

## 과학적 사고력의 신장을 위한 과학비유탐구놀이 학습방법의 구안

현 동 겉

제주교육대학교 과학교육과

### An approach to development of scientific thinking skills through science inquiry play of analogy

Hyun, Dong-Geul

*Department of Science Education, Cheju National University of Education*

#### ABSTRACT

This research suggests science inquiry play of analogy as a learning method to help the students in concrete operational stage to develop scientific thinking skills and to understand abstract science conceptions. The research focuses on/considers the characteristics and merits of the science inquiry plays, and the learning method by analogical reasoning. This learning through the science inquiry play of analogy can be considered as a meta-model for scientific thinking skill. The learning has the following processes: 1) Students analogize the abstract science conceptions and facts into play-type activities including the concrete contents such as students themselves, their physical-sensory motions, concrete objects, play methods, and play rules. 2) Students as analogized objects play a role physically and sensuously according to the methods and rules analogized in the play. 3) Students find out the concrete contents included in the science inquiry play of analogy, draw the results, and deduce the new conceptions from the results by reflective thinking and analogical reasoning.

#### I. 서 론

최근 과학교육자들에 의한 연구결과는 전기와 자기, 열, 소리 및 빛 등의 개념에 대하여 많은 학생들이 학습 전에 이들의 개념에 대하

여 특정한 잘못된 개념을 가지고 있으며, 학교에서 보편적으로 행해지는 이들 내용에 대한 학습방식, 즉 내용에 관한 실험과 토의에 의한 수업방법에 의해서나 정성적인 문제해결과정의 도입을 통한 수업에 의해서도 학생들의 잘못된

개념이 쉽게 과학자적인 개념으로 변화되지 않는다는 점이다(박윤희, 1990; 전우수, 1993; 김범기 등, 1995; 김현재 등, 1997). 그 원인은 전기와 자기, 열, 소리 및 빛 등의 개념들의 근간이 되는 전자, 원자 또는 분자의 운동, 파동의 진행 등을 실험적으로 보이기 어려워서 이들에 대한 개념들은 학생들에게는 매우 추상적이며, 또한 이러한 추상적인 과학의 개념을 이해하는 데는 Piaget가 말하는 형식적 조작을 요구하기 때문이다.

여러 연구의 결과에 의하면 우리 나라 초등학교 학생들의 지적 발달수준은 대부분이 형식적 조작수준에 도달하지 못하고 구체적 조작수준에 머물러 있고, 그들이 학습해야 할 자연 교과내용의 상당 부분이 형식적 조작수준의 사고를 요구하고 있다(김현재 등, 1986, 1988; 최재환 등, 1993). 이러한 학생들의 지적 발달수준과 교과내용 수준간의 차이에서 많은 학생들이 추상적인 교과내용을 학습하는데 어려움을 겪고 있고, 잘못된 개념을 가지게 하는 요인 중의 하나로 해석하고 있다(이원식 등, 1979, 1986; 김현재 등, 1986, 1988; 김영희, 1988; 최재환 등, 1993; 한안진 등, 1996). 또한 추상적인 과학내용을 언어수단이나 실험만으로 가르치려고 한다면 구체적 조작수준에 있는 학생들의 지적 발달을 돕지 못한다고 지적한 Piaget의 지적 발달이론은 많은 시사점을 준다(Inhelder 등, 1958).

Bruner(1960)는 Piaget의 지적 발달이론에 의거해서, "어떤 교과이든지 지적으로 올바른 형식으로 표현하기만 한다면 어떤 발달단계에 있는 아동들에게도 효율적으로 가르칠 수 있다"는 가설을 세웠으며, Herron(1975)은 형식적 조작사고가 형성되지 못한 학생들도 접근할 수 있도록 구체적 조작이 가능한 개념을 사용하도록 제안하였다. 한종하(1978)는 과학적 사고는 언어교신으로 신장하지 않으며, 과학적 사고의 신장을 위해서는 Piaget(1958)의 논리적 발달을 근거로 한 '행동'→'사고'→'언어'의 흐름, 즉 실

제로 사물을 관찰하고 의문 나면 생각해 보고, 그리고 자기의 의견을 정리하여 표현하는 과학 교육의 방법을 개발해야 한다고 강조하였다.

이에 따라 이 연구는 구체적 조작수준에 있는 학생들이 추상적인 과학의 개념을 습득하는데 적용될 수 있으며 과학적 논리 즉 과학적 사고력을 신장시킬 수 있는 학습방법의 구안에 그 목적을 둔다.

최근 국내외에서 제안되고 시범적으로 시행되고 있는 과학탐구놀이(Riban, 1976; Romjue 등, 1992; Groseclose, 1993; 한국과학교육총연합회, 1993)는 개인이나 집단이 적극적으로 참여하여 과학을 즐기며 능동적으로 문제를 해결해 나가는 과정으로, 많은 학생들이 어렵거나 딱딱하다고 느끼는 과학에 대하여 학생들이 흥미나 활동에 대한 참여의식을 고무시킬 수 있으며, 개인의 독창성과 과학적 탐구능력, 학생들 간에 역할분담 및 협동적인 태도를 기를 수 있는 기회를 제공한다(한국과학교육총연합회, 1993). 신체와 감각을 활용하는 과학탐구놀이는 홀리스틱 교육의 신체-감각적 학습(김현재, 1996)뿐만 아니라 Gardner의 다중지능 이론(Gardner, 1983, 1993)을 근거로 한 학습방법으로서도 그 의미가 크다(김명희 등, 1997; 윤기옥, 1997). 또한 인간의 지식을 확장시키는데 중요한 도구이며 과학사에 있어서 부정할 수 없는 발견적 역할을 해온 비유와 비유적 추리는 과학적 개념이나 사실들을 다른 방법에 비해 쉽게 학습시킬 수 있는 방법으로 학습의욕과 집중력을 증대는 물론 과학적 사고력의 신장에도 긴밀한 관련이 있다(김영민, 1992; 강호감, 1994, 1997).

이러한 과학탐구놀이나 비유와 비유적 추리에 의한 학습방법은 과학학습내용으로의 접근 방법이나 학습효과에 대한 기본적인 아이디어들을 대체로 포함하고 있는 동시에 구체적 조작수준의 학생들에게 적용하기에 비교적 용이한 절차들을 보여주고 있다. 이 연구는 이들이 가지고 있는 특징과 장점들을 최대한으로 활용할 수 있는 학습방법을 구안하고자 한다. 이 연

구에서 이를 과학비유탐구놀이학습(science inquiry play of analogy)이라고 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 과학적 사고력

최종락(1976)은 사고를 문제해결 또는 문제의식을 가짐으로써 발단되는 하나의 역학적 과정이라고 정의하고, 그 시작은 긴장의 산출이며, 그 방향은 문제해결이고, 그 끝은 문제가 해결됨으로써 얻어지는 긴장의 해소에 있으며, 사고는 문제해결의 과정에서 이루어진다고 하였다. Dewey(1933)는 사고의 기본 형태를 직접적 사고와 반성적 사고로 나누어 설명하였다. 이 중 반성적 사고는 문제의 난점을 느끼며, 문제의 핵심 되는 소재와 성격을 파악하고, 가능한 해결의 시안을 찾고, 이 시안의 뜻을 추론에 의하여 검토하고, 관찰과 실험에 의하여 시안의 인정 여부를 검토하는 과정이다. 이러한 반성적 사고의 과정은 탐구과정, 즉 문제해결의 과정과 유사하며, Dewey는 이 반성적 사고를 교육적 경험의 방법으로 보고 가장 우수한 사고 방법이라 하였다(민경덕, 1989).

사고 없이는 문제해결이 불가능하므로 과학 지식의 발달을 과학적 사고의 결과로 이해하려 한다. 김광명(1989)은 과학적 사고를 문제의식에서 출발해서 과학자들의 인지구조에 이르는 탐구과정을 수행하는 정신활동의 능력이라고 정의하고, 이러한 사고능력은 비단 과학활동에서만 필요한 것이 아니고 사회생활을 능동적으로 대처할 수 있는 능력으로도 볼 수 있다고 하였다. 한중하(1978)은 과학적 사고를 구체적으로 관찰할 수 있는 논리성을 내포하는 사고로 정의하고 과학적 논리성으로는 Piaget(1958)의 논리성을 그 예로 들었다.

민경덕(1989)은 과학적 사고를 과학적 논리를 토대로 하는 연역적 사고와 귀납적 사고, 직관적 사고, 그리고 분석적 사고와 종합적 사고의 복합체이라고 하였으며, 과학적 사고의 소산은

이들 사고의 유기적인 조작에 의해서 이루어진다고 하였다. 여기서 과학적인 논리로서는 Piaget(1958)가 주장하는 보존논리, 비례논리, 확률논리, 조합논리, 변인조작논리, 명제적 또는 가설 연역적 논리이다. 또한 분석적 사고와 종합적 사고는 인지영역에 속하는 분석력과 종합력으로부터 이를 수행함에 있어서 작동하는 논리로서, 분석적 사고는 관측 및 실험자료를 구성요소나 부분으로 분할하고 각 부분을 확인하며 또 이들간의 관계 확인 그리고 부분들의 조직원리를 찾아내는 사고이며, 종합적 사고는 요소와 부분을 종합하여 합체를 구성하고자 하는 사고, 그리고 다시 이를 종합하고 배열하여 새로운 양식이나 구조를 만드는 사고과정을 의미한다. 분석적 사고나 종합적 사고는 체계적이며 단계적으로 진행되며 자료, 개념 조작 등을 활용하여 귀납적 또는 연역적인 방법을 구사하여 결론을 도출하게 한다. 이에 반하여 직관적 사고는 추리나 경험이 일정한 체계에 따르지 않으며 여러 단계를 뛰어 넘어 지름길을 찾기도 하는 등으로 대상을 파악하는 특성을 가지고 있다.

한중하(1978)는 과학적 사고는 타고나는 것이 아니며 환경과의 상호작용을 통하여 형성하고 발달한다고 하였다. 또한 과학교육에서 흔히 사용되는 '개념설정'→'설명' 및 '확인실험'→'정리'의 흐름, 즉 과학의 개념을 언어교신을 통해서 이해시키고 확인실험을 통하여 그 개념의 타당성을 보여주는 방법으로는 과학적 사고를 신장시킬 수 없다고 하였다. 다시 말하면 과학적 사고는 언어교신으로 신장하지 않으며, 과학적 사고의 신장을 위해서는 Piaget(1958)의 논리적 발달을 근거로 한 '행동'→'사고'→'언어'의 흐름, 즉 실제로 사물을 관찰하고 의문이 생기면 생각해 보고, 그리고 자기의 의견을 정리하여 표현하는 과학교육의 방법을 개발해야 한다고 강조하였다.

### 2. 초등과학교육과 학생의 지적 발달수준

Piaget(1958)는 지적 발달의 과정을 그 조작적 특성에 따라 뚜렷이 질적으로 다른 몇 개의 단계, 즉 감각동작단계, 전조작단계, 구체적 조작단계, 형식적 조작단계 등을 거친다고 보고 있으며, 가역성이 획득되고 보존문제를 해결할 수 있으며 구체적인 문제를 해결할 수 있는 구체적 조작단계는 7~8세부터 시작하여 11~12세에 평형상태에 이루며, 모든 가역성을 생각해낼 수 있고 가설을 세우고 그것을 토대로 하여 연역적 논리를 자유자재로 쓸 수 있는 형식적 조작단계는 11~12세에서 시작하여 15~16세에서 평형상태에 이룬다고 할 수 있다(이원식 등, 1983).

우리 나라 초등학교 학생의 지적 발달수준은 지금까지의 여러 연구에 의하면 각 단계에 이르는 연령이 Piaget가 제시한 기준 연령과 차이가 있는 것으로 나타난다. 김현재 등(1986, 1988)의 초등학교 4, 5, 6학년 학생을 대상으로 Piagetian Task와 Piagetian Style Written Test 등을 사용하여 인지수준을 측정한 연구에서 4학년 학생인 경우 조사대상 학생의 99.2%가 구체적 조작수준에 속하고 형식적 조작수준에 이르는 학생은 0.8%에 불과했다. 5학년인 경우 구체적 조작수준에 95%의 학생이 속하고 형식적 조작수준에 4.6%의 학생이, 6학년의 경우 구체적 조작수준에 95.3%, 형식적 조작수준에 4.7%에 이르는 것으로 나타났다. 김영희(1988)가 초등학교 6학년 학생을 대상으로 논리적 사고력을 측정한 GALT검사에 의하면, 조사대상 학생의 72%가 구체적 조작수준에 속하고 형식적 사고수준에 도달한 학생은 한 명에 불과했으며, 또한 하위논리유형별 형성 정도는 보존논리에 42.5%, 상관논리에 40.6%, 변인통제논리에 27.8%, 비례논리에 26.1%, 그리고 조합논리에 3.3%의 학생들이 형성된 것으로 나타났다. 최재환 등(1993)이 초등학교 6학년 학생을 대상으로 행한 GALT 검사에 의하면, 조사대상 학생의 97.9%가 구체적 조작수준에 머물러 있고, 형식적 조작수준에는 2.1%에 불과한 것으로 나타났

다. 또한 하위논리유형별 형성 정도는 보존논리에 26.0%, 비례논리에 31.5%, 변인통제논리에 15.1%, 확률논리에 13.0%, 상관논리에 39.7%, 조합논리에 6.2%로 나타났다.

초등학교의 자연 교과 내용을 Piaget의 사고 유형으로 분석한 김현재 등(1986, 1988)의 연구 결과에서, 4학년인 경우 구체적 조작 초기수준의 내용은 1학기는 32.3%, 2학기에 25%, 구체적 조작 후기수준의 내용이 4학년 1학기에는 61.3%와 2학기에는 67.7%를 포함하며, 형식적 조작 초기수준의 내용이 1학기 12.9%와 2학기 19.4%를 포함하는 것으로 나타났다. 5학년인 경우 구체적 조작 초기수준의 내용이 1학기에는 18.8%, 구체적 조작 후기수준의 내용이 1학기에는 55.6%와 2학기에는 55.6%, 그리고 형식적 조작 초기수준의 내용이 1학기에는 25.0%와 2학기에는 44.4%로 나타났다. 6학년인 경우 1학기에는 구체적 조작 초기수준의 내용이 11.8%, 2학기에 10.7%, 구체적 조작 후기수준의 내용이 1학기에는 64.7%와 2학기에는 64.3%이며, 형식적 조작 초기수준의 내용이 1학기에 23.5%와 2학기에 25%로 나타났다.

위와 같은 결과들은 초등학교 자연 교과 내용의 학습하기 위해서는 학생들에게 형식적 조작 수준의 사고를 요구되고 있음을 시사한다. 이에 비해 초등학교 학생들의 지적 발달수준은 구체적 조작수준에 머무르고 있는 사실을 감안할 때 교과서가 요구하는 지적 수준은 실제 학생들의 지적 수준에 비해 높다고 볼 수 있다. 김현재 등(1986, 1988)은 자연 교과 내용의 내용 및 개념수준이 학생의 사고수준에 비하여 학생이 이해하기 어려운 추상적인 내용이 구성되어 있는 단원에 대한 수정과 학생의 사고수준이 대부분 형식적 조작수준에 이르지 못하므로 이를 위해서는 논리적 사고의 증식을 위한 구체적 활동자료와 실제 경험의 기회가 요구하였으며, 최재환 등(1993)은 학생들의 지적 발달수준을 토대로 교과내용을 조직하고 선정하여 학생들에 지적 발달수준과 교과 내용 수준과의 조화

를 고려해야 할 것을 주장하였다. 그러나 보다 바람직한 것은 과학이 본질상 형식적 조작을 요구하는 학문이기 때문에 형식적 조작수준에 도달하지 못한 학생들에게 논리적 사고 즉 과학적 사고를 요구하는 자연 교과의 내용을 보다 쉽게 이해하도록 하는 새로운 교수-학습방법이나 학생들의 과학적 사고를 신장시킬 수 있는 학습방법을 강구하는 등이 적극적이고 능동적인 전략이 필요하다 하겠다.

### 3. 비유와 비유적 추리

비유는 학생들에게 친숙하지 않은 것을 친숙한 것으로 비교하여 설명하는 것이다. Clement(1987)는 자발적으로 발생하는 비유들이 문제해결에 있어서 중요한 역할을 한다고 하였다. Duit(1988)는 비유는 새로운 개념구조의 생성에 관여하며, 기존기억을 재구성하는 일을 돕고 그것이 새로운 정보를 제공하는 일을 돕는다. 또한 비유는 새로운 정보를 좀더 구체적이 되게 하고 쉽게 상상하게 하여 이론의 공고화나 이론의 발달을 위한 발견의 도구로서 혹은 설명의 도구로 받아들이고 있으며, 학습과정에서 비유의 역할을 개념구조의 생성, 재구조화, 가시화 등 세 가지로 요약했다. 김영민 등(1992)은 학습은 이미 알고 있는 것과 새로운 것 사이의 유사성 또는 상이성을 인식하는 것과 관련되어야 하며 지식의 단순한 확장만이 아니라 이미 알려진 것을 전체적으로 새롭게 구성하는 것이라는 관점에서 구성주의적 학습과정과 비유의 역할의 유사성을 강조하며 비유를 통해 학습이 효과적으로 일어날 수 있음을 시사했다. Curtis 등(1983)은 수업에서의 비유사용은 암기수준의 학습에는 효과가 없고, 단위 기억 사이의 연결, 장기기억, 전이, 문제해결, 비유적 추리기능의 성장에는 매우 효과가 있다고 했다.

Rumelhart 등(1981)은 한 개념구조를 다른 개념구조로 모형화하는 과정을 비유적 추리에 의한 학습이라 하고, 학습에서 비유를 사용할 때

비유영역은 학생들이 바로 알 수 있고 쉽게 추정할 수 있는 영역에 바탕을 두어야 하고, 목표영역과 비유영역은 독특한 차원의 수가 최소로 달라야 하며 목표영역의 당연한 작용들은 비유영역에서도 당연해야 하고 목표영역에서 부적절한 작용들은 비유영역에서도 부적절해야 한다고 하였다. 김영민 등(1992)은 일반적으로 수업에서의 비유는 가시화된 현상을 보여줌으로써 추상적인 개념을 인식하기 위해 사용되며, 추상적인 개념들은 실험수업을 통해서도 습득이 안되는 까닭은 관련된 실험에서 나타난 결과와 실제 목표로 하는 개념사이에 비유적 추리과정을 거쳐야 하는데도 이 과정을 묵과해 버리기 때문이라고 하였다.

김영민 등(1992)은 젠트너-젠트너 구조 대응이론(structure-mapping theory, Gentner 등, 1983)과 학생들의 사전 개념을 고려하여 비유물로서 조건과 비유사용의 상황을 고려한 비유를 체계적인 비유로 정의하고, 체계적 비유가 되기 위한 비유물로서 조건들과 비유가 사용될 상황을 다음과 같이 제안하였다.

비유물로서 조건으로는 첫째, 비유물과 목표모형이 가급적 유사한 대응관계를 가져야 한다. 둘째, 비유물은 학생의 사전 개념이 고려되어 그것을 변화시킬 수 있어야 한다. 셋째, 비유물은 목표모형보다 학생들에게 친숙해야 한다. 넷째, 비유물의 구조와 속성이 목표모형에 비해 학생들이 이해하기 쉬워야 한다. 다섯째는 비유물을 그림이나 모형으로 나타낼 수 있어야 하고 실제 학습에서도 그림 비유(pictorial analogy) 또는 모형 비유(model analogy)가 이루어져야 한다.

그리고 비유사용의 상황으로서는 첫째, 갈등상황의 도달 후에 비유가 적용되어야 한다. 둘째, 비유의 한계에 대해 학생들과 논의를 거쳐야 한다. 셋째, 목표개념이 추상적인 경우에 사용되어야 한다.

### 4. 과학교육과 놀이

놀이란 누구나 부담 없이 재미있게 하는 활동의 한 유형으로서 어느 정도 경쟁은 있지만 즐기는 것에 더 중요한 목적을 둔다. 놀이는 일상생활에서 실현하지 못한 자아실현의 한 방편으로서, 육체적 신체적 발달을 위해서 매우 유용한 방법으로써 강요되지 않고 자발적이며 서로 협력과 경쟁을 통하여 주어진 규정에 따라서 최선의 답을 찾아가는 과정으로서 비교적 쉽게 성취감을 느끼게 한다는데 그 특징을 갖는다(학생과학탐구올림픽 위원회, 1994). 탐구놀이란 글자 그대로 탐구를 놀이의 형태로 하는 활동으로서 탐구활동이 추구하는 창의적인 면과 놀이가 가지고 있는 재미가 이상적으로 결합된 활동이라고 할 수 있다. 따라서 놀이의 일반적인 성격이 그러하듯이 탐구놀이란 어떤 정형화된 방법이 있는 것이 아니라 내용에 따라서 다양한 창의적인 활동을 할 수 있는 것이 바로 탐구놀이의 특징이자 장점이라 할 수 있다.

최근 국내외에서 제안되고 시범적으로 시행되고 있는 과학탐구놀이(Riban, 1976; Romjue 등, 1992; Groseclose, 1993)는 개인이나 집단이 적극적으로 참여하여 과학을 즐기며 능동적으로 문제를 해결해 나가는 과정으로, 많은 학생들이 어렵거나 딱딱하다고 느끼는 과학에 대하여 학생들이 흥미나 활동에 대한 참여의식을 고무시킬 수 있으며, 개인의 독창성과 과학적 탐구능력, 학생들 간에 역할분담 및 협동적인 태도를 기를 수 있는 기회를 제공한다(한국과학교육단체연합회, 1993). 과학탐구놀이는 다음과 같은 몇 가지 조건을 갖추어야 한다(학생과학탐구올림픽 위원회, 1994). 첫째, 재미가 있어야 한다. 둘째, 다양한 수준의 학생들이 그 능력에 맞는 다양한 활동이 가능해야 한다. 셋째, 참여자는 협력과 약간의 경쟁이 있어야 한다. 넷째, 과학적인 탐구의 본질이 반영되어야 한다.

### Ⅲ. 과학비유탐구놀이 학습 방법의 구안

#### 1. 과학비유탐구놀이 학습방법의 구안

앞의 이론적 배경에서 검토된 학생들의 지적 수준, 비유와 비유적 추리, 과학탐구놀이, 그리고 과학적 사고력 등을 기초하여 이 연구에서는 형식적 조작을 요하는 추상적인 과학의 개념들과 사실들을 구체적 조작수준의 학생들에게 학습시킬 수 있고 과학적 사고력을 신장시키기 위한 학습방법을 다음과 같이 구안하였다.

첫째, 형식적 조작을 요하는 추상적인 과학적 개념과 사실을 구체적 조작수준의 학생들의 사고로서 이해할 수 있는 학생들 자신들, 학생들의 신체·감각적 활동, 구체물, 방법, 규칙 등의 구체적인 내용을 수반하는 놀이 형태의 활동으로 비유화한다. Rumelhart 등 (1981)은 학습에서 비유를 사용할 때 비유는 학생들이 바로 알 수 있고 쉽게 추정할 수 있는 영역에 바탕을 두어야 한다고 하였으며, 또한 김영민 등(1992)은 비유에 사용되는 비유물이 학생들에게 친숙하다고 해서 그 비유물 자체를 잘 이해할 수 있는 것이 아니며, 비유물의 속성과 구조가 자체가 이해하기 어려운 것이라면 학생들로서는 목표포형을 학습하기 이전에 비유물에 대한 학습이 선행되어야 한다고 하였다. 학습에서 학생에게 가장 친숙한 인간적 관계와 인간의 행동을 비유물로서 사용되어지는 경향도 이러한 이유에 근거를 두고 있다고 볼 수 있으며, 이 연구에서 사용되어지는 비유물을 학습하는 학생들 자신들과 그들의 활동을 택한 것은 이러한 이유에 그 근거를 둔다.

추상적인 과학적 개념과 사실들을 구체적인 내용을 포함하는 놀이형태의 활동으로 비유화하기 위해서는 추상적인 과학적 개념과 사실들이 포함하는 목표영역의 모든 것에 대하여 조작적 정의와 비유적 추리 과정을 통하여 비유 영역의 비유물을 생성시켜야 한다. 여기서 비유물이란 이 연구의 목적상 추상적인 개념의 과학의 내용을 비유시키기 위한 모든 조작적 정의된 것들을 의미한다. 김영민 등(1992)의 연구

를 기초하여 본 연구에서는 조작적인 비유물의 조건으로서는

- 1) 목표모형에 유사한 대응관계를 갖도록 비유물을 조작적 정의를 해야 한다.
- 2) 비유물은 학생의 선개념이 고려되어 그것을 변화시킬 수 있도록 조작해야 한다.
- 3) 비유물은 목표모형보다 학생들에게 친숙하도록 조작해야 한다.
- 4) 비유물의 구조와 속성이 목표모형에 비해 학생들이 이해하기 쉬워야 한다.
- 5) 비유물을 사람이나 사물 그 자체, 움직임, 또는 움직임을 규제하는 규칙 등의 구체적인 것으로 나타낼 수 있도록 조작적 정의를 해야 한다.

고체, 액체, 그리고 기체 내에서의 열의 전달에 대한 과학비유탐구놀이의 적용에 대한 하나의 예를 들면(현동걸, 1998), 학생들에게 갈등상황을 인식시키기 위해서는 학습시키려는 목표영역, 즉 고체, 액체, 그리고 기체 내에서의 열의 전달의 개념에 대한 학생들이 지니고 선개념을 파악이 선행되어야 한다. 그리고 학생들의 선개념을 고려하여 학습에 의하여 개념의 변화를 일으킬 수 있도록 목표영역의 속성들 즉, 물질을 구성하는 입자인 원자나 분자, 이들 사이의 상호작용에 의한 배열이나 운동상태, 열에너지를 수용하고 전달하는 방식 등에 대응관계를 갖도록 학생들 그 자신들을 원자나 분자 등의 물질의 구성입자로, 그리고 테니스공이나 탁구공 같은 구체물을 열에너지로 조작적인 정의함으로써 비유가 시작된다. 또한 열에너지의 양, 즉 온도의 높고 낮음은 구체물인 공의 개수가 많고 적음으로, 온도가 높은 곳과 낮은 곳은 공의 개수가 많은 곳과 적은 곳으로 비유적 추리에 의한 조작적 정의될 수 있다. 그리고 구성입자 사이의 상호작용에 의한 각 상태의 배열이나 운동상태는 학생들의 행동범위를 제한하게 하는 놀이의 규칙을 세움으로서 이루어질 수 있는데, 구체적인 예로서 고체인 경우 정해진 직사각형 구역내의 규칙적으로 주기적으로 배

열된 점들의 한 위치에서 한 걸음 이상 움직일 수 없다, 액체인 경우 이웃하는 학생과 다섯 걸음 이상 떨어져서는 안된다, 그리고 기체인 경우에는 구성입자는 구역 내에서 자유롭게 이동할 수 있다 등의 놀이의 규칙을 통하여 비유시킬 수 있다. 열에너지의 수용과 전달방식에 대하여는 열에너지로 조작적 정의된 공을 받은 학생에게 행동 범위를 확장시켜주고 다른 학생에게 전달할 수 있고, 공이 많은 곳에서 적은 곳으로 전달해야 한다 등의 놀이방법을 정함으로서 놀이가 구성되고 또한 목표모형과 유사한 대응관계를 갖게 할 수 있다. 이러한 조작적 정의와 비유적 추리과정에서 비유의 한계에 대해서 학생들과 충분한 논의가 이루어져야 한다. 만일 열에너지를 테니스 공이나 탁구공 같은 구체물로 조작적 정의를 하는 과정에서 학생들이 열을 열소와 같은 물질적인 실체(김현재 등, 1990; 서울대 물리학습연구실, 1993)로 인식하여 잘못된 개념으로 이끌 수도 있고(Rumelhart 등, 1981), 잘못된 선개념을 강화시킬 수 있다. 그러므로 목표영역의 열에너지의 속성에 대응되도록 비유영역에서의 구체적인 비유물에 대한 비유의 한계에 대해서 학생들과 충분한 논의가 되어야 한다.

둘째, 목표모형의 속성에 따라 학생들은 비유물 그 자체로서 가상적인 역할을 분담하고 직접적인 신체·감각적인 활동 즉 과학비유탐구놀이를 하게 한다. 이러한 신체·감각적인 활동이 과학탐구놀이로서 기능을 갖기 위해서 다음과 같은 다음과 같은 조건을 갖추도록 구성해야 한다.

- 1) 재미가 있게 구성해야 한다. 재미란 놀이가 성립하기 위한 가장 본질적인 조건으로서 내적인 동기가 유발되었을 때 가능하다. 자기의 예상이 실현되어 그 성취감을 맛볼 수 있다는 기대감에서 생긴다고 할 수 있다. 따라서 과학비유탐구놀이를 통하여 비유영역에서의 신체·감각적인 활동 또는 과학비유탐구놀이를 구성하는 그 자체에서

- 자기의 육체적·정신적 성취를 증명해 보일 수 있어야 한다.
- 2) 다양한 수준의 학생들이 그 능력에 맞는 다양한 활동이 가능하게 구성해야 한다. 놀이는 주어진 문제를 해결하기 위하여 다양한 방법이 존재해야 하고 놀이하는 사람의 수준에서 완전한 문제해결방법이 존재하지 않아야 하고 참여자의 능력에 따라서 언제나 더 좋은 방법을 얻을 수 있는 가능성이 있어야 한다
- 3) 참여자는 협력과 약간의 경쟁이 있어야 한다. 과학비유탐구놀이는 주체자인 교사의 의도에 따라서 경쟁적, 비경쟁적, 또는 개별적, 협동적 활동의 형식을 띠 수 있다. 과학비유탐구놀이 학습에서 학습활동을 전개하기 위하여 소집단으로 편성하여 협력과 경쟁을 바탕으로 운영하여야 할 경우가 많다. 소집단 조직의 일반적인 목적은 소수의 학생이 집단을 이루어 서로 돕고 서로 토론하면서 학습활동을 전개하는 것으로서, 학습자들이 학습활동을 강하게 하여 학습지도 효과를 높이고, 아울러 분단조직의 활동과정을 통하여 상호협동과 연대의식을 길러 주어 학생의 자치활동 훈련의 기회가 되도록 하며, 각자의 학습활동에 관한 책무감을 높이고 문제해결이나 수업활동에 능동적으로 참여하여 자율성과 창의성을 신장시킬 수 있는 효과도 얻을 수 있다.
- 4) 과학적인 탐구의 본질이 반영시켜야 한다. 과학학습의 일환으로 하는 활동이기 때문에 놀이를 통하여 과학적 탐구가 이루어져야 한다. 즉, 과학비유탐구놀이는 놀이를 통하여 과학적 개념이나 사실을 파악하거나, 과학탐구방법을 연마하거나, 과학하는 태도를 함양되도록 구성해야 한다. 과학비유탐구놀이의 과제는 교과서의 내용을 바탕으로 하거나 얼마간은 그것을 넘어서 일상생활과 관련 있는 것이 포함될 수 있으며, 머리와 손이 의미 있게 어우러질 수 있는 활동 중

심적인 성격을 갖는다. 활동들은 수업과 많은 관련성을 가질 수 있다 또한 학생들은 신체·감각적인 활동을 통하여 인지적 발달을 경험하게 된다.(김명희 외, 1997: 윤기옥, 1997: 김현재, 1996).

셋째, 이러한 비유화된 놀이 형태의 활동의 구체적인 내용들을 대상으로 탐구활동을 수행하게 하고, 탐구활동의 결과를 추출하여 목표의 추상적 개념으로 비유적 추리과정을 거침으로써 새로운 개념을 형성하게 하게 한다. 과학비유탐구놀이의 비유영역에서 모든 것들은 구체적이고 문제해결에 필요한 모든 요소가 정량화될 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 실질적이고 근본적인 탐구활동을 할 수 있다. 학생들은 과학비유탐구놀이에서 일어나는 모든 것들을 대상으로 관찰하고, 분류하고, 측정하는 활동으로부터 얻어진 자료를 해석한다. 그리고 해석된 결과를 목표영역으로 비유적 추리과정과 반성적 사고과정을 거치면서 목표영역의 속성 즉 추상적인 과학개념과 사실들을 이해할 수 있다.

과학비유탐구놀이는 교사의 의도에 따라서 단순하거나 혹은 고차원적으로 구성될 수 있으며, 또한 교사는 과학비유탐구놀이 학습이 적용될 상황을 고려하여 적절한 탐구활동모형을 사용할 수 있다

## 2. 과학비유탐구놀이 학습을 통한 과학적 사고력 신장

과학비유탐구놀이 학습은 추상적인 개념의 습득과 동시에 과학적 사고력을 신장시키기 위한 과학적 사고력을 활용하게 하는 일종의 과학적 사고력에 대한 메타 모델로서의 의의를 가질 수 있다. 이 학습에서 사고력 신장을 위한 방법으로써는 다음과 같은 두 가지의 방법을 생각해 볼 수 있다.

첫째, 과학의 개념과 지식들로부터 조작적 정의와 비유적 추리 과정을 통하여 비유물을 선정하고 놀이의 방법과 규칙을 세우며 놀이로부



<표 2> 물질의 구성과 열 개념에 대한 과학적 사고의 학습목표에 따른 목표영역과 비유영역

사고유형	일반학습목표	목 표 영 역	비 유 영 역
과학적 논 리	1.보존논리를 구사할 수 있다.	1.열에너지 보존된다. 2.정해진 일정한 양의 고체, 액체, 기체를 구성하는 입자의 수는 증식이나 소모가 없으면 일정하다.	1.공의 개수는 같다. 2.정해진 일정한 양의 고체, 액체, 기체를 구성하는 학생의 수는 일정하게 구성한다.
	2.비례논리를 구사할 수 있다.	1.에너지가 클수록 운동이 더 활발하다. 2.입자간 거리가 짧을수록 열이 빨리 전달된다.	1.갓고 있는 공이 많을수록 행동 구간이 더 넓다. 2.학생간의 거리가 좁을수록 공을 더 빨리 전달할 수 있다
	3.조합논리를 구사할 수 있다.	1.같은 부피의 고체, 액체, 기체 중에서 고체가 입자간의 거리가 짧으므로 제일 많은 구성입자를 가지고 있다고 할 수 있다. 2.온도차가 크고, 입자간의 거리가 좁을수록 단위 시간당 많은 열을 전달 할 수 있다.	1.같은 부피의 고체, 액체, 기체를 구성할 때, 고체가 구성하는 학생의 수가 제일 많을 것이다. 2.공의 개수가 많고 학생들 간의 거리가 좁을수록 단위 시간당 많은 공을 전달할 수 있다.
	4.확률논리를 구사할 수 있다.	1.구성하는 입자가 동일하다면 같은 양의 에너지에 대하여 같은 운동에너지를 갖고 운동할 수 있다. 2.운동하는 입자는 주위의 어떤 입자에게도 에너지를 전달할 수 있다.	1.학생들은 누구나 공의 개수에 따라 정해진 거리 내에서 자유롭게 이동할 수 있다. 2.공을 가진 학생은 주위의 어떤 학생에게도 공을 전달 할 수 있다.
	5.변인조작논리를 구사할 수 있다	1.고체, 액체, 기체를 평면에서의 직사각형으로 간주할 수 있다. 2.구성입자들은 모든 입자들은 동일한 것으로 간주한다. 3.고체는 구성 입자간 거리가 짧고 그 위치가 거의 고정되어 있다. 4.액체에서는 구성입자들의 위치는 정해지지 않지만 상대적으로 이웃하는 입자와 어느 정도의 거리를 유지한다. 5.기체는 구성입자간 거리가 매우 크며 정해진 위치 없이 자유롭게 이동한다.	1.고체, 액체, 기체를 평면에서의 직사각형으로 간주할 수 있다. 2.학생들은 똑같은 능력을 가지고 있는 것으로 간주한다. 3.고체를 구성하는 학생은 일정한 간격으로 표시된 점 위에 위치한다. 4.액체를 구성하는 학생들은 고정된 위치는 정해지지 않지만 상대적으로 이웃하는 학생들과 어느 정도의 거리를 유지한다. 5.기체는 구성하는 학생은 학생간의 거리가 상대적 매우 크며 정해진 위치 없이 자유롭게 이동한다.
	6.가설 연역 적 논리를 구사할 수 있다.	1.같은 부피의 조건에서 기체를 구성하는 입자들 간의 거리가 커서 열을 전달하기 위해서는 구성입자가 많은 거리를 이동하여야 하여야 하므로 열의 전달이 액체나 고체에 비하여 느리게 일어날 것이다. 2.같은 부피의 조건에서 고체를 구성하는 입자들 간의 거리가 짧아 이웃하는 입자들에게 열을 전달하기 쉽게 때문에 열의 전달이 액체나 기체나 비하여 빨리 일어날 것이다. 3.같은 조건하에서 열의 전달은 고체, 액체, 기체 순으로 빨리 일어날 것이다.	1.같은 부피의 조건에서 기체를 구성하는 학생들 간의 거리가 커서 공을 전달하기 위해서는 학생들이 많은 거리를 이동하여야 하여야 하므로 공의 전달이 액체나 고체에 비하여 느리게 일어날 것이다. 2. 같은 부피의 조건에서 고체를 구성하는 학생들 간의 거리가 짧아 이웃하는 학생들에게 공을 전달하기 쉽게 때문에 공의 전달이 액체나 기체나 비하여 빨리 일어날 것이다. 3.같은 조건하에서 열의 전달은 고체, 액체, 기체 순으로 빨리 일어날 것이다.

터 얻어낼 수 있는 결과들을 예상하고, 예상되는 결과들로부터 형성될 수 있는 새로운 개념들을 고려하는 논리적인 조작을 통하여 과학비유탐구놀이를 구성하게 함으로써 학생들의 과학적 사고를 학습하도록 하는 동시에 추상적인 개념을 습득케 한다.

둘째, 구성된 과학비유탐구놀이를 수행하게 하고 신체·감각적이나 지적으로 얻어진 결과들을 반성적 사고와 비유적 추리과정을 통하여 종합하고 분석하여 새로운 개념을 도출하게 함으로써 학생들의 과학적 사고를 학습하도록 하는 동시에 추상적인 개념을 습득케 한다.

과학비유탐구놀이 학습에서 형식적 사고를 요구하는 추상적인 과학개념과 사실들을 비유영역의 구체적인 비유물로 조작적 정의를 학생들이 한다는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 과학적 사고력의 신장을 위하여 학생들의 지적 수준에 맞는 과학개념이나 지식들을 학생들에게 제시하여 학생들에게 과학비유탐구놀이를 구성하게 하거나 교사와 학생이 협력하여 과학비유탐구놀이가 구성된다면 매우 바람직하고 교육적인 효과가 증대할 것으로 생각된다. 그러나 학생들의 지적 수준이 이렇지 못할 경우에는 교사가 과학탐구놀이를 구성하여 학생들에게 놀이를 제공하여 학생들이 놀이를 통하여 경험 또는 발견학습방식으로 새로운 개념을 학습을 하게 유도하는 절차도 고려할 수 있다. 일반적으로 비유가 추상적인 개념에 대하여 갈등상황에 도달 후에 사용되듯이 과학비유탐구학습 모형도 갈등상황에 도달 후나 필요에 따라 수시 적용이 가능할 것으로 본다.

열에너지를 작은 공으로 그리고 물질을 구성하는 분자 또는 원자로 조작적 정의된 비유상황에서 물질의 구성과 열 개념에 대한 과학비유탐구놀이 학습에서 과학적 사고의 학습을 위하여 과학적 사고의 일반학습목표의 틀(민경덕, 1989)에 따라 과학비유탐구놀이를 구성하는 과정에서 목표영역으로부터 비유적 추리과정을 통하여 비유영역을 형성시키는 가능한 한 예를

<표 1>에 제시하였다.

#### IV. 요약 및 결론

우리 나라 초등학교 학생들의 지적 발달수준은 대부분이 형식적 조작수준에 도달하지 못하고 구체적 조작수준에 머물러 있고, 그들이 학습해야 할 자연 교과내용의 상당 부분의 형식적 조작 수준의 사고를 요구하고 있다. 이러한 학생들의 지적 발달수준과 교과내용 수준간의 차이에서 많은 학생들이 추상적인 교육내용을 학습하는데 어려움을 겪고 있고, 특정한 분야에 잘못된 개념을 가지게 하는 요인 중의 하나로 해석되어지고 있다. 또한 추상적인 과학내용을 언어수단이나 실험만으로 가르치려고 한다면 구체적 조작수준에 있는 학생들의 지적 발달을 돕지 못한다고 Piaget의 지적 발달이론은 지적하고 있다.

Bruner(1960)는 Piaget의 지적 발달이론에 의거해서, "어떤 교과이든지 지적으로 올바른 형식으로 표현하기만 한다면 어떤 발달단계에 있는 아동들에게도 효율적으로 가르칠 수 있다"는 가설을 세웠으며, Herron(1975)은 형식적인 조작사고가 형성되지 못한 학생들도 접근할 수 있도록, 구체적 조작이 가능한 개념을 사용하도록 제안하였다. 한종하(1978)는 과학적 사고의 신장을 위해서는 Piaget의 논리적 발달을 근거로 한 '행동'→'사고'→'언어'의 과정을 포함하는 과학교육의 방법을 개발해야 한다고 강조하였다.

과학탐구놀이는 개인이나 집단이 적극적으로 참여하여 과학을 즐기며 능동적으로 문제를 해결해 나가는 과정으로 학생들이 흥미나 활동에 대한 참여의식을 고무시킬 수 있으며, 개인의 독창성과 과학적 탐구능력, 학생들간에 역할분담 및 협동적인 태도를 기를 수 있는 기회를 제공한다. 또한 비유는 새로운 정보를 보다 더 구체적이 되게 하고, 쉽게 상상하게 하여, 이론의 공고화나 이론의 발달을 위한 발견의 도구

로서 혹은 설명의 도구로 받아들이고 있다. 비유는 가시화된 현상을 보여줌으로써 추상적인 개념을 인식하는데 위해 사용되며, 한 개념구조를 다른 개념구조로 모형화하는 과정을 비유적 추리에 의한 학습이라 한다.

이 연구는 구체적 조작수준에 있는 학생들이 추상적인 과학의 개념을 습득하는데 적용될 수 있으며 과학적 논리 즉 과학적 사고력을 신장시킬 수 있는 학습방법의 구안에 그 목적이 있었다. 과학탐구놀이나 비유적 추리에 의한 학습방법이 가지고 있는 특징과 장점들을 최대한으로 고려하여 과학비유탐구놀이 학습방법을 다음과 같이 구안하였다.

첫째, 형식적 사고를 요하는 추상적인 과학적 개념과 사실들을 조작적 정의와 비유적 추리과정을 통하여 학생들 자신들, 학생들의 신체·감각적 활동, 구체물, 놀이의 규칙, 놀이의 방법 등의 구체적인 내용을 수반하는 놀이 형태의 활동으로 비유화한다.

둘째, 목표 모형의 추상적 개념의 속성에 따라 학생들은 비유물 그 자체로서 가상적인 역할을 분담하고 직접적인 신체·감각적인 활동을 하게 한다.

셋째, 이러한 비유화된 놀이 형태의 활동의 구체적 내용물을 대상으로 탐구활동을 수행하게 하고, 탐구활동의 결과를 추출하여 목표의 추상적 개념으로의 반성적 사고와 비유적 추리를 하게 함으로서 새로운 개념을 형성하게 하게 한다.

과학비유탐구놀이 학습은 과학적 사고력을 습득하기 위한 과학적 사고력을 활용하게 하는 일종의 과학적 사고력에 대한 메타 모델의 의미를 가질 수 있다. 이 학습방법이 수업에 적용은 다음과 같은 두 가지의 절차를 생각해볼 수 있다.

첫째, 과학의 개념과 지식들로부터 조작적 정의와 비유적 추리에 의하여 비유물을 선정하고 놀이의 방법과 규칙을 세우며, 놀이로부터 얻어낼 수 있는 결과들을 예상하고, 예상되는 결과

들로부터 형성될 수 있는 새로운 개념들을 고려하는 논리적인 조작을 통하여 과학비유탐구놀이를 구성하게 함으로써 학생들의 과학적 사고를 학습하도록 하는 동시에 추상적인 개념을 습득케 한다.

둘째, 구성된 과학비유탐구놀이를 수행하게 하고 신체·감각적이나 지적으로 얻어진 결과들을 비유적 추리와 반성적 사고를 통하여 종합하고 분석하여 새로운 개념을 도출하게 함으로써 학생들의 과학적 사고를 학습하도록 하는 동시에 추상적인 개념을 습득케 한다.

이 연구에서 구안한 과학비유탐구놀이 학습방법은 과학적 사고력의 신장을 위한 가능한 하나의 전략으로서, 그리고 한편으로는 오개념 교정을 위한 새로운 학습방법으로 볼 수 있다(현동걸, 1998). 이 연구가 가정적 성격이 강하다면 결국 이에 대한 검증적 연구나 좀더 정교한 이론적 연구가 뒷받침될 수도 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 강호감, 원용준(1994), 대뇌의 인지기능에 기초한 자연과 교육방향 모색, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 13(1), pp.171-189.
2. 강호감(1997), 생물교육에 있어서 두뇌의 기능과 수업교재의 개발, 과학교육, 서울: 시청각교육사, 통권 390호, pp.59-81.
3. 김광명(1989), 초등학교 교육과정 개발에서 아동의 사고와 과학개념 및 과학과정의 조직 탐색, 과학교육, 서울: 시청각교육사, 통권 294호, pp.53-55.
4. 김명희, 정태희(1997), 미국의 다중지능 교육, 열린교육연구, 열린교육학회지, 5(2), pp.3-25.
5. 김범기, 김연일(1995), 소리에 대한 아동이 개념변화에 미치는 구성주의적 수업전략의 학습효과, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 14(1), pp.51-62.
6. 김영민, 박승재(1992), 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유 수업의 영향, 물리

- 교육, 한국물리학회지, 10(1), pp.39-68.
7. 김영희(1988), 국민학교 아동의 지적 발달 수준과 교과 내용의 수준 비교 연구, 이화여자 대학교 대학원 석사학위논문.
  8. 김현재(1986), Piaget 사고유형에 의한 5학년 자연과 내용분석, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 4, pp.4-25.
  9. 김현재, 이철이, 채규준(1988), Piaget 사고 유형에 의한 4·6학년 자연과 내용분석", 과학교육, 통권 281호, pp.91-97 ; 통권282호, pp.85-89; 통권 283호, pp.116-122.
  10. 김현재, 김한호(1990), 국민학교 아동의 온도 개념 형성에 관한 조사, 초등과학교육, 한국과학교육학회지, 10(1), pp.95-118.
  11. 김현재(1996), 생태학적인 관점의 열린 교실에서 홀리스틱 과학학습 지도 탐색, 초등과학교육연구, 한국초등과학교육학회, 15(2), pp.171-189.
  12. 김현재, 남희정(1997), 물질에 대한 아동들의 선개념 및 수업효과, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회, 16(1), pp.135-152.
  13. 민경덕(1989), 과학적 사고의 학습지도와 평가, 과학교육, 서울: 시청각교육사, 통권 294호, pp.26-32.
  14. 박윤희(1990), 중학생들의 수업 전후의 전류에 대한 개념 변화, 서울대학교 석사학위 논문.
  15. 서울대학교 물리학습연구실(1993), 학생의 물리 개념, 물리교육연구자료, 서울대학교.
  16. 윤기옥(1997), 다중지능 이론과 수업, 전국교육대학교 교수 세미나 및 워크숍 연구 자료집, 인천교육대학교 열린교과교육연구소, pp.219-239.
  17. 이원식, 이상온(1979), Piaget의 발달단계이론과 화학교육, 과학교육연구논총, 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 4(1), pp.13-28.
  18. 이원식, 한인옥(1983), 우리 나라 중학생들의 지적 발달 단계: 학생들이 과학을 어려워하는 요인분석을 위하여, 과학교육연구논총, 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 8(1), pp.1-24.
  19. 이원식, 최병순, 최원준(1986), 중고등학생들의 논리적 사고형성에 관한 연구(Ⅱ·Ⅲ), 과학교육연구논총, 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 11(1), pp.17-36.
  20. 전우수(1993), 국민학교의 과학 오개념 조사 연구, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 12(2), pp.145-166.
  21. 최재환, 이운환, 김애자(1993), 국민학교 아동의 지적 발달과 자연과 교과서 내용과의 비교, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 12(2), pp.127-144.
  22. 최종탁(1976), 과학교육의 성취도 평가, 교육연구지, 경북대학교 사범대학, 17, pp.131-156.
  23. 학생과학탐구올림픽위원회(1994), 마당에서 과학탐구 겨루기, 제2회 학생과학탐구올림픽대회 과학탐구마당 대회 보고서, 한국과학교육학회.
  24. 한국과학교육단체총연합회(1993), 과학특별활동의 지도와 평가, 연구작업모임보고서.
  25. 한종하(1978), 과학적 사고, 과학교육연구논총, 서울대학교 사범대학 과학교육연구소, 3(2), pp.31-39.
  26. 한종하(1986), 과학지식 형성 과정과 학생들의 지식발달과정의 관계 연구, 한국교육, 한국교육개발원, 13(1).
  27. 한안진, 김은숙(1996), 초등학교에서 다루어지는 간단한 전기회로 중심으로 한 교육대학교 학생의 전기 및 자기의 이해도 검사, 초등과학교육, 한국초등과학교육학회지, 15(1), pp.29-44.
  28. 현동걸(1998), 오개념 교정을 위한 과학비유 탐구놀이 학습의 도입에 관한 연구: 물질과 열의 개념 중심으로, 제주교육대학교 논문집, 27, 제주교육대학교.
  29. Bruner, J. S.(1960), The Process of Education, Harvard Univ. press, pp.33
  30. Clement, J.(1987), Nonformal reasoning in science: The use of analogies and extreme

- cases, ERC ED 302381.
31. Curtis, R. V. & Reigeluth, R.(1983), The effects of analogies on student motivation and performance in an eight grade science context. IDD & E working paper No.9, ERIC Ed 288519
32. Dewey, L.(1933), How we think, Boston, Heath Co.; 민경덕(1989) 재인용.
33. Duit, R.(1988), On the role of analogies, similes, and metaphors in learning science (IPN 1988)
34. Elkind, D.(1962), Quantity Conceptions in College Students, J. of Social Psychology, 1962, 57, pp.459-465.
35. Gardner, H.(1983), Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. New York: Basic Books.
36. Gardner, H.(1993), Multiple Intelligence: The Theory of Multiple Intelligences in Practice. New York: Basic Books.
37. Gentner, D. and Gentner, D. R.(1983), Mental models, Gentner, D. and Stevens, A. L. (eds), Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
38. Groseclose, T.(1993), Physics Fun Fest, in Science Scope, Apr., pp.12-15.
39. Herron, J. D.(1975), Piaget for Chemist, J. of Chem. Educ., 52(3), pp.147-150.
40. Inhelder, B. and Piaget, J.(1958), The growth of logical thinking from adolescent to childhood, New York: Basic Books Inc..
41. Piaget, J. and Inhelder, B.(1969), The Psychology of the child, London, Routledge & Kegan, Paul, pp.152-153.
42. Piaget, J.(1963), The origins of intelligence in children, New York, The Norton Library, pp.3-7.
43. Renner, J. W. and Lawson, A. E.(1974), A Quantitative Analysis of Responses to Piagetian Tasks and its Implications for Curriculum, Science Education, 58(4), pp.545-559.
44. Riban, D. M.(1976), Physics Olympics, in the Physics Teacher, Nov., pp.471-478.
45. Romjue, M. K. and Clementson, J. J.(1992), An Alternative Science Fair, in Science and Children, Oct., pp.22-24.
46. Rumelhart, D. E and Norman, D. A.(1981), Cognitive skills and their acquisition, J. R. Anderson(ed.), Lawrence Erlbaum Associates.

---

(1998년 5월 30일 접수)