

고등학생들의 시스템 사고 측정을 위한 측정 도구 개발과 타당화

이효녕 · 권혁수¹ · 박경숙 · 이현동^{2*}
경북대학교 · ¹공주대학교 · ²달성고등학교

An Instrument Development and Validation for Measuring High School Students' Systems Thinking

Lee, Hyonyong · Kwon, Hyuksoo¹ · Park, Kyungsuk · Lee, Hyundong^{2*}

Kyungpook National University · ¹Kongju National University · ²Dalseong High School

Abstract: The purposes of this study were to develop an instrument to measure high school students' systems thinking and to validate the scale. The scale of systems thinking was made up for 5 factors - systems thinking, mental model, shared vision, personal mastery, and team learning through analyses of related literature. Six items per factor were constructed and the scale consisted of a total of 30 items for the pretest. After exploratory factor analysis, the number of total items was reduced to 20 items. For the main test, 280 students were sampled from high school and analyzed valid cases were 260 students. The finding of the exploratory factor analysis indicated 5 factors in the model, and 4 items per single factor. The result of confirmatory factor analysis was generally appropriate and acceptable (5 factor model: $\chi^2/df=1.275$, TLI=.946, CFI=.959, RMSEA=.033). The reliability for 20 items turned out to be reliable because the Cronbach's alphas were .840 and .604~.723 per each factor. This study should be expanded to various school levels and should be standardized for further research. The subsequent studies regarding diverse learning program development and implementation and the verification on the students' impact within the developed program can be recommended.

Key words: systems thinking, systems thinking factor, instrument development, high school student

I. 서 론

현대 사회는 매우 복잡하며 한 부분의 변화가 다른 부분에도 영향을 미치는 하나의 시스템으로 연결된 사회이다. 이러한 사회의 변화나 현상, 복잡한 시스템 및 관련 지식까지 효과적으로 학습하고 학생들이 의미 있게 받아들이기 위해서는 고등사고 능력인 시스템 사고의 함양이 중요하다(권용주 등, 2011; 김만희, 김범기, 2002; 문병찬, 2004, 2007; 이효녕, 2011). 시스템 사고는 개념적인 틀로써 학생들이 사고를 할 때, 변화의 모습을 효과적으로 파악할 수 있도록 도와준다. 나아가 이러한 사고를 통해 직관적으로 세상을 바라볼 수 있다. 아울러 시스템 사고 능력은 어린 나 이일수록 빠르게 익힐 수 있다(김상욱, 2010; Senge,

2006). 이미 정치학, 사회학에서 적용되어 중요한 정책의 결정에 큰 역할을 해오던 시스템 사고는 교육에 서도 그 필요성을 인식하고 적용되고 있다(Ben-zvi-Assaraf & Orion, 2005a, 2005b; Kali *et al.*, 2003).

과학교육 분야에서의 시스템 또는 시스템 사고가 강조된 것은 The Science Curriculum Improvement Study(SCIS)의 교육과정에서 찾아볼 수 있다. SCIS 교육과정은 학생들이 자연 현상을 관찰하고 분석하는 데 있어서 서로 상호작용하는 대상(또는 현상) 간의 시스템으로 파악하는 것을 강조했다(Karplus & Thier, 1969). SCIS의 현장 적용 연구 결과에 의하면, 초등학교들은 어떤 대상이나 현상에 관한 시스템 은 시스템이 되기 위해서 서로 무엇인가 상호작용을

*교신저자: 이현동(tm81c101@hanmail.net)

**2013.06.07(접수), 2013.06.28(심통과), 2013.07.03(최종통과)

***이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2012R1A1A2043627). 이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비의 일부 지원에 의하여 연구되었음.

해야 한다고 생각하고 있다. 아울러, 시스템의 일부가 손실되더라도 여전히 시스템이라고 여기는 것으로 나타났다(Garigliano, 1975; Hill & Redden, 1985).

Driver *et al.*(1985)의 학생 사고에 관한 연구들을 살펴보면, 모든 연령의 아이들은 전체 시스템을 보기 보다는 각각의 대상(또는 현상)의 특성을 인지하여 현상을 해석하는 경향이 있다고 밝혔다. 또한, 하나의 전체를 이루는 시스템은 상호작용하는 전체의 일부분의 특성에 영향을 받지만, 학생들은 전체와 그 전체를 구성하는 일부분을 구별하지 못하고 동일한 것으로 보는 경향이 있다(Brosnan, 1990).

예를 들어, ‘에너지 보존’ 개념 학습에 있어서 학생들은 시스템 사고의 핵심인 에너지의 입출입(inputs and outputs)적인 측면과 시간에 따라 변화하는 에너지의 순환으로써 ‘시스템’을 설명하는데 어려움을 가지고 있으며(Brook & Driver, 1984), ‘물질의 변화’에 대한 학습에 있어서도 자연 세계의 이해를 위해 가장 핵심이 되는 ‘원인’을 잘 설명하지 못했다(Brosnan, 1990). 이러한 선행 연구에서는 학생들이 자연 현상이나 과학 개념을 이해하는데 시스템으로서 접근하는 것이 필요하다는 것을 보여주고 있다.

과학교육에서는 지구과학, 우주과학, 생명과학 등을 교수하는데 시스템의 핵심 개념이나 시스템적으로 접근하는 것을 도입하였다. 미국의 첫 번째 국가과학 교육기준에서는 서로 상호작용하고 있는 지구와 우주과학의 현상을 이해하는데 시스템 아이디어가 핵심적인 틀/framework에 해당된다고 하였다(NRC, 1996). 2013년 발표된 미국의 차세대 과학 교육 기준(NGSS)에 포함된 Dimension 2의 Crosscutting Concepts에서도 기술 공학에서 사용하는 시스템, 시스템 사고를 포함한 모델 등의 개념이 과학 교육 기준에 포함되어 있다(NRC, 2012, 2013).

우리나라에서는 제7차 과학과 교육과정에서부터 ‘지구계’에 대한 내용이 포함되면서 ‘시스템’에 대한 개념이 강조되기 시작했다(교육인적자원부, 2000). 2011년 8월 고시된 중학교 과학과 교육과정을 보면 과학 교과에서 다루는 순환계, 생태계, 소화계 등 여러 가지 계를 학습하여 지구계 및 지구계의 구성 요소와 특징을 알게 하는 것을 중학교 과학과의 단원 목표로 정하였다. 아울러, 지구와 우주 과학과 관련된 내용을 이해하는데 그 개념적인 초점으로써 ‘시스템’이 적용되고 있으며 하위계의 상호작용이 단원 내용으로 포함

되어 통합적 사고인 시스템 사고를 향상시키도록 내용이 구성되었다(교육과학기술부, 2011; 이효녕, 2011).

시스템 사고를 함양한 학생들은 여러 가지 주제에 대하여 학습할 때, 관련된 지식을 자신의 사고 안에 하나하나 떨어져 있는 지식의 섬으로 학습하는 것이 아니라 다양한 활동을 통해 개념들을 직접 터득하고 이러한 개념들이 시스템이라는 하나의 틀 안에 상호작용하도록 지식을 통합하는 활동을 통해 배우게 된다(Ben-zvi-Assaraf & Orion, 2005b). 이렇게 학습한 지식의 체계는 전체로서 연결되는 사고에 기여하며 변화하는 사회와 지식에 능동적으로 대처할 수 있도록 해주며 시스템 안의 피드백 루프를 학생이 스스로 인식하여 사고의 순환적인 맥락을 파악할 수 있도록 해준다.

현재 여러 교과와 교육 연구에서도 우리가 학습하는 주제 요소들 간의 상호작용을 통해 나타나는 현상을 효과적으로 학습하기 위해서는 고등사고 능력인 시스템 사고를 바탕으로 한 교육이 이루어져야 한다고 제시되고 있으며, 이를 위해 학교 현장에서 필요한 교육 자료가 제작, 보급되어 지고 있다(김윤지, 정진우, 2009; 이효녕 등, 2011; Ben-zvi-Assaraf & Orion, 2005b). 그리고 학생들의 시스템 사고 수준을 파악하기 위해 질적 연구 방법인 인과지도 그리기, 그림 그리기, 단어 간 연결 관계 등을 이용하고 있다. 하지만 이러한 고등 사고 능력의 향상된 모습이나 수업 전 고등 사고 능력 정도를 파악하는데 위와 같은 분석 도구의 특성 상 연구자의 주관성이 많이 개입된다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 Likert 척도 5단계 설문지도 시스템 사고 수준의 측정에 이용되었으나 설문지 결과의 양적인 데이터에 대한 타당도와 신뢰성이 확보되지 않았다는 점이 지적되었다(권용주 등, 2011; 이효녕, 김승환, 2009; Ben-zvi-Assaraf & Orion, 2005b, 2010a).

시스템 사고를 활용하여 제작한 새로운 교육 프로그램을 투입하고 질적 방법과 양적 방법을 혼합한 연구에서도 학생들의 발전에 긍정적인 효과가 있었다는 연구가 있지만 시스템 사고를 측정하는 양적인 방법이나 설문지를 활용할 때, 신뢰도와 타당도가 검증된 표준화된 검사지나 설문지를 활용하고 있지 않았다(Lammi, 2011).

사고의 변화를 위해 제작된 교수-학습 프로그램의 투입을 받은 학생들이 변화하는 정도를 살펴볼 때, 질적

연구를 위한 도구와 함께 통계적으로 유의미한 결과를 보여주는 표준화된 검사지가 중요한 역할을 할 수 있다. 그러므로 시스템 사고 측정 도구의 경우 학생들의 고등 사고 능력 수준을 정량적으로 검증할 수 있는 신뢰도와 타당도가 검증된 도구가 개발될 필요성이 있다.

이 연구는 시스템 사고 능력을 측정하는 도구를 개발하기 위해 기존의 시스템 사고 관련 문헌과 Senge (2006)가 제시한 시스템 사고의 Fifth Discipline에 대한 문헌 분석을 실시하였다. 문헌 조사 내용을 토대로 Fifth Discipline에 기초를 둔 시스템 사고 측정 검사 도구 30문항을 제작하고 시스템 사고 전문가 및 연구자들과 함께 내용타당도 검증을 거쳤다. 제작된 30문항을 예비검사를 통해 이 연구에서 의도한 요인 구조가 나타나는지 분석하였으며, 예비검사에서 선정한 20문항을 이용한 본 검사를 통해 요인구조를 다시 확인하고 모형 적합도를 확인하는 과정을 거쳐 검사 도구를 타당화 하였다.

II. 이론적 배경

1. 시스템 사고의 5가지 범주(Fifth Discipline)

Senge(1996)는 시스템 사고의 구성 요소로 Systems Thinking(ST), Mental Model(MM), Personal Mastery(PM), Shared Vision(SV), Team Learning(TL)을 하위 영역으로 포함하는 Fifth Discipline을 제시하였다. 이 연구에서는 Fifth Discipline을 '시스템 사고의 5가지 범주'로 정의하고 제시된 하위 영역 5가지를 시스템 사고(Systems thinking), 개인숙련(Personal Mastery), 정신모델(Mental Model), 공유비전(Shared Vision), 팀 학습(Team Learning)으로 정의하였다(Senge, 1996, 2006, 2012; Sweeney, 2010). 5가지 하위 영역 능력의 향상과 상호작용을 통해 전체적인 시스템 사고 능력을 향상시키는 연구와 이를 학교 교육에 적용할 수 있는 다양한 활동을 개발하는 연구는 현재 활발히 이루어지고 있다(Meadows, 2008; Senge, 1996, 2006, 2012; Sweeney, 2010).

2. 시스템 사고의 5가지 범주의 구성 요인

가. 시스템 사고(Systems Thinking)

시스템 사고(Systems Thinking)는 어떠한 문제와 목표를 바라볼 때, 여러 가지 요소들을 독립된 하나 하나의 요소로 생각하는 것이 아니라 서로 연결된 시스템으로 바라보는 것이다(Meadows, 2008; O'Connor & McDermott, 1997; Senge, 1996, 2012). 시스템이 작동할 때, 모든 포함 요소들이 함께 상호작용하게 되므로 이들이 시간에 따라 조금씩 변화하는 모습을 보여준다. 변화가 나타날 때 시간 지연(time delay)가 나타나기도 하고 변화의 양상이 균형적 혹은 강화적인 모습을 나타내기도 한다(Meadows, 2008; O'Connor, McDermott, 1997; Virginia & Lauren, 1997). 시스템 사고에 우리가 가장 흥미있게 바라보아야 할 요소가 바로 피드백이다. 어떠한 시스템에 새로운 변화가 투입될 경우 그 변화는 시스템의 다른 요소들과 상호작용을 하게 되며 그 결과가 다시 시작점으로 돌아가 영향을 주게 된다. 이때 변화가 일어난 요소는 상호작용의 결과를 반영한 상태로 다시 다른 요소들과 상호작용을 일으키며 전반적인 시스템의 변화를 가져오게 된다. 시스템의 변화가 점차 커지는 방향으로 상호작용하는 것을 강화적 피드백, 시스템이 점차 안정된 방향으로 상호작용하는 것을 균형적 피드백이라 한다. 이러한 시스템의 변화를 직관적으로 바라볼 수 있는 사고를 시스템 사고라 한다(Meadows, 2008; O'Connor & McDermott, 1997; Senge, 1996, 2012). 시스템 사고의 변화는 정신모델, 개인숙련, 공유비전, 팀 학습과 함께 상호작용하며 우리의 사고 속에서 발전하는 모습을 보여주게 된다. 따라서 이 연구에서는 시스템 사고를 다양한 관점을 고려할 수 있는 사고 능력이라고 정의하였다.

나. 정신모델(Mental Model)

정신모델(Mental Model)을 통해 자신이 살고 있는 세계를 바라보며 주변 세계의 이미지, 관념, 이야기 등을 통해 스스로의 사고를 변화시키고 행동하는 방향을 결정한다. 보고, 만지고, 듣고, 읽는 모든 주변 영향들에 의해 항상 역동적으로 변화하고 있으며 사람들마다 겪어왔던 다양한 경험들에 의해 모든 사람들의 정신모델은 다양하게 형성되고 변화한다. 즉, 같은 상황을 두 사람이 바라보고 이후 그 상황을 진술하라고 하면 모든 사람들이 각자 자신만의 시각으로 이야기하게 되는 것이다. 이러한 정신모델은 자신의 말보다 행동에 많이 반영되며 스스로 그 차이를 깨닫고

노력한다면 많은 발전을 할 수 있게 된다. 시스템 사고가 향상되기 위해서는 나와 주변 환경의 상호작용을 거쳐야 하는데 이때 정신모델은 매우 효과적으로 변화한다(Kim, 1999; O'Connor & McDermott, 1997; Senge, 1996, 2012). 주변의 모든 환경은 자신이 살고 있는 시스템의 일부이며, 이들을 경험하며 정신모델은 생각과 행동을 형성하고 자신이 기대하는 방향의 결과를 이끌어낸다. 이는 곧 시스템의 변화를 가져오고 시스템이 변화는 주변 환경의 변화를 가져오며 곧 정신모델도 역동적으로 변화한다(Meadows, 2008; O'Connor & McDermott, 1997). 따라서 이 연구에서는 '정신모델'을 끊임없는 외부와의 상호작용을 통해 나타나는 사고의 변화로 정의하였다.

다. 개인숙련(Personal Mastery)

개인숙련(Personal Mastery)은 지속적인 학습과 매우 깊은 관련이 있다. 지속적인 학습이란 단순히 강의나 책을 통한 지식의 습득을 떠나 여러 가지 상황에서 받아들인 다양한 사회적 관념이나 모습, 이미지 등을 통하여 스스로 지식을 만들어내는 능력을 포함한다. 이러한 활동을 통해 자신 스스로 성장하고 학습하는 방법을 알 수 있다. 개인숙련을 향상시킴에 있어 개인의 비전(Vision)은 매우 중요하다. 비전은 목적(Purpose)과 달리 미래에 자신이 원하는 이미지를 의미한다. 자신이 추구하는 비전과 현재 상황 사이에는 분명한 차이(Creative Tension)가 존재하는데 이 차이는 비전을 향해 나아가는 에너지를 제공한다. Creative Tension은 내, 외면적으로 개인의 비전 달성을 위한 강력한 동기를 부여하며 나아가 피드백을 통하여 비전을 수정하는 것에 도움을 준다(Kim, 1999; Meadows, 2008; Senge, 1996, 2012). 피드백 과정에서 의미있는 결과가 '실패'이다. 실패는 단순히 비전을 달성하지 못하였다는 결과만을 보여주는 것이 아니라 현재 나의 상황을 다시 파악하게 해주고, 전략을 수정하여 다시 비전을 향해 나아갈 수 있게끔 만들어주는 기회이다. 그리고 끈기와 인내를 통하여 비전을 달성할 수 있다. 이후, 피드백을 통한 새로운 비전을 가지게 되고, 이 과정에서 시스템 사고의 모습을 살펴 볼 수 있다. 나아가 자신의 시스템 사고 향상에도 아주 중요한 기여를 하게 된다(Meadows, 2008; O'Connor & McDermott, 1997; Senge, 1996, 2012). 따라서 이 연구에서는 '개인숙련'을 스

스로의 비전 설정과 비전의 달성을 향해 나아가는 과정에서 변화하는 모습으로 정의하였다.

라. 공유비전(Shared Vision)

개인숙련에서는 개인의 비전 형성과 발전에 그 초점이 맞추어져 있다면 공유비전은 개개인의 비전이 우리가 속한 시스템에 투영되는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 우리가 속한 집단에서 강한 동기를 얻어 발전하기 위해서는 우리의 집중을 요구하는데 이때 공유비전은 강한 동기를 제공한다(Meadows, 2008; Senge, 1996, 2012). 개개인의 비전을 대화와 협력을 통해 공유시키기 위해서는 그 집단의 리더의 역할이 매우 중요하다고 볼 수 있다. 집단의 리더는 구성들의 다양한 비전을 직관적으로 바라볼 수 있으며, 대화와 협력을 통해 공통점을 이끌어내 발전하고자 하는 동기를 부여하는 중요한 역할을 수행하게 된다. 집단의 구성원들은 집단의 발전이 곧 자신의 비전을 성취하는 방법이라 생각하고 공동의 목표를 위해 끊임없이 노력하여 비전을 성취하고 나아가 개인의 비전을 성취하는 결과를 얻을 수 있다. 이는 개인숙련에서 추구하는 새로운 개인의 비전 설정과 연관된다(Meadows, 2008; O'Connor & McDermott, 1997; Senge, 1996, 2012). 따라서 이 연구에서는 '공유비전'을 집단의 비전 형성과 리더가 갖추어야 할 리더십으로 정의하였다.

마. 팀 학습(Team Learning)

공유비전에서 집단에서 개인의 비전에서 공통점을 찾아 우리가 속한 집단에 비전을 투영하는 것이 핵심이었다면 팀 학습은 집단에 비전을 투영하기 위한 좋은 방법이 될 수 있다(Senge, 1996, 2012). 팀 학습을 거치기 전에는 개인의 비전과 함께 그 능력들은 개별적으로 흩어져 있는 상태이다. 이러한 비전과 능력을 하나의 목표를 향하여 빠르게 정렬하고 그 속에서 다른 구성원과 함께 협력하며 개인이 최대의 능력을 발휘할 수 있도록 도와주는 것이 팀 학습이다. 구성원이 집단의 비전을 이해하고 받아들이며 나아가 다른 구성원들과 이를 공유하고 협력하여 같은 방향을 향해 나아갈 때, 집단의 성공적인 목표달성으로 이어진다. 이러한 모습을 이루기 위하여 가장 중요한 것은 집단 구성원들이 끊임없이 '대화'와 '토론'을 통해 그들의 비전을 이야기하고 공유하여야 한다. 또한 서로 협력

하여 목표를 달성하는 방법을 끊임없이 '연습'하여야 한다(Meadows, 2008; O'Connor & McDermott, 1997; Senge, 1996, 2012). 협동학습이나 토론학습을 할 때, 처음 학생들은 어떻게 시작할지, 협동이나 토론을 어떻게 이어나갈지를 전혀 모른 상태에서 시작하게 된다. 몇 번의 팀 학습을 거치면서 서로 간에 의견을 나누는 방법을 알게 되고 구성원 간 대화를 통해 점차 효율적으로 목표를 성취하게 된다. 팀 학습은 공유비전, 개인숙련, 정신모델과 함께 시스템 사고를 향상하는데 매우 중요한 요소이다(Meadows, 2008; O'Connor & McDermott, 1997; Senge, 1996, 2012). 따라서 이 연구에서는 '팀 학습'을 집단에서 팀원 간의 상호작용과 그 과정에서의 변화 모습이라고 정의하였다.

III. 연구 방법

1. 문항개발

이 연구에서 사용된 검사 문항을 개발하기 위하여 문헌 분석을 통해 학습 조직의 5가지 수련에 대한 이론적 배경을 정리하고 각 하위 요인에 대한 정의를 내리는 기초 연구를 하였다. 그리고 기존에 개발된 검사지가 없기 때문에 문항개발 단계에서 내용타당도 확인을 위해 시스템 사고 관련 연구를 수행하는 2명의 전문가와 박사과정 대학원생 1명, 석사과정 대학원생 3명과 6개월 동안 연구팀 세미나를 통해 검토 단계를 거쳤다.

학습조직의 5가지 수련의 하위 영역 별로 10개 문항을 제작한 다음 토론을 거쳐 작성된 문항 중 구체적이지 않거나 내용의 정확한 파악이 어려운 문항들을 분명하게 수정하여 타당도를 확보하고자 하였다.

각 영역별로 10개의 문항에서 6개의 문항을 소집단 회의를 통해 결정하여 30개의 문항으로 검사지를 구성하였다. 시스템 사고에서는 '문제 상황에 닥쳤을 때, 다양한 시각으로 상황을 파악한다'와 같이 평소 다양한 시각을 통해 여러 가지 상황을 파악하는지를 질문하였다. '정신모델'은 '일상적인 경험들은 나의 의사결정에 영향을 준다'와 같이 주변과의 상호작용을 통해 스스로 변화해 가는가를 질문하였다. '개인숙련'에서는 '평소 나의 진로와 미래에 대하여 스스로 끊임없이 고민하고 노력한다'와 같이 자신의 비전 설계 및 주변과의 상호작용을 통한 비전의 변화에 대해

질문하였다. '공유비전'에서는 '내가 속해 있는 집단은 항상 목표를 성취할 수 있다고 생각한다'와 같이 개인의 비전에서 나아가 집단의 비전 설계 및 집단에서 리더의 역할에 대해 질문하였다. 마지막으로 '팀 학습'에서는 '모둠 활동에서 팀원 간 상호작용은 매우 중요하다'와 같이 집단 구성원 간의 상호작용과 이를 통한 집단의 발전, 상호작용하는 모습에 대해 질문하고자 하였다.

이들 30개의 문항은 탐색적 요인분석을 통한 예비 검사에서 5가지 요인구조가 나타나는가와 제작한 문항이 의도한 요인에 적재되어 나타나는지를 살펴보았다. 그리고 요인분석 결과를 반영하여 각 요인 당 4개 문항씩 20개의 5점 척도 문항으로 재조정하여 최종적인 검사 도구를 완성하였다.

2. 연구대상

예비검사는 광역시 소재 일반계 고등학교 1~2학년 을 대상으로 총 260명을 표집하였다. 불성실한 응답지 5개를 제외한 255명의 자료를 대상으로 예비 분석을 실시하였다.

본 검사에서도 광역시 소재 일반계 고등학교 1~2학년 을 대상으로 총 280명을 표집하였다. 불성실한 응답을 한 자료 20개를 제외하고 총 260명을 자료를 분석하였다. 위 두 연구에서 표집된 학생들은 고등학교 입학 성적의 분포가 4%~80%까지 고루 분포하고 있으며, 중학교 교육과정까지 고등 사고 능력과 관련한 수업을 받은 적이 없다. 그리고 검사도구의 응답시간은 25분으로 통일하여 학생들이 작성하도록 하였다.

3. 분석 방법

예비검사에서는 연구자가 의도한 요인구조와 검사 문항이 의도한 요인에 적재되는가를 분석하기 위하여 탐색적 요인분석(exploratory factor analysis)을 실시하였다. SPSS 18.0 프로그램을 사용하여 주축요인 분석 방법을 실시하였으며, 각각의 하위 요인이 독립적이지 않다고 가정되었기 때문에 요인회전은 사교회전(프로맥스) 방식을 활용하였다. 문항 선별을 위해 요인 부하량이 .3이하인 경우 또는 두 요인에 적재된 문항이나 기타 내용상 부적절하다고 판단되는 문항을 삭제하였다(송지준, 2011). 예비검사를 거쳐 확정된

20문항으로 실시된 본 검사에서는 요인의 타당성을 확인하기 위해 예비검사와 동일하게 주축요인 분석 및 사교회전(프로맥스)을 통한 요인 구조를 확인 하였으며 요인의 구조모형과 모형의 적합도를 확인적 요인분석(confirmatory factor analysis)을 통해 AMOS 20.0 프로그램으로 검증하였다(성태제, 2011; 송지준, 2011).

의 5개 요인이 추출되었으며 요인 구조 탐색결과 부적절한 문항들을 삭제한 후 문항의 수는 요인별로 정신모델 6문항, 팀 학습 4문항, 시스템 사고 3문항, 공유비전 2문항, 개인숙련 4문항으로 총 19문항이 적재되어 나왔다. 적재된 문항들은 연구자가 의도한 하위 요인 문항과 일치하였으며 그 결과는 표 1과 같다.

IV. 연구 결과

1. 예비검사 분석 결과

시스템 사고 측정 검사도구의 하위요인 구조가 5요인으로 나타나는지 살펴보기 위해 탐색적 요인분석을 실시하였다. SPSS 18.0에서 사교회전(프로맥스)을 이용한 주축요인분석을 실시하였다. 요인 분석 과정에서 요인의 초기 고유치는 1이상인 경우를 요인으로 잡을 경우 5요인으로 나타났으며 요인 분석과정에서 요인 적재량이 .3이하인 문항은 삭제하였다. 예비 분석결과 시스템 사고, 정신모델, 개인숙련, 공유비전, 팀 학습

2. 본 검사 분석 결과

가. 검사도구 문항 수정

예비검사 결과 각 요인의 문항 수가 균등하지 못한 점과 하위 요인의 신뢰도가 .6이하인 요인이 2개 요인이 있어 본 검사를 실시하기 전 검사도구 문항들의 수정이 필요하였다. 하위 요인별 문항 수의 차이와 검사지의 길이가 요인 분석 결과에 영향을 미칠 수 있다는 문헌 조사 결과를 바탕으로 시스템 사고 전문가 2인과 박사과정 대학원생 1명과 함께 검사 도구의 내용 타당도를 다시 살펴보았다(탁진국, 2011). 전문가 회의를 통해 각 하위 요인별 문항을 4문항으로 정하고

표 1
예비검사 문항 분석 결과(요인 적재량은 패턴 행렬 값임)

요인	문항번호	문항 분석 결과		
		타당도분석결과	신뢰도	전체신뢰도
정신모델 (MM)	27	.675	.754	.839
	24	.661		
	26	.659		
	9	.636		
	28	.575		
	11	.526		
개인숙련 (PM)	13	.644	.528	
	7	.593		
	19	.542		
	18	.526		
팀 학습 (TL)	1	.729	.619	
	2	.706		
	4	.510		
	5	.430		
시스템 사고 (ST)	15	.758	.587	
	10	.704		
	29	.489		
공유비전 (SV)	17	.732	.500	
	8	.459		

정신모델은 6문항 중 2문항을 제거하고, 팀 학습과 개인숙련 4문항은 그대로 사용하기로 하였다. 그리고 시스템 사고와 공유비전은 개발된 문항 중 각 1문항과 2문항의 수정을 거쳐 각 요인별 4문항씩 20문항의 본 검사를 위한 검사도구 수정을 마쳤다(부록 1).

나. 본 검사의 탐색적 요인분석 결과

본 검사의 검사 도구는 5개 요인별로 4문항씩 20문항의 검사 도구를 사용하였다. 예비검사에서 나타난 5개 요인구조의 재확인을 위해 SPSS 18.0에서 사고회전(프로맥스)를 이용한 주축요인 분석을 실시하였다. 고유값을 통한 요인의 수는 예비검사와 동일하게 5개 요인으로 나타났다. 또한 패턴행렬과 구조행렬에서 요인 적재량이 .3이하로 나타나는 문항은 없었다. 그리고 각 요인별 회전 제곱합 적재값이 2.7~3.2로

고른 분포가 나타났고 전체의 73%의 분산을 설명하고 있으며 그 결과 값은 표 2와 같다.

요인 분석 결과를 보면 5개의 요인의 요인 적재량이 모두 .3이상으로 보수적인 기준에서 요인 적재 값을 만족하고 있음을 볼 수 있다. 5요인의 하위 요인 간 상관은 .31~.49의 범위를 가진 것으로 나타났다. 하위 요인 간 상관의 존재할 경우, 요인의 회전은 사각회전이 필요하므로 SPSS에서 프로맥스를 이용한 회전이 연구에서 적절하였음을 볼 수 있었다. 그리고 20문항 중 개인숙련의 19번 문항이 요인 2에 적재량이 .246으로 조금 높게 나왔으나 .3이하의 적재량을 가지므로 큰 문제 없이 20문항이 5개의 요인으로 잘 분류되었음을 볼 수 있었다. 신뢰도의 경우 크론박- α 값이 전체 20문항에서 .840을 나타내었고 하위 요인 간 신뢰도에서도 .604~.723으로 .6이상을 만족하고

표 2
본 검사 문항 분석 결과(요인 적재량은 패턴 행렬 값임)

요인	문항번호	문항 분석 결과		
		타당도분석결과	신뢰도	전체신뢰도
정신모델 (MM)	27	.602	.604	.840
	28	.589		
	30	.374		
	11	.350		
개인숙련 (PM)	29	.555	.647	
	3	.542		
	6	.428		
	19	.302		
팀 학습 (TL)	2	.841	.723	
	1	.728		
	5	.564		
	25	.494		
시스템 사고 (ST)	12	.813	.708	
	24	.600		
	13	.559		
	22	.483		
공유비전 (SV)	23	.615	.614	
	21	.549		
	4	.448		
	20	.407		

회전 제곱합 적재값 : MM - 2.704, PM - 2.815, TL - 3.057, ST - 3.206, SV - 2.823

있으므로 충분히 신뢰할 수 있는 검사지로 나타났다.

다. 시스템 사고 검사 도구의 모형 적합도 분석 결과

예비검사와 본 검사를 통해 시스템 사고 검사 도구가 측정하고자 하는 요인을 측정하는지, 그리고 검사지가 타당한지에 대하여 탐색적 요인분석을 통해 살펴보았다. 그리고 이미 개발된 검사지가 있을 경우, 두 검사지 간의 공인 타당도를 통해 개발된 검사지의 타당성을 더 정확히 측정할 수 있으나 현재 시스템 사고 측정을 위한 검사 도구는 질적인 도구 이외에는 타당도가 검증된 비교가 가능한 검사지가 없다. 그래서 모형 적합도 분석(확인적 요인분석)을 통해 한 번 더 타당도를 검사하였다. 확인적 요인분석을 위해 AMOS 20.0을 이용하여 구조 방정식 모형을 그림 1

과 같이 작성하고, 모형의 적합도 지수 중 χ^2/df , TLI, CFI, RMSEA 값을 활용하여 결과를 살펴보았으며 도출된 결과 값은 표 3과 같다.

확인적 요인 분석의 결과 χ^2/df 값이 1.275로 나타났다. χ^2/df 값이 2이하이면 모형에 적합한 값을 가지므로 충분히 모형을 수용할 수 있다. TLI와 CFI의 경우 .9이상이면 모형을 수용할 수 있는데 이 연구에서는 .946, .959로 나타났으며 RMSEA의 경우 .05이하의 경우 모형을 수용하는데 .033으로 위 값들 모두 모형에 적합한 수치를 나타내었다.

탐색적 요인분석 결과와 함께 확인적 요인분석을 통한 구인 타당도가 충분히 적합한 값들을 보여 주므로 시스템 사고 측정 검사 도구는 5요인 모형이 적합하다고 볼 수 있다.

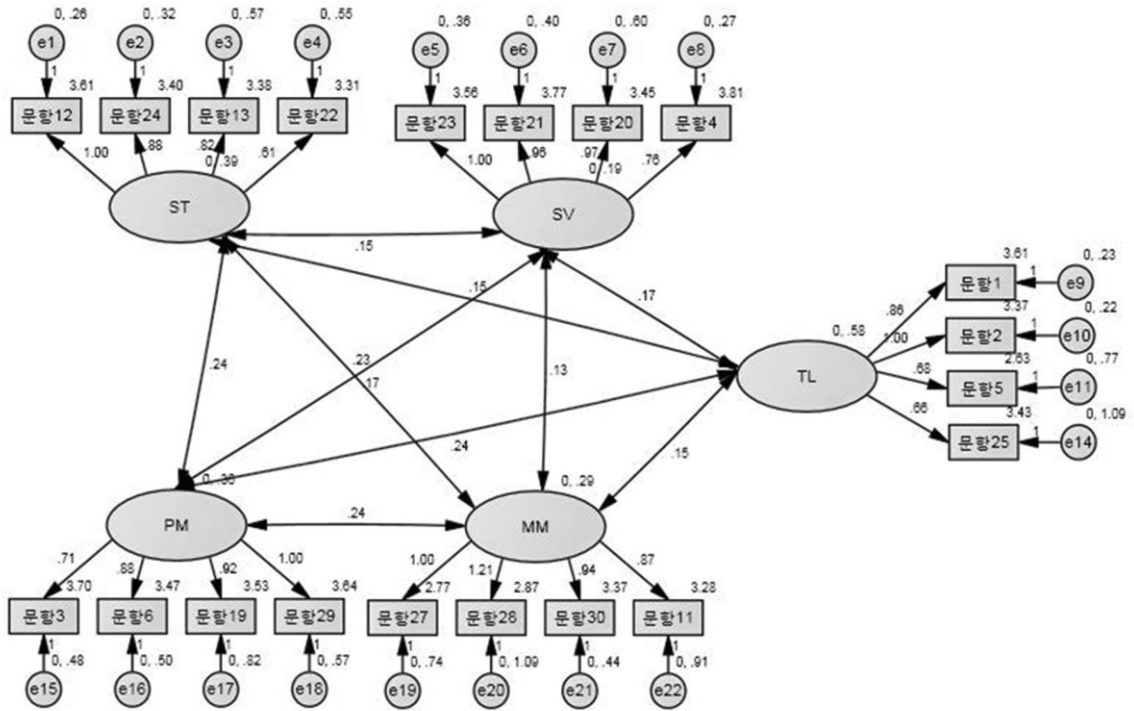


그림 1 시스템 사고 검사 구조 방정식 모형(확인적 요인분석)

표 3
시스템 사고 측정 검사도구의 모형별 적합도 지수

	χ^2	df	χ^2/df	TLI	CFI	RMSEA
모형 적합도 지수	200.4	160	1.275	.946	.959	.033

V. 결론 및 제언

국내에서 과학교육에 시스템 사고를 적용하여 그 효과를 탐색하는 논문은 2000년대 중반 이후 진행되었고, 학생들을 대상으로 시스템 사고와 관련한 수업 자료를 투입하고 그 효과를 검증하는 연구가 대부분이었다. 예를 들어 이효녕 외(2011)의 연구에서는 학생들의 시스템 사고 변화 정도를 질적인 방법을 중심으로 살펴보았으며, 학생들의 사고를 통해 학습한 내용들이 어떻게 상호작용 하는지 또는 피드백이 나타나는지에 대해 초점을 두고있다. 하지만 시스템 사고의 변화를 살펴보는 과정이 질적인 자료에만 의존한다는 것에서 한계가 있었다.

이 연구는 위와 같은 질적인 시스템 사고 측정에 정량적인 결과를 같이 분석할 수 있도록 측정 검사 도구를 개발하고 그 타당성을 검증하고자 하였다. 시스템 사고의 하위 요인을 선행연구와 문헌연구를 바탕으로 시스템 사고, 정신모델, 공유비전, 개인숙련, 팀 학습 5개의 요인으로 구성하였다. 그리고 하위 요인 별 6문항씩 30문항의 시스템 사고 측정 도구를 제작하고 예비검사를 실시하였으며 측정하고자 하는 5개의 하위 요인이 탐색적 요인분석 결과 제시되었다. 예비검사 결과를 바탕으로 문항 내용 수정 및 문항 수의 조절을 통해 본 검사에 투입할 요인 별 4문항씩 20문항의 검사 도구를 개발하였다. 본 검사에서는 탐색적 요인분석을 통해 예비검사에 나온 하위 요인이 다시 적절하게 나오는지, 그리고 확인적 요인분석을 통해 모형 적합도 검증을 통해 타당도를 검사하고자 하였다. 탐색적 요인분석 결과 검사 도구의 문항 신뢰도는 .840으로 우수한 수준이었다. 하위 요인별 신뢰도는 .604~.723으로 양호하게 나왔으며 요인별 4문항씩 적재되고 요인 적재량도 .3이상으로 나타났다. 설문지에서 나타난 전체 분산의 73%를 검사지가 설명하는 것으로 나타나 검사지의 설명력도 우수함을 볼 수 있었다.

구인타당도 검증을 위해 구조 방정식 모형을 활용한 확인적 요인분석을 실시하여 분석 결과 χ^2/df 값이 1.275, TLI는 .946, CFI는 .959, RMSEA는 .033으로 모형 적합도에서도 양호한 값을 보여주며 시스템 사고 측정 도구가 5개 하위요인을 가지며 측정하고자 하는 시스템 사고, 정신모델, 공유비전, 개인숙련, 팀 학습 영역을 충분히 설명하는 검사지로 볼 수 있다.

이 연구에서 제작한 시스템 사고 측정 검사 도구는 고등학생들을 대상으로 시스템 사고 향상을 위한 수업 프로그램 등을 개발하여 그 효과를 보고자 하거나 고등학생들의 시스템 사고 능력을 알아보거나 하는 연구에서 질적인 연구자료 결과에 정량적인 결과 값을 제시하여 질적 연구의 단점을 보완할 수 있다는 것에 의미가 있다.

이 연구가 더 낮은 성과를 얻기 위해서는 검사지를 다양한 학교급 학생들에게 투입하여 나온 양적인 결과를 활용하여 학교급에 따른 평균과 표준편차를 구하고 이로부터 학생의 시스템 사고 능력을 비교할 수 있는 표준화 연구도 필요할 것이다. 또한 측정된 고등학생들의 시스템 사고 수준에 따른 다양한 학습 프로그램의 제작과 적용으로 학생들의 고등 사고 능력의 함양이 필요하다. 또 다양한 과제와 학습을 통해 향상된 고등사고 능력이 고등학교 졸업 이후의 진로에 어떠한 영향을 주는지 알아보는 추후 연구의 필요성도 제기된다. 나아가 중학생, 대학생들의 고등사고 능력 수준의 측정과 그들의 수준에 맞는 사고 능력 향상 프로그램도 개발, 적용되는 연구들이 지속적으로 필요할 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 고등학생들의 시스템 사고 능력을 구성하는 하위 요인을 탐색하고, 시스템 사고 능력을 측정하기 위한 정량적인 검사도구의 개발과 타당화에 있다. 선행연구와 이론적 탐색을 통해 시스템 사고의 하위 요인을 시스템 사고, 정신모델, 공유비전, 개인숙련, 팀 학습으로 구성하였으며, 각 요인 당 6문항을 개발하여 전체 30문항의 5점 척도 예비문항을 작성하였고, 예비검사를 통해 20문항을 선정 본 검사를 구성하였다. 일반계 고등학생 260명을 대상으로 본 검사를 실시하였다. 예비검사 분석의 결과 제시된 5개 하위요인이 본 검사에서도 동일한 요인으로 분류되었다. 그리고 확인적 요인분석에서 5개 요인구조의 적합도를 분석해본 결과 수용할만한 모형으로 판단되었으며 적합도 수치도 모두 양호한 값을 보여주었다. 본 검사에서 사용한 20개 문항으로 구성된 고등학생들의 시스템 사고 측정 도구의 전체문항 신뢰도는 .840이었으며 각 하위 요인별 신뢰도는 .604~.723으로 신뢰로운 검사지로 나타났다. 이 연구가 더 낮은

성과를 얻기 위해서는 다양한 학교 급에 적용되도록 검사 도구를 표준화할 필요가 있으며 나아가 시스템 사고 수준에 따른 다양한 학습 프로그램의 개발 및 보급, 그리고 이 학생들에 대한 추후 연구가 이루어질 필요가 있다.

주요어 : 시스템 사고, 시스템 사고 요인, 측정 도구 개발, 고등학생

참고 문헌

- 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, 김병기(2002). 현대 과학교육의 동향과 시스템 사고 패러다임의 비교 연구. 한국과학교육학회지, 22(1), 64-75.
- 김상욱(2010). 시스템 사고와 시나리오 플래닝. 청주: 충북대학교 출판부.
- 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.
- 문병찬, 정진우, 경재복, 고영구, 윤석태, 김해경, 오강호(2004). 예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템 사고의 적용. 한국지구과학회지, 25(8), 684-696.
- 문병찬, 김해경(2007). 예비 초등교사들의 시스템 사고 능력 및 특성에 대한 연구. 한국 시스템 다이내믹스연구, 8(2), 235-252.
- 성태제(2011). 알기 쉬운 통계분석. 서울: 학지사.
- 송지준(2011). SPSS/AMOS 통계분석방법. 파주: 21세기사.
- 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: 지구 온난화를 중심으로. 한국지구과학회지, 32(7), 784-797.
- 탁진국(2011). 심리검사: 개발과 평가방법의 이해. 서울: 학지사.
- 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.
- 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 non-science 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., & McDermmot, 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: Pegasus Communication.

부록 1. 시스템 사고 측정 검사 도구

하위요인	문항 번호	문 항 내 용
정신모델	11	나는 신문기사나 뉴스(TV, 인터넷 등)를 비판적인 시각으로 보려 노력한다.
	27	나는 내가 원하는 결과를 얻지 못했을 경우, 반성의 시간을 반드시 가진다.
	28	나는 내가 어떤 사람인가에 대해 생각하는 시간을 일주일에 1회 이상 가진다.
	30	나는 내가 속한 집단의 전체 모습과 집단을 구성하는 부분들을 같이 생각한다.
개인숙련	3	나는 계획을 세울 때 지금 현재의 상황을 항상 고려한다.
	6	나는 목표를 세울 때 목표 달성의 결과가 나에게 어떤 영향을 주는지를 생각한다.
	19	내가 공부하는 내용들은 나의 미래와 진로의 결정에 큰 영향을 준다.
	29	나는 나의 행동이 미래에 어떤 결과로 나타날지 생각한다.
팀 학습	1	나는 모둠 학습을 할 때 활동에 적극적으로 참여한다.
	2	나는 토론을 할 때 나의 의견을 적극적으로 이야기한다.
	5	나는 모둠활동에서 주로 팀장(조장)을 맡는 편이다.
	25	나는 수업을 들을 때 모둠 수업(협동, 토론, 토의)이 강의(설명)식 수업보다 좋다고 생각한다.
시스템 사고	12	나는 어떤 문제 상황에 부딪혔을 때 다양한 해결방법을 고려한다.
	13	나는 어려운 상황이 닥쳤을 때 항상 이러한 상황이 발생하게 된 배경부터 고려한다.
	22	나는 서로 다른 상황이 주어졌을 때 둘 사이에 공통점을 잘 찾아낸다.
	24	나는 문제가 발생했을 때 다양한 시각으로 문제 상황을 파악한다.
공유비전	4	나는 모둠 활동에서 다른 모둠원의 의견을 잘 수용한다.
	20	나는 주어진 문제에 대한 결과를 항상 긍정적으로 생각한다.
	21	나는 다른 사람들의 의견을 항상 경청한다.
	23	나는 내가 어떤 일을 결정할 때 다른 사람들의 의견을 잘 반영한다.

※ 모든 문항은 5점 척도로 이루어진 Likert 형식으로 구성되었음.