

고등학교 과학 교과 수업의 질과 정의·인지적 성취와의 관계: PISA 2015

김 동 욱

손 원 숙*

경북대학교 교육학과

본 연구의 목적은 고등학교 과학 수업이 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 구조적 관계를 탐색하기 위한 것이며, 과학 수업은 수업 분위기, 교사 지지와 같은 교실환경 요인과 수업 및 평가실제 요인으로 측정하였다. 이를 위하여 Klieme 등(2009)의 수업의 질 모형과 Brookhart(1997)의 교실평가모형을 재구성하여 연구모형을 설정하였다. PISA 2015에 참여한 우리나라 고등학교 1학년 총 4,050명을 연구대상으로 하였고, 수업을 구성하는 교실환경과 교수실제 및 정의적, 인지적 성취 간의 관계를 구조방정식 모형을 적용하여 분석하였다. 분석 결과, 첫째, 교실환경이 교수실제에 직접적으로 영향을 미치며, 교수실제는 정의적 성취를 매개로 인지적 성취에 직, 간접효과를 나타냈다. 둘째, 탐구기반 수업은 교사 피드백을 완전 매개하여 수업조정에 정적인 효과를 보였다. 셋째, 탐구기반 수업과 교사 피드백은 정의적 성취를 매개하여 인지적 성취를 향상시키는 것으로 나타났다. 마지막으로 본 연구결과를 통해 수업의 질을 파악하기 위해 교실환경과 교수실제의 종합적 맥락이 고려되어야 할 필요성과 탐구기반 수업에서 평가의 형성적 역할에 대한 시사점 및 추후 연구를 위한 제언에 대해 논의하였다.

주제어 : 과학 교과 수업의 질, 교실환경, 탐구기반 수업, 형성평가, 교실평가모형

* 교신저자 : 손원숙, 경북대학교 사범대학 교육학과, wsohn@knu.ac.kr

I. 서 론

본 연구에서는 교육과정이 교사와 학생의 상호작용에 의해 구현되어가는 과정인 수업과 학생의 정의적, 인지적 성취 간의 구조적 관계를 탐색하고자 한다. 이를 위하여 PISA 2015 과학 영역의 자료를 활용하였고, 수업의 질은 교과 일반적 특성을 보이는 수업 분위기, 교사 지지와 교과 특수적으로 나타나는 수업 및 평가 활동으로 측정하였다. 유의미하고 배움이 일어나는 수업을 통해 학생들로부터 능동적인 참여를 이끌어내고 효율적인 교육경험을 제공하는 일은 교사에게 늘 도전이자 일상적으로 반복되는 중요한 과제이다. 이를 위해 교사는 자신의 교육철학 및 신념, 평가에 대한 지식과 기술, 학급 경영 등에 관한 다양한 고민을 통해 교수실제를 선택하고 실행하며 교실의 문화를 만들어간다(Brookhart, 1997). 이 과정에서 교육에 관한 교사의 선택은 학생의 배움에 좋은 영향을 미치기도 하고, 때로는 부정적인 영향으로 나타나기도 한다. 따라서 교사가 제공하는 수업의 질(quality of instruction)은 학생들의 교육경험과 성취에 결정적인 영향을 미치는 중요한 변인으로 고려된다.

수업의 질을 결정하는 변인에 관한 연구는 초기 교실의 효과적 학습 환경을 강조한 ‘투입-과정-산출’ 관점의 연구에서 이후 학생이 능동적으로 지식을 구성해가는 교수실제의 인지적 과정에 초점을 두는 ‘구성주의’ 관점으로 이어져왔다(Neumann, Kauertz, & Fischer, 2012; Seidel & Shavelson, 2007). 최근에는 교실환경과 교수실제가 교사와 학생 간의 상호작용에 의해 형성된다는 측면에서, 수업의 질을 판단하는데 교수실제의 내, 외적 영향이 반영된 교실 맥락이 강조되고 있다(McMillan, 2013). 이와 관련하여 Klieme 등(2009)이 제안한 삼원 수업의 질 모형(triarchic model)은 교실의 상호작용을 중심으로 수업의 효율성을 재개념화 함으로써 다양한 교과 및 국가 간 비교 연구 등에 폭넓게 적용되고 있다(Klieme, Pauli & Reusser, 2009; Yi & Lee, 2017).

Klieme 등(2009)은 학생의 정의적, 인지적 성취에 영향을 미치는 수업의 구성요인으로 교사의 지지적 태도, 명확한 학급규칙으로 형성되는 교실환경과 학생의 인지과정을 활성화하는 탐구기반 수업방식 등을 함께 고려하고 있다. 교실환경은 학생의 성취를 향상시키기 위한 교수실제의 조건으로(Seidel & Shavelson, 2007), 교사가 학생의 수업참여를 끌어내기 위해 활용하는 교수적 접근이나 개입 방식의 역할을 한다(Mikeska, Shattuck, Holtzman, McCaffrey, Duchesneau, Qi, & Stickler 2017). 구체적으로 교사에 의해 형성된 지지적 환경과 효율적 학급 경영이 반영된 교실 분위기는 학생의 자율동기를 강화하고(Ryan & Deci, 2000), 실제 학습에 사용될 수 있는 시간 확보 및 학습동기 향상에 영향을 미치기 때문에(Kunter, Baumert, & Köller, 2007; Lipowsky, Rakoczy, Pauli, Drollinger-Vetter, Klieme, & Reusser, 2009) 수업의 효율성을 판단하는 주요한 변인으로 알려져 있다. 이러한 교실의 환경적 영향은 교사와 학생의 누

적된 학습경험으로 형성되기 때문에 학생이 수업을 받아들이고 교사와 상호작용하는 맥락으로 기능하여 교사의 교수실제에 대한 선택이나 실행에 직접적으로 영향을 미친다(Brookhart, 1997). 따라서 학교 현장에서 교수실제가 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향력을 심층적으로 파악하기 위해서는 교실환경의 맥락이 교수실제의 형성에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 추가적 연구의 필요성이 제기된다.

한편 교육과정이 구현되는 교수실제에서는 학생들이 더 높은 단계의 사고과정에 도달하고 지식을 정교화 하도록 돕는 인지 활성화 과정이 수업의 효율성을 이끄는 필수 요소로 간주된다(Klieme et al, 2009; Yi & Lee, 2017). 이를 위해 과학 교과는 탐구기반 수업을 대표적 교수방법으로 제안하며 탐구과정을 통한 지식의 능동적 구성을 강조하고 있다(Jiang & McComas, 2015). 우리나라는 1954년 처음 과학 교육과정이 제정된 이후 변함없이 탐구기반 수업을 강조하고 있으며(임용우, 김영수, 2013), 2015 개정 교육과정에서는 고등학교에 ‘과학 탐구실험’ 교과를 신설하고 과정 중심 평가를 강화하는 등 교수실제와 평가 전반에 탐구기반 수업을 더욱 확대하여 장려하고 있다(교육부, 2016).

우리나라는 과학 교과에 대한 고등학생의 인지적 성취수준이 높게 나타나는 반면, 교과에 대한 선호나 정의적 성취는 매우 낮게 나타나는 특징적 현상이 지속적으로 확인되고 있다(곽영순, 2018; 이미경, 정은영, 2004). 이는 탐구과정을 강조하는 수업이 학생의 정의적 성취 향상과 관련성을 가지거나 인지적 성취에 비해 정의적 성취에 더욱 영향을 보인다는 연구결과와 대비되는 현상이다(손원숙, 박정, 2017; Seidel & Shavelson, 2007). 탐구기반 수업이 정의적 성취에 부정적 영향을 미치는 경우는 실험준비, 결과해석의 난이도, 수행평가 부담 및 물리적 수업여건의 제약 등을 원인으로 들 수 있다(김명희, 김영신, 2012; 이미경, 정은영, 2004). 그러나 과학 교과의 교수실제에서 나타나는 교사와 학생 간의 상호작용에 초점을 두고 수업이 학생의 정의적 성취 향상을 돕는 방식으로 기능하고 있는지를 살펴본 연구는 제한적이다.

과학 교과의 탐구기반 수업은 탐구의 특성에 기인하여 학생들이 자신의 경험을 새로운 지식과 결합해가는 과정에서 인지 활성화를 돕는 비계 설정이 중요하기 때문에, 교사의 피드백이나 수업조정과 같이 교수학습의 향상을 목적으로 실시되는 형성평가의 핵심요소를 수반한다(Harlen, 2013; Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007). 이러한 형성평가 활동은 학생이 자신의 성취수준을 파악하고, 도달 가능한 구체적 목표를 설정하게 하며, 성취목표 도달에 대한 기대나 유능감을 가지도록 하기 때문에 흥미, 효능감 및 도구적 동기 등의 정의적 성취에 직접적으로 영향을 미친다(Brookhart, 1997; Harlen, 2013). 그러나 과학 교과의 교수실제에서 탐구기반 수업과 형성평가 간의 구조적 관계를 통해 학습을 위한 평가(AFL: Assessment for Learning)의 형성적 기능을 밝히거나, 형성평가를 수업 중 활동으로 보고 학생의 정의적,

인지적 성취에 미치는 영향을 살펴본 연구는 매우 제한적이다. 따라서 탐구기반 수업에서 형성평가의 기능을 통해 교사와 학생 간의 상호작용 과정을 파악하는 것은 과학 교과에서 정의적 성취가 낮게 나타나는 우리나라 학생들의 특징적 현상에 대한 교육적 시사점을 제공해 줄 것으로 본다.

이를 종합하여 본 연구는 수업의 질에 관한 Klieme 등(2009)의 모형, 교실평가모형(Brookhart, 1997) 등을 재구성하여 과학 교과 수업이 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 구조적 관계를 파악하고자 한다. 이를 위해 과학이 주 영역으로 설정된 PISA 2015 자료를 활용하였고 특히 인지 및 정의적 성취 간의 간격이 상대적으로 크게 나타나는 고등학생을 대상으로 하였으며(한국교육과정평가원, 2016), 과학교육과정의 계열 간 심화과정 구분 등을 고려하여 1학년을 선택하였다. 본 연구를 통해 학교 현장에서 제공되고 있는 수업의 질을 판단하고 검증하기 위한 구조적 관계모형을 제안하고, 과학 교과의 정의적, 인지적 성취 향상을 위한 과학 교수실제의 시사점을 도출할 것을 기대한다.

II. 이론적 배경

1. 과학 수업의 질

학교에서 제공하는 수업의 질은 국가수준 교육과정에 따라 지도 내용이 결정된다 하더라도 교사의 전문적 수업활동을 통해 구현되고 학생의 활동에 대한 반응이나 이해 정도에 따라 수정 보완되어 간다는 측면에서 학생들의 정의적, 인지적 성취에 결정적 역할을 한다. 따라서 수업의 질은 수업을 개선하고 교사 연수를 기획하거나 교사를 선발 하는 기준 뿐 아니라(Danielson, 2007), 학생의 성취나 교사평가 등 학교 교육의 전반적인 수월성과 책무성을 점검하기 위한 판단기준으로 활발히 연구되고 있다(Taut & Rakoczy, 2016).

과학 교과에서 수업은 탐구기반 활동이라는 측면에서 다른 교과와 차별성을 가진다(이봉우, 2016). 탐구기반 활동은 단순히 실험 수업에 한정되는 의미가 아니라 과학자들이 과학에 대해 질문하고 답을 찾아가는 과정에서 사용하는 탐구의 과정과 방법을 수업에 적용하여 고차원적 사고활동인 인지 활성화를 이끄는 교수실제를 뜻한다(Harlen, 2013). 따라서 과학 교과에서 수업의 질 연구는 탐구수업에 대한 교사의 지식이나 신념이 학생들에게 제공되는 교육경험을 결정한다고 보며, 주로 학생의 인지를 활성화시키기 위해 교사가 수업에서 활용하는 조사, 토의, 실험 및 과제 제시 등의 탐구과정이 학생의 인지적 성취 향상에 미치는 효율성에 초점을 두는 경향을 보인다(Minner, Levy, & Century, 2010). 그러나 과학교과 수업의

질을 교과 특수적 교수실제로 한정할 경우 교과 일반적으로 교사와 학생이 상호작용하며 형성해가는 수업 분위기나 교사의 지지적 태도 등의 환경 맥락이 수업에 미치는 영향을 충분히 반영하기 어렵다(Mikeska et al., 2017).

수업의 질은 수업의 구조, 관계, 상황에 따라 다양한 개념으로 구분될 수 있으나 최근 교실맥락에서 학생의 정의적, 인지적 성취에 효과적인 영향을 미치는 교사와 학생 간 상호작용의 특징을 중심으로 재개념화되고 있다(Fauth, Decristan, Rieser, Klieme, & Büttner, 2014). 이와 관련하여 Klieme 등(2009)은 수학 · 과학 성취도 추이 변화 연구(TIMSS: Trends in International Mathematics and Science Study)에서 진행된 1995, 1999년의 비디오 연구로 독일, 스위스 등의 국가 간 수업을 심층적으로 분석한 후 기존의 '투입-과정-산출 모형'과 구성주의적 관점에 동기, 인지이론을 종합한 수업의 질 모형을 제안하였다. Klieme 등(2009)이 제안한 모형은 수업의 질을 인지 활성화, 학급경영 및 교사의 지지적 태도 세 가지 영역으로 구분하였고, PISA나 TIMSS 등 국가 간 비교연구에서 활용되며 경험적으로 검증되고 있다(Mikeska et al., 2017).

이를 구성하는 영역을 살펴보면 먼저 인지 활성화는 교사가 학생들에게 고차원적 인지 활동을 제공하기 위해 사전 지식을 활성화하고, 자신의 아이디어나 생각을 탐색하도록 하며, 학급 차원에서 토론을 장려하고, 복잡한 과제를 마주하게 하는 등의 교수실제를 의미한다(Lipowksy et al., 2009). 다음으로 교사의 지지적 태도는 자기결정성 이론(Ryan & Deci, 2000)에 기반하여 교사가 형성적 피드백이나 학생과 상호작용하기 위해 보이는 태도 등으로 학생의 자율동기를 지지하는 것을 의미한다. 마지막으로 효율적 학급경영은 명확한 학급 규칙과 패턴을 만들어 수업에 방해되는 행동을 제거함으로써 철저한 계획과 구조화된 수업을 제공할 수 있는 수업환경을 조성하는 것을 의미한다(Klieme et al., 2009). Klieme 등(2009)의 모형에서 제안하는 수업의 질은 인지 활성화를 통해 지식을 능동적으로 구성해가는 과정을 격려하여 참여를 이끌어내고(Lipowksy et al., 2009), 교사 지지를 통해 학생이 외적 통제 없이 스스로 행동을 결정한다고 느끼게 하여 자율적인 동기를 끌어내며(Reeve & Jang, 2006), 잘 정돈된 수업으로 실제 학습활동에 참여하는 시간을 확보하여(Baumert et al., 2010) 학생들의 더 높은 성취를 나타내도록 하는데 영향을 미친다. 교과 특수적 교수실제인 인지 활성화와 대비하여 교사 지지와 수업 분위기는 특정 교과의 특성이 아닌 교과 일반적으로 형성되는 교실의 환경적 영향을 의미한다(Mikeska et al., 2017).

그러나 과학 교과에서 수업의 질 연구는 대부분 탐구기반 수업과 같은 교과 특수적 교수실제에 대한 교사의 선호나 실제, 교사와 학생 간 인식 차이의 범위 등에 한정적으로 연구되어온 경향을 보인다(박경진, 이준기, 정덕호, 2015; 박남규, 김영신, 2007; 이봉우, 2016). 이로 인해 수업에서 교사와 학생 간의 상호작용으로 형성되는 교실의 환경적 영향이 교수실

제의 효과적 기능에 미치는 영향을 고려한 수업의 질 연구는 확인하기 어렵다. 교수실제는 환경과 독립적으로 기능하기보다 교과 수업이 이루어지는 교실환경의 종합적 맥락에서 나타난다(Brookhart, 1997). 따라서 본 연구에서는 과학 교과 수업의 질을 교실환경과 교수실제로 구분하고, 탐구기반 수업으로 대표되는 과학 교과 수업이 학교 현장의 실제적 교실맥락에서 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향과 구조적 관계를 탐색하고자 한다.

2. 탐구기반 수업과 형성평가

형성평가는 학습증거 수집, 해석 및 교사 피드백과 수업조정의 4가지 핵심요소로 구성되며 교수학습 향상을 목적으로 이루어지는 순환적 절차를 의미한다(McMillan, 2013). 탐구기반 수업은 학생들이 구체적 경험을 통해 자신의 아이디어, 지식이나 이해 정도를 인식하고 구성해가는 과정에서 최적의 배움이 나타난다고 보기 때문에, 학생이 자신의 선행 지식과 새로운 아이디어 사이에서 잠재적인 발달이 일어나도록 인지과정을 돕는 비계 설정이 필수적이다(Harlen, 2013). 따라서 교사는 피드백이나 수업조정 등의 평가활동을 수업의 전 과정에 적극적으로 활용하며 학생과 지속적으로 상호작용해야 한다(Brookhart, 1997). 즉 탐구기반 수업에서 형성평가는 교사가 학습의 증거를 수집하고 해석하며 피드백을 제공하고 이를 심화하여 수업을 조정해가는 순환적 절차로써 강조되고 있으며 수업과 일체화되어 진행된다(McMillan, 2013). 탐구기반 수업에서 교사의 형성적 평가활동은 학생의 인지적 성취 향상 뿐 아니라 정의적 성취에도 긍정적 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Harlen, 2013; Hmelo-Silver et al., 2007).

교수실제에서 학습을 위한 평가와 관련한 경험이 누적되면 학생들이 수업을 받아들이고 교사와 상호작용하는 수업 환경이 조성된다. 이와 관련하여 Brookhart(1997)는 평가의 형성적 기능이 교실맥락에서 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향을 구조화하여 교실평가모형을 제안하였다. 교실평가모형에서 교사의 교수실제는 교사가 학생들에게 기대하는 성취수준을 의사소통하거나 교사의 기대 수준을 잘 따라오고 있는지에 대해 형성적 피드백을 제공하는 방식으로 정의적 성취 향상에 영향을 미친다. 구체적으로 교사의 형성적 평가는 과제의 중요성을 판단하게 하여 흥미나 향후 과제 및 목표에 대한 도구적 동기를 형성하고 특정 목표를 성취할 수 있다는 판단을 통해 효능감을 형성해가도록 한다(Brookhart & DeVoge, 1999). 이에 따르면 평가의 형성적 기능이 강조되는 탐구기반 수업은 학생의 정의적 성취 향상에 긍정적인 영향을 줄 것이 예상되지만, 우리나라 고등학생의 정의적 성취는 인지적 성취에 비해 매우 낮게 나타나고 있다(곽영순, 2018).

우리나라는 탐구기반 수업에 대한 교사의 선호는 높으나 교수실제에서 강의식 수업과 교사주도 탐구활동의 필요성이 높게 나타나며 탐구기반 수업이 구현되는 방식이나 효과에 대한 인식이 선호와 차이를 보인다(박경진 등, 2015; 박남규, 김영신, 2007). 특히 과학 교사들이 탐구기반 수업보다 학생의 눈높이와 발달 단계 및 지식수준에 맞게 재구성 된 수업을 좋은 수업으로 구분하여 인식하는 현상(이봉우, 2016)은, 탐구기반 수업에서 교사의 피드백이나 수업조정과 같은 형성적 평가활동이 적절하게 기능하고 있는지에 대한 점검을 필요로 한다. 그간 교실평가모형(Brookhart, 1997)은 교사의 교수실제를 구체적 평가 활동으로 한정하여 연구되는 경향을 보이며(박민애, 손원숙, 2017), 대규모 데이터를 활용하여 교실맥락 전반의 환경과 교수실제 간의 구조적 관계가 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향을 살펴본 연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구는 과학 교과 탐구기반 수업의 교수실제에서 평가의 형성적 기능과 역할을 탐색하기 위해 Klieme 등(2009)이 제안한 모형의 변인과 함께 교실평가모형(Brookhart, 1997)을 종합적으로 고려하여 연구모형을 설정하였다. 이는 과학 교과 수업의 질을 분석하는 과정에서 최근 강조되고 있는 평가의 형성적 기능(Harlen, 2013)과 탐구수업에서 과정 중심 평가를 강조하는 교육정책(교육부, 2016)의 관점을 반영하기에도 적합하다고 판단하였다.

III. 연구방법

1. 분석 자료

본 연구는 PISA 2015에 참여한 우리나라 고등학교 1학년 학생의 설문과 과학 소양 데이터 결과를 활용하였다. PISA 2015에서는 중학교 1학년 이상 만 15세 학생이 재학 중인 학교

〈표 1〉 지역규모 및 학생성별유형에 따른 분석대상 분포(%)

구분	지역규모			합계
	대도시	중소도시	읍면지역	
학교수	70(48.3)	69(47.6)	6(4.1)	145(100)
학생수	남	1043(50.6)	971(47.1)	48(2.3)
	여	929(46.7)	955(48.1)	104(5.2)
	합계	1,972 (48.7)	1,926(47.5)	152(3.8)

전체를 모집단으로 하여 크기 비례에 따라 학교 급, 계열, 도시 규모, 학교 성별유형을 고려하여 168개교를 표집 하였다. 이후 학급의 목표 군집크기를 36명으로 설정하여 무선으로 학생 표본을 선정하는 2단계 층화 군집 표집에 의해 총 5,749명의 최종 표본을 선정하였다. 본 연구에서는 일반계 119개교(3,453명) 및 직업계 26개교(597명)에 재학 중인 고등학교 1학년 4,050명의 데이터를 최종 활용하였으며 지역규모와 성별비율은 <표 1>에 제시하였다.

2. 측정 변인

1) 교실환경

본 연구는 과학 교과 교실환경을 수업 분위기와 교사 지지 변인으로 살펴보았다. 수업 분위기는 ‘학생들이 교사나 동료의 말에 귀를 기울일 수 있고 학습 과제에 집중할 수 있는 수업 환경’을 의미하며, ‘수업 중 소음과 소란이 있다.’ 등의 5개 문항이 4점 리커트식 척도로 구성되었다. 점수가 높을수록 수업 분위기가 긍정적인 것으로 해석되며 신뢰도는 .894로 나타났다. 한편 교사 지지는 ‘수업 중 교사가 학생에게 관심을 보이거나 도움이 필요한 학생을 돕고, 학생이 스스로 결정하고 의견을 표현하도록 허용하는 여부’를 의미하며 ‘선생님은 모든 학생들의 학습에 관심을 보인다.’ 등의 5개 문항이 4점 리커트식 척도로 구성되었고 신뢰도는 .914로 나타났다.

2) 교수실제

과학 교과의 교수실제는 탐구기반 수업과 형성평가의 핵심 활동인 교사 피드백 및 수업 조정으로 정의하였다(Harlen, 2013; McMillan, 2013). 먼저 탐구기반 수업은 ‘학생들이 과학 아이디어의 개념 이해에 접근하고 도전하도록 실험이나 조작 활동을 장려하는 수업’을 의미하며 ‘아이디어를 점검하기 위한 탐구 조사활동을 요구 받는다.’ 등의 8개의 문항이 4점 리커트식 척도로 구성되었다. 응답반응이 높을수록 학생들이 스스로 과학 개념을 이해할 수 있도록 하는 실험, 조사, 토론 등의 탐구활동을 교수실제에서 제공하는 것을 의미하며 신뢰도는 .897로 나타났다. 한편 형성평가는 교사 피드백과 수업조정 활동으로 구분하였고(McMillan, 2013) 교사 피드백은 ‘학습 향상을 위해 교사에 의해 제공되는 정보’를 의미하며 ‘선생님은 어떤 영역에서 성취도를 더 높일 수 있는지 말씀해 주신다.’ 등의 5개 문항이 4점 리커트식 척도로 구성되었다. 점수가 높을수록 피드백 제공이 높은 것을 의미하며 신뢰도는 .944로 나타났다. 수업조정은 ‘선생님이 특정 주제나 과제에 관해 개별 학생의 이해 정도에 맞추어 수업을 조정하는 정도’를 의미하며, ‘선생님은 학생의 요구와 지식수준에 맞

추어 수업을 진행하신다.’ 등의 3문항이 4점 리커트식 척도로 구성되고 신뢰도는 .839로 나타났다.

3) 정의적 과학성취

본 연구는 과학 교과의 정의적 성취를 흥미, 효능감, 도구적 동기에 한정하여 살펴보았다. 과학에 대한 흥미는 ‘과학이나 과학과 관련된 주제에 대한 호기심이나 노력’을 의미하며, ‘운동과 힘(속도, 마찰, 자기력과 중력)’ 등의 5개 문항이 4점 리커트식 척도로 구성되었고 신뢰도는 .813로 나타났다. 과학에 대한 효능감은 ‘과학 관련 과제들을 수월하게 다룰 수 있는 정도’를 의미하며 ‘건강 문제를 다룬 신문기사에서 그 기사가 기초로 하는 과학 문제 파악하기’ 등의 8개 문항이 4점 리커트식 척도로 구성되었다. 응답반응의 점수가 높을수록 과학 효능감이 높은 것을 의미하며 신뢰도는 .929로 나타났다. 도구적 동기는 ‘과학 교과가 자신의 진로선택이나 취업에 도움이 되는지 여부’를 의미하며, ‘과학 과목은 내가 나중에 하고 싶은 일을 하는데 도움이 될 것이므로 노력할 가치가 있다.’ 등의 4개 문항이 4점 리커트식 척도로 구성되었다. 응답반응은 과학 교과의 과제 도구성 인식 정도를 의미하여 신뢰도는 .948로 나타났다.

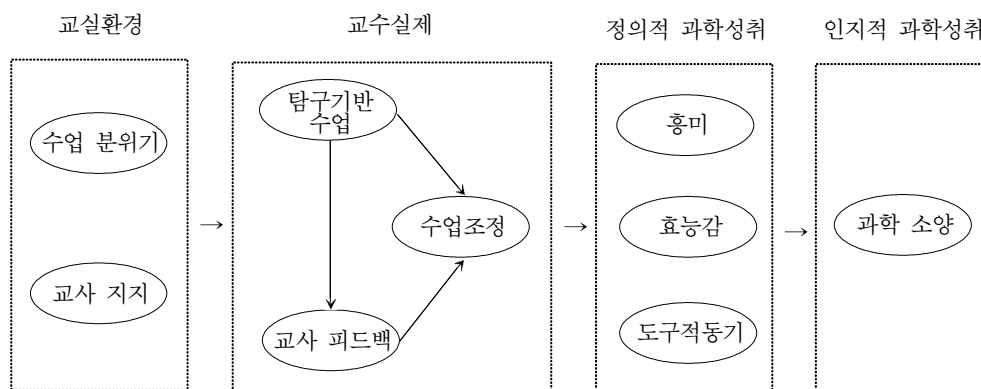
4) 인지적 과학성취

인지적 과학성취는 PISA의 과학적 소양으로 정의하였다. 과학적 소양은 과학 및 기술에 대한 의미 있는 대화에 참여하기 위해 현상을 과학적으로 설명하거나 과학 연구를 평가 및 설계할 수 있으며 주어진 자료를 과학적으로 설명할 수 있는 역량을 의미한다(OECD, 2016). 구체적으로 본 연구에서 과학적 소양은 PISA의 평가틀에 따라 ‘현상에 대한 과학적 설명’, ‘과학 탐구의 평가 및 설계’ 및 ‘자료 및 증거의 과학적 해석’(OECD, 2016) 등 세 가지의 하위소양으로 구분하여 정의하였다. 한편 PISA의 소양 점수는 다중대체법(multiple imputation)에 근거한 유의 측정값(plausible values)으로 제공된다. 이는 문항반응이론모형을 통해 산출된 능력 추정치의 사후 분포로부터 여러 개의 추정 값을 무선으로 표집한 값을 말하고, PISA 2015에서는 각 영역별로 10개의 유의 측정값을 제공하고 있다. 따라서 PISA 연구(OECD, 2016)에서는 10개의 유의 측정값 각각에 대해 동일한 분석을 반복한 다음 그 결과를 통합한 불편과 통계치의 사용을 권장하고 있다. 참고로 본 연구에서는 10개의 유의 측정값에 대한 분석을 실시해 본 결과, 모수 추정치 및 표준오차 측면에서 상당히 높은 일관성을 보였다. 이에 첫 번째 유의 측정값(PV1)(평균 500, 표준편차 100)(OECD, 2016)만을 분석에 포함시켰고, 이에 대한 논의를 본 논문의 5장에 추가하였다.

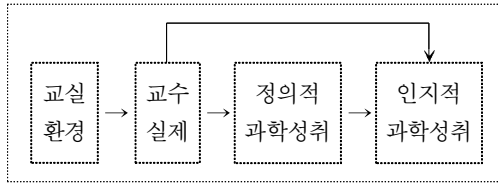
3. 연구모형 및 분석방법

1) 연구 모형

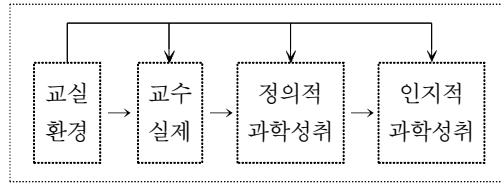
본 연구는 과학 교과 수업의 질과 학생의 정의적, 인지적 성취의 구조적 관계를 살펴보고자 수업의 질에 대한 메타분석(Seidel & Shavelson, 2007), Klieme 등(2009)의 수업의 질 모형과 Brookhart(1997)의 교실평가모형을 종합적으로 재구성하여 연구모형을 설정하였다. 각 영역 간의 구조적 관계는 먼저 교사와 학생의 상호작용이 교실환경을 형성하고 구체적인 교수실제를 통해 구현된다는 관점에서(Brookhart, 1997; Taut & Rakoczy, 2016) 교실환경이 교수실제를 직접적으로 매개하여 학생의 정의적, 인지적 성취에 영향을 미칠 것으로 가정하였다. 다음으로 교수실제는 교사가 탐구기반 수업에서 학생들의 성취 정도에 관해 의사소통하거나 형성적 피드백을 제공하는 방식으로 정의적 성취에 영향을 미치며, 정의적 성취가 성취기준 도달에 대한 기대와 가치, 목표지향성 및 유능감을 향상시켜 인지적 성취를 끌어낸다고 보았다(Brookhart & DeVoge, 1999). 특히 학습을 위한 평가가 인지적 성취에 직접적인 영향이 없거나(박민애, 손원숙, 2017), 탐구과정이 강조된 수업이 인지적 성취에 비해 정의적 성취에 미치는 영향이 크게 나타나는 경향을 보이는 점(Seidel & Shavelson, 2007)을 고려하여 탐구기반 수업이 정의적 과학성취를 완전 매개하여 인지적 과학성취에 영향을 미칠 것으로 보고 이를 종합하여 [그림 1]과 같이 연구모형 1을 설정하였다. 추가하여 교수실제를 구성하는 탐구기반 수업, 교사 피드백, 수업조정의 관계는 수업상황에서 학습 증거를 수집하고 해석하며 피드백을 제공하고 수업을 조정해가는 형성평가의 순환적 단계에 근거하여(McMillan, 2013) 탐구기반 수업이 교사 피드백을 매개하여 수업조정으로 나타나거나 수업조정에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 보았다.



[그림 1] 연구모형 1



[그림 2] 연구모형 2



[그림 3] 연구모형 3

한편 우리나라 고등학생은 PISA와 같은 국가 간 학업성취도 비교 연구에서 높은 인지적 성취에 대비되는 낮은 정의적 성취를 보이고 있기 때문에 탐구기반 수업의 교수실체가 정의적 성취를 매개하지 않고 직접적으로 인지적 성취에 영향을 미칠 것을 가정할 수 있다. 따라서 교수실체의 각 구성변인과 인지적 성취간의 경로를 추가한 연구모형 2를 [그림 2]와 같이 설정하였다. 또한 교실환경을 구성하는 변인의 특성을 고려하여 학습과 관련된 규칙을 명료하게 제공하고, 자율성이나 유능감을 충족시키는 것이 학생의 정의적, 인지적 성취에 보다 직접적으로 영향을 미칠 것을 가정하여 연구모형 3을 설정하였고 [그림 3]에 제시하였다 (Lipowsky et al., 2009; Yi & Lee, 2017).

2) 분석 방법

Anderson과 Gerbing(1988)의 2단계 추정방법에 따라 측정모형의 적합도를 검증하였고, 다음으로 각 연구모형 간의 적합도를 비교하였다. 연구모형의 적합도는 기본적으로 χ^2 를 확인하였으며 사례 수에 따른 민감성을 고려하여 CFI, TLI, RMSEA 지수를 보완적으로 사용하였고, CFI와 TLI는 .90이상, RMSEA는 .08이하를 적합한 것으로 판단하였다(Kline, 2011). 이후 연구모형의 변인 간 직, 간접효과 분해와 간접효과의 통계적 유의성을 살펴보고자 붓스트래핑(Bootstrapping) 기법을 활용하였고 95% 신뢰구간을 분석하였다. 모든 잠재변인의 관찰변인은 내용기반 접근법(Content-based approach)을 통해 문항묶음을 실시하였으며(Little, Rhemtulla, Gibson, & Schoemann, 2013), 추정과정에서의 오류(Kline, 2011), 측정모형의 간명성과 추정치의 정확성을 종합적으로 고려하여 각 잠재변인 당 세 개의 관찰변인을 구성하였다(Little et al, 2013). 모수추정은 최대우도법을 사용하였으며, 결측치 처리 및 모수추정은 FIML(full information maximum likelihood) 방법을 활용하였다. 자료 분석에는 SPSS statistics 18.0과 Mplus 6.1(Muthén & Muthén, 2010) 프로그램을 활용하였다.

IV. 연구결과

1. 주요 변인 간의 상관관계

본 연구의 주요 변인 간 관계 양상을 살펴보기 위한 상관분석 결과는 <표 2>에 제시하였다. 먼저 교실환경 변인은 교수실제 변인 모두와 통계적으로 유의한 정적 상관을 보였고, 세부적으로 교사 지지($r=.343 \sim .556$, $p<.001$)가 수업 분위기($r=.032 \sim .166$, $p<.05$)보다 교수실제 변인들에 더 높은 상관을 나타냈다. 다음으로 교실환경과 교수실제의 변인 모두는 정의적 과학성취 변인들과 통계적으로 유의한 정적 상관을 보였으며, 세부적으로 교실환경 변인에 비해($r=.043 \sim .184$, $p<.01$), 교수실제 변인인 탐구기반 수업, 교사 피드백 및 수업조정($r=.114 \sim .244$, $p<.001$)과 더 높은 상관을 보였다. 마지막으로 과학 소양은 교실환경($r=.044 \sim .064$, $p<.01$)과 교수실제($r=-.181 \sim .044$, $p<.01$)에 비해 정의적 과학성취($r=.213 \sim .284$, $p<.001$)와 더 높은 상관을 보였으며, 교수실제 변인 중 탐구기반 수업($r=-.155$, $p<.001$)과 교사 피드백($r=-.181$, $p<.001$)은 통계적으로 유의한 부적 상관을 나타냈다.

〈표 2〉 주요 변인 간 상관관계

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-								
2	.191***	-							
3	.032*	.441***	-						
4	.053**	.343***	.469***	-					
5	.166***	.556***	.376***	.512***	-				
6	.055***	.184***	.187***	.223***	.244***	-			
7	.044**	.137***	.114***	.119***	.157***	.411***	-		
8	.043**	.176***	.152***	.169***	.211***	.533***	.374***	-	
9	.064***	.044**	-.155***	-.181***	.044**	.260***	.284***	.213***	-
평균	3.340	2.897	1.846	1.769	2.347	2.574	2.740	2.717	524.987
표준편차	.602	.763	.624	.792	.816	.750	.637	.819	94.291

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$, 1. 수업 분위기, 2. 교사 지지, 3. 탐구기반 수업, 4. 교사 피드백, 5. 수업조정, 6. 흥미, 7. 효능감, 8. 도구적 동기, 9. 과학 소양

2. 측정모형 및 구조모형 검증

연구모형의 검증에 앞서 관찰변인과 잠재변인 간의 관계를 살펴보기 위해 9개 잠재변인으로 구성된 측정모형의 적합도를 검증하였다. 먼저 카이자승 검증결과는 통계적으로 유의하였으나($\chi^2=1769.322$, $df=288$, $p<.001$), 기타 적합도 지수의 값이(CFI=.984, TLI=.981, RMSEA=.036(.034~.037)) 수용 가능한 수준으로 나타나 측정모형이 적합한 것으로 판단하였다. 측정변인의 경로별 표준화계수는 .651에서 .973($p<.001$)의 범위를 보였다. 다음으로 앞서 설정한 세 가지 연구모형의 적합도를 비교하였고, 결과는 <표 3>에 제시하였다.

<표 3> 연구모형 간 적합도 비교

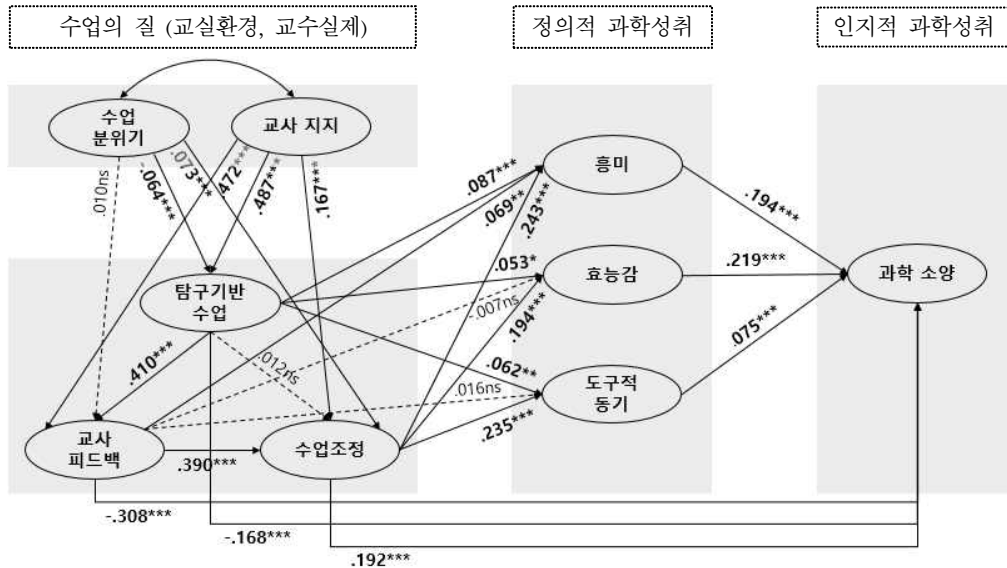
모형	χ^2	df	CFI	TLI	RMSEA	$\Delta\chi^2$ (Δdf)
1	4134.060***	302	.959	.953	.056 (.054~.057)	-
2	3687.338***	299	.964	.958	.053 (.051~.054)	446.722 (3)***
3	3675.098***	291	.964	.957	.054 (.052~.055)	12.240 (8)

*** $p<.001$

먼저 연구모형 1과 연구모형 2의 비교 결과 카이자승 값에서 모형 간 유의한 차이를 보였고($\Delta\chi^2=446.722$, $p<.001$), 기타 적합도 지수($\Delta CFI=.005$, $\Delta TLI=.005$, $\Delta RMSEA=.003$)에서 연구모형 2가 더 높은 적합도를 나타내었다. 다음으로 연구모형 2와 3의 비교 결과는 카이자승 값에서 모형 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고($\Delta\chi^2=12.240$, $p>.05$), 기타 적합도 지수에서도 큰 차이를 보이지 않았다($\Delta CFI=.000$, $\Delta TLI=.001$, $\Delta RMSEA=.001$). 따라서 보다 간명한 연구모형 2를 최종 연구모형으로 선택하였다.

3. 직, 간접효과 검증

최종 연구모형의 구조적 관계와 직, 간접효과는 [그림 4]와 <표 4>에 제시하였다. 먼저 각 경로별 직접효과를 살펴보면 수업 분위기는 탐구기반 수업에 통계적으로 유의한 부적 영향을 보였고($\beta=-.064$, $p<.001$), 교사 피드백에는 유의한 영향이 없으며, 수업조정에는 통계적으로 유의한 정적 영향을 보였다($\beta=.073$, $p<.001$). 반면 교사 지지는 탐구기반 수업($\beta=.487$, $p<.001$), 교사 피드백($\beta=.167$, $p<.001$) 및 수업조정($\beta=.472$, $p<.001$) 모두에 통계적으로 유의한 정적 영향을 보였다. 즉, 수업 분위기는 교수실제에 미치는 영향의 크기가 작거나 유의하지 않은 것으로 나타났고 상대적으로 교사 지지는 교수실제 모든 변인을 정적으로



(그림 4) 연구모형의 표준화 경로계수

주. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, ns = non significant, 점선은 유의하지 않은 경로를 나타냄, 수업의 질 위: 교실환경, 아래: 교수실제

향상시키는 것으로 나타났다.

다음으로 교수실제 변인 간의 상호관계를 살펴보면 탐구기반 수업이 교사 피드백($\beta = .410$, $p < .001$)에, 교사 피드백이 수업조정($\beta = .390$, $p < .001$)에 통계적으로 유의한 정적 영향을 미치는 것으로 나타났고, 탐구기반 수업이 수업조정에 미치는 직접효과는 유의하지 않았다. 또한 탐구기반 수업이 교사 피드백을 완전 매개하여 수업조정에 통계적으로 유의한 정적 영향을 보여 과학 교과에서 교사 피드백이 탐구기반 수업과 수업조정의 관계를 매개하는 것으로 나타났다.

한편 탐구기반 수업과 수업조정의 경우 정의적 과학성취의 하위변인인 흥미($\beta = .087$, $\beta = .243$, $p < .001$), 효능감($\beta = .053$, $p < .05$, $\beta = .194$, $p < .001$), 도구적 동기($\beta = .062$, $p < .01$, $\beta = .235$, $p < .001$) 모두에 통계적으로 유의한 정적 영향을 보였고, 탐구기반 수업보다 수업조정이 더 큰 영향을 보였다. 반면, 교사 피드백은 학생의 흥미($\beta = .069$, $p < .01$)에만 통계적으로 유의한 정적 영향을 보였고 효능감과 도구적 동기에는 유의한 영향이 나타나지 않았다. 간접효과를 살펴보면 탐구기반 수업과 교사 피드백은 수업조정을 매개로 흥미($\beta = .070$, $\beta = .095$, $p < .001$), 효능감($\beta = .031$, $p < .01$, $\beta = .076$, $p < .001$), 도구적 동기($\beta = .047$, $\beta = .092$, $p < .001$) 모두를 향상시키는 것으로 나타났다. 즉, 탐구기반 수업과 교사 피드백 및 수업조정은 효능감과 도구적 동기를 일부 제외하고 직, 간접적으로 정의적 과학성취를 향상시키며, 특히 수업조정을 매개

〈표 4〉 최종 연구모형의 변인 간 효과 분해 표(표준화 계수)

결과변인	설명변인	전체효과	직접효과	간접효과	SMC
		β	β	β	
탐구기반 수업	수업 분위기	-.064***	-.064***		.228
	교사 지지	.487***	.487***		
교사 피드백	수업 분위기	-.016	.010	-.026***	.262
	교사 지지	.366***	.167***	.200***	
	탐구기반 수업	.410***	.410***		
수업조정	수업 분위기	.065***	.073***	-.007	.541
	교사 지지	.621***	.472***	.149***	
	탐구기반 수업	.172***	.012	.160***	
	교사 피드백	.390***	.390***		
흥미	수업 분위기	.009		.009	.115
	교사 지지	.218***		.218***	
	탐구기반 수업	.157***	.087***	.070***	
	교사 피드백	.164***	.069**	.095***	
	수업조정	.243**	.243***		
효능감	수업 분위기	.009*		.009*	.047
	교사 지지	.144***		.144***	
	탐구기반 수업	.084***	.053*	.031**	
	교사 피드백	.069**	-.007	.076***	
	수업조정	.194***	.194***		
도구적 동기	수업 분위기	.011*		.011*	.077
	교사 지지	.182***		.182***	
	탐구기반 수업	.109***	.062**	.047***	
	교사 피드백	.108***	.016	.092***	
	수업조정	.235***	.235***		
과학 소양	수업 분위기	.033***		.033***	.182
	교사 지지	.012		.012	
	탐구기반 수업	-.204***	-.168***	-.036**	
	교사 피드백	-.178***	-.308***	.130***	
	수업조정	.299**	.192***	.107**	
	흥미	.194**	.194***		
	효능감	.219**	.219***		
	도구적 동기	.075**	.075***		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

할 경우 정의적 과학성취를 향상시키는 것으로 나타났다.

마지막으로 교수실제가 과학 소양에 미치는 직접효과는 수업조정($\beta=.192, p<.001$)만 과학 소양에 통계적으로 유의한 정적 영향을 보였고, 탐구기반 수업($\beta=-.168, p<.001$)과 교사 피드백($\beta=-.308, p<.001$)은 통계적으로 유의한 부적 영향을 보였다. 반면 간접효과는 탐구기반 수업($\beta=-.036, p<.01$)이 정의적 성취의 하위 변인을 부분 매개하여 통계적으로 유의한 부적 영향을 보였고, 교사 피드백($\beta=.130, p<.001$)과 수업조정($\beta=.107, p<.01$)은 정의적 성취의 하위 변인을 부분 매개하여 통계적으로 유의한 정적 영향을 보였다.

교실환경과 인지적 과학성취 간의 관계에서 교수실제와 정의적 과학성취의 이중매개효과는 <표 5>에 제시하였다. 먼저 수업 분위기와 인지적 과학성취 간의 관계를 살펴보면 탐구

〈표 5〉 교실환경과 인지적 과학성취 간의 관계에서 교수실제와 정의적 과학성취의 이중매개효과

독립변인	매개변인		종속변인	β
수업 분위기	탐구기반 수업	→	흥미	-.001*
	탐구기반 수업	→	효능감	-.001
	탐구기반 수업	→	도구적 동기	.000*
	교사 피드백	→	흥미	.000
	교사 피드백	→	효능감	.000
	교사 피드백	→	도구적 동기	.000
	수업조정	→	흥미	.003***
	수업조정	→	효능감	.003***
	수업조정	→	도구적 동기	.001**
교사 지지	탐구기반 수업	→	흥미	.008**
	탐구기반 수업	→	효능감	.006*
	탐구기반 수업	→	도구적 동기	.002*
	교사 피드백	→	흥미	.002*
	교사 피드백	→	효능감	.000
	교사 피드백	→	도구적 동기	.000
	수업조정	→	흥미	.022***
	수업조정	→	효능감	.020***
	수업조정	→	도구적 동기	.008***

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

기반 수업은 흥미($\beta = -.001, p < .05$)와의 경로에서 통계적으로 유의한 영향이 나타났고 수업조정은 흥미($\beta = .003, p < .001$), 교사 피드백($\beta = .003, p < .001$), 도구적 동기($\beta = .001, p < .01$)와의 경로 모두에서 통계적으로 유의한 영향을 보였다.

다음으로 교사 지지와 인지적 과학성취 간의 관계에서 교수실제와 정의적 과학성취의 이중매개효과는 탐구기반 수업의 경우 흥미($\beta = .008, p < .01$), 교사 피드백($\beta = .006, p < .05$), 도구적 동기($\beta = .002, p < .05$)와의 경로 모두에서 통계적으로 유의한 영향이 나타났고, 교사 피드백은 흥미($\beta = .002, p < .05$)와의 경로에서만 유의한 영향을 보였다. 수업조정은 흥미($\beta = .022, p < .001$), 교사 피드백($\beta = .020, p < .001$), 도구적 동기($\beta = .008, p < .001$)와의 경로 모두에서 통계적으로 유의한 영향이 나타났다.

다중상관치(SMC: squared multiple correlations)는 수업조정이 54.1%로 가장 크게 나타났으며, 교사 피드백(26.2%), 탐구기반 수업(22.8%) 순으로 나타났다. 다음으로 정의적 과학성취의 하위변인인 흥미(11.5%), 도구적 동기(7.7%) 및 효능감(4.7%) 순으로 나타났다.

V. 논의 및 제언

본 연구에서는 PISA 2015의 데이터를 활용하여 과학 수업과 학생의 정의적, 인지적 성취 간의 구조적 관계를 살펴보았다. 특히 교사와 학생의 상호작용이 일어나는 교실맥락을 종합적으로 고려하기 위해 교실환경과 같은 과학 교과의 일반적 특성과, 탐구기반 수업, 형성평가와 같은 교과 특수적 교수실제를 구분하여 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향을 살펴보았다. 추가적으로 과학 교과의 대표적 교수실제인 탐구기반 수업이 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향에서 평가의 형성적 기능을 탐색하여 과학 수업에서 형성평가의 중요성과 역할을 살펴보았다. 연구결과에 대한 요약 및 논의는 다음과 같다.

첫째, 과학 교과 수업의 질과 학생의 정의적, 인지적 과학성취 간의 구조적 관계를 살펴본 결과 교실환경이 교수실제에 직접적으로 영향을 미치고 교수실제는 인지적 과학성취에 직접효과 뿐 아니라 정의적 과학성취를 매개로 간접효과를 보였다. 이는 교실맥락에서 형성된 환경이 교수실제와 구분되거나(Klieme et al., 2009) 학생의 정의적, 인지적 성취에만 제한적으로 영향을 미치는 것이 아니라 교사의 교수실제를 형성하는데 보다 직접적인 영향을 나타내는 것을 뜻한다(Brookhart, 1997). 특히 교과 수업을 구성하는 일반적인 교실환경의 영향이 교과 특수적 교수실제의 기저에서 작용하고 있다는 측면은 향후 탐구기반 수업을 활성화하기 위한 국가수준 교육과정이나 과학교육 진흥 정책에서 중요하게 다루어져야 할 것으로 보인다. 따라서 과학 교과에서 탐구기반 수업의 기능을 판단하고 개선하기 위해서는

수업이 이루어지는 교실환경과 교수실제가 함께 고려된 교실맥락에서 학생의 정의적, 인지적 성취에 대한 수업의 효율성을 파악할 필요성이 제안된다.

세부적으로 과학 교과에서 교실환경을 구성하는 두 변인은 교수실제에 차별적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 학생들이 지각한 과학 수업 분위기는 탐구기반 수업 및 형성평가와 같은 교수실제에 유의한 영향이 없거나 그 크기가 매우 미미한 반면, 교사 지지는 교수실제를 모두 향상시키는 것으로 나타났다. 즉, 교사의 수업 및 평가활동을 긍정적으로 강화하는 것은 수업 분위기 보다는 교사가 교실 전체 학생들의 학습에 관심을 보이거나 직접적으로 학습을 돕기 위한 행동을 하는 등의 지지적 태도로 나타났다. 따라서 과학 교과에서 탐구기반 수업이나 형성평가 등의 교수실제를 향상시켜 수업의 질을 개선하기 위해서는 먼저 존중과 래포(rapport)가 형성되고 학습을 지원하는 교사의 지지적 태도가 반영된 교실환경 조성이 제안된다.

둘째, 탐구기반 수업은 교사 피드백을 완전 매개하여 수업조정을 활성화 시키고, 교사의 수업조정 활동은 학생의 정의적 과학성취를 향상시키는 것으로 나타났다. 이는 교수실제에서 탐구기반 수업 자체보다 교사가 학생의 이해수준에 맞추어 수업을 조정하고 학생의 이해를 돕기 위해 지속적으로 지원을 해주는 것이 학생의 과학에 대한 흥미, 효능감 및 도구적 동기 향상에 더욱 영향을 미치고 있음을 의미한다. 특히 탐구기반 수업이 직접적으로 수업조정을 끌어내는 것이 아니라 교사 피드백을 통해 나타난 점은, 수업 상황에서 교사가 학생의 이해에 대한 점검, 해석을 통해 즉각적이고 구체적인 피드백을 제공하고 다음 수업단계와 활동에 대한 조정을 결정하는 형성평가의 순환적 단계(McMillan, 2013)가 교수실제에서 지지된 결과이다. 따라서 탐구기반 수업이 학생의 정의적, 인지적 과학성취를 균형 있게 향상시키기 위해서는 형성평가가 수업과 일체화되어 적극적으로 반영되는 것이 도움이 될 것으로 보인다.

한편 탐구기반 수업에 비해 수업조정이 학생의 정의적 과학성취 향상에 미치는 영향이 크게 나타난 것은, 탐구기반 수업에서 학생의 요구와 지식수준에 맞추어 수업을 진행하고 수업 내용이나 방식을 조정하는 등 평가의 형성적 기능에 대한 중요성이 강조된 결과로 해석할 수 있다. 따라서 과학 교과 수업의 질을 향상시키기 위해서는 탐구기반 수업 강화와 함께 탐구기반 수업 제공 과정에 적절한 비계 설정이 되고 있는지(Hmelo-Silver et al., 2007), 교사 피드백이나 수업조정 등의 형성평가가 적절히 활용되고 기능하고 있는지에 대한 점검이 필요해 보인다. 아울러 학생들의 낮은 정의적 성취를 개선하기 위해서는 좋은 과학수업에 대한 교사의 인식(이봉우, 2016)과 같이 교수실제에서 학생의 눈높이와 발달단계 및 지식수준에 관한 정보를 수집하고 수업내용을 재구성해가는 수업조정을 적극적으로 활용하는 것이 제안된다.

셋째, 과학 교과 교수실제 중 탐구기반 수업과 형성평가 실체는 인지적 과학성취에 서로 상반된 효과를 보였다. 구체적으로 탐구기반 수업은 인지적 과학성취에 부적인 직, 간접효과를 보였으나, 교사의 피드백이나 수업조정과 같은 형성평가 실체는 학생의 정의적 과학성취를 매개로하여 인지적 과학성취를 향상시키는 것으로 나타났다.

탐구기반 수업은 조사, 토론, 실험 등의 탐구과정을 통해 학생이 지식, 기술 등의 이전 경험을 활용하며 새로운 지식을 구성해가는 인지 활성화 과정이 강조된 수업으로 과학 교과 교육과정에서 가장 대표적으로 권장하는 교수방법이다. 그러나 탐구기반 수업의 방법이나 빈도 자체가 인지적 과학성취를 향상시키지는 않는 것으로 나타났다. 이는 탐구기반 수업이 진행되는 교수실제에서 교사 피드백이나 수업조정과 같은 평가의 형성적 기능이 강조되는 결과로 볼 수 있다. 학교 현장에서는 실험으로 얻을 수 없는 과학 지식을 보완하기 위해 강의식 수업이 필요하다는 인식이 높게 나타났는데(박경진 등, 2015), 탐구기반 수업에서 활용하는 교사 피드백이나 수업조정에 대한 점검은 인지적 성취 보완과 함께 정의적 성취를 종합적으로 향상시키는 측면에서 중요하게 고려될 필요성이 제안된다. 또한 앞으로 탐구기반 수업을 구성하는데 흥미, 효능감 등의 정의적 변인을 반영하기 위한 노력을 기울이고 학생의 필요와 판단이 반영된 수업조정을 강화하는 것은 탐구기반 수업의 효율성을 높이는데 도움이 될 것으로 보인다.

이를 종합하여 과학 교과 교수실제의 바탕이 되는 탐구기반 수업은 교사의 지지적 환경 조성 등과 함께 평가의 형성적 기능이 반영되고 강화되어가는 것이 학생의 정의적 성취를 향상시키는데 도움이 될 것으로 판단된다. 같은 맥락에서 2015 개정 교육과정에서 강조하고 있는 과정 중심 평가의 안정적 정착은 현재 과학 교과에 대한 학생의 흥미나 효능감 및 도구적 동기 등의 정의적 과학성취를 향상 시키는데 긍정적으로 보인다. 최근 좋은 수업에 대한 연구는 교수실제가 이루어지는 교실의 수업 분위기, 교사가 학생을 대하는 방식 등 교사와 학생의 상호작용 과정을 종합적으로 고려하여 학생의 정의적 성취와 인지적 성취에 미치는 영향을 파악하고 있다. 그러나 수업이 학교 현장의 실제 교실맥락에서 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향이나 구조적 관계를 대규모 데이터를 활용하여 검증한 연구는 매우 제한적이었다. 본 연구는 교수실제로 한정하거나 교실환경과 구분되어 다루어져온 수업의 질 연구를 수업 분위기나 교사의 지지적 태도 등이 반영된 교수실제 내, 외적 맥락으로 확장하여 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향을 파악하였다는데 의의가 있다.

마지막으로 본 연구의 제한점 및 추후 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 수업이 학생의 정의적, 인지적 성취에 미치는 구조적 관계에 초점을 두었기 때문에 학생의 노력이나 참여에 미치는 영향은 고려되지 않았다(Brookhart, 1997; Klieme et al., 2009). 또한 탐구기반 수업은 학생중심수업과 교사주도수업의 수업 유형이나, 학생의 인지적 성취

수준에 따라 정의적, 인지적 성취에 미치는 영향이 다르게 나타날 수 있다(Yi & Lee, 2017). 따라서 수업의 질이 영향을 미치는 다양한 학생의 특성에 대한 추가적 연구와 탐구기반 수업의 유형이나 학생의 성취수준에 따른 구분 연구가 제안된다. 둘째, 교사 피드백은 수업 장면에서 칭찬, 질문, 서면, 숙제 및 의견을 제시하거나 점수를 부여하는 등 다양한 상황이나 방법으로 제시될 수 있다(McMillan, 2013). 그러나 본 연구에서는 주로 성취기준 이수정도에 대해 교사가 구두로 제공하는 피드백에 한정되어 조사되었다. 따라서 과학 교과의 탐구기반 수업에서 사용되는 교사 피드백의 유형과 영향에 대한 보다 세분화된 추가 연구가 필요하다. 셋째, 본 연구에서는 학생에 의한 응답을 중심으로 수업의 질을 분석하여 교사와 학생 간의 인식 차이는 살펴볼 수 없었다. 따라서 추후 교사 및 학생 응답 자료를 모두 수집하고 다층모형 등을 적용함으로써 교사 및 학생수준에서 보이는 수업의 질과 학생의 성취 간의 관계 양상을 분석할 필요가 있을 것이다. 마지막으로 본 연구의 분석에서는 PISA의 과학 소양 측정치 중 하나의 유의 측정값만을 활용하였다는 제한점이 있다. 따라서 추후연구에서는 모든 유의 측정값에 기반 한 분석결과를 통합할 수 있는 방안을 활용하여 결과의 타당성 및 신뢰성을 제고할 필요가 있을 것이다.

수업은 교사와 학생 간의 다양한 상호작용을 통해 학생의 정의적, 인지적 발달이 이루어지는 역동적인 과정이다. 따라서 수업의 질을 이해하기 위해서는 현장의 교수실체가 진행되는 교실 상황과 교수실체 간의 통합적 이해가 필요하다. 앞으로 수업의 질에 대한 심층적 분석을 통해 학교 교육의 책무성을 점검하고, 형성적 기능이 강화된 탐구기반 수업을 통해 학생의 정의적 성취를 향상시키기 위한 노력을 기대한다.

참고문헌

- 교육부(2016). 과학교육종합계획. 교육부.
- 곽영순(2018). TIMSS 2015에서 과학 성취도와 흥미에 영향을 주는 교육맥락변인 분석. **한국과학교육학회지**, 38(2), 113-122.
- 구자옥, 김성숙, 이혜원, 조성민, 박혜영(2016). **OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2015 결과보고서**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE, 2016-2-2. 서울: 한국교육과정평가원.
- 김명희, 김영신(2012). 초, 중등학교 과학 실험실 및 교수 환경에 대한 과학 교사들의 선호와 실제. **한국과학교육학회지**, 32(10), 1567-1579.
- 박경진, 이준기, 정덕호(2015). 고등학교 과학 교과의 효과적인 수업 방법에 대한 고등학생과 과학교사들의 인지프레임 특성. **한국지구과학회지**, 36(4), 404-416.

- 박남규, 김영신(2007). 과학 교사의 탐구수업에 대한 선호와 실제 차이 분석. **과학교육연구지**, 31, 1-10.
- 박민애, 손원숙(2017). 초등 교실수업에서의 학습을 위한 평가와 정의 및 인지적 성취와의 관계. **초등교육연구**, 30(3), 21-42.
- 손원숙, 박 정(2017). 탐구기반 과학수업 프로파일의 분석: PISA 2015 한국과 싱가포르 비교. **교과교육학연구**, 21(6), 698-707.
- 이미경, 정은영(2004). 학교 과학 교육에서 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인 조사. **한국과학교육학회지**, 24(5), 946-958.
- 이봉우(2016). 좋은 과학수업에 대한 중등 과학교사의 인식. **한국과학교육학회지**, 36(1), 103-112.
- 임용우, 김영수(2013). 우리나라 초, 중등학교 과학과 교육과정의 변천. **생물교육**, 41(3), 483-503.
- Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. **Psychological Bulletin**, 103(3), 411.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y. M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. **American Educational Research Journal**, 47(1), 133-180.
- Brookhart, S. M. (1997). A theoretical framework for the role of classroom assessment in motivating student effort and achievement. **Applied Measurement in Education**, 10(2), 161-180.
- Brookhart, S. M., & DeVoge, J. G. (1999). Testing a theory about the role of classroom assessment in student motivation and achievement. **Applied Measurement in Education**, 12(4), 409-425.
- Danielson, C. (2007). **Enhancing professional practice: A framework for teaching** (2nd. ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.(ASCD).
- Fauth, B. C., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E., & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. **Learning and Instruction**, 29, 1-9.
- Harlen, W. (2013). **Assessment & Inquiry-Based Science Education. Issues in Policy and Practice**. Trieste, Italy: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark(2006). **Educational Psychologist**, 42(2), 99-107.
- Jiang, F., & McComas, W. F. (2015). The effects of inquiry teaching on student science achievement

- and attitudes: Evidence from propensity score analysis of PISA data. *International Journal of Science Education*, 37(3), 554-576.
- Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German classrooms. In T. Janik, & T. Seidel (Eds.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom*. 137-160. Münster, Germany: Waxmann.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*, 3rd ed. New York: Guilford Press.
- Kunter, M., Baumert, J., & Köller, O. (2007). Effective classroom management and the development of subject-related interest. *Learning and Instruction*, 17(5), 494-509.
- Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19(6), 527-537.
- Little, T. D., Rhemtulla, M., Gibson, K., & Schoemann, A. M. (2013). Why the items versus parcels controversy needn't be one. *Psychological Methods*, 18(3), 285.
- McMillan, J. H. (2013). *Classroom assessment: pearson new international edition: principles and practice for effective standards-based instruction*. Pearson Higher Ed. [손원숙, 박정, 강성우, 박찬호, 김경희 역 (2015). *교실평가의 원리와 실제: 기준참조수업과 연계*. 서울: 교육과 학사]
- Mikeska, J. N., Shattuck, T., Holtzman, S., McCaffrey, D. F., Duchesneau, N., Qi, Y., & Stickler, L. (2017). Understanding science teaching effectiveness: examining how science-specific and generic instructional practices relate to student achievement in secondary science classrooms. *International Journal of Science Education*, 39(18), 2594-2623.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Muthén, B. O., & Muthén, L. (2010). *Mplus Version 6.1* [Software]. Los Angeles, CA: Author.
- Neumann, K., Kauertz, A., & Fischer, H. E. (2012). Quality of instruction in science education. In B. Fraser, K. Tobin, & C. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* 247-258. New York: Springer.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. OECD publishing. Paris.

- Reeve, J., & Jang, H. (2006). What teachers say and do to support students' autonomy during a learning activity. *Journal of Educational Psychology, 98*(1), 209.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology, 25*(1), 54-67.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research, 77*(4), 454-499.
- Taut, S., & Rakoczy, K. (2016). Observing instructional quality in the context of school evaluation. *Learning and Instruction, 46*, 45-60.
- Yi, H. S., & Lee, Y. (2017). A latent profile analysis and structural equation modeling of the instructional quality of mathematics classrooms based on the PISA 2012 results of Korea and Singapore. *Asia Pacific Education Review, 18*(1), 23-39.

© 논문접수: 2018. 7. 30 / 수정본 접수: 2018. 9. 10 / 게재승인: 2018. 9. 15

— 저 자 소 개 —

- 김동욱 : 경북대학교에서 교육심리 및 상담심리 전공의 박사과정 재학 중임. 현재는 경북 문경 용흥초등학교에 교사로 재직 중임. 관심분야는 수업의 질, 교사평가, 사회적 비교 등임. iriora@hanmail.net
- 손원숙 : University of Illinois at Urbana-Champaign에서 교육측정 및 평가 전공으로 박사학위를 취득하고 현재는 경북대 교육학과에 교수로 재직 중임. 관심분야는 검사이론, 차별기능 문항분석, 차원성 검증, 대규모 성취도 평가 등임. wsohn@knu.ac.kr

〈ABSTRACT〉

**The Effects of Quality of Science Instruction on
High School Students' Affective and Cognitive Achievement:
PISA 2015**

Donguk Kim

Wonsook Sohn

Kyungpook National University

The main purpose of this study was to examine the structural relationships among the quality of science instruction, student's affective and cognitive achievement. Dimensions of instruction quality were reproduced from the classroom assessment model provided by Brookhart(Brookhart, 1997) and triarchic quality of instruction model(Klieme et al., 2009). Structural equation models were applied to the 4,050 high school students from PISA 2015 Korean data and mediation effects were estimated by bootstrapping method. The results of this study showed that the classroom environment had a direct effect on instruction practices while the instruction practices had both direct and indirect effects on students' cognitive achievement through their affective achievement. Second, teachers' feedback fully mediated the relationship between inquiry based teaching and instruction adaptation. Third, the inquiry based teaching and teachers' feedback had positive effects on cognitive achievement only through affective achievement. The results of this study were discussed about the importance of classroom context in order to understand the quality of instruction. Also the role of formative assessment in science instruction practice was emphasized. Finally several limitations of the study and recommendations to stimulate further research were discussed.

Keywords : quality of science instruction, classroom environment, Inquire based teaching, formative assessment, classroom assessment