

통합적 정신모형 이론에 기반한 4M 순환학습 수업모형 개발: 이론적 배경과 개발과정을 중심으로

박지연 · 이경호*

서울대학교 물리교육과

The Development of 4M Learning Cycle Teaching Model Based on the Integrated Mental Model Theory: Focusing on the Theoretical Basis & Development Procedure

Jiyeon Park · Gyoungho Lee*

Seoul National University, Department of Physics Education

Abstract: Many researches have reported that it is difficult to solve students' difficulties in learning science with teaching models focused on certain aspects because of various reasons. Recently, in science education research, the integrated perceive has been to put emphasis on understanding complex situations of real teaching and learning. In this research context, the integrated mental model theory that were considered as a whole factor related to learning has been studied by integrating previous studies that related to students' conceptions and learning in various fields. Thus, it is needed that the teaching model be based on the integrated mental model theory to help students to solve their difficulties. The purpose of this research was to develop a new teaching model based on the integrated mental model theory to address this issue. We reviewed current studies on student difficulties and teaching models. After this, we developed 4M learning cycle teaching model. In this paper, we described the process of developing a new teaching model and discussed how to apply this teaching model to the practices. We also discussed the effects of 4M learning cycle teaching model based on the integrated mental model theory in learning science with its implications.

Key words: the integrated mental model theory, 4M learning cycle teaching model, teaching strategy, student difficulty

I. 서론

과학은 21세기 과학기술 사회에서 국가경쟁력의 핵심이기에 과학교육의 중요성이 그 어느 때보다 강조되고 있다. 그런데 우리나라 학생들의 과학실력이 2000년 세계 1위, 2003년 4위에 이어 2006년 11위까지 계속 하락하고 있음이 국제 학력 평가(PISA)에서 드러났다. 뿐만 아니라 과학영역 최상위권 성적을 얻은 학생의 비율이 한국 조사 대상(5000명) 중 1.1%로 67개국 중 17위에 그쳤다. 분석 결과, 한국 학생들은 과학에 대한 지식은 잘 알지만 현상을 과학적으로 설명하거나 문제를 과학적으로 인식하는 능력은 떨어졌다. 그리고 과학의 일반적인 가치에 대해서는 긍정적으로 인식하

고 있으나 과학의 개인적 가치에 대한 긍정적인 인식 정도, 과학에 대한 자아개념, 과학에 대한 흥미, 동기 등은 상대적으로 낮은 것으로 나타났다(강홍준, 2007, 한국교육과정평가원, 2007).

이처럼 과학부문의 경쟁력이 갈수록 약해진다는 것은 분명 우리의 과학교육에 어떤 문제점이 있다는 것을 의미한다. 즉, 학생들이 과학적 사고력 향상을 위해 노력하기보다는 입시 준비를 위해 단편적인 과학지식을 기억하고 정답을 골라내는 데 더 큰 관심을 가지도록 학습환경이 왜곡되지는 않았는지 반성해볼 필요가 있다.

2003년에 이어 또다시 과학영역에서 세계 최고의 학력수준을 보인 핀란드는 학생들의 학습능력이 일정 수

*교신저자: 이경호(ghlee@snu.ac.kr)
**2008.01.09(접수) 2008.06.04(1심통과) 2008.07.10(2심통과) 2008.07.29(최종통과)

준이상인데다 최상위 학생층도 전 세계적으로 가장 두터운 것으로 알려졌다. 이는 과학교사가 수업시간마다 학생들의 학습수준을 평가하여 지속적으로 피드백을 해 줌으로써 학생들이 학습 시 느끼는 어려움을 해결해준 점과 일방적인 강의 위주의 과학수업이 아닌 2~3명의 학생들이 작은 조를 이루어 토론하며 스스로 문제를 해결해 나가도록 하는 수업방식의 효과였다(Warjovaara, 2007). 핀란드의 사례는 과학이 어려운 과목이라 할지라도 과학수업이 어떻게 이루어지느냐에 따라 학생들의 과학학습을 향상시킬 수 있음을 보여준 예라 할 수 있다. 즉, 과학수업은 단지 과학개념을 학생들에게 암기하도록 독려하는 것이 아닌 학습에 영향을 주는 다양한 요인들을 촉진시키는 방향으로 이루어져야 한다. 그리고 학생들이 겪는 어려움과 그 원인을 파악하여 이를 해소시키기 위한 피드백이 이루어지는 맞춤형 수업으로의 전환이 필요하다.

과학교육 연구 분야에서는 1970년대부터 학생의 개념과 개념변화 연구가 교수·학습을 증진시키는데 기여한다는 인식하에 매우 활발히 이루어졌다. 하지만 많은 연구들은 학생들의 오개념을 조사 혹은 과학개념으로의 대체만을 강조하는 방향으로 이루어졌다. 즉, 개념변화와 관련된 정의적, 사회적, 메타인지적 측면 등을 소홀히하는 한계점이 드러났다(Blank, 2000; Duit, 2002; Fensham, 2001; Pintrich *et al.*, 1993). 이후 과학교육 연구자들은 어떤 학생들은 과학개념을 잘 학습하는 반면, 다른 학생들은 왜 그렇지 못한지에 관한 질문을 가지게 되었으면 동기, 존재론적 신념, 사회적 요인 등을 고려하게 되었다. 하지만 이들조차도 학생들의 개념을 총체적으로 보기보다는 특정 측면만을 강조하는데 그쳤다.

예를 들어, Sinatra(2002)는 하나의 특정한 이론적 관점에서 개념변화를 보았을 때 그것의 중요한 측면이 무시될 수 있는 위험성을 언급했으며 연구자들은 앞으로 내적(인지적, 동기적) 요인들뿐만 아니라 외적(사회적, 맥락적) 요인들이 어떻게 상호작용하면서 개념변화에 영향을 끼치는지를 연구해야 한다고 주장하였다. Duit(2002) 또한 보다 나은 과학교수를 위해서 과학교육 연구가 내용수준의 오개념을 조사하는 것만으로 그치지 않고, 학습 전반에 영향을 끼치는 다양한 요인을 과학적으로 변화시키는 방향으로 이루어져야 함을 강조하였다. 즉, 학습의 인지적 측면과 정의적 측면, 사회 맥락적 측면을 통합적으로 고려하는 방향으로 연구가 이루어져야 한다고 주장하였다. 요약하자면, 학습과정에서 발생하는 학생의 어려움은 단순히 과학개념을 학

생에게 전달하는 것만으로는 해소될 수 없기에 학생의 어려움에 대한 통합적 이해가 필요하다. 교사가 학생들의 과학학습을 통합적으로 이해하게 되면 학생들이 겪는 어려움을 해소시키는데 더 많은 도움을 줄 수 있을 것이다. 이러한 필요성에 근거하여 교수·학습과정에서의 통합적 시각을 제공해주는 통합적 정신모형 이론에 대한 연구가 필요하게 되었다. 또한, 학생의 과학학습 어려움과 수업전략을 체계적으로 분석·개발할 수 있는 틀을 제공해주는 지식 신념틀과 이를 토대로 학생들이 과학학습 시 겪는 어려움과 이러한 어려움을 해소하며 과학적인 정신모형을 형성하도록 돕는 수업에 관한 연구개발이 필요하게 되었다.

과학교육 분야에서 학생들의 과학개념 획득과 과학적 사고력 개발을 위해 가장 널리 사용되는 모형 중의 하나는 순환학습 모형이다. 순환학습 모형(Lawson *et al.*, 1989)은 과학수업에서 효과적으로 활용될 수 있는 수업모형으로(김영민과 권성기, 1992), 직관적인 학생 개념을 과학개념으로 변화시키기 위해 많이 사용되었다(김영민과 권성기, 1992; 홍순경과 최병순, 1991; Glasson & Lalik, 1993; Zollman, 1990). 이처럼 순환학습모형은 학생들의 과학학습에 효과적임이 많이 증명되기도 하였지만 몇 가지 제한점이 보고되기도 하였다. 첫째, 3단계의 순환학습 모형은 오개념 연구 전에 개발된 것으로 수업시간에 학생들이 자신의 오개념들을 드러내도록 하는 구체적인 수업전략이 고려되지 않았다(Barman, 1997). 둘째, 학생 자신의 개념이 어떻게 변화되어 가고 있는지에 대해 반성해 볼 수 있는 기회를 제공하고 있지 않다(Blank, 2000). 뿐만 아니라 순환학습 모형은 인지발달 이론인 Piaget의 이론을 바탕으로 학생의 개념획득과 탐구능력 신장을 위해 개발되었기에 학습과 관련된 학생들의 정의적 측면과 행동적 측면 등을 통합적으로 고려하고 있지 않다. 이를 보완하기 위해 다양한 순환학습 모형들이 개발되었으나 이들 또한 오개념이나 메타인지와 같이 특정 측면만을 강조한 연구들- 예를 들어, 기존 순환학습 모형의 탐색과 개념도입 단계에 수업 전 학생들이 자신의 오개념을 드러내도록 하는 수업전략을 포함한 연구(Barman, 1997), 학생들이 학습과정에서 자신의 개념을 드러내고 그 지위를 반성하도록 수업모형의 단계와 수업전략을 보완한 메타인지적 순환학습 모형(metacognitive learning cycle) 연구(Blank, 2000) 등- 이다. 이처럼 이러한 연구들은 복잡한 실제 과학 교수·학습상황에 대한 통합적 시각이 요청된다는(Duit, 2002) 최근 과학교육의 논의와 요구를 충분히 반영하고 있지 못하다.

또한 과학학습의 어려움과 그 원인이 다양함에도(이경호, 2007; 이승희, 2006) 학습의 특정 측면만을 고려하는 수업모형의 경우 학생들의 과학학습 어려움을 효과적으로 해소시키기 어려울 수 있다. 따라서 교수·학습 과정에서의 통합적 시각을 제공해주는 통합적 정신모형 이론과 이 이론을 근거로 어려움과 수업전략을 체계적으로 분석·개발할 수 있는 틀을 제공해주는 지식 신념틀을 바탕으로 한 수업모형의 개발이 요구된다.

본 연구에서는 먼저 순환학습 모형과 이를 수정·보완한 수업모형들, 그리고 정신모형 이론을 토대로 한 수업모형 및 전략들의 장점과 한계점을 통합적 정신모형 이론 관점에서 분석하였다. 다음으로 분석된 내용과 통합적 정신모형 이론을 토대로 학생들이 과학학습 시 겪는 어려움과 이들이 도달해야 하는 지식과 신념 등을 파악하여 학생들로 하여금 과학적인 정신모형을 형성하도록 촉진시키는 순환학습 수업모형을 개발하고, 그 특징과 적용 가능성에 대하여 논의하였다.

II. 이론적 배경

1. 순환학습 모형

순환학습 모형은 Karplus(1977)가 Piaget의 인지발달 이론에서 인지구조가 생성, 변화되는데 있어서 중요한 과정인 자기조절 과정에 기초하여 과학학습을 돕기 위해 제안한 모형이다. 탐색(exploration), 발명(invention), 발견(discovery)으로 이어지는 순환학습 모형(Lawson *et al.*, 1989)은 과학수업에서 효과적으로 활용될 수 있는 학습모형으로 알려져 있으며(김영민과 권성기, 1992), 직관적인 학생 개념을 과학개념으로 변화시키려는 시도들 중 순환학습을 이용한 연구들이 많이 있다(김영민과 권성기, 1992; 홍순경과 최병순, 1991; Glasson & Lalik, 1993; Zollman, 1990). 탐색 단계에서는 학생들의 선개념에 대한 불만족 즉, 인지적 비평형을 유발하고, 직접 경험, 실험 등을 통해 학생 스스로 학습할 개념에 대한 흥미를 유발시키며, 이러한 과정에서 학생 스스로 자신의 개념, 기존 지식을 점검해 볼 수 있는 메타인지적 활동을 강조한다. 또한 이러한 활동이 원활히 이루어질 수 있도록 교사와 학생, 학생들 간의 상호작용을 강조한다(양명원, 1988; 최병순, 1990; 한중하, 1987; 홍순경과 최병순, 1991; Karplus, 1977; Lawson *et al.*, 1989). 개념도입 단계에서는 실험 혹은 교사의 설명을 통해 학생들에게 인지적 비평형을 해소시킬 수 있는 기회를 제공함으로써 새로이 학습한 개념의 있음직함과 유용성을 파악하게 된다. 마

지막으로 개념적용 단계에서는 학생 자신의 개념을 완성하거나 소집단 활동을 통해 개념을 정교화하도록 구성되어 있다.

순환학습 모형은 개념학습과 탐구학습을 통해서 과학적 사고력을 향상시키고자 하는 과학교육의 목표를 잘 반영하고 있을뿐더러 개념변화 모형과 사회적 구성주의 수업모형, 메타인지 수업모형 등의 포괄할 수 있다. 하지만 이러한 포괄성은 달리 말하면 수업과정을 지나치게 단순화시켜 구체적인 수업전략에 대해 언급을 하지 않은 것이라고도 할 수 있다(권재술, 1989). 이는 현장적용 시 어려움을 유발시킬 수 있으며, 학생들의 특정 과학개념에 대한 적절한 이해와 사고력 향상에도 한계가 될 수도 있다. 이외에도 탐색 단계에서 단순히 학생들이 가진 개념만으로 설명할 수 없는 하나의 현상을 제시한 후, 과학개념을 도입하는 것만으로는 다인수 학습의 학생들이 겪는 다양한 과학학습의 어려움을 해소시킬 수 없다. 다시 말하면, 순환학습 모형은 수업 중 학생들이 어떤 어려움을 겪는지, 이러한 어려움의 원인은 무엇인지, 각기 다른 유형의 어려움을 겪는 학생들의 개념을 효과적으로 변화시키기 위해서 순환학습 모형을 어떻게 적용해야 하는지에 대한 충분한 설명을 하지 못한다.

최근 이러한 순환학습 모형의 한계를 보완하여 학생들의 학습을 더욱 촉진시키는 여러 수업모형들이 소개되고 있다. 이 흐름은 크게 두 방향으로, 첫 번째는 순환학습이 학생의 개념획득 및 변화라는 인지적 측면을 강조하였으면서도 이를 뒷받침하는 수업전략을 개발하지 못한 점을 비판하며 기본적인 순환학습 모형의 단계를 수정·보완하는 방향이다. 두 번째는 탐구과정을 통해 감정적 모델을 개발하고 이들을 비판적으로 평가하는 과정을 통해 과학개념과 과학적 사고력을 향상시키려는 모델링 교수(modelling instruction) 방향이다(Halloun, 2004). 좀 더 구체적으로 기존 순환학습 모형이 변화되어온 내용을 살펴보면 다음과 같다. BSCS는 1980년대 후반부터 5E 수업모형을 사용하였다(BSCS, 2006). 이외에 다른 학자들에 의해 학생들의 사고력을 보다 더 발달시키기 위한 능동적인 참여를 강조하는 탐색(exploration), 설명(explanation), 확장(expansion), 평가(evaluation)와 같은 4-E 순환학습 모형(YILMAZ & ÇAVAŞ, 2006), 컴퓨터를 활용한 수업을 위한 참여(engage), 탐색(explore), 설명(explain), 평가(evaluate)의 4E 순환학습 모형도 개발되었다(Bodzin *et al.*, 2003). Kolb(1984)는 학생 스스로 경험과 반성을 통해 과학개념을 발견토록 하는 경험적 순환학습

모형(experiential learning cycle)을 개발하였다. Barman (1997)은 순환학습 모형이 교사가 학생의 선개념을 확인하고 이를 수업에 반영하도록 하는 전략이 부족했음을 지적하며, 이를 보완한 수업모형을 제안하였다. Lavoie (1999)는 3단계 순환학습 모형에 예언/논의(prediction/discussion) 단계를 두었으며, Blank(2000)는 학생들의 개념을 교사와 학생이 지속적으로 점검할 수 있는 수업모형의 필요성을 주장하였다. Glasson & Lalik(1993)는 수업을 교사와 학생 사이의 언어를 통한 의사소통 과정으로 보며, 기존 순환학습 모형에서 언어 중심의 수업전략을 강조한 수업모형을 발표하였다. 이외에도 Eisenkraft(2003)는 5E 순환학습 모형에 두 단계, 도출(elicit)과 평가(evaluate)를 첨가한 7E 순환학습 모형을 제안하였다.

반면, 모델링 교수(modeling instruction)에서 Clement (1989)는 순환학습 모형이 선형적임을 비판하면서 학생의 과학적 탐구기능 향상을 위해서 가설 통합(hypothesis conjecture), 평가(evaluation), 변경(modification) 혹은 거절(rejection)의 3단계로 이루어진 모델 구성 사이클(model construction cycle)을 주장하였다. White (1993)는 뉴턴 역학개념을 6학년 학생들이 이해하고 문제를 해결할 수 있도록 4단계의 교수 사이클- 동기(motivation), 모델 발전(model evolution), 형식화(formalization), 전이(transfer) -를 강조한 ThinkerTools라 불리는 교육과정을 개발하였다. Wells *et al.*(1995)은 물리학습을 하는 고등학생과 대학생들을 위해 크게 두 단계, 모델 발달(model development)과 모델 전개(model deployment)의 수업모형을 주장하였다. Halloun (2004)은 탐색(exploration: ‘논증(monstration)’과 ‘명목상 모델들(nominal models)’), 모델 인증(model adduction: ‘그럴듯한 모델(plausible model)’과 ‘조사 계획(investigative design)’), 모델 공식화(model formulation: ‘조사와 초기 모델 공식화(investigation & initial model formation)’와 ‘논리적 모델 추정(rational model extrapolation)’), 모델 전개(model deployment: ‘기본적인 전개(elementary deployment)’와 ‘전형적인 전개(paradigmatic deployment)’), 전형적인 통합(paradigmatic synthesis)의 각 단계마다 학생들이 형성하는 모형의 특성과 이의 발달을 촉진하는 수업전략, 교사의 역할을 상세하게 제시하고 있다.

이처럼 기존 3단계의 순환학습 모형의 수업모형으로서의 한계점을 수정·보완함으로써 개발된 순환학습 모형들과 모델링 교수들은 그것들이 보완한 측면에서는 학생들의 학습이 향상되었음을 보고하였다. 예를 들

어, 학생들이 학습과정에서 자신의 개념을 드러내고 그 지위를 반성하도록 수업모형의 단계와 수업전략을 보완한 메타인지적 순환학습 수업모형(metacognitive learning cycle)(Blank, 2000)은 학생들의 논의의 수준을 향상시켰으며 그들의 이해를 반성적으로 사고하도록 촉진시켰다. 그리고 남정희 등(2005)은 형성평가를 고려한 순환학습 모형을 적용한 수업에 의해 학생들의 개념뿐 아니라 학습동기, 메타인지 등에서도 긍정적인 효과가 있음을 보였다. 그러나 일상의 학습상황에서는 한두 가지의 단편적인 요인들이 학생의 개념과 학습에 영향을 끼치는 것이 아니라 학생의 지식, 신념, 행동 그리고 학생 외적 요인인 환경 간의 전반적인 상호작용의 결과로써 학습이 이루어진다. 따라서 학생이 학습 시 지각한 어려움을 해소시킴으로써 보다 과학적인 이해로 변화시키기 위해서는 학습에 영향을 끼치는 요인들을 총체적으로 고려해야만 한다. 이를 위해 학생 개념과 학습에 관한 기존 연구들을 통합할 필요가 있다. 이외에도 학생들의 학습을 돕기 위해서는 수업 후 그들이 도달해야 하는 과학적인 이해상태를 구체적으로 고려해야만 한다. 그리고 이를 바탕으로 수업전략을 선정·고안해야 보다 학생들이 유의미한 학습을 하도록 이끌 수 있다(SEDL, 2005). 그럼에도 불구하고 기존에 개발된 순환학습 모형들과 모델링 교수들 중에는 학생들의 어려움과 과학적인 이해를 고려함과 동시에 이들을 체계적으로 분석할 수 있는 틀을 제공하고 있지 않다. 요약하자면, 학생들의 개념과 학습을 통합적인 관점에서 설명해주는 이론을 토대로 학생들의 어려움과 과학적 이해를 분석할 필요가 있다. 그리고 이를 토대로 적절한 수업전략을 선정·고안할 수 있도록 하는 융통성있는 수업모형이 요구된다.

2. 정신모형 이론 기반 수업모형과 전략

이경호 등(2005)은 기존 과학 수업모형의 장점과 한계점을 분석하고, 수업모형을 개발하였다(Fig. 1). 이 수업모형은 정신모형 이론을 수업모형 개발에 적극적으로 적용하고자 하는 연구자들의 초기 연구 결과다.

이 수업모형에서는 학생들이 문제 상황에서 문제와 관련된 사전 지식과 믿음 등을 토대로 문제해결에 적합한 정신모형을 형성하도록 이 과정에 영향을 끼치는 요인들인 교과내용, 메타인지, 신념, 동기를 향상시키기 위한 수업전략을 개발·적용하였다. 즉, 정신모형 이론 기반 수업모형과 전략은 학생들의 정신모형 형성에 영향을 끼치는 신념 등을 고려한 점, 교과내용과 관련된 인지적 측면뿐 아니라 동기 등과 같은 정의적 측면

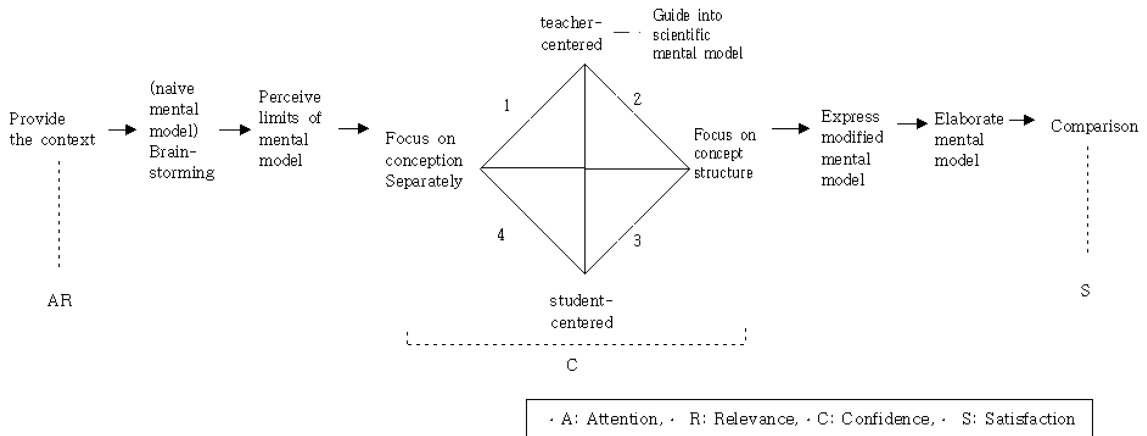


Fig. 1 Teaching model based on mental model theory(Lee et al., 2005)

면, 메타인지 측면 등 학습관련 요소들을 총체적으로 고려한 점, 각 수업단계에서 학생활동을 구체적으로 제시했다는 점 등의 특징이 있다. 그러나 학생 개념의 인지적 측면에 집중하여 수업모형과 전략의 개발이 이루어진 점, 학생의 어려움과 원인에 대한 선행연구의 고려가 부족한 점, 통합적 정신모형 이론의 반영이 부족한 점, 고려해야할 요소들을 너무 세분화하여 제시함으로써 현장적용 시 어려움이 발생한다는 점 등(이경호 등, 2005)이 극복해야할 과제로 남겨졌다.

3. 통합적 정신모형 이론에 근거한 지식 신념들

과학수업 시 교사는 학생들에게 과학개념을 명쾌한 방식으로 설명하고 있다고 생각하지만 그 수업을 듣는 학생 개개인은 제대로 이해하지 못한 채 어려움을 느끼고 있는 경우가 많다. 또한 학습과정에서 발생하는 학생들의 어려움은 단순히 과학개념을 학생들에게 전달하는 것만으로는 해소될 수 없다. 따라서 학생들의 어려움에 대한 제대로 된 이해를 바탕으로 수업모형과 전략이 개발되어야 한다. 이를 위해서는 최신의 과학교육 이론과 연구 결과들이 바탕이 되어야 한다. 최근 학생의 학습하는 과정에서 일어나는 사고과정과 이 과정에 영향을 끼치는 요인들에 대한 연구인 통합적 정신모형 이론과 과학학습의 어려움과 원인에 대한 분석적이고 체계적인 이론인 지식 신념들에 대한 연구가 이루어지고 있다(기현희, 2008; 이경호, 2007).

정신모형이란 문제 등과 같은 외부 정보를 지각함과 동시에 이와 관련된 장기기억 속 지식과 신념이 작업기억 속에 활성화된 역동적인 표상이다. 이러한 정신모형은 말, 글, 그림 등의 행동을 통해 표현되며, 이 과정에서 동기와 같은 정의적인 요소들이 영향을 미친다.

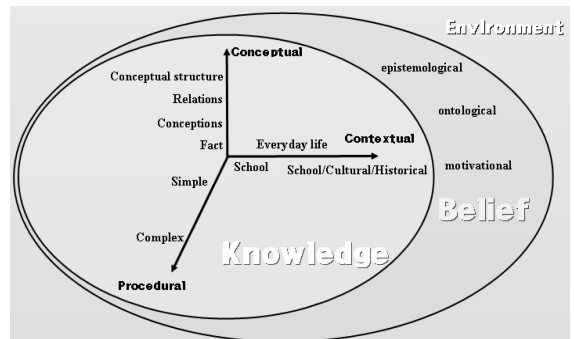


Fig. 2 The framework of knowledge & belief(이경호, 2007)

통합적 정신모형 이론은 학생들이 정신모형을 형성함에 있어서 즉, 학습에 영향을 끼치는 요인으로 지식과 인식론적, 존재론적 신념과 같은 학생의 인지적 측면, 동기적 신념과 같은 정의적 측면, 행동적 측면과 학생에게 제시되는 문항, 교재와 같은 환경 요인들을 고려하고 있다. 그리고 이러한 요인들 중 하나라도 결핍되었거나 과학적이지 않다면 학생들은 과학학습 시 어려움을 느끼게 된다. 이러한 학생의 어려움은 학생의 앎의 상태를 표현하는 지식 신념들(Fig. 2)을 이용하여 구체적인 파악이 가능하다

지식 신념들의 지식 축에는 개념과 관련된 지식인 개념적 지식, 문제해결 전략, 메타인지와 같이 과학학습 과정에서 정보와 기능을 어떻게 활용하는가와 관련된 과정적 지식, 특정상황과 관련된 맥락적 지식으로 구성되었다. 그리고 학생이 외부 환경과 상호작용을 하는 과정에서 외부 정보를 받아들이거나 자신의 지식을 활용하여 어떤 생각을 이끌어내는 과정에서 중요한 역할을 하는 신념은 인식론적 신념, 존재론적 신념, 동기적 신념으로 구분하였다. 또한, 학생들의 학습전략 등

과 같은 행동, 교사, 동료, 과학학습 교재, 수업시설 및 분위기 등과 같은 환경 요인들도 지식과 신념이 형성되는데 영향을 준다.

따라서 가르칠 과학개념에 대하여 학생들이 과학적인 정신모형을 형성하도록 돕기 위해서는 학생들이 지식, 신념, 행동, 환경 중 어떤 요인들로 인하여 어려움을 느끼는지 분석되어야 한다. 그리고 이러한 어려움을 해소시킬 수 있는 수업전략을 개발·선정하여 적용할 수 있는 수업모형이 개발될 필요가 있다.

Ⅲ. 통합적 정신모형 이론에 기반한 4M 순환학습 수업모형

통합적 정신모형 이론에서는 학생들이 문제 상황에서 떠올린 생각을 정신모형으로, 학생들의 사고과정은 정신모형 형성과정으로 설명한다. 따라서 기존의 과학 교육 목표인 과학적 개념획득과 과학적 사고력 향상은 이 이론 관점에서는 학생들이 문제 상황에서 과학적인 정신모형 형성에 영향을 끼치는 요인들(지식, 신념, 행동, 환경)을 바탕으로 과학적인 정신모형 표현으로 재서술될 수 있다. 따라서 통합적 정신모형 이론을 토대로 개발된 4M 순환학습 수업모형의 목표는 학생들이 겪는 어려움을 해소하고 보다 과학적인 정신모형을 형성할 수 있도록 이 과정에 영향을 끼치는 지식, 신념, 행동, 환경의 요인을 과학적이고 바람직한 방향으로 변화시키는 것이다. 이를 위해서 본 수업모형은 교사가 학생들이 과학학습 시 느끼는 어려움과 그 원인을 먼저 파악하고 이를 해소시킬 수 있는 수업전략을 개발·선정하여 수업에 적용하는 절차로 구성되었다. 이때 어려움을 느낀다는 것은 학생들이 질문받은 과학개념에 대해 과학적인 정신모형을 형성하지 못한다는 것을 의미하며, 어려움의 원인은 정신모형 형성 시 제대로 작동하지 못한 요인들이다. 이러한 요인들은 크게 학생 요인(지식, 신념, 행동)과 외적 요인(교사, 평가, 교실환경, 교육과정 등의 환경 요인)으로 구분된다. 이것들을 통합적으로 고려하여 학생들이 지각한 어려움과 그 원인을 해소하고 과학적 정신모형이 형성되도록 돕는 것이 본 연구자가 개발한 수업모형의 목표다. 이를 위해서 다음과 같은 사항을 수업모형 개발 시 고려하였다.

· 통합적 정신모형 이론과 지식 신념들을 토대로 학생들이 정신모형을 보다 과학적으로 변화시킬 수 있는 수업모형을 개발한다.

- 이미 과학 수업모형으로 널리 알려지면서 그 효과성에 관해 많은 보고가 이루어진 순환학습 모형을 기초로 한다.
- 각 단계의 명칭이 교사활동인지, 학생활동인지를 분명히 한다.
- 학생의 어려움과 그 원인을 조사하여 이에 대한 피드백이 순환적으로 이루어질 수 있도록 수업모형을 개발한다.
- 학급 당 학생 수가 많고, 개인차가 심하며 수업시간이 절대적으로 부족한 우리의 교육 현실을 고려한다. 즉, 다수를 대상으로 하는 수업 속 자기주도적 학습이 이루어질 수 있도록 수업모형을 개발하며, 수업모형 각 단계별 수업전략을 구체적으로 고안한다.

이를 바탕으로 개발한 수업모형은 수업 전 교사가 학생들의 어려움을 조사하고 그 원인을 탐색하여 이를 해소시키기 위한 수업전략을 선정·고안하는 정신모형 평가/어려움 점검 단계와 학습할 개념에 대한 정신모형을 떠올리고 한계를 느끼게 하는 정신모형 탐색 단계, 학습할 개념에 대한 과학적 정신모형으로 발전시켜 나가는 정신모형 발달 단계, 학습한 개념을 확장시키는 정신모형 정교화 단계가 순환적으로 구성되었다. 즉, 학습한 개념에 대한 학생들의 정신모형을 평가하고, 학습 시 학생들이 지각한 어려움을 조사하여 이를 수업 시간에 다시 피드백해 줄 수 있도록 각 단계는 순환고리를 형성하고 있다. 한편, Hennessey(1993)는 개념상태에 대한 반성적 활동이 학생들의 과학개념에 대한 이해를 촉진시킬 수 있음을 보였다. Blank(2000) 또한 학생들이 개념을 드러내고 이에 대해 논의하도록 하는 수업전략이 개념생태를 재구조화하는데 효과적이었음을 주장하였다. 이에 본 수업모형은 각 단계마다 학생들이 자신들의 정신모형과 그 형성과정에 대해 지속적으로 반성할 수 있도록 구성되었다(Fig. 3). 구체적으로 학생들이 그들의 정신모형 형성과정의 복잡함과 한계점을 인식토록 하는 기회, 소집단 활동을 통해 자신의 생각을 표현하고 동료의 생각에 대해 비판적으로

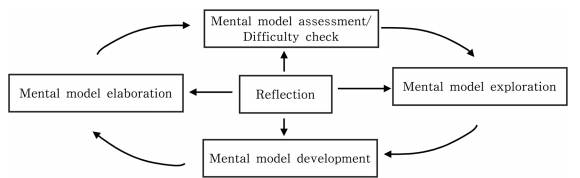


Fig. 3 4M learning cycle teaching model based on the integrated mental model theory

생각해볼 수 있도록 하는 기회, 1분 페이퍼나 주단위 보고서를 통해 자신들의 정신평형 형성과정을 반성해볼 수 있도록 하는 기회 등을 제공함으로써 학습과정에서 학생들이 스스로 자신의 정신평형과 그 변화과정을 반성적으로 사고하도록 하였다. 이는 다인수 학습의 수업에서 학생 스스로 자신의 학습과정을 발전시키도록 하는 자기주도적 학습이 이루어질 수 있도록 고려한 것이다.

이처럼 개발된 수업모형의 큰 흐름은 학생이 학습하기 전에 학습할 개념에 대해서 생각해볼 수 있는 기회를 주는 탐색 단계, 이러한 탐색 단계에서 제공된 현상을 설명해 줄 수 있는 개념을 도입하는 단계, 그리고 도입된 개념을 다른 상황에 적용해볼 수 있는 단계로 구성된 순환학습 모형의 흐름이 그대로 반영된 것이다. 하지만 이 수업모형은 기존 순환학습 모형의 한계점으로 지적되었던 학생의 학습활동을 설명하는 것인지 아니면 교사활동을 제시하는 것인지에 대한 모호함, 각 단계별 구체적 수업전략을 제공하지 않음, 학생의 어려움과 원인에 대한 고려 부족, 학생의 자기주도적 학습을 촉진시키기 위한 전략의 큰 부분인 반성적 사고 향상을 위한 고려 부족, 학습 후 학생들의 어려움을 평가하여 이를 다시 수업에 반영하는 피드백을 고려하지 않는 선형적인 구성 등을 보완하였다.

한편, 잘 가르친다는 것은 학생 스스로 자신의 어려움과 원인을 알고 이를 해소함으로써 과학적인 정신평형을 형성토록 돕는 순환적인 과정이기에 학생들의 어려움과 그 원인을 분석하고 이를 해소시키기 위한 다양한 수업전략을 정리하는 틀이 필요하다. 이러한 틀로 어려움과 그 원인을 지식, 신념, 행동, 환경 영역으로 분류하는 지식 신념틀을 이용하면 학생들이 과학학습 시 겪는 어려움을 Table 1과 같이 체계적으로 분석할 수 있다.

1. 정신평형 평가/어려움 점검 및 반성 단계

교사가 교수할 개념에 대한 학생들의 이해를 촉진시키려면 즉, 과학적인 정신평형을 형성시키기 위해서는 먼저 학생들이 그 과학개념에 대해 어떠한 정신평형을 형성하고 있는지 그리고 과학적인 정신평형과 어떠한 점에서 차이가 있는지에 대한 점검이 이루어져야 한다. 또한 수업 후에도 학습한 개념에 대한 정신평형을 평가하는 피드백 과정이 필요하다. 이러한 활동이 이루어지는 단계가 정신평형 평가/어려움 점검 단계이다. 이 단계는 매 단원 시작 전 혹은 수업 전 교사가 사전에 준비하는 예비 단계로서의 기능과 정신평형 탐색, 정신평형 발달, 정신평형 정교화 단계 후 즉, 수업의 마지막 단계로서 혹은 매 단원이 끝날 때 학습한 개념에 대한 학생들의 정신평형 평가 단계로서의 기능이 있다. 전자의 경우, 수업 전 학습할 개념에 대한 학생들의 어려움과 원인을 조사·분석하여 이를 해소시키는데 도움이 될 수 있는 수업전략을 선정·고안하는 교사활동이 이루어진다. 후자의 경우, 수업 후 학생들이 학습한 개념에 대한 정신평형을 평가하고 남아있는 어려움과 그 원인을 조사·분석함으로써 수업 후 혹은 다음 수업시간에 피드백을 가능하게 해준다. 이 단계에서는 학생들의 정신평형을 평가하고 그들이 겪는 어려움과 원인을 조사하기 위해 검사지, 주단위 보고서, 개념도, 발문법 등의 다양한 방법이 이용될 수 있다.

한편, 학생들이 학습할 개념에 대한 학생들의 정신평형을 과학적으로 변화시키기 위해서는 조사된 과학학습 어려움과 원인을 인지적 영역인 내용 수준에서만 고려하는 것이 아니라 학생의 지식, 신념, 행동, 그리고 학생을 둘러싼 환경 요인을 통합적으로 살펴보아야 한다. 학생들의 과학적 정신평형 형성을 위해서는 학생이 학습 혹은 문제 상황에서 형성하는 정신평형 형성에 영향을 끼치는 장기기억 속 개념적 지식, 과정적 지식,

Table 1
The framework for analyzing student difficulty in learning science

Cause of difficulty	Substance	
		Circular motion
Knowledge	Conceptual	The acceleration of objects which rotate at constant speed is 0. ...
	Procedural	Students lack appropriate algorithms for solving problems. ...
	Contextual	According to contexts, the kinds of force which activate change. ...
Belief	Motivational	Student learn circular motion to take the course. ...
	Epistemological	Circular motion has no connection with linear motion. ...
	Ontological	Centrifugal force is scientific force. ...
Performance	Students only learn circular motion by rote. ...	
Environment	The words which describe circular motion are difficult. ...	

Table 2
Student difficulty in learning science & suggestions for teaching

Sources of difficulties	Students difficulty in learning science	Suggestions for teaching
k n o w l e d g e	Conceptual <ul style="list-style-type: none"> • The lack and inappropriateness of knowledge about subject-domain, mathematics 	<ul style="list-style-type: none"> • To connect concepts with concept-mapping and mind-mapping • To provide opportunities to relate new concept to existing cognitive structure
	Procedural <ul style="list-style-type: none"> • The lack and inappropriateness of reasoning ability, metacognitive strategy and problem-solving strategy • To learn without thinking about the mechanism 	<ul style="list-style-type: none"> • To teach problem-solving strategy with active learning physic sheets, House model, motion diagram and free diagram • To provide opportunities to visualize a situation or a problem • To provide opportunities to make explicit students' prior knowledge and to discuss their conception
	Contextual <ul style="list-style-type: none"> • To apply the same concept differently according to contexts 	<ul style="list-style-type: none"> • To provide opportunities to apply concepts which students learn to various context
B e l i e f	Motivational <ul style="list-style-type: none"> • To Focus on the results of exam • Low self-efficacy • To lose confidence in one's own ability • Anxiety about learning science 	<ul style="list-style-type: none"> • To facilitate students' confidence, satisfaction and interest of learning science • To perceive the importance and usefulness of learning science • To focus on students' improvement and mastery of learning science
	Epistemological <ul style="list-style-type: none"> • Students' knowledge as something handed down from authority 	<ul style="list-style-type: none"> • Epistemology lessons embedded into labs, problems, and class discussion • To Assign homework and in-class problems designed to foster reflection about learning • Effort-based homework grading, and solutions handed out with the assignment
	Ontological <ul style="list-style-type: none"> • The existence of a mismatch or incompatibility between the categorical representation 	<ul style="list-style-type: none"> • To facilitate to the shift from a matter-based conception of knowledge to a process based conception of knowledge
Performance	<ul style="list-style-type: none"> • To learn concepts and formula by rote. 	<ul style="list-style-type: none"> • To teach students to learn how to learn
Environment	<ul style="list-style-type: none"> • Unfamiliar words to students • Education focused on the entrance examination • An overcrowded classroom 	<ul style="list-style-type: none"> • Object teaching • Audio-visual Education

맥락적 지식, 인식론적 신념, 존재론적 신념, 동기적 신념, 그리고 학생의 정신모형을 표현할 때 영향을 끼칠 수 있는 행동, 학생 외적 요인인 환경을 통합적으로 고려하여 수업전략이 선정·개발되어야 한다. 문헌연구(Carnin *et al.*, 2002; Chi *et al.*, 1994, Reeve, 2000; Venville, 2004; Wittmann & Scherr, 2002)를 통해 드러난 과학학습에서의 어려움 지식 신념들 요소별로 분류한 후, 이를 해소할 수 있는 수업전략을 정리한 것이 Table 2이다.

2. 실제 수업단계

통합적 정신모형 이론에서 학습이란 학생 스스로가

능동적으로 학습에 참여하고 나름대로 의미를 구성하는 과정으로 기존 개념을 다른 개념으로 단순히 대체하는 과정이 아닌 수업이 진행되어 가면서 정신모형이 변화되어가는 과정이다. 학생들은 이러한 학습과정에서 여러 가지 원인들로 인하여 어려움을 지각하게 된다. 따라서 교사는 수업을 통해 학생들의 학습을 잘 지도하기 위해 그들이 학습과정에서 겪는 어려움과 그 원인을 구조적이고 체계적으로 분석해야 한다. 그리고 이를 해소시키기 위한 수업전략들을 정신모형 탐색 및 반성, 정신모형 발달 및 반성, 정신모형 정교화 및 반성 단계와 앞에서 논의한 바와 같이 정신모형 평가/어려움 점검 및 반성 단계별로 적용해야 한다. 실제 수업

Table 3
Main teaching strategies of 4E learning cycle teaching model

Step	Main teaching strategies
Mental model exploration & Reflection	1. To provide opportunities to activate mental models about new concepts which students must learn
	2. To provide opportunities to recognize limits of mental models
	3. To provide opportunities to apply mental models to presented contexts
	4. To facilitate students' interest, curiosity and importance
Mental model development & Reflection	5. To explain the process of forming scientific mental model concretely
	6. To provide opportunities to compare the processes of forming mental models with the process of forming scientific mental model
	7. To facilitate students' confidence
Mental model elaboration & Reflection	8. To provide opportunities to apply mental models to everyday different contexts
	9. To provide opportunities to construct as a whole contents which students learned
Mental model assesment/ Difficulty check & Reflection	10. To facilitate students' satisfaction
	11. To provide opportunities to think about difficulties and sources of difficulties perceived in class
Whole	12. To analyze difficulties and sources of difficulties about contents to teach
	13. To think over factors in the framework of knowledge & belief to address students' difficulties
	14. To provide opportunities to reflect students' mental models continuously
	15. To provide opportunities to interact between teacher and students, and among students

단계별 주요 수업전략을 살펴보면 Table 3과 같다.

1) 정신모형 탐색 및 반성 단계

학생 개개인의 정신모형 형성에 초점을 맞춘 모델 기반 학습(model-based learning)을 주장하는 Boulter *et al.*(2001)은 학생들이 정신모형을 표현하는 것에서부터 수업이 시작해야 되어야 한다고 주장하였다. 또한 학생들은 자신들이 표현한 정신모형의 한계를 느낄 수 있는 기회를 받아야 함을 강조하였다(Boulter *et al.*, 2001). Marzano *et al.*(2001)도 학생들에게 새로운 지식을 미리 생각해 보는 기회를 제공했을 때 학업성취도가 높아짐을 보였다. 그리고 학습 전, 학습할 내용에 대해 질문을 하는 것이 학생들의 학습에 도움이 된다는 연구 결과들이 있다(Hamaker, 1986; Osman & Hannafin, 1994; Pressley *et al.*, 1992). 이와 같은 맥락에서 4M 순환학습 수업모형을 적용한 실제 수업의 첫 단계는 정신모형 탐색 및 반성 단계로 정하였다.

구체적으로 이 단계에서 교사는 학생들에게 학습할 과학개념에 대해 정신모형을 떠올려 보게 한 후, 자신들이 떠올린 정신모형의 한계를 지각하도록 유도해야 한다. 이를 위해 제시되는 문제 혹은 활동은 학생들의

지식, 신념에 기초하여 응답할 수 있는 것이어야 하며, 결과가 애매모호하지만 도전할만한 것이어야 한다. 그 래야만 학생들은 자신이 응답할 때 사용된 지식과 신념들을 심사숙고하여 되돌아 본 후, 한계를 인식할 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라 학생들이 학교에서 배운 과학지식과 개인적 경험과의 관련성을 찾을 수 있도록 자료들을 선정·조직함으로써 흥미와 호기심을 유발시키도록 한다.

한편, 학생들이 위와 같이 제시된 자료들에서 학습할 개념과 관련해 떠올린 정신모형을 언어 혹은 그림 등의 형태로 표현할 기회를 제공받는다면 정신모형의 한계점을 보다 분명히 인식할 수 있게 된다. 뿐만 아니라 교사도 학생들의 이해수준을 파악하기가 용이하다(Glynn 1997; Gobert, 2005; Gobert & Buckley, 2000). 이 과정에서 교사는 학생들이 표현한 정신모형이 단지 과학적이지 않음을 지각하도록 하는 것뿐만 아니라 어떤 이유로 그러한 정신모형이 형성되었는지 그 과정을 깊이 있게 반성할 수 있도록 다양한 관점의 질문을 하도록 한다. 이러한 개별적인 정신모형 탐색과정과 더불어 토의 중심의 소집단 활동도 매우 중요하다. 따라서 교사는 학생들이 그림이나 언어로 표현한 정신모형을

가지고 소집단 활동을 하도록 유도한다. 소집단 활동을 통해 학생들에게 다양한 견해가 존재한다는 것을 인식 시킴으로써 인식론적 신념을 발달시킬 수 있을 뿐만 아니라 학생 개개인이 자신의 생각을 알게 하는 데 도움이 된다. 이처럼 이 단계에서 학습활동은 학생 스스로에 의하여 이루어지고, 교사는 단지 학습의 안내자로서 학생들이 깊이 있는 반성과 정신모형 형성을 촉진시킬 수 있는 허용적인 학습 분위기를 조성하는데 힘써야 한다.

2) 정신모형 발달 및 반성 단계

정신모형 발달 및 반성 단계에서 교사는 실험, 교과서, 영상자료 등을 통해 수업에서 학생들이 학습해야 할 과학개념을 도입하고, 과학적 정신모형이 형성되는 과정을 소개한다. 이 과정에서 학생들은 이전 단계에서 탐색한 정신모형을 새로이 제시된 과학개념을 토대로 수정하고 나아가 과학적 정신모형과 자신의 정신모형을 비교함으로써 자신의 정신모형을 발달시킨다. 즉, 학생들은 과학개념을 이해하게 되며, 메타인지와 같은 긍정적 지식도 향상된다. 뿐만 아니라 자신의 초기 정신모형에 비해 발전된 자신의 정신모형을 인식함으로써 자신감을 갖게 된다. 이 때, 학생들의 잘못된 이해가 더욱 견고해지거나 단순히 과학적 정신모형을 암기하지 않도록 교사는 학생들이 정신모형을 어떻게 변화·발달시켜 가는지를 점검해야 한다.

이 단계에서는 첫째, 학생들의 정신모형을 보다 더 과학적으로 발달시키기 위한 수업전략 중 발문법에 대한 고려가 필요하다. 교사의 효과적인 질문은 학생의 반성적 사고를 촉진시켜 개념적 지식뿐 아니라 이를 획득하는데 이용된 과정적 지식도 향상시킬 수 있기 때문이다. 둘째, 교사는 마인드맵, 개념도 작성 등과 같은 선행 지식에 새로 학습한 정보를 능동적으로 통합시킬 수 있는 수업전략을 사용할 필요가 있다. 학생들은 이러한 전략을 통해 이전의 학습과 새로운 학습 간의 관계를 찾거나 각기 개별적인 지식을 연결시킴으로써 일관된 개념구조를 형성하게 된다. 셋째, 사실적인 그림 혹은 상징적인 그림 그리기, 그래프 작성 등과 같이 마음속에 있는 비언어적인 지식의 내용을 표현하도록 하는 수업전략이 사용될 수 있다. 이러한 수업전략은 학생들로 하여금 그들이 학습해야 하는 내용을 효과적으로 이해할 수 있도록 돕는다(Marzano *et al.*, 2001). 넷째, 학생들을 능동적으로 참여시키기 위해 소집단 활동을 촉진하는 전략을 사용할 수 있다. 이 전략은 학생들의 능동적 참여유발 외에도 교사로 하여금

소집단 사이를 돌아다니면서 비형식적으로 학생들의 이해를 평가할 수 있는 기회를 제공한다. 교사의 질문에 대해 소집단 내에서 토의가 이루어지는 동안 교사는 교실을 돌아다니고 학생들이 학습 시 지각한 어려움을 점검할 수 있다. 즉, 이러한 이해검사 방법은 모든 학생들을 수업에 참여시킬 뿐 아니라 학생들의 상태를 파악할 수 있는 한 가지 평가수단이다. 이외에도 수업시간 중 수 분 동안만 유지되는 임시적인 모둠 예를 들어, 옆의 짝이나 주변의 몇 명과 모둠을 이루는 비형식적 소집단 활동은 학생들의 주의집중을 유도하거나, 주어진 정보를 보다 심도 있게 조망할 시간이 필요할 때 또는 마무리할 시간을 제공할 때 활용될 수 있다(Marzano *et al.*, 2001). 다섯째, 학생 개개인이 정신모형 형성과정 및 이 과정에 영향을 끼치는 요인 사이에 차이가 있을 수 있기에 이 단계에서도 앞 단계에서와 마찬가지로 학생들이 자신의 정신모형을 언어 혹은 그림으로 표현하고 학생들로 하여금 자신의 정신모형이 어떻게 변화되었는지를 설명하는 기회를 제공하도록 한다(Glynn, 1997). 또한 학생 자신의 정신모형을 다른 학생들 것과 비교하는 활동이 이루어진다면 학생 자신의 능동적인 점검이나 평가 등의 메타인지를 향상시킬 수 있다. 이 과정에서 시각적 보조도구가 포함된 활동지를 사용한다면 메타인지 향상과 더불어 학생들의 능동적인 참여를 이끌 수 있다(Hiebert *et al.*, 1991; Mayer & Gallini, 1990). 여섯째, 교사는 학생들이 새로이 학습한 과학개념을 정확하게 이해하는지 여부를 파악하기 위해 지속적으로 학생들의 과학개념에 대한 정신모형과 그 형성과정을 점검해야 한다. 이를 위해서는 질문을 제시하고 모든 학생에게 질문에 대한 답을 적게 하는 방법, 질문을 제시하고 학생들이 개별적으로 답을 내게 하고 그것을 짝과 공유하고 마지막으로 반 아이들과 이야기하게 하는 짝과 생각하고 공유하기(think-pair-share) 방법, 질문이 논쟁의 여지가 있거나 혹은 판정이 요구될 때 학생들이 의견을 형성하고 손을 들어 투표하고 소집단의 동료 학생들과 함께 그들의 생각을 공유하게 하는 방법과 같은 수업전략을 사용할 수 있다. 일곱째, 과학적 정신모형 형성과정을 소개하는 과정에서 단순히 결과물로서의 과학적 정신모형만을 제시해서는 안 된다. 대신에 정신모형 형성과정에 영향을 끼치는 요인들도 바람직한 방향으로 향상시킬 수 있도록 고려해야 한다. 예를 들어, 교사는 학생들로 하여금 과학개념들과 관련하여 과학을 어떻게 학습해야 하는지에 대한 논의를 할 기회를 제공토록 한다. 이를 통해 교사는 과학지식과 얽혀 관한 건전한 인

식론적 신념과 바람직한 학습전략을 갖출 수 있도록 학생들을 독려한다. 여덟째, 이 단계의 마지막 부분에서 교사는 학생들로 하여금 정신모형 탐색 단계에서 교사에 의해 제시된 상황 혹은 실험을 학생들이 자신의 정신모형을 토대로 설명해 볼 수 있는 기회를 제공하고 처음 정신모형과 현재의 정신모형과의 차이를 인식시킴으로써 학습에의 흥미와 자신감을 유도할 수 있다.

3) 정신모형 정교화 및 반성 단계

과학자 혹은 과학교사들이 다양한 상황에 대하여 일관된 설명체계를 가지고 설명하는 것과 달리 학생들이 올바른 과학개념을 획득하였다고 하더라도 유사한 과제들에 적용함에 있어 어려움을 가지고 있다(김익균과 이홍준, 2006; 송진웅, 1997). 즉, 학생들이 가지고 있는 과학개념은 특정한 상황에 깊은 관련을 맺고 있기에 학생들로 하여금 개념을 다양한 상황에 적용해볼 수 있는 기회가 필요하다. 이에 정신모형 정교화 및 반성 단계에서 요구되는 수업전략 중 하나는 학습 시 학생들이 경험해보지 못했던 상황을 제공하는 것이다. 이를 통해 학생들은 이전 단계인 정신모형 발달 및 반성 단계에서 도입된 과학개념에 대한 정신모형을 정교화할 수 있는 기회를 제공받게 된다. 이 기회를 통해 그들은 구체적 상황으로부터 학습한 내용을 추상화하거나 다른 상황에 일반화할 수 있게 된다. 그리고 이 과정에서 교사는 학생 스스로 학습하는 과학개념에 대한 이해가 향상됨을 지각하도록 함으로써 그리고 노력에 대한 인정과 같은 언어적 보상을 함으로써 학생들이 과학학습에 대해 만족감을 느끼도록 한다.

이 단계에서는 교사의 질문, 새로 도입된 개념이 일상생활에서 적용되는 예에 대한 토의나 과제 부여 등의 방법이 사용될 수 있다. 하지만 앞 단계에서와 같이 소집단 토의 형태를 취해서 다른 학생들이 제기하는 들이나 그 들에 대한 서로 다른 해석들을 비교하게 함으로써 학생 개개인이 자신의 사고를 정교하도록 돕는 사회적 상호작용이 가능한 환경을 마련하여 주는 것이 바람직하다고 본다.

4) 정신모형 평가/어려움 점검 및 반성 단계

수업에 의해 과학개념에 대한 과학적이지 못한 정신모형이 한 번에 과학적이 정신모형으로 변화되기란 어려운 일이다. 따라서 학습이 이루어지는 동안 학생은 지속적으로 자신의 정신모형을 평가하고 이를 수정하여 발전시키는 과정이 매우 중요하다(Clement, 2000).

한편, 교수·학습과정은 교사와 학생이 상호작용하는 역동적인 과정이기에 학습한 개념에 대한 정신모형 평가와 학습 시 학생이 지각한 어려움에 대한 평가도 이러한 학습의 과정 속에서 이루어질 때 어려움 해소라는 목적을 달성할 수 있다. 이때 중요한 것은 학생들이 이러한 정신모형 평가와 어려움 점검 단계에 형식적으로가 아닌 적극적으로 참여해야 한다는 점이다. 이 과정을 통해 학생들은 개념이해뿐 아니라 학생 자신의 학습에 대한 책임감을 갖게 해주며, 메타인지 능력의 발달을 가져와 자기주도적 학습능력을 향상시킬 수도 있다. 이는 학습과정 중 학생들에게 학습에 대한 정보를 제공하고 이를 향상시키기 위해 이용되는 교수·학습의 한 과정으로서 형성평가의 목적(남정희 등, 2005)과도 일맥상통한다. 한편, 정신모형 평가 혹은 학생들의 어려움 점검 결과에 대한 교사의 피드백은 적어도 다음 학습이 선행되기 전까지 이루어져야 한다.

구체적으로 이 단계는 매 수업 후 학생들이 학습한 내용에 대한 평가를 위한 단계로서 교사는 학생들로 하여금 “무엇이 오늘 수업의 핵심 주제였는가? 그리고 이 핵심 주제를 중심으로 마인드맵을 작성하면?”, “오늘 수업에서 명확히 이해되지 못한 개념 혹은 문제는 무엇인가 그리고 그 원인은?”, “여러분들이 내용을 더 잘 이해하기 위해서 선생님이 무엇을 했으면 좋겠는가?”라는 질문으로 구성된 1분 페이퍼나 주단위 보고서 등을 작성토록 한다. 이 활동들은 학생들로 하여금 학생들에게 학습한 내용을 다시 한번 생각해 볼 수 있는 기회를 제공한다. 또한 수업 후에도 남아있는 어려움과 그 원인을 생각해 보게 하는 반성적 사고를 위한 강력한 도구가 될 수 있다. 뿐만 아니라 교사가 학생들의 어려움과 원인을 파악하게 해줌으로써 학생들에게 피드백해줄 수 있는 기회를 제공한다. 즉, 이러한 자료를 바탕으로 교사는 학생들이 제출한 1분 페이퍼나 주단위 보고서를 통해 개별적으로 혹은 다수의 학생들에게 공통적으로 피드백을 제공해 주도록 한다. 특히, 개별적인 피드백의 경우, 과학학습과 관련된 내용과 더불어 학생이 이전에 비해 보다 발전된 성과에 대하여 적절한 언어적 인정을 지속적으로 해준다면, 이는 학생들로 하여금 학습을 지속하고자 하는 동기를 유발시킬 수 있다. 이렇듯 이 단계는 수업 전·후를 연결하는 순환고리 역할을 한다.

또한 특정 개념과 관련된 몇 차시 동안의 수업 즉, 한 소단원이 끝날 때에는 그 개념을 중심으로 학생들에게 학습 내용을 전체적으로 구조화할 기회를 제공함으로써 학생들로 하여금 그 개념에 대한 전체적인 이

해 정도를 학생 스스로 평가해볼 수 있도록 한다. 이러한 활동은 학생들로 하여금 전체적인 과학개념 구조상에서 학습한 개념의 위치를 생각해 볼 수 있게 함으로써 과학지식이 별개의 사실들의 집합이 아닌 서로 밀접한 관계가 있음을 지각시킬 수 있다.

IV. 요약 및 논의

학습은 매우 복잡적이며 역동적이다. 학습과정에서 학생들의 다양한 내적 특성들(예를들어, 인지적, 정의적, 행동적 요인)과 교사, 교재 등과 같은 환경 요인 간의 전반적이며 지속적인 상호작용이 이어져나간다. 만약에 학습의 이러한 특성을 고려하지 않은 채 기존에 준비된 강의내용을 일방적으로 제공하게 된다면 수업 후에도 학생들의 어려움이 해소되지 않은 채 남아있게 될 것이다. 기존에 개발된 과학 수업모형 또한 학생의 개념과 학습과정에 대한 본질적인 고려를 하지 않은 채 학생들의 과학개념변화를 시도하게 된다면 이 역시 한계에 부딪히게 될 것이다.

최근 과학교육 연구들은 보다 나은 과학교수를 위해서 학습의 특정 측면만을 강조하는 것이 아닌 학습에 영향을 끼치는 다양한 요인들을 총체적으로 살펴볼 필요가 있음을 강조하고 있다. 이러한 맥락에서 학생들의 개념과 학습에 영향을 끼치는 요인들에 대한 종합적인 설명이론으로서 통합적 정신모형 이론과 이 이론에 바탕을 둔 지식 신념틀 연구가 이루어져왔다.

이러한 연구를 토대로 실제 수업이 이루어지는 교육 현장에 도움을 줌과 동시에 과학개념 획득과 과학적 사고력 향상이라는 과학교육 목표를 달성을 위한 수업모형을 개발하기 위해서는 이미 효과성이 검증된 수업모형을 바탕으로 할 필요가 있다. Karplus(1977)와 Lawson *et al.*(1989)의 순환학습 모형은 과학수업에서 많이 사용되는 수업모형으로, 최근까지도 연구되어지고 있다. 따라서 많은 연구 결과에서 그 효과성을 인정받은, 그리고 점차 발전하고 있는 순환학습 모형이 통합적 정신모형 이론을 토대로 수정·보완하여 개발된다면 학생들의 과학학습 어려움 해소에 효과적일 것이다.

본 연구에서는 통합적 정신모형 이론, 어려움 분석과 수업전략 개발을 위한 틀로써 지식 신념틀, 그리고 기존의 순환학습 모형을 기반으로 하여 4M 순환학습 수업모형을 개발하였다. 이 수업모형의 목적은 과학개념에 대한 학생들이 과학적 정신모형을 형성할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해 지식, 신념, 행동과 같은

학생 요인과 학생 외적 요인인 환경을 고려하여 학생의 어려움을 조사하고 그 원인을 분석한 후, 이를 해소시키기 위한 수업전략을 선정·개발하여 수업에 적용하는 순환적인 과정으로 구성되었다. 구체적으로 본 수업모형은 수업 전과 후 혹은 매 단원 시작 전과 후에 교사가 학생들의 정신모형을 평가하고 그들의 학습 어려움과 원인을 조사·분석하여 이를 해소시킬 수 있는 수업전략을 선정·고안하는 정신모형 평가/어려움 분석 단계, 고안된 수업전략을 실제 적용하는 정신모형 탐색 및 반성, 정신모형 발달 및 반성, 정신모형 정교화 및 반성 단계로 구성되었다. 각 단계에서 교사는 학생들에게 개념에 대한 자신의 초기 정신모형을 떠올리고, 수업이 진행됨에 따라 학습한 내용을 토대로 자신의 초기 정신모형에서 무엇이 잘못되었는지를 비판할 수 있는 기회를 제공한다. 이외에도 상황에 가장 적절한 정신모형을 떠올리고 선택하는 과정을 통해 능동적으로 학습에 참여하게 되므로 학생들이 학습한 개념에 대하여 상황에 직접 적용해볼 수 있는 기회, 학생들로 하여금 토의를 통하여 다른 학생들과 자신의 정신모형을 객관적으로 비교해볼 수 있는 기회를 제공한다. 또한, 학생 상호간의 토의 등을 통해 자신의 정신모형의 타당성을 검증해보고 다른 학생의 것과 비교하는 과정을 통해 보다 능동적으로 과학적인 정신모형을 형성해 나갈 수 있도록 한다.

4M 순환학습 수업모형은 기존의 순환학습 모형이나 기존 정신모형 이론을 토대로 개발된 수업모형과 여러 가지 면에서 차이점이 있다. 먼저, 순환학습 모형과의 차이점을 살펴보면, 첫째, 개발된 수업모형은 순환학습 모형의 한계점 중 하나인 단순화된 수업전략으로 인한 적용상 어려움을 극복하기 위하여 수업모형 각 단계별 교사가 적용할 수 있는 개략적인 수업전략들을 제시하였다. 둘째, 순환학습 모형은 학생이 학습 시 겪는 어려움과 원인을 분석하여 이를 고려하는 단계가 없다는 한계점이 있다. 반면, 본 수업모형에서는 수업의 첫 단계이자 마지막 단계로서 정신모형 평가/어려움 점검 단계를 두었다. 셋째, 순환학습의 주목적은 과학적 개념 획득과 과학적 사고력 개발로 대체로 학습의 인지적 측면만을 강조하고 있다. 이에 반해 본 수업모형은 과학학습에 영향을 끼치는 요인을 총체적으로 고려하도록 하였으며, 이는 각 단계별 수업전략과 이 수업모형이 적용된 수업지도안을 통해서도 확인할 수 있다. 이에 더하여 각 단계별로 반성 단계를 둬으로써, 학생 스스로 자신의 정신모형을 발전시킬 수 있는 자기주도적 학습이 이루어지도록 하였다.

다음으로 개발된 4M 순환학습 수업모형은 기존에 개발된 정신모형 이론 기반 수업모형의 한계점인 학생 개념의 인지적 측면에 집중하여 수업모형과 전략이 개발된 점, 통합적 정신모형 이론에서 주장하는 학습에 영향을 끼치는 요인들을 충분히 고려하지 못한 점, 학생의 어려움과 원인에 관한 연구 결과의 반영이 부족한 점, 수업 시 고려해야 할 요소들을 너무 세분화하여 제시함으로써 현장적용을 어렵게 한다는 점 등을 보완하였다. 즉, 본 수업모형은 학생의 지식, 신념, 행동, 환경 요인들 모두가 과학적인 방향으로 향상될 수 있도록 하였으며, 학생의 학습 시 겪는 어려움과 원인을 해소시킬 수 있도록 피드백이 강조된 순환적인 과정으로 구성되었다. 그 외에 수업모형 각 단계별 전략도 각 단계의 목적에 맞게 개괄적인 전략만을 제시함으로써 각 세부 전략은 해당 개념에 적합하게 교사가 선정·고안할 수 있도록 하였다.

결론적으로 본 연구에서 개발한 4M 순환학습 수업모형은 기존의 수업모형과는 달리 학생들의 어려움과 원인과 수업단계에 따라 적절한 수업전략을 적용케 함으로써 보다 유의미한 학습이 이루어지도록 구성되었다. 뿐만 아니라 교사활동과 학생활동은 명확하게 제시한 점, 각 단계에서 교사와 학생 간 상호작용이 강조한 점, 어려움을 해소하기 위해 그 유형과 원인을 분석하여 학생들에게 피드백 해주는 것을 강조한 점, 어려움의 원인별로 수업모형을 제시한 점, 수업모형과 전략 개발을 위해 학생 요인인 지식, 신념, 행동과 외적 요인인 환경을 통합적으로 고려함을 통해 어려움을 해소하여 과학적 정신모형으로의 발달을 촉진시키는 점 등이 특징이자 장점이라 할 수 있다.

국문 요약

최근 과학교육 분야의 연구들에 의하면 학생들은 과학수업 시 다양한 어려움을 지각하며 수업 후에도 이러한 어려움이 잘 해소되지 않는다는 연구 결과가 보고되고 있다. 그러나 학생들이 느끼는 과학학습의 어려움과 그 원인을 조사하여 이를 해소시키기 위한 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 학생들의 과학학습 어려움에 대한 체계적인 분석과 더불어 어려움을 해소하고 학습효과를 향상시킬 수 있는 새로운 수업모형 개발이 필요하다. 본 연구에서는 최근의 과학학습 과정에서 학생의 겪는 어려움과 기존 과학수업 모형에 관한 선행연구들을 조사하여, 이 결과를 통합적 정신모형 이론 관점에서 분석하였다. 이러한 과정을 거쳐 과학학

습 어려움 해소를 도울 수 있는 통합적 정신모형 이론에 기반한 4M 순환학습 수업모형을 개발하였다.

참고 문헌

- 강홍준 (2007). 고1 최상위권 과학성적 세계 2위→17위 추락, 새 대통령 '교육결단' 필요. 중앙일보 12월 5일자 신문.
- 권재술 (1989). 과학개념의 한 인지적 모형. 물리교육, 7, 1-9.
- 기현희 (2008). 전력 학습에 관한 중학생의 어려움 이해. 서울대학교 석사학위논문.
- 김영민, 권성기 (1992). 전류 개념 변화를 위한 순환학습의 효과. 한국과학교육학회지, 12(3), 21-35.
- 김익균, 이홍준 (2006). 대학생들의 상대운동 개념의 상황의존성. 한국과학교육학회지, 26(3), 462-473.
- 남정희, 최준환, 고문숙, 김재홍, 강순민, 임재향, 공영태 (2005). 형성평가를 이용한 교수-학습 전략이 중학교 학생들의 과학개념 이해, 학습동기, 메타인지 능력에 미치는 영향. 대한화학회지, 49(3), 311-320.
- 송진웅(1997). 과학교육에서의 상황 관련 연구에 대한 개관과 분석. 한국과학교육학회지, 17(3), 273-288.
- 양명원 (1988). 순환학습 모형을 이용한 일반화학실험이 학생들의 화학수업에 대한 태도와 탐구능력 신장에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이경호, 신중호, 송상호, 김연수, 박지연, & Bao, L. (2005). 과학수업전략과 교수자료 개발을 위한 중등학생의 정신모형(Mental Model) 탐색 연구: 이론의 현장적용 방안을 중심으로. 한국학술진흥재단 연구보고서(2003-042-B00165).
- 이경호 (2007). 왜 학생들은 물리학을 어려워하는가?: 지식 신념틀을 이용한 물리학습의 어려움에 대한 구조적 분석을 향하여. 새물리(Sae Mulli), 54(4), 284-295.
- 이승희 (2006). 대학 전공 역학 학습에서 '학생의 어려움'과 그 해소방안: 'Lagrange's Equation' 학습을 중심으로. 서울대학교 석사학위논문.
- 최병순 (1990). Learning Cycle Model을 이용한 화학실험이 학생들의 탐구능력 신장에 미치는 영향. 화학교육, 17(1), 6-11.
- 한국교육과정평가원 (2007). 대한민국, OECD PISA에서 높은 교육 성취수준 달성: OECD 학업 성취도 국제 비교 연구(PISA 2006) 주요 결과 발표.
- 한중하 (1987). 과학적 사고력 신장을 위한 수업전략. 서울: 한국교육 개발원.
- 홍순경, 최병순 (1991). 밀도의 개념 변화에 미치는 순환 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 11(1), 15-24.
- Barman, C. (1997). The learning cycle revisited: A modification of an effective teaching model. Monograph 6. Washington, DC: Council for Elementary Science Inter-

national.

Blank, L. M. (2000). A metacognitive learning cycle: A better warranty for student understanding?. *Science Education*, 84(4), 486-506.

Bodzian, A., Cates, W., Price, B., & Pratt K. (2003). Implementing a web-integrated high school biology program. Web poster session presented at the 2003 National Educational Computing Conference(NECC) in Seattle, WA.

Boulter, C. J., Buckley, B., & Walkington, H. (2001). Model-based teaching and learning during ecological inquiry. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Seattle, WA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED454048).

BSCS (2006). *The Cornerstone-to-Capstone Approach: Creating Coherence in High School Science*. Colorado Springs, Co: Author.

Carnine, D. W., Kameenui, E. J., & Coyne, M. D. (Eds.). (2002). *Effective teaching strategies that accommodate diverse learners*(2nd ed.). 이대식, 이창남(역) (2005). 모든 수준의 학생들을 위한 수업설계 및 교재개발의 원리: 각 교과별 적용 예. 서울: (주)시그마프레스.

Chi, M. T. H., Slotka, J. D., & de Leeuw. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.

Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism. In G. Glover, R. Ronning & C. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research*. New York, NY: Plenum.

R. (2002). Conceptual change-still a powerful frame for improving science teaching and learning?. Paper presented at the third European Symposium on Conceptual Change, Finland: Turku.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model: A proposed 7E model emphasizes "transfer of learning" and the importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.

Fensham, P. (2001). Science content as problematic-Issues for research. In H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Graber, M. Komorek, A. Koss & P. Reiska (Eds.), *Research in Science Education-Past, Present, and Future* (pp. 27-41). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Glasson, G. E., & Lalik, R. V. (1993). Reinterpreting the learning cycle from a social constructivist perspective: A qualitative survey of teachers' beliefs and practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 187-207.

Glynn, S. M. (1997). *Learning from science text: Role of an elaborate analogy*. Colledge Park, MD: National Reading Research Center.

Gobert, J. D. (2005). The effect of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 444-455.

Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.

Halloun, I. (2004). *Modeling theory in science education*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Hamaker, C. (1986). The effects of adjunct questions on prose learning. *Review of Educational Research*, 56(2), 212-242.

Hennessey, M. (1993). Students' ideas about their conceptualization: Their elicitation through instruction. Paper presented at the annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching, Atlanta, GA.

Hiebert, J., Weare, D., & Taber, S. (1991). Fourth graders' gradual construction of decimal fractions during instruction using different physical representations. *Elementary School Journal*, 91(4)[삽입], 321-341.

Karplus, R. (1977). Science teaching and the development interactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 237-250.

Klob, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, NJ: Prentice Hall.

Lawson, A., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). *A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills*. NARST Monograph No. 1.

Lavoie, D. (1999). Effects of emphasizing hypothetico-predictive reasoning within the science learning cycle on high school student's process skills and conceptual understandings in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1127-1147.

Lee, G., Shin, J., Park J., Song, S., Kim, Y., & Bao, L. (2005). An integrated theoretical structure of mental model: Toward understanding how students form their ideas about science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(6), 698-707.

Marzano, R. J., Pickering, D. J., & Pollock, J. E. (2001). *Classroom instruction that works: Research based strategies for increasing student achievement*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development(ASCD).

Mayer, R., & Gallini, J. (1990). When is an illustration worth a thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.

Osman, M., & Hannafin, M. J. (1994). Effects of advance organizing questioning and prior knowledge on

science learning. *Journal of Educational Research*, 88(1), 5-13.

Pintrich, P. R., Mark, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.

Pressley, M., Wood, E., Woloshyn, V., Martin, V., King, A., & Menke, D. (1992). Encouraging mindful use of prior knowledge: Attempting to construct explanatory answers facilitates learning. *Educational Psychologist*, 27(1), 91-109.

Reeve J. (2000). *Understanding motivational and emotion*(3rd ed.). 정봉교, 현성용, 윤병수(역) (2003). *동기와 정서의 이해*(3판). 서울: 박학사.

SEDL (2005). *Professional teaching and learning cycle: Writing strand*. Southwest Educational Development Laboratory.

Sinatra, G. M. (2002). Motivational, social, and contextual aspects of conceptual change: A commentary. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp.187-197). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Venville, G. (2004). Young children learning about living things: A case study of conceptual change from ontological and social perspectives. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 449-480.

Warjovaara, R. (2007, December 5). ‘학력 1위’ 핀란드, 비결은 ‘수준별 수업’. *조선일보*.

Wells, M., Hestenes, D., & Swackhamer, G. (1995). A modelling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, 64(7), 606-619.

White, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction*, 10(1), 1-100.

Wittmann, M., & Scherr, R. (2002). Epistemology mediating conceptual knowledge: Constraints on data accessible from interviews. *Physics Education Research Conference Proceedings*.

YILMAZ, H., & ÇAVAŞ, P. H. (2006). The effect of the 4-E Learning Cycle method on students' understanding of electricity. *Journal of Turkish Science Education*, 3(1), 2-18.

Zollman, D. (1990). Learning cycles for a large-enrollment class. *The Physics Teacher*, 28(1), 20-25.