

창의적 문제 해결력 신장을 위한 중학교 과학 교육과정 개발¹⁾

조연순 · 최경희
(이화여대)

Development of the Middle School Science Curriculum to Enhance Creative Problem-Solving Abilities

Younsoon Cho · Kyunghee Choi
(Ewha Womans University)

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop the middle school science curriculum to enhance creative problem-solving abilities. The reconstructed curriculum consisted of three big components, that is, scientific knowledge, process skills, and creative thinking skills. Five themes have been selected to incorporate with four areas of the middle school science curriculum, namely, physics, chemistry, biology, earth science. The five themes are structure, change, interaction, energy, and stability. Based upon these five themes, the individual or separated scientific knowledges of learners can be put into the unified knowledges. The process skills were observing, measuring, classifying, communicating, inferring, predicting, variable differentiating · controlling, data gathering · analysis, establishing hypotheses, experiment design, and experimenting. Creative thinking skills include divergent and critical thinking. The finally developed curriculum is presented in the form of matrix.

Key words : creative problem-solving, middle school, science curriculum, theme.

I. 서 론

창의성 혹은 문제 해결력에 관련된 말들은 최근 학교 교육에서 가장 자주 언급되고 있다고 하여도 과언이 아니다. 우리나라 제 6차 교육과정 구성방침 중의 한가지도 사회의 변화에 대응할 수 있는 창의적인 능력을 개발하는 것이 있었으며(교육부, 1992), 제 7차 교육과정에서 추구하는 인간상 중의 한가지도 기초 능력을 토대로 창의적인 능력을 발휘하는 사람이다.

중학교 교육 목표 중에는 문제 해결력을 기르고 생각과 느낌을 창의적으로 표현하는 경험을 기르는 것이 포함되어 있으며(교육부, 1997), 특히 과학교과에서는 창의적 문제 해결력을 상당히 강조하였음을 알 수 있다. 제 6차 교육과정에서는 과학과의 성격을 '주위의 사물과 자연현상에 대하여 항상 의문을 가지고 탐구하게 하여... 창의적인 사고력과 합리적인 판단력을 함양시켜 주는 교과'로 나타냈으며(교육부, 1992), 제 7차 교육과정에서의 과학과 성격에서도 '과학의 단편

* 2000년 3월 16일 받음

1) 이 연구는 1998년도 학술진흥재단 대학부설연구소 과제 연구비지원에 의해 이루어진 일부임

적인 지식 전달보다는 기본 개념을 유기적이고 통합적으로 이해하도록 하고, 창의성, ...을 기르는 데 유의한다'고 하였으며, 목표에서는 '...실생활의 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다'라는 항목이 있다. 그러나 본 연구에 앞서 실제 중학교 과학 수업현장을 관찰하고 교사와의 면담을 분석해 본 연구결과에 의하면 수업현장에서는 창의적 문제 해결력 증진을 위한 활동은 거의 일어나지 않고 있었음을 알 수 있었다(최경희, 조연순, 조덕주, 1998). 특히 과학교사와의 면담에서 과학교사들은 교과 진도 문제, 지식 중심의 교과 내용, 교사의 준비 부족 등으로 창의적 문제 해결력 배양을 위한 수업은 거의 하지 못하고 있다고 밝혔다. 즉, 교육과정에서 창의적 문제 해결력의 중요성만 포괄적으로 서술하거나 내용체계에 과학 개념이나 활동들이 제시되는 것만으로는 창의적 문제 해결력 증진을 위한 수업실시는 실제로 불가능함을 알 수 있다. 따라서 무엇보다도 창의적 문제 해결력을 신장시킬 수 있는 내용체계와 요소들을 포함하는 교육과정의 개발이 필요함을 인식할 수 있다.

이러한 필요성에 따라 본 연구자들은 다른 연구자들과 함께 '창의적 문제 해결력 신장을 위한 교육과정 모형 연구'를 3년간 수행하게 되었다. 연구의 첫째 년도에는 창의적 문제 해결력의 개념 모형을 설정하였으며(김경자, 김아영, 조석희, 1997), 현행 초·중등 과학 교육과정이 창의적 문제 해결력을 기르기 위한 구성요소를 어느 정도 반영하고 있는가를 평가하였으며(조연순, 최경희, 조덕주, 1997; 최경희, 조연순, 조덕주, 1998), 둘째 연도에는 창의적 문제 해결력 신장을 위한 주제 중심의 초등 과학 교육과정 내용을 구성한 바 있다(조연순, 최경희, 서예원, 1998). 연이은 이 연구는 심리학과 교육학 그리고 과학교육에서의 여러 이론들과 연구들에 근거하여 창의적 문제 해결력 신장에 필요한 여러 요소들을 추출하여 중학교 과학 교육과정의 내용구성을 위한 틀을 개발하고자 한다.

II. 교육과정 개발 과정

1. 연구진 및 협의진 구성

중학교 과학 교육과정 개발을 위해 먼저 연구진과 협의진을 구성하였다. 연구진은 크게 기초 연구팀과 교육과정 개발팀으로 구성하였다. 기초 연구팀은 교육과정, 교육심리, 교수이론을 전공한 교수 3명, 박사 후 과정 연구원 1명, 연구조원 4명으로 구성하여 창의적 문제 해결력에 관련된 문헌과 연구동향을 종합하여 연구설계의 방향과 모형개발을 모색하였다. 개발팀에서는 교수이론, 과학교육을 전공한 교수 3명과 현직 과학교사 3명, 연구조원 2명이 실제 과학 교육과정 개발에 참여하였다. 또한 연구진들이 개발한 교육과정을 최종 검토하기 위하여 과학 내용학 및 과학교과 교육을 전공한 교수 5명으로 협의진을 구성하였다.

2. 교육과정 구성 및 개발 과정

이 연구에서 개발한 중학교 과학 교육과정은 크게 내용 지식, 과정 지식, 창의적 사고 기능으로 구성되어 있다(Table 1). 이 중 내용 지식과 과정 지식의 구성 및 체계는 미국 캘리포니아주의 과학 교육과정 지침(California Department of Education, 1990), 미국의 국가 과학교육 기준(National Research Council, 1996), 영국의 국가 교육과정(Department of Education, 1995), 우리나라 제 6차 및 제 7차 교육과정의 내용 및 구성 체계를 주로 참고하여 개발하였다. 창의적 사고 기능은 Urban(1995), Sternberg(1994), Torrance(1962), Guilford(1959) 등의 연구를 참고로 하였다. 기초 연구를 통하여 먼저 1차 교육과정을 개발하였으며, 이에 대하여 연구자들이 여러 차례의 회의를 가지면서 수정·보완하여 2차 교육과정을 개발하였다. 2차 개발된 교육과정은 협의진들의 내용 타당도를 거쳐 재수정·보완하여 최종 개발하였다.

III. 재구성된 중학교 과학 교육과정

Moravcsik(1981)는 암기를 지양하고 개방적 문제 해결, 탐구방법 및 태도를 강조함으로써 창의성이 향상될 수 있다고 하였으며 Adolf(1982)는 사고할 수

Table 1. Middle School Science Curriculum Frame

		Content Knowledge				Process Knowledge			Creative Thinking Skills	
		Physics	Chemistry	Biology	Earth Science	Inquiry Process Skills	Divergent Thinking	Critical Thinking		
		Unifying Concepts								
		Force & motion, electricity & magnetism have close relationships, and energy is converted but conserved in any case.	Each matter consisting of atom and molecule has its own peculiar characteristics and interact each other to make a new one.	Living things grow, reproduce, evolve, and harmonizes with environment.	Earth is a part of universe and the changes of surface and air happen owing to the interaction of many factors.	Find the rules of natural phenomena using logical and synthetic applications of inquiry process skills.	Solve the problem newly by thinking flexibly in various views, and apply the solution to new circumstances	Approach the problem analytically, estimate pertinency and reliability, and embody the solution through problem solving process.		
		Grade-level Concepts								
Grade Theme										
1	Structure Change	A body is deformed or state of its motion is changed when force is applied.	All matter have characteristics and can be changed.	Various organisms that have different shapes, structures, and life habits are living around us.	Terrestrial interior is composed of layers and earth crust and surface are deformed by various factors.	Observe object in various viewpoint, measure it rightly and classify it to the purpose.	Explain the problem in various ways and construct hypotheses.	Define problem and consider the pertinence of hypotheses through estimation and analysis process.		
	Structure Interaction	Current, voltage, resistance interact each other and make various electric phenomena. These are also related to magnetic phenomena.	All matter are composed of atoms and molecules.	Each organ in an organism interacts closely to keep the life.	The circulation of air and sea water is a crucial factor that influences the climate of the earth and they interact each other.	Infer and predict logically through the observed results, and communicate using various means.	Project original solutions and apply to new situation.	Project pertinent and reliable solutions, and elaborate more.		
2	Structure	Energy can be transformed into various forms but the total sum of it is conserved constantly.	Matter react each other to generate a new one, and energy exchange happens in this process.	Organism keeps life through growth and reproduction. And it evolves adapting to its environment. All organisms keep its life harmonizing with the environment.	Countless celestial bodies move keeping balance according to an order.	Experiment using all process skills like constructing hypotheses, identifying and controlling variables, and find the rules by the collected data.				
	Change Energy Stability									

있는 질문과 과학적 방법을 사용함으로써 창의적 사고를 증진시킬 수 있다고 주장하였다. Isaksen과 Treffinger(1987)는 창의적 문제해결을 '특정 문제의 이해, 아이디어의 산출, 행동 계획 및 실행의 3단계를 거치면서 수렴적 사고와 확산적 사고가 작용하여 창의적·생산적 사고가 일어나는 문제해결의 과정'으로 정의하였으며, 김경자 등(1997)은 심리학적, 교육학적 연구들을 분석·종합하여 창의적 문제 해결력을 '일반적인 영역의 지식과 동기적 요인, 특정 영역의 지식과 기능을 토대로 확산적 사고와 비판적 사고가 역동적으로 상호작용하는 새로운 산출물 혹은 해결책을 만들어 내는 능력'으로 정의내렸다. 이러한 정의들을 토대로 본 연구자들은 과학의 내용 지식, 과정 지식, 창의적 사고 기능을 과학교과에서의 창의적 문제력을 위한 교육과정 구성요소로 설정하고 이들 요소들이 서로 역동적으로 상호작용하는 학습활동이 이루어질 수 있는 교육과정 개발을 시도하였다. 각 구성요소에 대한 설명은 다음과 같다.

1. 내용 지식

과학 교육과정에 관한 최근의 연구들은 개념들간의 상호 결합을 강조하고 있는데, 이는 과학 개념이 서로 유기적으로 통합되었을 때 더 큰 유용성을 발휘할 수 있으며 사물에 대한 통합적 안목도 가질 수 있기 때문이다. 이러한 인식을 기반으로 미국에서는 3년에 걸쳐 Project 2061이라는 과학교육 연구를 진행한 바 있다. 사실에 대한 단순 암기보다 과학 개념에 대한 이해를 증진시키는 것이 중요하다는 판단 하에 이루어진 이 프로젝트는 하나의 대안으로서 과학 교육과정에 주제(theme)를 포함시켜야 함을 강조하였으며, 이에 따라 과학의 주제로서 조직, 인과관계, 체제, 규모, 모델, 변화, 구조와 기능, 연속적·비연속적 속성, 다양성을 선정하였다(AAAS, 1990). 이후, 과학 평가준거(Science Assessment Framework)에서는 변화의 경향성, 체제, 물질과 에너지, 모델의 4가지 주제를 채택하였다(Champagne & Newell, 1992). 이러한 지침들이 발표된 전후로 미국 각 주에서는 다양

한 주제들을 선정하였는데, 예를 들어 캘리포니아 주에서 개발된 유치원에서 12학년까지의 과학 교육과정 지침(California department of education, 1990)에서는 과학교육의 필수적인 주제로서 에너지, 진화, 변화의 경향성, 규모와 구조, 안정성, 체제와 상호작용의 6가지를 선정하여 과학적 사실들의 상호관련성을 명확하게 알고 적용할 수 있도록 하였다. 이처럼 주제 중심 접근이 중요하게 인식되는 이유는 엄청난 속도로 증가하고 있는 과학 지식들을 효과적으로 학습하기 위해서는 개념의 상호관계성을 중심으로 과학의 각 영역에 대한 지식뿐만 아니라, 영역간의 관련성까지 이해할 수 있도록 하여 학습자가 독창적인 지적 가치를 창출하며(McNeil, 1990), 학문영역간의 공통된 구조를 발견함으로써 영역간에 학습의 전이가 쉽게 일어난다는 가정에서 비롯되는 것이다. 결국 주제 중심의 접근은 과학을 이해하기 위한 의미있는 틀을 개발하게 할 뿐 아니라 일상 생활이나 다른 학문 분야의 문제들을 해결하는데도 유용한 교육학적 도구라고 할 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 과학적 개념과 원리들이 총괄적으로 서로 관련을 맺는 역할을 하는 주제들을 찾기로 하였다. 이 주제는 개념적 주제(conceptual themes), 큰 생각(big ideas), 개념군(conceptual clusters), 연결 주제(linking theme)라는 다양한 용어로 사용되기도 하며 과학적 개념들 속에 내재되어 있다고 할 수 있다. 연구자들간의 수 차례에 걸친 세미나, 각 영역 교과 전문가들과의 협의, 우리나라의 제 6차 및 제 7차 교육과정과 이전 교육과정 그리고 외국의 과학 교육과정 지침서들을 분석하여 선정한 주제들은 '에너지', '변화', '구조', '상호작용', '안정성'의 5가지이다. 이 주제들의 특징을 간략히 요약해보면 다음과 같다:

- 구조: 서로 다른 구조들이 어떻게 연결되어 있으며 각각 다른 계층의 구조는 그 수준에서 어떻게 독특한 속성을 이루고 있는가 하는 것을 밝히는 것이다. 이러한 구조에 대한 탐구는 그 초점을 어떤 수준에 맞추느냐에 따라 달라질 수 있다. 예를 들면, 어떤 자연현상에 대한 탐색을 할 때, 원자나 분자와 같

은 아주 미세한 것으로부터 출발하여 구조를 파악할 것인가 아니면 전체적인 체계의 행동양식 속에서 그것을 설명할 것이냐에 따라 매우 다른 접근이 가능하다. 구조의 학습은 각 구조들간의 논리적 관련성을 알 수 있도록 해 줄 뿐만 아니라 유사성과 상이성을 통해 전체 체계에 대한 이해를 도와줄 수 있는 장점이 있다.

• 변화: 우주 속의 모든 사물은 변화하며 세상에는 많은 종류의 변화가 존재한다. 변화에 대한 분석은 자연세계에서 무엇이 일어나고 있는지 설명하고 이해하도록 도와주며 더 나아가서는 변화를 통제할 수도 있다. 다양한 종류의 변화를 이해함으로써 앞으로 다가올 미래를 예측하는 것은 매우 중요하다. 다양한 변화는 떨어지는 물체의 가속도와 같이 규칙적인 것, 물의 순환이나 계절의 변화처럼 순환적인 것, 행성의 운동주기나 생태계 의 먹이 사슬과 같이 순환적으로 일어나지만 정확히 똑같은 방식으로 반복되는 것은 아닌 불규칙적인 것의 세 가지로 분류해 볼 수 있다.

• 상호작용: 자연의 체계들은 태양계, 생태계, 개별 생물 등으로 매우 다양하다. 이러한 체계를 영역별로 정의하고 분류함으로써 과연 그들간에는 어떠한 상호작용이 일어나며 어떻게 관계를 맺고 있는지 알 수 있게 된다. 생태계를 예로 들면, 각 생물이 약육, 경쟁, 공생, 기생 등의 형태로 상호작용하며 하나의 생물 속에서도 그 체계 내에서 다양한 방식으로 상호작용이 일어난다. 즉, 토끼는 초식동물이며 육식동물의 먹이가 되는 한편, 그 자체의 생명체제는 순환기, 호흡기, 소화기, 배설기 등등 많은 상호작용의 하위체제를 가지고 있다.

• 에너지: 에너지는 다양한 과학 영역을 결합시킬 수 있는 좋은 주제이다. 물리학에서 에너지란 일을 할 수 있는 능력을 말하며, 화학에서는 화합물들간의 반응을 위한 기반을 마련해 주는 것이다. 또한, 생물학에서는 생명 체계가 유지하고 성장하며 재생산할 수 있는 능력을 제공하며, 지구과학에서는 지구 내부와 표면의 변화를 일으키는 원동력으로 설명되어질 수 있는 과학의 중심 주제이다.

• 안정성: 안정성은 항상성을 뜻한다. 따라서 이 주

제는 체계가 변하지 않고 일정하게 유지되는 원인에 대해 생각해 보게 한다. 많은 체계의 궁극적인 종착점은 바로 평형한 상태 또는 일정한 상태를 이루는 것이다. 그 이유는 이러한 상태에서 모든 힘들이 균형을 이루기 때문이다. 다른 측면에서 보면 안정성은 '변화'라는 주제와 모순된 것처럼 보이기도 한다. 그러나 자연현상의 어떤 한 부분에 있어 지속적인 변화의 과정이 결국 균형된 상태를 이루어가기 위한 것이라는 것을 깨닫도록 하는 중요한 통합 주제로 변화와 연결지어 생각해 볼 수 있다.

위의 5가지 주제를 토대로 과학 교육과정의 재구성을 시도하였다. 선정된 주제를 중심으로 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역에서 최종적으로 학습하기를 기대하는 총괄개념을 설정하였으며, 총괄개념은 중학교 전 학년을 모두 포괄할 수 있는 수준으로 진술하였다. 각 영역별 총괄개념에 도달하기 위해 주제들을 각 학년별로 나누어 진술하였고, 이 학년별 주제들은 주제들을 연결할 수 있도록 구성하였다. 그리고 학년별 주제들을 다시 주제별로 세분하여 하위개념을 진술하였다. 개발된 내용 지식은 〈Table 2〉에 나타내었다.

2. 과정 지식

과학 교육과정이 개정될 때마다 탐구과정 기술에 대한 중요성은 꾸준히 강조되어 왔다. 이러한 현상은 최근의 제 6차 및 제 7차 교육과정의 목표를 살펴보면 더라도 잘 알 수 있다. 그러나 과학 교육과정 목표에 탐구과정 기술의 습득에 대한 중요성이 언급되어 있지만, 탐구과정 기술은 과학 내용(과학적 개념)과 같은 위치에 있기보다는 대체로 개념을 습득하는데 활용되는 도구의 위치로 제시되었다. 물론 탐구과정 기술이 개념을 습득하는데 활용되기도 하지만, 탐구과정 기술은 문제 해결을 하는데 있어서 개념 습득과 마찬가지로 중요한 기능이다. 그렇다면 두 가지 중에서 어느 하나가 다른 하나의 도구적인 역할을 하는 것은 적절하지 않으며 과학적 개념과 탐구과정 기술은 모두 문제 해결을 위해 동등한 비중을 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서는 탐구과정을 교육과정

Table 2. Content Knowledge of Middle School Science

Unifying Concept in Physics			
Force & motion, electricity & magnetism interact respectively, and energy is converted into various forms but the total sum is always conserved.			
Grade	Theme	Grade-level Concepts	Subconcepts
1	Structure Change	A body is deformed or the state of motion is changed when force is applied.	<ul style="list-style-type: none"> · Force makes a body define or change the state of motion, and can be classified as elastic force, friction force, magnetic force, and gravity, etc.. (Structure, Change) · Several forces acting on a body concurrently can be replaced as a resultant force, and if this has zero magnitude it is as like there were no forces at all. This state that the resultant force is zero is called en equilibrium state of forces. (Change) · The motion of a body can be classified into two cases. One is the case of not being acted on by any outer force and the other one is the case of being acted on by some outer force. In the latter case the speed or direction of motion is changed. (Structure, Change) · The form of motion can be classified as motion of falling body, pendulum, and circular motion. (Structure)
2	Structure Interaction	Current, voltage, resistance interact each other and make various electric phenomena. These are also related to magnetic phenomena.	<ul style="list-style-type: none"> · All kinds of matter is composed of atoms and atom is composed of an atomic nucleus that has positive charge and an electron around it that has negative charge. Among them the motion of a negative charge makes various electrical phenomena. (Structure) · Current is a flow of electric charge, voltage is electromotive force or potential difference, and the resistance is the degree of opposition of a body or substance to current passing through it. The Ohm's law indicates the relationship among them. (Structure, interaction) · The electrical energy supplied by current is transformed into various other forms such as light, heat, and sound energy and used in our daily lives. (Interaction) · Magnetic field is created by current and the strength and direction of it depend on them of current. That is electricity and magnetism have mutual relationship and make electro-magnetic phenomena. (Interaction)
3	Change Energy Stability	Energy can be transformed into various forms but the total sum of it is conserved constantly.	<ul style="list-style-type: none"> · When a body moves by the application of a force, work is calculated as the product of the force and the distance through which the body moves. The rate at which work is done, expressed as the amount of work per unit time is defined as power. (Energy) · The use of an instrument takes an advantage from the viewpoint of force not the total amount of work. (Energy) · Energy is a capability to do work. (Energy) · If work is done on a body, it has potential and kinetic energy and the sum of them called mechanical energy is conserved irrespective of change of its form neglecting the heat loss by friction. (Change, Energy, Stability) · Energy can be transformed into various forms such as mechanical energy, heat energy, light energy, and sound energy. But the total sum is conserved constantly. (Change, Energy, Stability)

Unifying Concept in Chemistry

Each matter consisting of atom and molecule has its own peculiar characteristics and interact each other to make a new one.

Grade	Theme	Grade-level Concepts	Subconcepts
1	Structure Change	All matter change states according to conditions and each one has its own peculiar physical characteristics that can be used as a criterion of classification.	<ul style="list-style-type: none"> · Matter can exist in three kinds of states such as solid, liquid, and gas and the change of state depends on temperature and pressure. When the state is changed, the particles consisting of matter are re-arranged and there happens heat exchange. (Structure, Change) · Appearance, density, melting point, freezing point, boiling point, and solubility, etc. of matter are called as physical properties and they are used as criteria in classifying matter. (Structure) · Pure substance is composed of only one kind of substance and mixture is composed of a few kinds of substances. Mixture can be separated into respective substances using the differences of physical properties among pure substances. (Structure)
2	Structure Interaction	The basic particles that consist of matter are atoms and they combine to form molecules. The property of matter differs each other according to the molecule.	<ul style="list-style-type: none"> · The basic particles consisting of matter are called atoms and they combine to form molecules. The molecule is the smallest particle that indicates a property of matter. (Structure) · Matter that consists of only one kind of atom is called element and one that consists of two or more atoms is called compound. Both of them are pure substances and have peculiar properties. (Structure) · More than two kinds of substances can react each other and form a new one. In this process there are no newly generated atoms but they are rearranged. This can be explained using the law of mass conservation, law of definite composition, law of gas reaction, Avogadro's law, etc.. (Structure, Interaction) · Gas and liquid molecules move incessantly, and the pressure, volume, and temperature of gas are related to each other closely. (Structure, Interaction)
3	Change Energy Stability	Matter reacts each other to generate a new one, and energy exchange happens in this process.	<ul style="list-style-type: none"> · Matter that allows to send an electric current in aqueous solution is called electrolyte, and the opposite is called nonelectrolyte. (Change) · Atom and molecule are electrically neutral, but if they get or lose an electron they become an electrically charged particle, ion and this can react each other and generate a new matter. (Change, Stability) · An acid is a liquid or substance that generates hydrogen ion in solution and a base is one that generates hydroxide ion. They can be discriminated by the change of color of various indicators. (Change) · Neutralization is a reaction between acid and base to generate water and salt and the heat created during the process is called the heat of neutralization. (Change, Energy, Stability) · Oxidation-reduction reaction is a reaction to which oxygen or hydrogen is related or electron movement is included, and this can be used in transforming chemical energy into electrical energy. (Change, Energy)

Unifying Concept in Earth Science			
Earth is a part of universe and the changes of surface and air happen owing to the interaction of many factors.			
Grade	Theme	Grade-level Concepts	Subconcepts
1	Structure Change	Terrestrial interior is composed of layers, and earth crust and surface are deformed by various factors.	<ul style="list-style-type: none"> · Terrestrial interior is composed of crust, mantle and core. Rocks that form crust have each characteristics up to the different generation process, and they are changed into other kinds of ones incessantly. The minerals that compose rock can be discriminated in many ways. (Structure, Change) · Earth surface and crust are being changed by mantle convection, magma and other outer various factors. (Change) · Earth history is looked into using stratum and fossil. The aspect of change of biological world can be seen through the characteristics of animal and plant fossils during each geological time. (Change) · Continent is composed of plates and they move owing to mantle convection. (Structure, Change)
2	Structure Interaction	The circulation of air and sea water is a crucial factor that influences the climate of the earth and they interact each other.	<ul style="list-style-type: none"> · The solar radiation energy is different through the latitude, but an equilibrium is kept by the circulation of air and sea water. (Interaction) · Air is a mixture of nitrogen, oxygen, water vapor, and other gases and forms a few layers according to temperature change based on height. (Structure) · The humidity is a degree of being humid of air that includes water vapor. And the water vapor that condensates through elevation forms cloud. (Structure, Interaction) · The weather is changed according to the physical property of air, difference of atmospheric pressure, and movement of atmosphere. (Structure, Interaction) · Sea water is composed of various components and moves and circulates incessantly as like air. (Structure, Interaction) · In each season four major air mass influence weather of our country. (Interaction)
3	Change Stability	Countless celestial bodies move keeping balance according to an order.	<ul style="list-style-type: none"> · The rotation is an autonomous circular motion of the earth, and this causes the diurnal motion of the sun and stars. (Change) · The revolution is an circular motion of the earth around the sun, and this causes the change of season and constellation. (Change) · Solar eclipse, lunar eclipse, and tide are the phenomena that happen according to the relative position of the sun, earth, and moon when the earth revolves the sun and the moon does the earth. (Change) · There are countless galaxies, nublars, and star clusters including our galaxy in universe. And the solar system in our galaxy is comosed of planets, moon, asteroid, comet, etc. and moves keeping an equilibrium in the space. (Change, Stability)

Unifying Concept in Biology

Living things grow, reproduce, evolve, and harmonizes with environment.

Grade	Theme	Grade-level Concepts	subconcepts
1	Structure Change	Various organisms that have different shapes, structures, and life habits are living around us.	<ul style="list-style-type: none"> Organisms are classified by characteristics such as shapes or structures. Organisms that have common characteristics constitute a group. (Structure) The shapes, structures, and life habits are adapted according to the environment. (Change) Primary organisms had simple structures, but the advanced ones have gotten complex, and various structures according to the change of environment. (Change)
2	Structure Interaction	Each organ in an organism interacts closely to keep the life.	<ul style="list-style-type: none"> Cell is a basic unit of an organism. Cells constitute a cellular tissue, and tissues constitute an organ, and organs constitute an individual. (Structure, Interaction) Plant is composed of many organs such as root, stem, leaf, and flower. Animal is composed of digestive, circulatory, excretory, respiratory, sensory, and nervous organs, etc.. The organs interact closely to keep a life of an organism. (Structure, Interaction) Plant is an autotrophy that obtains energy through photosynthesis using solar radiation energy, and animal is a heterotrophy that gets energy through preying on other organisms. (Interaction) Having well-balanced meals and regular exercises are essential conditions for good health. (Structure, Interaction)
3	Change Stability	Organism keeps life through growth and reproduction. And it evolves adapting to its environment.	<ul style="list-style-type: none"> All organisms are composed of cells, and keep life through the actions of cells. They grow and reproduce by cell division. (Change, Stability) Organisms keep species through reproduction. Reproduction is classified into sexual reproduction that male and female reproductive cells are fertilized and asexual reproduction that does not depend on reproductive cells. (Stability) The genetic transmission of characteristics from parent to offspring is a heredity and there is a principal about it. (Change) Organisms have evolved in both shapes and structures through long period. The evolution can happen depending on the change of environment, mutation, and segregation, etc.. (Change, Stability)
		All organisms keep its life harmonizing with the environment.	<ul style="list-style-type: none"> Ecology is composed of abiotic components such as water, air, and sunshine and biological components such as producer, consumer, and decomposer. It keeps an equilibrium based on food-chain and environmental influence. (Stability) The material in earth-ecology circulates around organism and environment being changed into inorganic matter or organic matter. (Change, Stability) In modern society humans are deforming natural environment through development for the convenience of life and acquisition of natural resources. (energy, Stability)

서 내용 지식과 동등하게 가르쳐야 할 '과정 지식'으로 규정였으며, 각 학년간에 연계성을 갖게 하기 위하여 과정 지식을 가르치는 단원을 별도로 구성하도록 하였다.

과정 지식으로 가르쳐야 할 요소들을 결정하기 위하여 국내외의 교육과정을 참고하였다. 우리나라의 제 6차 교육과정에서는 관찰, 분류, 측정, 의사소통, 예상, 모형사용, 자료수집, 자료해석, 실험, 실험기구 다루기의 10가지 탐구과정 기술을 포함하고 있으며(교육부, 1992), 제 7차 교육과정에서는 기본적 탐구과정으로 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리를, 그리고 통합적인 탐구과정으로 문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도출, 일반화를 제시하고 있다(교육부, 1997). 미국 캘리포니아주 과학 교육과정 지침서(California Department of Education, 1990)에서는 관찰, 의사소통, 비교, 서열화, 분류, 관계, 추론을 과학적 과정으로 선정하였으며, Neuman(1993)은 각 학년별로 중점을 두는 탐구 과정으로 관찰, 추리, 분류, 의사소통, 수량화, 실험을 선정하였다. 그 외에 각국의 과학 교육과정에서도 다양한 탐구 과정 기술들을 제시하고 있다.

이러한 다양한 과학적 탐구과정 기술들을 참고하여, 본 연구에서는 기본적인 과정 지식과, 통합적인 과정 지식으로 크게 나누어 저학년에서 고학년에 이르기까지 기본적인 지식 기반위에 점차 높은 수준의 통합적 과정 지식을 첨가해 가며 배울 수 있도록 과정 지식을 구성하였다. 각 과정지식에 대한 구체적인 설명은 다음과 같다:

1) 기본적 과정지식

① 관찰: 대상에 대한 사실적 정보를 얻기 위해 시각 뿐 아니라 청각, 후각, 촉각, 미각 등 다양한 감각을 골고루 사용하는 기술

② 분류: 어떤 다양한 항목들의 유사점, 차이점, 상호관계 등을 관찰하여 각 속성에 따라 체계적인 질서를 부여하는 기술

③ 측정: 정량적인 단위를 이용하여 물체의 양을 표현하는 기술

④ 의사소통: 표, 그래프, 차트, 다이어그램, 수학적

용어 등 다양한 방법을 사용하는 기술

⑤ 추론: 사물을 해석하거나 현상에 대한 설명을 통하여 그 경향성을 알뿐 만 아니라, 동일한 조건하에서 그러한 경향성을 기대하는 기술

⑥ 예측: 미래에 일어날 일을 예견하는 일종의 관측하는 기술

2) 통합적 과정지식

① 가설설정: 변인들간의 관계에 대한 예측으로, 조작변인과 반응변인 간의 관계를 진술하는 기술

② 실험설계: 가설설정 후, 실험이 수행되어질 조건이나 절차를 상세화하는 기술

③ 실험: 위에서 설명한 모든 다른 사고 기술들의 통합을 요하는 문제해결의 한 형태로서, 연구에 의해 가설이 지지되는지의 여부를 알아보기 위한 기술

④ 자료수집 및 처리: 실험을 수행하고 난 후, 실험을 통해 수집된 자료를 표, 또는 그래프 등을 활용하여 조작 변인과 반응 변인간의 관계에 대해 진술하는 기술

위의 과정 지식들을 중학교 과학에서 모두 습득해야 할 중요한 지식들이지만, 특히 그 학년에서 중점을 두어 습득할 하는 학년별 과정 지식, 그리고 학년별 중점 사항과 세부 사항으로 세분화하였다. <Table 3>에서 보는 바와 같이 새롭게 첨가되는 과정 지식들은 각 학년에서 제시되었으나 그 이전 학년에서 다루었던 과정 지식들은 계속해서 포함되므로 '+' 표시를 하였다.

3. 창의적 사고 기능

많은 학자들에 의하여 창의성에 관한 정의가 다양하게 이루어졌다. Lubart(1994)는 창의성을 무엇인가 새롭고 문제상황에 적절한 것을 만들어 낼 수 있는 능력으로 정의하였으며, Urban(1995)은 주어진 문제나 감지된 문제로부터 통찰력을 동원하여 새롭고, 신기하고, 독창적인 산출물을 내는 능력으로 정의하였다. Treffinger 등(1994)은 창의성을 현재 존재하는 산물을 변형시켜 보다 독창적인 산출물을 만들

Table 3. Process Knowledge of Middle School Science

Process Knowledge of Middle School Science			
Find the rules of natural phenomena using logical and synthetic applications of inquiry process skills.			
Grade	Process Knowledge	Grade-level Concepts	Subconcepts
1	Observing Measuring Classifying	Observe object in various viewpoint, measure it rightly and classify it to the purpose.	<ul style="list-style-type: none"> · Observe object qualitatively quantitatively using the sense organs and various instrument. · Measure it rightly with proper instruments and units, and understand relationship among units. · Construct the frame of multistage classification to be fit for purpose of the classification, on the basis of observable properties.
2	+ Communicating Inferring Predicting	Infer and predict logically through the observed results, and communicate using various means.	<ul style="list-style-type: none"> · Construct communicating means like symbol, model, graph, chart etc., and using them communicate properly and clearly. · Observe events or things and infer likely situation based on observed results. · Predict on the basis of observed results and correct the prediction through further observation.
3	+ Identifying · Controlling Variables Collecting · Processing Data Constructing Hypotheses Designing Experiments Experimenting	Experiment using all process skills like constructing hypotheses, identifying and controlling variables, and find the rules by the collected data.	<ul style="list-style-type: none"> · Identify variables, classify into independent variable and dependent variable, and control variables in order to lead to correct results of the experiment. · Construct hypotheses showing the direction for collecting data and designing experiment. · Design experiment to lead to proper data for verifying the hypotheses. · Collect proper data for verifying the hypotheses and find the relations or rules among data using table, graph, etc.. · With all process skills, plan and perform the experiment for problem solving.

어내는 과정으로 보았다. 한편, Sternberg(1994)는 창의성의 요소를 창의적 사고에 영향을 미치는 지적 능력, 지식, 사고 유형, 개인적 특성, 환경, 동기유발의 6가지 요인에 의해 설명하였다. 지적 능력에는 문제 발견 능력, 문제를 이해하고 정의하는 능력, 문제의 중요도와 해결전략의 적절성 등을 평가할 수 있는 능력, 문제를 해결할 수 있는 능력 등을 포함시켰다. Urban(1995)은 Sternberg의 이론을 체계화하여 창의성의 요소를 인지적 측면과 정의적 측면으로 구분하였다. 인지적 측면에서는 확산적 사고와 활동, 일반적 영역에서의 지식과 기능 기반, 특정 영역에서의 지식과 기능기반의 세가지 요소를 포함시켰다.

일반적으로 창의성을 확산적 사고와 동일한 것으로 보는 경향이 있으나 창의성에 대한 여러 정의에서 언급된 바와 같이, 문제상황에 적절한 해결책이나 산출물을 내기 위해서는 비판적 사고기능도 필요하므로 본 연구에서는 확산적 사고와 비판적 사고를 창의적 사고 기능의 요소로 규정하기로 하였다. 확산적 사고란 창의적인 문제 해결을 위해서 문제를 발견하여 정의하고, 새롭게 독창적인 해결책 또는 대안을 찾아보는데 기여하는 것으로서, Guilford(1959)와 Torrance(1962)는 창의성을 확산적 사고와 같은 것으로 취급하여 유창성, 융통성, 독창성, 정교성을 주요 구성요소로 보았다. 그러나 본 연구에서는 정교성은 확산적 사고보다는 비판적 사고가 주로 작용하여 나타난다고 간주하여, 유창성, 융통성, 독창성만을 확산적 사고의 구성요소로 보았다. 이에 비하여 비판적 사고는 문제를 정의하고, 문제와 관련된 정보들의 적절성과 신뢰성을 판단하며 문제에 적절한 해결책을 찾아 구체화하는 문제해결과정에서 논리적이고 체계적으로 사고하는 기능으로서(Starko, 1995; Sternberg, 1988), 본 연구에서는 적절성, 신뢰성, 정교성을 그 구성요소로 선정하였다.

또한 본 교육과정에서는 이러한 창의적 사고 기능이 궁극적으로 문제해결을 가능하게 해야하므로 과학적 문제 해결과정 내에서 그러한 기능들이 발휘되도록 하였다. Dewey(1910)가 제시한 문제 해결과정인 문제의 인식-문제 형성-가능한 해결책의 제안-추론을 통한 해결점 찾기, Wallas(1926)의 준비-부하-

조명 단계, Rossman(1931)이 제시한 문제 해결의 필요성 인식-문제의 분석 및 정의-관련 정보 수집-다양한 해결책의 형성-해결책에 대한 비판적 평가-새로운 아이디어/해결책의 형성-가장 가능성 있는 해결책의 수정보완과 평가의 과정과 그의 Kahney(1986), Weisberg(1986), Isaksen과 Treffinger(1985) 등이 제시한 문제 해결 과정들을 토대로 하여 '문제확인 및 정의-가설설정(문제해결 전략의 수립)-정보의 수집 및 선택-문제해결 방안 구안-해결방법의 정교화'의 5가지를 과학적 문제해결 단계로 선정하였으며, 각 단계별로 확산적 사고와 비판적 사고의 요소들을 각각 적용하였다. <Table 4>에 이에 대하여 나타내었다.

IV. 요약 및 제언

이 연구에서는 창의적 문제 해결력을 신장시킬 수 있는 중학교 과학 교육과정을 개발하였다. 교육과정 개발을 위해 연구진과 협의진을 구성하였다. 연구진은 기초 연구팀과 교육과정 개발팀으로 나뉘어 기초 연구팀은 교육과정, 교육심리, 교수이론을 전공한 교수와 연구원, 연구조원들이 창의적 문제 해결력에 관련된 문헌과 연구동향을 종합하여 연구설계의 방향과 모형개발을 모색하였으며, 개발팀은 교수이론과 과학 교육을 전공한 교수, 현직 과학교사, 연구조원들로 이루어졌으며 실제 과학 교육과정 개발에 참여하였다. 과학 내용학과 과학교과 교육을 전공한 교수로 이루어진 협의진에서는 연구자들이 개발한 교육과정을 검토하였으며, 검토된 내용을 바탕으로 수정·보완하여 최종 교육과정을 개발하였다.

이 연구에서 개발한 중학교 과학 교육과정은 내용 지식, 과정 지식, 창의적 사고 기능으로 구성되어 있다. 내용 지식에서는 과학적 개념과 원리들이 총괄적으로 서로 관련을 맺게 하는 주제를 중심으로 과학 내용을 재구성하였다. 선정된 주제는 에너지, 변화, 구조, 상호작용, 안정성의 5가지였으며, 이 주제들을 중심으로 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역에서 최종적으로 학습하기를 기대하는 총괄개념을 설정하였으며, 각 영역별 총괄개념에 도달하기 위해 주제들을 각

Table 4. Creative Thinking Skills of Middle School Science

Creative Thinking Skills of Middle School Science		
Divergent Thinking		Critical Thinking
Solve the problem newly by thinking flexibly in various views, and apply the solution to new circumstances.		Approach the problem analytically, estimate pertinency and reliability, and embody the solution through problem solving process.
Stages of problem solving	Divergent thinking	Critical thinking
	Fluency · Flexibility · Originality	Pertinency · Reliability · Elaborateness
Confirming and defining problems	<ul style="list-style-type: none"> · Explain, construct and define the problem in new and various ways. (Originality) 	<ul style="list-style-type: none"> · Decide the pertinence of the problem definition. (Pertinency) · Identify theories and phenomena related to the problem. (Reliability) · Embody interpretation and definition of problem. (Elaborateness)
Making hypotheses (planning the strategy of problem solving)	<ul style="list-style-type: none"> · Make hypotheses variously and originally. (Flexibility, Originality) 	<ul style="list-style-type: none"> · Decide pertinence by predicting result from each hypothesis. (Pertinency) · Decide pertinence to statement of hypotheses. (Pertinency)
Gathering and selecting information	<ul style="list-style-type: none"> · Gather information needed for problem solving in many ways. (Fluency, Flexibility) · Gathering information in views different from existing viewpoint or direction. (Originality) 	<ul style="list-style-type: none"> · Confirm the relationship between information and problem solving in all aspects. (Reliability) · Classify information into fact and opinion. (Reliability) · Confirm clearness and reliability of gathered information. (Pertinency, Reliability) · Embody conclusion by combining related or new information. (Elaborateness)
Projecting and elaborating solutions	<ul style="list-style-type: none"> · Projecting new solutions in various view. (Fluency, Flexibility) · Projecting new solution by combining information seemed not to be related to each other. (Originality) · Apply the projected solution to new circumstances. (Originality) 	<ul style="list-style-type: none"> · Estimate the pertinency of new solution using the deductive inference. (Pertinency) · Estimate the pertinency of assumptions involved in new solution. (Pertinency) · Elaborate solutions. (Elaborateness) · Confirm whether the solution is applicable to another situations or not. (Pertinency)

학년개념 및 하위개념으로 나누어 제시하였다.

한편, 기존의 과학 교육과정에서 탐구과정 기술에 대한 중요성은 계속 강조하였으나, 탐구과정 기술이 과학 내용(개념)과 같은 위치에 있기보다는 대체로 개념을 습득하는데 활용되는 도구의 위치로 제시되고 있다. 그러나 이 연구에서는 과학적 개념과 탐구과정 기술은 모두 문제 해결을 위해 동등한 비중을 차지하는 것으로 간주하여 탐구과정 기술을 교육과정에서 내용 지식과 동등하게 가르쳐져야 할 과정 지식으로 규정하였으며, 각 학년간에 연계성을 갖도록 과정 지식을 가르치는 단원을 별도로 구성하도록 하였다. 과정 지식을 기본적인 과정 지식과 통합적인 과정 지식으로 크게 나누어 저학년에서 고학년에 이르기까지 기본적인 지식 기반 위에 점차 높은 수준의 통합적 과정 지식을 첨가해 가며 배울 수 있도록 과정 지식을 구성하였다. 이 연구에서 선정한 기본 과정 지식으로는 관찰, 분류, 측정, 의사소통, 추론, 예측이었으며, 통합적 과정 지식으로는 가설설정, 실험설계, 실험, 자료수집 및 처리였다.

확산적 사고와 비판적 사고를 창의적 사고 기능의 요소로 보았다. 확산적 사고는 창의적인 문제 해결을 위해서 문제를 발견하여 정의하고, 새롭고 독창적인 해결책 또는 대안을 찾아보는데 기여하는 것으로 규정하고, 유창성, 융통성, 독창성을 확산적 사고의 구성요소로 규정하였다. 비판적 사고는 문제를 정의하고, 문제와 관련된 정보들의 적절성과 신뢰성을 판단하며, 문제에 적절한 해결책을 찾아 구체화하는 문제해결 과정에서 논리적이고 체계적으로 사고하는 기능으로서, 적절성, 신뢰성, 정교성을 그 구성요소로 선정하였다. 또한 이러한 창의적 사고 기능이 궁극적으로 문제해결을 가능하게 해야 하므로 문제확인 및 정의-가설설정(문제해결 전략의 수립)-정보의 수집 및 선택-문제해결 방안 구안-해결방법의 정교화의 5가지를 과학적 문제해결 단계로 선정하였으며, 각 단계별로 확산적 사고와 비판적 사고의 요소들을 각각 적용하였다.

이처럼 본 연구는 교육과정 개발에 주안점을 두었다. 개발된 교육과정이 교사들에게 창의적 문제 해결력을 신장시킬 수 있는 수업의 방향을 제시하거나 수

업 구성을 도와주는 역할을 담당할 수 있을 것이다. 그러나 실제로 학생들의 창의적 문제 해결력을 신장하기 위한 수업을 하기 위해서는 이 연구에서 개발된 교육과정을 바탕으로 수업에서 사용할 수 있는 다양한 활동들을 개발할 필요가 있으며, 활동을 잘 수행할 수 있는 교수학습법 개발이나 선정도 필요할 것이다. 또한 개발된 교육과정을 수업현장에서 적용하였을 때 나타나는 효과에 대한 검증도 필수적이라 할 수 있다.

적 요

이 연구에서는 창의적 문제 해결력 신장을 위하여 중학교 과학 교육과정을 내용 지식, 과정 지식, 창의적 사고 기능의 3요소를 중심으로 재구성하였다. 내용 지식은 에너지, 변화, 구조, 상호작용, 안정성의 5가지 주제를 중심으로 구성하였으며, 과정 지식은 관찰, 분류, 측정, 의사소통, 추론, 예측의 기본 과정 지식과 가설설정, 실험설계, 실험, 자료수집 및 처리 통합적 과정 지식으로 구성하였다. 창의적 사고 기능은 확산적 사고와 비판적 사고로 규정하고, 확산적 사고의 요소로는 유창성, 융통성, 독창성을, 비판적 사고 요소로는 적절성, 신뢰성, 정교성을 선정하였다. 또한 이러한 창의적 사고 기능이 궁극적으로 문제해결을 가능하게 해야 한다고 보고 5가지의 과학적 문제해결 단계를 선정하였으며, 각 단계별로 확산적 사고와 비판적 사고의 요소들을 각각 적용하였다.

참 고 문 헌

- 교육부(1992). 제 6차 교육과정의 개요. 서울: 교육부.
- 교육부(1997). 과학과 교육과정. 서울: 교육부.
- 김경자, 김아영, 조석희(1997). 창의적 문제해결력 신장을 위한 교육과정 개발의 기초: 창의적 문제해결의 개념모형 탐색. 교육과정연구, 15(2), 129-153.
- 조연순, 최경희, 조덕주(1997). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 초등 과학 교육과정 연구-현행 교육과정, 교과서, 수업현장 분석 연구-. 초등교육연구.

11. 185-211.
- 조연순, 최경희, 조덕주(1998). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 과학 교육과정 개발 연구-주제 중심의 초등과학교육과정 내용구성-. 한국과학교육학회지, 18(4). 527-537.
- 최경희, 조연순, 조덕주(1998). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 중학교 과학 교육과정 연구-현행 교육과정과 수업현장 분석을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 18(2). 149-160.
- AAAS(1990). *Project 2061: Science for all Americans*. Oxford University Press.
- Adolf, J.(1982). *Creative thinking through science*. ED 232 785.
- California Department of Education(1990). *Science Framework for California Public Schools*. Scacrmento: Author.
- Champagne, A. B. & Newell S. T.(1992) Directions for research and development: Alternative methods of assessing scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(8), 841-860.
- Department for Education(1995). *The national curriculum*. London: United Kingdom for HMSO.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: D. C. Heath.
- Guilford, J. P.(1959). Creativity. *American Psychologist*, 5. 444-454.
- Isaksen, S.G. & Treffinger, D.J.(1985). *Creative problem solving: The basic course*. NY: Breatly Limited.
- Kahney, H.(1986). *Problem Solving: A Cognitive Approach*. Milton Keynes, Philadelphia: Open University Press.
- Lubart(1994). Creativity. In Sternberg, R. J. (Ed.), *Thinking and Problem Solving*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McNeil, J. D. (1990). *Curriculum*. CA: Harper Collins.
- Moravcsik, M.(1981). Creativity in science education. *Science Education*, 65, 221-227.
- National Research Council(1996). *National Science Education Standards*. Washington D.C: National Academy Press.
- Neuman, D. B.(1993). *Experiencing elementary science*. CA: Wadsworth Inc.
- Rossman, J. (1931). *The psychology of the inventor: A study of the patentee*. Washington, DC: Inventors Publishing Co.
- Starko, A. J.(1995). *Creativity in the classroom*. N.Y: Longman.
- Sternberg, R. J.(1988). *The nature of creativity*. N.Y: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J.(1994). *Thinking and problem solving*. San Diego, CA: Academic Press.
- Torrance, E.P(1962). *Guiding creative talent*. Englewood Cliffs,NJ:Prentice-Hall.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B.(1994). *Creative Problem Solving: An Overview*. In M. A. Runco.(Eds.). Norwood, NJ: Ablex.
- Urban, K. K.(1995). *Creativity-A component approach model. A paper presented at the 11th world conference on the education for the gifted and talented*. Hong Kong: July 31-August 4.
- Wallas, G.(1926). *The art of thought*. New York: Harcourt Brace.
- Weisberg, R.(1986). *Creativity: Genius and other myths*. NY: W.H. Freeman and Company