

시스템 사고가 고등학생의 과학 자기 효능감에 미치는 영향

이현동 · 이효녕*

경북대학교 지구과학교육과, 41566, 대구광역시 북구 대학로 80

Effects of Systems Thinking on High School Students' Science Self-Efficacy

Hyundong Lee and Hyonyong Lee*

Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Abstract: The purpose of this study is to investigate the effects of systems thinking on high school students' self-regulatory efficacy and self-confidence that constitute science self-efficacy. We set self-regulatory efficacy as a factor of students' systems thinking affects their self-confidence on science through self-regulatory efficacy. A total of 210 students were sampled from general high schools and 188 valid cases were analyzed. The instrument has 39 items that consist of 20 items measuring systems thinking and 19 items of science self-efficacy. The result of the exploratory factor analysis indicated that 20 items for systems thinking, 8 items for self-regulatory efficacy, 4 items for self-confidence are reasonable. Testing the goodness of fit of a structural equation model, it turn out to be appropriate ($\chi^2=344.498$, $df=242$, $TLI=.921$, $RMSEA=.044$) using 24 items (mental model, personal mastery, systems analysis, self-regulatory efficacy, and self-confidence were constructed). In addition, the mental model, which is one factor of systems thinking, is mediated by self-regulatory efficacy that affects self-confidence directly and/or indirectly. The results suggest that systems thinking affects science self-efficacy directly and indirectly. Utilizing systems thinking in science education can produce a theoretical basis in improving students' confidence and self-efficacy about science.

Keywords: systems thinking, self-regulatory efficacy, self-confidence, science self-efficacy

요약: 이 연구의 목적은 고등학생의 시스템 사고가 과학 자기 효능감을 구성하는 요인인 자기 조절 효능감과 과학에 대한 자신감에 어떤 영향을 미치는가를 분석하는 것이다. 고등학생의 과학 자기 효능감에 영향을 미치는 요인으로 시스템 사고를 설정하고, 시스템 사고가 자기 조절 효능감을 매개로 과학에 대한 자신감에 영향을 미친다는 가설을 설정하였다. 광역시 소재 일반계 고등학교 2학년 중 이공계열로 진학하고자 하는 학생 210명을 대상으로 시스템 사고 검사 도구 20문항과 과학 자기 효능감 검사 도구 중에서 자기 조절 효능감을 알아보는 11문항과 자신감을 알아보는 8문항, 총 39문항을 투입하였으며 성실하지 못한 응답지 22부를 제외한 188부를 분석하였다. 탐색적 요인 분석 결과 시스템 사고 검사 도구는 20문항이 모두 의도한 요인에 적합한 결과가 나왔으며, 자기 조절 효능감은 8문항이, 자신감은 4문항이 적합한 결과가 나왔다. 구조 방정식 모델을 통한 모델 적합도를 살펴본 결과 시스템 사고 5개 요인 중 학생 개인의 사고과정을 살펴보는 시스템 분석, 개인숙련, 정신모델 3개 요인이 자기 조절 효능감 및 자신감에 영향을 주는 모델의 적합도가 가장 높은 적합도를 보여주었다($\chi^2=344.498$, $df=242$, $TLI=.921$, $RMSEA=.044$). 또한 시스템 분석, 개인숙련, 정신모델 중 시스템 분석과 정신모델이 직·간접적으로 과학에 대한 자신감에 영향을 미치고 있었으며, 정신모델의 경우 자기 조절 효능감을 매개로 하여 자신감에 영향을 미친다는 결과를 도출할 수 있었다. 연구에서 도출된 결과를

*Corresponding author: hlee@knu.ac.kr

Tel: +82-53-950-5917

Fax: +82-53-950-5946

토대로 시스템 사고가 과학 학습의 정의적 영역에 미치는 영향을 알 수 있었으며, 또한 시스템 사고를 활용한 과학 학습에 대하여 구체적인 이론적 근거를 제시할 수 있을 것이다.

주요어: 시스템 사고, 자기 조절 효능감, 자신감, 과학 자기 효능감

서론

시스템 사고(Systems Thinking)는 시스템을 구성하는 하위 요소 사이의 상호작용을 직관적으로 인식하고, 이를 통해 학습한 개념(원리, 현상 등)들 사이의 관계를 인식할 수 있는 능력이다(Lee et al., 2013; Senge, 2006). 이러한 시스템 사고는 고등학생들이 학습 활동에 있어서 학생들의 사고의 폭이나 깊이를 확장시킬 수 있다(Kim et al., 2006). 아울러 환경 소양과 상관관계를 가지고 있는 시스템 사고를 지속 가능한 발전 교육에서 적용할 필요가 있다(Han and Jo, 2015). 최근까지 시스템 사고의 변화를 알아보기 위한 연구가 지속되고 있고 이러한 연구는 주로 질적 연구 방법을 토대로 그 결과를 분석하는 경우가 많다(Maeng et al., 2014; Oh et al., 2015; Park and Chung, 2014; Seo et al., 2014). 시스템 사고 분석을 위한 질적 연구는 Ben-Zvi-Assarf(2005a, 2005b)의 연구에서 활용된 여러 가지 질적 도구를 활용한 방법을 우리나라의 실정에 맞게 수정하여 2000년 중반부터 과학 교육에서 연구가 진행되어 왔다(Lee et al., 2011). 이후 이와 같은 연구 방법의 한계점이 지적되면서 다른 문항 개발이나 각 학습에 적합한 질적 도구를 연구에서 개발하여 사용하고 있다(Maeng et al., 2014).

질적 연구 방법은 학생들의 시스템 사고 변화를 다양한 증거 자료나 면담으로부터 연구자가 직접 해석한다. 그리고 연구 결과의 타당성을 확보하기 위하여 다른 연구자 1인 이상이 자료 분석에 참여하여 그 결과를 서로 비교하여 결과를 도출한다(Im and Lee, 2014; Lee et al., 2011). 질적 연구의 타당도를 높이기 위하여 다양한 방식으로 정량적 자료를 도입하여 연구 결과에 함께 제시하는 경우도 있다(Ben-Zvi-Assarf, 2005a). 그러나 이러한 질적 연구의 결과를 지지하는 정량적 결과를 위해서는 타당화를 거치지 않은 검사지나 설문지를 이용할 경우 그 연구 결과의 설득력은 낮아질 수 밖에 없다(Lee et al., 2013).

시스템 사고에서 질적 연구 결과를 지지하고 나아가 시스템 사고에 대한 유의미한 정량적 결과를 얻

기 위하여 시스템 사고 검사 도구(Lee et al., 2013)가 개발되었으며 2회 이상의 타당화 연구를 통해 개발한 검사지의 타당성을 검증하였다(Lee and Lee, 2013; Park and Lee, 2014; Jeon and Lee, 2015). 그리고 시스템 사고와 환경에 대한 소양을 비교해보는 사회학 연구에서도 시스템 사고를 측정하기 위한 검사 도구로 사용되어 개발한 시스템 사고 검사 도구의 신뢰도가 검증되었다(Han and Jo, 2015).

지금까지 과학교육과 관련된 시스템 사고의 변화를 알아보는 연구에서 공통적인 연구 결과는 시스템 사고 향상을 위한 프로그램 또는 수업 활동을 학생들에게 투입하였을 때, 시스템 사고가 통계적으로 유의미하게 향상된다는 결과가 나타났다(Im and Lee, 2014; Kwon et al., 2011; Lee et al., 2011; Maeng et al., 2014; Moon et al., 2004, 2007; Oh et al., 2015; Park and Chung, 2014; Seo et al., 2014). 그러나 질적, 양적, 혼합 연구를 통한 결과에서 시스템 사고의 향상이 분명 학생들에게 긍정적인 영향을 미치고 있음은 여러 연구를 통해 확인되고 있다. 최근 Park(2014)의 연구에서 시스템 사고를 기반으로 개발한 융합인재 교육 프로그램을 실시한 후 시스템 사고와 과학 자기 효능감(Science Self-Efficacy)의 변화를 측정하였을 때, 시스템 사고와 과학 자기 효능감의 요인 중 자기 조절 효능감과 자신감에서 유의미한 변화가 나타났음을 보고하였다. 또한 Jeon and Lee(2015)의 연구에서도 시스템 사고를 기반으로 개발한 프로그램의 전 후에 학생들이 보여준 시스템 사고 양적 도구와 질적 도구의 분석 결과 모두 유의미한 차이가 있음을 검증하였다. 그러나 과학과 관련한 정의적 특성과 시스템 사고가 각각의 유의미한 향상은 제시되었으나, 어떠한 과정을 통해 학생들에게 긍정적인 영향을 미치는지 구체적인 경로를 분석하기에는 한계가 있다.

교육심리나 상담심리에서는 개인이 가지고 있는 여러 심리적인 요소들 사이에 직접 또는 간접적으로 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 또한 측정하고자 하는 구인에 대한 척도 또는 검사 도구를 이용하여 각 구인들 사이의

매개효과를 살펴봄으로서 그 영향을 검증하고 있다 (Seo, 2010). 과학교육에서도 과학과 관련된 정의적 요인들 사이에 직접 또는 간접적으로 미치는 영향을 살펴보고 정적 또는 부적인 영향을 미치는 요인들 사이에 관계를 살펴볼 필요가 있다. 또한 이러한 결과를 활용하여 과학교육에서 새로운 교육 프로그램의 개발이나 그 효과를 검증하는 연구에 있어서 매우 긍정적인 효과를 기대할 수 있으며 연구 결과의 설득력이 더욱 향상될 수 있다. 그러므로 이 연구에서는 시스템 사고와 자기 조절 효능감, 자신감 사이의 상관관계 및 매개효과를 검증해 봄으로써 시스템 사고가 과학과 관련한 정의적 영역에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고자 한다.

시스템 사고와 과학 자기 효능감 검사 도구

1) 시스템 사고 검사 도구

시스템 사고는 여러 가지 개념에 대하여 학습할 때, 관련된 개념을 자신의 사고 안에 개별적으로 분절된 지식으로 학습하는 것이 아니라 다양한 지식의 통합 활동을 통해 개념들 사이의 상호작용을 파악하고 이를 통해 효과적으로 학습할 수 있는 사고 능력이다(Lee et al., 2013). 이러한 시스템 사고는 시스템 분석(Systems Analysis), 정신 모델(Mental Model), 개인 숙련(Personal Mastery), 팀 학습(Team Learning), 공유 비전(Shared Vision) 총 5개의 하위 요인으로 구성되어 있다(Lee et al., 2013; Senge, 1996, 2006, 2012). 이 연구에서도 위 연구 결과를 기반으로 제작된 시스템 사고 검사 도구를 활용하여 학생들의 시스템 사고를 정량적으로 분석하였다.

시스템 사고 검사 도구를 구성하고 있는 5개 하위 요소에 대한 내용은 다음과 같다.

‘시스템 분석’은 전체 시스템 사고 중 직관적인 시각을 통해 시스템 전체를 파악하는 능력이다. 시스템을 구성하는 각 요소들은 서로 상호작용하며 피드백을 하고 있다는 것을 파악하는 것이 핵심이다(Senge, 1996, 2006, 2012). 주어진 문제에 대하여 다양한 상황들을 고려할 줄 아는 능력을 묻는 문항으로 구성되어 있으며 각 문항들 간의 내적 일치도는 .762이다.

둘째, ‘개인 숙련’은 개인이 주어진 환경과 지속적인 상호작용을 하며 발전해 나가는 능력이다(Meadows, 2008; O'Connor and McDermott, 1997; Virginia and

Lauren, 1997). 즉, 시스템 사고를 통해 개인이 꾸준히 주변 환경과 상호작용하며 또한 자신의 목표 달성을 추구하기 위해 실패에서 오는 여러 가지 경험을 피드백을 통해 개인의 능력이 향상되는 것을 묻는 문항으로 구성되어 있다. 각 문항들 간의 내적 일치도는 .713이다.

셋째, ‘정신 모델’은 학습자가 배우는 많은 개념들이 항상 현실에서 변화하고 있음을 인식하는 것이다(O'Connor and McDermott, 1997). 학생들의 사고 안에서 개념이 받아들여졌을 때 학생들이 가지고 있었던 사고와 상호작용하여 학생들의 사고가 끊임없이 변화해 나가고 있는 것을 묻는 문항으로 구성되어 있다. 각 문항들 간의 내적 일치도는 .708이다.

넷째, 개개인이 가지고 추구하는 비전을 바탕으로 앞으로 나아가야 할 방향에 대해 조직의 리더가 제시하고 공유되는 목표가 ‘공유 비전’이다(Senge, 1996, 2006, 2012). 시스템 사고는 개인뿐만 아니라 개인이 속한 모둠의 목표의 설정 및 목표 달성을 추구한다. 모둠에 속한 개개인의 비전에서 공통점을 찾아내고 이를 하나로 정렬하여 집단의 목표를 설정하고 집단의 목표 달성을 위해 노력하는 과정을 묻는 문항으로 구성되어 있다. 각 문항들 간의 내적 일치도는 .764이다.

마지막 ‘팀 학습’은 모둠을 구성하는 개개인의 능력이 서로 상호작용하여 어떤 과제의 성공적인 성취를 이끌어 내는 것이다(Meadows, 2008; Senge, 1996, 2006, 2012). 모둠 내 구성원의 협력이 효과적으로 이루어진다면 개개인의 능력의 합보다 더 뛰어난 모둠의 성취를 얻을 수 있다. 팀 학습은 많은 훈련과 연습을 통해 개개인이 서로 협력하는 방법을 익히고 이를 통해 집단의 목표 달성을 더욱 효과적으로 이룰 수 있도록 만드는 능력을 묻는 문항으로 구성되어 있다. 각 문항들 사이의 내적 일치도는 .745이다.

위의 5가지 하위 요인을 바탕으로 제작된 시스템 사고 검사 도구를 활용하여 과학 자기 효능감의 하위 요인인 자기 조절 효능감과 자신감 사이의 관계를 알아보려고 하였다.

2) 과학 자기 효능감 검사 도구

과학 자기 효능감은 Bandura의 자기 효능감에 근거하여 이를 과학에서의 자기 효능감으로 변환하여 사용한 Tark(2011)의 연구를 기반으로 하였다. 과학 자기 효능감은 과학 교과를 학습함에 있어서 어떤

결과를 얻기 위해 학습자가 성공적으로 수행하는 활동에 대한 신념으로 볼 수 있다(Park, 2014; Tark, 2011). 과학 자기 효능감이 높은 학생은 과학과 관련된 활동에 적극적으로 참여하고 성공적인 과제 수행을 위해 끊임없이 노력하며 문제에 부딪혔을 때, 자신의 심리를 조절하여 정서적 안정을 유지할 수 있다(Tark, 2011).

과학 자기 효능감 중 자기 조절 효능감과 자신감이 시스템 사고를 기반으로 구성된 융합인재교육 프로그램의 투입 전과 후에 유의미한 차이가 나타났음이 문헌 연구를 통해 알 수 있었다(Park, 2014). 시스템 사고 또한 프로그램 투입 전과 후에 유의미한 차이가 나타났으므로 두 요인 사이에 영향이 있음을 가정할 수 있으며 이를 검증한다면 시스템 사고의 향상이 과학과 관련한 정의적 능력에 영향을 주고 있음을 증명하고, 나아가 시스템 사고의 향상이 학생들이 과학을 학습하는데 분명한 영향을 주고 있음을 통계적으로 검증할 수 있다.

그래서 이 연구에서는 시스템 사고가 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 준다는 모델을 설정하고 시스템 사고의 어느 하위 요소의 변화가 자기 조절 효능감과 자신감의 변화에 효과를 미치는지 검증하고자 한다. 즉, 시스템 사고가 자기 조절 효능감을 매개변인으로 하여 자신감에 직접 또는 간접적으로 미치는 효과를 살펴보고자 하는 것이다. 이 연구를 통해 과학 교육에서 시스템 사고가 과학의 정의적 영역에 미치는 영향을 정량적으로 지지하는 것을 탐색할 수 있으며 앞으로 과학 교육과 관련한 연구와 학교 현장의 교육에 시스템 사고의 중요성을 강조할 수 있다. 그리고 수업에서 시스템 사고를 향상시키는 전략을 통해 학생들이 과학에 대한 자신감을 향상시킬 수 있다는 것을 의미한다.

위와 같은 결과를 얻기 위하여 아래의 연구 가설을 설정하였다.

첫째, 시스템 사고는 자기 조절 효능감과 자신감과 직접, 간접 효과를 미친다.

둘째, 시스템 사고는 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 정적인 영향을 미친다.

연구 방법 및 절차

연구 대상

이 연구의 대상은 광역시 소재 일반계 고등학교 2

학년 자연공학계열 학생 210명을 대상으로 시스템 사고 검사 도구(Lee et al., 2013) 20문항과 과학 자기 효능감 검사 도구 중 자기 조절 효능감과 자신감(Tark, 2011)에 관한 19문항을 투입하여 검사를 실시하였다. 연구 대상 중 남학생은 131명(62.3%), 여학생은 79명(37.7%)로 남학생의 비율이 높았지만 남학생과 여학생의 시스템 사고 차이를 잠재평균비교를 통해 살펴본 Lee(2014)의 연구에서 두 집단의 유의미한 차이가 없었다는 결과를 반영하여 연구를 진행하였다. 학생들은 과학 학업 성취도 분포는 1~9등급까지 정규분포를 나타내는 집단으로 구성되어 있다. 검사 후 학생들이 응답한 검사지의 코딩 작업을 거치면서 목중 경향성을 보이는 검사지 또는 무성의하게 응답한 22명의 검사지가 검사 결과의 신뢰도와 타당도를 떨어뜨리는 검사지로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 일반계 고등학교 학생 188명의 검사 자료를 대상으로 그 결과를 분석하였다.

측정 도구

이 연구에서 활용한 시스템 사고 검사 도구는 Lee et al.(2013)이 개발한 검사지를 선정하였다. 이 검사지는 시스템 분석, 정신 모델, 개인 숙련, 팀 학습, 공유 비전의 5개 하위 요인으로 구성되어 시스템 사고를 측정하는 검사지로서 각 요인 별로 4문항씩 총 20문항으로 구성된다. 문항 응답은 Likert 5점 척도로 '전혀 그렇지 않다(1점)~'매우 그렇다(5점)'로 제시하였다. 이 설문지의 신뢰도는 $\alpha = .890$ 이며, 탐색적 요인분석을 실시하여 요인을 구성하는 4개 문항이 모두 각 요인에 적재되는지 Factor loading 값을 통해 타당도를 확보하였다. 시스템 사고를 구성하는 문항의 예시는 Table 1, 부록 1과 같다.

자기 조절 효능감과 자신감 검사 도구는 Kim and Park(2001)이 개발한 학업적 자기 효능감 검사지를 Tark(2011)이 수정하여 사용한 것을 적용하였다. 과학적 자기 효능감 검사지는 자기 조절 효능감, 자신감, 과제 곤란도 선호 총 3개의 요인으로 구성되어 있는데, 이중 연구의 가설에서 알아보고자 한 자기 조절 효능감과 자신감 두 요인의 문항을 검사에 이용하였다. 자기 조절 효능감은 11문항, 자신감은 8문항으로 구성되어 있으며, 문항 응답은 Likert 5점 척도로 '전혀 그렇지 않다(1점)~'매우 그렇다(5점)'로 제시하였다. 이 설문지의 신뢰도는 $\alpha = .904$ 이며, 탐색적 요인분석을 실시하여 요인을 구성하는 문항이 모두 하나

Table 1. systems thinking measuring instrument

Factors	Examples of Instrument
Systems Analysis (SA)	- When given a problem situation to be resolved, I take into account a variety of solutions. - When I have a problem, I try to identify problem situations from a variety of perspectives.
Mental Model (MM)	- I try to view in a newspaper or news from a critical perspective (TV, Internet, etc.). - If my results are not satisfactory, I try to take time for reflection.
Personal Mastery (PM)	- I make plans, taking into account the current situation. - The content of my study influences later academic and career decisions.
Team Learning (TL)	- When I contribute to team learning, I actively participate in the activities of the team. - When I study, I think that team learning (collaboration, discussion, and debate) is better than the lecture (description) type class.
Shared Vision (SV)	- When I engage in team learning, I am able to accept the opinions of other team members. - When I determine to do something, I tend to reflect on the opinions of others.

Table 2. science self-regulatory efficacy & self-confidence measuring instrument

Factor	Questionnaire Examples
Self-Regulatory Efficacy (SRE)	- I can easily connect what I already know and the newly learned in science class. - I have a method for storing a complex and difficult scientific information easily.
Self-Confidence (SC)	- When the presentation in science, I'm anxious seems to be a mistake.* - When teachers ask questions to all in science class, Even though I know the right answer does not answer.*

*: reverse respondence

의 요인에 적재되는지 Factor loading 값을 통해 문항의 타당도를 확보하였다. 자기 조절 효능감과 자신감을 구성하는 문항의 예시는 Table 2, 부록 1과 같다.

자료 수집 및 분석

자료 수집은 광역시 소재 일반계 고등학교 2학년 자연공학계열 학생 210명을 대상으로, 검사 도구가 포함된 설문지를 배부하고 20분간 작성 후 바로 회수하였다. 자료 수집 기간은 2015년 11월~12월 중이었으며 총 210부의 설문지를 회수하여 불성실한 응답을 하거나 검사 결과의 신뢰도에 영향을 줄 수 있는 검사지 22부를 제외한 188부를 분석에 활용하였다. 구조방정식 모형을 적용하여 모형의 적합도를 살펴보기 위해서는 최소한 150부 이상의 설문지가 필

요한데 188부는 이 기준을 만족하므로 결과 분석에 적합하다고 판단할 수 있다(Kim et al., 2009).

자료의 기본적인 처리와 분석은 SPSS 18.0을 활용하여 평균, 표준편차, 편포도, 첨도를 산출하였다. 시스템 사고 검사지와 자기 조절 효능감 및 자신감 검사지의 타당도 확보를 위해 탐색적 요인분석을 실시하여 문항이 해당하는 요인에 적재되는지 Factor loading 값을 살펴보았다.

그리고 Amos 20.0을 이용하여 시스템 사고의 5가지 요인 모두가 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 모델(model 1)과 시스템 사고의 개인 내적 부분에 해당하는 시스템 분석, 정신 모델, 개인 숙련이 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 모델(model 2)의 모형 적합도를 산출하였다(Fig. 1). 이는 과학의 정의적 요소에 해당하는

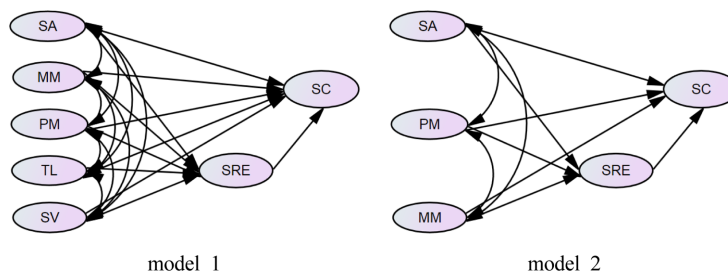


Figure 1. basic assumptions model 1, 2.

자기 조절 효능감과 자신감이 개발된 근거와 문헌 연구를 통해 살펴볼 때, 집단의 상호작용을 알아보는 시스템 사고의 요인인 팀 학습과 공유 비전과는 상관성이 낮게 나올 수 있다는 판단에 근거하여 두 경쟁 모델을 설정하고 비교해보고자 하였다.

두 모델의 모형 적합도를 통해 시스템 사고가 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 미치는 직접 또는 간접 효과를 구조방정식 모형 분석을 통해 살펴보았다.

연구 결과

검사 도구의 문항 분석, 타당도

이 연구에서 실시한 검사 도구로부터 설정한 인과 구조를 검증하기 위하여 검사 도구의 문항 분석, 타당도를 분석하였다. 이 연구의 잠재 변인은 시스템 사고의 5가지 요인, 자기 조절 효능감, 자신감이다. Table 3에서 측정 변인들의 기술통계치가 나타나 있다. 구조방정식 모형에서는 각 변인들의 정상분포 조건이 충족되지 않을 경우 왜곡된 결과가 도출될 수 있다. 구조방정식 모형에서의 정상분포 조건(편포도 < 2, 첨도 < 7)을 고려했을 때(Hong et al., 2003), 이 연구에서 사용한 변인들의 편포도와 첨도는 구조방정식 모형을 적용하는 데 필요한 정상분포 조건을 충족시키고 있다.

다음으로 검사 도구의 타당도를 검증하기 위하여 SPSS 18.0에서 탐색적 요인분석을 실시하였다. 시스템 사고 검사 도구의 경우 각 문항들이 의도한 요인에 모두 적재되는지 살펴보았다. Lee et al.(2013)과 Lee and Lee(2013)에서 타당화 연구를 통해 검사 도구의 타당도를 검증받았지만, 후속 연구로 검사 도구가 사용되면서 문항의 수정이나 검사 도구의 보완을 위하여 탐색적 요인분석을 통해 재타당도를 살펴보기 위한 목적도 있다. 분석방법으로는 사교회전(프로맥스)을 이용한 주축요인분석을 실시하였으며 그 결과 4개 문항씩 의도한 요인에 적절한 Factor loading값을 보여주며 적재되어 있음을 확인할 수 있었다(Table 4). 이 결과는 이전 타당화 연구의 결과와 일치하는 모습을 보여주고 있으며, 신뢰도의 경우 각 하위 요인별로 모두 Cronbach $\alpha > .7$ 이상이 나오는 것을 확인할 수 있다.

과학 자기 효능감을 측정하는 요인 중 자기 조절 효능감과 자신감에 대해서도 탐색적 요인 분석을 실

Table 3. mean, std., skew., sharp. of measuring questionnaire (N=188)

Factor	Number	Mean	Std.	Skew.	Sharp.
Mental Model	MM1	3.50	1.016	-.448	-.349
	MM2	3.29	.989	-.113	-.859
	MM3	3.28	1.211	-.137	-.941
	MM4	3.62	.848	-.559	.704
Personal Mastery	PM1	3.99	.770	-.700	.928
	PM2	3.77	.881	-.388	-.483
	PM3	3.76	1.046	-.740	.103
	PM4	3.82	.840	-.524	.399
Systems Analysis	SA1	3.71	.797	-.511	.618
	SA2	3.44	.949	-.267	-.328
	SA3	3.51	.868	-.338	.056
	SA4	3.55	.848	-.364	-.002
Team Learning	TL1	3.88	.819	-.725	.918
	TL2	3.74	.965	-.538	-.162
	TL3	3.14	1.032	.062	-.463
	TL4	3.60	1.077	-.420	-.640
Shared Vision	SV1	3.90	.771	-.745	1.406
	SV2	3.49	.978	-.366	-.419
	SV3	3.85	.752	-.661	1.379
	SV4	3.87	.752	-.768	1.613
Self-Regulatory Efficacy	SE1	3.97	.898	-.708	.279
	SE2	3.60	.923	-.429	-.127
	SE3	3.32	1.078	-.055	-.911
	SE5	3.76	.962	-.452	-.073
	SE6	3.25	1.032	.013	-.639
	SE7	3.49	.856	-.009	-.366
	SE10	3.71	.867	-.452	.107
Self-Confidence	SE11	3.65	.966	-.769	.526
	CF1	3.86	.979	-.724	.040
	CF2	3.86	1.021	-.742	-.033
	CF3	3.73	1.031	-.572	-.332
	CF4	3.80	1.055	-.552	-.559

시하여 그 결과를 살펴보았다. Tark(2011)의 연구에서 과학 자기 효능감 검사의 타당화 경우 탐색적 요인 분석과 같은 구인 타당도를 알아보는 분석을 실시하지 않고 내용 타당도를 중심으로 타당화를 실시하였다. 이에 문항들 사이에 다른 요인이 나타날 경우 구조방정식 모형에서 모형 적합도 수치가 낮아질 수 있으므로 요인 분석 결과를 통해 19문항 중 분석에 적절한 문항을 선별하기 위한 과정으로 이 요인 분석을 실시하였다. 요인 분석은 사교회전(프로맥스)을 활용한 주축 요인 분석을 실시하였으며 그 결과 값은 Table 5와 같다.

자기 조절 효능감의 경우 총 11문항, 자신감은 8문

Table 4. factor pattern coefficients of the exploratory factor analysis (systems thinking)

Factor	Number	Result of EFA		
		Factor loading	Cronbach α	
Mental Model	1	.809	.708	
	2	.672		
	3	.451		
	4	.368		
Personal Mastery	1	.737	.713	
	2	.689		
	3	.615		
	4	.302		
Team Learning	1	.910	.745	.890
	2	.731		
	3	.714		
	4	.381		
Systems Analysis	1	.849	.762	
	2	.673		
	3	.643		
	4	.474		
Shared Vision	1	.847	.764	
	2	.694		
	3	.615		
	4	.524		

Unweighted Least Square: MM-2.920, PM-4.021, TL-4.219, SA-5.295, SV-4.379

항으로 구성되어 있는 검사 도구이다. 자기 조절 효능감의 경우 8문항이 요인 1로, 나머지 3문항은 요인 2로 분석되었다. 이는 3개 문항이 다른 요인으로 학생들에게 받아들여진다는 것으로 해석될 수 있다. 그리고 자신감의 경우도 4개 문항씩 2개 요인으로 분석되었다. 그래서 이 연구에서는 더 큰 회전 제곱합 적재값을 가지고 신뢰도와 Factor loading 값이 더 높은 자기 조절 효능감 1번 요인 8문항과 자신감 1번 요인의 문항 4개를 구조방정식 모형 분석에 활용하는 것으로 결정하였다(Kim et al., 2009). 그리고 과학 자기 효능감을 구성하는 요인에 대한 연구도 진행될 필요성이 있다는 것을 타당도 검증을 통해 알 수 있다.

모형 적합도 검증

문항분석 및 타당도 분석을 통해 시스템 검사 도구와 자기 조절 효능감 및 자신감 검사 도구가 구조방정식 모형을 통한 분석에 적합함을 알 수 있었다. 시스템 사고 검사 도구의 5개 하위 요인에서 3개 하위 요인은 개인의 내적 특성을 나타내는 문항인 반

Table 5. factor pattern coefficients of the exploratory factor analysis (SRE & SC)

Factor	Number	Result of EFA					
		Factor loading	Cronbach α				
SRE1	1	.849	.867				
	2	.761					
	3	.749					
	5	.724					
	6	.543					
	7	.541					
	10	.509					
	11	.455					
	SRE2	4			.880	.839	.904
		8			.834		
		9			.508		
SC1	3	.925	.833				
	4	.858					
	5	.629					
	6	.579					
SC2	1	.806	.713				
	2	.708					
	7	.373					
	8	.363					

Unweighted Least Square: SRE1-5.806, SRE2-3.980, SC1-4.775, SA-5.295, SV-3.590

Table 6. model fit

	χ^2	df	CFI	TLI	RMSEA
Model 1	612.832	443	.924	.909	.042
Model 2	344.498	242	.936	.921	.044

면, 팀 학습과 공유 비전 2개 요인은 집단(모둠)내의 상호작용을 알아보는 요인이다. 개인의 내적 특성을 반영하는 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 대한 효과를 잘 보여주는가에 대하여 알아보기 위해 시스템 사고의 5개 요인 모두가 영향을 미치는 모델과 개인 내적 특성을 반영한 3개 요인이 영향을 미치는 모델의 경쟁 모형을 설정하였다(Fig. 1). 이 두 모형에 대하여 각각 Amos 20.0을 활용하여 모형 적합도를 분석한 결과는 Table 6과 같다.

두 모델 모두 모형 적합도 수치에서는 모두 적합한 모형임을 보여주고 있다(CFI, TLI > .9, RMSEA < .05). 두 모형을 비교한 경우, 5요인 모두 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 모델보다 3요인(시스템 분석, 정신 모델, 개인 숙련)이 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 모델이 더 높은 적합도 수치를 보여주었다. 이 연구에서는

시스템 사고를 구성하는 요인 중 개인의 내적 요인이 자기 조절 효능감과 자신감에 영향을 주는 상관관계 수치가 더 높게 나올 것으로 예상하고 Model 2를 선정하여 시스템 사고가 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 미치는 영향을 분석하였다.

매개효과의 검증

연구모형의 적합성이 검증되었기에 연구모형을 통해 추정된 경로계수를 통해 이 연구의 가설인 시스템 사고가 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 미치는 영향을 검증하였다. Table 7에 제시된 각 모수 추정치를 통해 시스템 분석, 개인 숙련, 정신 모델이 자기 조절 효능감 및 자신감과 통계적으로 유의미하게 정적인 관계를 지니는 것을 알 수 있다. 이를 통해 시스템 사고가 향상되면 자기 조절 효능감과 자신감이 증가한다는 것을 알 수 있다. 즉, 시스템 분석과 정신 모델이 향상되면 자기 조절 효능감도 증가하게 되고, 또한 자신감도 증가한다. 개인 숙련의 경우 자기 조절 효능감과 낮은 상관이 나왔지만 자신감과는 어느 정도 상관이 있다고 나왔으며, 정신 모델과 자기 조절 효능감 사이에는 매우 높은 상관을 보여주었다. 연구 결과를 통해 시스템 사고가 자신감으로 이어지는 데에 자기 조절 효능감을 매개로 한다는 결과를 도출할 수 있다.

Table 7. parameter estimates

Parameter	Estimates
Systems Analysis → Efficacy	.375(.274)**
Personal Mastery → Efficacy	.036(.025)
Mental model → Efficacy	.698(.614)***
Systems Analysis → Confidence	.243(.152)*
Personal Mastery → Confidence	.349(.207)**
Mental Model → Confidence	.423(.307)**
Efficacy → Confidence	.666(.572)***

Regression Weight (Std. Regression Weight)
 *p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 8. direct, indirect & total effect of variables

Independent Variables	Dependent Variables	Direct Effect	Indirect Effect	Total Effect
Systems Analysis	Efficacy	.274	.000	.274
	Confidence	.152	.250	.402
Personal Mastery	Efficacy	.025	.000	.025
	Confidence	.207	.024	.231
Mental Model	Efficacy	.614	.000	.614
	Confidence	.307	.196	.546
Efficacy	Confidence	.572	.000	.572

Table 8에서는 주요 변인들의 직접, 간접 및 총 효과를 볼 수 있다. 시스템 분석은 자기 조절 효능감과 직접 효과가 있었으며, 자신감과는 직접 및 간접 효과가 모두 있는 것으로 나타났다. 하지만 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 주는 영향은 미미하였다. 개인숙련의 경우 자신감과 직접효과가 있었다. 하지만 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 주는 영향은 미미하였다. 정신 모델의 경우 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 미치는 정도가 시스템 사고의 다른 두 요인보다 더 높게 나타남을 볼 수 있었다.

자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 경로계수가 .335(.614*.546)로 자기 조절 효능감을 매개하지 않고 영향을 주는 경로계수 .307보다 높으므로 정신 모델을 통해 자기 조절 효능감을 느끼고 그로 인해 과학적인 자신감을 가진다는 결과를 도출할 수 있다.

결론 및 제언

이 연구의 목적은 시스템 사고가 과학의 정의적 특성 중 하나인 과학 자기 효능감의 요인인 자기 조절 효능감을 매개로 과학적 자신감에 어떻게 영향을 주는지 알아보는 연구이다. 시스템 사고의 향상이 과학의 정의적 측면에 영향을 줄 것이라는 것은 지금까지의 질적 연구를 통해 예측하고 있었지만, 그 구체적인 영향의 정량적 분석은 지금까지 이루어지지 않고 있었다. 이 연구에서는 Park(2014)의 연구에서 분석된 결과를 토대로 시스템 사고 검사 도구와 과학 자기 효능감 검사 도구를 활용하여 그 관계를 정량적으로 분석하였으며 연구의 결과를 통해 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 검사 도구의 신뢰도와 타당도를 검증하기 위하여 각 검사지의 문항 분석 및 신뢰도, 타당도 분석

을 실시하였다. 시스템 사고 검사 도구 20문항에 대해서 Cronbach α 가 .890 (.708~.764)로 나타났으며, 문항 분석 결과 정상분포를 만족하고 있었다. 또한 타당도 검증을 위한 탐색적 요인분석에서도 각 문항들이 의도한 요인에 모두 .3이상의 Factor loading 값을 보여주며 적재되어 나왔다. 이 결과는 Lee et al. (2013)과 Lee and Lee(2013)에서 타당화한 시스템 사고 검사 도구의 결과와 일치하며 신뢰도의 경우 지난 연구들에 비하여 더 향상된 결과를 보여주었다.

과학 자기 효능감 검사 도구 중 자기 조절 효능감과 자신감을 측정하는 총 19문항에 대해서는 Cronbach α 가 .904(.713~.867)로 나타났으며, 문항 분석 결과 정상분포를 만족하고 있었다. 그러나 타당도 검증을 위한 탐색적 요인분석에서는 자기 조절 효능감과 자신감이 각각 2개의 요인으로 나뉘어진 결과가 도출되었다. 이는 과학 자기 효능감 검사지의 제작과정에서 구인 타당도 검증을 거치지 않고 내용 타당도 검증을 통해 검사지가 개발되면서 검사지의 내적 타당도 검증이 앞으로 더 필요할 것이라는 시사점을 제공하고 있다. 그래서 이 연구에서는 회전 제곱합 적재값이 더 큰 제 1요인에 포함된 문항을 활용하여 분석에 활용하였다. 자기 조절 효능감은 11문항 중 8문항이, 자신감은 8문항 중 4문항이 포함되었다.

둘째, 시스템 사고를 구성하는 요인들이 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 적합한 모형을 선택하고자 경쟁모형을 통해 그 적합도를 살펴보았다. 시스템 사고를 구성하는 5가지 요인 중 팀 학습과 공유 비전의 경우는 모듈(집단)의 상호작용을 통해 시스템 사고를 알아보는 문항이다. 자기 조절 효능감과 자신감의 경우 모두 개인의 내적 요인에 해당하므로 이 팀 학습과 공유 비전을 포함한 5가지 요인이 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 모델과 시스템 분석, 개인숙련, 정신모델 3개 요인이 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 모델을 경쟁모델로 정하고 모델 적합도를 살펴보았다.

그 결과 두 모델 모두 CFI, TLI, RMSEA 등 모델 적합도 수치에서 모두 적합한 수치를 보여주어 시스템 사고가 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 경로가 타당함을 보여주었다. 또한 매개효과 검증을 위해서 두 모델 중 모델 적합도 수치가 더 높은 시스템 사고의 3개 요인이 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 모델을 선정(χ^2

=344.498, df=242, TLI=.921, RMSEA=.044)하여 매개효과를 살펴보았다.

셋째, 시스템 분석, 개인 숙련, 정신 모델 3요인이 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 주는 경로를 분석한 결과, 정신 모델이 .335(.614*.546)로 자기 조절 효능감을 매개하지 않고 영향을 주는 경로계수 .307보다 높으므로 정신 모델을 통해 자기 조절 효능감을 느끼고 그로 인해 과학적 자신감을 가진다는 결과를 도출할 수 있었다. 시스템 분석은 자기 조절 효능감과 직접 효과가 있었으며, 자신감과 직접 및 간접효과가 모두 있는 것으로 나타났다. 하지만 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 주는 영향은 미미하였다. 개인숙련의 경우도 자신감과 직접효과가 있었지만 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 주는 영향은 미미하였다. 이를 통해 Park(2014)에서 융합인재교육 프로그램의 결과 향상된 시스템 사고와 자기 조절 효능감, 자신감이 정적인 상관을 가지고 향상된 결과를 보여주었다는 것을 지지할 수 있으며, 나아가 이 연구에서 제시한 모델이 타당하다는 것을 제시할 수 있다.

결론적으로, 시스템 사고는 자기 조절 효능감, 자신감과 정적인 상관을 보여주고 있으며 특히 정신 모델의 경우 과학의 정의적 영역인 자기 조절 효능감을 매개로 자신감에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 시스템 사고를 향상시키는 교육 프로그램이나 시스템 사고가 과학 교육에 긍정적인 영향을 주고 있다는 것은 많은 선행 연구들로부터 이끌어 낼 수 있으며, 나아가 지구계 교육에서 시스템 사고는 매우 밀접한 연관이 있으며 시스템 사고 향상을 통해 학생들의 과학에 대한 태도에 긍정적인 효과가 있다는 것을 정량적으로 검증하였다. 이 연구의 결과를 토대로 과학 교육에서 시스템 사고의 활용이 필요하다는 여러 선행 연구의 제언을 정량적으로 지지할 수 있음을 증명하였다(Im and Lee, 2014; Kwon et al., 2011; Lee et al., 2011; Maeng et al., 2014; Moon et al., 2004, 2007; Oh et al., 2015; Park and Chung, 2014; Seo et al., 2014).

이 연구는 시스템 사고 검사 도구와 과학 자기 효능감 검사 도구 사이의 매개효과를 봄으로써 과학 교육에서 시스템 사고의 영향을 정량적으로 검증하였다. 그 결과 두 요인 사이에 유의미한 상관성이 있다는 결과가 나타났다. 이 결과를 통해 과학과 관련한 교육 프로그램의 개발이나 교재의 개발에서 학생들의

정의적 영역에 해당하는 능력을 향상시키고자 할 때, 시스템 사고를 기반으로 한 프로그램 개발을 할 필요성이 있다. 특히 시스템 사고의 하위 요인인 정신 모델을 향상시키는 프로그램을 학생들에게 제공할 경우 과학과 관련한 자기 조절 효능감과 함께 자신감이 향상될 수 있다.

또한 과학과 관련된 정의적 영역을 측정하는 다양한 척도의 개발도 필요하다. 이미 개발되어 있는 척도들의 타당화 과정을 살펴보고 수정 및 보완이 필요한 척도의 경우 새롭게 수정하는 연구가 이루어져야 할 필요가 있다. 또한 필요한 경우 새로운 정의적 영역의 척도도 개발된다면 이미 개발된 과학의 다양한 정의적 영역들과의 상관과 영향력을 비교, 분석함으로써 앞으로의 과학 교육 방향에 대하여 중요한 시사점을 얻을 수 있을 것이다.

References

- Ben-zvi-Assaraf, O. and Orion, N., 2005a, A study of junior high students' perceptions of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53, 366-373.
- Ben-zvi-Assaraf, O. and Orion, N., 2005b, Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 518-560.
- Ben-zvi-Assaraf, O. and Orion, N., 2010a, System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 540-563.
- Ben-zvi-Assaraf, O. and Orion, N., 2010b, Four case studies, six years later: developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 1253-1280.
- Brosnan, T., 1990, *Categorizing macro and micro explanations of material change* (eds.), Relating macroscopic phenomena to microscopic particles. CD- β Press, CA, Holland, 198 p.
- Forrester, J.W., 1992, *System dynamics and learner centered learning in kindergarten through 12th grade education*. Cambridge, MA, UK, 13 p.
- Han, D. and Jo, E., 2015, A Study on the exploration of relationship between environmental literacy and systems thinking for sustainability education in Social Studies. *Social Studies Education*, 54, 65-83. (in Korean)
- Hill, D. and Redden, M., 1985, An investigation of the system concept. *School Science and Mathematics*, 85, 233-239.
- Hong, S., Malik, M. and Lee, M., 2003, Testing Configural, metric, scalar, and latent mean in variance across gender in sociotropy and autonomy using non-western sample. *Educational and Psychology Measurement*, 63, 636-654.
- Im, Y. and Lee, H., 2014, Development and Analysis of Effects of Writing Educational Program for Improving System Thinking Ability. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14, 407-427. (in Korean)
- Jeon, J., 2014, The development and application of STEAM education program based on systems thinking for the high school students. Unpublished M.E. thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea, 169 p.
- Jeon, J. and Lee, H., 2015, The Development and Application of STEAM Education Program based on Systems Thinking for High School Students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 1007-1018. (in Korean)
- Kim, J., Kim, M. and Hong, S., 2009, Articles written by structural equation modeling. *Communication Books*, MA, Korea, 239 p.
- Kali, Y., Orion, N., and Eylon, B-S., 2003, Effect of knowledge integration activities on students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 545-556.
- Kim, A. and Park, I., 2001, Construction and Validation of Academic Self-Efficacy Scale. *The Journal of Educational Research*, 39, 95-123. (in Korean)
- Kim, D.H., 1999, *Introduction to systems thinking*. Pegasus Communication, MA, USA, 16 p.
- Kim, D., 2004, *Systems thinking*. Sunhaksa, MA, Korea, 27 p.
- Kim, D., 2005, Introspective reflection on applying systems thinking: Toward an incremental systems thinking. *Journal of Institute of Governmental Studies*, 11, 63-85. (in Korean)
- Kim, D., Yi, M., Hong, Y. and Choi, H., 2006, Analysis of Thinking Expansion Effect as a Basis of Creativity through Systems Thinking Education. *Korean System Dynamics Society*, 7, 51-65. (in Korean)
- Kim, M. and Kim, B., 2002, A comparative study of the trends of current science education and the system thinking paradigm. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 22, 64-75. (in Korean)
- Kim, S., 2010, *Systems thinking and scenario planning*. CBNU Press, Cheongju, Korea, 404 p.
- Kwon, Y., Kim, W., Lee, H., Byun, J., and Lee, I., 2011, Analysis of biology teachers' systems thinking about ecosystem. *Journal of the Korean Society for Biology Education*, 39, 529-543. (in Korean)
- Lee, D., Oh, E., Kim, H., and Jeong, J., 2013, Analysis of carbon cycle concepts based on earth systems perspective of high school students. *Journal of Science Education*, 37, 157-169. (in Korean)
- Lee, H., 2003, A comparison of Korean and American

- secondary school students' understanding about Earth systems contents and environment topics. In Mayer V.J. (Ed), *Implementing global science literacy*. Columbus, OH, USA: Earth Systems Education Program, The Ohio State University, 81-91.
- Lee, H., 2010, A qualitative case study of an exemplary science teacher's Earth Systems Education experiences. *Journal of the Korean earth science society*, 31, 500-520. (in Korean)
- Lee, H., 2011, Middle school students' understanding about earth systems to implement the 2009 revised national science curriculum effectively. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32, 798-808. (in Korean)
- Lee, H., Kwon, Y., Oh, H., and Lee, H., 2011, Development and application of the educational program to increase high school students' systems thinking skills: Focus on global warming. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32, 784-797. (in Korean)
- Lee, H., Kwon, H., Park, K., and Lee, H., 2013, An instrument development and validation for measuring high school students' systems thinking. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33, 995-1006. (in Korean)
- Lee, H. and Lee, H., 2013, Revalidation of measuring instrument systems thinking and comparison of systems thinking between science and general high school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33, 1237-1247. (in Korean)
- Lee, H., 2014, *Systems Thinking Scale Development and Validation for High School Students*. Unpublished Ph.D thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea, 28 p.
- Maeng, S., Lee, K., Park, Y., Lee, J. and Oh, H., 2014, Development and Validation of a Learning Progression for Astronomical Systems Using Ordered Multiple-Choice Items. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34, 703-718. (in Korean)
- Mayer, V.J., 1995, Using the earth systems for intergrating the science curriculum. *Science Education*, 79, 375-391.
- Mayer, V.J., 2002, *Global Science literacy*(Ed.), Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherland, 242 p.
- Mayer, V.J., 2003, *Implementing global science literacy* (Ed.), Columbus, OH: Earth Systems Education Program, The Ohio State University, Ohio, USA, 293 p.
- Meadows, D.H., 2008, *Thinking in systems*. Chelsea green, Washington, DC, USA, 240 p.
- Ministry of Education, Science, and Technology, 2011, *Science curriculum*[no. 9]. Ministry of education and science technology, Seoul, Korea, 11 p.
- Ministry of Education & Human Resources Development, 2000, *High school curriculum explain: science*. Ministry of education & human resources development, Seoul, Korea, 36 p.
- Moon, B., Jeong, J., Kyung, J., Koh, Y., Youn, S., Kim, H., and Oh, K., 2004, Related conceptions to earth system and applying of systems thinking about carbon cycle of the preservice teachers. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 25, 684-696. (in Korean)
- Moon, B. and Kim, H., 2007, A study on the abilities and characteristics of the systems thinking for pre-service elementary teachers. *Journal of Korean System Dynamics Society*, 8, 235-252. (in Korean)
- Moon, T., 2011, Discriminant analysis of the gifted children in science, mathematics, and information technology using self-determination motivation and self-efficacy. *Journal of Korean Association of Child Studies*, 20, 33-44. (in Korean)
- National Research Council [NRC], 1996, *National science education standards*. National Academy Press, Washington, DC, USA, 272 p.
- National Research Council [NRC], 2012, *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National academies press, Washington, DC, USA, 400 p.
- National Research Council [NRC], 2013, *Next generation science standards: For states, by states*. National academies press, Washington, DC, USA, 534 p.
- O'Connor, J. and McDermott, I., 1997, *The art of systems thinking: Essential skills for creativity and problem solving*. Thorsons Publishers, London, UK, 288 p.
- Oh, H., and Kim, C., 2010, An analysis of Earth system understandings (ESU) of 8th-grade students' imagery about 'the Earth' represented by words and drawings. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31, 71-87. (in Korean)
- Oh, H., Lee, K., Park, Y., Maeng, S. and Lee, J., 2015, An Analysis of Systems Thinking Revealed in Middle School Astronomy Classes: The Case of Science Teachers' Teaching Practices for the Unit of Stars and Universe. *Journal of the Korean earth science society*, 36, 591-608. (in Korean)
- Park, B., 2014, *Development and Implementation of System Thinking-based STEAM Education Program*. Unpublished M.E. thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea, 178 p.
- Park, B. and Lee, H., 2014, Development and application of systems thinking-based STEAM Education Program to improve secondary science gifted and talented students' systems thinking skill. *Journal of Gifted/Talented Education*, 24, 421-444. (in Korean)
- Park, K. and Chung D., 2014, The Characteristics of Earth System Thinking of Science Gifted Students in relation to Climate Changes. *Journal of Gifted/Talented Education*, 24, 271-288.(in Korean)
- Senge, P.M., 1996, *The fifth discipline: Fieldbook*. Broadway Business, New York, USA, 157 p.

- Senge, P.M., 2006, *The fifth discipline: The art & practice of the learning organization*. Crown Business, New York, USA, 245 p.
- Senge, P.M., 2012, *Schools that learn (Updated and Revised): A fifth discipline fieldbook for educators, parents, and everyone who cares about education*. Doubleday, New York, USA, 212 p.
- Seo, J., Kim, H. and Patrice P., 2014, An Analysis of High School Students' Conceptions of Conservation of Mass on Carbon Cycle through Carbon Emission Scenario. *Journal of the Korean earth science society*, 35, 192-202. (in Korean)
- Seo Y., 2010, Testing Mediator and Moderator Effects in Counseling Psychology Research: Conceptual Distinction and Statistical Considerations. *The Korean Journal of Counseling and Psychotherapy*, 22, 1147-1168. (in Korean)
- Seong, T., 2011, *Statistical package for the social science*. Haksisa, Seoul, Korea, 67 p.
- Song, J., 2011, *SPSS/AMOS Statistical analysis*. 21 Century Press, Paju, Korea, 147 p.
- Sweeney, M., 2010, *The systems thinking playbook*. Chelsea Green, Washington, DC, USA, 23 p.
- Tark, M., 2011, *The Relationships among Science Self-Efficacy, Science Attitudes and Academic Achievement of Elementary Student*. Unpublished M.E. thesis, Seoul National University of Education, Seoul, Korea, 17 p.
- Virginia, A., and Lauren, J., 1997, *Systems thinking basic from concepts to causal loops*. Pegasus Communication, Massachusetts, USA, 49 p.

Manuscript received: February 4, 2016

Revised manuscript received: March 29, 2016

Manuscript accepted: May 24, 2016

부록 1. 검사 도구 문항

하위 요인	문항 내용
정신 모델	<p>나는 신문기사나 뉴스(TV, 인터넷 등)를 비판적인 시각으로 보려 노력한다.</p> <p>내가 원하는 결과를 얻지 못했을 경우, 반성의 시간을 가진다.</p> <p>내가 어떤 사람인가에 대해 생각하는 시간을 일주일에 1회 이상 가진다.</p> <p>내가 속한 집단의 전체 모습과 집단을 구성하는 부분들을 같이 생각한다.</p>
개인 숙련	<p>나는 계획을 세울 때 지금 현재의 상황을 항상 고려한다.</p> <p>나는 목표를 세울 때 목표 달성의 결과가 나에게 어떤 영향을 주는지 늘 생각한다.</p> <p>내가 공부하는 내용들은 나의 미래와 진로의 결정에 큰 영향을 준다.</p> <p>나는 나의 행동이 미래에 어떤 결과로 나타날지 생각한다.</p>
팀 학습	<p>나는 모둠 학습을 할 때 활동에 적극적으로 참여한다.</p> <p>나는 토론을 할 때 나의 의견을 적극적으로 이야기한다.</p> <p>나는 모둠활동에서 주로 팀장(조장)을 맡는 편이다.</p> <p>나는 수업을 들을 때 모둠 수업(협동, 토론, 토의)이 강의(설명)식 수업보다 좋다고 생각한다.</p>
시스템 분석	<p>나는 어떤 문제 상황에 부딪혔을 때 다양한 해결방법을 고려한다.</p> <p>나는 어려운 상황이 닦혔을 때 이러한 상황이 발생하게 된 배경부터 고려한다.</p> <p>나는 서로 다른 상황이 주어졌을 때 둘 사이에 공통점을 잘 찾아낸다.</p> <p>나는 문제가 발생했을 때 다양한 시각으로 문제 상황을 파악한다.</p>
공유 비전	<p>나는 모둠 활동에서 다른 모둠원의 의견을 잘 수용한다.</p> <p>나는 주어진 문제에 대한 결과를 항상 긍정적으로 생각한다.</p> <p>나는 다른 사람들의 의견을 항상 경청한다.</p> <p>내가 어떤 일을 결정할 때 다른 사람들의 의견을 잘 반영한다.</p>
자기 조절 효능감	<p>과학은 유익한(이익이 되는) 과목이다.</p> <p>나는 과학 시간에 새로 배운 것들을 이미 알고 있는 것과 쉽게 연결시킬 수 있다.</p> <p>나는 과학 시간 후에 부족한 부분을 물어보거나 공부한다.</p> <p>나는 과학 시간에 주의 집중을 잘 할 수 있다.</p> <p>복잡하고 어려운 과학 내용을 쉽게 기억하기 위한 방법이 있다.</p> <p>나는 과학 시간에 배운 내용을 잘 기억할 수 있다.</p> <p>나는 과학 시간에 배운 내용 중 내가 무엇을 알고 모르는지 정확히 알 수 있다.</p> <p>나는 과학 시간에 배운 내용 중 중요한 것이 무엇인지 잘 알 수 있다.</p>
자신감	<p>과학 시간 중에 선생님이 시킬까봐 불안하다.</p> <p>궁금한 점이 있어도 혹시 창피를 당할까봐 불안하다.</p> <p>과학 시간에 발표를 할 때, 실수 할 것 같아 불안하다.</p> <p>선생님이 과학 시간에 모두에게 질문을 할 때, 답을 알아도 대답하지 못한다.</p>