

## 개념변화: 급진적 구성주의에 의한 해석( I )<sup>1)</sup>

유 병 길

부산교육대학교 과학교육과

### Conceptual Change: An Interpretation by Radical Constructivism( I )

Yoo, Pyoung Kil

*Pusan National University of Education*

#### ABSTRACT

Researches have shown that learning science frequently requires the process of conceptual change. As a result, many of the constructivist teaching and learning approaches focus on this kind of learning. In approaches that focus on conceptual change, cognitive conflict strategies play a key role. Students, however, still have much difficulty in learning science. Theoretically, it underlies Piaget's genetic epistemology in which disequilibrium demands an interplay between assimilation and accommodation until equilibrium is restored. Also, radical constructivism has its roots in a variety of disciplines, but has been most profoundly influenced by the theories of Jean Piaget as interpreted and extended by Glasersfeld. This study is intended to interpret the conceptual change from radical constructivist perspective and explain difficulties of conceptual change which students have in learning science.

\* 이 논문은 1998년도 부산교육대학교 교과교육  
연구 지원비에 의해 발간된 논문임.

1. 서론

개념변화에 대해서는 국내외적으로 이론 및 실제 수업에 대해 많은 연구가 이루어져 왔으며, 특히 구성주의의 관점에서는 과학학습을 개념변화로 간주하고 있다 (조희형, 1984, 1988). 그와 같은 관점의 변화는 70년대 중반부터 시작된 오개념에 대한 연구와 직결되어 있다. 개념변화에 초점을 맞추는 접근들에서 인지적 갈등 방략은 주요한 역할을 하며, 이론적으로 인지적 갈등은 평형에 도달할 때까지 비평형이 동화와 조절간의 상호작용을 요구하는 Piaget의 발생적 인식론을 기초로 하고 있다 (권재술, 1989).

급진적 구성주의(radical constructivism)는 다양한 분과 학문에 그 기원을 두고 있지만, Glaserfeld(1974)에 의해 해석되고 확장된 Piaget의 이론에 가장 심오한 영향을 받았다. 일반적으로, 급진적 구성주의를 채택하고 있는 사람들은 학습자가 문제로 보고 있는 상황을 해소함으로써 자신이 설정한 목표를 달성하고자 함에 따라 자신의 경험에 입각하여서만이 점차적으로 정교한 *앎(knowing)*의 방법을 구성한다고 믿고 있다 (Cobb, 1994).

<그림 1>에 나타낸 바와 같이 Geelan(1997)의 구성주의 분류를 따른다면, 개념변화와 급진적 구성주의는 근본적으로 양립할 수 없는 전제로부터 출발한다. Geelan(1997)은 다양한 형식의 구성주의를 논하면서 개념변화를 지지하는 연구자들은 Piaget에서 출발하고 있지만, 그들은 인식론보다는 과학교육에 더 많은 관심을 가지고 있기 때문에 과학적 지식을 주어진 것으로 간주하여 교수에 대한 구성주의자 접근들을 찾으려고 한다는 것이다. 이에 반해, Glaserfeld의 급진적 구성주의를 4사분면, 즉 개인적 상대주의로 분류하고 있는데, 개인들은 자신들이 구성한 '타인들'과 사회적으로 상호작용할 수 있다는 것을 제안하고 있지만, 개인적인 인지를 중심적인 입장에 두고 있기 때문이다. 그러나, Glaserfeld (1984)의 실재(reality)에 대한 견해는 실재를 부

정하는 것이 아니라 인간의 합리적 인지로서는 접근이 불가능할 따름이며, 과학적 지식을 잠정적인 구성으로 간주하기 때문에 전적으로 개념변화와 양립 불가능한 것은 아니다.

	사회적	
		Cobern (1993)
		Taylor (1993, 1994b)
	Solomon (1987)	Gergen (1995)
	Tobin (1990)	O'Loughlin
	Vygotsky (1978)	(1992, 1993)
객관주의	Driver & Easley (1978)	상대주의
	Driver & Oldham (1986)	Glaserfeld (1989, 1993)
	Fosnot(1993)	Bettencourt (1993)
	Pines & West	
	개인적	

<그림1> Geelan(1997)에 의한 구성주의 분류(참고문헌은 원 논문을 따름).

7차 과학과 교육과정에서 '구성주의적 과학 교수-학습'의 관점과 개념변화의 관점을 명시적으로 드러내고 있기 때문에(교육부, 2000) 본 연구에서는 문헌고찰을 토대로 하여 급진적 구성주의 관점에서 개념변화를 논하여 보고자 한다.

Phillips(1995, 1997)와 Glaserfeld(1996, 1997a) 간의 논쟁에서 드러나듯이 급진적 구성주의에서 많은 부분이 오해되고 있다. 또한 과학교육에 관련된 사람들과 다양한 형식의 구성주의를 주장하는 많은 저자들이 "지식은 주체에 의해 능동적으로 구성된다"는 것에 동의하고는 있지만, 지식이 어떻게 구성되는가에 대해서는 그다지 상세하게 논하고 있지 않다. 개념변화는 과학의 관점에서 보아 옳지 못한 개념, 즉 오개념에서 바

람직한 새로운 개념을 구성하는 것을 말한다. 따라서 급진적 구성주의 관점에서 개념변화를 논하기 위해 급진적 구성주의와 급진적 구성주의 관점에서 지식구성에 대해 어느 정도 상세하게 언급할 필요가 있다고 생각된다.

지면 관계상 I, II부로 나누어 발표하며, I부에서는 급진적 구성주의에 대한 간략한 개관과 급진적 구성주의 관점에서 지식구성을 다룬다. II부에서는 I부에서 논한 것을 토대로 하여 개념변화에서 주된 문제로 되어 있는 개념변화의 어려움, 개념변화 지원조건, 그리고 교수-학습모형을 급진적 구성주의 관점에서 해석하고자 한다.

## II. 급진적 구성주의

과학교육에 있어서 Glasersfeld의 급진적 구성주의는 매우 빈번하게 구성주의 견해의 참조 대상으로 사용된다(Tobin & Tippins, 1993). 급진적 구성주의는 지식을 기존의 지식(사전지식)에 입각한 잠정적인 인간의 구성으로서 간주된다. 잠정적인 특성은 경험적 지식, 개인에 의해 구성된 지식뿐만 아니라 과학지식과 관계되어 있다. 또한 후자는 개별적인 과학자 혹은 개개의 과학적 공동체가 수용하고 있는 개념과 아이디어에 근거한 인간의 구성으로서 간주되고 있다.

### 1. 급진적 구성주의의 전제

인지 유기체의 목적 지향적 행동 때문에 반드시 재미있어서만 지식을 획득하지 않는다. 그렇기 때문에 자신의 경험을 평가하기 시작하며, 경험을 평가하기 때문에 어떤 것들은 반복하고 다른 것들은 피하려는 경향을 나타낸다. 따라서 의식적인 인지활동의 산물(지식)은 항상 목적이 수반되며 적어도 처음에는 목적에 얼마나 잘 소용이 되는가에 따라 평가된다. 결과적으로, 좋아하는 경험을 되풀이하고 싫어하는 경험들을 피하려는 경향을 나타낼 것이라는 점에서 인지 유기체는 목표 지향적이다. 인지 유기체가 이와 같은

경향성을 수립하기 위해서는 규칙성들이 존재하여야 하거나 우리들의 경험세계에서 어떤 법칙성이 있다는 것을 가정함으로써만이 가능하다. 동물행동에 대한 연구들은 가장 원시적인 유기체라 할지라도 과거에 불쾌하거나 고통스럽다고 증명된 경험보다는 기분 좋은 경험을 제공하였던 상황으로 움직여 가는 경향이 있다는 것을 보여주었다. Maturana는 이것을 다음과 같이 말함으로써 그러한 경향을 특징짓고 있다.

살아있는 체계는 순환적인 조직 때문에 귀납적 체계이며 항상 예상적인 방법으로 기능을 발휘한다: 한번 발생하였던 것은 다시 발생할 것이다. 그 조직은(발생적이든 그렇지 않든) 보수적이며 작동되는 것만을 반복한다. (Maturana, 1970; p.15-16)

Maturana가 생물학적 유기체들은 귀납적으로 조작한다고 말하였듯이, 한번 작동하였던 것은 다시 작동할 것이라는 것을 가정하고 있다. 지식의 한 종류는 과거에 작동하였던 것에 대한 지식이며, 따라서 이 지식은 과거의 경험에 비추어 성공적, 즉 존속 가능하다고 밝혀진 행동과 사고들의 목록이다(Glasersfeld, 1986, 1989a).

위의 인용문이 의도하는 것은 원시적인 생물 조직이 실제로 기대를 조직적으로 수립하거나 예측을 한다는 것을 의미하는 것이 아니라, 관찰자의 관점에서 유기체의 행동을 기술하는 세련된 방법이다. 그러나 학습하는 패턴은 Piaget의 도식이론과 똑같으며, 우리가 유기체에게 경험에 관해 반성하는 능력을 이입하기만 하면, 귀납의 원리는 유기체 자신의 사고 속에서 발생한다. 이 원리는 David Hume이 미래는 과거와 유사할 것이라는 추정(supposition)에서 논리적 기반을 갖는다. 과거의 경험에서 상황 A는 보통 불쾌한 상황 B로 이어진다는 것을 관찰하였다면, 이것이 미래에도 똑같은 것이라고 믿는 유기체는 상황 A를 자진하여 피할 수 있을 것이다(Glasersfeld, 1986, 1990a).

귀납이라고 하는 것은 과거의 경험들에 의존

하기 때문에 인간이 어떤 방법으로든 경험을 기록할 수 없거나 혹은 경험이 어떤 특수하고 다시 추적할 수 있는 흔적을 남겨두지 않는다면 귀납추론은 가능하지 않다. 인간이 상대적으로 안정한 경험세계를 구축하는 규칙성들은 바로 자신의 경험으로부터 만이 추상할 수 있다. 우리는 두 개의 사과 중 어느 것이 맛있느냐는 질문을 받는다면, 이 물음에 답할 수 있다는 것에 놀라지 않는다. 이와 같은 판단과정에서 먼저 첫 번째 사과를 먹은 후의 감각작용을 기억하여야 하고, 두 번째 사과를 먹을 때 첫 번째 사과에 대한 감각을 재현(re-presentation)<sup>1)</sup>하여 두 번째 사과를 먹을 때 수반되는 감각작용과 비교하여야 한다. 위의 물음에 답할 수 있는 이유는 바로 이와 같은 세 가지 능력, 즉 경험을 기억하는 능력, 기억되어 있는 것을 재현하는 능력, 그리고 차이를 비교하고 판단하는 능력을 가지고 있기 때문이다.

요약하면, Glasersfeld는 급진적 구성주의를 전개하고 도식이론을 이해함에 있어서 가급적 다른 선천적인 능력을 가정하지 않고 있으며, 인간 유기체에 대해서 다음과 같은 4 가지를 전제로 하고 있다 (Glasersfeld, 1983a, 1989b, 1995, 1998a; Glasersfeld & Cobb, 1983).

- (1) 경험의 흐름 속에서 반복을 수립하려는 경향성과 반복하는 능력.
- (2) 경험을 기억하고 회상하는 능력.
- (3) 유사성을 비교하고 판단하는 능력.
- (4) 어떤 경험을 다른 경험보다 좋아하는, 즉 어떤 기초적인 가치를 나타내는 능력.

## 2. 급진적 구성주의 원리

급진적 구성주의에는 두 가지 주된 원리가 존재한다 (Glasersfeld, 1985, 1988, 1989c, 1990b, 1995). 그 첫 번째는 “지식은 감각이나 의사소통

을 통해 수동적으로 수용되는 것이 아니라 인지하는 주체에 의해 능동적으로 구성된다”는 것이다. 이 원리에 따르면, 사고(ideas)를 학생들의 머리 속으로 고스란히 전달하는 것은 불가능하며, 오히려 학생들은 듣거나 본 말 혹은 이미지로부터 그들 자신의 의미를 구성한다. 학습자가 이미 알고 있는 것, 즉 사전지식은 이러한 구성과정에서 매우 중요하다. 따라서, 학습이 개인적 활동이라는 것을 감안할 때, 교사는 제시된 학습과제에 대해 의도하는 것을 학생들이 구성할 수 있도록 안내하고 도와줄 수 있을 뿐이다.

두 번째 원리는 “인지의 기능은 적합 혹은 존속 가능성을 지향하기 때문에 생물학적 의미로 적응적이며, 인지는 객관적인 존재론적 실재의 발견이 아니라 주체가 경험세계를 조직화하는 데 소용된다”는 것이다(존속 가능성의 개념에 대해서는 Glasersfeld, 1980 참조). 따라서 외부 세계의 지식은 인간의 잠정적인 구성으로서 간주된다. 외부의 ‘실재’는 거부하지는 않지만, 개인적이고 주관적인 방법으로 그 실재에 관해 아는 것을 가능하게 할 뿐이다. 때때로 이 원리는 모든 개인의 구성은 인정된다는 “무엇이든 괜찮다(anything goes)”를 찬성하여 논의되는 오해를 범하기도 한다. 이것은 명확히 구성주의적 견해가 아니다. 환경에 가장 잘 적응하는 종만이 “살아남는다”는 유추를 생각하면, 구성자(학습자)에게 유용하다고 증명된 구성 지식들만이 존속할 수 있는 것이다. 즉, 구성자에게 의미 있는 것만 기억되고, 그렇지 않은 것은 소멸된다.

구성주의에 관한 연구결과들은 지식은 개인적으로 구성될 뿐만 아니라 사회적으로 중재된다고 믿고 있다. Glasersfeld는 명시적으로 급진적 구성주의의 원리라고 밝히고 있지 않지만, 비록 개인들이 새로운 현상 혹은 아이디어에 대해 그들 자신의 의미를 구성하여야 하나 “지식을 구성하는 과정은 개인이 존재하는 사회적 환경과 깊숙이 관련되어 있다”고 진술하고 있다 (Glasersfeld, 1985, 1986, 1991a). 수업이 사회적 활동임을 생각할 때, 타인들이 행하고 말하는 것을 보고 듣는 일은 필연적으로 자신이 행하고 말하는 것에 영향을 주어 자신의 사고에 반영하게 된다. 우리는 말에 대한 개인적인 의미들이

1) 재현(re-presentation)은 한 개인의 의식 속에서 과거의 경험하였던 것을 어떤 시점에서 불러내는 정신적 행위를 말한다(Glasersfeld, ch. 5 in 1995).

다른 사람에 의해 주어진 의미와 양립 가능하기 때문에 의사소통을 할 수 있으며, 어떤 말에 대해 자신이 의미하는 바가 더 이상 만족스럽지 못한 상황이 발생한다면, 그 당사자는 그 말의 의미를 바꿀 수 있다. "타인들"은 우리들의 경험 세계의 일부분이며, 따라서 타인들은 의미 구성 과정에 있어서 중요한 역할을 한다.

### III. 지식구성

Glaserfeld (1982)는 Piaget의 인식론을 이해하려고 할 때 마주치게 되는 세 가지 어려움에 대해 기술한 적이 있다. 첫째, Piaget가 60여년에 걸쳐 엄청나게 많은 글을 썼을 뿐만 아니라 미묘한 방법으로 아이디어가 변해갔다는 것이다. 둘째, 생물학자로, 심리학자로, 철학자로서 다양한 목소리를 내었으며, 마지막으로 선의의 독자라도 지치게 하고 낙담하게 할 정도로 독자의 입장이 되어보려고 하지 않았다는 것이다.

Glaserfeld 역시 약 40년 동안 240여 편의 글(중복된 것도 있고, 독일어, 불어, 이탈리아로 번역된 글도 포함)을 썼으며, 그의 저술이 언어, 개념분석, 사이버네틱스, 철학, 심리학에 걸쳐 있다. 그의 저작들 중 많은 글들이 Piaget에 대한 해석을 담고 있으나 Piaget와는 달리 독자의 입장을 고려하여 가능한 쉬운 표현으로 자신의 생각을 피력하려고 노력하였다. Glaserfeld가 Piaget를 이해하기 위해서는 이곳 저곳에 흩어져 있는 개념들을 연결시켜 이해하여야 한다고 지적하고 있는 것과 마찬가지로 Glaserfeld가 Piaget를 해석한 글을 이해하기 위해서는 이곳 저곳에 흩어져 있는 개념들을 모아서 재구성하여야 하였다. 따라서, 여기에서 기술하고 있는 것 역시 본 저자의 해석이라는 해석의 순환이라는 문제를 피할 수 없을 것으로 생각된다 (Glaserfeld, 1983b).

#### 1. 동화

동화가 Piaget의 이론에서 잘못 이해되고 있는

한 가지 이유는 동화가 무의식적인 것에서 의도적인 것에 이르기까지 사용하는 개념적 가정이 라는 사실에서 유래한다. 사람들이 무의식적으로 동화할 때는 명백히 동화를 자각하지 못하며, 동화한다는 사실은 반드시 관찰자의 평가에 의해서만 드러난다는 것이다. 동화에 대한 두 가지 극단적인 형식을 예증하기 위해 예를 드는 것이 도움이 될 수도 있을 것이다 (Glaserfeld, 1988).

나무에 못을 다시 박기 위해 망치 대신에 구두를 사용한다면, 고의적으로 망치의 기능에 구두를 동화시키는 것이 된다. 그러한 일이 작동할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있지만, 그것이 적절히 작동한다하더라도 돌을 망치라고 믿으려고 하지는 않을 것이다. 이와는 달리 4 개의 다리, 꼬리, 털과 같은 두, 세 가지 시각적 특징들을 '개'라는 말과 막 연관시키기 시작한 아이가 새로운 시각경험으로서 소를 대하였을 때 '개'라고 말하는 것을 목격한 심리학자는 미소를 지으며 말할 수도 있을 것이다. "자, 보시오. 저 아이는 소를 개의 개념에 동화시키고 있군요". 물론, 이렇게 평가하는 것이 옳을 수도 있겠지만, 그 아이의 발화가 '동화'라고 불리는 어떤 특수한 활동을 필요로 한다고 생각한다면 틀릴 수도 있다. 아이의 관점에서 '개'라는 말을 사용하기 위한 준거가 그 아이에게 있다면 소는 개이며, 어떤 기대되지 않은 사건이 동요를 발생시킬 때까지 그 아이는 자신의 범주화를 수정할 아무런 이유가 없다. 새로운 항목이 그 아이에게 개가 아닌 것처럼 보이는 방법으로 행동할 때나 어떤 사람이 "애야, 이것은 개가 아니라 소란다" 말할 때만이 그 아이는 조절, 즉 구분되는 특징들을 찾아 "소"라고 불리는 새로운 개념적 범주를 창조할 기회를 갖게 될 것이다.

다시 말하면, 경험의 요소 혹은 개념적 특징 a, b, c (위의 예에서, 4 개의 다리, 꼬리, 털)로 구성되어 있는 경험 혹은 개념을 C라고 하면,  $C=C(a, b, c)$ 로 나타낼 수 있을 것이다. 이 C는 지각하지 못하거나 설명되지 않는 요소나 특징 x (예를 들어, 위의 예에서 소의 뿔)와 a, b, c를

갖는 C'과 똑같다. 즉,

$$C(a, b, c) \equiv C'(a, b, c, x)$$

으로 나타낼 수 있다. x를 의식하느냐 의식하지 못하느냐에 따라 동화는 의식적일 수도 있고 무의식적일 수 있다 (Glaserfeld, 1976, 1988, ch. 3 in 1995). 위의 예에서 아이가 개와 소를 비교하여 소의 뺨을 지각하고도 고의적으로 그 차이를 무시할 수도 있고 차이를 지각하지 못할 수도 있다. 그 준거가 지각하는 주체에게 있기 때문에 '개를 소에 동화시키고' 있다고 말하는 것은 해당 주체의 행동이나 발화로부터 관찰자의 해석에 의한 것이 된다.

어떤 경험이 사전지식의 적절성에 대한 문제를 제기할 때까지 그 지식을 유지시키는 패턴은 구성주의의 관점에서 보편적 패턴이다. 과거에 유용한 것으로 증명되었던 지식이 관련되는 한에서 그 상태를 계속 유지하려고 한다는 것이다. 즉, 한번 일어났던 일은 미래에도 일어날 것이라는 것을 감안한다면, 상당한 동요(perturbation)와 직면하더라도 될 수 있는 한 오래 동안 새로운 경험을 기존의 지식에 동화하려고 할 것이다.

2. 도식

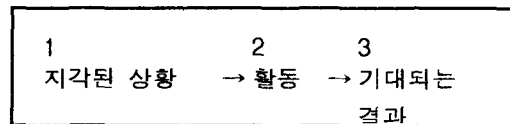
모두는 아니지만 어린아이에게 나타나는 반사작용은 성숙과정 동안에 사라지거나 수정된다. 예를 들어, 유아의 뺨에 무언가 닿을 때 그 아이로 하여금 고개를 돌려 빨기 시작하도록 하는 빠는 반사작용은 젓꼭지를 통한 영양공급이 컵이나 숟가락에 의해 대체된 후에 곧 완화되게 된다.

그렇게 봄에 따라서 감각운동 도식은 세 가지 요소로 구성된다. 지각상황, 그것과 관련된 활동, 그리고 그 활동이 얻을 것이라고 생각한 결과가 그 구성요소가 된다. Piaget는 보통 두 가지 요소 - 자극과 고정된 반응 - 로 구성되어 있는 전통적인 반사작용의 관념으로부터 이 패턴을 유도하였다고 한다(Glaserfeld, 1979). 그러나

Piaget는 자신의 학습모델과 행동주의자의 자극 반응 학습모델간의 관계를 설명하는 가운데서 '모든 학습은 반응이 자극에 선행한다' (Piaget, 1964)고 주장하고 있다는 점에서 행동주의에서 말하는 자극과 반응과의 다른 점을 극적으로 표현한 부분일 것이다.

Piaget는 이것에 관하여 두 가지를 생각하게 되었다고 Glaserfeld(1993a)는 기술하고 있다. 첫째, 반사작용에 대한 개체 발생적 발달을 설명하기 위해 반사작용이 촉발하는 활동의 결과를 고려할 필요가 있다. 반사작용을 진화이론에 적합시키기 위해서 그 결과들은 생존 혹은 번식을 선호하여야 한다. 둘째, 유아의 반사작용은 그것들이 있어야 할 정도로 불변적이지 아니라는 것을 관찰하였다. 그것들 대부분은 아이가 성장함에 따라 어떤 수정에 순종한다. 행동에 대한 행위자의 기대가 첨가되면 반사작용의 세 가지 패턴이 일반적으로 감각운동 행동에 적용될 수 있다는 결론에 도달하게 됨을 알 수 있다.

Piaget는 따라서 목적 지향적인 감각운동 활동의 기본적인 구조로서 어린아이의 반사작용의 세 부분으로 이루어진 연쇄를 채택하였다. 그는 그것을 행동도식으로 불렀으며, 그것에 입각하여 동화와 조절의 개념의 도움으로 혁명적인 학습이론을 구성하였다. 행동도식은 <그림 2>와 같이 구성된다 (Glaserfeld, 1979, 1993a, Ch. 3 in 1995, 1998a, 1998b; Cobb & Glaserfeld, 1984; Glaserfeld & Steffe, 1991).



<그림 2> 감각운동 수준의 행동도식

예를 들어, 젓꼭이 어린아이의 뺨에 숟가락을 갖다대었을 경우 "빨기 도식"은 다음과 같이 나타낼 수 있을 것이다.

1. 어떤 상황의 재인 (예를 들어, 한 쪽 끝이 튀어나와 뺄 수 있는 항목의 출현)
2. 그 상황과 관련된 특수한 활동 (예를 들어, 그것을 입에 넣고 빠는 것)
3. 그 활동이 이전에 경험한 어떤 결과를 생성하리라는 기대 (예를 들면, 젓이라는 맛이나 모양)

세 번째가 첨가되는 것은, 반사작용 행위패턴이 한 동안 고정된 채 남아있다 할지라도 결국은 수정될 수도 있고 심지어는 유기체의 경험에 의해 소멸될 수도 있기 때문이다. 위의 예에서, 어린아이였을 때 어머니의 젓꼭지를 찾는데 도움을 주었던 반사작용 몇 가지는 성인이 되면 더 이상을 드러내지 않는다.

이렇게 보면, Piaget가 '반응이 자극에 선행한다'는 말이 명확하게 드러난다. 자극과 반응은 인과관계, 즉 원인이 있어야 결과가 있다는 명제에 입각하고 있다. 인간의 행동이 목적 지향적이라면, <그림 2>의 행동도식에서처럼 아직 일어나지 않는 미래에 대한 기대가 현재에 영향을 미치고 있다는 점에서 Piaget의 이론은 원인과 결과라는 인과관계에 입각하고 있지 않다는 것을 알 수 있다. 이렇게 되면, 동화와 조절에 대한 완벽한 맥락을 제공한다. 반사작용에서처럼 촉발하는 상황을 재인하는 데는 행위하는 주체를 필요로 한다는 것으로서 행동도식 완성된다. 도식의 1에서 재인(recognition)은 감각운동 수준2)에서 사물의 한 부분을 보고 전체의 모습을 시각화할 수 있는 것을 말한다 (Glaserfeld, Ch. 5 in 1995). 위에서 동화를 무의식적인 동화에 의도적인 동화로 나눈 바가 있듯이, 그와 같은 재인은 주체의 경험 속에 있는 두 가지 상황이 결코 똑같지 않기 때문에 동화의 과정이다. 관찰자의 관점에서는 그것은 촉발자로서 기능을 발

휘하였던 과거의 상황에 상대적인 모든 차이의 종류들을 명확히 알 수 있지만, 동화하는 유기체 (예를 들면, 위의 예에서 어린아이)는 이 차이를 알지 못한다.

### 3. 조절

동화는 또한 도식의 3 부분에서도 작용할 수도 있다. 어떤 도식이 성공적이라고 생각되면, 그 활동의 실질적인 결과는 경험된 활동에 동화될 수 있을 것임에 틀림없다. 이 경우의 동화는 과거의 경험과 현재의 경험간의 차이를 의식하지 못한다면, 언제든지 발생할 수 있다. 따라서, 학생들의 생각을 수정하고자 하는 경우에 학습자들이 가지고 있는 사전지식과 현재 교사가 의도하고 있는 것간의 차이를 명백하게 드러내도록 할 필요가 있다. 몇몇 연구자들은 그와 같은 방략으로서 메타인지를 사용하고 있다. 그러나, 인지발달에 대해서는 적어도 Piaget에 의해 제안되어 있으나, 메타인지가 어느 시기에 어떤 방법으로 발달하는가에 대한 연구는 없다. 따라서, 메타인지를 방략으로 사용하기 위해서는 이에 대한 연구가 필요할 것이다(Carr & Biddlecomb, 1998).

위의 도식의 세 번째 부분에서 기대한 결과를 달성하지 못한다면, 실망과 같은 동요3)를 유발하기 쉬울 것이다. 혹은 기대되지 않은 결과가 어떤 면에서 흥미롭다면, 즐거운 놀라움이 될 수도 있을 것이다. 두 경우 모두 동요는 초기상황에 관한 주의 초점화로 이끌 수 있을 것이다. 그때, 만약 촉발하는 상황에 대해 이전에 간과되었던 특징이 고려된다면, 이것은 도식의 촉발을 결정하는 조건들의 수정을 발생시킬 수 있거나 혹은 새로운 도식의 형성을 발생시킬 수 있을 것이다.

두 경우 모두 조절의 사례들이다. 그리고 조절

2) Glaserfeld와 Kelley(1982)는 발달심리학에서 사용되는 용어인 period, phase, stage, level를 구분하고 있다. 여기서 수준(level)은 시간의 확장을 말하고 있는 것이 아님으로 감각운동 단계(stage)를 지칭하는 것이 아니다.

3) Glaserfeld는 인지적 갈등(cognitive conflict)라는 용어를 거의 사용하고 있지 않은데, 아마도 동요가 운동 감각적 수준과 개념적 수준 모두를 지칭하는 것으로 보인다.

이 의식적으로 이루어졌다면, 변화가 일어난 순간에 그 사례들의 유용함이 후속 경험에서 아직 경험되지 않았다는 의미에서 가설적이기 때문에 귀납이나 연역의 형식이 아닌 발상(abduction)이다. 아이들은 행동도식에 관하여 의식적인 반성을 하기 이전의 상당한 시간 동안 우발적인 선택에 의해 행동도식을 조절한다(Glasersfeld, 1997b, 1998a).

Piaget의 도식이론에서 위와 같이 동화와 조절을 통하여 평형을 수립한다. 그러나 Piaget가 생물의 적응을 인지이론에 적용하였다는 것을 감안한다면, 생물학적 수준과 인지수준에서의 적응의 목적은 달라야 할 것이다. 즉, 지각과 육체적인 운동감각적 수준에서는 물리적 동요를 피하고 생존 가능성을 목적으로 하며, 개념의 수준에서는 개념과 그 관치, 이론 및 설명을, 더 높은 수준에서는 목표획득과 개념적 모순의 제거를 목적으로 한다. 따라서 평형은 모든 인지수준에서 같은 의미를 갖지 않는다는 것이 명확하게 된다. 인간의 모든 활동 - 심적이든 육체적이든 - 이 목적 지향적이라는 것을 다시 한번 상기한다면, 감각운동 수준에서의 유기체의 평형은 환경에 의해 야기되는 동요에 저항하고 중화시키는 것을 지칭하며, 개념수준에서 평형은 개념구조의 일관성과 모순의 부재를 지칭한다. 따라서 감각운동 수준의 도식과 개념수준의 도식은 다르게 된다. 감각운동 수준에서의 도식은 <그림 2>와 같이 이루어지지만, 개념수준에서 도식은 <그림 3>과 같이 된다 (Glasersfeld, 1993a).

1	2	3
개념적 상황	→ 심적 조작	- 기대되는 규칙성 혹은 심적 조작의 결과

<그림 3> 개념수준에서의 도식

위의 도식을 따를 때, 동요는 더 이상 기대되지 않은 지각적 결과에 의해 야기되는 것이 아

니라 기대된 규칙성이 깨어지거나 타인의 개념구조와 양립할 수 없는 심적 조작<sup>4)</sup>의 결과와 관계된 놀라움에 의해 야기된다. 따라서 개념수준에서 학습은 추상이론으로 이동하게 된다.

#### 4. 추상

Glasersfeld (1991b, Ch. 5 in 1995)는 Piaget가 추상이라는 용어를 사용하였던 4 가지 방법을 기술하였다. 그 중에서 경험적 추상, 반성적 추상(reflective abstraction), 반성된 추상(reflected abstraction) 세 가지를 논한다. 경험적 추상은 감각-운동적 자료에 입각한 추상을 생성하는 과정이다. 교사들이 아이들에게 많은 삼각형을 보여주고서 "이들 모든 예에서 나타나는 공통점은 무엇인가?"라고 물을 때, 아이들은 감각-운동 자료로부터 추상화할 것이다. 그와 같은 경험적 추상은 개념적 지식에 대한 기초를 형성할 수 있다.

경험적 추상은 또한 학생들이 가설을 검증하거나 문제해결을 위한 절차들을 배울 때 발생하지만, 그 절차들의 단계들에 대해서는 거의 또는 전혀 의미가 없다. 학생들은 특별한 형태의 가설들을 해결하는 절차들 - 이 절차들은 도식으로 부를 수 있다 - 을 배운다. 학생들은 어떤 형태의 문제들에 관한 절차들을 수행하는 것을 배우지만, 그 절차들을 다른 과제로 전이시킬 수 없다. 예를 들어, 어떤 실험들이 수행되면 이들 실험들은 도식의 활동을 형성하게 되고 어떤 개념이 생성될 것이다. 이 개념은 기대된 결과에 해당한다. 학생들은 그 실험을 역으로 거슬러 올라감으로써 가설을 검증하는 절차를 수행하는 것을 배울 수는 있지만, 경험적 추상에 입각한 행위들은 반드시 그 가설에 대한 방략의 적합성에 대한 자각 혹은 그 가설이 틀릴 수도 있기 때문

4) 조작(operation)은 Piaget에게 있어서 뒤에서 언급할 추상 혹은 논리변화 중 하나를 지칭한다 (Glasersfeld, ch. 4 in 1995). 조작 앞에 '심적'이라는 말이 붙지 않더라도 항상 마음의 조작을 뜻하며, 따라서 육체적 조작(manipulation)과 구별되어 사용된다.



에 검증되어야 한다는 자각을 나타내지는 않는다.

두 번째 형태의 추상인 반성적 추상은 경험적 추상보다 높은 수준에서 실행된다. 경험적 추상이 실행하는 방법의 원천으로서 운동-감각적 자료를 사용하는 반면에 반성적 추상은 원천자료로서 도식과 심적 조작을 사용한다. 반성적 추상의 한 형태는 도식들이 그 주체의 자각 없이 높은 수준에서 조직화될 때 발생할 수 있다. 그것은 동화 부분에서 일반화 혹은 도식이 실행할 수 있는 자료에 있어서 일반화를 수반할 수 있다. 학생들이 단순히 실제적인 물리적 항목들을 셀 수 있는 것으로부터 물리적 항목들의 인지적 표상으로 (마음 속으로) 셀 수 있는 것으로 이동할 때 이것을 볼 수 있다 (Steffe, Cobb, & Glasersfeld, 1988).

반성적 추상의 두 번째 형태는 Glasersfeld가 반성된 추상이라고 칭한 것으로 그 학생의 자각을 수반한다. 그것은 그 학생이 알고 있는 재조직화된 도식에 귀착되는 이 형식의 반성적 추상이다. 아이들이 그 과정과 반성의 결과들에 관해 반성할 수 있는 것은 이 형식의 반성적 추상을 가지고 있기 때문이며, 따라서 추상된 도식의 조작을 재현할 수 있다.

Piaget는 반성적 추상은 부적응(maladaptation)이나 주체가 제기한 문제들에 의해 야기된다고 말하고 있다. 이것은 앞에서 언급한 조절개념을 포함하고 있는 도식이론에서 직접 도출된다. 개념구조의 조절로 이끄는 동요의 종류는 도식의 맥락에서 일어나는 동요들이다. <그림 2, 3>에서 도식은 발생한 (지각적일 수도 개념적일 수도 있는) 상황, 활동 혹은 조작, 기대되는 성과 혹은 결과 세 부분으로 이루어져 있다. 원 도식이론에 따르면, 동요의 세 가지 주요한 원인들이 있다 (Glasersfeld & Steffe, 1991).

- (1) 특수한 행동과 관련되었던 상황의 실증으로서 어떤 상황이 재인되고, 행동이 수행되고, 기대된 결과가 경험되지 않는다. (촉발상황의

재인은 동화가 담당하고 있다.) 이러한 종류의 동요, 즉 기대된 결과를 생성하는데 실패는 가장 빈번하게 재인 절차(그림 2, 3에서 1 부분)의 조절로 이끈다.

- (2) 1에 기술되어 있듯이 도식이 익숙한 결과 대신에 바람직한 결과로 밝혀지는 또 다른 결과를 생성한다면, 이것은 초기 상황(그림 2, 3에서 1 부분)이나 활동(그림 2, 3에서 2 부분)에 있어서 분화로 이끌 것이고, 따라서 새로운 결과를 생성할 것으로 기대되는 새로운 도식의 구성으로 이끈다.
- (3) 다른 상황과 관련된 다른 활동은 또 다른 도식의 기대되는 결과로서 재인 혹은 재현되는 결과로 이끈다.

앞에서 지적하였듯이, 모든 조절은 '동요', 즉, 뭔가 잘못 되었다거나, 제대로 작동하지 않거나, 어떤 식으로든 놀라운 결과라는 주체의 자각에 의해 촉발된다. 부적응이란 부정적이거나, 유해하거나, 또는 단순히 바람직하지 못한 환경과의 관계 또는 사회적 상호작용을 말한다. 이와 같이 볼 때, 반성적 추상은 조절의 도구이다. 이러한 맥락에서 중요한 점은, 반성적 추상을 촉발시킬 수 있는 문제들은 단순히 다른 사람에 의해 제시된 문제들이 아니라 주체에 의해 제기된 문제들이라는 것이다. 즉, 학생들이 문제를 파악하고 느끼지 못하면, 반성적 추상이 야기될 가능성은 낮다는 것이다(Glasersfeld, 1991b).

학습자는 먼저 자신이 가지고 있는 개념과 교사가 의도하는 개념간에 어떤 불일치가 있다는 것, 즉, 동요가 일어나야 한다. 이에 앞서, 현재 제시되고 있는 것 (학습할 것)과 자신이 경험으로부터 얻어진 것 (이미 알고 있는 것)을 재현하여 비교하는 반성이 이루어져야 한다. 경험에 관해 반성하는 것은 경험을 갖는 것과 명확히 다르다.

자신의 지적 과정들에 반성하는 활동은 감각-운동적 행위들로부터 조작 패턴들을 추상화하는 것으로부터 시작된다. 추상화는 행위로부터 시작

되며, 어떤 것을 추상화하기 위해서는 주체가 먼저 행위할 기회를 가져야 한다. 그러한 행위할 기회를 가지려면, 감각-운동적 자료와 그 자료를 가지고 행위할 상황들이 필요하다.

주체가 이미 가지고 있는 사전지식을 재현하여 활동을 수행하고 기대한 결과와 일치하지 않을 때, 마음의 조작이 활성화될, 즉 조절이 일어날 가망이 없다는 것이다. 따라서, 인지적 갈등, 즉 마음의 동요를 생성하는 일이 왜 중요한가를 알 수 있다.

##### 5. 확실성의 문제

이 단계에서 조절을 거쳐 평형에 도달한 후를 고려해 보아야 한다. Glasersfeld(1982, 1985, 1986, 1989a, 1990b)가 실제의 수준에 대해 언급한 것으로부터 조절을 통하여 구성된 지식의 확실성에 대한 아이디어를 취할 수 있다.

귀납에서 사고는 다수의 경험된 사례로부터 규칙으로 옮겨가며, 연역에서의 사고는 규칙으로부터 쉽게 사례로 옮겨간다. 발상에서 가설적 규칙은 단일 사례로부터 생성된다. 개념적 조절과 감각운동 수준에 대한 기초적인 조절에서도 마찬가지이다. 두 경우 모두에서 발상 패턴에 적합한 개념단계, 즉 발상이 존속 가능한 것으로 증명될 때는 항상 새로운 지식을 발생시키는 단계가 있다. 우리가 만약 기대치 않은 놀라운 사건-기쁜 놀람일 수도 있고 불쾌한 놀람일 수도 있다-을 경험하면, 그와 같은 결과를 야기하였던 것을 찾으려고 할 것이다. 만약 그 상황에서 어떤 새로운 것을 고립하여 그 경우가 이리이러한 것이라면, 이러한 놀라운 결과를 낳는다고 말하는 하나의 규칙을 추측한다. 발상이 사전경험으로부터 이끌려나오지 않기 때문에 이 추측은 발상을 구성하는 요소가 된다. 가설적인 규칙을 검증하여 그것이 확증되면, 사실상 행위의 도식으로서 작용할 수 있는 새로운 규칙을 발생시켰기 때문에 조절을 한 것이다.

단 한번의 관찰에 의하여 규칙을 직관적으로 이해하는 다른 방법들이 있을 수 있겠지만,

Glaserfeld(1997b, 1998a)는 비유(analogy)라는 개념이 그와 같은 수많은 직관(특히, 언어획득에 있어서)을 설명할 수 있다는 것을 제안한 바가 있다. 비유라고 하는 것은 이미 알고 있는 것이어야 한다. 즉, 다른 말로 표현하면, 이 비유는 사전지식으로 생각할 수 있을 것이다. 따라서 단 한번의 관찰에 의해 규칙을 만드는 방법은 사전지식에 의해 개념적 비유, 즉 발상을 통해 만들어진다고 볼 수 있다. 위에서 발상이 존속 가능한 것으로 증명될 때는 항상 새로운 지식을 발생시키는 단계가 있다고 하였는데, “존속 가능한 것으로 증명될 때”라고 하는 것은 다음과 같은 것을 말한다.

확실성, 즉 존속 가능성을 얻는 첫 번째 단계로서 반복은 필수 불가결한 인자이다. 예를 들면, 사과의 색과 같은 간단한 감각적 인상은 그것을 재현할 수 없다면 모호한 경험으로 남게 되기 때문이다. 어린아이가 대상 영속성(object permanence)을 획득할 수 있기 위해서는 적어도 두 가지 경험의 순간에 입각하여 떠올릴 수 있고 비교할 수 있어야 가능하다.

“실제의 수준”으로 이어지면, 하나의 감각양식의 경험을 다른 감각양식의 경험과 조장할 수 있을 때는 언제나 다소 더 높은 수준이 달성된다. 만약 우리의 시각장에서 고립시켰던 어떤 항목(예를 들면, 사과)이 촉각적인 탐색(예를 들면, 매끈한 감촉)에 의해 되풀이하여 “확실하게 되거나” 혹은 그것의 사과와 맛과 같은 미각적 경험과 통합될 때, 그 항목은 오직 시각적으로만 남아있을 때보다는 훨씬 더 “실재적”으로 생각된다는 것이다.

마지막으로 실재를 확신하는 훨씬 더 강력한 또 다른 방법으로서 타인에 의한 확증이라는 방법을 가지고 있다. 만약 옆에 있는 사람에게 식탁 위에 있는 사과를 달라고 하였을 때 그것을 건네주었을 때, 이것은 즉시 사과의 실재에 대해 주체가 가지고 있었을 지도 모르는 의심들을 완화시킬 것이다. 여기에서 말하는 타인이라는 관념은 주체가 경험을 통해 구성한 타인을 말한다.

예를 들면, 나뭇가지 등에 앉아있는 잠자리 역시 볼 수 있으며, 당면하고 있는 환경에서 빠른 움직임이나 빛과 그림자의 변화에 반응할 것이라고 가정한다면, 더 쉽게 잡을 수 있는 것과 마찬가지로 인지주체가 가지고 있는 능력이나 모델을 이입하여 자신의 경험을 통해 구성된 타인이

다. 요약하면, 조절을 통하여 구성된 지식은 단일 사례로부터 규칙을 일반화하고 반복, 다중감각이나 다중모델, 타인들에 의한 확증에 의해 검증된다는 볼 수 있다.

6. 학습과정

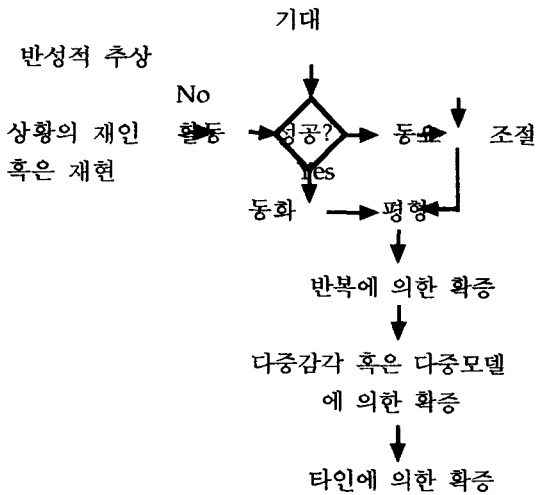
위에서 개관한 도식이론으로부터 <그림 4>와 같이 학습과정을 도표로 나타낼 수 있을 것이다. 그러나, 학습이 반드시 이와 같은 과정을 거쳐 일어난다는 것은 아니다. Piaget의 학습이론 역시 학습에 대한 일반적인 과정을 제시하고 있

동요가 발생하게 되는데, 그 문제가 꼭 풀어야 한다는 절실한 동기가 없다면 아마도 “다음에 하지 뭐”하고 그 문제를 다음으로 미루어버려 조절을 거치지 않고서도 마음의 안정, 즉 평형을 수립할 수 있을 것이다. 또한 문제를 푸는 도식을 수행하여 평형에 도달하였을 때(즉, 하나의 답을 얻었을 때), 이것은 완전한 평형이 아닌 준평형 상태로 볼 수 있으며, 그 이후의 검증상태에서 옆에 있는 동료에게 “이 문제 답이 뭔데?”하고 묻는다면, 반복이나 다중감각 혹은 모델에 의한 확증을 거치지 않고 타인에 의한 확증으로 이어질 수도 있다. 따라서, 검증 혹은 확증단계에서도 반드시 세 가지 절차를 밟지 않을 수도 있을 것이다. 위에서 언급한 동요의 세 가지 원천을 고려한다면, 확정단계에서도 세 부분으로 이루어진 도식의 수행이 일어난다고 보아야 한다.

VI. 결론 및 시사점

본 논문에서는 급진적 구성주의의 시각에서 개념변화를 논하기 위한 예비 단계로서, 급진적 구성주의와 지식구성에 대해 살펴보았다. 급진적 구성주의와 급진적 구성주의 관점에서 지식구성이 과학수업에 함의하는 바는 다음과 같다.

첫째, 급진적 구성주의에서 인간의 모든 행동은 목표지향적이라는 점을 감안한다면, 학생들이 과학수업에 가지고 들어오는 학습목표는 해당 차시의 학습목표와 같지는 않다. 과학수업에서 제시되는 학습목표는 교사나 혹은 교육과정의 목표이지 학생들이 달성하고자 하는 할 목표는 아니다. 교육과정상의 학습목표와 학생들이 수업에 가지고 들어오는 목표간의 차이를 줄이기 위해서는 해당 차시의 문제가 학생들 자신의 문제가 되도록 할 필요가 있을 것이다. 그리고 과학수업에서 행해지는 실험은 잘 통제된 실험이지 일상생활에서 흔히 발생하는 것은 아니다. 따라서 그와 같은 목표간의 차이를 줄이기 위해서 다루어지는 실험에 일상생활이라는 맥락을 부여



<그림 4> 도식이론으로부터 도출된 학습과정

는 것과 마찬가지로 어디까지나 이것은 필자가 Glaserfeld의 급진적 구성주의 시각에서 Piaget의 이론을 해석한 것을 도식화한 것일 뿐이다. 예를 들어, 과학문제를 풀 때, 자신이 가지고 있는 문제를 푸는 도식을 수행하여 풀지 못하면

할 필요가 있을 것이다. 그것이 아니라면 과학의 세계는 이상화된 추상의 세계라는 것이 명백히 드러나도록 하여야 할 것이다.

둘째, 학생들이 능동적으로 지식을 구성한다는 구성주의의 입장을 받아들인다면, 교사는 학생들이 능동적으로 지식을 구성할 수 있다는, 즉 학생들이 생각할 수 있다는 신념을 학생들에게 드러내는데 실패하여서는 안 될 것이다.

셋째, 과학의 관점에서 오개념은 과학적 개념으로 대체되어야 하겠지만, 급진적 구성주의의 관점에서 오개념은 그 나이의 학생들이 어떻게 생각하는가 하는 단서이다. 또한 학생들이 수업에 가지고 들어오는 사전개념 혹은 오개념은 일상생활에서 잘 들어맞았을 뿐만 아니라 학생들 개개인에게 있어서 타당하다는 것이 검증된 상태이다. 따라서 교사가 학생들의 이론이 옳지 않기 때문에 바꾸어야 한다고 말한다면 겉으로만 수긍할 뿐 실제로는 이해하지 못한다. 학생들이 사용하는 도식이 기대하였던 바람직한 결과를 산출하는 한 조절은 일어나지 않는다. 자신의 도식이 실패하거나 다른 성공적인 도식과의 모순이 표면화될 때 비로소 변화의 가능성을 갖게 된다. 과학에 있어서 기존의 이론이 단 한번의 변칙사례에 의해 틀린 것으로 간주되지 않듯이 패러다임에 문제를 제기하는 변칙사례가 출현하더라도 상당 기간 동안 존속한다. 따라서 교실에서 단 한 번의 실험 혹은 연시로서 학생들이 타당하다고 검증된 오개념을 포기하게 할 수 있다고 기대하는 것은 급진적 구성주의의 관점에서 보면 상당히 소박한 생각이다. 학생들이 가지고 있는 오개념을 변화시키기 위해서는 그 오개념은 한계가 있으며 작동하지 않는 상황이 있다는 것을 학생들이 경험하도록 하여야 할 것이다.

넷째, 상당히 많은 학생들에게 과학은 학습하기가 가장 어려운 과목이라는데 반대할 사람은 거의 없겠지만, 과학은 많은 사람들에게 왜 그렇게 어려운가라는 의문이 남는다. 위와 같은 Glaserfeld의 Piaget의 해석으로부터 나온 지식 구성의 단계에 입각하면, 그 이유들 중 하나는

우리가 일상세계에서 지식을 발생시키는 방법과 과학에서 지식을 만들어 내는 방법상의 차이 때문으로 볼 수 있을 것이다. 즉, 과학에서 사용하는 방법은 귀납법이나 연역법을 사용하지만 일상생활에서 지식을 구성하는 방법은 연역이나 귀납이 아닌 발상을 사용한다는 것이다. 즉, 기대한 것이 아닐 때, 그 원인을 찾게 되고 그와 같은 원인이 있게 되면 이리이러한 일이 일어난다는 규칙을 발생시키게 된다. 이와 같이 단일 사례로부터 규칙을 일반화를 한 다음 후속 경험에서 검증을 하게 된다. 급진적 구성주의의 관점에서 지식구성은 귀납이기는 하지만 이와 같은 점이 발상과 귀납이 다른 점이다. 과학수업에서 사용되는 교수-학습 모형에는 대부분 마지막 단계에 적용단계가 있지만, 한정된 수업시간 때문에 소홀히 다루어지는 경향이 있다. 그러나 급진적 구성주의의 관점에 따르면 적용단계는 새로운 지식에 대해 존속 가능한가 하지 않는가 하는 확실성을 검증하는 단계이기 때문에 소홀히 다루어서는 곤란하다.

후속 논문 II에서는, 본 논문에서 논한 것을 토대로 하여 개념변화에서 문제시되는 개념변화 조건, 개념변화의 어려움, 개념변화 교수-학습 모형에 대해 급진적 구성주의 관점에서 논할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 교육부 (2000), 초등학교 과학 4-1 교사용 지도서, 대한 교과서 주식회사.
2. 권재술 (1989), 과학개념의 한 인지적 모형, 물리교육, 7(1), 1-9.
3. 조희형 (1984), 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학습의 관계, 한국과학교육학회지, 4(1), 34-43.
4. 조희형 (1988), 과학교육과정 및 과학교수/학습의 이론적 배경과 미래의 과학교육에 대한 시사점, 한국과학교육학회지, 8(2), 33-41.

5. Carr, M. & Biddlecomb, B. (1998), Metacognition in mathematics from a constructivist perspective. In D. L. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Grasser, *Metacognition in educational theory and practice*. Lawrence Erlbaum Associates, 69-91.
6. Cobb, P. (1994). Constructivism and learning. In T. Husén & T. N. Postlethwaite, *The international encyclopedia of education*(2-nd). Vol. 2. Elsevier Science Ltd., 1049-1052.
7. Cobb, P. & Glasersfeld, E. von (1984). Piaget's scheme and constructivism, *The Genetic Epistemologist*, 13 (2), 9-15.
8. Geelan, D. (1997), Epistemological Anarchy and the Many Forms of Constructivism. *Science & Education* 6, 15-28.
9. Glasersfeld, E. von. (1974). Piaget and the radical constructivist epistemology. In C. D. Smock & E. von Glasersfeld (Eds.), *Epistemology and education*. Athens, GA: Follow Through Publications, 1-24.
10. Glasersfeld, E. von. (1976). The Constructs of Identity or the Art of Disregarding Difference. In paper presented at the Biennial Southeastern Conference on Human Development (4th, Nashville, Tennessee, April 15-17, 1976).
11. Glasersfeld, E. von. (1979). Radical constructivism and Piaget's concept of knowledge. In F. B. Murray (Ed.), *The impact of Piagetian theory*. Baltimore, MD: University Park Press, 109-122.
12. Glasersfeld, E. von. (1980). Viability and the concept of selection, *American Psychologist*, 35 (11), 970-974.
13. Glasersfeld, E. von. (1982). An interpretation of Piaget's constructivism, *Revue Internationale de Philosophie*, 36 (4), 612-635.
14. Glasersfeld, E. von. (1983a). Learning as a constructive activity. In J. C. Bergeron & N. Herscovics (Ed.), *Proceedings of the 5th Annual Meeting of the North American Group of Psychology in Mathematics Education*, Vol.1. Montreal: PME-NA, 41-101.
15. Glasersfeld, E. von. (1983b). On the concept of interpretation, *Poetics*, 12 (2/3), 207-218.
16. Glasersfeld, E. von. (1984). An introduction to radical constructivism. In P. Watzlawick (Ed.), *The invented reality*. New York: Norton, 17-40.
17. Glasersfeld, E. von. (1985). Reconstructing the concept of knowledge, *Archives de Psychologie*, 53, 91-101.
18. Glasersfeld, E. von. (1986). Steps in the construction of "others" and "reality". In R. Trappl (Ed.), *Power, autonomy, utopias: New approaches toward complex systems*. London: Plenum Press, 107-116.
19. Glasersfeld, E. von. (1988). The reluctance to change a way of thinking, *Irish Journal of Psychology*, 9 (1), 83-90.
20. Glasersfeld, E. von. (1989a). Facts and the self from a constructivist point of view. *Poetics*, 18(4-5), 435-448.
21. Glasersfeld, E. von. (1989b). Cognition, construction of knowledge, and teaching, *Synthese*, 80 (1), 121-140.
22. Glasersfeld, E. von. (1989c). Constructivism. In T. Husen & T. N. Postlethwaite, (Ed.), *International encyclopedia of education*, Supplement Vol. 1. Oxford/New York: Pergamon Press, 162-163.
23. Glasersfeld, E. von. (1990a) Environment

- and communication. In L. P. Steffe & T. Wood (Ed.), *Transforming children's mathematics education*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 30-38.
24. Glasersfeld, E. von. (1990b). An exposition of constructivism: Why some like it radical. In R. B. Davis, C. A. Maher, & N. Noddings (Ed.), *Monographs of the J. for Research in Mathematics Education*, #4. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 19-29.
25. Glasersfeld, E. von. (1991a). Knowing without metaphysics: Aspects of the radical constructivist position. In F. Steier (Ed.), *Research and reflexivity*. London: Sage, 12-29.
26. Glasersfeld, E. von. (1991b). Abstraction, re-presentation, and reflection. In L. P. Steffe (Ed.), *Epistemological foundations of mathematical experience*. New York: Springer, 45-67.
27. Glasersfeld, E. von. (1993) Learning and adaptation in the theory of constructivism, *Communication and Cognition*, 26(3/4), 393-402.
28. Glasersfeld, E. von. (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. London: Falmer Press. [김판수 외 공역, 급진적 구성주의, 1999, 원미사].
29. Glasersfeld, E. von (1996) Footnotes to "Many faces of constructivism". *Educational Researcher*, 25(6), p.19.
30. Glasersfeld, E. von (1997a), Amplification of a constructivist perspective, *Issues in Education*, 3(2). 203-210
31. Glasersfeld, E. von. (1997b). Homage to Jean Piaget, *Irish Journal of Psychology*, 18(3), 293-306.
32. Glasersfeld, E. von. (1998a). Scheme theory as a key to the learning paradox. Invited paper presented at the 15th Advanced Course, Archives Jean Piaget Geneva, September 20-24, 1998.
33. Glasersfeld, E. von. (1998b) Anticipation in the constructivist theory of cognition. in D. M. Dubois (Ed.) *Computing anticipatory systems*, Woodbury, NY: American Institute of Physics. 38-47
34. Glasersfeld, E. von & Cobb, P. (1983). Knowledge as environmental fit, *Man-Environment Systems*, 13(5), 216-224.
35. Glasersfeld, E. von & Kelley, M. F. (1982). On the concepts of period, phase, stage, and level. *Human Development*, 25, 152-160.
36. Glasersfeld, E. von & Steffe, L. P. (1991). Conceptual models in educational research and practice, *Journal of Educational Thought*, 25 (2), 91-103.
37. Maturana, H. (1970) Biology of cognition. BCL Report No.9.0. Urbana: University of Illinois. [Glasersfeld, E. von (1998b) 재인용]
38. Phillips, D.C. (1995). The good, the bad, and the ugly: The many faces of constructivism, *Educational Researcher*, 24, 5-12.
39. Phillips, D.C. (1997), How, why, what, when, and where: Perspectives on constructivism in psychology and education, *Issues in Education*, 3(2), 151-195
40. Piaget, J. (1964). Development and Learning, *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
41. Steffe, L. P. & Glasersfeld, E. von (1988). On the construction of the counting scheme. In L. P. Steffe & P. Cobb (Eds.), *Construction of arithmetical meaning and strategies*, New York: Springer. 1-19.

42. Tobin, K. & Tippins, D. (1993),  
Constructivism as a referent for teaching  
and learning. In K. Tobin (Ed.), *The practice  
of constructivism in science education*.  
Lawrence Erlbaum Associates. 3-21.
- 

( 2000년 1월 접수 )