

Effect of SSI (Socioscientific Issues) Lesson on Pre-service Science Teachers' 21st Century Skills

SSI(Socioscientific Issues) 수업이 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량에 미치는 영향

Kyunghee Kang¹

강경희¹

¹ Associate Professor, Science Education Department, Jeju National University, South Korea, kkh6554@jejunu.ac.kr

Abstract: This study was to conduct a socioscientific issues(SSi) lesson for pre-service science teachers, and to examine the effect of this lesson on pre-service science teachers' 21st century skills. To this end, SSI lessons were conducted over 7 sessions for 91 pre-service science teachers. The SSI lessons consisted of the concept of SSI and the contents of presenting SSI situations in various fields. Also, lectures were given on the relationship between scientific literacy and core science competencies and SSI education. The pre-service science teacher's data research activity on the SSI topic was conducted twice, and argumentation writings were conducted using the researched data. A pre-post tests of the 21st century skills of pre-service science teachers were conducted and a paired sample t-test was performed. As a result of the analysis, the post-test results showed that the 21st century skills of pre-service science teachers was statistically significantly higher. In addition, as a result of the t-test for the sub-domains of 21st century skills, the pre-test result was higher in the collaboration ability, but the information technology and media use ability, critical thinking and problem-solving ability, and communication ability showed significant improvement in the post-test. This result suggested that the SSI lessons had a positive effect on the improvement of the 21st century skills of pre-service science teachers. Therefore, a follow-up discussion is needed to utilize SSI lesson in the teacher education curriculum.

Keywords: Socioscientific Issues, The 21st Century Skills, Pre-service Science Teacher, Critical Thinking, Communication Ability

요약: 이 연구는 예비 과학교사들을 대상으로 과학기술 관련 사회적 쟁점(Socioscientific Issues, SSI) 수업을 실시하고, 이 수업이 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량에 미치는 영향을 살펴보는 것이다. 이를 위해 91명의 예비 과학교사들을 대상으로 7차시에 걸쳐 SSI 수업을 진행하였다. SSI 수업은 SSI의 개념과 다양한 영역에서의 SSI 상황을 제시하는 내용으로 구성되었다. 또한 과학적 소양, 과학 핵심역량과 SSI 교육의 관계 등에 대한 강의가 이루어졌다. 두 차례에 걸쳐 SSI 주제에 대한 예비 과학교사의 자료 조사 활동이 이루어졌고, 조사한 자료들을 활용해 논증글쓰기를 실시하였다. 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량 사전 사후검사를 실시하고 대응표본 t검정을 실시하였다. 분석 결과 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량은 사후검사 결과가 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다. 또한 과학기술사회 시민역량의 하위 영역들에 대한 t검정 결과 협업능력에서는 사전검사 결과가 더

Received: October 03, 2022; 1st Review Result: November 17, 2022; 2nd Review Result: December 16, 2022
Accepted: January 31, 2023

높게 나타났지만, 정보기술 및 미디어 활용 능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력은 사후검사에서 유의미한 향상을 나타내었다. 이 결과는 SSI의 개념과 예시 등을 설명하고, SSI 자료 조사 활동과 이를 활용한 논증글쓰기로 구성된 SSI 수업이 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량 향상에 긍정적인 영향을 미쳤음을 시사하고 있다. 그러므로 교사양성 교육과정에서 SSI 수업을 활용하기 위한 후속 논의가 필요하다.

핵심어: 과학기술 관련 사회적 쟁점, 과학기술사회 시민역량, 예비 과학교사, 비판적 사고력, 의사소통력

1. 서론

과학기술의 발전은 개인의 일상생활뿐만 아니라 사회 전반에 걸쳐 많은 변화를 가져왔다. 급속한 과학기술의 발달은 긍정적 측면과 함께 과학기술과 사회의 관계에 대한 우려 또한 유발시키고 있다[1]. 특히 미세먼지, 가습기 살균제, 원자력 발전 등 과학기술과 관련된 다양한 사회·윤리적 문제들이 대두되고 있는데, 이러한 문제들을 과학기술 관련 사회적 쟁점(Socioscientific issues, 이하 SSI)라고 부른다.

코로나 19 팬데믹 과정에서 노출된 치료제와 백신 개발 및 보급의 문제들은 SSI가 개인의 삶 자체와 매우 밀접하게 관련되어 있음을 단적으로 보여주었다. 이외에도 원자력 발전에 대한 공론화 과정 등을 통해 과학기술과 관련한 사회적 윤리적 논쟁이 주목받아왔다. 이러한 추세에 비추어 볼 때 학습자들이 실생활에서 직면하게 되는 SSI의 해결 과정에서 합리적 의사결정을 하도록 하는 데 도움이 될 수 있는 경험을 과학교육이 제공해야 한다는 주장이 제기되고 있다[2]. 특히 SSI 교육을 통해 현재 과학기술사회의 구성원들이 SSI에 관심을 가지고, 이 문제를 해결하기 위한 방안을 결정하는 등의 일련의 과정을 통해 과학기술사회의 시민 역량을 기르는 것이 매우 중요하다[3].

학교 과학교육은 과학적 소양의 함양을 통해 학생들이 사회에 진출했을 때 과학기술 관련 문제에 대해 합리적 의사결정을 하고, 문제를 해결할 수 있는 능력의 신장을 목표로 하고 있다. 그러나 학교 과학교육의 내용과 일상생활 속에서의 과학 간에는 간극이 존재하고 있다. 실제 많은 사람들은 학교 과학에서 다루는 가설 설정, 변인 통제 등으로 이루어진 일련의 탐구 과정 등 전형적인 과학 지식을 이해하거나 활용하기 보다는 GMO 식품, 원자력 발전, 가습기 살균제 등 SSI와 관련된 내용들에 대한 이해를 필요로 한다. 그러므로 SSI 교육을 통해 학습자의 문제해결력과 논증 능력, 고등 사고 능력 및 의사결정력 등을 신장시키도록 하는 학습 활동의 제공은 매우 중요하다[4][5]. 또한 SSI 교육은 과학적 소양의 함양에 필수적이고, 과학 기술과 사회와의 관련성을 본격적으로 다루는 교수-학습과 밀접하게 연관되어 있다[6].

이와 같은 맥락에서 많은 학자들이 미래 사회 구성원들에게 요구되는 역량에 대해 논의해왔다. 대표적 사례로 OECD의 DeSeCo(Definition and Selection of Competencies) 프로젝트를 들 수 있다. OECD[7]에서는 21세기 사회를 살아가는 데 필요한 생애역량을 도출하는 연구를 주도해왔고, 그 결과 생애역량을 자율적 행동, 상호도구 활용, 사회적 이질집단과 협동의 세 범주로 체계화하였다. 미국의 대학, 교육 관련 시민단체 등이 도출해낸 ‘The partnership for 21st century skills(2010)’에서는 학습 및 혁신 역량, 정보·미디어·테크놀로지 역량, 생애 및 경력 개발 역량 등을 주요 요소로 제시하였다.

또한 미국의 차세대과학기준(Next Generation Science Standards)에서는 컴퓨팅 사고 역량, 증거기반 사고 역량, 정보의 수집·평가 및 교환 역량 등을 강조하였다[8]. 선행 연구[9]에서는 21세기를 위한 과학적 소양의 재개념화를 통해 문제해결을 위한 사고력, 의사소통 및 협업능력, 증거기반 사고력, 정보관리능력 등을 과학적 소양의 차원으로 제시하였다. 이러한 연구들을 바탕으로 21세기 미래 사회의 시민으로서 갖추어야 할 역량을 알아보기 위한 검사지 개발도 이루어졌다. 다른 선행 연구[10]에서는 GSLQ(Global Scientific Literacy Questionnaires) 검사지를 설계하였고, SSI 관련 연구[5]에서는 과학기술사회의 시민역량 검사지(Questionnaire for Students' Perception on the 21st Century Skills, QSP21)을 개발하였다. 미래 사회의 시민 역량을 강조하는 세계적인 추세에 맞춰 우리나라에서도 2015 개정 과학교육과정에서 과학적 사고력, 과학적 탐구력, 과학적 문제해결력, 과학적 의사소통력, 과학적 참여와 평생학습능력을 핵심역량으로 설정하였다[11]. 그러므로 미래 사회의 시민으로서의 기초 소양 중 하나로 과학기술사회 시민역량은 주목받고 있다[12].

과학적 소양과 과학기술사회 시민역량 함양을 위한 교육적 접근의 일환으로 SSI 교육은 주목받고 있다[13]. SSI는 가치나 이해 관계가 복합적으로 관련되어 있는 주제들이기 때문에 이 논쟁점에 대한 의사결정 과정을 경험하게 된다. 또한 이 과정에서 학습자 자신의 관점을 되돌아볼 수 있는 기회를 제공하기도 한다[14]. 특히 SSI 교육을 통해 의사결정력, 비판적 사고력, 문제해결력 등의 사고능력이 신장되었다는 연구들이 지속적으로 제기되고 있다[15-17]. 선행 연구[5]에서는 집단지성을 강조한 SSI 수업이 중학교 영재학생들의 과학기술사회 시민역량 함양에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 주장하였다. 또한 SSI 조사와 발표 활동이 예비 과학교사의 도덕·윤리적 민감성에 유의미한 효과가 있음을 제시한 연구[18]도 있다.

이와 같은 연구 결과들을 토대로 과학교육 현장에서 SSI 활용이 학습자의 과학적 소양과 역량 함양에 효과적이라는 인식이 확산되고 있다. 실제 SSI 교육의 필요성에 대해서 많은 과학 교사와 예비 교사들이 동의하고 있으나[18][19], 학교 과학수업에서 SSI 문제 상황을 활용하는 것은 여전히 제한적이다. 이와 관련해 선행 연구[13]에서는 SSI 수업이 기존의 과학 수업과는 달리 과학에 대한 지식을 기반으로 수업의 재구조화가 필요하기 때문이라고 지적했다. 또한 많은 교사들이 수업에서 논쟁적인 주제를 다루는 것에 대해 부담감을 느낀다는 연구[20]도 제기되었다. 이는 SSI 교육을 확대시키기 위해서는 교사양성 교육과정에서 예비 과학교사들이 SSI를 접하는 기회를 제공할 필요가 있음을 시사하는 것이다. 특히 예비 과학교사들은 향후 학교 과학교육 현장에서 교수 활동을 수행할 주체이므로 SSI 교육에 대해 이해할 수 있는 기회를 제공하는 것은 중요하다. 이와 더불어 예비 과학교사들이 SSI에 대한 조사와 논증 활동 등을 실제 경험토록 함으로써 과학기술사회 시민역량에 대한 인식을 높일 필요가 있다. 그러므로 본 연구에서는 예비 과학교사들을 대상으로 SSI 수업을 실시하고, 이 수업이 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다.

2. 연구 내용 및 방법

2.1 연구 대상

본 연구는 J시 소재 사범대학 과학교육학부 재학생 91명을 대상으로 실시되었다. 예비 과학교사들은 물리교육전공 46명과 생물교육전공 45명이다. 이들은 통합과학교육론과

탐구학습론 등의 교과교육학 과목을 1개 교과 이상 수강하였다. 연구 대상에 대한 상세한 내용은 [표 1]에 제시하였다.

[표 1] 연구대상

[Table 1] Subject

	물리교육 전공	생물교육 전공	계
남	24	22	46
여	22	23	45
계	46	45	91

2.2 SSI 수업 구성

본 연구에서 활용한 SSI 수업은 총 7차시로 구성되었다. SSI 수업에서는 SSI의 개념을 비롯해 과학적 소양과 SSI 교육, 핵심역량과 SSI 교육 등에 대한 강의가 이루어졌다. 또한 SSI 관련 자료 조사와 논증글쓰기를 실시하였다. 초기에 SSI 수업은 모둠활동을 통해 실시하는 것으로 설계되었으나 코로나 19 확산과 관련해 모둠활동 진행이 부적절하였기 때문에 자료 조사, 논증글쓰기 등은 개별적으로 실시되었고, 모둠활동은 이루어지지 않았다. 수업 중 SSI 자료 조사는 예비 과학교사들이 태블릿 PC, 스마트폰 등을 이용해 개별적으로 수행하였다. 특히 수업 중에 제시된 과학기술 관련 사회적 쟁점들을 참고하여 예비 과학교사들이 각자 관심있는 주제를 선정하여 자료 조사를 진행하였다. 조사 활동을 통해 얻어진 자료들을 토대로 해 2차례의 SSI 논증글쓰기를 수행하였다. 논증글쓰기 결과물은 인터넷에 구축된 과목별 수업게시판에 모두 게시토록 하였고, 글쓰기 결과물에 대한 동료평가를 실시하였다. 동료평가와 관련해 수업 중 Toulmin의 논증 요소를 토대로 한 논증구조에 대해 강의가 이루어졌다. 또한 동료평가의 평가 항목은 선행 연구[21]에서 제시한 논증구조 분석틀에 독창성 항목을 추가하여 예비 과학교사들에게 제시하였다. 논증 SSI 수업은 ‘물리탐구학습론’, ‘물리교과교재연구 및 지도법’, ‘생물교과논리 및 논술’, ‘생물교육론’, ‘생물탐구학습지도방법’ 등 교과교육론 영역의 6개 강좌에서 이루어졌다. 이 과목들은 2021년 2학기에 개설된 교과로, 모든 수업은 비대면수업과 대면수업을 혼용하여 실시되었다. SSI 수업은 각 교과목 2주차 수업부터 4주차까지 기간에 적용되었고, 이 기간에는 대면수업으로 진행되었다. SSI 수업의 구체적인 내용은 [표 2]에 제시하였다.

[표 2] SSI 수업 내용

[Table 2] Contents of SSI Lesson

차시	주제	세부 내용
1	SSI의 개념과 특징	SSI 소개, 다양한 영역에서의 SSI 문제 상황 제시
2	과학적 소양과 SSI 교육	과학적 소양의 함양과 SSI 교육의 관련성
3	핵심역량과 SSI 교육	과학과 핵심역량과 SSI 교육의 관련성
4	SSI 자료 조사(1)	예비 과학교사들이 선정한 SSI에 관한 자료 조사
5	SSI 논증(1)	논증구조 수업, 조사 자료를 바탕으로 SSI 논증글쓰기

6	SSI 자료 조사(2)	예비 과학교사들이 선정한 SSI에 관한 자료 조사
7	SSI 논증(2)	조사 자료를 바탕으로 SSI 논증글쓰기

2.3 검사 도구

본 연구에서는 SSI 수업이 예비 과학교사들의 과학기술사회 시민역량에 영향을 미치는지 알아보기 위해 선행 연구[5]에서 개발한 ‘과학기술사회의 시민역량검사지(Questionnaire for Students’ Perception on the 21st Century Skills, QSP21)’를 활용하였다. 이 검사지는 협업능력, 정보기술 및 미디어 활용능력, 비판적 사고능력, 문제해결력과 의사소통능력의 네 영역으로 구성되었고, 협업을 위한 노력, 협업에 대한 가치 인식, 자료수집 및 관리, 정보 교환, 비판적 문제해결력, 초인지적 사고, 의사표현 및 의견 조정, 적극적 청취의 8개 하위 영역을 제시하였다. 이 검사지는 선행 연구들[10][22][23]를 바탕으로 과학기술사회 시민역량의 요인 추출을 통해 개발되었다. 선행 연구[23]에서는 21세기 역량을 학습과 혁신 능력, 디지털 소양 능력, 생애능력의 세 범주로 나누었다. 또한 미래 교육환경의 변화에 대비하여 학습자의 역량을 모델링하고, 창의적 능력, 문제해결력, 테크놀로지 소양 등을 주요 역량으로 제시한 연구도 이루어졌다[22]. 특히 선행 연구[10]에서는 세계시민으로서의 과학적 소양을 측정하기 위해 GSLQ(Global Scientific Literacy Questionnaires)를 개발하였다. 이 검사지에서는 특히 검사 문항들은 과학적 소양 관련 요인과 2015 개정 교육과정에서 제시한 핵심역량 관련 내용을 포함하고 있다. 이 연구에서 적용된 SSI 수업에서는 과학적 소양, SSI논증 등을 다루었기 때문에 선행 연구[5]에서 개발한 검사지가 예비 과학교사들의 과학기술사회 시민역량을 파악하는 데 적합한 것으로 판단하였다. 이 검사지 신뢰도계수(Chronbach’s alpha)는 사전검사 .932, 사후검사 .883으로 모두 높게 나타났다. 과학기술사회 시민역량 검사지의 구성에 대한 내용은 [표 3]에 제시하였다.

[표 3] 검사지 구성

[Table 3] Composition of Questionnaire

영역(문항수)	하위 영역(문항수)	사전검사		사후검사	
협업능력(14)	협업을 위한 노력(11)	.872	.882	.698	.685
	협업에 대한 가치인식(3)	.678		.637	
정보기술 및 미디어 활용능력(8)	자료수집 및 관리(6)	.806	.781	.627	.668
	정보 교환(2)	.712		.686	
비판적 사고력과 문제해결력(10)	비판적 문제해결력(7)	.748	.805	.773	.810
	초인지적 사고(3)	.658		.753	
의사소통능력(7)	의사표현 및 의견조정(4)	.704	.826	.717	.835
	적극적 청취(3)	.770		.809	
전체(39)			.932		.883

2.4 자료 수집 및 분석

SSI 수업이 예비 과학교사들의 과학기술사회 시민역량에 미치는 영향을 알아보기 위해

각 교과목의 첫 번째 SSI 수업을 시작하기 전에 사전검사를 실시하였다. 또한 사후검사는 SSI 수업이 마무리된 후 다음 주 수업에서 실시하였다. 사전검사와 사후검사 결과를 토대로 빈도분석과 대응표본 t검정을 실시하였고, 통계 분석에는 SPSS 24.0을 활용하였다.

3. 연구 결과 및 논의

SSI 수업이 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량에 미치는 영향을 분석하기 위해 사전검사와 사후검사 간 대응표본 t검정을 실시하였다. 분석 결과 사전검사 평균 3.819점, 사후검사 평균 4.044점으로 나타났고, 두 검사 간에는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 과학기술사회 시민역량 중 하위 영역 중 정보기술 및 미디어 활용 능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력에서는 사후검사 결과가 사전검사 보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량 사전 사후검사 간 t검정 결과는 [표 4]에 상세하게 제시하였다.

[표 4] 대응표본 t검정 결과

[Table 4] The Result of Paired Sample t-test

영역	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
협업능력	3.892	.228	3.567	.386	11.097	.000
정보기술 및 미디어활용능력	3.276	.355	3.831	.380	-24.166	.000
비판적 사고력과 문제해결력	3.230	.286	3.910	.416	-32.071	.000
의사소통능력	3.554	.389	4.177	.479	-41.380	.000
전체	3.819	.285	4.044	.375	-16.154	.000

3.1 예비 과학교사의 협업능력에 미치는 영향 분석

과학기술사회 시민역량 하위 영역 중 협업능력은 사전검사 평균 3.892점에서 사후검사 평균 3.567점으로 나타났다. 협업능력 중 ‘협업을 위한 노력’에 대한 문항별 빈도분석 결과 ‘나는 조별활동을 수행할 때, 모두가 원하는 목표를 세우고 공감대가 형성되도록 노력한다’에 대해 사전검사에서는 응답자의 83.5%가 그렇다와 매우 그렇다고 긍정적인 답변을 한 데 비해 사후검사에서는 52.8%로 낮아졌다. ‘나는 조별활동을 수행할 때, 내 자신의 입장이나 생각을 명확히 하기 위해 노력한다’에 대해 사전검사에서는 82.4%가 긍정적인 응답을 하였고, 사후검사에서는 긍정 응답 비율이 46.2%로 낮게 나타났다.

특히 과학기술사회 시민역량 중 협업능력 사전 사후검사 간 t검정 결과 사전검사 결과가 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다($p < .001$). 협업능력의 하위 요소인 ‘협업을 위한 노력’과 ‘협업에 대한 가치’에 대한 t검정에서도 사전검사 결과가 사후검사 보다 유의미하게 높았다. 이 연구에서 예비 과학교사들이 협업능력 사후검사에서 평균이 더 낮게 나타난 것은 코로나 19 유행에 따른 사회적 거리두기로 인해 SSI 수업에서 모둠활동을 진행하지 못한 점이 영향을 미친 것으로 판단된다. SSI는 다양한 관점과 입장에 따른 의견들이 충돌하는 특성을 지니고 있기 때문에 교수-학습 과정에서 모둠 내 토론과 논증이 효과적으로 활용될 수 있다[24]. 그러나 이 연구에서

적용한 SSI 수업은 제반 여건 상 모둠활동을 실시하지 못한 한계가 있었다. 이로 인해 예비 과학교사들이 협업과 관련한 역량 함양이 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 SSI를 활용하는 것 자체가 협업능력에 영향을 주는 것이 아니라 어떤 맥락에서 학습 활동이 이루어지는지가 협업능력과 밀접하게 관련되어 있음을 추정케 한다. 그러므로 향후 교사양성 교육과정에서 SSI 수업을 도입할 때 모둠활동 등 교수-학습 방법에 대한 고려가 이루어져야 할 것이다. 예비 과학교사의 협업능력에 대한 t검정 결과는 [표 5]에 제시하였다.

[표 5] 협업능력에 대한 t검정 결과

[Table 5] The Result of t-test on Collaboration Ability

영역	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
협업을 위한 노력	3.871	.256	3.565	.413	9.198	.000
협업에 대한 가치인식	4.051	.495	3.180	.466	13.410	.000
협업능력	3.892	.228	3.567	.386	11.097	.000

3.2 예비 과학교사의 정보기술 및 미디어 활용능력에 미치는 영향

[표 6]에 제시된 바와 같이 예비 과학교사의 정보기술 및 미디어 활용능력은 사전검사 평균 3.276점, 사후검사 평균 3.831점으로 나타났다. ‘정보 수집 및 관리’ 관련 문항 중 ‘나는 내가 수집한 정보가 믿을 만한 정보인지를 판단할 수 있다’에 대해 사전검사에서는 52.7%의 예비 교사가 그렇다고 답한 데 비해 사후검사에서는 66.0%로 높아졌다. ‘정보교환’과 관련해 ‘나는 소셜네트워크를 활용하여 관심있는 주제에 대해 다른 사람들과 정보를 교환할 수 있다’에 대해 그렇다는 응답이 사전검사에서는 30.6%로 낮게 나타났지만 사후검사에서는 60.5%로 높아졌다.

[표 6] 정보기술 및 미디어 활용능력에 대한 t검정 결과

[Table 6] The Result of t-test on Information Technology and Media Use Ability

영역	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
자료수집 및 관리	3.407	.387	3.853	.411	-18.303	.000
정보 교환	2.885	.548	3.764	.598	-14.484	.000
정보기술 및 미디어활용능력	3.276	.355	3.831	.380	-24.166	.000

정보기술 및 미디어 활용능력에 대한 사전검사와 사후검사 간 t검정 결과 유의미한 차이를 보였다($p < .001$). 정보기술 및 미디어 활용능력의 하위 요소인 ‘정보 수집 및 관리’는 사전검사 평균 3.407점, 사후검사 평균 3.853점으로 나타났고, ‘정보교환’ 사전검사 평균은 2.885점, 사후검사 평균은 3.764점으로 높아졌다. 각 하위 요소들에 대한 t검정 결과 사후검사 결과가 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 이 연구에서 예비

과학교사들을 대상으로 SSI 수업 내용에 대한 추가 자료 조사 활동을 실시하였고, 이 과정에서 태블릿PC, 스마트폰 등 다양한 기기를 활용하도록 했다. 이와 같은 활동이 정보기술 및 미디어 활용능력 향상에 효과적인 것으로 판단된다

3.3 예비 과학교사의 비판적 사고와 문제해결력에 미치는 영향

예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량 중 비판적 사고와 문제해결력에 대한 검사 결과 사전검사 평균 3.230점, 사후검사 평균 3.910점으로 나타났다. 또한 하위 요소인 ‘비판적 문제해결력’의 경우 사전검사 평균 3.130점, 사후검사 평균 3.898점이었고, ‘초인지적 사고’는 사전검사 평균 3.462점, 사후검사 평균 3.938점으로 나타났다. 각 문항에 대한 빈도분석 결과 ‘비판적 문제해결력’과 관련해 ‘나는 여러 가지 과학적 설명 중에서 옳은 것과 옳지 않은 것을 구별할 수 있다’에 대한 응답 중 ‘보통이다’라는 답변이 86.8%로 가장 높았다. 동일 문항에 대해 사후검사에서는 ‘보통이다’라는 답변이 29.7%로 감소한 반면 그렇다는 응답이 60.4%로 높아졌다. 또한 ‘나는 과학 관련 문제에 대한 의사결정을 할 때, 다양한 입장을 고려하여 최적의 해결방안을 선택한다’는 문항에 대해 사전검사에서는 26.4%의 응답자가 그렇다는 긍정적인 답변을 한 데 비해 사후검사에서는 72.4%가 그렇다고 답하였다. 초인지적 사고와 관련해 ‘나는 문제 해결을 위해 수집한 정보들이 얼마나 믿을 수 있는지 따져본다’는 문항에 대해 사전검사에서는 보통이다라는 응답이 79.1%로 가장 많았으나 사후검사에서는 그렇다는 응답이 76.9%로 높아졌다.

비판적 사고와 문제해결력 사전검사와 사후검사 간 t검정 결과 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p < .001$). 하위 요소인 ‘비판적 문제해결력’과 ‘초인지적 사고’에 대한 t검정 결과에서도 유의미한 차이를 보였다. 이와 같은 결과는 이 연구에서 실시된 SSI 수업을 통해 예비 과학교사들이 조사한 정보들을 취사선택하는 활동에서 비판적 사고를 활용했을 가능성이 높음을 시사하고 있다. 또한 논증 활동에서 논쟁점과 관련된 다양한 입장들을 검토하고 이를 토대로 자신의 의사를 결정하는 활동이 비판적 문제해결력과 초인지적 사고 신장에 긍정적인 영향을 미쳤을 가능성이 있음을 보여주고 있다.

선행 연구[25]에서는 예비 교사를 대상으로 한 동료평가에서 피평가자의 역할 수행이 초인지 사고에 유의미한 향상을 가져온다고 주장하였다. 본 연구에서 SSI논증 활동에 대해 동료평가를 진행한 것이 예비 과학교사의 초인지적 사고에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 SSI 수업을 도입할 때 조사, 발표, 글쓰기 등의 다양한 학습 활동에 동료평가를 활용하는 것이 효과적일 수 있음을 시사하고 있다. 예비 과학교사의 비판적 사고력과 문제해결력에 대한 t검정 결과는 [표 7]에 제시하였다.

[표 7] 비판적 사고력과 문제해결력에 대한 t검정 결과

[Table 7] The Result of t-test on Critical Thinking and Problem-Solving Ability

영역	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
비판적 문제해결력	3.130	.280	3.898	.434	-30.317	.000
초인지적 사고	3.462	.415	3.938	.569	-18.605	.000
비판적 사고력과 문제해결력	3.230	.286	3.910	.416	-32.071	.000

3.4 예비 과학교사의 의사소통능력에 미치는 영향

예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량 중 의사소통능력은 사전검사 평균 3.554점, 사후검사 평균 4.177점으로 나타났다([표 8] 참조). 빈도분석에서는 ‘의사표현 및 의견 조정’ 과 관련해 ‘나는 나의 생각과 의견을 표현할 때 타당한 근거를 논리적으로 제시할 수 있다’ 는 문항에 대해 사전검사에서는 응답자 중 21.2%만이 그렇다고 답했으나, 사후검사에서는 65.9%가 긍정적으로 답하였다. 또한 ‘적극적 청취’ 와 관련해 ‘나는 상대방의 이야기에 담겨있는 의도를 파악하기 위해 귀를 기울인다’ 는 문항에 대해 사전검사에서는 50.5%가 그렇다고 응답하였고, 사후검사에는 76.9%로 높게 나타났다.

의사소통능력의 하위 요소인 ‘의사표현 및 의견 조정’ 은 사후검사 평균 3.403점, 사후검사 평균 4.039점이었고, ‘적극적 청취’ 는 사전검사 평균 3.819점, 사후검사 평균 4.044점으로 모두 사후검사가 더 높아진 것으로 나타났다. 사전검사와 사후검사 간 t검정 결과 의사소통능력은 사후검사에서 유의미하게 향상되었다. 또한 의사소통능력의 하위 요소인 ‘의사표현 및 의견 조정’ 과 ‘적극적 청취’ 에서도 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($p < .001$). 선행 연구[15]에서는 SSI논증 프로그램이 예비 생물교사들의 의사소통능력 향상에 효과적임을 제시한 바 있다. 특히 본 연구에서는 SSI논증 활동 결과물과 조사 자료 등을 학내 인트라넷 수업게시판에 업로드해 공유하도록 하였다. 또한 논증글쓰기 결과물에 대해서는 동료평가를 실시하였다. 선행 연구[26]에서는 SSI활용 수업이 대학생의 공감능력 향상에 효과적임을 제시하였다. 본 연구에서 ‘의사표현 및 의견 조정’ 영역은 타인과의 의사소통 과정에서 공감을 바탕으로 한 이해한다는 점에서 선행 연구와 유사한 맥락으로 해석될 수 있다.

[표 8] 의사소통능력에 대한 t검정 결과

[Table 8] The Result of t-test on Communication Ability

영역	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
의사표현 및 의견 조정	3.403	.389	4.039	.494	-31.671	.000
적극적 청취	3.755	.484	4.363	.561	-39.821	.000
의사소통능력	3.554	.389	4.177	.479	-41.380	.000

4. 결론

본 연구는 예비 과학교사들을 대상으로 SSI 수업을 실시하고, 이 수업이 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량에 미치는 영향을 살펴보는 것이다. 이를 위해 91명의 예비 과학교사들을 대상으로 7차시에 걸쳐 SSI 수업을 진행하였다. SSI 수업은 SSI에 대한 개념과 다양한 영역에서의 SSI 상황을 제시하고, 과학적 소양 및 과학 핵심역량과 SSI 교육의 관계 등에 대한 강의로 구성되었다. 또한 두 차례에 걸쳐 SSI 주제에 대한 예비 과학교사의 자료 조사 활동이 이루어졌고, 조사한 자료들을 활용해 논증글쓰기가 이루어졌다. 또한 이 수업에서는 논증글쓰기에 대한 예비 과학교사들의 기본적인 이해를

습기 위해 Toulmin의 논증 요소에 대한 자료를 제공하였다. SSI 수업을 실시하기 전에 과학기술사회 시민역량을 알아보기 위한 사전검사를 실시하였고, SSI 수업을 모두 마친 후 사후검사가 이루어졌다. 이 연구의 결과를 바탕으로 결론을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량에 대한 사전 사후검사 결과 간 대응표본 t검정을 실시한 결과 사후검사 결과가 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다($p < .001$). 이와 같은 결과는 SSI 수업이 예비 과학교사들의 과학기술사회 시민역량 신장에 긍정적인 영향을 미쳤음을 보여주는 것이다.

둘째, 과학기술사회 시민역량의 영역별로 t검정을 실시한 결과 협업능력은 사전검사가 더 높게 나타났다. 협업능력의 하위 요소인 협업을 위한 노력과 협업에 대한 가치 인식에서도 사전검사가 더 높게 나타났다. 이 결과로부터 SSI 수업이 예비 과학교사들의 협업능력 향상에는 효과적이지 않음을 알 수 있다.

셋째, 과학기술사회 시민역량의 영역들 중 정보기술 및 미디어 활용 능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력은 사후검사에서 유의미한 향상을 나타내었다. 정보기술 및 미디어 활용 능력 하위 요소인 자료 수집 및 관리, 정보 교환과 비판적 사고력과 문제해결력의 하위 요소인 비판적 문제해결력, 초인지적 사고에서도 유의미한 차이가 나타났다. 또한 의사소통능력의 하위 요소인 의사표현 및 의견조정과 적극적 청취에서도 사후검사 결과가 유의미하게 높았다. 이와 같은 결과는 SSI 수업이 예비 과학교사들의 정보기술 및 미디어 활용 능력, 비판적 사고력과 문제해결력, 의사소통능력 향상에 효과적임을 나타내고 있다.

5. 시사점

본 연구의 결과를 토대로 볼 때 몇 가지 시사점을 도출할 수 있다. SSI의 개념과 예시 등을 설명하고, SSI 자료 조사 활동과 이를 활용한 논증글쓰기로 구성된 SSI 수업이 예비 과학교사의 과학기술사회 시민역량 향상에 긍정적인 영향을 미쳤음을 시사하고 있다. 과학기술사회 시민역량은 미래 사회의 구성원으로서 갖추어야 할 문제해결력, 의사소통력 등을 포괄하는 것으로, 선행 연구들[12][15]에서는 SSI 교육이 이러한 역량 함양에 효과적임을 주장하였다. 본 연구의 결과도 이와 유사한 양상을 보여주는 것이다.

그러나 협업능력에서 사전검사결과가 더 높게 나타난 것은 SSI 수업을 진행하는 과정에서 코로나 19 유행에 따른 사회적 거리두기 지침로 인해 모둠활동을 진행하지 못했기 때문에 예비 과학교사들이 협업에 대한 가치 인식 등의 측면에서 향상된 결과를 나타내지 못한 것으로 판단된다. 과학기술 관련 사회적 쟁점들은 다양한 관점에 따른 해석과 이해관계가 얽혀있기 때문에 이를 학습할 때 모둠 구성원들 간의 의견 조정, 자료의 취사선택 등에 대한 논의 등이 필수적으로 요구된다[27][28]. 본 연구의 결과에 비추어 볼 때 SSI 수업을 실시할 때 조사, 토론 등의 과정에서 모둠활동을 활용할 수 있는 다양한 방안을 모색할 필요가 있을 것이다.

SSI 수업을 통해 예비 과학교사들은 스마트폰 등을 활용해 스스로 자료 조사 및 취사선택하는 활동을 수행하였고, 이를 토대로 SSI 논증 글쓰기를 실시하였다. 이와 같은 학습 활동이 정보기술 및 미디어 활용 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 특히 2015 개정 과학교육과정에서는 SSI에 대한 토론과 글쓰기를 통해 과학적 사고력과 과학적 의사소통력 등을 함양하도록 강조하고 있다[11]. 본 연구의 결과는 SSI 수업을 통해 논증글쓰기를 실시하고, 그 결과물에 대한 동료평가를 진행한 것이 예비

과학교사들의 의사소통능력과 초인지적 사고 등을 높이는 데 효과적임을 시사하고 있다.

과학기술사회 시민역량은 과학기술 사회의 구성원 모두에게 필요한 역량일 뿐만 아니라 과학교육의 중요한 지향점인 과학적 소양 및 과학 핵심역량 함양과 밀접한 관련이 있으므로 예비 교사 교육과정에 SSI를 활용한 교수-학습활동을 적용하는 후속 연구를 고려할 필요가 있다. 선행 연구들[29][30]에서 나타난 바와 같이 교사양성 교육과정에서 SSI 교육을 도입하는 것은 향후 예비 교사들이 교육 현장에 진출했을 때 SSI 교수 활동에 대한 인식을 높이는 데에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 SSI 교육의 대상을 확대하는 방안에 대해 검토할 필요가 있을 것이다. 또한 SSI 교육을 실시할 때 활용할 수 있는 다양한 교수-학습 전략에 대한 논의가 요구된다. 모둠 구성과 그에 따른 학습 형태, 토론, 논증글쓰기 등 다양한 전략들을 효과적으로 활용할 수 있는 방안에 대한 후속 연구도 필요하다고 판단된다. 선행 연구[20]에서 지적한 바와 같이 제한된 시간 내에 이루어지는 토론 등의 활동이 교수자와 학습자 모두에게 부담으로 작용할 수 있으므로 다양한 교수-학습 전략을 어떻게 SSI 수업에서 도입해야 하는지에 대한 다각적인 검토가 이루어야 할 것이다. 특히 SSI 수업을 진행하는 과정에서 SSI 관련 다양한 정보를 수집하고 활용하기 위해서는 여러 매체와 인터넷 환경 등이 갖추어져야 한다. 그러므로 현재 일부 교원양성기관을 중심으로 구축되어있는 미래교육센터 등의 시설을 적극적으로 활용하는 방안 등에 대한 검토가 필요하다.

References

- [1] Y. H. Lee, J. Yoon, An analysis of undergraduate students' perceptions and practical capabilities on citizen participation in social issues of science and technology, *Journal of Korean Association for Science Education*, (2017), Vol.37, No.4, pp.637-650.
DOI: <https://doi.org/10.14697/jkase.2017.37.4.637>
- [2] H. Chung, S. Ryu, A case study on the relationship between characteristics of SSI teachers' community and development of teacher expertise, *Journal of Korean Association for Science Education*, (2018), Vol.38, No.3, pp.431-440.
DOI: <https://doi.org/10.14697/jkase.2018.38.3.431>
- [3] D. L. Zeidler, T. D. Sadler, M. L. Simmons, E. V. Howes, Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, (2005), Vol.89, No.3, pp.357-377.
DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20048>
- [4] H. B. Kim, J. Y. Park, Pre-service elementary school teachers' perceptual changes on STS through small group discussions in the general biology course, *Journal of the College of Education*, (2008), Vol.72, pp.77-100.
Available from: <https://hdl.handle.net/10371/72726>
- [5] H. Lee, Y. Choi, Y. Ko, Effects of collective intelligence-based SSI instruction on promoting middle school students' key competencies as citizens, *Journal of Korean Association for Science Education*, (2015), Vol.35, No.3, pp.431-442.
DOI: <https://doi.org/10.14697/jkase.2015.35.3.0431>
- [6] K. H. Kang, Analysis of argument structure presented in pre-service biology teachers' writing on Socio-Scientific Issue , *Biology Education*, (2018), Vol.46, No.1, pp.55-62.
DOI: <https://doi.org/10.15717/bioedu.2018.46.1.55>
- [7] OECD, Definition and selection of key competencies: executive, Paris: OECD, (2005)
Available from: <http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf>
- [8] National Research Council, A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideals. Washington, DC: National Academy Press, (2012)
- [9] K. Choi, H. Lee, N. Shin, S. W. Kim, J. Krajcik, Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st

- century, *Journal of Research in Science Teaching*, (2011), Vol.48, No.6, pp.690-697.
DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20424>
- [10] K. Mun, H. Lee, S. W. Kim, K. Choi, S. Y. Choi, J. S. Krajcik, Cross-cultural comparison of perceptions on the global scientific literacy with Australian, Chinese, and Korean middle school students, *International Journal of Science and Mathematics Education*, (2015), Vol.13, pp.437-465.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9492-y>
- [11] Ministry of Education, 2015 Revised Science Curriculum 2015-74, Ministry of Education, (2015)
- [12] D. Park, Y. Ko, H. Lee, Flipped learning in Socioscientific Issues instruction: Its impact on middle school students' key competencies and character development as citizens, *Journal of Korean Association for Science Education*, (2018), Vol.38, No.4, pp.467-480.
DOI: <https://doi.org/10.14697/jkase.2018.38.4.467>
- [13] D. L. Zeidler, S. M. Applebaum, T. D. Sadler, Enacting a Socioscientific Issues classroom: Transformative transformations, *Socio-scientific Issues in the Classroom*, (2011), Vol.39.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-1159-4_16
- [14] T. D. Sadler, Informal reasoning socioscientific issues: A critical review of research, *Journal of Research in Science Teaching*, (2004), Vol.41, No.5, pp.513-536.
DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- [15] S. Y. Kim, The effects of SSI Argumentation program on the preservice biology teachers' decision-making types and communication, *Journal of Science Education*, (2018), Vol.42, No.1, pp.12-26.
DOI: <https://doi.org/10.21796/jse.2018.42.1.12>
- [16] Y. Chung, J. Yoo, S. W. Kim, H. Lee, D. L. Zeidler, Enhancing student's communication skills in the science classroom through socioscientific issues, *International Journal of Science and Mathematics Education*, (2016), Vol.14, pp.1-27.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9557-6>
- [17] S. R. Fowler, D. L. Zeidler, T. D. Sadler, Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school science students, *International Journal of Science Education*, (2009), Vol.31, No.2, pp.279-296.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690701787909>
- [18] E. Jeong, T. Ku, The effect and recognition of investigating and presenting socioscientific Issues by the preservice science teachers in college biology course, *Biology Education*, (2019), Vol.47, No.2, pp.223-235.
DOI: <https://doi.org/10.15717/bioedu.2019.47.2.223>
- [19] H. Lee, Conceptualization of an SSI-PCK framework for teaching socioscientific issues, *Journal of Korean Association for Science Education*, (2016), Vol.36, No.4, pp.539-550.
DOI: <https://doi.org/10.14697/jkase.2016.36.4.0539>
- [20] D. S. Gray, T. Bryce, Socio-scientific issues in science education: Implications for the professional development of teachers, *Cambridge Journal of Education*, (2006), Vol.36, No.2, pp.171-192.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03057640600718489>
- [21] H. M. Kim, K. H. Kang, Analysis on changes of argumentation level and structure presented in pre-service biology teachers' SSI(Socio-Scientific Issues) writing, *Biology Education*, (2021), Vol.49, No.2, pp.195-204.
DOI: <https://doi.org/10.15717/bioedu.2021.49.2.195>
- [22] H. Hur, K. Lim, J. Seo, Y. Kim, Modeling of 21st century learner competencies and 21st century teacher competencies, *Korea Education & Research Information Service*, pp.1-111, (2011)
- [24] J. H. Kang, J. Chun, Analysis of resistance and learning types on SSI discussions through collaborative knowledge building of pre-service elementary teachers, *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, (2018), Vol.18, No.16, pp.129-147.
DOI: <https://doi.org/10.22251/jlcci.2018.18.16.129>
- [25] M. Kim, Peer assessment as a learning method: The effects of assessor and assessee's roles on metacognition, performance, and motivation, *Journal of Educational Technology*, (2005), Vol.21, No.4, pp.1-28.
UCI: G704-000394.2005.21.4.004

- [26] Y. Ko, H. Lee, Comparison of the effects of socioscientific issues instruction on promoting college students' character and values: Based on idiocentrism and allocentrism, *Journal of Korean Association for Science Education*, (2017), Vol.37, No.3, pp.395-405.
DOI: <https://doi.org/10.14697/jkase.2017.37.3.395>
- [27] T. D. Sadler, Moral sensitivity and its contribution to the resolution of socio-scientific issues, *Journal of Moral Education*, (2004), Vol.33, No.3, pp.339-358.
DOI: <https://doi.org/10.1080/0305724042000733091>
- [28] T. D. Sadler, D. L. Zeidler, The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues, *Science Education*, (2005), Vol.89, No.1, pp.71-93.
DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20023>
- [29] S. Kwon, H. Lee, Effects of a SSI teacher education program (SSI-TEP) on promoting pre-service science teachers' understanding and competencies of SSI teaching, *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, (2018), Vol.18, No.21, pp.211-236.
DOI: <https://doi.org/10.22251/jlcci.2018.18.21.211>
- [30] H. Lee, H. Jang, Enlargement of pre-service science teachers' understanding of SSI teaching through a teacher education program, *Journal of Research in Curriculum Instruction*, (2011), Vol.15, No.4, pp.913-932.
DOI: <https://doi.org/10.24231/rici.2011.15.4.913>