Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

2015 개정 과학과 교육과정의 '기능'에 대한 비판적 검토

권문호[1], 박종석[2*]
[1]경북대학교사범대학부설고등학교, [2]경북대학교

Critical Review of 'Skills' in the 2015 Revised Science National Curriculum

Munho Kwon[1], Jongseok Park[2*]
[1]Kyungpook National University High School, [2]Kyungpook National University

ARTICLE INFO

Article history:
Received 17 February 2020
Received in revised form
8 April 2020
20 April 2020
Accepted 21 April 2020

Keywords:
skill, science and engineering practice, NGSS, contents system

ABSTRACT

The 'core concepts', 'generalized knowledge', and 'skills' are newly introduced in the 'contents system' of the 2015 revised national curriculum, and the 'skills' are not clearly defined in the science curriculum. There is a problem of uniformly presenting 'skills' in all 'areas' of science subjects. In this study, it was intended that the teachers' clear understanding of the 'skills' and the philosophy of the revised curriculum would be applied to the school classrooms through the critical problem recognition and consideration of 'skills' newly introduced in the 'contents system' of the 2105 revised science curriculum. First, we reviewed 'science and engineering practice' in the NGSS, which was a reference to the introduction to the curriculum, and identified the problems of 'skills' presented in the science curriculum. It also analyzed critically by comparing 'skills' and 'practices' with other subjects and previous curriculum. Based on this critical analysis, we suggested the following. First, introduce 'skills' items that can implement scientific key competencies, and clearly define each item. Second, present 'skills' that are appropriate according to the subject, 'area', 'core concept', and grade(group) and describe in detail how to apply 'skills' and, third, present 'skills' directly in 'achievement standards'.

Ⅰ. 서론

1. 연구 배경

우리나라의 교육과정은 국가 수준의 교육과정으로 초·중등학교에서 편성·운영하여야 할 학교 교육과정의 교육 목표와 내용, 방법과 운영, 평가 등에 관한 국가 수준의 기준 및 지침이 제시되어 있으며, 법적 구속력을 갖는 동시에 교육의 목표 달성에 필요한 교육적 기준으로 매우 중요한 의미를 갖는다(MOE, 2015a). 그러므로 교육과정의 최종적 실천자인 교사가 교육 내용과 방법을 결정하고 평가를 어떻게 실시한 것인지를 결정함에 있어 그 기준과 지침이 되는 교육과정에 대해 이해하는 것은 매우 중요하다. 제5차 교육과정까지 목표와 내용, 지도상의 유의점 중심으로 형성되어 있던 교육과정의 문서 체제는 제6차 교육과정에서 '영역'과 '내용'으로 구성된 '내용 체계'를 도입하면서 각 교과 교육과정의 전체상과 계통성이 명료화되었다(Min *et al.*, 2018). 이후 교육과정 문서상의 '내용 체계'는 2009 개정 교육과정까지 큰 변화가 없었으나, 2015 개정 교육과정의 도입과 함께 '핵심 개념', '일반화된 지식', '기능'이라는 항목이 새롭게 추가되었다(Min *et al.*, 2018; MOE, 2015b). 이러한 교육과정 문서 체제의 큰 변화는 교과 교육과정별 일관성 결여와 주제 중심의 내용 제시 방식의 재고에서 시작되었으며, 이를 개선하기 위해 문서의 체계화 및 '핵심 개념' 도입 방안이 제시되었다(Lee *et al.*, 2014). '핵심 개념'의 도입은 2015 개정 교육과정의 개정 방향인 '학습량의 적정화'에서 기인한다(MOE, 2015a). '학습량의 적정화'는 교육과정 개정 때마다 언급되었으나, 2015 개정 교육과정에서는 이전의 단순한 양의 축소에서 벗어나 질적 적정화를 위해 교과의 핵심 개념을 중심으로 교과의 교육과정을 재구조화하고자 하였으며, 이를 위해 "교과의 전체적인 구조를 보여줄 수 있는 근본적인 아이디어에 해당하는 핵심 개념"을 결정하고, 이에 따른 "전체 학교급을 관통하는 일반화된 지식과 기능"을 선정하였다(MOE, 2015a, p.24).

이전의 교육과정 문서보다 '내용 체계'가 더 구체적이고 체계화되었다는 면에서는 긍정적이나, 교육과정 개정 과정에서 총론 연구진은 '내용 체계' 구성에 있어 개별 교과의 특성을 고려하지 않고 각론 연구진에게 무리한 요구를 하게 되었으며(Mo, Kang, & Eun, 2016; Seo, 2015; Seol, 2015; Oh, 2016; Lim & Hong, 2016; Hwang, 2015), 이로 인해 각론 연구진은 교과별 '핵심 개념', '일반화된 지식', '기능' 개념 설정 등에 있어 많은 어려움을 겪게 된다(Chung, 2016; Lee & Jung, 2017; Lim & Hong, 2016; Nam, 2016; Seo, 2015). 총론 연구진에서 제시하는 '기능'을 비롯한 신규 도입 항목의 의미가 명료하지 않고, 총론 연구진과 각론 연구진 사이에 충분한 논의와 협의가 이뤄지지 않아 각 교과마다 이 항목들에 대해 조금씩 다르게 기술되었다는 문제점 또한 제기되었다(Chung, 2016; Jo, 2015; Kim, 2015; Lee & Jung, 2017; Seo, 2015; Seol, 2015). 특히 '기능'은 두 연구진 사이에서 가장 많은 논의가 이루어진 항목으로, '내용 체계'에서 '기능'을 제외해달라는 각론 연구진의 요구에도 불구하고 총론 연구진은 '기능'이 "성취 기준에서 수행기준을 명료화함과 함께 2015 개정 교

* 교신저자 : 박종석 (parkbell@knu.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2020.40.2.151

육과정에서 표방하는 핵심 역량을 구현하는 중요한 통로"로서 중요도가 매우 크다고 판단하여 '내용 체계'에 '기능'을 넣고, 이에 대해 각론 연구진을 이해시키기 위해 많은 노력을 기울였다(Lee *et al*., 2015).

그러나 2015 개정 교육과정의 '내용 체계'에 새롭게 도입된 '기능(skill, practice, process, competency 등)'은 기존에 교육계에서 자주 사용되는 "역할 의미로서의 기능(function)과 교육(목표) 분류 체계로서의 지식・기능・태도에서 사용되는 기능(skill)과는 다른 의미"를 가져(Lee & Jung, 2015, p.10), 교육과정 해설서 없이 단순히 '내용 체계'를 통해 제시된 기능에 대해 현장의 교사가 명확히 이해하는 것은 굉장히 어렵다. 이는 총론 연구진에서 많은 논의를 통해 각론 연구진에게 교과별 '기능'에 대해 "각 교과에서 제시하는 교과 역량을 구현하는 중요한 통로 및 방안"이 될 수 있도록 추출하기를 요구하였음에도 불구하고 대부분의 교과에서 이를 만족시키지 못하였다는 것에서도 기인한다(Lee *et al*., 2015). 2015 개정 교육과정에서는 학교 현장에서 교사들이 학생들로 하여금 교과별 '기능'을 체득할 수 있도록 필요한 수업 활동을 계획하고, 이 수업 활동을 수행할 수 있도록 교수・학습 방법을 강구함으로써 핵심 역량이 구현되리라 기대하지만(Lee *et al*., 2015), '기능'이 갖는 명확한 의미에 대한 이해 없이 이를 현장에서 구현하는 것은 무리가 따른다. 그리고 이미 교사들은 잦은 교육과정의 개정으로 인해 무관심과 피로도가 높은 상태이다(Kim *et al*., 2014). 이러한 상황에서 아무리 개정된 교육과정에서 '미래사회가 요구하는 창의융합형 인재 양성'과 '학습 경험의 질 개선을 통한 행복한 학습의 구현'을 외치더라도 이를 적용해야 할 교사들이 교육과정에 대해 무관심과 낮은 이해도 속에 머문다면, 교육과정 문서는 단순히 형식적인 문서로만 남게 된다(Lee & Jung, 2017).

2013년 미국에서 발표한 차세대 과학교육 표준(Next Generation Science Standards, NGSS)은 과학과 교육과정 뿐 아니라 2015 개정 교육과정 전체의 기초적인 토대를 제공하였으며(Lee & Hong, 2017; Lee, Ohn, & Baik, 2014; Song *et al*., 2014), 2015 개정 과학과 교육과정을 보완한 미래 세대를 위한 과학교육표준(Korean science education standards, KSES)의 개발에도 근간이 되는 문서로(Song *et al*., 2014) 우리나라의 교육과정에 상당한 영향을 미치고 있다. 교육과정 개정 초기, 교육과정 개정 연구진은 교과 내용의 적정화를 위한 방안으로 Wiggings & McTighe(2005)의 빅 아이디어(big idea)에 집중하였으며, 이와 함께 NGSS의 '과학・공학 실천(science and engineering practice, SEPs)', '관통 개념(crosscutting concepts, CCs)', '교과 핵심 개념(disciplinary core ideas, DCIs)'을 내용 체계의 토대로 삼는다(Lee & Hong, 2017; Park & Kim, 2019). NGSS는 2012년 미국의 국가 연구 위원회(National Research Council, NRC)에서 유・초・중・고교 과학교육의 체계를 세우기 위해 발표한 '유・초・중등학교 과학교육의 체계(A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas)'를 토대로 한다(NRC, 2012). NRC에서는 '유・초・중등학교 과학교육의 체계'를 통해 기존의 과학교육에 사용되어 오던 '기능(skill)'과 '탐구(inquiry)'라는 용어가 갖는 문제점을 지적하며, 이를 '실천(practice)'이라는 용어로 바꿔야 한다고 주장하였다(NRC, 2012). 그러나 2015 개정 과학과 교육과정에서는 '기능'이라는 용어를 그대로 사용하여 NRC에서 주장하는 '실천'의 의미가 퇴색되었다. 또한 2015 개정 과학과 교육과정의 '문제 인식, 탐구 설계와 수행, 자료의 수집・분석 및 해석, 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증, 결론 도출 및 평가, 의사소통'의 8가지 '기능'은 NGSS의 '과학・공학 실천'의 8가지 항목을 기반으로 하고 있다(Min *et al*., 2018; NGSS Lead States, 2013; Yun, Ko, & Choi, 2018). 그러나 '과학・공학 실천'의 일부 항목에서는 과학과 공학을 구분하여 사용하는데 우리나라 교육과정에는 공학에 해당하는 항목이 과학과 교육과정의 '기능'으로 들어와 있다. 그러므로 과학과 교육과정의 '기능'에 대한 이해는 NGSS의 '과학・공학 실천'의 관점에서 이루어질 필요가 있다.

2015 개정 과학과 교육과정에서는 '기능'을 학교급과 교과, '영역'에 관계없이 모든 과학 교과에서 동일하게 제시하고 있다. 이에 대해 교육과정 개발 과정에서 "근본적으로 '과학'에서 영역에 따른 '기능'을 추출하지 않고, '과학과'의 '기능'을 추출하여 모든 영역에 일률・획일적으로 적용"하고 있음을 문제점으로 총론 연구진의 지적이 있었으나(Lee *et al*., 2015, p.221), 수정 없이 교육과정이 고시되었다. 그리고 총론에서는 '기능'을 '수업 후 학생들이 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력'으로 교과의 다양한 핵심역량을 구현되는 통로로서 정의하고 있으나, 과학과 교육과정 문서에서는 '기능'을 기초 탐구 기능과 통합 탐구 기능을 포함하는 탐구 기능으로 국한시켜(MOE, 2015b) '과학적 탐구 능력'을 나타내는 하위 기능(Yun, Ko, & Choi, 2018)으로 사용하는 문제점을 보이고 있다. 또한 교육과정의 '성취 기준'은 '학생들이 교과를 통해 배워야 할 내용과 이를 통해 수업 후 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력을 결합하여 나타낸 수업 활동의 기준(MOE, 2015b)'으로 학생들이 교과를 통해 배워야 할 내용 요소와 수행 능력을 나타내는 '기능'을 결합하여 구체적으로 기술하도록 정의하고 있으나(Min *et al*., 2018), 일부 교과의 연구에서 확인할 수 있는 것처럼 '성취 기준'에서 수행 능력을 나타내는 '기능'이 올바르게 적용되지 않았다(Chung, 2016; Kim & Kim, 2019; Min *et al*., 2018; Yang, 2019). 그러므로 과학과 교육과정에서 '성취 기준'의 서술어로서 '기능'이 올바르게 이해되고 적용되고 있는지 분석할 필요가 있다.

2. 연구 목적 및 연구 방법

본 연구에서는 2015 개정 교육과정 '내용 체계'의 '기능'에 대하여 비판적 문제 인식 및 반성적 고찰을 통해 교육과정을 현장 학교에 적용하는 교사들의 '기능'에 대한 명확한 이해를 도모하고자 한다. 이는 교육과정이 단지 문서로 위치하기보다는 학교에서 실현될 수 있는 기반이 될 것이다. 첫째, 2015 개정 교육과정, 특히 과학과 교육과정 '내용 체계'의 '기능'의 토대가 되는 NGSS의 '과학・공학 실천'에 대한 분석, 둘째, 이를 우리나라 교육과정의 '기능'과 비교하여 과학과 '기능'의 각 항목 이해, 셋째, 과학과 교육과정과 타 교과 교육과정의 '기능' 제시 방법을 분석한다. 이러한 연구 과정 속에는 과학과 교육과정의 '기능'이 탐구의 의미로 사용되고 있으므로 교육과정의 개정에 따라 탐구 기능에 대한 진술이 어떻게 변화되어 왔는지, 총론에서 제시하는 '기능'의 취지를 2015 개정 과학과 교육과정의 '기능'과 '성취 기준'에서 올바르게 적용하고 있는지 살펴 '기능'의 문제점을 비판적으로 검토한다.

이를 위해 본 연구에서는 교육과정의 개정과 관련된 문헌을 종합적으로 분석하는 방법을 택하였다. 2015 개정 교육과정과 관련하여 굉

장히 많은 전문가들이 투입되었으며, 관련하여 전문가 포럼 자료집과 교육과정 개정을 위한 정부 기관 차원에서의 다양한 연구 보고서가 작성되었다. 이에 본 연구에서는 관련 문헌들을 분석함으로써 2015 개정 교육과정에 새롭게 도입된 '기능'의 도입 배경과 개념에 대해 이해하고자 하였다. 먼저 전문가 포럼 자료집과 2015 개정 교육과정 관련 개발 연구 보고서를 토대로 '기능'이 도입된 배경과 교육과정의 적용에 대해 살펴보았으며, 이와 함께 2015 개정 교육과정 개정에 참여한 연구진들의 연구 논문과 2015 개정 교육과정에 새롭게 도입된 항목들을 비판적으로 분석한 문헌들을 분석하였다.

II. NGSS의 '과학・공학 실천'의 의미

NGSS는 2015 개정 교육과정의 기본 토대가 되는 '핵심 개념'의 근간일 뿐 아니라(Lee & Hong, 2017; Lee, Ohn, & Baik, 2014; Song *et al*., 2014), 2015 개정 과학과 교육과정 내용 체계의 '기능(skills)'에 가장 큰 영향을 주는 문서이다(Park & Kim, 2019;). NGSS는 교육과정이라기보다는 학생들이 과학교육을 통해 도달해야 할 목표를 나타내는 기준으로서(NRC, 2012), 학생들이 무엇을 알아야 하며 무엇을 할 수 있어야 하는가를 진술문 형태로 기술한 '수행 기대(performance expectations, PEs)'를 핵심 내용으로 제시하고 있다(NRC, 2012; Park, & Kim, 2019). 그리고 이러한 목표에 도달하기 위한 학습 방법으로 '과학・공학 실천', '학문 핵심 개념', '관통 개념'의 3가지 차원(3-dimension)을 설정하고 있다. NGSS의 '수행 기대'는 우리나라 교육과정의 '성취 기준', '과학・공학 실천'은 '기능'에 대응된다(Dong, Ha, & Kim, 2015; Jeong & Kang, 2016; Park & Kim, 2019). 그러므로 2015 개정 과학과 교육과정 '내용 체계'의 '기능'에 대해 올바르게 이해하기 위해서는 NGSS의 '과학・공학 실천'에 대한 이해가 반드시 필요하다.

NRC(2012)에서는 과학 교과군을 물리 및 화학(physical sciences), 생명과학(life sciences), 지구 및 우주과학(earth and space sciences), 공학 및 응용과학(engineering, technology, and applications of science)으로 구분하고 있으며, 3가지 차원 중 '과학・공학 실천'에 대해 다음과 같이 기술하고 있다.

> *Dimension 1(scientific and engineering practices) describes (a) the major practices that scientists employ as they investigate and build models and theories about the world and (b) a key set of engineering practices that engineers use as they design and build systems. We use the term "practices" instead of a term such as "skills" to emphasize that engaging in scientific investigation requires not only skill but also knowledge that is specific to each practice*(NRC, 2012, p.30).

즉, NRC에서는 '기능(skills)'과 같은 용어를 사용하지 않고 '실천(practice)'을 사용함으로써 과학적 조사 등을 수행하는데 지식이 필요함을 강조하고자 하였다(NRC, 2012).

Table 1은 NRC에서 1996년 발표한 국가수준 과학 교육 기준(National Science Education Standards, NSES)에 제시된 과학적 탐구를 수행하기 위한 필수 항목(NRC, 1996; Kang & Lee, 2013)과 2012년 발표한 NGSS의 '과학・공학 실천'을 나타낸 것이다.

NSES에서는 과학자들이 자연계를 연구하고 도출된 증거를 바탕으로 다양한 설명 방법을 제안할 때, 관찰, 질문 제기, 책 또는 자료 출처 조사, 조사 계획 설정, 실험적 증거를 바탕으로 검토, 데이터 수집, 분석 및 해석, 답변, 설명 및 자유로운 제안 등의 방법을 제시하였다(NRC, 1996). 이를 바탕으로 과학적 탐구에 대해 Table 1과 같이 5개의 필수 항목들을 제시하였다(NRC, 1996; NRC, 2000; Kang & Lee, 2013). 그러나 시간이 지나면서 '탐구'라는 용어로 기술되던 과학 수행 과정이 보다 다양한 방식으로 기술되면서 의미가 불분명해질 뿐 아니라, 마치 '탐구 과정'이 하나의 정해진 방법만 존재한다는 생각을 심어줄 수 있다는 점을 우려하며 과학자들의 세계에 대한 모델 및 이론 조사 구축, 공학자들의 시스템에 대한 설계와 구축을 광범위하게 '실천'으로 명명하였다(Jeong & Kang, 2016; Kang & Lee, 2013; NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012).

Table 2는 '과학・공학 실천'의 8개 항목, 과학자와 공학자들의 '실천'에 있어 핵심이 되는 요소와 과학과 공학에서의 그 역할을 나타낸 것이다(NRC, 2012). 8가지 실천 중 1, 6번 항목은 과학에 해당하는 내용과 공학에 해당하는 내용으로 구분된다. NRC는 과학과 공학이 지속적으로 서로 영향을 주는 밀접한 관계임을 기술하고 있다(NRC, 1996; NRC, 2012). 그러나 과학의 목적이 자연 세계를 이해하기 위한 것임에 비해, 공학의 목적은 사람들의 요구를 충족하기 위해 세계에 변화를 일으키는 것이라고 기술하며 그 차이를 명확히 하고 있으며(NRC, 1996), 과학은 현상(phenomenon)에 대한 탐구(inquiry), 공학은 인간의 요구(human needs)를 위한 설계(design)에서 시작된다고 구분하고 있다(NRC, 2012). 이에 NGSS에서는 '과학・공학 실천'에서 과학에 해당하는 실천(science practice)과 공학에 해당하는 실천(engineering practice)을 엄밀하게 구분하고 있으며, 각 항목에 대해 구체적인 예를 들어 설명하고 있다(NRC, 2012). 예를 들어 과학・공학 실천의 1번 항목인 '질문하고, 문제 규정하기'에 대한 설명으로 과학은 자연 현상에 대한 호기심으로 과학적 질문을 만들고, 공학에서는 인간의 요구를 해결할 수 있는 더 나은 해결 방법을 찾기 위해 문제를 규정하기 때문이라고 설명하고 있다. 과학에서는 '하늘은 왜 파란가?'와 같은 현상에 대한 질문으로 시작되는 것에 반해, 공학에서는 '화석 연료에 대한 국가 의존도를 낮추는 것'과 같은 문제에 대한

Table 1. 'Scientific inquiry' of NSES and 'science and engineering practices' of NGSS(NRC, 1996; NRC, 2012; Kang & Lee, 2013)

과학적 탐구	과학・공학 실천
1. 과학적 문제 제기하기	1. 질문하고(과학) 문제 규정하기(공학)
2. 문제에 대한 답을 구성하기 위한 증거 수집하기	2. 모형 개발하고 사용하기
3. 문제의 답으로서의 설명 구축하기	3. 조사 계획하고 수행하기
4. 구축한 설명을 과학적 배경지식과 연결하기	4. 자료 분석하고 해석하기
5. 과학적 생각을 소통하기	5. 수학 및 전산적 사고 이용하기
	6. 설명 구성하고(과학), 문제 해결 고안하기(공학)
	7. 증거에 입각하여 논의하기
	8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기

Table 2. Key elements in 'scientific and engineering practices' and the role of key elements in science and engineering(NRC, 2012)

과학・공학 실천	핵심 요소	과학	공학
1. 질문하고(과학), 문제 규정하기(공학)	현상(과학), 인간의 요구(공학)	질문하기	문제 규정하기
2. 모형 개발하고 사용하기	모형	현상 설명	시스템 분석
3. 조사 계획하고 수행하기	조사	질문에 답하기	설계 테스트하기
4. 자료 분석하고 해석하기	자료 분석	의미 도출	해결 방안 테스트하기
5. 수학 및 전산적 사고 이용하기	수학	변수 나타내기	설계 개선
6. 설명 구성하고(과학), 문제 해결 고안하기(공학)	이론	설명 구성하기	문제 해결 고안하기
7. 증거에 입각하여 논의하기	이유와 논의	최선의 설명	최선의 해결 방법
8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기	소통	설명 나누기	해결 방법 나누기

규정으로 시작된다. 그리고 2번 항목의 핵심 요소인 모형(models)은 과학에서는 현상을 설명하기 위해, 공학에서는 시스템을 분석하기 위해 필요하므로 '모형 개발하고 사용하기'가, 3번 항목의 조사(investigations)는 과학에서는 질문에 답하기 위해, 공학에서는 설계를 테스트하기 위해 필요하다. 또한 4번 항목의 자료 분석(data analysis)의 경우 과학에서는 조사를 통해 얻어진 자료를 분석함으로써 의미를 도출할 수 있으며, 공학에서는 이를 이용하여 해결 방안을 테스트할 수 있으므로 '자료 분석하고 해석하기'를 실천으로 제시하고 있으며, 5번 항목의 수학(mathematics)은 과학에서 변수를 그래프 또는 관계식 등으로 나타낼 수 있고 공학에서는 설계를 개선하는데 사용되며, 이를 위해 컴퓨터를 이용하게 되므로 '수학 및 전산적 사고 이용하기'라는 '실천'이 제시되고 있다고 설명한다. 그리고 6번 항목인 이론(theories)에 대해 과학에서는 설명을 구성하기 위해, 공학에서는 문제 해결 방법을 고안하기 위해 필요한 요소이므로, '과학・공학 실천'에서도 '설명 구성하기'와 '문제 해결 고안하기'는 각각 과학적 실천과 공학적 실천에 해당하는 항목으로 분리하여 제시하고 있다고 설명한다. 또한 7번 항목의 이유와 논의(reason and argument)는 과학에서 어떠한 현상에 대한 가장 좋은 설명을 찾기 위해, 공학에서는 최선의 해결 방법을 찾아가는 방법으로 사용되며, 마지막 핵심 요소인 소통(communication)은 과학에서 현상에 대한 설명을 나누기 위해, 공학에서는 해결 방법을 나누기 위해 사용되는 요소이며 이에 대해 '정보를 얻고, 평가하고, 소통하기'라는 항목이 제시되고 있다. 이처럼 NGSS에서는 과학과 공학에서의 핵심 요소와 이에 대한 과학과 공학에서의 역할을 바탕으로 구체적인 '실천'을 제시하고 있다.

Ⅲ. NGSS의 '과학・공학 실천'과 2015 개정 교육과정의 '기능'의 비교

1. '과학・공학 실천'과 '기능'의 항목 비교

2015 개정 과학과 교육과정에서는 '기능'의 각 항목에 대한 구체적인 정의가 기술되지 않고 있으며, 과학과 교육과정 전체에서 교과, 학년(군)과 '영역'에 관계없이 동일하게 8개 항목을 나열한다. 그에 반해 NGSS에서는 각 항목을 구체적으로 정의하고 있으며, Table 3과 같이 학년(군) 및 '교과 핵심 개념'에 맞추어 '실천'을 구체적으로 제시하고 있다. 즉, 8가지 '실천' 중 '교과 핵심 개념' 및 학년(군)에 따라 그에 적합한 '실천'을 제시하는 형태이다. 또한 NGSS의 '교과 핵심 개념'은 초・중・고에서 반복되는 형태를 갖는데, 동일한 '교과 핵심 개념'에도 학년(군)에 따라 '실천'의 수와 종류가 다르다. 예를 들어 물리 교과의 '교과 핵심 개념' 중 하나인 'PS2. 힘과 상호작용'의 경우 초등학교에서는 '질문하고 문제 규정하기, 조사 계획하고 수행하기'의 2개 항목, 중학교에서는 '질문하고 문제 규정하기, 조사 계획하고 수행하기, 설명 구성하고 문제 해결 고안하기, 증거에 입각하여 논의하기' 등 4개 항목, 그리고 고등학교에서는 '조사 계획하고 수행하기, 자료 분석하고 해석하기, 수학 및 전산적 사고하기, 설명 구성하고 문제 해결 고안하기, 정보를 얻고 평가하고 소통하기' 등 5개 항목으로 제시되고 있다. 즉, 학년(군)이 올라갈수록 NGSS의 경우 '실천'의 수가 많아지며 자료 분석 또는 수학 및 전산적 사고 등과 같은 정량적인 분석이 많다.

Table 3. 3-Dimension of core idea 'forces and interactions' in the middle school physics science(NGSS Lead States, 2013, p.59)

과학・공학 실천	교과 핵심 개념	관통 개념
질문하고 문제 규정하기 6-8학년에서 질문하고 문제 규정하기는 K-5학년까지의 경험을 바탕으로 하며, 변수 사이의 관계를 구체화하고 인수와 모델을 명확히 하는 단계로 이어진다. ・교실, 야외 환경, 박물관 및 가용 자원이 있는 기타 공공시설 범위에서 조사할 수 있는 질문을 하고, 적절한 경우 관찰 및 과학적 원리에 근거한 가설을 작성한다. (MS-PS-3) **조사 계획하고 수행하기** 6-8학년에서 질문에 답변하거나 문제에 대한 해결 방법을 테스트하기 위한 조사 계획 및 수행하는 것은 K-5학년에서의 경험 및 진행 과정을 바탕으로 여러 변수를 사용하고 설명 또는 설계 방법을 뒷받침하는 증거를 제공하는 조사를 포함한다.	**PS2.A: 힘과 운동** ・상호작용하는 물체 쌍의 경우, 두 번째 물체에 대해 첫 번째 물체가 가하는 힘은 두 번째 물체가 첫 번째 물체에 가하는 힘의 크기와 동일하지만 방향이 반대 (뉴턴의 제3법칙)이다. (MS-PS2-1) ・물체의 움직임은 물체에 작용하는 힘의 합에 의해 결정된다. 물체에 가해지는 알짜 힘이 0이 아니면 물체의 운동은 변화한다. 물체의 질량이 클수록 운동에 동일한 변화를 일으키는 데 필요한 힘이 커진다. 어떤 주어진 물체에 대해서, 더 큰 힘은 더 큰 운동의 변화를 일으킨다. (MS\PS2\2)	**원인과 결과** ・원인과 결과 관계는 자연 또는 설계된 시스템의 현상을 예측하는 데 사용될 수 있다. (MS-PS2-3) (MS-PS2-5) **시스템과 시스템 모델** ・모델은 시스템 및 시스템(예: 입력, 프로세스, 출력)의 상호작용을 나타내기 위해 사용될 수 있으며, 시스템 내 에너지 및 물질 흐름도 나타낼 수 있다(MS-PS2-1, (MS-PS2-4) **안정성과 변화** ・자연 또는 설계 시스템의 안정성과 변화에 대한 설명은 시간 경과에 따른 변화와 다양한 척도의 힘을 조사함으로써 구성될 수 있다(MS-PS2-2)

Table 4는 2015 개정 과학과 교육과정의 '기능'과 NGSS의 '과학・공학 실천'의 각 항목을 정의와 함께 일대일로 대응한 것이다. '과학・공학 실천'과 '기능'의 각 항목에 대한 정의는 Kang & Lee(2013)와 Jeong & Kang(2016)의 연구를 인용하였다.

2015 개정 과학과 교육과정의 '기능'과 NGSS의 '과학・공학 실천'의 각 항목은 매우 유사하다. 이는 앞에서 언급한 것처럼 2015 개정 과학과 교육과정의 '기능'이 NGSS의 '과학・공학 실천'을 기반으로 하였음을 보여준다. 그러나 2015 개정 과학과 교육과정 기능의 '문제 인식'과 '결론 도출 및 평가'는 NGSS의 공학적 실천에 해당하는 항목인 '질문하고 문제 규정하기'와 '설명 구성하고(과학), 문제 해결 고안하기(공학)'와 차이를 보인다. NGSS의 과학 교과군은 물리 및 화학, 생명과학, 지구 및 우주과학, 공학 및 응용과학으로 구성된 것과 달리 2015 개정 교육과정의 과학 교과군은 순수 자연과학인 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학으로 구성되어 있어 공학 및 응용과학 교과는 다루지 않는다. 그리고 NGSS에서는 과학과 기술의 연계를 중요시하며 과학적 실천뿐만 아니라 공학적 실천을 함께 강조하고 있다(Jeong & Kang, 2016; NRC, 2012). 과학적 탐구에 대해서는 여러 연구자들에 의해 정의되어 왔으며, 많은 연구자들은 NSES와 NGSS에서 제시하는 것처럼 과학자들이 과학적 지식을 쌓아가는 일련의 탐구 과정을 중심으로 제시하고 있다(Jho, 2018). Jho(2018)는 과학적 탐구에 대한 국내 선행 연구를 분석하여 국내 연구에서 가장 많이 활용되고 있는 문제 인식, 탐구 설계, 탐구 수행, 자료 해석, 결론 도출의 5단계를 과학적 탐구로 정의하였다. 이처럼 우리나라에서는 과학적 탐구를 문제 인식부터 결론 도출까지의 일련의 과정으로 정의하고 있으며, 이러한 인식이 NGSS의 '과학・공학 실천'과는 달리 '문제 인식, 결론 도출 및 평가'를 '기능'의 항목으로 도입하게 한 것으로 보인다. '기능'의 '문제 인식' 항목은 NGSS에서 설명하는 것처럼 사람들의 요구 또는 문제 상황에 대한 인식으로, 공학의 특성이 반영된 항목에 가깝다. 그리고 우리나라 교육과정과 NGSS를 비교하는 일부 선행 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정의 '기능' 중 '문제 인식'을 '과학적 문제 제기'라는 용어를 사용한다(Jeong & Kang, 2016; Kang & Lee, 2013; Park & Kim, 2019). '문제 인식'을 협의적으로는 '과학적 문제를 인식하는 것'으로 정의할 수 있으나 광의적으로는 '과학적 질문을 인식하고 제기하는 것'으로 정의할 수 있으므로, 실천을 강조하고 있는 NGSS의 철학을 반영하여 광의적 관점에서 문제 인식을 바라보고, '과학적 문제 제기'로 대체하는 것이 더 적절하다고 여겨진다.

2. '성취 기준'의 기대 수행능력으로서의 '기능'

2015 개정 교육과정의 '성취 기준'은 제7차 교육과정에서 '내용' 항목을 대치하는 용어로서 처음으로 제시되었으며, 2009 개정 교육과정에서는 '교수 학습 및 평가의 실질적인 근거로서, 학생들이 학습을 통해 성취해야 할 지식, 기능, 태도의 능력과 특성을 진술한 것'으로 정의하였다(Choi & Paik, 2015; Hong *et al.*, 2012; MEST, 2009). 그리고 2015 개정 교육과정에서는 '성취 기준'을 '학생들이 교과를 통해 배워야 할 내용과 이를 통해 수업 후 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력을 결합하여 나타낸 수업 활동의 기준'으로 정의하고 있으며, 이는 '교과를 통해 배워야 할 내용'인 '내용 요소'와 '수업 후 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력'인 '기능'이 결합된 형태를 의미한다(MOE, 2015b). NGSS의 '수행 기대'는 우리나라 교육과정의 '성취 기준'에 대응되는 항목으로(Dong, Ha, & Kim, 2015), '학생이 무엇을 알아야 하고 할 수 있어야 하는가'를 진술한 것으로 과학 내용과 '실천'을 결합한 형태로서 그 역시 성취되어야 할 요소의 하나로 제시되고 있다(Jeong & Kang, 2016; NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012). 이처럼 '수행 기대'와 '성취 기준' 모두 탐구 중심 수업으로의 유도를 위해 내용 지식과 수행 영역이 결합된 형태로 진술되고

Table 4. Framework for 'science and engineering practices' of NGSS and 'skill' of 2015 revised science curriculum(Jeong, & Kang, 2016; Kang, & Lee, 2013, pp.135-136; NRC, 2012; MOE, 2015b; Park, & Kim, 2019, pp.342-343)

NGSS	2015 revised science curriculum
1. 질문하고(과학), 문제 규정하기(공학) : 현상에 대해 경험적으로 답할 수 있는 질문을 형성하고, 이미 알려진 것을 설정하며, 아직 만족한 답을 얻지 못한 질문을 결정하는 능력	문제 인식(과학적 문제 제기) : 과학적 질문을 인식하거나 제기하는 것으로 현상에 관한 호기심뿐만 아니라, 모델이나 이론을 예측하거나 정교화하기 위해 혹은 탐구 문제에 더 나은 해답을 제시하기 위해 질문을 제기하는 것이 해당
2. 모형 개발하고 사용하기 : 자연 현상에 대한 설명을 하기 위해 모형과 시뮬레이션을 구성하고 사용하는 것	모형의 개발과 사용 : 탐구 대상의 특징을 명확히 나타내는 모형을 개발하고, 이를 이용하여 현상을 이해하거나 설명하는 능력
3. 조사 계획하고 수행하기 : 현장에서 자료를 확인하거나 실험에서 변인을 밝히는 연구를 계획하고 수행하는 것	탐구 설계와 수행 : 체계적인 관찰이나 실험을 설계, 수행하여 질문에 대한 답을 찾아내는 능력
4. 자료 분석하고 해석하기 : 의미를 끌어내기 위해 분석되어야 하는 자료를 생산하는 것, 자료에 있는 유의미한 요소들과 패턴을 확인하는 것. 오차의 원인을 확인하고, 신뢰구간 계산하기	자료의 수집・분석 및 해석 : 자료를 표나 그래프와 같이 다른 사람과 의사소통할 수 있는 형태로 제시하거나, 이를 분석하여 자료를 설명하는 능력
5. 수학 및 전산적 사고 이용하기 : 물리적 변인들과 그들 간의 관계를 표현하는 기초적 도구로서 수학과 전산 사용, 물리계의 활동에 대한 예상을 위한 수학과 전산적 도구 사용. 중요한 패턴과 상관관계를 밝히는 도구로 통계 기술 사용	수학적 사고와 컴퓨터 활용 : 수학과 컴퓨터를 사용하여 변인간의 관계를 표현하고, 나아가 이를 이용하여 결과를 예측하는 능력
6. 설명 구성하고(과학), 문제 해결 고안하기(공학) : 과학의 목표로서 물질세계를 설명하는 설명체계를 제공하는 이론을 구성하는 것	결론 도출 및 평가 : 증거를 들어 원리를 설명하거나 과학적 이론을 적용하여 특정 관측 및 현상을 설명하거나 문제를 해결하는 능력
7. 증거에 입각하여 논의하기 : 설명체계를 방어하고, 자료의 견고한 기초 위에 증거를 형성하고, 증거와 다른 사람들의 충고에서 그들의 이해를 시험하고, 동료들과 협력하여 조사된 현상에 대한 가장 좋은 설명을 구하는 것	증거에 기초한 토론과 논증 : 증거를 들어 자신의 주장을 정당화하고, 자신과 타인의 주장을 논리적으로 분석하는 기능 및 비판적인 태도로 주장이나 지식을 파악하여 토론할 수 있는 능력
8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기 : 말, 글, 표, 그림, 그래프, 방정식을 이용하여 동료와 개방된 토론에 참여함으로써 생각과 탐구의 결과를 소통하는 것. 신문, 인터넷 등에서 획득한 정보의 과학적 타당성을 평가하고, 설명을 산출하는데 그 정보를 이용하는 것	의사소통(정보의 수집 및 의사소통) : 각종 문헌 자료를 수집하여 읽고 이해하여 언어를 통해 소통하는 능력으로 주변의 다양한 정보를 조사하여 이를 바탕으로 교류하는 기능

있으며(Jeong & Kang, 2016), 여기서 수행 영역은 NGSS의 '과학·공학 실천'과 2015 개정 교육과정의 '기능'을 각각 나타낸다.

2009 개정 교육과정까지 '성취 기준'의 서술어는 주로 '안다, 이해하다'의 서술어에 집중되고 있어 학생들의 과학적 탐구 능력과 과학적 소양을 기를 수 있는 기능이 구체적으로 제시되지 않다고 지적되었으며(Choi & Paik, 2015; Dong, Ha, & Kim, 2015; Lee *et al.*, 2014), 이러한 경향은 교육과정을 기반으로 작성되는 과학 교과서에도 그대로 반영되어 과학 교과서의 탐구 활동의 목적이 탐구 능력 향상보다는 과학 내용의 이해에 초점을 두는 경향이 크다는 문제점이 제기되었다(Kang & Lee, 2013). 이러한 문제점을 해결하고자 2015 개정 교육과정에서는 과학 교과의 핵심 역량을 추출하고 이를 바탕으로 '구별할 수 있다, 설명할 수 있다'와 같은 구체적인 과학 탐구 기능을 '성취 기준'의 서술어로 제시하며(Kang *et al*., 2014), '성취 기준' 진술을 수업 후 학습자가 도달해야 할 능력 특성을 중심으로 기술하는 '수행중심 진술'로 개선하도록 하였다(Jo, 2015). 그러나 Park & Kim(2019)의 연구에서 밝히고 있는 것처럼 2015 개정 과학과 교육과정은 '조사한다, 관찰한다, 측정하다' 등의 학습자 중심의 구체적인 활동을 중시하는 '활동중심 진술'에 집중되어 있다는 문제점을 보이고 있다. 그에 반해 NGSS의 '수행 기대'는 '분석하다, 적용하다, 창안하다' 등과 같이 상위 수준의 인지행동 차원을 교육목표로 담고 있으며, 학습의 최종 단계에서 학습자가 보여 주어야 하는 성취 행동을 분명하게 나타내고 있어 '수행 기대'가 수행중심으로 적절히 진술되고 있다는 평가를 받고 있다(Kang, 2014; Park & Kim, 2019).

Table 5는 물리학 교과의 '핵심 개념' 중 하나인 '힘'과 관련된 단원에 대해 2015 개정 과학과 교육과정의 '기능'과 '성취 기준'을 NGSS의 '과학·공학 실천'과 '수행 기대'와 비교한 것이다.

2015 개정 과학과 교육과정의 경우 학년(군)에 관계없이 8가지 '기능'이 동일하게 제시되어 있다. 이에 반해 NGSS의 경우 학년(군)에 따라 '실천'의 종류가 다르게 제시되고 있을 뿐 아니라, '교과 핵심 개념'의 특성에 따라 다양하게 제시되고 있다(NGSS Lead States, 2013). 2015 개정 과학과 교육과정의 '성취 기준'을 살펴보면 '내용 요소'는 직접적으로 언급되고 있으나, 수행 영역인 서술어는 '알다, 구별할 수 있다, 조사하다, 설명할 수 있다, 비교할 수 있다, 측정할 수 있다, 분류할 수 있다, 예측할 수 있다' 등으로 제시되어, '기능'에 해당하는 용어들이 직접적으로 사용되지 않고 과학과 교육과정의 '교수·학습 방향'에서 제시하고 있는 기초 탐구 과정(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통 등)에 해당하는 용어들이 다수 사용되고 있다. 그에 반해 NGSS의 '수행 기대'에 사용된 서술어는 '해결 방법 고안하

Table 5. A comparison between the 'achievements standards' of the 2015 revised science national curriculum and the 'performance expectations' of the NGSS (MOE, 2015b, p.58, p.126; NGSS Lead States, 2013, pp.54-102)

교육과정	핵심 개념 (교과 핵심 개념)	학년 (군)	기능 (과학·공학 실천)	성취 기준 (수행 기대)
2015 개정 과학과 교육과정	힘	중	문제 인식 탐구 설계와 수행 자료의 수집·분석 및 해석 수학적 사고와 컴퓨터 활용 모형의 개발과 사용 증거에 기초한 토론과 논증 결론 도출 및 평가 의사소통	[9과02-01] 무게가 중력의 크기임을 알고, 질량과 무게를 구별할 수 있다. [9과02-02] 일상생활에서 물체의 탄성을 이용하는 예를 조사하고, 그 예를 통하여 탄성력의 특징을 설명할 수 있다. [9과02-03] 물체의 운동을 방해하는 원인으로써 마찰력을 알고, 빗면 실험을 통해 마찰력의 크기를 정성적으로 비교할 수 있다. [9과02-04] 기체나 액체 속에 있는 물체에 부력이 작용함을 알고 용수철저울을 사용하여 부력의 크기를 측정할 수 있다.
		고		[12물리Ⅰ01-01] 여러 가지 물체의 운동 사례를 찾아 속력의 변화와 운동 방향의 변화에 따라 분류할 수 있다. [12물리Ⅰ01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 직선상에서 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다. [12물리Ⅰ01-03] 뉴턴의 제3법칙의 적용 사례를 찾아 힘이 상호 작용임을 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ01-04] 물체의 1차원 충돌에서 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 속력의 변화를 정량적으로 예측할 수 있다. [12물리Ⅰ01-05] 충격량과 운동량의 관계를 이해하고, 일상생활에서 충격을 감소시키는 예를 찾아 설명할 수 있다.
NGSS	힘과 운동 상호 작용의 종류	중	질문하고, 문제 규정하기 조사 계획하고 수행하기 설명 구성하고, 문제 해결 고안하기 증거에 입각하여 논의하기	MS-PS2-1. 뉴턴의 운동 3법칙을 적용하여 충돌하는 두 물체의 운동과 관련된 문제에 대한 해결 방법 고안하기 MS-PS2-2. 물체의 운동의 변화가 물체에 작용하는 합력과 물체의 질량에 의존한다는 증거를 제공하기 위해 조사 계획하기 MS-PS2-3. 전기력과 자기력의 세기에 영향을 미치는 요인을 결정하는 자료에 대해 질문하기 MS-PS2-4. 중력 상호 작용이 인력이며 상호 작용하는 물체의 질량에 의존한다는 주장을 뒷받침하는 증거를 사용하여 주장 구성하고 제시하기 MS-PS2-5. 물체가 접촉되어 있지 않더라도 서로 힘을 작용하는 물체들 사이에 장이 존재한다는 증거를 제공하기 위해 조사 수행하고 실험 설계 평가하기
		고	조사 계획하고 수행하기 자료 분석하고 해석하기 수학 및 전산적 사고 이용하기 설명 구성하고, 문제 해결 고안하기 정보를 얻고 평가하고 소통하기	HS-PS2-1. 뉴턴 운동 제2법칙이 거시적 물체에 작용하는 알짜힘, 질량, 가속도 사이의 관계를 설명한다는 주장을 지지하는 자료 분석하기 HS-PS2-2. 물체계에 작용하는 알짜힘이 0일 때, 계의 전체 운동량이 보존된다는 주장을 지지하는 수학적 표현 이용하기 HS-PS2-3. 충돌 중 거시적 물체에 작용하는 힘을 최소화하는 장치를 설계, 평가 및 개선할 수 있는 과학·공학적 아이디어 적용하기 HS-PS2-4. 물체 사이에 작용하는 중력 및 정전기력을 설명하고 예측하기 위한 뉴턴의 중력의 법칙과 쿨롱의 법칙의 수학적 표현 사용하기 HS-PS2-5. 전류가 자기장을 생성할 수 있고 변화하는 자기장이 전류를 생성할 수 있다는 증거를 제공하기 위해 조사 계획하고 수행하기

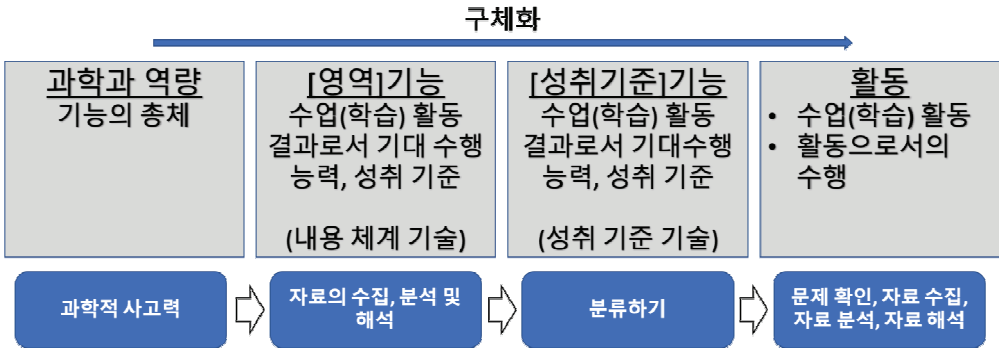

Figure 1. Example of linkage between competencies, skills, achievement standards, and class activities(Lee *et al.*, 2015)

기, 조사 계획하기, 질문하기, 증거를 사용하여 주장 구성하고 제시하기, 조사 수행하고 실험 설계 평가하기, 자료 분석하기, 수학적 표현 이용하기, 설계・평가 및 개선할 수 있는 과학・공학적 아이디어 적용하기, 설명하고 예측하기' 등과 같이 '과학・공학 실천'이 직접적으로 사용되고 있다. 이처럼 2015 개정 과학과 교육과정의 '성취 기준'의 서술어는 NGSS와는 달리 '기능'과의 관련성이 상당히 떨어진다. 이는 2015 개정 교육과정에서 '기능'을 '내용 체계'에 나열된 '[영역]기능'과 '성취 기준'의 서술어로 구체화시킨 '[성취 기준]기능'으로 구분하였기 때문이다. 총론 연구진은 Figure 1과 같이 교과 핵심 역량을 각 '영역'에 대해 구체화시킨 것을 '[영역]기능'으로 지칭하고 있으며, 이를 '[성취 기준]기능'으로 구체화시킬 것을 요청하였다(Lee *et al.*, 2015). Figure 1에서 과학적 사고력이라는 '역량'은 자료의 수집, 분석 및 해석이라는 '[영역]기능'으로 구체화되며, '성취 기준'에서 분류하기라는 서술어로 구현되고, 이를 통해 교사들이 수업 시간에 문제 확인, 자료 수집, 자료 분석, 자료 해석 활동으로 구현하도록 교육과정을 구성하였다. 그러나 교육과정 문서상에서 '역량'과 '[영역]기능', '[성취 기준]기능', '활동'의 관계에 대해 구체적으로 밝히고 있지 않고 있으며, 과학과 교육과정의 '[영역]기능'은 특정 영역뿐만이 아니라 과학과 모든 '영역'에서 동일하게 제시되고, '[성취 기준]기능' 또한 '영역'과 '[영역]기능'에 대해 직접적인 연관성을 찾기 어려운 경우가 많다. 심지어 과학과 교육과정 개정에 직접 참여한 연구진도 일부 '성취 기준'에 대해서는 '기능'과 연결시키기 어렵다고 진술하였다(Kang, 2016). 예를 들어 고등학교 과학과 교육과정에서 많이 사용된 '~을 설명할 수 있다'는 서술어의 경우 어떠한 '[영역]기능'에 속하는지 명확하지 않다. 그러므로 학교 현장에서 '성취 기준'의 '[성취 기준]기능'을 수업 '활동'으로 구체화해야 하는 교사들의 경우 '성취 기준'의 수행 영역이 이미 '활동'으로만 제시되고 있어 단순히 교육과정 문서를 통해서는 수업의 목표로 어떠한 '[영역]기능'에 초점을 맞춰야하는지 이해하기 어려우며, 구체적인 '활동'으로만 진술되어 학습자의 다양한 탐구 능력 향상 기회를 잃게 된다.

그리고 Table 5에서 NGSS의 '수행 기대'에는 '과학・공학 실천'의 8가지 항목이 다양하게 반영되어 있는 것과는 달리 2015 개정 과학교육과정의 '성취 기준'에는 여전히 '기능' 중 "증거를 들어 원리를 설명하거나 과학적 이론을 적용하여 특정 관측 및 현상을 설명하거나 문제를 해결하는 능력"인 '결론 도출 및 평가' 항목에 집중되어 있다. 특히 여러 선행 연구에서 지적하고 있는 것처럼 2015 개정 과학과 교육과정에서 '문제 인식(질문하고 문제 규정하기)', '모형의 개발과 사용', '수학적 사고와 컴퓨터 활용'과 같은 항목은 거의 다뤄지지 않고 있다(Jeong & Kang, 2016; Jho, 2018; Lee & Choi, 2017; Park & Kim, 2019). 자연 현상에 대해 호기심을 가지고 질문을 하는 것으로부터 과학이 시작되며(NRC, 2012) 학생이 직접 질문하고 문제를 규정함으로서 좀더 능동적으로 탐구에 참여할 수 있게 되므로(Byun & Kim, 2011), 학습자의 탐구 능력 향상과 과학적 소양 양성에 있어 '문제 인식(질문하고 문제 규정하기)' 항목은 매우 중요하다. 그럼에도 불구하고 우리나라 과학과 교육과정의 '성취 기준'은 '기능'을 올바르게 반영하지 못함으로 인해 2009 개정 교육과정 이전부터 지적되어 오던 과학 내용의 이해에만 여전히 집중되고 있어, 수업을 통해 다양한 '기능'을 습득할 수 있는 기회를 축소하고 학습자의 과학적 탐구 능력 향상과 과학적 소양 함양을 어렵게 한다. 2015 개정 교육과정에서 '성취 기준'은 '학습의 결과로 학생들이 할 수 있어야 할 것을 진술한 것'으로, 교사가 이에 근거하여 수업에서 중요하게 지도한 내용과 '기능'을 평가하도록 안내하고 있다(Han *et al.*, 2015). 그러므로 '성취 기준'을 통해 구현되는 '기능'은 중요한 평가 항목에 해당하며, 학생은 평가를 통해 자신의 과학 교과와 관련된 '기능'에 대한 피드백을 통해 능력 향상에 꾀할 수 있어야 한다. 그러나 앞서 언급한 것과 같이 2015 개정 과학과 교육과정의 '성취 기준'은 8가지 '기능' 중 '결론 도출 및 평가' 항목에 집중되어, 교사의 평가가 특정 '기능'에만 집중될 수밖에 없어 과학 교과에서 제시하는 다양한 '기능' 향상을 꾀할 수 없다는 문제점을 안고 있다.

Ⅳ. 타 교과 및 이전 교육과정과의 비교를 통한 '기능'의 비판적 고찰

1. 타 교과 '내용 체계'의 '기능'과의 비교

2015 개정 교육과정 문서에 새롭게 도입된 '핵심 개념' 및 '기능'은 NGSS를 토대로 하고 있으며, 특히 과학과 교육과정의 '기능'은 NGSS의 '과학・공학 실천'을 토대로 하고 있음에도 불구하고 '과학・공학 실천'과는 달리 '기능'을 획일적으로 제시하는 문제점이 있어, 타 교과 교육과정의 '기능'과 비교하였다.

Table 6은 2015 개정 교육과정의 국어, 수학, 영어, 사회, 과학 교과의 '기능'을 나타낸 것이다. 국어 교과와 수학 교과의 경우 학년(군)에 관계없이 영역별로 '기능'을 기술하고 있으며, 영어 교과의 경우 '영역' 및 '핵심 개념'별로 '기능'을 기술하고 있다. 그리고 과학과 교육

Table 6. The Comparison of the 'skills' by subject(MOE, 2015b; MOE, 2015c; MOE, 2015d; MOE, 2015e; MOE, 2015f)

교과	학년(군)	영역	핵심 개념	기능	비고
국어	중	듣기・말하기	・듣기・말하기의 본질	・맥락 이해・활용하기 ・청자 분석하기 ・내용 생성하기 ・내용 조직하기 ・자료・매체 활용하기 ・표현・전달하기 ・내용 확인하기 ・추론하기 ・평가・감상하기 ・경청・공감하기 ・상호 교섭하기 ・점검・조정하기	・'영역'별로 '기능'을 정의하고 있음.
	고	읽기	・읽기의 본질	・맥락 이해하기 ・몰입하기 ・내용 확인하기 ・추론하기 ・비판하기 ・성찰・공감하기 ・통합・적용하기 ・독서 경험 공유하기 ・점검・조정하기	
수학	중	수와 연산	・수의 체계	・이해하기 ・계산하기 ・판단하기	・'영역'별로 '기능'을 정의하고 있음
	고	문자와 식	・다항식	・계산하기 ・이해하기 ・문제 해결하기 ・설명하기	
영어	중	듣기	・소리	・식별하기	・'영역' 및 '핵심 개념'별로 '기능'을 정의하고 있음
	고	말하기	・소리	・모방하기	
사회	중	정치	・민주주의와 국가	・조사하기 ・분석하기 ・참여하기 ・토론하기 ・비평하기 ・의사 결정하기	・'영역'별로 '기능'을 정의하고 있음
	고	삶의 이해와 환경	・행복	・파악하기 ・설명하기 ・조사하기 ・비교하기 ・분석하기 ・제안하기 ・적용하기 ・추론하기 ・분류하기	
과학	중	힘과 운동	・시공간과 운동	・문제 인식 ・탐구 설계와 수행 ・자료의 수집・분석 및 해석 ・수학적 사고와 컴퓨터 활용 ・모형의 개발과 사용 ・증거에 기초한 토론과 논증 ・결론 도출 및 평가 ・의사소통	・학년(군), '영역', '핵심 개념'에 관계없이 동일한 '기능'을 제시하고 있음
	고	물질과 규칙성	・물질의 규칙성과 결합		

과정과 같이 여러 교과로 이뤄진 사회과 교육과정의 경우에도 '영역'별로 '기능'을 기술하고 있다. 그러나 과학 교과의 경우 '기능'이 학년(군), '영역', '핵심 개념'에 관계없이 8가지 모두 획일적으로 기술하고 있다. Kim & Kim(2019)은 수학과 교육과정의 '기능'에 대한 연구를 통해 동일한 '영역'이라고 하더라도 학교급에 따라 '기능'이 차이가 있으며, 그 이유가 중학교 과정과 고등학교 과정에서 요구되는 탐구 과정과 사고방식이 차이가 있기 때문이라고 언급하였다. 그리고 5개 영역(수와 연산, 문자와 식, 함수, 기하, 확률과 통계) 전체에서 중복되는 기능은 존재하지 않으며, '이해하기, 계산하기' 항목의 경우만 4개 영역에서 활용되는 것으로 나타난다. 그러나 과학과 교육과정 또한 수학 교과와 같이 학교급에 따라 탐구 과정과 사고방식에서 차이가 날뿐 아니라, 물리학, 화학, 생명과학, 지구과학 등 4개 교과로 구성되어 있으며, 과학과 교육과정의 '기능'이 동일하다는 것은 적절하지 않다고 판단된다.

2015 개정 교육과정 총론 연구진은 교육과정 개정 과정에서 각 교과 및 '영역'에 따른 적절하고 타당한 '기능' 설정을 대단히 중요한 과정으로 인식할 필요가 있음을 강조하며, 과학과 각론 연구진에서 제시한 '기능'에 대해 다음과 같이 지적하였다.

> *현재의 상태로 보면, 성취 기준에 제시된 수행의 대부분이 '기대 수행 능력'으로서의 '기능'보다는 '(수업, 학습) 활동'으로 간주될 수 있음. 근본적으로 '과학'에서 영역에 따른 '기능'을 추출하지 않고 '과학과'의 '기능'을 추출하여 모든 영역에 일률・획일적으로 적용하고 있기 때문에, 이러한 현상이 나타나고 있다고 봄. 따라서 각 성취 기준 그룹별로 제시된 성취 기준의 '수행'을 '기대 수행 능력'으로서의 '기능'인지를 점검하고, 이를 모아 각 영역(물리, 화학 생물, 지구과학)의 '기능'으로 재편할 필요가 있을 것으로 고려됨*(Lee *et al.*, 2015, p.221).

즉, '영역'에 따른 '기능'이 아닌 과학과의 '기능'을 추출하여 일률・획일적으로 적용하고 있기 때문에, '성취 기준'의 수행 영역이 수업 후 학습자가 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 '기대 수행 능력'으로서의 '기능'으로 제시되지 못하고 '활동'으로 제시되고 있음을 지적하였으며, 이러한 총론 연구진의 지적은 교육과정의 최종 고시 때까지도 수정・반영되지 못하였다.

2. 교육과정의 변화에 따른 탐구 기능 및 과학과 핵심 역량의 통로 및 방안으로서의 '기능'의 적절성

과학적 탐구 능력 향상은 과학 교과 수업의 매우 중요한 목표로, 제3차 교육과정부터 과학과 교육과정에 기술되어 왔다(Lee & Kang, 2012). Table 7은 제7차 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 초・중학교 '과학' 교과 교육과정 문서의 '교수・학습 방향(방법)'에서 탐구

Table 7. The comparison about the inquiry process by the curriculum(MEHRD, 2007, p.267; MEST, 2011, p.7; MOE, 1997, p.48; MOE, 2015b, p.85)

제7차 과학과 교육과정	2007 개정 과학과 교육과정	2009 개정 과학과 교육과정	2015 개정 과학과 교육과정
탐구 방법을 체득시키기 위하여 기초 탐구 과정 (관찰, 분류, 측정, 예상, 추리 등)과 통합 탐구 과정 (문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등)을 학습 내용과 적절히 관련시켜 지도한다.	기초 탐구 과정 (관찰, 분류, 측정, 예상, 추리 등)과 통합 탐구 과정 (문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등)을 학습 내용과 관련시켜 지도한다.	과학 본성에 근거한 학습 지도를 바탕으로 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 분석 및 해석, 결론 도출 및 평가 등의 탐구 과정을 통하여 결과의 성공 여부와 관계없이 창의적인 가설을 제시할 수 있도록 안내한다.	기초 탐구 과정 (관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통 등)과 통합 탐구 과정 (문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등), 수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증 등의 기능을 학습 내용과 관련시켜 지도한다.

과정에 대해 제시하고 있는 부분을 나타낸 것으로, 2009 개정 과학과 교육과정의 경우 다른 교육과정과 달리 별도의 기초 탐구 과정과 통합 탐구 과정으로 제시하지 않고 문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 분석 및 해석, 결론 도출 및 평가 등으로 제시하며 일반적인 과학적 탐구 단계를 기술하고 있으나, 그 외의 과학과 교육과정에서는 탐구 과정을 기초 탐구 과정 기능과 통합 탐구 과정 기능으로 분리하여 제시하고 있다.

그러나 2015 개정 과학과 교육과정에서는 탐구 과정을 기존과 달리 '수학적 사고와 컴퓨터 활용, 모형의 개발과 사용, 증거에 기초한 토론과 논증'을 추가하여 새롭게 도입된 '기능'으로 지칭하는 차이점을 보이고 있다. 이는 탐구 과정을 학생들이 수업 후 할 수 있거나 할 수 있기를 기대하는 능력으로 인식하고 있음을 보여준다. 이를 '내용 체계'에서 제시하고 있는 '기능'과 비교할 때 '탐구 설계와 수행', '자료의 수집・분석 및 해석', '결론 도출 및 평가' 항목은 기초 탐구 과정(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)과 통합 탐구 과정(가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화)으로 대체되는 것으로 보인다. 그러나 이러한 기술은 교육과정 '내용 체계'에서 제시하고 있는 '기능'과 명확히 대응되지 않으며 기존의 기초 탐구 과정 및 통합 탐구 과정과 혼재하여 교육과정을 읽고 현장에서 적용해야 하는 교사들에게는 혼란을 줄 수밖에 없다.

그리고 총론 연구진은 교과 역량을 '기능'의 총체로 규정하고 '기능'을 통해 각 교과에서 제시하는 교과 역량을 구현하도록 하였다(Lee *et al*., 2015). 즉, 총론 연구진은 교사들로 하여금 '기능'을 구체화시킨 수업 활동을 통하여 학생들이 '기능'을 습득함으로써 역량을 함양할 수 있도록 교육과정 문서의 체재를 구성하였다. 그러므로 과학과 교육과정의 '기능'은 과학과 핵심 역량인 '과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력'을 구현할 수 있는 통로 및 방안으로 구체화될 수 있도록 제시되어야 한다. 그러나 각론 연구진의 경우 2015 개정 과학과 교육과정의 '기능'을 탐구 과정과 관련지어 기술하고 있어(Table 7), '기능'을 '과학적 탐구 능력' 역량을 구체화시킨 것으로 기술하고 있음을 알 수 있다. 그뿐 아니라 Yun, Ko, & Choi(2018)는 과학과 핵심 역량의 하위 요소를 추출함에 있어 과학과 교육과정의 8가지 '기능'을 '과학적 탐구 능력' 역량의 하위 요소로 정의하고 있다. 이를 통해 과학과 교육과정의 '기능'은 총론 연구진에서 기대하는 것과 달리 과학과의 5가지 핵심 역량 중 '과학적 탐구 능력' 역량에 한정되어 기술되고 있음을 알 수 있다. 과학 교사는 학습자로 하여금 과학과 핵심 역량을 습득할 수 있도록 과학과 교육과정의 '기능'을 구체화시킨 활동을 구성하여야 하나, 과학과 교육과정의 '기능'이 특정 역량에 한정되고 있어 적절하지 않음을 알 수 있다.

V. 결론 및 제언

2015 개정 과학과 교육과정은 '미래사회가 요구하는 창의융합형 인재 양성'과 '학습 경험의 질 개선을 통한 행복한 학습의 구현'을 목표로 하고 있으며(MOE, 2015a), 이를 위해 '대주제(big idea) 중심의 통합 구현, 학교 교육을 통한 탐구 역량 강화, 핵심 개념을 중심으로 학습량 적정화, 교수・학습 방법 및 평가 유의사항을 통한 학생 참여형 수업 촉진'을 주된 개정 방향으로 제시하고 있다(Jang *et al*., 2015b). 이를 위해 2015 개정 교육과정에서는 '내용 체계'에 '핵심 개념', '일반화된 지식', '기능'을 새롭게 도입하였으며, 이전과 달리 '성취 기준'을 내용 요소와 '기능'의 결합으로 기술하는 변화를 시도하였다(MOE, 2015a). 그러나 교육과정 개정을 위한 기초 연구에서 '기능'과 '성취 기준' 사이의 관계에 대해 구체적으로 기술하고 있을 뿐(Jang *et al*., 2015a; Jang *et al*., 2015b; Lee *et al*., 2015), 개정된 교육과정을 학교 현장에서 사용해야 하는 교사 또는 학생, 학부모 등이 접하게 되는 2015 개정 교육과정 고시문에서는 '기능'을 '성취 기준'과 독립적으로 기술하고 있을 뿐 아니라 관련된 어떠한 체계성 또한 찾아보기 힘들다(Kim & Kim, 2019). 나아가 교과별로 제시된 '기능'에서도 다양한 문제점이 표출되고 있다(Jeong & Kang, 2016; Kim & Kim, 2019; Lee *et al*., 2015; Lee & Jeung, 2017). 이에 본 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정 '기능'에 대해 다양한 측면에서 비판적으로 검토하였다.

먼저 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시하고 있는 8가지 '기능'의 토대가 되는 NGSS의 '과학・공학 실천'을 '기능'과 비교한 결과, '기능'은 '과학・공학 실천'과 달리 각 항목에 대해 구체적으로 정의한 바가 없으며 '내용 체계'를 통해 단순 나열되고 있어, 이를 현장에서 활동으로 구체화시켜야 하는 교사들이 이해 및 적용하기 어려울 수 있다. 그리고 NGSS의 경우 학년(군) 및 '교과 핵심 개념'에 따라 8가지 '과학・공학 실천' 중 제시하는 수와 종류가 달라지는데, 일반적으로 학년(군)이 올라갈수록 '실천'의 수가 많아지며 자료 분석 또는 수학 및 전산적 사고 등과 같이 정량적인 분석이 많다. 반면에 2015 개정 과학과 교육과정의 경우 8가지 '기능'을 일률・획일적으로 모두 동일하게 제시하고 있어 해당 교과, '영역', '핵심 개념', 그리고 학년(군) 등의 특성이 반영되어 있지 않다. 또한 '문제 인식'으로부터 '결론 도출'에 이르는 일련의 과정을 과학적 탐구로 정의하는 국내 과학교육의 전통적 인식으로 인해 '문제 인식, 결론 도출 및 평가' 항목이 그대로 제시되고 있는데, '문제 인식'의 경우 물리 및 화학, 생명과학, 지구 및 우주과학, 공학 및 응용과학으로 구성된 NGSS에서는 공학적 항목으로 인식하고 있어 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 등 자연과학으로만 구성된 우리나라 교육과정에 적용하는 것이 적절

한지 의문이다. 한편, 교육과정 문서에서는 '성취 기준'을 '내용 요소'와 '기능'으로 구성하게 되어 있으나, 실제로 기술된 '성취 기준'에는 '내용 체계'에 제시된 '기능', 즉 '[영역]기능'이 아닌 '[성취 기준]기능'으로 서술되어 어떠한 '[영역]기능'을 의미하는지 명확하지 않은 것이 많다. 그리고 '성취 기준'은 '기능'의 '결론 도출 및 평가' 항목에 집중되어 있으며 '문제 인식, 모형의 개발과 사용, 수학적 사고와 컴퓨터 활용'과 같은 '기능' 항목이 거의 다뤄지지 않고 있다.

타 교과 및 이전 교육과정과의 비판적 고찰을 통해, NGSS에서 학년(군) 및 '교과 핵심 개념'에 따라 '실천'을 제시하는 것과 같이 다른 교과의 교육과정에서도 '영역' 및 '핵심 개념' 별로 '기능'을 서술하고 있어, 교육과정 개정 과정에서 문제점으로 지적받았음에도 불구하고 과학과만이 '기능'을 일률・획일적으로 제시하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 이전 교육과정과 달리 2015 개정 과학과 교육과정은 탐구 과정을 '기능'으로 접근하고 있으며, 일부 항목의 경우 기초 탐구 과정과 통합 탐구 과정으로 대체하고 있으나 명확히 기술하지 않아 현장의 교사들로 하여금 혼란을 줄 수 있다. 또한 과학과 교육과정의 '기능'은 과학과 '핵심 역량'의 통로 및 방안으로 제시되어야 하며 '기능'을 통해 교사가 구체적인 수업 활동을 구성할 수 있어야 하나 '과학적 탐구 능력' 역량에 한정되어 있다.

이러한 비판적 분석을 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, NGSS의 '과학・공학 실천'을 그대로 도입하기보다 과학과 핵심 역량을 구현할 수 있는 '기능' 항목의 도입이 필요하며, 각 항목에 대해 명확하게 정의를 내릴 필요가 있다. 현재 과학과 교육과정에 도입된 '기능'의 경우 일부 항목에서 차이가 있기는 하나, 미국 NGSS의 '과학・공학 실천'이 거의 그대로 도입되었다. 그리고 일부 항목의 경우 그 성격과 정의가 명확하지 않아, 이를 현장에서 적용하는 교사들에게는 단순히 기존에 기초 탐구 과정 및 통합 탐구 과정으로 제시되던 탐구와 관련된 단어들의 나열 그 이상의 의미를 갖기 힘들다.

둘째, 교과, '영역', '핵심 개념', 학년(군)에 따라 적합한 '기능'이 제시되어야 하며, 해당 '기능'의 적용을 위한 방법에 대해 교육과정 문서에 구체적으로 기술되어야 한다. 현재 2015 개정 교육과정에서 과학과 교육과정만이 '기능'을 일률・획일적으로 제시하고 있다. 그러나 교과, '영역', '핵심 개념', 그리고 학년(군)에 따라 탐구 과정과 사고방식이 동일하다고 보기 어려우므로, 학생들이 수업에 따라 습득할 수 있는 '기능'이 다를 수밖에 없다. NGSS와 문서상 기술 방식이 다르므로 NGSS에서 기술하는 것과 같이 각 '교과 핵심 개념'과 학년(군)에 따른 '수행 기대'를 기반으로 '과학・공학 실천'을 제시하고 각 '실천'을 습득하기 위한 방법을 구체적으로 제시하는 것과 같은 형태를 갖기는 어렵다. 그러나 '내용 체계'에서 제시하는 기능, 즉 '[영역]기능'에 대해 '영역'별로 제시될 필요가 있으며 우리나라 교육과정에서도 '기능'의 적용을 위한 방법에 대해 교육과정 문서 또는 해설서 등을 통해 구체적으로 기술함으로써 교육 현장에서 이를 이용하는 교사들을 지원할 수 있어야 한다.

셋째, '기능'이 '성취 기준'에 직접적으로 제시될 필요가 있다. '성취 기준'은 수업을 위한 목표이면서 평가를 위한 준거이므로 매우 중요하다. 그러나 2015 개정 교육과정에서는 '[영역]기능'과 '[성취 기준]기능'으로 구분하고 있으며, '[영역]기능'을 구체화시킴으로써 '성취 기준'에 반영하고, 이를 수업 활동으로 구체화시키도록 하고 있다. 그러나 이러한 관계에 대해 교사들이 명확히 인지하지 못하고 있으며, '내용 체계'의 어떠한 '[영역]기능'이 '성취 기준'에서 기술되고 있는지 쉽게 판단하기 어렵다. 그러므로 NGSS의 '과학・공학 실천'이 '수행 기대'에 구체적이면서 다양하게 제시되고 있는 것과 같이, 우리나라 교육과정의 '성취 기준'에도 다양한 '기능'이 구체적으로 명시되어 학생들이 수업을 통해 다양한 '기능'을 습득할 수 있도록 제시되어야 한다.

Lee *et al.*(2015)은 교육과정 개정과 관련한 연구에서 "2015 개정 교과 교육과정과 관련하여 학교 현장 교사들의 중요한 역할은 이들 '기능'을 체득하는 데 필요한 '(수업, 학습) 활동'을 계획하고 학생들이 이러한 '활동'을 수행 할 수 있도록 '교수・학습 방법'을 강구하는 것이다."라고 밝혔다. 그러나 2015 개정 과학과 교육과정에서 '기능'을 새롭게 도입하였으나 다양한 문제점들로 인해 학교 현장의 교사들이 이해하기 어려워 적용이 불가능한 상태이며, 이에 대한 연구 또한 거의 이뤄지지 않고 있다. '기능'이 교육과정에 처음으로 도입되었기 때문에 과도기적 상황이라 할 수 있으나 이로 인한 피해는 학생들이 볼 수밖에 없다. 그러므로 '기능'에 대한 지속적이고 활발한 연구들을 통해 차기 교육과정 개정에는 언급된 다양한 문제점이 개선되길 기대한다.

국문요약

2015 개정 교육과정의 '내용 체계'에는 '핵심 개념', '일반화된 지식', '기능'이 새롭게 도입되었고, 이 중 '기능'의 경우 과학과 교육과정에서는 명확하게 정의되어 있지 않다. 그리고 과학 교과의 모든 '영역'에서 '기능'을 획일적으로 제시하는 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정의 '내용 체계'에 새롭게 도입된 '기능'에 대한 비판적 문제 인식 및 고찰을 통해 교사들의 '기능'에 대한 명확한 이해와 이로부터 개정된 교육과정의 철학이 현장에 잘 적용되길 의도하였다. 먼저 '기능'을 교육과정에 도입하는데 참고한 NGSS의 '과학・공학 실천'을 살펴보고 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시하고 있는 '기능'의 문제점을 확인하였다. 또 타 교과 및 이전 교육과정과의 '기능'과 '탐구'를 비교하여 비판적으로 분석하였다. 이러한 비판적 분석을 바탕으로 첫째, 과학과 핵심 역량을 구현할 수 있는 '기능' 항목의 도입 및 각 항목에 대한 명확한 정의, 둘째, 교과, '영역', '핵심 개념', 학년(군)에 따라 적합한 '기능'의 제시 및 '기능'의 적용을 위한 방법에 대한 구체적 기술, 그리고 셋째 '성취 기준'에서 '기능'의 직접적 제시가 필요함을 제언하였다.

주제어 : 기능, 과학・공학 실천, NGSS, 내용 체계

References

Byun, S., & Kim, H. (2011). Recognition of free inquiry activity and its effects on the science inquiry ability of middle school students. J Korea Assoc. Sci. Edu, 31(2), 210-224.

Chung, H. (2016). Critical review of the key concept-centered content system of the 2015 revised education curriculum with a focus on the Korean language curriculum. The Journal of Curriculum Studies, 34(3), 29-50.

Dong, H., Ha, S., & Kim, Y. (2015). A comparative analysis of achievement standards of Korean science curriculum and performance expectation of next generation science standards (NGSS) in the United States: content elements and objectives for middle school life science. Educational Research, 64, 95-125.

Han, H., Kim, Y., Lee, J., Kwak, S., Kim, G., Kim, G., Kim, Y., Park, J., Jin, D., Choi, D., Han, C., & Hwan, Y. (2015). A study on the development of the general guidance in the 2015 revised national

curriculum (Research Report CRC 2015-28). Seoul: Korea Foundation for the Science and Creativity.
Hwang, I. (2015). A reflection on the contents & framework of the 2015 moral subject curriculum. Journal of Moral & Ethics Education, 48, 81-110.
Jang, Y. *et al.* (2015a). An initiative development study for the 2015 revised science curriculum (Research Report). Seoul: Korea Foundation for the Science and Creativity.
Jang, Y. *et al.* (2015b). An initiative development study for the 2015 revised science curriculum Ⅱ (Research Report BD15110002). Seoul: Korea Foundation for the Science and Creativity.
Jeong, J., & Kang, N. (2016). Comparison of Korean and US achievement expectations for physics in school education. New Physics: Sae Mulli, 66(6), 705-718.
Jho, H. (2018). An analysis of elements of scientific inquiry presented in 2015 revised national science curriculum: focusing on scientific inquiry experiment. Journal of Research in Curriculum & Instruction, 22(3), 208-218.
Jo, S. (2015). A review on direction of the 2015 revised national curriculum development through teachers' planning, The Journal of Elementary Education, 28(3). 199-227.
Hong, M., Park, S., Baek, S., Byun, H., Yang, Y., Yang, J., Lee, K., Lee, M., & Han, H. (2012). Research and development of achievement standards and achievement levels based on the 2009 revised national curriculum -An analysis of the national curriculum and development achievement standards (CRC 2012-1). Seoul: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
Kang, N. (2014). The Implications of NGSS in Korean Curriculum. KNUE J. C & I, 14(1), 1-25.
Kang, N. (2016). 2016 Web megazine Science teacher, 10-11. Accessed Mar. 29. https://www.koreascience.org/news/download.
Kang, N., Oh, P., Kim, Y., & Bang, D. (2014). Redesign of science curriculum based on the US NGSS. Report 2014. Seoul: Korea Foundation for the Science and Creativity.
Kim, E., Ahn, J., Kim, H., & Yu, W. (2016). Effects of teachers' interest in the 2015 national curriculum on the intention to participate in professional development. The Journal of Curriculum and Evaluation, 19(1), 23-47.
Kim, H. (2015). Issues of 2015 revision history curriculum in terms of curriculum-making principle. Studies on History Education, 23, 7-49.
Kim, M., & Kim, Y. (2019). Analysis of the relationship between achievement standards and Subject Competencies of the 2015 revised mathematics curriculum: focusing on content system 'skill'. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 19(18), 845-873.
Lee, E., & Kang, S. (2012). Sub-component extraction of inquiry skills for direct teaching of inquiry skills. J Korea Assoc. Sci. Edu, 32(2), 236-261.
Lee, G., & Hong, H. (2017). Analysis on the meaning change of the term 'core concept' in the 2015 revised national curriculum. The Journal of Curriculum and Evaluation, 20(2), 1-30.
Lee, G., Ohn, J., & Baik, N. (2014). Composition of curriculum contents and exploration of achievement standards statement method (2nd National Curriculum Expert Forum Collection). 53-68.
Lee, K., & Jeung, Y. (2017). A reflective review on constitution of content system in 2015 revised subject curriculum: focused on key concept, generalized knowledge, and skill. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 17(16), 597-622.
Lee, K., Jeung, Y., Seo, Y., Jung, C., Choi, J., Park, M., Lee, B., Jin, E., Yu, J., Lee, K., Park, S., Ju, H., Baek, N., On, J., Lee, K., & Kim, S. (2014). A study on the guide lines for subject curriculum development (KICE Research Report CRC-2014-7). Seoul: KICE.
Lee, K., Jeung, Y., Min, Y., Lee, K., Lee, J., Lee, M., Kim, C., Pak, B., Mo, K., Park, C., Chin, J., Park, K., Kwak, Y., Jin, E., Seo, J., Lee, K., Park, S., Imm, C., Ohn, J., & Kim, S. (2015). Research for coordinating the revision process of subject curricular Ⅱ (KICE Research Report CRC 2015-25-1). Seoul: KICE.
Lim, Y., & Hong, H. (2016). A study on the presentation form of education content in the 2015 revised national subject curricula: focused on content framework. Asian Journal of Education, 17(3), 277-302.
Ministry of Education(MOE). (1997). Science curriculum. Notification No. 1997-15. Seoul: Ministry of Education.
Ministry of Education(MOE). (2015a). The general explanation of 2015 revised national curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 1]. Sejong: Ministry of Education.
Ministry of Education(MOE). (2015b). Science curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 9]. Sejong: Ministry of Education.
Ministry of Education(MOE). (2015c). Korean language curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 5]. Sejong: Ministry of Education.
Ministry of Education(MOE). (2015d). Mathematics curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 8]. Sejong: Ministry of Education.
Ministry of Education(MOE). (2015e). English curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 14]. Sejong: Ministry of Education.
Ministry of Education(MOE). (2015f). Social studies curriculum. Notification No. 2015-74 [issue 7]. Sejong: Ministry of Education.
Ministry of Education and Human Resources Development(MEHRD). (2007). Science curriculum. Notification No. 2007-79 [issue 4]. Seoul: Ministry of Education and Human Resources Development.
Ministry of Education, Science and Technology(MEST). (2009). Elementary and secondary school curriculum : General statement. Notification No. 2009-41. Seoul: Ministry of Education, Science and Technology.
Ministry of Education, Science and Technology(MEST). (2011). 2009 Revised National science curriculum. No 2011-361 [issue 9]. Seoul: Ministry of Education, Science and Technology.
Ministry of Education, Science and Technology(MEST). (2009). Elementary and Secondary School Curriculum : General Statement. Notification No. 2009-41 of the MEST. Seoul: Ministry of Education, Science and Technology.
Min, Y., Jung, Y., Lee, J., Nho, E., Shin, H., Yang, S., Yu, C., Lee, K., Kim, J., Kwak, Y., Jun, J., Lee, H., & Park, J. (2018). A study on the analysis and improvement of the contents system of curriculum(KICE Research Report CRC 2018-22). Jincheon: KICE.
Mo, K., Kang, D., & Eun, J. (2016). Major changes and issues in the 2015 revised social studies curriculum. Theory and Research in Citizenship Education, 48(1), 1-30.
Nam, H. (2016). Analysis and characteristics of content construction of 2015 revised middle school history curriculum. History Education Review, 60, 3-42.
National Research Council(NRC). (1996). National science education standards. Washington, D.C.: The National Academic Press.
National Research Council(NRC). (2000). Inquiry and the national science education standards. Washington, D.C.: The National Academic Press.
National Research Council(NRC). (2012). A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. Committee on conceptual framework for the new K-12 science education standards. Washington, D.C.: The National Academies Press.
NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For States, By States. Washington, D.C.: The National Academies Press.
Oh, Y. (2016). Approach from the policy dimension For the realization of the Korean core competency curriculum. Korean Language Education, 154, 229-256.
Park, S., & Kim, H. (2019). Comparative analysis of the 2015 revised science curriculum and US next generation science standards -focusing on ecosystem related concepts in elementary school courses. Biology Education, 47(3), 336-353.
Seo, Y. (2015). Major issues and tasks of the 2015 revised Korean language curriculum-focused on Korean language subject in the common curriculum. Journal of CheongRam Korean Language Education, 56, 67-106.
Seol, K. (2015). A reflection on characteristics and process of the development of the 2015 society & culture curriculum. Theory and Research in Citizenship Education, 47(4), 63-105.
Song, J., Kang, N., Gwak, Y., Na, J., Bang, D., Sohn, Y., Shim, G., Lee, G., Lee, B., Jeon, W., & Choi, I. (2014). A study on the reorganization of integrated science curriculum. Sejong: Ministry of Education. 31-146.
Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). Understanding by design(2e). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
Yang, S. (2019). The reflective consideration for the content system of 2015 revised mathematics curriculum - Focused on key concept, generalized knowledge and skill. School Mathematics, 21(2), 347-367.
Yun, D., Ko, E., & Choi, A. (2018). Identifying and applying competencies of five scientific core competencies in the 2015 science curriculum. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 18(24), 1301-1319.

저자 정보

권문호(경북대학교사범대학부설고등학교 교사)
박종석(경북대학교 교수)