

모델 구성을 통한 지구과학 교수-학습 활동의 제안

오필석*

이화여자대학교 과학교육과, 120-750 서울시 서대문구 대현동 11-1

요약

본 논문에서는 모델 구성을 통한 교수-학습 활동을 지구과학 수업을 위한 유용한 방법의 하나로 제안하였다. 모델 구성은 지구과학자들이 직접적으로 경험하기 어려운 지구과학적 현상이나 과정을 연구하기 위하여 동원하는 방법으로서, 지구과학의 본질적 속성을 반영한 수업을 개발하는 데 이용할 수 있다. 모델 구성을 통한 지구과학 수업은 학생들이 지구과학적인 현상이나 과정에 대한 모델을 창안하고 학생들이 서로 모델에 대한 의견을 교환하며 지속적으로 모델을 수정해 나가는 순환적인 과정 (creation-communication-change cycle)으로 진행될 수 있으며, 학습자들의 사고 과정을 촉진시켜 여러 가지 학습 효과를 가져올 수 있다. 따라서, 지구과학 교육 현장에서 학생들이 능동적으로 참여하는 지구과학 수업을 위하여 모델 구성을 통한 교수-학습 활동이 적극적으로 실천되고 그 효과를 자세히 검토하는 일이 필요하다.

주요어 : 모델 구성, 지구과학의 본성, creation-communication-change

1. 서론

학교에서의 과학교육이 과학의 본질적 속성을 반영한 형태로 이루어져야 한다는 주장은 여러 해 동안 출간된 많은 과학교육 관련 문헌들에서 공통적으로 발견할 수 있다 (Chiappetta & Koballa, 2002; DeBoer, 1991; National Research Council, 1996). 최근에는 지구과학교육 분야에서도 지구과학의 본성을 고려한 교수-학습 방법을 탐색하는 작업들이 국내외의 연구자들에 의해 진행되고 있다 (Mayer, 2003; Kim, 2002; Oh, 2004). 이러한 맥락에 맞추어 본 논문에서는 모델 구성(model building)을 통한 지구과학 교수-학습 방법을 제안하고자 한다. 본고에서는 모델 구성을 통한 지구과학 교수-학습을 학생들이 지구과학적 현상이나 과정을 설명할 수 있는 모델을 창안하고 창안된 모델과 관련된 서로의 의견을 교환하여 지속적으로 모델을 수정하는 일련의 순환적인 활동으로 이루어진 수업 (an instructional cycle of creating, communicating, and changing)이라고 임시적으로 정의

한다. 본론에서는 이러한 모델 구성 활동의 의의를 과학적인 측면과 교육적인 측면에서 살펴보고 현장에서 활용할 수 있는 모델 구성 활동의 예를 제시하여 장차 교육 현장에서의 수업과 지구과학교육 연구에 시사하고자 한다.

2. 본론

1) 모델 구성 활동의 과학적 의의

과학은 자연 세계를 다양한 탐구 방법을 통해 연구하여 이론을 구성함으로써 자연 현상을 설명하려는 인간의 활동이라고 포괄적으로 정의할 수 있다(NRC, 1996). 즉, 과학 활동의 산물로서 과학 이론(scientific theory)은 과학의 본성을 담고 있는 창조적인 구성물 중의 하나이다(Chiappetta & Koballa, 2002). 이러한 과학 이론에 대하여 1970년대까지는 이론이 일정한 형식을 갖춘 공리들의 체계나 구조(axiomatic system or structure)라는 견해가 일반적으로 받아들여졌다(Giere, 1994).

그러나, 자연 세계를 연구의 대상으로 하는 과학 활동에서는 경험적으로 확인할 수 있는 주장이 도출될 수 있는 방식으로 이론이 만들어져야 하기 때문에 공리들의 체계로서만 과학 이론을 설명하는 것은 충분하지 않다(Engelhardt & Zimmermann, 1982; Giere, 1994; Suppe, 1972). 오히려, 실제 과학 활동에서는 자연 현상을 표상(representation)하는 방법의 하나로써 모델을 제작하고 이를 조작하는 일이 중요하다. 특히, 과학에서 관심을 가지는 모델은 실재하거나 혹은 상상 속에 존재하는 어떤 사물 내지 과정을 나타내는 '모상으로서의 모델'(iconic model)이라고 할 수 있다(Harre, 1972; 과학적 모델에 대한 보다 세부적인 구분을 위해서는 Frigg & Hartmann, 2005을 참조). 다시 말하여, 모상으로서의 모델은 '실재하거나 아니면 가상에 의한 것으로 다른 사물 및 과정과 여러 가지 점에서 비슷하고 또 우리의 이해를 진작시키는 기능을 하는 사물 내지 과정'(Harre, 1972, 번역판의 230쪽에서 인용)을 뜻한다. 예를 들어, 천문학에서는 천체들의 운동을 기술하고 예측하기 위하여 기하학적인 모형을 이용하기도 하고, 지질학에서는 바람이나 유수에 의해 사막이나 해변에서 퇴적물이 운반되고 퇴적되는 복잡한 과정을 축소된 모형을 통해 설명하기도 한다(Engelhardt & Zimmermann, 1982). 특히, 이러한 과학적 모델들은 자연 현상을 있는 그대로 표상한다기 보다는 탐구의 관심에 따라 어떤 특징들을 선택하거나 제거하고 복잡한 형태를 단순화하는 등의 조작을 가한다는 점에서 사진과 같은 것과는 구별된다.

그런데, 과학적인 탐구 방법의 일환으로 모델을 구성하는 활동은 지구과학에서 매우

중요한 역할을 한다(Engelhardt & Zimmermann, 1982; Giere, 1988). 이것은 지구과학의 이론들이 물리나 화학과 같은 다른 과학의 그것들과 비교하여 경험적인 내용들과 더욱 빈번이 연결되고, 그럼에도 불구하고 지구과학에서 관심을 두고 있는 현상이나 과정들이 직접적으로 다루기 어렵다는 데 크게 기인하는 것이다(Gobert & Clement, 1999; Kim, 2002; Selles-Martinez, 2004). 즉, 지구과학적 현상들과 과정들은 다양하고 방대한 시·공간적 규모로 인해 쉽게 인식하기 어렵고 실험을 통해 직접적으로 다루는 것이 불가능한 경우가 많다. 또, 지구과학적 현상들은 여러 과정들이 복합적으로 상호작용한 결과로서 나타나기 때문에 몇가지 과학 법칙들을 형식 논리를 따라 적용하여서는 그 시스템적(systematic) 과정을 잘 설명할 수 없는 경우도 적지 않다. 따라서, 지구과학에서는 자연 현상을 거울과 같이 그대로 기술하기 보다는 실재(reality)의 경험적이거나 가설적인 요소들을 설명하면서 그것과 간접적으로 관련을 맺는 모델을 이용한 탐구 활동이 자주 동원되고 있다. 예컨대, 판구조론은 지구의 여러 가지 변화를 모두 자세하게 밝혀냄으로써 확립되었다기보다는 지구 내부 및 지표의 모델을 구성하고 부분적이고 제한적으로 제공되는 경험적인 자료들과 함께 모델을 조작하는 지난한 활동을 통해 발전되어 왔다고 볼 수 있다(Engelhardt & Zimmermann, 1982; Giere, 1988).

이와 같이 모델을 구성하는 활동은 자연 세계를 연구하는 과학의 탐구 방법 중의 하나라는 데 그 의의가 있으며, 특히 경험적으로 직접 다루기 어려운 여러 가지 현상들과 과정들을 연구하는 지구과학의 본질적 속성을 잘 반영하는 것이라 할 수 있다. 따라서, 학교에서 지구과학을 가르치고 배울 때에는 지구과학의 본성을 반영한 수업 방법으로서 모델 구성을 통한 교수-학습 활동을 적극적으로 활용할 필요가 있다고 하겠다.

2) 모델 구성 활동의 교육적 의의

이미 다수의 연구자들이 모델을 이용한 지구과학 수업에 대해 고찰하고 이를 실제 수업 상황에 적용하는 연구들을 진행해 오고 있다(Barab et al., 2000; Gobert, 2000; Gobert & Clement, 1999; Gobert & Pallant, 2004). 이들은 자신들의 연구의 맥락에 따라 모델을 이용한 수업에 대한 다양한 명칭을 사용하고 있는데, 모델 중심의 교수-학습(model-based teaching and learning)이나 모델 중심 추론(model-based reasoning) 등이 그 예이다. 하지만, 그러한 수업에는 학생들이 모델을 창안하고 창안된 모델에 관련하여 서로 의견을 나누며 지속적으로 자신들의 모델을 수정하는, 말하자면 'Creation-Communication-Change'라는 일련의 활동이 핵심을 이루고 있다. 예컨대,

Gobert 등(Gobert, 2000; Gobert & Clement, 1999; Gobert & Pallant, 2004)은 초·중등학교 학생들을 대상으로 지각 변동을 야기하는 지구 내부의 공간적인 구조와 역동적인 과정을 설명할 수 있는 모델을 그림의 형식으로 표상하게 하는 수업을 수행하였다. 이들의 프로그램에는 학생들이 자신들이 창안한 모델이 지니고 있는 특징들을 설명하고, 다른 사람들의 모델을 탐색하며, 자신들의 모델 속에 내재된 오개념을 발견하여 모델을 수정하는 활동들이 포함되어 있다.

연구자들은 모델 구성 활동의 교육적 의의와 효과를 여러 가지로 제시하고 있다. 무엇보다 먼저, 학생들이 직접 모델을 구성하는 과정을 중심으로 진행되는 교수-학습 활동이 그들 학습자들이 자신의 인지적 모형(mental model)을 형성하고 개선해 나가는 사고 과정을 촉진시킨다는 데에는 많은 연구자들이 일치된 견해를 보이고 있다. 특히, 가시적인 형태로 창안되는 모델은 그것을 활용하여 학생들이 추상적인 개념을 다루어 볼 수 있도록 함으로써 직접적으로 탐구하기 어려운 현상이나 과정에 대한 학습을 도울 수 있다고 한다. 실제로 이러한 가정들은 모델 구성을 통한 수업이 모델의 대상이 되었던 과학적 개념들과 현상들에 대한 학생들의 이해를 증진시키는 데 효과가 있다는 경험적인 연구 결과에 의해 지지되고 있다(Barab et al., 2000; Gobert & Clement, 1999). 뿐만 아니라, 모델을 이용한 교수-학습은 과학의 탐구 과정과 과학적 모델에 대한 학생들의 인식론적 이해를 강화할 수 있다는 것도 함께 주장되고 있다(Gobert & Pallant, 2004; Kipnis, 1998). 정리하여 말하자면, 학생들의 모델 창안과 지속적인 개선을 통한 교수-학습 활동은 학습자의 능동적인 참여와 역할을 중심으로 전개되는 구성주의적이고 탐구 지향적인 수업을 구현하는 데 효과적으로 기능한다고 볼 수 있다.

3) 모델 구성 활동을 통한 지구과학 수업의 한 예

현재 중·고등학교에서 사용되는 교과서에서 지구과학과 관련된 실험·실습 활동들을 살펴보면, 학생들로 하여금 여러 가지 지구과학적 현상들과 과정들에 대한 모델을 제작해 보도록 하는 내용들이 일부 포함되어 있다. 그러나, 학생들마다 자신들의 창의적인 아이디어에 의해 다양한 모델을 만들어 보게끔 하는 활동이 부족하고, 특히 학생들이 자신이 제작한 모델에 대해 함께 토론하고 과학적으로 논쟁하여 점차로 세련된 모델로 발전시켜 나가도록 하는 계열로 이루어진 활동은 찾아보기 어렵다. 따라서, 현재 지구과학 교육 현장에서 부분적으로 활용되고 있는 모델 구성 활동의 의의를 새롭게 인식하고 학생들에게 지속적이고 의미 있는 교육 경험을 제공할 수 있는 형태로 기존의 활동을 재구성

하여 적용해 보는 노력이 필요하다고 여겨진다. 이러한 노력에 시사하기 위하여 다음에서는 모델 구성을 통한 지구과학 교수-학습의 한 예를 소개해 보고자 한다.

제시하는 모델 구성 활동의 예는 지구과학 예비 교사들을 위한 수업에서 실시한 마이크로 티칭(micro-teaching) 상황에서 이루어진 것이다. 이 수업에서 예비 교사들은 3~4명이 한 조가 되어 관심 있는 주제에 대한 교수-학습안을 설계하고, 설계된 교수-학습안을 바탕으로 한 명의 조원이 교사의 역할을, 나머지 조원들이 학생의 역할을 하여 가상의 수업을 연출하였다. 특히, 지구의 판구조 운동을 다루고자 했던 조에서는 학생들이 모델을 구성하는 활동을 중심으로 교수-학습안을 작성하고 이를 시연해 보였다. 이렇게 연출된 수업에 따르면, 학생들이 지각 변동과 판구조 운동에 대한 기본적인 내용을 학습한 후에 판의 운동을 설명할 수 있는 나름대로의 모델을 만들어 보게 된다. 이 때는 학생들이 자신들의 창의적인 아이디어에 따라 다양한 형태의 모델을 구성하도록 유도하였는데, <그림 1>에서 보는 바와 같이 그림을 그리거나 종이 상자를 이용하여 판의 운동을 설명할 수 있는 모델이 제작되었다. 학생들은 또 자신들이 제작한 모델을 교사와 급우들 앞에서 발표하게 되는데, 이 때는 발표자마다 자신의 모델을 이용하여 지구의 판구조 운동에 대해 설명할 수 있어야 한다. 이 과정에서는 판구조 운동에 대한 학생들의 오개념이 자연스럽게 노출되므로 교사가 적절하게 개입하여 모델을 수정할 수 있는 기회를 부여한다. 이와 더불어, 발표가 진행되는 동안 청중의 역할을 한 학생들은 자신의 궁금증을 토대로 질문을 던지거나 토론에 참여하며, 발표자들의 모델과 설명 과정을 평가하는 동료 평가(peer assessment)를 수행하게 된다.



<그림 1> 판구조 운동에 대한 학생 모델의 예

3. 결론

이상과 같이, 본 논문에서는 학생들이 지구과학적인 현상이나 과정에 대한 모델을 구성하는 것을 중심으로 전개되는 수업의 의의를 과학적인 측면과 교육적인 측면에서 고찰하고, 예비 교사들의 마이크로 티칭 상황에서 이루어진 모델 구성을 통한 지구과학 교수-학습 활동의 예를 소개하였다. 모델 구성 활동은 지구과학의 본질적 속성을 잘 반영하는 형태의 교수-학습 방법일 뿐만 아니라, 여러 가지 학습 효과를 유발할 수 있으므로 지구과학 교육 현장에서 이를 적극적으로 활용하고 그 효과를 자세히 검토하는 일이 필요하다고 생각된다. 또한, 교육 현장에서 모델 구성을 통한 수업이 시행될 때에는 이 활동을 통해 교육적 경험을 더욱 풍부하게 하고 그 효과를 더욱 증진시킬 수 있는 보완적인 전략들이 많이 발견되고 개발되어야 할 것이다. 이를 위해서는 전통적인 실험 연구와 더불어 지구과학 교사와 지구과학 교육 연구자들이 협력하여 지속적으로 교실 수업을 개선해 나가기 위한 현장개선연구(action research)의 형태로 연구가 진행되는 것이 바람직하다고 생각된다.

참고문헌

- Barab, S. A., Hay, K. E., Barnett, M., & Keating, T. (2000). Virtual solar system project: Building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(7), 719-756.
- Chiappetta, E. L., & Koballa, T. R. Jr. (2002). *Science instruction in the middle and secondary schools*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education: Implications for practice*. New York, NY: Teachers College, Columbia University.
- Engelhardt, W. von, & Zimmermann, J. (1982). *Theory of earth science* (translated by L. Fischer). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Frigg, R., & Hartmann, S. (2005, in press). Scientific models. In S. Sarkar et al. (Eds.), *The philosophy of science: An encyclopedia*. New York, NY: Routledge.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

- Giere, R. N. (1994). The cognitive structure of scientific theories. *Philosophy of Science*, 61, 276–296.
- Gobert, J. D. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937–977.
- Gobert, J. D., & Clement, J. J. (1999). Effects of student-generated diagram versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamics knowledge in plate tectonics. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(1), 39–53.
- Gobert, J. D., & Pallant, A. (2004). Forstering students' epistemologies of models via authentic model-based task. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 7–22.
- Harre, R. (1972). *The philosophies of science: An introductory survey* (민찬홍, 이병욱 역), (1985). 과학철학. 서울: 서광사). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Kim, C.-J. (2002). Inference frequently used in earth science. *The Journal of the Korean Earth Science Society*, 23(2), 118–193.
- Kipnis, N. (1998). Theories as models in teaching physics. *Science & Education*, 7, 245–260.
- Mayer, V. J. (2003). *Implementing global science literacy*. Columbus, OH: The Ohio State University.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Oh, P. S. (2004). The nature of scientific methods and its implication for inquiry activities in science classrooms. *East West Education* 21, 89–101. Ewha Womans University.
- Selles-Martinez, J. (2004). International Earth Science Olympiad: What to test and how to do so. *Seoul Conference for International Earth Science Olympiad(IESO) Conference Proceedings*, 136–142.
- Suppe, F. (1972). "What's wrong with the received view on the structure of scientific theories?" *Philosophy of Science*, 39, 1–19.