

현대 과학철학자들의 저술에 나타난 과학교육의 이미지

송진웅 · 정병훈* · 권성기** · 박종원***

(대구대학교) · (청주교육대학교)* · (대구교육대학교)** · (전남대학교)***

(1997년 4월 11일 받음)

I. 연구의 배경

학교 과학교육이 생활중심, 탐구중심, 구성주의, STS 등 그 본질적 변화를 겪어 오는 과정에서, 과학교육은 끊임없이 그 정체성과 현실에 대한 반성 그리고 미래를 위한 비전을 과학철학에서 찾아왔다. 즉, 새로운 과학교육의 필요성이 제기될 때마다 그러한 변화의 필요성을 정당화시킬 수 있는 근거를 과학철학의 제 관점에서 탐색하였던 것이다. 예를 들어, 탐구중심 과학교육에서는 Bacon의 귀납주의와 Popper의 실증주의적 과학철학에서, 오개념 및 STS 중심 과학교육에서는 Kuhn과 Lakatos 등의 구성주의적 과학철학에서 그 근거를 찾았던 것이다.

그러나 과학철학에 대한 과학교육의 이러한 노력은 대개 과학 자체에 대한 각 과학철학자들의 관점을 바탕으로 이를 과학교육의 관점에서 재구성하여 해석하는 방향으로 이루어졌다. 즉, 어떤 한 과학철학자가 바라보는 '과학의 본질'이 무엇인가를 확인하고 이러한 과학의 본질을 잘 반영할 수 있는 과학교육이 되기 위해서는 어떠한 절차와 준비가 이루어져야 하는가의 문제를 추구하였던 것이다 (Nussbaum, 1989; 조희형, 1988).

최근 과학교육계에서는 과학사와 과학철학을 과학교육에 적용하려는 움직임이 활발하게 전개되고 있다 (Herget, 1989; Matthews, 1994).

효과적인 과학 학습 지도와 새로운 과학교육의 방향 설정을 위한 한 방안으로서 과학사를 과학교육에 도입하려는 시도가 최근 활발히 진행되고 있으며 (Arons, 1988; Cushing, 1989; Kauffman, 1989; Matthews, 1990; Jenkins, 1990;

양승훈, 1996), 특히 학생의 과학 선개념의 확인과 교정을 위해 과학사의 개념적 변천과정을 점검하고 이를 학습 과정에 도입하는 것이 바람직하다는 주장들이 있다 (Nersessian, 1991; Sequeira and Leite, 1991; Song et al., 1996; Song et al., 1997).

한편 과학철학을 과학교육에 도입하려는 노력도 다양하게 시도되고 있다. 예를 들어, 과학의 본성에 대한 학생들의 인식이 과학교육을 통해 어떻게 변화되는가를 살펴보고 (Akindehin, 1988; 권성기와 박승재, 1995), 과학철학적인 논쟁이 구체적인 과학학습에서 어떻게 반영될 수 있는가를 보이고 (Johnson and Stewart, 1991), 과학철학자의 이론에 비추어 과학교육의 개념을 정교화시키고 (김찬중, 1993), 현재의 과학교육을 현대 과학철학에 보다 가깝게 변화시켜야 한다는 주장을 하며 (Hodson, 1988), 과학철학적 입장에서 과학교육의 이론적 배경을 분석하기도 한다 (박승재 · 조희형, 1994).

1980년대 이후 과학교육계는 학생의 오개념을 확인하고 이를 교정하기 위해 많은 다양한 노력들이 전개되어 왔다 (Driver and Oldham, 1986). 그런데 이러한 구성주의적 과학교육의 논리적 정당성을 찾기 위해 많은 연구자들은 Kuhn과 Lakatos 등의 과학철학 이론을 살펴보고 이를 과학교육의 관점에서 재해석하였다 (Donnelly, 1979; 조희형, 1984 & 1988; Nussbaum, 1989). 과학에는 절대 진리가 있을 수 없으며, 과학적 관찰 사실은 관찰자가 지니고 있는 이론에 의해 다르게 해석될 수 있으며, 학생들은 과학학습 이전에 나름대로의 과학개념을 형성하고 이러한 학생의 개념은 매우 견고하여 마치 패러다임과 같은 역할을 하고 있고,

이 논문은 1995년도 「교과교육공동연구」 학술연구조성비의 지원을 받아 연구된 "현대과학철학에 나타난 과학교육의 이미지"의 일부임.

이를 극복하기 위해서는 인지적 갈등이라는 지적 위기상태를 경험해야 한다는 등의 논의를 전개하고 있다.

하지만, 이러한 논의들은 많은 경우 현대 과학철학의 핵심 쟁점들을 둘러싸고 벌어졌던 논쟁들을 다시 정리한 2차 자료들(Newton-Smith, 1981; Chalmers, 1982)에 기초하고 있거나 이에 대한 재인용을 거듭하는 방식으로 이루어지는 경우가 많다. 과학철학자들이 과학교육에 대해 어떤 관념을 가지고 있었으며 바람직한 과학교육의 형태에 대해 어떠한 이상을 제시했는가 등에 대한 철저한 비판과 고찰이 선행되지 않은 채 이에 대한 학문적 의존이 광범위하게 이루어지고 있는 것이다. 실제로 과학철학자들이 과학교육에 대해 어떠한 생각들을 가지고 또 어떤 의미를 부여하고 있는가에 대한 종합적인 분석을 보고하는 연구결과가 전혀 없었다는 사실이 이러한 현실을 반증해 주고 있다.

따라서, 본 연구에서는 현대과학철학을 주도하였던 과학철학자들의 1차 자료(특히, 그들의 핵심 저서)들을 중심으로 그들이 과학철학자로서 과학교육에 대해 어떤 이미지를 가졌으며 어떠한 가치와 의미를 부여하고 또 어떤 비판을 가하고 있는가 등의 문제를 살펴보고자 한다.

II. 연구의 내용, 방법, 제한점

본 연구에서 중점적으로 살펴본 현대 과학철학자들은 포퍼(Karl Raimund Popper: 1902-1994), 헨슨(Norwood Russell Hanson: 1924-1967), 쿤(Thomas Samuel Kuhn: 1922~1996), 라카토스(Imre Lakatos: 1922~1974), 페이어아벤트(Paul Feyerabend: 1924-), 자이먼(John Ziman: 1925-) 등 현대과학철학을 대표한다고 볼 수 있는 6명의 과학철학자이다.

이중 자이먼은 과학철학자라기보다는 오히려 과학사회학자라고 할 수 있다. 본 연구에서 그를 분석의 대상에 포함시킨 이유는 그가 다른 과학철학자들에 비해 과학교육에 대해 보다 분명한 논의를 전개하고 있으며 또한 최근의 STS적 과학교육에 직접적으로 영향을 미쳤기 때문이다.

본 연구에서는 과학교육계에서 자주 인용되고 있는 위 과학철학자들의 저서(그리고 필요한 경우 논문)들에 담겨 있는 그들의 과학교육과 관련된 생각들을 분석·정리하였다. 본 논문은 주로 각 과학철학자의 저술에서 과학교육과 직접적으로 관련된 부분을 중심으로 이를 '인용'하면서 이에 대한 연구자들의 논의를 첨가하는 방식으로 구성되어 있다.

따라서, 본 연구에서는 각 과학철학자들의 과학철학이론들이 과학교육의 측면에서 어떻게 해석될 수 있으며 과학교육의 제 이론에 어떤 이념적 배경을 제공하는가 등에 대한

논의는 제외시켰다.

한편, 본 연구에는 다음과 같은 제한점들이 있다.

첫째, 비록 본 연구에서 살펴보는 6명의 과학철학자들이 현재의 과학교육계에서 가장 많이 언급되는 과학철학자들이기는 하지만, 이들이 현대의 과학철학을 대표한다고 보기 어렵다는 점이다. 예컨대, 현대의 과학철학은 듀햄(Duhem, 1954), 폴라니(Polanyi, 1958), 툴민(Toulmin, 1972), 반프라센(van Fraassen, 1980), 라우든(Laudan, 1981), 기르(Giere, 1988) 등 다른 많은 과학철학자들의 학문적 업적에 기초하는 바 또한 매우 크다. 따라서 본 연구에서 다루고자 하는 6명의 과학철학자들은 현대과학철학의 중심적 인물일 수는 있어도 전체를 대표할 수는 없다.

둘째, 본 연구에서 살펴보는 각 과학철학자들은 많은 수의 저술들을 남겼으며, 그중 한 사람만을 대상으로 하더라도 여러 가지의 연구가 실제로 가능할 것이다. 이렇듯 각자의 지적 활동은 여러 권의 단행본과 논문들에 산재해 있는데, 본 연구에서는 그중 각자의 대표적인 저술 1~3권만을 분석의 대상으로 삼았다. 따라서 본 연구가 각 과학철학자의 모든 저술을 대상으로 한 것이 아니며, 또한 그것이 현실적으로 가능하지도 않을 것이다.

셋째, 각 과학철학자에게 있어 가장 중요한 학문적 탐구의 대상은 당연히 과학철학 자체였다. 따라서 과학철학자들이 부분적으로 과학교육에 대해 언급하고 자신의 논의를 전개하는 경우가 있어도 이는 어디까지나 그들의 과학철학적 주장을 전개하는 것에 대한 부차적인 역할을 위해서 뿐이었으며, 따라서 과학교육 자체에 대한 그들의 논의는 제한적일 수밖에 없다.

III. 현대 과학철학자의 과학교육관

1. 포퍼의 과학교육관

교육 및 과학교육에 대한 포퍼의 일반적인 관점은 가장 널리 알려진 그의 저술인 『과학적 발견의 논리』(The Logic of Scientific Discovery, 1959 & 1968)보다는 『열린사회와 그 적들』(The Open Society and Its Enemies: Vol. 1 & 2, 1966a & 1966b) 및 『실재론과 과학의 목적』(Realism and the Aim of Science, 1983)에 더 잘 나타나 있다.

(비판적 사고를 위한 교육)

포퍼는 과학이 새로운 발견을 이루어감에 따라 발전하게 된다는 기본적인 생각을 견지하고 있다. 따라서, 그가 생각

하는 교육의 가장 중요한 역할 중의 하나는 이러한 새로운 발견이 가능할 수 있도록 다음 세대를 교육하는 것이며 이를 위해서는 학생들에게 비판적 사고 능력을 갖도록 해주는 것이라고 강조한다.

“...우리가 발견한 결정적으로 중요한 점은, 우리의 생각들이 우리의 양육 방식에 크게 의존하는 것은 사실이지만 전적으로 의존하는 것은 아니라는 사실이다. 우리의 생각들이 전적으로 우리의 양육에 의존하는 것이라면, 우리가 자기 자신을 비판하는 것이 불가능하며, 우리의 경험과 사물을 보는 우리 자신의 방법으로부터 학습이 불가능하다면, 우리가 우리의 앞 세대에 의해 양육된 바로 그 방식으로 우리의 다음 세대도 양육될 것이다. ...따라서 우리는 우리의 비판적 능력을 총동원하여, 우리가 받은 교육방법보다 더 좋은 방법으로 다음 세대를 교육하는 문제를 모색할 수 있다.” (Popper, 1966b, 209)

이러한 비판적 사고에 대한 강조는 과학에서의 반증의 역할에 대한 강조와도 일맥상통한다. 왜냐하면, 과학 이론은 참임을 보장받을 수 없으며 오직 반증될 수 있을 뿐이라는 그의 관점에 의하면, 과학에서 중요한 것은 기존 이론의 수용보다는 비판적 사고에 의한 이론의 반증이라고 볼 수 있기 때문이다.

교육에 대해서도 그는 전통을 이어가는 것으로서의 교육의 역할보다는 기존의 전통을 극복하고 새로움을 창출하게 하는 것으로서의 교육의 역할을 강조하고 있는 것이다. 이러한 입장은 베토벤을 예시로 든 다음의 글에서 더욱 구체적으로 나타난다.

“...베토벤은 어느 정도는 음악교육과 전통의 산물임이 분명하다. 따라서 그에 관해 많은 관심을 가진 사람은 그의 작품의 이런 국면에 대해 커다란 감명을 받을 것이다. 그러나 더 중요한 국면은 베토벤은 음악의 생산자이며 그리하여 음악적 전통과 교육의 창조자가 되었다는 사실이다. 그러나 베토벤이 작곡한 선율 하나 하나가 모두 유전과 환경의 영향에 의해 결정되었다고 고집을 피우는 결정론자와 입씨름을 할 생각은 없다. 그런 주장은 경험적으로 별로 의미가 없다. 아무도 그의 선율을 그런 식으로 실제로 설명할 수가 없기 때문이다...” (Popper, 1966b, 210)

그는 다시 한번 비판적 사고의 배양에 부실한 교육의 현실

을 비판하고 있다. 비판적 사고에 대한 포퍼의 이러한 강조는 근본적으로 ‘열린사회’는 구성원간의 비판적 상호작용에 기초한다는 신념에서 유래하며 이를 위해서 교육이 기능해야 한다는 생각이다.

“참으로 우리의 지적 윤리적 교육은 부패해 있다. 그것은 이미 말한 것이나 이루어진 것에 대해서 비판적 평가를 할 수 있는 능력보다는 무언에 관해서 번드르한 말을 잘하는 총명에 대한 숭상으로 병들어 있다...” (Popper, 1966b, 275)

포퍼는 또한 현재의 교육제도가 다분히 학습자간의 경쟁을 조장하여 나중에는 승리자의 경력을 쌓는 데 도움을 주고 있을 뿐이라고 지적하고 있다. 그리고 이러한 경쟁만을 강조하는 제도화된 교육은 결국 그 개인의 지적 생활이나 과학의 전반적 발전에도 도움이 되지 못한다고 지적한다.

“...그러나 그것은 제도, 특히 교육제도에다 최선자를 뽑는 불가능한 과업을 떠맡기려는 경향에 대한 비판이다. ... 이런 경향은 우리의 교육체제를 경기코스스로 변형시키고, 학업과정을 장애물 경기로 바꾸어 놓는다. 학생이 연구 자체를 위한 연구에 스스로 몰두할 수 있게 고무하는 대신에, 개인적 경력을 쌓기 위해 연구하도록 고무하며, 그가 앞으로 나아가려면 치워야 하는 장애물을 넘는 데 도움이 될 수 있는 그런 지식을 요구한다. 다시 말해, 과학적 영역에 있어서까지도 우리들의 선택 방법은 다소 노골적인 형태의 개인적 야심에 대한 호소에 뿌리박고 있다. . 지적 지도자를 제도적으로 선택하지는 불가능한 요구는 과학적 생활뿐만 아니라, 지적 생활까지도 위협하게 한다.” (Popper, 1966a, 135~136)

(귀납적 과학학습의 한계와 시행착오에 의한 과학학습)

포퍼의 과학철학적 관점의 핵심은 귀납주의(inductivism)에 대한 비판과 이를 극복하기 위한 대안의 제시이다. 그는 귀납적 철학을 바탕으로 반복적 활동을 강조하는 과학교육이 원리적으로 불가능하며 바람직하지도 않다고 지적한다.

“대부분의 사람들은 귀납을 믿고 있다. 즉 관찰을 반복함으로써 배운다고 생각한다. 흠도 자연법칙이 귀납에 의하여 확립되거나 확률적으로 지지될 수는 없다는 것을 발견한 사람이었지만, 그도 동물과 인간은 반복을

통하여 학습한다고 강하게 믿고 있었다. 즉 관찰을 반복하여 습관이 형성되고 그 습관이 반복으로 더욱 강해진다고 생각하였다.

그러나 이와 달리 귀납적 추론은 불가능하며 우리가 귀납적 과정이라고 부르는 절차를 이용할 수 없다는 것을 알게 되었다.” (Popper, 1983, 35)

포퍼는 이론의 생성이 귀납추리에 의해서는 이루어질 수 없으며 지적인 추측과 사변적인 가설의 형태로 만들어진다고 하였는데, 그러한 관점은 과학교육에 대한 관점에도 그대로 반영되어 나타난다. 즉, 귀납적 방법의 학습 대신에 실수 및 착오의 위험성을 감수하면서 추측과 반박이라는 시행착오적 경험을 통한 과학교육이 바람직하며 또한 이를 위해서는 잘 계획된 관찰과 실험 그리고 비판적 사고가 중요함을 역설한다.

“...그보다는 귀납과는 본질적으로 다른 시행 착오 혹은 추측과 반박 혹은 실수로부터 배우는 방식으로 규칙성을 발견한다. 이런 방법은 규칙성을 발견하는 방법으로서 흠이 생각한 것보다 더 흥미롭다. 시행착오에 의한 학습을 반복을 통한 학습과 동일하게 생각하는 것은 잘못된 것이다. ‘경험’은 실수로부터 학습하여 얻어지는 것이지 관찰이 쌓이거나 연합되어 얻어지는 것은 아니다. 즉 경험은 능동적인 비판적 접근으로 얻어진다. 즉 길을 잃은 경우에 어디로 가야할지를 찾는데 도와주기 위한 계획된 관찰과 실험을 비판적으로 활용함으로써 얻어진다.” (Popper, 1983, 35)

포퍼는 학습의 형태를 ‘시행착오에 의한 학습(learning by trial and error)’, ‘습관형성에 의한 학습(learning by habit formation)’, ‘모방에 의한 학습(learning by imitation)’ 세 가지로 구분하고 있다. 여기에서 포퍼가 가장 바람직한 학습 형태로 주장하는 것은 ‘시행착오에 의한 학습’이다. ‘시행착오를 통한 학습’은, 그 용어의 어색함에도 불구하고, 기본적으로 그가 생각하는 과학발전의 형태인 ‘추측과 반박’을 기본으로 하는 학습 과정이며, 그의 핵심적 아이디어인 반증주의(falsificationism)의 연장선에 놓여 있다.

“학습과 반복의 개념을 가지고 우리가 ‘학습’이라고 부르는 활동을 세 가지로 구별하는 데 혼동이 있다. 즉 (1) 시행착오에 의한 (혹은 추측과 반박에 의한) 학습, (2) 습관 형성에 의한 (혹은 반복에 의한) 학습, (3) 모방에 의한 (혹은 전통의 흡수에 의한) 학습의 세 가

지 학습 유형이 인간뿐만 아니라 동물에게서도 발견되는데 이런 활동에는 새로운 사실의 학습과 같은 이론적 지식의 습득뿐만 아니라 기능의 습득도 중요한 특성을 가진다.

이 중에서 첫째의 학습 방식인 시행착오에 의한 학습 혹은 추측과 반박에 의한 학습이 지식의 성장에 관계되는 것이다. 그 방법은 새로운 정보를 습득한다는 면에서 학습이고, 새로운 사실과 문제(이론적 문제거나 실제적인 문제)를 발견한다는 면에서 그리고 그 문제에 대한 새로운 해결을 한다는 면에서 학습이다. ... 이런 면에서 학습 과정에 기계적인 반복은 아무런 역할을 하지 못한다. ... 이런 반복적인 시도는 서로 다르며 만약 한번의 시도가 성공적일 때만이 그 시도를 반복한다. 그리고 반복하는 순서가 있다. 다시 말해서 다양한 조건에서 우리가 풀려는 문제를 성공적으로 이끌어 주는 순서로 가설을 검사하는 순서가 있다.

시행 착오에 의한 학습은 체계적 관찰에 의한 학습과 우연한 관찰에 의한 학습으로 구별된다. 체계적 관찰은 항상 우리가 풀려는 문제에서 출발한다. 혹은 검사하려는 추측에서 출발한다. 이런 이유로 체계적 관찰이라고 한다. 체계적 측정에 의하여 매개변수를 결정하려고 할 때에는 측정 상황에서 어떤 변화에 대해서도 불변하는 매개변수가 있다. 그런 가설이 없다면 의식적으로 제한되거나 무의식적으로 가해진 관찰은 체계적일 수 없다. 소위 ‘우연한 관찰’이 발견에 이르게 되는 창의적인 방식인 경우는 거의 없지만 그럼에도 시행 착오의 방법을 사용하는 경우이다. ...” (Popper, 1983, 39~40)

2. 헨슨의 과학교육관

헨슨은 자신의 대표적인 저술인 『과학적 발견의 패턴』(Patterns of Discovery, 1958 (번역판) 송진웅·조숙경, 1995)과 그의 논문 “과학적 발견의 논리가 존재하는가?”(Is there a logic of scientific discovery?, 1961) 등에서 과학적 발견의 과정의 논리적 과정과 관찰의 이론의존성 등에 대해 집중적으로 논의하고 있다. 헨슨의 학교 과학교육에 대한 논의는 매우 제한적인데, 『과학적 발견의 패턴』의 일부에서 과학교육과 관련된 언급을 부분적으로 찾을 수 있다.

(관찰의 이론의존성과 선택개념의 중요성)

과학의 본성에 대한 헨슨의 견해는 관찰과 이론의 관계에

대한 논의에서 잘 드러난다. 헨슨은 다음과 같은 가상적 상황을 가정하면서 물리적 현상에 대한 관찰과 해석은 관찰자가 지니고 있는 이론이나 선지식에 의해 결정적으로 영향을 받는다는 점을 강조하고 있다.

“...케플러에 대해 한번 생각해 보자. 케플러가 언덕 위에서 새벽 해돋이의 모습을 바라보고 있다고 상상해 보자. 그리고 티코 브라헤가 함께 서 있다고 하자. 케플러는 태양은 고정되어 있는 반면에 지구가 움직인다고 생각하고 있을 것이다. 그러나 적어도 이 점에 있어서는 톨레미와 아리스토텔레스와 같이 티코 브라헤는 지구는 고정되어 있고, 나머지 모든 천체가 이 지구의 주위를 회전한다고 생각하고 있을 것이다. 그렇다면, 케플러와 티코는 새벽녘에 동쪽 하늘로부터 동일한 것을 보고 있는가?” (Hanson, 1958, 5)

이 입장은 기본적으로 80년대 이후의 구성주의적 접근 특히 학생들의 오개념을 강조하는 경향과 일치한다. 학생이 어떤 선지식 또는 오개념을 갖고 있는가는 그가 관련된 현상을 직면할 때 그것을 어떻게 해석하고 내면화하는가에 결정적으로 영향을 미친다.

흔히 전통적인 과학교육에서 가정되는 실험 및 관찰은 선입관 즉 선개념이 없는 ‘객관적’인 자료의 해석을 강조하고 있다. 하지만, 이러한 실험 및 관찰의 결과는 관련된 지각과 개념이 없는 한 의미있는 과학의 기반이 될 수 없다. 다시 말하면, 이와 같은 개념적 기반이 없다면 실험 및 관찰의 자료는 쓸모 없는 낱알의 수치 또는 정보에 불과하게 되는 것이다.

“이론을 제공한다는 것은 무엇인가? 이론은 관찰된 자료에 이해 가능하고 체계적이며 개념적인 패턴을 부여한다. 이러한 패턴의 가치는 이론이 없이는 경이롭거나 비정상적이거나 또는 전혀 눈에 띄지도 않는 현상들을 하나로 통합하는 능력에 있다...” (Hanson, 1958, 121)

헨슨은 실험과 이론의 관계에 대한 이러한 입장에 기초하여, 관련 이론과 단절된 그래서 단순히 무의미한 반복적 행위가 되어 버린 학교 실험을 비판하기도 하였다.

“...관찰에 관한 연구에서 언어와 기호가 무시될 때, 물리학은 감각과 낮은 수준의 실험에 기초한 것으로 나타난다. 그러면 물리학은 (단지) 특별한 감각과 반복

적이고 단조로운 연속과 학교에서 행해지는 실험으로 기술된다...” (Hanson, 1958, 30)

(맥락의 중요성)

관찰의 이론의존성과 관련하여, 헨슨은 과학적 사고에서의 맥락(context)의 중요성에 대해 특히 강조하고 있다. 그는 맥락이 관찰의 과정에서 관찰 대상을 인식하는 데 결정적인 역할을 수행한다고 주장하고 있다.

“...시각적 경험들은 어떻게 조직화되는가? 보는 것이 어떻게 가능한 것인가? ... 맥락은 우리에게 실마리를 제공해 준다. 이 그림에서 어떤 사람들은 영양을 보지 못할 것이다. 영양을 한 번도 본 적이 없고 오직 새만을 보아 왔던 사람들이 어떻게 그림 4에서 영양을 볼 수 있겠는가? ...” (Hanson, 1958, 13)

또한 그는 과학적 법칙이 설명의 과정에서 수행하는 역할도 맥락에 따라서 달라진다고 지적하고 있다.

“...이것은 마치 ‘밧줄의 용도가 무엇인가?’를 물어 보는 것과 같다. 이 질문에 대한 대답은 밧줄이 사용되는 가능한 용도만큼 다양할 것이다. 동력학 법칙의 언명을 표현하는 문장의 용도는 그 문장이 사용될 수 있는 맥락(상황)의 패턴이 존재하는 숫자만큼 가능할 것이다. ...” (Hanson, 1958, 94)

최근 과학교육에서는 맥락(상황)이 과학적 사고, 과학의 성취도, 과학학습 선호도 등에 어떤 영향을 미치는가 등에 대한 연구와 논의가 활발히 수행되기 시작하였으며 (예를 들어, 이명제, 1996; 송진웅, 게재예정), 이런 의미에서 헨슨의 논의는 과학교육계에서 새로운 관심의 대상이 되고 있다고 할 수 있겠다.

3. 쿤의 과학교육관

쿤은 그의 가장 대표적인 저서 『과학혁명의 구조』(*The Structure of Scientific Revolution*, 1962 and 1970(2nd ed.)) 이외에도 『역사주의의 빈곤』(*The Poverty of Historicism*, 1961), 『코페르니쿠스의 혁명』(*The Copernican Revolution*, 1957), 『본질적 긴장』(*The Essential Tension*, 1977) 등의 단행본과 여러 편의 논문을 발표하였다. 이중 과학교육과 관련된 그의 논의는 『과학혁명의 구조』에 가장 많이 나타나 있다.

(과학교과서의 기능과 역할)

쿤의 저술에서 나타난 과학교육에 대한 견해는 주로 과학과 과학적 활동의 성격을 규명하면서 과학교육의 기능을 - 주로 자신의 주장을 부연하거나 입증하기 위한 사례로서 - 군데 군데 언급하고 있으며, 그 중 상당히 많은 부분은 과학 교과서의 역할, 특히 정상과학에서의 패러다임의 전수라는 과학 교과서의 기능에 관하여 집중적으로 논의하고 있다. 즉, 교과서는 과학적으로 수용되는 이론들의 체계를 설명하고, 그 이론들이 성공적으로 적용될 수 있는 사례들을 열거하며, 다음 세대의 연구자들을 위한 연구문제와 방법들의 정의해 주는 기능을 한다는 것이다.

“...이 책에서 정상 과학이란 하나 또는 그 이상의 과거의 과학적 업적에 확고한 기반을 둔 연구를 의미한다. ... 오늘날 이러한 업적들은 원래의 형태 그대로 제시되는 것은 드물지만 초급과 고급의 과학 교과서에 열거되고 있다. 이러한 교과서들은 수용된 이론들의 체계를 설명하고, 그 이론들이 성공적으로 적용된 수많은, 혹은 모든 사례들을 열거하며, 이러한 적용 사례들을 관찰과 실험의 보기들과 비교한다. 19세기 초기에 이러한 교과서들이 대중화되기 전까지는 (그리고 새롭게 성숙하는 과학에서는 아주 최근까지도) 유명한 수많은 고전적 과학 서적들이 이와 유사한 기능을 담당하였다. 아리스토텔레스의 ‘물리학’, 톨레미의 ‘알마게스트’, 뉴턴의 ‘프린키피아’와 ‘광학’, 프랭클린의 ‘전기학’, 라브와지에의 ‘화학’, 라이엘의 ‘지질학’ 등 따위의 책들이나 수많은 다른 서적들이 은연 중에 그 이후의 연구자 세대에게 특정 연구 분야에서 정당화된 문제들이나 방법들을 정의해 주는 역할을 담당하고 있었다. ...” (Kuhn, 1970, 10)

하지만 쿤은 이러한 과학 교과서를 통해서 얻어지게 되는 과학에 대한 이미지는 현실적 과학활동의 모습을 제대로 반영하지 못한다는 점에서 비판적 입장을 견지하고 있다. 이러한 그의 생각은 과학과 과학 교과서의 관계를 어떤 한 국가의 문화적 이미지와 관광 안내책자 또는 어학교본 간의 관계로 비유하는 다음의 글에서 잘 나타나 있다.

“...그런 이미지는 심지어 과학자들 자신에 의해서도 예전에는 고전에 기록된 대로, 그리고 보다 최근에는 과학의 새로운 세대마다 그 훈련을 쌓도록 익히는 교과서들에 기록된 대로, 주로 완결된 과학적 업적들의

연구로부터 형성되어 왔다. 그러나 이러한 저작들의 목적은 필연적으로 설득조인데다가 교육용이다. 그런 것들로부터 얻어진 과학의 개념이란 마치 어느 국가의 문화적 이미지를 관광 안내책자나 어학교본에서 끌어낸 격이나 다를 바 없이 실제 활동과는 잘 맞지 않는다. ...” (Kuhn, 1970, 1)

쿤의 이러한 지적은 과학 교과서가 정상과학에서의 패러다임을 전수하는 기능만을 수행할 뿐 과학혁명으로 이끌 수 있는 역할을 하지 못하고 있음을 암시한다고 이해된다. 더구나 패러다임을 전수하는 기능에서조차도 그 전수방법이 매우 권위적이라는 비판을 하였다. 즉, 쿤은 과학 교과서는 여러가지 적용 사례들을 예시하면서 어떤 과학 이론이 올바르다는 증거를 제시하는 기능을 수행하게 되는데, 이는 그 교과서를 배우게 되는 학생들이 교사나 교과서의 권위에 의해 그 내용을 비판적으로 학습하지 못하고 단순히 수용하게 되기 때문이라고 지적하고 있다.

“...그렇게 할 만한 티끌만큼의 이유라도 주어진다면, 과학 교과서를 읽는 사람은 그 적용들을 그 이론에 대한 증거로서 쉽게 받아들이는 것이다. 그러나 과학도들은 증거 때문이 아니라 교사와 교재의 권위 때문에 이론들을 수용한다. 학생들에게 달리 무슨 방법 또는 능력이 있겠는가? 교과서에 주어진 적용 예들은 증거로서 거기에 실린 것이 아니라, 그런 것들을 배우는 것이 현재 활동의 기초에서 패러다임을 익히는 것의 일부이기 때문에 실린 것이다. ...” (Kuhn, 1970, 47)

(적용과 모방을 통한 과학 학습)

과학 교과서의 기능과 관련된 논의와 비슷하게, 쿤은 과학의 내용에 대한 학습도 그 내용이 적용되고 응용되는 사례들에 대한 훈련과 연습을 통해서 이루어진다고 주장하였다. 이는 기본적으로 정상과학에서의 과학활동은 주로 패러다임의 적용과 문제풀이 활동이라는 주장과 일치한다. 그러나 새로운 개념의 학습은 반드시 그 개념이 관련되는 다양한 사례에의 적용과 응용이 뒤따라야 완성될 수 있다는 교육 활동의 일반적 원리들과도 일치한다고 볼 수 있겠다.

“...이미 분명해진 사실로서 과학자들은 결코 개념, 법칙, 이론을 추상적으로 그리고 그것들 자체로서 배우는 것이 아니다. 오히려 이러한 지능적 수단들은 당초부터 과학자들에게 그 적용과 더불어 또는 적용을 거

쳐서 드러나는 역사적·교육적 선행 단계에서 접하게 된다. 새로운 이론은 언제나 자연 현상의 어떤 구체적인 영역에 적용시킴과 더불어 발표된다. ... 일단 수용된 뒤에는 그런 똑같은 응용 또는 여타의 적용 예는 미래의 과학자들이 그것들로부터 자기 할 일을 배우게 될 교과서에 이론과 함께 실린다. ... 하나의 이론을 깨우치는 과정은 응용에 대한 학습에 의존하며 여기에는 연필과 종이를 갖고 또는 실험실에서 기기를 통해 실제 문제를 푸는 것이 포함된다. 이를 테면, 뉴턴의 역학을 공부하는 학생이 '힘', '질량', '공간', 그리고 '시간'과 같은 용어의 의미를 깨우치는 경우, 대개 이들 개념을 문제-풀이에 적용시켜 관찰하고 관여함으로써 알게 되는 것이지, 교재에 실린 불완전하지만 때때로 도움이 되는 정의들로부터 터득하는 것은 훨씬 적다." (Kuhn, 1970, 46~47)

쿤이 생각하는 과학교육의 모습은 기본적으로 도제적 성격을 띠고 있다고 할 수 있다. 또 그가 말하는 과학교육은 과학자 집단의 패러다임이 전수되는 과정을 의미하기 때문에 일반교육보다는 전문교육으로서, 아니면 적어도 '교육적'이라는 용어보다는 오히려 특별한 '훈련'의 과정으로 이해하는 것이 더 적절한 것이다. 즉, 그는 과학 전문가로서 성장하기 위한 과정으로서 과학교육에 관심을 보다 집중하였으며, 여기에서는 선행자들에 대한 모방이 학습의 기본이 된다는 것이다.

"실제 계산이나 실습을 통해 학습하는 그런 과정은 전문화의 전수 과정을 통틀어 지속된다. 학생이 대학 신입생 과정으로부터 박사 논문 과정까지 밟아 감에 따라 그에게 주어지는 문제들은 점점 복잡해지며 전례에 의해 뒷받침되지 않는 것들이 생긴다. 그러나 그런 문제들은, 그 뒤에 이어지는 독자적인 과학자로서의 생애에서 일반적으로 다루게 되는 문제들과 마찬가지로, 이전에 이루어진 성취에 가깝게 계속 모델화된다." (Kuhn, 1970, 47)

이처럼 쿤이 말하고 있는 적용과 모방은 물론 앞에서 언급한 과학훈련 과정(특히, 과학 교과서에서 제공되는 예제들을 풀면서)을 통해서 이루어진다. 다음의 글은 과학학습의 과정에 대한 이러한 그의 생각을 보다 분명하게 나타내 준다.

"...과학도는 으레 그들 교재의 한 단원을 독파했고 완전히 이해했지만, 그럼에도 불구하고 그 단원의 끝에

실린 문제들을 푸는 데 있어서는 여러 군데에서 어려움을 겪었다고 말한다. ... 학생은, 교사의 도움을 받지 않든 간에, 그의 문제를 그가 이미 부닥쳤던 문제들과 유사함을 찾아내는 방식을 발견한다. 유사함을 발견하고 문제들 사이의 유비 관계를 파악하게 되면, 학생은 이것들을 서로 관계짓고 이전에 효과적이라고 증명된 방식으로 그것들을 자연에 적용할 수 있게 된다. ... 문항수에서는 개인차가 크게 벌어질 것이지만, 어느 정도의 문제-풀이를 완결하고 나면, 학생은 한 사람의 과학자로서 그에게 닥치는 상황을 그 전문가 집단의 다른 구성원들과 같은 경험 형태로 다루게 된다. 그 학생에게는 그런 상황들이 그의 수련이 시작되었을 때 당면했던 것과는 더 이상 동일하지가 않다. ..." (Kuhn, 1970, 189)

4. 라카토스의 과학교육관

라카토스는 그의 짧은 생애와 원고의 완벽성에 대한 집착으로 생전에 자신의 견해를 개관하는 단행본을 출간하지는 못했다. 따라서 과학의 본성에 대한 자신의 종합적 이론 체계의 틀 안에서 진술된 그의 과학교육에 대한 견해를 찾는 것은 매우 어렵다. 다만, 과학교육과 관련된 그의 논의는 자신과 Musgrave가 편집한 『비판과 지식의 성장』(Criticism and the Growth of Knowledge, 1970)과 그의 논문들을 모아 Worrall and Currie이 유고집으로 펴낸 『수학, 과학 그리고 인식론』(Mathematics, Science and Epistemology, 1978) 등에서 부분적으로 찾을 수 있다.

(전통적 과학철학에 기초한 학습의 비판)

라카토스는 세련된 반증주의에 기초한 과학 이론의 학습은 기본적으로 귀납주의자나 독단적 반증주의에 기초한 학습 과정과 다르다는 점을 지적하였다. 물론 여기에서 그의 논의는 귀납주의와 독단적 반증주의에 대한 비판 자체에 더 큰 비중이 있으며, 이를 학습과 연관시킨 것은 이러한 논의를 전개시키기 위한 예시의 한 사례로 이해하는 것이 더 타당할 것이다.

"...귀납주의자에게는 새로운 이론에 관한 학습이란 확증의 증거가 이 이론을 얼마만큼 옹호하고 있는지를 배우는 것이다. 그래서 반박된 이론에 관해서 우리는 아무 것도 배울 것이 없다. (결국 학습이란 증명된 혹은 증명가능한 지식을 쌓아가는 것이다). 독단적 반증

주의자에게는, 어떤 이론에 관한 학습이란 무엇보다도 그 이론이 반박되었는지 그렇지 않았는지를 배우는 것이다. 그래서, 확증된 이론에 관해서 우리가 배울 것은 아무 것도 없다 (아무도 어떤 것을 확증하거나 개연적인 것으로 만들 수 없다). 반박된 이론들에 관해서 우리는 그 이론들이 반증되었음을 배운다. 세련된 반증 주의자에게는, 어떤 이론에 관한 학습이란 무엇보다도 그 이론이 어떤 새로운 사실들을 예측하고 있는지를 배우는 것이다. 즉, 내가 제창한 포퍼식의 경험주의에 있어서는 실제로 관련이 있는 유일한 증거란 한 이론에 의해서 예측된 증거인 것이며, 경험적 성격(또는 과학적 성격)과 이론의 진보는 불가분하게 연결되어 있다는 것이다.” (Lakatos and Musgrave, 1970, 123).

(과학학습에서의 과학사의 중요성)

라카토스는 과학철학을 논의함에 있어 과학사의 중요성을 여러 곳에서 강조한 바 있다. 또한, 이와 같은 맥락에서, 후세의 과학 교과서에서 과학사에 대한 내용을 다룰 때 정합성을 지나치게 강조함으로써 실제 그 당시의 부정합성 속에서 새로운 이론이 발전해 나가는 과정을 왜곡하게 된다고 비판하기도 하였다 (예, Lakatos and Musgrave, 1970, 146).

예를 들어, 라카토스는 결정적 실험(crucial experiment)에 의해 이론이 폐기된다는 소박한 반증주의를 반박하였다. 즉, 실제 과학사에 비추어 보았을 때, 이론을 폐기시킬 수 있는 결정적 실험이란 있을 수 없다는 점을 강조하였다. 따라서 그는 역사성에 기초하지 않은 경우에는 과학 교과서가 지나치게 소위 결정적 실험의 중요성을 강조하고 있다고 지적하고 있다.

“...18세기에는 갈릴레오의 자유낙하 법칙과 뉴턴의 중력이론에 반대되는 ‘결정적’ 증거로서 역사적 사회적 사실로 널리 받아들여진 많은 실험들이 있었다. 19세기에는 광속도 측정에 근거를 둔 몇 가지 ‘결정적 실험들’이 있었는데, 이 실험들은 입자 이론이 ‘틀렸음’을 증명하였다고 하였지만, 후에는 상대성 이론에 비추어 잘못된 것으로 판명되었다. 이와 같은 ‘결정적 실험들’은 후에 수치스런 단견이거나 혹은 심지어 질투의 표현으로 간주되어 정당화주의자들의 교과서에서 삭제되었다 (최근 이런 실험들이 일부 새 교과서에 다시 나타났다. 이런 경우란 과학적 유형이 불가피하게 비합리적이라는 점을 설명하기 위한 것이었다). 반면에 표면상의 ‘결정적 실험들’이 그 프로그램의 패배에 의

해서 나중에 결정적인 것이라고 정말로 확인되는 경우에는, 그 실험을 거절했던 사람들을 우둔하고 고집스러우며 혹은 문제되고 있는 연구 프로그램의 제창자를 맹목적으로 추종하는 사람이라고 역사가들은 덮어씌운다. ...” (Lakatos and Musgrave, 1970, 173~174)

라카토스는 이와 같이 역사성이 배제된 과학교육은 오류를 포함하고 있을 수 있으며, 특히 과학주의의 주입이나 과학지식의 단순한 전이를 통해 과학교육의 본질조차도 흐리게 할 수 있다고 강조한다.

“...한편으로는 역사가 다른 한편으로는 과학이 가르쳐지는 방식에 만족하지 못하기 때문에 그런 것이다. 역사교육은 여전히 가장 고무적이고 숭고한 인류의 모험 사업인 과학으로 맹목적인 시선을 돌리게 하며, 이런 과학과 수학의 교육은 관례적인 권위주의적 표현에 의해 그 가치가 손상되어진다. 이처럼 표현된 지식은 토론의 여지가 없는 개념들에 귀속된 오류 불가능한 형태로 나타난다. 문제의 상황적 배경은 결코 언급되지 않으며, 때로는 추적하기 어려운 것이 되기도 한다. 각각의 분리된 기술들로 조각나 버린 과학 교육은 과학 혼란으로 퇴보하였다. 이런 모든 것은 의심할 여지가 없다.

과학의 역사-철학은 한편으로는 역사 안에서의 과학을 보여주어야 하며, 다른 한편으로는 과학 안에서의 역사를 보여 주어야 한다. 그리고 이렇게 함으로써 양쪽 모두에 아주 중요한 치유적 영향력을 발휘해야 한다. ...” (Worrall and Currie, 1978, 254~255)

5. 페이어아벤트의 과학교육관

페이어아벤트는 전통적인 과학의 합리성에 대한 믿음에 강한 비판을 가한 것으로 널리 알려져 있다. 인식론적 무정부주의자라는 그에 대한 평가에 걸맞게 그는 과학의 비합리적인 요소의 중요성을 일관되게 견지하고 있으며, 이러한 입장은 Lakatos와의 논쟁을 편지 형태로 정리한 그의 책 『방법에의 도전』(Against Method, 1975)에 가장 잘 나타나 있다. 그리고 과학교육과 관련된 그의 입장 또한 이 책자에 비교적 상세히 나타나 있다.

(자유로운 개성을 존중하는 과학교육)

페이어아벤트는 과학 연구의 혼란 과정에서 인간 개인의

개성과 자유 의지가 무시되고 있다는 비판을 많이 하고 있다. 이런 입장은 그의 여러 책자의 곳곳에서 등장하는데 다음 글도 이에 대한 한 예시에 해당한다.

“...확일성을 강조하는 모든 방법은 경험적이건 아니건 간에 그에 대하여 반대하는 주장이 될 것이다. 그런 (확일성을 강조하는) 방법은 기만의 방법이다. 진리에서 말한다면 그런 방법은 깨지 않은 국교도를 조장하며, 깊은 통찰에서 말한다면 지적인 능력과 상상력의 힘을 파멸시키며, 교육에서 말한다면 상상력에서 가장 뛰어난 학생을 제한시키는 것이다.” (Feyerabend, 1975, 45)

또한 페이어아벤트는 기존의 교육이 인간의 사고와 행위를 한정하려고 한다면 마땅히 그것은 버려야 함을 지적하면서 동시에 개인의 천부적 소질에서 이탈하지 않는 교육제도를 제안하고 있다.

“자신의 삶을 다른 방식들로 꾸려 가기를 좋아하는 사람들을 비난하고 심지어 이들을 제거하기 위해서 제도화된 가치들을 사용하는 것은 배제되어야 한다. 어린 이들로 하여금 그들의 다방면의 재능들을 잃어버리게 해서 협소한 사고와 행위와 정서의 영역에 한정되도록 그들을 ‘교육’하려는 시도는 배제되어야 한다. 개인의 행복과 최고의 발전이라는 기본적 가치를 채택함으로써, 우리가 할 수 있는 것을 되도록 적게 잃게 해주며 우리의 천부적 소질에서 가능한 한 멀리 이탈하지 않도록 해주는 하나의 방법론과 일단의 제도들을 우리는 원한다.” (Feyerabend, in Lakatos and Musgrave, 1970, 210)

또한, 그는 과학교육의 과정이 지극히 각 개인의 개성을 무시하거나 말살하는 방향으로 이루어지고 있음을 신랄하게 비판하고, 그런 의미에서 현행의 과학교육은 중국의 전통적인 천족(纏足) 습관과 유사하다고까지 주장하고 있다.

“오늘날 우리가 알고 있는 과학교육은 분명하게 이런 목적을 갖고 있다. 과학에 참여하는 사람을 단순화함으로써 과학을 단순화한다는 목적을 갖고 있다. ...가령 개인의 종교적 믿음이나 형이상학적 관점 혹은 유머 감각 등은 그의 과학적 활동과 최소한의 연관도 갖지 못하게 한다. 그의 상상력은 제한되고 그 자신의 독특한 언어는 제재를 받는다. 개인적 의견 및 문화적 배

경에는 무관하다는 성격이 과학적 사실에 반영된다.

...과학 교육은 앞서 말한 바처럼 (그리고 학교에서 실행되는 것처럼) 인간적인 태도와는 화합할 수 없게 되었다. 개성을 함양하는 일과 반대로 이루어진다. 마치 중국에서 여자의 발을 압박하듯이 인간의 성격의 특정 부분만을 두드러지게 만들어 과학 혹은 과학철학에서 말하는 합리성의 모습과 동떨어지게 만든다.” (Feyerabend, 1975, 19~20)

(과학교육자의 역할)

학습자 개인의 개성을 존중하는 과학교육의 중요성을 강조하는 자신의 입장에 기초하여, 페이어아벤트는 학생과 스승의 관계가 매우 심각한 주중 관계와 같음을 비판하고 있다. 그는 이러한 관계를 심지어 애완동물과 그것의 주인의 관계로 비유하고 있다.

“...그 자신이 발견한 혼란이 아무리 크더라도 그리고 새로운 행동 패턴을 채택할 필요성이 아무리 긴박하더라도, 그는 마치 잘 길들여진 애완동물처럼 스승에 복종해야 한다. 잘 훈련된 합리주의자는 새로운 유형의 행동을 해야 할 필요가 있음에도 자신의 스승의 정신적 이미지에 순종하고 이전에 학습했던 논증의 기준에 일치시키고 어떤 혼란이 있더라도 그 기준을 고수해야 하고 결국 ‘이성의 소리’라고 생각했던 것이 결국 그가 지금껏 받았던 훈련의 인과적 사후 결과라는 사실을 깨닫지 못하게 된다. ...” (Feyerabend, 1975, 25)

따라서, 페이어아벤트는 교사의 진정한 역할은 학습자의 자발적 호기심을 진작하는 데 집중되어야 함을 특히 강조하고 있다.

“...교육은 명령이 아니라 호기심에 근거를 두어야 하고, ‘교사’는 어떤 고정된 방법에 의존하는 것이 아니라 호기심을 조장할 수 있어야 한다. 자발성은 행위에 뿐만 아니라 사고(지각)에 있어서도 최상의 가치를 지닌 것으로서 군림한다.” (Feyerabend, 1975, 187)

즉, 학생 각 개인의 개성이 존중되고 발현될 수 있도록 과학교육이 이루어져야 하며, 확일화된 가치와 사고를 주입하는 방식이 아니라 각자의 타고난 재능을 최대한 발휘할 수 있도록 실행되어야 하는 것이다.

(학교 교육에서의 과학교육의 위치)

페이어벤트는 과학 과목이, 흔히 말하는 국가의 번영이라는 목표 아래, 학교 교육과정에서 모든 학생들이 배워야 하는 필수 과목으로 부과되고 있는 현실을 강하게 비판하고 있다.

“...국가와 과학은 밀접하게 협력하고 있다. 막대한 금액이 과학적 아이디어의 개선을 위해서 쓰여지고 있다. ... 과학의 거의 모든 교과들이 우리들의 학교에서는 필수과목으로 되어 있다. 여섯살 난 어린이의 부모는 프로테스탄트의 근본 원리, 유대교의 근본 원리를 자식에게 가르칠 수도 있고 또는 종교 교육을 전혀 하지 않을 수도 있지만 과학에 대해서는 그와 같은 자유가 없다. 물리학, 천문학, 역사는 학습되어야만 한다. 그것들은 마술, 점성술, 혹은 전설의 연구에 의해 대치될 수 없다.” (Feyerabend, 1975, 301)

그는 학교에서의 과학이 국가로부터 부과되는 교육과정의 일부로서가 아니라 학습자 개인이 자신의 필요에 따라 스스로 선택할 수 있는 존재가 되어야 하며, 성숙한 시민이란 그러한 선택을 자율적으로 할 수 있어야 함을 강조하고 있다. 그리고 그는 이러한 주장을 펴는 과정에서 과학을 특별한 미신에 지나지 않는다는 극단적인 주장을 펴기도 한다.

“...유일한 올바른 방법과 받아들일 만한 유일한 성과를 가지고 있다고 주장하는 과학은 이데올로기이고 그것은 국가로부터 특히 교육과정으로부터 분리되지 않으면 안된다. 우리는 그것을 가르칠 수 있다. 그러나 이 특별한 미신을 믿기로 결의한 사람에게만 국한된다. 한편 이와 같은 전체주의적 주장을 포기한 과학은 이미 독립적이고 자기충족적인 것이 아니라 다른 많은 결합 (신화와 근대우주론은 그러한 결합의 하나이다) 가운데서만 가르쳐질 수 있다. ... 그러나 그런 특별한 이데올로기, 그러한 특별한 숙련은 한 사람의 시민을 사회에서의 역할을 위해 준비시키는 일반교육의 과정에서는 자리잡을 수 없다. 성숙한 시민은 청교도주의나 비판적 합리주의와 같은 특수한 이데올로기에 의해 교육되고 급기야 그 이데올로기를 정신적인 부스럼과 같이 달고 다니는 사람이 아니다. 성숙한 한 시민이란 어떻게 자신의 마음을 결정하는가를 배우고 이어서 자신에게 가장 적합하다고 스스로 생각하는 것을 하려고 결심한 사람이다. ...” (Feyerabend, 1975, 307~308)

6. 자이먼의 과학교육관

자이먼은 순수 물리학자 출신이면서도 과학을 어떻게 가르치고 배워야 하는가의 문제에 대해 나름대로 분명한 견해를 가지고 있다. 이는 그 자신이 과학과 사회의 상호작용에 깊은 관심을 가진 한 결과이며, 이러한 맥락은 1970년대 이후 SISCO(Science In Social CONtext) 등의 STS교육의 개발과 전개에 몰두했던 자신의 학문적 경향과 일치한다. 특히, 과학교육 전반에 대한 그의 관심은 그의 초창기 저술인 『공공의 지식』(Public Knowledge, 1968)과 이후의 『과학과 사회에 대한 교수와 학습』(Teaching and Learning about Science and Society, 1980)에 잘 나타나 있다.

(과학교육의 목표)

자이먼에 있어 과학교육은 상당히 상반된 두 가지 목표를 수행할 수 있어야 하는 듯하다. 먼저 과학교육은 현재의 예비 과학자에게 이전의 과학자들의 성취와 전통을 전달해 주는 그래서 역사를 이어가게 하는 역할을 수행하여야 한다. 반면 과학교육은 동시에 이러한 전통과 역사에서 주어지는 각종 한계를 뛰어넘는 계기를 마련해 주어야 하는 것이다.

“...과학교육은 합의사항을, 정설(동설)로 변화시키지 않은 채로, 가르쳐야 한다. 학생은 최근의 지식에 대해 완벽하게 친숙하고 익숙해져 있어야 하지만 동시에 그것을 내부로부터 전복시킬 준비가 되어 있어야 한다. 또한 학생은 그들의 선조를 가로막았던 모든 정신적 장애물들을 전수 받아야 하지만 동시에 이를 뛰어넘을 준비가 되어 있어야 하며 최전선에 도달했을 때는 이를 스스로의 힘으로 밀어낼 수 있어야 한다.” (Ziman, 1968, 69)

하지만, 자이먼은 이러한 한계를 뛰어 넘는 것이 결코 쉬운 일이라고 생각하지는 않았다. 실제로 그는 특히 물리학과 같이 이미 매우 정형화되고 깊게 구조화된 학문의 경우 이는 극히 어려운 일이라는 것을 인정하고 있다. 자이먼은 이러한 내용을 쿤의 패러다임의 개념을 이용하여 설명하고 있다.

“쿤은 과학혁명에 대한 논의에서 - 당시의 사회적 합의에 의해 주어지는 일단의 기초 가정들인 - 패러다임의 변화에 대해 과학자들이 갖게 되는 어려운 점을 강조하였다. 분명히 과학교육은 이와 같은 위협스러운 경

직성을 탈피하는 데 특별한 주의를 기울여야 할 것이다. 패러다임 안에 내재하는 모순점들을 학생들에게 강조해야 하며 이러한 과정을 통해 학생들은 변화가 다가올 경우에 대한 대비를 할 수 있게 된다. ... 문제는 일반적인 심리적 경직성과 자만심 그리고 독단적이고 편협한 정신을 탈피하는 것이다. ...” (Ziman, 1968, 70~71)

따라서 과학교육은 과학에서의 큰 변화를 수용할 수 있는 마음의 태세를 갖추게 하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서는 무엇보다도 심리적 경직성을 탈피하고 보다 창의적이고 개방적인 태도를 가질 수 있어야 한다는 것이다.

(과학교사의 역할)

자이먼이 생각하는 과학교사의 역할은 과학교육이 갖는 두 가지 역할 - 즉, 전통의 전수와 그러한 전통의 한계에 대한 도전 - 에 따라 달라진다. 그리고 이는 과학교육의 대상 수준에 따라 나뉘어 진다. 먼저 초급 수준에서의 과학교사의 역할은 전통의 전수에 있으며, 따라서 이 시기의 과학교사는 학생들로 하여금 기존의 지식체계를 효과적으로 학습할 수 있도록 하는 것이다.

“그러나 일반적인 과학교사의 일차적 역할은 모든 것을 명백하고 가능성 있는 것으로 만들어 주고 학생들로 하여금 스스로를 기초적 이론에 대해 위임할 수 있도록 돕는 일이다. 이 시기에는 의문을 제기하거나 경고를 주게 되면 새로운 기법이나 새로운 언어를 자신 있게 사용하지 못하게 된다. ... 이러한 시기 동안에는 학생들의 지적 그리고 정신적 표준을 정해 주어야 하고 학생으로 하여금 그가 배운 것들에 대해 공격적으로 질문하기보다는 이를 받아들일 수 있도록 해야 한다.” (Ziman, 1968, 71)

하지만, 보다 고차적 수준의 과학교육에서는 교사의 역할이 학생들로 하여금 심리학적 경직성을 탈피할 수 있도록 하는 데 초점이 맞추어 진다. 이 때에는 학생들로 하여금 자유롭게 토론하고 전통에 대해 도전할 수 있도록 환경을 조성해 주어야 한다. 자이먼의 이러한 생각은 학생들이 일단 연구과정에 들어가게 되면 겪게 되는 심리적 갈등에 대한 그의 지적에서 엿볼 수 있다.

“일단 연구가 시작되면, 이 모든 것들이 바뀐다. 갑자기

모든 것들은 의심과 재고의 대상이 되어야 한다. 그러면 것도 그리고 그 어떤 사람도 믿어서는 안된다. 권위란 존재하지 않으며 자기 자신의 지성만 믿어야 한다.

이는 학생들에게 뛰어 넘기 매우 어려운 심리적 격차이다. 학부에서 가르쳐지는 과학은 논리적이고 정확하고 비인간적이고 권위적이지만, 연구과정에서의 과학은 직관적이고 불명확하며 깊은 감상의 대상이며 논쟁거리가 되는 것이다. ...” (Ziman, 1968, 72)

따라서 학습자가 과학 연구를 시작하는 단계에 이르면 스승으로부터 독립적 상태에서야 하고 이 때에는 스승과 제자의 관계가 보다 수평적으로 이루어져야 한다고 지적한다.

“학생과 교수간의 사회적 관계도 변한다. 본받아야 하고 자신의 것으로 만들어야 하는 정신의 소유자인 스승에 대한 견습생으로서의 복종적인 상태의 학생으로부터 이제 독립적이고 스스로 조절할 수 있는 하나의 동료로 탈바꿈해야 한다. ...” (Ziman, 1968, 73)

(통합적 과학교육)

자이먼은 과학을 배우고 가르치는 것에 대해 몇 가지 방식을 제안하였는데, 그중 한 가지가 ‘통합적 과학교육’을 실시하는 것이다. 현대의 과학은 그 자체가 이미 통합적 성격을 띠고 있다. 오늘날의 과학 중 어느 한 분야도 전통적인 형태의 학문적 분류를 고집할 수 없으며 각 분야의 세부 분야들을 중복적으로 수용하는 소위 간(間)학문으로 발전하고 있는 추세이다. 따라서 과학교육의 방식도 이러한 통합적 과학의 모습을 전달해 줄 수 있는 형태이어야 한다는 것이 그의 주장이다.

“동일한 준거를 적용해 보면, 단일의 좁은 내용 영역에 대한 매우 전문화된 교육에 대한 중요한 반론이 제기된다. 지난 반세기 동안 우리가 경험하였던 모든 과학에 대한 보편적 통합은 독창적 연구 영역으로 특별한 인정을 받을 만한 많은 수의 세부 학문 분야를 제공하였다. 하지만 동시에 이러한 모든 영역에서의 최근의 합의는 여러 개의 이전의 오래된 주요 학문 영역들에 그 뿌리를 두고 있으며 여러 과학에 걸쳐 있는 보편 원리에 무관하게 가르쳐질 수 없다. 최근에 유행하는 예를 한번 들어보자. 분자생물학은 미생물학, 물리화학, 결정학, 유전학, 미생물학, 세포학, 그리고 생리학으로

부터 유래한 학문이며 이를 공부하기 위해서는 이러한 모든 분리된 내용 영역의 언어에 대한 상당한 이해가 필요하다.” (Ziman, 1968, 67)

(STS적 과학교육)

과학 내에서의 통합적 접근을 통한 과학교육의 모습이 자이먼이 강조하는 과학교육의 한 형태라면, 그가 이보다 더 강력하게 강조하는 과학교육의 형태는 과학의 테두리를 과감히 벗어나는 보다 넓은 의미의 통합적 과학교육인 STS적 과학교육이라 할 수 있다.

“...그렇다고 해서 현재의 과학교육의 본래 모습이 직업 준비라는 목적을 충분히 만족시키고 있는 것도 아니다. 이에 관하여 학생들(특히 대학생)에게 과학 그 자체를 가르치는 시간을 줄이고, 과학에 대해서 가르치는 시간을 늘리는 편이 실제로 직면하는 생활에 보다 효과적인 교육이 된다고 할 수 있다. ...” (Ziman, 1980, 6)

자이먼이 생각하는 STS교육에서 가장 중요한 위치를 차지하는 것 중의 한 가지는 과학의 본성이다. 또 과학의 본성을 가르치기 위해서는 과학지식 자체를 깊은 수준에서 교육하기보다는 과학지식이 어떤 과정을 거치면서 발전하게 되는가를 가르치는 것이 중요하다는 것이다.

“우리가 고수준의 순수 과학을 가르치는 방식에서는 초기부터 과거의 잘 정립된 사회적 합의에 모든 강조를 두는 실증주의적 형이상학을 강조하게 된다. 만약 가능하다면, 우리의 의무는 일찍부터 보다 논쟁거리가 된 주제를 소개하는 것일 것이다. 예컨대, 약간 덜 고차적인 수준의 문제에 대한 기법의 적용에 대한 학습. 따라서, 이미 내가 언급한 바 있는, 현재 대륙이동에 대해 열광하고 있는 대논쟁과 같은 문제는 물리학이나 수학 또는 화학에 대한 깊은 지식의 이해를 반드시 필요로 하지는 않는다. 이러한 종류의 문제는 연구의 최전선에서의 과학은 어떤 모습을 띠는가를 가르쳐 주는 좋은 예가 될 것이다. (Ziman, 1968, 75)

(전통적 실험·탐구 수업의 비판)

자이먼은 전통적인 실험·실습 과학 수업이 학생들에게 실제적인 발견의 과정을 경험할 수 있도록 실행되지 않는다

는 점에서 이를 비판하고 있다. 즉, 실험·실습은 이미 그 결과가 다 알려진 문제에 대해 잘 정리된 순서를 밟아 가게 하는 과정에 불과하게 되었다는 것이다.

“재래의 과학실험의 모순은 실험을 연구훈련의 일부로 생각하고 있는 것으로, 연구 그 자체에 불가결한 놀람이나 의심적 요소가 없다는 점이다. 실험자에게 이미 결과가 알려져 있는 ‘문제’는 친절하게 규칙을 ‘명시한’ 수수께끼와 같은 것이다.” (Ziman, 1980, 26~27)

그러나 ‘발견적’ 과학학습에 대해서도 항상 긍정적인 견해를 가졌던 것은 아니다. 이는 이러한 발견학습조차도 그 내용은 이미 교사에 의해 결정되고 따라서 진정한 의미의 ‘발견’이 좀처럼 될 수 없는 것이다.

“...이 운동(발견학습)은 선의로 시작된 것으로 과학실험의 판박이 같은 순서를 개선하는 데 매우 효과적인 영향을 미쳤다. 그러나 여기에서는 ‘타당한’ 과학의 엄격함으로부터 완전히 피할 수 없다. 이 말은 ‘발견’되어야 하는 것이 교사가 의무적으로 가르쳐야 할 과학적 진리와 달라서는 안되기 때문이다.” (Ziman, 1980, 27)

(과학교육과 기술교육)

자이먼은 과학과 기술, 과학자와 기술자, 과학교육과 기술교육에 대해 본질적인 차이를 인정하면서도 이 양자들이 서로 밀접히 관련되어 있으며 서로 활발한 상호작용이 있음을 받아들이고 있는 듯하다.

“간단히 하기 위해서, 지식 획득에 종사하는 과학자와 지식의 응용을 직업으로 삼고 있는 기술자를 구별해보자. 전문가로서 실무활동을 하는 기술자를 교육하는데 필요한 것과, 연구에 종사하는 과학자를 교육하는데 필요한 것은 같지 않다. 그러나 실제로 이 구분은 확실하지 않다. 임상의학 교수는 매우 실제적인 테마를 연구하고 환자를 위해서 그 지식을 응용한다. 새로운 다리를 설계하는 기술자는 동시에 인간의 지식에 독창적인 기여를 하고 있다.

그렇지만 기술은 이미 두드러지게 과학적이다. 실제로 이용되는 지식은 전문가의 과거 경험의 체계적 집대성에서만 아니고, 조직적인 연구로부터 얻어진다. ...” (Ziman, 1980, 9)

기본적으로 그는 지식의 창출은 과학의 몫이고 창출된 지식을 응용하는 것은 기술의 몫이라는 구분을 견지하고 있다. 하지만 이러한 구분이 최근의 과학과 기술의 밀접한 상호관계를 고려하면 그 구분이 점차 불분명해진다는 것이다.

“과학교육은 연구를 위한 것이며, 기술교육은 숙련을 위한 것이다. 하지만 중국에는 이들 양자간에 큰 차이가 없다. 이전의 기술은 과학지식에 대한 방대한 새로운 접근을 통해 변형되며, 이전의 과학은 많은 실제적 적용을 통해 이를 공부한 대학졸업자들이 실제적으로 기술자가 되게 만든다. 양쪽 모두의 경우에서 학생들은 당시의 합의를, 그것을 실행하거나 또는 변화시키거나, 철저히 이해하여야 된다.” (Ziman, 1968, 69)

그리고 자이먼 자신이 철저하게 주장하는 ‘사회적 합의’로서의 과학이라는 의미규정에서 볼 때 이들 양자간에는 본질적인 차이가 없다는 것이 그의 견해이다. 또한 이러한 사회적 합의로서의 과학의 개념은 과학을 비(非)합리적 혹은 반(反)합리적인 과정으로 이해해야 하는 근거가 되는 것이 아니라 오히려 다른 학문에 비해 비판적 상호작용을 통해 보다 높은 객관성과 합리성을 보장하는 과정으로서 이해되어야 한다는 것이 자이먼의 주장이다.

IV. 결론 및 제언

지금까지 살펴본 여섯 명의 과학철학자들의 과학교육에 대한 논의를 간단히 요약해 보면 <표 1>과 같다.

즉, 포퍼는 전통적인 귀납주의적 철학에 기초한 과학교육의 한계를 지적하면서 반증가능성의 입장에서 비판적 사고의 교육을 강조하고 이를 극복하기 위한 한 가지 방안으로 시행착오를 통한 과학학습을 제안하였다. 헨슨은 관찰 및 설명에 있어서의 맥락(상황)의 역할을 관찰의 이론의존성을 통해 지적하면서 학습자가 지니는 선지식과 관련 이론의 중요성을 강조하였다. 쿤은 정상과학을 유지시키는 것으로서의 과학교육의 역할을 특히 과학교과서의 의미를 통해 강조하였으며 적용과 모방을 통한 과학교육의 모습에 주목하였다. 라카토스는 귀납주의나 반증주의에 기초한 과학의 학습을 비판하면서 과학사의 도입을 통해 과학의 본성에 보다 접근한 과학교육을 강조하였다. 페이어아벤트는 학교 교육과정에서 필수로 부과되는 특수한 위치로서의 과학을 비판하고 학습자 각 개인의 개성과 자유가 중시되고 자발적인 호기심을 최대한 발휘할 수 있는 과학교육과 그에 따른 과학교사의 역할을 강조하였다. 자이먼은 학교급별 수준에 따라 달라

<표 1> 현대 과학철학자들의 과학교육에 대한 관점

과학철학자	과학교육에 대한 관점
포 퍼	비판적 사고를 위한 교육 귀납적 과학학습의 한계와 시행착오를 통한 과학학습
헨 슨	관찰의 이론의존성과 선개념의 중요성 과학활동에서의 맥락의 중요성
쿤	정상과학을 유지시키는 것으로서의 과학교과서 적용과 모방을 통한 과학학습
라 카 토 스	전통적 과학철학에 기초한 과학학습의 비판 과학학습에서의 과학사의 중요성
페이어아벤트	자유로운 개성과 자발적 호기심을 존중하는 과학교육 개인이 선택할 수 있는 것으로서의 학교 과학교육
자 이 먼	학교급별 수준에 따른 과학교육의 목표와 과학교사의 역할 전통적 실험·탐구 수업의 비판 통합적·STS적 과학교육의 필요성 과학교육과 기술교육의 차이점과 공통점

지는 과학교육의 목표 및 과학교사의 역할을 지적하고 과학의 사회적 측면이 잘 드러나는 STS교육과 통합과학교육의 중요성을 강조하였으며 또한 비판적인 의사소통을 통한 과학의 합리성의 중요성을 강조하였다.

하지만, 이미 앞에서 지적한 바와 같이, 각 과학철학자들은 과학교육 그 자체를 탐구의 대상으로 삼지 않고 자신의 주 관심사였던 과학철학의 제 문제에 대한 논의를 전전시키기 위한 수단으로서 과학교육의 제 측면들을 비판하였다. 즉, 그들은 과학교육에 대해 과학의 교육적 가치 혹은 그것의 학습가능성 등과 같은 교육적 문제보다는, 당시의 과학교육을 통해 전수되는 과학 자체의 이미지에 더 관심이 많았던 것이다. 또한 과학철학자들은 자신들이 비판적으로 고찰하고자 하는 교육 또는 과학교육의 특정한 부분의 기능과 역할에 초점을 맞추거나 이를 강조하는 경향을 강하게 나타냈다.

따라서, 그들이 바라본 과학교육의 모습은 과학교육자의 관점에서 볼 때 상당히 제한적일 수 밖에 없으며 그들의 과학교육에 대한 견해들 간의 효과적인 비교와 분석도 매우 어려웠다. 또한, 이들의 관점이 과학교육의 보다 본질적인 문제에 대한 직접적이고 구체적인 시사점을 찾는 것도 쉽지 않았다. 다만, 본 연구와 같은 시도가 이전에 전혀 수행된 바 없는 새로운 형태의 연구라는 점에서, 앞으로 보다 많은 연구자들의 관심이 주어진다면 좀더 체계적인 비교와 분석 그리고 과학교육 자체에 대한 새로운 시각과 안목을 갖는 데 많은 도움이 될 것으로 기대한다.

그리고, 이러한 제한점들에도 불구하고, 포퍼의 시행착오를 통한 학습, 헨슨의 과학적 사고에서의 맥락(상황)의 역할, 쿤의 정상과학과 과학교육의 관계, 라카토스의 과학사 도입을 통한 과학교육, 페이어아벤트의 개성과 자발적 호기심을 존중하는 과학교육, 자이먼의 합리성의 원천으로서의 과학의 사회성 등의 개념은 과학교육과 매우 깊은 관련을 가진 문제이며 또한 이것들이 지금까지 과학교육계에서 본격적 논의가 아직 제대로 이루어지지 않은 부분들이라는 점에서 과학교육자들에게 주는 시사점이 상당히 크다고 할 수 있겠다. 아마도 이러한 부분들이 본 연구에 이어서 수행될 수 있는 후속 연구들의 구체적인 과제가 될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 권성기, 박승재 (1995). 교육대학생의 과학의 본성 개념과 구성주의 학습관의 연관성 및 변화 조사. 한국과학교육학회지, 15(1), 104-115.
- 김찬중 (1993). 과학 탐구 학습 문제의 유형 및 특성 분석 연구: 라우든의 과학 철학을 바탕으로. 한국과학교육학회지, 13(2), 359-365.
- 박승재, 조희형 (1994). 과학론과 과학교육. 교육과학사.
- 송진웅 (게재예정). 과학교육에서의 상황 관련 연구의 개관과 분석. 한국과학교육학회지.
- 송진웅, 조숙경 (1995). 과학적 발견의 패턴. 민음사.
- 양승훈 (1996). 물리학과 역사. 청문각.
- 이명제 (1996). 과학 교수학습에 관련된 '맥락'의 성격. 한국과학교육학회지, 16(4), 441-450.
- 조희형 (1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습의 관계. 한국과학교육학회지, 4(1), 34-43.
- 조희형 (1988). 과학교육과정 및 과학교수/학습의 이론적 배경과 미래의 과학교육에 대한 시사점. 한국과학교육학회지, 8(2), 33-41.
- Akindehin, F. (1988). Effects of an instructional pack-
age on preservice elementary teachers' understanding of the nature of science and acquisition of science-related attitudes. *Science Education*, 72(1), 73-82.
- Arons, A. B. (1988). Historical and Philosophical Perspectives Attainable in Introductory Physics Courses. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 13-23.
- Chalmers, A. F. (1982). *What is this thing called science?* Open University Press: Milton Keynes.
- Cushing, J. T. (1989). A Tough Act - History, Philosophy and Introductory Physics (An American perspective). *Interchange*, 20(2), 54-59.
- Donnelly, J. (1979). The work of Popper and Kuhn on the nature of science education. *The School Science Review*, 60, 489-500.
- Driver, R. and Oldham, V. (1986). A constructive approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Duhem, P. (1954). *The Aim and Structure of Physical Theory*. Princeton University Press: Princeton.
- Feyerabend, P. (1970). "Consolations for the specialist". in I. Lakatos and A. Musgrave (eds.) *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press: London.
- Feyerabend, P. (1975). *Against Methods: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*. New Left Books: London. (3rd Edition, 1993, Verso: London)
- Giere, R. N. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. The University of Chicago Press: Chicago.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundation of Science*. Cambridge University Press.
- Hanson, N. R. (1961). "Is there a logic of scientific discovery?". In H. Feigl and C. Maxwell (eds.), *Current Issues in the Philosophy of Science*. Holt, Rinehart and Winston: New York, 21-42.
- Herget, D. E. (1989). *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*. Florida State University.
- Hodson, D. (1988). Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum. *Science Education*, 72, 19-40.
- Jenkins, E. (1990). The History of Science in British Schools: Retrospect and Prospect. *International Journal of Science Education*, 12(3), 317-325.

- ohnson, S. and Stewart, J. (1991). Using Philosophy of Science in Curriculum Development: An Example from High School Genetics. in M. R. Matthews (ed.) *History, Philosophy, and Science Teaching: Selected Readings*, OISE Press : Toronto, 33-42.
- Kauffman, G. B. (1989). History in the Chemistry Curriculum, *Interchange*, 20(2), 81-94.
- Kuhn, T. S. (1957). *The Copernican Revolution*. Harvard University Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions* (1st ed.) Princeton University, (2nd ed.) (1970) University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (1977). *The Essential Tension*. University of Chicago Press.
- Lakatos, I. and Musgrave, A. (1970). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press: London.
- Laudan, L. (1981) *Science and Hypothesis*. Dordrecht: Reidel.
- Matthews, M. R. (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement, *Studies in Science Education*, 18, 25-51.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Routledge : New York.
- Nersessian, N. J. (1991). Conceptual Change in Science and in Science Education. *Syntheses*, 80(1), 163-184.
- Newton-Smith, W. H. (1981). *The Rationality of Science*. Routledge & Kegan Paul: London.
- Nussbaum, J. (1989). Classroom Conceptual Change: Philosophical Perspectives. in D. E. Herget (ed) *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*, Florida State University, 278-291.
- Peirce, C. S. (1931). *Collected Papers*. Vol. V., Harvard University Press: Cambridge, Mass.
- Polanyi, M. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. Routledge & Kegan Paul plc: London.
- Popper, K. R. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. Hutchinson: London (2nd English edition, 1968, Harper and Row).
- Popper, K. P. (1961). *The Poverty of Historicism*. Routledge & Kegan Paul Ltd.: London.
- Popper, K. R. (1966a). *The Open Society and Its Enemies: Volume 1* (5th ed.). Routledge and Kegan Paul: London.
- Popper, K. R. (1966b). *The Open Society and Its Enemies: Volume 2* (5th ed.). Routledge and Kegan Paul: London.
- Popper, K. R. (1983). *Realism and the Aim of Science*. Rowman and Littlefield: London.
- Sequeira, M. and Leite, L. (1991). Alternative Conceptions and History of Science in Physics Teacher Education. *Science Education*, 75(1), 45-56.
- Song, J., Cho, S. K. and Chung, B. H. (1997). Exploring the parallelism between the change of students' conceptions and historical change in the concept of inertia. *Research in Science Education*, 27(1), 87-100.
- Song, J., Jang, K. A. and Pak, S. J. (1996). Students' conceptions and the historical change of the concept: free-fall motion. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 16(2), 164-174.
- Toulmin, S. (1972). *Human Knowledge*. Princeton University Press: Princeton.
- van Fraassen, B. C. (1980). *The Scientific Image*. Clarendon Press: Oxford.
- Worral, J. and Currie, G. (1978). *Mathematics, Science and Epistemology*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Ziman, J. (1968). *Public Knowledge*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and Learning about Science and Society*. Cambridge University Press: Cambridge.

(ABSTRACT)

The Images of Science Education Illustrated in the Books Written by Modern Philosophers of Science

Song, Jin-Woong · Chung, Byung-Hoon*

Kwon**, Sung-Gi** · Park, Jong-Won***

(Taegu University) · (Cheongju National University of Education)*

(Taegu National University of Education)** · (Chunnam National University)***

In this study, the images of science education illustrated in the books written by six major modern philosophers of science (K. R. Popper, N. R. Hanson, T. S. Kuhn, I. Lakatos, P. Feyerabend and J. Ziman) were investigated. In this article, the parts, from the books investigated, which have direct relevance to science education are quoted and the discussions by the researchers on them are added. Particularly, the learning by trial and error (of Popper), the role of context in scientific thinking (of Hanson), science education through the history of science (of Lakatos), science education appreciating individualities and voluntary curiosity (of Feyerabend) and the social aspect of science as a source of its rationality (of Ziman) appear to be the main points which have direct relevances and meaningful implications to science education but which have not been considered or discussed in detail in science education.