

교사들의 과학 교과교육학지식과 예측변인

박 성 혜
(덕성여자대학교)

Pedagogical Content Knowledge and Predictor Variables in Science Teaching of Practicing Elementary Teachers

Park , Sunghye
(Duksung Women's University)

ABSTRACT

The purpose of study was to investigate practicing elementary teachers' pedagogical content knowledge and the significant predictors of their pedagogical content knowledge in science teaching. The PCK instrument was used to measure elementary teachers' pedagogical content knowledge. It consists of 6 factors to measure teachers' pedagogical content knowledge of 1) instructional methods, 2) representations, 3) contents, 4) evaluations, 5) students, and 6) curriculum. A questionnaire that consists of 7 questions regarding the teachers' degree, their number of years of teaching, their choice of teaching science, their personal science teaching efficacy, their science teaching outcome expectation, their science instructional methods, and their attitudes toward teaching science, was also used to identify the information as to significant predictors of teachers' pedagogical content knowledge. A sample of 332 practicing elementary teachers participated in this study. To determine statistically significant predictors, Pearson's correlation coefficient and multiple regression methods were used to analyze the results. The results showed that the significant predictors of practicing elementary teachers' pedagogical content knowledge were their number of years of teaching, their science instructional methods, their personal science teaching efficacy and their attitudes toward teaching science. Further research of how teachers develop and construct their pedagogical content knowledge is recommended especially through the use of varied research methodologies that include qualitative methods.

Key words: pedagogical content knowledge, predictor.

I. 서 론

국내외적으로 교육개혁에 있어 교사가 가장 유력한 요소라는 주장은 논의의 여지가 없다(Duffee & Aikenhead, 1992; 박종렬 등, 2001). 더욱이 교사와 관련된 많은 변인들 중에서도 교육개혁의 필수 요소 중 하나는 교사들의 교과교육학지식의 개발이다(나동진, 1998; Gess-

Newsome & Lederman, 1999; NRC, 2001; Van Driel *et al.*, 2002; 임청환, 2003a; 2003b). 교사들의 교과교육학지식(pedagogical content knowledge)이란 교과내용지식이나 교육학지식과는 구별되는 지식으로(Shulman, 1987), 교수하고자 하는 내용, 표현, 교수법, 평가, 학생, 학교 상황, 교육과정 등 가르치고자 하는 상황 안에서의 교수-학습에 관계되는 모든 지식을 포함한다(Shulman, 1987;

*2003.8.13(접수) 2003.9.25(1심 통과) 2003.11.4(최종 통과) **박성혜(spark25@duksung.ac.kr)

***본 연구는 2003학년도 덕성여자대학교 연구비 지원으로 이루어졌음.

Marks, 1990; Rovegno, 1992; Van Driel *et al.*, 2001). Shulman(1986)은 1986년 Stanford Project에서 잃어버린 패러다임을 언급하면서 교과교육학지식을 최초 언급하였고 그 중요성을 강조하였다. 교사교육연구 중 일반교수법에 관한 연구는 많이 존재하나, 교사들이 교수하는 내용에 관한 연구는 거의 발견되지 않았다고 하면서 이것을 잃어버린 패러다임이라고 하였다. 즉, 교사들의 내용지식과 교육학지식이 교수하는 내용으로 어떻게 변형되는지, 어떻게 성공적으로 학과내용을 학생들이 이해하도록 변형하는지, 어떻게 새로운 설명과 표현을 위해 전문적 판단을 하는지에 대한 연구의 필요성을 주장하였다(Shulman, 1986, 1987). Shulman(1986, 1987)은 교과교육학지식은 어떻게 교사들이 내용지식을 변화하는지와 이러한 변화와 학생들의 이해가 어떻게 관계되는지, 어떻게 교사들의 능력을 개발할 수 있는지에 대한 아이디어를 제공하기 때문에 교과교육학지식에 대한 연구들이 교사교육변화에 시사점을 줄 것이라고 하였으며 교사전문성은 내용지식과 교육학지식이외에도 교과교육학지식을 통하여 묘사되고 평가되어야 한다고 주장하였다.

보편적으로 수용된 교과교육학지식의 개념 및 영역은 정해져 있지 않다. 연구자들간에 교과교육학지식을 통합하거나 포함시키는 요소에 관하여 차이점이 발생한다(Van Driel *et al.*, 1998). 예를 들면, Tamir(1988)는 교사들이 알아야 하는 지식의 영역은 내용지식, 교육학지식, 교과교육학지식, 교육과정지식, 학생지식으로 구성되어야 한다고 하였다. Shulman(1986, 1987)은 전문성 있는 교사들이 알아야 하는 지식의 영역을 7가지로 내용지식, 교과교육학지식, 교육과정지식, 교육학지식, 학생지식, 교육상황지식, 교육목적지식이라고 하였다. Grossman(1990)은 교과교육학지식의 영역을 8가지로 일반교육학지식, 내용지식, 교과교육학지식, 교육상황지식, 특정주제를 위한 표현과 방법에 관한 지식, 특정주제에 대한 학생의 개념과 오개념에 관한 지식, 특정주제에 대한 교육목적에 대한 지식, 교육과정지식이라고 하였다. Marks(1990)는 교과교육학지식에 관한 개념을 내용지식, 학생들의 이해에 관한 지식, 교수매체에 관한 지식, 교육과정지식이라고 하였다. Cochran(1991)은 구성주의 관점으로 Shulman의 교과교육학지식의 개념을 개조하여 묘사하였고 지식의 다이나믹한 본성을 강조하여 지식(knowledge)이라는 말 대신에 knowing이라는 단어를 사용하여 pedagogical content knowing이라 하였고, 그 정의는 “교사들의 교육학지식,

내용지식, 학생지식, 학습의 환경적 상황의 지식을 통합한 것”이며 이러한 교과교육학지식의 개발은 서로 연관적, 전체적, 통합적, 변형적이며, 끊임없는 지속적인 과정이라고 하였다. 또한 Cochran(1991)은 과학교사와 과학자가 지식을 구성하는 방법을 구별하였는데 경험 많은 교사들의 과학지식은 교수관점으로부터 구성되며 학생들이 특정 개념을 이해하는데 도움을 주기 위한 기초로 사용되나 과학자들의 지식은 연구관점으로부터 구성되며 새로운 지식을 개발하기 위한 기초로 사용되므로 교과교육학지식은 교사전문성을 나타낸다고 주장하였다. 즉 과학 교과교육학지식은 과학교사들만이 갖는 지식으로 다른 교과영역교사들의 지식과 구분되어야 하며 과학자들의 지식과도 엄연히 다르다(Cochran *et al.*, 1993).

연구자들간에 교과교육학지식을 통합하거나 포함하는데 차이점이 있지만 일반적으로 다음의 공통적인 개념이 존재한다. 교과교육학지식은 가르치고자 하는 내용에서 중심주제를 이해하고 그것을 특정학생들에게 어떻게 표현하고 어떻게 가르쳐야 하는가에 대한 지식이다. 즉, 학생들의 선개념과 배경이 다양한 상황에서 특정주제를 이해시키는데 가장 효과적인 형태의 표현, 가장 유력한 유추, 은유, 설명, 예, 시범, 시뮬레이션, 실험실 조작에 관한 지식이다. 또한 학생들에게 있어 무엇이 학습을 쉽게 만드는지 이해하기 어렵게 만드는지에 대한 지식을 포함하며 다양한 배경의 학생들이 특정주제를 배울 때 가지고 있는 개념과 선개념을 포함한다. 만약에 선개념이 오개념이라면 학생들의 이해를 도와줄 수 있는 교수법에 대한 지식을 포함한다(Shulman & Sykes, 1986; Shulman, 1987; Tamir, 1988; Van Driel *et al.*, 2002). 그러므로, 교과교육학지식은 교사들의 교수가 매우 특정 상황이라는 본성과 교수의 복잡성을 함축하고 있기 때문에 이에 관한 연구는 교사전문성 향상에 기여하고 있다(Shulman, 1987; Doyle, 1990; Van Driel *et al.*, 1998). 또한 교과교육학지식은 교사들의 교실 안에서의 교수행동, 교수법과 학생성취도 및 학생지식변인과 관련이 있는 것으로 나타났다. 예를 들면, 교사들의 교과교육학지식이 많을수록 아동들의 성취도와 긍정적으로 연관되었고(Carpenter *et al.*, 1989; Herrmann & Duffy, 1989), 내용을 더욱 정확하게 표현하였으며 아동들의 사고와 이해에 더욱 초점을 맞추고, 더욱 적합한 설명, 예, 은유, 다양한 교수방법으로 표현하였다(Wilson & Wineburg, 1988; Carpenter *et al.*, 1989; Smith, & Neale, 1989; Rovegno, 1992). 그리고

교사들의 교과교육학지식이 많고 그것을 보여줄 기회가 많을 때 학생들의 지식이 본질적으로 향상되었다(Bellamy et al., 1992; Magnusson et al., 1992; Tobin et al., 1994).

교과교육학지식은 가르치고자 하는 과목에서 교사들만의 전문적 이해의 형태가 되는 지식이기 때문에 이 자체로도 과학 교과교육학지식의 개발은 능력 있는 교사, 전문적 과학교사가 무엇을 의미하는지를 정의하는데 중요한 도구로 표현되며 과학교사들이 유능한 교사가 되기 위한 필수조건이다(Cochran et al., 1993; Gess-Newsome & Lederman, 1999; Magnusson et al., 1999; Van Driel et al., 2001; Zeidler, 2002). 특히 Magnusson 등(1999)은 교과교육학지식은 교사들의 과학교수 및 교사전문성을 이해하기 위한 유력한 도구임을 주장하면서 과학 교수상황에서의 교과교육학지식을 조사하는 연구가 필요하다고 주장하였다. 그러나 아직 과학교육분야에서는 교사들의 교과교육학지식에 관한 연구가 많다고 할 수는 없다(Magnusson et al., 1999; Van Driel et al., 2002).

우리나라에서도 교육개혁을 교육방법, 교육목표, 교육내용, 교육체제 등 교육 전 영역에 걸쳐 시도하고 있으나 이에 부응하는 교사들의 자질과 전문성 향상을 위한 교사교육 개선의 노력은 미비한 것으로 보인다. 교육개혁의 핵심이 되는 것은 학생들과 가장 직접적인 연관이 있는 교사이며, 학생들의 성취를 향상시키는 것은 교사라고 할 수 있기 때문에 교사교육의 변화 및 이에 대한 연구가 필요하다(권재술, 1994; 김병찬, 2000; 나동진, 1998; 정태범, 2000). 특히 나동진(1998)은 교사의 전문성 개발을 위하여 교사양성 교육과정 및 교사교육이 갖추어야 할 필수 조건은 교사들이 교수하는 데 실질적으로 필요한 지식인 교과교육학지식을 가르치는 것을 목표로 해야한다고 강력히 주장하였다. 그러나 우리나라에서도 과학교과에서 교사들의 교과교육학지식의 연구가 활발한 편은 아니다. 더욱이 초등교사들은 여러 과목들을 모두 교수해야 되기 때문에 각 교과에서의 전문성을 요구하기가 매우 어려운 상황이며 과학교수에 대한 선호도도 높은 편은 아니다(박인식, 1997). 따라서 본 연구는 과학교사교육의 변화에 도움을 주고자 과학교수에서 초등교사들의 전문성을 의미하는 과학 교과교육학지식을 조사하고 이를 기반으로 교사들의 과학 교과교육학지식의 개발의 필요성 등을 인식하기 위함이다. 연구의 목적은 초등교사들의 과학 교과교육학지식의 수준을 조사하고 이와 관련된 예측변인을 조사하는

것이다. 이에 따른 연구문제는 다음과 같다. 1)초등교사들의 과학 교과교육학지식의 수준은 어떤 수준인가? 2)초등교사들의 과학 교과교육학지식의 유의미한 예측변인은 무엇인가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 자료 수집

연구대상은 서울지역에 재직중인 초등교사 160명과 인천지역의 초등교사 172명으로 총 332명이다. 이 중 남교사 50명, 여교사 282명으로 구성되었고, 2년제 및 4년제 대학을 졸업한 교사는 282명이었고, 석사학위를 가진 교사는 50명이었다. 경력 년 수는 2002년을 기준으로 교사된 지 1년 미만에서 5년 된 교사가 73명, 6년에서 15년 된 교사가 98명, 16년에서 25년 된 교사가 105명, 26년에서 35년 된 교사가 53명, 36년 이상 된 교사가 3명이었다. 자료수집은 서울지역 6개 학교와 인천지역의 4개 학교의 현직교사에게 측정도구를 420부 배부하였으나 382부가 회수되었고 자료처리 가능한 연구대상은 총 332명이었다.

2. 연구 도구

연구목적에 달성하기 위하여 초등교사들의 과학교수에서 교과교육학지식을 조사할 수 있는 측정도구를 사용하였다. 이 도구는 교과교육학지식의 6개 영역을 조사할 수 있으며 Likert-type의 총 52 긍정문항으로 구성되어 있다(박성혜, 2003). 측정도구의 문항반응은 Likert-type으로 “절대 그렇지 않다, 그렇지 않다, 보통이다, 그렇다, 매우 그렇다”로 반응하도록 되어 있으며, 각각 1점에서 5점으로 통계처리 하였다. 측정도구의 영역과 조사목적은 다음과 같다. 1)교수법지식: 과학의 특정주제와 내용을 가르칠 때 그 내용에 합당한 과학 교수-학습 방법에 대한 교사지식을 조사하기 위한 문항(#1-8), 2)표현지식: 과학의 특정주제와 내용을 가르칠 때 학생들의 이해를 돕기 위해 표현할 수 있는 교사지식을 조사하기 위한 문항(#9-16), 3)내용지식: 과학을 가르치기 위한 내용, 과학의 개념, 원리, 사실들에 관한 교사지식을 조사하기 위한 문항(#17-24), 4)평가지식: 학생들이 과학을 학습한 것과 학습한 것에 대해 얼마나 이해했는지 학생평가에 관한 교사지식을 조사

하기 위한 문항(#25-33), 5)학생지식: 가르치고 있는 각 학생들의 차이점, 능력, 학습스타일, 발달수준, 태도, 동기, 과학에 대한 선개념 등에 대한 교사지식을 조사하기 위한 문항(#34-42), 6)교육과정지식: 교육과정구성, 자료, 학습설계, 실행과 결과, 교육과정 연계성에 대한 교사지식을 조사하기 위한 문항(#43-52)이다. 측정도구 각 영역의 Cronbach α 값은 0.89, 0.86, 0.89, 0.91, 0.88, 0.92이었다. 본 연구에서의 교과교육학지식의 6개 영역에 대한 Cronbach α 값은 Table 1에 나타내었고 총 52문항의 Cronbach α 값은 0.96이었다.

3. 예측변인 조사문항과 자료 분석

교과교육학지식의 예측변인을 조사하기 위하여 초등교사들의 1)학력, 2)경력 년 수, 3)과학전담교사 선택여부, 4)과학교수 자기효능감, 5)과학교수 결과기대감, 6)과학교수법, 7)과학교수에 대한 태도의 7개 문항도 함께 조사되었다. 이 문항들의 반응은 다음과 같다. 1)학력에 대한 반응은 학사, 석사, 박사 중 선택하는 것이었다. 2)경력 년수에 대한 문항은 주관식의 반응이었다. 3)과학전담교사의 선택 문항(만일 초등학교 전담교사제가 실시된다면 과학전담교사가 되겠습니까?)에 대한 반응은 절대로 아니다, 아니다, 잘 모르겠다. 그렇다, 확실히 그렇다 중 선택하도록 되어있다. 4) 과학교수 자기효능감의 문항(과학을 가르치는 자신의 능력을 스스로 평가해 보신다면 어떻습니까?)의 반응은 매우 부족하다, 평균이하이다, 평균이다, 평균이상이다, 아주 뛰어나다 중 선택하는 것이다. 5)과학교수 결과기대감 문항(교사가 과학을 효과적으로 잘 가르친다면 학생의 과학성취도가 향상된다고 생각하십니까?)과 6)과학교수에 대한 태도 문항(과학교수에 대한 자신의 태도가 긍정적이라고 생각하십니까?)의 반응도 절대로 아

니다, 아니다, 잘 모르겠다. 그렇다, 확실히 그렇다의 반응 중 선택하도록 되어있다. 7)과학교수법에 대한 반응은 지시적, 혼합형, 비지시적 교수법 중 선택하도록 되어있다. 예측변인을 조사하기 위한 문항 중 과학전담교사 선택여부, 과학교수 자기효능감, 과학교수 결과기대감, 과학교수에 대한 태도 문항들은 5가지 반응들에 대하여 각각 1점에서 5점으로 처리하였으며, 과학교수방법에 대한 문항의 반응도 지시적, 혼합형, 비지시적 교수법에 대하여 각각 1점에서 3점으로 처리하였다. 경력 년 수에 대한 문항의 반응은 주관식이었으나 5년 미만을 1점, 6년-15년을 2점, 16년-25년을 3점, 26년-35년을 4점, 36년 이상을 5점 처리하였다. 예측변인 조사문항의 평균은 경력 년 수는 17.59, 전담교사선택에 관한 문항은 2.50, 과학교수 자기효능감의 문항은 3.10, 과학교수 결과기대감의 문항은 4.24, 과학교수법의 문항은 2.05, 과학교수태도의 문항은 3.29로 나타났다. 연구문제에 따른 자료분석은 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 교과교육학지식의 6개 영역과 조사한 7가지 변인과의 피어슨 상관계수와 중다회귀분석방법으로 분석하였다.

III. 결과 및 논의

1. 결과

연구문제에 따른 결과는 다음과 같다. 1) 초등교사들의 과학 교과교육학지식의 수준은 어떤 수준인가? 교과교육학지식의 하위 6개 영역별 평균은 교수법지식, 표현지식, 내용지식, 평가지식, 학생지식, 교육과정지식이 각각 3.3504, 3.6889, 3.5637, 3.4072, 3.4304, 3.5039로 나타났다. 총 52 문항의 평균은 3.4908, 표준편차는 0.41852이었다. 각 6개 영역의 평균과 표준편차를 Table 1에 나타내었다. 이러한 결과는 교과교육학지식의 측정도구의

Table 1. Mean, standard deviation and reliability of each factor

Factors of Instrument	Mean (N=332)	SD (N=332)	Cronbach α
Knowledge of Instructional Methods (#1-#8)	3.35	0.50	0.89
Knowledge of Representations (#9-#16)	3.69	0.49	0.85
Knowledge of Contents (#17-#24)	3.56	0.55	0.89
Knowledge of Evaluations (#25-#33)	3.40	0.54	0.91
Knowledge of Students (#34-#42)	3.43	0.51	0.88
Knowledge of Curriculum (#43-#52)	3.50	0.54	0.94
All Items (#1-#52)	3.49	0.42	0.96

반응이 보통이다(3점), 그렇다(4점), 매우 그렇다(5점)이었으므로 교사들의 과학 교과교육학지식수준이 6개 영역에서 모두 보통이라고 해석할 수 있다. 이는 교사들이 좀더 효율적인 과학교수-학습을 하기 위하여, 혹은 과학교과에 능력 있는 교사가 되기 위하여는 교과교육학지식을 더욱 개발할 필요가 있다. 즉 교사들이 과학 교과교육학지식의 모든 영역인 교수법지식, 표현지식, 내용지식, 평가지식, 학생지식, 교육과정지식의 수준을 그렇다(4점) 혹은 매우 그렇다(5점)로 반응할 수 있을 정도의 수준으로 개발할 필요가 있음을 시사한다.

2) 초등교사들의 과학 교과교육학지식의 유의미한 예측변인은 무엇인가? 교과교육학지식의 예측변인을 분석하기 위한 다변량회귀분석을 하기 전에 교과교육학지식의 모든 문항 및 하위 6개 영역과 7개 변인들 간의 피어슨 상관계수를 조사하였고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 교과교육학지식의 모든 52문항은 학력, 과학전담교사선택, 과학교수 자기효능감, 과학교수 결과기대감, 과학교수법, 과학교수태도, 교사 경력 년 수와 p값이 모두 0.01 수준에서 통계적으로 유의미한 양의 상관관계를 나타내었다. 이는 교사들의 교과교육학지식의 점수가 높을수록 각 변인

들의 점수도 높음을 나타낸다.

하위 6개 영역별 지식과 7개 변인들과의 상관관계 결과는 다음과 같다. 교수법지식은 학력, 과학전담교사선택, 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수태도, 경력 년 수와 p값이 학력과는 0.05수준에서, 그 외 다른 변인들은 0.01수준에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 표현지식은 과학전담교사선택, 과학교수 자기효능감, 과학교수 결과기대감, 과학교수법, 과학교수태도, 경력 년 수와 p값이 과학교수 결과기대감과는 0.05수준에서 그 외 다른 변인들은 0.01수준에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 내용지식은 과학전담교사선택, 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수태도, 경력 년 수와 p값이 모두 0.01수준에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 평가지식은 학력, 과학전담교사선택, 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수태도, 경력 년 수와 p값이 모두 0.01수준에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 학생지식은 학력, 과학전담교사선택, 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수태도, 경력 년 수와 p값이 모두 0.01수준에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 교육과정지식은 과학전담교사선택, 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수

Table 2. Pearson correlation coefficient between 7 variables and each factor

	Degree	Choice of teaching science	Personal science teaching efficacy	Science teaching outcome expectancy	Science teaching methods	Attitudes toward teaching science	Number of years of teaching
Pedagogical Content Knowledge(All 52 items)	.128**	.204**	.464**	.134**	.215**	.348**	.298**
Knowledge of Instructional Methods (#1-#8)	.109*	.195**	.429**	.032	.217**	.361**	.327**
Knowledge of Representations (#9-#16)	.067	.170**	.365**	.186*	.199**	.248**	.216**
Knowledge of Contents (#17-#24)	.089	.210**	.414**	.054	.164**	.295**	.178**
Knowledge of Evaluations (#25-#33)	.124**	.112**	.359**	.067	.191**	.250**	.247**
Knowledge of Students (#34-#42)	.151**	.117**	.366**	.038	.215**	.244**	.243**
Knowledge of Curriculum (#43-#52)	.074	.205**	.359**	.076	.167**	.299**	.253**

**p<0.01, *p<0.05

태도, 경력 년 수와 p값이 모두 0.01수준에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 이는 6개 영역의 지식과 유의미한 양의 상관관계를 가진 변인들은 각 영역별 지식의 점수가 높을수록 그 변인들의 점수도 높음을 나타낸다.

6개 하위 영역의 교과교육학지식은 7개 변인들과 거의 통계적으로 유의미한 양의 상관관계를 가지고 있었다. 이들 변인 중 과학 교과교육학지식을 설명할 수 있는 예측 변인을 분석하기 위하여 다변량회귀분석을 하였다. 과학 교과교육학지식의 모든 52 문항에 대한 결과는 Table 3에 나타내었고, 6개 하위 영역별 다변량회귀분석의 결과는 Table 4부터 Table 9에 나타내었다.

Table 3에 나타난 것과 같이 유의수준 1%에서 교과교육학지식을 설명하는 유의미한 변인은 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수에 대한 태도, 교사들의 경력 년 수로 나타났다. 즉 교과교육학지식 변인에 영향을 주는 변인은 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수태도, 경력 년 수이며 모두 양의 방향을 가졌다. 이것은 교사들의 과학교수 자기효능감이 높은 교사일 수록 교사들의 교과교육학지식도 많음을 나타내며, 교사들이 비지시적 교수법을 사용하는 교사는 그렇지 않은 교사들 보다 교과교육학지식이 많고, 과학교수에 대한 태도가 긍정적일수록 교과교육학지식이 많다고 해석할 수 있다. 또한 교사들의 경력 년 수가 많을수록 교사들의 교과교육학지식이 많다고 해석할 수 있다. 이들 변인들은 교사들의 교과교육학지식의 32.4%를 설명하고 있는 것으로 나타났다.

Table 4부터 Table 9에 의하면 교과교육학지식의 6개 영역별 지식에 대하여 중다회귀분석을 한 결과도 마찬가지로

각 영역의 지식을 유의미하게 예측해 주는 변인은 모두 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수태도, 교사들의 경력 년 수로 나타났으며 모두 양의 방향을 가졌다.

Table 4에 의하면 유의수준 1%에서 교수법지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수태도, 교사들의 경력 년 수로 나타났다. 이들 변인들은 교사들의 교수법지식의 32.1%를 설명하고 있는 것으로 나타났다.

Table 5에 의하면 유의수준 1%에서 표현지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수 자기효능감, 과학교수방법, 교사들의 경력 년 수로 나타났으며, 유의수준 5%에서 표현지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수태도로 나타났다. 이들 변인들은 교사들의 표현지식의 30.0%를 설명하고 있는 것으로 나타났다.

Table 6에 의하면 유의수준 1%에서 내용지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수 자기효능감과 과학교수태도로 나타났으며 유의수준 5%에서 내용지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수법과 경력 년 수로 나타났다. 이들 변인들은 교사들의 내용지식의 32.4%를 설명하고 있는 것으로 나타났다.

Table 7에 의하면 유의수준 1%에서 학생지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수 자기효능감, 과학교수태도, 교사들의 경력 년 수로 나타났으며 유의수준 5%에서 학생지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수법으로 나타났다. 이들 변인들은 교사들의 학생지식의 29.0%를 설명하고 있는 것으로 나타났다.

Table 8에 의하면 유의수준 1%에서 평가지식을 설명하

Table 3. Multiple regression for predicting PCK all 52 items

	B	SE B	Beta	t	Sig.
Degree	5.578E-02	.050	.045	1.126	.261
Choice of teaching science	1.332E-02	.022	.026	.600	.549
Personal science teaching efficacy	.254	.031	.350	8.168	.000(3.395E-15)**
Science teaching outcome expectancy	1.955E-03	.027	.003	.071	.943
Science teaching methods	.143	.047	.123	3.048	.002**
Attitudes toward teaching science	.115	.027	.188	4.291	.000(2.195E-05)**
Number of years of teaching	8.086E-02	.017	.196	4.832	.000(1.874E-06)**
Constant	1.733	.168		10.293	.000(2.128E-22)

F = 29.970, *p<0.05, **p<0.01, DF = 7, R² = 0.324

Table 4. Multiple regression for predicting knowledge of instructional methods

	B	SE B	Beta	t	Sig.
Degree	3.874E-02	.060	.026	.649	.517
Choice of teaching science	9.532E-03	.027	.015	.356	.722
Personal science teaching efficacy	.270	.037	.310	7.219	.000(2.324E-12)**
Science teaching outcome expectancy	-4.851E-02	.033	-.059	-1.469	.143
Science teaching methods	.168	.056	.121	2.983	.003**
Attitudes toward teaching science	.165	.032	.225	5.113	.000(4.749E-07)**
Number of years of teaching	.116	.020	.234	5.767	.000(1.529E-08)**
Constant	1.478	.203		7.281	.000(1.552E-12)

F = 29.532, *p<0.05, **p<0.01, DF = 7, R' = 0.321

Table 5. Multiple regression for predicting knowledge of representations

	B	SE B	Beta	t	Sig.
Degree	9.986E-03	.062	.007	.162	.871
Choice of teaching science	1.773E-02	.028	.030	.642	.521
Personal science teaching efficacy	.224	.039	.271	5.804	.000(1.244E-08)**
Science teaching outcome expectancy	4.467E-02	.058	.034	.768	.443
Science teaching methods	.107	.034	.137	3.131	.002**
Attitudes toward teaching science	8.088E-02	.033	.116	2.431	.015*
Number of years of teaching	6.819E-02	.021	.145	3.277	.001**
Constant	1.969	.209		9.405	.000(2.935E-19)

F = 25.750, *p<0.05, **p<0.01, DF = 7, R' = 0.300

Table 6. Multiple regression for predicting knowledge of contents

	B	SE B	Beta	t	Sig.
Degree	4.524E-02	.070	.028	.645	.519
Choice of teaching science	4.173E-02	.031	.060	1.326	.185
Personal science teaching efficacy	.319	.044	.333	7.247	.000(1.937E-12)**
Science teaching outcome expectancy	-2.588E-02	.039	-.029	-.667	.505
Science teaching methods	.144	.066	.095	2.181	.030*
Attitudes toward teaching science	.116	.038	.143	3.055	.002**
Number of years of teaching	4.733E-02	.024	.087	1.996	.047*
Constant	1.742	.239		7.303	.000(1.340E-12)

F = 29.770, *p<0.05, **p<0.01, DF = 7, R' = 0.324

Table 7. Multiple regression for predicting knowledge of evaluations

	B	SE B	Beta	t	Sig.
Degree	9.586E-02	.068	.063	1.417	.157
Choice of teaching science	-1.197E-02	.030	-.019	-.394	.693
Personal science teaching efficacy	.197	.042	.221	4.646	.000(4.488E-06)**
Science teaching outcome expectancy	6.211E-03	.037	.007	.166	.868
Science teaching methods	.144	.064	.102	2.262	.024*
Attitudes toward teaching science	.102	.037	.136	2.789	.006**
Number of years of teaching	8.895E-02	.023	.175	3.891	.000(1.152E-04)**
Constant	1.860	.230		8.088	.000(6.012E-15)

F = 24.323, *p<0.05, **p<0.01, DF = 7, R² = 0.290

Table 8. Multiple regression for predicting knowledge of students

	B	SE B	Beta	t	Sig.
Degree	.138	.069	.087	2.007	.045
Choice of teaching science	-1.903E-02	.031	-.028	-.617	.537
Personal science teaching efficacy	.277	.043	.297	6.417	.000(3.617E-10)**
Science teaching outcome expectancy	-2.717E-02	.038	-.031	-.715	.475
Science teaching methods	.219	.065	.147	3.369	.001**
Attitudes toward teaching science	9.705E-02	.037	.124	2.613	.009**
Number of years of teaching	7.015E-02	.023	.132	3.020	.003**
Constant	1.618	.234		6.926	.000(1.544E-11)

F = 26.582, *p<0.05, **p<0.01, DF = 7, R² = 0.309

Table 9. Multiple regression for predicting knowledge of curriculum

	B	SE B	Beta	t	Sig.
Degree	6.856E-03	.069	.004	.100	.921
Choice of teaching science	4.192E-02	.031	.063	1.361	.174
Personal science teaching efficacy	.235	.043	.252	5.454	.000(8.232E-08)**
Science teaching outcome expectancy	4.371E-04	.038	.000	.012	.991
Science teaching methods	.135	.065	.091	2.076	.039*
Attitudes toward teaching science	.128	.037	.164	3.456	.001**
Number of years of teaching	9.416E-02	.023	.177	4.058	.000(5.868E-05)**
Constant	1.730	.233		7.412	.000(6.494E-13)

F = 27.168, *p<0.05, **p<0.01, DF = 7, R² = 0.312

는 유의미한 예측변인은 과학교수 자기효능감, 과학교수
법, 과학교수태도, 교사들의 경력 년 수로 나타났다. 이들

변인들은 교사들의 평가지식의 30.9%를 설명하고 있는
것으로 나타났다.

Table 9에 의하면 유의수준 1%에서 교육과정지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수 자기효능감, 과학교수태도, 교사들의 경력 년 수로 나타났으며 유의수준 5%에서 교육과정지식을 설명하는 유의미한 예측변인은 과학교수법으로 나타났다. 이들 변인들은 교사들의 교육과정지식의 31.2%를 설명하고 있는 것으로 나타났다.

과학 교과교육학지식의 6개 영역의 예측변인이 과학교수 자기효능감, 과학교수태도, 과학교수법, 경력 년 수로 나타난 것은 교사들이 과학교수에 대한 자신의 능력에 신뢰감이 있는 교사일수록, 과학교수에 대한 태도가 긍정적일수록, 지시적인 교수법보다 아동 탐구중심의 비지시적인 교수법을 사용하는 교사일수록, 또한 교사들의 경력 년 수가 많을수록 교사들의 교수법지식, 표현지식, 내용지식, 학생지식, 평가지식, 교육과정지식이 모두 많다고 해석할 수 있다. 반면에 교사들의 학력과 과학전담교사선택, 과학교수 결과기대감은 예측변인으로 나타나지 않았는데, 이는 학력을 조사할 때 학위를 전공의 구별 없이 질문하였기 때문에 예측변인으로 나타나지 않은 것으로 예상된다. 과학교수 결과기대감과 과학전담교사선택에 대해서는 과학전담교사를 선택한 교사들은 그렇지 않은 교사들보다 과학 교과교육학지식이 많다고 할 수 없으며, 학생들의 과학학습에 대한 기대감이 높다고 하여 과학 교과교육학지식이 많은 것은 아니라고 해석할 수 있다.

2. 논의

위의 결과에 대한 논의는 다음과 같다. 첫째, 과학교수 자기효능감과 태도가 높을수록 교사들의 교과교육학지식이 많음의 관계에서 교사들의 교과교육학지식의 개발에 도움이 되는 교육환경 및 교육과정을 구성할 때 효능감과 태도가 향상될 수 있는 방안도 함께 고려된다면 지식 개발에 더욱 효과적일 것임을 알 수 있다. 또한 교사들이 과학교수에 대한 부정적인 효능감이나 부정적인 태도를 갖고 있어 효율적인 과학교수-학습을 갖지 못하는 교사들에게 과학 교과교육학지식을 개발하여 주는 교사교육이 필요하겠다. 효능감과 태도의 예측변인과 교과교육학지식의 결과는 선행연구의 결과와도 유사한데 Appleton과 Kindt(1999)의 연구에서 교과교육학지식의 부족은 교수에 대한 낮은 효능감과 부정적 태도와 연관이 있었다. 즉 과학 교과교육학지식이 많은 교사일수록 과학을 가르치는 것에 대해 자기효능감이 높았고, 과학교수에 대한 태도도

긍정적이었다. 예를 들면, 예비교사들이 교과교육학지식이 부적당할 때 불안하고, 걱정되고, 낮은 에너지의 감정을 느꼈고, 교과교육학지식이 더욱 개발되었을 때, 즐겁고, 자신감있고, 열성적으로 느꼈다고 하였다. 또한 위의 결과는 교사의 경험과도 연관이 있었다. 즉, 경험 많은 초등교사들은 과학교과교육학지식이 많고 과학교수에 대해 높은 효능감 수준을 가졌는데 이러한 교사들은 많은 과학 분야를 공부하였고 가르치는 것을 좋아하는 경향이 있었으며 이는 과학내용 기초지식과 경험으로부터 교과교육학지식을 설립할 수 있었기 때문이었다.

둘째, 학생들의 과학탐구와 과학에 대한 흥미나 태도를 향상시키기 위해 비지시적 교수법으로 지도받은 과학교사에 있어서 필수적이라 할 수 있다. 교사들이 교과교육학지식이 많을수록 비지시적 교수법을 사용하는 결과로 미루어 보아 효과적인 과학교수법을 사용하는 교수행동을 위하여 교사들의 교과교육학지식 수준이 향상되어야 됨은 매우 중요한 것임을 알 수 있다. 몇몇의 연구자들(Happs, 1987; Tobin, 1987; Espinet, 1988; Tobin, Tippins, & Gallard, 1994)도 과학교수에 대하여 충분한 교과교육학지식이 있어야 교사들이 활동적 교수방법 및 학생중심의 교수법인 비지시적 교수법을 사용하고 효율적인 교수과정에 영향을 미친다고 하였다.

셋째, 교사들의 경력 년 수가 예측변인으로 나타났는데 연구자들도 교과교육학지식의 개발조건은 명백히도 교사 경력 년 수라고 하였다(Sanders et al., 1993; Clermont et al., 1994; Van Driel et al., 1998; Barnett & Hodson, 2001; Van Driel et al, 2002). 연구자들은 현직교사와 예비교사간에 교과교육학지식의 명백한 차이가 있음을 주장하면서 교수경험이 부족한 예비교사나 초임교사가 왜 교과교육학지식이 거의 없는지를 증명하였고 실제교수에 있어서 교사경력 년 수가 많을수록 교과교육학지식도 풍부하다고 하였다(Lederman et al, 1994; Van Driel et al., 1998). 교사들의 경력 년 수가 많을수록 교과교육학지식이 많음의 결과를 통하여 교사들의 경력 년 수가 적은 초임교사나 예비교사들의 과학 교과교육학지식을 개발해야 함이 중요한 이슈라고 할 수 있다. 즉 어떻게 하면 예비교사들의 과학 교과교육학지식의 개발에 도움이 될 수 있을까? 이를 위한 효과적인 교사교육방법과 교육과정은 무엇인가?를 생각해 보아야 할 것이다. 또한 이를 위하여 위에서도 언급했듯이 예측변인인 과학교수 자기효능감, 과학교수태도, 교수법 개발도 함께 향상되는 교육 환경을

마련해 준다면 지식개발에 더욱 효과적일 것이다. 예를 들면 과학교수 자기효능감과 과학교수태도는 교사들이 과학 및 과학교수에 대하여 성공적인 경험을 가졌을 때, 구체적으로 활동위주의 교육을 받았을 때, 과학에 대한 학문적 배경이 심화될수록, 과학교수에 대하여 동료교사와의 토의, 지도, 및 조언 등을 주고받는 등의 교육환경에서 향상되므로(박성혜, 2001) 예비교사 및 교사교육에 있어서도 실습과 활동위주의 교육이 과학 교과교육학지식의 개발에 더욱 효과적일 것으로 시사된다. 또한 예비교사들에게는 동료교사들이 모델이 되는 동료교수(peer teaching)의 경험도 과학교과교육학지식의 개발에 긍정적 영향을 미칠 것으로 사료된다. 즉, 예비교사교육 및 재교육과정에서는 교사들의 과학 교과교육학지식의 수준을 높여주기 위하여 과학 및 과학교수와 관련된 성공적인 경험을 제공해 줄 수 있는 프로그램의 개발과 실천이 중요하다. 과학교수의 경험 및 관찰과 활동 및 실습위주의 과학교사교육, 동료 교사들 및 지도자와 교류 할 수 있는 여건의 교사교육이 과학 교과교육학지식 개발에 중요할 것으로 시사된다.

IV. 결론 및 제언

초등교사들의 과학 교과교육학지식을 조사하고 이에 대한 예측변인을 조사하였다. 과학 교과교육학지식에 대해서는 교수법지식, 표현지식, 내용지식, 평가지식, 학생지식, 교육과정지식을 조사하였고, 각 영역의 지식에 대하여 예측변인을 알기 위하여 초등교사들의 학력, 경력 년 수, 과학전담교사 선택여부, 과학교수 자기효능감, 과학교수 결과기대감, 과학교수방법, 과학교수에 대한 태도의 변인에 대하여 조사하였다.

연구문제에 따른 결론은 다음과 같다. 1) 초등교사들의 과학 교과교육학지식의 수준은 어떤 수준인가? 과학 교과교육학지식의 6개 영역인 교수법지식, 표현지식, 내용지식, 평가지식, 학생지식, 교육과정지식의 총 52문항의 평균은 3.49이었다. 이와 같은 결과는 교사들의 지식 수준이 “보통이다(3점)”라는 결론을 내릴 수 있는데 이는 초등교사들이 과학교과에서 전문성 있는 교사가 되기 위하여 6개 영역의 교과교육학지식들을 모두 “그렇다(4점)”, 혹은 “매우 그렇다(5점)”의 수준으로 더욱 개발할 필요가 있겠다.

2) 초등교사들의 과학 교과교육학지식의 유의미한 예측

변인은 무엇인가? 교사들의 교과교육학지식(즉 교수법지식, 표현지식, 내용지식, 평가지식, 학생지식, 교육과정지식)을 유의미하게 예측하여 주는 설명 변인은 모두 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수에 대한 태도, 경력 년 수라는 결론을 갖는다. 교사들의 과학 교과교육학지식을 개발하는 교사교육에서 과학 교과교육학지식, 교수행동, 신념, 태도의 관계에서 보다 효율적인 교사교육의 방안을 모색해야 할 것이다.

본 연구를 기초로 몇 가지 제언을 해보기로 한다. 첫째, 예측변인 안에서 초등교사들의 교과교육학지식이 어떻게 다른가를 조사해 볼 필요가 있겠다. 또한 예측변인들과 더불어 효율적으로 예비 및 현직교사들의 교과교육학지식을 개발하는 데 도움을 주는 교사교육방안은 무엇이든 연구해 볼 필요가 있겠다. 둘째, 교사들의 각 영역의 교과교육학지식이 어떻게 형성 및 개발되는지와 그러한 개발에 도움을 주는 교육학적 요소를 다양한 연구방법으로 연구하기를 제언한다. 더욱이 지식의 개발을 구성주의 관점에 두고 있다면 더욱 그럴 것이다. 셋째, 교사들의 과학교과교육학지식의 개발은 실제상황에서 과학의 특정영역을 사고하는 과정에서 학생들의 선개념 등을 분석할 때 향상되어 질 수 있으므로 예비교사나 초임교사들의 교과교육학지식 개발을 위하여 실제 상황을 교수할 수 있는 기회를 많이 제공하는 것이 필요하겠으며 또한 실제 상황의 다양한 설정하에서의 지식개발의 연구가 필요하다. 예를 들면 예비교사들의 교육실습, 동료교사의 교수상황, 동료교사와의 토론 및 조언 등을 통한 지식개발과정을 연구해 볼 필요가 있다. 마지막으로 교사들의 지식개발이란 점진적으로 이루어지는 과정이므로 장시간에 걸친 연구도 필요하다.

국문 요약

초등교사들의 과학교수에서 교과교육학지식과 이와 관련된 유의미한 예측변인을 조사하였다. 과학 교과교육학지식을 측정할 수 있는 도구로 초등교사들의 과학교수에서 교과교육학지식-교수법지식, 표현지식, 내용지식, 평가지식, 학생지식, 교육과정지식-을 조사하였다. 예측변인을 조사하고자 교사들의 학력, 경력 년 수, 과학전담교사 선택여부, 과학교수 자기효능감, 과학교수 결과기대감, 과학교수법, 과학교수태도에 관한 문항을 함께 조사하였고, 이를 위하여 332명의 초등현직교사가 참여하였다. 분석방법

은 피어슨 상관계수와 중다회귀방법을 사용하였고, 그 결과는 교사들의 과학 교과교육학지식의 모든 영역에서 유의미한 예측변인은 모두 과학교수 자기효능감, 과학교수법, 과학교수에 대한 태도, 교사들의 경력 년 수로 나타났으며 모두 양의 방향을 가졌다. 이는 과학교수에 대한 자신의 능력에 신뢰감이 있는 교사일수록, 과학교수태도가 긍정적일수록, 지시적인 교수법보다 비지시적인 교수법을 사용하는 교사일수록, 또한 교사들의 경력 년 수가 많을수록 6개 영역의 교과교육학지식이 모두 많은 것으로 결론 짓는다. 경력 년 수가 적은 예비교사나 초임교사들의 교과교육학지식을 개발하기 위한 교육방안을 구성할 때 교과교육학지식을 설명하는 위와 같은 예측 변인들의 긍정적인 측면과 함께 고려되는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

권재술(1994). 학교 과학교육의 과제와 과학교육연구의 방향. 한국과학교육학회지, 14(1), 103-108.

김병찬(2000). 교사교육의 패러다임 변화. 한국교원교육연구, 17(3), 113-141.

나동진(1998). 교직의 전문성 개발을 위한 교사양성 교육과정: 한미양국의 교사양성 교육과정의 비교연구. 한국교원교육연구, 15(1), 189-207.

박성혜(2001). 초등교사들의 과학교수 자기효능감과 과학 관련 배경 및 경험에 관한 질적 연구. 한국교원교육연구, 18(1), 123-150.

박성혜(2003). 교사들의 과학 교과교육학지식 측정도구 개발. 한국교원교육연구, 20(1), 105-134.

박인식(1997). 초등교사의 과학 선호도가 아동의 과학 성취도에 미치는 영향. 한국교원대학교대학원석사학위논문.

박종렬, 서혜애, 김순남.(2001). 한국-이스라엘 과학교사 재교육프로그램의 행·재정적 지원체제 개선방안. 한국교원교육연구, 18(2), 29-52.

임청환(2003a). 과학 교과교육학 지식의 본질과 발달. 한국지구과학회지, 24(4), 235-249.

임청환(2003b). 초등교사의 과학 교과교육학 지식의 발달이 과학 교수 실제와 교수 효능감에 미치는 영향. 한국지구과학회지, 24(4), 258-272.

정태범(2000). 21세기의 교사 양성체제. 한국교원교육연구, 17(1), 19-46.

Appleton, K., & Kindt, I.(1999). *How do beginning elementary teachers cope with science: Development of pedagogical content knowledge*. A Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.

Barnett, J., & Hodson, D.(2001). Pedagogical content knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85, 426-453.

Bellamy, M., Borko, H., & Lockard, D.(1992). *The roles of three types of teacher knowledge-content knowledge, pedagogical knowledge, and pedagogical content knowledge-in the teaching of high school mendelian genetics*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.

Carpenter, T., Fennema, E., Peterson, P., Chiang, P., & Loef, M.(1989). Using knowledge of children's mathematics thinking in classroom teaching: An experimental study. *American Educational Research Journal*, 26, 499-531.

Clermont, C., Borko, H., & Krajcik, J.(1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 419-441.

Cochran, K.(1991). Pedagogical content knowledge: Teachers' transformations of subject matter. NARST Research Matters. No. 27.

Cochran, K., De Ruiter, J., & King, R.(1993). Pedagogical content knowing-an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44, 263-272.

Doyle, W.(1990). Themes in teacher education research. In W. Houston, M. Haberman, & J. Sikula (Eds.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 3-24). NY: Macmillan.

Duffee, L., & Aikenhead, G.(1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76, 493-506.

- Espinet, M.(1988, April). *The development of pedagogical content knowledge of beginning high school teachers with a strong chemistry background but no formal training in education*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake of the Ozarks, MO.
- Gess-Newsome, J. & Lederman, N.(1999). (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*. M A : Kluwer Academic Publishers.
- Grossman, P.(1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Happs, J.(1987). Good teaching of invalid information. In K. Tobin & B. Fraser(Eds.), *Exemplary practice in science and mathematics teaching*. Perth: Curtin University of Technology.
- Herrmann, B., & Duffy, G.(1989). *Relationships between teachers' conceptual understandings, teacher responsiveness and student outcomes*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC.
- Lederman, N., Gess-Newsome, J., & Latz, M.(1994). The nature and development of preservice science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 129-146.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H.(1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. (pp.95-132). MA: Kluwer Academic Publishers.
- Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J., & Layman, J.(1992). *The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- Marks, R.(1990). Pedagogical content knowledge: Form a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41, 3-11.
- NRC(2001). *Educating teachers of science, mathematics, and technology*. National Research Council.
- Rovegno, I.(1992). Learning to teach in a field-based methods course: The development of pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 8(1), 69-82.
- Sanders, L., Borko, H., & Lockard, J.(1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching*, 3, 723-736.
- Shulman, L.(1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L.(1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 57, 1-22.
- Shulman, L. & Sykes, G.(1986). *A national board for teaching? In search of a bold standard*. NY: Carnegie Corporation.
- Smith, D. C., & Neale, D.(1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5, 1-20.
- Tamir, P.(1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110.
- Tobin, K, Tippins, D., & Gallard, A.(1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Tobin, K.(1987, April). *Teaching for higher cognitive level learning in science*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Washington, DC.

- Van Driel, J., Beijaard, D., & Verloop, N.(2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
- Van Driel, J., Verloop, N., & De Vos W.(1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Van Driel, J., De Jong, & Verloop, N.(2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572-590.
- Wilson, S., & Wineburg, S.(1988). Peering at history through different lessons: The role of disciplinary perspectives in teaching history. *Teachers College Record*, 89, 525-539.
- Zeidler, D.(2002). Dancing with maggots and saints: Visions for subject matter knowledge, pedagogical knowledge, and pedagogical content knowledge in science teacher education reform. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 27-42.