



과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력이 중학생의 물질 변화 개념 이해에 미치는 영향

임성민, 김인환*
대구대학교

Effect of Motivational Belief about Learning Science and Self-Directed Learning Ability on Middle School Students' Conceptual Understanding of Matter Change

Sungmin Im, Inwhan Kim*
Daegu University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 January 2016

Received in revised form

9 February 2016

Accepted 13 February 2016

Keywords:

motivational belief, self-directed learning ability, matter change, conceptual understanding, PLS structural equation model

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore the relationship between motivational belief about learning science, self-directed learning ability and conceptual understanding of matter change with a quantitative method, assuming that motivational belief and self-directed learning ability might affect conceptual understanding. To do this, the authors investigated middle school students' motivational belief about learning science, self-directed learning ability, and conceptual understanding of matter change using measurement tools based on previous studies, and then analysed the casual relationship between three variables using PLS structural equation model. As a result, three latent variables in this study could be evaluated as appropriated in reliability and validity. And also, self-directed learning ability could affect both the motivational belief and conceptual understanding, while motivational belief could affect only self-directed learning ability but not conceptual understanding. Through this study the authors confirmed that in the context of science learning self-directed learning ability can directly affect conceptual understanding but motivational belief can affect indirectly. This study is significant in that the causal relationship between different variables in science learning could be confirmed in a quantitate manner, and also in that it can suggest PLS structural equation method as a new research methodology in science education research area.

1. 서론

과학의 기본 개념에 대한 이해는 학교 과학교육에서 중요한 교육 목표이다. 특히 학습을 개인의 의미 구성으로 규정하는 구성주의적 관점에 따르면 과학학습이란 곧 개념학습이라고도 할 수 있을 정도로, 과학교육에서 학생의 과학 개념 이해는 중요하다 (Driver, 1989). 특히 직접 관찰할 수 없는 추상적인 개념을 다수 포함하고 있는 물리 및 화학 개념 학습과 같이 학생의 선개념이 과학자의 개념 이해와 다르고 전통적인 과학 수업 후에도 여전히 오개념이 변화하지 않는 경우에 과학 개념학습은 더욱 중요한 의미를 갖는다. 이에 학생의 과학 선개념 조사, 인지갈등 또는 개념변화이론 등과 같은 과학 개념 학습 과정에 대한 이론적 연구, 개념도나 비유 등 개념학습을 돕는 교수학습방략 탐색 등 과학개념학습을 촉진하기 위한 다양한 연구와 노력이 있어왔다 (Hewson, 1981; Pines & West, 1986). 특히 물질의 화학 변화 과정에 대해서는 학생들이 물질의 화학 변화와 물리 변화를 구분하지 못하거나, 반응계를 잘못 설정하여 질량 보존의 법칙이나 일정 성분비의 법칙 등과 같은 물질 변화 과정의 규칙성을 잘못 적용하는 경우가 흔하다 (Paik *et al.*, 1999a). 이에 구성주의 수업이론을 근거한 개념변화수업의 적용이나, 수업 전후의 학습 동기 활용, 다중 비유의 적용 등과 같이 전통적인 수업 방식 대신 학생들의 개념 변화

를 적극적으로 유도하는 다양한 교수 학습 방식이 제안되고 있다 (Paik *et al.*, 1999b; Kwon & Noh, 2001).

한편 과학에 대한 흥미와 호기심 같은 정의적 특성 역시 학교 과학 교육의 주요 목표로서 꾸준히 강조되어왔다. 과학교육에서 정의적 특성에 대한 전통적인 연구는 주로 학생의 과학에 대한 흥미와 태도 등 과학에 대한 학생들의 감정적이고 수용적인 반응 위주의 구인을 측정하는 것 위주였으나, 점차 그 범위는 과학학습에 대한 동기, 신념, 인식 등과 같이 인지적 특성과 관련 깊고 보다 능동적인 구인에 대한 연구로 확장되어왔다. 특히 정의적 영역과 인지적 영역을 연결하려는 시도는 과학교육에서 뿐 아니라 과학철학, 인식론, 교육심리학, 교육 철학 등에서도 의미 있는 연구 주제가 되었다 (Pintrich & DeGroot, 1990). 예를 들어 Pintrich *et al.*(1993)은 기존의 개념학습에 대한 이론이 개인의 인지적 측면에 치우치는 것을 두고 '차가운 개념변화이론'이라고 비판하면서 과학학습에 있어서 학생 개인의 정의적 특성 및 학생이 속해있는 사회적 요인의 중요성을 강조하였고, Cobern (1996)은 학생의 과학 개념 변화를 아예 세계관의 변화로 지칭하면서 과학 학습의 인지적 측면과 정의적 및 사회적 측면을 통합하려고 시도했다. 이 외에도 강조하는 정의적 구인은 다르지만 학생의 정의적 특성을 인지적 영역에서의 성취와 연결하여 그 관계 및 상호작용을 탐구하는 연구가 꾸준히 강조되고 있다 (Gallagher, 1991; Songer & Linn, 1991;

* 교신저자 : 김인환 (ihkim@daegu.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.1.0125

Lederman, 1992; Ryan & Aikenhead, 1992; Pomeroy, 1993; Hammer, 1994a; Hammer, 1994b; Redish *et al.*, 1998; Tsai, 1998; Im, 2001).

이러한 시도 중에 이른 바 사회인지이론(social cognitive theory)에서는 학습자의 동기에 주목하여 학습동기를 정의적 영역과 인지적 영역을 매개로 간주하고 이를 통해 학습에서의 행동 변화가 유발된다고 보고 있다. 예를 들어 Bandura (1978)는 특정 과제 수행 상황에서 개인의 수행 능력에 대한 믿음을 자기효능감 신념(self-efficacy belief)으로 정의하고 학습의 주요 구인이라고 제안하였고, 이어지는 연구들을 통하여 다양한 교과 학습 맥락에서 자기효능감이 학업 성취와 높은 상관을 보이거나 학업 성취의 예언적 기능을 할 수 있다고 알려졌다. 이와 유사하게 인간의 행동 변화에 있어서 성취동기의 중요성을 강조하는 연구들 중에서 이른바 기대-가치 이론(expectancy-value theory)에 따르면, 학습자 자신의 특정 과제 수행 능력에 대한 믿음 즉, 기대 신념과 더불어 그 과제의 가치에 대해 학습자가 가지고 있는 믿음 즉 가치 신념을 동시에 고려할 것을 주장하였다 (Atkinson, 1964; Wigfield, 2000). 이와 같은 연구들은 각각 강조하는 정의적 구인과 정의는 다르지만 학생의 동기적 신념(motivational belief)이 인지적 성취에 영향을 주는 주요 매개라는 점을 주장한다는 점에서 유사하다. 과학교육학 연구에서도 학생의 동기적 신념이 과학 학습 성취에 주는 영향을 분석하려는 다양한 시도가 있었다. 동기적 신념이 학습에 영향을 미친다는 국내외의 선행연구들을 살펴보면, Uguroglau & Walberg (1979)는 높은 동기 수준은 학업 성취도를 높여주며 학업 성취도는 높은 동기를 유발한다고 하였으며, Gagne & Berliner (1984)는 교육심리학에서 동기는 지능, 학업적성의 차이에 기인하는 학업 성취도의 차이를 초월하여 그 차이를 설명하는데 도움이 된다고 하였다. 특히 국내에서는 과학 학습 성취 중에서 과학 개념 이해에 초점을 두고 학생의 학습 동기와 같은 정의적 구인이 과학 개념 이해에 어떻게 영향을 미치는지에 대해 여러 탐색이 있었다. 예를 들면, Kwon (1994)은 인지적 성취에 영향을 주는 정의적 특성으로서 지적 흥미 개념을 제안하면서 지적 흥미를 가진 학생이 그렇지 않은 학생보다 능동적인 학습 방식에 의해 직관적인 개념을 과학적인 개념으로 변화시킨다고 하였다. 학습 동기와 개념 변화 수업의 관계를 탐색한 Kim (1997)의 연구에 따르면 개념변화 수업은 학습동기가 높은 학생들에게만 효과적인 반면 개념변화 수업 자체는 학습동기 유발에 효과가 없다고 하였다. Im (2008)은 학생의 동기적 신념과 인지적 신념이 상호작용하면서 힘 개념과 같이 오개념이 흔히 나타나는 물리 개념 이해에 영향을 준다고 하였다. 그러나 동기와 인지적 성취의 관계를 탐색하는 다양한 연구에도 불구하고 동기가 어떤 과정으로 인지적 성취에 영향을 주는지, 또는 어떤 다른 구인과 상호작용하여 인지적 성취에 영향을 주는지를 정량적으로 확인하는 연구는 상대적으로 부족하다.

동기와 상호작용하여 학습에 영향을 미치는 구인 중에서 최근 자기주도 학습능력에 대한 관심이 고조되고 있다. 교과 학습 상황에서 동기의 역할을 강조하는 연구자들은 동기가 높은 학생들이 보다 능동적으로 학습에 임한다는 것에 주목하면서 자기주도(self-directed) 또는 자기규제(self-regulated) 학습 이론을 제안하였다. 자기주도 학습이란 ‘학습목표 달성을 위하여 스스로 학습을 계획, 실행하는데 있어 학습자가 지니고 있는 인지적 영역과 정의적 영역, 그리고 학습 환경

등의 상호작용에 의하여 이루어지는 학습’이라고 정의할 수 있다. 타인의 도움 없이 자기 스스로가 주도권을 가지고 학습목표를 설정하고 효율적인 학습전략을 사용하며 학습결과를 스스로 평가하는 일련의 과정을 통해 학생들은 학습의 주체가 될 수 있으며 (Knowles, 1975), 학습자 본인의 요구를 바탕으로 출발함으로써 학습자의 내재적 동기를 촉진하는 효과를 얻을 수 있다고 알려져 있다 (Song, 2006). 최근 국내에서는 자기주도 학습능력을 과학교육의 기대성과 중 하나로 간주하면서 학습자 중심의 융합인재교육이 학생들의 자기주도 학습능력에 영향을 줄 수 있음을 주장하고 있다 (KOFAC, 2013). 하지만 자기주도 학습능력이 학업 성취에 영향을 준다는 것을 주장하는 연구들에 비해서, 이러한 인과관계를 정량적으로 확인하거나 이러한 과정에서 학습 동기가 어떻게 작용하는지를 함께 고려한 분석적 연구는 아직 부족하다.

따라서 이 연구에서는 과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력을 각각 과학 개념 이해에 영향을 줄 수 있는 구인으로 가정하고, 동기적 신념과 자기주도 학습능력 및 과학 개념 이해의 관계를 구조방정식을 이용하여 정량적으로 탐색하고자 하였다. 이를 위해서 이 연구에서는 중학생들을 대상으로 과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력, 물질 변화에 대한 개념 이해를 각각 조사하고, 이 세 변인 간의 인과관계를 PLS(partial least square) 구조방정식 모형을 활용한 경로분석을 통하여 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

화학 반응에서의 규칙성 단원을 이미 학습한 대구광역시 소재 3개 중학교에 재학 중인 학생들을 대상으로 본 연구를 실시하였으며, 이들 중 응답이 불성실하거나 일부가 결여된 자료를 제외한 총 181명의 자료를 분석하였다. 연구 대상으로 섭외된 학교는 학력 수준이나 학생 배경 면에서 특별한 고려사항이 없는 전형적인 중학교이며, 연구 대상의 성별 분포는 남학생이 85명이고, 여학생은 96명이다.

과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력은 선행연구에서 이미 개발한 측정 도구인 5단계 리커트 척도 설문을 사용하여 측정하였으며, 물질 변화에 대한 개념 이해 정도는 학생의 오개념을 조사한 선행연구를 바탕으로 선택 후 설명식 문항을 구성하여 측정하였다. 수업 이후에 남아있는 학생의 정성적 개념 이해 정도를 평가하기 위하여 물질 변화 개념을 학습한 지 6개월이 지난 시점에 세 변인을 동시에 측정하였다.

동기적 신념과 자기주도 학습능력에 대해서는 각 변인의 하위 차원별로 평균과 표준편차를 구하였으며, 물질 변화 개념 이해에 대해서는 선택형 문항에 대한 정답률 및 정답에 대한 이유 설명에 대한 정답률을 구하였다. 각 변인들에 대한 기술통계를 위해 사용 통계 패키지 SPSS 12.0를 활용하였으며, 변인 간의 인과관계 탐색을 위한 PLS 구조방정식 분석을 위해서는 무료 공개프로그램 언어 R 기반의 통계 패키지인 ‘plspm’을 활용하였다.

Table 1. The structure of survey tool for motivational belief in learning science

| Dimension | Meaning | Example | Numbers of items | Reliability (Cronbach's alpha) |
|-------------|---|---|------------------|--------------------------------|
| Expectation | Beliefs about one's ability of performance in science tasks | I expect I can get a good grade in a test of science subject. | 7 | .914 |
| Value | Beliefs about the aim and value of learning science | The knowledge that I can learn in science lesson is important for me. | 8 | .921 |

Table 2. The structure of measurement tool for self-directed learning ability

| Dimension | Meaning | Example | Numbers of items | Reliability (Cronbach's alpha) |
|----------------------|--|---|------------------|--------------------------------|
| cognitive control | Using cognitive strategy for self-regulated learning | As I study I first review and summarize the whole content. | 6 | .877 |
| motivational control | Volition for learning and problem solving | I like to learn because there are many things that I haven't known. | 6 | .808 |
| behavioral control | Using tool and ability for cooperation | I can get help from teachers or friends as I study. | 6 | .853 |

2. 변인 및 측정 도구

가. 과학학습에 대한 동기적 신념

이 연구에서는 동기에 대한 기대-가치 이론에 따라 과학학습에 대한 동기적 신념을 과학학습 수행에 있어서 자신의 능력에 대한 '기대' 신념과 과학학습 과제에 대한 '가치' 신념으로 구성된다고 가정하였다. 이 연구에서는 과학학습에서의 동기적 신념을 평가하기 위해 Pintrich & De Groot(1990) 및 Im (2001)의 연구에서 제안한 설문 도구를 활용하였다. 5점 만점의 리커트 척도로 구성된 이 설문 도구는 자신의 과학 학습 수행 능력에 대한 믿음을 묻는 기대 차원의 7문항, 과학 학습과제 자체에 대해 자신이 느끼는 흥미와 의의를 묻는 가치 차원의 8문항 등 총 15문항으로 구성되었다. 과학학습에서의 동기적 신념을 평가하는 설문지 문항의 구성은 Table 1과 같다. 이 연구의 응답 자료를 바탕으로 하위 차원별 측정 도구의 신뢰도를 분석한 결과 기대 차원은 0.914, 가치 차원은 0.921의 신뢰도를 나타내며 총 15문항의 전체 도구는 0.946의 신뢰도를 가진다.

나. 자기주도 학습능력

자기주도 혹은 자기조절 학습능력을 측정하는 이러한 연구 결과들은 각각 이론적 배경에 따라 측정 구인에 대한 개념 정의가 다르며 이에 따라 측정 내용이 일부 차이를 보인다. 하지만 공통적으로 '학습 목표 달성을 위하여 스스로 학습을 계획, 실행하는데 있어 학습자가 지니고 있는 인지적 영역과 정의적 영역, 그리고 학습 환경 등의 상호 작용에 의하여 이루어지는 학습'에 해당하는 능력을 평가하고 있다. 이 연구에서는 자기주도 학습이론에 따라 자기주도 학습능력을 '효과적인 학습을 위해서 학습자가 자신의 학습 과정을 스스로 조절하고

주도적으로 수행하는 능력'이라고 정의하였으며, 구체적인 과제 상황 속에서 발휘되고 의미 있는 능력이면서 다른 교과나 학습 상황에 전이 가능하다고 가정하였다. 이를 측정하기 위해 이 연구에서는 Pintrich *et al.*(1990)과 Yang(2000)의 연구를 바탕으로 한국과학창의재단에서 융합인재교육의 효과성을 평가하기 위해 개발한 자기주도 학습능력 설문(KOFAC, 2013)을 활용하였다. 이 설문 도구는 학습과정을 스스로 조절하고 인지전략을 사용할 수 있는 인지 조절 차원, 학습 과제의 해결 의지를 나타내는 동기 조절 차원, 학습 과제 수행을 위해 도구를 사용하거나 협업할 수 있는 행동 조절 차원의 3 차원으로 구성된다. 자기주도 학습능력을 평가하는 설문지 문항의 구성은 Table 2와 같다. 이 연구의 응답 자료를 바탕으로 하위 차원별 측정 도구의 신뢰도를 분석한 결과 인지 조절 차원은 0.877, 동기 조절 차원은 0.808, 행동 조절 차원은 0.853의 신뢰도를 나타내며, 총 18문항의 전체 도구는 0.934의 신뢰도를 가진다.

다. 물질 변화 개념 이해 조사

과학개념이해에 관한 성취도 검사지는 '화학교육'지에 소개된 학생들의 화학 선개념 (Kang & Noh, 2000)과 한국교육원대학교 화학교육 연구실에서 발간한 화학오인 모음집의 내용(Chemistry Education Research Group, 1998)에서 사용한 학생들의 화학개념 이해에 관한 실태 조사 및 분석 내용을 참고로 하여 수정 보완하여 사용하였다. 문항의 구성은 물질 변화에 물리적 및 화학적 변화의 구분에 대한 2 문항, 물질 변화 과정에서의 질량 보존에 대한 4문항, 일정 성분비의 법칙과 관련된 3문항 등 총 9문항의 선택형 문항과 각 문항에 대한 이유를 기술하도록 한 총 9문항의 서술형 문항으로 구성되었다. 물질 변화에 대한 개념 이해 검사지의 내용 구성은 Table 3와 같다.

Table 3. The structure of survey tool for motivational belief in learning science

| Dimension | Meaning | Numbers of items (descriptive) | Reliability (Cronbach's alpha) |
|----------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Chemical change | Understanding about chemical or physical change of matter | 2(2) | .978 |
| Mass conservation | Understanding about conservation of mass in chemical reaction | 4(4) | |
| Constant composition | Understanding about constant composition in chemical reaction | 3(3) | |

3. 분석 방법

가. PLS 구조방정식모형

이 연구에서는 각 변인들의 대푯값을 구하기 위해 기술통계(descriptive statistics)를 적용하였으며, 더불어 변인들의 인과관계를 추론하기 위하여 구조방정식모형을 적용하였다. 특히 이 연구에서는 과학 개념 이해와 같은 변인의 경우 정규 분포를 이룬다고 가정하기 어렵기 때문에 공분산(covariance) 구조방정식 대신 부분 최소 제곱법(partial least square)을 활용하는 PLS 구조방정식(structural equation model)을 채택하였다. PLS 경로분석이라고도 부르는 PLS 구조방정식은 LISREL이나 AMOS와 같이 공분산 기반의 기존 구조방정식모형 분석 기법에 비하여 적은 표본 크기를 요구하고, 비정규 분포를 이루는 자료들에 대한 개념들을 포함하는 연구모형 분석에 유리하여 탐색적인 연구에 적합한 것으로 평가되고 있다 (Henseler & Sarstedt, 2013). 따라서 최근 많은 사회과학연구들이 PLS 구조방정식모형을 선호하고 있으나 과학교육학 연구에서는 비교적 생소한 분석 방법이다.

PLS 구조방정식모형은 외부모형(outer model)과 내부모형(inner model)으로 구성되어 있다. 외부모형은 관측변수 또는 측정변수(manifest variables)와 이와 관련된 잠재변수(latent variables)와의 관계에 대한 모형으로 측정모형(measurement model)이라고도 불린다. 즉, 직접 측정 가능한 몇 개의 관측 변수들이 하나의 잠재변수를 구성할 수 있는데, 이 때 관측변수들과 잠재변수들의 관계를 외부모형이라 한다. 이 연구에서 과학학습에 대한 동기적 신념이라는 잠재변수가 자신의 과학학습 능력에 대한 기대 신념과 과학학습 과제 수행에 대한 가치 신념이라는 두 가지 관측변수로 구성되는 것이 외부모형의 예라고 할 수 있다. 유사하게, 이 연구에서 자기주도 학습능력이라는 잠재변수는 인지 조절, 동기 조절, 행동 조절이라는 관측변수들로 구성되어 있으며, 물질 변화 개념 이해라는 잠재변수는 물질의 물리적 변화와 화학적 변화에 대한 구분, 질량 보존의 법칙에 대한 이해, 일정 성분비의 법칙에 대한 이해 등의 관측변수들로 구성되었다.

내부모형은 잠재변수들 간의 관계에 대한 모형으로 구조모형(structural model)이라고도 불린다. 예를 들어 이 연구에서 잠재변수는 과학학습에 대한 동기적 신념, 자기주도 학습능력, 물질 변화에 대한 개념 이해 등 총 3가지인데 이 세 변수들 간의 인과관계를 나타내는 모형이 이 연구의 내부 모형이라 할 수 있다.

나. PLS 구조방정식모형의 평가 기준

PLS 구조방정식모형의 평가는 앞서 언급한 외부모형과 내부모형의 적합성을 평가하는 것으로 구분할 수 있다. 먼저, 외부모형 평가란 관측변수들과 잠재변수 간의 관계가 얼마나 타당한지를 평가하는 것을 의미한다. 각각의 잠재변수가 얼마나 타당하게 측정되었는지를 평가하는 외부모형의 평가 기준은 잠재변수를 구성하는 관측변수들에 대한 신뢰도와 타당도이다. 신뢰도의 경우 전통적인 신뢰도 평가 방식인 내적 일관성 신뢰도(internal consistency reliability) 평가방식으로서 크론바흐 알파(Cronbach's alpha) 계수를 평가 항목으로 하거나 합성신뢰도(composite reliability)라고도 부르는 딜런-골드스타인 로우(Dillon-Goldstein's rho) 계수를 사용한다. 합성신뢰도 역시 내적

일관성 평가에 기반을 둔 신뢰도이나 크론바흐 알파계수가 모든 측정 지표들이 동등하게 신뢰할 수 있다는 가정 하에 산출됨에 반하여 합성신뢰도는 측정지표들이 서로 다른 적재량을 고려하여 산출됨으로써 구조방정식모형 분석에서 크론바흐 알파계수 보다 바람직한 신뢰도 평가 항목으로도 평가되고 있다(Henseler *et al.*, 2009). 절대적인 기준은 없으나 크론바흐 알파 계수 혹은 합성신뢰도 계수가 0.7 이상인 경우 그 모형이 적합하다고 할 수 있다. 관측변수들에 대한 타당도 평가는 집중타당도(convergent validity) 및 판별타당도(discriminant validity)로 구분할 수 있다. 집중타당도는 측정지표들의 잠재변수들에 대한 적재값들의 유의성에 대한 평가로서 측정지표들의 *t*-value가 1.96 이상이면 타당하다고 평가하며, 판별타당도는 각 잠재변수별로 속해 있는 측정지표들의 적재량이 다른 잠재변수들에서의 이들 특정 지표들의 교차적재량에 비해 뚜렷하게 높게 적재되어있는가를 의미하는 값으로서 확인적 요인분석과 유사한 개념이다.

내부모형 평가란 어느 연구에서 설정한 잠재변수들 간의 인과관계가 얼마나 타당한지에 대한 평가, 즉 구조모형에 대한 평가를 의미한다. 내부모형에 평가는 경로계수에 대한 평가, 결정계수 R^2 에 대한 분석 및 모형 적합도에 대한 평가 등이 포함된다. 경로계수(path coefficients)에 대한 평가는 잠재변수들 간의 인과관계에 대한 평가로서 경로계수의 부호와 크기가 해당 경로의 타당성을 평가하는 기준으로 제안되고 있으나, 대부분의 연구들에서는 경로계수의 수치 자체보다는 그 수치의 통계적 유의 수준(p-value) 만으로 경로의 타당성을 평가하고 있다. PLS 구조방정식모형분석에서 경로계수들의 유의성은 부트스트랩(bootstrap) 샘플링 방식을 통한 경로계수 추정치와 변량(오차)에 근간한 *t*-value를 이용하여 평가하며, *t*-value가 3.1 이상이면 유의 수준 $p < 0.01$ 수준에서 타당하고 평가한다. 결정계수 R^2 에 대한 평가는 외생 잠재변수의 내생 잠재변수들에 대한 설명력으로 명확한 기준 값은 없으나, 선행연구에 따르면 R^2 값이 0.19보다 작을 경우 설명력이 약함, 0.33~0.67 사이는 중간, 0.67 이상은 설명력이 큰 것으로 평가할 수 있다(Chin, 1998). 모형의 적합도에 대해서는 기존의 공분산 구조방정식과 같이 적합도 지수 즉, GoF (Goodness of Fit)값이 0.36 이상이 될 것을 권고하고 있으나 절대적인 기준에 대한 합의는 이루어지고 있지 않다.

4. 분석 도구

PLS 구조방정식모형을 활용한 연구들이 급증함에 따라 이를 지원하기 위한 SmartPLS, PLS-Graph와 같은 PLS 분석 통계 소프트웨어들이 개발되었으나, 이 연구에서는 무료 공개 소프트웨어인 R을 활용하였다. R은 통계 프로그래밍 언어인 S언어 기반으로 만들어진 통계 및 그래픽을 위한 프로그래밍 언어이자 오픈 소프트웨어 환경이다. 뉴질랜드 오클랜드 대학의 Ross Ihaka와 Robert Gentleman에 의해 시작된 R은 통계 소프트웨어 개발과 자료 분석에 광범위하게 사용되고 있으며, 패키지 개발이 용이하여 최근 통계 소프트웨어를 개발하는 데 많이 활용된다. R로 개발된 패키지들은 저작권 대신 일반 공중 라이선스(General Public License) 하에 무료로 배포되어 일반인들에게 사용되고 있으며, R을 위한 오픈 소스(open source) 프로젝트에서는 사용자가 직접 R을 활용한 응용 패키지를 생산하고 배포하는 것을 지원하기 위하여 패키지 유동 저장소인 웹사이트 CRAN (The

Table 4. The distribution of motivational belief in learning science

| Dimension | Female (S.D.) | Male (S.D.) | Mean (S.D.) |
|-------------|------------------|----------------|----------------|
| Expectation | 3.14 (.91) | 3.00 (.88) | 3.08 (.89) |
| Value | 3.39 (.88) | 3.27 (.83) | 3.33 (.86) |
| Total | 3.24 (.84) | 3.12 (.83) | 3.18 (.83) |

Comprehensive R Archive Network)을 운영하고 있다 (<http://cran.r-project.org> 참조). 현재 CRAN에는 수학, 통계, 그래픽, 데이터 마이닝 등을 위하여 6100여개 이상의 패키지들이 이용 가능하며, 이 연구에서 활용한 통계 패키지 역시 CRAN을 비롯한 인터넷 사이트에서 구할 수 있다. R을 이용한 통계분석은 무료로 배포된다는 점에서 SPSS나 AMOS와 같은 고가의 통계패키지에 비해 비용적인 측면에서 유리하고, Windows, Mac OS, UNIX 등 다양한 운영체제에서 이용이 가능하다는 점에서 접근성 측면에서도 유리하다. 또한, 다양한 최신 통계분석과 데이터 마이닝 기능이 포함된 패키지 및 샘플들이 지속적으로 제공되고 있어 교육과 연구가 통합된 환경에서 최신 통계기법을 이용한 연구에 유용하다 (Yoon & Kim, 2014).

이 연구에서는 PLS 경로분석을 지원하기 위한 R 패키지로써 Sanchez (2013)가 개발한 'plsmpm'을 활용하였다. 'plsmpm'은 SmartPLS, PLS-Graph 등의 그래픽 사용자 기반의 세련된 프로그램에 비해 직관적인 편의성은 떨어지지만, 사용자 등록 및 사용허가 갱신 절차도 필요 없는 무료 통계소프트웨어이며, 스크립트(script) 형태의 언어인 R의 특성을 이용하여 구조방정식모형 분석 시 요구되는 신뢰도 평가, 타당도 평가와 같은 절차를 자동화 시킬 수 있어서 연구 분석의 효율성을 높이고 오류발생의 확률을 낮출 수 있다 (Yoon & Kim, 2014).

III. 결과 및 논의

1. 기술 통계

가. 과학학습에 대한 동기적 신념

연구 대상 중학생들의 과학학습에 대한 동기적 신념을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 과학학습에 대한 동기적 신념의 정의에 따라 하위 차원별로 살펴보면 과학학습에 대한 기대 차원은 5점 리커트 척도에

서 3.08점이고 과학학습에 대한 가치 차원은 3.33점으로, 이 두 차원의 기하 평균으로 정의한 동기적 신념의 평균값은 3.18점으로 나타났다. 남녀 성별에 따른 분포의 차이를 보면 여학생의 동기적 신념 평균이 3.24점이고 남학생의 동기적 신념 평균은 3.12점으로 모든 차원 및 평균값에서 여학생이 남학생에 비해 다소 높은 동기적 신념을 보이지만 통계적으로 유의미한 차이는 없다. 즉, 연구 대상 중학생들은 자신의 과학학습 능력에 대한 기대에 비해서 과학학습의 필요성에 대해서는 상대적으로 높은 동기적 신념을 보이며 전체적인 과학학습에 대한 동기적 신념은 중간값보다 약간 높은 정도라고 할 수 있다.

나. 자기주도적 학습능력

연구 대상 중학생들의 과학학습에 대한 자기주도적 학습능력을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 중학생들의 자기주도적 학습능력을 5점 만점 리커트 척도에서 평균 3.22점으로 중간값보다 약간 높게 나타났다. 하위 차원별로 살펴보면 인지 조절 차원은 5점 리커트 척도에서 3.14점, 동기 조절 차원은 3.13점, 행동 조절 차원은 3.38점으로서, 행동 조절 차원이 상대적으로 가장 높은 점수를 보였다. 남녀 성별에 따른 분포의 차이를 보면 인지 조절과 동기 조절 차원에서는 여학생이 상대적으로 높고, 행동 조절 차원에서는 남학생이 상대적으로 높은 값을 나타내지만 통계적으로 유의미한 차이는 없다. 즉, 연구 대상 중학생들은 중간값 이상의 자기주도적 학습능력을 보이며 특히 행동 조절 차원에서 가장 양호한 반응을 나타낸다.

다. 물질 변화에 대한 개념 이해

연구 대상 중학생들의 물질 변화에 대한 개념 이해에 대한 선택형 문항에 대한 정답률을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 총 9문항에 대한 평균 정답률은 35%이며, 하위 영역별로는 화학적 변화에서는

Table 5. The distribution of self-directed learning ability

| Dimension | Female (S.D.) | Male (S.D.) | Mean (S.D.) |
|----------------------|------------------|----------------|----------------|
| Cognitive control | 3.16 (.88) | 3.13 (.81) | 3.14 (.84) |
| Motivational control | 3.15 (.80) | 3.11 (.70) | 3.13 (.75) |
| Behavioral control | 3.36 (.84) | 3.40 (.71) | 3.38 (.78) |
| Total | 3.22 (.77) | 3.21 (.68) | 3.22 (.72) |

Table 6. The distribution of ratio of correct answers for understanding about matter change

| | Domain | Female (S.D.) | Male (S.D.) | Mean (S.D.) |
|----------------------------|----------------------|------------------|----------------|----------------|
| Ratio of correct answers | Chemical change | .52 (.33) | .51 (.37) | .52 (.35) |
| | Mass conservation | .32 (.20) | .29 (.29) | .30 (.21) |
| | Constant composition | .33 (.35) | .30 (.29) | .31 (.33) |
| | Total | .36 (.17) | .34 (.18) | .35 (.17) |
| Ratio of correct reasoning | Chemical change | .19 (.33) | .09 (.37) | .14 (.28) |
| | Mass conservation | .12 (.20) | .11 (.29) | .11 (.19) |
| | Constant composition | .09 (.35) | .07 (.29) | .08 (.18) |
| | Total | .13 (.17) | .09 (.15) | .11 (.16) |

52%, 질량 보존에서는 30%, 일정 성분비에 대해서는 31%의 정답률을 나타냈다. 여학생이 남학생에 비해 다소 높은 정답률을 보였으나 통계적으로 의미 있는 차이는 아니다.

한편, 이유 설명을 포함한 문항의 정답률을 조사한 결과 평균 정답률은 11%이며 하위 영역별로는 화학적 변화에 대해서 14%, 질량 보존에 대해서 11%, 일정 성분비에 대해서 8%의 정답률로서, 선다형 문항만의 정답률에 비해 현저히 낮은 정답률을 보였다. 여학생의 평균 정답률이 13%로서 남학생의 정답률 9%에 비해 상대적으로 높은 정답률을 보였고 모든 하위 차원에서 여학생의 정답률이 높았으나, 통계적으로 유의미한 차이는 아니었다.

2. PLS 구조방정식모형 분석

가. 외부 모형 평가

이 연구에서 설정한 잠재변수는 과학학습에 대한 동기적 신념 (PM), 자기주도 학습능력(PS), 물질 변화에 대한 개념 이해(PC) 등 모두 3가지이다. 각각의 잠재변수에 대한 외부모형은 첫째, 동기적 신념의 경우 기대 신념과 가치 신념 등 2개 차원의 15문항의 측정변수로 구성되었고, 둘째, 자기주도 학습능력은 인지 조절, 동기 조절, 행동 조절 등에 대한 3개 차원의 18문항의 측정변수로, 셋째, 물질 변화에 대한 개념 이해는 선택형 정답률과 이유 설명 정답률 등 2개의 측정 변수로 구성되었다.

각각의 외부모형에 대한 신뢰도와 타당도는 다음과 같다. 먼저 신뢰도 평가는 크론바흐 알파계수와 합성신뢰도를 기준으로 각각의 잠

재변수들의 내적 일관성에 대한 평가로서 그 결과는 Table 7과 같다. 분석 결과, 과학학습에 대한 동기적 신념, 자기주도 학습, 물질 변화에 대한 개념 이해 등 모든 잠재변수들의 크론바흐 알파 값은 모두 최소 0.93 이상으로 기준치인 0.70을 초과하고, 합성신뢰도(Dillon-Goldstein's rho) 값도 모두 0.94를 넘어 기준치인 0.70 보다 큰 것으로 나타나 각각의 잠재변수를 구성하는 측정지표들의 내적 일관성 신뢰도가 확보됨을 보여주고 있다.

집중타당도를 나타내는 각 측정지표 즉, 하위 차원의 설문 문항들에 대한 *t*-value를 분석한 결과, 동기적 신념에 대한 2개 차원의 15문항, 자기주도 학습능력에 대한 3개 차원의 18문항, 물질 변화에 대한 개념 이해 선택형 및 설명의 정답률 등 각각의 측정지표들의 *t*-value는 모든 값이 최소 7.16 이상으로서 *t*-value 기준치인 1.96 이상으로서 훨씬 초과하여 집중타당도 측면에서 타당하다고 판단할 수 있다. 또한, 모든 측정변수들의 각 잠재변수에 대한 요인적재량을 비교한 결과, 각 잠재변수별로 속해 있는 측정지표들의 적재량이 다른 잠재변수들에서의 이들 특정지표들의 교차적재량에 비해 상대적으로 높게 적재되어있는 점을 확인할 수 있으므로 판별타당도 측면에서 타당하다고 볼 수 있다.

나. 내부 모형 평가

잠재변수들 간의 관계를 나타내는 PLS 구조방정식의 내부 모형에서는 경로의 방향에 따라 즉, 인과 관계에 따라 독립변인에 해당하는 변수는 내생 잠재변수(endogenous latent variables), 종속변인에 해당하는 변수는 외생 잠재변수(exogenous latent variable)로 명명한다.

Table 7. Reliability test of latent variables

| Latent variable (abbrev.) | C.alpha | DG.rho | Evaluation |
|-------------------------------------|---------|--------|------------|
| Motivational belief (PM) | .946 | .952 | valid |
| Self-directed learning ability (PS) | .934 | .942 | valid |
| Conceptual understanding (PC) | .978 | .989 | valid |

Table 8. Path coefficients for model 1

| Path | Original | Mean.Boot | Std.Error | t-value | Evaluation |
|---------|----------|-----------|-----------|---------|-----------------|
| PM → PS | .696 | .700 | .043 | 16.142 | valid (> 3.1) |
| PM → PC | -.005 | -.009 | .006 | -.076 | invalid (< 3.1) |
| PS → PC | .859 | .863 | .049 | 17.378 | valid (> 3.1) |

Table 9. R² for exogenous variables of model 1

| Variable | Original | Mean.Boot | Std.Error | Explanation power |
|----------|----------|-----------|-----------|----------------------|
| PS | .484 | .493 | .060 | moderate (.33 ~ .67) |
| PC | .733 | .736 | .035 | high (>.67) |

이 연구에서는 과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력을 물질 변화 개념 이해에 영향을 주는 변수로 가정하였다. 따라서 이 연구의 내부 모형에서 물질 변화 개념 이해는 외생 잠재변수로, 동기적 신념과 자기주도 학습능력은 물질 변화 개념 이해의 원인이 되는 내생 잠재변수로 모형을 설정할 수 있다. 이러한 기본 모형에 추가로 동기적 신념과 자기주도 신념 간의 인과관계를 고려하여 경로를 추가한다면 내부 모형은 다시 2가지로 나눌 수 있다. 즉, 동기적 신념이 자기주도 학습능력에 영향을 주는 내부 모형1과 자기주도 학습능력이 동기적 신념에 영향을 주는 내부 모형2로 구분할 수 있다.

동기적 신념이 자기주도 학습능력에 영향을 미치면서 이 두 변인이 물질 변화 개념 이해에 영향을 미친다는 내부 모형1에 대한 경로계수 분석 결과는 Table 8과 같다. 먼저 내생 잠재변수와 외생 잠재변수 간의 경로계수를 분석한 결과 동기적 신념이 자기주도 학습능력에 미치는 영향에 대한 경로계수는 0.696으로서 *t*-value가 16.142, 자기주도 학습능력이 물질 변화 개념 이해에 미치는 영향에 대한 경로계수는 0.859로서 *t*-value가 17.378로서 모두 평가 기준치인 3.1을 훨씬 초과하여 $p < 0.01$ 수준에서 통계적으로 유의미한 경로라고 판단할 수 있으나, 동기적 신념이 물질 변화 개념 이해에 미치는 영향에 대해서는 경로계수가 거의 0에 가깝고 *t*값도 음수로서 통계적으로 유의미하지 않다. 즉, 동기적 신념은 자기주도 학습능력에 영향을 미치고, 자기주도 학습능력은 물질 변화 개념 이해에 영향을 미치지만, 동기적 신념이 물질 변화 개념 이해에 직접 영향을 미치지 않는다고 해석할 수 있다.

내부 모형 1의 경우 외생 잠재변수인 자기주도 학습능력과 물질 변화 개념 이해에 대한 결정계수 R²에 대한 분석 결과는 Table 9과 같다. 분석 결과 자기주도 학습능력의 R² 값은 0.484로서 중간 정도의

설명력을 나타내지만, 물질 변화 개념 이해의 R² 값은 0.733으로 높은 설명력을 갖는다고 할 수 있다. 한편, 내부 모형 1의 적합도 지수 GoF는 0.576으로 권고 기준치 0.36보다 커서 적합하다고 판정할 수 있다.

자기주도 학습능력이 동기적 신념에 영향을 미치면서 이 두 변인이 물질 변화 개념 이해에 영향을 미친다는 내부 모형2에 대한 경로계수 분석 결과는 Table 10과 같다. 먼저 내생 잠재변수와 외생 잠재변수 간의 경로계수를 분석한 결과 자기주도 학습능력이 동기적 신념에 미치는 영향에 대한 경로계수는 0.696으로서 *t*-value가 17.695, 자기주도 학습능력이 물질 변화 개념 이해에 미치는 영향에 대한 경로계수는 0.859로서 *t*-value가 18.204로서 모두 평가 기준치인 3.1을 훨씬 초과하여 $p < 0.01$ 수준에서 통계적으로 유의미한 경로라고 판단할 수 있으나, 내부 모형 1과 마찬가지로 동기적 신념이 물질 변화 개념 이해에 미치는 영향에 대해서는 경로계수가 거의 0에 가깝고 *t*-value도 음수로서 통계적으로 유의미하지 않다. 즉, 자기주도 학습능력은 동기적 신념과 물질 변화 개념 이해 모두에 영향을 미치지만, 동기적 신념은 물질 변화 개념 이해에 직접 영향을 미치지 않는다고 해석할 수 있다.

내부 모형 2의 경우 외생 잠재변수인 동기적 신념과 물질 변화 개념 이해에 대한 결정계수 R²에 대한 분석 결과는 Table 11과 같다. 분석 결과는 내부 모형 1의 경우와 매우 유사해서, 동기적 신념의 R² 값은 0.484로서 중간 정도의 설명력을 나타내지만, 물질 변화 개념 이해의 R² 값은 0.733으로 높은 설명력을 갖는다고 할 수 있다. 한편, 내부 모형 2의 적합도 지수 GoF 역시 모형 1과 같은 0.576으로 권고 기준치 0.36보다 커서 적합하다고 판정할 수 있다.

따라서 내부 모형 1과 내부 모형 2의 분석 결과를 종합해보면, 자기

Table 10. Path coefficients for model 2

| Path | Original | Mean.Boot | Std.Error | t-value | Evaluation |
|---------|----------|-----------|-----------|---------|-----------------|
| PS → PM | .696 | .703 | .039 | 17.695 | valid (> 3.1) |
| PS → PC | .859 | .860 | .047 | 18.204 | valid (> 3.1) |
| PM → PC | -.005 | -.006 | .062 | -.079 | invalid (< 3.1) |

Table 11. R² for exogenous variables of model 2

| Variable | Original | Mean.Boot | Std.Error | Explanation power |
|----------|----------|-----------|-----------|----------------------|
| PM | .484 | .496 | .055 | moderate (.33 ~ .67) |
| PC | .733 | .736 | .032 | high (>.67) |

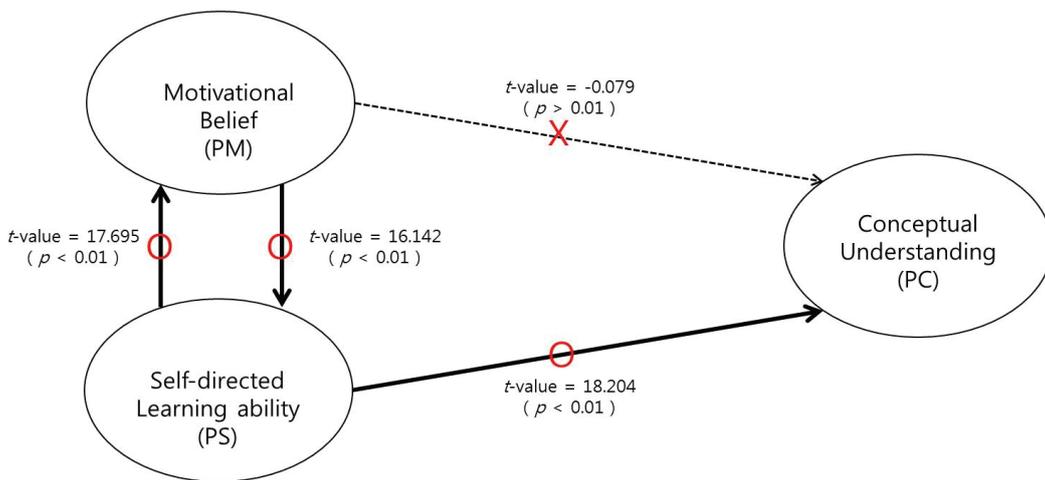


Figure 1. Summary of path analysis of latent variables

주도 학습능력은 동기적 신념과 물질 변화 개념 이해에 모두 영향을 미치지만, 동기적 신념은 자기주도 학습능력에만 영향을 미치고 물질 변화 개념 이해에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있다 (Figure 1).

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력을 물질 변화 개념 이해와 같은 과학 학습 성취에 영향을 미치는 주요 변인으로 가정하고, 이 변인들 간의 인과 관계를 분석하였다. 이를 위해 물질 변화 개념을 이미 학습한 지방 대도시 소재 중학생을 대상으로 과학학습에 대한 동기적 신념, 자기주도 학습능력, 물질 변화 개념 이해를 각각 조사하였고, 기술통계 및 구조방정식모형 분석을 통하여 변인들 간의 인과 관계를 탐색하였다.

과학학습에 대한 동기적 신념은 학습자 자신의 과학학습 수행 능력에 대한 기대 신념과 과학학습 수행 과제의 가치에 대한 신념으로 구성된다고 가정하고 선행연구에서 사용한 리커트형 설문을 적용하여 측정하였다. 자기주도 학습능력은 효과적인 학습을 위해서 학습자가 자신의 학습 과정을 스스로 조절하고 주도적으로 수행하는 능력으로서 인지 조절, 동기 조절, 행동 조절의 하위 차원을 갖는다고 정의하였고, 선행연구에서 사용한 리커트형 설문도구를 활용하여 측정하였다. 과학 개념 이해에 있어서는 학생들의 오개념이 많이 드러나는 물질 변화에 대한 개념 이해를 조사하였고, 학생의 화학 선개념을 조사한 선행연구를 바탕으로 화학적 변화와 물리적 변화의 구분, 질량 보존의 법칙, 일정 성분비의 법칙 등의 내용을 포함하는 선택 후 설명식 문항을 구성하여 측정하였다.

각각의 변인에 대한 학생들의 반응 분포를 보기 위하여 SPSS를 활용하여 기술통계 및 성별에 따른 차이를 확인하기 위한 차이검증도 실시하였다. 각 변인들 간의 인과 관계를 탐색하기 위해서는 구조방정식 모형을 적용하였는데, 특히 이 연구에서는 기존의 공분산 구조방정식에 비해 적은 표본수와 비정규 분포에도 적용할 수 있는 PLS 구조방정식모형을 적용하여 설정한 변인들 간의 인과 관계를 탐색하였다. PLS 구조방정식 모형 분석을 위한 분석도구로서는 무료 공개 소프트웨어이자 스크립트 형태의 프로그래밍 언어인 R에 기반을 둔 'plspm'이라는 통계 패키지를 활용하였다.

연구 대상이 된 중학생 총 181명의 응답 결과를 분석한 결과는

세 변인에 대한 기술통계와 세 변인 간의 인과 관계를 분석한 PLS 구조방정식모형 분석 결과로 구분된다. 첫째 기술 통계 결과를 요약 하면, 이 연구에 참여한 중학생들의 과학학습에 대한 동기적 신념은 5점 만점 리커트 척도에서 3.18점으로서 중간값보다 약간 높은 정도 라고 할 수 있으며, 자신의 과학학습 능력에 대한 기대에 비해서 과학 학습의 필요성에 대해서는 상대적으로 높은 동기적 신념을 보인다. 여학생의 동기적 신념이 남학생에 비해 다소 높으나 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다. 중학생들의 자기주도 학습능력은 5점 만점 리커트 척도에서 평균 3.22점으로 중간값보다 약간 높게 나타났으며, 하위 차원들 중에서는 행동 조절 차원에서 가장 양호한 반응을 나타냈다. 자기주도 학습능력의 하위 차원 중 인지 조절과 동기 조절 차원에서는 여학생이 상대적으로 높고 행동 조절 차원에서는 남학생이 상대적으로 높은 값을 나타내지만 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다. 중학생들의 물질 변화에 대한 개념 이해에 대한 선택형 문항에 대한 정답률을 조사한 결과 선택형 문항에 대한 평균 정답률은 35%이지만, 이유 설명을 묻는 서술형 문항의 정답률은 11%에 그쳤다. 선택형 문항 및 서술형 문항 모두에서 여학생의 정답률이 남학생보다 다소 높았지만 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다.

둘째 PLS 구조방정식모형 분석 결과, 이 연구에서는 과학학습에 대한 동기적 신념, 자기주도 학습능력, 물질 변화에 대한 개념 이해 등 3가지 변인을 잠재변수로 설정하였는데 각각의 잠재변수에 대한 외부모형 평가 결과 이 연구에서 설정한 세 변수의 측정은 PLS 구조방정식에서 요구하는 신뢰도와 타당도의 기준치를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 잠재변수들 간의 인과 관계를 분석한 내부모형 평가 결과, 자기주도 학습능력은 동기적 신념과 물질 변화 개념 이해에 모두 영향을 미치지만, 동기적 신념은 자기주도 학습능력에만 영향을 미치고 물질 변화 개념 이해에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

결론적으로, 이 연구를 통하여 과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력은 모두 과학 개념 이해에 영향을 미치는 변인으로서 중요하지만, 자기주도 학습 능력만이 과학 개념 이해에 직접 영향을 미치며 동기적 신념은 자기주도 학습능력에 영향을 미침으로서 과학 개념 이해에는 간접적으로만 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

이 연구는 그동안 인지적 성취에 영향을 주는 변인으로서 꾸준히 연구 관심이 되고 있는 학습 동기와 자기주도 학습능력이 과학 개념 이해와 같은 과학 학습 성취에 실제로 어떠한 영향을 미치는지에 대

해서 정량적인 방법을 통해서 분석했다는 점에서 의의가 있다. 그동안 과학학습 동기가 과학학습 성취에 영향을 주는 요인으로 알려져 왔다. 하지만 이 연구 결과 직접적인 영향이 아니라 자기주도 학습능력을 매개함으로써 간접적으로 영향을 준다는 점을 고려한다면, 단순히 학습 동기를 증진하는 것이 아니라 자기주도 학습능력과 관련된 맥락에서 학습 동기를 증진시키는 것이 보다 바람직한 과학 교수 학습 맥락이라고 할 수 있다. 한편, 이 연구는 표본의 수가 적고 정규분포를 이루지 않는 변수들의 인과 관계를 분석하는 PLS 구조방정식모형을 과학교육 연구의 방법론으로서 제시한다는 점에서도 의의를 찾을 수 있다. 특히 기존의 공분산 구조방정식 분석에 고가의 소프트웨어가 필요한 반면 PLS 구조방정식모형은 무료 공개 프로그램 언어 R에 기반을 둔 통계 패키지를 적용할 수 있으면서도 경로분석과 같은 고급 통계 분석에 활용할 수 있다는 점에서 정량적 과학교육 연구에 있어서 새로운 연구방법론으로서 의미가 있다. 예를 들면, 기존에 이론적으로 제안된 과학학습 과정에 영향을 주는 변인들의 인과 관계를 확인하기 위한 수단으로서 활용될 수 있고, 보다 적극적으로는 과학 학습에 영향을 미칠 것으로 예상되는 변인들을 설정하고 그 관계를 탐색하는 수단으로서도 활용될 가능성이 있다.

이 연구에서는 PLS 구조방정식모형을 과학교육학 연구에 탐색적으로 적용하면서 잠재변수를 3가지로 제한하고 잠재변수들을 측정하는 관측변수도 비교적 단순하게 설정하였다. 실제 과학학습 상황에는 매우 다양한 변수들이 관계되므로, 앞으로 연구를 발전시키기 위해서는 보다 다양한 변수들의 관계를 설정할 필요가 있고, 이를 위해서는 과학학습 과정에 어떠한 변인들이 영향을 미칠 수 있는지에 대한 이론적 연구의 병행과 뒷받침이 필요하다. 보다 엄격하게 PLS 구조방정식모형을 적용하기 위해서는 잠재변수와 관측변수의 관계에 따라 반영지표 모형(reflective measurement model) 또는 조형지표 모형(formative measurement model)으로 구분하여 분석하는 것이 바람직하지만, 이 연구에서는 연구에서 설정한 3가지 잠재변수를 모두 반영지표로 가정하고 수행하였다. 따라서 향후 이어지는 유사 연구에서는 잠재변수의 성격을 보다 분석적으로 규명하여 반영지표와 조형지표로 구분하여 수행할 필요가 있다. 구매 심리와 같이 복잡한 인간 심리를 다루는 마케팅 분야 등 여러 사회과학분야에서 PLS 구조방정식과 같은 통계적 분석 방법이 빠른 속도로 부각되고 있는 맥락에서, 과학 교육학연구에서도 이러한 정량적 분석을 동원하는 연구가 도입되어 연구방법론의 맥락을 확장하는 것은 의미 있는 일이라고 판단된다. 유사한 맥락에서 단지 연구방법론 차원에서만 아니라 과학 교수 학습에 대한 관점에서도 마케팅과 같은 사회과학분야의 최근 연구 성과를 고려한 이론적 배경의 확장도 의미 있는 시도라고 할 수 있다. 하지만, 모든 통계적 연구가 그렇듯이 과학 교수 학습의 복잡한 양상을 숫자로 환원하여 그 관계를 분석하는 것에는 엄연한 한계가 있고, 이 연구 역시 그러한 한계로부터 자유로울 수 없다. 다만 과학교육학의 연구 방법론을 다양화하고 이론적 논의와 상보적으로 발전할 수 있다는 점에서 이러한 정량적 분석 방법을 비판적으로 활용할 필요성은 충분하다고 판단된다.

국문요약

이 연구에서는 과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력

을 각각 과학 개념 이해에 영향을 줄 수 있는 구인으로 가정하고 이들의 관계를 정량적으로 탐색하고자 하였다. 이를 위해서 이 연구에서는 중학생들을 대상으로 과학학습에 대한 동기적 신념과 자기주도 학습능력, 물질 변화에 대한 개념 이해에 대해 기존 연구의 측정 도구를 이용하여 각각 조사하고, 조사한 응답 분포를 바탕으로 이 세 변인 간의 인과 관계를 PLS 구조방정식모형을 통하여 분석하였다. 연구 결과, 이 연구에서 설정한 잠재변수인 과학학습에 대한 동기적 신념, 자기주도 학습능력, 물질 변화 개념 이해의 측정은 신뢰도와 타당도 면에서 통계적으로 적합한 것으로 나타났다. 또한, 잠재변수들 간의 인과 관계를 분석한 결과, 자기주도 학습능력은 동기적 신념과 물질 변화 개념 이해에 모두 영향을 미치지만, 동기적 신념은 자기주도 학습능력에만 영향을 미치고 물질 변화 개념 이해에는 영향을 미치지 않았다. 이 연구를 통하여 과학학습 상황에서 자기주도 학습능력만이 과학 개념 이해에 직접 영향을 미치며 동기적 신념은 간접적으로만 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다. 이 연구는 과학학습 과정에 관여하는 변인들 간의 인과적 관계를 정량적인 방법을 통해서 확인했다는 점과 과학교육 연구 분야에서 PLS 구조방정식모형을 새로운 연구방법론으로써 제안한다는 점에서 의의가 있다.

주제어 : 동기적 신념, 자기주도 학습능력, 물질 변화, 개념 이해, PLS 구조방정식

References

- Atkinson, J. W. (1964). *An introduction to motivation*. Princeton, NJ: Van Nostrand.
- Bandura, A. (1978). The self system in reciprocal determinism. *American Psychologist*, 33(4), 344-358.
- Chemistry Education Research Group (1998). *A handbook on students' chemistry misconception*. Korean National University of Education.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. In: G. A. Marcoulides (Ed.), *Modern methods for Business Research*, (pp.295-336). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coburn, W. W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, 80(5), 579-610.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490.
- Gagne, N. L., & Berliner, D. C. (1984). *Educational psychology* (3rd ed.). Boston: Houghton Mifflin Company.
- Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133.
- Hammer, D. (1994a). Students' belief about conceptual knowledge in introductory physics. *International Journal of Science Education*, 16(3), 385-403.
- Hammer, D. (1994b). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction*, 12(2), 151-183.
- Henseler, J. & Sarstedt, M. (2013). Goodness-of-fit indices for partial least squares path modeling. *Computational Statistics*, 28(2), 565-580.
- Henseler, J., Ringle, C. M. & Sinikovic, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. *Advances in International Marketing*, 20(1), 277-320.
- Hewson, P. W. A. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
- Im, S. (2001). A Doctoral thesis, Seoul National University, Unpublished.
- Im, S. (2008). An use of epistemological resources as an instructional strategy for learning physics. *Sae Mulli: New Physics*, 57(6), 381-390.
- Kang, S.-J. & Noh, T. (2000). Students' conception on chemistry, *Chemistry*

- Education, 27(3), 33-40.
- Kim, H. K. (1997). A Master's thesis, Seoul National University, Unpublished.
- Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning: A guide for learner and teachers*. Chicago: Association Press Follett Publishing Company.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (2013). A research on assessment for expected outcomes of STEAM education, Seoul: KOFAC.
- Kwon, H. & Noh, T. (2001). Instructional effects of multiple analogies on conceptual understanding and learning motivation. *Journal of the Korean Chemical Society*, 45(2), 177-183.
- Kwon, S. (1994). A Doctoral thesis, Seoul National University, Unpublished.
- Lederman, N. G. (1992). Students and teachers conceptions of the nature of science : A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Paik, S.-H., Kang, D.-H., Kim, H.-K., Chae, W.-K. & Kwon, K. (1999a). Preconceptions of middle school students related to a "Chemical Change" conceptions and the effects of the concept change teaching and learning theory by representing the situations which conflict with students' preconception. *Journal of the Korean Chemical Society*, 43(2), 213-224.
- Paik, S.-H., Kim, H.-K., Chae, W.-K. & Kwon, K. (1999b). Effect of students' learning motivations on concept change. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 19(1), 91-99.
- Pines, A. L. & West, L. H. T. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a source of knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.
- Pintrich, P. R., & DeGroot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers beliefs about the nature of science, *Science Education*, 77, 261-278.
- Redish, F. R., Saul, J. M., & Steinberg, R. N. (1998). Student expectations in introductory physics. *American Journal of Physics*, 66(3), 212-224.
- Ryan, A. G. & Aikenhead, G. S. (1992). Students preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Sanchez, G. (2013). *PLS Path Modeling with R*. (Available at http://www.gastonsanchez.com/PLS_Path_Modeling_with_R.pdf)
- Song, I.-S. (2006). *Self-directed learning for classroom practice*. Seoul: Hakjisa.
- Songer, N. B., Linn, M. C. (1991). How do students' view of science influence knowledge integration?. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.
- Tsai, C. (1998). An analysis of scientific epistemological belief and learning orientations of Taiwanese eighth graders, *Science Education*, 82(4), 473-489.
- Uguroglau, M., & Walberg, H. J. (1979). Motivation and achievement: A quantitative synthesis. *American Educational Research Journal*, 16(4), 375-389.
- Wigfield, A. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68-81.
- Yang, M.-H. (2000). A Doctoral thesis, Seoul National University, Unpublished.
- Yoon, C. & Kim, S. (2014). A tutorial on PLS structural equating modeling using R: Centering on exemplified research model and data. *Information Systems Review*, 16(3), 89-112.