

과학 개념의 특성과 학습지도 방법에 관한 연구의 분석

조 회 형

(강원대학교)

(1995년 10월 23일 받음)

I. 머리말

개념은 고대 그리스 자연철학자들의 관심을 끈 이래 줄곧 철학적 연구의 대상이 되어 왔다. 오늘날 대다수 과학교육학자들이 지대한 관심을 가지고 있는 오인(misconception)도 엄밀한 의미에서 개념 학습에 관한 연구의 주된 대상이다. 전통적으로는 개념이 플라톤의 이데아와 칸트의 카테고리와 같이 불변적·선천적 속성으로 여기어졌으나, 오늘날에는 그것이 환경에의 적용 수단으로서 도구와 같은 기능을 가지고 있다고 생각한다. 특히, 과학철학자와 과학교육학자는 과학 개념이 과학기술의 발전에 따라 그 의미도 변한다고 본다.

개념에 대한 의미는 근본적으로 인식론적·실체론적 관점에 따라 그 의미가 달라진다(조희형, 1995). 인식론적 관점에서는 그것을 진리로 보느냐, 아니면 단순히 설명체제로 보느냐에 관한 문제가 제기된다. 즉, 개념이 자연으로부터 발견할 수 있는 절대적 진리인지, 아니면 자연현상을 설명하기 위한 구성체에 불과한 것인지에 관한 문제가 관련되어 있다. 한편, 형이상학적 관점에서는 그것을 정의적 속성으로 보아야 하는 것인지, 아니면 단지 사례들을 대표하는 특성만을 가리키는 것인지에 주된 관심을 가진다(Medin, 1989).

그런데 개념의 의미에 대한 견해의 변화는 과학 학습지도 내용과 그 방법에 대한 견해의 변화를 수반하였다(Duschl & Gitomer, 1991). 지난 1960년대에 브루너(Bruner, 1960)와 스와브(Schwab, 1966)가 주창하였던 학문중심 교육사상과 그에 따른 학습지도 방법은 과학자가 가지고 있는 지식, 즉 개념의 학습지도에 그 목적을 두었다. 그러나 오늘날에는 학생들이 과학자와 다른 개념을 가지고 있으며(조희형·박승재, 1994), 당연히 과학자가 연구하고 생각하는 방법과 학생이 학습하거나 탐구하는 방식이 다를 수밖에 없다는 인식이 지배적이다(박승재·조희형, 1994).

현대의 인식론자들이 연구하는 과학지식의 발달도 실제로는 과학 개념의 발달을 뜻한다. 따라서, 과학 개념의 의미와 학습지도에 관심을 가진 학습심리학자나 과학교육학자들은 그 이론적 배경을 과학철학에 둔다. 이를테면, 포스너 등(Posner et al., 1982)은 이론적 배경을 쿤(Kuhn, 1962)과 라카토슈(Lakatos, 1970)의 인식론에 두고 있다. 또한, 주요 과학 개념의 오인에 관하여 큰 관심을 가진 구성주의 심리학자들도 대부분 그들이 내세우는 주장의 근거를 현대의 관념론과 상대주의의 인식론에 두고 있다(Driver, 1983).

오늘날의 철학적·심리학적·과학교육학적 연구 현상에서는 과학 개념의 범위 또는 개념에 포함시키는 내용을 각 분야에 독특한 의미로 해석하고 있다. 경험주의와 실증주의를 포함한 전통적 인식론자들은 개념을 단순히 사물과 사건 그 자체나 그에 대한 표현으로 보았다. 또한, 일부의 심리학자들은 모든 개념이 위계적인 체계를 이룬다고 생각한다. 한편, 오인에 관한 연구에 관심을 가진 과학교육학자들은 개념의 의미를 포괄적으로 해석하여 그 범위 안에 단순한 사실적 진술은 물론이고 법칙과 이론도 포함시킨다(조희형·박승재, 1994).

개념 및 개념학습에 관한 연구는 학습지도할 개념을 분석하는 일에서 시작하는 것이 상례이다(Herron et al., 1977). 이 연구는 개념의 의미와 관련 용어, 개념의 특성 및 기능과 종류, 개념의 형이상학적·인식론적·심리학적 특성, 개념 학습지도 방법의 변천 등을 조사·분석하는 데 일차적인 목적을 두고 수행하였다. 바꾸어 말하면, 이 연구는 과학 개념 학습지도 방법과 자료를 개발하는 데에는 그 목적을 두지 않았다. 그러나 이 연구의 결과는 그런 학습지도 방법과 절차를 개발하는 데 필요한 기초 자료가 될 것이다.

연구의 방법으로는 주로 문헌조사법을 적용하였다. 조사·분석한 문헌에는 개념에 대한 철학적·교육학적·심리학적 연구 등 전통적 연구의 결과는 물론이고, 오인에 대한 연

구의 결과도 포함시켰다.

II. 개념의 의미와 관련 용어

우리 나라의 한 국어사전(이회승, 1994)은 개념을 낱말의 사물로부터 공통의 성질이나 일반적 성질을 추출하여 형성된 표상(表象)으로 정의한다. 개념은 원래 판단의 결과로 얻어지는 것인데, 그 판단을 성립시키는 것으로 인간의 사고 활동이 개념에 의해서 수행된다는 것이다. 그 사전에는 이 밖에 개념이란 외연과 내포로 이루어지고, 명사라 불리어지는 언어로 나타내진다고 기술하고 있다.

개념은 사고나 판단의 결과로서 여러 생각에 공통적으로 나타나는 특성을 추상화하여 종합한 보편적 관념을 말하기도 한다(서울대학교 교육연구소, 1994). 이 정의는 개념이란 감각적 자료를 바탕으로 형성된 생각들의 공통된 내용을 추상적으로 평가하여 획득한 것이라는 경험론의 정의와 비슷하다. 한편, 합리론은 개념이 인간의 선천적 이성 또는 오성의 소산일 수도 있다고 본다.

개념은 이 밖에도 관심 영역이나 전공에 따라 다양한 의미로 정의되거나 해석되는데, 몇몇의 정의를 제시하면 다음과 같다.

- 구체적인 경험을 통해 파악할 수 있는 사물들 사이의 관계와 그에 관한 관념이다(Simpson & Anderson, 1981).
- 특수한 관련 경험을 바탕으로 일반화한 관념이다(Carin & Sund, 1989).
- 일련의 일반화이다(Abruscato, 1988).
- 일단의 물체와 사건을 정의하는 경험을 추상화 한 것이다. 더 구체적으로 정의하면, 일상적 생활에서 학습한 추상화된 그리고 인지적으로 구조화된 정신적 경험의 범주이다(Caroll, 1964).
- 정보를 분류하는 체계로서 일반화의 기본이다; 공통적 성질을 가진 단어, 관념, 물체, 느낌, 기술 등을 분류할 때 이용할 수 있는 추상화이다(Falk, 1980).
- 일단의 사실에 존재하는 규칙성과 관계를 표현하며, 기호나 부호로 나타낸다(Novak, 1977).
- 어떤 이름(라벨)으로 표시할 수 있는 사건과 사물의 규칙성이다(Novak & Gowin, 1984).
- 일정한 대상을 지시하는 의미체이다; 사물이나 사건에 공통되는 특성 혹은 관계의 분류화이다(이종승, 1989).
- 범주화의 정신적 표상화이다(Howard, 1987).
- 매우 많은 수의 관념으로부터 중요한 공통 속성과 요인을 요약하는 일단의 관념과 사실이 지니는 필수적

특성의 개요이다(Pella, 1966).

- 일단의 물체에 대한 일반화되고 추상화된 사고 또는 관념으로서 구체적이고 특수한 지각물이나 영상과 구분된다(Honer & Hunt, 1987).

이와 같이, 개념이 일반적으로는 사물에 대한 관념이나 그 심상(心象)을 의미하며, 더 포괄적으로는 개요·개관·지식·사고방식 등의 의미로도 사용할 수 있다. 또한, 철학적으로는 경험할 수 있는 낱말의 개체와 그것을 통틀어 지칭하는 추상적이고 보편적인 존재를 일컫는다. 특히, 전통적 형식논리학에서는 개념의 외연과 내포를 구별하고 전자를 개체의 집합으로, 후자를 몇 개의 개체들이 공유하는 준거속성(criterial attribute)으로 지칭한다.

개념의 준거속성은 임계속성(critical attribute)이라고도 하며, 특정 개념을 결정하는 특징을 말한다. 한 사물·부호·사건이 어떤 개념에 속하는지는 임계속성에 따라 결정된다. 한편, 임계속성에 대조적인 특징을 나타내는 변이속성(variable attribute)은 특정 개념에 직접 관련이 없는 특성을 의미한다(Kean, 1982). 일반적으로, 과학 개념은 임계속성과 변이속성의 수가 늘어나거나 임계속성이 추상적일수록 학생들이 학습하기에 어려워진다.

과학 개념은 모든 사례에 공통된 특성이나 준거속성으로서 일련의 정신적 영상이지, 그 이름이 아니다. 즉, 개념은 일반화된 정신적 영상으로서 그 자체는 모두 추상적인 특성을 띤다. 그러나 표상화된 영상이 지시하는 것, 즉 개념의 본질은 구체적이거나 추상적일 수 있다. 그러므로 어린 아동들은 추상적 관념을 형성할 수 없기 때문에 개념화할 수 없다는 주장은 옳지 않다. 개념은 또 그것을 이루는 사실처럼 “옳다” 또는 “틀렸다”로 검증할 수 있는 것도 아니다(Ehrenberg, 1981).

과학교육자들은 과학 개념의 속성과 그 학습지도를 핵심적 연구의 대상으로 삼고 있다. 그러나 그들은 개념(concept)을 뚜렷한 의미로 정의하지 않은 채 개인개념(conception), 구인(construct), 생각(notion), 관념(idea), 개체(identity), 오인(misconception) 등 의미가 다른 여러 가지 용어와 혼용하는 면이 없지 않다. 이 가운데에서 학문에서 뿐만 아니라 일상적인 상황에서도 가장 일반적으로 사용되는 용어는 개념이다(조희형·박승재, 1994).

개념은 보편적 용어의 의미를 나타내는 관념(Neilson et al., 1956), 또는 어떤 특성을 공유하는 개체들의 집단을 의미한다(Markle & Tiemann). 즉, 물체·성질·현상·사건 등 경험하는 것에 관한 추상적인 생각(Trusted, 1987)일 뿐이지 그 자체는 아니다. 실제로 존재하는 것은 개체들뿐이

고, 마음 속에는 개념이 자리잡고 있다. 그런데 마음 속의 개념은 단순히 사물의 이름이나 영상이 아니라 보편적 속성을 나타낸다(서울대학교 교육연구소, 1994).

여러 면에서 개념과 대조적인 특성을 나타내는 것이 개인개념이다. 개념이 누구에게나 의사소통이 가능한 공공적인 의미를 지니고 있음에 비하여, 개인개념은 그 내용보다 머리에 그리거나 생각하는 속성에 지나지 않는다. 개인개념은 어느 개인이 개념을 형성하는 과정의 초보적인 단계에 있는 관념으로서 그것을 파악하고 있는 개인에게 고유한 의미를 지닌다. 개인개념이 그 발달상 비록 유치하고 미분화된 일반적인 생각에 지나지 않지만, 그것을 가지고 있는 개인에 있어서는 개념과 마찬가지로 새로운 지식을 형성하는 기초가 된다.

개념이나 개인개념이 경험을 바탕으로 구성된 것이라면, 구인(構因)은 지적 산물이다. 구인은 직접 볼 수는 없으나 실제로 존재하면서 관찰과 측정이 가능한 현상을 일으키는 원인으로 추측되는 속성을 말한다. 즉, 다양한 관찰·측정 자료를 종합하여 해석하는 과정에서 그 존재를 인정할 도리밖에 없는 사고의 대상으로서 추상적·가설적 속성을 구인이라고 한다. 원자·전기·중력·온도 등이 이러한 구인에 해당된다. 순간속도나 불확정성 원리와 같이 어떤 구인은 신체적 경험보다 논리적 추리나 수학적 사고를 통해 추정되는 속성을 지칭한다.

영어의 notion을 번역한 '생각'은 관련 개념이나 구인에 관한 일반적이고 막연한 생각을 뜻한다. thinking 또는 thought를 번역한 생각이 주로 사고·사상·느낌 등과 관련이 있음에 비하여, notion의 '생각'은 관념·의견·신념 등과 연관되어 있다. 따라서, 어떤 사람이 가지고 있는 '생각'은 순전히 개인적인 견해나 편견에 지나지 않을 수도 있다.

이와 같은 용어들을 뚜렷이 구분하지 않고, 일반적인 의미로 쓰고자 하는 상황에서는 흔히 아이디어(idea)라는 말을 사용한다. 따라서, 아이디어는 어떤 것을 암시하는지에 따라 다른 말로 번역된다. 그것으로 concept를 지칭할 때는 개념으로, conception을 말할 때는 개인개념이나 직관적 관념으로, notion을 일컬을 때는 생각이나 견해로 번역하고 있다. 이 말이 구인과는 거의 혼용되지 않고 있는데, 이 점에서 구인은 사고나 생각과 가장 거리가 먼 것임을 알 수 있다. 실제로, 심리학자들은 태도를 구인의 실례로 본다(Nellist & Nicholl, 1986).

개념은 그것이 나타내는 실례의 수에 있어서도 매우 다양하다. 대체로 포괄적인 개념일수록 실례를 많이 포함한다. 이와 대조적으로, 어떤 개념은 오로지 하나의 실례만을

가지는데, 이러한 개념을 개체라고 한다(Markle & Tiemann, 1970). 개체는 개물(個物)로서 서술시·상대성이론·철수 등과 같이 그 본질이 아무리 복잡할지라도 단 하나밖에 존재하지 않기 때문에 정체라고도 한다. $kg \cdot l \cdot m$ 등과 같이 단위로 나타낼 수 있는 것의 양은 각각 무게·부피·길이의 실례가 아니라 모두 동일한 것으로 볼 수 있다. 한편, 클로스마이어 등(Klausmeier et al., 1974)은 그런 개념을 실례가 하나뿐인 개념으로 지칭한다.

III. 개념의 특성 및 기능과 종류

과학 개념은 과학적 원리를 구성하기 때문에 어떤 원리를 이해하기 위해서는 그 원리를 구성하는 개념에 대한 지식을 가지고 있어야 한다(Stuart, 1982). 이를테면, "생물체는 유전정보와 생태계 사이의 상호작용을 통해 발달한다"는 생물학적 원리를 알기 위해서는 발달·생물체·상호작용·유전정보·생태계의 다섯 개념을 이해해야 한다. 이는, 가네(Gagne, 1985)가 주장하듯이, 개념이 어떤 자극을 특정 부류에 포함시켜 그 부류의 성질이나 준거속성 또는 정의가 암시하는 지시체 등의 이름을 붙일 수 있게 하는 기능을 하기 때문이다.

개념은 가시적인 현상과 구체적인 사물을 분류하는 틀이 됨과 동시에 지식체계를 구성하는 사실과 이론을 조직하는 기능도 한다. 그것은 또 특정 분야의 본질적 특성을 기술하는 기능도 한다. 따라서, 개념을 이용하면 특정 분야의 속성을 쉽게 파악할 수 있으며, 주요 개념을 구성한다는 것은 곧 새로운 학문 분야를 연다는 말을 뜻한다(Phenix, 1956). 한편, 개념이 이와 같은 기능을 한다는 것은 과학 학습지도의 목적을 학생들이 주요 개념을 획득하게 하는 데 두어야 함을 시사한다.

과학 개념은 과학적 탐구의 산물로서 과학지식을 더욱 확장하는 근거가 되며, 과학기술자가 응용하는 지식을 이룬다. 과학 개념은 포괄적인 특성을 지니고 있어서 개인이 경험한 것을 초월하는 지식을 획득하는 데 효과적으로 이용할 수 있다. 개인은 기존의 개념을 수정하여 그에 따라 새로운 정보의 의미를 해석하여 통합할 수 있다. 또한, 과학 개념은 과학교육이 추구하는 목적이자 그 결과이다. 따라서, 적절한 개념의 선정이 교육과정 개발의 주요 관심사가 되고 있다(Pella, 1966).

이상에서와 같이, 개념은 과학자들의 연구와 학생들의 학습에는 물론이고 일상적인 생활에서도 다양한 기능을 하는데, 그런 기능은 개념이 내재하고 하는 본질적 특성에서 비롯된다. 개념은 무엇보다도 개인이 경험한 내용을 단순화

시키고 이상화하는 기능, 즉 정보를 조직화하고 체계화하는 속성을 가지고 있다. 따라서, 개념은 자연에서 일어나는 제반 현상을 관찰하고 기술하며 이해하는 데 필수적인 수단이자, 과학지식의 확고한 바탕이 된다.

개념의 종류를 분류하는 기준은 매우 다양한데, 준거속성이 나타내는 추상적 특성과 사례의 수가 가장 일반적으로 적용되고 있다. 이 기준에 따르면, 개념은 ① 지각적 사례와 지각적 속성을 지닌 개념, ② 지각적 사례는 지니지만, 지각할 수 있는 속성이 없는 개념, ③ 지각할 수 있는 사례나 속성이 없는 개념으로 대별할 수 있다(Collette & Chiappetta, 1989). 첫째의 개념에는 비커·시험관·스펙트럼 등이, 둘째의 개념에는 철·수은·구리 등과 같은 원소와 화합물이, 셋째의 개념에는 원자·분자·핵·유전자 등이 포함된다.

또한, 개념은 형성되는 원천과 지시하는 대상에 따라 경험적 또는 구체적 개념과 형이상학적 또는 추상적 개념으로 대별할 수 있다. 흔히, 지각적 속성과 사례를 지닌 개념을 구체적 개념이라고 한다. 구체적 개념은 다시 공간 개념, 존재 개념, 구조 개념으로 소분화할 수 있다(Howard, 1987). 공간 개념은 상하·전후·내외 등과 같이 사물과 현상의 시간적·공간적 관계를 나타내는 개념을 말하며, 존재 개념은 물질·공간·사람·그릇 등 경험할 수 있는 실재를 기술하는 개념을 일컫는다. 한편, 구조 개념은 다양한 경험과 활동을 조직하는 도식을 지칭한다.

추상적 개념은 감각기관을 통한 직접적인 경험과는 상관 없이 여러 개의 구체적 개념을 바탕으로 순수한 사유과정을 통해 일반화되어 형성된 비교적 복잡한 개념을 말한다. 이 때문에, 추상적 개념은 순수 개념 또는 정의적 개념으로 일컬어지기도 한다(Gagne, 1985). 추상적 개념은 반드시 구체적 개념으로 표현할 수밖에 없으며, 시간·열·진화 등과 같이 그 속성을 직접 관찰하거나 지각할 수 없다. 대부분의 합리주의자들은 이러한 개념을 선천적 이성 또는 오성의 소산으로 본다.

카르납(Carnap, 1966)은 개념을 또 분류 개념, 상관관계 개념, 이론적 개념으로 대별한다. “곤충은 여섯 개의 다리와 세 체절로 된 동물이다”는 분류 개념의 표현이다. 한편, “힘은 물체의 운동을 바꾸려는 밀음과 당김이다”고 하는 것은 상관관계 개념에 속하고, “원자는 전자·양성자·중성자 그리고 기타 입자로 구성된 원소의 가장 작은 입자이다”는 이론 개념의 예이다. 특히, 이론 개념은 지각 경험이나 사실을 초월한다. 그러나 모든 형태의 개념은 직접 경험을 통해서, 또는 그런 경험을 통해서 구성된 다른 관념을 바탕으로 만들어진 것이다(Pella, 1966).

IV. 개념의 형이상학적 특성

개념은 어떤 형이상학적 관점에서 보느냐에 따라 그 의미를 다르게 해석할 수 있다. 형이상학은 개념에 관한 한 그 본질과 존재의 양식 그리고 여러 관계를 원리적으로 밝히려는 철학으로서, 현재의 과학철학계에서는 개념에 관한 한 실재론적 관점과 관념론적 견해가 첨예하게 대립하고 있다. 실재론은 지각하는 물체가 마음과 독립적으로 존재한다고 보는 신조이며, 관념론은 물체가 물질적인 것이 아니라 관념·사고·마음이라는 관점이다(Honer & Hunt, 1987).

실재론적 관점에서는 개념이 지칭하는 대상을 객관적 존재로 인정한다. 경험주의와 실증주의의 본질론에 반영되어 있듯이, 개념은 자연에 실제로 존재하는 실체 그 자체를 나타낸다는 것이다. 개념을 이와 같은 의미로 해석하기 때문에 그 존재는 대응설(correspondence theory) 또는 일치설에 따라 확인할 수 있다. 대응설은 진리가 사실 또는 실제 상황과 일치해야 한다고 보는 진리의 검증 이론으로서 개념이 진리인지의 여부를 검증하는 준거로 개념과 객관적 실체 사이의 정확한 일치도를 활용한다(Moser & Nat, 1987).

관념주의는 이성이나 의지와 같은 정신적 존재를 본원적 존재로 보고, 물질적 존재는 그 현상 또는 가상에 불과하다고 본다. 현대의 합리주의와 실증주의 이후의 현대 과학철학적 입장이 대변하고 있듯이, 실재가 존재하되 지각된 관념으로서만 의미가 있다는 것이다. 한편, 개념을 이와 같은 의미로 해석할 경우 그 타당성은 정합설(coherence theory)에 의해 검증할 수 있다. 정합설은 어떤 명제·진술·판단의 참가치가 다른 명제·진술·판단과 일치하는지의 여부에 따라 결정된다고 보는 관념주의가 제시한 진리의 검증 이론이다(Honer & Hunt, 1987).

V. 개념의 인식론적 특성

현대의 과학철학에서는 개념의 존재뿐만 아니라 그 의미와 특성에 관해서도 활발하게 논의하고 있다. 전자가 특별히 형이상학에 중요한 논의의 대상이라면, 후자는 인식론의 관심사이다. 인식론은 인식 자체의 반성 및 그 기원·본질·방법·한계 등을 연구하는 철학의 한 부분으로서(이희승, 1994), 과학철학자들은 어떤 인식론적 관점으로 보느냐에 따라서도 개념을 서로 다른 의미로 해석한다. 현재 그 기원에 관해서는 경험론과 이성론이, 그 대상에 관하여는 절대론과 상대주의가 대립하고 있다. 현대의 과학철학에서는 또 진리의 의미와 검증 방법에 관해서도 여러 가지 주장이 제기되고 있는데, 앞에서 말한 정합설 및 대응설과 아울러 실

용성이 가장 중요시되고 있다(Moser & Nat, 1987).

경험론은 모든 인식이 감성적 경험에서 비롯된다고 생각하는 인식론적 신조로서 모든 과학 개념이 자연에 대한 경험에 의한다는 것을 암시한다. 이 신조에 따르면, 개념이 함축하고 있는 의미는 그것이 실제적인 경험과 연결되었을 때만 파악할 수 있으며, 그 진위는 반드시 경험에 의해 검증된다. 한편, 이성론은 인식이 이성적 사유로부터 생긴다고 주장함으로써 모든 과학 개념이 오성의 산물임을 시사한다. 합리론으로 일컬어지기도 하는 이성론에 따르면, 모든 개념은 합리성과 보편성을 지녀야 하는데, 그런 특성은 이성적 사유를 통해 검증할 수 있다.

절대주의는 영원히 불변하는 보편적 타당성을 지닌 실체의 존재와 그에 관한 지식을 믿고, 추구하는 인식론의 한 학파이다. 절대주의는 또 실체·진리·가치가 사물의 영원한 본질에 확립되어 있다고 본다(Honer & Hunt, 1987). 개념은 절대적 진리와 그 체계로서 언제나 어디에서나 동일한 의미를 지닌다는 것이다. 이러한 관점은 항존주의와 본질주의의 교육사상의 기초를 이루었으며, 경험주의 및 실증주의의 인식론적·방법론적 견해의 바탕이 되기도 하였다.

항존주의와 본질주의는 실재론과 관념론에 기초를 두고 있어서(Kneller, 1971) 개념에 관한 한 거의 비슷한 입장을 나타낸다. 그러나 경험주의와 실증주의는, 특히 개념의 진위를 검증하는 방법에 관하여는, 견해상의 큰 차이를 보인다. 경험주의는 관찰되는 개념을 모두 진실로 받아들이지만, 실증주의는 검증을 통해 절대적 진리로 확증(verification)되거나 최소한 확률적으로나마 입증(confirm)된 것만을 참된 개념으로 인정한다. 실증주의 가운데에서도 경험주의 엄격한 입장을 받아들이는 논리실증주의는 대체로 확증설을, 느슨한 입장을 수용하는 논리경험주의는 대부분 입증설을 지지한다(Brown, 1977).

상대주의는 모든 가치의 절대적 타당성을 부인하고 그 대신에 모든 것이 개인·집단·시간·장소에 상대적이라고 주장하는 인식론적 입장이다. 즉, 모든 사물은 반드시 다른 사물과의 관계를 통해서 인식되며, 객관적·절대적·궁극적 진리란 있을 수 없다고 보는 신조이다(Honer & Hunt, 1987). 이 입장에 따르면, 모든 과학 개념은 절대적 진리가 아니라 그것을 추구하는 과학자나 학습하는 학생에 상대적인 의미와 타당성을 지닌다. 이런 입장을 수용하기 때문에, 상대주의는 개념의 속성에 관하여 절대주의와 상반된 견해를 표명할 수밖에 없다.

상대주의는 진리조차도 상대적이어서 객관적 판단 기준이란 있을 수 없다고 본다. 즉, 개념도 어떤 절대적 가치, 즉 그것의 진위를 검증할 수 있는 것이 아니라고 본다. 어떤 것

을 가리키면서 '책상'이라고 말하는 경우를 실제로 들어 절대주의와 상대주의의 인식론적 입장을 비교해 보면 양쪽 견해를 이해하기 쉽다. 절대주의는 그 개념이 단순히 옳다거나 틀렸다고 단정한다. 그러나 상대주의는 그 용어가 타당하다(valid)고 말하거나 그렇지 않다고 하며, 또는 그것을 표현하는 데 적절하다(appropriate)거나 그렇지 않다고 말한다.

이런 입장은 진리에 관한 이론으로 볼 수 있는 실용주의에 의해서도 지지되고 있다(Lacey, 1976). 실용주의는 지식 또는 개념의 진위를 검증하기 위한 수단으로 이른바 실용설(pragmatic theory)을 제시하고, 그에 따라 진리를 그 자체로서의 순이론적 가치로서가 아니라 합목적성의 견지에서 규정하며, 어떤 관념의 참과 그 가치는 그에 내재된 실제적 효용성을 근거로 판단할 수 있다는 입장을 취한다. 즉, 실용주의는 진보주의 교육사상과 현대의 과학철학적 신조에 잘 나타나 있듯이 어떤 명제의 참가치는 문제를 해결하는 데 있어서의 실효성이나 생활에 있어서의 실용성에 따라 판단할 도리밖에 없다고 주장한다.

VI. 개념의 심리학적 특성

개념에 관해 연구한 대표적인 심리학자로 가네(Gagne, 1985), 오슈벨(Ausubel et al., 1978), 피아제(Piaget, 1969)를 들 수 있다. 이들의 연구 결과는 과학교육의 전반에 지대한 영향을 미쳤지만, 이론적 배경은 서로 다르다. 가네는 경험주의와 귀납법에, 오슈벨은 관념론에, 피아제는 이성주의에 인식론적 배경을 둔 심리학적 이론을 구성하였다.

가네는 개념이란 실체론적·인지론적 특성을 지닌다고 본다. 개념은 물리적·언어적 특성을 지니고 있으며, 상호간에 위계적 관계가 있다고 보는 견해이다. 그는 이런 견해에 따라 여덟 가지의 학습형태의 하나로 개념학습을 제시하였다. 그가 제시한 개념학습 이론에 의하면, 개념은 구체적 개념과 정의적 개념으로 대별할 수 있다고 한다. 구체적 개념은 관찰과 그 과정을 통해 수집한 자료를 바탕으로 한 귀납적 일반화 과정을 통해 학습되며, 추상적 개념은 정의나 추상화 과정을 통해서 학습된다는 것이다. 그는 이어 개념 학습에는 실패와 비실패를 다양하게 제시하는 학습지도 전략이 효과적이라고 주장한다.

오슈벨은 개념을 어떤 기호나 부호로 나타낼 수 있으며 공통적인 준거속성을 지닌 물체·사건·상황·성질로 정의함으로써 개념의 추상적 속성을 강조한다. 그는 또 유의미한 학습이란 학습내용과 인지구조와의 상호작용을 통한 결합으로 정의함으로써 개념의 인지적 특성을 강조한다. 그는

이를 근거로 개념은 그 출처에 따라 논리적·잠재적·심리적 의미를 가지며, 특히 심리적 의미는 그 개념을 가지고 있는 개인에 독특하다고 주장한다. 그는 이어서 개념은 두 가지의 서로 다른 방법과 과정을 통해 학습된다고 본다. 개념은 발견학습 과정을 통해 그 준거속성을 획득하게 되며, 포섭이나 통합적 화해를 통해 더욱 분화된다는 것이다.

피아제는 사실 개념이 무엇인지 직접 언급하지는 않았다. 단지 그의 지능발달 이론을 통해서 개념이 수학적·논리적 특성을 지니고 있는 것으로 추정할 수 있다. 그가 지능발달 이론을 전개하는 과정에서 평형·보존·부피·질량 등 과학에 필수적인 개념들을 많이 사용하고 있지만, 그것들이 물리적인 속성을 지칭하지는 않고 단지 지능발달 수준 즉 조작능력을 지적하기 위해 사용하는 용어에 불과하다. 피아제는 그런 개념을 이해할 수 있는 수준의 조작능력은 외부와의 상호작용을 통해 발달한다고 주장한다. 한편, 현대의 일부 학습심리학자들은 모순법에 의한 학습지도법이 그런 조작능력의 발달에 효과적이라고 주장한다.

인지구조를 이루는 개념은 이름·정의·준거속성·가치·실례 등 다섯 가지의 구성요소로 이루어져 있다(Bruner et al., 1956). 개념의 이름은 적절한 개념을 회상하거나 지칭하는 데 이용할 수 있으며, 정의는 개념을 구성하는 본질적 특징 또는 속성들 사이의 관계에 관한 진술을 제공한다. 한편, 속성과 가치는 한 사물과 사건을 변별하는 특성으로서 개념을 정의하는 특징이기도 하다. 속성은 개념의 포괄적 특성으로서 그 가치를 나타내는 양과 질 때문에 다양하게 나타난다.

개념은 또한 여러 가지 측면을 가지고 있으며, 그 측면에 따라 발달한다. 즉, 구체적인 측면에서 추상적인 것으로, 모호한 것에서 분명한 것으로, 부정확한 것에서 정확한 것으로 발달한다(Falk, 1980). 개인이 가지고 있는 개념은 분화와 통합을 통하여 발달한다. 개념은 실례가 늘어나 분화되고 새로운 개념과 관계를 맺어 통합함으로써 그 의미와 분류 범위가 확장된다.

VII. 개념 학습지도 방법의 변천

심리학자들이 개념의 본질을 밝히는 데 주된 관심을 가졌다면, 교육학자들은 심리학자들이 제시한 개념의 특성에 따라 그것을 효율적으로 학습지도하기 위한 방법과 자료를 개발하는 데 노력하였다. 행동주의가 시사하는 바에 따르면, 개념 학습은 일반화와 변별의 기준이 되는 준거속성의 확인으로 정의할 수도 있다. 행동주의의 심리학적 입장에서 개념 학습지도 방법과 자료의 개발에 남다른 관심을 보인

교육학자로 클로스마이어 등(Klausmeier, et al., 1974), 마클과 티에만(Markle & Tiemann, 1970)을 들 수 있다. 현재는 구성주의 심리학을 받아들여 주요 과학 개념에 대한 오인을 연구하는 과학교육학자들도 과학 개념을 효과적으로 학습지도하기 위한 전략과 방법을 개발하기 위해 주력하고 있다.

클로스마이어와 그의 동료들(Klausmeier et al., 1974)은 개념을 “한두 개의 사물, 즉 물건·사건·과정 등의 성질에 관한 정리된 정보(p. 4)”로 정의한다. 그들은 또한 개념이란 학습 가능성, 이용 가능성, 타당성, 일반성, 힘, 구조, 사례의 지각력, 사례의 다양성 등의 특성을 나타낸다고 주장한다. 그는 이어서 개념의 학습 및 발달 모형을 아래와 같이 제시한다(Klausmeier, 1976).

- (1) 구체적 수준
 - 사물에 주의를 기울임
 - 사물을 분별함
 - 분별된 사물을 기억함
- (2) 정체확인 수준
 - 위의 세 가지 조작 이외에
 - 두 가지 이상의 것이 동일하다는 것을 일반화함
- (3) 분류 수준
 - 위의 네 가지 조작 이외에
 - 두 가지 이상의 실례가 어떤 형식으로든지 같음을 일반화함
- (4) 형식적 수준
 - 위의 다섯 가지 조작 이외에
 - 개념의 정의적 속성과 관계가 없는 속성을 변별함
 - 이어서 ① 관련있는 속성 혹은 규칙에 관한 가설을 세우고, 가설을 기억하며, 긍정적·부정적 사례를 이용하여 가설을 평가하거나, ② 긍정적 사례가 공통적으로 나타내는 속성 및 규칙을 인식함
 - 개념을 추론함

이들에 앞서 마클과 티에만(Markle and Tiemann, 1970)은 개념을 “상호간에 차이가 있지만 한 부류로 범주화하여 한 이름으로 불리어지는 일단의 사물·사건·관계(p. 2)”로 정의한다. 개념은 학생들로 하여금 새로운 실례에 일반화할 수 있게 하는 공통적 속성이라는 것이다. 그는 또 개념이란 본질적으로 실체론적 특성을 지닌다고 보고, 개념이 학습되는 과정과 그 결과로 나타날 수 있는 오류를 몇 가지로 구분하여 제시한 다음, 그것을 바탕으로 구성한 학습지도 모형을 제시한다. 그가 제시한 학습의 과정, 학습 결과의 오류 및 개선책, 학습지도 모형은 다음과 같다.

<학습의 과정>

- 일반화: 이미 알고 있는 실례와 여러 면에서 다른 새로운 실례에 대하여 동일한 반응을 나타낸다.
- 변별: 전에 알고 있던 실례와 부분적으로 같은 성질을 가지고 있는 비실례에 대하여 다른 반응을 나타낸다.
- 이해: 새로운 실례에 일반화할 수 있음과 동시에 실례와 비실례를 확실하게 변별할 수 있다.

<학습 결과의 오류 및 개선책>

- 과도한 일반화: 일부의 비실례를 실례로 포함시킨다. 이를 개선하기 위해서는 더 분명하게 구분할 수 있는 비실례를 제시해야 한다.
- 미흡한 일반화: 일부의 진짜 실례를 실례로 인식하지 못한다. 이를 개선하기 위해서는 더욱 구체적인 실례를 제시한다.
- 오인: 과도한 일반화와 동시에 미흡한 일반화를 한다. 이를 개선하기 위해서는 더 많은 실례와 비실례를 이용한다.

<학습지도 모형>

- (1) 개념 선정
- (2) 준거속성 또는 임계속성 제시
- (3) 변이속성 제시
- (4) 실례와 비실례 제시

과학 개념을 효과적으로 학습하기 위해서는 변별력과 일반화 능력을 동시에 지니고 있어야 한다. 개념 학습지도 과정에서 주어지는 실례는 주로 일반화 기능을 하며, 비실례는 변별 기능을 한다(Kean, 1982). 그러므로 개념은 실례와 비실례를 제공함과 아울러 임계속성과 변이속성을 제시함으로써 효과적으로 학습지도할 수 있다. 한편, 그런 학습지도 과정은 네 단계를 거치는 경우가 상례인데(Tennyson & Park, 1980; Tennyson & Cocchiarella, 1986), 학습지도 모형(Kean, 1982)과 함께 제시하면 다음과 같다.

<학습지도 과정>

- 내용의 위계적 구조를 결정한다. 임계속성과 변이속성을 확인하여 개념의 세 가지 수준, 즉 상위적·병위적·하위적 수준을 분석한다.
- 임계속성을 이용하여 개념의 정의를 제시한다. 임계속성과 변이속성을 근거로 실례를 선정한다.
- 속성을 적당히 조절하여 실례를 합리적인 묶음으로 정리한다. 합리적 묶음에는 각 병위적 개념에서 한 개씩

의 실례를 포함시키며, 포함된 개념은 비슷한 변이속성을 갖게 한다.

- 개념을 제시할 순서를 난이도에 따라 결정한다. 그 순서는 학문의 발달 수준과 학생들의 지식 상태를 참조한다.

<학습지도 모형>

- (1) 개념 선정
- (2) 정의
- (3) 임계속성 제시
- (4) 변이속성 제시
- (5) 상위·병위·하위 개념 제시
- (6) 실례·비실례 제시

이상에서는 행동주의 심리학에 따른 개념의 특성과 학습지도 방법 및 모형에 관하여 살펴 보았다. 그러나 구성주의는 행동주의와 인식론적·심리학적 견해를 달리하며, 개념·학습·지식도 다른 의미로 해석한다. 구성주의는 학습을 인지구조의 변화로 정의하고, 이런 관점에서 개념의 특성을 파악한다. 이런 구성주의 심리학과 현대의 과학철학은 개념이 수학적·논리적·물리적·인지적 특성을 지닌다고 생각한다. 개념이란 앞에서 논의한 특성을 모두 지닌다는 것이다. 구성주의 심리학자들은 개념의 속성과 그 포괄성에 관해서도 현대 과학철학자들과 견해를 서로 달리한다. 오슈벨·가네·피아제 등 인지론을 수용하는 심리학자들은 대체로 실증주의가 말하는 바의 개념을, 드라이버(Driver, 1983)나 웨스트와 파인즈(West & Pines, 1985; Pines & West, 1986) 등 오인에 관심을 가진 구성주의자들은 개념과 그 체계를, 현대의 과학철학자들은 법칙과 이론을 포괄하는 세계관을 개념으로 일컫는다. 따라서, 구성주의자들은 그 학습지도 방법과 모형도 행동주의의 것과 다르게 제시한다. 지금까지 수행된 오인에 관한 연구의 결과를 종합하면, 개념의 학습지도 모형은 다음과 같이 개념형성 모형, 개념분화 모형, 개념대체 모형 등 세 가지로 나눌 수 있다.

- 개념형성 모형: 전통적 학습지도 모형으로서 발견학습 모형으로 일컬어지기도 한다. 이 모형에 따른 학습지도는 귀납적 일반화 과정을 통해 새로운 개념을 획득케 하는 데 그 목적이 있다.
- 개념분화 모형: 전통적 강의법에 의한 수업에서 가장 흔히 적용된 것으로서 실례와 비실례를 제시하면서 개념의 본질적 특성을 학습지도하는 데 근본목적이 있다.
- 개념대체 모형: 아동의 틀린 지식을 과학지식으로 교환시키기 위한 학습지도가 이루어진다.

여기에서는 개념이라는 용어로 통일하여 썼지만, 구성주의자들은 그것을 오인·대체적 개념들·소박한 개념·아동의 과학·자연발생적 생각 등 다양한 이름으로 부른다. 그러나 그 이름에 상관없이 그들이 지칭하는 것은 개념(concept)이 아니고 개인개념(conception)이다. 또한, 과학적 지식이나 과학자의 지식에 비하여 틀려있거나 유치한 단계의 지식을 말한다. 이 때문에, 이러한 개념들이 직관적 관념 또는 오인(misconception)으로 불리어지고 있으며, 아직도 일본에서는 오개념으로, 대만에서는 착오개념으로 불리어지고 있다(조희형, 1995).

VIII. 맺는말

앞에서는 개념의 의미와 관련 용어, 개념의 특성 및 기능과 종류, 개념의 형이상학적·인식론적·심리학적 특성, 개념 학습지도 방법과 모형의 변천 등을 조사·분석하였다. 개념은 여러 가지 의미로 해석되어 왔으며, 의미에 상관없이 매우 다양한 특성을 지니고 있어서 그 종류도 그 만큼 다양하다는 것을 알아보았다. 또한, 개념의 속성을 어떻게 특징짓는지에 따라 그 학습지도 방법과 절차 그리고 그 모형이 달라진다는 것도 살펴보았다.

경험주의와 실증주의는 개념을 실재론적·절대주의적 관점에서 정의하였다. 이런 경험주의 및 실증주의가 정의한 의미의 과학 개념을 학습지도하기 위해 그 개념의 준거속성과 변인속성을 확인하고 그에 따라 선정된 실례와 비실례를 제시하였다. 그러나 현재의 과학교육학자들은 개념을 관념론적 실체론과 상대주의적 인식론 그리고 구성주의 심리학적 관점에 따라 규정하고, 개념 학습지도 과정을 형성·분화·대체의 세 가지 모형으로 구분하여 제시한다.

이 연구는 과학 개념의 특성을 밝히거나 그것을 학습지도하기 위한 이상적인 방법을 개발하기 수행하지 않았다. 이 연구는 과학 개념과 그 학습지도에 관하여 지금까지 수행된 연구의 결과를 분석하는 데 목적을 두고 수행하였을 뿐이다. 그러나 이 연구의 결과는 과학 개념의 의미와 특성을 새로이 규정하고 그것을 효과적으로 학습지도하기 위한 방법과 자료를 개발하는 데 필요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

박승재, 조희형(1994). 학습론과 과학교육. 교육과학사.
 서울대학교 교육연구소(1994). 교육학용어사전. 하우
 이종승(1989). 교육연구법. 배영사.

이희승(1994). 국어대사전. 민중서관.
 조희형(1995). 학생의 과학개념 연구. 서울대학교 과학교육
 연구소 주관 "과학교육학 연구모임" 발표 원고. 1995
 년 9월 16일. 서울대학교 과학교육연구소.
 조희형, 박승재(1994). 과학론과 과학교육. 교육과학사.
 Abruscato, J. (1988). *Teaching children science*, 2nd ed.
 Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
 Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978).
Educational psychology: a Cognitive view, 2nd ed.
 New York: Holt, Rinehart and Winston.
 Brown, H. I. (1977). *Perception, theory and commitment:
 The new philosophy of science*. Chicago: The
 University of Chicago Press.
 Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Cambridge,
 Mass: Harvard University Press.
 Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). A
 study of thinking. New York: John Wiley. Re-cited
 from A. T. Collette & E. L. Chiappetta *Science
 instruction in the middle and secondary schools*,
 2nd ed. op cit.
 Carin, A. A., & Sund, R. B. (1989). *Teaching science
 through discovery*, 6th ed. Columbus, Ohio: Merrill
 Publishing Company.
 Carnap, R. (1966). *An introduction to the philosophy of
 science*, edited by M. Gardner. New York: Basic
 Books, Inc.
 Carroll, J. B. (1964). Words, meanings and concepts.
Harvard Educational Review, 34, 178-202.
 Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1989). *Science
 instruction in the middle and secondary schools*, 2nd
 ed. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company.
 Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Milton Keynes:
 The Open University Press.
 Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1991). Epistemological
 perspective on conceptual change: Implications for
 educational practice. *Journal Research in Science
 Teaching*, Vol. 28, No. 9, 839-858.
 Ehrenberg, S. D. (1981). Concept learning: How to make
 it happen in the classroom. *Educational Leadership*,
 Vol.39, 36-43.
 Falk, D. (1980). *Biology teaching methods*. Malabar, FL:
 Robert E. Krieger Publishing Company.
 Gagne, R. M. (1985). *The conditions of learning*, 4th ed.

- New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Herron, J. D., Cantu, L. L., Ward, R., & V. Srinivasan. (1977). Problems associated with concept analysis. *Science Education*, 61(2), 185-199.
- Honer, S. M., & Hunt, T. C. (1987). *Invitation to philosophy: Issues and options*. 5th ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Howard, R. W. (1987). *Concepts and schemata*. London: Cassell.
- Kean, E. (1982). Concept learning theory and design of college chemistry instruction. *Journal of Chemical Education*, Vol. 59, No. 11, 956-959.
- Klausmeier, H. J. (1976). Conceptual development during the school years. In J. R. Levin & V. L. Allen(eds.) *Cognitive learning in children: Theories and strategies*. New York: Academic Press.
- Klausmeier, H. J., Ghatala, E. S., & Frayer, D. A. (1974). *Conceptual learning and development: A cognitive view*. New York: Academic Press.
- Kneller, G. F. (1971). *Introduction to the philosophy of education*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*, 2nd ed. Chicago: University of Chicago Press.
- Lacey, A. R. (1976). *A dictionary of philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programs. In I. Lakatos & A. Musgrave (eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Markle, S. M., & Tiemann, P. W. (1970). *Really understanding concepts: Or in frumious pursuit of the jabberwock*. Champaign, IL: Stipes Publishing Co.
- Medin, D. L. (1989). Concepts and conceptual structure. *American Psychologist*, Vol. 44, No. 12, 1469-81.
- Moser, P. K., & Nat, A. (1987). *Human knowledge: Classical and contemporary approaches*. New York: Oxford University Press.
- Neilson, W. A., Konott, T. A., & Carhart, P. W. (1956). *Webster's new international dictionary of the English language*. Springfield, Mass: G. & C. Merian Company.
- Nellist, J., & Nicholl, B. (eds.) (1986). *The ASE science teacher's handbook*. London: Hutchinson.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Pella, M. O. (1966). Concept learning in science. *The Science Teacher*, Vol. 33(9), 31-34.
- Phenix, P. H. (1956). Key concepts and the crisis in learning. *Teachers College Record*, Vol. 58, 137-43.
- Piaget, J. (1969). *Science of education and the psychology of the child*. New York: Orion Press.
- Pines, A. L., & West, L. H. T. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a source-of-knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Schwab, J. J. (1966). The teaching of science as inquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (eds.) *The teaching of science*. Harvard University Press.
- Simpson, R. D., & Anderson, N. D. (1981). *Science, students, and schools: A guide for the middle and secondary school teacher*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Stuart, J. A. (1982). An identification of life science concepts in selected secondary school science textbooks. *School Science and Mathematics*, Vol. 82 (3), 189-200.
- Tennyson, R. D., & Park, Ok-Choon (1980). The teaching of concepts: A review of instructional design research literature. *Review of Educational Research*, Vol. 50, No. 1, 55-70.
- Tennyson, R. D., & Cocchiarella, M. J.(1986). An empirically based instructional design theory for teaching concepts. *Review of Educational Research*, Vol. 56, No. 1, 40-71.
- Trusted, J. (1987). *Inquiry and understanding*. London: Macmillan Education Ltd.
- West, L. H. T., & Pines, A. L. (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press, Inc.

(ABSTRACT)

An Analysis of the Studies on Scientific Concepts and Instructional Models

Hee-Hyung Cho
(Kangwon National University)

The purpose of this study was to review the studies related to concept learning focusing on the meanings, kinds, and characteristics of concepts. Then the characteristics of the concepts were analyzed in the three positions: metaphysics, epistemology, and psychology. It was identified that the word 'concept' were confused with the other words such as conception, construct, idea, notion, identity. It was also found that researchers defined the concepts by the use of various meanings.

The instructional strategies for scientific concepts were also analyzed in this study. The study found that the instructional strategies for concept learning were developed according to the views about the nature of concepts. Described on the paper are three types of instructional models for science concepts suggested by constructivists as follows: concept formation, concept differentiation, and exchange. They developed the models based on the current research on the misconceptions of major scientific concepts.