



과학기술 관련 사회쟁점 교육을 위한 교과교육학적 지식(SSI-PCK) 요소에 대한 탐색

이현주*

이화여자대학교

Conceptualization of an SSI-PCK Framework for Teaching Socioscientific Issues

Hyunju Lee*

Ewha Womans University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 July 2016

Received in revised form

22 July 2016

30 July 2016

Accepted 1 August 2016

Keywords:

Socioscientific Issues, PCK,
Science Teachers, SSI teaching,
SSI education

ABSTRACT

The purpose of the study is to conceptualize SSI-PCK by identifying major components and sub-components to promote science teachers' confidence and knowledge on teaching SSIs. To achieve this, I conducted extensive literature reviews on teachers' perceptions on SSI, case studies of teachers addressing SSIs, SSI instructional strategies, etc. as well as PCK. Results indicate that SSI-PCK include six major components: 1) Orientation for Teaching SSI (OTS), 2) Knowledge of Instructional Strategies for Teaching SSI (KIS), 3) Knowledge of Curriculum (KC), 4) Knowledge of Students' SSI Learning (KSL), 5) Knowledge of Assessment in SSI Learning (KAS), and 6) Knowledge of Learning Contexts (KLC). OTS refers to teachers' instructional goals and intentions for teaching SSIs. Teachers often present a) activity-driven, b) knowledge and higher order thinking skills, c) application of science in everyday life, d) nature of science and technology, e) citizenship and f) activism orientations for teaching SSIs. KIS indicates teachers' instructional knowledge required for effectively designing and implementing SSI lessons. It includes a) SSI lesson design, b) utilizing progressive instructional strategies, and c) constructing collaborative classroom cultures. KC refers to teachers' knowledge on a) connection to science curriculum (horizontal/vertical) and b) connection to other subject matters. KSL refers to teachers' knowledge on a) learner experiences in SSI learning, b) difficulties in SSI learning, and c) SSI reasoning patterns. KAS indicates teachers' knowledge on a) dimensions of SSI learning to assess, and b) methods of assessing SSI learning. Finally, KLC refers to teachers' knowledge on the cultures of a) classrooms, b) schools, and c) community and society where they are located when teaching SSIs.

1. 서론

첨단 과학기술 시대를 살아가는 시민은 과학기술과 관련하여 끊임 없이 제기되고 있는 사회·윤리적 쟁점들(예: 원자력 발전 폭발사고로 인한 안전에의 위협, 생명공학발달로 인한 생명 존엄성에 대한 경시, 화학물질의 남용으로 인한 피해 등)에 관심을 갖고, 이러한 쟁점들에 대해 현명하게 대처할 수 있는 역량을 갖추어야 한다. 이에, 과학 교육분야에서도 '과학적 소양(functional scientific literacy)의 함양'이라는 목표 하에 과학기술 관련 사회쟁점(Socioscientific issues, 이하 SSI)의 도입을 강조하고 있다(Millar, 2006; Millar & Osborne, 1998; National Research Council, 2010; OECD, 2004; Zeidler *et al.*, 2005). 최근 발표된 2015 개정 과학과 교육과정에서도 핵심역량 중 하나로 '과학적 참여와 평생학습 능력'을 포함하였다. 이 역량은 "사회에서 공동체의 일원으로 합리적이고 책임 있게 행동하기 위해 과학기술의 사회적 문제에 대한 관심을 가지고 의사 결정 과정에 참여하며 새로운 과학기술 환경에 적응하기 위해 스스로 지속적으로 학습해 나가는 능력"(Ministry of Education, 2015, p. 4)을 의미하는 것으로, SSI 교

육이 지향하는 바와 상통한다. 뿐만 아니라, 중학교 '과학' 교과 내용 체계에도 생물 다양성 유지, 자원으로서 물의 가치, 여러 가지 재해·재난, 과학기술이 인류 문명에 미친 영향 등 SSI 맥락에서 다루어질 수 있는 내용들이 다수 포함되어 있다. 즉, SSI 교육과 그 구현 방안, SSI 교수와 관련된 교사 전문성 등에 대한 보다 심도 있는 연구가 요구되는 시점이다.

SSI 교육의 효과는 과학지식을 비롯하여 문제해결력이나 논증 능력, 글쓰기 능력, 의사결정능력 등의 고등사고 능력 함양, 의사소통능력이나 협업능력과 같은 시민으로서의 역량이나 인성함양 측면에서도 긍정적으로 보고되고 있다(Albe, 2008; Chung *et al.*, 2016; Dori, Tal, & Tsaushu, 2003; Lee *et al.*, 2013; Sadler & Zeidler, 2005; Tal & Hochber, 2003; Tal & Kedmi, 2006; Zohar & Nemet, 2002). 이와 같은 교육적 효과에도 불구하고, SSI 교육에 대한 교사들의 적극성과 자신감은 그다지 높지 않은 편이다(Aikenhead, 2006; Hansen & Olson, 1996; Kiliç *et al.*, 2013). Aikenhead(2006)가 지적한 대로, 교사들은 과학교과를 실생활과 연결 지어 가르치는 것의 필요성과 중요성에는 동의하지만, 본인 수업에 직접 도입하는 것에 대해서는

* 교신저자: 이현주 (hleee25@ewha.ac.kr)

** 이 논문은 2015년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5A2A01011402)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.4.0539>

주저하는 경향을 보인다. 그 이유는 다음과 같이 여러 가지로 추측해 볼 수 있다.

첫째, SSI는 그 본성상 간학문적(inter-disciplinary)이다. 즉, 쟁점 자체가 순수 과학적인 내용에만 제한되는 것이 아니라, 과학지식의 응용적 측면(즉, 기술이나 공학)과 사회·정치·경제와 같은 인문사회학적 측면을 융합적으로 포함하고 있다(Zeidler & Nichols, 2009). 따라서, 과학수업에서는 가치중립적이고 정답이 있는 내용을 다루어야 한다는 암묵적 신념을 지니고 있는 과학교사들은 과학 수업에 가차나 도덕·윤리·사회적 측면이 결부되어 나타나는 것에 대해 불편하게 여길 수 있다(Cotton, 2006; Cross & Price, 1996; Hansen & Olson, 1996; Witz & Lee, 2009). 일부 교사들은 윤리적·도덕적 측면까지 과학수업에서 다룰 필요는 없다고 강력히 주장하기도 한다(Sadler *et al.*, 2006). 둘째, SSI는 다양한 방안이나 최선의 방안을 모색해야 하는 비구조화된 문제 상황이기 때문이다. 특히, SSI 수업에서는 종종 정답이 없는 논쟁이 야기되기도 하는데, 이 불확실성에 대해 불편해하거나 논쟁을 어떻게 이끌어내야 하는지에 대해 어려움을 표현하는 교사도 많다(Forbes & Davis, 2008). 셋째, SSI를 다루기 위해서 알아야 하는 첨단 과학기술에 대한 지식 부족, 토론·토의, 역할극 등의 수업 방식을 운영해야 하는 데 대한 부담감 등이 요인이 될 수 있다(Lee, Abd-El-Khalick & Choi, 2006). Levinson & Turner (2001)은 교사들은 교실에서 토론을 진행할 만큼 본인이 교수 역량을 지니지 못한다고 인지하는 경향이 있음을 보고하였다. 이에, Gray & Bryce(2006)는 현직교사들이 생명공학과 관련된 SSI를 도입할 수 있도록 생명공학과 관련된 교과지식과 교수방법 등에 대한 연수를 실시하였다. 참여한 교사들은 연수 내용 중에서 생명공학과 관련된 과학적 지식을 습득하는 것에 매우 만족해하였으나, 생명공학을 둘러싼 사회·윤리적 측면을 다루는 데에는 여전히 많은 어려움을 호소하였다. 넷째, SSI 수업을 위한 교수·학습 자료의 부족, 과학 시수의 부족 및 교육과정 운영의 융통성 부족, 학교 분위기 등을 들 수 있다(Cross & Price, 1996; Gray & Bryce, 2006; Hestness *et al.*, 2011; Mansour, 2010). 이는 보통 환경적 요소와 관련된다.

이와 같은 선행 연구를 살펴볼 때, 교사들이 SSI를 효과적으로 도입하기 위해서는 SSI의 본성에 대해 이해하고 이를 효과적으로 구현할 수 있는 지식, 즉 교과교육학지식(Pedagogical Content Knowledge, 이하 PCK)이 필요함을 알 수 있다(Forbes & Davis, 2008). 즉, 교사들이 SSI를 도입하는데 있어 어려움을 느끼는 원인을 분석하고, SSI 교수를 활발히 수행해온 교사들의 실천적 지식을 탐색해 봄으로써 교사들이 갖추어야 하는 SSI-PCK의 요소를 논의해보는 것은 SSI 교수 촉진을 위해 매우 필요한 과정이라고 할 수 있다.

PCK는 교과내용이나 주제에 따라 서로 다른 탐구방법이나 교수법을 요구하는 주제-특이적(domain/topic specific) 특성을 지닌다(Jang & Choi, 2010; Kwak & Choi, 2012; Lee *et al.*, 2014; Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008). 예를 들어, Lee *et al.*(2014)는 ‘별과 우주’ 단원에 대한 중학교 과학 교사의 주제-특이적 PCK를 조사하면서, 천문 영역은 공간적 사고나 시스템 사고와 같은 실행 능력이 함께 요구되는 영역이기 때문에 이에 대한 높은 수준의 PCK가 요구된다고 설명하였다. 이와 유사하게 Jang & Choi(2010)는 ‘분자의 운동’ 단원이 추상적인 용어나 미시적·형식적 모델을 사용하는 특성을 지니기 때문에 이에 대한 교사의 구체적인 PCK 탐색이 필요

하다고 주장하였다. Noh *et al.*(2011)은 특정 과학 내용이 아닌 과학영재교육 영역에서 영재를 지도하는 교사들이 갖추어야 하는 PCK의 구성 요소를 도출하였으며, Angeli와 Valanides(2009)를 비롯한 몇몇 학자들은 테크놀로지를 활용한 수업에서 교사 전문성을 위한 TPCK(Technological PCK) 개념을 도입하기도 하였다. SSI도 일반적인 과학수업에서 다루어지는 과학교과내용과 구별되는 본성을 지니고 있기 때문에, SSI 교수를 위해 교사들이 갖추어야 하는 PCK(SSI-PCK)의 요소들이 충분히 논의될 필요가 있다.

SSI 교수에 대한 선행 연구들을 살펴보면, 교사들은 SSI 도입을 위한 자료개발과 다양한 교수학습 전략을 활용하는 것, 현재 교육과정에 명시된 교과내용과 연계 짓는 방법, 첨단과학기술 내용을 효과적으로 전달하는 방법 등에 대해 어려움을 느끼고 있다(Ekberg *et al.*, 2013; Gray & Bryce, 2006; Lee, Abd-El-Khalick & Choi, 2006). 이러한 어려움을 해결해 줄 수 있는 교육학적 지식들은 교사들이 갖추어야 할 SSI-PCK 요소의 예가 될 수 있다. 교사들의 SSI 교수를 돕기 위해 Sadler(2011)는 SSI 교육을 위한 틀/framework for SSI-based education)을 4가지 요소(디자인 요소, 학습자 경험, 수업 환경, 교사 변인)로 제시하였다. 후에, Presley *et al.*(2013)은 Sadler(2011)의 틀에서 제시된 4개 요소를 핵심적 측면(core aspects), 교실 환경(classroom environment), 주변 영향(peripheral influences)의 세 영역으로 재구조화하였다. 첫째, 핵심적 측면에는 디자인 요소와 학습자 경험, 교사 변인이 속한다. 디자인 요소는 SSI 수업을 설계하는 방법적 측면으로, 주어진 SSI를 어떤 방식으로 도입할 것인지, 어떻게 학생들이 고등사고를 할 수 있도록 스캐폴딩을 제공할 것인지 등을 의미한다. 학습자 경험은 SSI 수업을 통해서 학생들이 얻을 수 있는 교육적 경험을 의미하는 것으로, 여기에는 추론이나 논증 및 의사결정에의 참여, 다양한 입장이나 사회적 측면에 대한 고려, 자료를 수집하고 분석하는 과정 등이 포함된다. 교사 변인은 SSI 교수를 위해서 교사가 갖추어야 할 특성을 의미하는 것으로 SSI와 관련된 과학지식 및 사회적 측면에 대한 이해, 본인의 지식이 부족할 수 있음을 수용하고 학습자로서 함께 참여하는 자세, SSI가 야기하는 불확실성에 대한 받아들임, 학생들이 수업을 주도할 수 있는 기회를 제공하는 것 등이 해당된다. 둘째, 수업 환경은 성공적인 교수학습을 위해 고려되어야 하는 것으로, 학생 참여에 대한 높은 기대, 협력적 및 상호교류적인 수업 환경, 서로 존중하는 분위기 등을 포함한다. 셋째, 주변 요인에는 교사가 SSI 수업을 위한 지원, SSI 수업 자료, 교육과정의 융통성, 교수·학습 방법적 지원, 국가 수준 교육과정과의 연관성 등을 포함하였다. Sadler(2011)와 Presley *et al.*(2013)가 위의 요소들을 PCK 개념틀에 근거해서 제시한 것은 아니지만, 교사들이 갖추어야 하는 SSI-PCK의 요소로서 고려될 수 있다.

이에, 본 연구자는 선행 연구들을 기반으로 SSI-PCK의 요소를 도출하여 교수실행의 변화를 어려워하는 교사들의 SSI 교수를 촉진하고 전문성을 함양하도록 돕기 위한 토대를 제공하고자 한다. 즉, 본 연구의 연구문제는 “과학기술 관련 사회쟁점 교육을 위한 교과교육학적 지식(SSI-PCK)의 요소는 무엇인가?”로 요약될 수 있다. 본 연구는 과학 법칙과 원리, 이론 중심의 전통적 과학수업에서 과학기술과 사회를 연계 짓는 확장된 과학수업으로 재구조하고, 강의 중심의 과학수업에서 학생 중심의 다양한 교수학습법을 적용해 볼 수 있는 방안을 모색하는 이론적 틀을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 연구 방법

본 연구자는 SSI-PCK 요소를 규명하기 위해 다음과 같은 과정을 거쳤다. SSI-PCK에 대한 논의는 PCK 관련 선행연구의 이론적 틀 (Grossman, 1990; Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008; Shulman, 1986; Tamir, 1988)에 기초하였다. 과학교사가 갖추어야 할 PCK 요소들에 대한 논의는 여러 학자들에 의해 다양하게 진행되어 왔으나, 공통적으로 언급되는 요소들은 1) 과학교수지향, 2) 과학 교과에서 학생들의 이해에 대한 지식, 3) 과학교육과정에 대한 지식, 4) 과학교수전략에 대한 지식, 5) 과학학습 평가에 대한 지식 등이다. 일부 학자들은 학습 환경에 관한 지식(Cochran *et al.*, 1993; Hashweh, 2005; Loughran *et al.*, 2006)을 포함하였으며, Park & Oliver(2008)는 교사 효능감을 포함하기도 하였다.

본 연구에서는 선행 연구에서 언급된 PCK 요소 중에서 SSI 교수 상황과 관련된 PCK 요소 6개(즉, SSI 교수지향, SSI 교수 방법에 관한 지식, 교육과정에 관한 지식, 학생의 SSI 학습에 관한 지식, SSI 학습 평가에 대한 지식, 학습 환경에 관한 지식)를 1차적으로 선정하였으며, SSI의 특성을 드러내기 위해 일부 요소의 명칭을 변경하였다. SSI-PCK의 요소 및 하위 요소를 도출하는 과정에서 연구자는 ‘과학 기술 관련 사회쟁점(socioscientific issues, SSI)’, ‘SSI 교사(SSI teachers)’, ‘과학 윤리’, ‘생명윤리(bioethics)’ 등의 주제어로 국내외 저명 학술지의 학술 논문 약 250여 편을 검색하였다. 이 중 SSI 교사 인식, SSI 교사 사례 연구, SSI 교수 설계 및 교수법에 관한 80여 편의 학술논문을 집중적으로 분석하였다(Table 1 참조). 이 주제어들은 교사들이 SSI를 도입하기 위해 교사가 어떠한 지식을 갖추어야 하며, 어려움을 극복하기 위해 어떠한 환경적 여건을 갖추어야 하는가 등 SSI-PCK 측면에서 구체적 시사점을 제공할 수 있기 때문이다.

SSI 관련 연구가 상당히 진행되었음에도 불구하고, 교사를 대상으로 한 연구는 상대적으로 많지 않다(Forbes & Davis, 2008). 진행되었던 교사 대상 연구 또한 대부분 그들의 SSI 교수에 대한 인식, 즉

SSI 교수의 필요성, SSI 교수에 대한 교수 효능감, SSI 교수에 있어 경험했던 혹은 예상되는 어려움 등을 탐색하는 연구들이 대부분이었다. 이 경우, SSI를 다루어보지 않았거나 경험이 적은 교사를 대상으로 SSI 교수에 대한 인식조사를 한 경우가 많았다(예: Bryce & Gray, 2004; Cross & Price, 1996; Lee, Abd-El-Khalick & Choi, 2006). 그 이유는 여러 가지로 생각해볼 수 있으나, 아직까지 SSI를 적극적으로 도입하는 교사가 많지 않기 때문일 수 있다(Witz & Lee, 2009). 22명의 교사를 대상으로 SSI 교수에 대해 물었던 Sadler *et al.*(2006)에서도 단지 7명의 교사만이 SSI를 도입해본 경험이 있었다. 분석한 연구 중 일부(예: Cotton, 2006; Lee & Chang, 2010; Lee & Chung, 2013; Lee & Witz, 2009; Reis & Galvao, 2004; Yoo, Choi, & Lee, 2011)에 서만 실제 교사들이 왜 SSI를 다루고, 무엇에 초점을 두어 SSI를 가르치는지, 어떠한 교수방법을 사용하고 있는지에 대한 사례들을 제시하고 있었다. 또한 소수의 연구들(예: Avargil, Herscovitz, & Dori, 2012; Ekborg *et al.*, 2013; Gray & Bryce, 2006)은 교사들에게 SSI 교수 경험을 할 수 있도록 기회를 제공한 후, SSI 교수에 대한 인식을 조사하기도 하였다. 예를 들어, Gray & Bryce(2006)는 현직 과학교사들을 대상으로 그들의 생명공학에 대한 지식이나 인식, 교수 방법을 함양하기 위한 1주간의 교사교육프로그램을 운영한 후, 그들의 SSI 교수에 대한 인식을 조사했다. 이와 유사하게 Ekborg *et al.*(2013)도 55명의 과학교사들에게 SSI를 다룰 수 있는 기회를 제공한 후, 그들의 인식을 조사하였다. SSI 교수법과 관련된 연구는 다양하였다. 그 중 교수법의 종류에 따른 효과를 보는 연구들(예: Lee, Choi, & Ko, 2015; Simonneaux, 2001), SSI 수업 구성 방법을 제안하는 연구들(예: Presley *et al.*, 2013; Sadler, 2011; Zeidler *et al.*, 2011)을 주로 살펴본 것이다. 물론, 이외에도 SSI 수업의 효과성이나 SSI 추론의 특성을 탐색한 연구들도 다수 있었다.

문헌 분석 후, 본 연구자가 십여 년 동안 수행해 왔던 SSI 관련 연구(e.g. Lee, 2008; Lee & Chang, 2010; Lee & Chung, 2013; Lee & Witz, 2009; Lee *et al.*, 2006; Witz & Lee, 2009)와 데이터들을

Table 1. Representative research on SSI teaching and teachers

영역	주제	특징	대표 논문 예시
A. SSI 교사 인식	A.1. 과학 수업에서 가치문제를 다루는 것에 대한 의견	<ul style="list-style-type: none"> SSI를 다루어본 교사를 중심으로 하는 경우도 있으나, 대부분이 일반 교사들을 대상으로 하고 있어 실제 SSI를 도입해본 교사는 일부에 해당됨. 대규모 설문조사나 20-30명의 교사를 대상으로 면담을 실시한 경우가 많음. SSI 교수목적, SSI 교육의 효과, SSI 교수를 위한 환경적 여건 등에 대해 제시하고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> Bryce & Gray(2004) Cross & Price(1996) Lee, Abd-El-Khalick & Choi(2006) Kara, Y. (2012) Kilinc <i>et al.</i>(2013) Sadler <i>et al.</i>(2006) Barrett & Nieswandt(2010)
	A.2. SSI 교수의 필요성과 중요성에 대한 인식		
	A.3. SSI 교수가 어려운 요인에 대한 인식		
B. SSI 교사 사례 연구	B.1. SSI 교수 경험이 많은 교사의 사례연구	<ul style="list-style-type: none"> SSI를 적극적으로 다루고 있는 교사가 적어 사례연구가 많지 않음. SSI 관련 연수나 교수·학습 자료를 제공한 후, 교사들의 SSI 교수에 대한 인식이나 어려움 등을 조사함. 	<ul style="list-style-type: none"> Cotton(2006) Lee & Chang(2010) Lee & Witz(2009) Reis & Galvao(2004) Avargil <i>et al.</i>(2012) Ekborg <i>et al.</i>(2013) Gray & Bryce(2006)
	B.2. SSI 교수 경험을 제공한 후의 사례연구		
C. SSI 교수 설계 및 교수법	C.1. SSI 교수 설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> 교수 설계 및 교수법에 대한 연구는 많지 않음. 특히, 평가와 관련된 부분은 논증 부분에 제한되어 있음. SSI 수업을 설계할 때 고려해야 하는 측면들을 제시하고 있음. SSI 수업에서 사용할 수 있는 효과적 교수법에 대해 소개함. 	<ul style="list-style-type: none"> Presley <i>et al.</i>(2013) Sadler(2011) Zeidler <i>et al.</i>(2011) Lee, Choi, & Ko(2015) Simonneaux(2001) Agell <i>et al.</i>(2014)
	C.2. SSI 수업에서 효과적인 교수법의 탐색		

재해석 하는 과정을 거쳤다. 본 연구자는 SSI 분야 연구를 수행해오면서, SSI 관련 과학교사 모임의 일원으로 참여해 오면서, 또 예비교사들에게 SSI 수업을 진행해 오면서 SSI 교수 방법에 대해 지속적으로 연구하였으며, SSI를 적극적으로 도입하는 교사들과 함께 연구를 수행해 왔다. 이를 바탕으로 수십 편의 SSI 관련 연구를 발표해 왔다. 이러한 경험을 바탕으로, 본 연구자는 그동안 수행했던 SSI 연구 논문들과 데이터를 SSI-PCK의 6가지 요소 측면에서 재해석하고, 각 요소들에 속한 하위 요소의 타당성을 검증할 수 있는 사례들을 수집하는 과정을 거쳤다(연구 결과에 수집한 사례의 일부를 제시하였음). 예를 들어, SSI 교수지향의 경우 SSI를 가르치는 교사의 사례 연구(Avargil *et al.*, 2012; Cotton, 2006; Ekborg *et al.*, 2013; Lee & Chang, 2010; Lee & Witz, 2009; Reis & Galvao, 2004)에서 제시된 교사들이 나타내는 교수지향을 본 연구의 SSI 교수지향 하위 요소들이 충분히 포함하고 있는지를 검토하였다. 각 영역에 대한 검토 후 도출된 SSI-PCK 요소는 SSI 연구에 전문성을 지닌 학자로부터 타당성을 검증받았다. 1차적으로 도출한 요소들과 비교하여 일부 용어나 의미가 변경된 부분도 있으나, 전문가와 각 요소별 합의과정을 거쳐 최종 도출하였다.

III. SSI 교육을 위한 교과교육학 지식(SSI-PCK)의 요소

본 연구에서는 SSI-PCK의 요소를 Figure1과 같이 SSI 교수지향, SSI 교수방법에 관한 지식, 교육과정에 관한 지식, 학생의 SSI 학습에 관한 지식, SSI 학습 평가에 대한 지식, 학습 환경에 관한 지식의 여섯 개로 제시하였다.

1. SSI 교수지향(Orientation for Teaching SSI, OTS)

SSI 교수지향(OTS)은 교사가 SSI를 수업에 도입하는 목적 및 목표

를 의미하는 것으로, 교사의 PCK 형성에 가장 큰 영향을 주는 요소이다(Lee & Chang, 2010; Lee & Witz, 2009). PCK 관련 선행 연구에서 교수지향이 교사의 교수 전략의 선택, 교수·학습 자료의 조직 및 구성, 학생들 학습에 대한 평가 등 다양한 활동을 안내하는 역할을 수행하는 것과 같이(Grossman, 1990; Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008), SSI 맥락에서도 교수지향은 SSI-PCK의 여러 요소에 영향을 미치는 중요한 역할을 한다. SSI를 도입하는 교사들의 사례 연구(예: Lee, 2008; Lee & Chang, 2010; Lee & Witz, 2009)를 살펴보면, 교사 개인의 관련 경험, 신념, 가치관, 교육 철학은 SSI 교수지향을 형성하는 근간이 되어 SSI 교수에 자연스럽게 반영되는 것을 볼 수 있다(Lee & Witz, 2009; Witz & Lee, 2009).

본 연구에서는 Magnusson *et al.*(1999)이 과학 교수와 관련하여 9개의 교수지향을 제시한 것과 같이, SSI 교사 사례가 제시되어 있는 선행 연구를 기반으로 SSI 교수지향을 크게 여섯 가지(학생 중심 활동, 지식과 고등사고능력, 실생활과의 연결, 과학 및 기술의 본성, 시민 역량과 인성, 사회적 실천)로 분류하였다. 이는 Lee & Chang(2010)의 연구 결과를 보다 구체화 한 것이다. 이들은 SSI 교수 경험이 많은 교사 6명을 대상으로 그들의 SSI에 관한 실천적 지식을 탐색하여 교사들의 교수 목표가 교수 방법에 큰 영향을 미침을 알아내었다. 그리고 그 교수 목표를 크게 두 가지로 분류하였다. 하나는 SSI 자체의 본성보다는 SSI 도입으로 인해 얻을 수 있는 교육적 효과에 더 관심을 갖고 도입하는 경우(teaching oriented teachers)라 할 수 있다. 다른 하나는 SSI 자체가 교사들이 SSI를 다루는 큰 동기로서 작용한 경우(SSI-oriented)이다. Table2에서 제시한 6개의 교수지향 중 학생 중심 활동(A), 지식과 고등사고능력(B), 실생활과의 연결(C)은 전자에, 과학 및 기술의 본성(D), 시민 역량과 인성(E), 사회적 실천(F)은 후자에 속한다고도 볼 수 있다. 다만, 일반적인 PCK 연구에서와 같이, 두 개 이상의 SSI 교수지향이 복합적으로 드러나는 경우가 많다

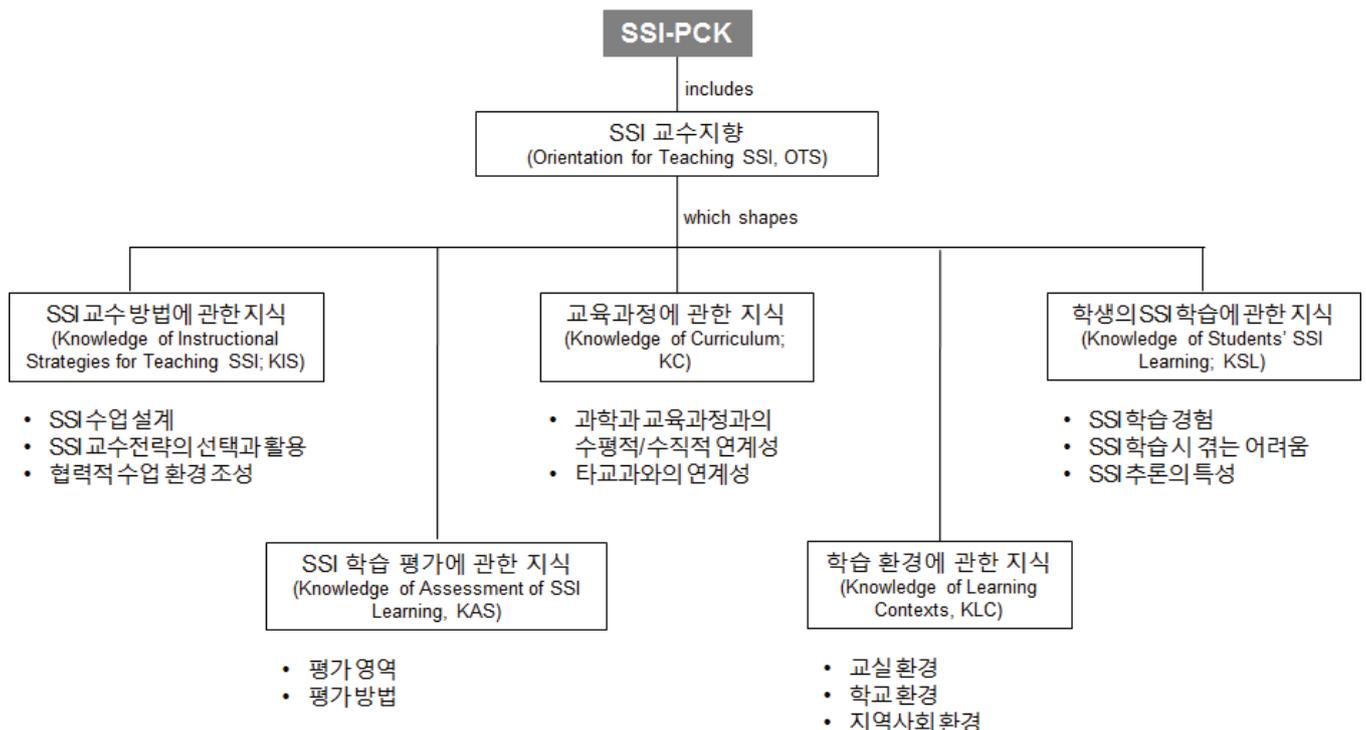


Figure 1. Six SSI-PCK components and their relationship

(Friedrichsen & Dana, 2005).

첫째, 학생 중심 활동(A) 교수지향은 SSI를 도입하는 주된 이유가 SSI 자체보다는 학생들의 과학수업에의 흥미와 학습 동기를 유발하기 위해서이다. 즉, SSI에 내재되어 있는 과학기술의 본성에 대한 관심 보다는 학생들이 수업의 주체가 될 수 있는 수업(예: 토의, 토론, 역할극 등)을 운영하기 위한 하나의 교수적 도구나 맥락으로 SSI를 활용하는 경우라 할 수 있다. 실제로 SSI를 도입하는 많은 교사들이 이 교수지향을 보인다(Yoo, Choi, & Lee, 2011). 둘째, 지식과 고등사고능력(B) 교수지향을 지닌 교사들은 학생들의 과학적 지식과 문제해결력, 의사결정 능력, 논증 능력, 자료 수집 및 해석 능력 등을 함양하기 위한 목적으로 SSI를 활용한다. 이 교수지향의 교사들 또한 학생 중심 활동 교수지향과 마찬가지로 SSI를 교수 목적을 달성하기 위한 하나의 방법으로 활용하는 경우이다. 다만, 과학교과에서 달성하고자 하는 고등사고능력을 함양하기 위해 학생들에게 보다 SSI 문제 상황에 대한 해결책을 마련하게 하거나 의사결정을 내리기 위한 논리적인 사고과정을 요한다. 셋째, 실생활과의 연결(C) 교수지향은 SSI가 과학이 생활 속에서 어떻게 응용되고 있는지를 잘 보여주기 때문에 도입하는 경우이다. 즉, SSI에 대해 논의하면서 과학-기술-사회가 어떻게 연관되어 있는지에 대한 이해를 높이고자 한다. 이 교수지향을 지닌 교사의 SSI 수업에서는 SSI가 지닌 도덕적·윤리적 측면이 크게 부각되지 않기 때문에, STS 수업과 크게 다르지 않을 수 있다. 넷째, 과학 및 기술의 본성(D) 교수지향이다. 이 교수지향을 갖고 있는 교사들은 학생들이 SSI를 통해서 과학과 기술의 본성을 이해하도록 하는데 목적을 둔다. 즉, SSI를 통해 과학지식의 사회적 형성과정, 과학자 집단의 특성, 과학 연구 과정의 사회적 측면, 기술의 다양한 본성 등에 대해 이해하기를 기대한다. Nuangchalem(2009)에 따르면 적지 않은 수의 교사들이 정도의 차이가 있긴 하나 이 교수지향을 갖고 있다. 다섯째, 시민 역량과 인성(E) 교수지향이다. 이 교수지향을 지닌 교사들은 학생들이 SSI에 대한 논의를 통해 민주사회의 시민으로서 갖추

어야 할 역량(예: 사회문제에의 관심, 관련된 담화에의 참여, 과학적 소양 등)과 인성(예: 윤리적 판단, 시민으로서의 책임의식, 과학기술에 대한 책임감 있는 인식 등)을 함양하는데 목적을 둔다. 마지막으로 사회적 실천(F) 교수지향이다. 이 교수지향을 지닌 교사들은 학생들이 SSI 수업을 통해 과학기술의 본성을 이해하고 역량을 함양할 뿐만 아니라 과학기술이 야기한 문제를 해결하는데 직접 참여할 수 있는 실천적 행동(activism)을 독려한다.

교사들의 SSI 교수 동기가 제시되어 있는 선행연구들을 살펴보면, 여섯 가지의 SSI 교수지향이 두 개 이상 복합적으로 드러나는 경우가 많음을 알 수 있다. 예를 들어, Lee & Chang(2010) 연구의 Amber나 Abby는 SSI 맥락이 학생들 간에 소통할 수 있는 장을 형성해주기 때문에 SSI 수업을 운영한다. 이들에게 과학 수업은 단순히 과학개념을 전달하는 것이 아니라 과학이라는 소재를 실생활에 적용도 해보고, 과학주제에 대해 서로 이야기하는 수업이 되길 바란다. 즉, 학생 중심 활동(A)과 실생활과의 연결(C) 교수지향이 명확히 드러난다. Lee (2008)의 Jenna는 과학기술이 지닌 본성을 학생들이 미래 시민으로서 알아야 된다는 신념에 기반하여 SSI를 도입하고 있으며, 학생들에게 시민으로서 책임감 있는 실천을 강조한다. 즉, 과학 및 기술의 본성(D), 시민 역량과 인성(E), 사회적 실천(F) 교수지향을 지닌다. Lee & Witz(2009)의 Jeff는 AP 생물학을 가르치면서 과학 분야를 지망하는 학생들은 논리적 사고 능력이 매우 중요하며, 나아가 과학연구의 본성(경제·사회·정치적 측면의 개입)을 이해할 필요가 있다는 믿음으로 SSI를 도입하여 지식과 고등사고능력(B)과 과학 및 기술의 본성(D) 교수지향을 나타낸다. Reis & Galvao(2004)의 Madalena는 학생들이 SSI 수업을 통해 자신의 가치가 무엇인지 인식하고 윤리적인 판단을 할 수 있는 인성을 갖추는 것이 중요하다고 여겨 시민 역량과 인성(E) 교수지향이 잘 드러났다. 이에 반해 Rita는 과학이 사회와 어떻게 연결되는지를 보여주하고자 하는 실생활과의 연결(C) 교수지향을 보였다.

Table 2. Sub-components of Orientation for Teaching SSI(OTS)

SSI 교수지향(OTS)	SSI 교수의 목적	SSI 교수의 특징
A. 학생 중심 활동 Activity-driven	과학수업에의 흥미와 학습 동기를 유발하기 위해 학생 중심적인 과학수업을 구성함.	학생들이 수업의 주체가 되어 다양한 활동(예: 토의, 토론, 역할극 등)에 참여함으로써, 과학수업에 대한 관심과 참여도를 높임.
B. 지식과 고등사고능력 Knowledge and higher order thinking skills	주제와 관련된 과학지식과 문제해결력, 의사결정능력, 논증 능력 등의 고등사고능력을 함양함.	학생들은 SSI 문제 상황에 대한 해결책을 마련하거나 의사결정을 내리기 위해 필요한 자료를 검색/수집/평가하며, 담화를 통해 해결책과 논리적 근거를 마련함.
C. 실생활과의 연결 Application of science in everyday life	과학이 응용되는 사례나 사회와의 관련성을 보여줌.	교사는 수업시간에 배운 과학 내용이 실제 사회에서 어떻게 응용되고 있는지, 그리고 우리의 삶과 어떠한 관련성을 갖고 있는지 사례를 제시해줌.
D. 과학 및 기술의 본성 Nature of science and technology	과학과 기술이 갖고 있는 여러 가지 본성(예: 가치 적재성, 양면성 등)에 대한 이해를 함양함.	학생들이 SSI를 통해 과학지식의 사회적 형성과정, 과학자 집단의 특성, 과학 연구 과정의 사회적 측면, 기술의 다양한 본성 등에 대해 이해할 수 있도록 다양한 사례를 제시하거나, 이에 초점을 둔 토의를 진행함.
E. 시민 역량과 인성 Citizenship	민주사회의 시민으로서 갖추어야 할 역량(예: 사회문제에의 관심, 관련된 담화에의 참여, 과학적 소양 등)과 인성(예: 윤리적 태도, 시민으로서의 책임의식 등)을 함양함.	학생들이 미래 사회의 시민으로서 SSI와 같은 사회문제에 관심을 갖고, 관련된 담화에 참여할 수 있도록 다양한 기회를 마련함. 시민으로서 스스로 올바른 윤리적 가치관을 지닐 수 있는 반성적 기회를 제공함.
F. 사회적 실천 Activism	과학기술로 인해 발생한 SSI를 해결하기 위한 실천적 행동 및 참여를 독려함.	학생들이 SSI에 대한 토의·토론을 하거나 의사결정을 내리는 것을 넘어, 이를 해결하기 위한 활동에 함께 참여할 수 있는 기회(예: 환경 운동에의 참여, 청소년 패널 참여 등)를 제공함.

2. SSI 교수 방법에 관한 지식(Knowledge of Instructional Strategies for Teaching SSI, KIS)

SSI 교수 방법에 관한 지식(KIS)은 SSI 수업을 운영하는데 필요한 교수·학습 방법론적 지식을 의미한다. 정답이 있는 문제를 다루는 전통적 과학수업과는 달리, SSI 수업에서는 다양한 방안이나 최선의 방안을 모색하는 비구조화된 문제를 다루며, SSI를 둘러싼 사회·윤리적·도덕적 가치에 대한 고려도 함께 수반한다는 특징이 있다. 이러한 이유로, Zeidler *et al.*(2011)은 SSI 수업을 위해서 과학 수업의 “본질적 재구조화(deep restructuring)”가 필요하다고 주장하기도 하였다. 즉, 교사는 SSI의 본성을 고려하여 학생 중심의 수업을 운영하는 방법에 대한 지식을 필요로 한다. 실제로, Lee *et al.*(2006)은 국내 교사들을 대상으로 SSI 교육에 대한 인식을 조사하였는데, 그 중 “SSI를 가르치기 위한 여러 가지 교수법을 사용할 수 있다,” “나는 SSI 교수학습 자료를 개발하는데 자신이 있다,” “나는 내 학생들에게 SSI에 대해 가르칠 만큼 지식을 갖고 있다”는 문항에 3점 이하(5점 만점)로 낮게 응답하였다. 이에, 본 연구에서는 SSI 교수 방법에 관한 지식으로 다음과 같이 세 가지 하위 요소를 제시하였다(Table3 참조).

첫째, SSI 수업 설계에 대한 지식은 SSI의 특성(예: 비구조화된 문제 상황, 다양한 관점의 존재, 윤리적·도덕적 가치판단의 요구 등)이 효과적으로 구현되도록 문제 상황을 선정하고, 수업을 구성하는데 필요한 지식을 의미한다. Zeidler, Applebaum & Sadler(2011)는 SSI 수업을 구성할 때 고려해야 하는 템플릿을 제시하였다. 이 템플릿에도 SSI 수업을 구성하기 위한 요소로 문제 상황의 도입, 일반적으로 학생들이 갖고 있는 생각이나 가치관에 도전적인 질문의 제시, 관련된 과학 지식의 제시, 소그룹 활동의 계획 등이 특징적으로 포함되어 있다. STS 수업과 달리, 과학기술이 내포하고 있는 윤리적·도덕적·사회적 측면이 잘 드러나도록 문제 상황을 구성하고, 활동을 계획하는 것, 학생들이 고등사고능력을 활용하여 합리적인 가치판단을 할 수 있도록 스케폴딩하는 방법 등에 대해 충분히 고려할 필요가 있다. Hughes(2000)의 연구에 따르면, 교사들은 SSI 수업을 계획하고 운영하면서 과학지식에 초점을 두고 사회·도덕적 측면을 다루는 부분을 배제시키는 경향을 보이기 때문이다.

둘째, SSI 교수전략의 선택과 활용에 대한 지식은 학생들의 SSI 추론(Socioscientific Reasoning)(예: 다양한 관점과 복잡성에 대한 이해, 윤리적·사회적 측면의 내포, 자료와 근거 및 논점에 회의적 사고, 문제해결을 위한 지속적 질문 제기 및 탐색 등)이 충실히 진행될 수 있도록 학생 중심적 교수전략을 효과적으로 활용할 수 있는 지식을 의미한다. 지금까지 제시되어온 SSI 교수법은 대부분 토의·토론헬동, 역할극, 사례 조사 등이다(Cho & Choi, 1998; Simmonneaux, 2001). 그러나 최근 들어 수업 방법에 있어서도 다양화되어, 시민 합의 회의, 학교 밖 체험 활동, 월드 카페 등의 방법도 활용되고 있다. 또한 주어진 SSI의 특성에 따라서 의사결정 수업 외에 다양한 사례를 탐색하고 아이디어를 발산적으로 제시해보는 수업 모형을 적용할 수도 있다(Lee, Choi, & Ko, 2014).

셋째, 협력적 수업 환경 조성 지식은 학생들의 SSI에 대해 자유롭게 자신의 의견을 표현하고, 다른 사람의 의견을 존중하고 수용하며, 협력적 담화에 참여할 수 있는 환경 조성을 위한 교수학습 방법에 대한 지식을 뜻한다. Presley *et al.*(2013)은 SSI 수업을 위한 환경

조성의 중요성을 강조하면서, 학생들이 수업에 열심히 참여할 것이라는 기대, 서로 협력적이고 상호작용할 수 있는 분위기, 학생간, 학생-교사간 서로 존중하는 태도, 본인의 생각을 자유롭게 말할 수 있는 편안한 분위기 등을 제안하였다. Lee, Choi & Ko(2014)는 집단지성이 활성화될 수 있는 환경을 강조하였는데, 이를 위해 SSI 문제 해결을 위한 공유된 가치나 신념을 확인하고, 개인이 독립적인 문제를 탐색할 수 있는 기회를 제공한 뒤, 다양한 지식과 기술 및 관점이 집중되고 공유될 수 있는 기회를 제공해야 함을 강조하였다.

3. 교육과정에 관한 지식(Knowledge of Curriculum, KC)

교육과정에 관한 지식(KC)은 SSI와 국가 수준의 교육과정과의 연계성에 관한 지식을 의미한다. 교사들이 SSI를 도입함에 있어 과학교육과정과의 연계성을 끊임없이 고려하는 것은 당연하다. 또한 SSI는 쟁점 자체가 순수 과학적인 내용에만 제한되는 것이 아니라 기술·공학이나 사회·정치·경제와 같은 인문사회학적 측면을 포함하기 때문에 타교과의 연관성도 고려해볼 필요가 있다. 이에, 본 연구자는 교육과정에 관한 지식으로 다음과 같이 두 가지 하위 요소를 제시하였다(Table3 참조).

첫째, 과학교육과정과의 수평적/수직적 연계성에 관한 지식은 교사가 SSI와 관련된 과학지식과 역량을 국가 수준의 과학교육과정과 수평적/수직적으로 연계할 수 있는 지식을 의미한다. 많은 교사들이 SSI를 가르치고자 할 때 국가 교육과정과 연계되면 부담을 덜 느끼게 된다(Lee *et al.*, 2006). 이는 보통 수평적 연계성을 의미하며, SSI 활동을 하기 위해 필요한 기본적 내용지식에 대한 탐색이라 할 수 있다. SSI 관련 연구에서 자주 다루어지는 소재들(예: 유전자조작, 원자력발전과 재생에너지, 위험한 화학물질 등) 또한 교육과정과 연계되는 경우가 많다. 그러나 SSI가 주로 첨단 과학기술로 인한 사회적 문제를 다루기 때문에 특정 학년의 과학 교과내용을 벗어나는 경우가 있다. 따라서 교사는 SSI를 효과적으로 다루기 위해 과학교육과정의 수직적 체계에 대한 이해도 필요하다. 다시 말해서, 교사의 교육과정에 대한 수평적/수직적 연계성에 대한 이해는 교사가 SSI를 학생들의 수준에 맞게 조절하고, 과학 교육과정과 연계시키면서 SSI를 도입하는데 필요한 요소라 할 수 있다.

둘째, 타교과와의 연계성에 관한 지식은 SSI 수업이 과학교과 외의 타교과 교육과정과 어떻게 연계되는지에 대한 이해를 의미한다. Yoo, Choi & Lee(2011)의 연구에 따르면, 과학교과 외에 사회나 윤리 교사들도 교과의 특성에 맞게 SSI(예: 유전자조작, 생명윤리 등)를 다루고 있다. 동일한 주제를 도입하더라도 사회 교사는 SSI와 관련된 과학지식에 대한 이해보다 과학이 지닌 사회적 측면에 대한 인식이나 SSI에 내재된 다양한 관점에 대해 초점을 두며, 윤리교사는 SSI에 대한 가치 판단능력이나 인간으로서의 기본적 윤리의식을 함양하는데 강조점을 두는 경향이 있다. 기술교과에서는 SSI와 관련된 첨단 기술에 대한 소개가 더욱 강조된다. 따라서 여러 교과와 융합된 통합적 접근이 오히려 SSI의 교육적 효과를 높이는 방안이 될 수도 있다.

Table 3. Sub-components of KIS and KC

요소	하위요소	설명
2. SSI 교수 방법에 관한 지식 (KIS)	2.1. SSI 수업 설계 SSI lesson design	SSI의 본성(예: 비구조화된 문제 상황, 과학기술과 사회와의 관련성, 다양한 관점의 존재, 윤리적·도덕적 가치판단의 요구 등)이 효과적으로 구현되도록 문제 상황을 선정하고 구성할 수 있는 지식
	2.2. SSI 교수전략의 선택과 활용 Utilizing progressive instructional strategies	학생들의 SSI 추론(Socioscientific Reasoning)(예: 다양한 관점과 복잡성에 대한 이해, 윤리적·사회적 측면의 내포, 자료와 근거 및 논점에 회의적 사고, 문제해결을 위한 지속적 질문 제기 및 탐색 등)이 충실히 진행되도록 하는데 적합한 학생 중심적 교수전략, 즉 토의, 토론, 역할극, 사례조사 등을 효과적으로 활용할 수 있는 지식
	2.3. 협력적 수업 환경 조성 Constructing collaborative classroom cultures	학생들의 자유롭게 자신의 의견을 표현하고, 다른 사람의 의견을 존중하고 수용하며, 협력적 담화에 참여하는 환경을 조성할 수 있는 교수학습 전략에 관한 지식
3. 교육과정에 관한 지식 (KC)	3.1. 과학교육과정과의 수평적/수직적 연계성 Connection to science curriculum(horizontal /vertical)	SSI와 관련된 과학지식과 역량을 국가 수준의 과학교육과정과 수평적/수직적으로 연계할 수 있는 지식
	3.2. 타교과와의 연계성 Connection to other subject matters	SSI 수업이 과학교과 외의 타교과 교육과정과 어떻게 연계되는지에 대해 이해하고, 보다 융합적으로 접근할 수 있는 지식

4. 학생의 SSI 학습에 관한 지식(Knowledge of Students' Engagement in SSI, KSE)

학생의 SSI 학습에 관한 지식(KSE)은 SSI 수업에 참여하는 학생들의 특성 및 학습 과정에 대한 지식으로, 효과적인 SSI 교수를 위한 매우 중요한 요소라 할 수 있다. SSI 수업을 통해 학생들이 성취할 수 있는 교육적 효과를 비롯하여, 학생들의 인지적·심리적·도덕적 발달과정에 따라 SSI 수업에서 겪게 되는 어려움, SSI에 대한 학생들의 비형식 추론과정의 특성 등은 선행 연구에서도 많이 제시하고 있다. 이와 같은 학생들에 대한 이해는 교사가 학생들의 수준과 특성에 맞는 SSI 교수·학습 전략을 구성하는데 매우 큰 영향을 미친다. 이에, 학생들의 SSI 학습에 관한 지식 다음과 같이 크게 세 가지 하위요소로 나누어 제시하였다(Table4 참조).

첫째, 학생의 SSI 학습 경험에 대한 지식은 학생들이 SSI 수업을 통해서 학습해야 하는 (혹은 학습할 수 있는) 경험에 대한 지식을 의미한다. Presley *et al.*(2013)도 SSI 수업을 구성하는 데 있어 핵심적으로 고려해야 하는 사항에 학습자의 학습 경험을 포함하였다. 학생들이 SSI 수업을 통해 학습할 수 있는 경험은 문제해결이나 의사결정, 근거기반 논증과 같은 고등사고능력에 대한 훈련, 주어진 SSI와 관련된 자료를 수집하고 분석하며 평가할 수 있는 능력, 서로 대립되는 입장을 조율해서 합의하는 과정, 다양한 윤리적 입장에 대한 직면과 가치갈등 등이 포함된다. 교사는 이와 같은 학습 경험이 충분히 이뤄질 수 있도록 수업을 구성할 수 있어야 한다.

둘째, 학생들이 SSI 학습 시 겪는 어려움에 대한 지식은 학생들이 SSI 수업에서 겪는 심리적, 도덕적, 인지적 어려움(예: 관련 과학지식의 부족이나 잘못된 개념, 도덕·윤리적 가치관의 충돌, 다른 의견에 대한 수용이나 조정 기술의 부족 등)에 대한 이해를 의미한다. 일반 과학수업에서도 학생들이 과학학습에서 겪을 수 있는 어려움이나 오개념에 대해 교사가 미리 인지하고 준비해야 하는 것과 마찬가지로 (Magnusson *et al.*, 1999), SSI 수업에서도 학생들이 직면할 수 있는 어려움에 대해 미리 인지할 필요가 있다. 예를 들어, SSI 문제 상황을 해결하기 위해서는 기본적인 과학지식을 습득해야 하는데, 일반적으

로 첨단 과학기술은 교과서 내용보다 심화된 내용이기 때문에 학생들이 이해하는데 어려움을 느낄 수 있다. 일부 학생들은 생명공학 주제를 다룰 때 자신의 종교적 신념과 충돌하여 갈등을 겪기도 하고 (Sadler & Zeidler, 2004), 주제를 둘러싼 다양한 입장들 속에서 자신의 입장을 결정하는데 어려움을 느끼기도 한다(Chang & Lee, 2010; Dreyfus & Roth, 1991; Ratcliffe, 1997). 또한 일부 학생들은 의사결정을 할 만큼 충분한 정보를 갖고 있지 못하다고 느끼거나, 자신의 의견을 논리적으로 제시하는 방법에 어려움을 느끼기도 한다(Chang & Lee, 2010).

셋째, SSI 추론의 특성은 학생들의 SSI에 대한 비형식 추론과정에서 드러나는 특성(예: 특정 가치에 편중된 의사결정, 상반된 자료(discrepant data)에 대한 처리 등)과 SSI 비형식 추론에 영향을 미치는 요인(예: 과학 지식, 도덕성, 개인의 경험, 선호도, SSI 맥락, 문화 등)에 대한 지식을 의미한다. 일부 과학교사들은 SSI 담화에서 학생들이 자신의 가치관나 감정이 개입된 추론으로 이끌어가는 것에 대해 불편함을 느낀다. Sadler *et al.*(2006) 연구에서 밝혀진 바와 같이, SSI 추론은 근거에 기반하여 진행되기도 하지만, 돌봄의 감정이나 직관적 추론의 형태도 보인다. 또한 심리학 분야 연구 결과에 따르면, SSI가 야기할 수 있는 위협에 대한 긍정적 혹은 부정적 감정, 또는 불안, 공포, 두려움 등의 정서가 지각과 의사결정에 영향을 주기도 한다 (Finucane *et al.*, 2000; Loewenstein *et al.*, 2001). 일반인은 전문가에 비해 위험 가능성에 대한 통계적 수치보다는 자신의 삶 속에서 일어났을 경우나, 특별한 상황을 가정하여 감정적인 몰입을 하거나 주관적인 해석을 내리는 특성을 보이기도 한다(Savadori *et al.*, 2004; Setbon *et al.*, 2005). SSI 추론의 특성을 이해하는 것은 교사가 SSI 수업에서 드러나는 불확실성에 대한 수용력을 갖게 하는데 도움이 된다.

5. SSI 학습 평가에 대한 지식(Knowledge of Assessment of SSI Learning, KAS)

과학 학습 평가에 대한 지식(KAS)은 Tamir(1988)가 평가 영역에

대한 지식과 평가 방법에 대한 지식으로 구분하여 PCK의 주요 요소로 언급하였으며, Magnusson *et al.*(1999)와 Park & Oliver(2008)도 유사하게 개념화하였다. 본 연구에서도 이 틀에 기반하여 SSI 학습 평가에 대한 지식을 정의하였다. 사실, SSI 학습 평가에 대한 지식은 교사가 SSI를 수업에 도입하는 데 있어 중요한 요소임에는 틀림없으나, 아직까지 SSI 수업에서 어떤 평가 방법이 보다 적합하며, 어떠한 영역을 평가해야 하는지에 대한 실증적 연구는 찾아보기 어렵다. 그 이유 중 하나는 아직까지 주요한 학습 평가의 대상이 될 만큼 교사들이 수업시간에 적극적으로 도입하고 있지 않다는 점이다. 또한 도입한다 하더라도, 교사들은 SSI 수업을 일반 과학 수업과 다른 ‘특별한 수업’으로 인지해서 평가까지 고려하는 경우가 많지 않기 때문이다(Ekberg *et al.*, 2013). 그러나, 일반적인 과학 학습에 대한 평가에 비해 SSI 수업에서는 어떠한 영역에 초점을 두어야 하며, 어떠한 방법을 적용할 수 있는지에 대해 고려해볼 필요는 있다. 이에 본 연구에서는 두 가지로 나누어 제시하였다.

첫째, 평가 영역에 대한 지식이다. 과학학습의 경우 주된 평가의 초점은 과학 지식, 탐구기술(역량), 태도적 측면이다. SSI 수업에도 일반 과학수업과 유사한 부분이 있으나 평가 영역이 다소 확장될 수 있다. 우선 지식적 측면에서 관련된 과학 지식을 습득하였는가에 관한 부분 외에도 과학과 기술의 본성에 대한 이해도 포함될 수 있다. SSI 수업에서의 지식은 교과서적 지식 외에 과학기술의 본성에 대한 지식(예: 과학기술의 인문·사회학적 특성, 과학기술의 양면성, 과학기술의 맥락 의존성, 가치 적재적 의사결정 등)(Lee & Lee, 2016)도 중요한 부분을 차지하고 있다. 탐구기술면에서도 실험실 맥락에서 강조되고 있는 기술을 넘어, 근거 기반 논증, 정보 수집 및 해석, 자료의 시각화, 의사소통 능력 등 다양한 측면에서의 역량이 평가될 수 있다(Avargil, Herscovitz, & Dori, 2012; Lee, Choi, & Ko, 2015). SSI 수업을 통해 시민으로서의 인성을 함양하고 문제 해결에의 실천적 의지를 보이는가 또한 평가의 영역이 될 수 있다(Lee *et al.*, 2012, 2013).

둘째, 평가 방법에 대한 지식은 SSI 학습 평가의 다양한 영역을 어떠한 방법으로 평가할 수 있는지에 대한 지식을 의미한다. 일반적인 과학수업에서와 마찬가지로 SSI 학습에서도 학생의 결과물(예: 글쓰기, 포스터, 보고서 등) 뿐만 아니라 학습의 과정(예: 논증, 토의·토론 등)도 함께 평가할 수 있는 다양한 평가방법이 활용될 수 있다. 예를 들어, Christenson & Rundgren(2014)는 학생들의 SSI(GMO 이슈)에 대한 논증 과정을 평가하기 위한 틀과 평가 방법을 제시하고 있다.

6. 학습 환경에 관한 지식(Knowledge of Learning Context, KLC)

학습 환경에 관한 지식(KLC)은 SSI 교수를 위한 학습 환경에 관한 지식이다. 학습 환경에 관한 지식을 주요 PCK 요소로 포함시킨 선행 연구는 일부에 불과하다(Hashweh, 2005; Loughran *et al.*, 2006). 하지만, SSI 교수에서 환경에 대한 지식은 매우 중요한 역할을 한다. 선행 연구에 따르면, 많은 교사들이 SSI를 수업에 도입하고자 할 때 학생과 동료 과학교사 및 학교 관리자, 학부모의 인식을 고려한다(Presley *et al.*, 2013). 그리고 교사가 속해 있는 교실 및 학교 문화(예: 입시 위주의 과학 학습의 진행), SSI 교수에 대한 학교 지원 시스템(예: 도서관, 웹 리소스, 컴퓨터 및 기자재 활용 등) 등에 대해 탐색하며, 이러한 환경에 대한 인식이 SSI 교수에 영향을 미치기도 한다. 나아가 학교가 속해 있는 지역사회, 즉 학부모나 지역사회 주민들의 SSI에 대한 민감성 및 인식, 지역사회 리소스(예: 지역 도서관, 관련 기관 등)의 활용 및 지원 시스템 등도 교사가 SSI 수업을 도입할 때 인지해야 할 필요가 있다. 이에, 학습 환경에 관한 지식에 다음과 같이 세 가지 하위 요소를 제시하였다(Table 4 참조).

첫째, SSI 수업이 진행되는 교실 환경에 관한 지식이다. 언제, 어디서, 어떠한 맥락에서 SSI 도입해서 가르치느냐에 따라 수업의 방식과 목표가 다르게 설정될 수 있으며, 수업 내에서의 규칙도 달라질 수

Table 4. Sub-components of KSL, KAS, and KLC

요소	하위요소	설명
4. 학생의 SSI 학습에 관한 지식 (KSL)	4.1. 학생의 SSI 학습 경험 Learner experiences in SSI learning	학생들이 SSI 수업을 통해서 학습해야 하는 혹은 학습할 수 있는 경험(예: 고등사고능력에 대한 훈련, 관련된 자료의 수집 및 평가, 서로 다른 입장에 대한 조율 등)에 대한 지식
	4.2. SSI 학습 시 겪는 어려움 Difficulties in SSI learning	학생들이 SSI 수업에서 겪는 심리적, 도덕적, 인지적 어려움(예: 관련 과학지식의 부족이나 잘못된 개념, 도덕·윤리적 가치관의 충돌, 다른 의견에 대한 수용이나 조정 기술의 부족 등)에 대한 지식
	4.3. SSI 추론의 특성 SSI reasoning patterns	학생들의 SSI에 대한 비형식 추론과정에서 드러나는 특성(예: 특정 가치에 편중된 의사결정, 상반된 자료(discrepant data)에 대한 처리 등)과 SSI 비형식 추론에 영향을 미치는 요인(예: 과학 지식, 도덕성, 개인의 경험, 선호도, SSI 맥락, 문화 등)에 대한 지식
5. SSI 학습 평가에 관한 지식 (KAS)	5.1. 평가 영역 Dimensions of SSI Learning to assess	SSI 교수의 목적이 지식이나 사고 역량뿐만 아니라 가치, 태도, 인성, 실천 등의 요소들을 포함하고 있음을 인지하고 평가에 반영할 수 있는 지식
	5.2. 평가 방법 Methods of assessing SSI learning	SSI 학습 평가의 다양한 영역을 어떠한 방법으로 평가할 수 있는가에 대한 지식
6. 학습 환경에 관한 지식 (KLC)	6.1. 교실 환경 Classrooms	SSI 교수에 대한 학생들의 인식, 과학 수업 분위기, 그리고 SSI 교수를 위한 교실 설비나 리소스(예: 컴퓨터, 인터넷, 관련 서적 등)에 대한 지식
	6.2. 학교 환경 Schools	SSI 교수에 대한 동료 과학교사 및 학교 관리자의 인식, 학교 문화, 그리고 SSI 교수에 대한 학교 지원 시스템 등에 대한 지식
	6.3. 지역사회 환경 Community and society	SSI 교수에 대한 학부모 및 지역사회의 인식, 지역사회 문화 및 SSI 교수를 위한 지역사회의 지원 시스템 등에 대한 지식

있다(Ideland *et al.*, 2011; Lee & Chung, 2013). 예를 들어, SSI를 정규 과학수업에 다루는지, 방과후나 동아리 활동에서 다루는지에 따라 수업 방식은 달라질 수 있다. 또한 정규 과학수업은 객관적 과학적 사실이나 이론을 다루어야 한다는 암묵적 규칙이 더욱 엄격하게 적용되어 불확실성에 대한 수용성이 달라질 수도 있다(Oulton *et al.*, 2004). 이에 Lee & Chung(2013)은 문화역사적 활동이론을 적용하여 SSI 수업이 진행되는 교실에서의 교수활동을 분석하기도 하였다.

둘째, 학교 환경에 대한 지식으로 SSI 교수에 대한 동료 과학교사 및 학교 관리자의 인식, 학교 문화, 그리고 SSI 교수를 위한 학교 지원 시스템 등에 대한 지식을 의미한다. 많은 과학교사들이 SSI 주제를 다룰 때, 동일 학년을 담당하는 교사와 학교장 등이 본인이 시도하는 SSI 수업에 대해 어떻게 인지하고 있는지에 대해 의식을 하는 경우가 많다. 입시 위주에 초점을 두고 있는 학교 분위기에 SSI 수업이 다소 덜 부합할 수 있다는 우려에서이다(Lee *et al.*, 2006). 뿐만 아니라 학교 내의 컴퓨터실의 활용, 도서관 활용 등이 원활한 경우, 타 교과교사들과의 협업이 용이한 분위기, 교사학습공동체의 운영으로 교사의 전문성 개발에 초점을 두고 있는 분위기 등이 교사의 SSI에 대해 촉진시킬 수 있다. 교사는 이러한 환경적 여건에 대해 충분히 이해하고, SSI 수업 설계를 하는 것이 필요하다.

셋째, 지역사회 환경에 대한 지식으로 SSI 교수에 대한 학부모 및 지역사회의 인식, 지역사회 문화 및 SSI 교수를 위한 지역사회의 지원 시스템 등에 대한 지식을 의미한다. SSI 수업은 지역사회와 연계되어 진행될 때 실천의 의미가 강조된 SSI 수업이 가능하다. 실제로 Roth와 그의 동료들의 연구들(Roth, 2003; Roth & Lee, 2004)을 보면 지역의 하천이나 자연 환경을 이용하기도 한다. 또한 지역사회에서 이슈화되고 있는 문제들을 도입할 경우, 학생들은 보다 친숙하게 문제에 몰입할 수 있다. 지역에 있는 도서관이나 시설, 인적 자원을 적극적으로 활용하는 것도 보다 효과적인 SSI 수업 방법이 될 수 있다.

IV. 과학교사 교육에의 시사점

본 연구는 과학교사들이 SSI를 도입하는 것에 대해 부담을 느끼고 어려워한다는 선행 연구 결과에서 시작하였다. 2015 개정 과학과 교육과정에서도 SSI 수업의 중요성에 대해 강조하고 있으며, 우리가 살고 있는 과학기술 사회의 급속한 변화도 SSI 교육의 필요성을 더욱 시사하고 있다. 따라서, 과학교사들의 SSI 교수에 대한 전문성과 자신감을 높일 수 있는 지원 방안이 마련되어야 하며, SSI-PCK에 대한 논의는 그 방안 마련의 시발점이 될 수 있을 것으로 생각된다. 이에, 본 연구에서는 관련 문헌 분석을 통해 기존의 PCK들을 유지하면서 SSI 교수를 위해 갖추어야 할 여섯 개의 요소와 각각의 하위 요소들을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 SSI-PCK의 특징 중 하나는 SSI 교수지향이다. Magnusson *et al.*(1999)이 나열한 과학수업에서의 9개 교수지향과는 상당히 차이가 있다. 교사들은 다양한 목적과 목표를 달성하기 위해 SSI를 도입하고 있다. 특히, SSI를 다루는 교사들이 적음을 고려해볼 때, SSI를 도입하는 교사들은 나름대로의 교수지향을 지니고 있다. 따라서, SSI 교수지향은 다른 SSI-PCK 요소들에 큰 영향을 미칠 수 있다(Lee & Witz, 2009; Reis & Galvao, 2004). SSI 교수 방법에 관한 지식 또한 선행 연구들에서 SSI 수업에서 교사들이 겪는 어려움

이나 SSI 수업 효과성 연구들을 살펴보면 매우 중요한 SSI-PCK 요소 중 하나임을 알 수 있다. 학생의 학습에 관한 지식도 교사로 하여금 학생들의 SSI 수업에서의 경험과 어려움 등에 대한 이해를 높임으로써 보다 효과적인 SSI 수업이 진행되도록 하는데 유용할 것으로 여겨진다. 교육과정과의 연계성에 대한 지식은 교사가 SSI를 기존의 과학수업에 도입하는 부담감을 덜어주는 역할을 할 수 있다. 교사의 SSI 학습 평가에 관한 지식과 학습 환경에 관한 지식에 대한 연구는 앞으로 계속 연구되어야 할 분야이지만, 입시 위주의 학교 교실 상황에서 교사가 SSI 학습의 의미를 찾고 다양한 SSI 교수의 목적을 달성하는데 기반이 될 것으로 생각된다.

본 연구에서 제시한 SSI-PCK의 요소들은 문헌 분석과 연구자의 제한된 자료에 기반을 두고 있기 때문에 앞으로 지속적으로 보완해 나갈 필요가 있다. 지난 수십 년간 PCK 분야에서는 교사들의 PCK 수준이나 PCK 요인간의 관계를 탐색하거나(예: Cohen & Yarden, 2009; Veal & Kubasko, 2003), 교사 교육이나 현장 경험을 통해 PCK가 발달되어 나가는 과정을 탐색한 연구들(예: Ko *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2014)이 다수 보고되었다. 같은 맥락에서, 본 연구 결과를 기반으로 교사들이 SSI 교수에 대해 어느 정도의 전문성을 지니고 있는지, 어떠한 어려움을 겪고 있는지 등에 대한 정확한 진단이 필요하며, 이를 바탕으로 교사의 SSI 교수에 대한 전문성과 자신감을 높일 수 있는 방안이 모색될 필요가 있다. 또한 Friedrichsen, Van Driel & Abell(2011), Abell(2008), Park & Chen(2012) 등이 지적한 바와 같이 SSI-PCK의 각 요소들에만 초점을 두는 것이 아니라 각 요소들이 어떻게 상호작용하는지를 이해하는 것은 매우 중요하다. 예를 들어, Cohen과 Yarden(2009)은 교사들이 교육과정에 대한 지식이 부족할 경우 교수전략을 제한적으로 사용하는 결과를 가져옴을 밝혔으며, Veal과 Kubasko(2003)는 다른 교수 지향을 가진 교사들이 동일한 주제에 대해 어떻게 다르게 접근하는지에 대해 보여주었다. 또한 교사의 학생에 대한 이해와 교수전략의 지식간의 관계를 살펴본 연구도 있다(Brown, Friedrichsen, & Abell, 2009; De Jong, Van Driel, & Verloop, 2005). 이와 같이 SSI-PCK 요소간의 역동적 관계에 대한 탐색은 교사의 전문성을 높이는 구체적 전략을 마련하는 기초적 자료를 제공할 수 있을 것이다. 또한 SSI 교수 성공 경험이 많은 교사의 SSI-PCK 연구도 추후 수행될 필요가 있다. SSI 교수 경험이 많은 교사와 처음 도입을 시도하는 교사의 SSI-PCK를 비교·분석함으로써, 교사들의 SSI-PCK를 함양시킬 수 있는 지원 방안을 모색할 수 있을 것으로 예상된다. 예를 들어, SSI 교수 경험이 많은 교사들은 경험이 적은 교사들에 비해 SSI 수업 시 학생들의 반응이나 그들이 경험할 수 있는 어려움에 대한 지식을 상당 수준으로 갖추고 있으며 그것이 다양한 교수전략을 사용하는데 영향을 줄 수 있기 때문이다(Lee & Chang, 2010), 이 요소간의 연결고리가 다소 강하게 나타날 수 있다.

본 연구를 통해 SSI-PCK 요소가 제시되었다 하더라도 교사들의 SSI 교수를 촉진하고 그들의 전문성 함양을 위해서는 다방면의 지원이 필요하다. 선행 연구에서 밝혀진 바와 같이, 교사들은 SSI와 관련된 연수를 받은 후에도 과학기술의 사회·윤리적 측면을 다루는 것에 대해 여전히 어려움을 느낄 수 있기 때문이다(Gray & Bryce, 2006). 그러나, 본 연구에서 제시한 SSI-PCK 요소는 교사교육 담당자가 교사의 SSI 교수 전문성을 높이기 위한 연수나 컨설팅을 계획할 때 보다

체계적으로 내용을 조직하는 토대로서의 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 즉, 교사들이 과학 법칙과 원리, 이론 중심의 전통적 과학수업에서 과학기술과 사회를 연계 짓는 확장된 과학수업으로 재구조화하고, 강의 중심의 과학수업에서 보다 학생 중심의 다양한 교수학습 방법을 적용해볼 수 있는 방안을 모색하는 이론적 틀을 제공할 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구는 교사들의 SSI 교수를 돕기 위해 SSI 교수를 위한 PCK 요소를 도출하여 이론적으로 개념화하는데 목적이 있다. 이를 위해, 기존 PCK의 틀 내에서 SSI 교수와 관련된 문헌분석을 통해 SSI-PCK의 요소를 도출하였고, 관련 선행 연구 자료의 재분석을 통해 그 타당성을 검증하였다. 연구 결과, SSI-PCK에는 6개 주요 요소, 즉 SSI 교수지향, SSI 교수 방법에 관한 지식, 교육과정에 관한 지식, 학생의 SSI 학습에 관한 지식, SSI 학습 평가에 관한 지식, 학습 환경에 관한 지식이 도출되었다. 첫째, SSI 교수지향은 교사가 학생들에게 SSI를 가르치는 목적 및 목표를 의미하는 것으로, 학생 중심 활동, 지식과 고등사고능력, 실생활과의 연결, 과학 및 기술의 본성, 시민역량 및 인성, 사회적 실천의 6가지 하위 요소들이 있다. 둘째, SSI 교수 방법에 관한 지식은 SSI 수업을 운영하는데 필요한 교수·학습 방법론적 지식을 의미하며, SSI 수업 설계, 진보적 교수전략, 협력적 수업 환경 조성의 3가지 하위 요소들이 있다. 셋째, 교육과정에 관한 지식은 SSI와 국가 수준의 교육과정과의 연관성에 관한 지식을 의미하며, 과학 교육과정과의 수평적/수직적 연계성, 타교과와의 연계성의 2가지 하위 요소들을 포함한다. 넷째, 학생의 SSI 학습에 관한 지식은 SSI 수업에 참여하는 학생들의 특성 및 학습 과정에 대한 지식으로, SSI 학습 경험, SSI 학습 시 겪는 어려움, SSI 추론의 특성에 관한 지식의 3가지 하위 요소로 구성되어 있다. 다섯 번째, SSI 학습 평가에 대한 지식은 SSI 수업에서는 어떠한 영역에 평가의 초점을 두어야 하며 어떠한 평가 방법을 적용할 수 있는지에 대해 지식으로, 평가 영역과 평가 방법에 대한 지식으로 구성되어 있다. 마지막으로, 학습 환경에 관한 지식은 SSI 교수를 위한 학습 환경에 관한 지식으로, 교실 환경, 학교 환경과 지역사회 환경의 3가지 하위 요소들이 있다. 본 연구는 SSI를 도입하는 교사들의 전문성과 자신감을 함양하는 방안을 마련하는 기초가 될 것으로 기대된다.

주제어 : 과학기술 관련 사회쟁점, 교과교육학 지식, 과학교사, SSI 교수, SSI 교육

References

Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.

Agell, L., Soria, V., & Carrió, M. (2014). Using role play to debate animal testing. *Journal of Biological Education*, 49(3), 309-321.

Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York: Teachers College Press.

Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussion on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38, 67-90.

Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154-168.

Avargil, S., Herscovitz, O., & Dori, Y. J. (2012). Teaching thinking skills in context-based learning: Teachers' challenges and assessment knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 21(2), 207-225.

Barrett, S. E., & Nieswandt, M. (2010). Teaching about ethics through socioscientific issues in physics and chemistry: Teacher candidates' beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 380-401.

Brown, P., Friedrichsen, P., Abell, S. (2009, April). Teachers' knowledge of learners and instructional sequencing in an alternative certification program. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.

Bryce, T., & Gray, D. (2004). Tough acts to follow: The challenges to science teachers presented by biotechnology progress. *International Journal of Science Education*, 26(6), 717-733.

Chang, H., & Lee, H. (2010). College students' decision-making tendencies in the context of socioscientific issues (SSI). *Journal of Korean Association in Science Education*, 30(7), 887-900.

Cho, H., & Choi, K. (1998). The necessities and current states of educating ethical characteristics of science. *Journal of Korean Association for Science Education*, 18(4), 559-570.

Christenson, N., & Rundgren, S. C. (2015). A framework for teachers' assessment of socio-scientific argumentation: An example using the GMO issue. *Journal of Biological Education*, 49(2), 204-212.

Chung, Y., Yoo, J., Kim, S., Lee, H., & Zeidler, D.L. (2016). Enhancing students' communication skills in the science classroom through socioscientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 1-27.

Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowledge: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44, 263-272.

Cohen, R., & Yarden, A. (2009). Experienced junior-high-school teachers' PCK in light of a curriculum change: 'The cell is to be studied longitudinally'. *Research in Science Education*, 39, 131-155.

Cotton, D.R.E. (2006). Implementing curriculum guidance on environmental education: The importance of teachers' beliefs. *Journal of Curriculum Studies*, 38(1), 67-83.

Cross, R.T., & Price, R.F. (1996). Science teachers' social conscience and the role of controversial issues in the teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 319-333.

De Jong, O., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.

Dori, Y. J., Tal, R. T. & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies: Can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education*, 87(6), 767-793.

Dreyfus, A., & Roth, Z. (1991). Twelfth-grade biology pupils' opinions on interventions of man in nature: Agreement, indifference and ambivalence. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 81-95.

Ekborg, M., Ottander, C., Silfver, E., & Simon, S. (2013). Teachers' experience of working with socio-scientific issues: A large scale and in depth study. *Research in Science Education*, 43, 599-617.

Finucane, M. L., Alhakami, A., Slovic, P., & Johnson, S. M. (2000). The affect heuristic in judgments of risks and benefits. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13(1), 1-17.

Forbes, C. T., & Davis, E. A. (2008). Exploring preservice elementary teachers' critique and adaptation of science curriculum materials in respect to socioscientific issues. *Science & Education*, 17, 829-854.

Friedrichsen, P., & Dana, T. M. (2005). Substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers' science teaching orientations. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 218-244.

Friedrichsen, P., Van Driel, J. H., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95, 358-376.

Gray, S. D., & Bryce, T. (2006). Socio-scientific issues in science education: implications for the professional development of teachers. *Cambridge Journal of Education*, 36(2), 171-192.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.

Hansen, K.H., & Olson, J. (1996). How teachers construe curriculum integration: The Science, Technology, Society (STS) movement as Bildung. *Journal of Curriculum Studies*, 28(6), 669-682.

Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching*, 11(3), 273-292.

Hestness, E., McGinnis, J. R., Riedinger, K., & Marbach-Ad, G. (2011).

- A study of teacher candidates' experiences investigating global climate change within an elementary science methods course. *Journal of Science Teacher Education*, 22(4), 351-369.
- Hughes, G. (2000). Marginalization of socioscientific material in science-technology-society science curricula: Some implications for gender inclusivity and curriculum reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 426-440.
- Ideland, M., Malmberg, C., & Winberg, M. (2011). Culturally equipped for socio-scientific issues? A comparative study on how teachers and students in mono- and multiethnic schools handle work with complex issues. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1835-1859.
- Jang, H., & Choi, B. (2010). A Case Study on the Development of Science Teachers' PCK through development of content representation(CoRe): Focusing on 「molecular motion」 for 7th grade class. *Journal of Korean Association for Science Education*, 30(6), 870-885.
- Kara, Y. (2012). Pre-service biology teachers' perceptions on the instruction of socio-scientific issues in the curriculum. *European Journal of Teacher Education*, 35(1), 111-129.
- Kilinc, A., Kartal, T., Eroglu, B., Demiral, Ü., Afacan, Ö., Polat, Guler, M. P. D., & Görgülü, Ö. (2013). Preservice science teachers' efficacy regarding a socioscientific issue: A belief system approach. *Research in Science Education*, 43(6), 2455-2475.
- Ko, M., Nam, J., & Lim, J. (2009). Two case studies of the development of beginning science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Korean Association for Science Education*, 29(1), 54-67.
- Kwak, S., & Choi, B. (2012). The level of secondary school science teachers' PCK on density and the characteristics of eight aspects of CoRe by the level of PCK. *Journal of the Korean Chemical Society*, 56(1), 128-136.
- Lee, H. (2008). Articulating science teachers' values and convictions for teaching socioscientific issues: Based on essentialist methodology. *Journal of Korean Association for Science Education*, 28(3), 253-268.
- Lee, H., & Chang, H. (2010). Exploration of experienced science teachers' personal practical knowledge of teaching socioscientific issues(SSI). *Journal of Korean Association for Science Education*, 30(3), 353-365.
- Lee, H., & Chung, K. (2013). Understanding science teacher's teaching of socioscientific issues: Using cultural-historical activity theory as an analytical lens. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 13(5), 413-433.
- Lee, H., & Lee, H. (2016). Contextualized nature of technology in socioscientific issues. *Journal of Korean Association for Science Education*, 36(2), 303-315.
- Lee, H., & Witz, K. G. (2009). Science teachers' inspiration for teaching socioscientific issues (SSI): Disconnection with reform efforts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 931-960.
- Lee, H., Abd-El-Khalick, F., & Choi, K. (2006). Korean science teachers' perceptions of the introduction of socioscientific issues into the science curriculum. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 6(2), 97-117.
- Lee, H., Chang, H., Choi, K., Kim, S., & Zeidler, D. L. (2012). Developing character and values for global citizens: Analysis of preservice science teachers' moral reasoning on socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(6), 925-953.
- Lee, H., Choi, Y., & Ko, Y. (2014). Designing collective intelligence-based instructional models for teaching socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(6), 523-534.
- Lee, H., Choi, Y., & Ko, Y. (2015). Effects of collective intelligence-based SSI instruction on promoting middle school students' key competencies as citizens. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 431-442.
- Lee, H., Yoo, J., Choi, K., Kim, S., Krajcik, J., Herman, B. C., & Zeidler, D. L. (2013). Socioscientific issues as a vehicle for promoting character and values for global citizens. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2079-2113.
- Lee, K., Maeng, S., Park, Y., Lee, J., & Oh, H. (2014). A case study of middle school science teachers' topic-specific pedagogical content knowledge on the unit of stars and universe. *Journal of Korean Association for Science Education*, 34(4), 393-406.
- Levinson, R., & Turner, S. (2001). Valuable lessons: Engaging with the social context of science in schools. Retrieved January 1, 2015, from <http://www.wellcome.ac.uk/About-us/Publications/Reports/Education/WTD003435.htm>.
- Loewenstein, G. F., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127(2), 267.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Magnusson, S., Krajcik, L., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. In: J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mansour, N. (2010). Impact of the knowledge and beliefs of Egyptian science teachers in integrating a STS based curriculum: A sociocultural perspective. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 513-534.
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. King's College London: Fulmar Colour Printing Company Limited.
- Ministry of Education. (2015). 2015 revised national science curriculum in Korea. Ministry of Education.
- National Research Council [NRC]. (2010). *Conceptual framework for new science education standards*. Retrieved from http://www7.nationalacademies.org/bose/Standards_Framework_Homepage.html.
- Noh, T., Kim, Y., Yang, C., & Kang, H. (2011). Case study on beginning teachers' teaching professionalism based on pedagogical content knowledge in science-gifted education. *Journal of Korean Association for Science Education*, 31(8), 1214-1228.
- Nuangchalerm, P. (2009). Development of socioscientific issues-based teaching for preservice science teachers. *Journal of Social Sciences*, 5(3), 239-243.
- Organization for Economic and Co-operation and Development [OECD]. (2004). *Scientific literacy*. In J. Gilbert (Ed.), *The RoutledgeFalmer reader in science education* (pp. 39-52). London and New York: RoutledgeFalmer, Taylor and Francis Group.
- Oulton, C., Dillon, J., & Grace, M.M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education*, 26(4), 411-423.
- Park, S., & Chen, Y. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., & Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientific issues based education. *Science Educator*, 22(1), 26-32.
- Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19(2), 167-182.
- Reis, P., & Galvao, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers' conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34, 153-171.
- Roth, W. M. & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88(2), 263-294.
- Roth, W. M. (2003). Scientific literacy as an emergent feature of collective human praxis. *Journal of Curriculum Studies*, 35(1), 9-23.
- Sadler, T. D. (2011). Situating socioscientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. In T. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (pp. 1-9). New York: Springer.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88, 4-27.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89, 71-93.
- Sadler, T.D., Amirshokohi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K.M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353-376.
- Savadori, L., Savio, S., Nicotra, E., Rumiati, R., Finucane, M., & Slovic, P. (2004). Expert and public perception of risk from biotechnology. *Risk Analysis*, 24(5), 1289-1299.
- Setbon, M., Raude, J., Fischler, C., & Flahault, A. (2005). Risk perception of the "mad cow disease" in France: determinants and consequences. *Risk Analysis*, 25(4), 813-826.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903- 927.
- Tal, R. T., & Hochberg, N. (2003). Reasoning, problem-solving and reflections: Participating in WISE project in Israel. *Science Education International*, 14, 3-19.
- Tal, R. T., & Kedmi, Y. (2006). Teaching socioscientific issues: Classroom culture and students' performances. *Cultural Studies of Science Education*, 1(4), 615-644.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4, 99-110.
- Veal, W. R., & Kubasko, D. S. (2003). Biology and geology teachers' domain-specific pedagogical content knowledge of evolution. *Journal of Curriculum and Supervision*, 18(4), 334-352.
- Witz, K.G., & Lee, H. (2009). Science as an ideal: Teachers' orientations to science and science education reform. *Journal of Curriculum Studies*, 41(3), 409-431.
- Yoo, J., Choi, S., & Lee, H. (2011). Perceptions of science, social studies, and ethics teachers on teaching socio-scientific issues. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 15(2), 415-432.
- Zeidler, D. L., Applebaum, S. M., & Sadler, T. D. (2011). Enacting a socioscientific issues classroom: Transformative transformations. In T. D. Sadler (Ed.), *Socioscientific issues in the classroom* (pp. 277-305). Springer, Netherlands.
- Zeidler, D.L., & Nichols, B.H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58.
- Zeidler, D.L., Sadler, T.D., Simmons, M.L., & Howes, E.V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socio-scientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.