

구성주의 특성에 따른 과학교육

최경희* · 조희형**

이 연구의 목적은 구성주의의 특성과 그것을 적용한 방법에 관한 문헌을 조사·분석하고, 이에 따른 과학교육의 여러 측면 또는 우리나라 과학교육이 나아갈 방향의 시사점을 모색하는데 있다. 먼저, 구성주의의 특성에 대하여 그 의미와 주장, 이론적 배경과 종류, 그에 관한 비판으로 나누어 기술하였으며, 그 다음 과학교육의 측면 또는 나아갈 방향은 목적, 과학 학습이론과 모형, 과학 교수·학습 방법, 과학 교육과정과 평가로 나누어 논의하였다. 과학철학으로서의 구성주의에 따르면, 과학과 그 지식은 사회적 특성을 지니며 그 성과에는 반드시 가치관이나 집단 이익이 관련되어 있다. 그러므로 과학교육의 궁극적인 목적은 의사결정력의 함양에 두어야 하며, 이런 목적을 달성할 수 있는 교육과정은 학습경험과 주제가 통합된 과제 중심으로 개발하는 것이 바람직하다. 심리학으로서의 구성주의에 따르면, 학습이 이루어지는 과정은 사회적 과정이다. 이런 학습의 전략으로는 협동학습과 역할놀이가 효과적이다. 또한 구성주의에 따른 과학교육 평가에서는 수행평가를 강조한다.

[주제어] 구성주의, 과학교육, 과학 교수·학습, 수행평가

1. 서론

구성주의(Constructivism) 이론은 지난 1980년대부터 현재까지 수행된 과학교육 연구와 각급 학교의 과학교육 현장에 큰 영향을 미치고 있다 (Appelton, 1997; Fensham, Gunstone, & White, 1994; Lorscheid & Tobin, 2002; Matthews, 2000; McComas, 2000; Miller et al., 2000). 특히 구성주의는 경험주의·실증주의 등 전통적 과학철학을 거부하고 현대의 과학철학 또

* 이화여자대학교 과학교육과 교수, 전자우편: khchoi@ewha.ac.kr

** 강원대학교 과학교육학부 교수, 전자우편: heehcho@kangwon.ac.kr

는 탈실증주의(post-positivism)에 따라 수행되는 과학교육 연구의 이론적 배경이 되고 있다(Magoon, 1977).

오늘날 구성주의는 과학교육학뿐만 아니라 교육학·인식론·과학사·과학철학·사회심리학·철학·과학사회학 등에서 지식에 대한 관념, 즉 인식론으로 알려져 있다(Roth, 1993). 이런 특성 때문에, 구성주의는 과학 개념·법칙·이론 등 과학지식의 오인(misconception)에 관한 연구의 이론적 배경이 되어 왔다(Lorsbach & Tobin, 2002; Miller et al., 2000). 이런 구성주의가 특별히 각급 학교의 과학교육 현장에서는 과학교육 목적의 설정, 교육과정 내용의 선정과 조직, 과학 교수·학습 방법 및 자료의 개발, 과학교육의 평가 방법 및 도구의 개발, 과학교사 교육 프로그램 개발 등의 준거와 지침이 되는 통합적·복합적 사고로 인식되고 있다(Hodson & Hodson, 1998; Matthews, 1994).

미국과 영국 등 외국에서는 구성주의에 따라 과학교육학 교재(Baker & Pibum, 1997; Bentley et al., 2000; Fensham et al., 1994; Marlowe & Page, 1998; Martin et al., 2002), 교수·학습 지도서(Brooks & Brooks, 1999), 고등학교 과학 교재 등을 개발하여 활용하고 있다. 미국의 국가과학교육기준(National Science Education Standards) (NRC, 1996)의 내용도 구성주의에 따라 선정·조직되어 있다.

이와 같은 국제적인 경향과 달리, 우리나라의 과학교육에서는 구성주의가 그렇게 활발히 적용되지 않고 있다. 최근에 와서야 구성주의 교육학 저술(김종문 외, 1998)을 찾아볼 수 있고, 두 권의 초등과학교육학(권성기와 임청환, 2000; 임청환 외, 1999)이 번역되어 있으며, 구성주의 관점에 따른 연구논문을 간간히 읽어 볼 수 있다. 그런데 그런 업적조차도 과학교육의 현장과 그에 관한 연구에서 실제적으로 적용하는 징후는 나타나지 않고 있다.

이는 과학교육 현장과 그에 관한 연구를 수행하는 과정에서 구성주의를 제대로 이해하지 못한 데서도 비롯한다. 구성주의는 그 의미와 특성에 대한 해석에 따라 서로 다른 시사점을 던져준다. 또한, 과학교육은 그 이론적 배

경에 따라 그 목적, 교육과정 내용, 교수·학습 및 평가의 방법 등이 달라진다. 이 논문에서는 구성주의의 특성과 그것을 적용한 결과를 조사·분석하여 우리나라 과학교육이 나아갈 방향에 던져주는 시사점을 모색하고자 수행하였다.

2 구성주의의 특성

1) 구성주의의 의미와 주장

구성주의는 그 본성을 밝힐 수 없는 실체가 존재한다고 가정하는 실재론적 형이상학과 지식은 진리가 아님을 강조하는 상대주의적 인식론으로 구성된 과학철학으로서(Harding & Hare, 2000; Pepin, 1993) 실체에 관한 지식의 사회적 구성(Bredo, 2000)에 관심을 가진다. 저자(Slezak, 2000)에 따라서는 합리주의를 거부하고, 과학 개념·이론 등 과학지식이 지칭하는 본질에 관심을 가지는 실체론으로 본다.

구성주의는 이외에도 관점에 따라 다양한 의미로 해석된다. 구성주의는 또한 상황적, 경험적, 인간적, 방법론적, 피아제, 탈실증주의, 실용주의, 급진적, 실재론, 사회적, 사회역사적 등 여러 가지 수식어로 기술된다(Good, 1993; Matthews, 1994). 한 저자(Kukla, 2000)는 오로지 사회적 구성주의의 속성을 기술하는 항목만도 60가지 이상이나 확인하였다. 그런데 이런 특성들을 모두 포괄할 수 있는 구성주의를 정의하기란 쉽지 않으며(Matthews, 2000), 그 때문에 구성주의는 저자에 따라 다음과 같이 여러 가지의 단편적인 의미로 해석된다.

- 실제의 세계를 인식하여 아는 방법(von Glasersfeld, 1993), 또는 그에 관한 견해이다 (Oldfather et al., 1999).
- 상대주의이다(Segerstrale, 2002).
- 탈실증주의 인식론이다(Hung, 1997; Larochelle et al., 1998; Segerstrale,

2002).

- 지식, 실체, 과학, 교육 등에 실용적인 대안적 견해이다(Davis et al., 1993).
- 철학적 입장, 즉 지식은 인간에 의해 구성된다는 인식론적 견해이다(Gredler, 2001).
- 윤리적·정치적 이론이다(Matthews, 2000).
- 세계관이다(Matthews, 2000).
- 실용주의의 한 형태이다(Bentley, 1998; Yager, 2000).
- 전통적 행동주의, 정보처리설, 인지심리학의 대안이다(Marshall, 1998).
- 객관주의의 대안이다(Arends, 1998).
- 특히, 사회적 구성주의는 사회적 관념주의이고, 인식론적 상대주의이다(Hess, 1997).

이와 같은 의미를 분석해 보면, 구성주의는 과학·과학교육·교육학·철학·심리학 등을 포괄하는 하나의 대통일 이론으로 볼 수 있다. 실제로 구성주의는 과학의 학습이론, 교수, 교육, 교육행정, 개인적·과학 지식, 형이상학적·이념적 입장 등에 관한 이론으로 확장되었다(Howe & Berv, 2000; Matthews, 2000).

구성주의자들은 몇 가지의 원리와 가정에 바탕을 두어 과학 및 과학교육에 관한 신념을 밝힌다(Abruscato, 2000; Appleton, 1997; Baker & Piburn, 1997; Cain, 2002; O'Loughlin, 1992; Treagust et al., 1996; Wheatley, 1991). 문헌을 조사해 보면 구성주의자들은 저자마다 다양한 원리를 제시하는데, 그것을 과학철학적 원리와 심리학적 원리로 나누어 제시하면 다음과 같다. 과학철학적 원리는 지식·실체·인식 등에 관한 가정을, 심리학적 원리는 학습·교수·지각 등에 관한 가정을 말한다.

<과학철학적 가정>

- 지식은 기존의 지식을 바탕으로 동화와 조절을 통해 구성된다.
- 인간은 과거의 경험, 추리력, 의도 등에 따라 실체를 만들어 내거나 그에

관한 신념을 구성한다.

- 인식의 기능은 적응이고, 경험의 조직이다.
- 지식은 상황에 의존적이다: 지식은 상황에 따라 바뀌고, 문화에 의해 구성된다.

<심리학적 가정>

- 학습은 기계적 축적 과정이 아니라 발견의 조직적 과정이다.
- 학습은 인지적 갈등을 해소하면서 이루어진다.
- 개인은 사물을 감각한 그대로 인식하지 않고 정보를 해석·수정하여 받아들인다.
- 학습자는 개인적·사회적 과정을 통해 자신의 지식을 구성한다.

이 가정은 구성주의가 인식론이자 학습론임을 잘 보여준다. 실제로 한 연구자(Phillips, 2000)는 전자를 사회적 구성주의로, 후자를 심리학적 구성주의로 부른다. 인식론으로서의 구성주의는 지식의 출처를 다루며(Carin, 1997), 지식이란 마음밖에 객관적으로 존재할 수 없고(Martin et al., 2002), 절대적인 진리에 가까워질 수는 있을지언정 그것을 알 수는 없으며, 당연히 인간은 실체를 완전하게 파악할 수 없다(von Glasersfeld, 1993)고 주장한다. 한편, 학습론으로서의 구성주의는 학습의 본성을 설명하고, 교수의 지침이 되며, 그에 관한 연구를 안내하는 통합적 이론이 된다(Chiappetta et al., 1998). 구성주의는 또한 교육이론으로서 교수-학습을 이해하고 해석하는 실제적·기능적 틀이 된다(Treagust et al., 1996).

2) 구성주의의 이론적 배경과 종류

① 구성주의의 기원과 분류

구성주의의 이론적 배경은 언어학·인지론·과학철학·지식사회학·인공지능학·인류학·문화인류학·사회상호작용주의 등 다양하며(Fleury, 1998), 그 이론적 배경 및 기원에 따라 다른 이름으로 불린다. 몇몇 저자들이 제시

한 구성주의의 이론적 배경 및 기원은 다음과 같다.

- Kant, Piaget, Kelly, Bruner, 인지심리학(Abruscato, 2000; Arends, 1998; Bentley, 1998; Bredo, 2000; Fosnot, 1996; Larochelle & Bednarz, 1998; Matthews, 1994; Noddings, 1995; O'Loughlin, 1992; Phillips, 2000; Solomon, 1994; 2000)
- Vygotsky(Arends, 1998; Bentley, 1998; Fosnot, 1996; Gredler, 2001; Matthews, 1994; Oldfather et al., 1999; Phillips, 2000)
- Plato, Socrates, Giambatista Vico(Baker & Piburn,1997; Fensham et al., 1994; von Glasersfeld, 1998)
- Peirce, James, Dewey(Arends, 1998; Bredo, 2000; Fensham et al., 1994; Fleury, 1998; Phillips, 2000)
- 과학사회학 또는 과학지식사회학(Hess, 1997; Kukla, 2000; Matthews, 1994; Slezak, 2000)
- 상대주의 및 일치설(Harding & Hare, 2000; Slezak, 2000; Solomon, 2000)
- 관념론 및 정합설(Slezak, 2000; Staver, 1998)
- Popper, Hanson, Kuhn, Feyerabend, Lakatos, 반실증주의, 탈실증주의 (Golinski, 1998; Howe & Berv, 2000; Kelly, 1997; Solomon, 1994; Duit, 1995).

한 심리학자(Cobern, 1993)는 구성주의의 기원 및 이론적 배경을 이와 달리 해석하기도 한다. 그에 의하면, 피아제의 지능발달 이론은 개인적 구성주의의 기원이 되지만, 과학교육에서와 같이 상황을 중요시하는 분야에서는 상황적 구성주의로 발달했다. 한편, 상황적 구성주의는 다시 지식사회학의 영향을 받아 상호작용 구성주의로 발달했으며, 상호작용 구성주의는 인류학의 영향을 받아 또다시 문화적 구성주의로 발전했다.

이와 같이, 구성주의는 심리학, 과학철학, 과학사회학 및 지식사회학, 사회발달심리학 등 여러 학문의 영향을 받아 발달되었다. 구성주의는 또한 상대주의와 관념론에 바탕을 두었지만, 그것들과 분명히 구분된다. 상대주의는

구성주의의 핵심적 이론일 뿐이지(Slezak, 2000), 구성주의가 아니다(Kukla, 2000). 구성주의는 또한 관념론에 바탕을 두어 그와 직접적인 관계를 맺고 있지만, 다루는 대상이 서로 다르다. 관념론과 달리, 구성주의는 형이상학적인 실체보다 주변의 자연과 실생활의 사물을 더 중요시한다(Matthews, 1994).

② 구성주의의 분류

구성주의는 여러 가지 준거에 따라 다양한 종류로 나뉜다. 저자에 따라서는 구성주의를 주제나 상황을 준거로(Cobern, 1993), 또는 개인과 사회가 강조되는 정도에 따라(Ernest, 1995) 분류한다. 구성주의의 분류에 관한 문헌을 조사·분석하면, 구성주의는 이외에도 다음과 같이 다양한 준거에 따라 분류됨을 알 수 있다.

- 급진적(radical) 구성주의, 사회적(social) 구성주의(Fleury, 1998; Gredler, 2001; Roth, 1995)
- 심리학적 구성주의, 사회적 구성주의(Bredo, 2000; Matthews, 1994)
- 급진적 구성주의, 사회적 구성주의, 온건적(moderate) 구성주의, 보수적(conservative) 구성주의(Hess, 1997)
- 개인적·관념론적 구성주의, 개인적·실재론적 구성주의, 사회적·관념론적 구성주의, 사회적·실재론적 구성주의(Bredo, 2000)
- 교육적 구성주의, 철학적 구성주의, 사회학적 구성주의(Matthews, 2000)
- 급진적 구성주의, 가설적 구성주의, 실용주의적 구성주의(Bettencourt, 1993).

이 분류체계가 보여주듯이, 구성주의는 크게 과학철학적·심리학적·사회학적·교육학적 견해를 말한다. 과학철학적 견해는 상대주의와 관념론을 근거로 하며, 인식론적 견해와 형이상학적 견해로 나눌 수도 있다. 구성주의에는 이외에 상황적 구성주의(Cobern, 1993)와 상호작용 구성주의(Bredo, 2000)

도 포함된다.

③ 급진적 구성주의

급진적 구성주의는 비코(G. B. Vico, 1668-1744)의 통찰과 업적에도 그 기원이 있다고 생각할 수 있으나(von Glasersfeld, 1998), 기본적으로는 언어심리학(psycholinguistic), 인지심리학, 칸트의 이성론, 피아제의 지능발달 이론을 바탕으로 형성되었다(Matthews, 1994). 급진적 구성주의는 객관주의에 대립되기 때문에 '급진적'이라는 용어로 표현되며(Roth, 1995), 개인적 특성을 강조하기 때문에 개인적 구성주의(Bentley, 1998) 또는 심리학적 구성주의(Howe & Berv, 2000)로 일컬어진다.

급진적 구성주의도 아는 것과(Wellington, 2000) 지식(Bettencourt, 1993)에 관한 견해로 볼 수 있다. 이런 견해로서의 급진적 구성주의에 따르면, 아는 것은 환경에 대한 적응이며, 지식은 객관적 본체의 반영이 아니라 경험·선행지식·신념 및 감정적 상태 등 사이의 상호작용을 통해서 구성된 세계의 질서와 조직이다. 그러나 이 구성주의는 절대적인 지식을 얻을 수 없으며, 객관적인 실체에도 도달할 수 없다고 생각한다.

인지적·사적(personal) 지식의 구성에 관심을 가진 von Glasersfeld가 발달시킨 급진적 구성주의에 따르면, 개인은 개인적으로 구성된 실체만을 안다(Howe & Berv, 2000). 그의 급진적 구성주의는 회의론, 진리에 관한 주관주의, 정신적 구성, 자신 대 타인의 네 가지 인식론적·실체론적 관념이 그 골격을 이룬다(McCarty & Schwandt, 2000). 그는 다음과 같은 원리를 제시하여 급진적 구성주의를 더욱 구체적으로 체계화하였다(Matthesw, 1994).

- 지식은 관찰자에게 독립적인 세계에 관한 것이 아니다.
- 지식은 그런 세계의 표상화가 아니다; 실재론과 그것의 일치설은 부당하다.
- 지식은 문화적·사회적 상황에 처한 개인에 의해 창된다.

- 지식은 세계보다 개인의 경험을 지칭한다.
- 지식은 개인의 개념적 구조에 의해 구성된다.
- 개인이 개념적 구조가 그의 경험에 실용적이라고 생각할 때 그 개념적 구조는 지식을 형성한다; 구성주의는 일종의 실용주의이다.
- 구성주의는 상대주의 신념이다.
- 지식은 경험적 실체의 질서이다.
- 합리적으로 접근할 수 있는 실체는 없다.

이처럼 급진적 구성주의는 형이상학보다 인식론으로서 개인 또는 개별적 마음을 강조한다(Roth, 1995). 이 구성주의는 과학 이론을 실제 세계의 설명이자, 언어와 문화적 가치를 암호화하는 도구로 본다(Hess, 1997). 특히, 심리학적 구성주의로 불리는 급진적 구성주의는 개인이 학습하거나 가르치는 방법에 관한 일련의 견해로서(Phillips, 2000) 신념이 구성되는 개별적 심리 과정을 특별히 강조한다(Matthews, 1994).

④ 사회적 구성주의

사회학적(sociological) 구성주의는 마르크스(K. Marx, 1818-1883)의 유물론이 그 원조이며, 지식사회학의 에딘버러(Edinburgh) 학파가 뒤르켐(E. Durkheim, 1858-1917)의 업적을 수용해 원래보다 더 일반적인 의미를 지닌 사회적(social) 구성주의로 발달시켰다(Matthews, 1994; Phillips, 2000). 연구자에 따라서는 사회적 구성주의의 기원을 플라톤(Plato)의 변증법(dialectic)에(Baker & Piburn, 1997), 그리고 그 학파인 실용주의적 사회구성주의의 기원을 메드(G. H. Mead, 1863-1931)와 듀이(J. Dewey, 1859-1952)의 실용주의에(Garrison, 1998) 둔다. 또한, 사회언어적 관념론자(sociolinguistic idealism)들이 제시한 사회적 구성주의는 그 기원을 사회학에 두기도 한다(McCarty & Schwandt, 2000).

사회적 구성주의는 과학 이론을 사회적 힘과 흥미에 의해 구성된 허구(fiction)로 본다. 그것은 자연을 설명하고 기술하는 지식이 아니라 사회적 합

의의 산물이라는 생각이다(Slezak, 2000). 사회적 구성주의는 이런 생각에 따라 연구의 방향과 그 목적 및 방법과 관찰, 법칙, 이론 등이 사회에 의해 수용되는 과정에 영향을 미치는 사회적 변인에 관심을 둔다(Hess, 1997).

사회적 구성주의는 과학지식이 사회적 상호작용을 통해 구성된다는 점을 강조하기 위해 붙여진 이름이다(von Glasersfeld, 1993). 사회적 구성주의는 과학지식사회학에도 그 기원을 두고 있는데, 이 사회적 구성주의는 개인과 사회가 서로 관련되어 있다고 보며, 자연 또는 세계가 사회적으로 구성된다고 생각한다(Hess, 1997). 특히, 급진적 입장에서 서 있는 사회적 구성주의에 따르면, 과학 이론은 논리·증거·추리보다 사회적 상황에서 형성된다. 사회적 구성주의는 또한 과학 및 다른 학문 분야와 같은 공공적 지식체계의 형성에 관심을 가지고(Bredo, 2000), 모든 지식은 만들어진다고 주장한다(Fleury, 1998).

⑤ 기타 구성주의

과학철학과 과학교육학에서는 급진적 구성주의와 사회적 구성주의 외에 상호작용 구성주의, 교육적 구성주의, 철학적 구성주의도 자주 논의된다. 상호작용 구성주의는 제임스, 비곳스키(L. S. Vygotsky, 1896-1934), 듀이, 메드 등이 주창한 구성주의로서(Bredo, 2000) 실재론의 일치설이나 관념론의 정합설 대신에 설득력(cogency)설 제시하여 다른 구성주의와 구분된다. 상호작용 구성주의는 실용주의적 관점에서 물질을 실체론적 대상보다 활동의 기능적 측면으로 보며, 지식에는 별로 관심을 갖지 않고 실체가 만들어졌는지 아니면 발견되는 것인가에 관심을 가진다.

교육적 구성주의는 사적(personal) 구성주의와 사회적 구성주의로 나뉜다. 사적 구성주의는 von Glasersfeld가 피아제의 지능발달 이론에 기원을 두어 발전시킨 급진적 구성주의의 별칭이며, 사회적 구성주의는 비곳스키에 기원을 두고 드라이버 등에 의해 지지되는 구성주의이다. 철학적 구성주의는 아리스토텔레스에서 발원하여 쿤(Kuhn)·프라센(Fraasen) 등 현대의 과학철학

자들에 의해 발전된 구성주의를 총칭하며, 형이상학적 구성주의와 인식론적 구성주의로 나뉜다(Matthews, 1994). 구성주의는 이밖에도 여러 가지가 제시되고 있는데, 지금까지 제시된 구성주의의 종류는 적어도 17가지나 된다(Matthews, 2000).

3) 구성주의에 대한 비판

앞 절들에서 살펴본 바와 같이, 구성주의는 현대의 과학철학적·심리학적·교육학적 관점 및 이론으로서 과학과 과학교육의 여러 면에 큰 영향을 미치고 있다. 그러나 구성주의는 현대의 과학철학자·심리학자·교육학자·과학교육학자 등에 의한 비판의 대상도 되고 있다. 그들은 구성주의 전체를 비판하거나 몇 가지 요소나 측면을 비판한다. 또한, 구성주의 내의 비판도 있는데, 급진적 구성주의에 대한 사회적 구성주의의 비판이 가장 심했다. 구성주의 비판에 관한 문헌을 조사·분석한 결과를 구성주의 전체에 대한 비판과 급진적 구성주의에 대한 비판으로 나누어 요약하면 다음과 같다.

<구성주의 전체에 대한 비판>

- 구성주의는 과학적 이해를 경시하거나 무시한다(Hodson & Hodson, 1998).
- 구성주의는 모든 사람이 갖고 있는 생각, 즉 상식에 지나지 않는다(Treagust et al., 1996).
- 절대적 진리를 알 수 없기 때문에, 모든 지식은 주관적이고 잠정적이며 불확실하다는 논리적 원리에 빠져 있다(Osborne, 1996).
- 진보주의 또는 도구주의에 지나지 않는다(Gunstone, 2000; Osborne, 1996).
- 상대주의 지향적이다(Gunstone, 2000; Harding & Hare, 2000; Howe & Berv, 2000; Matthews, 1994; Osborne, 1996; Shamos, 1995; Staver, 1998).
- 실체의 존재를 부정한다(Tobin & Tippins, 1993).
- 유아론에 빠지게 한다: 모든 개념은 서로 다르다는 생각, 즉 인식하는 세계는 사람의 수만큼 다양하다는 생각에 빠지게 한다(Duit, 1995).

- 경험주의 견해를 완전히 벗어나지 못했다(Staver, 1998).

<급진적 구성주의에 대한 비판>

- 개인을 지나치게 강조하며, 사회적 문제를 경시한다. 지식의 구성을 개인적 구성으로만 본다(Driver et al., 1994; Matthews, 1994; Treagust et al., 1996).
- 관념론적 신념을 나타내지만, 그것은 관념론이 아니라 반실재론이다(Matthews, 1994; Osborne, 1996).
- 문화적·사회적 교실에 적용하기 어렵다(O'Loughlin, 1992; Wellington, 2000).
- 경험주의적 본성을 지니지만, 물리적 세계의 존재를 부정한다(Treagust et al., 1996).
- 특히, von Glasersfeld의 원리는 경험주의 개념, 또는 그 인식론에 지나지 않는다(Matthews, 2000).
- 실체의 객관적 존재 부정, 또는 과학의 개념적 기초, 과학의 개념적 도식, 과학의 이론적 대상, 과학의 자연적·물질적 대상 등을 혼동한다.

급진적 구성주의가 지나치게 개인주의적이고 사이비 관념론이라는 주장과 경험주의 인식론에 지나지 않는다는 주장은 사회적 구성주의에서 나왔다. 그런데 사회적 구성주의가 다른 구성주의를 비판한다고 해서 자신에 대한 비판을 벗어나지는 못한다. 사회적 구성주의는 무엇보다도 과학지식이 사회적으로 구성된다면, 그 내용을 사회적 용어로만 설명할 수밖에 없다는 문제를 안고 있다. 사회적 구성주의는 사회적 현상을 인과율적으로 설명하지 못하는 데, 그 문제가 곧 비판의 대상이다(Slezak, 2000). 사회적 구성주의는 이외에 과학과 과학자의 견해 및 실재를 오도하는 문제도 안고 있다(Osborne, 1996)

구성주의는 과학지식이 구성되는 방법과 과학지식을 교수·학습하는 방법을 같거나 한 가지로 가정함으로써, 또한 귀납적 일반화를 인정하지 않음으로써, 과학 개념이 형성되는 과정을 구체적으로 제시하지 못한다(Osborne, 1996). 특히, 급진적 구성주의는 과학, 과학적 활동, 과학지식, 과학 교수학

습 과정의 사회적 특성을 간과한다(Noddings, 1995). 일반적으로 구성주의는 학생들의 흥미, 관심, 지적 수준 등에 맞는 과학교육을 실행함으로써(Brooks & Brooks, 1999) 진보주의 교육사상에 따른 아동·경험·생활중심의 교육과정의 안고 있는 문제에 직면할 수 있다.

3. 구성주의에 따른 과학교육

1) 과학교육의 목적과 과학윤리 교육

전통적 과학철학자는 과학의 구성요소로 과학지식, 과학적 방법, 과학자, 사회를 제시하지만(Ziman, 1980), 현대의 과학철학자는 이외에 기술적·경제적·윤리적·정치적 측면을 제시한다(Reiss, 1996). 과학지식에 관한 한 구성주의는 이외에 도구주의(instrumental) 견해도 갖고 있다(Bodner, 1988; Osborne, 1996). 구성주의의 과학지식에 관해 진술된 문헌을 조사·분석하여 요약한 다음과 같은 결과가 이를 입증한다.

- 모든 과학지식은 구성된다.
 - 수동적으로 수용되는 것이 아니라 만들어진다(Noddings, 1995; Wood, 1995).
 - 마음에 전달되는 것이 아니라 물리적 세계에 대한 개인적 경험과 사회·문화적 상호작용, 즉 다른 사람과의 상호작용을 통해 구성된다 (Chiappetta et al, 1998; Wood, 1995).
 - 지식은 책이나 자연에 객관적으로 존재하여 발견되기를 기다리지 않는다(Osborne, 1996; Duit, 1995).
 - 개인적으로 구성되고, 사회적·문화적으로 중개되며, 인식 주체의 마음에 존재한다(Tobin & Tippins, 1993).
- 과학지식은 절대적 진리가 아니다.
 - 과학지식은 추리·증거·이성 등 보편적·객관적 방법이 아니라 사회적·문화적·역사적 환경 등 상황의 산물이다(McComas, 2000; Roth, 1993; Slezak, 2000).

- 임시적이고, 발달적이고, 비객관적이다(Fosnot, 1996).
- 과학지식은 실효성이 있는 것일수록 좋다(Bodner, 1988; Davis et al., 1993).
- 과학지식은 경험을 통해 구성된 개인적 의미이다(Arends, 1998).
- 과학지식은 인지구조이며(Yager, 2000), 정신적 표상화이다(Wood, 1995)

이와 같은 과학지식의 특성에 비추어 볼 때, 그것은 자연에서 발견되는 것이 아니라 인간이 만든 것으로 생각할 수 있다(Gale, 1995). 즉, 과학지식은 새로운 증거에 의해 언제라도 바뀔 수 있는 잠정적·가설적 특징을 지닌다. 또한, 구성주의는 과학지식이 가치관에 따라 서로 다른 의미로 해석될 수 있다고 보는데, 이 주장의 근거는 과학이 지니는 윤리적 특성에 관한 논의에서도 찾아 볼 수 있다(최경희·조희형, 2000).

구성주의에 따르면, 탐구의 목적은 자연의 현상·사물·사건 등을 이해하고 설명하는 과정에 유용하고, 사회와 생활에 이용할 수 있는 과학지식을 구성함에 있다(Chiappetta et al., 1998). 그런 탐구는 대개 논리적 추리를 거치거나 절대적 증거에 바탕을 두는 것이 아니라 사회적 과정을 통해 이루어진다. 한편, 과학적 방법이 지니는 이런 특성은 과학교육의 목적을 의사결정력의 함양에 두어야 함을 시사한다(조희형·최경희, 2001).

과학교육에 관심을 가진 한 과학교육학자(Resnik, 1998)는 과학이 인식론적·도덕적·윤리적·실용적 측면으로 구성되어 있다고 주장하며, 사회학자(Longino, 1990)는 이에 가치를 더하기도 한다. 과학이 지닌 이런 특성은 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성을 제기한다. 과학의 윤리적 특성은 피아제나 콜버그(L. Kohlberg)의 도덕성 인지발달론에 따라 교수·학습할 수 있다(최경희와 조희형, 2000).

2) 과학 학습이론과 학습모형

구성주의의 이론적 배경이 된 피아제, 비곳스키, 오슈벨 등은 학습이론에

도 많은 시사점을 던져준다. 피아제는 물리적 환경과의 상호작용, 비겡스키는 사회적 상호작용, 그리고 오슈벨은 개념적 상호작용을 다른 어떤 상호작용보다 더 강조한다(Trowbridge et al, 2000). 이들의 인지론에 이론적 배경을 둔 구성주의 학습관은 지식을 기계적 과정에 따라 전달될 수 있는 것으로 보는 객관주의 접근법과 대비되며(Siebert et al., 1997), 전통적 학습이론과는 다른 방법 및 과정을 제시한다(Jonassen et al, 1999). 이는 다음과 같은 구성주의의 학습관에 잘 반영되어 있다.

- 학습은 능동적으로 의미를 구성하는 과정이다.
 - 새로운 정보를 더하거나 기존의 지식을 재조정하여 기존의 지식을 바꾸는 과정이다(Alsop & Hicks, 2001; Appleton, 1997).
 - 경험을 추상화하거나 반성하면서 세계에 대한 관념 또는 개념을 구성하는 과정이다(Alsop & Hicks, 2001; Fosnot, 1996; Martin et al., 2002; von Glasersfeld, 1995; Wood, 1995).
- 학습은 상호작용을 통해 일어난다.
 - 선행지식과 새로운 지식, 자연과 사회적·문화적 상황이 다른 사람들 사이의 상호작용을 통한 사회적 과정이다(Alsop & Hicks, 2001; Arends, 1998; Howe & Berv, 2000; Oldfather et al., 1999).
 - 학습에는 선행지식과 같은 내적 요인, 사람 사이의 요인, 학습 환경과 같은 외적 조건, 선행 경험 등이 영향을 미친다(Gunstone, 2000; McInerney, 1994).
- 학습은 발달의 결과가 아니라 발달 그 자체이다.
 - 학습은 경험 세계에 적절하게 적용하는 과정이다(Fosnot, 1996; Lorschach & Tobin, 2002).
 - 학습은 개념적 구조의 발달 과정으로서 자기조절과 변혁을 요구한다(Fosnot, 1996).

이상과 같이, 구성주의는 학습을 학습자가 물리적·사회적 환경과의 능동적·적극적 상호작용을 통해 의미를 구성하는 과정으로 본다. 즉, 학습은 학습자가 선행 경험에 바탕을 두어 의미를 구성하는 해석적·순환적·누적적

과정이라는 것이다(Fosnot, 1996; Jonassen et al, 1999; Siebert et al., 1997). 한편, 구성주의자들은 입장에 따라 학습의 본성을 서로 다른 의미로 해석한다. 이를테면, 사회적 구성주의는 학습을 공공적 개념 즉 지식의 사회적 변화와 구성, 문화의 전달 등으로 해석함에 비해, 급진적 구성주의는 인지구조의 개인적 구성으로 정의한다(Kelly, 1997).

학습은 선행지식과 새로운 통찰 사이의 갈등을 해소하고, 표상화 및 모형을 구성하여 새로운 의미를 형성하며, 협동적인 사회활동·토론·논쟁 등을 통해 그 의미를 협상하는 자율적 과정이다(Fosnot, 1996). 한편, 이론은 비유법이나 모형으로 표현하기 때문에(조희형과 최경희, 2001), 어떤 학습이론도 학습모형으로 표현할 수 있다. 학습모형은 학습이 일어나는 과정을 설명할 뿐만 아니라 학습의 목적과 교수·학습 방법도 제시한다. 현재의 과학교육학자들은 구성주의에 바탕을 두어 학습이론을 구성하고, 그것을 설명하기 위한 학습모형을 제시한 다음 그에 따라 교수·학습 모형과 자료를 개발하는 근거로 삼는다.

구성주의 학습모형은 흔히 인지론 또는 발달심리학에 바탕을 둔 모형과 현대의 과학철학 또는 과학사회학 및 지식사회학에 바탕을 두어 개발한 것으로 나눌 수 있다. 인지론 또는 발달심리학에 바탕을 두고 개발된 학습모형은 흔히 생성(generative)모형으로 일컬어지며(Abruscato, 2000; Harlen, 2000), 예거(Yager, 2000)의 구성주의 학습 모형(Constructivist Learning Model; CLM)도 이 범주에 속한다. 한편, 과학철학 또는 과학사회학 및 지식사회학에 바탕을 둔 학습모형으로는 개념의 변화 또는 발달(Ross et al., 2000) 과정에 따라 구성된 모형 또는 그 교환(Driver, 1989)에 목적을 둔 모형을 들 수 있다.

구성주의에 따르면, 강의는 대부분의 과학 수업에 적절하지 않으며, 이상적인 학습은 작은 집단에 의한 학습과 상호작용 토론 수업이다(Tobin & Tippins, 1993). 작은 집단 학습은 협동학습, 공동학습, 개인교수 등을 말한다(Linn & Burbules, 1993). 구성주의는 교수가 학습자의 지식·태도·흥미 등

에서 시작되고, 추리가 아니라 이런 특성들 사이의 상호작용을 통해 이루어 지도록 해야 한다고 주장한다(Howe & Berv, 2000; Slezak, 2000). 구성주의는 또한 효과적인 학습 전략으로 문제해결을 제시하며(Lorsbach & Tobin, 2002), 수업에 있어서 선행지식의 중요성도 강조한다(Chiappetta et al., 1998).

3) 과학 교수-학습 방법

구성주의는 지시대상(referent)이자 방법이다. 지시대상으로서의 구성주의는 학습이론을 제공하고, 방법으로서의 구성주의는 교수법을 제시한다(Tobin & Tippins, 1993). 이런 특성을 지닌 구성주의는 학습과 학습자에 대한 인식을 제고하며, 혁신적인 교수 방법을 제공한다(Osborne, 1996; Staver, 1998). 미국의 심리학(APA)에서도 이런 구성주의와 그에 따른 교수-학습 모형을 학생중심 교수-학습의 원리로 삼고 있는데(Marshall, 1998), 문헌을 조사하여 수집한 원리를 요약하면 다음과 같다.

- 구성주의의 학습전략으로는 문제해결이, 교수전략으로는 협동학습이 적절하다(Lorsbach & Tobin, 2002; Miller et al., 2000).
 - 구성주의 교수-학습 활동으로는 과제, 협동 모둠, 토론으로 이루어진 문제중심 모형이 적절하다(Gredler, 2001; Wheatley, 1991).
 - 전체론적(holistic) 접근법이 적절하다(Howe & Berv, 2000).
- 구성주의의 주된 교수-학습 목표는 개념의 발달과 변화에 있다(Bentley, 1998; Brooks & Brooks, 1999; Trowbridge et al., 2000; von Glasersfeld, 1996).
 - 학생의 견해를 확인하고 그 가치를 인정한다.
 - 학생들의 가정 또는 일상적인 생각과 차이가 나는 내용을 제시한다.
 - 교수-학습 과정안은 큰 개념 또는 대주제를 중심으로 작성한다.
 - 교수-학습뿐만 아니라 평가도 일상생활 소재를 활용하여 실시한다.
- 교수-학습을 다음과 같이 시작한다(Trowbridge et al., 2000).
 - 사물·사건·현상 등에 관한 학생들의 선행개념을 확인한다.

- 학생들이 현재의 개념으로 당장 이해하기 어렵고, 도전적이지만 성공 할 수 있는 문제나 수수께끼, 즉 인지적 갈등을 유발하는 상황을 제시한다.
- 수업 주제에 관하여 자신의 생각이나 관념을 말하게 한다.
- 학생들이 오인을 가지고 있을 경우 그 오인의 타당성을 설명하고 대안적 개념을 제시한다.
- 교사의 역할은 다음과 같다(Brooks & Brooks, 1999)
 - 학생의 자율성과 주도권을 인정한다.
 - 원자료와 일차적 자료를 이용하며, 조작적이고 상호작용적인 물리적 재료를 활용한다.
 - 깊이 있는 질문을 하고 서로 묻게 한다.
 - 학생의 생각을 존중하고 발달시킨다.
 - 유추와 비유를 사용하게 한다.
 - 순환학습 모형을 사용하여 학생들의 자연적 흥미를 함양시킨다.

학생들은 사전경험과 선행학습을 통해 과학 개념과 다른 오인을 많이 가진다. 구성주의는 그런 오인이 형성되는 원인을 설명하며(Bodner, 1986), 오인이 형성되는 원인과 과정을 근거로 오인을 과학 개념으로 바꾸어 줄 수 있는 교수-학습 모형 및 그 방법을 암시해준다. 다음의 교수-학습 절차는 학생들이 가지고 있는 오인을 과학 개념으로 바꾸어줄 수 있는 교수-학습 과정의 한 예이다(Hodson & Hodson, 1998).

- 학생들이 가지고 있는 오인, 즉 관념과 견해를 확인한다.
- 학생들이 현상과 사건을 설명하거나 예상하여 자신의 개념을 확인·검증할 기회를 제공한다.
- 학생들이 자신의 관념과 견해를 개발·수정·보완하게 자극을 준다.
- 학생들이 자신의 관념과 견해를 다시 생각해 보고 재구성하게 한다.

이상에서 고찰한 구성주의 교수-학습 방법 및 원리와 그에 따른 과정이 보여주는 바와 같이, 구성주의 교수-학습은 머리가 백지상태(tabula rasa)가 아니며, 지식은 이미 가지고 있는 선행지식 위에 구축된다는 가정 아래에서

이루어진다(von Glasersfeld, 1993). 구성주의 교수-학습은 질문이나 문제에 대한 학생들의 답은 어느 것이나, 비록 과학적으로 틀리거나 모순될지라도, 그 순간의 그에게는 의미가 있다는 가정을 전제한다. 이는 곧 학생들의 개념 체계와 그에 관한 인지적 구조의 변화에는 그들의 사고 과정과 일치하는 교수-학습 방법이 효과적이다.

구성주의 교수의 목적은 고정된 진리의 전달이 아니라 관련된 경험의 제공과 대화할 기회의 제공에 있다(Arends, 1998). 즉, 구성주의 교수는 중개(mediation)이며, 이 때 교사는 교육과정과 학생이 만나는 접점이 된다(Bettencourt, 1993). 교사는 옳다는 것을 말하면서 가르쳐서는 안 된다. 구성주의 교사는 학생이 알고 있는 것을 확인하고, 과제를 구성하며, 이해를 조정하고, 토론을 안내하는 기능을 한다. 한 마디로, 구성주의 교사의 역할은 대안적 견해를 명료화·정교화·정당화·평가함에 있다(Tobin & Tippins, 1993).

구성주의가 암시하는 바에 따라 개발된 수업모형 또는 교수법의 목적은 대개 개념의 변화에 있다(Bentley, 1998). 개념변화는 개념의 형성·발달·교환을 포함한다. 드라이버(Alsop & Hicks, 2001; Driver & Oldham, 1996)의 모형은 개념의 교환에 일차적인 목적을 두고 있으며, 학습순환 모형(Bentley, 1998; Martin et al., 2002)과 5E(Bybee, 1997) 모형은 이외에 개념의 발달과 그 형성에도 목적을 둔다. 개념의 변화에 목적을 둔 구성주의 교수모형은 흔히 협동학습 및 토의법을 중요시한다(Staver, 1998; Trowbridge et al., 2000).

엄격한 의미에서 구성주의는 교수이론이 아니다(Bentley, 1998; Fosnot, 1996). 그러나 구성주의는 그에 따라 개발된 학습순환 모형이 보여주듯이 교수모형을 개발하는 준거가 되며(Bentley, 1998), 학생들 스스로 양상을 찾고, 질문하고, 자신의 모형·개념·전략 등을 구성하는 구체적이고 상황에 의미가 있는 경험을 제공한다(Fosnot, 1996). 학습순환 모형은 급진적 구성주의에(Bentley, 1998), 드라이버(Driver, 1989)의 교수-학습 모형은 사회적 구성주의에 바탕을 두어 개발된 것이다.

구성주의 수업에는 전체론적(holistic) 교수법이 적당하다(Howe & Berv, 2000). 구성주의 교수-학습 방법은 권위적이며 교사중심의 전통적 교수-학습 방법뿐만 아니라 학문중심 교육사상에 따른 탐구중심의 교수-학습 방법과도 비교된다(Matthews, 1994). 특히, 사회적 구성주의 수업은 학생들의 내적 동기를 유발시키기 위해, 즉 학생들이 스스로 탐구하고, 발견하며, 지식을 구성하고, 직접 자신을 이해하게 할 목적에서 이루어진다(Oldfather et al., 1999). 이런 수업에서는 학습자가 새로운 정보를 내면화하여 바꾸는, 즉 전환시키는 것을 도와주는 것이 교사의 역할이다(Brooks & Brooks, 1999).

4) 과학 교육과정과 평가

1980년대 이후 20여 년 동안 과학 교육과정에 가장 큰 영향을 미친 심리학은 구성주의이다(Matthews, 2000). 과학지식은 문화와 사회에 속에 스며들어 가 있기 때문에, 인식의 주체와 떼어놓고 생각할 수 없다(Tobin & Tippins, 1993). 이런 구성주의 관점에서는 과학 교육과정을 중요한 정보의 나열이 아니라 교사와 학생이 함께 의미와 내용을 협상하는 일련의 학습 사태 및 그 활동으로(Arends, 1998), 또는 일련의 학습 경험이나 과제(task)(Driver & Oldham, 1986)로 정의할 수 있다.

구성주의는 과학지식의 절대성과 과학적 방법의 논리성, 증거의 객관성 등을 수용하지 않는다. 이런 구성주의에 따른 평가의 대상은 주어진 문제를 개념화하여 이해하고 해결하는 과정과 방법에 있다(von Glasersfeld, 1993). 즉, 표준 절차를 따르게 하거나 정답을 요구하는 전통적 평가는 구성주의 관점과 일치하지 않는다(조희형과 최경희, 2001; Alsop & Hicks, 2001). 구성주의에 따른 과학교육 및 교수-학습의 평가에는 수행평가 방법, 그 중에서도 포트폴리오가 적절하다(조희형과 최경희, 2000; von Glasersfeld, 1993).

4. 요약 및 결론

이 연구는 과학철학 및 과학교육학의 주요한 관심사가 되고 있는 구성주의의 특성과 그것을 적용하여 얻은 결과를 조사·분석하고, 그것이 우리나라 과학교육의 여러 측면, 즉 우리나라의 과학교육이 나아갈 방향에 던져주는 시사점을 모색하고자 수행하였다. 구성주의의 특성은 그 의미와 주장, 이론적 배경과 종류, 그에 관한 비판으로 나누어 기술하였다. 한편, 과학교육의 측면 또는 앞으로 나아갈 방향은 그 목적, 과학 학습이론과 그 모형, 과학 교수-학습 방법, 과학 교육과정과 평가로 나누어 논의하였다.

구성주의에 관한 문헌을 조사·분석한 이 연구의 결과는 구성주의가 과학철학의 한 영역이자 심리학의 한 신념임을 보여준다. 과학철학의 한 영역으로서의 구성주의는 경험주의 및 실증주의를 거부하고, 관념주의 형이상학과 상대주의 인식론에 바탕을 둔 현대의 과학철학 또는 탈실증주의(post-positivism)로 볼 수 있다. 한편, 심리학의 한 신념으로서의 구성주의는 행동주의의 타당성을 부정하면서 발달심리학의 효율성도 철저하게는 인정하지 않는 인지론적 실용주의적 심리학으로 생각할 수 있다.

과학철학으로서의 구성주의는 과학 및 과학지식과 그 대상에 관하여 과학사회학 또는 지식사회학과 견해를 같이한다. 구성주의에 따르면, 인간이 인식하는 사물은 자연으로부터 발견되기를 기다리는 객관적 존재가 아니라 관념에 지나지 않으며, 과학지식은 관찰과 실험을 통해 확인할 수 있는 절대적 진리가 아니라 사회적 과정을 통해 구성된 인지구조이다. 한편, 심리학적 신념으로서의 구성주의는 학습을 정보가 머리에 들어가 쌓이는 기계적·수동적 과정이 아니라 학습자가 적극적으로 참여하여 의미를 구성하는 의도적이고 능동적인 사회적 과정으로 본다. 학습은 학습자와 자연 및 환경, 교사, 부모, 다른 학생 등 사이에 일어나는 상호작용을 통한 인지구조의 변화라는 생각이다.

구성주의는 과학교육의 여러 측면에 전통적인 과학철학 및 심리학과 다른 시사점을 던져준다. 과학철학으로서의 구성주의에 따르면, 과학은 사회적 특성을 지니며, 가치관과 집단 이익이 관련되어 있다. 그러므로 과학교육의 궁

극적인 목적은 민주적 합의 절차를 통해 문제를 해결할 수 있는 능력, 즉 의사결정력의 함양에 두는 것이 바람직하다. 또한, 이런 목적을 달성할 수 있는 교육과정은 내용 및 탐구과정의 나열이 아니라 학습경험과 주제가 통합된 과제 중심으로 개발하는 것이 바람직하다.

심리학으로서의 구성주의에 따르면, 학습도 사회적 과정을 통해 이루어지는 사회적 특성을 지닌다. 특히, 유의미학습은 학습할 내용과 학습자가 이미 가지고 있는 선행지식 사이의 상호작용을 통한 의미의 구성과 그에 따른 인지구조의 변화이다. 이런 학습의 전략으로는 학생과 학생 사이의 토론을 거친 협동학습과 다른 학생의 입장에서 생각해보는 역할놀이가 효과적이며, 그 모형으로는 개념의 분화와 교환에 목적을 둔 순환학습 모형과 그것을 세분화한 5E 모형이 적절하다.

구성주의는 수행평가와 창의력 검사에 이론적 배경을 제시한다. 구성주의에 따르면, 과학교육 평가의 주안점은 학생들이 획득한 과학지식의 진위나 그들이 습득한 탐구능력의 객관성이 아니라 과학지식 및 탐구능력의 상황에 대한 적절성이다. 즉, 과학교육의 평가는 학생들이 나타낸 반응이 맞았는지, 아니면 어떤 탐구력을 습득했는지 등을 확인하기보다는 그들이 나타낸 반응에 일정한 점수를 주기 위해 이루어져야 한다. 그런 평가는 현재 우리나라 과학교육 현장에서 중요시하는 수행평가와 창의력 검사 방법과 일치한다.

□ 참고문헌 □

- 권성기, 임청환 (2000), 『구성주의적 과학학습심리학』 서울: 시그마프레스.
- 김종문 외 13인 (1998), 『구성주의 교육학』 서울: 교육과학사.
- 박수경 (1999), 「구성주의적 과학수업이 대기압 개념 획득과 학습동기에 미치는 효과」, 『한국과학교육학회지』 19(2), 217-22.
- 임청환 외 (1999), 『초등과학교육: 구성주의적 접근』, 서울: 시그마프레스.
- 조희형 (1988), 「과학교육과정 및 과학 교수/학습의 이론적 배경과 미래의 과학 교육에 대한 시사점」, 『한국과학교육학회지』 8(2), 33-41.
- 조희형, 최경희 (2000), 『과학 교수-학습과 수행평가』, 서울: 교육과학사.
- 조희형, 최경희 (2001), 『과학교육총론』, 교육과학사.
- 최경희, 조희형 (2000), 「과학의 윤리적 특성에 대한 교수-학습 모형과 전략」, 『생명윤리』 1(1), 123-43.
- Abruscato, J. (2000), *Teaching children science: A discovery approach*, 4th ed., Boston: Allyn and Bacon.
- Alsop, S. & Hicks, K, (2001), *Teaching science: A handbook for primary & secondary school teachers*, London: Kogan Page.
- Appleton, K. (1997), "Analysis and description of students' learning during science classes using a constructivist-based model", *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 303-318.
- Arends, R. I. (1998), *Learning to teach*, 4th ed., Boston: McGraw Hill.
- Baker, D. R. & Piburn, M. D. (1997), *Constructing science in middle and secondary school classrooms*, Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Bentley, M. L. (1998), "Constructivism as a referent for reforming science education", In M. Larochelle, N. Bednarz, & J. Garrison eds.,

- Constructivism and education*, Cambridge University Press.
- Bentley, M. Ebert, C. & Ebert, II, E. S. (2000), *The natural investigator: A constructivist approach to teaching elementary and middle school science*, Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning.
- Bettencourt, A. (1993), "The construction of knowledge: A radical constructivist view", In K. Tobin ed., *The practice of constructivism in science education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Bodner, G. M. (1986), "Constructivism: A theory of knowledge", *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-8.
- Bredo, E. (2000), "Reconsidering social constructivism: The relevance of George Herbert Mead's interactionism" In D. C. Phillips, *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1999), *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*, Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Bybee, R. W. (1997), *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*, Portsmouth, NH: Heinemann.
- Cain, S. E. (2002), *Sciencing*, 4th ed., Columbus, Ohio: Merrill.
- Carin, A. A. (1997), *Teaching science through discovery*, 8th ed., Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Chiappetta, E. L., Koballa, T. R., & Collette, A. T. (1998), *Science instruction in the middle and secondary schools*, 4th ed., Upper saddle River, New Jewrsey: Merrill.
- Cobern, W. W. (1993), "Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science", In K. Tobin ed.,

- The practice of constructivism in science education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cromer, A. (1997), *Connected knowledge: Science, philosophy, and education*, New York: Oxford University Press.
- Davis, N. T., McCarty, B. Jo., Shaw, K. L., & Sidani-Tabbaa, A. (1993), "Transition from objectivism to constructivism in science education", *International Journal of Science Education*, 15(6), pp.627-36.
- Driver, R. (1989), "Students' conceptions and the learning of science", *International Journal of Science Education*, 11, 481-490.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994), "Constructing scientific knowledge in the classroom", *Educational Researcher*, 23, 5-12.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986), "A constructivist approach to curriculum development in science", *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Duit, R. (1995), "The constructivist view: A fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice", In L. P. Steffe & J. Gale eds., *Constructivism in education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Ernest, P. (1995), "The one and the many", In L. P. Steffe & J. Gale eds., *Constructivism in education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Fensham, P. J., Gunstone, R. F., & White, R. T. eds. (1994), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*, London: The Falmer Press.
- Fleury, S. C. (1998), "Social studies, trivial constructivism, and the politics

- of social knowledge", In M. Larochele, N. Bednarz, & J. Garrison eds., *Constructivism and education*, Cambridge University Press.
- Fosnot, C. T. ed. (1996), *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*, New York: Teachers College Press.
- Gale, J. (1995), Preface. In L. P. Steffe & J. Gale eds., *Constructivism in education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Garrison, J. (1998), "Toward a pragmatic social constructivism", In M. Larochele, N. Bednarz, & J. Garrison eds., *Constructivism and education*, Cambridge University Press.
- Golinski, J. (1998), *Making natural knowledge: constructivism and the history of science*, Cambridge University Press.
- Good, R. (1993), "The many forms of constructivism", *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1015.
- Gredler, M. E. (2001), *Learning and instruction: Theory into practice*, 4th ed., Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Gunstone, R. F. (2000), "Constructivism and learning research in science education", In D. C. Phillips, *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Harding, P., & Hare, W. (2000), "Portraying science accurately in classrooms: emphasizing open-mindedness rather than relativism", *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), 225-36.
- Harlen, W. (2000), *Teaching, learning & assessing science 5-12*, 3rd ed., London: Paul Chapman Publishing Ltd.

- Hess, D. J. (1997), *Science studies: An advanced introduction*, New York: New York University Press.
- Hodson, D., & Hodson, J. (1998), "From constructivism to social constructivism: A Vygotskian perspective on teaching and learning science", *School Science Review*, 79(298), 33-41.
- Howe, K. R., & Berv, J. (2000), "Constructing constructivism, epistemological and pedagogical", In D. C. Phillips, *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Hung, E. (1997), *The nature of science: Problems and perspectives*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Jonassen, D. H., Peck, K. L., & Wilson, B. G. (1999), *Learning with technology: A constructivist perspective*, Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Kelly, G. J. (1997), "Research traditions in comparative context: A philosophical challenge to radical constructivism", *Science Education*, 81(3), 355-75.
- Kukla, A. (2000), *Social constructivism and the philosophy of science*, London: Routledge.
- Larochelle, M. & Bednarz, N. (1998), "Constructivism and education: Beyond epistemological correctness" In M. Larochelle, N. Bednarz, & J. Garrison eds., *Constructivism and education*, Cambridge University Press.
- Larochelle, M., Bednarz, N., & Garrison, J. eds. (1998), *Constructivism and education*, Cambridge University Press.
- Linn, M. C., & Burbules, N. C. (1993), "Construction of knowledge and group learning", In K. Tobin ed., *The practice of constructivism*

- in science education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Lorsbach, A. & Tobin, K. (2002), *Constructivism as referent for science teaching*. Home Page: <http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/research/constructivism.html>.
- Magoon, A. J. (1977), "Constructivist approaches in educational research", *Review of Educational Research*, 47(4), 651-693.
- Marlowe, B. A., & Page, M. L. (1998), *Creating and sustaining the constructivist classroom*, Thousand Oaks, CA: Corwin Press, Inc.
- Marshall, H. H. (1998), "Teaching educational psychology: Learner-centered and constructivist perspectives", In N. M. Lambert & B. L. McCombs eds. (1998), *How students learn: reforming schools through learner-centered education*, Washington, DC: American Psychological Association.
- Martin, R., Sexton, C., & Gerlovich, J. (2002), *Teaching science for all children*, 2nd ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Matthews, M. R. (1994), *Science teaching: The role of history and philosophy of science*, New York: Routledge.
- Matthews, M. R. (2000), "Appraising constructivism in science and mathematics education" In D. C. Phillips, *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago: The University of Chicago Press.
- McCarty, L. P., & Schwandt, T. A. (2000), "Seductive illusions: von Glasersfeld and Gergen on epistemology and education", In D. C. Phillips. *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago: The University of

- Chicago Press.
- McComas, W. F. ed. (2000), *The nature of science in science education rationales and strategies*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- McInerney, D. M. (1994), *Educational psychology: Constructing learning*, New York: Prentice Hall.
- Miller, R., Leach, J., & Osborne, J. eds. (2000), *Improving science education: The contribution of research*, Buckingham: Open University Press.
- National Research Council (NRC) (1996), *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Noddings, N. (1995), *Philosophy of education*, Oxford: Westview Press.
- Oldfather, P., West, J., White, J., & Wilmarth, J. (1999), *Learning through children's eyes: Social constructivism and the desire to learn*, Washington, DC: American Psychological Association.
- O'Loughlin, M. (1992), "Rethinking science education: Beyond Piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning", *Journal of Research in Science Teaching*, 29(8), 791-820.
- Osborne, J. F. (1996), "Beyond constructivism", *Science Education*, 80(1), 53-82.
- Pepin, Y. (1993), "Practical knowledge and school knowledge: A constructivist representation of education", In M. Larochelle, N. Bednarz, & J. Garrison eds., *Constructivism and education*, Cambridge University Press.
- Phillips, D. C. ed. (2000), "An opinionated account of the constructivist landscape", In D. C. Phillips. *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago:

The University of Chicago Press.

- Reiss, M. J. & Straughan, R. (1996), *Improving nature and ethics of genetic engineering*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Resnik, D. B. (1998), *The ethics of science: An introduction*, London: Routledge.
- Ross, K., Lakin, L., & Callaghan, P. (2000), *Teaching secondary science: Constructing meaning and developing understanding*, London: David Fulton Publishers.
- Roth, W. M. (1993), "Construction sites: Science labs and classrooms", In K. Tobin ed., *The practice of constructivism in science education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Roth, W. M. (1995), *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry science laboratories*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Segerstrale, U. ed. (2002), *Beyond the science wars: The missing discourse about science and society*, Albany, New York: State University of New York Press.
- Shamos, M. H. (1995), *The myth of scientific literacy*, New Brunswick, New Jersey: Rutgers University Press.
- Siebert, E. D., Capiro, M. W., & Lyda, C. M. eds. (1997), *Methods of effective teaching and course management for university and college science teachers*, Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Slezak, P. (2000), "A critique of radical social constructivism", In D. C. Phillips, *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago: The University of

Chicago Press.

- Solomon, J. (1994), "The rise and fall of constructivism", *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- Solomon, J. (2000), "The changing perspectives of constructivism: Science wars and children's creativity", In D. C. Phillips, *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Staver, J. R. (1998), "Constructivism: Sound theory for explicating the practice of science and science teaching", *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 501-520.
- Steffe, L. P., & Gale, J. eds. (1995), *Constructivism in education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Tobin, K., & Tippins, D. (1993), "Constructivism as a referent for teaching and learning", In K. Tobin ed., *The practice of constructivism in science education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Fraser, B. J. eds. (1996), *Improving teaching and learning in science and mathematics*, New York: Teachers College Press.
- Trowbridge, L. W., Bybee, R. W., & Powell, J. C. (2000), *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy*, 7th ed., Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- von Glasersfeld, E. (1993), "Questions and answers about radical constructivism", In K. Tobin ed., *The practice of constructivism in science education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- von Glasersfeld, E. (1995), "A constructivist approach to teaching", In L.

- P. Steffe & J. Gale eds., *Constructivism in education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- von Glasersfeld, E. (1996), *Introduction: Aspects of constructivism*, In C. T. Fosnot ed., *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*, New York: Teachers College Press.
- von Glasersfeld, E. (1998), "Why constructivism must be radical", In M. Larochelle, N. Bednarz, & J. Garrison eds., *Constructivism and education*, Cambridge University Press.
- Wellington, J. (2000), *Teaching and learning secondary science: Contemporary issues and practical approaches*, London: Routledge.
- Wheatley, G. H. (1991), "Constructivist perspectives on science and mathematics learning", *Science Education*, 75(1), 9-21.
- Wood, T. (1995), "From alternative epistemologies to practice in education: Rethinking what it means to teach and learn", In L. P. Steffe & J. Gale eds., *Constructivism in education*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Yager, R. E. (2000), "The constructivist learning model", *The Science Teacher*, 67(1), 44-5.
- Ziman, J. (1980), *Teaching and learning about science and society*, Cambridge: Cambridge University Press.

Science Education Based on Constructivist Perspectives

Choi, Kyunghee & Cho, Hee-hyung

ABSTRACT

Constructivism has had a great influence on science education over the last two decades. The purpose of this article is twofold: First, to describe the characteristics of constructivism and, second, to suggest an ideal forms of science education in Korea as implied in constructivism. A review of the literature in the first area shows that constructivism is the philosophical/ psychological view which believes in the social nature of the construction of scientific knowledge and its learning. And the analyses of a few schools of constructivism suggests decision-making as a goal of science education, learning as the active construction of meaning through interaction between learner and learning environments, and discussion and cooperation as appropriate teaching strategies. At the same time, the results necessitate teaching ethical aspects of science in the secondary schools, and also imply that performance assessment must be emphasized in evaluation of science education.

Key Terms

constructivism, science education, science teaching/learning, performance assessment