



집단지성 원리를 적용한 과학관련 사회·윤리적 쟁점 수업 모형의 개발

이현주^{1*}, 최윤희², 고연주¹
¹이화여자대학교, ²송문중학교

Designing Collective Intelligence-based Instructional Models for Teaching Socioscientific Issues

Hyunju Lee^{1*}, Yunhee Choi², Yeonjoo Ko¹
¹Ewha Womans University, ²Soongmoon Middle School

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 May 2014
 Received in revised form
 17 June 2014
 23 July 2014
 Accepted 28 July 2014

Keywords:

socioscientific issues,
 SSI teaching,
 collective intelligence,
 instructional model

ABSTRACT

This study aimed to develop collective intelligence (CI) based instructional models for teaching socioscientific issues on the basis of intimate collaboration with science teachers, and to investigate the participating teachers' perceptions on the effectiveness of the instructional models. Adapting the ADDIE model, we suggested three types of SSI instructional models (i.e. generative model, exploratory model, and decision-making model). Generative models emphasized the process of brainstorming ideas or possible solutions for SSI. Exploratory models focused on providing students opportunities to explore various SSI cases and diverse perspectives to understand its controversial nature and complexity. Decision-making models encouraged students to negotiate or develop a group-consensus on SSI through the dialogical process. After implementing the instructional models in the science classroom, the teachers reported that CI-based SSI instructional models contributed to encouraging students' active participation and collaboration as well as to improving the quality of their argument or discourses on SSI. They also supported the importance of developing collective consciousness on the issues in the beginning of the SSI class, providing independent time and space for reflecting on their personal values and opinions with scientific evidence, and formulating an atmosphere where they freely exchanged opinions and feedback for constructing better collective ideas.

1. 서론

최근 주목받고 있는 배아 복제 및 유전자조작식품 등의 생명 공학기술, 원자력 발전과 핵폐기물, 나노기술을 비롯한 신물질의 개발 등은 인간 삶에 긍정적 변화를 가져옴과 동시에 여러 가지 사회·윤리적 문제들도 함께 야기해왔다. 과학교육 분야에서는 이와 같은 과학기술의 발달로 인해 야기되는 문제들을 ‘과학관련 사회·윤리적 쟁점(socioscientific issues, 이하 SSI)’으로 칭하고, SSI 교육의 필요성을 지속적으로 주장하고 있다(MEST, 2011; Millar, 2006; Sadler & Zeidler, 2005; Zeidler *et al.*, 2005). SSI 교육은 미래 사회의 주체인 학생들이 과학·기술을 올바르게 안전하게 사용하고, 관련 쟁점들에 대해 현명하게 대처할 수 있는 능력과 인성을 지닌 시민으로 성장할 수 있도록 하는데 초점을 두고 있어, ‘과학적 소양의 함양’이라는 과학 교육 목표에도 부합한다(Zeidler *et al.*, 2005). SSI 도입의 교육적 효과는 다양한 측면에서 밝혀져 왔다. 우선, 학생들이 SSI 문제 해결과정에 참여함으로써 과학지식이나 과학의 본성에 대한 이해가 높아지고(e.g. Dori, Tal, & Tsashu, 2003; Sadler & Zeidler, 2005; Tal & Hochberg, 2003; Tal & Kedmi, 2006; Zohar & Nemet, 2002), 논증이나 근거에 기반을 두어 의사결정 하는 능력도 함양되며(e.g. Albe, 2008; Dawson & Venville, 2010; Hogan, 2002), 시민으로서 갖추어야 할 인성적 측면에서도 긍정적 효과가 있다는 연구 결과가 보고되고 있다(Lee *et al.*,

2012; Lee *et al.*, 2013).

SSI 교육과 관련하여 지금까지 수행되어 온 주요 연구 분야 중 하나는 SSI 추론 과정의 특성에 관한 탐색이다. SSI는 그 본성상 다양한 관점과 가치 및 해결방안을 포함하는 비구조화된(ill-structured) 성격을 띠고 있다(Zeidler & Nichols, 2009). 몇몇 학자들(Mean & Voss, 1996; Perkins, Farady, & Bushey, 1991; Tweney, 1991)은 SSI와 같은 비구조화된 문제에 대한 추론을 ‘비형식적 추론’이라고 일컫기도 한다. 선행연구에 기반하여 SSI에 대한 비형식적 추론 과정을 탐색해보면, 다음과 같은 이슈들이 제기된다. 첫째, SSI 의사 결정과정에서 학생들의 과학적 지식이나 정보가 충분히 근거로서 활용되지 않고, 개인적 감정이나 경험, 종교 등이 더 큰 영향을 미친다는 점이다(Chang & Lee, 2010; Sadler & Zeidler, 2004). 물론 SSI의 본성상 과학지식의 외의 요소들이 추론과정에 영향을 주는 것을 피할 수는 없으나, 과학교과내용 지식이 SSI 추론과정에 충분히 전이되고 활용되어야 과학교사들이 SSI를 수업에서 적극적으로 도입하는 데 부담이 적을 수 있다. 둘째, 학생들이 특정 가치(예: 경제성, 실용성 등)에 지나치게 편중된 의사결정을 하는 경향을 보인다는 점이다(Lee & Chang, 2010). 다양한 가치와 입장에 대한 수용 능력은 매우 중요한 글로벌 시민의 역량이 다(Lee *et al.*, 2013; P21, 2009). 이에, 학생들은 SSI 둘러싼 다양한 가치들에 개방적인 태도를 갖추어야 하며, 나와 다른 사람들의 의견에 대해 그것이 소수일지라도 귀를 기울일 수 있어야 한다. 셋째, SSI

* 교신저자 : 이현주 (hle25@ewha.ac.kr)

** 본 논문은 2013년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A5A2A01019415).
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.6.0523>

의사결정과정에서 충분한 의견 공유나 조율의 기회가 주어지지 않는다는 점이다(Lee *et al.*, 2012). SSI 토론·토의활동에서는 개인이 충분히 자신의 입장에 대해 성찰하고 자료를 수집하여, 그 근거를 기반으로 의견을 형성 및 조율해 나가는 과정이 중시되어야 한다. 넷째, 학생들이 SSI를 둘러싼 대립되는 가치관 사이에서 혼란을 겪어 의사결정에 어려움을 갖는 현상들이 나타난다(Chang & Lee, 2010; Dreyfus & Roth, 1991; Ratcliffe, 1997). SSI는 다양한 가치를 내재하고 있기 때문에 학생들이 개별적으로 충분한 시간을 갖고 자신의 입장을 결정해보는 경험을 할 필요가 있다. 자신의 생각을 명료화 할 때 의사결정을 행동에 옮길 수 있는 실천력이 생길 수 있기 때문이다. 다섯째, Roth와 동료들(Roth & Desautels, 2004; Roth & Lee, 2004)이 환경 문제에 대한 집단적 의사결정과정을 중시한 연구 이외에, 대부분의 연구들이 SSI에 대한 개인의 의사결정 과정만을 탐색하는데 초점을 두고 있다. SSI 의사결정에서는 개인의 입장에 대한 표명도 중요하지만, 왜 우리가 이와 같은 문제에 대해 함께 고민하고 의사를 결정해야 하는가에 대해 논의해보고, 집단적인 의사결정 과정에 참여하는 것도 매우 필요하다.

다시 말해, 이와 같은 이슈들을 고려하면서 SSI 교육이 추구하는 바를 효과적으로 달성하기 위해서는 보다 구체적인 전략이 마련될 필요가 있다. 본 연구자는 이에 대한 방안으로 ‘집단지성’(collective intelligence)의 개념을 도입하고자 한다. 집단지성은 Surowiecki(2004) 및 Leadbeater(2008) 등의 학자들에 의해 ‘대중의 지혜’, ‘군중의 지성’ 등 유사한 개념으로 탐색되어 왔다. 집단지성은 문제가 주어졌을 때 집단 전체가 집단에 속한 가장 우수한 사람보다 더 현명한 판단을 내릴 수 있다는 가정 하에 함께 문제를 해결해 나가는 과정을 중요시한다. 이는 Roth와 그의 동료들(Roth, 2003; Roth & Lee, 2004)이 제안한 집합적(collective)의미의 과학적 소양과 일맥상통한다고 할 수 있다. 이들은 실 한 가닥 한 가닥은 약하지만 그것들이 모여 로프가 되면 매우 강해지는 것과 같은 원리에 과학적 소양을 비유하여 설명하였다. 즉, 학생들이 사회에서 직면할 여러 가지 문제들에 대해 합리적인 의사결정을 내릴 수 있는 시민으로 성장하기 위해서는 개인의 역량 함양도 중요하지만, 그가 속한 공동체의 일원으로서 다양한 역량을 가진 사람들과 협업하면서 합리적으로 집단의 의사결정을 이끌어 낼 수 있는 소양을 길러야 한다는 주장이다. 특히 SSI와 같은 맥락은 그 본성상 다양한 가치를 내재하고 논쟁적이기 때문에 이질적인 집단 구성원이 모여 서로의 의견과 역량을 교환하면 더 좋은 결과를 산출할 수 있는 가능성이 높아질 수 있다.

지금까지는 SSI 교수·학습 방법으로 주로 토의·토론 활동, 역할극, 사례 조사법 등이 활용되어 왔다(Cho & Choi, 1998; Choi & Cho, 2002; Simonneaux, 2001). 그러나 학생들이 서로 모여 토의·토론을 한다고 해서 반드시 집단지성의 효과가 드러나는 것은 아니다. 집단지성은 개개인에게 책임감을 부여하고 함께 문제를 해결해 나가지만 각 개인이 문제 해결의 주체로서 참여하는 것을 중시한다. 다시 말해서 토의법, 협동 학습 등과 같이 이미 개발된 교수·학습모형도 집단지성의 요소들을 명시적으로 포함 및 구현하여야 하며, SSI 담화의 집단적 속성을 고려하여 SSI 교육이 추구하는 교육적 목표(즉, 시민으로서의 과학적 소양 및 인성 함양 등)를 충분히 성취할 수 있도록 재구성될 필요가 있다. 또한 SSI 수업에 대해 교사들이 갖고 있는 심리적 부담감(예: 중립적 태도의 유지, 토의수업 운영에 대한 부담감 등)을 고려하

여, 교사들이 효율적으로 적용할 수 있는 수업모형의 개발이 필요하다. 이에, 본 연구에서는 현장 과학교사들과 협력하여 집단지성 촉진 전략을 활용한 SSI 수업모형(CI기반 SSI 수업모형)을 개발하여 제안하고자 한다. 그리고 그 과정에서 교사들이 SSI 수업에서 집단지성의 효과에 대해 어떻게 인식하는지를 살펴보고자 하였다. 본 연구의 연구문제는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 집단지성을 적용하여 합리적 문제해결 및 의사결정을 촉진할 수 있는 SSI 수업모형은 무엇인가?

둘째, 집단지성 촉진 전략을 활용한 SSI 수업모형을 적용하여 SSI 수업을 진행한 교사들은 집단지성의 효과를 어떻게 인식하는가?

II. 연구 방법

1. 집단지성 촉진 전략을 활용한 SSI 수업모형(CI기반 SSI 수업모형) 개발

본 연구자는 CI기반 SSI 수업모형을 체계적으로 개발하기 위해 ADDIE 모형(Seels & Richey, 1994)을 적용하였다. ADDIE 모형은 분석(Analysis), 설계(Design), 개발(Development), 실행(Implementation) 그리고 평가(Evaluation)의 5단계로 구성되어 있다. ‘분석’ 단계에서는 교사들이 SSI 교수와 관련해서 겪는 어려움, 학습자들이 SSI에 대한 의사결정을 할 때 당면하는 이슈들, SSI의 본질적 속성들을 선행 연구들을 통해 분석하였다. 또한 선행 연구나 SSI 관련 자료집(예: Zeidler & Kahn, 2014, 교사모임자료) 등에서 소개된 SSI 수업의 예시를 조사 및 분류하였다. 예를 들어, 기존에 개발된 자료집에서 제시된 활동들을 수집하여 토의·토론(예: 안락사 논쟁 등), 조사활동(예: 집안에서의 환경호르몬 조사하기 등), 의사결정활동(예: 유전자 조작에 대한 합의회의 등), 설계 및 제작 활동(예: 신재생에너지를 이용한 마을 구성하기 등), 글쓰기(예: 속도규제에 대한 글쓰기 등) 등 수업 방법의 측면에서 우선적으로 분류해보았다. ‘설계’ 단계에서는 보다 효과적인 SSI 교수를 위해 집단지성의 원리를 교수 전략으로 구체화한 후 SSI 수업과 연계를 모색하였다. 집단 지성에 대해 연구한 선행연구들(Brown & Isaacs, 2008; Gan & Zhu, 2007; Lee & Lee, 2009; Levy, 1994; Surowiecki, 2004; Tapscott & Williams, 2006; Yang, 2011)로부터 공통적으로 언급하고 있는 요소들을 도출하였으며, 이것을 SSI 교수와 연결 지어 네 가지의 원리로 진술하였다. ‘개발’ 단계에서는 집단지성의 원리와 SSI 교수의 방향성을 고려하여 실제 적용 가능한 수업 모형의 초안을 개발하였다. 우선, ‘분석’ 단계에서 조사한 SSI 수업 모형들을 유형화하였다. 본 연구는 교사들이 SSI 수업을 보다 효과적으로 수행할 수 있는 모형을 제시하는데 초점이 있기 때문에, 교사들이 SSI 교수를 통해 달성하고자 하는 방향성 및 교사의 SSI에 대한 교수 지향이 매우 중요한 변인이라고 판단하였다(Lee & Chang, 2010; Lee & Witz, 2009; Reis & Galvao, 2004). 이에, 그 분류의 기준을 SSI 교수의 목표 및 방향성(예: 주제와 관련된 다양한 사례 및 입장에 대한 탐색, 논쟁에 대한 의사결정 또는 해결책 마련 등)에 두고, 연구자간의 지속적 논의를 통해 최종 세 개의 유형(발산, 탐색, 의사결정)으로 분류하였다. 그리고 ‘분석’ 단계에서 수집한 SSI 수업자료들을 기반으로 각 유형에 해당되는 수업모형의 초안을 개발하였다(총 6개). 그 초안의

적절성을 평가하기 위해 참여 교사들과 여러 번의 회의를 실행하여 수정·보완하는 과정을 거쳤다. ‘실행’ 단계에서는 참여 교사들과 함께 개발된 수업모형의 활용하여 기후변화, 나노기술, 맞춤형기 등을 소재로 수업지도안을 작성하였으며, 실제 과학시간에 중학생들을 대상으로 수업을 진행하였다. 교사들은 수업을 진행하면서 학생들의 반응을 살펴보았을 뿐만 아니라, 수업모형에서 제시된 각 단계의 명확성, 집단 지성 원리의 효과성 등에 대해 노트를 하였다. 마지막으로 ‘평가’ 단계에서는 참여교사들이 수업을 적용하면서 노트한 내용을 공유하면서 개발된 수업모형의 적절성, 현장 적용가능성, 효과성 등에 대해 평가하고, 평가 내용을 바탕으로 CI기반 SSI 수업모형을 수정·보완하였다. 이 중 주요 단계에 대한 구체적 설명은 다음과 같다.

가. SSI 교수·학습모형에 적용한 집단지성 전략의 도출

본 연구에서는 Roth와 그의 동료들(Roth, 2003; Roth & Lee, 2004)이 제안한 과학적 소양의 의미를 강조한다. 즉, 현대 사회에서의 창의적 문제 해결은 개개인의 역량 및 창의성에 의존하기보다는 집단의 역량을 극대화하는 의사소통과 참여의 과정이 전제되어야 한다. SSI는 그 본성상 매우 복잡하고 정답이 없기 때문에 서로 다른 관점과 역량, 경험 등을 갖춘 개인들이 모여 다양한 방식으로 문제에 접근하고 가장 합리적인 방안을 찾아내는 것이 중요하기 때문이다. 집단지성의 개념은 이와 같은 측면에서 SSI 교육에서 도입되어야 할 중요한 개념이라고 판단된다. 최근 집단지성과 관련된 연구들이 많이 제시되고 있다. 집단적 문제해결, 집단 창의성 등도 집단지성과 유사하게 사용되는 개념들이다(Michaelsen, Knight & Fink, 2002; Paulus & Nijstad, 2003). 집단지성을 설명해주는 이론적 근거로 분산인지(distributed cognition)를 들 수 있다(Hutchins, 1995; Salomon, 1996). 분산인지는 Vygotsky의 관점에 기반을 두고 있으며, 개인의 인지활동보다는 맥락 내에서 진행되는 집단적 활동에 관심이 있다. 우리가 현대 사회에서 직면하는 문제들은 주로 개인이 갖고 있는 지식만으로 해결할 수 없는 경우가 많기 때문에 각자가 가지고 있는 다양한 지식이나 기술이 자원이 되며, 이 자원들이 합해지면 더 나은 인지 과정의 산출물을 낼 수 있다는 것이다. 최근 테크놀로지의 활용이 대중화되면서 이와 같은 조직적 차원에서의 학습이나 문제 해결이 훨씬 활성화되고 있다(Lee & Lee, 2009; Yang, 2011). Wikipedia가 대표적 예라고 할 수 있다.

집단지성이 활성화될 수 있는 원리에 대해서는 여러 학자들이 언급하고 있다(Brown & Isaacs, 2008; Gan & Zhu, 2007; Lee & Lee, 2009; Levy, 1994; Surowiecki, 2004; Tapscott & Williams, 2006; Yang, 2011). 예를 들어, Lee와 Lee(2009)는 집단지성의 원리 및 특성을 공유된 멘탈 모델, 협력지성, 다양성, 사회적 네트워킹, 집단 기억체제, 통합수행의 여섯 가지로 나열하였다. Brown과 Isaacs(2008)은 집단지성을 위한 맥락 설정을 위한 목적과 관점의 공유, 편안하게 서로의 의견을 교환할 수 있는 공간의 구성, 서로 공헌하고 독려할 수 있는 분위기의 형성, 공유된 지식이나 아이디어를 보여줄 수 있는 시각적이고 활동적인 시스템 등을 강조하였다. Surowiecki(2004)는 집단지성이 효과적으로 구현되기 위해서는 네 가지 요소들, 즉 독립성, 다양성, 분권화와 집중, 모니터링과 피드백을 고려해야 함을 강조하였다. 독립성이란 각 개인이 지식을 생산함에 있어 최대한 외부적 간섭을 배제해야 함을 의미하며, 다양성이란 지식을 구성하는 사회계층이 다양할 수

록 효과적임을 뜻한다. 분권화와 집중은 각 개인(또는 특정 사회계층)이 서로 분권화되어 서로 영향을 주지 않고 지식을 생산한 후에 집중시키는 과정이 필요함을 의미하며, 그 과정에서 모니터링과 피드백은 집단 문제 해결과정이 순기능적으로 진행될 수 있도록 돕는 역할을 할 수 있다는 것이다.

이와 같은 선행연구를 종합해보면 집단지성은 획일적 혹은 기계적으로 행해지는 집단적 의사결정이 아니라 개인의 독립성과 다양성이 전제되고 있다는 점, 개별적 지식을 서로 모으고 교류하는 것을 넘어 새롭게 창출되는 시너지 효과에 주목한다는 점, 협력적 대화를 위한 공간과 환경의 마련을 중시한다는 점 등이 차별화된다고 할 수 있다. 이에, 본 연구에서는 이러한 차별성을 고려하여 다음과 같이 SSI 수업 상황에 적용 가능한 집단지성의 네 가지 원리와 전략을 도출하였다.

원리 1은 ‘문제 해결을 위한 공유된 가치나 신념의 형성’이다. 즉, 협력적으로 SSI 문제에 대한 해결방안을 제시하기 위해서는 구성원들 간에 공유된 가치나 신념이 있어야 함을 의미한다(Brown & Isaacs, 2008; Lee & Lee, 2009). 이는 일반적인 수업에서 교사가 수업의 목표를 설정하고 전달하는 방식과는 다소 차이가 있다. 왜 우리가 주어진 SSI에 대해 관심을 갖고 해결방안 마련에 참여해야 하는지, 어떠한 방향으로 해결해나가야 하는지 등에 대해 교사와 학생이 함께 이야기 하면서 집단적 문제 해결의 방향을 설정한다. 이것은 학생들로 하여금 주어진 문제에 대한 도덕적·윤리적 민감성을 높일 수 있으며, 학생 각자가 사회 구성원으로서 공동의 문제 해결에 주체적으로 참여하게 하는 데 효과적이다.

원리 2는 ‘개인의 독립적인 문제 탐색’이다. 즉, 문제해결에 참여하는 각 개인이 독자적으로 문제에 대해 학습함으로써 개별 지식을 산출하는 과정이 필요함을 뜻한다(Surowiecki, 2004; Yang, 2011). 선행연구에서 밝혀진 바와 같이 일부 학생들은 개인의 입장을 결정하는 과정에서 SSI가 본질적으로 갖고 있는 복잡성 때문에 어려움을 느껴 애매 모호한 입장을 취하거나 지식의 부족으로 편협한 의사결정을 하는 경우가 있다. 따라서 학생들은 주어진 SSI에 대해 책이나 인터넷을 활용하여 독자적으로 문제를 해결하기 위한 정보를 수집하고 정리해 볼 필요가 있다. 또한 교사나 동료들의 영향 없이 본인 내면의 가치관을 성찰해보는 기회가 필요하다. 이 과정에서는 동료들이나 교사들에 의해 영향 받지 않도록 독립성을 보장해주는 것이 중요하다.

원리 3은 ‘다양한 지식, 기술 및 관점의 집중과 공유’이다. 즉, 개별 학생들이 독립적으로 수집하고 형성한 자료나 생각들을 끊임없는 상호작용을 토대로 모으고 공유하는 과정으로 설명될 수 있다(Brown & Isaacs, 2008; Lee & Lee, 2009; Tapscott & Williams, 2006; Yang, 2011). 지식의 집중화와 공유를 통해 학생들은 개별적으로 구성한 학습 내용에 대해 되짚어보는 기회도 얻을 수 있다. 이 과정은 다양한 정보를 단순히 양적으로 수합하거나 혹은 다양성 고려한다는 이유로 서로 절충하고 타협하는 과정만을 의미하지는 않는다. 집단 속에 개인이 묻히는 것이 아니라 개개인의 장점이 존중되어 시너지를 창출할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다. 따라서 모든 개별 학생들이 문제 해결의 주제로 참여할 수 있도록 지속적인 모니터링이 필요하며, 서로 명시적 또는 암묵적인 피드백을 주고받는 것이 매우 중요하다.

원리 4는 ‘협력적 대화를 위한 네트워크 매체와 환경의 마련’이다. 즉, 시너지 효과를 창출할 수 있기 위해서는 협력적 대화가 중요하며, 이를 활성화하기 위해서는 네트워크 매체와 환경이 마련될 필요가 있

음을 의미한다(Lee & Lee, 2009; Yang, 2011). 예를 들어 개인이 독립적으로 정보를 수집하고 새로운 지식을 창출할 수 있는 시공간의 마련, 개별적으로 수집된 다양한 자료들이 효과적으로 공유될 수 있는 시공간의 마련, 집단의 끊임없는 상호작용을 위한 관계망의 형성, 서로 다름에 대해 개방적일 수 있는 전체적인 분위기 형성 등이 매우 중요하다. 이와 같은 환경은 웹에서 제공되는 다양한 플랫폼(예: 위키, 리노잇 등)을 통해 보다 효과적으로 형성될 수 있으나, 웹환경이 아니더라도 서로 공유할 수 있는 매체를 찾아 활용하는 것이 중요하다.

나. CI기반 SSI 수업모형의 개발

Lee와 Witz(2009), Lee와 Chang(2010), Reis와 Galvao(2004)의 연구 등에 따르면, 교사들은 자신의 교수지향에 따라 SSI 교수의 목적을 다양하게 설정하고 다양한 수업전략을 활용함을 알 수 있다. 예를 들어, 일부 교사들은 학생들이 서로 다른 입장을 고려하여 합리적인 의사결정을 하는 것 또는 그 합의를 해나가는 과정을 중요시하는 경우가 있는 반면, 학생들이 다양한 관점들에 대해 노출되는 것만으로도 충분한 교육적 목적이 있다고 인식하기도 한다. 또 일부 교사들은 학생들이 SSI에 대한 관심과 민감성을 키우고, 관련 대화에 참여해보는 경험에 주요 의의를 두기도 하였다. 이러한 결과는 선행연구에서 사용한 SSI 수업방법과 국내외로 개발된 SSI 수업자료를 분석한 결과와도 일치하였다. 대부분의 수업자료들은 토의·토론이나 역할극, 자료조사 등의 교수법을 사용하고 있었으며, 같은 교수법을 사용하더라도 그 목표는 의사결정, 다양한 관점에 대한 이해, 관심과 민감성의 함양 등으로 요약될 수 있었다. SSI에 대한 의사결정을 지나치게 강조하는 경우 학생들에게 심리적, 인지적 부담을 줄 수 있다는 선행연구들을 고려할 때, SSI 수업의 목표를 다양하게 설정하는 것이 중요하다. 이는 교사에게도 SSI 교수에 대한 부담을 줄이는 방안이 될 수 있다. 이에 본 연구자는 SSI 수업의 목표 및 방향성에 따라 수업모형을 크게 세 가지(발산적 모형, 탐색적 모형, 의사결정 모형)로 분류하였고, 집단지성의 원리를 고려하여 각 유형당 2개의 수업모형을 개발하였다(각 모형에 대한 자세한 설명은 연구결과에서 제시하였음).

2. CI기반 SSI 수업모형의 적용과 교사의 인식 탐색

본 연구자는 수업모형개발을 위해 협력적 실험연구를 적용하였다. 그 이유는 SSI와 관련된 이론을 반영함과 동시에 실제로 수업모형을 적용하는 교사들의 관점을 수용하여 이를 통해 수업모형의 현장 적용 가능성을 높이기 위함이었다. 이에 본 연구에서는 CI기반 SSI 수업모형을 개발하는 과정에 3명의 중학교 과학교사(최교사, 김교사, 장교사)가 참여하였다. 이들은 모두 SSI와 관련하여 교수·학습 자료를 개발하고 수업해 본 경험이 있거나 관련 논문을 작성한 경험을 갖고 있다. 본 연구자와 현장교사들은 정기적으로 모여 SSI 수업 사례를 조사하고 분석하였으며, 수업모형을 디자인하고 각 모형의 타당성을 높이기 위해 지속적으로 논의하였다. 또한 개발된 수업모형을 기후변화, 나노기술, 배아줄기세포 연구 등의 SSI 맥락에 적용하여 2~3차시에 걸친 수업안을 함께 구성하였다. 교사들은 수업안을 과학수업시간에 적용하였으며, 현장적용 후 교사들의 의견을 바탕으로 6개의 수업모형의 단계를 수정·보완하였다.

현장 적용 시 비디오 및 오디오 촬영을 실시하였으며, 수업 전후 연구팀의 토의 및 반성 내용을 녹음하였다. 수업 촬영은 수업 전략의 현장 적절성을 판단하기 위한 자료로, 그리고 연구팀의 토의를 이끌어 가기 위한 자료로 활용되었다. 녹음된 연구진의 토의내용은 CI기반 SSI 수업모형 적용의 효과성, CI기반 SSI 수업모형에 대한 의견 및 학생들의 반응, 집단지성의 중요성에 대한 인식, SSI 교수에 대한 인식 등에 대한 내용을 포함하고 있어, 본 연구자가 교사들의 집단지성에 대한 인식을 파악하는데 중요한 자료로 사용되었다.

III. 연구 결과

1. 집단지성 촉진 전략을 활용한 SSI 수업모형와 사례

본 연구에서는 개발된 CI기반 SSI 수업모형은 Figure 1과 같이 크게 발산적 모형, 탐색적 모형, 의사결정 모형으로 구분하였다. 이에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

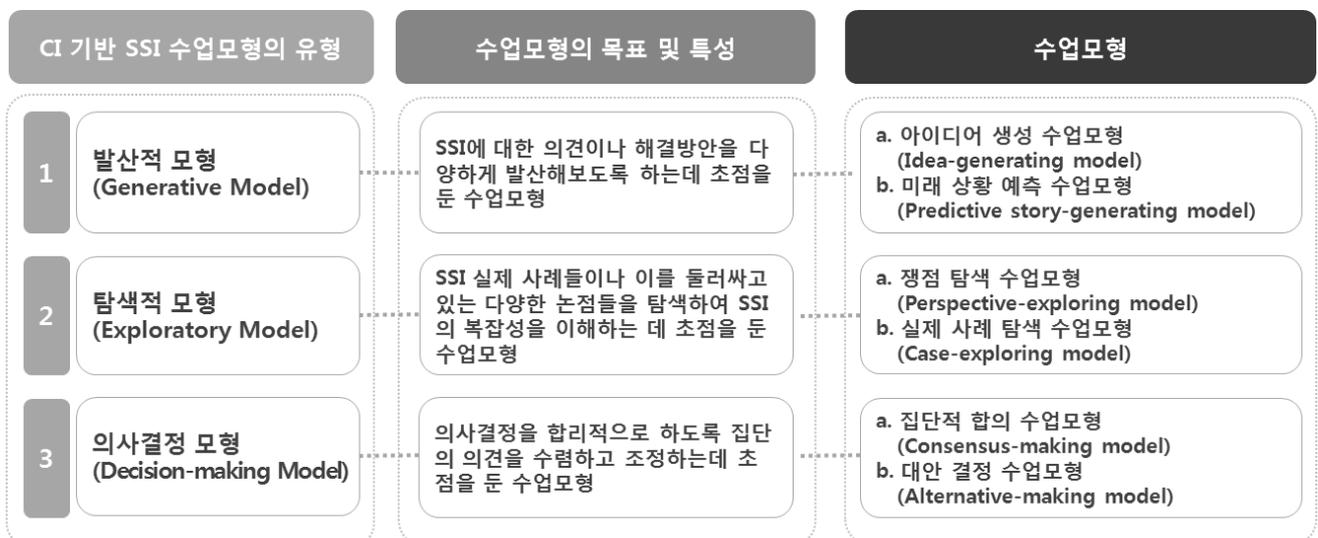


Figure 1. CI-based Instructional Models for Teaching Socioscientific Issues

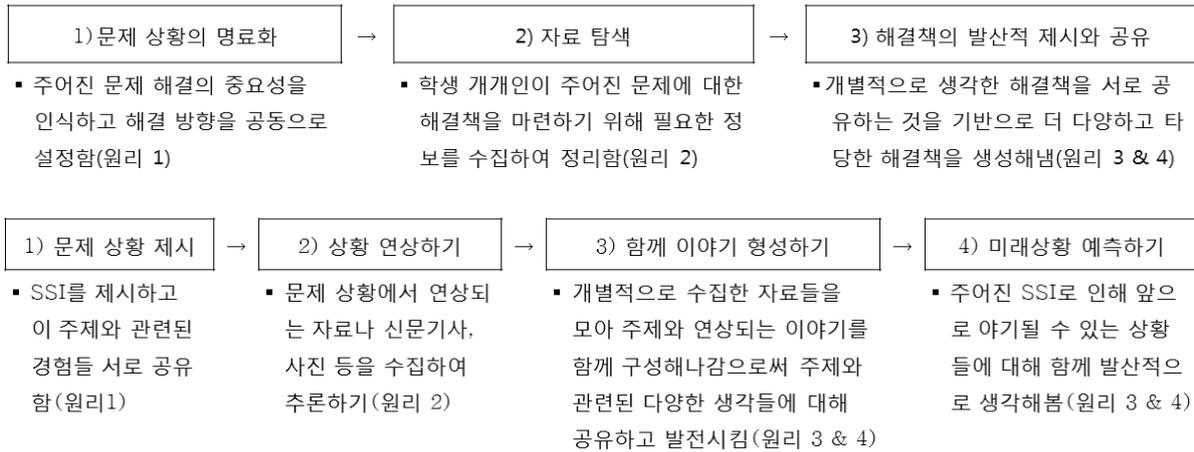


Figure 2. Examples of Generative Models¹⁾: Idea-generating Model and Predictive story-generating Model

가. 발산적 모형

발산적 모형은 학생들이 주어진 SSI에 대한 의견이나 해결방안을 다양하게 발산해보도록 하는데 초점을 둔 수업모형이라 할 수 있다. 즉, 찬반논쟁과 같이 서로 다른 입장을 첨예하게 대립시키거나 하나의 해결방안으로 수렴하는데 초점을 두기보다 주어진 SSI와 관련된 상황이나 다양한 해결책을 자유롭게 연상해보는 과정을 경험하도록 하는데 초점을 둔다. 많은 학생들이 SSI 문제 상황을 접했을 때, 여러 가지 입장들을 고려하여 하나의 결론으로 도출되는 과정에서 심리적 갈등을 경험한다(Connell *et al.*, 1999). 또한 과학교사 역시 SSI 수업을 진행할 때, 가치적 중립을 취해야 하는 것에 대해 어려움을 느낀다(Cross & Price, 1996; Hansen & Olson, 1996). 그러나 SSI 수업은 학생들이 주어진 SSI가 지닌 논쟁적 특성을 이해하고, 관련된 생각이나 해결책 등을 다양하게 생성해보는 수준에서도 효과적으로 진행될 수 있다. 모든 SSI 수업에서 다양한 관점이 아닌 대립된 상황에 대해 노출되어야 하는 것은 아니다. 예를 들어, ‘기후변화에 대한 대책’이라는 주제는 기후변화를 해결하기 위한 다양한 입장을 살펴보고 그 해결책에 대해 다양하게 생각해보는 것이 더 합당할 수 있다. ‘나노기술의 미래’와 같은 주제는 이미 우리 생활 속에 나노기술이 스며들어 있기 때문에 나노기술에 대해 찬반입장을 논하는 것보다는 나노기술이 나아가야 할 방향에 대해 생각해보는 것이 더 효과적이라 할 수 있다. 발산적 모형의 장점은 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 문제해결이나 합의 및 찬반 논쟁이 목표라기보다 문제에 대해 자유롭게 연상해보는 형태이기 때문에 학생들의 입장 결정에 대한 심리적 부담을 줄일 수 있다. 둘째, 주제에 대해 자유롭게 연상하는 과정에서 주제가 갖고 있는 다양한 논쟁점들에 자연스럽게 대해 이해할 수 있다. 셋째, 다양한 해결책, 아이디어를 생각해낼 수 있기 때문에 학생들이 작은 실천이라도 행동으로 옮길 수 있는 원동력을 제공해줄 수 있다(Mueller & Zeidler, 2010; Roth & Lee, 2004).

발산적 모형에는 Figure 2와 같이 아이디어 생성 수업모형과 미래 상황 예측 수업모형을 포함하였다. 아이디어 생성 수업모형은 주어진 SSI에 대해 다양한 수준(개인, 사회, 국가 등)에서 해결책에 대해 브레인스토밍하고 그것을 공유하는데 초점을 두는 수업모형으로 세 단계로 진행된다. 예를 들어, ‘기후변화에 대한 대책’을 주제로 수업을 진행한다면 학생들은 우선 기후변화를 막아야 한다는 책임의식을 공유한다

음(1단계), 인터넷을 활용하여 기후변화에 대한 해결책을 마련하기 위해 필요한 자료를 수집한다(2단계). 마지막으로 개별적으로 수집한 자료를 발표를 통해 공유하고, 기후변화를 막기 위한 해결책을 다양하게 생성하기 위해 집단토론에 자유롭게 참여하게 된다(3단계). 미래 상황 예측 수업모형은 과학기술이 야기할 수 있는 문제 상황에 대해 다양하게 연상추론해보도록 하는 수업모형이다. 예를 들어, 학생들은 주어진 SSI와 관련된 사진이나 신문기사 등을 수집해서 꼬리에 꼬리를 물며 연상하고 그 과정을 이야기로 풀어내봄으로써 주제의 논쟁적 특성과 앞으로의 방향성에 대해 자연스럽게 학습할 수 있다. 이 수업모형은 크게 네 단계로 진행된다. 예를 들어 ‘나노기술의 미래’를 주제로 수업을 진행한다면, 우선 학생들은 나노기술이 갖고 있는 긍정적인 측면과 잠재적인 위험성을 보여주는 실제 사례와 관련된 사진을 함께 봄으로써, 나노기술의 긍정적인 측면과 잠재적 위험성을 함께 인식하고 공유한다(1단계). 개별적으로 제시된 사진에서 연상되는 사진이나 기사를 찾은 후, 웹플랫폼(예: 리노잇, 구글docs 등)에 조원들이 수집한 자료들을 연이어 붙여 나가면서 왜 이 사진이 연상되었는지에 대해 이야기한다(2단계). 그런 다음, 조별로 연상된 사진들을 활용하여 나노기술의 발달로 인해 발생할 수 있는 미래상황을 주제로 함께 이야기를 형성한다(3단계). 마지막으로 학생들은 나노기술의 발달로 인한 긍정적인 미래와 부정적인 미래에 대해서 함께 인식하고, 미래의 과학기술발달의 올바른 방향에 대해서 함께 논의할 수 있다(4단계). 두 수업모형은 공통적으로 해결책의 제시나 미래상황 예측과 같이 발산적으로 수업이 마무리되며, 이 단계에서는 서로 다른 생각에 생각을 더해나가는 방식으로 생각의 공유와 피드백이 활발히 진행된다. 해결책에 대해서도 그 타당성을 서로 평가하기는 하지만, 발산적으로 여러 가지 해결책을 제시해 볼 수 있는 기회를 제공한다. 그리고 SSI가 야기할 수 있는 미래 상황에 대해 자료를 근거로 이야기를 만들고 연상하고 예측해보는 것도 발산적 사고과정을 촉진해주는 하나의 방법이라 할 수 있다.

나. 탐색적 모형

탐색적 모형은 문제를 둘러싸고 있는 다양한 입장들에 대해 탐색하여 SSI의 복잡성을 이해하는 데 초점을 둔 수업모형이다. 즉, Sadler, Barab, & Scott(2007)이 주장한 바대로 SSI 수업에서 가장 중요하게 여겨지는 주제를 둘러싼 다양한 입장이나 관련된 실제 사례들을 조사

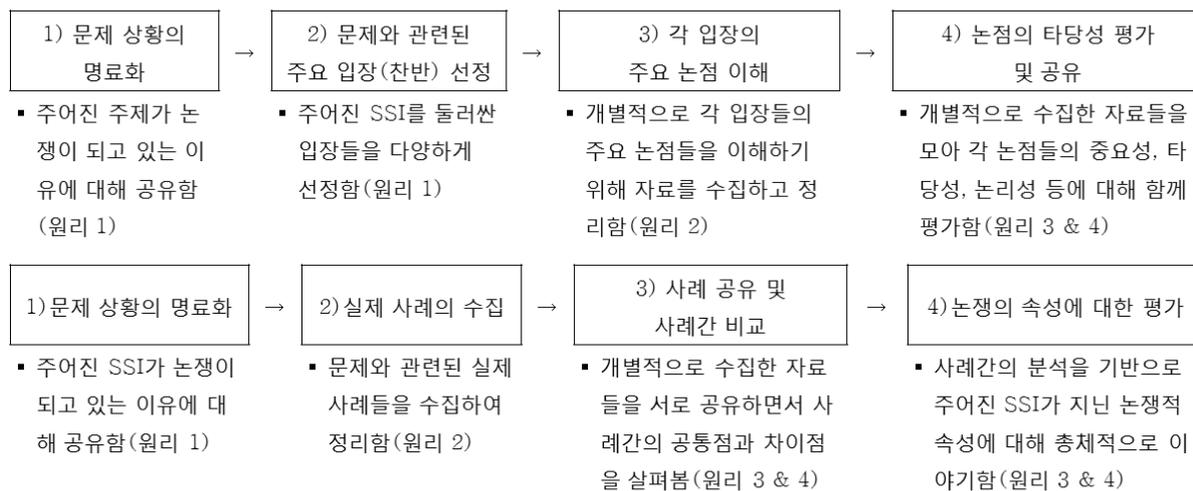


Figure 3. Examples of Exploratory Models: Perspective-exploring Model and Case-exploring Model

해봄으로써 주어진 SSI가 지닌 논쟁점과 복잡성에 대한 이해를 명확히 하는데 초점이 있다. 실제 사례나 입장을 탐색해 보는 과정은 SSI의 본성을 이해하는 데 도움을 줄 뿐만 아니라, 주어진 SSI가 우리의 삶속에서 직면할 수 있는 문제임을 느끼게 하여 학생들이 진지하게 SSI 담화에 참여하게 하는 장점이 있다(Zeidler *et al.*, 2005). 그리고 의사결정에 초점을 두지 않기 때문에 학생들이 제한된 시간 내에 의사결정을 함으로써 경험하게 되는 심리적 갈등을 줄일 수 있으며, 개인적으로 주제에 대해 자유롭게 의사를 결정해볼 수 있는 심적 여유를 제공할 수 있다. 이와 같은 수업 모형은 배아줄기세포 연구와 같이 찬반논쟁이 명확하고 여러 입장이 연관되어 있는 경우에 더욱 적합하다. 안락사의 경우도 이에 해당된다. 최근 전 세계적으로 안락사와 관련된 여러 사건들이 보고되어 있어 실제 사례를 찾아 그 속성을 분석해 보는 것도 의미 있으며, 이 과정을 통해 SSI가 지닌 복잡성에 대해 충분히 인식할 수 있다. 실제로 몇몇 선행연구(Lee & Chang, 2010; Lee & Witz, 2009)에서는 교사들이 SSI가 지닌 본성과 실생활과의 연관성을 인식시키기 위한 목적으로 탐색적 모형을 선호한다는 사례들도 보인다. 요약하면, 탐색모형의 장점은 첫째, 다양한 사례나 자료를 수집함으로써 주어진 SSI가 지니고 있는 복잡성이나 다양한 입장에 대한 이해를 총체적으로 할 수 있다. 둘째, 실제 논쟁점이나 사례들을 조사하는 과정에서 학생들이 주제의 실제감을 경험할 수 있다. 이는 학생들을 SSI 수업에 더욱 몰입하게 유도한다. 셋째, 발산적 모형과 유사하게 학생들의 입장 결정이나 교사들의 중립적 태도에 대한 심리적 부담을 줄일 수 있다.

본 연구자는 탐색모형에 Figure 3과 같이 쟁점 탐색 수업모형과 실제 사례 탐색 수업모형을 포함하였다. 쟁점 탐색 수업모형은 SSI를 둘러싼 다양한 입장에 대해 탐색해보는 데 초점을 두는 수업모형으로 크게 네 단계로 진행된다. 예를 들어 ‘배아줄기세포 연구’를 주제로 수업을 진행한다면, 우선 학생들은 배아줄기세포 연구가 논쟁이 되고 있는 이유에 대해 교사로부터 설명을 듣고(1단계), 배아줄기세포 연구를 둘러싼 다양한 입장을 선정한다(배아줄기세포의 경우 찬반입장이 명료하게 드러나기 때문에 찬성과 반대의 관점에서 주된 입장을 선정

함)(2단계). 각 입장의 주요 논점을 정리한 후(3단계), 각 논점의 타당성을 총체적으로 평가하고, 가장 중요하다고 생각되는 논점에는 가중치를 부여할 수 있다(4단계). 실제 사례 탐색 수업모형은 주어진 SSI와 관련하여 실제 벌어지는 사례들을 조사해봄으로써 문제의 현실성, 실제성을 인지하도록 하는데 초점을 두며, 크게 네 단계로 진행된다. 예를 들어 ‘안락사’를 주제로 수업을 진행한다면, 우선 학생들은 안락사의 의미와 안락사의 논쟁적 측면에 대해 명확히 이해하고(1단계), 안락사가 윤리적 문제를 제기했던 여러 가지 실제 사례(예: 카렌 퀸란, 낸시 크루잔, 테리 샤보 사건 등)를 수집하여, 각각의 사례가 논쟁이 된 이유에 대해 생각해본다(2단계). 수집한 사례를 웹에 게시하여 다른 사람들과 공유하고, 몇 가지 기준을 선정하여 사례 간 공통점과 차이점을 발견해본다(예: 안락사를 고려하게 된 원인, 안락사의 주제, 법정 판결 결과 등)(3단계). 마지막으로 안락사 주제에 대한 윤리적 평가를 내려 본다(4단계). 두 수업모형 모두 공통적으로 문제 상황을 명료화 하는 단계부터 시작하여 여러 가지 논점과 사례를 독립적으로 탐색한 후 공유 및 평가하는 과정으로 수업이 마무리 된다. 즉, 수업의 마지막 단계에서는 실제 생활에서 일어나는 여러 가지 사례에 대해 조사한 것을 서로 공유하고 그 타당성을 평가해봄으로써 주어진 SSI가 지닌 특성(Sadler *et al.*, 2007)을 충분히 이해하도록 하는데 그 목적이 있다고 할 수 있다.

다. 의사결정 모형

의사결정 모형은 주어진 SSI에 대해 다양한 입장을 이해하고 가장 합리적으로 집단의 의사결정을 하도록 의견을 수렴하고 조정하는데 초점을 둔 수업모형이다. 즉, 과학기술의 지닌 다양한 측면에 대한 여러 입장들을 조율하여 집단의 입장을 결정하거나, 이미 우리 생활에서 필수불가결하게 사용되고 있는 과학기술이어서 찬반논쟁보다는 새로운 대안을 마련해 보는 방향으로 의사결정을 해보는 데 의의가 있다. 합리적 의사결정 능력은 시민으로서 갖추어야 할 기본적 소양에 해당하며, 이에 대한 강조는 교육과정이나 여러 연구들에서 지속적으로 언급되어 오고 있다. 관련 선행연구(Lee & Chang, 2010; Lee & Witz, 2009)에서도 일부 교사들이 SSI를 매개로 학생들이 서로 합의하면서 의사결정 하는 과정을 매우 중시함을 알 수 있다. 예를 들어, Lee &

1) 각 단계에 대한 설명에서 ()안의 내용(예: 원리1, 원리2 등)은 본 연구에서 도출한 집단지성의 원리를 명시한 것임.

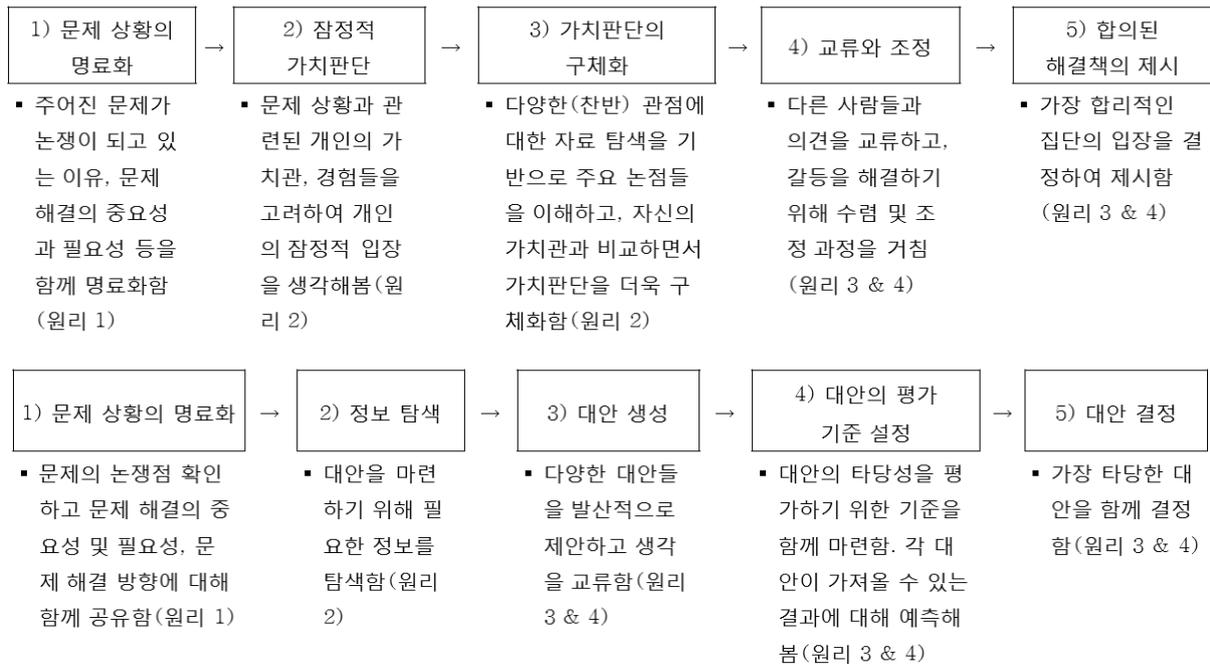


Figure 4. Examples of Decision-Making Models: Consensus-making Model and Alternative-making Model

Chang(2010)에 참여한 교사들 중 2명은 SSI 자체가 지닌 본성보다는 SSI를 통해 학생들이 시민으로서 의사결정 과정에 참여하고 그 과정에서 서로 의사소통하고 논의하는 과정을 더 중요한 교육적 효과로 보고 있었다. 이와 같은 의사결정 과정은 학생들에게 책임의식을 고취시켜 SSI 해결을 위한 행동으로도 옮겨질 수 있다는 연구결과도 보고되고 있다(Mueller & Zeidler, 2010; Roth & Lee, 2004). 물론 의사결정 과정에서 SSI 본성으로 인해 심리적 부담감이나 갈등을 유발할 수 있으나, 맞춤형(유전자조작)나 식품첨가물의 안전한 사용과 같이 찬반 논쟁이 가능하거나 학생들이 실생활에서 의사결정을 해야 할 필요가 있는 주제들에 대해서는 적절한 수준의 윤리적 갈등을 경험하면서 의사결정 과정에 참여할 수 있다. 요약하면, 의사결정 모형의 장점은 첫째, 의사결정을 내리는 과정에서 서로 다른 의견을 수렴하고 조정해 나가는 과정, 다양성에 대한 수용능력 등을 학습할 수 있다. 둘째, 다양한 가치관 사이에서 의사결정을 하도록 촉진하기 때문에 윤리적 갈등을 경험해볼 수 있다. 셋째, 의사결정 과정을 통해 문제 해결을 위한 실천의지를 함양할 수 있다. 본 연구자는 의사결정 모형에 Figure 4와 같이 집단적 합의 수업모형과 대안 결정 수업모형을 포함하였다.

집단적 합의 수업모형은 주어진 SSI와 관련하여 개인의 의사결정을 넘어 집단의 입장을 결정해보는 과정을 강조하는 수업모형이다. 즉, 본 수업 모형은 합의된 입장을 내기 위해 생각을 교류하고, 수용하고 조정하는 과정을 학습하게 하는데 초점을 두며, 크게 다섯 단계로 진행된다. 예를 들어 ‘맞춤아기’를 주제로 수업을 진행한다면, 우선 학생들은 맞춤형아기와 관련된 영화(예: 마이시스터스 키퍼, 가타카 등)를 시청하고, 왜 우리가 맞춤형아기에 대해 생각해보아야 하는지 함께 논의한다(1단계). 맞춤형아기에 대해 자신의 입장을 잠정적으로 생각해본 후(2단계), 맞춤형아기에 대한 정보를 탐색하여 자신의 입장을 보다 구체화한다(3단계). 그다음 맞춤형아기 기술을 둘러싼 찬반 입장을 선정하여 토론을 통해 각 입장이 주장하는 내용에 대해 교류하고 각 입장에 대한 타당성을 평가한다(4단계). 마지막으로 서로 다른 관점들을 조정하며 조별로 합의된 해결책(합의문)을 근거와 함께 제시할 수 있다(5단계).

대안 결정 수업모형은 집단적 합의 수업모형과 유사하나, 찬반논쟁보다는 새로운 대안을 탐색해보는 것이 더 의미 있는 SSI에 대해 적용해보는 수업모형이라 할 수 있다. 학생들의 의사결정이 실천으로 연결되기 위해서는 보다 현실적인 문제 상황을 제시해야 한다. 예를 들어, 식품첨가물의 이용, 원자력 발전이나 GMO 등은 이미 우리 삶에 깊게 스며들어 있기 때문에 단순히 찬반 논쟁을 하는 것보다는 현 상황을 고려한 대안을 생각해보는 것이 더 의미 있는 학습일 수 있다. 본 수업 모형은 크게 다섯 단계로 진행된다. 예를 들어 ‘식품첨가물의 안전한 사용’을 주제로 수업을 진행한다면, 우선 학생들은 영상(예: 먹거리 X파일 등)을 통해 식품첨가물이 논쟁이 되고 있는 이유에 대해 인식하고, 식품첨가물의 사용을 줄일 수 있는 대안에 대해 함께 모색해 보는 것으로 목표로 설정한다(1단계). 식품첨가물을 줄일 수 있는 대안을 찾기 위해 필요한 정보들을 개별적으로 탐색한 후(2단계), 토의를 통해 조별로 수집한 자료를 공유하고, 자유롭게 대안을 생성한다(3단계). 생성된 여러 가지 대안들의 타당성을 평가하기 위한 기준들을 함께 설정한 다음(4단계), 평가 기준에 따라 대안들을 평가하면서 가장 타당한 대안을 결정하게 된다(5단계). 두 수업모형 모두 공통적으로 문제 상황의 명료화 단계부터 시작하여 합의된 해결책이나 대안을 마련하는 것으로 수업이 마무리된다. 단, 주어진 SSI의 특성에 따라 해결책 마련과 대안 마련으로 나누어진다. 이 수업모형은 이전 연구에서 소개되었던 의사결정모형(예: Jeong & Kim, 2000; Treffinger, Solomon, & Woythal, 2012)과 유사점을 지닌다. 그러나 집단지성의 원리를 강조하기 위해 독립적으로 잠정적 가치판단을 내리고 구체화하는 과정이나 정보를 탐색해보는 단계를 명시적으로 제시하였다. 또한 독립적으로 수행한 내용에 대해 교류, 조정, 평가하는 과정을 강조하였다.

2. SSI 수업에서 집단지성 원리의 효과에 대한 과학교사들의 인식

본 연구에 참여한 세 명의 과학교사들은 이전에 수행했던 SSI 수업과 비교하여 집단지성의 원리를 적용한 SSI 수업에서의 경험을 반성적

으로 성찰해보았다. 이들은 모두 집단지성의 원리와 SSI 수업의 연계성을 다음과 같이 긍정적으로 인식하였다. 첫째, SSI 수업의 도입 부분에서 문제해결을 위해 공유된 가치를 형성하는 과정(원리 1)의 효과이다. 공유된 가치의 형성과정은 교사가 학생에게 일반적으로 전달한다기보다, 교사와 학생이 주어진 SSI에 대해 우리가 왜 함께 SSI 문제를 해결해야 하는지, 이러한 문제가 왜 우리에게 중요한지 등에 대해 서로 이야기하며 이해하는 단계라 할 수 있다. 세 명의 참여 교사들은 이러한 과정이 학생들이 SSI 수업의 방향성을 인식하게 하고, 수업에 더욱 몰입하게 하는 데 효과가 있다고 응답하였다.

제가 정확하게 (“기후변화에 대해”) 우리가 풀어나갈 수 있는 몇 가지 수준의 대책을 마련해야 돼.” 라고 함께 이야기하면서 인지를 시켜줬기 때문에, 애들이 그거에 따라서 토론이 되고 아이디어가 나오고 했던 것 같아요. 평가 준거 했을 때도 하나의 어떤 핵심적인 주제에 대한 아이디어가 나온 거에 대한 평가 준거가 마련된 거니까 훨씬 더 애들이 판단하는 데 있어서도 더 공유가 된 게 아닌가, 그런 생각을 저는 많이 느꼈던 것 같아요. 이전 수업에서는 제 자신의 명확하지 않은 부분 때문에 애들이 굉장히 많이 흔들렸었겠다 이런 생각이 많이 들었던 것 같아요. (최교사)

5년 뒤에 너네에게 투표권이 생기는 거를 아니? 과학자가 되고 싶은 애들 손들어봐라. 과학자가 안 될 텐데 왜 과학을 배워야 할까? 이 세상에 과학을 이용해서 너희를 속이는 사람들도 많고, 실제로 안 위험한 데 위험하다고 한다던가 (아니면) 위험한데 안 위험하다고 한다던가(하는 경우도 많다). 그런 얘기를 함께 장황하게 해가면서 첫째, 우리가 배아연구에 관심을 가져야 한다. 그리고 둘째로는 배아연구에 대해서 찾아볼 줄 아는 능력이 필요하다. 인터넷하면서 보면 사람들 댓글 달고 토론하지 않나. 잘못된 이야기를 하는 사람들이 얼마나 많은데, 너희가 뭐가 옳고 그렇지 않아야 한다.... 그 얘기를 아이들과 한참 하고 나서 토론을 시작했어요. (김교사)

최교사는 본인이 이전에 했던 기후변화에 대한 수업에서 도입단계에 수업의 방향성에 대해 함께 이야기하고 공유했던 시간이 없어서 학생들이 다소 혼란스러워했었다는 경험을 이야기했다. 이에 반해 CI 기반 SSI 수업모형은 처음부터 기후변화에 대한 대책 마련이라는 주어진 문제의 중요성에 대해 함께 논의함으로써 문제 해결의 방향에 대해 명확히 인식하도록 도울 수 있었다고 응답했다. 김교사의 경우에는 배아연구 문제를 도입할 때 우리가 배아문제와 관련된 여러 가지 사례들을 찾아보고 그 타당성을 검증해보아야 하는 이유에 대해 학생들과 공유하면서 토론을 진행하였다. 김교사는 이 과정이 학생들로 하여금 배아연구가 자신들과 매우 밀접한 문제임을 인식하도록 도와 토론에 보다 적극적으로 참여하도록 하였다고 인식하고 있었다. 특히, 배아복제 기술과 같이 과학기술이 사회에 미치는 영향에 대해 이야기했을 때 학생들이 과학을 배워야 하는 이유에 대해 충분히 공감하는 것 같았다고 추가적으로 응답하였다. 장교사의 경우에도 도입 부분에서 학생들과 함께 맞추어가고 관련되어 문제해결의 방향성에 대해 이야기하긴 했으나, 좀 더 충분한 시간을 문제에 대한 인식을 공유하는데 사용했다더라면 학생들의 참여도가 더 높았을 것이라고 반성적 응답을 하였다.

둘째, 개별적으로 자료를 수집할 수 있는 시간을 충분히 갖게 됨(원리 2)으로써 나타나는 교육적 효과이다. 세 명의 교사들은 수업이 끝난

후 독립성의 중요성을 더욱 느낄 수 있었다고 강조하였다.

잠정적 가치판단과 자료 수집을 내실 있게 하게 되면 충분히 각자의 생각에 대해서 공유할 수 있는 기회가 더 클 것 같아요. 근거를 살펴보는 과정이, 사실 이게 독립적으로 개별적인 시간을 마련해주어야 한다고 해주셨잖아요. 이게 관련인거 같아요. 이게 얼마나 잘 되느냐. 잘 되면 각각 개인이 가진 더 다양한 의견을 공유할 수 있을 것 같아요. 토론 자체는 애들이 잘 참여하고 잘 하기 때문에 그 때 나오는 의견들이 다양할 수 있게 자료 수집이 내실화되면 좋을 것 같아요. (장교사)

저는 그 전에 [SSI]수업 때는 자료 찾는 시간이 따로 없었거든요. 찬성, 반대 토론만 했었으니까 자기 입장을 가지고만 얘기를 하고 한정된 지식 가지고 얘기를 했었는데, 이번에는 개별 자료 조사 시간을 줘서 근거도 탄탄해진 것 같고, 그게 있어야 그 이상 서로 얘기를 하면서 아이디어를 모았을 때 그 이상의 뭔가가 나올 것 같더라고요. 자료 조사 단계가 없으면 그냥 싸움으로 끝나는 것 같은? 나는 내 것만 계속 우기고 재는 재 것만 계속 우기고. (김교사)

장교사는 학생들 개개인이 잠정적으로 문제에 대한 가치판단을 하고 관련된 자료 수집을 독립적으로 수행하게 되면 근거를 기반으로 토론하는 과정이 더 활발히 진행될 수 있을 것으로 기대했다. 이전 수업들에서는 학생들이 개별적으로 자료를 찾아 근거를 마련하고 본인의 입장을 생각해보는 기회가 적은 상태에서 조별 토의를 하는 경우가 많았고, 그 결과 학생들이 제시하는 근거의 다양성 및 타당성이 다소 미약하였다는 응답을 하였다. 김교사 역시 배아연구에 대한 수업 시 컴퓨터실에서 학생들이 개별적으로 자료를 수집할 수 있는 시간을 제공했다. 이 과정에서 학생들이 이미 알고 있는 지식에서 벗어나 근거를 구성하고 보다 논리적으로 생각을 발전시켜 나가는 것을 관찰하였다고 응답하였다. 최교사도 학생들이 리노잇²⁾에 개별적으로 수집한 자료들을 살펴본 후 긍정적 평가를 내렸다.

셋째, 개별적으로 수집한 자료의 공유 과정에서 드러나는 교육적 효과이다(원리 3). 김교사는 쟁점 탐색 모형을 적용하여 배아줄기세포 연구를 둘러싼 다양한 입장을 fishbone에 표시하면서, 그 관점의 타당성을 서로 평가하고 가중치를 부여해보는 과정을 수행하였다. 김교사는 특히 ‘4) 논점의 타당성 평가 및 공유’단계에서 기대 이상으로 학생들이 그 과정에 활발히 참여했음을 관찰할 수 있었다고 하였다. 최교사는 ‘기후변화에 대한 대책’을 주제로 아이디어 생성 수업모형을 적용하였는데, 특히 ‘3) 해결책의 발산적 제시와 공유’단계가 인상 깊었음을 언급하였다.

쓰면서 자기 것 얘기하고, 특별히 여러 가지 입장 중에 더 중요하게 생각해야 될 게 있으면 표시도 하고, 또 자기가 생각난 게 있으면 댓글도 달고, 만약에 저 친구가 이런 근거들을 썼는데 그 근거가 말이 안 된다거나 반대로 하고 싶으면 그것도 여기도 표시를 해봐라 했어요...(학생들이) 여기 저기 돌아다니면서 다른 입장도 다 쓰고, ‘이건 이거 아닌거 같은데요’, ‘선생님, 이건 아닌 것 같아요?’라고 질문하면, (제가) ‘반대되는 의견 있으면 옆에다 쓰라고 해서 쓰기도 하고 ... 이거를 채우면서 각자 역할을 나눠서 자기 역할을

2) 리노잇(www.linoit.com)은 온라인상에서 자료를 포스팅하고 공유할 수 있는 플랫폼임.

조사를 해왔는데, 그냥 너네가 조사해온 것을 쓰고 말면 $1+1=2$ 가 되는 거 아니냐. 이것을 공유를 하면서 친구가 쓴 걸 보고서 내 생각을 더하고 더하면 $1+1$ 이 3이 되고 10이 될 수도 있는 거니까 그렇게 한 번 해보자 했을 때 애들 눈빛은 알아듣는 눈빛이었거든요. '아, 선생님이 뭘 원하는 구나 알아듣는 눈빛이었는데, 그 눈빛과 다른 결과들을..'. (김교사)

저는 모둠별 문장. 이야기 형성할 때 모둠별로 구성할 때 얘기가 굉장히 진지하게 가더라고요. 처음에 개별적으로 문장 만들라고 할 때는 딸랑, 딸랑 만드는 것 같았거든요. 모둠별로 그걸 가지고 만들어봐 그랬더니 애들이 그때부터 자기가 갖고 있는 배경지식이 다 나오면서, 이게 이렇게 될 수도 있지 않아요? 아니야, 이렇게 되면 그렇게 될 수 있지. 그 지점에서 잘 되었던 것 같아요. ... (어떤 학생은) 탄소를 줄이기 위해서 인구 감소 정책을 냈는데, 그거는 질타를 많이 받았어요. 애들이 '말도 안 된다', '윤리적으로 문제가 있다, 그런 것도 있었고. BMW(Bus, metro, walking)도 있었고, ... 그래도 다 나름대로 이거는 그래도 가능하다고 생각하는 두세 가지 정도는 얘기를 했어요. 그럼 너희가 해결책을 타당화한 것을 앞으로 같이 실천을 해보자. 그리고 앞으로 커서도 너희가 어느 자리에 가든 이거에 대해 뭔가 얘기를 해 달라 이런 식으로 하고 끝맺음이 되었던 것 같아요. (최교사)

김교사는 본인 뿐만 아니라 학생들도 서로 수집한 자료에 대한 집중과 공유의 시간이 문제에 대한 해결책이나 생각을 발전시킬 수 있다는 데 충분히 공감하고 있다는 것을 느꼈다고 응답하였다. 최교사는 이전에 했던 기후변화에 대한 수업보다, CI 기반 수업모형을 적용했을 때 학생들은 해결책이 될 수 있는 아이디어를 다양하게 생각해내었고, 그에 대해 동료들은 자유롭게 피드백을 주고받는 양상을 자주 관찰할 수 있었다고 응답하였다. 장교사의 경우에는 '식품첨가물의 안전한 사용'을 주제로 대안 결정 수업모형을 적용하면서 '3) 대안 생성', '4) 대안의 평가 기준 설정' 단계, 즉 학생들이 대안을 다양하게 생성해내고 각 대안이 가져올 수 있는 결과를 예측해보는 과정에 학생들이 적극적으로 참여하는 모습을 관찰할 수 있었다고 응답하였다. 즉, 본 수업 모형을 공유의 과정을 매우 강조함으로써 학생들이 자신이 수집한 자료들을 서로 표현하고 다른 학생들의 근거도 함께 수용할 수 있는 장이 마련된 것으로 보인다.

마지막으로, 협력적 대화를 위한 네트워크 매체와 환경의 마련(원리 4)의 중요성이다. 최교사는 리노잇 게시판에 나노기술과 관련된 사진 한 장을 제시하고, 이 사진으로부터 연관되는 사진들을 개별로 웹에서 찾아 수집하고, 조별로 게시판에 붙여 가며 이야기를 형성하는 수업방식으로 진행하였다. 최교사는 다음과 같이 수업의 과정과 학생들의 반응을 설명하였다.

우선 리노잇 방식을 어떻게 하는지 얘기를 해줬어요. 일단, [리노잇에] 들어가서 패스워드랑 아이디 알려준 다음에, 너희가 읽은 자료를 바탕으로 해서 각자 사진을 찾아라. 나노하면은 연상되는 사진을. 긍정적인 거든 부정적인 거든 찾아서, 찾은 거에다가 문장을 하나씩 적고. 이걸로 인해 야기될 수 있는 상황이라든지, 이것과 관련한 문장을 리노잇에 붙이라고. 그래서 이제 애들이 붙였어요. ... 애들이 각자 해보고 모둠별 문장을 만들더라고요. 그래서 각자 하고, 그 다음에 만일 같은 조에서 찬성 문장만 있으면 너희는 토론이라기 보다는 합의를 해서 모둠 문장을 만들고, 만일 찬성하고 반대가 있으면 찬반 토론을 해서 이제 합의된 문장을, 미래를 예측할 수 있는 합의된 문장을

만들어보라. (최교사)

최교사는 학생들이 문제를 해결하는데 필요한 다양한 자료들을 찾아서 리노잇 게시판에 모아서 주어진 문제의 중요성과 어떤 부분을 초점으로 하여 문제를 해결해 나가야 할 것인가에 대해 공유하고 서로 다양한 이야기를 나누는 것을 자주 관찰하였다고 응답하였다. 최교사가 설명한 대로 네트워크 공간은 학생들이 개인적으로 자료를 수집하여 정리할 수 있는 공간과 서로 공유할 수 있는 공간을 마련함으로써 협력적 대화를 위한 시너지 효과를 창출할 수 있는 가능성을 높일 수 있다. 김교사의 경우에는 제한된 학교 환경 여건으로 인해 온라인 환경 대신 커다란 전지를 매체로 활용하였다. 예를 들어, 김교사는 전지에 fishbone을 크게 그린다음, 배아줄기세포 연구에 대한 다양한 생각들을 모두 적어보게 한 후 서로 타당성을 평가해보도록 하였다.

자기 것 먼저 쓰고 친구들 것다가 찬성이든 반대든 댓글을 달아볼 시간을 주면 그 부분에서 자료에 대한 평가랄까? 그냥 찬성 반대에서 토론했을 때는 자기들이 각자 갖고 있는 생각 그 이상으로 발전을 못했을 것 같은데, 이것을 쓰면서 이제 다른 친구의 아이디어 덧붙이고, 잘못된 건지 잘 된 건지 평가하는 부분이나 어떤 게 더 중요하다고 판단하는 부분에서 집단지성이 조금 더 드러나고 효과가 있지 않을까 생각이 들어요. 아이들 아이디어가 구체화된다고 할까요? (김교사)

즉, 최교사와 김교사의 예에서 보이는 바와 같이 학생들이 자료를 수집 및 정리하고, 공유할 수 있는 공간의 확보는 매우 중요하다. 김교사의 경우 비록 전지를 활용했다 하더라도 학생들은 동료들의 아이디어에 자신의 의견을 덧붙이면서 그것이 타당한 것인지 판단할 수도 있었고 아이디어가 구체화되고 탄탄해지는 경험을 할 수 있었다.

IV. 결론 및 논의

다양한 가치관에 대한 고려와 합의과정, 서로 다른 생각에 대한 공유 등이 중요한 SSI 수업의 특성과 현대 사회에서 강조하는 집단적 의미의 과학적 소양의 개념은 집단지성의 원리와 잘 연계된다. 특히 집단지성의 원리는 SSI 추론과정에 대한 탐색에서 드러나는 문제점들(예: 과학적 지식의 제한적 활용, 편향한 가치관의 적용, 가치관 혼란으로 인한 의사결정의 어려움, 심리적 부담감 등)을 개선할 수 있는 전략 중 하나가 될 수 있다. 본 연구에서 이와 같은 집단지성의 원리를 적용하여 효과적인 SSI 교수를 위한 세 가지의 SSI 수업모형(발산적 모형, 탐색적 모형, 의사결정 모형)을 개발하였다. SSI와 관련된 수업에 관한 선행 연구들을 살펴보면, 대부분 토의·토론, 역할극 등 방법적 부분만 소개되고 논의되어 왔다. 그러나 SSI의 성격에 따라 찬반 논쟁이 첨예하게 대립할 수도 있고, 가장 적절한 해결책을 찾기 위한 방향으로 대화가 진행될 수 있다. 동일한 주제라 하더라도 교사가 SSI 수업을 통해 추구하는 바가 무엇이나에 따라 수업의 방향은 달라질 수 있다(Lee & Witz, 2009; Reis & Galvao, 2004). 예를 들어, 사회적 합의 과정을 중시하는 교사는 학급 구성원 간에 서로 타협하는 과정을 통해 합의에 이르도록 하는 것을 강조하는 반면, 인지·도덕적 갈등을 강조하는 교사들은 상반된 주장이나 근거를 강조하면서 갈등을 심화시키기도 한다. 그리고 같은 토의·토론 방법이라도 SSI를 둘러싼 쟁점들

을 탐색하기 위한 목적으로 활용될 수도 있고, 사회적 합의를 이끌어내기 위한 과정으로 사용될 수도 있다. 즉, SSI 교수·학습 모형은 이러한 SSI 추론의 특징, 교수·학습의 특성, 다양한 맥락들을 고려하여 개발될 필요가 있다. 이러한 점에서 본 연구는 주로 수업의 형식(예: 토의, 토론, 역할극 등)에 초점을 두고 있었던 선행연구(예: Choi & Cho, 2002; Dawson & Venville, 2010)와 차별화된다고 할 수 있다.

또한 본 연구에서는 SSI 교수·학습에 집단지성의 원리를 더욱 강조하여 적용하였다. SSI는 개인의 의사결정이나 추론도 중요하지만, 그 본성상 다양한 구성원으로부터 다양한 목소리를 듣고 함께 최선의 방안을 해결해 나가는 집단적 담화의 과정이 중요하다. 또한 SSI와 관련된 실제 사례들이 일상생활 속에서 빈번히 일어나고 있기 때문에 집단의 구성원으로서 문제 탐색 및 해결과정에 참여하는 것은 매우 의미 있는 일이다. 이에, 본 연구자는 집단지성의 네 가지 원리를 적용함으로써 학생들이 해결해야 할 SSI에 대한 공동의 가치와 방향을 설정하고, 독립적인 시간과 공간을 제공하였다. 또한 학생들이 동료들과 의견 및 자료를 공유하고 피드백을 주고받는 과정을 포함하여 수업 모형을 구성하였다. 그리고 네트워크 환경을 비롯한 매체를 도입하여 학생들 간의 협력적 대화를 가능하게 함으로써 문제해결에의 시너지 효과를 발휘할 수 있도록 하였다. 이에 대해 참여 교사들은 긍정적으로 평가했다. 학생들과 함께 주어진 SSI에 관심을 갖고 해결해야 하는 이유에 대해 공유된 가치를 형성하는 과정은 학생들에게 책임의식을 부여하고 수업에 몰입하게 하는 효과가 있다고 하였다. 독립적으로 수행할 수 있는 시간을 부여하는 것은 개별적으로 자료를 수집하고 자신의 생각을 정리해보는 기회를 줌으로써 확장된 토의·토론으로 넘어가기 위한 준비 단계로서의 역할을 수행하였다고 언급하였다. 공유의 과정은 개인이 수집한 자료를 넘어서 자료를 보다 비판적으로 바라보고 사고의 확장을 가져올 수 있는 역할을 하였다고 인식하였다. 그리고 이 과정에서 사용된 웹 플랫폼이나 큰 종이와 같은 매체는 자신의 의견을 표출하고 서로 다른 생각을 확인 및 공유할 수 있게 하는 촉진제 역할을 하였다고 응답하였다. 교사들의 이와 같은 응답은 본 연구에서 제안한 수업 모형이 그동안 SSI 교수·학습에서 우려되었던 여러 가지 이슈들을 해결하는 데 시사점을 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 제안한 CI기반 SSI 수업모형은 개발 과정에 SSI 교수 경험이 있는 현장 교사들을 참여시킴으로써 SSI 교수의 어려움과 학생들의 심리적·인지적 특성들을 고려하였기 때문에 현장에의 적용 가능성도 높을 것으로 기대된다. 사실 많은 교사들이 SSI 교육의 중요성은 인식하고 있으나 실제 교육현장에서 과학의 사회·윤리적 특성들을 다루는 데에는 다소 주저한다(Aikenhead, 2006). 본 연구에서 개발된 모형은 SSI의 특성에 따라 혹은 수업 여건에 따라 다양한 수업 방법을 모색해 볼 수 있다는 장점이 있다. 이는 교사들이 자신의 교수 지향 및 교수방법 선호도에 따라 SSI 수업을 여러 방식으로 구성할 수 있어 SSI 도입에 대한 부담감을 줄일 수 있음을 의미한다. 실제로 본 연구에 참여한 교사들은 CI 기반 SSI 수업모형이 SSI 수업의 마무리를 어떻게 할 것인가, 즉 방향성의 문제를 해결하는 데 많은 도움을 주었다고 응답하였다. 앞으로 교사 연수를 통해 CI기반 SSI 수업모형과 실제 적용한 수업 사례를 소개한다면 현장 교사들의 SSI 교수를 장려하고 향상시키는데 더욱 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

마지막으로, 본 연구에 참여한 세 명의 과학교사들은 집단지성의 원리에 기반한 SSI 수업을 계획하고 운영해보는 과정에서 이전의 SSI

수업에 비해 학생들의 참여도가 높아지고 주장에 대한 근거가 강화되는 등의 긍정적 효과를 관찰하였다고 응답하였다. 물론 본 연구가 CI 기반 SSI 수업모형을 개발하고 현장 적용 가능성을 탐색해보는 데 주된 목적이 있었기 때문에, 개발된 수업모형의 교육적 효과를 학생들로부터 직접적으로 탐색해볼 필요는 못하였다. 이 부분에 대해서는 추후 연구에서 지속적으로 탐색해볼 필요가 있겠다. 뿐만 아니라 집단지성의 원리는 SSI 교수에만 제한되는 것이 아니기 때문에 다양한 교과 영역과 교수방법에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 타교과에서도 자주 활용되는 문제중심학습, 프로젝트 기반학습, 협동학습, 토의학습 등의 교수·학습 방법에는 더욱 자연스럽게 연계될 수 있을 것으로 기대된다. 더욱이, 교실 내에 웹 환경(예: 리노잇, 위키스페이스, 기타 여러 토론방이나 게시판)이 갖추어진다면, 학생들의 자유로운 소통과 공유의 장이 마련됨으로써 교육적 효과가 더욱 증대될 것으로 기대해 볼 수 있겠다.

국문요약

본 연구에서는 과학관련 사회·윤리적 쟁점(SSI)과 집단지성과의 연관성을 고려하여, 집단지성 촉진 전략을 활용한 SSI 수업모형(CI기반 SSI 수업모형)을 현장 과학교사들과 협력적으로 개발하였다. 그리고, 수업모형 개발과정에서 참여 교사들이 SSI 수업에서 집단지성의 효과에 대해 어떻게 인식하는지를 살펴보고자 하였다. 본 연구에서 개발된 CI기반 SSI 수업모형은 SSI 수업에서 교사들이 추구하는 목적에 따라 크게 3개의 유형(발산적 모형, 탐색적 모형, 의사결정 모형)으로 나뉘며, 각 유형 당 2개씩 총 6개가 개발되었다. 첫째, 발산적 모형은 학생들이 주어진 SSI에 대한 의견이나 해결방안을 다양하게 발산해 보도록 하는데 초점을 둔 수업모형으로, 아이디어 생성 수업모형과 미래 상황 예측 수업모형이 해당된다. 둘째, 탐색적 모형은 문제를 둘러싸고 있는 다양한 입장들에 대해 탐색하여 SSI의 복잡성을 이해하는데 초점을 둔 수업모형으로, 쟁점 탐색 수업모형과 실제 사례 탐색 수업모형이 이 유형에 속한다. 셋째, 의사결정 모형은 주어진 SSI에 대해 다양한 입장을 이해하고 가장 합리적으로 집단의 의사결정을 하도록 의견을 수렴하고 조정하는데 초점을 둔 수업모형으로, 집단적 합의 수업모형과 대안 결정 수업모형이 해당된다. 참여교사들은 각 수업모형을 적용해본 결과 SSI 수업에서 집단지성의 원리를 강조한 것이 학생들의 참여도와 협력, 토론과 근거의 질을 높이는 데 기여했다고 보았다. 이를 위해서는 SSI 수업 도입 부분에서 문제해결을 위해 공유된 가치를 형성하는 과정, 개별적으로 자료를 수집할 수 있는 시간을 충분히 갖고 난 후 공유하는 과정, 개인적으로 자료를 수집하여 정리하고 공유할 수 있는 공간의 마련이 중요하다고 응답하였다.

주제어 : 과학관련 사회쟁점, SSI 교수, 집단지성, 교수학습모형

References

- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. New York, NY: 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.
- Brown, J., & Isaacs, D. (2008). The world cafe: Awakening collective intelligence and committed action, In M. Tovey (Ed.). *Collective intelligence: Creating a prosperous world at peace* (pp. 47-54). Oakton, VA: Earth Intelligence Network.
- 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 the Korean Association for Research in Science Education*, 18(4), 559-570.
- Choi, K., & Cho, H. (2002). The teaching/learning procedures and themes for ethical issues in science. *Biology Education*, 28(4), 408-417.
- Connell, S., Fien, J., Lee, J., Sykes, H., & Yencken, D. (1999). 'If it doesn't directly affect you, you don't think about it': A qualitative study of young people's environmental attitudes in two Australian cities. *Environmental Education Research*, 5(1), 96-113.
- 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.
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40, 133-148.
- 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.
- Gan, Y., & Zhu, Z. (2007). A learning framework for knowledge building and collective wisdom advancement in virtual learning communities. *Educational Technology & Society*, 10(1), 206-226.
- 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.
- Hogan, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(4), 341-368.
- Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive Science*, 19, 265-288.
- Jeong, E., & Kim, Y. (2000). Development of a value inquiry model in biology education. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 20(4), 582-598.
- Leadbeater, C. (2008). *We think: Mass innovation, not mass production*. London: Profile Books.
- 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., & Witz, K. G. (2009). Science teachers' inspiration for teaching socio-scientific issues: Disconnection with reform efforts. *International Journal of Science Education*, 31, 931-960.
- 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., 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, Y., & Lee, S. (2009). Conceptual design principles of collective intelligence. *Journal of Educational Technology*, 25(4), 213-239.
- Lévy, P. (1994). *L'intelligence Collective: Pour une anthropologie de cyberspace*. Paris: La Découverte.
- Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14, 139-178.
- Michaelson, L. K., Knight, A. B., & Fink, L. D. (2002). *Team-based learning: A transformative use of small group*. Sterling: Greenwood Publishing Group Inc.
- 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.
- Ministry of Education Science Technology (MEST). (2011). *Korea national curriculum standards(2011-361)*. Seoul: MEST.
- Mueller, M. P., & Zeidler, D. L. (2010). Moral-ethical character and science education: Ecojustice ethics through socioscientific issues (SSI). In D. Tippins, M. Mueller, M. van Eijck, & J. Adams (Eds.), *Cultural studies and environmentalism: The confluence of ecojustice, place-based (science) education, and indigenous knowledge systems* (pp. 105-128). New York, NY: Springer.
- Partnership for the 21st Century Skills [P21]. (2009). *A framework for 21st century learning*. Washington, DC: P21.
- Paulus, P. B., & Nijstad, B. A. (2003). *Group creativity*. New York, NY: Oxford university press.
- Perkins, D. N., Farady, M., & Bushey, B. (1991). Everyday reasoning and the roots of intelligence. In J. F. Voss, D. N. Perkins, & J. W. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education* (pp. 83-105). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 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. (2003). Scientific literacy as an emergent feature of collective human praxis. *Journal of Curriculum Studies*, 35(1), 9-23.
- Roth, W. M., & Desautels, J. (2004). Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(2), 149-168.
- Roth, W. M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88(2), 263-294.
- 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). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37, 371-391.
- Salomon, G. (1996). Studying novel learning environments as patterns of change. In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser & H. Mandl (Eds.), *International perspectives on the design of technology-supported learning environments* (pp. 363-378). Mahwah, NJ: L. Erlbaum Associates.
- Seels, B. B., & Richey, R. C. (1994). *Instructional technology: The definition and domains of the field*. Washington, DC: Association for Educational Communications and Technology.
- 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.
- Surowiecki, J. (2004). *The wisdom of crowds: Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies and nations*. New York: Random House.
- 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.
- Tapscott, D., & Williams, A.D. (2006). *Wikinomics: How mass collaboration changes everything*. New York, NY: Portfolio.

- Treffinger, D. J., Solomon, M., & Woythal, D. (2012). Four decades of creative vision: Insights from an evaluation of the future problem solving program international (FPSPI). *The Journal of Creative Behavior*, 46(3), 209-219.
- Tweney, R. D. (1991). Informal reasoning in science. In J. F. Voss, D. N. Perkins, & J. W. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education* (pp. 3-16). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Yang, M. (2011). Exploring the principles of collaborative learning for realization of collective intelligence. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 23(2), 457-483.
- Zeidler, D. L., & Kahn, S. (2014). *It's debatable!: Using socioscientific issues to develop scientific literacy*. Arlington, VA: NSTA press.
- 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 student's knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.