 구체적으로 다루고 이들 세 권역(지권, 수권, 기권)이 지구 표면을 어떻게 변화시키는지와 물의 역할에 대해 다룬다.

다음으로 지구가 하위계로서 포함되어 있는 태양계에 대해 다루고 밤낮의 변화, 날, 달, 년의 개념을 제시하고 인간이 지구시스템에 미치는 영향에

대해 다룬다. 중학교에서도 초등학교에서 다루었던 핵심 개념은 거의 동일하지만 심화된 개념과 내용을 다룬다. 예를 들어, '큰 규모의 시스템 상호작용'에서는 판구조론을 역사적인 관점에서 탐구하고 긴 시간 동안의 육지, 바다의 상호작용과 미래의 변화에 초점을 두고 있다. 그리고 지구시스템의 구성 요소들이 지구시스템의 다양한 권역 내에서 순환하고 상호작용을 통해 자연 현상(예, 물의 이동과 변화 양상, 날씨 변화 등)을 이해하도록 구성되어 있다.

'에너지'와 관련된 내용은 유치원 과정에서는 태양빛이 지구 표면을 따뜻하게 한다는 내용에서부터 동물이나 식물에서의 에너지의 흐름에 대해 다룬다. '에너지'에 대한 구체적인 과학적 개념은 4학년 부터 다루기 시작한다. 에너지의 정의는 물론이고 에너지가 움직이는 물체, 소리, 빛, 전류 등에 의해 이동할 수 있다는 개념, 에너지의 보존과 전환, 에너지와 힘의 관계(예, 물체의 충돌로 인한 에너지의 전달 및 물체의 이동), 일상생활과 화학적 과정에서의 에너지(예, 에너지의 생산, 일상생활에서의 에너지 사용 등)를 다룬다. 5학년에서는 4학년과 동일한 주제(예, 일상생활과 화학적 과정에서의 에너지)로 에너지를 다루지만 그 내용은 식물의 광합성과 관련된 에너지를 다루고, 생명과학 영역에서도 호흡, 성장, 항온, 운동 등에 필요한 에너지(예, 음식)에 대해 학습한다. 아울러, 생태계에서의 물질의 순환과 에너지의 전환에 대해 동식물의 일생과 관련 지어 학습한다. 식물이나 동물이 환경으로부터 얻은 기체, 물 등이 다른 형태를 통해 다시 환경으로 돌아가며 생명 주기 동안 다양한 물질이 지구상에서 순환되는 것을 다룬다. 중학교에서는 유치원과 초등학교에서 학습한 대부분의 개념을 다시 정리하고 심도 있게 다룬다. 예를 들어, 에너지의 정의도 열에너지, 운동에너지, 위치에너지 등을 구체적으로 학습하며, temperature of a system을 적용하여 원자나 분자가 가지는 평균적인 내부 운동 에너지와 위치 에너지, 열에너지 등 심화된 내용을 다룬다. 또한 system of objects 등의 개념을 통하여 에너지 보존, 상대적인 운동 등의 내용을 제시하고 있다. 생명과학에서도 에너지에 대해 식물, 플랑크톤과 같은 미생물들이 빛으로부터 받은 에너지를

Table 5. Essential contents related to system and energy in the Disciplinary Core Ideas of NGSS (NRC, 2013)

Grade	Physical Science(PS)	Life Science(LS)	Earth and Space Science(ESS)
K	<p><u>Energy</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Sunlight warms Earth's surface. 	<p><u>Organization for Matter and Energy Flow in Organisms</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · All animals need food in order to live and grow. They obtain their food from plants or from other animals. Plants need water and light to live and grow. 	<p><u>Human Impacts on Earth Systems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Things that people do to live comfortably can affect the world around them. But they can make choices that reduce their impacts on the land, water, air, and other living things.
1			<p><u>Earth and the Solar System</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Seasonal patterns of sunrise and sunset can be observed, described, and predicted.
2	<p><u>Chemical Reactions</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Heating or cooling a substance may cause changes that can be observed. Sometimes these changes are reversible, and sometimes they are not. 	<p><u>Interdependent Relationships in Ecosystems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Plants depend on water and light to grow. · Plants depend on animals for pollination or to move their seeds around. 	<p><u>Earth Materials and Systems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Wind and water can change the shape of the land. <p><u>Plate Tectonics and Large-Scale System Interactions</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · One can map the shapes and kinds of land and water in any area.
3		<p><u>Ecosystem Dynamics, Functioning, and Resilience</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · When the environment changes in ways that affect a place's physical characteristics, temperature, or availability of resources, some organisms survive and reproduce, others move to new locations [omission] 	<p><u>Weather and Climate</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Scientists record patterns of the weather across different times and areas [omission] <p><u>Natural Hazards</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · A variety of natural hazards result from natural processes. [omission]
4	<p><u>Definitions of Energy</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Energy can be moved from place to place by moving objects or through sound, light, or electrical currents. <p><u>Conservation of Energy and Energy Transfer</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Energy can also be transferred from place to place by electrical currents [omission] 	<p><u>Relationship Between Energy and Forces</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · When objects collide, the contact forces transfer energy so as to change the objects' motions. <p><u>Energy in Chemical Processes and Everyday Life</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · The expression "produce energy" typically refers to the conversion of stored energy into a desired form for practical use. 	<p><u>Earth Materials and Systems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · Rainfall helps to shape the land and affects the types of living things found in a region. · Water, ice, wind, living organisms, and gravity break rocks, soils, and sediments into smaller particles and move them around. <p><u>Plate Tectonics and Large-Scale System Interactions</u></p> <ul style="list-style-type: none"> · The locations of mountain ranges, deep ocean trenches, ocean floor structures, earthquakes, and volcanoes occur in patterns. [omission]

5	<p><u>Energy in Chemical Processes and Everyday Life</u></p> <ul style="list-style-type: none"> The energy released from food was once energy from the sun that was captured by plants in the chemical process that forms plant matter (from air and water). <p><u>Organization for Matter and Energy Flow in Organisms</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Food provides animals with the materials they need for body repair and growth and the energy they need to maintain body warmth and for motion. 	<p><u>Organization for Matter and Energy Flow in Organisms</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Plants acquire their material for growth chiefly from air and water. <p><u>Interdependent Relationships in Ecosystems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> A healthy ecosystem is one in which multiple species of different types are each able to meet their needs in a relatively stable web of life. <p><u>Cycles of Matter and Energy Transfer in Ecosystems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Matter cycles between the air and soil and among plants, animals, and microbes as these organisms live and die. 	<p><u>Earth and the Solar System</u></p> <ul style="list-style-type: none"> The orbits of Earth around the sun and of the moon around Earth...[omission] <p><u>Earth Materials and Systems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Earth's major systems are the geosphere, the hydrosphere, the atmosphere, and the biosphere. [omission] The ocean supports a variety of ecosystems and organisms, shapes landforms, and influences climate. <p><u>Human Impacts on Earth Systems</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Human activities in agriculture, industry, and everyday life have had major effects on land, vegetation, streams, oceans, air, and even outer space.
---	---	--	--

어떻게 이용하는지를 다루고 광합성의 과정 중 관여하는 물질, 그 결과 등을 학습한다. 그리고 유기체 내에서 음식이 일련의 화학적 과정을 통해 새로운 분자의 생성, 성장, 에너지 방출 등의 내용이 제시되어 있다.

'시스템'과 '에너지' 핵심 개념을 중심으로 살펴본 결과, 미국의 NGSS는 학습발달과정에 대한 연구 결과를 토대로 종적과 횡적인 연계성을 잘 반영하여 개발되었다(Lee & Yeo, 2015). 초등학교 저학년에서부터 고학년 그리고 중학교까지 학습하는 개념이 위계 관계가 잘 고려되어 있고 계속적이고 연속적인 측면에서 종적 연계성이 잘 고려되어 있다. 내용 영역이 물상과학, 생명과학, 지구와 우주과학으로 구분되어 있지만 동일 학년 내에서 영역 간 개념의 연결이나 횡적 연계성도 높은 것으로 나타났다.

4) 뉴질랜드 교육과정에서 제시하고 있는 '시스템'과 '에너지' 핵심 개념과 관련된 내용 요소 및 연계성

뉴질랜드의 과학과 교육과정은 네 개의 내용 영역인 'Living World', 'Planet Earth and Beyond', 'Physical World', 'Material World'로 구분하여 제시하고 있다. 다른 국가와 다르게 뉴질랜드는 생명과학, 지구과학, 물상과학 등과 같은 명칭을 사용하지 않고 학생들에게 친숙하게 명명을

했으며 이와 같은 내용 요소 이외에 과학과 관련된 기능적인 측면(예, 이해하기, 탐구하기, 의사소통하기, 참여하기, 기여하기)을 제시하고 있다. 이 교육과정에서는 과학적 개념이나 내용을 학년별로 제시하지 않고 8개의 수준(level)으로 구분하였다. 각 수준은 하나 이상의 학년에 걸쳐서 다루어진다. 예를 들어, 'Planet Earth and Beyond' 내용 영역의 가장 핵심적인 개념의 틀은 '시스템'이다. 수준 1에서 수준 8까지에는 3개의 핵심 개념인, 'Earth Systems', 'Interacting Systems', 'Astronomical Systems'을 모두 동일하게 적용하면서 내용을 제시하고 있다. 다만, 수준 7과 8에서는 'Earth Systems'과 'Interacting Systems'의 핵심 개념을 통합하여 상호작용과 상호연관성에 더 초점을 두는 것으로 해석된다.

Planet Earth and Beyond에 대한 하위 핵심 개념별로 내용 요소를 살펴보면, 뉴질랜드는 다른 국가와 유사하게 지구와 우주 시스템을 다루고 있는데, 큰 차이점은 세 가지 'Earth Systems', 'Interacting Systems', 'Astronomical Systems'의 핵심 개념과 관련된 내용을 모든 수준에서 위계를 갖추고 연속적으로 다루고 있으며 같은 수준 내에서도 적합한 내용과 범위를 제시하고 있다는 것이다. 이는 시스템 개념의 종적인 연계성과 횡적인 연계성이 모두 고려되어 학년별이 아닌 수준별로 제시하고 있음을 확인하였다(Table 6).

Table 6. Essential contents related to system in the area of Planet Earth and Beyond in the New Zealand's science curriculum (New Zealand Ministry of Education, 2007a, 2007b)

Planet Earth and Beyond			
Level*	Earth Systems	Interacting Systems	Astronomical Systems
1~2	· Explore and describe natural features and resources.	· Describe how natural features are changed and resources affected by natural events and human actions.	· Share ideas and observations about the Sun and the Moon and their physical effects on the heat and light available to Earth.
3	· Appreciate that water, air, rocks and soil, and life forms make up our planet and recognise that these are also Earth's resources.	· Investigate the water cycle and its effect on climate, landforms, and life.	· Investigate the components of the solar system, developing an appreciation of the distances between them.
4	· Develop an understanding that water, air, rocks and soil, and life forms make up our planet and recognise that these are also Earth's resources.	· Investigate the water cycle and its effect on climate, landforms, and life.	· Investigate the components of the solar system, developing an appreciation of the distances between them.
5	· Investigate the composition, structure, and features of the geosphere, hydrosphere, and atmosphere.	· Investigate how heat from the Sun, the Earth, and human activities is distributed around Earth by the geosphere, hydrosphere, and atmosphere.	· Investigate the conditions on the planets and their moons, and the factors affecting them.
6	· Investigate the external and internal processes that shape and change the surface features of New Zealand.	· Develop an understanding of how the geosphere, hydrosphere, atmosphere, and biosphere interact to cycle carbon around Earth.	· Investigate the interactions between the solar, lunar, and Earth cycles and the effect of these on Earth.
7	· Develop an understanding of the causes of natural hazards and their interactions with human activity on Earth.		· Explain the nature and life cycles of different types of stars in terms of energy changes and time.
8	· Develop an in-depth understanding of the interrelationship between human activities and the geosphere, hydrosphere, atmosphere, and biosphere over time.		· Explore recent astronomical events or discoveries, showing understanding of the concepts of distance and time.

* Years and Curriculum Levels: Level 1 (Y1~Y3), Level 2 (Y2~Y6), Level 3 (Y4~Y8), Level 4 (Y6~Y10), Level 5 (Y8~Y12), Level 6 (Y9~Y13), Level 7 (Y11~Y13), Level 8 (Y12~Y13)

구체적으로 살펴보면, 수준 1~2에서는 자연의 특징과 자원에 대해 탐색하고, 자연 현상과 인간의 활동에 의해 어떻게 자연과 자원이 영향을 받는지에 대해 다룬다. 수준 3과 4에서는 지구 행성을 구성하고 지구시스템의 하위 구성 요소인 물, 공기, 암석, 토양, 생명에 대해 감사 의식이나 지구의 자원임을 인지(수준 3)하는데 초점을 두고 있으며 이와 같은 내용을 이해하는 것은 수준 4에 해당한다. 즉, 단순한 지식의 이해나 학습(수준 4)이 이루어지기 전에 지구과학적 소양(Lee, 2011b; Mayer, 1995, 2002)에 해당되는 감사 의식이나 심미적인 내용(수준 3)을 먼저 다루고 있다. 아울러, 수준 3~4에서는 물의 순환을 탐구하고 이 순환이 기후, 지형, 생명에 미치는 영향을 학습한다. 수준 5에서는 지구시스템의 하위 구성 요소인 지권, 수권, 기권이라는 용어를 사용하고 이들의 구성, 구조, 특징에 대해 탐구한다. 상호작용하는 시스템과 관련된 내용은 하위 권역과 열의 분배이다. 태양, 지구, 인간 활동 간 열이 어떻게 분포되어 있는지를 다룬다. 수준 6에서는 뉴질랜드의 지표의 특징에 초점을 두고 지형 형성과 변화 과정을 내·외부적인 과정에 대해 학습한다. 상호작용 측면에서는 지구 내의 탄소 순환을 개념을 도입하여 각 권역에서 어떻게 상호작용하는지에 대해 다룬다(Lee & Lee, 2017; Mohan *et al.*, 2009). 앞서 기술한 것처럼 수준 7과 8에서는 'Earth Systems'과 'Interacting Systems'의 두 핵심 개념이 통합되어 내용이 제시되어 있다. 예를 들어, 수준 7에서는 자연 재해의 원인과 지구에 대한 인간 활동과의 상호 작용, 수준 8에서는 지구의 하위 권역(지권, 수권, 기권, 생물권)과 인간 활동 사이에 시간에 따라 상호연관성을 심화하여 다루고 있다. 즉, 지구 시스템의 하위 권역과 상호작용, 인간 활동과의 상호연관성을 강조하여 다루고 있다.

다음으로 '천문 시스템'에 대한 내용 위계를 수준 별로 살펴보면, 수준 1~2에서는 태양, 달에 대한 생각과 관찰을 토대로 지구에 가용한 열과 빛의 효과에 대해 다룬다. 수준 3~4에서는 태양계 내의 거리 개념에 초점을 두고 태양계 구성 요소에 대해 탐구한다. 수준 5에서는 태양계 내의 행성의 조건

과 위성에 대해 탐구하고 이들 행성에 영향을 주는 요인을 다룬다. 수준 6에서는 태양, 달, 지구의 주기(공전, 자전 등) 사이에 상호작용과 지구에 미치는 효과에 대해 학습한다. 수준 7에서는 태양계를 벗어나 우주에 대해 다룬다. 우주 내에서 에너지의 변화와 시간에 초점을 두고 별의 유형에 따른 별의 생애 주기와 특징에 대해 다룬다. 수준 8에서는 수준 7에 학습한 거리와 시간 개념과 관련지어 최근의 천문학적 사건 또는 발견을 탐색한다. 이처럼 천문 시스템의 내용 제시도 역시 횡적인 연계성을 고려하여 개념의 수준과 연속성을 고려하였다.

'Living World' 영역에서도 'Planet Earth and Beyond' 내용 영역과 마찬가지로 시스템, 상호작용, 과정 등이 강조되어 있다(Table 7). 수준 1에서 수준 8까지에는 3개의 핵심 개념인, 'Life processes', 'Ecology', 'Evolution'을 모두 동일하게 적용하면서 내용을 제시하고 있다. 다만, 수준 7과 8에서는 이들 핵심 개념을 모두 통합하여 적용하고 있다. 이 영역은 생명과학과 관련된 내용을 생태계, 생명과 관련된 과정, 진화를 상호 연계하여 다루고 있다. 특히 생태계의 핵심 개념의 내용은 시스템사교의 수준을 반영하고 있다(Kwon *et al.*, 2011; Senge, 2012). 예를 들어, 수준 1~2에서 생태계의 가장 기본적인 요소인 실생활 주변의 생명체의 서식지에 대해 인지하고, 수준 3~4에서는 생명체가 어떻게 특정한 서식지에서 생활하고 환경의 변화에 반응하는지를 다룬다. 수준 5에서는 생태계에서 인간을 포함한 생명체의 상호의존성에 대해 탐구한다. 이 수준에서는 시스템 내의 구성 요소 간 상호작용이나 의존성에 대해 강조하고 있다. 수준 6에서는 뉴질랜드의 생태계에 초점을 맞추어 자연적인 사건이나 인간이 생태계에 미치는 영향에 대해 탐구한다. 수준 7에서는 생태 분포의 패턴을 탐구하고 이들 패턴에 대한 가능한 원인을 학습한다. 아울러, 이 수준에서는 생태계와 진화를 통합하는 '상호작용'에 대한 내용을 제시하고 있다. 즉, 생태학적 요인과 자연 선택 사이의 상호작용이 어떻게 집단 내의 유전적 변이를 일으키는지에 대한 내용이다. 끝으로 수준 8에서는 3개의 핵심 개념을 모두 아우르는 내용을 제시하고 있다. 대표적인 내용은 생명체와

Table 7. Essential contents related to system in the area of Living World in the New Zealand's science curriculum (New Zealand Ministry of Education, 2007a, 2007b)

Level*	Living World		
	Life processes	Ecology	Evolution
1~2	<ul style="list-style-type: none"> · Recognise that all living things have certain requirements so they can stay alive. 	<ul style="list-style-type: none"> · Recognise that living things are suited to their particular habitat. 	<ul style="list-style-type: none"> · Recognise that there are lots of different living things in the world and that they can be grouped in different ways. · Explain how we know that some living things from the past are now extinct.
3	<ul style="list-style-type: none"> · Recognise that there are life processes common to all living things and that these occur in different ways. 	<ul style="list-style-type: none"> · Explain how living things are suited to their particular habitat and how they respond to environmental changes, both natural and human induced. 	<ul style="list-style-type: none"> · Begin to group plants, animals, and other living things into science-based classifications. · Explore how the groups of living things we have in the world have changed over long periods of time and appreciate that some living things in New Zealand are quite different from living things in other areas of the world.
4	<ul style="list-style-type: none"> · Recognise that there are life processes common to all living things and that these occur in different ways. 	<ul style="list-style-type: none"> · Explain how living things are suited to their particular habitat and how they respond to environmental changes, both natural and human-induced. 	<ul style="list-style-type: none"> · Investigate the components of the solar system, developing an appreciation of the distances between them.
5	<ul style="list-style-type: none"> · Identify the key structural features and functions involved in the life processes of plants and animals. · Describe the organisation of life at the cellular level. 	<ul style="list-style-type: none"> · Investigate the interdependence of living things (including humans) in an ecosystem. 	<ul style="list-style-type: none"> · Describe the basic processes by which genetic information is passed from one generation to the next.
6	<ul style="list-style-type: none"> · Relate key structural features and functions to the life processes of plants, animals, and microorganisms and investigate environmental factors that affect these processes. 	<ul style="list-style-type: none"> · Investigate the impact of natural events and human actions on a New Zealand ecosystem. 	<ul style="list-style-type: none"> · Explore patterns in the inheritance of genetically controlled characteristics. · Explain the importance of variation within a changing environment.
7	<ul style="list-style-type: none"> · Explore the diverse ways in which animals and plants carry out the life processes. 	<ul style="list-style-type: none"> · Explore ecological distribution patterns and explain possible causes for these patterns. · Explain how the interaction between ecological factors and natural selection leads to genetic changes within populations. 	<ul style="list-style-type: none"> · Understand that DNA and the environment interact in gene expression.
8	<ul style="list-style-type: none"> · Understand the relationship between organisms and their environment. · Explore the evolutionary processes that have resulted in the diversity of life on Earth and appreciate the place and impact of humans within these processes. · Understand how humans manipulate the transfer of genetic information from one generation to the next and make informed judgments about the social, ethical, and biological implications relating to this manipulation. 		

* Years and Curriculum Levels: Level 1 (Y1~Y3), Level 2 (Y2~Y6), Level 3 (Y4~Y8), Level 4 (Y6~Y10), Level 5 (Y8~Y12), Level 6 (Y9~Y13), Level 7 (Y11~Y13), Level 8 (Y12~Y13)

그들의 환경 사이의 관계를 이해하고, 생명체의 다양성을 유발한 진화 과정에 대해 탐구한다. 그리고 이들 과정 내에서 인간에 의한 유전적 조작이 사회적, 윤리적, 생물학적으로 어떻게 영향을 주는지에 대해 학습한다. 뉴질랜드의 생명과학과 관련된 내용에서도 종적 연계성이 다른 나라와 비교하여 높은 수준으로 반영되어 있음을 확인할 수 있고 횡적 연계성 또한 수준이 올라갈수록 더 강화되고 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 우리나라를 포함한 5개국(캐나다, 뉴질랜드, 싱가포르, 미국, 한국)의 과학과 교육 과정에 대한 연계성의 비교 분석을 통해서 우리나라 2015 개정 교육과정의 연계성에 대한 시사점을 도출하는데 있다. 5개국의 교육과정(또는 수준)을 대상으로 핵심 개념인 '시스템'과 '에너지'의 내용 요소와 종적·횡적 연계성을 분석하였다. 이 연구 결과의 핵심적인 내용을 정리하고 논의하면 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 분석한 캐나다, 싱가포르, 미국은 과학과 교육과정에 기술/공학적인 실습, 설계 기반이 문제해결과정을 통해 내용을 연계하거나 통합적으로 다루고 있다. 캐나다의 경우 과학과 기술을 연계하여 새로운 교과를 구성하고 있으며, 과학과 기술에 대한 내용 연계는 물론이고 두 교과 간 횡적, 종적 연계성이 더 체계적으로 반영되어 있다. 즉, 과학에서 다루는 개념과 원리가 기술/공학에서 어떻게 적용되고 사용되는지에 초점을 두고 연계되어 있다. 우리나라의 경우는 과학과 실과(기술·가정) 교육과정이 별도로 개발되어 있으며 두 교과 간의 다루고 있는 내용 수준과 범위 연계성의 고려가 미비한 것으로 분석되었다. '시스템' 개념을 중심으로 분석해보면 두 교과 간 연계성은 물론 내용 중복성도 낮은 것으로 나타났다. 기술에서는 기술/공학적인 내용의 특성을 토대로 세부 영역(예, 제조, 건설, 생명, 수송, 통신 기술 시스템)을 시스템적으로 체계화(예, 입력, 과정, 출력 등)하여 설명하고 있다.

과학의 경우 지구나 우주에서 일어나는 자연 현상 또는 생명과 관련된 현상, 사건 등을 체계적으로 설명하기 위해 시스템의 개념이 적용(예, 태양계, 생태계, 순환계, 소화계 등)되고 있다. 최근 들어 OECD 국가를 비롯한 선진국들은 과학과 기술 교과 간 통합이나 연계를 강화시키고 있다. 미래의 4차 산업혁명과 융합기술적인 시대를 대비하고 인재 양성을 위해서는 우리나라의 초등학교부터 과학과 기술을 교과를 연계하여 기술/공학적인 소양과 역량의 함양, 문제해결력 증진을 추구하는 것이 필요하다.

둘째, '시스템'은 교육과정의 체계적인 내용 구성과 연계성을 강화하기 위해 핵심 개념으로 적용되고 있다. 특히, 과학의 내용 영역 중 '지구와 우주 과학'의 분야에서는 지구시스템이 내용 구성의 핵심적인 틀로서 적용되고 있고 시스템적인 특성이 반영되어 있다. 특히 뉴질랜드의 과학과 교육과정은 지구시스템, 상호작용, 우주 시스템과 관련된 내용을 모든 학년에 공통적으로 적용하고 있어서 횡적, 종적 연계성이 가장 잘 갖추어져 있다. 또한 내용 요소를 학년별로 제시하지 않고 8개의 수준으로 구분하여 제시하고 있어서 최근 과학 교육 분야에서 중요하게 다루는 학습발달과정의 연구 결과와 성과를 반영하고 있다. 학습발달과정은 과학의 핵심 개념과 탐구 과정을 단계적으로 나타낸 체계적이고 논리적인 틀이다(Maeng *et al.*, 2013; Mohan *et al.*, 2009; NRC, 2007; Stevens *et al.*, 2010). 학습발달과정은 학생들의 과학 개념과 탐구 활동에 대한 이해 수준과 발달 단계를 제시하므로 교육과정 개발에 기초적인 자료를 제공할 수 있고(Breslyn *et al.*, 2016; NRC, 2007, 2013; Shin *et al.*, 2014), 종적 및 횡적 연계성을 위한 핵심적인 기준이 될 수 있다(Lee & Yeo, 2015). 2015 개정 과학과 교육과정에서는 '시스템'을 핵심 개념으로 제시하고 있지만 교육과정 개발 과정에서 이 개념과 관련된 학생의 학습발달 단계와 수준의 고려와 시스템 사고에 대한 연구는 부족한 것으로 나타났다(Moon *et al.*, 2004; Moon & Kim, 2007). 우리나라 학생들을 대상으로 학습발달과정의 연구가 필요하며 뉴질랜드 과학과 교육과정에서 제시한 것처럼 '시스템'에 대한 체계적인 학습발달과정 연구가 수행되어 차기

교육과정 개발에 반영되어야 할 것이다.

셋째, 우리나라의 공통교육과정 중 과학과와 실과 교육과정에서 ‘에너지’ 개념에 대한 종적 연계성은 매우 낮고 내용 수준과 범위에 있어서도 횡적 연계성의 고려가 부족한 것으로 나타났다. 과학에서는 에너지 개념이 물리학과 화학 영역에서 주로 다루고 있고 생명과학과 지구과학 영역에서도 생태계나 순환적 개념(예, 물)의 설명 등에서 제한적으로 다루어진다. 즉, ‘에너지’는 ‘시스템’과 비교하여 과학 내 영역 제한적인 특성을 가지는 핵심 개념인 것으로 나타났다(Lee *et al.*, 2014). 그러나 이 연구 결과 다른 나라의 경우 ‘시스템’과 더불어 ‘에너지’는 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학의 내용을 통합적으로 다루기 위해 핵심 개념으로 적용하고 있다. 에너지는 자연현상이나 생명과학적 사건을 물리화학적으로 이해하고 지구시스템 내의 현상을 순환적인 측면에서 시스템과 더 연계하여 체계적으로 다루고 있다. 예를 들어, 싱가포르의 경우 ‘에너지’에 대한 핵심 개념을 적용하여 초등, 중등의 학교급에 따라 과학 내용을 체계적이고 통합적으로 제시하고 있다. 학생들이 에너지에 대한 개념을 ‘상호 작용’의 핵심 개념과 연계(예, 생태계에서 에너지 흐름 과정)하여 학습하고 있다. 캐나다 온타리오의 과학과 기술 교육과정의 경우도 에너지와 시스템 개념을 연계하여 학교급 내의 종적 연계성은 물론이고 횡적 연계성을 고려하여 개발되어 있다(Hogan, 2000; Kim, 2010; Kwon *et al.*, 2011). 우리나라의 교육과정에서는 에너지, 시스템, 상호작용과 같은 핵심 개념을 연계하여 횡적, 종적 연계성의 고려는 미흡한 것으로 나타났지만, 다른 나라의 경우 에너지를 시간과 공간에 제한을 받지 않고 통합적으로 연계 가능한 핵심 개념 또는 통합 개념(Erickson, 2001; Lee *et al.*, 2014; Wiggins & McTighe, 2005)으로 적용하고 있다. 그러므로 우리나라에서도 이와 관련된 현장 연구가 수행되어 우리나라에 적합하고 연계성을 고려한 교육과정을 개발할 필요가 있다.

교육과정의 국제 비교를 통해 2015 개정 과학과 실과 교육과정의 종적 및 횡적 연계성이 부족하다는 것을 살펴보았다. 이 교육과정은 미래의 인재들에게 필요한 핵심 역량이나 문제해결능력의 함양을 위해

통합과 융합형 교육을 지향하고 있고, 다양한 핵심 개념을 도입하여 과학 내 교과 영역, 과학 간 다른 교과와의 연계를 추구하고 있다. 이러한 목표를 효과적으로 달성하기 위해서는 과학 교과서는 어떻게 교육과정의 의도와 내용을 실현하고 있는지에 대해 연계성 측면의 후속 연구가 필요하며, 학교 현장과 학생을 대상으로 학습발달과정과 관련된 연구가 필요할 것이다. 또한 더 많은 국가들을 대상으로 국제 비교의 연구가 수행되면 우리나라 교육과정에 시사점을 도출할 수 있을 것이다. 이러한 연구 성과들이 종합되면 시스템과 같은 핵심 개념의 수준, 범위, 위계, 연계 방안 등을 구체적이고 체계적으로 제시할 수 있고 보다 질 높은 과학과 교육과정을 개발하고 적용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005a). A study of junior high students' perceptions of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 366-373.
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005b). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540-563.
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2010a). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540-563.
- Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2010b). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1253-1280.
- Berlin, D. F., & Lee, H. (2005). Integrating

- science and mathematics education: Historical analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15-24.
- Breslyn, W., McGinnis, R., McDonald, R., & Hestness, E. (2016). Developing a learning progression for sea level rise: A major impact of climate change. *Journal of Research In Science Teaching*, 53(10), 1471-1499.
- Cho, J., Dong, H., Ok, H., Rim, H., Jung, H., Son, S., & Bae, J. (2012). *Programme for International Student Assessment (PISA 2012): Main survey technical report*. Seoul, Korea : Korea Institute of Curriculum and Evaluation.
- Choi, J. & Lee, S-Y. (2013). A comparison of the 2009 revised social studies curriculum in South Korea and the 2010 revised NCSS social studies curriculum in the United States. *The Journal of Yeolin Education*, 21(2), 233-258.
- Department for Education. (2011). *The framework for the national curriculum. A report by the expert panel for the national curriculum review*. London, England: Author.
- Department for Education. (2013). *The national curriculum in England: Framework document for consultation*. London, England: Author.
- Erickson, H. L. (2001). *Stirring the head, heart, and soul: Refining curriculum and instruction* (2nd Ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Fogarty, R. (1991). *How to integrate the curricula*. New York, NY: Skylight.
- International Technology Education Association [ITEA]. (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: Author.
- Jeong, J., & Kim, Y. J. (2008). The Earth systems perceptions about water cycle of the elementary pre-service teachers. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(4), 319-327.
- Kali, Y., Orion, N., & Eylon, B. S. (2003). Effect of knowledge integration activities on students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 545-556.
- Kim, J. (2006). An investigation on the concept of curriculum continuity. *The Journal of Curriculum Studies*, 24(4), 83-108.
- Kim, J., Park, S., Choi, J., & Lee, H. (2013). *International comparative studies on the sequence and integrity of elementary and secondary school curricula* (Research report RRC 2013-3). Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Kim, Y. J., & Jeong, J. (2014). Understandings on the cycle as a substance and ESE. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 21-32.
- Kim, S. (2010). *Systems thinking and scenario planning*. Cheongju: CBNU Press.
- Kwon, Y., Kim, W., Lee, H., Byun, J., & Lee, I. (2011). Analysis of biology teachers' systems thinking about ecosystem. *Biology Education*, 39(4), 529-543.
- Lee, H. (2011a). Analysis on the theoretical models related to the integration of science and mathematics education: Focus on four exemplary models. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(3), 475-489.
- Lee, H. (2011b). Middle School Students' Understanding about Earth systems to Implement the 2009 revised National Science Curriculum Effectively. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32(7),

- 798-808.
- Lee, H., & Lee, H. (2017). Analysis and Effects of High School Students' Systems Thinking Using Iceberg(IB) Model. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(4), 611-624.
- Lee, H., Oh, Y., Kwon, H., Park, K., Han, I., Jeong, H., Lee, S., Oh, H., Nam, J., Seo, B., & An, H. (2011). Elementary school teachers' perceptions on integrated education and integrative STEM education. *Korean Journal of Teacher Education*, 27(4), 117-139.
- Lee, H., Park, K., Kwon, H., & Seo, B. (2013). Development and implementation of engineering design and scientific inquiry-based STEM education program. *Korean Journal of Teacher Education*, 29(3), 301-326.
- Lee, H., Park, B., Jeon, J., & Lee, H. (2016). International comparison study on the science curriculum about articulation of the 'light' and 'electricity' concept. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 20(4), 1-14.
- Lee, H., & Yeo, C. (2015). International comparison study on the articulation of the science curriculum: Focus on the concept of photosynthesis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(5), 805-815.
- Lee, Y. (2004). Analysis of curriculum development processes and the relationship between general statements of the curriculum and science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(3), 468-480.
- Lee, Y., Yoon, H., Song, J., & Bang, D. (2014). Analysis of science educational contents of Singapore, Canada and US focused on the integrated concepts. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 21-32.
- Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, 35(1), 22-18.
- Hung, W. (2008). Enhancing system thinking skills with modelling. *British Journal of Educational Technology*, 39(6), 1099-1120.
- Ison, R. (1999). Applying systems thinking to higher education. *Systems Research and Behavioral Science*, 16, 107-112.
- Jeong, E. (2012). Analysis of related contents on science and Technology & Home Economics subjects and application plan of subject cluster in middle school according to the 2009 Revised Curriculum. *Journal of Science Education*, 36(1), 141-152.
- Maeng, S., Seong, Y., & Jang, S. (2013). Present states, methodological features, and an exemplar study of the research on learning progressions. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 161-180.
- Mayer, V. J. (1995). Using the Earth system for integrating the science curriculum. *Science Education*, 79, 375-391.
- Mayer, V. J. (Ed.). (2002). *Global science literacy*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Ministry of Education [MOE]. (2014). *2014 STEAM performance presentation report*. Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education [MOE]. (2015a). *Practical Arts(Technology-Home Economics) curriculum* [vol. 10]. Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education [MOE]. (2015b). *Science*

- curriculum* [vol. 9]. Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education, Science and Technology [MEST]. (2012a). *Practical Arts* (Technology-Home Economics) curriculum. Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education, Science and Technology [MEST]. (2012b). *Science curriculum*. Seoul, Korea: Author.
- Mohan, L., Chen, J., & Anderson, C. W. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 675-698.
- Moon, B., Jeong, J., Kyung, J., Koh, Y., Youn, S., Kim, H., & Oh, K. (2004). Related conceptions to earth system and applying of systems thinking about carbon cycle of the preservice teachers. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 25, 684-696.
- Moon, B., & Kim, H. (2007). A Study on the Abilities and Characteristics of the Systems Thinking for Pre-service Elementary Teachers. *Korean System Dynamics Review*, 8(2), 235-252.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council [NRC] (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- New Zealand Ministry of Education (2007a). *New Zealand curriculum*. Wellington, New Zealand: Author.
- New Zealand Ministry of Education (2007b). *Primary and secondary Level(1-8) curriculum*. Wellington, New Zealand: Author.
- O'Connor, J. & McDermmot, I. (1997). *The art of systems thinking: Essential skills for creativity and problem solving*. London, England: Thorsons Publishers.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2010). *PISA 2009 results: What students know and can do* (Vol. 1). Paris, France: Author.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2014). *PISA 2012 results: what student know and can do: Student performance in mathematics, reading and science* (Volume I, Revised edition, February 2014). Paris, France: Author.
- Ontario Ministry of Education. (2007). *The Ontario curriculum, grades 1-8: Science and Technology*. Ontario, Canada: Queen's Printer for Ontario.
- Ontario Ministry of Education. (2008). *The Ontario curriculum, grades 9 and 10: Science*. Ontario, Canada: Queen's Printer for Ontario.
- Pang, J., & Good, R. (2000). A review of the integration of science and mathematics: Implications for further research. *School Science and Mathematics*, 10(2), 73-81.
- Park, J. (2014). Analysis for the duplication of achievement standards between science and other subjects in the 2009 revised national curriculum. *Journal of Science Education*, 38(2), 231-243.
- Sanders, M., Kwon, H., Park, K., & Lee, H. (2011). Integrative STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education: Contemporary trends and issues. *Secondary Education*

- Research*, 59(3), 729-762.
- Senge, P. M. (1996). *The fifth discipline: Fieldbook*. New York, NY: Broadway Business.
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art & practice of the learning organization*. New York, NY: Crown Business.
- Sim, W., Lee, H., & Park, K. (2017). The analysis of duplicated contents and sequence between Science and Technology·Home Economics curricular and textbooks in middle school about 'digestion' and 'energy'. *Journal of Science Education*, 41(1), 1-15.
- Stevens, S. Y., Delgado, C., & Krajcik, J. S. (2010). Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 687-715.
- Suh, Y., (2008). An analysis of sequence of Earth Science content in elementary school curriculum in Korea and the U.S. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(4), 356-370.
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). Alexandria, VA: ASCD.

국 문 요 약

이 연구의 목적은 우리나라를 포함한 5개국(캐나다, 뉴질랜드, 싱가포르, 미국, 한국)의 과학과 교육과정에 대한 연계성의 비교 분석을 통해서 우리나라 2015 개정 교육과정의 연계성에 대한 시사점과 제안을 도출하는데 있다. 국가 교육과정정보센터(NCIC)에서 수집한 각 나라의 교육과정 문서를 분석 대상으로 핵심 개념인 '시스템'과 '에너지'의 내용 요소와 종적·횡적 연계성을 비교 분석하였다. 연구 결과에 따르면 핵심 개념인 시스템과 에너지는 국제적으로 교육과정 연계성을 위해 적용되고 있다. 대부분의 국가에서 시스템은 과학과 기술 또는 다른 내용과 통합하기 위한 틀로 사용되고 있다. 특히, 지구와 우주과학 내용 영역의 횡적과 종적인 연계성을 강화하는데 적용되고 있다. 핵심 개념인 시스템에 대한 비교 결과는 뉴질랜드의 경우 수준을 토대로 학년과 교과 사이의 연계성을 위해 시스템과 인간 활동 간의 상호관련성, 시스템의 상호작용, 시스템의 특성에 초점을 두고 있다. 캐나다나 싱가포르의 경우, 과학과 기술 내용에 대한 연계성을 강화하기 위해 통합적으로 구성되어 있다. 그러나 2015 개정 교육과정은 시스템과 에너지 개념이 특정 학년과 내용 영역에만 한정되어 있어서 연계성의 부족한 것으로 나타났다. 교육과정은 그 수준에 따라 다양한 학년을 위해 체계적으로 개발되어 있지 않다. 결론적으로 한국의 과학과 교육과정은 충분한 학생의 학습에 대한 충분한 이해와 학습발달과정과 연계성에 대한 연구가 필요하다. 아울러, 학생들의 핵심 역량과 능력을 배양하고 과학 교육을 향상시키기 위해 횡적과 종적인 연계성을 기초로 교육과정을 구성하는 것이 중요하다.

주제어: 2015 개정 교육과정, 교육과정 연계성, 횡적 연계성, 종적 연계성, 핵심 개념, 시스템, 에너지, 캐나다, 뉴질랜드, 싱가포르, 미국