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

과학 역량 모델의 제안과 과학 교육과정에의 적용

박종원[1], 윤혜경[2*], 권성기[3]
[1]전남대학교, [2]춘천교육대학교, [3]대구교육대학교

Suggesting a Model of Science Competency and Applying it to Science Curriculum

Jongwon Park[1], Hye-Gyoung Yoon[2*], Sunggi Kwon[3]
[1]Chonnam National University, [2]Chuncheon National University of Education, [3]Daegu National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:
Received 27 December 2018
Received in revised form
21 January 2019
13 March 2019
Accepted 19 March 2019

Keywords:
science competency, science curriculum, science learning objectives

ABSTRACT

Although the 2015 revised science curriculum has newly introduced core science competencies, there are a lot of confusions and difficulties at the school sites because the concept of competence is not clear. In this study, we conducted literature analysis to understand what constitutes the components of science competence and how the components are related. Based on this analysis, a model of science competency, composed of six factors (non-cognitive characteristics, knowledge, skill, context, performance, level) was suggested. In addition, we have explored ways to utilize this science competency model to re-write the achievement criteria of current science curriculum as science learning objectives expressed in the form of science competency. Finally, advantages and limits of the model are discussed and related further researches are suggested.

Ⅰ. 서론

"훌륭한 경찰이 될 사람을 검사해 보고 싶다면, 경찰이 무엇을 하는지 찾아보아라. 경찰을 따라다니면서 그들이 하는 활동의 목록을 만들고, 그 목록에서 견본(sample)을 뽑아 지원자를 가려내어라." (McClelland, 1973, p. 7)

이는 McClelland(1973)가 역량의 평가를 위해서는 직무와 관련된 이론적 지식뿐 아니라 실제적 능력도 포함되어야 한다는 것을 강조한 말이다. 이와 같이 초창기에 역량 개념에 대한 논의는 직업에서 필요로 하는 실제적인 실무 능력을 강조하면서 시작되었다. Spencer & Spencer(1993, p. 9)와 Brown(1994, p. 107)도 역량을 직업에서 효과적이고 우수한 수행을 이끌어내는 개인의 내적인 특성으로 보았다. 최근까지도 van der Klink & Boon(2003, p. 129)은 역량에 기초한 교육은 고용인의 요구에 맞춰 실제적 측면을 강조하는 교육과정을 운영하는 것이라고 하였다.

이와 같이 '역량' 개념은 직업에서의 우수한 수행을 강조하기 위해 사용되기 시작하였지만, 과학교육 분야에서도 학생이 미래 사회에 효과적으로 대처하기 위해서 역량이 중요하다고 강조되기 시작했다(White, 1979). 그리고 최근에 과학기술이 빠르게 발달되고, 복잡하고 다원화된, 그리고 상호연결이 긴밀해진, 국제화된 사회가 되면서(Carter, 2005) 모든 사람의 삶에 필요한 능력으로서 역량이 다시 강조되기 시작하였다(OECD, 2005). 과학 교육과정이 사회 변화에 적절히 대처하지 못한다는 지적(Klieme, Hartig, & Rauch, 2008; Oyao *et al.*, 2015; Tsai, 2015)이 많아지고, 이에 따라 여러 나라의 과학 교육과정에서 역량을 강조하게 되었다 (Blanco-Lopez *et al.,* 2015). 예를 들어, Chang *et al.*(2011)은 대만 교육과정이 역량을 강조하고 있다고 소개하였고, Yao & Guo (2018)는 중국 교육과정 속에서 어떻게 물리, 화학, 생물 분야별로 과학적 역량을 강조하고 있는지를 소개하였다. 또 Arjomand *et al.*(2013)은 스칸디나비아, 프랑스, 핀란드, 벨기에 학교에서 역량이 어떻게 강조되고 있는지 소개하였고, Eurydice (2012)도 유럽의 여러 나라 학교에서 강조되는 역량을 소개하였다. Deboer(2011, p. 572)는 덴마크, 독일, 포르투갈, 대만 등의 국가에서 어떻게 교육과정 속에서 역량을 강조하고 있는지 소개하였다.

한국에서도 2015 개정 교육과정에서 6가지 핵심역량(자기관리 역량, 지식정보처리 역량, 창의적 사고 역량, 심미적 감성 역량, 의사소통 역량, 공동체 역량)을 강조하였다(Ministry of Education, 2015a). 이 핵심역량은 교과 교육을 포함한 학교교육 전 과정을 통해 길러지기를 기대하는 것으로 범교과적 성격을 지니는 '일반역량'이며 각 교과별 핵심역량을 '교과역량'으로 따로 제시하였다. 과학과 교과역량으로는 '과학적 사고력', '과학적 탐구 능력', '과학적 문제해결력', '과학적 의사소통 능력', '과학적 참여와 평생학습 능력'이 제안되었다(Ministry of Education, 2015b). 이와 같이 세계 각국의 교육과정에서 핵심역량이 강조되고 있는 추세이다.

그러나 역량에 대한 학술논문, 보고서, 교육과정 등을 살펴보면, 역량에 대한 정의와 구성 요소들이 연구자나 문서에 따라 매우 다양하게 제시되어 있다는 것을 알 수 있다(e.g., Arjomand *et al.*, 2013; Chi *et al.*, 2017; Lim, Chang, & Song, 2018; Rychen, & Salganik, 2005, Tsai & Haung, 2018). 연구자마다, 문서마다 너무나 다양한 정의와 구성 요소들을 제시하고 있어서 실제 교육과정이나 교육계획

* 교신저자 : 윤혜경 (yoonhk@cnue.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.2.207

을 수립하기 위해서는 좀 더 체계적으로 '역량' 개념을 재구조화할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 과학 역량을 구성하는 주요 요소들은 무엇이고 역량의 구성 요소들이 전체적으로 어떤 연관성을 가지고 있는지를 종합적으로 이해하기 위해 문헌 분석을 실시하고, 이에 기초하여 과학 역량 모델(A Model of Science Competency: MSC)을 제안하고자 한다. 그리고 과학 학습 목표와 내용을 보다 구체적으로 제시하기 위해 이러한 역량 모델을 활용하는 방안을 탐색 하고자 한다. 구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

첫째, 역량 개념을 과학 역량으로 한정하여, 과학 역량의 구성 요소들이 무엇인지, 구성 요소들이 서로 어떤 관계들을 갖는지 전체적인 모델을 제시하고자 한다. 이는 과학 역량의 구성 요소와 구성 요소 간의 관계로 과학 역량을 정의하여 과학 역량의 개념을 보다 구체화하고 명확하게 하는데 도움이 될 것이다. 또한 이러한 모델은 과학 역량을 과학 교육과정이나 과학 학습에 보다 직접적으로 도입하기 위한 발판을 제공하기 위한 것이다.

둘째, 본 연구에서 제안한 과학 역량 모델에 기초하여, 과학 교육과정에서 과학 역량이 구체적으로 어떻게 진술될 수 있는지를 제안하고자 한다. 이는 첫 번째 연구 목적에서 언급하였듯이, 역량 모델이 과학 교육과정과 과학 학습에 실질적인 안내와 도움을 줄 수 있는지를 점검하기 위한 것이다.

II. 이론적 배경

1. 역량 개념에 대한 다양한 관점

역량 개념이 학교 교육과정에서 강조되고, 많은 문헌에서 역량 개념을 사용하지만, 역량에 대한 정의가 다양하고 혼란스러운 측면이 있어(Pikkarainen, 2014; Westera, 2001), Le Deist & Winterton(2005)은 역량이 '애매한 개념(fuzzy concept)'이라고 지적하기도 하였다. Holmes & Hooper(2000), Pande & Chandrasekharan(2017)는 학교 밖의 경제 및 경영 분야에서 강조하는 역량 개념과 교육에서 강조하는 역량 개념이 다르다고 보고 교육적 관점에서 역량을 논의하였고, Mansfield(2004)도 영국에서 역량이라는 말이 특정 과제를 수행하는데 필요한 능력, 우수한 수행에 영향을 주는 기반 요소들, 또는 역량을 구성하는 요소들을 나타내는 등, 다양한 의미로 사용되고 있다고 하였다.

역량이라는 말은 특정 능력에 한정해서 사용되기도 하는데, 예를 들어 Sung & Oh(2017)는 특정 과학 개념 학습과정에서 학생이 이해를 바탕으로 무엇인가 수행할 수 있는 능력으로 한정하여 역량을 정의하였다. 또 Chang *et al.*(2011)은 과학탐구 역량과 의사소통 역량에 한정하여 과학적 역량 평가도구를 개발하기도 하였다. 몇몇 연구자들은 이보다 더 세부적인 것에 한정하여 역량이라는 용어를 사용하기도 하였다. 예를 들면, Klemm & Neuhaus(2017)는 관찰 역량, Lopes & Costa(2007)는 모델링 역량, Böttcher & Meisert(2013)은 의사결정 역량, Kulgemeyer & Schecker(2013)은 의사소통 역량, Gebre & Polman(2016)은 표상 역량이라는 용어를 사용하였다.

또 과학 역량은 과학탐구 능력과 유사하게 개념화되기도 하였다. 예를 들어, PISA(Programme for International Student Assessment)(OECD, 2009)에서는 과학 평가를 위한 4가지 요소(situations and context, scientific competencies, scientific knowledge, and attitudes towards science)를 제시하면서, 그 중의 하나인 과학 역량을 Table 1과 같이 정의하였는데, 그 내용을 보면 탐구수행 능력을 과학 역량으로 보고 있다고 할 수 있다. 실제로 PISA(OECD, 2009, p. 138)도 Table 1의 과학 역량이 과학 탐구를 위한 것임을 명시하고 있다.

Table 1. Science competences suggested in PISA (OECD, 2009)

Domain	Competency
Identifying scientific issues:	- Recognising issues that are possible to investigate scientifically - Identifying keywords to search for scientific information - Recognising the key features of a scientific investigation
Explaining phenomena scientifically	- Applying knowledge of science in a given situation - Describing or interpreting phenomena scientifically and predicting changes - Identifying appropriate descriptions, explanations, and predictions
Using scientific evidence	- Interpreting scientific evidence and making and communicating conclusions - Identifying the assumptions, evidence and reasoning behind conclusion - Reflecting on the societal implications of science and technological developments

이에 Kwak(2013, p. 380)은 '핵심역량에 대한 정의가 불명확하거나, 핵심역량이 교과 수업과 연계되지 못하는 등의 문제점으로 인해 교육현장에서 핵심역량을 실천적으로 구현하지 못하는 한계점을 지닌다.'고 지적하였다. Lee(2018) 또한 역량기반 교육과정 연구학교 교사들을 대상으로 한 연구에서 교사들이 역량 개념의 모호성, 역량의 과다 및 역량들 간의 관계 혼란 등으로 어려움을 겪고 있다고 보고하였다.

이론적 관점에 따라 역량이 어떻게 다르게 강조되는지를 분석한 연구들도 수행되었다. 예를 들어, Norris(1991)는 행동주의적 관점, 인지적 관점, 일반적(generic) 관점에 따라 역량이 다르게 강조되고 있다고 하였다. 즉, 행동주의적 관점에서는 역량을 구체적인 상황에서 수행할 수 있는 그리고 관찰 가능한 행동으로 본다. 이러한 관점에서는 역량을 기초적인 수준에서 좀 더 복잡한 수준으로 위계적으로 나타낼 수 있다고 본다. 일반적 관점에서는 역량을 초보자에 비해 전문가 또는 숙달된 사람이 가지고 있는 능력에 관심을 갖는다. 따라서 일반적 관점에 의해 기술된 역량은 특정 분야에서의 견습생 훈련에 활용된다. 이러한 관점을 일반적이라고 하는 이유는 전문가 또는 숙달된 사람이 가지는 역량의 내용(예를 들면, 자신의 행동을 자가 조절하기)이 분야에 상관없이 적용될 수 있다고 보기 때문이다. 역량에 대한 인지적 관점에서는 어떤 상황에서의 수행에 영향을 주는 잠재적 능력을 역량이라고 본다. 예를 들어, 언어적 수행에 반드시 필요한 특정 지식이나 기능을 역량으로 보는 관점이다.

Westera(2001)는 역량을 특정 행동을 일으키게 하는 기저에 깔린 인지적 구조로 보는 이론적(theoretical) 관점과, 복잡하고 예상치 못한 상황에 대처하는 높은 수준의 실제적인 기능과 행동 자체로 보는 조작적(operational) 관점으로 나누었다. 이러한 관점을 Norris(1991)의 논의와 비교해 보면, 각각 인지적 관점과 행동주의적 관점으로 볼 수 있다.

van der Klink & Boon(2003)은 지역과 학습 이론, 그리고 역량의 적용 분야에 따라 역량이 서로 다르게 논의되고 강조된다고 하였다.

즉 지역적으로 보면, 역량을 미국에서는 우수한 성취로, 영국에서는 여러 사람들이 받아들이는 성취 기준으로, 독일에서는 다양한 직업 환경에서 전문성을 가지고 과제를 수행할 수 있는 종합적인 능력으로 보고 있다고 하였다. 또, 학습이론 측면에서 보면, 구성주의적 관점과 인지적 관점에 따라 역량이 다르게 강조되고 있다. 즉 구성주의적 관점에서는 역량에서 표준, 가치, 믿음을 강조하고, 역량기반 체계 속에서 근로자의 발달과 다양한 상황으로 역량의 전이에 관심을 갖는다. 반면에 인지적 관점에서는 역량을 성취와 연결시켜 역량을 통한 구체적인 수행의 발달을 강조한다. 또 역량의 적용 분야에 따라 살펴보면, 훈련 및 교육적 적용에서는 역량이 교육과 훈련을 통해 길러질 수 있는 기능들이라고 보지만, 선발에 적용할 때에는 역량이 부분적으로만 길러질 수 있다고 본다. 그리고 수행평가에 적용할 때에는 수행을 역량의 하위 범주로 본다고 하였다.

이와 같이 역량이 다양한 관점에서 서로 다르게 논의되고 있어, 역량에 대한 다양한 관점과 논의를 종합적으로 정리하려는 노력들이 있어왔다. 예를 들어, Koh & Jeong(2014)은 5개 국가(영국, 호주, 뉴질랜드, 캐나다 온타리오 주, 싱가포르)의 과학교육과정과 한국교육과정 평가원에서 강조하고 있는 과학과 역량을 종합하여 모아 5개 역량(비판적 사고력, 창의적 사고력, 문제해결력, 탐구능력, 의사소통능력, 문화적 이해력, 학문간 통합능력, 적용능력, 개인적 역량과 사회적 역량)으로 정리한 바 있다.

Fernandez *et al.*(2012)은 의학교육 분야에서 제시된, 역량에 대한 14개 정의들로부터 공통적인 특징들을 추출한 결과 주요 역량 요소들, 역량으로 수행할 수 있는 것, 그리고 역량의 목적에 대한 내용들이 역량의 정의에 공통적으로 포함되어 있다고 하였다. 또 역량 요소들로 제시된 것들을 보면, 지식과 기능 외에 10개의 역량 요소들(일상적 실행에 대한 반추, 의사결정에서의 적절한 가치판단 등)이 제시되어 있다고 하였다.

또 Le Deist & Winterton(2005)은 여러 나라에서 보는 역량에 대한 관점들을 종합하여 직업적 측면과 개인적 측면에서 필요한 역량과 개념적 측면과 조작적 측면의 역량으로 나누어, 각각 속하는 역량으로 인지적 역량(지식과 이해 등), 기능적 역량(기능 등), 사회적 역량(행동과 태도 포함), 그리고 메타 역량(학습하는 법 포함)을 제안하였다(Fig. 1).

	Occupational	***Personal***
Conceptual	Cognitive competence	Meta competence
Operational	Functional competence	Social competence

Figure 1. Typology of competence
(Redrawn from Le Deist & Winterton, 2005)

2. 역량 요소들 간의 관계를 나타내는 역량 모델

이와 같이 역량에 대한 다양한 정의와 관점들을 종합하고, 그 과정에서 공통적인 요소들을 추출하여 정리하는 노력도 필요하지만, 많은 연구들이 주로 역량을 구성하는 요소들만 강조할 뿐, 구성 요소들 간의 관계에 대해서는 논의는 매우 적었다.

예를 들어, 과학 탐구의 경우 관찰, 측정, 변인통제, 표와 그래프의 작성, 결과 해석 등과 같은 다양한 탐구기능 요소들이 있는데, 이들 요소들은 서로 연결되어 하나의 탐구과정을 이루고 있다. 이와 관련하여 Park, Jang & Kim(2009)은 물리학자들을 대상으로 물리학의 연구과정을 조사하여, 크게 3단계(문제인식, 탐구수행, 결과)에 관련된 여러 가지 탐구기능요소들이 서로 어떻게 연결되어 있는지를 그림으로 나타낸 바 있다.

역량 요소들 간의 관계에 대해 Brikett(1993, cited in Coll & Zegwaard, 2006)은 역량이 어떤 구체적인 상황에서의 수행만을 뜻하는 것은 아니고, 역량을 구성하는 개별적 요소들(지식, 기능, 태도 등) 만을 뜻하는 것도 아니며, 그 요소들이 서로 연관되어 있는 것이라고 하였다. 이와 비슷하게 Oyao *et al.*(2015)도 역량을 Fig. 2와 같이 지식과 기능, 그리고 개인적 성향이 서로 구체적인 행동과 연관되어 있는 것으로 표현하였다.

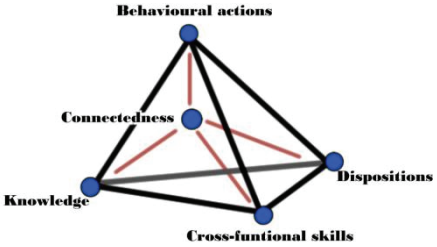

Figure 2. Five competence indicators
(Redrawn from Oyao *et al.*, 2015)

또 1990년대 말 OECD는 DeSeCo(Definition and Selection of Competencies) 프로젝트를 통해 개인이 성공적인 삶을 살아가고 사회가 잘 기능하는 데 필요한 역량을 '자율적 행동', '상호작용을 위한 도구 활용', '이질적 집단과의 사회적 상호작용'의 세 범주로 구분하여 제시하였다. 이후에 OECD Education 2030 프로젝트가 후속 프로젝트로 2단계에 걸쳐 진행되고 있는데, 1단계 연구는 2015년부터 2018년까지, 2단계는 2019년부터 진행될 예정이다. 현재 진행되고 있는 Education 2030 프로젝트의 개념 틀은 Fig. 3과 같이 역량(competencies)과 행동(action)을 포함하고 있다. 역량은 특정 상황에서 지식, 기능, 태도와 가치를 활용하는 능력을 말하고, 행동은 이러한 역량들을 발휘하여 하는 것을 말한다(Lee *et al.*, 2016).

Figure 3. OECD Education 2030 framework (Redrawn from OECD, 2016)

이와 같이 역량의 요소와 요소들 간의 관계를 논의한 연구들이 일부 있으나, 그러한 연구가 아직 충분한 것을 아니다. 더구나 과학 역량에 대해서는 연구된 바가 없었다. 따라서 역량 연구에서 첫 번째로 필요한 것은 과학 역량의 구성 요소들은 무엇이고, 주요 요소들이 전체적으로 서로 어떠한 관계로 연결되어 있는지를 나타내는 것이라고 하겠다.

3. 역량 개념의 영역・상황 의존성

역량 개념에 대해 또 한 가지 주목해야 하는 것은, 역량의 구성 요소를 교과에 무관하게 모든 영역에서 필요로 하는 공통적인 요소로 강조하는 경우가 있는 반면, 특정 영역, 예를 들어 과학 영역에서 필요한 역량을 별도로 정의한 경우가 있다는 점이다. 예를 들어, OECD(2005)에서 발표한 DeSeCo 보고서에서는 '역량은 전문가만을 위한 것이 아니라 모든 개인을 위한 것'(OECD, 2005, p. 4)이라고 명시하여, 모든 이에게 공통적으로 필요한 역량을 강조하고 있다.

그러나 Lupión-Cobos, López-Castilla, & Blanco-López (2017)은 많은 연구들이 역량을 일반적(generic) 수준으로 제시하기 때문에 과학교육이나 과학교육과정에서 역량이 어떻게 도입되어야 하는지가 불분명하다고 하였다(Blanco-López, st al, 2015; Fensham, 2007). Lottero-Perdue & Brickhouse(2002)도 상황에 무관한 일반적인 역량보다는 개인적으로 관련이 있고, 상황 의존적인 역량이 중요하다고 강조하였다. 그래서 그들은 실제 회사원을 대상으로 어떤 과학적 역량을 어떻게 습득하는지를 조사하여 과학 역량의 구체적인 사례를 제시하였다. 예를 들어, 한 대상자의 경우에는 기술적인 어떤 문제 해결 과정에서 다음 3가지 과학 역량이 사용된다는 것을 발견하였다: 문제발견하기, 실험탐구를 통해 문제에 답하기, 문제를 해결하기 위해 과학자/공학자와 팀의 일원으로 작업하기. 이 경우를 보면, 과학적 역량은 '구체적인 과학적 상황에서 발생된 특정 문제를 해결하기 위해 팀을 이루어 과학적 탐구를 수행할 수 있는 능력'이라고 할 수 있다.

Oyao *et al.*(2015)은 일반적으로 정의된 5개 과학 역량 요소(지식, 기능, 성향, 연계, 행동)들을 자연 재해나 재난 상황에서 구체적으로 기술하였다. 예를 들면, 자연 재해 및 재난 상황에서 필요한 기능을 창의성, 미래적 사고, 위험에 기초한 의사결정(creativity/innovation, future thinking, risk-based decision marking)의 3 가지로 제시하고, 각각에 대해 낮은 수준에서 높은 수준으로 나누어 구체적으로 기술하였다. 또 Spencer & Spencer(1993)는 Table 2와 같이 특정 역량을 나타내는 주요 명칭만을 제시하는 데에서 그치지 않고, 그 역량에 해당하는 구체적인 행동을 제시하고, 나아가 실제 상황과 사례들을 제시하였다.

따라서 본 연구에서도 과학교육에서 필요한 과학 역량에 대해서 논의하고, 나아가 과학 역량이 실제 과학 교수 학습 과정에서 어떻게 구체화될 수 있는지 살펴보고자 한다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 역량의 주요 요소 추출 방법

역량의 정의와 역량의 구성 요소에 대한 연구는 매우 많은 분야에서 이루어져왔다. 예를 들면, 의학・간호・약학 분야, 비즈니스・경영 분야, 또는 공학기술 분야 등에서 역량에 대한 연구들이 많이 있어왔다. 따라서 제목에 competent, competency, competencies가 포함된 국제 학술논문 및 도서를 검색해 보면, 매우 많은 문헌들이 검색된다. 예를 들어, Google scholar의 경우에는 약 61,700개의 문헌이 검색되었고, 연구자의 대학 데이터베이스에서도 약 1,200개의 문헌이 검색되었다. 따라서 이러한 방대한 문헌을 모두 조사하는 것은 불가능하였다. 더구나 역량의 정의와 구성 요소에 대한 논의들은 문헌마다 약간씩 다르기는 하지만, 다른 연구에서 인용하거나 내용 자체가 비슷한 경우도 많아 모든 문헌을 조사할 필요가 없다고 판단하였다. 따라서 역량에 대한 정의나 구성 요소에 대해서 비교적 여러 문헌에 기초하여 종합적으로 논의한 논문이나 저서, 그리고 인용된 회수가 높은 논문들을 중심으로 분석 문헌을 선정하였다. 즉, 분석 문헌은 연구자 3인의 협의에 의해 다음 논문이나 보고서를 중심으로 선정하였다. 1) 역량에 대한 정의나 구성 요소를 제시하고 있는 논문이나 보고서 2) 국제적으로 중요한 주목을 받은 연구 보고서(예를 들면 OECD나 EU와 관련된 보고서) 3) 우리나라의 최근 교육과정과 논문. 이러한 논문 선정은 매우 엄격한 것은 아니며 본 연구에서 분석한 문헌이 방대한 역량 연구들 중 대표적인 것이라고 말할 수는 없다. 그러나 연구자들은 연구 과정에서 많은 문헌을 검색하고 탐독하면서 1990년대부터 현재에 이르는 문헌 중 주요한 문헌을 고르게 살펴보면서, 역량의 정의와 구성 요소를 다룬 문헌을 중심으로 하되, 다른 문헌에서 인용하고 있는 2차 문헌의 경우는 제외하고자 노력했다. 결과적으로 역량의 정의와 관련해서 11개의 문헌, 역량의 구성 요소와 관련해서 11개의 문헌을 추출하였다. 문헌 분석 과정을 통해 추출된 역량에 대한 주요 정의는 Table 3에 제시하였고, 문헌에 제시된 역량의 구성 요소는 Table 4에 제시하였다.

Table 2. Names, actions, and examples that describe specific competencies (Spencer & Spencer, 1993, pp. 68-70)

Competence	Names	Actions	Examples
Analytical Thinking	Thinking for yourself, Practical intelligence, Analyzing problems, Reasoning, Planning skill	- Set priorities for tasks in order of importance. - Break down a complex task into manageable parts in a systematic way. - Recognizes several likely causes of events, or several consequences of actions.	- We had unclear sales orders and that' why the engineering was not complete, and that's why we were engineering the same day we were shipping the project, and that's why we were spending so much time on rework, ...

Table 3. Definitions of competencies in the literature

Source	Definitions of competencies
Keen(1992)	- "Competence [is the] ability to handle a situation (even unforeseen)." (p. 115) - "Competence is a compound, made up of different parts just like the fingers of a hand [i.e., skills, knowledge, experience, contacts, values, and additionally coordination which is located in the palm, and supervision, symbolized by the nervous system]." (p. 112)
Spencer & Spencer(1993)	- "A competency is an underlying characteristic if an individual that is causally related to criterion-reference effective and/or superior performance in a job or situation." (p. 9) - "Five types of comtemporary characteristics. 1. Motives, 2. Traits, 3. Self-concept, 4. Knowledge, 5. Skill." (pp. 9-11)
Parry(1996)	- "A competency is: a cluster of related knowledge, skills and attitudes that affects a major part of one's job (a role or responsibility), that correlates with performance on the job, that can be measured against well-accepted standards, and that can be improved via training and development." (p. 50)
Mirabile(1997)	- "Competency is a knowledge, skill, ability, or characteristic associated with high performance on a job, such as problem solving, analytical thinking, or leadership. Some definitions of a competency include motives, beliefs and values." (p. 75)
Kirschner *et al*. (1997)	- "We define competence as the whole of knowledge and skills which people have at their disposal and which they can use efficiently and effectively to reach certain goals in a wide variety of contexts or situations." (p. 151) - "Our definition of competence is ..... the ability to make satisfactory and effective decisions in a specific setting or situation. ..... it involves judgements, values, self-confidence to take risks, and a commitment to learn from experience." (p. 155)
Westera(2001)	- "Employers demand graduates who are able to operate in complex environments, i.e. environments characterized by ill-defined problems, contradictory information, informal collaboration, and abstract, dynamic and highly integrated processes. The concept of competence is strongly associated with the ability to master such complex situations." (p. 75) - "'competence' transcends the levels of knowledge and skills to explain how knowledge and skills are applied in an effective way." (p. 75) - "(competency is) extended capabilities invoke the idea of conscious and intentional decision making rather than routine behaviors. Indeed, competences seems to include meta-cognition, ..." (p. 80)
van der Klink & Boon(2003)	- "USA: ...competencies refer to the skills knowledge, and characteristics of persons, that is traits, motives and self-concept, which contribute to performance excellence." (p. 126) - "Germany: (competencies) refers to a person's ability to perform various tasks within a certain profession. ... defined as integrated action programmes that enable individuals to perform adequately in various job contexts within a specific profession." (p. 127)
Rychen & Salagnick(2003)	- "A competency is defined as the ability to successfully meet complex demands in a particular context through the mobilization of psycho-social prerequisites (including cognitive and non-cognitive aspects)." (p. 43) - "... cognitive skills or intellectual abilities (such as analytical or critical thinking skills, decision-making skills, or general problem solving skills) and the knowledge base constitute crucial mental resources that need to be mobilized for competent performance ... [competency] also requires the mobilization of social and behavioral components such as motivation, emotions, and values." (p. 45)
OECD(2005)	- A competency is more than just knowledge and skills. It involves the ability to meet complex demands, by drawing on and mobilizing psycho-social resources (including skills and attitudes) in a particular context (p. 4). - Competency must (1) contribute to valued outcomes for societies and individuals; (2) help individuals meet important demands in a wide variety of contexts; and (3) be important not just for specialists but for all individuals. (p. 4) - (1) Key competencies involve a mobilisation of cognitive and practical skills, creative abilities and other psychosocial resources such as attitudes, motivation and values, as well as knowledge, (2) reflective thinking and action which implies the use of meta-cognitive skills (thinking about thinking), creative abilities and taking a critical stance, (3) one is likely to draw on more than one such competency in one context. (pp. 8-9)
EU(2006)	"Competences are defined here as a combination of knowledge, skills and attitudes appropriate to the context." (p. L 394/13)
Hoskins & Crick(2010)	"A competence refers to a complex combination of knowledge, skills, understanding, values, attitudes and desire which lead to effective, embodied human action in the world in a particular domain." (p. 122)

Table 4. The components of the competencies presented in the literature

Souce	The components of the competencies
Spencer & Spencer(1993)	(1) Motives: (ex) Achievement-motivated people consistently set challenging goals for themselves, ... (2) Traits: (ex) Reaction time and good eyesight are physical trait competencies of combat pilots. (3) Self-concept: (ex) Self-confidence, a person's belief that he or she can be effective in almost any situation is part of that person's concept of self. (4) Knowledge: (ex) A surgeon's knowledge of nerves and muscles in the human body. (5) Skill: (ex) A dentist's physical skill to fill a tooth without damaging the nerve.
Mansfield(2004)	cited form UK agency, QCA (The Qualifications and Curriculum Authority): (1) application of number, (2) communications, (3) problem solving, (4) working with others, (5) improving learning and performance, (6) information technology.

<table>
<tr><th>Souce</th><th>The components of the competencies</th></tr>
<tr><td>Coll & Zegwaard(2006)</td><td>(1) knowledge
(2) skill
<table>
<tr><td rowspan="3">cognitive skills</td><td>technical skills</td><td>applying technical knowledge</td></tr>
<tr><td>analytical (constructive) skills</td><td>identifying problem, developing solution</td></tr>
<tr><td>appreciative skills</td><td>evaluating complicated situations, making creative/complex judgement</td></tr>
<tr><td rowspan="2">behavioral skills</td><td colspan="2">interpersonal skills (IS) & securing outcomes through IS</td></tr>
<tr><td colspan="2">Organizational skills (OS) & securing outcomes through OS</td></tr>
</table>
(3) attitudes
(4) self-efficacy</td></tr>
<tr><td>OECD(2009)</td><td>(1) Identifying scientific issues: ① Recognising issues that are possible to investigate scientifically, ② Identifying key words to search for scientific information, ③ Recognising the key features of a scientific investigation
(2) Explaining phenomena scientifically: ① Applying knowledge of science in a given situation, ② Describing or interpreting phenomena scientifically and predicting changes, ③ Identifying appropriate descriptions, explanations, and predictions
(3) Using scientific evidence: ① Interpreting scientific evidence and making and communicating conclusions, ② Identifying the assumptions, evidence and reasoning behind conclusion, ③ Reflecting on the societal implications of science and technological developments</td></tr>
<tr><td>Griffin & Care(2014)</td><td>
<table>
<tr><th>Area</th><th>Competency</th></tr>
<tr><td>Ways of thinking</td><td>・Creativity and innovation,
・Critical thinking, problem solving, and decision making,
・Learning to learn, meta-cognition</td></tr>
<tr><td>Ways of working</td><td>・Communication, ・Collaboration</td></tr>
<tr><td>Tools for working</td><td>・Information Literacy,
・Informational and communication technology literacy</td></tr>
<tr><td>Living in the world</td><td>・Citizenship-local and global, ・Life and career, ・Personal and social responsibility, including cultural awareness and competence</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Eurydice(2012)</td><td>・communication in the mother tongue
・communication in foreign languages
・mathematical competence and basic competences in science and technology
・digital competence
・learning to learn
・social and civic competences
・sense of initiative and entrepreneurship
・cultural awareness and expression.</td></tr>
<tr><td>Kwak(2013)*</td><td>- 인성 역량: (1) 도덕적 역량, (2) 자아정체성, (3) 대인관계 발달, (4) 개인적・사회적 책무성, (5) 의사소통능력, (6) 자기관리능력
- 지적 역량: (1) 자기주도적 학습능력, (2) 문제해결력, (3) 기초학습능력, (4) 비판적 사고력, (5) 의사소통능력, (6) 자기관리능력, (7) 정보활용능력, (8) 의사결정력
- 사회적 역량: (1) 대인관계 발달, (2) 개인적・사회적 책무성, (3) 의사소통능력, (4) 시민성, (5) 도덕적 역량, (6) 비판적 사고력, (7) 자기관리능력</td></tr>
<tr><td>Koh & Jeong(2014)*</td><td>비판적 사고력, 창의적 사고력, 문제해결력, 탐구능력, 의사소통 능력, 문화적 이해력, 학문간 통합능력, 적용능력, 개인적 역량과 사회적 역량</td></tr>
<tr><td>Ministry of Education(2015)*</td><td>과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력</td></tr>
<tr><td>Yao, J-X., & Guo, Y-Y.(2018)</td><td>Physics key competences
<table>
<tr><td>Big idea</td><td>matter, motion and interaction, energy</td></tr>
<tr><td>Scientific thinking</td><td>modelling reasoning, argumentation, innovation</td></tr>
<tr><td>Scientific inquiry</td><td>question, evidence, explanation, collaboration</td></tr>
<tr><td>Scientific attitude</td><td>NOS, attitude, responsibility</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Carracedo et al. (2018)</td><td>cited from Catalan University Quality Assurance Agency3 (AQU), in Catalonia, Spain
- negotiation skill, leadership, numerical skills, theoretical learning, ability to make decisions, language, practical knowledge, autonomous learning, communication skills, ability to have new ideas, problem solving, computing skills, teamwork, learning ability, responsibility at work</td></tr>
</table>

* These are Korean documents, so the results are expressed in Korean to prevent misinterpretation

2. 분석 방법

먼저, 총 11개의 문헌으로부터 정리된 역량에 대한 정의(Table 3)로부터, 주요 단어들을 추출하고 추출된 단어들을 공통된 속성에 따라 범주화하였다. 그리고 그러한 범주화에 기초하여 역량의 주요 구성 요소와 그 특징을 정리하였다. 또 총 11개의 문헌(Table 4)을 분석하여 역량의 세부 요소를 파악하고 이를 역량의 주요 구성 요소와 연계시켰다. 이 과정에서 구성 요소는 여러 차례 재 범주화되고 수정되었다.

다음 단계로 위의 분석 내용을 바탕으로 역량의 주요 요소들과 하위 요소들이 연결된 과학 역량 모델을 완성시켰다. 완성된 모델을

기반으로 역량의 정의를 다시 제시하고, 그러한 정의와 모델을 구체적인 학습 목표 진술에 적용하였다. 그리고 적용 과정을 통해 나타난 모델의 특징 및 장단점과 함께 학교 과학 학습 지도에서의 실제적인 활용가능성을 논의하였다.

Ⅳ. 연구 결과

1. 역량의 정의에 포함된 주요 구성 요소

Table 3의 역량에 대한 정의로부터 주요 단어들을 추출한 결과, Table 5와 같이 크게 6 가지로 구성 요소를 범주화할 수 있었다. 즉, 역량의 정의에서는 크게 인지 외적 특성과 지식, 기능, 상황, 수준과 수행의 6가지 구성 요소 범주가 추출되었다. 역량의 정의로부터 구성 요소를 분석한 결과 나타난 특징을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 역량의 정의에는 지식과 기능 외에 동기, 특질, 자아개념, 가치, 신념, 태도, 욕구 등과 같은 다양한 인지 외적 특성이 포함되어 있다.

둘째, 역량의 정의에는 지식과 비판적 사고, 분석적 사고, 메타인지 등의 인지 기능이 포함되어 있다.

셋째, 역량의 정의에서는 모두 상황을 강조하고 있다. Spencer & Spencer(1993), van der Klink & Boon(2003), 그리고 Westera (2001)는 직업적 상황을 명시하였고, Westera(2001)는 복잡하고, 정의되지 않고, 불일치 정보 등이 존재하는 상황으로 상황을 보다 구체적으로 강조하였다. 다른 경우에도 다양한 상황, 복잡한 요구를 하고 있는 상황 등으로 상황을 표현하였다.

넷째, 결과적으로 무엇인가를 행할 수 있는 행동과 수행을 강조하고 있다. 즉, 무엇인가 수행 (Spencer & Spencer, 1993; van der Klink & Boon, 2003)하거나 행동(Hoskins & Crick, 2010)하는 것으로, 또는 복잡한 요구를 만족하거나(OECD, 2005; Rychen & Salagnick, 2003), 목적에 달성할 수 있는 능력(Kirschner *et al.*, 1997)으로 역량을 정의하였다. 좀 더 특정적으로 의사결정(Westera, 2001)이나 과학탐구(OECD, 2017)를 결과적인 행동으로 정의한 경우도 있었다.

다섯째, 이러한 결과적인 수행의 수준을 강조하였다. 즉 이러한 수행이 효과적이거나(Hoskins & Deakin, 2010; Kirschner *et al.*, 1997), 전문적이고 적절해야 한다거나(van der Klink & Boon, 2003), 성공적이거나(Rychen and Salagnick, 2003), 가치로워야 한다(OECD, 2005)는 것을 정의에 포함하고 있다.

요약하면, 여러 문헌에서 역량은 대개 지식과 인지적 기능 외에 여러 가지 인지 외적 특성을 포함하며, 직업적 또는 다양한 상황에서 결과적으로 무엇인가를 어떤 수준에 맞추어 수행할 수 있는 수행이나 능력으로 정의되어 있다고 할 수 있다.

2. 역량의 구성 요소에 포함된 세부 요소들

역량의 주요 요소를 명시적으로 제시한 Table 4의 문헌 내용을 기반으로 세부 요소들을 범주화하여 정리한 결과는 Table 6과 같다. Table 6에서 제시한 역량의 세부 요소 각각에 대한 특징들을 정리하

Table 5. Categories of the components extracted from the definitions of competencies

Source	Non-cognitive Characteristics	Cognitive abilities		Context	Level	Performance
		Knowledge	Skill			
Keen(1992)	values	knowledge	skills	unforseen situations	-	-
Spencer & Spencer(1993)	motives, traits, self-concept	knowledge	skill	job or situation	effective, superior	performance
Perry(1996)	attitudes	knowledge	skill	job	well- accepted standards	performance
Mirabile(1997)	motive, belief, values	knowledge	skill analytical, leadership	job	high	performance problem solving
Kirschner *et al.* (1997, p. 151)	values, self-confidence	knowledge	skills	wide variety of contexts or situations	efficiently, effectively, satisfactory	judgements, decisions
Westera(2001)	-	knowledge, contradictory information	skills, collaboration, meta-cognition	complex, ill-defined problems in a job	effective	decision making
van der Klink & Boon(2003)	traits, motives, self-concept	knowledge	skill	various tasks,	excellent,	performance
	-	-	-	job context	adequately, professional	perform
Rychen & Salagnick(2003)	motivation, emotions, values	knowledge	skill analytical, critical	complex demands in context	successfully, competent	decision making, problem solving, performance
OECD(2005)	attitudes, values, motivation,	knowledge	skill, creative, meta-cognitive, critical thinking	complex demands in context	valued,	outcomes
EU(2006)	attitudes	knowledge	skill	given context	appropriate	-
Hoskins & Crick(2010)	values, attitudes, desire	knowledge, undertrading	skill	particular domain	effective, embodied	action

면 다음과 같다.

첫째, 지식과 기능 외에 동기, 태도, 가치, 자아정체성, 자아효능 등과 같은 다양한 인지 외적 특성들이 강조되고 있다. 이러한 인지 외적 특성들은 교육과 훈련을 통해서도 잘 변화되지 않는 개인적인 성향으로 보기도 한다(van der Klink & Boon, 2003). 예를 들어, Spencer & Spencer(1993)는 인지 외적 특성들은 교육과 훈련을 통해 길러질 수 없다고 하였고, 그렇다면 인지 외적 특성들을 역량의 구성 요소에서 특별히 강조하지 않을 수도 있다(Westera, 2001). 그러나 변화가 어렵다는 것이 교육을 필요로 하지 않거나 교육적 효과가 전혀 없다는 것을 의미하는 것은 아니다. 실제로 Gheith & Aljaberi (2017)는 상호작용적 훈련 프로그램(interactive training program)을 적용하여 대학생들의 인지 외적 특성인 공감(empathy)이나 성장 마인드(growth mindset)가 향상되는 것을 관찰하기도 하였다. 또한 이러한 인지 외적 특성들은 학교에서의 성취뿐 아니라(West *et al*., 2016), 인생에서의 성공에도 중요한 영향을 준다고 보고 있다(Bolli & Hof, 2018). Tsai, Li & Cheng(2017)도 18세에서 70세까지의 성인을 대상으로 한 연구에서 자아효능감과 같은 요인들이 과학 역량에 중요하게 역할을 한다는 것을 보였다. 즉 역량을 발휘하는 데 있어, 역량 발휘를 하고자 하는 동기, 자신감, 역량 발휘에 대한 긍정적이고 적극적인 마음과 태도 등은 역량 발휘에 중요한 영향을 줄 수 있다.

둘째, 역량을 발휘하는데 기초가 되는 지식 영역을 살펴보면 교과 지식(기초 지식과 거시적 개념(Big Idea))뿐 아니라 과학의 본성(NOS), 정보통신기술 지식(ICT 지식), 수와 언어에 대한 지식, 그리고 실제적 지식 등 다양한 유형의 지식이 제시되어 있다. 특히 ICT 및 정보 관련 지식은 미래의 과학기술 사회를 대비하기 위해 충분히 필요한 요소라고 볼 수 있다(Aesaert *et al*., 2015). 여기에 제시된 지식들은 지식의 내용에 따라 다양한 유형의 지식들이 제시되어 있지만, 최근 지식의 양이 폭발하기 때문에 무엇을 핵심적인 지식으로 선정해야 하는지에 대한 고민에 따라 제안된 거시적 개념(Big Idea)에 관심을 가질 필요가 있다(Carracedo *et al*., 2018; Chalmers *et al*., 2017). 대개 교육과정에서는 학년에 따른 지식 배열이 학문 영역의 지식 구조에 기초한 경우가 많다. 예를 들어, 에너지 보존법칙이 역학적 에너지를 배운 다음에 제시되어야 한다고 보는 입장이나 상대성 이론이 초등학교나 중학교 교육과정에 도입되지 못한 이유가 그렇다. 그러나 역량 중심 교육과정에서는 어떤 학년에서 요구하는 역량이 무엇인가가 먼저 정해지면, 그러한 역량을 갖추기 위해 필요한 지식의 내용과 수준이 정해질 수도 있을 것이다. 예를 들어, 초등학생에게도 전기를 안전하게 사용할 수 있는 역량이 필요하다고 본다면, 그러한 역량을 초등과정에 설정하고, 그에 따라 필요한 지식(예를 들면, 누전, 감전, 저항 등)을 초등수준에 맞게 도입하기 위한 방법을 고안하는 시도가 필요할 것이다. Bruner(1966)의 나선형 교육과정의 원리에 따르면 지식의 구조에서 상위의 개념인 '돌림힘' 개념이라도 초등학교 교육과정에선 시소놀이에 적용시켜 쉽게 도입될 수 있다는 것과 같은 맥락의 시도이다. 따라서 중등학교 수준의 개념인 누전, 감전, 저항과 같은 개념들도 역량을 위해 필요하다면 초등과정에 적절하게 도입될 가능성에 대해 적극 탐색해 볼 필요가 있다.

셋째, 기능에 인지적 기능과 사회적 기능 외에 특별히 탐구 기능(investigative skill)을 하위 요소로 구별하였다. 그 이유는 본 연구에서는 궁극적으로 과학 역량에 관심이 있으며 과학교육에서는 오래 전부터 탐구 기능을 강조해 왔기 때문이다. 탐구 기능은 세부적인 탐구 기능(예를 들면, 관찰, 변인통제, 자료 해석 등)을 각각 의미할 수도 있지만, 탐구과정 전체(예를 들면, 가설 연역적 탐구과정)를 의미할 수도 있다. 여기에서는 후자의 경우를 수행(performance)으로 분류하였다. 즉 지식과 세부 탐구 기능을 사용하여 결과적으로 전체적인 과학탐구를 수행하는 것을 수행으로 보았다. 물론, 이때 기능과 수행은 학습 목표에 따라 구분이 달라질 수 있다. 예를 들어, 학습목표가 '특정 ○○을 관찰하여 주요 특징을 찾는다.'라면, 관찰 활동 자체를 수행으로 볼 수 있지만, 본 연구에서는 이러한 학습목표 내용은 역량을 발휘하는 수준이 아니라고 보았다. 즉 관찰 기능 외에 다양한 탐구 기능들(변인통제, 표와 그래프의 작성과 해석 등)을 이용하여 전체적인 탐구를 수행하는 것이 역량이 발휘되는 것이며 이것을 수행으로 보았다.

넷째, 인지적 기능에는 여러 가지 사고능력이나 학습능력, 통합능력이나 적용능력들이 포함되어 있다. 물론 많은 유형의 인지적 기능들 외에 과학 학습에서 특별히 강조될 필요가 있다고 생각되는 기능들이 추가될 수도 있다. 예를 들면, 증거에 기초한 추론 (Hardy *et al*., 2010; Kuhn, 2011)이나 귀납적 사고, 연역적 사고(Park, 2002), 귀추적 사고(Park & Han, 2006)와 같은 과학적 사고능력들이 여기에 추가될 수 있다. 본 연구에서는 인지적 기능에 대한 예들을 제시하고 있지만, 과학 역량을 위해 필요한 인지적 기능들을 보다 세부적이고 구체적으로 분류하기 위한 연구가 추후 필요하다고 본다.

다섯째, 의사소통, 협동이나 팀워크, 문화적 이해와 같은 사회적 기능은 여러 문헌에서 공통적으로 빼놓지 않고 강조하고 있다. 문화적 이해의 경우에는 이질적 문화 배경을 가진 상황이나 국제화된 사회가 보편화되면서 강조되고 있다(Cater, 2005). 사회적 기능의 경우에도 탐구 기능과 마찬가지로 기능과 수행과의 관계가 불분명할 수 있다. 예를 들어, 의사소통(communication)을 역량(Kulgemeyer & Schecker, 2013)으로 볼 수도 있지만, 본 연구에서는 분쟁을 해결하여 결과적으로 합의에 이르거나, 최종적으로 의사를 결정하는 것 등을 수행으로 보고 의사소통은 이러한 수행을 위해 필요한 하나의 기능으로 보았다. 즉 의사소통을 포함하여 여러 개별 능력들이 종합적으로 사용되어 하나의 결과물을 산출하는 경우를 역량으로 보았다. 예를 들어, 학습 목표가 '특정 문제에 대한 다양한 또는 대립적인 의견들에 대해 의사소통을 통해 최선의 해결방안을 위한 합의에 이른다.'인 경우에 의사소통을 기능으로 보고, 문제의 해결을 수행으로 볼 수 있다.

여섯째, 수행은 역량에서 최종적인 결과물로서 중요성을 갖는다. 즉 본 연구에서는 역량이 구체적이고 명시적인 행동으로 나타날 수 있어야 한다는 행동주의적 관점 또는 조작적 관점을 취하였다(Norris, 1991; Westara, 2001). 이때 문제해결이나 의사결정을 기능으로 포함시킨 경우도 많았지만(Carracedo *et al*., 2018; Mansfield, 2004), 본 연구에서는 최종적인 결과물의 성격을 가지고 있다고 보고 수행으로 분류하였다. 과학 탐구에서 강조되어 왔던 종합적인 탐구 활동도 수행으로 분류하였다. 조사된 문헌에서는 수행의 예시들이 구체적으로 제시되지 않았지만, Table 7과 같이 다양한 유형의 수행을 생각해 볼 수 있다.

일곱째, 역량에 대한 정의에서는 거의 모두 상황을 강조했음에도 불구하고(Table 5), 역량의 주요 요소로 상황을 구체적으로 명시한 경우는 없었다. 그러나 과학교육 분야에서도 이미 상황은 과학학습 목표의 주요 영역으로 강조되어 왔다. 예를 들어, 영국의 ASE (Association for science education)에서는 이미 오래 전에 과학목표

Table 6. Categories of the sub-components extracted from the literature

Source	Non-cognitive Characteristics	Knowledge	skill			Context	Level	Performance
			Investigative	Cognitive	Social			
Spencer & Spencer(1993)	motives, traits, self-concept	knowledge		Skill		-	-	-
Mansfield(2004)	-	number, IT	-	improving learning and performance, application	communications, working with others	-	-	problem solving,
Coll & Zegwaard(2006)	attitude, self efficacy	knowledge	-	technical, analytical, appreciative	interpersonal, organizational	-	-	-
OECD(2009)	-	-	identifying scientific issues, explaining phenomena scientifically, using scientific evidence:	-	-	-	-	-
Griffin & Care(2014)	-	information, technology	-	creativity/innovation, meta-cognition, critical, learning to learn,	communication, collaboration			problem solving, decision making
Eurydice(2012)	-	languages, digital, mathematics science, technology	-	learning to learn	sense of initiative and entrepreneurship, cultural awareness and expression.	-	-	-
Kwak(2013)*	도덕, 자아정체성, 책무성, 자기관리	기초지식, 정보	-	자기 주도적 학습능력, 비판적 사고력,	대인관계, 의사소통, 시민성	-	-	문제해결력, 의사결정력
Koh & Jeong(2014)*	-	-	탐구능력	비판적, 창의적, 학문간 통합능력, 적용	의사소통, 문화적 이해	-	-	문제해결력
Ministry of Education(2015)*	-	-	과학적 탐구 능력	과학적 사고력, 평생 학습 능력	과학적 의사소통, 과학적 참여,	-	-	문제해결력
Yao, J-X., & Guo, Y-Y.(2018)	attitude, responsibility	big idea, NOS	question, evidence, explanation,	modelling, innovation	collaboration, argumentation,	-	-	-
Carracedo *et al.* (2018)	responsibility	number, theory, language, practical knowledge	-	autonomous learning, creative, computing, learning ability	negotiation, leadership, communication, teamwork,	-	-	make decisions, problem solving,

* These are written in Korean documents, so the results are expressed in Korean to prevent misinterpretation

의 한 영역으로 상황을 제시하였고, 하위 영역으로 과학적 상황, 기술적 상황, 환경적 상황을 제시하였다(Nellist & Nicholl., 1986, p. 6). 역량에서 상황이 중요한 이유는, 직업적 상황이나 일상적 상황, 또는 전문성을 발휘해야 하는 상황 등 매우 다양하고 구체적인 상황에서 역량이 발휘될 것을 기대하기 때문이다. 그러나 학교 교육에서 다루는 상황은 그만큼 충분히 다양하지 못하고 제한적이며 추상적인 경우가 많다. 따라서 학교 과학 교육에서 어떠한 상황들을 다룰 필요가 있는지를 좀 더 구체적으로 논의할 필요가 있다. 예를 들면, Law *et al.*(2000)은 홍콩의 일반시민이 일상적으로 접하게 되는 대표적인 상황으로 가정과 직장에서의 안전, 의학/건강과 위생, 영양과 섭식, 실생활 용품 선택과 적절한 사용, 레저와 오락의 5가지 상황을 제시하였고, 사회적 결정에 참여하게 되는 상황으로 환경보호, 도시계획, 도시발달의 3가지 상황을 제시하였다. 우리나라 학생을 대상으로 한 Choi & Song(1996)의 연구에 의하면, 학생들이 선호하는 상황은 일상생활, 생물체, 스포츠, 무기, 실험실, 자연현상의 순이라고 하였다. 또 Park, Park & Jung(1998)이 우리나라 307명의 고등학생을 대상으로 물리 영역에서 배우고 싶어 하는 내용을 조사한 연구에 의하면,

Table 7. Examples of performance in science competency

Examples of performance or action in science competency
・conduct scientific inquiry.
・solve the problem, (finally, by agreement) make a decision/choice, ...
・implement, practice, participate, contribute, ...
・(comprehensively/overall) give a presentation/lecture/performance ...
・complete design, make a production, ...

학생들이 배우고 싶어 하는 내용들 중 많은 것이 일상적 상황과 관련되어 있었다. 이와 같이 학생이 현재나 미래에 접하는 상황이나 학생이 선호하는 상황이 무엇인지 등에 대한 연구를 기반으로, 과학 교육에서 어떠한 상황을 다루어야 하는지에 대해 좀 더 구체적으로 논의하는 것도 필요하다고 본다.

여덟째, 수준의 경우도 역량의 정의에서는 대부분 강조되고 있었지만(Table 5), 역량 요소에는 언급되지 않은 항목이다. 그러나 역량에서는 답이 정해져 있지 않거나 여러 개인 상황을 전제로 하거나 실제적인 수행을 전제로 하고 있기 때문에 수준이 중요하게 포함되어야 한다. 예를 들어, '문제를 해결한다.'는 수행을 할 경우에, 해결안이

정해져 있지 않거나 여러 개인 경우에는 '최선의' 또는 '합의에 이른' 등의 수준을 정해서 문제를 실제적으로 해결할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 수준을 역량의 주요 구성 요소로 포함시켰고, 구체적으로 '효과적인', '적절한', '최선의', '성공적인', '타당한', '실천 가능한' 등을 수준의 예로 포함시킬 필요가 있다고 본다.

3. 과학 역량 모델

Table 5와 Table 6의 결과와 그에 대한 해석을 기반으로 과학 역량 모델을 제안하면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4의 과학 역량 모델을 Fig. 3의 OECD 역량 모델과 비교하면 유사성과 차이점을 볼 수 있다. 먼저 지식과 기능, 및 인지 외적 특성을 역량의 주요 3요소로 보았다는 점에서는 동일하다. 그러나 본 모델에서는 인지 외적 특성을 지식과 기능의 발현 밑에 깔린 배경 또는 바탕으로 보고 있다. 그리고 OECD 모델에서는 이 세 가지 요소를 역량으로 보고, 역량을 통한 수행 또는 행동을 역량과 별도로 분류하였다. 그러나 본 연구에서는 수행을 역량의 중요한 구성 요소로 포함시켰다. 그 이유는 본 연구가 앞서 논의했던 역량의 행동주의적 관점(Norris, 1991) 또는 조작적 관점(Westra, 2001)을 취하고 있기 때문이다. 또 OECD 모델에 없는 수행의 정도를 나타내는 수준과 상황을 역량의 한 요소로 포함시켰다. 왜냐하면, Table 5에서 분석하였듯이, 역량의 정의에서는 단순한 수행을 넘어서서 수행이 실제적이고 구체적인 또는 성공적인 효과를 거두는 것을 강조하기 때문이다. 즉 본 연구에서는 수행과 수준이 서로 떨어질 수 없는 요소라고 보고 있다. 마지막으로 서론에서 언급하였듯이, 상황을 수행의 배경으로 넣은 이유는 역량이 직업적 상황과 같이 일상적이고 실제적이며 다양한 상황에서 구현될 것을 요구하면서 시작되었다고 보기 때문이다(Brown, 1994; Spencer & Spencer, 1993; van der Klink & Boon, 2003).

이러한 모델에 따라 과학 역량은 다음과 같은 방식으로 정의될 수 있다.

〈과학 역량의 정의〉
○○ 상황에서 ○○ 인지 외적 특성을 바탕으로, ○○ 지식과 ○○ 기능을 이용하여 ○○ 수준으로 ○○ 수행을 할 수 있는 능력

그리고 Fig. 4에서는 각각의 요소별로 하위 요소들을 예시로 제시하였다. 하위 요소들은 다시 세부적으로 특징에 따라 범주화될 수 있으나, 본 연구에서는 하위 요소에 대한 예시들을 제시하는 것으로 한정하였고, 하위 요소들의 체계적인 범주화는 다음 연구과제로 남겨 두었다.

4. 과학 역량 모델의 활용

본 연구에서 제안한 과학 역량 모델이 교육과정에 어떠한 함의를 줄 수 있는지 논의하기 위해 본 연구에서 제안한 역량의 정의를 2015 과학교육과정 (Ministry of Education, 2015b)에 제시된 몇 가지 성취기준에 적용하면서 이를 역량목표로 수정해 보았다(Table 8).

Table 8. Examples of competency goals modified with achievement criteria

성취기준 예시		내용
예1	성취기준1	[6과 13-03] 전기를 절약하고 안전하게 사용하는 방법을 토의할 수 있다.
	역량목표1	가정(상황)에서 전기절약에 대한 긍정적인 태도를 갖고(인지 외적 특성), 전기와 관련된 지식과 정보(지식)를 이용하여 토론과 협력(기능)을 통해, 실천 가능한(수준) 행동수칙을 세울 수 있다(수행).
예2	성취기준2	[9과 09-04] 전류의 자기작용을 관찰하고, 자기장 안에 놓인 전류가 흐르는 코일이 받는 힘을 이용하여 전동기의 원리를 설명할 수 있다.
	역량목표2	과학적 소양으로서 기초 과학개념 이해의 중요성을 인식하고(인지 외적 특성), 일반인을 대상으로 하는 과학 강연을 가정하여(상황), 전류의 자기작용과 주변에서 관찰할 수 있는 관련 현상(지식)을 조직적으로 정리하여(기능), 일반인이 이해할 수 있는(수준) 짧은 강연 자료를 만들어 발표할 수 있다(수행).
예3	성취기준3	[물리 II (3) 파동과 빛] 엑스선, 감마선, 마이크로파와 같은 여러 전자기파가 실생활에서 사용되는 예를 들 수 있다.
	역량목표3	일상생활과 과학기술의 연관성을 인식하고(인지 외적 특성), 고압 송전선 설치 및 이전이 필요한 상황에서(상황), 전자기파에 대한 지식을 이용하고(지식), 증거에 기초한 논증을 통하여(기능), 합의에 이를 수 있는(수준) 의사결정을 할 수 있다(수행).

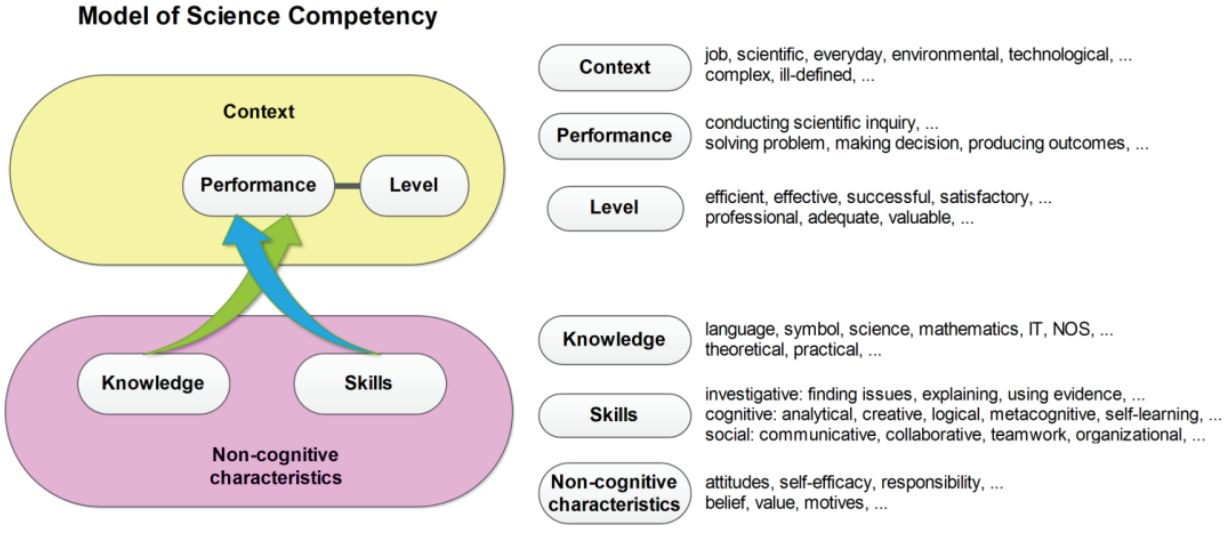

Figure. 4 Model of Science Competency

현재 2015 교육과정에 제시된 성취기준을 본 연구에서 제시하는 역량으로 표현하였을 때의 특징을 논의하면 다음과 같다.

첫째, 현재의 교육과정에서 제시된 성취기준이나 탐구활동들은 지식과 기능 중심으로 되어 있는 경우가 많다. 그러한 경우, 학생들이 습득한 지식과 기능을 이용하여 구체적으로 어떤 상황에서 어떤 행동을 수행할 수 있는지가 명확하지 않고, 지식과 기능 습득 자체가 학습목표로 되어 있다. 그러나 역량목표에서는 지식과 기능의 습득이 학습목표가 아닌 도구로 활용되고 있다. 즉 과학 역량은 어떤 과학 내용이나 기능을 왜 배우는지에 대한 질문에 대한 답을 반영하고 있다.

둘째, 교육과정에서 역량목표를 도입한다는 것이, 교육과정의 모든 목표나 성취기준이 역량목표로 진술해야 한다는 의미는 아니다. 즉 지식과 기능의 습득 자체가 목표인 경우도 있으면서, 역량목표도 제시될 필요가 있다는 점이다. 마찬가지로 '○○에 흥미를 갖고 ○○의 필요성을 깨닫는다.'와 같이 인지 외적 특성을 갖추거나 인식하기 위한 것도 학습목표가 될 수 있다. 예를 들어, 현재 2015 교육과정을 보면, 9~12학년 과학과 성취기준들이 단원별로 약 2~4개씩 제시되고 있는데, 역량목표는 단원별로 1개 정도가 되도록 구성할 수도 있을 것이다. 단, 이 둘 간의 비율에 대한 논의는 이론적인 근거보다는 실제 내용과 수준을 구성하면서, 단원 학습을 통해 학생들이 어떠한 기초적인 지식과 기능 및 비인지적 요소를 갖추는 것이 필요하며, 그것을 이용하여 결론적으로 어떤 상황에서 무엇을 실제로 수행할 수 있기를 바라는지에 대한 논의와 합의를 바탕으로 정해져야 할 것이다.

셋째, 학년별 학습 내용을 선정할 때, 지식의 구조에 맞추어 지식 내용과 수준을 결정하기도 하지만, 해당 학년에서 적절하다고 판단되는 역량목표가 정해지면, 그러한 역량목표를 위해 필요한 것으로 지식과 기능 등이 선정될 수도 있다. 예를 들어, Table 8의 '역량목표 1'을 위해서는 자원 절약의 필요성에 대한 내용이 포함되어야 하고, 전기 절약과 관련되어 전력량 또는 전기에너지 개념이 필요하다는 것을 알 수 있다. '역량목표 2'의 경우에도 민주시민으로서의 과학적 소양을 주요 학습 내용으로 소개할 필요가 있고, 자료를 정리하는 기능이 학습내용으로 포함될 필요가 있다. 따라서 교육과정에서 학년별 내용을 선정할 때, 학문 영역의 지식의 구조뿐 아니라, 해당 학년이 구체적으로 어떤 역량을 갖추어야 하는지에 대한 합의를 함께 고려해야 할 것이다. 이때 어려운 점은 역량을 위해 필요한 지식의 내용과 수준이 지식의 구조상 위계 순서가 바뀔 수 있다는 점이다. 예를 들어, 6학년을 위해 역량목표 1을 선정하였다면 그에 필요한 전력량 또는 전기 에너지 개념이 필요할 것이다. 그러나 아직 전류, 전압 개념을 다루지 않았다면, 전력량 또는 전기 에너지 개념을 도입하는데 어려움이 있을 것이다. 그러나 본 연구에서는 앞서 논의한 바와 같이 지식의 구조상 위계 순서가 벗어난 지식도 과감하게 도입할 필요가 있고, 우리에게 필요한 노력은 상위의 개념을 쉽게 학생들에게 도입할 수 있는 전략을 개발하는 일이라고 본다.

넷째, Table 8의 역량목표 예들을 보면, 과거 행동주의에 기초한 행동 목표와 유사하게 보인다. 왜냐하면, 역량목표들이 구체적인 수행과 행동을 명시적으로 나타내고 있기 때문이다. 그러나 역량목표는 행동 목표보다 규모가 크고 종합적이라는 점에서 차이가 있다. 즉 결론적으로 구체적인 행동으로 교육의 결과가 나타난다는 점에서 두 측면이 유사하지만, 역량목표에서는 그러한 결론적인 행동을 위해 필요한 지식과 기능 및 인지 외적 특성이 포함되어 있고, 어떤 상황에서 어느 정도의 수준으로 발현되는가도 함께 제시되어 있다.

V. 결론 및 논의

본 연구에서는 문헌조사에 기초하여, 6가지 요소(인지 외적 특성, 지식, 기능, 상황, 수행, 수준)로 구성된 과학 역량 모델을 제안하였다. 그리고 이 모델에 기초하여 과학 역량의 정의를 제시하였고, 그 정의를 교육과정 상의 성취기준 또는 학습목표 수준으로 적용해 보았다. 이를 통해 과학 역량이 구체적으로 각 단원 수준에서의 과학 교실 수업에 실제적으로 적용될 수 있다고 보았다.

이 과정에서 6가지 요소와 과학 역량 모델의 특징을 논의하고, 교육과정에 적용할 때 고려해야 할 점들을 논의하였다. 이러한 논의들 중, 중요하다고 생각되는 점을 다시 언급하면, 첫째, 실제 역량 중심 교육이 학교에서 원활하게 이루어지기 위해서는 교육과정에서 지식과 기능을 습득하거나 또는 인지 외적 특성을 갖추는 것 자체가 목표가 될 수도 있지만, 그것들을 이용하여 발휘될 수 있는 구체적인 역량 목표도 함께 제시될 필요가 있다. 이때 두 목표 간의 비율에 대한 논의와 연구가 앞으로 필요하다. 둘째, 역량을 강조하는 교육과정이라면 지식의 구조뿐 아니라, 학생이 발휘하기를 바라는 역량목표를 먼저 설정하고, 그러한 역량을 위해 필요한 지식의 내용과 수준이 도입될 수 있다는 것이다. 셋째, 역량에서는 구체적이고 결과적인 행동이 강조되므로, 학생들이 갖추고 나타낼 수 있는 다양한 유형의 수행 또는 행동이 교육과정 상에서도 명시적으로 제시될 필요가 있다. 이때 역량목표와 행동목표와 차이가 있다면, 역량에서는 지식과 기능, 비인지적 요소, 수행이 발휘되는 상황과 수행의 수준 등이 종합적으로 포함되어 있다는 점이다. 넷째, 역량의 개념과 논의가 구체적이고 다양한, 그리고 실제적 상황에서의 능력 발휘를 위해 시작되었듯이, 역량 중심 교육과정에서는 학생에게 필요한, 학생이 대처해야 할, 또는 학생이 바라는 상황 등에 대한 조사를 기반으로 다양한 상황을 구체적으로 명시할 필요가 있다. 마지막으로 과학 역량 모델에 포함된 6개 요소별로 세부 하위 요소를 체계적으로 정리하는 연구가 앞으로 필요하다.

그러나 이러한 논의 외에도 역량을 교육과정에서 강조하기 위해 추가로 논의해야 할 점들은 아직 많이 있다. 예를 들어, 기존의 과학 교육과정에서 강조되어 왔던 여러 측면과 과학 역량과의 관계에 대한 논의와 연구가 계속 필요하다. 다음과 같은 논의가 그 일부가 될 것이다.

첫째, 과학적 소양과 과학 역량과의 관계에 대한 논의가 필요하다. 과학 역량과 과학적 소양과의 관계에 대해서는 문헌이나 학자에 따라 다른 입장을 취할 수 있지만 과학 역량이 과학적 소양을 넘어서는 것이라고 보는 관점을 다음 글에서 볼 수 있다.

> *'과학적 추론에서의 역량은 과학적 소양의 테스트에서 요구되는 최소한의 요구사항을 훨씬 넘어서는 것이다.' (Lottero-Perdue & Brickhouse, 2002; p. 779).*

이 관점에 의하면, 과학적 소양은 미래의 민주 시민으로서 누구나 갖추어야 할 최소한의 기본적인 능력인 반면(Bybee, McCrae, &

Laurie, 2009), 과학적 역량은 꽤 높은 수준의 전문적/합리적/최선의 수행을 할 수 있는 능력이라고 할 수 있다. 이러한 구별에 따른다면, 과학적 소양은 모든 이를 대상으로 모든 상황에서 강조되는 것으로 볼 수 있고, 과학적 역량은 과학과 관련된 구체적인 직업/작업/과제를 수행하는/수행할 사람에게 강조되는 능력이라고 할 수 있다. 또 이러한 관점을 수용한다면, 저학년 교육과정에서는 과학적 소양 중심의 교육과정으로, 고학년 교육과정에서는 과학 역량 중심의 교육과정으로 이원화하여 제시할 필요도 있을 것이다. 물론, 이러한 이원화는 상호배타적이라기 보다는 일직선상에서 반대 방향에 위치한다는 의미이다. 즉 저학년에서도 역량목표가 제시될 수 있지만, 과학적 소양을 위한 목표가 주된 목표로 설정하고, 고학년에서는 반대로 과학 역량목표를 주요 목표로 배치할 수 있다.

둘째, 역량 중심 교육과정이 실제적 상황에서의 실제적 수행을 강조한다는 점에서 과거에 강조되었던 듀이의 생활중심 교육과정이나 실천을 결론적으로 강조했던 STS 교육과정과도 어떠한 관계가 있는지 심층적으로 논의할 필요가 있다. 가장 큰 차이점은 생활중심 교육과정과 달리 역량 중심 교육과정에서는 지식과 기능의 습득을 중요시하여, 실제로 역량을 발휘하는 데 있어 지식과 기능을 바탕으로 하는 점을 명확히 나타내고 있는 점이라고 본다. 또 STS 교육과정에서는 결론적인 행동으로 나타내 보이는 실천을 강조한다는 점이 역량 중심 교육과정에서 수행을 강조한다는 점과 비슷하지만, 역량 중심 교육과정에서는 수행이 발휘되는 상황이 과학이나 기술 및 사회적 상황을 포함하여, 직업적 상황이나 일상적 상황까지 상황의 폭이 포괄적이라는 점에서 차이가 있다고 본다.

마지막으로 필요한 논의와 연구는 본 과학 역량 모델에는 과학적 탐구기능과 탐구의 수행이 포함되어 있지만, 과학교육에서 강조되어 왔던 과학적 사고, 과학적 추론, 과학적 담화와 논증 등이 보다 명시적으로 제시될 필요가 있다. 마찬가지로 인지 외적 특성에 과학적 태도, 과학적 신념 또는 과학적 가치 등도 명시적으로 제시될 필요가 있다. 이러한 논의가 필요한 이유는 과학 역량이 모든 것을 포괄하기 때문이 아니라, 과학 역량이 이제까지 과학교육에서 강조해 왔던 측면들을 어떻게 반영하고 있는지 또는 그러한 측면들과 어떤 상호 보완적인 관계인지 등을 명시적으로 나타낼 때, 과학 역량이 실제 과학 교육과정에서 어떻게 자리 잡을 수 있는지가 분명해질 수 있기 때문이다.

본 연구에서는 문헌 연구를 기초로 과학 역량에 대한 한 가지 모델을 제시하고, 이를 적용하여 과학교육과정에서 과학 학습 목표를 역량 중심으로 기술할 수 있는 가능성을 제시하였다. 이때 실제 교육과정이나 학교 현장에서의 반영 여부는 교사와 전문가를 포함한 과학교육 공동체의 논의와 합의가 필요할 것이다. 본 연구는 단순히 역량의 요소만을 제시하는 것이 아니라 학습목표 수준까지 구체적인 대안을 제안했다는 점에서 의의가 있으며 이에 기초하여 과학 역량에 대한 후속 연구와 논의가 이어지길 기대한다.

국문요약

2015개정 교육과정에서 새롭게 과학과의 핵심역량이 제시되었으나 역량 개념에 명확하지 않아 일선 학교에서는 많은 혼란과 어려움이 발생하고 있다. 이에 본 연구에서는 과학 역량을 구성하는 주요 요소들은 무엇이고 역량의 구성 요소들이 전체적으로 어떤 연관성을 가지고 있는지 종합적으로 이해하기 위해 역량에 대한 정의와 역량의 구성 요소에 대한 문헌 분석을 실시하였다. 분석 결과에 기초하여 6개 요소(인지 외적 특성, 지식, 기능, 상황, 수행, 수준)로 이루어진 과학 역량 모델(A Model of Science Competency: MSC)를 제안하였고 이러한 과학 역량 모델을 활용하여 과학 교육과정의 성취 기준을 역량 중심의 학습 목표로 기술하는 방법을 탐색하였다. 마지막으로 본 연구에서 제안된 과학 역량 모델의 장단점과 후속 연구에 대해 논의하였다.

주제어 : 과학 역량, 과학 교육과정, 과학 학습 목표

References

Aesaert, K., Braak, J., Nijlen, D., & Vanderlinde, R. (2015). Primary school pupils' ICT competences: Extensive model and scale development. *Computers & Education, 81*, 326-344.

Arjomand, G., Erstad, O., Gilje, O., Gordon, J., Kallunki, V., Kearney, C., & von Reis Saari, J. (2013). KeyCoNet 2013 literature review: Key competence development in school education in Europe. Retrieved from http://perso.ens-lyon.fr/olivier.rey/wp-content/uploads/2012/10/KeyCoNet-Literature-Review-on-Key-competence-development-in-school-education-in-Europe_11.pdf

Birkett, W. P. (1993). Competency based standards for professional accountants in Australia and New Zealand: Discussion Paper. Sydney, Australia: Institute of Chartered Accountants in Australia and the New Zealand Society of Accountants.

Blanco-López, A., España-Ramos, E., González-García, F., & Franco-Mariscal, A. (2015). Key aspects of scientific competence for citizenship: A delphi study of the expert community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching, 52*(2), 164-198.

Böttcher, F., & Anke Meisert, A. (2013). Effects of Direct and Indirect Instruction on Fostering Decision-Making Competence in Socioscientific Issues. *Research in Science Education, 43*(2), 479–506.

Brown, R. B. (1994). Reframing the competency debate: management knowledge and meta-competence in graduate education, *Management Learning, 25*(2), 289-299.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction.* Cambridge, Mass.: Belkapp Press.

Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(8), 865-883.

Carracedo, F. S., Soler, A., Martín, C., López, D., & Ageno, A., Cabré, J., Garcia, J., Aranda, J., & Gibert, K. (2018). Competency maps: an effective model to integrate professional competencies across a STEM curriculum. *Journal of Science Education and Technology, 27*, 448-468.

Carter, L. (2005). Globalisation and science education: Rethinking science education reforms. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(5), 561–580.

Chalmers, C., Carter, M., Cooper, T., & Nason, R. (2017). Implementing "Big Ideas" to advance the teaching and learning of science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(1), 25-43.

Chang, H. -P., Chen, C. -C., Guo, G. -J., Cheng, Y. -J., Lin, C. -Y., & Jen, T. -H. (2011). The development of a competence scale for learning science: Inquiry and communication. *International Journal of Science & Mathematics Education, 9*(5), 1213-1233.

Chi, S., Wang, Z., Liu, X., & Zhu, L. (2017). Associations among attitudes, perceived difficulty of learning science, gender, parents' occupation and students' scientific competencies. *International Journal of Science Education, 39*(16), 2171-2188.

Choi, J., & Song, J. (1996). Students' preference for different contexts in learning science. *Research in Science Education, 26*(3), 341-352.

Coll, R. K., & Zegwarrd, K. E. (2006). Perceptions of desirable graduate competencies for science and technology new graduates. *Research in Science & Technological Education, 24*(1), 29-58.

DeBoer, G. E. (2011). The globalization of science education. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(6), 567-591.

European Union (EU). (2006). Recommendation 2006/962/EC of the European Parliament and of the Council, of 18 December, on key competences for lifelong learning. Brussels. Retrieved from http://eur-

lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN

Eurydice (2012). *Developing key competences at school in Europe: Challenges and opportunities for policy-2011/12*. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Fensham, P. (2007). Competences, from within and without: New challenges and possibilities for scientific literacy. In C. Linder, L. Östman, & P. Wickman (Eds.), *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction*. Proceedings of the Linnaeus Tercentenary Symposium held at Uppsala University (pp. 113−119). Uppsala: Uppsala University.

Fernandez, N., Dory, V., Ste-Marie, L. G., Chaput, M., Charlin, B., & Boucher, A. (2012). Varying conceptions of competence: an analysis of how health sciences educators define competence. *Medical Education, 46*(4), 357-365.

Gebre, E. H., & Polman, J. L. (2016). Developing young adults' representational competence through infographic-based science news reporting, *International Journal of Science Education, 38*(18), 2667-2687.

Gheith, E., & Aljaberi, N. M. (2017). The effectiveness of an interactive training program in developing a set of non-cognitive skills in students at university of Petra. *International Education Studies, 10*(6), 60-71.

Griffin, P., & Care, E. (Eds.). (2014). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*. Dordrecht, the Netherlands: Springer.

Hardy, I., Kloetzer, B., Moeller, K., Sodian, B. (2010). The analysis of classroom discourse: elementary school science curricula advancing reasoning with evidence. *Educational Assessment, 15*(3-4), 197-221.

Holmes, G., & Hooper, N. (2000). Core competence and education. *Higher Education, 40*(3), 247-258.

Hoskins, B., & Crick, R. D. (2010). Competences for learning to learn and active citizenship: different currencies or two sides of the same coin? *European Journal of Education, 45*(1), 121-137.

Keen, K. (1992). Competence: what is it and how can it be developed? In J. Lowyck, P. de Potter, J. Elen (Eds.), *Instructional design: implementation issues* (pp. 111-122). Brussels, Belgium: IBM Education Center.

Kirschner, P., Van Vilsteren, P., Hummel, H., & Wigman, M. (1997). The design of a study environment for acquiring academic and professional competence. *Studies in Higher Education, 22*(2), 151-171.

Klemm, J., & Neuhaus, B. J. (2017). The role of involvement and emotional well-being for preschool children's scientific observation competency in biology. I*nternational Journal of Science Education, 39*(7), 863-876.

Klieme, E., Hartig, J., & Rauch, D. (2008). The concept of competence in educational contexts. In J. Hartig, E. Klieme & D. Leutner (Eds.), *Assessment of competencies in educational contexts* (pp. 3-22). Göttingen: Hogrefe Publishing.

Koh, E. J., & Jeong, D. H. (2014). Study on Korean science teachers' perception in accordance with the trends of core competencies in science education worldwide. *Journal of the Korean Association for Science Education, 34*(6), 535-547.

Kuhn, D. (2011). What is scientific thinking and how does it develop? In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 497-523). New Jersey, US: Blackwell Publishing.

Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science-assessment of science communication competence. R*esearch in Science Education, 43*(6), 2235-2256.

Kwak, Y. (2013). Ways of restructuring key competencies for a revision of science curriculum. J*ournal of Korean Earth Science Society, 34*(4), 378-387.

Law, N., Fensham, P. J., Li. S., & Bing, W. (2000). Public understanding of science as basic literacy. *Melbourne Studies in Education, 41*(2), 145-156.

Le Deist, F. D., & Winterton, J. (2005). What is Competence? *Human Resource Development International, 8*(1), 27-46.

Lee, J.-Y. (2018). An analysis of the teachers' experience in competency-based education research schools. *The Journal of Curriculum and Evaluation, 21*(4), 1-20.

Lee, M-K., Joo, H-M., Lee K. H., Lee, Y-M., Lee J. Y., Kim, Y-E., Kim, J. Y. (2016). A study on the development of competence-based curriculum for the 21st century- OECD Education 2030. Korea Institute for Curriculum and Evaluation, RRC 2016-5.

Lim, H. J., Chang, J., Song, J. (2018). The roles of science classroom activities and students' learning motivation in achieving scientific competences: A test of path model. *Journal of the Korean Association for Science Education, 38*(3), 407-417.

Lopes, J. B., & Costa, N. (2007). The evaluation of modelling competences: Difficulties and potentials for the learning of the sciences. *International Journal of Science Education, 29*(4), 811-851.

Lottero-Perdue, P. S., & Brickhouse, N. W. (2002). Learning on the job: The acquisition of scientific competence. *Science Education, 86*(6), 756-782.

Lupión-Cobos, T., López-Castilla, R., & Blanco-López, A. (2017). What do science teachers think about developing scientific competences through context-based teaching? A case study. *International Journal of Science Education, 39*(7), 937-963.

Mansfield, B. (2004). Competence in transition, *Journal of European Industrial Training, 28*(2/3/4), 296-309.

McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence". *American Psychologist, 28*(1), 1-14.

Ministry of Education. (2015a). Introduction to elementary and secondary school curriculum. Seoul: Ministry of Education.

Ministry of Education. (2015b). 2015 revised curriculum: Science. Seoul: Ministry of Education.

Mirabile, R. J. (1997). Everything you wanted to know about competency modeling. *Training and Development, 51*(8), 73-77.

Nellist, J., & Nicholl, B. (1986). *ASE science teachers' handbook*. London: Hutchinson.

Norris, N. (1991). The trouble with competence, *Cambridge Journal of Education, 21*(3), pp. 1-11.

Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2005). Definition and selection of key competences-executive summary. Retrieved April 7, 2016, from: https://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf

Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2009). PISA 2009 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science. Paris: OECD.

Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD]. (2016). The education 2030 conceptual learning framework as a tool to build common understanding of complex concepts. OECD(unpublished).

Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2017). PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving. Paris: OECD Publishing.

Oyao, S.g., Holbrook, J., Rannikmae, M., & Pagunsan, M. M. (2015). A competence-based science learning framework illustrated through the study of natural hazards and disaster risk reduction. *International Journal of Science Education, 37*(14), 2237-2263.

Pande, P., & Chandrasekharan, S. (2017). Representational competence: towards a distributed and embodied cognition account. *Studies in Science Education, 53*(1), 1-43.

Park, C, -I., Park, J., & Jung, H. (1998). A study of high school students' interests and concerns in physics. *Journal of Science Education: Chonnam National University, 22*, 1-10.

Park, J. (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis. *International Journal of Science Education. 28*(5), 469-489.

Park, J., Jang, K.-A., & Kim, I. (2009). An analysis of the actual physicists' research and implications for scientific inquiry in school. *Research in Science Education. 39*(1), 111-129.

Park, J., & Han, S. (2002). Deductive reasoning to promote the change of concept about force and motion. *International Journal of Science Education. 24*(6), 593-610.

Parry, S. B. (1996). The quest for competencies. *Training, 33*(7), 48-56.

Pikkarainen, E. (2014). Comptence as a key concept of educational theory: A semiotic point of view. *Journal of Philosophy of Education, 48*(4), 621-636.

Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2003). Key competencies for a successful life and a well-functioning society. Toronto: Hogrefe & Huber.

Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2005). The definition and selection of key competencies: Executive summary. Retrieved from http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf

Spencer, L. M., & Spencer S. M. (1993). *Competence at work: Models of superior performance*. NY: John Wiley & Sons, Inc.

Sung J. Y., Oh, P. S. (2017). Sixth grade students' content-specific competencies and challenges in learning the seasons through modeling. *Research in Science Education, 48*, 839-864.

Tsai, C, -Y. (2015). Improving students' PISA scientific competencies through online argumentation. *International Journal of Science Education, 37*(2), 321-339.

Tsai, C. -Y., & Huang, T. C. (2018). The relationship between adult self-efficacy and scientific competencies: the moderating effect of gender. International *Journal of Science and Mathematics Education, 16*(1), 91-106.

Tsai, C. -Y., Li, Y. Y., & Cheng, Y. Y. (2017). The relationships among adult affective factors, engagement in science, and scientific competencies. *Adult Education Quarterly, 67*(1), 30-47.

van Klink, M. R. D., & Boon, J. (2003). Competencies: The triumph of a fuzzy concept. *International Journal of Human Resources Development and Management, 3*(2), 125-137.
Westera, W. (2001). Competencies in education: A confusion of tongues. *Journal of Curriculum Studies, 33*(1), 75-88.
White, R. T. (1979). Achievement, Mastery, Proficiency, Competence. *Studies in Science Education, 6,* 1-22.
Yao, J-X., & Guo, Y-Y. (2018). Core competences and scientific literacy: the recent reform of the school science curriculum in China. International Journal of Science Education, DOI: 10.1080/09500693.2018.1514544.

저자 정보

박종원(전남대학교 교수)
윤혜경(춘천교육대학교 교수)
권성기(대구교육대학교 교수)