

과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향

강석진* · 김영희 · 노태희
(전주교육대학교*) · (서울대학교)

The Influence of Small Group Discussion Using the History of Science upon Students' Understanding about the Nature of Science

Kang, Sukjin* · Kim, Younghee · Noh, Taehee
(Jeonju National University of Education*) · (Seoul National University)

ABSTRACT

In this study, we investigated the effects of small group discussion using episodes from the history of science on students' understanding about the nature of science (NOS), achievement, enjoyment of science lessons, and science learning motivation. Participants were 138 ninth graders from a middle school in Seoul and they were assigned to a control group and a treatment group. Students in the treatment group were provided with two contrasting perspectives concerning the NOS and were encouraged to discuss them in small groups. The intervention lasted for 5 class periods. The results revealed that students of both the control group and the treatment group were found to possess similar views about NOS in a NOS pretest, whereas students of the treatment group exhibited more sophisticated understanding in a NOS posttest. The scores of the treatment group were also significantly higher than those of the control group in an enjoyment of science lessons test and a learning motivation test. However, there was no significant difference between two groups in the achievement test scores.

Key words: nature of science, history of science, small group discussion

I. 서론

과학적 소양을 갖춘 시민의 양성은 과학 교육의 중요한 목표이며, 과학의 본성(nature of science: NOS)에 대한 이해는 과학 개념의 학습, 과학·기술과 사회의 관계에 대한 이해와 함께 과학적 소양의 한 측면으로 강조되고 있다(AAAS, 1993; National Research Council, 1996). 과학의 본성에 대한 올바른 이해는 학생들이 다양한 사회 문제들에 대한 의사결정을 내리는데 필요한 지식, 기술, 태도 등을 함양하기 위해 필수적이다(Meichtry, 1992). 그

러나 교육 현장에서는 과학 개념의 학습에 비해 과학의 본성에 대한 이해가 상대적으로 소홀히 다루어져 왔고, 그 결과 과학의 본성에 대한 학생들의 견해는 현대적인 견해와 큰 거리가 있는 것으로 보고되었다(Solomon *et al.*, 1996; 노태희 등, 2002). 이러한 배경 하에서 교사 교육이나 교육과정 개선 분야의 연구에서는 과학의 본성에 대한 직접적인 교수의 필요성이 제기되어 왔으나(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000), 수업에서 실제로 과학의 본성을 가르치기 위한 방안에 대해서는 연구가 충분하지 못하다.

최근의 연구들(Duschl, 1990; Solomon *et al.*, 1992; Irwin, 2000)에서 과학의 본성을 직접적으로 교수할 수 있는 방안 중의 하나로 과학사의 유용성이 제안되기 시작했다. 과학 교과서나 교육 현장에는 과학의 산물인 과학 내용에 대한 지식만을 중요시하는 풍조가 만연되어 있다. 그러나 이러한 과학 교육은 과학 지식이 만들어지는 과정에서 인간의 창의적인 사고의 역할을 무시하여(Duschl, 1990), 과학에 대한 올바른 이미지의 형성을 방해할 수 있다. 과학사는 과학 지식이 시대에 따라 어떻게 변했으며 사회나 문화의 영향을 어떻게 받았는지에 대해 보여줄 수 있으므로(Solomon *et al.*, 1992), 과학의 과정이 효과적으로 제시될 수 있다. 예를 들어, Irwin(2000)은 과학사에 나타나는 과학자들의 창의적 활동에 대한 이해가 과학에 대해 학생들이 일반적으로 지니고 있는 극단적인 사실주의를 해소할 수 있다고 제안했다.

그러나 선행 연구의 결과에 따르면, 과학의 본성 교육에서 과학사의 도입이 긍정적인 경우(Solomon *et al.*, 1992; Irwin, 2000)도 있었지만, 거의 영향을 미치지 않은 경우(유미현, 1999; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Tao, 2003)도 일부 보고되고 있다. 과학사 소재를 이용한 수업에서 과학사 이야기는 흔히 읽기 자료나 강의의 형태로 학생들에게 제시된다. 그런데 일반적으로 학생들은 역사적 이야기를 접할 때 그 시대의 관점, 즉 당시의 사회적 상황이나 세계관과 무관하게 현재 자신의 관점에서 이해하는 경향이 있다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). 이 경우, 과학사 이야기에 등장했던 이전의 과학 개념은 자연 현상을 이해하려 시도했던 이전 과학자들의 노력으로 비춰지는 것이 아니라, 원래 의도와 달리 단순히 과거의 잘못된 개념으로 무시당할 가능성이 높다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 즉, 과학의 본성 수업에 단순히 과학사 소재를 도입하는 것만으로는 과학의 본성에 대한 학생들의 이해 향상을 보장하기 어렵다.

사회적 합의 형성을 위한 상호작용적인 활동인 소집단 토론은 효과적인 학습을 위해 필요한 환경 중의 하나로 제안되고 있다(강석진과 노태희, 2000). 소집단 토론에서 학생들은 자신의 생각을 표출하여 평가받고, 타인과의 타협을 통해 의미 있는 지식을 구성하게 되므로(Richmond & Striley, 1996), 과학사를 이용한 과학의 본성 수업에서도 소집단 토론은 유용할 수 있을 것이다. 그러나 Tao(2003)는 과학사 자료에 대한 토론만으로는 과학의 본성에 대한 적절한 이해를 얻기에 부족하다고 보고하였다.

즉, 지식 중심의 학교 교육으로 인하여 과학의 본성에 대해 현대 인식론적 견해를 지닌 학생은 극소수이므로(노태희 등, 2002), 소집단 토론을 실시하더라도 과학사나 과학의 본성에 대한 현대적 관점이 학생들 사이에서 심도 있게 논의되리라 기대하기는 힘들다. 이러한 문제점에 대해, 몇 가지 입장을 학생들에게 제시하고, 이를 바탕으로 토론을 진행하는 것이 한 가지 방안이 될 수 있다. 즉, 여러 입장을 학생들에게 제시해 줌으로써, 학생들은 토론 과정에서 과학의 본성에 대한 현대 인식론적 견해를 포함한 다양한 견해를 접하고 비교할 수 있을 것이다.

이 연구에서는 과학사가 비교적 많이 다루어지고 있는 단원을 대상으로 과학사 소재를 이용한 소집단 토론 수업을 실시하고, 이 수업이 과학의 본성에 대한 학생들의 이해에 미치는 효과를 조사했다. 한편, 선행 연구에서는 과학 수업에 과학사를 도입함으로써 학생들의 개념 이해(유미현, 1999)나 학습 동기와 흥미(Solomon *et al.*, 1992)가 증진되는 것으로 보고되었다. 이 연구에서도 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움, 과학 학습 동기에 미치는 효과를 조사했다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 서울시에 소재한 1개 중학교의 3학년 4개 학급 138명의 학생들(남학생: 72명, 여학생: 66명)을 대상으로 했으며, 2개 학급은 처치 집단(68명)으로, 2개 학급은 통제 집단(70명)으로 학급별로 무선 배치했다. 처치 이전에 과학의 본성, 과학 수업에 대한 즐거움, 과학 학습 동기에 대한 사전 검사를 실시했다. 처치는 '물질의 구성 입자' 단원 중 과학사와 관련된 5차시 분량에 대해 실시했다. 처치 집단에는 과학사를 이용한 소집단 토론 수업을 실시했고, 통제 집단에서는 강의 위주의 전통적 수업을 실시했다. 처치 후에 과학의 본성, 과학 수업에 대한 즐거움, 과학 학습 동기, 학업 성취도에 대한 사후 검사를 실시했다. 또한, 사후 검사를 실시한 2개월 후에 과학의 본성에 대한 파지 검사를 실시했다.

처치를 시작하기 전에 교사 오리엔테이션을 실시하여 수업을 담당할 교사가 과학의 본성 및 처치 기간 동안의 수업 방식에 대해 명확히 이해할 수 있도록 했다. 한편,

연구에 참여하지 않은 또 다른 1개 학급을 대상으로 처치 집단에 실시할 수업을 연습했다. 연습 학급의 모든 수업은 연구자 중 한 사람이 참관하여 수업이 처치의 의도대로 진행되는지를 점검하였고, 담당 교사와의 논의를 통해 미비점을 보완했다. 또한, 처치 집단에는 오리엔테이션을 실시하여 학생들이 새로운 수업 방식에 익숙해지도록 했다. 연구자 중 한 사람이 처치 기간 중 모든 학급의 수업을 2회씩 참관하여 수업 처치가 계획대로 진행되는지 확인했다.

2. 수업 내용 및 과정

연구 대상 단원의 내용을 분석하여 적절한 과학사 소재 및 과학의 본성 관련 주제를 선정했다. 선정된 5가지 소재는 원자설, 일정 성분비의 법칙, 원자 모형, 기체 반응의 법칙, 분자설이었다. 처치 집단에서 진행된 과학의 본성 수업에서 교사는 먼저 관련된 과학 개념과 과학사 이야기에 대해 간략히 설명한 후, 해당 차시에 논의할 문제 상황을 제시했다. 과학사 이야기의 소재가 처치 집단과 통제 집단 사이의 차이를 일으킬 가능성을 통제하기 위하여, 토론해야 할 문제 상황과 관련된 과학사 이야기의 소재는 교과서에서 선정하였다. 각 차시별 주제, 과학사 소재, 그리고 학생들에게 제시한 토론 문제는 Table 1과 같다.

처치 집단의 교수-학습은 소집단 활동 중심으로 이루어졌는데, 학생들은 소집단 별로 제시된 토론 자료를 읽

은 후, 문제 상황에 대하여 제시된 두 가지 입장 중에서 한 가지를 선택하여 자신의 입장으로 주장했다. 토론 자료에 제시한 두 가지 입장은 현대의 과학 철학자 및 과학 교육 연구자들이 일반적으로 동의하는 견해와 선행 연구(노태희 등, 2002)에서 우리 나라 학생들에게 지배적인 선 개념으로 보고된 견해로 구성했다. 토론 자료에서는 두 가지 입장에 대해 학생들이 쉽게 접할 수 있는 비유를 들어 설명했다. 토론 자료의 예를 부록 1에 제시하였다. 모든 토론 자료는 과학교육 전문가 2인과 교사 2인의 검토를 받았으며, 중학교 학생들을 대상으로 가독성(readability)과 이해 여부를 점검했다.

토론 과정에서 학생들은 소집단 내의 다른 학생들이 주장하는 입장을 분석·비판할 뿐 아니라, 동시에 상대방의 입장을 이해하기 위해서도 노력해야 한다. 이를 위해, 토론 과정에서 제시된 구성원들의 의견을 종합하여 소집단 별로 활동지를 작성하고, 이를 전체 학급에 발표하도록 했다. 다음으로, 소집단의 결과 발표를 바탕으로 전체 학급 토론을 실시하였다. 수업의 정리 단계에서는 교사가 전체 학급 토론의 결과를 바탕으로 과학의 본성에 대한 현대적인 견해를 소개하고, 2~3개의 형성 평가 문항을 제시하여 학생들이 해당 차시에서 학습한 내용을 정리·점검할 수 있도록 유도했다.

3. 검사 도구

과학의 본성 검사에는 노태희 등(2002)의 연구에 사용

Table 1. Episodes from HOS and respective questions for discussion used in the instructions

| Theme | Episode from HOS | Main question for discussion |
|----------------------------|---|---|
| Atomic theory | Change of ideas from Aristotle to Democritus | Will the current atomic theory change into a new one in the future? |
| Law of definite proportion | Controversy between Berthollet and Proust, and the discovery of Wustite | Does the law of definite proportion have value as a scientific knowledge? |
| Atomic model | Change of atomic models from Dalton's to contemporary atomic model | Could we use Dalton's atomic theory now? |
| Law of gaseous reaction | Controversy between Gay-Lussac and Avogadro | Why the hypothesis of Avogadro had been acknowledged as a scientific theory? |
| Molecular theory | Advantage of molecular theory over atomic theory | Could we use either atomic theory and molecular theory according to problem situations? |

된 과학의 본성 검사지를 사용했다. 과학의 본성에 대해서는 연구자에 따라 정의가 다양하지만(Lederman, 1992), 이 검사지는 선행 연구에서 공통적으로 제시된 요소 중 초등학생이나 중학생에게 적합한 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 모델의 성질, 과학 이론의 잠정성, 과학 이론의 성질 등에 대해 각각 1문항씩 총 5문항으로 구성되어 있

다. 모든 문항은 학생들의 견해에 기초하여 개발된 선다형 형식으로, 우리 나라 학생들에게 적합하도록 수정되어 있다. 이 연구에서는 처치에서 다루어진 과학의 본성 주제를 고려하여 '과학의 목적' 문항을 제외한 4문항을 사용했다(Fig. 1).

학업 성취도 검사지는 Bloom의 이원 목표 분류표에 따

(Definition of Theory)

1. What is a scientific theory? It is

- ① a plausible but not yet completely proven fact.
- ② an explanation about the reasons for how things happen.
- ③ a fact that has been proven by many experiments.
- ④ Other

(Explain) _____

(Nature of Model)

2. Scientists think of all matter (solids, liquids, and gases) as being made up of tiny particles. This is because scientists

- ① can see the particles under a high performance microscope.
- ② have proven through many experiments that the matter is made up of particles.
- ③ can explain the reasons for many phenomena by thinking of matter as being made up of particles.
- ④ Other

(Explain) _____

(Tentativeness of Theory)

3. Many old scientific theories have been replaced by new ones. This is because

- ① ways of explaining about the same phenomena have now changed.
- ② old theories have been proven wrong by the development of technology and the growth of knowledge.
- ③ a lot of knowledge has been added to old theories. However, new theories are almost the same as old theories in essence.
- ④ Other

(Explain) _____

(Nature of Theory)

4. Gold-miners "discover" gold because gold was under the ground all the time to be uncovered. On the contrary, composers "invent" songs because they make the songs for the first time exercising their imagination. Then, do scientists discover or invent scientific theories?

- ① Scientists discover scientific theories. Though the scientific theories were there all the time to be uncovered, people did not know that before. Thus, scientists discover scientific theories.
- ② Sometimes scientists discover scientific theories, but sometimes scientists invent scientific theories.
- ③ Scientists invent scientific theories. Scientific theories did not exist in the world and come from the imagination of scientists. Thus, scientists invent scientific theories.
- ④ Other

(Explain) _____

Fig. 1. Questionnaire on the nature of science

라 지식 3문항, 이해 4문항, 적용 3문항의 10문항으로 구성했다. 제작된 검사지는 과학교육 전문가 2인과 교사 2인에게 안면 타당도를 검증 받았고, 내적 신뢰도 (Cronbach's α)는 .67이었다. 과학 수업에 대한 즐거움 검사에는 Fraser(1981)의 Test of Science-Related Attitude 중 '과학 수업의 즐거움' 영역 10문항을 사용했다. 모든 문항은 5단계 리커트 척도로 이루어져 있으며, 검사지의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 모두 .93이었다. 과학 학습 동기 검사지는 Course Interest Survey(Keller, 1987)를 사용했다. 이 검사지는 '주의 집중', '관련성', '자신감', '만족감'에 대해 8~9 문항씩 총 34문항의 5단계 리커트 문항으로 구성되어 있다. 전체 검사의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 모두 .95였다.

4. 분석 방법

과학의 본성에 대한 학생들의 견해 비교에는 χ^2 검증을 사용했다. 종속 변인 중 모수 통계의 기본 가정을 만족한 과학 수업에 대한 즐거움과 과학 학습 동기 검사 점수에 대해서는 각각의 사전 검사 점수를 공변인으로 사용하여 일원 공변량 분석(one-way ANCOVA)을 실시했다. 한편, 학업 성취도 검사 점수의 경우, 연구가 학기 초에 이루어져 적절한 사전 검사 점수를 구할 수 없었으므로 t-검증을 실시했다.

III. 결과 및 논의

1. 과학의 본성에 대한 학생들의 견해

처치 전과 후의 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 각각 Table 2와 Table 3에 제시했다. 사전 검사 결과는 동일한 검사지를 사용했던 선행 연구(노태희 등, 2002)의 결과와 거의 유사했다. 즉, 모든 문항에서 현대의 인식론적 견해에 대한 학생들의 응답이 상대적으로 낮았다. 또한, 사전 견해 분포에서는 처치 집단과 통제 집단간에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 반면, 사후 검사에서는 '과학 이론의 정의', '모델의 성질', 그리고 '과학 이론의 잠정성' 세 문항에서 처치 집단이 통제 집단보다 현대의 인식론적 견해에 대한 응답률이 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미했다. 즉, 과학사를 이용한 소집단 토론 수업은 과학의 본성에 대한 학생들의 이해 향상에 대체로 효과적이었다. 이러한 결과는 소집단 토론 과정이 학생들에게 자연 현상에 대한 과학의 설명적 기능에 대해 이해할 기회를 제공한 것으로 해석할 수 있다.

문항 1의 사전 검사 결과에서는 많은 학생들이 과학 이론에 대해 "이론은 실험이나 관찰을 통해 사실로 증명된 것"이라는 실증주의적 견해를 지니고 있었다(통제: 41.4%, 처치: 41.2%). 그러나 사후 검사 결과에서는 통제 집단의 학생들이 실증주의적 견해를 유지한 반면(40.0%), 과학사를 이용한 토론 수업 집단의 경우 61.8%의 학생들이 "과학 이론은 어떤 현상에 대한 설명"이라는 현대 인식론적

Table 2. Frequencies (and percentages) of students' responses to the NOS pretest

| | Definition of theory | | Nature of model | | Tentativeness of theory | | Nature of theory | |
|----------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Control | Treatment | Control | Treatment | Control | Treatment | Control | Treatment |
| 1 | 17 (24.3) | 19 (27.9) | 8 (11.4) | 8 (11.8) | 5* (7.1) | 5* (7.4) | 37 (52.9) | 41 (60.3) |
| 2 | 23* (32.9) | 16* (23.5) | 39 (55.7) | 32 (47.1) | 49 (70.0) | 41 (60.3) | 25 (35.7) | 24 (35.3) |
| 3 | 29 (41.4) | 28 (41.2) | 19* (27.1) | 22* (32.4) | 13 (18.6) | 16 (23.5) | 6* (8.6) | 2* (2.9) |
| 4 | 1 (1.4) | 5 (7.4) | 4 (5.7) | 6 (8.8) | 3 (4.3) | 6 (8.8) | 2 (2.9) | 1 (1.5) |
| χ^2 | 4.024 | | 1.281 | | 1.993 | | 2.530 | |

* contemporary epistemological view

Table 3. Frequencies (and percentages) of students' responses to the NOS posttest

| | Definition of theory | | Nature of model | | Tentativeness of theory | | Nature of theory | |
|----------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------------|---------------|------------------|--------------|
| | Control | Treatment | Control | Treatment | Control | Treatment | Control | Treatment |
| 1 | 16 (22.9) | 9 (13.2) | 14 (20.0) | 5 (7.4) | 5* (7.1) | 22* (32.4) | 46 (65.7) | 39 (57.4) |
| 2 | 26* (37.1) | 42* (61.8) | 31 (44.3) | 21 (30.9) | 52 (74.3) | 23 (33.8) | 22 (31.4) | 24 (35.3) |
| 3 | 28 (40.0) | 15 (22.1) | 22* (31.4) | 40* (58.8) | 13 (18.6) | 18 (26.5) | 1* (1.4) | 5* (7.4) |
| 4 | 0 (0.0) | 2 (2.9) | 3 (4.3) | 2 (2.9) | 0 (0.0) | 5 (7.4) | 1 (1.4) | 0 (0.0) |
| χ^2 | 11.628** | | 11.585** | | 27.700** | | 4.302 | |

**p<.01, * contemporary epistemological view

인 견해를 선택하였다. 즉, 과학사를 이용한 소집단 토론 수업을 통해 학생들이 과학 이론에 대해 현대의 인식론적 견해에 가까운 견해를 지니게 되는 것으로 나타났다. 과학의 산물을 중요시하는 전통적인 과학 교육에서는 과학 이론이 객관적인 것으로 묘사되므로, 학생들은 과학 이론을 자연 현상을 설명하기 위한 노력이라기보다는 세상과 독립적으로 존재하는 지식의 체계로 보게 된다(Sandoval & Morrison, 2003). 반면, 과학사는 과학 이론이 왜, 그리고 어떤 과정을 통해 형성되는지 구체적으로 보여줄 수 있기 때문에(Matthews, 1994), 학생들은 과학사를 이용한 소집단 토론 수업을 통해 과학 이론이 자연 현상을 설명하려는 시도라는 측면을 보다 분명히 깨닫게 된 것으로 볼 수 있다.

문항 2의 사전 검사 결과에서는 모델의 성질에 대해 많은 학생들이 “현미경으로 입자를 볼 수 있다” 혹은 “실험을 통해 입자가 존재한다는 것이 증명되었다”고 생각하고 있었다(통제: 67.1%, 처치: 58.9%). 학생들은 과학에 대해 여러 가지 사실을 모으는 활동으로 인식하는 경향이 있으므로(Duveen *et al.*, 1993), 과학적 모델도 수집한 여러 가지 사실 중의 하나, 즉 실재의 복사물이라고 생각하는 것으로 보인다. 통제 집단의 학생들은 수업 전·후의 견해 분포가 거의 유사했다. 반면, 과학사를 이용한 소집단 토론 집단에서는 사후 검사에서 “입자는 현상을 설명하기 위해 상상한 것”이라는 현대의 인식론적 견해에 대한 응답률이 높았다(58.8%). 즉, 학생들은 수업을 통해 모델이 추상적 개념을 표현하기 위한 하나의 방법(Treagust *et*

al., 2002)이라는 점을 이해하게 된 것으로 볼 수 있다. 과학사를 통해 원자 모형이나 분자 모형이 제안된 배경을 이해하고 모델의 역할에 대해 토론함으로써, 학생들은 모델의 설명적 기능에 대해 올바르게 이해하는데 도움을 받을 수 있었을 것이다.

과학 이론의 잠정성 문항(문항 3)의 경우, 사전 검사에서는 두 집단 모두에서 “예전 이론이 틀렸기 때문에 새로운 이론으로 바뀐다”는 실증주의 견해의 응답률이 높았다(통제: 70.0%, 처치: 60.3%). 반면, “같은 현상에 대해 설명하는 방식이 달라져서 새로운 이론으로 바뀐다”고 응답한 학생들은 소수에 불과했다(통제: 7.1%, 처치: 7.4%). 즉, 예전 이론과 현재의 이론이 모두 나름대로 가치를 지니고 있지만, 현재의 이론이 상대적으로 유용하다는 현대 인식론적 견해를 지닌 학생은 매우 적었다. 일반적으로 학생들 사이에는 실험을 통해 이론의 진위를 증명할 수 있다는 생각이 광범위하게 존재한다(Sandoval & Morrison, 2003). 그러므로 기술의 발달에 따라 실험이 정확해지고, 정확한 실험은 새로운 이론의 등장으로 이어진다고 생각했을 수 있다. 사후 검사에서는 현대적 견해에 대한 처치 집단의 응답률이 매우 높아져(통제: 7.1%, 처치: 32.4%), 과학사를 이용한 소집단 토론이 과학 이론의 잠정성에 대한 학생들의 이해를 향상시킨 것으로 나타났다.

과학 이론의 성질 문항(문항 4)에서 대부분의 학생들은 “과학 이론은 발견된다(통제: 52.9%, 처치: 60.3%)”거나 “과학 이론은 발견되는 경우도 있고 창조되는 경우도 있

다(통계: 35.7%, 처치: 35.3%)고 응답했다. 과학자가 과학 이론을 창조한다는 현대 인식론적 견해에 동의한 학생들은 소수였다(통계: 8.6%, 처치: 2.9%). 사후 검사에서도 현대적 견해에 대한 학생들의 응답률은 두 집단 모두 저조했다(통계: 1.4%, 처치: 7.4%). 학생들은 다른 연구의 분야와 달리 과학에서는 확실한 자료와 정확한 사실만을 연구에 사용한다고 생각하는 경향이 있다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). 수업 단원인 “물질의 구성 입자”는 인간의 창의력과 상상력이 과학 지식의 진보에 큰 역할을 담당해 왔음을 보여주는 대표적인 내용임에도 불구하고(Irwin, 2000), 학생들의 생각을 변화시키기에는 역부족인 것으로 나타났다. 이와 같이 과학 지식이 발견된다는 견해가 변화되기 힘든 것은, 매스컴이나 과학 이야기 책 등에서 독자의 흥미를 불러일으키기 위해 과학 이론의 형성 과정에서 사람의 창의적인 고안 활동이라는 측면보다는 우연한 발견을 지나치게 부각시켜 온 경향(Ryan & Aikenhead, 1992)에도 일부 원인이 있을 것이다.

2. 과학의 본성 파지 검사에서 나타난 학생들의 견해

과학의 본성은 정의적인 측면도 존재하지만, 인지적인 성격이 상대적으로 강한 영역이다(Aikenhead & Ryan, 1992). 따라서 처치 기간 동안 진행된 과학의 본성에 대한 토론이 과학의 본성에 대한 학생들의 이해 수준에 일

시적인 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 보다 장기적인 영향을 조사하기 위하여 사후 검사를 실시한 2개월 후에 파지 검사를 실시하였다.

과학의 본성에 대한 파지 검사 결과는 Table 4와 같다. 사후 검사에서 과학 이론의 성질 문항을 제외한 나머지 3 문항 모두에서 처치 집단이 통제 집단에 비해 현대 인식론적 견해의 비율이 유의미하게 높았던 것과 달리, 파지 검사에서는 과학 이론의 정의 문항에서만 유의미한 차이가 나타났다(통계: 30.0%, 처치: 54.4%). 모델의 성질 문항에서도 현대 인식론적 견해에 대한 처치 집단의 응답률(54.4%)이 통제 집단의 응답률(34.3%)보다 높았지만, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 즉, 과학의 본성 수업 직후에는 학생들이 과학의 본성에 대해 적절히 이해하고 있었으나, 2개월이 지난 뒤에는 일부 문항에서만 그 이해가 지속된 것으로 해석할 수 있다. 파지 검사 결과가 보여주듯이, 5차시의 짧은 수업으로 과학의 본성에 대한 학생들의 견해가 완벽히 변화되기를 기대하는 것은 무리일 것이다. 따라서, 이 연구에서 시도했던 과학사를 이용한 소집단 토론 학습이 과학의 본성에 대한 학생들의 이해에 미치는 효과를 명확하게 밝히기 위해서는 좀 더 장기적인 처치를 실시하는 추후 연구가 필요하다.

3. 학업 성취도에 미치는 효과

과학사를 이용한 수업의 효과를 조사한 선행 연구에 따

Table 4. Frequencies (and percentages) of students' responses to the NOS retention-test

| | Definition of theory | | Nature of model | | Tentativeness of theory | | Nature of theory | |
|----------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------------|--------------|------------------|--------------|
| | Control | Treatment | Control | Treatment | Control | Treatment | Control | Treatment |
| 1 | 15 (21.4) | 14 (20.6) | 7 (10.0) | 2 (2.9) | 4* (5.7) | 9* (13.2) | 42 (60.0) | 42 (61.8) |
| 2 | 21* (30.0) | 37* (54.4) | 38 (54.3) | 28 (41.2) | 52 (74.3) | 37 (54.4) | 22 (31.4) | 20 (29.4) |
| 3 | 30 (42.9) | 16 (23.5) | 24* (34.3) | 37* (54.4) | 12 (17.1) | 18 (26.5) | 5* (7.1) | 5* (7.4) |
| 4 | 4 (5.7) | 1 (1.5) | 1 (1.4) | 1 (1.5) | 2 (2.9) | 4 (5.9) | 1 (1.4) | 1 (1.5) |
| χ^2 | 10.482* | | 7.036 | | 6.290 | | .066 | |

*p<.05, * contemporary epistemological view

르면, 과학사는 학생들에게 과학 개념의 성립 과정을 보여줄 수 있다. 또한, 과학사에 나타나는 과학 개념의 발달과 학생들의 개념 발달 사이에는 유사성이 존재하기 때문에, 과학사의 도입이 학생들의 과학적 개념 이해를 촉진시킬 가능성도 있다(Solomon *et al.*, 1992; 유미현, 1999). 이 연구에서 통제 집단과 처치 집단 학생들의 학업 성취도 검사 점수의 평균과 표준 편차는 Table 5와 같다. 처치 집단의 학업 성취도 평균이 통제 집단보다 높았으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 지식, 이해, 적용의 하위 범주에서도 모두 처치 집단의 평균이 통제 집단에 비해 높았으나, t-검증 결과 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 즉, 이 연구에서 과학사를 이용한 소집단 토론 수업은 학업 성취도에는 영향을 미치지 못한 것으로 볼 수 있다. 그러나 처치의 주목적이 과학의 본성에 대한 학생들의 이해 향상에 있었고, 이에 따라 처치 집단의 경우 통제 집단에 비해 과학 내용에 대한 학습 시간이 상대적으로 부족할 수밖에 없었음을 고려한다면, 이러한 결과는 오히려 고무적인 것으로 볼 수도 있다.

4. 과학 수업에 대한 즐거움과 과학 학습 동기에 미치는 효과

과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균을 Table 6에 제시했다. ANCOVA 결과 처치 집

단의 평균이 통제 집단의 평균보다 유의미하게 높아 (MS=2.43, F=7.96, p=.005), 학생들은 과학사를 이용한 소집단 토론 수업을 전통적인 강의 위주의 수업에 비해 재미있게 생각하는 것으로 나타났다. 과학사는 학생들이 과학에 대해 비인간적이라고 느끼는 측면을 해소함으로써 과학에 대한 흥미를 증가시킬 수 있다(Solomon *et al.*, 1992). 또한, 과학사 이야기 속에 등장하는 극적인 사건이나 과학자의 기발한 상상 등과 같은 요소들도 학생들의 흥미를 유발했을 수 있다.

선행 연구(Solomon *et al.*, 1992; Irwin, 2000)에서는 수업에 과학사를 도입함으로써 학생들의 수동적 학습 태도를 줄이고 학습 동기를 증진시킬 수 있다고 제안되었다. 이 연구에서의 과학 학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균을 Table 6에 제시했다. ANCOVA 결과, 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단의 교정 평균보다 통계적으로 유의미하게 높았다(MS=1.16, F=12.34, p=.001). 즉, 과학사를 이용한 소집단 토론 수업은 학습 동기 유발이라는 측면에서 전통적인 강의 위주의 수업보다 효과적이라고 볼 수 있다. 과학 이론이 형성된 과정이나 배경에 대한 설명 없이 과학 이론만 제시되었을 때, 학생들은 기계적으로 과학 이론을 받아들일 것이고, 그 결과 학생들은 과학에 대해 수동적 혹은 회의적 태도를 취하게 될 것이다. 반대로, 과학사는 과학 이론이 어떤 사회적 배경에서 어떤 과정을 거쳐 형성되었는지 알려준다.

Table 5. Means and standard deviations of the achievement test scores

| Achievement | Control | | Treatment | | t | p |
|---------------|---------|------|-----------|------|------|------|
| | M | SD | M | SD | | |
| Knowledge | 2.43 | .75 | 2.60 | .67 | 1.43 | .154 |
| Comprehension | 3.13 | 1.08 | 3.34 | .89 | 1.25 | .215 |
| Application | 2.06 | .88 | 2.22 | .94 | 1.05 | .295 |
| Total | 7.61 | 2.09 | 8.16 | 1.88 | 1.61 | .109 |

Table 6. Means, standard deviations, and adjusted means of the test scores regarding enjoyment of science lessons and science learning motivation

| | Control | | Adj. M | Treatment | | |
|------------------------------|---------|-----|--------|-----------|-----|--------|
| | M | SD | | M | SD | Adj. M |
| Enjoyment of science lessons | 3.32 | .75 | 3.20 | 3.37 | .75 | 3.48 |
| Learning motivation | 3.18 | .60 | 3.16 | 3.31 | .54 | 3.34 |

따라서 학생들은 과학사를 접하면서 왜 그 이론을 학습해야 하는지 이해하게 되므로, 과학에 대해서도 보다 적극적인 학습 태도를 취하게 된 것으로 생각할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

과학사를 이용한 수업은 과학의 본성에 대한 학생들의 이해 향상에 효과적일 것으로 제안되었으나, 단순한 과학사의 도입만으로는 부족하다는 연구 결과들 또한 보고되고 있다. 따라서 이 연구에서는 과학의 본성 수업에서 과학사를 이용하는 방안의 하나로 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 견해, 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움, 과학 학습 동기에 미치는 영향을 조사했다.

과학사를 이용한 소집단 토론 수업은 전반적으로 과학의 본성에 대한 학생들의 이해 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 사전 검사 결과에서는 집단과 무관하게 모든 문항에서 현대의 인식론적 견해에 대한 학생들의 응답이 낮았다. 그러나 사후 검사 결과에서 통제 집단 학생들의 견해는 그대로 유지된 반면, 처치 집단에서는 과학 이론과 모델의 설명적 기능에 대한 학생들의 이해가 향상되었다. 즉, 처치 집단의 학생들은 과학사를 이용한 소집단 토론 후 과학에 대한 실증주의적, 실재론적, 경험주의적 관점에서 어느 정도 벗어날 수 있게 된 것으로 보인다. 한편, 파지 검사의 결과는 이 연구에서 시도한 수업 방식의 한계와 가능성을 동시에 보여주었다. 우선, 2개월 후에 측정된 파지 검사의 결과는 단기간의 처치만으로는 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 완벽하게 변화시킬 수 없음을 의미한다. 그러나 동시에 일부 문항에서는 변화된 학생들의 견해가 유지되는 증거도 발견되어, 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 과학의 본성에 대한 이해에 효과적인 방법일 수도 있음을 보여준다. 과학의 본성에 대한 학생들의 올바른 이해를 이끌어내기 위해서는 반드시 장기적인 계획에 의거하여 학생들의 견해를 점진적으로 변화시킬 수 있도록 수업이 이루어져야 할 것이다.

일부 선행 연구(Millar & Osborne, 1998; 유미현, 1999)에서는 과학사를 도입한 수업이 지식 위주의 전통적 수업에 비해 추상적인 과학 개념을 소개하는데 효과적이라고 제안되었지만, 이 연구의 결과에서는 물질의 구성 입자에 대한 이해 측면에서 과학사를 이용한 소집단 토론 수업의 효과가 나타나지 않았다. 그러나 과학사 소재에

대한 소집단 토론을 실시한 처치 집단의 경우 전통적 학습에 비해 과학 개념 학습에 투입된 시간이 매우 적을 수 밖에 없었던 상황을 고려한다면, 처치 집단의 학업 성취도가 감소하지 않았다는 결과를 오히려 고무적인 증거로 해석할 수도 있다. 학업 성취도에서 집단간 차이가 없었던 결과는 과학사의 도입이 개념 학습에 방해가 될 것이라는 교사들의 막연한 우려를 해소하고, 과학사 및 과학의 본성 수업이 보다 활발히 도입될 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다. 과학사 소재를 이용한 소집단 토론이 학생들의 학업 성취도에 미치는 영향에 대해 보다 구체적인 결론을 내리기 위해서는 물질의 구성 이외의 다른 주제에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것이다.

과학사를 이용한 소집단 토론 수업은 정의적·동기적 측면에서도 효과가 있었다. 학생들은 전통적인 수업에 비해 과학사를 이용한 수업이 즐겁다고 응답했으며, 과학 학습 동기의 측면에서도 새로운 수업 방식은 학생들에게 보다 긍정적으로 인식되었다. 이러한 결과는 과학사를 이용한 수업이 학생들이 과학에 대해 지니고 있는 비인간적이라는 이미지를 해소하는데 효과적일 수 있음을 시사한다. 따라서 과학사를 과학 수업에 도입하는 것은 학년이 증가함에 따라 학생들이 과학에 대한 흥미를 잃어가는 문제나 현재 심각한 사회 문제화한 이공계 기피 현상 등을 해결하는데도 기여할 수 있을 것이다.

이 연구의 결과에 따르면 단기간의 과학의 본성 수업만으로는 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 오랫동안 지속시키기에는 한계가 있었다. 그러나 이 연구의 결과만으로는 과학의 본성 수업 후에 학생들이 어떤 어려움을 겪게 되는지, 혹은 학생들의 견해가 왜 다시 원래 상태로 돌아가는지 등에 대한 구체적인 정보를 얻을 수 없다. 따라서 학생들이 과학사 소재에 어떤 반응을 보이는지, 그리고 과학의 본성에 대한 학생들의 견해가 처치 전·중·후에 어떻게 변해 가는지 등에 대한 보다 구체적인 후속 연구가 이루어져야 할 것이다. 한편, 과학의 본성 수업 후에도 과학적 이론이 지니는 발명적 측면에 대한 학생들의 이해는 여전히 제한적이었다. 이는 과학 지식은 발견된다는 이미지가 학생들에게 이미 견고하게 형성되어 있기 때문일 것이다. 따라서 장차 과학 교육과정이나 교과서에 과학사를 도입할 때는 과학 이론의 형성 과정에서 과학자들의 상상력과 창의성이 핵심적인 역할을 담당한다는 것을 보여줄 수 있는 이야기들이 먼저 고려되어야 할 것이다.

국 문 요 약

이 연구에서는 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해, 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움, 과학 학습 동기에 미치는 효과를 조사했다. 연구 대상은 서울시에 소재한 중학교 3학년 학생 138 명이며, 학생들은 전통적 수업 집단과 과학의 본성 수업 집단으로 무선 배치되었다. 처치 집단의 학생들은 과학의 본성에 대한 서로 다른 두 입장을 제시받았으며, 이를 바탕으로 소집단 토론을 실시했다. 처치는 5차시 동안 이루어졌다. 사전 검사에서는 처치 집단과 통제 집단 사이에 과학의 본성에 대한 견해 차이가 나타나지 않았으나, 사후 검사에서 처치 집단의 학생들이 과학의 본성에 대해 보다 적절한 이해를 나타내었다. 과학 수업에 대한 즐거움과 과학 학습 동기 검사에서도 처치 집단의 평균이 통제 집단에 비해 유의미하게 높았다. 그러나 학업 성취도에서는 집단 간에 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

주요어: 과학의 본성, 과학사, 소집단 토론

참 고 문 헌

강석진, 노태희(2000). 토론 과정에서 사회적 합의 형성을 강조한 개념 학습 전략의 효과. 한국과학교육학회지, 20(2), 250-261.

노태희, 김영희, 한수진, 강석진(2002). 과학의 본성에 대한 초등학생들의 견해. 한국과학교육학회지, 22(4), 882-891.

유미현(1999). 과학사 프로그램의 개발 및 중학교 과학 수업에의 적용 효과. 서울대학교 석사학위논문.

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G.(2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.

Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1993). Evaluation of views of high school graduates on STS topics. In R. E. Yager (Ed.), *What research says to the science teacher, Vol. 7: The science, technology, society movement*. Washington: National Science Teachers Association.

American Association for the Advancement of

Science(1993). *Benchmarks for science literacy: A project 2061 report*. New York: Oxford University Press.

Duschl, R. A.(1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.

Duveen, J., Scott, L., & Solomon, J.(1993). Pupils' understanding of science: Description of experiments or 'a passion to explain'? *School Science Review*, 75(271), 19-27.

Fraser, B. J.(1981). *Test of science-related attitudes: Handbook*. Hawthorn, Australia: The Australian Council for Educational Research.

Irwin, A. R.(2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.

Keller, J. M.(1987). Development and use of the ARCS model of motivational design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2-10.

Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F.(2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Matthews, M. R.(1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.

Meichtry, Y. J.(1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.

Millar, R. & Osborne, J.(1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College.

National Research Council(1996). *National science education standards*. Washington: National Academy Press.

Richmond, G. & Striley, J.(1996). Making meaning in

- classrooms: Social processes in small-group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 839-858.
- Ryan, A. G. & Aikenhead, G. S.(1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Sandoval, W. A. & Morrison, K.(2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
- Solomon, J., Duveen, J., Scott, L., & McCarthy, S.(1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.
- Solomon, J., Scott L., & Duveen, J.(1996). Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80(5), 493-508.
- Tao, P. K.(2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, 25(2), 147-171.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L.(2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.

〈부록 1〉 토론 자료의 예

원자설도 새로운 이론으로 바뀔 수 있을까?

사람들은 예전에 4원소설이라는 이론을 믿었지만, 지금은 원자설을 믿는다.
나중에 원자설도 새로운 이론으로 바뀔 수 있을까?

더 잘 설명하는 이론이 나오면,
원자설도 바뀔 수 있을 거야.

원자설보다 물질의 구조를 더 잘 설명하는 이론이 나오면, 사람들은 원자설 대신 새로운 이론을 사용할 거야. 타자기와 컴퓨터를 생각해 봐. 둘 다 문서를 만들 수 있지만, 지금은 타자기는 거의 쓰지 않고, 컴퓨터를 사용하지? 컴퓨터를 쓰면 타자기보다 더 쉽고 편리하게 일을 할 수 있거든. 틀린 글자를 고치기도 쉽고, 글자 크기도 쉽게 바꿀 수 있어. 당연히 컴퓨터를 쓰겠지?

마찬가지로 4원소설 대신 원자설로 물질의 구조를 설명하는 것

은, 원자설이 여러 현상을 더 쉽게 설명하기 때문이

야. 예를 들면, 수소와 산소가 만나 물이 되는 현상은 4원소설로 설명하기 어렵지만, 원자설로는 쉽게 설명할 수 있어.

과학자들은 자연 현상을 탐구하고 설명하는 일을 하잖아. 각자 자기 생각대로 현상을 설명하기 때문에, 4원소설과 원자설처럼 한 가지 현상에 대해서도 다른 이론이 나올 수 있는 거야. 둘 중에서 원자설을 사용하는 이유는 4원소설보다 자연 현상이 더 쉽고 편리하게 설명되기 때문인 거지. 그러니까 원자설보다 물질의 구조를 더 잘 설명할 수 있는 이론이 나오면, 우리는 원자설 대신 그 이론을 사용할 거야.



틀렸다는 것이 증명되면,
원자설도 바뀔 수 있을 거야.

원자설이 틀렸다는 것이 증명되면, 원자설 대신 새로운 이론을 사용할 거야. 소방관 아저씨들이 입는 옷 알지? 그 옷은 석면이라는 물질로 만들어. 석면은 불이 잘 안 붙거든. 그런데 석면 가루는 우리가 숨쉴 때 폐로 들어와서 폐암을 일으킨다는 것이 밝혀졌어. 그래서 지금은 석면 대신 다른 것을 사용해. 석면이 몸에 안 좋다는 것이 증명되었기 때문에 다른 물질을 대신 사용하는 거야.

마찬가지로 4원소설이 원자설로 바뀐 것은, 4원소

설이 틀렸

다는 것이 증명되었기 때문이야. 4



원소설은

깃털이 공기의 성질을 많이 가져서 위로 뜬다고 설명해. 이것은 말이 안 되잖아. 공기의 성질이라는 것은 없으니까. 옛날 사람들이 잘못 생각한 거야. 옛날에는 기술이 발달하지 않아서, 실험을 정확하게 할 수 없었기 때문에 잘 몰랐던 거야. 하지만 지금은 정확한 실험을 할 수 있어. 그래서 4원소설이 틀린 것을 아니까, 더 정확한 원자설을 사용하는 거야.

4원소설처럼 예전 이론이 틀린 것으로 증명되면, 옛날 이론은 버리고 대신 정확하고 새로운 이론을 사용하는 거야. 그러니까 원자설도 틀렸다는 것이 증명되면, 우리는 정확하고 새로운 이론으로 물질의 구조를 설명할 거야.