

창의적 문제해결력 신장을 위한 초등과학교육과정 개발 및 적용¹⁾

조연순 · 성진숙 · 채제숙 · 구성혜
(이화여자대학교 · 이대부속초등학교)

Development and Application of Elementary Science Curriculum to Enhance Creative Problem Solving Abilities

Cho, Younsoon · Seong, Jin-Sook · Chae, Je-Sook · Koo, Seong-Hye
(Ewha Womans' University · Ewha University Elementary School)

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop and implement an alternative elementary science curriculum to enhance creative problem solving abilities. The curriculum consisting of three main elements was developed. The three elements are content knowledge, process knowledge and creative thinking skills. The curriculum was validated by more than 10 science educators, scientists, and curriculum specialists.

In order to implement the curriculum, three lessons for 5th grade were developed and taught by a problem-based-learning(PBL) method in an experimental group during the second semester. For the comparison group the ordinary lesson based on the 6th national science curriculum was taught by the same science teacher during the same period.

Performance assessment was developed and used for the pre and post test. Two-way ANOVA, and T-test were used to check whether there are any significant differences between the gains of scores(pre-post test) of the two groups.

The results of the test showed that the experimental group increased significantly in the total creative thinking problem solving skills, but the comparison group did not.

Key words : Creative Problem Solving, Elementary Science Curriculum

I. 서 론

과학 교과의 주목적은 “자연현상에 대한 흥미와 호기심을 가지고, 기본적인 탐구 방법과 지식을 습득하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 길러주

는 것”이라고 할 수 있으며(한국교육개발원, 1997), 우리나라에서도 제 6차 교육과정부터는 과학교육의 기본 목표로 창의적인 문제해결력이 강조되고 있다. 그러나 한국교육과정평가원이 발표한 ‘수학·과학 성취도 국제비교 반복연구 결과’에 따르면 1995년 당

* 2000년 3월 13일 받음.

1) 이 논문은 1998년도 한국학술진흥재단 대학부설 우수연구소 연구비 지원에 의하여 이루어짐.

시 중 2년생에 비해 99년 중 2년생은 수학적성은 좋아졌지만, 과학 성적은 뒤진 것으로 드러났다. 특히 과학의 경우 생물과 과학본성(실험설계, 과학적 측정, 자료의 해석) 영역에서 95년에 비해 99년의 성취도가 크게 하락했고, 기본지식과 종합적인 탐구 능력을 요하는 복합 문제 해결의 성적이 크게 뒤떨어지는 것으로 나타났다(2000년 1월 19일자 중앙일보). 이는 과학의 기본 지식과 탐구과정기술을 활용하여 복잡한 문제를 해결하는 창의성 및 창의적인 문제해결능력이 부족한 것으로 해석될 수 있을 것이다. 이에 대해, 교육계에서는 탐구와 창의적인 문제해결능력을 키우는 획기적인 교육방법 개선책이 마련되어야 한다는 주장을 제기하였다. 그러나 우리 나라와 같은 획일적인 교육과정 운영체제하에서 교육과정의 지대한 영향력을 생각할 때, 교육방법의 개선에 앞서 먼저 교육과정 구성 및 개발에 더 근본적인 관심을 기울여야 할 것이다.

‘창의성’, ‘문제해결’, ‘창의적 문제해결’은 흔히 명확한 구분이 없이 사용되기도 한다. 최근의 창의성 이론들은 창의적인 사고 과정을 문제해결의 한 형태로서 개념화한다(Mumford & Gustafson, 1988; Sternberg & Lubart, 1996; Weisberg, 1993). Csikszentmihalyi와 Getzels (1988)에 의하면, ‘문제해결’은 나중에 ‘창의성’이 평가될 수 있는 산출물을 생성하는 창의적 활동의 생산적인 측면이며, Mumford와 Gustafson(in press)은 ‘창의적 사고’를 새로운 아이디어와 접근을 추구하는데 있어, 주어진 것과 이미 알려진 것을 능동적, 의식적, 목적지향적으로 조작(manipulation)하는 ‘문제해결’의 한 형태로서 정의한다(Scott, 1996, 재인용). 결국 문제해결과 정에서는 창의적인 요소가 포함되며, 창의적 사고 과정에는 문제해결단계가 포함이 됨을 알 수 있다.

과학에서 ‘창의적인 문제해결’이란 “과학의 기본 지식과 탐구과정기술을 기반으로 하여 문제에 대한 적절하고 새로운 해결방법을 발견하는 것”인데, 이러한 문제해결 과정에서는 과학적 창의성이 요구된다. 이렇게 과학 및 과학 교육에서 창의성의 중요성이 인식됨에 따라 ‘과학적 창의성’에 대한 연구가 외국에서는 활발히 이루어져 왔다. Dunbar(1999)는 연구

방법론에 따라 과학적 창의성에 대한 연구를 크게 세 가지로 구분하고 있다. 즉, 중요한 과학적 발견을 했던 역사적 인물(예: 아인슈타인, 코페르니쿠스)에 관한 연구, 실험실과 같은 자연스러운 장면에서 연구활동을 하고 있는 현재 살아있는 과학자들의 사고 과정을 분석한 연구, 그리고 과학자들의 과학적 창의성을 방해하는 추론전략 및 새로운 과학적 발견의 기초가 되는 구체적인 정신과정을 밝히기 위한 실험연구가 그것이다. 과학적 창의성에 대한 여러 연구 결과에 의하면, 특정 형태의 문제해결 전략 및 휴리스틱스의 이용, 유추와 심상의 이용, 분담된 추론(distributed reasoning)²⁾, 그리고 예기치 않았던 발견을 다루는 방법 등이 과학적 발견에서 중요한 요소로 작용하였다고 밝히고 있다. 과학적 창의성에 대한 이러한 설명은 주로 과학적 발견을 가능하게 하는 인지과정을 밝히는 연구들로, 다양한 요인들 즉, 인지적, 사회적 성격특성 및 동기적 요인의 결합에 의한 설명은 이루어지지 못하고 있다.

한편, ‘과학에서의 창의성 교육에 관한 연구’를 살펴보면, Adolf(1982)는 가설설정, 실험설계, 관찰 및 자료 수집 기술, 결과 해석, 그리고 결론 도출과 같은 과학적 방법을 통해서 학생들의 창의적인 사고를 촉진시킬 수 있다고 제안하였고, 장경혜(1994)는 탐구 학습 중심의 과학 교육이 유아의 창의성과 문제해결력 향상에 효과가 있음을 밝혔다. 한편, 강호감과 조병희(1991, 1992)는 우뇌중심 자연과 수업 및 좌우반구의 인지특성을 고려한 자연과 교수전략이 창의성 증진에 효과적이라는 경험적인 연구를 실시하였다. 그러나 위와 같은 교수방법만의 변화로 인하여 과학에서의 창의적 문제해결력을 근본적이고 지속적으로 향상시킬 수 있을지는 의문이다.

심리학 분야의 창의성 연구에서는 인지적 능력(Basadul & Thompson, 1986; Guilford, 1967; Kershner & Ledger, 1985; Mednick, 1962; Quinn, 1980; Suler & Aizziello, 1987)이나 성격 특성(Amabile, 1983; Barron, 1969; Gough, 1979; Mackinnon, 1970; Roe, 1953)과 같은 비교적 고정적인 특성이나 기질을 가지고 창의성을 설명하거나 개인의 창의적인 행동에 영향을 미치는 환경

2) 한 사람에 의한 추론보다 다른 사람들과 함께 역할 분담을 한 추론이 다양한 관점에서 문제를 보고, 문제에 대한 더 많은 표상들을 생성케 함으로써 창의적 추론을 가능케 함.

적 요소(Amabile, 1983; Simonton, 1984, 1988)에 의해서 주로 창의성을 설명해왔다(Woodman & Schoenfeldt, 1990). 그러나 창의성에 대한 최근의 이론과 연구들은 창의적인 과정이 여러 가지 요소로 이루어져 있다는데 동의한다(Amabile, 1983; Mumford & Gustafson, 1988; Urban, 1995). 다시 말해서, 창의성이 발현되기 위해서는 기존 연구에서 강조되었던 여러 가지 요소들이 함께 결합되어야 한다고 주장한다(Amabile, 1983; Csikszentmihalyi, 1988; Gruber & Davis, 1988; Sternberg & Lubart, 1990; Urban, 1995; Woodman & Schoenfeldt, 1990).

창의성에 대한 이러한 최근의 요소적 접근들에서 공통적으로 강조되는 요소는 인지적 능력(예: 확산적 사고와 비판적 사고), 특정 영역의 지식, 성격적 특성, 동기, 환경적 요소이다. 확산적 사고와 비판적 사고와 같은 창의성 관련 사고 기능 외에도 최근에는 특정 영역의 지식기반의 중요성이 특히 강조되고 있다(Amabile, 1983; Campbell, 1960; Guilford, 1959; Simonton, 1990; Wallas, 1926; Weisberg, 1986). '특정영역의 지식 기반'은 명제적 지식과 절차적 지식으로 개념화될 수 있다. '명제적 지식'은 사실과 개념 등을 포함하며, '절차적 지식'이란 명제적 지식을 획득하는데 필요한 방법적 지식을 의미한다. 요즘 여러 학자들은 창의적인 문제해결을 위해서 명제적 지식과 절차적 지식이 모두 중요하다는데 동의하고 있다.

이와 같은 최근의 창의성 이론들에 따르면, 기존의 창의성 연구에서 강조되어 왔던 확산적 사고 및 비판적 사고와 같은 창의적인 사고 기능이 특수 영역의 지식 기반인 명제적 지식 및 절차적 지식과 결합될 때 창의적인 문제해결이 비로서 가능해진다는 가정을 세울 수 있다. 이러한 이론적 가정을 기초로 하여 본 연구에서는 창의성 연구에서 제시하는 여러 가지 요인들 중에서 교과 특수 요인인 '과학영역의 지식과 기능기반'과 인지적 능력 요인인 '확산적 사고와 비판적 사고'를 구성요소로 하여 창의적 문제해결력을 신장시키기 위한 과학교육과정을 개발, 초등학교 수업 현장에 적용하여 그 효과를 검증하고자 한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용 및 절차

본 연구에서는 '특정영역의 지식과 기능' 그리고 '확산적 사고와 비판적 사고'를 내용요소로 하는 초등학교교육과정을 개발하고 그 중 일부 단원을 학교 현장에 적용 실시하여 과학에서의 창의적 문제해결력이 신장되었는지 그 효과를 검증(檢證)하였다.

교육과정은 초등학교 3학년부터 6학년에 이르기까지 전학년을 대상으로 개발하였으나, 수업적용은 5학년 2학기에서 '산성비가 내린다', '미래의 우주개발', '인간과 로봇'의 세 단원을 시도하였다.

각 단원은 각각 14, 18, 18 차시에 걸쳐 이루어졌으며 총 수업기간은 5학년 2학기 과학시간 전체, 총 50 차시 동안 실시하였다.

2 연구 대상

연구 대상 학급은 서울시내 사립초등학교 5학년의 4학급 중 다른 연구로부터 영향을 받지 않는 두 학급을 선정, 각각 실험반과 비교반으로 배정하였다. 한 학급당 학생수는 각각 35명씩이다.

실험대상학교에서는 과학 교과 전담교사가 있어서 같은 교사가 실험반과 비교반을 모두 수업할 수 있는 장점을 갖고 있었다.

3. 교육과정개발

본 연구에서는 '창의적 문제해결'이란 '일반적 영역의 지식과 기능기반, 동기적 요인, 특정영역의 지식과 기능기반을 토대로 확산적 사고와 비판적 사고가 역동적으로 상호작용하여 새로운 산출물 혹은 해결책을 만들어 가는 사고과정'이라고 개념정의를 하였다. 또한 과학 교육과정에서의 '특정영역과 기능기반'은 과학의 '내용지식'과 '탐구과정'으로 구분하고, 확산적 사고와 비판적 사고는 '창의적 사고기능'으로 하여 위의 세 가지 요소들이 교육과정의 내용요소로서

Table 1. Frame of Science Curriculum for Creative Problem Solving (for grade 3-6)
 - Integration of Content Knowledge, Process Knowledge & Creative Thinking Skills-

Content Knowledge		Process Knowledge	Creative Thinking Skills
Physical Science	Life Science	Earth Science	Inquiry process
Unifying Concepts		Divergent Thinking	Critical Thinking
Unifying Skills		Unifying Skills	
<p>1 Matter and energy can be changed but not created or destroyed.</p> <p>2 Matter exists and can be changed in three states. (solid, liquid and gas)</p> <p>3 Forces act on object and can affect the motion of object.</p> <p>4 Energy can be transferred from one form to another.</p> <p>5 All matters have unique properties.</p> <p>6 The motion of an object can be described by its position, direction of motion and speed.</p>	<p>1 Living things in ecosystem adapt themselves to environments in many ways.</p> <p>2 The details of the life cycles are different for different organisms.</p> <p>3 All living things interact with their environments.</p> <p>4 All living things have different structures which serve different functions.</p> <p>5 Reproduction is a characteristic of all living systems.</p>	<p>1 The earth, within its universe, is constantly changing.</p> <p>2 Earth materials are solid rocks and soils, liquid water, and the gases of the atmosphere.</p> <p>3 Forces arising from heat flow in the earth cause the crustal deformation and the change of earth surface.</p> <p>4 Changes in the atmosphere affect and are affected by changes in the earth surface.</p> <p>5 The earth is a part of the solar system and universe which keep changing.</p>	<p>1 Think flexibly from multiple perspectives and solve problem in new and unique ways.</p> <p>2 Solve problems by using scientific inquiry process skills.</p> <p>3 Infer predict, and communicate based on scientific knowledge and informations.</p> <p>4 Identify variables, construct hypotheses, collect and process the data for experiments.</p> <p>5 Construct hypotheses, design experiments, gather and proceed data to solve problems.</p>
<p>Structure</p> <p>Change</p> <p>Interaction</p> <p>Energy</p> <p>Interaction</p> <p>Stability</p> <p>Structure</p> <p>Energy</p> <p>Change</p> <p>Interaction</p> <p>Structure</p> <p>Change</p> <p>Interaction</p> <p>Stability</p>	<p>Grade - Level Concepts</p> <p>Living things grow up and have life cycle.</p> <p>The details of the life cycles are different for different organisms.</p> <p>All living things interact with their environments.</p> <p>All living things have different structures which serve different functions.</p> <p>Reproduction is a characteristic of all living systems.</p>	<p>Grade - Level Skills</p> <p>Define problems from multiple perspectives and find new solutions for the problems based on science knowledge.</p> <p>Assess appropriateness and reasonableness of defined problem, gathered information, and generated solutions.</p> <p>Solve the problem in unique methods by gathering informations from new view points.</p>	<p>Clarify problems based on logical and analytic thinking.</p> <p>Solve problem in new and elaborate solutions by assessing the reasonableness.</p>

로 융합되도록 교육과정을 개발하였다.

그 전체적인 체계와 내용은 Table 1과 같다. 앞에서 창의적 문제해결의 개념정의에서 언급했던 '일반적 영역의 지식과 기능기반'은 학습자가 일반적으로 준비되어 있는 상태로 간주하여 교육과정 구성요소에서 제외하였고, '동기적 요인'은 수업시간에서 생활 관련문제를 제시하여 학습자의 동기와 탐구의욕을 유지시키도록 하는 태도의 요소로 다루었다(부록 A 참조).

1) 내용지식의 구성

기본적으로 과학의 내용지식은 우리 나라의 6차와 7차 초등과학교육과정(교육부, 1992, 1997)과 미국의 National Science Education Standards(National Academy Press, 1994), 캘리포니아주의 Science Framework(California Department of Education, 1990)등을 참고로 하였다. 그러나 창의적 문제해결력을 기르기 위해서는 해당분야에 관한 좀 더 깊이 있는 이해가 필요하다는 전제하에 Bruner(1960)가 말하는 교과 심층구조(deep structure)를 파악할 수 있도록 하기 위하여 미국 캘리포니아주에서 사용하고 있는 과학 교과에서의 6가지 개념적 주제(conceptual theme)중에서 5가지 주제를 선정하여 그것을 기반으로 3학년부서의 과학 교과 내용지식을

새롭게 구성하였다.

5가지 주제는 '구조', '에너지', '변화', '상호작용', '안정성'이며, 이 주제들은 무의미해질 가능성이 있는 단편적인 지식들을 연결하여 포괄적인 이해를 도와준다. 그렇게 함으로써 학습자가 새로운 사실이나 지식을 기본지식의 구조 속에서 잘 흡수하도록 할뿐만 아니라 새로운 지식도 창출하도록 하는 역할을 한다. 뿐만 아니라 주제를 통하여 과학의 세 가지 영역간의 연결과 학년간의 연계성도 잘 이루어질 수 있도록 하였다.

Table 1은 총괄개념(unifying concepts)과 각 학년별로 달성할 개념(grade-level concepts)을 제시하고 있는데, 각 학년 개념은 다시 하위개념으로 세분화된다. 지구과학영역의 하위개념의 예를 제시하여 보면 Table 2와 같다.

2) 과정지식의 구성

Table 1을 보면 일반적으로 교육과정의 조직요소로 취급되어졌던 탐구과정 영역이 본 교육과정에서는 교육과정의 구성요소로서 '과정기술'이 아니라 '과정지식'으로 다루어짐을 알 수 있다. 이는 '탐구과정'을 '내용지식'과 동등하게 가르쳐야 할 지식으로 강조하기 위함이다. 탐구과정은 '절차적 지식'으로서 어떻게 하는 방법에 관해 아는 것이지만 그것도 역시 가

Table 2. Example of subconcepts of Earth Science area(for 6th grade)

Grade	Theme	Grade-level concepts	sub concepts
6	Structure	The earth is a part of the solar system and the universe which keep changing.	* The Earth is the third planet from the sun in a system that includes the moon, the sun, and eight other planets(Structure).
	Change		* Most objects in the solar system move regularly in predictable patterns. These movements cause the changes of day and night, seasons, phases of the moon and eclipses(Structure, Interaction, Stability).
	Interaction		* Movements of the planets in the solar system are caused by the gravity(Interactions).
	Stability		* The change of the seasons is due to the tilt of the Earth's rotation axis(Change, Energy, Interaction).

르쳐져야 할 대상이므로 교육과정 구성에서 '명제적 지식'과 동등하게 하나의 내용요소로 다루어져야 할 필요성을 느꼈기 때문이다.

우리 나라의 6차와 7차 초등과학교육과정에서 다루는 탐구과정(교육부,1992,1997)과 Neuman(1993), Rezba와 그의 동료들(1995), Martin(1997), Howe와 Jones(1993) 등의 다양한 자료들을 참고하여 기본적 과정지식으로서의 관찰, 분류, 측정, 의사소통, 추론과 예측을, 통합적 과정지식으로는 가설설정, 실험설계, 실험수행, 자료수집 및 처리를 선정하였다. 이들을 학년별로 연계를 갖고 새롭게 추가해 가면서 가르칠 수 있도록 구성하였다.

3) 창의적 사고 기능

본 연구에서는 창의적 사고는 확산적 사고뿐만 아니라 비판적 사고도 작용함으로써 가능하다고 보아 Guilford(1950)와 Torrance(1961) 등을 참고로 하여, 확산적 사고의 구성요소로는 유창성, 융통성, 독창성을, 비판적 사고에서는 적절성, 신뢰성, 정교성을 그 구성요소로 포함시켰다.

또한 Dewey(1910), Wallas(1926), Polya(1957), Rossman(1931), Osborn(1953), Simon(1980), Bransford와 Stein의 IDEAL(1984), Rubenstein(1975), Feldhusen & Treffinger(1977) 등이 제시한 여러 가지 문제해결과정들을 토대로 하여 '문제확인 및 정의', '가설설정(문제해결 전략의 수립)', '정보의 수집 및 선택', '문제해결 방안 구안' 및 '해결방법 정교화'의 5가지를 과학적 문제해결 과정으로 선정하였으며, 각 단계에서 확산적 사고와 비판적 사고의 요소들이 작용하도록 구성하였다. 3, 4학년과 5, 6학년은 문제해결과정에서의 전문성 수준에서 약간의 차별화를 하였다.

4) 교육과정 내용구성의 타당화

위의 교육과정 내용개발을 위해서는 교육과정 전문가와 초등교육 및 과학교육 전공자가 참여하였으며, 연구 참여자 외에도 물리, 화학, 생물, 각 영역의 과학 내용전문가 및 과학교육전문가(각 영역별로 2인)들과 내용의 타당성을 협의하여 여러 차례에 걸쳐 수정작업을 하였다. 그런 다음에 한 학기에 걸친 예비 수업

실시 후에 다시 수정을 하여 또 다시 과학교육전공자(각 영역별로 2인)와 교육과정 전공자 2인에게 검토를 받아 지적한 점들을 반영하여 총 13차에 걸쳐 내용수정을 하였다.(교육과정의 세부내용은 조연순 외, 1998, 2000 참조)

4. 단원개발 및 수업

6차 교육과정의 5학년 2학기 단원인 '산과 염기의 성질', '몸의 운동과 성장', '우주 속의 지구' 단원의 내용을 주제(theme)와 탐구과정지식, 창의적 기능요소를 고려하여 구성하고 예비수업을 한 학기동안 실시해 보았다. 그러나 창의적 문제해결력 신장을 위해서는 포괄적 개념의 내용지식과 과학의 과정지식, 구체적인 문제해결과정의 학습이 이루어져야 할 필요성을 느끼게 되었다. 따라서 교육과정의 내용지식을 좀 더 포괄적인 개념으로 수정하고 문제해결 중심으로 세 단원을 (단원명: '산성비가 내린다', '인간과 로봇', '미래의 우주개발') 개발하여 한 학기에 걸쳐서 수업을 다시 실시하였다.

표 1을 보면 '산성비' 단원은 물상과학영역의 5학년 개념인 "모든 물질은 종류에 따라 고유한 특성을 가진다"에 해당되며, 산성과 염기성은 입자의 구성이 다르므로 성질이 달라진다는 물질의 '구조'와 '변화'라는 주제를 중심으로 그 내용을 다루었다. '인간과 로봇' 단원은 표 1을 보면 생명과학영역의 5학년 개념인 "모든 생물은 각기 다른 기능을 하는 구조를 가지고 있다"에 해당되며, '우주개발' 단원은 매우 광범위한 단원으로서 지구과학영역의 6학년 개념인 "지구는 변화하는 태양계, 우주의 일부분이다"의 모든 하위개념과 '구조', '변화', '상호작용', '안정성', '에너지'의 모든 주제가 다 다루어진다. 우주 단원은 현행 교육과정에는 5학년에 포함되어 있어서 5학년 2학기에 가르쳤으나 본 연구에서 개발한 교육과정에서는 6학년으로 배치하였다.

수업 방법으로는 문제의 상황을 먼저 제시하고 문제를 발견, 정의하는 활동에서부터 출발하여 문제를 해결하기 위해 필요한 기초지식, 탐구과정지식을 획득하고, 구체적으로 문제해결의 방안을 구안하는 '문

제중심학습(Problem-based-Learning: ASCD, 1997)' 방법을 사용하였다. 창의적인 문제해결력을 기르기 위해서 특정공식이나 법칙만으로는 해결할 수 없으며, 하나 이상의 해결방법이 있는 비구조화된 문제(ill-structured problem)를 연구자들의 협의(brainstorming)과정을 거쳐 구안해냈다(구체적인 단원구성은 부록 A 참조).

우주 단원을 위해 필요했던 시간은 '문제 발견 및 정의 단계'와 '정보수집 순서 정하기'에 2차시, '정보수집'에 10차시, '가설설정'을 포함하여 '다양한 해결책 찾기'에 6차시로 총 18차시 6주간이 소요되었다. 세 단원 전체의 수업을 위해서는 2학기 전체 총 16주간에 걸쳐 50차시가 소요되었다.

비교 집단에서는 6차 교육과정의 5학년 2학기 '산과 염기의 성질', '몸의 운동과 성장', '우주 속의 지구' 단원을 교육과정에 제시된 대로 실시하였다. 수업 방법은 관찰, 분류, 예상, 가설설정, 변인통제, 실험, 조사, 발표 등의 탐구활동을 통해 기초지식을 습득하는 일반적인 과학 교수 학습 절차를 따랐다. 비교 집단의 총 수업시간도 50차시 16주간으로 실험집단과 같았다.

5. 검사도구 (창의적 문제해결력 검사)

본 연구에서 필요한 검사는 과학의 내용지식과 과정지식들을 활용한 창의적 문제해결력 검사이므로 일반적인 창의적 사고검사와는 구별되며, 일반적인 과학의 성취도 검사와도 그 성격이 다르다. 따라서 수행평가의 형태로 문항을 개발하였다.

과학의 문제해결 과제를 '문제의 발견 및 정의', '가설설정 및 변인조절', '문제해결방안구안'을 요구하는 세 가지 유형으로 나누어서 각 유형별로 사전·사후 검사 문항을 각각 1개씩 만들었다. 따라서 전체 사전검사 3문항, 사후검사 3문항이다(부록 B참조). 각 문항은 과학의 내용지식과 과정지식 그리고 창의적 사고의 하위요소들을 활용하여서 문제해결 단계에 따른 과제를 해결하도록 구성하였다. 예를 들어, 우주개발 단원의 문제(부록 B의 3번문항 참조)에서는 우주에 관련된 내용지식과 추론, 예측, 의사소통을 포함하

는 과정지식, 독창적이고 다양한 확산적 사고요소, 그리고 구체적이고 적절한 비판적 사고의 요소들을 활용하도록 요구한다. 문제해결을 위해 필요한 기초 자료와 정보는 제시해 주었다. 각 검사문항이 창의적 문제해결력 측정을 위한 요소들을 포함하고 있는지 과학교육 전문가와 창의성교육 전문가, 심리측정 전문가, 수행평가 전문가, 과학교사 등 10인 이상에게 안면타당도를 검증 받아 수정한 다음 실험반과 비교반이 아닌 5학년 아동 10명 이상에게 예비 실시하여 수정하였다. 그런 다음 실험반과 비교반에 실시할 때 세 문제를 동시에 실시하기에는 너무 긴 시간이 소요되므로(한문제당 30분정도) 각 문제를 각 단원의 시작전과 후에 각각 실시하였다. 즉 '문제의 발견 및 정의'를 요하는 사전·사후 문제는 '산성비' 단원의 실시전과 후에, '가설설정 및 변인조절'을 요하는 문제는 '인간과 로봇' 단원의 실시전과 후에, 그리고 '문제해결 방안 구안'을 요하는 문제는 '우주개발' 단원의 전과 후로 각각 나누어서 실시하였다.

6. 분석 방법

1) 창의적 문제해결력 검사 분석

본 연구에서 개발 사용한 창의적 문제해결력 검사 도구는 정답과 오답으로 구별하거나 정답의 숫자로 학습자의 능력을 평가하기에는 적절하지 않은 수행평가이므로 각 검사문항별로 요구하는 요소들을 얼마나 잘 반영하고 있는지 채점의 기준표를 만들어서 채점자 3인 사이에 각 문항에 대한 채점의 일치도가 .97이 될 때까지 채점자간의 평가 관점을 조절하였다. 그런 다음 각 문항별로 세 사람이 각각 채점하여 그 평균점수로 각 개인의 점수를 결정하는 방식을 취하였다. 채점결과 사전검사 3문항, 사후검사 3문항에 대한 세 명의 채점자간 일치도는 .92~.97로서 채점의 신뢰도가 매우 높다고 할 수 있다.

각 문항의 수준은 6수준으로 나누어지며 무응답은 0점, 수준 1은 1점으로 시작하여 최고수준은 6수준, 6점으로 배점하였다. 1번 문항인 '문제발견 및 정의' 단계의 채점 기준의 예는 Table 3과 같다.

2) 실험집단과 비교집단간의 차이검증

창의적 문제해결력에 있어서 실험집단과 비교집단 간의 차이를 알아보기 위하여 이원변량분석(혼합설계)과 T검증을 실시하였다. 모든 통계분석은 SAS 통계 패키지를 사용하였다.

보였다. 이것은 각 검사문항이 다양한 요소를 포함하는 복합적인 사고력을 요하는 문제이므로 초등학생들에게 다소 어려웠기 때문이라고 판단된다. 그러나 실험집단의 평균은 사전검사 8.07에서 사후검사 10.96으로 2.90점이 향상되었고 비교집단의 평균은 6.78에서 7.15로 0.37점 향상됨으로써 사전·사후 검사에서 두 집단간에 차이를 보였다. 각 문항별로도 같은 경향을 보였다

Ⅲ. 연구결과 및 해석

1. 창의적 문제해결력에 관한 사전·사후 검사의 평균치 비교

사전검사 3문항, 사후검사 3문항에 대한 실험집단과 비교집단의 평균과 표준편차, 최소값과 최대값은 Table 4와 같다. 각 문항의 점수는 0점에서 6점 사이이며, 세 문항의 총점은 18점 만점인 것에 비추어 볼 때 실험집단과 비교집단의 평균이 모두 낮은 경향을

2. 창의적 문제해결력 전체에 관한 효과검증

창의적 문제해결력 검사에서 실험집단과 통제집단 간의 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 이원변량분석(혼합설계)을 시행하였다. 이원변량분석(혼합설계)을 사용한 이유는 피험자내 변인과 피험자간 변인간의 상호작용 효과가 있는지를 확인하기 위

Table 3. Assessment rubric for 'designing solutions for problem'

Levels (point)	Performance Criteria
level 6 (6 point)	For designing solutions for problem : · consider enough reliable scientific knowledge (content knowledge) · infer and guess logically (process knowledge) · suggest unique methods of problem solving (divergent thinking skills) · explain in detail and communicate effectively (critical thinking skills)
level 5 (5 point)	Lacks one element among the above conditions : For example, satisfies all of the above elements, but consider only a few reliable scientific knowledge.
level 4 (4 point)	Lacks two elements : For instance, satisfies all the above elements, but consider a few reliable scientific knowledge and lacks of logic in inferring and guessing.
level 3 (3 point)	Lacks three elements : For in stance, consider one or two scientific knowledge, lacks of logic in inferring and guessing, and lacks of specificity in explaining.
level 2 (2 point)	Lacks all elements : For instance, consider few scientific knowledge, does not show evidences of inferring and guessing, not specific and reliable in explanation, and does not suggest unique methods.
level 1 (1 point)	No evidence of all elements.
level 0 (0 point)	No response at all.

Table 4. Comparison between pre and post-test results of experimental and comparison groups.

◆ Experimental Group				
Variables	M	SD	Min.	Max.
Prob. #1 (pre)	2.94	1.33	0	5.33
(post)	4.14	1.00	2.00	6.00
Prob. #2 (pre)	2.83	1.05	1.00	5.00
(post)	4.08	1.32	1.00	6.00
Prob. #3 (pre)	2.29	1.13	0	5.00
(post)	3.50	1.17	1.00	6.00
Total (pre)	8.07	2.75	3.00	13.66
(post)	10.96	2.90	5.00	13.66
(N = 35)				
◆ Comparison Group				
Prob. #1 (pre)	1.80	1.37	0	4.00
(post)	2.30	1.37	0	4.33
Prob. #2 (pre)	2.70	1.11	0	5.00
(post)	2.86	1.01	0	4.33
Prob. #1 (pre)	2.27	0.91	1.00	4.33
(post)	2.55	1.43	0	6.00
Total (pre)	6.78	2.67	3.00	12.3
(post)	7.15	2.67	2.00	13.66
(N = 35)				

해서이다. 피험자내 변인은 창의적 문제해결력 검사의 종류 즉, 사전·사후 검사 점수였으며, 피험자간 변인은 프로그램 처치의 유무, 즉 실험집단과 비교집단이였다. 분석결과는 Table 5와 같다.

Table 5의 분석결과를 보면 집단과 검사의 주효과도 유의미 하지만 본 실험에서 관심을 갖고 있는 창의적 문제해결력 전체 검사와 집단간의 상호작용 효과

가 유의미하게 나타났다. 즉 사전검사와 사후검사 간 평균의 차이가 두 집단간에 비슷한 양상으로 나타나지 않았다는 것이다. 이는 다음과 같은 그림을 통해서도 확인할 수 있다.

Fig 1을 보면 사전검사와 사후검사 사이의 점수 차이가 실험집단에서 더 크게 나타났다. 실험집단에서는 통제집단에 비해 어떻게 다른 양상을 보이는지를

Table 5. Results of two-way ANOVA for total creative problem solving test.

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Group	1	228.01	228.01	21.63	0.0001
Error(bet.)	68	716.95	10.54		
Test(total)	1	92.82	92.82	21.15	0.0001
T * G	1	55.31	55.31	12.60	0.0007
Error(wit.)	68	298.41	4.38		
(N = 35)					

Table 6. Results of T-test for difference between pre & post scores of total creative problem solving test.

Group	N	D	SD	T	Prob> T
Exp.	32	2.88	0.55	5.21	0.0001
Comp.	31	0.37	0.44	0.84	0.4067

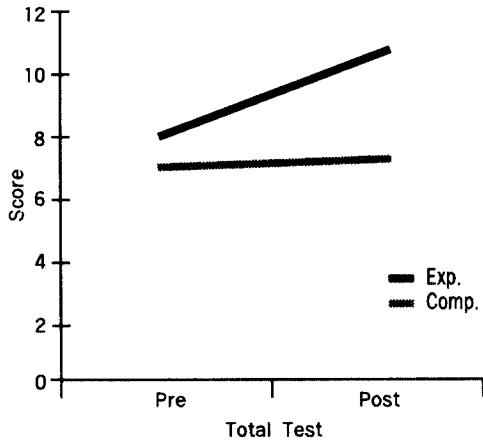


Fig 1. Comparison between pre & post test scores of two groups on the total creative problem solving test.

알아보기 위해서 상호작용 효과에 대한 사후검증을 실시하였다. 즉 사전검사와 사후검사간 평균의 차이가 유의미한가를 알아보기 위하여 각 집단별로 각각 T검증을 한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6을 보면 T검증 결과, 실험집단에서는 사전검사와 사후검사간 평균차이가 통계적으로 유의미하였으나 통제집단에서는 사전검사와 사후검사간 평균 차이가 유의미하지 않았다. 즉 실험집단에서는 수업

실시 후 창의적 문제해결력이 증진되었으나 비교집단에서는 별로 증진되지 못하였다.

3. 문제발견 및 정의에 관한 효과검증

문제해결의 단계별로 효과검증을 하기 위하여 문항별로 통계적 분석을 실시하였다. 첫 번째 단계인 '문제해결 및 정의' 능력에 대한 교육과정의 효과검증을 위해 1번 문제를 분리하여 이원변량분석한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7을 보면 집단과 문제 각각의 주효과도 유의미 하지만 집단과 문제 사이의 상호작용 효과가 유의미하게 나타났다. 이를 그림으로 나타내 보면 Fig. 2와 같다.

Fig 2를 보면 사전검사와 사후검사간 평균의 차이가 실험집단과 통제집단에서 비슷한 양상으로 나타나지 않았다. 따라서 두 집단간에 어떻게 다른 양상을 보이는지를 알아보기 위해서 상호작용 효과에 대한 사후검증을 T-test로 실시해본 결과는 Table 8과 같다.

T검증 결과, 실험집단에서는 사전검사와 사후검사간 평균차이가 유의미하였으나, 비교집단에서는 유의미하지 않았다. 즉, 문제를 발견하고 진술하는 구체적 인 능력이 실험집단은 유의미하게 증가되었으나 비교집단은 그렇지 못했다.

Table 7. Results of ANOVA for problem finding and statement(problem #1)

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Group	1	62.38	62.38	26.48	0.0001
Error(bet.)	61	143.71	2.35		
Problem #1	1	19.22	19.22	31.79	0.0001
P * G	1	6.02	6.02	9.96	0.0025
Error(wit.)	61	36.89	0.60		

Table 8. Results of T-test for problem #1.

Group	N	D	SD	T	Prob> T
Exp.	32	1.21	0.17	6.99	0.0001
Comp.	31	0.33	0.22	1.58	0.1228

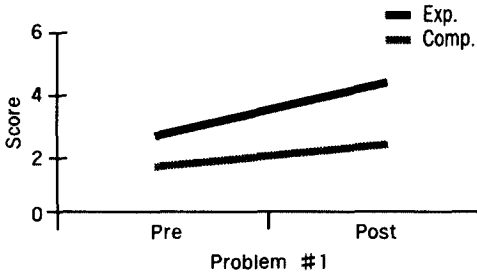


Fig 2. Comparison between pre & post test scores of two groups on problem #1.

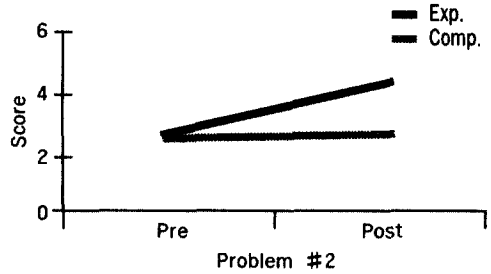


Fig 3. Comparison between pre & post test scores of two groups on problem #2.

4. 가설설정 및 변인조절에 관한 효과검증

문제해결의 두 번째 단계인 '가설설정과 변인조절'에 대한 효과검증을 위해 실험집단과 비교집단의 2번 문제에 대한 사전·사후검사 점수를 이원변량분석한 결과는 표 9와 같다.

Table 9를 보면 집단과 문제의 주효과도 유의미하지만 창의적 문제해결력 검사 2번 점수와 집단간의 상호작용 효과가 유의미하다. 이는 그림 3을 통해서 잘 알 수 있다.

Fig 3을보면 사전검사와 사후검사간 평균의 차이가 실험집단과 통제집단에서 다른 양상을 보인다. 어떻게 다른 양상을 보이는지를 알아보기 위해서 T

검증을 실시한 결과는 Table 10과 같다. T검증 결과, 실험집단에서는 사전검사와 사후검사간 평균의 차이가 통계적으로 유의미하였으나, 통제집단에서는 사전검사와 사후검사간 평균의 차이가 유의미하지 않았다. 즉 기존의 교육과정으로 수업을 했던 집단에서는 가설을 설정하고 변인을 조절하는 능력에서 거의 향상을 보이지 못하였으나 본 연구에서 개발한 교육과정을 적용한 집단에서는 유의미한 향상을 보였다.

5. 문제해결방안 구안에 관한 효과검증

문제해결의 마지막 단계인 문제해결방안 구안에 대한 효과검증을 위해 문제 3에 대한 실험집단과 비교

Table 9. Results of ANOVA for 'constructing hypotheses & controlling variables' (problem #2)

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Group	1	17.17	17.17	11.27	0.0013
Error(bet.)	66	100.58	1.52		
Problem #2	1	17.17	17.17	16.41	0.0001
P * G	1	9.00	9.00	8.60	0.0046
Error(wit.)	66	69.09	1.04		

Table 10. Results of T-test for problem #2.

Group	N	D	SD	T	Prob> T
Exp.	32	1.22	0.25	4.87	0.0001
Comp.	31	0.19	0.25	0.80	0.4293

집단의 사전·사후검사 점수를 이원변량분석한 결과는 Table 11과 같다.

Table 11을 보면 창의적 문제해결력 검사 3번 점수와 집단간의 상호작용효과가 역시 유의미하다. 즉, 사전검사와 사후검사간 평균 점수의 차이가 실험집단과 통제집단에서 비슷한 양상으로 나타나지 않았다는 것이다. 이는 Fig 4를 통해서 알 수 있다.

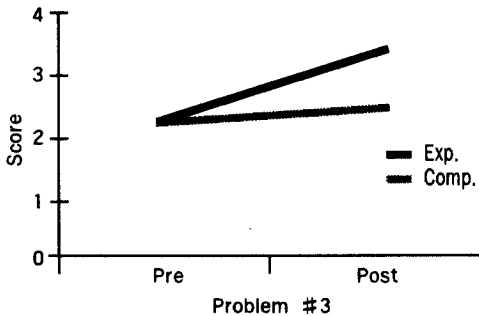


Fig 4. Comparison between pre & post test scores of two groups on problem #3.

Fig 4를 보면 사전검사와 사후검사간 평균의 차이가 실험집단과 통제집단에서 역시 다른 양상을 보였는데, 이것에 대한 T검증을 실시한 결과는 Table 12와 같다.

T검증 결과, 실험집단에서는 사전검사와 사후검사간 평균차이가 유의미하였으나 통제집단에서는 사전검사와 사후검사간 평균차이가 유의미하지 않았다. 즉 문제해결 방법을 구안하는 능력에서도 실험집단에서는 유의미한 향상이 있었으나 비교집단에서는 별 진전을 보이지 못하였다.

IV. 결론 및 제언

‘창의성’ 내지는 ‘창의적 문제해결력’ 증진은 2000년대를 살아갈 우리 인류의 지상최대의 과제라고 할 수 있다. 특히 과학에서는 새로운 발견이 과학교육에서 추구하는 최고의 목표중의 하나이다. 대부분의 창의성 관련 연구들은 심리학 분야에서는 극히 미세한 요인별로 연구가 이루어져 왔고, 과학교육 분야에

Table 11. Results of ANOVA for ‘designing solutions for problem’ (problem #3)

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Group	1	6.12	6.12	3.36	0.0718
Error(bet.)	62	113.14	1.82		
Problem #3	1	20.05	20.05	21.14	0.0001
P * G	1	8.33	8.33	8.79	0.0043
Error(win.)	62	58.82	0.94		

Table 12. Results of T-test for problem #3.

Group	N	D	SD	T	Prob> T
Exp.	32	1.30	0.21	6.11	0.0001
Comp.	31	0.28	0.27	1.03	0.3068

서는 교수법의 영향에 관한 연구가 주류를 이루어 왔다. 그러나 과학에서는 문제해결을 요하는 상황에서 과학적 지식들이 기반이 되고 과학적 사고과정을 거쳐 새로운 방법을 창출해 낼 때 창의성이 비로서 발휘되고, 이러한 일련의 과정을 가르침으로써 창의적인 문제해결력이 생성될 것이다. 즉 창의적 문제해결력이라는 것은 기초지식과 분리되어서는 발휘될 수도 길러질 수도 없기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 창의적 문제해결력을 위한 과학교육을 교수법 한가지만의 변화보다는 교육과정 전체를 새롭게 구성하여 적용하는 새로운 접근을 시도하였다.

교육과정을 개발하기 위해서는 현행 교육과정의 문제점이 무엇인가, 어떻게 지식을 구성하여야 창의적 문제해결력이 길러질 수 있을가에 대해 고심을 하였으며 3년간에 걸쳐 각 분야의 전문가들과의 수 없는 협의과정을 거쳐서 과학에서의 창의적 문제해결력을 위해 필요로 하다고 생각되는 요소들을 찾아내어 교육과정을 구성하였다. 또한 5학년 2학기의 세 단원을 초등학교에서 직접 적용해 본 결과 비교집단에 비해 실험집단에서 창의적 문제해결력 평가를 위한 사전·사후 검사에서 유의미한 점수 차이를 보임으로서 본 연구에서 개발한 교육과정이 창의적 문제해결력을 기르는데 효과적이라는 결론을 내릴 수 있게 되었다.

문제해결과정을 '문제발견 및 정의', '가설설정 및 변인조절', '문제해결방법 구안'의 세 단계로 나누어서 효과를 검증한 결과를 보면 다양하고 독창적인 사고를 가장 많이 필요로 하는 '문제해결방법 구안'의 문제에서 실험집단의 사전·사후검사간의 점수 차이가 가장 크게 벌어진 것을 보면 본 교육과정이 창의성 교육에 효과적이라는 점을 더욱 부각시켜 준다.

국가적 차원에서 이루어지는 교육과정개발 연구를 연구소 차원에서 시도하는 데는 엄청나게 큰 어려움이 많았다. 그러나 국가적 차원에서 이루어지는 교육과정개발 연구는 일반적이고 보편 타당한 것을 추구하게 되므로 특수성을 강조한 다양한 교육과정 연구가 다른 연구팀에서도 과감하게 이루어져야 할 것이라고 제안한다. 교육내용에 대한 최소한의 기준은 국가가 정해주더라도 교육과정은 지역별로 또는 학교별로 다양하게 연구되고 또한 그러한 연구에 대한 격려와 지

원이 이루어질 때, 정말로 창의적인 교육내용과 방법도 기대해 볼 수 있을 것이다.

적 요

본 연구의 목적은 창의적 문제해결력 신장을 위한 초등과학 교육과정을 개발하여 그 효과를 검증하고자 하는 것이다. 창의적 문제해결력 신장을 위하여 과학의 명제적 지식인 '내용지식'과 절차적 지식인 '과정지식', 그리고 '창의적 사고기능'을 교육과정의 구성요소로 설정하였다. 과학의 내용지식은 지식의 구조파악을 용이하게 해 주기 위해 다섯 가지 핵심주제(theme)를 중심으로 하여 6차나 7차 교육과정보다 더 포괄적으로 구성하였고, 과정지식은 기초적 과정 지식과 통합적 과정지식으로 구분하여 학년별로 차별화 하였다. 또한 창의적 사고 기능의 요소는 확산적 사고와 비판적 사고로 나누어서 이를 문제해결의 단계별로 적용하도록 교육과정을 구성하였다.

이러한 세 가지 교육과정 구성요소들이 상호작용하도록 5학년 2학기의 세 단원을 구성하여 실험집단에 적용하였다. 수업방법은 문제해결중심의 방법을 사용하였다. 비교집단은 6차 교육과정의 내용을 그대로 적용하였다.

사전검사로써 창의적 문제해결력 검사를 수행평가의 형태로 제작하여 실험집단과 비교집단 각각에게 수업 전에 실시하였고, 사후검사는 사전검사와 동형의 문제를 제작하여 각 단원이 끝날 때마다 한 문제씩 실시하여 세 단원에 걸친 평가를 실시하였다. 평가 결과를 검사의 종류와 집단을 두 변인으로 하여 이원변량분석 및 T검증을 해 본 결과 실험집단의 사전·사후검사의 점수 차이는 유의미하고 비교집단의 점수차이는 유의미하지 않게 나오므로 해서 본 연구에서 개발한 초등 과학 교육과정이 창의적 문제해결력 신장을 위해 효과적이었음이 검증되었다.

참 고 문 헌

- 강호감, 조병희(1991). 우뇌중심 자연과 수업이 창의성 향상에 미치는 효과. 초등과학교육, 10(2),

- 147-157.
_____(1992). 국민학교 아동의 인지양식 분석과 창의력 계발을 위한 효율적인 교수전략에 관한 연구. 한국초등과학교육학회지, 11(2), 111-121.
- 교육부(1992). 국민학교 교육과정. 서울:교육부.
- _____(1997). 초등학교 교육과정. 서울 : 교육부.
- 장경혜(1994). 탐구학습 중심 과학 교수방법이 유아의 창의성과 문제해결력에 미치는 효과. 숙명여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 조연순, 최경희, 서예원(1998). 창의적 문제해결력 신장을 위한 과학교육과정 개발연구 I: 주제 중심의 초등과학교육과정 내용구성. 한국과학교육학회지, 18(4), 527-537
- 조연순, 최경희, 채재숙, 성진숙, 서예원(2000). 창의적 문제해결력 신장을 위한 초등과학교육과정 개발연구 II: 과학의 내용지식, 과정지식, 창의적 사고기능의 융합. 초등교육연구, 13(2), 5-29.
- 한국교육개발원(1997). 창의력 신장을 돕는 중학교 과학과 학습 평가 방법 연구. 서울 : 한국교육개발원.
- Adolf, J.(1982). *Creative thinking through science*. ED 232 785.
- Amabile, T. M.(1983). *The social psychology of creativity*. NewYork : SpringerVerlag.
- ASCD(1997). *Problem-Based Learning*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Barron, F.(1969). Creative person and creative process. NYC: Holt, Rinehart. In R. W. Woodman, & L. F. Schoenfeldt, An interactionist model of creative behavior, *The Journal of Creative Behavior*, 1990, 24(4), 279-290.
- Basadul, M. & Thompson, R.(1986). Usefulness of the ideation principle of extended effort in real world professional ad managerial creative problem solving. *Journal of Creative Behavior*, 20, 23-34.
- Bransford, J. D. & Stein, B. S.(1984). *The IDEAL problem solver: A guider for improving thinking, learning, and creativity*. New York: Freeman.
- Bruner, J. S.(1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Havard University Press.
- California Department of Education(1990). *Science framework for California public schools*. CA: California Department of Education.
- Campbell, D. T.(1960). Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review*, 67(6), 380-400.
- Csikszentmihalyi, M. (1988). Society, culture, and person: A systems view of creativity. In R. J. Sternberg(Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*. New York: Cambridge University Press.
- Csikszntmihalyi, M. & Getzels, J. W.(1988). Creativity and problem finding in art. In T. E. Scott, *The role of domain-specific knowledge in divergent thinking*. Doctoral dissertation. University of California Riverside, 1996.
- Dewey, J.(1910). *How we think*. Boston, MA: Health.
- Dunbar, K.(1999). Science. In M. A. Runco & S. R. Pritzker(Eds.), *Encyclopedia of creativity*. Vol 2. San Diego, CA: Academic Press.
- Feldhusen, J. & Treffinger, D.(1977). *Teaching creative thinking and problem solving*. Dubuque, IA: Kendall-Hunt Publinshing Co.
- Gough, H. G.(1979). A creative personality scale for the adjective checklist. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37(8),

- 1398-1405.
- Gruber, H. E. & Davis, S. N.(1988). Inching our way up Mount Olympus: The evolving systems approach to creative thinking. In R. J. Sternberg(Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*. New York: Cambridge University Press.
- Guilford, J. P.(1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.
- _____ (1959). Three faces of the intellect. *American Psychologist*, 14, 469 -479.
- _____ (1967). *The nature of human intelligence*. NYC: McGraw-Hill.
- Howe, A. C. & Jones, L.(1993). *Engaging children in science*. NY: Macmillan Publishing Company.
- Kershner, J. R. & Ledger, G.(1985). Effect of sex, intelligence, and style of thinking on creativity: A comparison of gifted and average IQ children. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 1033-1040.
- Lubart, T. I.(1994). Creativity. In R. J. Sternberg(Ed.), *Thinking and problem solving*. San diego: Academic Press.
- Mackinnon, D. W.(1970). The personality correlates of creativity: A study of American architects. In P. E. Vernon(Ed.), *Creativity*. Harmondsworth, Middlesex, England: Penguin Books.
- Martin, D. J.(1997). *Elementary science methods: A constructivist approach*. New York: Demar Publishers.
- Mednick, S. A.(1962). The Associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 69, 220-232. In R. W. Woodman & L. F. Schoenfeldt, An interactionist model of creative behavior. *The Journal of Creative Behavior*, 1990, 24(4), 279-290.
- Mumford, M. D. & Gustafson, S. B.(1988). Creativity syndrome: Integration, application, and innovation. *Psychological bulletin*, 103(10), 27-43.
- _____ (in press). Creative thought, cognition, and problem solving in dynamic systems. In T. E. Scott, The role of domain-specific knowledge in divergent thinking. Doctoral dissertation. University of California Riverside, 1996
- National Academy Press(1994). *National science education standards*. National Academy Press.
- Neuman, D. B.(1993). *Experiencing elementary science*. Belmont, CA: Wadsworth, Inc.
- Osborn, A. F.(1953). *Applied imagination*. New York: Scribner's.
- Polya, G.(1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Garden City, NY: Doubleday(Original work published 1945)
- Quinn, E.(1980). Creativity and cognitive complexity. *Social Behavior and Personality*, 8, 213-215. In R. W. Woodman & L. F. Schoenfeldt, An interactionist model of creative behavior, *The Journal of Creative Behavior*, 1990, 24(4), 279-290.
- Rezba, R. J., Sprague, C., Fiel, R. L., & Funk, H. J.(1995). *Learning and assessing science process skills*. Dubuque, LA: Kendall Hunt Publishing Co.
- Roe, A.(1953). The making of a scientist. NYC: Dodd, Mead. In R. W. Woodman & L. F. Schoenfeldt, An interactionist model of creative behavior, *The Journal of Creative Behavior*, 1990, 24(4), 279-290.
- Rossmann, J.(1931). *The psychology of the*

- inventor*. Washington, DC: Inventor's Publishing Company.
- Rubenstein, M. F.(1975). *Patterns of problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Runco, M. A. & Albert, R. S.(1990). *Theories of creativity*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Scott, T. E.(1996). *The role of domain-specific knowledge in divergent thinking*. Doctoral dissertation. University of California Riverside.
- Simon, H. A.(1980). Problem solving and education. In D. T. Tyma & R. Rief(Eds.), *Problem solving and education: Issues in teaching and research*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Simonton, D. K.(1984). Genius, creativity, and leadership: Historiometric inquires Cambridge, MA: Harvard University Press.
- In R. W. Woodman & L. F. Schoenfeldt, An interactionist model of creative behavior, *The Journal of Creative Behavior*, 1990, 24(4), 279-290.
- _____ (1988). Creativity, leadership, and chance. Edited by Sternberg, R. J. The nature of creativity: *Contemporary psychological perspectives*. New York: Cambridge University Press.
- _____ (1990). History, chemistry, psychology, and genius: An intellectual autobiography of historiometry. In M. A. Runco & R. S. Albert(Eds.), *Theories of creativity* Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I.(1990). An investment approach to creativity: Theory and data. In M. A. Runco & R. S. Albert(Eds.), *Theories of creativity*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- _____ (1996). Investing in creativity, *American Psychologist*, 51(7), 677-688.
- Suler, J. R. & Aizziello, J.(1987). Imagery and verbal processes in creativity. *Journal of Creative Behavior*, 21, 1-6.
- Torrance, E. P.(1961). *Guiding creative talent*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Urban, K. K.(1995). Creativity - A componential approach. *Post conference China meeting of the 11th world conference on gifted and talented children*. Beijing, China, August 5-8.
- Wallas, G.(1926). *The art of thought*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Weisberg, R. W.(1986). *Creativity: The myth of genius*. New York: Freeman.
- _____ (1993). *Creativity: Beyond the myth of genius*. New York: Freeman.
- Woodman, R. W. & Schoenfeldt, L. F.(1990). An interactionist model of creative behavior, *The Journal of Creative Behavior*, 24(4), 279-29

<연구논문> 창의적 문제해결력 신장을 위한 초등학교교육과정 개발 및 적용 : 조연순·성진숙·채계숙·구성혜

[부록 A] 단원구성의 예 - 미래의 우주 개발

단 원 목 표
우주관련 실생활문제상황에서 우주관련내용지식과 과정지식을 활용하여 새롭고 독창적이며 적절한 해결책을 구안한다. - 내용지식 : 광대한 우주의 구조와 우주 및 태양계를 구성하는 천체들의 변화, 상호작용에 대해 이해한다. - 과정지식 : 문제 상황과 관련된 변인을 찾아 가설을 설정하고, 필요한 자료를 수집, 처리한다. - 창의적사고기능 : 새롭고 다양한 시각으로 문제를 해결할 수 있는 적절한 방안을 찾는다. - 태 도 : 우주에 대한 호기심을 가지고, 우주 개발에 대한 적극적인 태도를 갖는다.

내 용 지 식	과 정 지 식	창 의 적 사 고 기 능
지구는 변화하는 태양계, 우주의 일부분이다. · 우주라는 공간 속에는 태양을 중심으로 하는 태양계가 있으며, 지구는 태양계의 9개의 행성 중 한 행성이다.(구조) · 태양계의 천체들은 규칙적인 운동을 하며 이러한 운동으로 밤낮의 변화, 계절의 변화, 달의 위상 변화, 월식, 일식 등과 같은 현상이 일어난다.(구조, 상호작용, 안정성) · 태양계내 행성들은 만유인력에 의해 운동한다.(상호작용) · 지구의 지축이 기운체로 자전, 공전하기 때문에 계절의 변화가 일어난다.(변화, 에너지, 상호작용)	· 의사소통 : 그래프, 차트, 지도, 상징적인 도표, 수학적인 식 등을 이용하여 다양한 방법으로 생각을 표현하고, 전달한다. · 예측 : 알고 있는 정보를 바탕으로 결과에 대해 논리적으로 예측한다. · 가설설정 : 문제상황과 관련된 독립변인과 종속변인 간의 관계를 예측하는 가설을 설정한다. · 자료수집 및 처리 : 수집된 자료를 표나 그래프 등으로 나타내고, 변인들 간의 관계에 대한 경향을 찾아 자료를 해석한다.	· 문제를 새롭게 해석하고 구조화하여 정의한다. · 새로운 시각으로 다양한 가설을 세우고, 각 가설에 따른 결과를 예측하여 가설의 적절성, 정교성을 판단한다. · 문제 해결에 필요한 정보를 다양하게 수집하고, 수집된 정보의 적절성, 신뢰성을 확인한다. · 새로운 해결방안을 산출하여 구체화한다.

창 의 적 문제해결 단	학 습 활 동 (내용지식)	과 정 지 식	창 의 적 사 고
문제발견 및 문제정의	◆ 우리가 해결해야 할 일 인류가 지구의 한 곳에서부터 모험심과 개척심을 가지고 전 세계를 향해 삶의 터전을 넓혀왔으나, 이제는 지구 뿐 아니라 우주를 향해 그 범위를 확대시켜 나가고자 한다. 특히 지구에서 생겨나는 여러 문제들 때문에 지구에서의 생활이 어려워지고, 우주 여행도 지금 보다 훨씬 자유롭고 경제적인 일이 된다면 우주의 다른 곳에서 인간이 생활할 수 있는 공간을 마련하고자 하는 희망은 더욱 커질 것이다. 여러분이 태양계의 또 다른 곳으로 이주하여 생활해야한다면, 여러분들은 어느 곳으로 가겠습니까? 그리고, 그 곳에서 인간이 생활할 수 있도록 개발 계획을 세워 봅시다. 위와 같은 문제 상황으로부터 문제를 발견·정의해 본 다음 문제의 해결을 위해 수집해야 할 정보의 내용 및 수집방법 등에 대해 토의하고 정보수집의 순서를 정한다. (우주의 구조, 태양계의 구조, 태양계 내의 천체들의 크기와 거리, 천체들의 움직임 등...)	의사소통 예측	독창성 적절성
정보수집	■ 우주는 얼마나 넓고 클까요? 우주에 관한 VTR 자료를 보고, '나→이대부속 초등학교→서대문구→서울시→대한민국→아시아→지구→태양계→은하수(우리은하)→은하단·은하군→우주'와 같이 우주 속의 나의 위치를 서술해 보는 활동을 통해 우주의 광활함과 구조에 대해 이해한다.	추론 의사소통	신뢰성

장 의 적 문 제 해 결 단 계	학 습 활 동	과 정 지 식	장 의 적 사 고
정보수집	<p>■ 우주의 모습은 어떠한가? · 우주 속의 수많은 은하들의 분포와 은하들의 거리가 멀어지는 현상을 VTR, 실물화상기를 통해 관찰하고, 우주의 팽창현상을 풍선 실험을 통하여 추리한다. · 최초의 우주에 대해 추리하고, 빅뱅 이론에 대해 논의한다.</p>	실험 추론	융통성 적절성
	<p>■ 태양계는 무엇으로 구성되어 있는가? (태양계의 구성) 은하계 속에서의 태양계의 위치를 확인해 보고, 태양계에 속한 각 천체들(수성, 금성, 지구... 소행성, 위성, 혜성, 유성...등)의 위치와 특성을 VTR, 실물 화상기 등을 사용하여 관찰·학습한다.</p>	관찰 자료 수집 및 처리론의사소통	신뢰성
	<p>■ 태양계를 이루고 있는 행성들의 크기는 어떠한가? 태양계 행성들의 크기를 지구 그리고 태양의 크기와 비교하기 위해 같은 비율로 축소하여 그려보고, 크기 순서대로 나열해 본다.</p>	자료수집 측정	신뢰성 정교성
	<p>■ 태양계 행성들의 태양으로부터의 거리는 어떠한가? · 천문학에서 거리를 표현하는 단위인 광년, 천문 단위 등에 대해 토의해 보고, 태양계 행성들의 태양으로부터의 거리를 천문 단위로 표현해 본다. · 태양에서부터 지구까지의 거리를 10cm라고 할 때, 각 행성들의 거리를 계산하여 긴 테이프 위에 그 위치를 나타내 본다.</p>	자료수집 측정	신뢰성 정교성
	<p>■ 왜 낮과 밤이 생기는가? (지구의 자전) 하루동안 태양·달·별들의 움직임을 관찰하고, 태양·달·별의 일주 운동의 원인이 지구의 자전임을 추론한다.</p>	관찰 추론 실험 설계 실험	유창성 융통성
	<p>■ 계절에 따라 별자리가 달라지는 까닭은? (지구의 공전) 계절의 다른 별자리를 조사해 보고(별자리판 사용 방법을 익히기), 계절에 따라 별자리가 달라지는 까닭을 지구의 공전과 관련지어 설명한다.</p>	관찰 추론 실험 설계 실험	유창성 융통성
정보수집	<p>■ 계절의 변화가 생기는 까닭은? 계절의 변화가 생기는 까닭을 지구의 공전과 관련지어 설명한다.</p>	관찰 추론	유창성 융통성
	<p>■ 달의 모양은 왜 변할까? (달의 공전) 매일 밤 같은 시각에 달의 위치와 모양의 변화를 관찰하고(VTR 이용), 실험을 통해 달의 모양 변화 이유를 추론한다.</p>	관찰 추론 실험 설계 실험	유창성 융통성
다양한 해결책 산출 및 평가	<p>■ 태양계 내의 어느 천체로 이주할 것인가? 이주할 천체를 찾기 위해 고려해야 할 요인(예를 들면, 지구로부터의 거리, 온도, 토양, 생물의 존재 가능성...등)에 대해 토의해 보고, 자료수집 또는 분석 활동을 통해 이주할 천체를 결정하여 발표한다.</p>	자료수집	독창성 적절성 신뢰성
	<p>■ 선택한 천체를 어떻게 개발할 것인가? · 해결해야 할 기본 문제에 대해 토의한다. ex) 공기, 전기, 식량생산, 온도조절, 교통수단, 쓰레기관리, 물공급 등... · 각 문제별로 같은 문제를 연구해 보고 싶은 학생들끼리 조를 구성하고, 문제에 대한 가설을 설정하여 이를 검증할 실험계획 및 실험수행, 자료수집 등을 통해 구체적인 개발계획을 세운다.</p>	자료수집 추론 가설 설정 실험 설계 실험의사소통	독창성 유창성 융통성 적절성 정교성 신뢰성

[부록 B] 창의적 문제해결력 측정을 위한 검사문항의 예(사후검사)

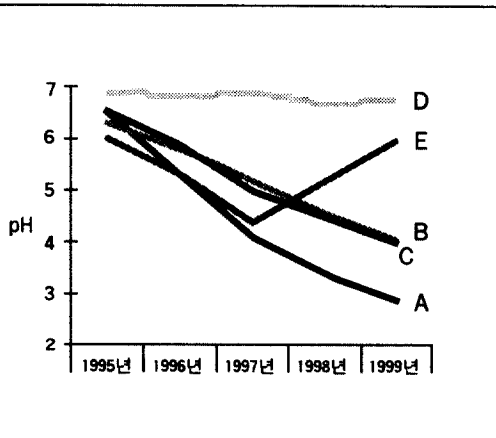
문항 1. 문제의 발견 및 정의

1. 우리 주변의 물질은 산성, 염기성, 또는 중성을 나타내며, 그 정도를 'pH'라는 기호와 숫자를 사용하여 나타냅니다. 'pH 7'을 기준으로 7보다 작을수록 강한 산성이며, 7보다 커질수록 강한 염기성입니다.

요즈음 호수의 산성화가 심각한 정도에 이르고 있습니다. 호수의 pH가 5 이하의 산성을 나타내면 산성 호수라 하며, 여러 가지 원인에 의해 호수의 산성화가 점차 심해지고 있습니다. pH가 4.8정도까지 내려가면 이끼나 갑각류, 조개 등이 죽게 되고 pH 4.5에서는 호수 속의 모든 생물들이 막대한 피해를 입게 됩니다. 스웨덴에 있는 약 21,500개의 호수 중 약 15,000개는 이미 산성화 되었고, 그 가운데 약 4,500개의 호수에서는 물고기가 죽어가고 있습니다. 노르웨이에서는 약 2,650개의 호수에서 물고기가 죽어가고 있으며, 캐나다에서는 약 4000개의 호수가 죽어가고 있습니다. 미국에서도 북동부를 중심으로 호수의 산성화가 진행되고 있습니다.

다음은 어떤 호수들의 pH를 5년간 조사한 것입니다.

	A호수	B호수	C호수	D호수	E호수
1995년	6.5	6.3	6.5	6.9	6.0
1996년	5.9	5.8	5.3	6.8	5.3
1997년	5.0	5.2	4.1	6.9	4.4
1998년	4.5	4.6	3.4	6.7	5.2
1999년	4.0	4.1	2.7	6.8	6.0



위의 자료들을 참고로, 여러분이 과학자가 되어 연구해 보고 싶은 문제들을 적어보세요.

★ 문제의 길잡이

- 가능한 다양한 연구 문제를 찾아 적어보세요.
- 용어를 올바르게 사용하세요.
- 새롭고, 독창적인 연구 문제를 찾아보도록 노력하세요.
- 자료를 바르게 이용하여 문제점을 정확히 적어보세요.
- 뒷장을 이용하세요.

문항 2. 가설설정 및 변인조절 문제

2. 성진은 손에 막대를 들고 있었습니다. 성진이 옆에는 두 사람이 같은 거리에 있었습니다. 그런데 성진이 그만 실수로 들고 있던 막대를 손에서 놓쳤습니다. 그대로 막대가 떨어진다면 성진의 발등으로 떨어져 다칠 것 같습니다. 그래서 막대가 떨어지는 순간 두 사람은 거의 동시에 그 막대를 잡으려 하였습니다. 다행히 두 사람 중 한 사람이 막대를 잡아 성진의 발등을 다치는 일은 막을 수 있었습니다.

그 일이 있고 나서 며칠 후, 두 사람이 함께 운동장을 걸어가게 되었습니다. 그 때, 두 사람 앞으로 축구공이 날아오고 있었습니다. 그런데 이번에도 한 사람은 축구공을 피했지만, 다른 한 사람은 미처 피하지 못하고 공에 맞았습니다.

두 사람이 동시에 막대가 떨어지는 것을 보고 잡으려고 했는데, 동시에 잡지 못한 것은 무슨 까닭일까요? 그 원인(변인)에 대하여 다양하게 생각해보고, 아래 제시된 '가설의 예'를 참고로 가설을 세워보세요.

그리고 여러분이 세운 가설들 중에서 하나를 선택하여, 그 가설을 증명하기 위한 실험을 자세하게 계획해 보세요.

◆ 가설의 예

- 1) 키가 클수록 심장 박동이 더 빠르다.
- 2) 피부가 희며 얼굴이 더 잘 빨개진다.
- 3) 눈이 클수록 시력이 더 좋다.

① 두 사람의 자극에 대한 반응 시간이 다르게 나타나는 이유(변인)들을 다양하게 찾아 가설을 진술해 보세요.

② 위의 가설들 중에서 한 가지를 선택하여 가설을 증명할 수 있는 실험을 계획해 보세요.

★ 문제의 길잡이

- 가능한 변인들을 다양하게 생각해 보세요.
- 새롭고, 창의적인 변인들을 생각해 보세요.
- 가설을 쓸 때, 논리적으로 자세하게 써 보세요.
- 실험을 계획할 때에는 가능한 논리적으로 생각하고, 자세하게 계획을 세워 보세요.
- 가지고 있던 상식이나, 관련된 과학의 내용들을 충분히 활용 해보세요.
- 뒷장을 활용하여 답을 쓰세요.

문항 3. 문제해결 방안구안 문제

3. 지금은 2050년입니다. 과학의 발달로 이제는 우주를 여행하는 것이 자유롭게 되었을 뿐 아니라, 우주에서 정착하여 살아가기 위한 방법들을 계획하고 있습니다.

여러분은 우주에서 살아가기 위한 방법을 계획하는 연구팀의 한 사람으로서, 특히 우주생활에서의 식량문제를 해결해야 하는 임무를 맡았습니다. 우리 몸에 필요한 영양소와 음식은 어떤 것들이 있으며, 그러한 음식물의 근원은 무엇인지 깊이 고려해야 합니다.

이제부터 여러분은 아래 주어진 자료와 그 이외의 자료들을 보고, 여러 행성들 중에서 ①우주의 식량문제를 해결하기에 적절한 행성을 선택하고, ②그 행성에서의 식량 생산 방법을 자세하게 계획하고 설명해야 합니다. 우주 개발의 임무를 맡은 연구원으로서 책임감을 가지고 우주개발을 위한 식량문제를 해결해주시기 바랍니다.

행성	태양과의 거리 (km)	공전주기	자전주기	반지름 (km)	표면의 물질조성	표면온도	대기 조성분
A	150,000,000	224.70일	약 5800시간	6,053	화성암 (현무암질)	470	이산화탄소
B	1,400,000,000	29.46년	약 10시간	60,000	수소+헬륨	-180	수소+헬륨
C	3,000,000,000	84.01년	약 17시간	26,145	수소+헬륨	-210	수소+헬륨
D	4,500,000,000	164.79년	약 16시간	24,750	수소+헬륨	-220	수소+헬륨
E	750,000,000	11.86년	약 10시간	71,400	수소+헬륨	-150	수소+헬륨
F	60,000,000	87.97년	약 1350시간	2,439	수소+헬륨	430(열극)~ -160(밤쪽)	없음
G	6,000,000,000	247.70년	약 150시간	1,150	암석과 메탄의 얼음	-230	희박한 메탄
H	230,000,000	686.98일	약 25시간	3,398	현무암질 암석	25(적도여름)~ -136(극점겨울)	이산화탄소

★ 문제의 길잡이

- 가능한 방법들을 다양하게 생각해 보세요.
- 새롭고, 창의적인 방법을 생각해 보세요.
- 자료를 자세히 검토하고, 해결방안을 생각하게 된 이유를 명확히 밝히세요.
- 다른 자료들을 다양하게 참고하세요.

1) 식량문제를 해결하기에 적절하다고 생각한 행성은?

왜 그 행성을 선택하였나요?

2) ①번에서 선택한 행성에서의 식량생산 방법을 자세하게 계획해 보세요. 필요하다면 그림을 이용해도 좋습니다.