

과학 고등학교와 일반 고등학교 학생들을 대상으로 시스템 사고 측정 도구의 타당도 검증 및 시스템 사고 비교

이효녕 · 이현동*

경북대학교 · ¹달성고등학교

Revalidation of Measuring Instrument Systems Thinking and Comparison of Systems Thinking between Science and General High School Students

Lee, Hyonyong · Lee, Hyundong^{1*}

Kyungpook National University · ¹Dalseong High School

Abstract: The purposes of this study are 1) to revalidate the developed Measuring Instrument Systems Thinking and 2) to compare systems thinking skills between gifted and non-gifted high school students. For the test, 116 gifted science students and 553 non-gifted students were sampled from high schools. Exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis were performed and Independent t-test was performed using the average of the two groups. The finding of the exploratory factor analysis indicated 5 factors in the model with 4 items per single factor. The result of confirmatory factor analysis was generally appropriate and acceptable (5 factor model: χ^2/df : 2.765, TLI=.907, CFI=.929, IFI=.930, RMSEA=.044). The reliability for 20 items turned out to be high because the Cronbach's alphas were at .875 and .693~.751 per each factor. In addition, the result of t-test showed that systems thinking skills among gifted science students were significantly higher than non-gifted students. This study could be expanded to measuring systems thinking with qualitative research tools and to various school levels.

Key words: measuring instrument systems thinking, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, science high school, science gifted students, systems thinking

I. 서 론

1. 연구의 배경

우리나라는 본격적으로 2002년 영재교육법 시행령이 적용되면서 과학영재학교 지정 등 다양한 과학영재교육이 이루어지고 있다. 영재학생의 판별과 특별한 교육적 요구를 만족시키는 교육프로그램 개발을 위해 영재학생들의 사고양식 유형, 뇌 활용 성향, 영재성 요인 등을 알아보는 연구가 이루어졌다(박수경, 김광휘, 2005; 심재영, 김언주, 2003; 이효녕, 김승환, 2009; 조선희, 김미영, 2011). Sternberg의 정신자치제 이론에 기초한 사고양식 조사에서 우리나라 과학영재 학생들의 사고 양식은 입법적, 사법적, 무정부적, 전체적, 외부적, 그리고 진보적 사고 양식의 특

성을 공통적으로 나타냈으며 이에 맞는 교육프로그램 개발 및 교수 전략이 필요하다고 하였다(박수경, 김광휘, 2005; 이효녕, 김승환, 2009). 그리고 영재학생들의 뇌 활용 성향을 분석하여 과학영재의 특성을 파악하고 교육프로그램에서 좌상뇌 활용의 특성을 개발할 필요성을 제시하였다(조선희, 김미영, 2011).

사고 양식의 유형이나 뇌 활용 성향 등이 영재의 특성을 알려주는 것과 같이 고등 사고 능력 중 하나인 시스템 사고도 영재학생과 일반학생의 판별 및 교육프로그램 개발의 좋은 방법이 될 수 있을 것이다. 시스템 사고는 학생들이 학습을 할 때, 자신의 직접적인 활동으로 개념을 터득하고 이러한 개념들을 하나의 시스템이라는 틀 안에서 상호작용하는 모습 및 순환이 이루어진다는 것을 지식 통합 활동을 통해 익히게 된다(이효녕 등, 2011).

*교신저자: 이현동(tm81c101@hanmail.net)

**2013.09.03(접수), 2013.09.30(1심통과), 2013.10.04(최종통과)

***이 논문은 2011학년도 경북대학교 융·복합연구 지원프로그램의 지원을 받아 연구되었음.

최근 주요 국가들의 과학 교육 목표를 보면 지식을 통합하는 능력과 구조화된 사고력을 증진시키려고 한다. 구조화된 사고력은 과학, 수학 등 개별 교과 영역을 넘어 다른 분야와 연결하고 통합하여 사고하는 것이다. 이러한 접근법과 사고력을 강조하는 것이 시스템 이론(system theory)이며 이미 도래한 지식정보시대와 급변하는 사회에 필수적인 능력으로 다루어진다(Chen, Stoup, 1993; Kali *et al.*, 2003).

시스템 사고(Systems thinking)는 어떤 현상이나 문제를 부분적으로만 보는 것이 아니라 전체를 인지하고 하나의 시스템 내에 관련되거나 포함된 부분들 사이의 순환적 인과관계 또는 역동적인 관계를 이해하는 사고틀이며 문제를 해결하려는 수단이라 할 수 있다(손태원, 1995).

미국의 새로운 과학 교육 기준(NGSS)과 2009개정 과학과 교육과정에서 변화하고 있는 과학 교육의 핵심 패러다임은 과학과 다른 교과(예, 기술, 공학)와의 연계이다(교육과학기술부, 2011; NRC, 2012, 2013). 새로운 지식이 빠르게 쏟아져 나오고 원하는 정보를 언제 어디서든 찾을 수 있는 유비쿼터스 시대가 도래하면서 단순히 지식을 쌓는 것만으로는 학생 개인의 경쟁력 확보가 어려운 시기가 되었다. 우리나라의 융합인재교육(STEAM)은 개인이 가진 지식을 융합하고 활용하여 복합적인 문제를 해결하는 능력과 융합적 소양(STEAM Literacy)의 함양을 강조하고 있다(한국과학창의재단, 2012a, 2012b). 학생이 가지고 있는 지식을 융합하고 활용하여 문제를 해결하는 융합적 소양의 함양에 시스템 사고는 매우 중요한 역할을 할 수 있다.

미국의 과학 교육 기준(NGSS)에 포함된 Dimension 2의 Crosscutting Concepts에서도 기술 공학에서 사용하는 시스템, 시스템 사고를 포함한 모델 등의 개념이 과학 교육 기준에 포함되어 있다는 것이 이를 뒷받침한다(이효녕 등, 2013; NRC, 2013).

시스템 사고는 과학 교육 분야에서도 많은 연구가 이루어지고 있다(강천덕 등, 2008; 권용주 등, 2011; 김만희, 김범기, 2002; 문병찬 등, 2004; 문병찬, 김해경, 2007; 이두연 등, 2013; 이효녕, 김승환, 2009; 이효녕 외, 2011; Ben-zvi-Assaraf, Orion, 2005a, 2005b, 2010a, 2010b). 선행 연구들은 학생들의 시스템 사고를 조사하는데 대부분 질적인 방법들을 주로 적용하였으며, 최근에는 시스템 사고를 정량적으

로 측정해 볼 수 있는 검사 도구가 개발되었다(이효녕 등, 2013). 다른 영역의 사고 능력이나 사고 양식을 측정하는 검사 도구와 마찬가지로 학생들의 시스템 사고 능력을 측정하는데 한 가지 유형의 방법으로만 조사하는 데에는 한계가 있으므로, 시스템 사고를 측정하는 다른 질적인 검사도구의 해석 결과와 함께 정량적인 검사 도구의 결과가 더해진다면 연구의 타당성과 함께 많은 정보를 줄 수 제공할 수 있다.

시스템 사고 측정 검사 도구는 Senge(1996)가 제시한 시스템 사고의 5가지 범주를 바탕으로 제작된 검사지이다. 시스템 사고(Systems Thinking; ST), 정신 모델(Mental Model; MM), 개인 숙련(Personal Mastery; PM), 공유 비전(Shared Vision; SV), 팀 학습(Team Learning; TL)으로 구성된 각각의 하위 요소는 각자 영역의 능력 향상과 함께 다른 하위 요소와의 상호작용을 통해 학습자의 시스템 사고를 향상시킬 수 있다(이효녕 등, 2013; Meadows, 2008; Senge, 1996, 2006, 2012; Sweeney, 2010).

하위 요소로 제시된 '시스템 사고'는 큰 틀의 시스템 사고에서 가장 중요한 요소이다. 학습자가 가지고 있는 지식 하나 하나는 독립적으로 존재하는 것이 아니라 연결되어 있으며 상호작용을 통해 조금씩 변화하고 향상되는 모습을 보여준다. '정신 모델'은 주변의 모든 환경은 자신이 살고 있는 시스템의 일부이며, 이들을 경험하며 정신 모델은 생각과 행동을 형성하고 자신이 기대하는 방향의 결과를 이끌어낸다. 이는 곧 시스템의 변화를 가져오고 시스템의 변화는 주변 환경의 변화를 가져온다고 본다. '개인 숙련'은 여러 가지 상황에서 받아들인 다양한 사회적 관념이나 모습, 이미지 등을 통하여 스스로 지식을 만들어내는 능력이다. 자신 스스로 성장하고 학습하는 방법을 깨우쳐 가는 개인 숙련을 향상시킴에 있어 미래의 자신의 이미지인 비전(Vision)의 설정이 매우 중요하다. '공유 비전'은 학습자의 비전이 학습자가 속해 있는 집단에 투영되는 것으로 학습자의 비전을 대화와 협력을 통해 공유시키기 위해서는 그 집단의 리더의 역할이 매우 중요하다. 집단의 목표 달성이 곧 학습자 자신의 목표 달성과 관련된다는 점에서 집단의 비전 형성과 리더십은 공유 비전의 가장 핵심이라 볼 수 있다. '팀 학습'은 집단의 비전을 실행하기 위한 방법으로 학습자의 능력과 수행을 목표를 향해 잘 실행할 수 있도록 정렬해주는 활동이다. 많은 연습과정은 팀 학습을 통

해 목표를 달성할 수 있도록 해주는 필수 요소이다(이효녕 등, 2013; Senge, 1996, 2006, 2012).

2. 연구의 필요성과 목적

고등학생들의 시스템 사고 5가지 하위 요소를 측정할 수 있는 검사 도구가 개발 되었다(이효녕 등, 2013). 검사지의 타당화와 관련된 이효녕 등(2013)의 연구에서는 고등학생 260명을 대상으로 SPSS를 활용한 탐색적 요인 분석 및 Amos를 통해 구조 방정식 모형을 활용한 확인적 요인분석을 걸쳐 타당도를 검증하였다. 이 연구는 위 선행연구의 후속 연구로 처음 개발된 시스템 사고 측정 검사지를 과학고등학교 학생과 인문계 고등학교 학생, 두 집단에 검사지를 투입하고 타당도를 재검증 하였다. 그리고 두 집단의 시스템 사고의 평균을 비교하여 그 차이를 살펴보고 과학영재 학생과 일반학생의 시스템 사고 비교 및 교육프로그램 개발 등에 시사점을 얻고자 하였다.

현재 시스템 사고 측정 검사지는 다른 동형검사가 개발되지 않아 공인타당도를 검증 할 수 없는 한계가 있다. 그러므로 다양한 지역, 많은 수의 고등학생들을 대상으로 검사 도구를 투입하고 탐색적 요인분석 및 확인적 요인분석을 실시하여 얻은 결과가 이전 타당화 연구 결과와 일치하는지 검사 도구를 검증해 볼 필요가 있다.

또한 고등 사고 능력인 시스템 사고에서 과학 고등학교 학생(과학영재학생 그룹)들과 인문계 고등학교 학생(일반학생 그룹)들 간에 유의미한 차이가 있는지, 차이가 있다면 5가지 하위 요인 중 어느 요인에서 유의미한 차이가 나타났는지 살펴본다. 이 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 시스템 사고 측정 검사지의 탐색적 요인 분석 및 확인적 요인 분석 결과가 이전 타당화 연구 결과와 일치하는가?

둘째, 과학영재학생 그룹과 일반학생 그룹의 시스템 사고에 유의미한 차이가 있는가? 유의미한 차이가 존재한다면 시스템 사고의 5가지 범주 중 어느 요인에서 유의미한 차이가 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 경기도와 대구광역시 소재의 과학 고등학교 학생 126명과 경상북도과 대구광역시 소재의 인문계 고등학교 학생 580명, 총 706명을 대상으로 시스템 사고 측정 검사 도구를 투입하였다. 과학 고등학교 학생들의 경우 입학 전형 시 다단계 전형(1~3차)을 거쳐 전문가들에 의해 선발된 학생들이고, 인문계 고등학교 학생들은 입학 시 성적분포가 상위 4%~80%까지 고른 분포를 하고 있었다. 두 집단 모두 고등학교 입학까지 시스템 사고와 관련된 수업을 들은 경험이 없었다. 검사지에 대한 응답시간은 모두 25분으로 통일하였다. 검사 후 학생들이 응답한 검사지의 코딩 작업을 거치면서 목종 경향성을 보이는 검사지 혹은 무성의하게 응답한 검사지를 분류한 결과 과학 고등학교 학생 중에는 10개의 검사지, 인문계 고등학교 학생 중에는 27개의 검사지가 검사 결과의 신뢰도와 타당도에 영향을 줄 것으로 판단하고 연구에서 제외하였다.

따라서 이 연구에서는 Table 1에서와 같이 인문계 고등학교 학생 553명, 과학 고등학교 학생 116명, 총

Table 1
Participants

Group	Region	School	Participants	Total
Science Gifted student	Gyeonggi-do	B science high school	81	116
	Daegu	I science high school	35	
Non-gifted student	Gyeongsangbuk-do	K girls' high school	190	669
		D high school	130	
	Daegu	S high school	113	
		H high school	120	

669명의 검사 자료를 대상으로 타당도 분석(탐색적 요인분석 및 확인적 요인분석)과 두 그룹(과학영재학생 및 일반학생)의 시스템 사고를 비교하였다.

2. 측정 도구

시스템 사고 측정 검사지는 이효녕 등(2013)에서 개발한 5단계 리커트식 척도 20문항 검사지를 투입하였다. 시스템 사고 측정 검사지는 선행연구에서 예비검사와 본 검사를 통해 5요인 구조를 확인하였으며 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석을 통해 타당화한 것으로, 학생들이 각 문항에 대하여 자신의 평소 성향을 1점(전혀 그렇지 않다)부터 5점(매우 그렇다) 사이에 반응하는 자기 보고식 검사지이다.

시스템 사고의 5가지 범주를 근거로 5요인의 시스템 사고를 측정하고 있으며, 각 요인별 점수는 해당 문항 점수의 합으로 계산된다. 총 20문항의 문항 구성은 Table 2와 같다. 하위 요인 중 '정신 모델'을 측정하는 문항들은 끊임없는 외부와의 상호작용을 통해 나타나는 사고의 변화를 측정하는 문항들로 구성되어 있으며, '개인 숙련'을 측정하는 문항들은 스스로의 비전 설정과 비전의 달성을 향해 나아가는 과정에서 변화하는 모습을 측정하는 문항들로, '시스템 사고'를 측정하는 문항들은 다양한 관점을 고려할 수 있는 사고 능력을, '공유 비전'을 측정하는 문항들은 집단의 비전 형성과 리더가 갖추어야 할 리더십을, '팀 학습'을 측정하는 문항들은 집단에서 팀원 간의 상호작용과 그 과정에서의 변화 모습을 측정하는 문항들로 구성되어 있다(이효녕 등, 2013).

Table 2
Systems Thinking Measuring Instrument

Factor	Questionnaire number	Contents
Mental Model	7	나는 신문기사나 뉴스(TV, 인터넷 등)를 비판적인 시각으로 보려고 노력한다.
	17	나는 내가 원하는 결과를 얻지 못했을 경우, 반성의 시간을 반드시 가진다.
	18	나는 내가 어떤 사람인가에 대해 생각하는 시간을 일주일에 1회 이상 가진다.
	20	나는 내가 속한 집단의 전체 모습과 집단을 구성하는 부분들을 같이 생각한다.
Personal Mastery	3	나는 계획을 세울 때 지금 현재의 상황을 항상 고려한다.
	6	나는 목표를 세울 때 목표 달성의 결과가 나에게 어떤 영향을 주는지 늘 생각한다.
	10	내가 공부하는 내용들은 나의 미래와 진로의 결정에 큰 영향을 준다.
Team Learning	19	나는 나의 행동이 미래에 어떤 결과로 나타날지 생각한다.
	1	나는 모둠 학습을 할 때 활동에 적극적으로 참여한다.
	2	나는 토론을 할 때 나의 의견을 적극적으로 이야기한다.
Systems Thinking	5	나는 모둠 활동에서 주로 팀장(조장)을 맡는 편이다.
	16	나는 수업을 들을 때 모둠 수업(협동, 토론, 토의)이 강의(설명)식 수업보다 좋다고 생각한다.
	8	나는 어떤 문제 상황에 부딪혔을 때 다양한 해결 방법을 고려한다.
	9	나는 어려운 상황이 닥쳤을 때 항상 이러한 상황이 발생하게 된 배경부터 고려한다.
Shared Vision	13	나는 서로 다른 상황이 주어졌을 때 둘 사이에 공통점을 잘 찾아낸다.
	15	나는 문제가 발생했을 때 다양한 시각으로 문제 상황을 파악한다.
	4	나는 모둠 활동에서 다른 모둠원의 의견을 잘 수용한다.
	11	나는 주어진 문제에 대한 결과를 항상 긍정적으로 생각한다.
	12	나는 다른 사람들의 의견을 항상 경청한다.
	14	나는 내가 어떤 일을 결정할 때 다른 사람들의 의견을 잘 반영한다.

3. 자료 수집 및 분석

이 연구에서 과학영재학생 그룹과 일반학생 그룹에 계 시스템 사고와 연구의 목적을 설명한 후 검사를 실시하였다. 연구자가 직접 갈 수 없는 학교의 경우 연구의 목적과 검사의 필요성을 해당 학교의 과학 교사에게 미리 설명하고 허락을 얻어 검사를 실시하였으며 학생들이 응답한 검사지를 수령한 후 코딩 작업이 이루어졌다. 총 706개의 검사지를 받아 석사과정 대학원생 2인과 코딩 작업을 실시했으며 검사의 신뢰도와 타당도에 영향을 줄 수 있는 검사지 37개를 제외하고 총 669명의 데이터를 활용하여 분석을 실시하였다.

분석은 우선적으로 SPSS 18.0을 사용하여 주축요인분석을 실시하였다. 각각의 하위 요인이 독립적이지 않으므로 요인의 회전은 사교회전인 프로맥스를 사용하였으며 요인 부하량이 .3이하인 경우나 두 요인에 적재된 문항이 있는지 살펴보았다. 그리고 요인 해석은 패턴행렬과 구조행렬을 모두 활용하였다.

확인적 요인분석은 Amos 20.0을 사용하여 타당도를 검증하였다. 확인적 요인분석을 위해 그린 구조 방정식 모형은 Figure 1과 같으며 결과 해석에는 모형

의 적합도 지수 중 χ^2/df , TLI, CFI, IFI, RMSEA 값을 활용하여 결과를 살펴보았다(송지준, 2011). 타당도를 확인 후, 과학영재학생과 일반학생의 시스템 사고 비교를 위해서는 SPSS 18.0을 사용하여 두 집단의 평균 차에 대한 독립표본 t-test를 실시하여 '과학영재 학생 그룹과 일반학생 그룹의 시스템 사고에는 유의미한 차이가 없다' 라는 영가설을 검증하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 시스템 사고 측정 검사지 타당도 분석

이효녕 등(2013)은 5가지 요인을 측정하는 시스템 사고 측정 검사 도구를 개발하고 예비 검사를 통해 요인 구조를 확인한 뒤, 본 검사를 통해 20문항(각 요인 별 4문항)의 시스템 사고 측정 검사 도구를 타당화 하였다. 신뢰도는 전체 20문항에서 Cronbach- α 값이 .840이 나왔으며 하위 요인의 신뢰도는 .604~.723이었다. 이 검사 도구에는 의도했던 문항이 각 요인에 적재되었으며 요인 적재량은 모든 항목에서 .3이상이었다. 그리고 학생들의 시스템 사고 능력의 평균은

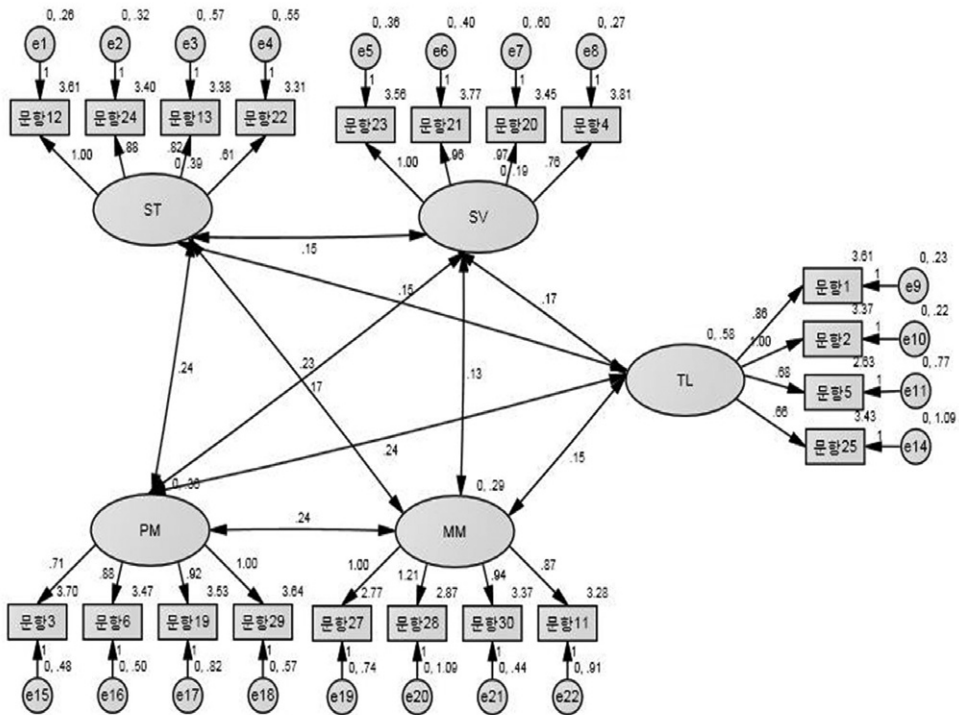


Fig. 1 Standardized parameter estimates of the structural model of Systems thinking

67.89였으며 표준편차는 9.17이었다.

이 연구에서도 위 선행연구와 동일한 방법으로 타당화 과정을 거쳐 분석을 진행하였다. 탐색적 요인분석을 위해 학생들의 검사지를 코딩 한 후 연구 결과에 영향을 줄 수 있는 검사지 37개를 제외하였다. 그리고 SPSS 18.0에서 사교회전(프로맥스)을 이용한 주축요인분석을 실시하였다. 요인의 초기 고유치는 1이상인 경우를 요인으로 잡을 경우 5요인으로 나타났으며 요인 분석과정에서 패턴행렬과 구조행렬을 모두 고려하여 적재량이 .3이하인 문항은 삭제하였다. 분석 결과 시스템 사고, 정신 모델, 개인 숙련, 공유 비전, 팀 학습의 5개 요인이 4문항씩 선행연구에서 확인된 것과 동일하게 추출되었으며 하위 요인 문항과도 일치하였

다(Table 3).

각 요인별 회전 제곱합 적재값은 3.3~4.2로 고른 분포가 나타났고, 하위 요인 간 상관은 .41~.46의 범위를 가진 것으로 나타났다. 신뢰도의 경우 Cronbach- α 값이 전체 20문항에서 .875가 나왔으며 하위 요인의 신뢰도에서도 .693~.751로 .6이상을 만족하고 있으므로 충분히 신뢰할 수 있는 결과가 나타났다. 이효녕 등(2013)의 연구 결과와 비교할 경우, 전체 문항의 Cronbach- α 값(.840), 하위 요인의 신뢰도(.604~.723), 회전 제곱합 적재값(2.7~3.2) 보다 모두 정량적으로 향상된 결과 값을 보여주고 있음을 확인할 수 있었다.

Amos를 활용하여 모형 적합도를 확인하는 확인적

Table 3

The result of exploratory factor analysis(factor loading data: pattern matrix data)

Factor	Number	Result		
		Validation	Factor reliability	Total reliability
Mental Model (MM)	17	.655	.693	.875
	18	.716		
	20	.352		
	7	.340		
Personal Mastery (PM)	19	.486	.709	
	3	.647		
	6	.422		
	10	.316		
Team Learning (TL)	2	.896	.751	
	1	.765		
	5	.666		
	16	.416		
Systems Thinking (ST)	8	.825	.732	
	15	.750		
	9	.481		
	13	.510		
Shared Vision (SV)	14	.583	.696	
	12	.722		
	4	.694		
	11	.421		

Rotation sum of squares loading data

: MM - 3.792, PM - 3.323, TL - 3.579, ST - 4.280, SV - 3.495

요인분석은 χ^2/df , TLI, CFI, IFI, RMSEA 수치를 활용하여 그 결과를 살펴보았으며, 그 결과 값은 Table 4와 같다. 확인적 요인 분석의 결과 χ^2/df 값이 2.765로 나타났다. 일반적으로 χ^2/df 값이 2이하이면 모형에 적합한 수치를 나타낸다는 것 뿐 아니라, 1~3사이의 값도 모형을 수용할 수 있다는 문헌 조사를 통해 위 수치가 모형에 적합한 값을 나타낸다고 해석할 수 있다(Carmines, McIver, 1981). 그리고 모형의 설명력을 보여주는 TLI와 CFI, IFI 값 모두 .9이상일 경우 모형을 수용할 수 있는데 결과에서 .907, .929, .930으로 나타났으며 RMSEA의 경우 .05이하의 경우 모형을 수용하는데 .044로 5개 지표 모두 모형을 수용할 수 있는 값을 보여주고 있으므로 시스템 사고 측정 검사지는 충분한 구인 타당도를 보여 주는 검사지로 검증되었다(송지준, 2011).

2. 과학영재학생 그룹과 일반학생 그룹의 시스템 사고 비교

두 그룹의 고등학생들(과학영재학생과 일반학생)의 시스템 사고 능력에 유의미한 차이가 있는지 '과학영재학생 그룹과 일반학생 그룹의 시스템 사고에는 유의미한 차이가 없다'라는 영가설을 세우고 독립표본 t-test를 실시하였으며 그 결과 값은 Table 5와 같다.

전체 20문항의 시스템 사고 평균값은 과학영재학생 그룹이 74.60, 표준편차는 10.67로 나왔으며 일반학생 그룹은 평균 68.82, 표준편차 9.27로 나왔다. 두 평균을 비교한 t-값은 -5.938로 유의수준 .05에서 두 값은 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 과학영재학생(M=74.60)의 시스템 사고 평균값이 일반학생(M=68.82)들 보다 더 높게 나타났으며, 이는 과학

Table 4
The result of confirmatory factor analysis

	χ^2	df	χ^2/df	TLI	CFI	IFI	RMSEA
Model Fit data	442.451	160	2.765	.907	.929	.930	.044

Table 5
Means, standard deviations and t-values for Systems Thinking

Factor	Group	Means	Standard deviations	t-value
Total	Non-gifted	68.82	9.27	-5.938***
	Science-gifted	74.60	10.70	
Mental Model (MM)	Non-gifted	12.53	2.83	-5.166***
	Science-gifted	14.05	3.06	
Personal Mastery (PM)	Non-gifted	14.59	2.56	-4.182***
	Science-gifted	15.70	2.64	
Team Learning (TL)	Non-gifted	13.42	2.85	-5.697***
	Science-gifted	15.07	2.74	
Systems Thinking (ST)	Non-gifted	13.56	2.47	-3.830***
	Science-gifted	14.53	2.54	
Shared Vision (SV)	Non-gifted	14.71	2.10	-2.447*
	Science-gifted	15.26	2.61	

Total = 669 (Science-gifted students : 116, Non-gifted Students : 553)

* : p<.05 ** : p<.01 *** : p<.001

영재학생들의 시스템 사고 능력이 일반학생들보다 더 우수한 것으로 해석할 수 있다. 그리고 일반학생에서 나타난 평균은 선행 연구(이효녕 등, 2013)의 일반학생 평균 67.89와 표준편차 9.17과 비교해 볼 때 통계적으로 유의미한 차이가 분석되지 않았다.

과학영재학생 그룹이 전체적인 시스템 사고가 우수하다면, 시스템 사고의 5가지 요인 중 어느 하위 요인에서 더 우수한지, 일반학생들이 더 우수한 결과를 보여주는 하위 요인이 없는지 각 요인별로 독립표본 t-test를 실시하였다. 그 결과 시스템 사고의 5가지 범주 모두 유의수준 .05에서 과학영재학생이 일반학생보다 더 우수한 결과를 보여주었다.

과학영재학생과 일반학생의 사고양식 비교 연구(박수경, 김광휘, 2005; 이효녕, 김승환, 2009)에 의하면 과학영재학생은 일반학생과 다른 사고양식을 가지고 있었으며, 뇌 활용 영역에서도 과학영재학생들이 주로 활용하는 뇌와 일반학생들이 활용하는 뇌의 영역이 달랐으며 이로 인해 지능이나 창의적 성향 등에서 영재학생들이 우수하다고 하였다(조선희, 김미영, 2011). 과학영재학생 그룹과 일반학생 그룹의 시스템 사고 능력을 비교한 이번 연구에서는 시스템 사고가 과학영재학생들이 정신 모델, 개인 숙련, 시스템 사고, 팀 학습, 공유 비전 모든 하위 영역에서 유의미한 차이를 보이며 더 우수하다는 결과를 보여주었다.

V. 결론 및 제언

국내에서 과학영재학생과 일반학생의 사고양식, 뇌 활용, 학업성취, 지능비교 등의 연구는 이미 많이 이루어졌다. 그리고 고등 사고 능력인 시스템 사고를 교육에 적용하여 학생들의 사고 능력을 향상시키고자 하는 연구는 최근 활발히 이루어지고 있으나, 과학영재학생과 일반학생의 판별이나 교육 프로그램의 개발에 적용하는 연구는 아직 미흡한 실정이다(이효녕, 김승환, 2009).

이 연구는 이효녕 등(2013)이 처음 개발하고 타당화한 고등학생용 시스템 사고 측정 도구를 다양한 지역과 더 많은 수의 고등학생들에게 투입하고 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석을 실시하여 타당도를 재검증하였다. 그리고 과학영재학생 그룹과 일반학생 그룹의 시스템 사고로 독립표본 t-test를 통해 유의미한 차이가 나타나는지 살펴보고 시사점을 얻고자 연구를 수

행하였다. 탐색적 요인분석 결과 검사 도구의 문항 신뢰도는 .875로 나타났으며 하위 요인별 신뢰도는 .693~.751로 매우 양호하게 나왔다. 최초 검사지와 동일한 5요인이 분석되었고 요인별 4문항씩 적재되었으며 패턴행렬과 구조행렬을 통해 분석한 결과 요인 적재량도 모든 문항에서 각 적재된 요인에 .3이상으로 나타났다. 각 요인의 회전 제공합 적재값은 3.3~4.2로 모두 정량적으로 우수한 결과 값을 보여주었다.

Amos를 활용한 확인적 요인분석에서는 분석 결과 χ^2/df 값이 2.765, TLI는 .907, CFI는 .929, IFI는 .930, RMSEA는 .044로 모형 적합도를 제시하는 수치들 모두 양호한 값을 보여주었으므로 시스템 사고의 5요인 모형을 수용할 수 있는 것으로 분석되었다.

많은 수의 학생과 다양한 집단을 대상으로 시스템 사고 측정 도구를 투입한 결과에서도 타당도가 검증되었으므로 이 검사는 시스템 사고의 측정하고자 하는 5개 하위 요인인 시스템 사고, 정신 모델, 공유 비전, 개인 숙련, 팀 학습 요인을 충분히 설명하는 검사로 볼 수 있다.

그리고 과학영재학생과 일반학생의 시스템 사고로 t-test를 이용해 비교해 본 결과 시스템 사고 전체 문항 뿐 아니라 모든 하위 영역에서 과학영재학생 그룹이 일반학생 그룹에 비하여 우수한 시스템 사고를 하고 있음을 보여주었다. 이는 과학영재학생이 가진 특성 중 하나로 고등 사고 능력인 '시스템 사고'도 있다는 것을 시사한다.

시스템 사고는 매우 복잡하고 시스템 내의 많은 상호작용을 고려할 수 있는 능력이다(김동환 2004). 사고력을 20문항의 측정 검사지를 통해 모두 파악할 수 있는 것은 아니다. 20문항의 개발된 시스템 사고 측정 검사지는 시스템 사고를 알아보는 다양한 질적 연구 도구의 결과와 함께 정량적인 연구 결과를 제시하고 시스템 사고의 유무나 향상도를 알아보는 연구에서 양적으로 타당성 있는 결과를 제시하고자 개발한 검사지이다.

이 연구가 앞으로 더 많은 성과를 얻기 위해서는 학생들의 시스템 사고 능력의 변화를 살펴보는 연구에서 질적 연구와 혼합된 형태로 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 이 연구의 결과를 토대로 과학영재학생과 일반학생의 판별에서 시스템 사고를 활용하여 판별할 수 있는 도구의 개발도 좋은 후속 연구가 될 수 있을 것이다. 또한 시스템 사고와 창의력, 과학 탐구

능력, 사고 양식, 뇌 활용, 지능, 인지적 특성, 진로지향도 및 직업가치관 등을 비교 연구하여 국내에서 이루어진 과학영재학생과 일반학생의 특성에 대한 비교 연구 결과와 비교해 볼 필요성도 제기된다.

그리고 고등학생을 대상으로 개발한 검사지를 중학생이나 초등학생에게 적용해 보고 고등학생들의 결과와 비교하여 차이점이 존재하는지, 차이점이 존재한다면 이를 반영하여 검사지를 수정하여 각 학교 급에 적용 가능한 시스템 사고 측정 검사지를 개발한다면 앞으로 교육에 시스템 사고를 적용한 연구가 더 활발해 질 것이라 생각한다.

국문 요약

이 연구의 목적은 이효녕 등(2013)에 의해 개발된 시스템 사고 측정 검사지의 타당도 재검 및 시스템 사고 측정 검사지를 활용하여 과학영재학생과 일반학생의 시스템 사고에 유의미한 차이가 있는지 알아보는 것이다. 과학고등학교 학생 116명과 인문계 고등학교 학생 553명에게 시스템 사고 측정 검사지를 투입하고 SPSS 18.0을 활용한 탐색적 요인분석과 Amos를 활용한 확인적 요인분석을 실시하였다. 그리고 SPSS 18.0을 활용해 과학영재학생과 일반학생 두 집단의 검사지 평균을 독립표본 t-test를 수행하여 시스템 사고에 유의미한 차이가 나타나는지 살펴보았다. 탐색적 요인분석 결과 5개의 요인구조가 나타났으며 각 요인별 4문항씩 적재되었다. 시스템 사고 측정도구의 전체 신뢰도는 .875였으며, 각 하위 요인의 신뢰도는 .693~.751로 신뢰로운 검사지로 나타났다. 확인적 요인분석에서도 χ^2/df 값이 2.765, TLI는 .907, CFI는 .929, IFI는 .930, RMSEA는 .044로 모형 적합도 5개 수치에서 적합한 값을 보여주어 모형을 수용할 수 있다. 그리고 과학영재학생과 일반학생의 시스템 사고를 t-test를 이용해 비교해 본 결과 시스템 사고 전체 문항 뿐 아니라 모든 하위 영역에서 과학영재학생이 일반학생에 비하여 우수한 시스템 사고를 하고 있음을 보여주었다. 이 연구가 더 낮은 성과를 얻기 위해서는 학생들의 시스템 사고 향상을 살펴보는 연구에서 다른 질적 연구 도구와 함께 활용될 필요가 있으며, 나아가 다양한 학교 급에 적용 가능한 시스템 사고 측정 도구도 함께 개발될 필요가 있다.

주요어 : 시스템 사고 측정 도구, 탐색적 요인분석,

확인적 요인분석, 과학고등학교, 과학영재학생, 시스템 사고

참고 문헌

- 고유미, 여상인 (2011). 과학영재 학생과 일반 학생의 문제 발견력, 창의적 사고력, 창의적 성향, 과학 탐구 능력 비교. 초등과학교육회지, 30(4), 624-633.
- 교육과학기술부 (2011). 과학과 교육과정[별책 9]. 서울: 교육과학기술부.
- 교육인적자원부 (2000). 고등학교 교육과정 해설: 과학. 서울: 교육인적자원부.
- 권용주, 김원정, 이효녕, 변정호, 이일선 (2011). 생태계에 대한 생물교사의 시스템 사고 분석. 한국생물교육학회지, 39(4), 529-543.
- 김동환 (2004). 시스템사고. 서울: 선학사.
- 김동환 (2005). 시스템사고의 적용에 관한 내면적 성찰. 정부학연구, 11(2), 63-85.
- 김만희, 김범기 (2002). 현대 과학교육의 동향과 시스템 사고 패러다임의 비교 연구. 한국과학교육학회지, 22(1), 64-75.
- 김상욱 (2010). 시스템 사고와 시나리오 플래닝. 청주: 충북대학교 출판부.
- 김수겸, 유미현 (2012). 중학교 과학영재 학생과 일반학생의 직업가치관과 과학 진로지향도 비교. 한국과학교육학회지, 32(7), 1222-1240.
- 김윤지, 정진우 (2009). 지구계 교육과 소재로서 순환에 대한 이해. 한국과학교육학회지, 29(8), 951-962.
- 김윤지, 정진우, 위수민 (2009). 대학생들이 인식하는 지구계 순환의 구성 개념 분석. 한국과학교육학회지, 29(8), 963-977.
- 나동진, 김진철 (2004). 삼원지능, 사고양식, 학업성취의 관계에서 과학영재와 일반학생의 구조적 차이. 교육심리연구, 18(1), 115-130.
- 문병찬, 정진우, 경재복, 고영구, 윤석태, 김해경, 오강호 (2004). 예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템 사고의 적용. 한국지구과학교육학회지, 25(8), 684-696.
- 문병찬, 김혜경 (2007). 예비 초등교사들의 시스템 사고 능력 및 특성에 대한 연구. 한국 시스템 다이내믹스연구, 8(2), 235-252.
- 박수경 (2004). 과학영재학생과 일반학생의 사고양식에 따른 지구과학 개념 비교. 한국지구과학교육학회지,

- 25(8), 708-718.
- 박수경, 김광휘 (2005). 과학영재학생의 사고양식 유형과 학업성취 및 과학개념과의 관계 분석. *한국과학교육학회지*, 25(2), 307-320.
- 성태제 (2011). 알기 쉬운 통계분석. 서울: 학지사.
- 손태원 (1995). 학습조직과 시스템 사고의 이론적 배경. *경제연구지*, 16(2), 109-131.
- 송지준 (2011). SPSS/AMOS 통계분석방법. 파주: 21세기사.
- 신이나, 손원숙 (2012). 영재와 일반 중학생의 성취목표지향성 프로파일 분석: 개인-중심적 접근의 활용. *한국학교심리학회지*, 9(1), 65-83.
- 심재영, 김언주 (2003). 과학영재 집단의 영재성 요인 타당화 연구. *교육심리연구*, 17(1), 241-255.
- 심재영, 김종득, 김언주 (2005). 과학영재와 일반학생 집단 간 창의성 비교 연구. *교육심리연구*, 19(3), 563-576.
- 이두연, 오은숙, 김형범, 정진우 (2013). 고등학생들의 지구시스템 관점에 기반한 탄소 순환 개념 분석. *과학교육연구지*, 37(1), 157-169.
- 이효녕, 김승환 (2009). 과학영재학생들의 사고유형에 따른 지구 시스템적 인지 특성. *과학교육연구지*, 33(1), 12-30.
- 이효녕 (2011). 2009 개정 과학과 교육과정의 효과적인 실행을 위한 중학생들의 지구계에 대한 이해. *한국지구과학회지*, 32(7), 798-808.
- 이효녕, 권용주, 오희진, 이현동 (2011). 고등학생들의 시스템 사고 향상을 위한 교육프로그램 개발 및 적용: 지구온난화를 중심으로. *한국지구과학회지*, 32(7), 784-797.
- 이효녕, 권혁수, 박경숙, 이현동 (2013). 고등학생들의 시스템 사고 측정을 위한 측정도구 개발과 타당화. *한국과학교육학회지*, 33(5), 995-1006.
- 조선희, 김미영 (2011). 과학영재와 일반학생의 뇌 활용 성향, 인지적 특성, 정서적 특성 분석. *한국생물교육학회지*, 39(3), 345-354.
- 조은부, 백성혜 (2006). 초등과학 영재학습 학생들과 일반학생의 인지적 특성 비교 분석. *한국과학교육학회지*, 26(3), 307-316.
- 탁진국 (2011). 심리검사: 개발과 평가방법의 이해. 서울: 학지사.
- 한국과학창의재단 (2012a). 융합인재교육 기초 연수 자료 (초등). 서울: 한국과학창의재단.
- 한국과학창의재단 (2012b). 융합인재교육의 정책 소개. 서울: 한국과학창의재단.
- Ben-zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2005a). A study of junior high students' perceptions of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 366-373.
- Ben-zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2005b). Development of system thinking skills in the context of Earth System Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560.
- Ben-zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2010a). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540-563.
- Ben-zvi-Assaraf, O., & 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(10), 1253-1280.
- Brook, A., & Driver, R. (1984). Aspects of secondary students' understanding of energy: Summary report. Leeds, UK: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Brosnan, T. (1990). Categorizing macro and micro explanations of material change. In P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, & A.J. Waarlo (eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*. (pp. 198-211). Utrecht, Holland: CD- Press.
- Carmines, E. G., & McIver, J. P. (1981). Analyzing models with unobserved variables. In Bohrnstsd, G. W. & Borgatta, E. F. [Eds], *Social measurement: Current issues*. (p. 80). Beverly Hills, CA: Sage.
- Chen, D., & Stroup, W. (1993). General system theory: Toward a conceptual framework for science and technology education for all. *Journal of Science Education and Technology*, 2(3), 447-459.
- Dori, Y. J., & Tal, R. T. (2003). Teaching biotechnology through case studies - Can we improve higher order thinking skills of nonscience major. *Science Education*, 87(6), 767-793.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (eds.), *Children's ideas in science*. (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Forrester, J. W. (1992). *System dynamics and learner centered learning in kindergarten through 12th grade education*. Boston, MA: Cambridge.
- Garigliano, L. (1975). SCIS: Children's understanding of the systems concept. *School Science and Mathematics*, 75, 245-249.
- Hill, D., & Redden, M. (1985). An investigation of the system concept. *School Science and Mathematics*, 85, 233-239.
- Kali Y., Orion, N., & 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(6), 545-556.
- Karplus, R., & Thier, H. (1969). *A new look at elementary school science: science curriculum improvement study*. Chicago: Rand McNally.
- Kim, D. H., (1999). *Introduction to systems thinking*. Boston, MA: Pegasus Communication.
- Lammi, M. D. (2011). *Characterizing high school students' systems thinking in engineering design through the Function-Behavior-Structure (FBS) framework*. Unpublished Ph. D. dissertation Utah State University.
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems*. Washington, DC: Chelsea green.
- McNamara, C. (1998). *Applied systems thinking*. Paper presented at the annual meeting of the International Society for the Systems Sciences Conference.
- National Research Council [NRC] (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council [NRC] (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- O' Connor, J., & McDermott, I. (1997). *The Art of systems thinking: Essential skills for creativity and problem solving*. London, UK: Thorsons Publishers.
- Senge, P. M. (1996). *The fifth discipline: Fieldbook*. New York: Broadway Business.
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline : The art & practice of the learning organization*. New York: Crown Business.
- Senge, P. M. (2012). *Schools that learn (Updated and Revised): A fifth discipline fieldbook for educators, parents, and everyone who cares about education*. New York: Doubleday.
- Sweeney, M. (2010). *The systems thinking playbook*. Washington, DC: Chelsea Green.
- Virginia, A., & Lauren, J. (1997). *Systems thinking basic from concepts to causal loops*. Massachusetts, MA: Pegasus Communication.