

先入觀의 哲學的 背景 및 誤認과 科學學習의 關係

조희형

강원대학교 사범대학 과학교육과

(1984년 4월 1일 받음)

I. 序

학생들이 갖고 있는 선입관 (preconception) 의 학습에 끼치는 영향이 과학교육의 새로운 연구 분야로 대두된 이래 (Ausubel, 1960), 주로 과학 교육에 관심이 있는 자들에 의해서만 연구가 되어 왔으나 작년의 Scientific American에 게재가 됐듯이 (McCloskey, 1983), 다방면에 종사하는 연구자들의 관심을 끌만큼 중요한 연구 분야가 되고 있다. 이 연구분야는 학생들이 학습에 들어가기 전에 어떤 주제이든 그와 관련된 개념을 이미 갖고 있어서 그 학습에 영향을 끼치며, 그 개념은 전통적 교수법에 의해 커다란 영향을 받지 않는다는 것을 강조한다 (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978).

그러나, 선입관이 당대의 과학적 개념과 다를 때, 연구자들에 따라 다음과 같이 여러가지로 불리워지고 있다: 對體的 體系 (alternative framework) (Driver, 1981), 誤認 (misconception) (Wheeler & Kass, 1978; Strike, 1983), 直觀的 信念 (intuitive belief) (McCloskey, 1983), 學生의 科學 (children's science) (Gilbert, Osborne, Fensham, 1982), 自然的 推理 (spontaneous reasoning) (Viennot, 1979). 그들은 이와 같이 과학적인 개념으로부터 변위된 선입관을 각각 다른 용어를 사용하여 부르고 있으나, 공통적으로 그 선입관이 관련된 주제의 학습에 영향을 끼치며, 학습이란 개념의 변화임을 주장한다. 본란에서는 그 용어중 “誤認”을 사용하기로 한다.

오인이 학습에 영향을 끼치며, 학습이란 개념의 변화라고 가정할 때 다음과 같은 문제점들이 대두된다. 오인 혹은 선입관에 대한 이론적 배경은 무엇인가? 학생들이 최초로 오인을 어떻게 받아 들이게 되며 그 오인이 학습에서 어떤 역할을 하는가? 오인에 대한 지식으로써 현재의 주요한 학습이론과 학습지도법은 어떻게 해석될 수 있는가? 위의 문제점들에 대한 해답이 오인에 대한 연구 결과가 발표된 문헌을 검토해 봄으로써 부분적으로나마 얻어질 것으로 보인다. 그러므로 본장에서는 발표된 문헌을 중심으로 연구결과를 정리한 다음, 그 결과에 의해서 몇몇의 주요한 과학학습 이론과 과학학습 지도법을 해석해 보고자 한다.

II. 誤認에 對한 理論的 背景

교육에 있어서 문제가 제기될 때마다 사고할 유도한 이론에 의존하게 된다. 당연히 오인에 대한 문제점 역시 이론을 요구한다. 과학의 본질 및 科學哲學, 認識論, 心理學은 知識의 構造와 學習이 일어나는 過程을 說明함으로써 부분적으로나마 誤認에 대한 理論을 提供하고 있다. 특히, 어떻게 지식이 발달하고 진보하느냐에 대하여 과학철학의 두 학파가 각각 다른 입장을 취하고 있다. Bacon에 의해 시작된 경험주의 (empiricism) 가 그 중의 한 학파이며, 구성주의 (constructivism) 가 다른 학파이다.

경험주의자들은 지식이란 오로지 사실의 관찰과 논리론 통해서만 증명이 되고 귀납적으로 축적된다고 본

다. 그들은 객관적 관찰과 귀납적 논리(logic)가 과학적 방법(Scientific method)을 구성하고, 그 과학적 방법에 의해서 과학은 “참(truth)”을 향하여 발전한다고 본다. 그들에 의하면, 한 현상을 관찰할 때 누구나 같은 사건을 보게 된다; 그 현상에 대한 개인적인 경험 준거표(frame of reference), 감정적 반응등은 객관적이며 사실(fact)은 불변하기 때문에, 감각적 경험이 유일한 지식의 원천이다(Novak, 1977). 즉, 백지(tabula rasa)와 같은 상태인 마음에 글이 써:지듯이 경험이 새겨짐으로써 관념(idea)이 생겨난다. 그 관념은 이미 생겨난 관념을 단순하게 지워버리고 새로운 것으로 형성되기 때문에 구 관념이 그와 관련된 주제의 학습에 영향을 끼칠 이유가 없다(Strike, 1983).

경험주의에 철학적 바탕을 두는 Thorndike, Pavlov, Guthrie, Hull, Skinner 등의 행동주의자(Behaviorist)들은 학습이란 경험의 결과로서 개인에 일어나는 행동의 변화라고 정의하는 관념연합론으로써 주로 학습 과정을 설명하고 있다(Bower & Hilgard, 1981). 관념연합론자들은 행동에 대한 설명은 개체의 외부에서 찾아야 한다는 것을 철학적 주의로 받아들이고, 그 외부에 나타나는 행동을 예측할 수 있는 법칙(law)이 확립되어야 한다고 강조한다. 그 법칙은 행동의 변수를 찾아야만 확립되고, 교육이란 보다 “과학적(scientific)”이어야 함을 들어, 그 方法論의 根源을 Bacon에 의해 촉진된 일련의 실험주의(experimentalism)에 둔다. 그러나 사실의 주의 깊은 관찰을 강조하는 그 방법은 실험대상이 갖는 행동에 대한 변수간의 상호작용의 복잡성과 그 상호작용에 수반되는 변수의 변화 및 그 상호작용의 해석을 主導하는 개념의 변화를 도외시 한다. 그러기 때문에 행동주의자에 의해 발견된 대부분의 법칙들이 특수한 환경에서만 적용성을 갖고, 특히 실험적 환경에서만 설명의 가치를 갖고 있다. 또한, 그들이 교수법의 일환으로 설정하는 교육목표(educational objectives)가 개념 학습의 중요성을 배제하고, 관찰 될 수 있는 행동에만 쉽게 적용될 수 있기 때문에 교실에서

일어나는 학습에의 적용은 상당한 제한을 받는다.(Novak, 1977). 그밖에, 경험론은 몇 가지 난점을 갖고 있음이 지적되고 있다. 첫째로, 모든 관념의 기원이 되는 경험은 어떻게 해서 이루어지는가에 대한 설명이 불충분하다. 둘째로, 관념연합론은 무엇이 관념을 결합하는가에 대한 설명을 못하고 있다.(최·김·신·윤, 1981). 셋째로, 사실(fact)이란 궁극적으로 선형적(a priori) 가정을 요구하는 순환론을 벗어나지 못하고 있다(Novak, 1977).

오래 전부터 일부 과학철학자들은 경험주의에 근거를 둔 귀납주의가 갖는 이러한 난점을 이해하고, 이미 소지한 개념(concept)이 과학적 이론의 형성에 끼치는 지대한 영향을 인식해 왔다. 경험주의자들의 관념대신 개념을 사용하는 이들의 견해는 소위 구성주의(constructivism)를 특색 짓는다. 그들에 의하면, 이론 혹은 개념은 단순하게 감각적 data와 귀납적 관계를 맺고 있는 것이 아니며, 개념(마음)과 경험의 상호작용에 의해 구성되고 발달한다. 바꾸어 말하면, 이미 소지한 개념적 구조(선입관) 혹은 이해하고 있는 이론이 관찰을 선행하고 관찰을 위한 실험을 선도한다. 위와 같이 선입관의 영향에 대하여 의견을 같이 하고 있으나, 과학적 이론을 용인 혹은 부정하는 기준과 지식의 객관성 그리고 개념 변화에 논리를 어떻게 적용하느냐에 대하여 구성주의자들은 자기 다른 견해를 나타내고 있다.

Kant 학파에 의하면, 지식이란 선천적(a priori) 정신구조를 통해서 구성된다. 그 선천적 구조는 순수한 논리의 원리이며 그 구조의 적절한 응용이 곧 과학적 방법이기 때문에, 적절하게 그 원리를 응용하면 주제는 “참(true)” 지식에 접근한다(Nussbaum, 1983). Piaget는 이론의 철학적 배경을 Kant의 철학에 둔 대표자 중의 한사람으로서, 궁극적인 형식(form)과 조작(operation)은 이성적 사고(rational thought)의 범위를 구성한다는 Kant의 견해를 공유한다. 그러나, Piaget는 그의 논리적 조작의 보편적 발달 단계에 대한 이론을, 모든 이성적 사

고는 불가피하고 독특한 목적지를 향해 발달한다는 Kant의 견해로부터 도출했지만, 이성적 사고의 구성보다는 이성적 발달의 궁극적 목적지에 관심을 갖고 있다는 점이 Kant와 다르다(Novak, 1977). 과학적 이론은 data로부터 연역된 것이 아니라, 지성(intellect)의 구성물이라는 Piaget의 주장은 구성주의의 견해와 일치한다. Piaget의 발달단계 이론에 의하면, 지식은 아동이 이미 소지한 개념구조(conceptual framework)와 경험의 상호 작용에 의해서 구성된다. 또한, 학습은 환경과의 상호작용을 통해서 그 지식을 구성하고 기대와 관찰간에 생겨날 수 있는 인지적 모순(cognitive conflict)을 해결하는 적극적 과정이다. 환경으로부터 온 정보가 학습자가 이미 소지한 인지적 구조와의 차이가 없거나 모순된 점이 적다면, 그 정보는 학습자에 의해서 조절이 되나, 그 모순된 점이 크다면 동화가 일어나서 보다 발달된 인지적 구조를 수반하게 된다(Ginsburg and Oppen, 1979). 또한 아동의 인지적 구조는 단계에 따라 발달하므로 인지적 구조의 발달은 과학적 개념의 역사적 발달과 병행성(parallelism)을 이룬다(Piaget, 1971).

구성주의자로서 Bacon의 영향을 받은 Karl Popper는 실험적 사실만을 다루는 '지식의 심리학'과 오로지 논리적 관계만 다루는 '지식의 논리'를 분명히 구분하고(Novak, 1977), 어느 분야의 지식을 구성해 낸 개인 혹은 집단에 의지하지 않고도 순전히 견고한 사실(hard fact)과 논리적 원리에 의해서만 평가될 수 있는 속성을 지닌 객관적 지식이 있음을 주장한다(Driver, 1983). 그는 과학적 방법이란 지지될 수 없는 가정을 반증(falsification)하는 것이며, 그 반증법에 의해서 과학이 발달한다고 본다. 반증에 의한 이론의 논박을 강조한 것은 과학적 진실의 변화성에 대한 이론에 따른다. 그에 의하면, 이론이란 단지 추측에 불과하며 반증이 될 때까지는 진실로 보아진다. 그는 또한, 개인의 독특한 개념의 안경(conceptual spectacles)를 통해서 관찰한다는 것을 주장하나, 개념적 구조(conceptual framework)보다

는 그 개념적 구조와는 독립적이라고 가정하는 과학적 방법을 보다 강조한다. 이처럼 이론 혹은 과학적 개념 구조의 변화보다는 과학의 방법을 강조하지만 개념적 구조의 중요성과 과학지식의 진화적(evolutionary) 특성을 인정한다. 그러므로 지식의 발달에 대한 그의 견해는 Bacon의 경험주의로부터 현대의 구성주의에 이르기까지 단계를 나타낸다(Nussbaum, 1983; Novak, 1977). 본래 Popper의 반증법은 어느 한 이론은 단 한번의 결정적 실험(critical-experiment)에 의해서 반증되고, 그 실험은 대체적 추측 혹은 이론의 논리적 근거가 될 수 있음을 함의한다. 이러한 주장은 실증주의자(positivist)들의 견해와 같으나, 멘델의 법칙에서 볼 수 있듯이 단 한번의 실험으로써 이론이 반증될 수 없음을 간과한다(Oldham & Brouwer, 1984). 이 점이 Lakatos의 견해와 다른 점 중의 하나이다.

Lakatos의 개념구조의 변화에 대한 방법론은 Popper의 것보다 진보되고 세련된 면을 보여 주고 있다. 개념적 구조의 변화보다는 그 변화에 대한 과학적 방법론을 더 강조하는 점은 Popper의 견해와 같으나, 단 한번에 이론을 반증할 수 있는 결정적 실험이 있을 수 없다는 것과 과학은 어느 개인의 노력보다는 집단의 협동적 실천에 의해 발달함을 주장함으로써 Popper의 방법론을 발전시켰다(Driver, 1983; Nussbaum, 1983). Lakatos는 역사적으로 타당치 않은 이론이 타당한 이론에 의해 대체되는 과정에서 반증법이 중심적 역할을 해오지 않았다는 것을 인식하고, 이론을 핵(hard core)과 보조적 가정 혹은 조건(auxiliary assumption or condition)으로 나눈다. 그에 의하면, 이론의 보조적 가정이 연구를 선도하고 연구가 나아갈 방향을 제시한다. 불규칙성이 나타날 때에 그 보조적 가정은 수정이 된다. 그러므로, 과학자들은 과학적 위기에 처하여 서로 다른 법제(paradigm)보다는, 서로 다른 연구방법에 대하여 논하게 된다. 즉, 과학자들은 완전히 이성적 바탕에서 연구방법이 진보적인가 아니면 퇴보적 혹은 정체적인가를 결정함으로써 과학을 발달시킨다(Old-

ham & Brouwer, 1984).

Popper 와 Lakatos 가 주장하는 과학적 방법에 의한 개념의 변화를 Stephen Toulmin 은 부정하고, 개념변화는 사회적 및 심리적 요소를 포함하여 이성적 (rational) 임을 주장한다. 즉, 이성적 활동을 논리적 분석이 아니라 개념의 변화에 바탕을 둔다. 바꾸어 말하면, 이성적 활동은 고정 관념, 상투적 과정, 혹은 불변하는 개념에 의해서가 아니라 그런 관념, 과정 혹은 개념을 변화시키는 태도에 의해서 증명된다. 지식의 형성에 있어서 논리의 역할을 경시하는 점에 있어서 Popper 와는 물론 Piaget 와도 다르다.

Toulmin 에 의하면, 논리에 의한 이론의 형성은 사실의 선험적 가정 혹은 고정된 원리로 복귀해야 한다. 그는 절대적 진리를 추구하는 전통을 타파하고 점진적으로 진화하는 개념 (evolving concepts) 이 이해의 바탕이 된다는 입장을 취한다. 이성적 활동의 구성요소가 되는 개념은 문화적 지위 (cultural niche) 를 차지하고 있어서 관련된 주제에 대한 사고활동에 영향을 끼치며 새로운 개념에 유리한 조건일 때 그 개념은 대치된다. 그러나, 구개념은 새로운 개념에 의해 대치된 후 오랫동안 존속한다. 이것은 과학적 개념이 보편적이며 지속적인 관련성을 갖는다는 것과 발달이 연속적이며 진화적 (evolutionary) 임을 의미한다. 동시에 새로운 개념에 의한 구개념을 대치할 결정적 실험이 있을 수 없음을 뜻한다.

다른 구성주의의 한 사람으로서 Thomas Kuhn 은 Popper 와는 물론 Toulmin, Lakatos 와 개념변화 과정에 대하여 다른 입장을 나타낸다. Kuhn 은 개념변화 (혹은 paradigm shift) 가 이성적 행동보다는 사회 및 심리학적 요인에 의해 일어나며, 진화적이 아니고 격변적 (revolutionary) 특성을 갖는다고 한다. 그러한 개념 변화는 역사적으로 드물게 일어나며 어떠한 과학적 위기 상태에서 몇몇의 창조력이 뛰어난 과학자에 의해 일어난다고 한다. 그는 Popper 와 Lakatos 와는 달리 과학에 있어서 탐구방법보다는 개념적 구조 (conceptual scheme 혹은 paradigm) 를 강조한다. 모든 과학자들은 그 개념 구조를 통해서 문제를 이해하고 그 문제를 해결할 방법을 결정한다.

그들이 자연 현상을 관찰할 때 일어나는 분명한 모순을 설명하지 못하거나 기대한 것을 관찰할 수 없을 때 개념구조에 변화가 일어난다. 새로운 개념구조는 그런 상황에서 갑자기 형성되므로 구개념 구조와는 불연속이 된다 (Kuhn, 1970). Kuhn 의 개념변화에 대한 핵심인 격변설은 때로는 경쟁적 개념이 공존하며 당분간은 독특한 역할을 하는 사실을 설명하는데 어려움을 갖고 있다. 예를 들면, 빛에 대한 파동설과 입자설이 수년동안 공존하고 나름대로 바르게 자연 현상을 설명해 온 사실에서 보듯이, 과학자들의 돌발적인 심성변화 (gestalt shift) 보다는, 점진적 정보의 축적을 통해서 한 개념이 다른 개념에 우세한 상태를 거쳐서 새로운 개념이 형성되는 것을 제대로 설명하지 못한다. 그렇지만 과학 교육자들의 관심을 방법론 혹은 과학적 발견의 논리로부터 과학적 탐구를 인도하는 사회적 및 개념적 구조로 끌게 했다는 것은 과학 교육에 있어서 Kuhn 의 지대한 공헌이 아닐 수 없다 (Novak, 1977; Nussbaum, 1983).

위와 같이 구성주의자들은 과학적 개념변화에 논리가 어떻게 적용이 되는가, 그리고 과학적 지식의 객관성과 이론의 평가 기준에 대하여 견해를 달리 하고 있으나, 일반적으로 두가지 점에 있어서는 의견을 일치하고 있다. 첫째로, 과학적 지식의 발달은 이론 혹은 범례의 주요한 변화로부터 온다는 것을 인정한다. 둘째로, 관찰은 객관적일 수가 없으며 관찰자의 개념적 구조의 영향을 받는다는 견해를 갖고 있다. 그러므로 지식의 구성요소인 이론 혹은 개념체계는 항상 잠정적이며, 지각적으로 감지된 확실한 사실로부터 논리적으로 구성된 객관적이며 불변하는 체계가 아니다. 따라서 그들이 개념변화를 학습으로 보는 것은 당연하다 (Drier, 1983; Nussbaum, 1983; Strike, 1983).

학습은 과학적 개념의 변화 과정이며 일련의 개념체계인 선입관이 주관적이라는 데서 교육적 문제점이 대두된다. 아동이 파지하고 있는 그 선입관이 당대의 과학적 개념과 다른 오인 (misconception) 일 때에 문제점은 더욱 심각하다. Driver 와 Easley (1978) 가 아마도 처음으로 학생들의 선입관과 오인의 관련성을 명확히 지적하고, Popper, Lakatos, Toulmin, 그리

고 Kuhn의 과학철학간의 차이에 대한 논쟁점을 그 관련성을 통일했다. 그들은 위 과학철학을 異說로 보는 偏見을 지적하고 그들이 부르는 새로운 용어 '대체적 개념구조(alternative frameworks)'를 사용하여 그 편견을 배제한 하나의 설명적 도구로 삼고 위의 과학철학에 있어서의 견해들을 하나로 통일하는데 이용했다. 그들은 개념발달을 그 대체적 개념구조의 조절(accomodation)로 본다. 부정을 내포하는 오인이란 용어를 대신하며 일련의 직관적 관념(intuitive idea)이라 보는 그 대체적 개념구조는 교육의 결과로 필연적으로 재조직이 되지 않으며, 때로는 교실에서 사용되는 용어의 의미에 의해 편승이 되거나 새로이 형성된 개념과 공존하면서 자연현상을 관찰하고 설명하는데 나름대로의 구실을 하게 된다.

교육이 학생들의 그 대체적 개념구조를 쉽게 변화시킬 수 없다는 Driver와 Easley의 철학적 堅持는 학생들의 선입관(preconception)은 교육에도 불구하고 지속되려는 경향이 있다는 Ausubel(Ausubel, et al., 1978)의 심리학적 및 실험적 주장을 뒷받침한다. Educational Psychology: A cognitive view(1978)의 서문에서 Ausubel 등은 다음과 같이 진술한다: "The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly." (iv) 위 진술이 명확히 지적하듯이 가르치고자 하는 내용과 관련성이 있는 요소로 구성된 학생의 지식체계가 학습에 지대한 영향을 끼친다. 그 지식체계인 인지적 구조(cognitive structure)는 각 개인의 지각적 경험의 표상인 개념들이 계층적으로 조직된 체계를 의미한다. 한편 누구나 자자에게 독특한 지각적 경험의 역사를 갖게 되므로 한 개인의 인지적 구조의 구성 원소는 그 개인에게만 독특한(idiosyncratic) 특수성을 나타내게 된다. 즉 한 개인이 파지하고 있는 개념은 다른 사람의 것과는 어느 정도 차이가 있게 된다. 그 차이가 초기에는 의사 교환을 방해할 만큼 지대한 것이 못되나, 개념 분화 과정에서 심각한 문제점이 제기된다. 새로운 경험을 하게 되고, 그에 대한 지식이 그 개념체계에 관련이 지

어짐에 따라 그 개념은 애써 다른 개념으로 형성되거나 변화됨으로써 그 차이가 점점 커진다. 개인은 그 개념을 통해서 사물을 관찰하기 때문에 당연히 한 사물을 개인에 따라 다르게 보게 된다. 아동과 성인이 같은 자연 현상을 설명함에 있어서 특히 큰 차이를 보이게 되는 이유가 여기에 있다. 또한 학생들은 그 개념구조를 통해서 현상을 관찰하고 문제들 보기 때문에 그 개념 구조는 과학적 개념과 다를 경우 학생으로 하여금 真相을 왜곡하게 하며, 문제해결에 어려운 점을 갖게 한다. 그러므로 학생들이 오인을 어떻게 갖게 되며, 학습에 어떤 영향을 끼치는지에 대한 지식이 교육의 한 목표가 되어야 한다.

III. 誤認의 起源 및 役割

오인의 가능성 있는 근원들이 문헌상에 많이 발표되었다. Vinnot(1979)와 McCloskey(1983)는 감각적(kinesthetic 혹은 sense)경험의 중요성을 주장한다. 감각기관에 의해서 감지되는 자연 현상에 대한 경험은 언어를 통해서 그 의미가 명확해지기 전에 일련의 기대의 체계(system of expectation)로 형성된다. 예를 들면, 한 아동이 자기를 향해 굴러오는 무거운 공을 보면 그것이 장차 어떤 상태가 될 것이라는 것을 예측하고 몸을 움츠리게 된다. 이와 같이 물체운동에 대한 기동력설(impetus theory)은 지상운동의 경험에 의한 자연적 결과로 볼 수 있다. 이렇게 지각적 경험으로부터 형성된 개념은 대부분 학생들에게 보편적 구조를 형성하는 경향이 있으나, 개인에 따라 독특한 기대의 체계는 그 개인의 독특한 구조를 이루게 한다. 그러나 이미 소지하고 있는 오인 때문에 개인에 따라 다르게 감지하는 것이며, 다르게 감지하기 때문에 오인이 형성된다고 보지 않는 사람도 있다. Strike(1983)에 의하면, Gestalt 심리학자들과 마찬가지로 오인은 개인이 소지하고 있는 개념과 경험과의 상호 작용에 의해서 구성된다. 즉 경험은 개념에 의존한다.

두번째의 근원은 언어와 어떤 개념이 관련된 은유(metaphor)이다(Gilbert et al., 1982; Schaefer, 1979; Sutton, 1980). 새로운 처지에 직면하

여, 문화와 언어에 함축된 은유자체가 새로운 경험을 익숙한 상황에서의 경험으로 동화시키려 할 때 이용되는 개념의 근원이 된다 (Strike, 1983). 개인에 따른 은유의 이해와 그것에 대한 경험은 그 개인에게만 유일한 개념 구조를 형성하게 한다.

때로는 일련의 기대나 신념을 적용할 수 없는 상황에 처하게 된다. 이때는 세번째 근원이라 볼 수 있는 유추 (analogy) 를 사용해서 그런 상황에 대처하려 한다. 즉, 익숙한 상황에서 이루어진 체계로 그 새로운 국면에 走査하여 대처하려 한다. 예를 들면, 도르레에 매달린 두개의 볼체에 평행기에 대한 인지적 구조에 동화시킴으로써 해결하려 한다. 개인에 따라 사용되는 유추법이 다를 것이므로 문제와 관련된 개념구조가 다르게 발달될 것이다 (Driver, 1983).

네째로, Piaget의 논리적 작동의 발달단계 이론은 주제가 요구하는 논리적 작동능력이 미숙한 발달단계에 있는 아동에게 주어졌거나 단순히 논리적 조작을 함으로써 그 아동은 오인을 소지하게 됨을 암시한다 (Nussbaum, 1983).

마지막으로 경험주의에 의하면 오인의 근원은 항상 파실적 관찰이거나 논리의 오용에 있다. 즉 정확한 관찰을 할 수 없거나, 관찰결과를 논리적으로 생각하지 않음으로써 오인이 생겨난다 (Nussbaum, 1983; Driver, 1983). 혹은 좁은 범위내의 경험을 통해서 너무 쉽게 일반화함으로써 오인이 형성된다 (Strike, 1983).

이런 원천으로부터 형성된 오인은 단순히 격리된 개념이 아니며 (Champagne, Klopfer, Desena & Squires, 1981), 오히려 아동자신의 견해로 세계를 이해하게 하는 일련의 개념적 구조로써 (Gilbert et al., 1982), 그 자체의 법칙에 의해 형성됨으로써 그 구조와 모순되는 과학적 개념을 가르침에도 불구하고 오랫동안 지속된다 (Viennet, 1979). 그 구조와 존속되는 중요한 또 다른 이유중의 하나는 그 오인으로 자연 현상을 이해하고 설명하는데 안락함을 느끼기 때문이다 (Gowin, 1983). 그 구조는 가설적 상황에 대한 사고에서 뿐만 아니라 실험과의 상호 작용에서도 重大한 역할을 한다. 새 교과과정의 내용을 해석할 때는 그 내용과 관련된 자신의 인지적 구조에 의존한다.

그 구조가 일반적으로 인정된 과학적 구조와 다를 경우 그 내용은 인지적 구조에 따라 그릇 해석되고 그 개념적 구조에 맞추기 위해 왜곡된다. 그러므로, 오인에 대한 지식으로 현재의 몇몇 학습이론과 과학학습지도법을 해석해 보는 것도 의의가 있다고 생각된다.

IV. 科學教育論의 解釋

1960년대 미국의 교육과정의 개혁운동은 전통적인 학습지도법을 지양하고, 학생들의 능동적이며 독립적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 배양할 수 있는 교육과정을 강조했다. Bruner (1960)는 궁극적인 자연의 질서는 발견될 수 있으며, 그 발견을 위한 교수는 단순히 기본적 관념을 제시하는 것 이상을 요구한다는 견해를 갖고, 발견학습을 위한 교수법을 다음과 같이 주장한다.

“... present the fundamental structure of a discipline in such a way as preserve some of the exciting sequences that lead a student to discover for himself.”

나아가서, 과학이란 단순히 발견된 사실들의 나열이 아니며, 관념들의 정합적 체계임을 보여야 한다고 강조한다. 그러므로 관념간의 관계가 교수에 분명히 지적되었을 때, 학생들은 발견된 관념을 새로운 상황에 쉽게 적용시킬 수 있게 된다 (Bruner, 1960).

위와 같은 이론적 배경을 갖는 발견학습은 개인이 일련의 개념이나 원리를 발견하기 위해 어떤 정신적 과정에 관여할 때 일어나는 것이며, 그 과정은 관찰, 분류, 측정, 예측, 서술, 추론등을 포함한다 (Trowbridge, Bybee & Sund, 1981).

발견에 의한 학습방법은 너무 많은 시간을 요구한다는 것 (Bruner, 1960) 이외에, 과학의 본질에 대한 구성주의자들의 철학적 견지에서 문제점이 제기된다. 구성주의자들에 의하면, 과학자들에게 명확히 인식되는 과학적 체계가 학생들이 이해하고 있는 것과는 커다란 차이가 있는 경우가 흔하다. 또한 그 체계의 구성요소인 개념 혹은 이론이 단순하게 지각적 자료와

연역적 관계들 맺고 있는 것이 아니며, 검증하고 평가하는 과정을 통하는 경험과 관련이 있는 마음의 산물이다. 학생들로 하여금 직접 사건이나 현상을 탐색하게 하고 귀납적인 방법으로 일반화와 원리들을 자료로부터 도출하게 하는 것은 가능하다. 그러나, 자료로부터의 객관적인 일반화 및 그에 따르는 원리가 교육의 목표가 될 수 없으며, 현상에 대한 올바른 설명이 교육의 한 목표이어야 한다. 자료라든가 일반화를 위한 증거들은 발견될 수 있으나, 해석적 틀(interpretative framework)은 마음의 산물로서 발명(invention)되어야만 한다. 즉 관찰된 것을 설명한다는 것은 학생들의 상상력과 어떤 개념적 틀의 구성을 요구한다(Driver, 1983). 이것은 흔하게 사용되는 과정중의 하나인 data로부터 귀납적으로 추론한 결론(conclusion)이란 교육적 목표상의 해석적 틀로서 충분하지 못함을 의미한다. 그 결론에 의미를 부여하는 것은 결국은 개념 구조이기 때문이다(BSCS, 1978).

과학을 믿음만한 사실로서 가르침으로써 과학과 과학자에 대한 태도에 악영향을 끼치는 전통적 교수법은 탐구 교수(inquiry teaching)에로의 전환을 초래하였다. BSCS의 교사지침서(BSCS, 1978)에 의하면 탐구교수법은 다음과 같이 네가지틀 의미한다.

첫째, 자료의 해석으로부터 지식이 어떻게 생겨나는가를 학생에게 보이는 것.

둘째, 지식이 발달함에 따라 변하는 개념과 가정에 바탕을 두어 자료에 대한 해석을 한다는 것을 학생에게 보이는 것.

셋째, 이런 개념이 변하기 때문에 지식 역시 변한다는 것을 학생에게 보이는 것.

네째, 변하는 지식은 발달한다는 것을 학생에게 보이는 것.

한마디로, 지식이란 자료로부터 생겨나고 지식은 변한다는 것을 학생에게 보여 주는 교수법을 의미한다. 그러므로, 탐구교수는 활동중인(in operation) 과학을 보여야 하며 학생들의 과학 활동 과정에의 적극적인 참여를 요구한다. 학생들이 적극적으로 참여함으로써 그들은 과학이란 다른 사람들이 이미 알고 있는 것을 단순히 배우는 것 이상으로 마음의 활동임을 발견

할 수 있고, 자료를 해석하고 과학적 지식을 이해하는 기술을 개발할 수 있게 된다(BSCS, 1978). 이러한 목적달성을 위해 학생들은 문제를 제기하고, 문제해결을 위한 가정을 세우고, 실험을 설계하고, 실험을 행하고, 결론을 이끌어 내고 지식을 종합하며, 일련의 태도를 개발하는 과정을 거치게 된다(Trowbridge, Bybee & Sund, 1981).

이렇게 볼 때, 탐구학습의 이론은 경험론과 구성론에 근거하고 있다. 발견학습의 이론이 갖는 문제점과 마찬가지로, 탐구학습의 이론이 경험론에 근거하고 있다는 점에 문제점이 나타난다. 지식이란 자료로부터 생겨나고 지식은 변한다는 탐구교수의 요건은 모든 과학적 지식은 감각적 자료로부터 나오고, 그 자료로부터 도출된 결론은 개연성(probability)을 갖는다는 경험론자의 견해를 발전시킨 것이다(Driver, 1983). 경험론의 철학에 바탕을 두어 제기되는 문제점 외에도 탐구학습의 실제 응용에 어려운 점이 지적될 수 있다. 학생들이 스스로 세우는 가설(hypothesis)은 그들이 파지하고 있는 개념구조의 범위를 벗어날 수 없다. 정당한 가정은 개념구조로부터 나올 수 있다(Strike, 1983). 또한, 학생들은 탐구적 과학 학습에서 새로운 현상과 받아들일 만한 이론적 해석이라는 두 단계를 항상 동시에 접하게 된다. 즉, 현상과 이론적 개념을 연결해야 하는 입장에 처하게 된다. 그들의 개념구조를 통해서 본 현상과 과학적(이론적) 개념이 모순될 때 그들은 혼동하게 되고 과학적 이론을 동화하는데 큰 부담감을 갖거나 어려움을 느끼게 된다(Driver, 1983). 이점이 바로 60년대부터 그 교육과정 개혁운동에 의해 도입된 탐구적 교수법이 커다란 성공을 거두지 못한 이유중의 하나로 보여진다. 그러므로, 학생들이 과학적 개념을 보다 쉽게 받아들이기 위해서는 그들이 이미 소지하고 있는 개념구조에 바탕을 둔 탐구적 지도법이 요구된다.

학습에 대한 Piaget의 견해는 생물학적 적응(adaptation)에 관계되고 있다. 아동이 환경을 좀더 알게 됨에 따라 그는 그 환경에 보다 잘 적응하게 된다. Piaget에 의해서 평형(equilibration)이라 불리는 이것은 경험을 동화하고 동화된 지식구조를 조절함

으로써 일어난다. 학습이란 환경과 상호작용을 통해서 지식을 구성하고 인지적 모순을 해결하는 과정이며 상호작용하는 조작 (operation)은 단계에 따라 발달하므로 학습은 단계에 따라 일어나게 된다는 것을 의미한다. 그러나 현재 Piaget의 그 논리적 조작의 발달이론을 학습에 적용함에 있어 난제들이 있음이 지적되고 있다. 아동의 나이와 주제의 단계적 순서보다는 주제와 관련된 선경험 (prior experience)과 주제의 복잡성이 주제에 대한 성취도와 더 큰 함수관계가 있다는 것이 주장되고 있다. 그러나 Piaget는 내용을 초월하는 보편적인 논리적 구조 혹은 조작에 관심을 가짐으로써, 선경험과 내용에 대한 친숙도가 문제를 해결하기 위한 사고의 논리적 형태에 영향을 끼칠 수 있다는 사실을 간과한다 (Driver, 1983). 또한, Piaget의 이론은 학생이 오인을 갖고 있다면, 그것은 오인이 인지적 구조에 있어서의 역할에 대한 관심에서 보다는 그 오인이 인지적 능력발달의 수준을 나타내는 단서가 된다는 면에서 중요하다라는 것을 의미하게 된다.

선경험과 선입관 혹은 오인에 관한 한, Ausubel의 이론이 훨씬 설득력이 있어 보인다. Piaget와 마찬가지로 Ausubel은 학생은 그 자신의 지식을 조직하고 구성한다는 것을 가정한다. 그러나 Ausubel은 지식이란 특수한 개념의 구조로써 구성된다는 것을 가정한 점이 Piaget와 다르다. 바꾸어 말하면, Piaget의 이론은 학생이 실행할 수 있는 논리적 조작에 관심을 두고 있는 한편, Ausubel의 이론은 내용의 구성에 관심을 갖는다. Ausubel에 의하면, 유의미 학습은 학습자의 인지구조에 이미 형성된 포섭자 (subsumer)에 새로운 개념이 연결됨으로써 일어나기 때문에 이미 형성된 인지구조는 그와 관련된 주제의 학습에 커다란 영향을 끼치게 된다. 또한 그의 이론은 개념이 잘못 연결이 될 때, 그 학습자는 오인을 형성하게 되며, 인지구조와 관련된 주제들 제시함으로써 학습후에 나타나는 오인의 수를 줄일 수 있다는 것을 뜻한다 (Ausubel, et al., 1978).

위와같이 Piaget와 Ausubel은 나뉠대로 타당성 있게 과학적 개념의 발달을 설명한다. 그러나 문제가 되는 점 즉, 오인이 과학적 개념으로 어떻게 전환이

되는지에 대하여는 제대로 설명을 못하고 있다. 이것은 학습이론에 대한 심리학적 한계를 지적하고 지식의 발달 및 학습에 대한 철학적 특히 인식론적 고찰을 요구한다.

V. 要略 및 結語

경험론자들은 지식이란 객관적 관찰에 의해 귀납적 일반화에 의해 형성되고, 정확한 관찰을 통한 실험에 의해 발달된다고 본다. 이와 반면 구성주의자들은 관찰이란 객관적일 수가 없고 인지구조의 영향을 받기 때문에 지식이란 주관적인 산물이라고 주장한다. 그러므로, 경험주의에 철학적 배경을 갖는 발견 학습이 갖는 문제점은 지각적 자료와 일반화된 결론 혹은 이론이 귀납적으로 연결되지 않는다는데 있다. 탐구 학습의 어려운 점이 경험론에 바탕을 둔 면아 갖는 문제점과 아울러 지적되고 있다. 탐구학습과정의 요건인 가설은 학생들이 소지하고 있는 개념구조의 범위를 벗어날 수 없다. 학생이 현상을 관찰하여 과학적 개념으로 동화하려 할 때 이미 파지된 개념과의 모순때문에 무거운 부담감을 갖게 된다. 위와 같이 선입관 혹은 오인에 대한 철학적 배경이 설명되고, 그들에 대한 지식으로 현대의 몇몇 주요한 학습지도법과 학습이론이 해석되고 있다. 그러나 철학적 배경에 대한 설명과 학습지도법과 학습이론의 해석을 위한 기술에서 암시되듯이 오인 혹은 선입관에 대한 지식이 전혀 새로운 어떤 학습이론이나 학습지도법으로 이끌어질 수는 없다고 본다. 단지 새로운 관점을 부가시키는 것 뿐이다. 그러므로 오인 혹은 선입관에 대한 지식으로 해석되는 학습이론과 지도법이 보다 유용한 도구가 되기 위해서는 몇가지 문제가 선결되어야 한다고 본다. 첫째는 문화를 초월하는 (cross-cultural) 연구가 더 필요하다. 주로 선진국의 학생들에 대해서만 오인에 대한 연구가 되어 왔기 때문에 보편적 원리를 정립하기 위한 일반성 (generality)은 제한되어 있다. 둘째, 오인이 어떻게 과학적 개념으로 변화되는 지가 밝혀져야 한다. 위 두가지 문제점이 해결된다면, 세째로, 적절한 지도법이 개발되어야 한다. 그렇게 함으로써 학습결과 형성되는 오인의 수를 줄일 수 있어 보다 효과적인 과학

학습이 일어날 것으로 생각된다.

감사의 말

본문의 교정과 원고정리에 시간을 내어 준 강원대학교 과학교육과 안경선 학생에게 감사한다.

참고문헌

1. 최동희, 김영철, 신일철, 윤사순. (1981). 철학개론, 고려대학교 출판부
2. Ausubel, D.P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 51(5), 267-272.
3. Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A cognitive view*, 2nd ed. Holt, Rinehart & Winston.
4. Bell, M.E. (1981). A systematic instructional design strategy derived from information processing theory. *Educational Technology*, Vol. 21(3), 32-35.
5. Biological Sciences Curriculum Study (BSCS). (1978). *Biology teacher's handbook*, 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.
6. Bower, G.H., & Hilgard, E.R. (1981). *Theories of Learning*, 5th ed., Prentice-Hall, Inc.
7. Bruner, J. (1960). *The process of education*. Harvard University Press. (p.20).
8. Champagne, A.B., Klopfer, L.E., Desena, A.T., & Squires, D.A. (1981). Structural representations of students' knowledge before and after science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 18(2), 97-111.
9. Diekhoff, G.D., & Diekhoff, K.B. (1982). Cognitive maps as a tool in communicating structural knowledge, *Educational Technology*, Vol. 22(4), 28-30.
10. Driver, R. (1981). Pupil's alternative frameworks in science. *European Journal of Science Teaching*, Vol. 3(1), 93-101.
11. Driver, R. (1983). *The pupils as Scientist? Milton Keynes: The Open University Press.*
12. Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, Vol. 5, 61-84.
13. Fisher, K.M., & Lipson, J.I. (1983). Ten rules of thumb: information processing interpretations of error research in learning. In H. Helm & J.D. Novak (Eds.). *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, Vol. 1, 150-152.
14. Gilbert, J.K., Osborne, R.J., & Fensham, P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, Vol. 66(4), 623-633.
15. Gowin, B.D. (1981). *Educating*, Cornell University Press.
16. Gowin, B.D. (1983). Misconceptions, metaphors and conceptual change; once more with feeling. In H. Helm & J.D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, Vol. 1, 39, 41.
17. Kuhn, T.S. (1970). *The structure of scientific revolutions*, 2nd ed., The University of Chicago Press.
18. McCloskey, M. (1983). Intuitive physics, *Scientific American*, Vol. 248, 122-138.
19. Novak, J.D. (1977). *A theory of education*. Cornell University Press.
20. _____, (1979). Applying Psychology and philosophy to the improvement of laboratory teaching. *The American Biology Teacher*, Vol. 41(8), 466-474.
21. Nussbaum, J. (1983). Classroom conceptual change; the lesson to be learned from the history of science. In H. Helm and J.D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, Vol. 1, 272-281.
22. Oldham, V., & Brouwer, W. (1984). Mendelian genetics: paradigm, conjecture, or research program. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 21(6), 623-737.
23. Piaget, J. (1971). *Biology and Knowledge*, The University of Chicago Press.
24. Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, Vol. 66(2), 221-227.
25. Schaefer, G. (1979). Concept formation in biology: the concept growth. *European Journal of Science Education*, Vol. 1(1), 87-101.
26. Strike, K.A. (1983). *Misconceptions and conceptual*

- change: philosophical reflections on the research program. In H. Helm & J.D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, Vol. 1, 67-78.
27. Sutton, C. (1980). The learner's prior knowledge: a critical review of techniques for probing its organization. *European Journal of Science Education*, Vol. 2(2), 107-120.
28. Trowbridge, L.W., Bybee, R.W., & Sund, R.B. (1981). *Becoming a secondary school science teacher*. Columbus, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company.
29. Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary Dynamics. *European Journal of Education*, Vol. 1(2), 205-221.
30. Wheeler, A.E., & Kass, H. (1978). Student misconceptions in chemical equilibrium. *Science Education*, Vol. 62(2), 223-232.

ABSTRACT

A Study of Philosophical Basis of Preconceptions and Relationship Between Misconceptions and Science Education

Hee-Hyung Cho

Kang-Won National University

(Received, December 1, 1984)

Since the study of student's preconceptions and their effects on the learning of relevant subjects became an influential research area with high significance, the research area has mainly been concerned by science educators. However, it was not until the year of 1983 that the area received recognition of various fields other than science education. The recognition was given by the *Scientific American* when it published a paper reporting a misconceptions in mechanics. Studies concerning misconceptions primarily interested in the following questions: What kinds of theoretical bases do preconceptions or misconceptions have? What are the sources of those conceptions? How are the misconceptions changed into or improved to scientific concepts? What are the efficient teaching methods appropriate for reducing the number of the misconceptions after instruction? Those questions are partly answered by experimental psychology and by philosophy of science, especially epistemology. Therefore, the paper will examine the theoretical background for and the sources of the misconceptions through literature review. Then, a few learning and teaching theories currently carrying great prestige in educational practice will be interpreted in terms of the knowledge of preconceptions or misconceptions.