



교사 지식의 관점에서 학생들이 인식하는 과학 교사 효과성 요인 분석

이기영, 박재용*
강원대학교

The Analysis of the Factors of the Effectiveness of Science Teacher as Perceived by Students through the Perspective of Teacher Knowledge

Kiyoung Lee, Jaeyong Park*
Kangwon National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 August 2014

Received in revised form

6 October 2014

Accepted 14 October 2014

Keywords:

science teacher effectiveness,
teacher knowledge,
pedagogical content knowledge,
subject matter knowledge,
factor analysis

ABSTRACT

This study has investigated the factors that make a science teacher effective by analyzing students' perception of teacher knowledge required in enhancing their science learning. The basic components of teacher knowledge identified by previous researchers have been confirmed through Exploratory Factor Analysis (EFA). Based on the findings of the EFA, the questionnaire has been further analyzed using Confirmatory Factor Analysis (CFA) by means of Structural Equation Modeling (SEM). In addition, the differences in students' perception on the identified factors of effectiveness have also been analyzed in terms of gender and achievement level. The findings of the EFA showed that five factors of science teacher effectiveness were identified; namely, substantive knowledge, syntactic knowledge, knowledge of students' understandings, knowledge of instructional strategies, and knowledge of assessment. These five components have been divided into two categories of teacher knowledge, SMK and PCK. What we found from the CFA was the respective high correlation between substantive and syntactic knowledge, knowledge of students' understanding and instructional strategies and the low correlation between substantive knowledge and knowledge of instructional strategies. Students perceived substantive knowledge as the most effective factor, knowledge of assessment as the least effective factor. Also, there have been considerable differences in students' perception by gender and achievement level. We proposed, based on the findings, that SMK and PCK need to be integrated into a coherent manner for the effective science teaching practice. This study provides some implications for science teacher professional development and the improvement of science teacher preparation program.

1. 서론

교사의 질(teacher quality)은 교육의 질을 가늠하는 결정적인 요인으로 간주된다. 과학적 소양(scientific literacy)의 함양이라는 과학 교육의 목표를 달성하기 위해서는 과학 분야에서 높은 소양을 지닌 과학 교사가 전제되어야 한다(Anderson & Mitchener, 1994). 다시 말해, 좋은 과학 교사는 학생들이 과학적 소양을 효과적으로 습득 가능하도록 도울 수 있는 능력을 갖추고 있어야 한다.

교사의 능력에 대해 합의된 정의가 존재하는 것은 아니지만, 일반적으로 교사 효과성(teacher effectiveness)과 동등한 의미로 해석될 수 있다(Lin *et al.*, 2010). 교사 효과성이란, 훌륭한 교사의 특성이 무엇인가를 나타내는 개념으로(Ko, 2008), 교사가 자신의 일에서 지식과 능력을 발휘하는 정도를 의미한다. 다시 말해, 교사가 어떤 수업 방법과 자료를 선택하여 학생들의 성취를 어느 정도로 이루는지를 판단할 수 있는 척도에 해당된다. 하지만 이러한 교사 효과성을 측정하는 것은 매우 어려운 작업이다. 왜냐하면 교사의 지식과 능력은 암묵적(tacit)인 것이기 때문에 직접적인 측정이 어렵고, 학생들의 성취 또한 매우 상황 의존적이어서 다양한 변수들이 복합적으로 작용하기 때문이다. 그러

므로 교사 교육 연구에서는 교사 효과성을 측정하기 위해 간접적인 방법을 사용하는데, 그 중의 하나가 교사에 대한 학생의 인식을 조사하는 것이다.

교사 효과성에 대한 학생의 인식을 조사하는 것은 학생 인지(cognition)나 교실 상황에 대한 풍부한 정보를 제공해주기 때문에 매우 중요하다(Knight & Waxman, 1991). 또한, 학생에 의한 피드백은 교실에서 벌어지는 중요한 정보를 제공해주기 때문에 교사나 교육자가 교수 학습을 개선하는데 매우 유용한 자료로 활용될 수 있으며(Ferguson, 2010), 궁극적으로는 교사 교육의 패러다임이나 지향을 결정하는 데 중요한 근거가 될 수 있다(Ko, 2008). 교사 효과성에 대한 연구들을 살펴보면, 학생들의 학업 성취를 향상시키는 교사의 행동 특성이나 수업 행동에 초점을 두고 있다(Ju & Kang, 2000). 이와 같은 연구들은 교사 효과성의 의미를 과정 변인(교사의 수업행동)과 산출 변인(학업성취) 측면에서 접근하였으나 선행 변인에 대한 고려는 없었다. 이 연구에서는 교사 효과성에 영향을 미치는 선행 변인으로 교사 지식(teacher knowledge)을 설정하여 이에 대한 학생들의 인식을 통해 과학 교사 효과성 요인을 분석하고자 하였다.

교사 지식에는 교사의 이론적 및 실제적 지식뿐만 아니라 신념

* 교신저자 : 박재용 (exaurora@naver.com)

** 이 논문은 2013년 강원대학교 학술연구구성비로 연구하였음(과제번호-C1009895-01-01).

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.7.0625

(beliefs)이 모두 포함된다. Fenstermacher(1994)는 교사 지식을 형식적(formal) 지식과 실천적(practical) 지식으로 구분하였는데, 이것은 교사 지식이 교수에 대한 생각(thinking)뿐만 아니라 교수 활동(performance)까지 모두 아우르는 것으로 볼 수 있다.

교사 지식의 요소로는 교과내용학지식(Subject Matter Knowledge, SMK), 교과교육학지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK), 일반교육학지식(General Pedagogical Knowledge, GPK), 교육상황 지식(Knowledge of Educational Contexts, CK)을 들 수 있다(Carlsen, 1999; Grossman, 1990; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999).

GPK는 수업, 학습 및 학습자의 일반적인 원리에 관한 것으로 교실 운영과 교육 목적 및 목표에 관한 지식을 포함하며, CK는 학교 환경과 학생 문화 등을 포함하는 지식이다(Jang, 2011). SMK는 내용 지식(content knowledge)을 의미하는 것으로, 학문의 실체론적(substantive) 구조와 구문론적(syntactic) 구조를 포함하는 지식이다(Schwab, 1978; Grossman, 1990). 실체론적 지식은 학문의 개념적 조직에 관한 원리와 구조에 대한 지식으로, 사실, 개념, 그리고 내용 영역의 원리와 관계를 포함한다. 이와는 달리 구문론적 지식은 학문의 역사적 및 철학적 본성에 관한 지식으로, 학문 본래의 가치, 탐구 원리, 지식이 교체되고 추가 되는 방법에 관한 지식을 포함한다(Abd-El-Khalick & BouJaoude, 1997). 과학에서의 구문론적 지식은 과학의 본성(nature of science)에 대한 이해에 해당된다고 볼 수 있다.

한편, PCK는 특정 교과 내용을 학생들에게 가장 쉽게 이해할 수 있도록 표현하는 비유, 예시, 도식, 시연 등과 같은 방법에 관한 지식으로, 내용 지식을 교육학적으로 가장 효과적이며 적응적인 형태로 변환시키는 능력이므로 GPK뿐만 아니라 SMK와도 구분된다(Shulman, 1987). PCK는 교사 전문성의 지표로서, 교과-특정적인(subject-specific)이며 주제-특정적인(topic-specific) 지식으로 간주된다(Lee, 2009). PCK를 구성하는 요소에는 과학 교수 지향, 교육과정에 대한 지식, 학생이해에 대한 지식, 수업전략에 대한 지식, 학생평가에 대한 지식이 포함된다(Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Park & Oliver, 2008).

PCK는 교사 효과성을 좌우하는 가장 핵심적인 교사 지식으로, 초보(novice) 교사와 전문(expert) 교사를 구분짓는 준거로 작용한다(Geddis, 1993). Geddis(1993)에 의하면, 초보 교사는 SMK에 주로 의존하여 교수 학습을 단순한 관점으로 봄으로써 강의식 수업에 치중하며, 지나치게 많은 내용을 알고리즘적으로 전달하려는 경향을 보인다. 반면, 전문 교사는 반성적 경험을 통해 습득한 PCK를 이용하여 상황에 적절한 학습 경험을 학생들에게 제공하며, 이 과정에서 PCK 구성 요소들을 효과적으로 활용한다.

국내외적으로 교사 지식의 관점에서 과학 교사의 효과성을 분석하려는 시도는 지속적으로 이루어져 왔다. 하지만, 이들 연구의 대부분은 교사 교육자의 관점에서 과학 교사의 수업 실행이나 인식을 분석한 것이었고(Gess-Newsome & Lederman, 1995; Kwak, 2009; Min, Park, & Paik, 2010; Park, 2006; Park, Min, & Paik, 2008; Van Driel, Verloop, & De Vos, 1998), 학생의 관점에서 과학 교사의 효과성을 분석한 연구는 거의 없었다. 이에 본 연구에서는 학생들이 인식하는 과학 교사의 효과성 요인을 교사 지식의 관점에서 분석하고 이들 간의 구조적 연관성을 규명하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

- 첫째, 학생들이 인식하는 과학 교사 효과성 요인은 무엇인가?
- 둘째, 학생들이 인식하는 과학 교사 효과성 요인들은 어떤 구조적인 연관성을 갖는가?
- 셋째, 과학 교사 효과성 요인들에 대한 학생들의 인식은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

교사 지식의 관점에서 학생들이 인식하는 과학교사 효과성 요인을 추출하기 위하여 문헌연구 결과를 바탕으로 제작한 예비 설문 조사에 강원도 원주시 소재 B중학교에서 391명(남학생 191명, 여학생 200명)의 2학년 학생들이 참여하였고, 예비 설문 조사에 대한 탐색적 요인분석 결과에 기초하여 설문 문항의 수를 조정한 연구 설문 조사에 동일 지역에 위치한 T중학교에서 213명(남학생 118명, 여학생 95명)의 2학년 학생들이 참여하였다.

설문 조사 후, 학생들이 응답한 설문지를 코딩하는 과정에서 극단 반응(extreme response)과 묵종 경향성(acquiescence) 또는 무응답(non-response)과 무성의한 응답(insincere response)을 보인 부적합 반응 학생들의 설문지를 연구에서 제외하였다. 예비 조사를 위한 B중학교에서 19개의 설문지가, 연구 조사를 위한 T중학교에서 23개의 설문지가 설문 조사의 신뢰도와 타당도에 영향을 미칠 것으로 의심되어 이들을 분석에서 제외하였다.

따라서 이 연구에서는 Table 1과 같이 B중학교에서 372명(남학생 183명, 여학생 189명), T중학교에서 190명(남학생 104명, 여학생 86명)의 응답 자료를 각각 예비 조사와 연구 조사를 위한 최종 분석 대상으로 사용하였다.

2. 측정 도구

이 연구에서 사용된 검사 도구는 크게 예비 설문 조사지와 연구 설문 조사지로 구분된다. 두 설문 조사지 모두 학생들이 인식하는 과학 교사 효과성의 요인들을 추출하는 것을 목적으로, ‘과학 과목의 학업 성취를 높이기 위해 나는 과학 선생님이 이랬으면 좋겠다.’에 설문의 초점을 맞춘 자기 보고 형식의 질문들을 이용하였다.

예비 설문 조사지는 교사 효과성 및 교사 지식에 관한 문헌 연구 결과에 기초하여 작성한 것으로, 총 40개의 5점 척도(1=전혀 중요하지 않음, 2=중요하지 않음, 3=덜 중요함, 4=중요함, 5=매우 중요함) 리커트(Likert) 형식의 문항들로 구성되어 있다(부록 참조). 이 설문지를 이용하여 B중학교 2학년 391명의 학생들을 대상으로 예비 설문 조사를 실시하였고, 수집된 자료에 대해 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 신뢰도를 검증하였다. 또한 학생들의 응답에 영향을 주는 공통 요인 구조를 확인하기 위하여 주요소 분석법으로 베리맥스(Varimax) 회전

Table 1. Participants of this study

학교	학생수(명)	합계(명)
B중학교	남학생	183
	여학생	189
T중학교	남학생	104
	여학생	86

Scree Plot

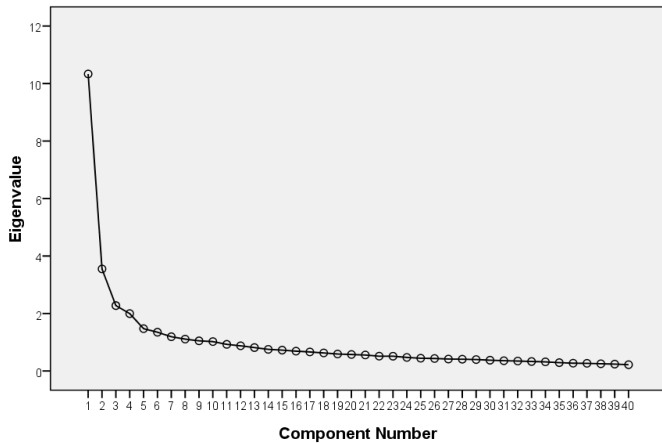


Figure 1. Scree test of the preliminary questionnaire

하여 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 예비 설문 조사 결과, 40개의 문항 중 7개 문항의 제거 지수(alpha if item deleted)가 높게 나타났으며, 요인의 수를 결정하기 위하여 고유값(eigenvalue), 분산(variance), 스크리 검증(Scree test)을 병행하여 살펴본 결과 Figure 1과 같이 총 10개의 요인이 추출되었다.

예비 설문 조사지에 대한 신뢰도 검증 및 탐색적 요인 분석 결과에 비추어 볼 때, 검사도구의 신뢰도를 높이고 학생들이 인식하는 과학교사 효과성 요인 구조의 복잡성을 줄이기 위하여 신뢰도가 낮은 문항들을 제거하고 요인 부하량(factor loading)이 낮은 문항들을 삭제하거나 서로 유사한 변인들끼리 통합하여 사용할 필요가 있었다.

한편, 연구 설문 조사지는 예비 설문 조사지에 대한 신뢰도 검증과 탐색적 요인 분석 결과를 바탕으로 제거 지수가 높은 9개의 문항을 제거한 후, 비교적 범주화가 수월한 요인들을 묶고 해당 통합 요인을 대표할 수 있는 문항들로 총 24개의 문항을 선정하였다. 이후 이들 문항에 대해 중학교 과학교사 4인과 과학교육 전문가 2인에게 내용 타당도를 검토 받았다. 그 과정에서 중학교 학생들의 수준에 적합하지 않다고 생각되는 8개의 문항을 삭제하였고, 그 의미가 불분명하여 해석에 오해의 소지가 있는 6개의 문항을 수정하였으며, 평가와 관련된 4개의 문항을 추가하여 최종적으로 총 20개의 문항을 선정하였다. 이들 문항에 대해 T중학교 2학년 190명의 학생들을 대상으로 설문을 실시한 결과, Table 2에서와 같이 전체 신뢰도(Cronbach's α)는 .886으로 나타났다.

3. 자료 수집 및 분석

학생들이 인식하는 과학교사 효과성 요인을 추출하기 위하여 연구자 중 1명이 T중학교 2학년 각 학급을 직접 순회하며 학생들에게 설문의 초점(과학 과목의 학업 성취를 높이기 위해 나는 과학 선생님이 이랬으면 좋겠다)과 연구의 목적을 설명한 후 검사를 실시하였다. 검사지에 대한 실제 응답 시간은 학급별로 약 25분이 소요되었고, 문항의 의미를 묻는 학생들에게 해당 문항에 대한 예를 제공함으로써 문항의 본래 의미가 바르게 전달되도록 하였다.

학생들이 응답한 213개의 설문 조사지를 수거하여 코딩 작업을 진행하였다. 이 과정에서 설문 조사의 신뢰도와 타당도에 영향을 미칠

Table 2. Questionnaire for exploratory factor analysis

문항 번호	설문 내용
1	과학 내용에 대한 지식이 풍부하다.
2	학생들의 질문에 적절한 답변을 제공한다.
3	여러 분야의 과학 개념들 간의 관련성을 잘 파악하고 있다.
4	과학의 역사에 대한 지식이 풍부하다.
5	과학 지식들이 어떻게 만들어진 것인지 잘 알고 있다.
6	학생들이 어려워하는 주제나 개념을 잘 알고 있다.
7	학생들이 과학 학습에서 겪는 어려움을 잘 이해하고 있다.
8	과학 개념에 대한 학생들의 이해 수준을 잘 파악하고 있다.
9	수업 내용에 대한 학생들의 사전 지식을 잘 파악하고 있다.
10	학생들의 잘못된 과학 개념을 많이 알고 있다.
11	과학 개념을 설명하는데 그림과 표 등을 이용한다.
12	과학 개념을 설명할 때 구체적인 모형이나 비유를 이용한다.
13	학생들의 생각에 초점을 맞춘 활동과 예들을 제공한다.
14	과학 개념에 대한 학생들의 이해를 높이기 위해 탐구활동을 이용한다.
15	과학 내용을 수업 효과가 높은 형태로 바꾼다.
16	학생들의 과학 성취도를 측정하기 위해 다양한 평가 방법을 활용한다.
17	학생들이 자신의 과학 개념 이해 정도를 파악할 수 있도록 평가를 한다.
18	수업 목표에 부합되는 평가 문항을 개발한다.
19	평가 결과에 대한 구체적인 정보를 학생들에게 제공한다.
20	평가의 결과를 수업 개선을 위해 활용한다.

* 전체 신뢰도: Cronbach's $\alpha = .886$

것으로 의심되는 23개의 설문지를 분석에서 제외함으로써 총 190명의 응답 내용에 대해 분석을 실시하였다.

분석은 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 학생들의 응답 내용에 대한 신뢰도를 우선적으로 검증한 후 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 이때, 요인 추출 모델로 접근 방식과 통계적 해석이 용이한 직각 회전 방식의 일종인 주요소분석법(principle component analysis)을 적용하였고, 요인의 수를 결정하기 위하여 스크리 검증 결과를 바탕으로 고유값이 1이상인 요인을 추출하였으며, 누적 변량을 기준으로 한 요인 수 결정 방식을 함께 참고하였다. 또한 요인의 회전은 요인의 분산을 극대화하고 자료 내 다요인모형이 잠재하는 것으로 가정될 때 사용되는 베리맥스 방식을 이용하였다(Lee, 2000).

탐색적 요인 분석을 실시한 다음, 학생들이 인식하는 과학교사 효과성 요인 구조를 파악하기 위하여 Amos 21.0 프로그램으로 확인적 요인 분석을 실시하였다. 확인적 요인 분석은 설문지의 측정항목과 구성 개념 간의 요인부하량을 측정할 수 있고, 모델의 전반적인 적합도를 평가할 수 있기 때문에 구성개념 타당성(construct validity)을 측정하는 데 유용하게 사용되고 있다(Yu, 2012). 구성개념 타당성은 집중 타당성(convergent validity)과 판별 타당성(discriminant validity)으로 구분하여 살펴보았다. 또한 확인적 요인분석 모델의 적합도를 살펴보기 위하여 절대적합지수(absolute fit index) 중 Normed χ^2 , RMR, GFI, RMSEA 값을, 증분적합지수(incremental fit index) 중 IFI, CFI 값을 활용하였다.

마지막으로, 확인적 요인 분석 모델에 대한 적합도를 검증한 후, 학생들의 성별 및 학업성취 수준에 따른 효과적인 과학교사 지식에 대한 인식 차이를 비교하기 위하여 SPSS 18.0 프로그램을 사용하여 두 집단 간 평균값의 차에 대한 독립표본 t 검증(independent samples t-test)을 실시하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학교사 효과성 요인 추출

T중학교 190명의 중학교 2학년 학생들을 대상으로 효과적인 과학 교사 지식에 대한 인식을 묻는 5단계 평정 척도의 설문 조사(20문항)를 실시한 후, 응답 결과에 대해 탐색적 요인 분석을 실시하였다.

주요소분석법으로 베리맥스 회전하여 탐색적 요인 분석을 실시한 결과 Table 3에서와 같이 누적 분산이 57.70%인 5개의 공통 요소가 추출되었고, SMK와 PCK로 구분되는 요소별 문항 내용의 특성을 반영하여 각각의 공통 요소에 I. 실체론적 지식, II. 구문론적 지식, III. 학생이해 지식, IV. 수업전략 지식, V. 학생평가 지식으로 이름을 정하였다. 분석 결과 추출된 5개 공통 요소의 고유값과 설명 분산의 범위는 각각 1.85~2.68, 9.23~13.41%이고, 각 공통 요소에 부하된 문항 수는 3~5개의 범위를 보였다. 또한 요소별로 부하된 문항의 신뢰도 (Cronbach's α)는 .643~.779로 분석되었다.

Table 4는 공통 요소를 추출하기 위해 사용하였던 회전된 요소 행렬

Table 3. Results of exploratory factor analysis

요소	I	II	III	IV	V
고유값	2.29	1.85	2.25	2.68	2.47
설명 분산(%)	11.46	9.23	11.24	13.41	12.36
누적 분산(%)	11.46	20.69	31.93	45.34	57.70
부하된 문항 수	3	3	4	5	5
부하된 문항 번호	1, 2, 6	3, 4, 5	7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15	16, 17, 18, 19, 20
문항의 신뢰도 (Cronbach's α)	.674	.643	.706	.779	.749

Table 4. Factor loadings of rotated component matrix

구분	문항 번호 (변인)	요소				
		I	II	III	IV	V
I. 실체론적 지식	1	.682	.306	.055	.055	.396
	2	.722	.079	.087	.159	.181
	6	.633	.175	.206	.122	-.025
II. 구문론적 지식	3	.438	.558	.006	.259	.193
	4	.148	.703	.143	.057	.220
	5	.149	.719	.197	.146	.015
III. 학생이해 지식	7	.547	-.020	.574	.198	.023
	8	.306	.086	.595	.287	.147
	9	.132	.247	.585	.182	.139
	10	.090	.090	.621	.093	.202
	11	-.250	.371	.422	.474	.057
IV. 교수전략 지식	12	.120	.212	.121	.714	.110
	13	.121	.103	.276	.670	.167
	14	.108	.063	.046	.758	.244
	15	.237	.021	.219	.663	.088
	16	.039	.215	-.098	.307	.677
V. 학생평가 지식	17	.175	.139	.091	.212	.686
	18	-.059	.224	.427	.188	.435
	19	.222	.056	.310	.104	.659
	20	.070	-.024	.328	.019	.671

추출 방식: 주요소 분석법
회전 방식: 베리맥스

(rotated component matrix)의 요인 부하량으로, 설문 문항을 의미하는 해당 변인과 요소 사이의 상관계수를 나타내고 있다. 변인 7(과학 학습에서 겪는 학생들의 어려움 이해)은 최종적으로 요소 III(학생이해 지식)에 부하되지만 요소 I(실체론적 지식)과의 상관계수가 .547로 유의성을 갖고 있고, 변인 18(수업 목표에 부합되는 평가 문항 개발)은 요소 V(학생평가 지식)에 부하되지만 요소 III(학생이해 지식)과의 상관계수가 .427로 유의미하게 관련되어 있다. 이와 같은 결과는 복합적이고 다면적인 과학 교사 효과성의 특성상 이를 구성하는 요소와 변인들이 상호 의존적인데서 비롯된 것으로 해석된다. 즉, 과학 학습에서 겪는 학생들의 어려움을 이해하는 것은 학생들이 어려워하는 주제나 개념에 대한 인식과 밀접한 관련이 있을 것으로 추정되며, 수업 목표에 부합되는 평가 문항을 개발하는 것은 학생에 대한 이해에 기초하여 실행하는 교수학적 접근이기 때문으로 해석된다.

요인 분석 결과 나타난 요소별 문항 내용의 특성을 살펴보면 우선 요소 I(실체론적 지식)은 과학의 기본적인 개념과 법칙 및 이론에 대한 지식 즉, 좋은 수업을 가능하게 하는 가장 핵심적인 요소인 과학 내용에 대한 지식으로, 교수 활동에서 내용 지식이 얼마나 중요한지를 표현하는 ‘자신이 알지 못하는 것을 가르칠 수 없다(Danielson, 1996)’는 명제와 직접 관련된다. 요소 II(구문론적 지식)는 과학의 본성에 대한 이해와 관련된 지식으로, 과학 및 과학적 탐구의 본성에 대한 지식, 과학 지식 발달의 역사적 맥락에 대한 지식을 포함한다. 요소 III(학생이해 지식)은 수업의 대상이자 학습 주체인 학생에 대한 지식으로, 학생들의 발달 및 과학에 대한 이해 수준, 학생들이 과학에 대해 지니고 있는 배경 지식, 개인차 등으로 구성된다. 요소 IV(수업전략 지식)는 다양한 교수학습 방법에 대한 지식 즉, 내용 관련 방법 지식으로, 학생들의 이해와 사고를 촉진하고 학생들에게 유의미한 학습이 일어날 수 있도록 교과 내용을 지도하는 수업 전략 및 교수학습 방법에 대한 지식을 포함한다. 마지막으로 요소 V(학생평가 지식)는 학생들의 학습 개선을 위한 다양한 평가 전략 및 기법에 대한 지식으로, 학생들의 성취수준을 평가하고 학생들의 발달을 촉진할 수 있는 다양한 평가 전략과 방법들, 평가의 이론과 실제에 대한 지식 등으로 구성된다. 이와 같은 요인 분석 결과에 비추어 볼 때, 전체적으로 요소 I과 II는 수업 내용(contents)과 관련하여 교사가 알아야 하는 것 즉, SMK의 범주에, 요소 III, IV, V는 수업 실행(practices)과 관련하여 교사가 알아야 하는 것 즉, PCK의 범주에 속한다고 할 수 있다. 교사 지식 중 GPK나 CK와 관련된 요인이 추출되지 않은 것은 과학 수업과 직접적으로 연관된 설문 문항들로 구성하였기 때문이다. 이 연구의 목적은 학생들이 자신의 과학 교사에 대해 인식하는 효과성 요인을 분석하는 것이므로, 학생들이 수업을 통해 파악하기 힘든 교사의 일반 교육학 관련 지식이나 학교 상황(환경) 관련 지식은 설문 문항에 포함하지 않았다.

2. 과학교사 효과성 요인 구조의 타당도 분석

학생들이 인식하는 과학교사 효과성 요인 구조의 전반적인 적합도를 검증하기 위하여 Amos 21.0 프로그램으로 확인적 요인 분석을 실시하였다.

먼저 T중학교 190명의 응답 자료를 대상으로 탐색적 요인분석을 실시한 결과에 따라 5개의 요소(구성개념)에 부하된 20문항(관측변수)

의 요인 구조에 대해 확인적 요인분석을 실시하였다. 그 결과, 지식 생성 과정에 대한 인지(문항 5), 학생들이 어려워하는 주제나 개념 인지(문항 6), 학생들의 오개념 인지(문항 10), 도표를 이용한 과학 개념 설명(문항 11), 수업 목표에 부합되는 평가 문항 개발(문항 18), 수업 개선을 위한 평가 결과의 활용(문항 20) 등 일부 관측변수들의 경우 해당 구성개념에 대한 표준화된 요인 부하량이 다른 관측변수들에 비해 낮았고(요인 부하량 $\lambda = .48 \sim .57$), 구성개념을 측정하는 관측변수들의 일치성 정도를 의미하는 집중타당성과 서로 다른 구성개념 간의 차이를 나타내는 정도인 판별타당성이 모두 부족한 것으로 나타났다. 따라서 요인 부하량이 낮은 6개의 관측변수 중 2개의 관측변수(지식 생성 과정에 대한 인지, 학생들이 어려워하는 주제나 개념 인지)를 제외하고, 4개의 관측변수를 제거하였다.

낮은 요인 부하량 때문에 2개의 관측변수(지식 생성 과정에 대한 인지, 학생들이 어려워하는 주제나 개념 인지)를 제거할 경우, 구성개념별로 각각 2개의 문항만 남게 되어 집중타당성 검증이나 신뢰도 검증이 불가능하며, 교과내용학지식의 범주에 속하는 구성개념인 실체론적 지식과 구문론적 지식의 본래 의미가 달라진다는 문제가 있었다. 따라서 연구자들 간의 협의를 통해 2개의 관측변수가 각각의 구성개념을 제대로 반영하고 있음을 확인한 후, 통계기법 전문가의 자문을 받아 2개의 관측변수를 확인적 요인분석에 포함하기로 결정하였다.

이와 같은 과정을 통해 Table 5와 같이 총 5개의 구성개념, 16개의 관측변수에 대하여 확인적 요인 분석을 실시하였고, 과학교사 효과성 요인 구조에 대한 최종적인 확인적 요인 분석 모델은 Figure 2와 같다.

확인적 요인 분석 모델을 완성한 다음, 구성개념들의 측정 도구에 대한 신뢰성 및 타당성을 검증하였다. 먼저 Cronbach's α 를 이용하여 측정 도구의 신뢰도를 분석한 결과, 구성개념별로 그 값이 .643~.767의 범위를 보였고 전체 신뢰도는 .871로 나타나 구성개념을 측정하는 도구가 양호하다는 것이 검증되었다.

구성개념 타당성(construct validity)은 구성개념과 그것을 측정하는

Table 5. Constructs and observed variables for confirmatory factor analysis

구성개념	관측 변수
SMK	I. 1. 과학 내용에 대한 지식이 풍부하다.
	실체론적 2. 학생들의 질문에 적절한 답변을 제공한다.
	지식 6. 학생들이 어려워하는 주제나 개념을 잘 알고 있다.
	II. 3. 여러 분야의 과학 개념들 간의 관련성을 잘 파악하고 있다.
	구문론적 4. 과학의 역사에 대한 지식이 풍부하다.
	지식 5. 과학 지식들이 어떻게 만들어진 것인지 잘 알고 있다.
학생이해 지식	7. 학생들이 과학 학습에서 겪는 어려움을 잘 이해한다.
	8. 과학 개념에 대한 학생들의 수준을 잘 파악하고 있다.
	9. 수업 내용에 대한 학생들의 사전 지식을 잘 파악하고 있다.
PCK	12. 과학 개념을 설명할 때 구체적인 모형이나 비유를 이용한다.
	13. 학생들의 생각에 초점을 맞춘 활동과 예들을 제공한다.
	14. 과학 개념에 대한 학생들의 이해를 높이기 위해 탐구활동을 이용한다.
	15. 과학 내용을 수업 효과가 높은 형태로 바꾼다.
	16. 학생들의 과학 성취도를 측정하기 위해 다양한 평가 방법을 활용한다.
학생평가 지식	17. 학생들이 자신의 과학 개념 이해 정도를 파악할 수 있도록 평가를 한다.
	19. 평가 결과에 대한 구체적인 정보를 학생들에게 제공한다.

변수 사이의 일치성에 관한 것으로, 구성개념이 관측변수에 의해서 얼마나 잘 측정되었는지를 나타낸다(Yu, 2012). 구성개념 타당성은 다시 집중타당성(convergent validity)과 판별타당성(discriminant validity) 등으로 분류되며, 요인부하량이 높을수록 집중타당성이 있고 잠재변수 간 상관이 낮을수록 판별타당성이 있다고 할 수 있다.

집중타당성을 검증하기 위하여 요인부하량과 유의성, 평균분산추출(AVE, Average Variance Extracted), 개념신뢰도(composite reliability)의 방법이 사용되고 있으며, 판별타당성을 검증하기 위하여 $AVE > \phi^2$ (ϕ : 구성개념간 상관계수), $[\phi \pm 2 \times S.E.(\text{표준오차})]$ 가 1.0을 포함하는지의 여부, 자유모델과 제약모델 간의 χ^2 차이를 분석하는 방법이 사용되고 있다(Yu, 2012).

Table 6은 확인적 요인 분석 모델에 대한 집중타당성을 검증한 결과로, 실체론적 지식→주제 개념 인지 경로를 제외한 나머지 모든 경로의 요인 부하량이 .5 이상이고, C.R. 값은 6.07 이상으로 유의하기 때문에 집중타당성이 있는 것으로 나타났다. 또한 AVE 값은 .876 이상으로 .5 이상의 수치를 보이고 있으며, 개념신뢰도는 .955 이상으로 .7 이상의 수치를 보이고 있어 집중타당성이 있는 것으로 확인되었다.

한편, 확인적 요인 분석 모델에 대한 판별타당성을 검증하기 위하여 변수 간 상관이 가장 높은 쌍인 실체론적 지식과 구문론적 지식을 선택해서 대표적으로 검증을 수행하였다. ‘실체론적 지식 ↔ 구문론적 지식’을 $[AVE > \phi^2]$ 식에 적용한 결과, 실체론적 지식과 구문론적 지식 간 상관계수의 제곱은 .56이고, 실체론적 지식의 AVE는 .908, 구문론적 지식의 AVE는 .883으로 두 AVE 값이 상관계수의 제곱보다 모두 크기 때문에 판별타당성이 있는 것으로 나타났다. 또한 실체론적 지식과 구문론적 지식 간의 상관계수 .75와 두 구성개념 간의 표준오차 .042를 $[\phi \pm 2 \times S.E.]$ 식에 대입한 결과, 1을 포함하지 않기 때문에 판별타당성이 있는 것으로 나타났다. Table 7은 자유모델과 제약모델 간의

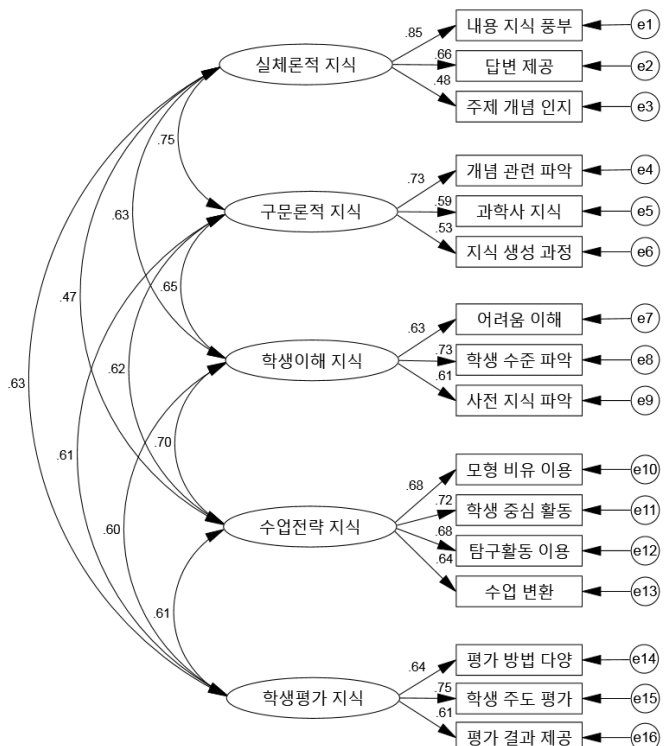


Figure 2. Confirmatory factor analysis model for science teacher effectiveness

Table 6. Convergent validity verification of confirmatory factor analysis model

	비표준화계수	S.E.	C.R.	p	표준화 계수	AVE	개념 신뢰도	신뢰도 (Cronbach's α)
실체론적 지식→내용 지식 풍부	1.000	-	-	-	.850			
실체론적 지식→답변 제공	.758	.093	8.180	.000	.661	.908	.966	.674
실체론적 지식→주제 개념 인지	.647	.106	6.093	.000	.484			
구문론적 지식→개념 관련 파악	1.000	-	-	-	.726			
구문론적 지식→과학사 지식	.952	.143	6.659	.000	.592	.883	.957	.643
구문론적 지식→지식 생성 과정	.832	.137	6.070	.000	.531			
학생이해 지식→어려움 이해	1.000	-	-	-	.630			
학생이해 지식→학생 수준 파악	1.002	.141	7.114	.000	.728	.895	.962	.686
학생이해 지식→사전 지식 파악	.855	.133	6.421	.000	.611			
수업전략 지식→모형 비유 이용	1.000	-	-	-	.676			
수업전략 지식→학생 중심 활동	1.035	.130	7.948	.000	.719	.900	.973	.767
수업전략 지식→탐구활동 이용	.966	.127	7.627	.000	.679			
수업전략 지식→수업 변환	1.079	.149	7.254	.000	.637			
학생평가 지식→평가 방법 다양	1.000	-	-	-	.635			
학생평가 지식→학생 주도 평가	1.132	.159	7.128	.000	.748	.876	.955	.694
학생평가 지식→평가 결과 제공	.960	.149	6.436	.000	.614			

※ 집중타당성 검증 기준
 · standardized factor loading: .5~.95(.7 이상이면 바람직) from Bagozzi & Yi(1998)
 · 유의성: C.R.=1.965 이상
 · AVE(Average Variance Extracted): .5 이상
 · 개념신뢰도(Construct Reliability): .7 이상
 ※ 전체 신뢰도: Cronbach's α =.871

Table 7. $\Delta\chi^2$ between free model and constrained model

모델 유형	χ^2	df	$\Delta\chi^2 / df$
자유 모델	169.7	94	
제약 모델	246.9	95	77.2 / 1

Table 8. Model fit of confirmatory factor analysis

모델 적합도	준거	측정값
Normed χ^2 (CMIN/df)	$p < .05$	1.805
RMR (Root Mean-square Residual)	<.05	.040
GFI (Goodness of Fit Index)	>.9	.907
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	<.08	.065
IFI (Incremental Fit Index)	>.9	.918
CFI (Comparative Fit Index)	>.9	.916

χ^2 차이를 나타낸 것으로, 실체론적 지식과 구문론적 지식 간에 자유로운 상관을 갖는 자유모델과 두 구성개념간 공분산(covariance)을 1로 고정시킨 제약모델 사이의 χ^2 을 비교하면 $df=1$ 일 때 $\Delta\chi^2=77.2$ 로서 두 모델 간 유의한 차이를 보여 판별타당성이 있는 것으로 나타났다 ($df=1$ 일 때, $\Delta\chi^2 > 3.84$ 면 유의).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 최종적으로 완성한 확인적 요인 분석 모델은 구성개념들의 측정도구에 대한 신뢰성과 타당성이 모두 양호하다고 할 수 있다.

확인적 요인 분석 모델의 적합도를 검증하기 위하여 절대적합지수 중 Normed χ^2 , RMR, GFI, RMSEA 값을, 증분적합지수 중 IFI, CFI 값을 활용하였다. Table 8은 확인적 요인분석 결과에 대한 모델 적합도를 나타낸 것으로, 문헌조사를 통해 정리한 판단 기준을 측정값과 함께

Table 9. Correlation between constructs

구성개념	실체론적 지식	구문론적 지식	학생이해 지식	수업전략 지식	학생평가 지식
실체론적 지식	1	-	-	-	-
구문론적 지식	.747	1	-	-	-
학생이해 지식	.632	.648	1	-	-
수업전략 지식	.472	.625	.702	1	-
학생평가 지식	.635	.611	.599	.615	1

제시하였다. 수집한 데이터의 공분산행렬과 연구모델의 공분산행렬이 얼마나 적합한지를 보여주는 절대적합지수에서 Normed $\chi^2=1.805$, RMR=.040, GFI=.907, RMSEA=.065로 나타나 모든 지수들이 판단 기준을 만족하고 있어 확인적 요인 분석 모델의 적합도가 양호한 것으로 나타났다. 또한, 연구모델이 영모델(null model)보다 얼마나 잘 측정되었는지를 나타내는 증분적합지수에서도 IFI와 CFI 모두 .9이상이면 양호하다는 판단 기준을 만족하고 있어 확인적 요인 분석 모델의 적합도가 우수하다는 것을 확인하였다.

Table 9는 측정오차가 제외된 구성 개념 사이의 상관관계를 확인하기 위하여 Figure 2에 나타난 구성 개념들 간의 상관관계를 재구성한 것으로, 확인적 요인분석 모델에서 5개의 구성 개념들은 서로 간에 .599~.648 정도의 비교적 강한 상관을 보이고 있다. 이는 과학교사 효과성을 구성하는 개념들의 상호의존성에 기인한 것으로, 과학교사 지식은 그 양상이 복합적이고 다면적일뿐만 아니라 유기적으로 서로에게 영향을 미치고 있기 때문으로 해석된다. 이와 같은 구성 개념 간의 전반적인 상관 정도와 달리 실체론적 지식과 구문론적 지식, 학생이해 지식과 수업전략 지식 간의 상관계수는 각각 .747과 .702로 다른 구성 개념들 사이의 상관에 비해 상대적으로 더 높은 상관관계를 보인 반면, 실체론적 지식과 수업전략 지식과의 상관계수는 .472로 보다 약한 상관을 보였다. 이와 같은 결과는 실체론적 지식과 구문론적 지식이 모두 SMK의 범주에 속하는 것들로, 어느 지식이 더 중요한지에

Table 10. Descriptive statistics of students' perception on science teacher effectiveness factors

구성개념	사례수	최소값	최대값	평균	표준편차
실체론적 지식	190	1.67	5.00	3.94	.61
구문론적 지식	190	1.33	5.00	3.60	.61
학생이해 지식	190	1.67	5.00	3.86	.64
수업전략 지식	190	1.50	5.00	3.77	.66
학생평가 지식	190	1.33	5.00	3.52	.72

Table 11. Difference in the students' perception on science teacher effectiveness factors by gender

구성개념	집단	평균	표준편차	사례수	t
실체론적 지식	남학생	3.96	.66	104	.613
	여학생	3.91	.56	86	
구문론적 지식	남학생	3.72	.60	104	2.975*
	여학생	3.50	.60	86	
학생이해 지식	남학생	3.84	.67	104	-.442
	여학생	3.88	.61	86	
수업전략 지식	남학생	3.79	.73	104	.473
	여학생	3.74	.57	86	
학생평가 지식	남학생	3.62	.70	104	2.100*
	여학생	3.40	.73	86	

* $p < .05$

대한 학생들의 인식과 별개로 과학의 기본 개념과 법칙, 이론에 대한 지식이 과학의 본성에 대한 이해를 다루는 지식과 상호 밀접하게 관련되어 있기 때문에 해석된다. 또한 실체론적 지식을 잘 갖추고 있다고 해서 그것이 바로 수업전략 지식으로 이어지기는 어려우며, 따라서 SMK와 PCK가 연계된 교육이 이루어질 필요가 있음을 시사한다. 한편, 수업전략 지식이 학생이해 지식을 기반으로 하는 특성을 지니고 있다는 점에서 두 구성 개념 사이에 높은 상관관을 보이는 것은 당연한 것으로 생각된다.

3. 과학교사 효과성 요인에 대한 학생들의 인식

과학교사 효과성 요인들에 대한 학생들의 전반적인 인식 정도를 알아보기 위해 기술 통계 분석을 수행하였다. Table 10은 학생들이 인식하고 있는 과학교사의 효과성에 대한 기술 통계 결과로, 평균값과 표준편차가 각각 3.52~3.94, .61~.72의 범위를 보이고 있다. 학생들은 5개의 과학교사 효과성 요인 중 실체론적 지식을 가장 중요하게 생각하고 있었으며, 그 다음 학생이해 지식, 수업전략 지식, 구문론적 지식, 학생평가 지식의 순으로 중요성을 평가하고 있었다. 기술 통계 분석 결과에만 국한하여 살펴볼 때, 학생들은 교사가 내용지식을 잘 갖춘 상태에서 학생들에 대한 이해를 바탕으로 다양한 교수-학습 및 평가 방법을 적용해 줄 것을 바라고 있음을 알 수 있다.

한편, 학생들의 성별 및 학업성취 수준에 따라 효과적인 과학 교사 지식을 어떻게 인식하고 있는지 분석하였으며, 구분 집단 간 차이를 비교하기 위하여 확인적 요인 분석 모델의 구성개념별로 집단 간 평균값의 차에 대한 독립표본 t 검증을 실시하였다.

Table 11은 과학 교사 효과성 요인들에 대하여 학생들의 성별에 따른 인식 차이를 나타낸 것이다. 남학생과 여학생 모두 5개 요인의 중요도 인식 순서는 동일하게 나타났으나, 학생이해 지식을 제외한 4개 요인에서 남학생이 여학생보다 높은 평균값을 나타내었다. 통계적

Table 12. Difference in the students' perception on science teacher effectiveness factors by achievement level

구성개념	집단	평균	표준편차	사례수	t
실체론적 지식	상위	4.21	.53	52	4.696**
	하위	3.66	.65	52	
구문론적 지식	상위	3.67	.62	52	1.000
	하위	3.54	.62	52	
학생이해 지식	상위	4.06	.58	52	4.694**
	하위	3.53	.58	52	
수업전략 지식	상위	3.85	.63	52	2.399*
	하위	3.54	.68	52	
학생평가 지식	상위	3.62	.68	52	1.533
	하위	3.40	.77	52	

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

으로 유의미한 차이는 아니지만, 학생이해 지식에 대한 여학생의 인식이 남학생보다 더 높다는 결과에 주목할 필요가 있다. 이와 같은 결과는 과학 교사가 수업에서 남학생보다 여학생의 선개념과 어려움을 더 세심하게 고려하여 수업 활동에 반영할 필요가 있음을 시사한다. t 검증 결과, 실체론적 지식, 학생이해 지식, 수업전략 지식에서 남학생과 여학생들 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 하지만, 구문론적 지식과 학생평가 지식에서 남학생과 여학생들의 평균차는 두 값 모두 0.22로 남학생들이 여학생들에 비해 높은 값을 보였으며, 양측검정(two-tailed test) 결과 t 값은 각각 2.975, 2.100으로 학생들의 성별에 따라 통계적으로 $p < .05$ 수준에서 의미 있는 차이가 있었다. 이와 같은 결과는 남학생들이 여학생들에 비해 교사가 갖추어야 할 지식 중 개념들 사이의 상호관계, 과학 지식 발달의 역사적 맥락, 과학적 탐구의 본성에 대한 지식들을 보다 중요하게 생각하고 있음을 말해주며, 여학생들보다 남학생들이 교사가 학습목표에 부합하는 다양한 평가 전략을 활용하여 학생들의 이해 수준을 정확하게 파악하고 그 결과에 대해 효과적인 피드백을 제공해 줄 것을 더 바라고 있음을 보여준다.

학생들의 학업성취 수준에 따른 과학 교사 효과성 요인에 대한 인식을 알아보기 위하여 T중학교에서 실시했던 2013학년도 2학기 과학 성적을 바탕으로 학생들을 상위집단(27%)과 하위집단(27%)으로 구분한 후, 확인적 요인 분석 모델의 구성개념별로 독립표본 t 검증을 실시하였다.

Table 12는 과학 교사 효과성 요인에 대한 학생들의 학업성취 수준에 따른 인식을 나타낸 것이다. 5개 효과성 요인 모두에서 상위집단이 하위집단보다 높은 평균값을 나타내었다. 하지만, 상위집단의 경우는 5개 요인에 대한 중요도 인식 순서가 전체 집단과 동일하게 나타난 반면, 하위 집단의 경우는 이와 다른 경향을 나타내었다. 특히, 학생이해 지식에 대한 중요도가 상대적으로 낮게 나타났는데 이에 대한 원인 규명을 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. t 검증 결과, 모든 구성개념에서 상위 집단의 인식 수준이 높게 나타났지만 구문론적 지식과 학생평가 지식에서 상위 집단과 하위 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 한편, 수업전략 지식에 대한 양측검정 결과 t 값은 2.399로 학생들의 학업성취 수준에 따라 통계적으로 $p < .05$ 수준에서 의미 있는 차이가 있었다. 또한, 실체론적 지식과 학생이해 지식에서 t 값은 각각 4.696, 4.694로 학업성취 수준에 따라 $p < .01$ 수준에서 의미 있는 차이를 보였다. 이와 같은 결과에

비추어 볼 때, 상위 집단의 학생들은 하위 집단의 학생들에 비해 교사가 보다 많은 내용지식을 갖추고 있기를 바라고 있으며, 학생들에 대한 이해를 바탕으로 복합적이고 다면적이며 상황 의존적인 특성을 갖는 수업장면에서 적절한 학습경험을 제공해 주기를 희망하고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 교사 지식의 관점에서 학생들이 인식하고 있는 과학 교사 효과성 요인을 탐색적 요인 분석을 통해 추출하고, 확인적 요인 분석을 통해 요인들 간의 구조적 연관성을 분석하였다. 또한, 추출된 과학 교사 효과성 요인에 대한 학생들의 인식을 성별 및 성취 수준별로 비교하였다. 연구 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 과학 교사 효과성에 대한 탐색적 요인 분석 결과, 5개의 요인(구성개념)을 추출하였다. 실체론적 지식, 구문론적 지식, 학생이해 지식, 수업전략 지식, 학생평가 지식. 추출된 5개 요인들은 수업 내용 관련 지식(실체론적, 구문론적)과 수업 실행 관련 지식(학생이해, 교수 전략, 학생평가)으로 다시 범주화 할 수 있었다. 수업 내용 관련 지식은 효과적인 과학 수업을 위한 토대로서의 의미를 지니며, 수업 실행 관련 지식은 이러한 토대를 기반으로 경험을 통해 발달하는 실천적 지식으로서의 의미를 지닌다.

둘째, 확인적 요인 분석을 통해 추출된 5개 요인들의 구조적 연관성을 분석한 결과, 실체론적 지식과 구문론적 지식, 학생이해 지식과 수업전략 지식 간의 상관이 다른 요인들에 비해 상대적으로 더 높은 상관관계를 보인 반면, 실체론적 지식과 수업전략 지식은 약한 상관을 보였다. 실체론적 지식과 구문론적 지식의 상관관계가 높은 것은 과학 사실, 개념, 원리뿐만 아니라 이러한 과학 지식들이 어떻게 탐구되어 왔는지에 대한 방법론적인 측면을 함께 다루는 것이 효과적인 과학 수업을 위해 중요함을 시사한다. 학생이해 지식과 수업전략 지식의 상관관계가 높은 것은 학생이해가 효과적인 수업을 위한 출발점이라는 다수의 연구 결과(Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Shulman & Quinlan, 1996; Lee, 2009)와 같은 맥락으로 볼 수 있다. 또한, 학생들은 자신의 이해 수준에 적절하며, 학습의 어려움을 덜어줄 수 있는 수업전략을 구사하는 교사를 효과적인 교사로 인식하고 있음을 말해 준다. 반면, 실체론적 지식과 수업전략 지식이 가장 낮은 상관을 나타낸 것은 수업 내용과 관련된 심도 있는 학문적 지식(SMK for discipline)이 수업전략과 바로 연계되기는 어려우며 과학 수업을 위한 SMK(SMK for teaching)로 변환되어야 할 필요가 있음을 주장한 Ball, Thames, & Phelps(2008)의 연구와 같은 맥락으로 해석될 수 있다. 또한, 효과적인 PCK의 선행 요건으로 내용의 정교화(content elaboration) 과정이 필수적이라는 Smith와 Neale(1989)의 주장과도 일맥상통한다.

셋째, 과학 교사 효과성 요인에 대한 학생들의 인식을 분석한 결과, 실체론적 지식 > 학생이해 지식 > 수업전략 지식 > 구문론적 지식 > 학생평가 지식 순으로 중요하게 생각하는 것으로 나타났으며, 성별 및 성취 수준별로 유의미한 차이를 보였다. 학생들은 탄탄한 내용 지식의 토대 위에 자신들의 사전 지식과 어려움을 고려한 맞춤형 수업 전략을 구사하는 교사를 효과적인 과학 교사로 인식하고 있었다. 이것은 효과적인 과학 교사의 수업 전문성 발달을 위해서는 SMK와 PCK

의 정합적인 통합(coherent integration)이 필요하며, 이를 통해 SMK와 PCK의 시너지적 발달(synergistic development)이 가능함을 시사한다.

이 연구는 학생의 입장에서 과학 교사의 효과성 요인을 분석한 것으로, 이 연구 결과는 다음과 같은 측면에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

첫째, 연구 결과는 과학 교사의 수업 전문성 계발을 위한 이론적 근거를 제공해줄 것이다. 과학 수업 전문성 계발에서 가장 중요한 요소 중의 하나가 ‘학생의 개념 이해를 위한 교수(teaching for conceptual understanding)’이다. 이것은 학생들의 수준을 고려하여 교사의 교수활동이 이루어져야 함을 의미한다. 그러므로 이 연구에서 도출된 분석 결과는 학생들의 개념 이해를 위해 교사가 집중해야 할 측면이 무엇인지에 대한 정보를 제공함으로써 교사의 효과성을 제고할 수 있는 방안이 될 것이다.

둘째, 과학 교사 양성 프로그램 개선에 반영될 수 있다. 교사의 전문성은 1차적으로 교사 양성과정을 통해 함양된다. 하지만 현행 과학 교사 양성과정은 이론적(theoretical) 측면에 비해 실천적(practical) 측면이 미흡한 것으로 보고되고 있다(Kim et al., 2010). 이것은 수업 관찰이나 경험 등 실제 현장과의 활발한 연계가 현실적으로 어렵기 때문이다. 특히 과학교육학 과목의 경우는 PCK 개발의 핵심적인 영역이므로 이론과 실제의 연계가 더욱 절실히 요구된다. 본 연구 결과는 실제 학교 현장 적용을 통해 산출된 경험적 증거들이므로 과학교육학 과목의 교수요목(syllabus)에 반영된다면 실천적 요소를 보강해줄 것이므로 실제성(authenticity)을 높여줄 수 있을 것으로 기대된다.

국문요약

이 연구는 과학 학습을 증진시키는데 필요한 교사 지식에 대한 학생들의 인식을 분석함으로써 과학 교사 효과성 요인을 조사하였다. 선행 연구를 통해 규명된 기초적인 교사 지식의 요소들은 탐색적 요인 분석(EFA)에 의해 확인되었으며, EFA 결과를 토대로 구조방정식 모델을 활용하여 확인적 요인 분석(CFA)을 실시하였다. 또한, 규명된 교사 효과성 요인에 대한 학생들의 인식을 성별 및 학업 성취 수준별로 차이를 분석하였다. 탐색적 요인 분석 결과, 과학 교사 효과성 요인으로 5개 요인(실체론적 지식, 구문론적 지식, 교육과정 지식, 학생 이해 지식, 교수 전략 지식, 학생 평가 지식)을 확인하였으며, 5개 요인들을 다시 두 개의 교사 지식 범주(SMK와 PCK)로 분류하였다. 확인적 요인 분석 결과 실체론적 지식과 구문론적 지식, 학생이해 지식과 교수전략 지식 간에 각각 높은 상관을 나타내었다. 과학 교사 효과성 요인 중 학생들은 실체론적 지식을 가장 중요한 요인으로 인식하였으며, 학생평가 지식을 가장 덜 중요한 요인으로 인식하고 있었다. 또한 과학 교사 효과성 요인에 대해 성별 및 성취수준에 따라 상당한 인식의 차이를 나타내었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로, 효과적인 과학 수업 실행을 위해서 SMK와 PCK가 정합적으로 통합될 필요가 있음을 제안하였다. 이 연구는 과학 교사 전문성 계발과 예비 과학 교사 양성 프로그램 개선을 위한 시사점을 제공한다.

주제어 : 과학 교사 효과성, 교사 지식, 교과교육학 지식, 교과내용학 지식, 요인 분석

References

- Abd-El-Khalick, F., & BouJaoude, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699.
- Anderson, R. D., & Mitchener, C. P. (1994). Research on science teacher education. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 3-44). New York, NY: Macmillan.
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1998). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74-94.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59, 389-407.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy press.
- Carlsen, W. S. (1999). Domains of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Danielson, C. (1996). *Enhancing professional practice: A framework for teaching*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Fenstermacher, G. D. (1994). The knower and the known: The nature of knowledge in research on teaching. In L. Darling-Hammond (Ed.) *Review of Research in Education*, 20, 3-56.
- Ferguson, R. F. (2010). *Student perceptions of teaching effectiveness: Discussion brief*. Cambridge, MA: National Center for Teacher Effectiveness and the Achievement Gap Initiative, Harvard University.
- Geddis, A. N. (1993). Transforming subject matter knowledge: The role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching. *International Journal of Science Education*, 15, 673-683.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 301-325.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Jang, S. J. (2010). Assessing college students perceptions of a case teacher pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education*, 61(6), 663-678.
- Ju, D. B., & Kang, H. S. (2000). A factor analysis of teacher effectiveness. *The Journal of Korean Teacher Education*, 17(1), 207-224.
- Kim, Y. M., Mun, J. S., Park, J. S., & Lim, G. S. (2010). Comparison of perception on science teacher preparation courses by beginner and experienced science teachers. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(8), 1002-1016.
- Knight, S. L., & Waxman, H. C. (1991). Students' cognition and classroom instruction. In H. C. Waxman & H. J. Walberg (Eds.), *Effective teaching: Current research*. San Pablo, CA: McCutchan Publishing Corp.
- Ko, J. C. (2008). The search for conceptual meanings of teacher effectiveness. *The Journal of Child Education*, 2, 19-32.
- Kwak, Y. (2009). Research on the effects of Subject Matter Knowledge (SMK) on Pedagogical Content Knowledge (PCK) of secondary beginning science teachers in classroom teaching. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 29(6), 611-625.
- Lee, K. Y. (2009). An analysis of earth science teachers' topic-specific pedagogical content knowledge: A case of pre-service and in-service teachers. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 30(3), 330-343.
- Lee, S. M. (2000). *The basis of factor analysis*. Seoul: Kyoyookbook Publication Co.
- Lin, R., Xie, J., Jeng, Y. C., & Huang, S. (2010). The relationship between teacher quality and teaching effectiveness perceived by students from industrial vocational high schools. *Asian Journal of Arts and Sciences*, 1(2), 167-187.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of PCK. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Min, H. J., Park, C. Y., & Paik, S. H. (2010). An analysis of beginning science teachers' pedagogical content knowledge through the teaching practice. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(4), 437-451.
- Park, C. Y., Min, H. J., & Paik, S. H. (2008). An analysis of pre-service science teachers' pedagogical content knowledge through the student-teacher practice. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(6), 641-648.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Park, S. H. (2006). Pedagogical content knowledge among science teachers based on teaching method, self-efficacy, and attitude on science teaching. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(1), 122-131.
- Schwab, J. (1978). Education and the structure of the discipline. In I. Estbury & N. J. Wilkof (Eds.), *Science, curriculum and liberal education* (pp. 229-272). Chicago, IL: University of Chicago.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Shulman, L. S., & Quinlan K. M. (1996). The comparative psychology of school subjects. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *The handbook of educational psychology* (pp. 399-422). New York, NY: Macmillan.
- Smith, D. C., & Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching & Teacher Education*, 5(1), 1-20.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Yu, J. P. (2012). *The concept and understanding of structural equation modeling by the professor Yujongpil*. Seoul: Hannarae Publishing Co.

<부록> 예비 설문 조사지

문항 번호	설문 내용
1	강의, 실험, 토의 등 다양한 교수학습 방법을 적절히 활용하여 지도한다.
2	학생들의 사전 지식을 알고, 이를 새로 배우는 내용에 연결하여 가르친다.
3	지식 습득을 강화하기 위해 규칙과 과정을 강조한다.
4	과학 개념을 설명하는데 그림과 표 등을 이용한다.
5	학생들의 잘못된 과학 개념을 고쳐주기 위해 질문을 한다.
6	과학 개념들을 학생들의 수준에서 이해할 수 있도록 설명한다.
7	과학 내용에 대한 지식이 풍부하다.
8	학생들이 어려워하는 주제나 개념을 잘 알고 있다.
9	과학에 대한 학생들의 이해를 높이기 위해 다양한 방법을 이용한다.
10	과학 개념들을 명확하게 설명한다.
11	과학 내용을 학생들이 이해할 수 있는 방식으로 표현한다.
12	수업 내용을 항상 자세하게 설명한다.
13	학생들이 과학 학습에서 겪는 어려움을 잘 이해한다.
14	잘못된 과학 개념을 고쳐주기 위해 탐구 활동을 제공한다.
15	모든 학생들에게 선생님의 질문에 대한 답을 할 기회를 준다.
16	과학 개념을 항상 예를 들어 설명한다.
17	과학 개념을 설명할 때 구체적인 모형을 이용한다.
18	학생들이 생각하고 답변을 할 기회를 제공한다.
19	문제를 해결할 때 학생들이 논리적으로 사고하도록 격려한다.
20	학생들의 지적 호기심과 학습 동기를 유발할 수 있는 질문을 한다.
21	학생들이 직접 해볼 수 있는 활동들을 제공한다.
22	학생들의 잘못된 과학 개념을 파악하고자 한다.
23	과학 개념을 설명할 때 다양한 예들을 이용한다.
24	과학 내용을 어떻게 표현해야 하는지에 대한 깊은 지식을 가지고 있다.
25	교과서의 내용을 다시 바꾸어 설명해준다.
26	과학 개념에 대해 잘 이해하고 있다.
27	학생들이 주어진 문제를 깊이 생각하도록 하기 위해 다양한 활동과 예들을 개발한다.
28	학생들의 생각에 초점을 맞춘 활동과 예들을 제공한다.
29	과학 내용을 수업 효과가 높은 형태로 변환시킬 수 있는 능력을 가지고 있다.
30	학생들의 질문에 적절한 답변을 제공한다.
31	문제에 대한 정답을 바로 제시하기보다 해결을 위한 다양한 시도를 해보게 한다.
32	학생들의 다양한 능력이나 배경에 잘 적응한다.
33	학생들이 전체 토론에 모두 참여할 수 있도록 격려한다.
34	학생들이 활발하게 참여할 수 있는 활동을 제공한다.
35	과학 내용에 대한 정확한 이해를 위해 학생들에게 많은 질문을 한다.
36	교과서보다 확장된 내용을 수업한다.
37	학생 중심의 수업 방식을 이용한다.
38	고차원의 사고 기능을 길러준다.
39	학생들의 과학 학습 동기를 유발한다.
40	학생들의 과학적 사고 기능을 촉진한다.