

초등 과학영재를 위한 생명 영역의 심화형 교수학습 자료 개발

임채성

(서울교육대학교)

Development of Enrichment-Type Teaching and Learning Materials for the Elementary Science Gifted on Life Areas of Science

Lim, Chae-Seong

(Seoul National University of Education)

ABSTRACT

In this study, to explore the ways of the development of the effective and desirable teaching and learning materials for the elementary science gifted, relevant previous research results were critically examined and integrated. Then a theoretical background was established and specific materials in Life Areas of elementary science was developed based on the science knowledge construction types of 'What', 'How', and 'Why'. The results could be summarized as follows: (1) The types of educational programs for the science gifted were categorized and defined as 'General-Level', 'Early-Growing, Fast-Growing General Level', and 'Slow-Growing Enrichment, Excellence' Types. (2) For 5th graders, in the unit of 'Environment and Living Organisms', some activities of Enrichment Type for subject on 'Changes of Living Organism with Temperature' were developed following the processes of RDPE (Research-Development-Practice-Evaluation) and their ways of using and assessment were presented. On the basis of these results, several educational implications were discussed for further research and ways of applying to the science gifted education.

Key words : enrichment Type, teaching-learning materials, the science gifted, life science

I. 서 론

21세기는 지식기반사회로서 정보화, 다양화, 전문화를 특징으로 하는 시대이다. 영재는 국가발전에 필수적인 고급 두뇌자원이며, 과학 지식과 정보가 자원으로로서의 가치를 더해가는 오늘날에 있어서 과학 영재 교육을 통한 인적 자원의 개발과 이들에 의한 과학 지식과 정보의 창출은 무한경쟁시대에서 국가사회의 미래를 대비하는 최선의 방편이다.

우리나라는 1969년과 1973년에 중·고등학교 평준화 정책으로 인해 교육의 수월성을 저해한다는 비난에 대한 보완책으로 1983년부터 영재를 위해 과학고등학교에서 수학·과학 영재교육 프로그램이 운영되기 시작했다. 그러나 특수목적 고등학교의 교과 운영이 본래의 설립 목적과는 달리 일류대학 입학의 지름길 역할을 하는 식으로 변하게 됨에 따라 국가·사

회의 발전에 기여할 국가적 인재 양성을 위한 새로운 차원의 교육정책이 제기되었다. 최근 영재교육진흥법(2000. 1. 28)의 제정과 영재교육진흥법 시행령(2002. 4. 18. 대통령령 제 17578호: 부록)이 공포됨에 따라 영재교육에 대한 국민적 관심이 고조되기 시작하였고 영재교육 활성화의 기틀이 마련되었다. 이를 위해 정부에서는 1998년부터 한국과학재단 지원을 통해 전국적으로 대학교를 중심으로 2004년 현재까지 전국 18개 과학영재교육원을 설립하여 수학, 과학, 정보 분야에서 초·중·고생을 대상으로 영재교육 프로그램을 개발·운영하고 있다.

영재교육진흥법 제1조(목적)에는 '재능이 뛰어난 사람을 조기에 발굴하여 타고난 잠재력을 계발할 수 있도록 능력과 소질에 맞는 교육을 실시함으로써 개인의 자아실현을 도모하고 국가 사회의 발전에 기여하게 함을 목적으로 한다'고 진술되어 있어 초등영재

이 연구는 2003년 부산교육대학교 초등교육연구소의 교과교육공동연구 지원에 의하여 수행되었음.

2005.10.27(접수), 2005.11.21(최종 통과)

E-mail: cslim@snu.ac.kr(임채성)

의 발굴과 체계적인 교육의 중요성을 강조하고 있다. 현재 우리나라의 과학영재교육은 영재학교, 시·도 과학고등학교, 대학부설 과학영재교육원, 시·도 교육청 과학영재학급에서 실시되고 있으며, 이들의 교육 프로그램들은 한국교육개발원에서 개발한 자료를 실정에 맞게 변형하거나 외국의 자료를 번역하여 사용하는 등 자체적으로 개발하여 사용하고 있는 경우가 많다. 그러나 이러한 프로그램의 질은 아직 체계적으로 검증되지 않은 상황이다.

이러한 상황에서 실효성 있는 과학영재 교육이 이루어지도록 하려면, 더 타당하고 신뢰로운 영재 판별과 선발된 과학 영재의 체계적인 교육이 필수적이다. 일반 학생을 대상으로 하는 경우는 물론, 과학영재를 대상으로 하는 교수학습도 과학자가 과학 지식을 구성하는 방법과 단계를 거쳐 이루어질 때 효과적이다. 일반적으로, 과학자는 다양한 탐구과정기능을 사용하여 자연 세계의 사물·현상을 기술하고(What), 그 현상이 일어나는 과정인 근접인(proximal cause)을 조사하며(How), 그러한 현상이 일어나는 이유인 궁극인(ultimate cause)을 규명하는 단계(Why)를 거쳐 과학 지식을 구성해 나아간다(Mayer, 1997). 특히, 생물학 분야에서는 이 세 가지 유형의 지식이 학문적인 측면에서 매우 중요한 틀 역할을 한다. 과학 영재교육에서도 이러한 「What → How → Why (WHW)」 접근법을 적극적으로 도입할 필요가 있다. 이에 이 연구에서는 과학 영재 교육에서 핵심적인 역할을 하는 교수학습 자료를 이론적 토대와 함께 개발하였다.

II. 연구 내용 및 방법

과학영재를 대상으로 한 교수학습은 속진학습(accelerative approach), 심화학습(enrichment approach), 간학문적 접근(interdisciplinary approach), 사사 학습(mentoring) 혹은 개별교수(tutoring) 등 다양하다. 그러나 사사 방법은 영재에 대한 임상적 지도방법이므로 영재의 개인적 특이성에 따라 이루어져야 하고, 속진학습 형태 역시 능력별로 상위 개념을 다루는 것으로 개별 영재의 특이성에 따라 이루어져야 한다.

이 연구에서는 이처럼 다양한 접근법 중에서 초등 과학 생명 영역의 심화학 습 과학 영재 교수학습 자료를 개발하기 위해 전체적으로 RDPE(Research - Development - Practice - Evaluation)를 토대로 다음과 같은 방법과 절차에 따라 진행하였다.

1. 심화학 습 접근에 대한 이론적 토대 구축(Research)

대학 부설의 각 영재교육원이나 교육청, 학교 단위의 영재교육에서 공통적으로 활용될 수 있는 심화학 습 접근에 대한 이론적 토대를 구축하였다. 이를 위해 영재교육 프로그램의 일반적 모형들과 그들에 관한 문헌을 비판적으로 고찰하고, 이를 바탕으로 영재를 위한 국내외의 과학과 심화 학습 프로그램을 분석하고 과학영재용 교수학습 자료의 개발에 관한 연구들을 종합하였다.

2. 초등 과학 생명 영역의 심화학 습 교수학습 자료 개발(Development)

일반적으로 초등학생들은 일반 학생이나 우수 학생 구분 없이 공통적으로 직접 접해 볼 수 있는 생명이나 지구과학 영역에 흥미를 많이 보인다. 이러한 특성을 고려하여 이 연구에서는 초등 과학의 주요 영역(물질, 에너지, 생명, 지구과학) 중 생명 영역에 초점을 맞추어 심화학 습 접근법의 이론적 토대를 구축하고, 그에 따라 구체적인 교수학습 자료를 개발하였다.

또한, 과학적 활동은 크게, 관찰, 측정, 분류 등과 같은 경험적 활동(empirical activity)과 변인 동정·통제, 추리, 자료해석, 일반화 등과 같은 분석적 활동(analytical activity)이라는 두 가지 중요한 속성을 가지고 있는데(Rigden, 1983), 일반적으로 초등학교의 정규적인 과학 교수학습에서는 경험적 활동이 대부분을 차지하므로, 이 연구에서는 영재학생들이 과학의 더 실제적인 측면을 이해하도록 하기 위해서 분석적 활동에 더 많은 비중을 두어 개발하였다.

초등학교 현장 교사, 초등과학교육을 전공하는 대학원생 교사, 과학교육 전문가가 정규 과학 교육과정의 생명 영역에서 단원별로 과학영재 학생들에게 더 심화시킬 수 있는 주제들을 추출하였다. 이 연구에서는 5학년 2학기 '환경과 생물' 단원의 '온도에 따른 금붕어 호흡수 변화' 주제에 대해 개발된 것을 제시하였다. 개발된 자료에는 용존산소와 같은 물리화학적 사실이나 원리도 활용하는 간학문적 접근도 포함시켰다.

3. 영재 학생들에게 적용(Practice)

P 대학교 과학영재교육원 초등과학반에서 수학하는 40명의 학생들을 10명씩 4개 집단(집단 A, B, C, D)으로 나누고, 심화학 습 교수학습 자료의 개발 과정에

따라 예비적으로 투여하여 문제점이나 보완할 점을 찾아내었다. 이처럼 자료 개발 과정에 따라 다른 하위집단에 투여한 이유는 같은 주제를 반복 경험함으로써 야기될 수 있는 흥미나 의욕의 감소 문제를 최소화하기 위해서이다.

4. 실태 분석 및 수정·보완(Evaluation)

앞 단계에서 나타난 문제점이나 미비점을 수정·보완하여 과학영재에게 투여하는 과정을 거쳐 교수학습 자료를 완성하였다(부록). 개발된 자료에 대한 적절한 평가 유형과 방법도 개발하여 제시하였다.

개발된 자료에 대한 내용타당도는 과학교육 전공자와 현장학교에서 영재교육을 담당하고 있는 교사들로부터 검증받았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학 영재 교육에서 심화형 접근에 대한 이론적 토대 구축

(1) 영재 교육 프로그램의 일반 모형에 관한 고찰

미국에서는 지난 40여 년 간 영재 교육과정의 개발 원리에 관한 연구가 수행되어 왔다. Ward(1961)는 영재를 위한 별별 교육 이론을 주장하고 교육과정 개발의 구체적인 원칙을 제시하였다. Meeker(1969)는 Guilford의 지능 구조를 활용하여 각 개인의 감정과 약점을 드러내 주는 학생 카드를 작성하여 프로그램 개발자들이 학생들의 약한 부분을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있는 교육과정을 개발할 수 있도록 하였다. 기억, 인지, 수렴적 사고, 확산적 사고, 평가 등의 영역에서 이러한 필요성을 지적하는 교육과정 일람표도 작성되었다. 그런가 하면 실제 문제를 해결해 보는 프로젝트 중심의 프로그램에 참여 시킴으로써 사고와 연구 기능을 훈련시키는 모형을 제시하였다. Gallagher(1985)는 국어, 사회, 수학, 과학 등의 핵심 교과 영역의 내용을 변형해야 한다고 강조하였다.

Stanley *et al.*(1974)는 영재들에게 변별적인 프로그램을 제공하기 위한 방법으로 특히 수학에서의 내용의 속진을 강조하는 접근 방식을 강조하였다. 그 후 Feldhusen & Kolloff(1979), Kaplan(1979), Maker(1982) 등이 영재 교육 프로그램의 개발에서 속진과 심화 학습을 모두 포함하는 병합적 접근 방법을 강조하였다. Passow(1982)는 내용, 과정, 산출, 행동, 평

가를 반영하는 주요 원칙을 세웠다.

그러나 영재 교육과정에 관한 연구는 아직 소수에 불과하고, 이미 이루어진 대부분의 연구들에서도 이런 프로그램이 다른 학생들에 비하여 영재 학생에게 특별히 효과가 있는지의 여부가 확실치 않다(Gallagher, 1985). 그 이유는 대부분의 연구가 서술 형식으로 보고되어 학급에서 무슨 일이 일어났지만 을 기록하였고, 교육 프로그램이 학습자의 욕구를 얼마나 충족시켜 주었는지, 수준이 적합하였는지에 대해서는 측정을 하지 않았기 때문이다(Kaplan, 1979). 일부 예외적인 연구의 경우, 내용 차원에서 숙달도의 증가를 측정하는 데 초점을 두었다(Keating, 1976; Benbow & Stanley, 1983).

영재를 위하여 개발된 프로그램이 학교 현장에서 효과적으로 활용되지 않게 되는 이유에는 여러 가지가 있다. Biological Sciences Curriculum Study(BSCS), Introductory Physical Science(IPS), Man: A Course of Study(MACOS), Project Physics 등과 같은 프로그램이 1950~1960년대에 미국에서 영재를 위해 개발되었지만 원래 의도와는 달리 모든 학생들에게 적용하였고 그 결과 효과가 별로 없는 것으로 나타났기 때문에 실패하였다. 그런가 하면 재정 부족으로 보급이 중단되거나, 실시하는 데 상당히 통제된 교육 환경을 필요로 하기 때문에 일반 학교 현장에서 더 이상 활용되지 못하고 사장되는 경우가 많았다.

영재 교육 프로그램의 효과에 대한 증거가 제시된 연구는 거의 없지만, 다양한 발달 단계에 있는 영재들을 위하여 다양한 교과 영역의 프로그램을 개발하는 데 성공적인 모형으로서, 내용 습득 모형, 과정-산출 연구 모형, 지적 개념 모형의 세 가지가 있다. 이를 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

1) 내용 습득 모형(Content Mastery Model)

내용 습득 모형은 이미 결정되어 있는 학습 영역 내의 학습 기능과 내용의 중요성을 강조하여 영재들에게 학습 내용을 가능한 한 빨리 습득하도록 격려한다. 주로 속진 학습이 이 모형의 주요 형태이다. 가끔 진단-처방 교수 접근 방식(Diagnostic-Prescriptive Approach)이 활용되기도 하는데 이러한 경우에는 학생들에게 사전 검사를 실시한 후, 그 결과에 따라 처방하여 그 교과 영역의 내용을 습득하는 데 적절한 자료를 제공한다.

진단-처방 접근 방식은 통제된 상황에서는 효과적인

인 것으로 나타났으나 학교 상황에서는 별로 사용되지 않고 있다. 그 이유는 여러 가지가 있다. 다른 모든 개별 교수학습 모형의 경우와 마찬가지로, 이를 실시하기 위해서는 매우 유능한 교사가 필요하다. 이 모형을 제대로 적용한다면 여러 학생들이 동시에 서로 다른 문제, 단원, 학습 자료 등을 사용해야 한다. 이것은 교사가 매우 숙련되지 않고서는 불가능하다. 또한 대부분의 과목별 특별 학습에서 실시되는 영재 교육은 핵심 내용 영역에 초점을 두지 않기 때문에 이 모형이 선호되지 않고 있다. 특히 영재 교육자들은 이 모형이 정규 교육과정과 같은 내용을 속도만 달리하여 적용할 때는 대부분 강의-토의 방식으로 학습을 이끌어간다. 그러나, 그 효과는 대체로 교사 개인이 얼마나 그 영역의 내용과 구조를 잘 소화했는가에 따라 달라진다. 대체로 이 모형은 훌륭한 프로그램을 일반 학생들이 배우는 것과 같은 기능과 개념을 영재 학생들이 짧은 시간에 더 많이 반복 연습하는 데 지나지 않을 우려가 있다.

진단-처방 접근 방식에서는 교사가 교수자로서보다는 학습의 촉진자, 보조자로서의 역할을 해야 한다. 이러한 접근 방식에 의하면, 교육과정은 그 영역내의 지적 내용에 의해 조직되고, 상당히 계열적이고 성취 정도를 쉽게 측정할 수 있다. 그래서 진단-처방 접근 방식은 수학 영역에서 영재를 발굴하는 데 매우 효과적으로 쓰였다(Keating, 1976; Benbow & Stanley, 1983). 그런데 이 접근 방식은 주로 영재들에게 보통 학생들보다 1년 정도 앞서서 상위 수준의 기능과 개념을 완전히 습득할 것을 요구하며 기존의 교육과정과 교과서를 사용하기 때문에 실시하는 데 특별한 추가 재정은 필요치 않다. 이 모형은 학생의 학습 속도에 맞추어 진행하기 때문에 전통적인 교육과정에서 더 빨리 진행하긴 하지만, 여전히 영재들에게 지적 도전감을 갖게 하는 데에는 미흡하다는 단점이 있다.

2) 과정-산출 연구 모형(Process-Product Research Model)

이 과정-산출 연구 모형은 과학과 사회 영역에서의 탐구 기능 학습을 강조하여, 학생들에게 질 높은 산출물을 생산해내도록 하는 데 목표를 둔다. 이 모형은 특정 주제를 탐구할 때 학생-전문가-교사가 상호 작용해야 하는 협동 모형이다. 강의보다 독립적인 활동과 지도를 더 강조하는 형태로서 학생이 특정 주제를 선택하여 탐구하는 과정에서 과학적 과정을 이

해하도록 한다.

3부 심화 학습 모형(Enrichment Triad Model; Renzulli, 1977)과 Purdue 모형(Feldhusen & Kolloff, 1978)이 대표적이고 성공적인 예이다. 중등학교 수준에서는 특별 학교의 과학 프로그램에서 주로 사용되었다.

이 모형은 학생들에게 문제를 인식하고 해결하게 하고 그 분야에서 이미 활동하고 있는 전문가들과 직접 교류하도록 한다. 과학 분야에서는 Argonne National Laboratory의 과학자들이 여름 동안에 중·고등학교 수준의 영재들과 함께 그 다음 학년에 수행할 프로젝트의 연구계획서를 작성한다. 학생들은 계획서를 작성할 때 적극적으로 참여하여 연구 주제를 검토하고, 문헌을 분석하며, 실험을 설계하고, 활동 계획을 세운다. 이러한 연구계획서는 교사뿐 아니라 과학자들에 의해서 검토·비판된다. 이러한 방식으로 학생들은 과학적 탐구에 필요한 탐구 기능의 개발에 초점을 두므로써 질 높은 과학 연구를 수행한다. 이 모형은 탐구 과정과 기능에 비하여 내용이 부수적이라는 점에서 내용 습득 모형과는 다르다. 즉, 학생의 관심사에 의하여 학습할 내용이 결정된다. 평가는 특정 기능이나 개념의 숙달도보다는, 산출 결과에 초점을 둔다. 또한 주어진 영역의 내용을 빠른 속도로 섭렵하는 것이 아니라 선택된 특정 주제를 깊이 있게 다루는 것이 특징이다.

이 프로그램 모형은 일반 학교의 과목별 특수 학급이나 특수 학교 수준의 총체적 과학 프로그램의 일부로서는 아주 훌륭하지만, 그 외에 일반 학교에서 활용되는 경우 학교를 조직하는 측면에서 문제가 있다. 즉, 교육과정상에서 학습의 범위와 계열에 혼동을 야기할 수 있다. 또한 초등학교 수준에서는 정규 교육과정에 포함된 핵심 내용 요소의 가치를 감소시키고 독립적인 학습 방략을 지나치게 우선시하는 경향이 있다.

그러나, 이 모형은 현재 미국에서 수학과 과학 영역에서의 미국 교사 집단이 추천하는 교육 방식에 가장 근접한 방식으로서 탐구를 기본으로 하며 학생 주도의 직접적인 문제 해결을 강조하여 학생 자신의 지식 체계를 스스로 구성해 가도록 이끄는 기능을 한다.

3) 인식론적 개념 모형(Epistemological Concept Model)

인식론적 개념 모형은 지식 체계의 각 요소들보다

는 전체를 이해하는 데 초점을 둔다. 학생들이 주요 아이디어, 주제, 원리 등을 접함으로써 그 구조들을 내면화, 종합하고 그 이후에는 경험하는 실례들을 통하여 그 인식을 더욱 증대시키도록 한다. 교사는 학생들의 토론과 논쟁 과정에서 해석상의 문제를 제기하는 질문자의 역할을 한다. 학생들은 대부분의 시간을 주로 읽고, 명상하고, 쓰는 데 사용한다. 이 모형이 목표하는 바는 학생들이 다양한 형태로 제시된 아이디어의 힘을 심미적으로 인식하는 것이다.

이 모형은 영재들에게 여러 가지 측면에서 효과적이라고 할 수 있다. 우선, 영재들은 일반 학생들에 비해 사물이나 현상간의 상호관계를 통찰하고 이해하는 능력이 뛰어나다. 한 개념의 전체적인 구조는 계속적으로 상호작용하는 형식과 내용에 기초를 두고 있다. 개념 교육과정은 심화 학습에도 활용될 수 있다. 왜냐하면 학생들로 하여금 전통적인 교육과정에서는 다루지 않는 많은 아이디어에 접하게 함으로써 특정 내용 영역만을 다룰 때는 얻을 수 없는 지적인 준거를 제공하기 때문이다. 나아가서 학생들로 하여금 창의적인 산출물을 비판적으로 분석하여 창의적 과정에 적극적으로 참여케 함으로써 창의적 과정과 지적 과정을 이해하는 토대를 제공한다. 또한 교육과정의 인지적 목표와 정의적 목표를 통합하는 맥락을 제공한다. 아이디어에 관한 토론은 학생의 감성을 자극할 수 있다.

미국의 여러 영재 교육 전문가들은 이 방법을 선호한다(Hayes-Jacob, 1981; Maker, 1982; Tannenbaum, 1983; Ward, 1961). 몇몇 교육과정은 이 모형에 의거하여 초·중등 수준의 교육과정을 조직하였다. 미국의 College Board Advanced Placement Program은 역사, 문학, 작문 영역에서 이 모형을 많이 활용하여 왔다. 또한 Junior Great Books 프로그램, Philosophy for Children, Man: A Course of study(MACOS) 등도 이런 접근 방식을 활용한 초등학교 프로그램이다. 이 프로그램들은 각기 특정 주제나 문제에 관한 지적 토론을 자극하기 위하여 소크라테스식 질문 방식을 활용하도록 요구한다. 탐구 대상에 대한 여러 영역에 걸친 비유의 창출이나 간학문적 사고를 많이 강조한다.

개념 모형은 주로 각 학문 영역에서 개인들이 각기 이룩해 놓은 업적을 총체적으로 꿰뚫어 볼 수 있도록 하는 장점이 있지만 이를 효과적으로 실시하기 위해서는 잘 훈련된 교사가 필요하다. 교사는 탐구

영역에 대하여 심층적인 지식을 가지고 있어야 하고, 다른 영역과 적절히 연계시킬 수 있는 능력과 함께 개념의 탐색 과정에서 일관성 있는 시각을 유지해야 한다.

이 모형은 교과 내용이나 탐구 기능이 아닌 아이디어와 주제를 토대로 조직된다. 이는 교수의 측면에서 상호작용을 상당히 많이 요구한다는 점에서 다른 두 모형에서의 독립적인 교수 모형과 대비된다. 지식 자체의 구조와 본질에 관한 관심이 이 모형에 깔려 있는 기본적인 원칙이다.

이 모형을 토대로 한 프로그램에 참여한 학생들에 대한 평가는 내용의 습득과 기능의 숙달에 의한 질 높은 산출물을 대상으로 하지 않고 심미적 지각과 통찰력에 초점을 두어 이루어진다.

이상의 여러 모형 중 어느 특정 모형만을 더 바람직한 것으로 선택하고, 그 이론만을 프로그램의 개발에 반영하는 것은 바람직하지 않다. 물론, 미국에서는 과학 영재 교육 프로그램을 개발하기 위해서 과정-산출 연구 모형이 가장 많이 사용되고 있으나, 내용 학습 모형, 인식론적 개념 모형에서도 일부 필요한 것으로 판단되는 부분은 얼마든지 우리나라의 과학 영재를 위한 프로그램 개발에서 고려되어야 할 것이다.

(2) 과학 영재를 위한 교수학습 자료의 개발에 관한 기존 연구

우리나라에서는 1987년 교육개혁심의회가 과학 기술 교육의 진흥을 위하여 다음과 같이 제안한 바 있다(교육개혁심의회, 1987).

- ① 과학과 수업 효과를 증대시키기 위하여 새로운 매체(컴퓨터, TV, 시청각 매체) 도입을 제도화한다.
- ② 평가 방법은 지식 이해와 적용, 과학적 문제 해결력, 실험 실시하는 세 영역으로 나누어 실시한다.
- ③ 사실과 법칙을 기억하도록 요구하는 교육 내용과 방법에 지식을 창조(발견)하고, 그 지식을 실생활에 사용하는 창의적 문제 해결력을 신장시키는 방향으로 전환한다.
- ④ 단일 분야간의 벽을 허물고 학문간 문제 접근 방법을 수용하고 다양한 문제 해결 방법을 경험시키는 교육 방법을 취해야 한다.
- ⑤ 교수학습은 실험·실습을 중심으로 운영한다.

그러나 이러한 제안을 영재들에게까지 적용하는 데는 문제가 있다. 왜냐하면 영재들은 과학 분야에서 매우 집중적인 작업을 해야 하고, 탐구 과정에 속달할 수 있는 기회를 많이 가져야 하기 때문이다. 결과적으로 과학 영재들에게는 과학을 현실 세계에 적용하는 것과 충분히 깊이 있는 과학을 하는 것간의 조화가 필요하다. 그러므로 과학 영재들이 과학을 심층적으로 이해하도록 도와주고 더 실제적인(authentic) 과학의 세계를 경험하게 하는 프로그램의 특성이 무엇인가를 살펴볼 필요가 있다.

Sternberg(1982)는 영재 교육에 관해 "...과학 교육은 좀 더 실제적으로 이루어져야 하고 또 그렇게 될 수 있다. 또 문제의 발견, 문제 해결, 문제의 재평가, 과학적인 보고 등에 관한 훈련을 하여야 한다. 이러한 훈련을 통하여 과학자들이 하는 것을 실제적으로 정확하게 보여줄 수 있고, 다른 재능을 갖고 있는 학생들에게까지도 과학을 자신의 직업으로 선택한 사람들은 소설이 아니라 과학을 하는 것이 어떤 것인가를 기초로 하여 선택할 수 있음을 보여줄 수 있다"고 역설하였다.

과학적 탐구는 자연세계의 신비에 관해서 아는 것뿐만 아니라, 사회적·환경적 문제를 해결하는 데에도 도움이 된다. 이런 탐구 활동을 위하여 영재들은 일반 과학 교수학습에서 보편화되어 있는 것과 같이 교사가 제시한 실험 절차를 맹목적으로 따라하게 하는 것보다는 과학적으로 사고하는 방법을 배울 필요가 있다. 왜냐하면 교사가 모든 실험 절차를 구조화하여 제시하고 학생들은 이에 따라 수행한 다음, 명백하고 쉽게 예상되는 결과만을 적도록 하는 것은 다른 사람이 말한 것을 모방하는 것에 지나지 않고 비과학적이기 때문이다.

이보다 더 적절한 방법은 실제로 과학적 연구와 밀접하게 관련된 학습 환경을 제공함으로써 영재들에게 과학적으로 사고하고 탐구하는 방법을 배워 과학 영재의 가장 중요한 특징인 동시에 임무라고 할 수 있는 과학지식 생산력을 함양하는 기회를 제공하는 것이다.

2. 초등 과학 생명 영역의 심화형 교수학습 자료 개발

(1) 고려 사항

지금까지 고찰·논의한 내용을 종합해 볼 때, 초등 과학 영재를 위한 교수학습 자료를 개발할 때 다음

과 같은 사항들을 고려할 필요가 있다.

- ① 「What → How → Why (WHW)」 단계를 거치면서 심층적 과학지식을 구성하는 기회를 제공한다.
- ② 실제적인(authentic) 과학 탐구에 참여시킨다.
- ③ 전문가들과의 직간접적인 상호작용을 통하여 과학자들의 활동·신념·특성을 이해함으로써 과학적 탐구 방법을 습득한다.
- ④ 과학과 다른 영역간의 관계를 이해하고 과학적 진보가 일상생활에 미치는 영향을 고려하여 윤리적 의미를 안다.
- ⑤ 직업과 다른 현상 세계에서의 응용을 포함하여 과학이 갖는 도덕적·윤리적 의미를 이해한다.
- ⑥ 학생들이 스스로 연구 주제와 연구 방법을 선택하게 한다. 즉, 교사는 보조자로서의 역할을 하고 실험 방법이나 과정, 이론에 관한 일반적인 강의나 지시는 가능한 한 지양하고 학생 스스로 계획을 세우고 수행하게 한다.
- ⑦ 학생들이 좌우반구 뇌기능과 다중지능 등 다양한 뇌기능을 활용하여 과학을 하도록(doing science, sciencing) 한다. 특히, 수준과 규모는 실제 과학자들의 과학과 다르더라도 과학태도, 과학탐구과정기능, 과학지식의 본질적인 측면에서는 실제과학(authentic science)을 추구한다.
- ⑧ 학생들에게 자기의 결론을 제시함과 동시에 그것을 논리적으로 설명하게 한다.
- ⑨ 모둠 구성원들과의 활발한 상호작용을 통해 개인 차원 이상의 새로운 산출물을 만들어 내게 한다. 즉, 협동 활동을 통해 모둠원들의 아이디어나 지식의 단순합보다는 창발성(emergent property)을 추구하도록 해야 한다(임채성, 1997). 또한 상호간의 협동심을 기르며 모둠의 한 구성원으로서 자신의 책임을 이해하게 한다.
- ⑩ 고차 사고 과정을 중시하여 지식의 단순한 습득·축적보다는 활용과 새로운 정보의 창출을 요구하되 선수 학습과 학습 준비도를 고려하며 교사의 직접적인 참여 정도를 점차적으로 줄여 나간다.

과학 영재를 포함하여 인간의 학습은 본질적으로 뇌의 구조와 기능을 토대로 이루어진다. 최근 들어 급속도로 밝혀지고 있는 인간 뇌의 구조·기능을 교육에 적용하고자 하는 노력(Gardner, 1983; Hart, 2002; Jensen, 1998, 2000; Sousa, 2001; Sylwester, 1995)을

최대한 반영하고, 영재 학생들의 고유한 뇌 특성 (Sousa, 2003)에 적합하도록 교수학습 자료를 개발하고 실제 수업을 실시할 필요가 있다. 특히, 이와 관련하여 초등학교 정규수업 시간에 다중지능을 활용한 과학 심화활동의 효과를 검증한 연구(이영아와 임채성, 2001), 학생의 학습양식과 좌우반구 뇌기능을 고려한 과학 교수학습의 효과를 조사한 연구(임채성과 김정용, 2003)는 인간의 뇌기능에 기초한 과학영재 교수학습 자료를 개발·적용하기 위한 토대를 제공한다.

또한, 인간이 어떤 대상을 이해하는 데 관련된 요소, 특히 과학자가 과학적 산물을 만들어내는 데 관련된 주요 과정이나 단계, 인간 뇌의 진화 과정, 개인 뇌의 구조·기능과 정보의 입력·처리 방식을 종합하여 개발된 뇌기반 과학교수학습모형(brain-based science teaching and learning model; 임채성, 2005)의 IDU(Interesting stage → Doing stage → Understanding stage) 혹은 ABC(Affective component → Behavioral component → Cognitive component) 접근법에 비추어 볼 때, 일반 학생뿐만 아니라 과학 영재를 대상으로 효과적인 교수학습 자료를 개발할 때 표 1과 같이 정의적 영역의 과학태도, 심체적 영역의 과학탐구과정기능, 인지적 영역의 과학지식과 이에 관련된 요소들이 적절히 반영되어야 한다.

과학 영재들을 대상으로 할 경우 위와 같은 정의적·심체적·인지적 영역과 관련된 활동 결과를 나타내는 산출물을 만들어낼 수 있도록, 수집한 자료를 바탕으로 자신의 아이디어를 논리적으로 제시하는 데

필요한 다양한 기능과 형식을 가르치고, 다양한 시청각 매개체를 활용하며, 기본적인 쓰기 형식과 도표 형식을 활용하게 하고, 다양한 산출 형식을 활용하도록 할 필요가 있다.

(2) 과학 영재를 위한 심화형 교수학습 자료의 개발 방향

속진학습, 심화학습, 간학문적 접근, 사사학습 혹은 개별교수 등의 다양한 영재교육 접근법(Heller et al., 2000; Karners & Bean, 2001) 중에서 장기적 측면에서 볼 때, 일반적인 과학자 수준에 이르는 인간을 조기에 길러내는 것보다 시기적으로는 더 늦되더라도 최종적으로 최상의 수준에서 과학을 하거나 최첨단의 영역을 개척할 수 있는 능력을 지닌 인재(early-growing, fast-growing, precocious general-level type)를 길러내는 것이 더 중요하다. 이 연구에서는 전자를 ‘속진일반형(early-growing, fast-growing, precocious general-level type)’으로, 후자는 ‘우량심화형(slow-growing, enrichment, excellence type)’으로 정의하고 이에 관련된 교육과정이나 교수학습 자료의 유형을 그림 1과 같이 모식화하였다. 생물학적으로 전자는 ‘조생종’, 후자는 ‘우량종’에 비유할 수 있다. 우리나라에서 일반적인 수준의 과학자 수가 적어 문제가 되는 경우는 별로 없기 때문에, 과학 영재교육에서는 장기적으로 우량형 과학자를 길러내는 것을 지향해야 한다. 이 연구에서는 이러한 이론적 토대에서 초등 과학 영재에게 효과적인 심화형 교수학습 자료를 개발하였다.

‘우량심화형’ 교육의 관점에서 볼 때, 영재들은 과

표 1. 과학 영재를 위한 학습 프로그램의 구성 요소

영역	요 소	예 혹은 사용 가능한 자료
태도	<ul style="list-style-type: none"> * 흥미, 호기심, 지적 욕구 * 개인과 집단 구성원으로서의 자기 책임을 이해한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 집단에서 지도자나 구성원으로서 활동할 수 있다. • 개인간의 유사점과 차이점을 인식한다.
과정 기능	<ul style="list-style-type: none"> * 그 학문과 관련된 기본 기능들을 강화한다. * 추상적·복합적·생산적인 사고를 개발하기 위한 기능들의 획득을 촉진시킨다. * 독자적인 연구를 수행하는 데 필요한 기능을 개발한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 연령·학년과 관련된 주요 학문의 범주와 계열을 다룬다. • 창의적 사고 • 비판적 사고 • 문제 해결 기능 • 연구 기능 • 다원적이고 다양한 자료들의 이용 • 대상을 관찰하고, 실험을 계획·수행하며, 데이터를 기록·분석·평가하는 능력의 개발 • 전문가들과의 상호작용을 통하여 과학자들의 활동, 신념, 특성을 이해
지식	<ul style="list-style-type: none"> * 문제나 주제의 통합에 초점을 맞춘다. * 주요 개념, 일반화된 법칙 이론들을 도입한다. * 과학 기술에서 이루어진 최신 발견·발명에 관한 정보를 제공한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 교육과정을 위한 내용은 다음의 것들로부터 도출할 수 있다. • 정규 과학 교육과정과 연계시키되 더 심화된 내용 • 학생 스스로 선택한 내용 • 확인실험, 발견실험, 프로젝트, 토론 활동을 포함시킨다.

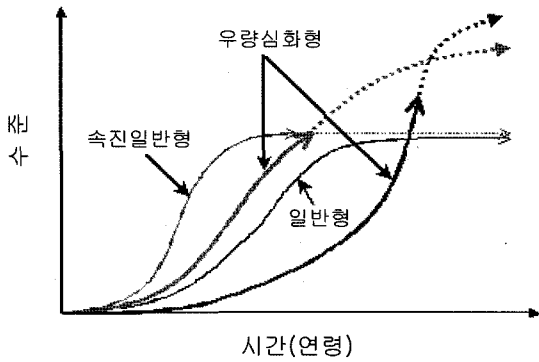


그림 1. 과학 영재교육 프로그램의 유형에 대한 모식도

학 분야에서 집중적인 활동을 해야 하고, 탐구과정기 능들을 마스터할 수 있는 기회를 많이 가져야 하므로 과학 영재들에게는 과학을 현실 세계에 적용하는 활동과 심층적 과학을 하기 위한 학습 활동이 균형을 이루도록 해야 한다. 이에 이 연구에서는 과학 영재들이 과학을 깊이 있게 이해하도록 도우며 실제 과학의 세계를 경험하게 하는 교수학습 자료를 개발하였다.

(3) 자료 개발 과정

먼저, 선정된 ‘온도에 따른 금붕어의 호흡수 변화’ 주제에 관해 심화의 구체적인 방향과 정도를 파악하기 위해, P 대학교 과학영재교육원 초등과학반에 재학중인 과학영재들에게 정규 과학 수업에서 이 주제에 관해 배운 내용을 상기시키고, 뇌기반 과학교수학습 모형(임채성, 2005)의 흥미·관심갖기 단계 활동의 일부로서, 집단 A의 학생들에게 “학교에서 배운 이 주제에 대해 더 알고 싶은 것은 무엇인가?”라고 물었다. 이것은 일반 학생들을 대상으로 하는 정규 과학 수업의 보조교재인 ‘실험관찰’에서 자주 제시되는 질문이다. 이 질문에 대해 “학교에서 한 것처럼, 4°C와 25°C 두 온도에서만 비교하는 것보다 다른 온도에서도 비교하고 싶다.”는 식의 대답이 많았다.

한편, 영재학생들을 대상으로 하는 교수학습에서는 단순히 기존 지식을 습득하는 것보다는 새로운 과학 지식을 창출하는 것에 비중을 두어야 한다는 측면에서 집단 B의 학생들에게 “학교에서 배운 이 주제에 대해 더 알아내야 하는 것은 무엇인가?”라고 물었다. 이 질문에 대해 “온도에 따라 ‘왜’ 호흡수가 달라지는지 알아야 한다.”는 식으로 근접인이나 궁극인을 추구하는 대답이 많이 나왔다.

집단 A와 집단 B 모두 “다른 동물들은 온도에 따라 호흡수가 어떻게 달라지는지 알고 싶다”는 내용의 대답이 공통적으로 나왔다.

이러한 응답을 종합해보면, Mayer(1997)가 말하는 과학자의 근접인과 궁극인 수준의 지식을 추구하는 것과 비슷함을 알 수 있다. 이러한 응답을 토대로, 개발 자료에 근접인 지식 추구를 위해 “왜 수온에 따라 금붕어의 호흡수가 다를까?”와 “다른 동물(포유류)은 온도에 따라 호흡수가 어떻게 달라질까?”라는 물음에 답하는 활동을 포함시켰고, 궁극인 지식 추구를 위해 “그러한 차이가 이들이 살아가는 데 이로울 점은 무엇인가?”라는 물음에 답하는 활동도 포함시켰다.

3. 영재 학생들에게 적용

위에서 개발된 자료를 집단 C에게 적용한 결과, “수온에 따라 금붕어의 호흡수가 왜 다를까?”라는 질문에 대해, “답답해서”, “더우니까” 등의 응답이 주류를 이루었고, 가끔 “물속의 산소가 부족하여”라는 식의 대답을 하였다. 이러한 응답은 원래 지향했던 근접인과 궁극인 수준의 지식을 탐색하기 위한 자료가 되도록 안내하거나 도와줄 수 있도록 보완할 필요가 있음을 시사한다.

한편 “쥐나 햄스터 같은 포유동물은 온도에 따라 호흡수가 어떻게 달라질까?”라는 질문에 대해서는 “금붕어와 비슷할 것 같다”, “포유동물은 온도가 변해도 호흡수는 비슷할 것이다”, “포유동물은 금붕어와 반대일 것이다” 등 다양하지만 단편적이고 피상적인 수준으로 응답하였다. 이러한 응답으로 볼 때, 이 부분은 과학 영재들이 더 심층적으로 사고할 수 있는 자료가 되도록 보완할 필요가 있다.

4. 실험 분석 및 수정·보완

(1) 자료의 수정·보완

앞 단계에서 파악된 문제점이나 미흡한 점을 보완하여, <부록>과 같이 온도에 따른 금붕어 호흡수의 일반적 경향을 보이는 데이터를 제시하고, 실제 과학자가 하는 분석적 활동 측면을 반영하여 가상의 두 과학자가 같은 데이터를 다르게 해석한 내용을 추가하고 과학영재 학생들이 이를 평가하고 그 평가가 맞는지 틀리는지를 알아볼 수 있는 방법을 고안하도록 하였다.

한편, 쥐, 햄스터, 사람의 호흡수 변화에 대해 ‘보

기'를 마련하여 택하게 하고 그렇게 생각하는 '이유'를 적도록 수정·보완하였다. 또한, 인간에 대한 내용을 따로 분리하여 생활하기에 최적인 온도를 제시하고 그 이유를 생각하여 제시하게 하였다.

이렇게 개발된 자료를 집단 D 학생들에게 투여한 결과, 처음에 의도하였던 수준까지 영재 학생들의 심화된 사고를 자극할 수 있었고, 궁극인 수준의 지식뿐만 아니라 용존산소의 개념과 물질대사 개념을 활용한 근접인 수준의 지식도 추구하도록 할 수 있었다. 이러한 효과는 개별적으로 수행하게 했을 때보다, 협동적인 상황에서 더 많이 나타났다. 이 주제와 관련하여 전체적으로는 심화형 접근법을 취하되, '용존산소'나 '물질대사' 개념은 초등학교 학생에게는 속진의 성격이 있다. 그러나, 이들은 주된 내용이 아니라 내용 이해에 도움이 되도록 쉬운 말로 제시하거나 부수적으로 필요한 것으로 다룰 수 있다.

(2) 자료의 효과적인 활용 방안

공식적인 과학 교수학습 활동은 실시되는 장소에 따라 교실, 과학실, 야외 등으로 나눌 수 있다. 이 연구에서 개발하여 제시하는 자료는 교실이나 과학실에서 활용할 수 있는 유형에 속한다. 이 연구에서 개발한 자료는 과학 지식 구성의 「What → How → Why (WHW)」 단계를 반영하였는데, what에 해당하는 내용은 현행 교육과정의 초등학교 과학 교과 5학년 2학기 '환경과 생물' 단원과 관련하여 정규 교육과정에서 배운 내용으로 하여 제시해 주고, how와 why에 해당하는 내용으로서 실제 과학자들이 하는 것과 같이 실제적으로 얻어진 데이터를 해석하고 자기 나름대로의 이론을 세우며, 이를 비판하고 검토하도록 개발하여 근접인 지식과 궁극인 지식을 창출·구성하도록 하였다.

일반 학생을 대상으로 하든 영재 학생을 대상으로 하든 과학 교수학습에서는 정의적·심체적·인지적 영역에 해당하는 과학태도, 과학탐구과정기능, 과학지식이 핵심적인 영역이다. 이 연구에서 개발하여 제시하는 과학영재 교수학습 자료는 기본적으로 실제 과학자들이 과학을 하는 방식(authentic science)을 단순화시켜 핵심 요소들을 모형화한 것이므로, 과학 교수학습도 그렇게 실시하고, 평가도 정의적·심체적·인지적 영역 전체에 걸쳐 지필평가, 수행평가, 포트폴리오 평가, 학생의 자평 등 다양한 방식으로 적절한 실제평가(authentic assessment)를 실시해야 한다. 즉,

전체적으로 어떠한 태도를 가지고(정의적 영역), 어떻게 하여(심체적 영역), 무엇을 알게 되었는가(인지적 영역)에 대한 평가가 이루어져야 한다.

과학 교수학습의 정의적 영역은 일반적으로 과학태도로 지칭되는데 과학에 대한 태도, 과학적 태도, 과학교육에 대한 태도를 포함하고, 심체적 영역은 과학탐구과정기능으로 지칭되고 기초탐구기능과 통합탐구기능을 포함하며, 인지적 영역은 과학의 산물로 지칭되는 과학지식으로 이루어진다(김찬중 등, 1999). 정의적 영역 중 과학에 대한 태도는 다시 과학에 대한 인식, 과학에 대한 가치부여, 과학에 대한 흥미, 과학자에 대한 태도 등으로 이루어지고, 과학적 태도는 자신성 및 적극성, 안정성, 적용성, 솔직성 및 객관성, 비판성, 협동성, 개방성 등으로 이루어진다. 과학탐구과정 기능 중 기초탐구기능은 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상 등으로 이루어지고, 통합탐구기능은 자료해석, 자료변환, 가설설정, 변인통제, 일반화 등으로 이루어진다. 과학지식은 사실, 개념, 원리, 법칙, 이론, 혹은 지식(기억), 이해, 적용, 분석, 종합, 평가 등으로 구성된다.

한 단원이나 차시 수업에서 이들을 모두 다루는 것은 현실적으로 불가능하다. 정의적·심체적·인지적 영역 중 어느 한 영역이 특히 많이 강조될 수도 있고, 한 영역내에서도 과학태도의 비판성, 탐구과정기능의 분류 기능, 과학지식의 원리와 같이 특정한 하위 요소들을 주로 다룰 수 있다. 그러므로, 과학영재 교수학습에서도 세 영역을 모두 다루는 것을 지향하되, 평가는 구체적으로 내용특이적(content-specific)이어야 한다.

IV. 요약 및 제언

1. 요약

이 연구는 초등 과학 영재를 위한 바람직한 교수학습 자료의 개발과 그 활용 방안에 대해 관련 연구들을 비판적으로 고찰하고 종합하여 이론적 토대를 마련하고, 실제로 초등과학 생명 영역에서 생물학 지식을 구성하는 「What → How → Why (WHW)」수준에 해당하는 교수학습 자료를 개발하였다. 이 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 초등 과학 영재 교육 프로그램의 유형을 일반형, 속진일반형, 우량심화형으로 범주화하였다.
- (2) 초등 과학 교과의 5학년 2학기 '환경과 생물'

단원의 '온도에 따른 생물의 변화' 주제에 대해 RDPE 과정에 따라 우량심화형 교수학습 자료를 개발하고 활용 방안과 평가 방안을 제시하였다.

2. 제언

이 연구 결과를 토대로, 초등 과학 영재 교육에 관한 연구와 실제 교육에 대해 다음과 같은 제언을 한다.

- (1) 과학 영재를 위한 교수학습 프로그램을 개발하고 적용할 때, 효과적이고 바람직한 교육을 위해, 먼저 심화형, 속진형 등에 대해 명확한 이론적 토대를 구축할 필요가 있다.
- (2) 과학 영재를 대상으로 교수학습이 이루어지는 주요 장소인 교실, 과학실, 야외 등에서 활용할 수 있는 다양한 자료들이 체계적으로 개발될 필요가 있다.
- (3) 과학 영재를 위한 교수학습 자료도 일반 과학 교육의 주요 목표 영역인 정의적·심체적·인지적 영역을 적절히 반영하여 개발될 필요가 있다.
- (4) 이 연구에서 개발한 교수학습 자료를 다양한 특성을 갖는 과학 영재들에게 실제로 투여하여 과학태도, 과학탐구과정기능, 과학지식 영역에서 구체적으로 어떠한 효과를 나타내는가를 체계적으로 검증하는 연구가 필요하다.

참고문헌

- 김찬중, 채동현, 임채성(1999). 과학교육학개론. 북스윌.
- 임채성(1997). 협동학습의 대뇌생물학적 기초: 아이디어-공유 창출 모델. 한국생물교육학회지, 25(2), 143-155.
- 임채성(2005). 뇌 기능에 기초한 과학 교수학습: 뇌 기능과 학교 과학의 정의적·심체적·인지적 영역의 연계적 통합 모형. 초등과학교육, 24(1), 86-101.
- 이영아, 임채성(2001). 초등학교 과학과 심화학습에서 다중지능을 활용한 과학활동이 초등학생의 과학탐구능력과 흥미에 미치는 효과. 초등과학교육, 20(2), 239-254.
- 임채성, 김정용(2003). 과학학습양식에 따른 4 MAT system 활용 초등 과학 수업의 효과. 한국생물교육학회지, 31(4), 320-331.
- 조석희, 김영민, 전경원, 박성희(1990). 중학교 영재를 위한 과학과 심화 학습 프로그램 개발 연구. 한국교육개발원.
- Benbow, C., and Stanley, J. (1983). Academic precocity. Baltimore, Md : Johns Hopkins University Press.
- Feldhusen, J. F., & Kolloff, M. B. (1979). A three-stage model for gifted education. Gifted Child Today, 4, 3-5, 53-57.
- Gallagher, J. (1985). Teaching the gifted child. (3rd ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Gardner, H. (1983). Frames of minds; The theory of multiple intelligences. N. Y: Basic Books. [이경희 역, (1993). 마음의 틀. 문음사.]
- Hart, L. A. (2002). Human brain and human learning. (3rd ed.). Books for Educators, Inc.
- Hayes-Jacob, H. (1981). Model for curriculum and instruction: Discipline fields, interdisciplinary, and cognitive process. Unpublished Doctoral Dissertation. Columbia University.
- Heller, K. A., Mönks, F. J., Sternberg, R. J., & Subotnik, R. F. (2000). International handbook of giftedness and talent. (2nd ed.). Elsevier.
- Jensen, E. (1998). Teaching with the brain in mind. Association for Supervision and Curriculum Development. Alexandria, Virginia. [김유미 옮김 (2000). 두뇌 기반 @ 교수. 푸른세상.]
- Jensen, E. (2000). Brain-based learning. (2nd ed.). The Brain Store Publishing.
- Kaplan, S. (1979). Language arts and social studies curriculum in the elementary school, In H. Passow (Ed.), NSSE Yearbook, The gifted and the talented. Chicago: University of Chicago Press.
- Karnes, F., & Bean, S. M. (2001). Methods and materials for teaching the gifted. Prufrock Inc. [이화국, 김연주, 문정화 옮김. (2003). 영재교육의 방법과 자료. 대교/한국교육평가센터.]
- Keating, D. (1976). Intellectual talent. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press.
- Maker, C. J. (1982). Curriculum development for the gifted. Rockville, Md: Aspen.
- Maker, C. J. (1986). Integrating content and process in the teaching of gifted student. In C. J. Maker (Ed.). Critical issues in gifted education: Defensible programs for the gifted. Rockville, Md., Aspen.
- Mayer, E. (1997). This is biology: The science of the living world. Harvard University Press. [최재천 옮김 (2002). 이것이 생물학이다. 몸과마음.]
- Meeker, M. (1969). The structure of intellect: Its interpretations and uses. Columbus, Ohio : Charles E. Merrill.
- Passow, A. H. (1982). Differentiated curricula for the gifted/talented. In Curricula for the gifted: Selected proceedings for the First National Conference on Curricula for the Gifted/Talented (pp. 4-20). Ventura, CA: National/State Leadership Training Institute on the Gifted and Talented.
- Renzulli, J. S. (1977). The enrichment triad. Wethersfield, Conn.: Creative Learning Press.
- Rigden, J. S. (1983). The art of great science. Phi Delta Kappan, 64(9), 613-617.
- Sousa, D. A. (2001). How the brain learns. (2nd ed.). Corwin Press, Inc.
- Sousa, D. A. (2003). How the gifted brain learns. Corwin

Press, Inc.
 Stanley, J., Keating, D., & Fox, L. (1974). *Mathematical talent*. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University press.
 Sternberg, R. J. (1982). Teaching scientific thinking to gifted children. *Roeper Review*, 4(4), 4-6.
 Sylwester, R. (1995). *A celebration of neurons: An educator's guide to the human brain*. Association for Supervision and Curriculum Development. Alexandria, Virginia.
 Tannenbaum, A. (1983). *Gifted children*. New York: Mac-Millan.
 Van Tassel-Baska, J., Landau, M., & Olszewski, P. (1985). Toward developing an appropriate math/science curriculum for gifted learners. *Journal for the Education of the Gifted*, 8(4), 257-272.
 Ward, V. (1961). *Educating the gifted: An axiomatic approach*. Columbus, Ohio: Charles Merrill.

<부록> 개발된 생명 영역의 심화형 교수학습 자료

주제: 환경(온도)에 따라 생물의 활동이 변화는 방식과 그 이유는 무엇인가?

학교 이름	조원 이름	조 이름
_____ 초등학교		
_____ 초등학교		
_____ 초등학교		

여러분은 학교에서 온도에 따라 금붕어의 호흡수가 어떻게 달라지는지에 관해 공부했을 것입니다. 이제는 여러분이 학교에서 다른 친구들과 함께 공부한 것보다 더 깊이 있게 탐구해 봅시다.

이 탐구 활동을 잘 하려면 여러분 각자는 물론이고 조원들과 열심히 토의하여 여러 가지 방향으로 생각해보고 실험해 보아야 합니다.

‘배활준’이라는 과학자와 ‘고온식’이라는 두 과학자가 4°C와 25°C 물이 들어 있는 두 개의 큰 시험관에 금붕어 한 마리씩 넣고 ‘온도에 따른 금붕어의 호흡수’를 관찰하여 기록하였다. 이 두 과학자는 다른 금붕어를 가지고 이러한 관찰과 실험을 30번 반복하였다. 이렇게 30번 반복하여 기록한 호흡수들을 두 조별로 평균하였다. 그 결과는 다음 표와 같다.

물의 온도	4°C	25°C
금붕어의 호흡수 (1분 동안 아가미를 뻐끔거린 수)	80	180

이들 두 과학자는 이러한 관찰결과를 바탕으로 하

여 다음과 같은 결론을 내렸다.

- (1) ‘배활준’이라는 과학자가 이 결과를 해석하여 내린 결론:

“물의 온도가 올라가면, 금붕어 몸의 활동도 늘어난다. 몸 안의 여러 가지 활동이 늘어나면 산소가 더 많이 필요하게 된다. 그래서 물의 온도가 올라가면, 금붕어의 호흡수가 증가한다.”

- (2) ‘고온식’이라는 과학자가 내린 결론:

“금붕어의 몸이 정상적으로 활동하려면 일정한 양만큼의 산소가 필요하다. 그런데, 물의 온도가 올라가면 물 속에 녹아 있는 산소가 줄어들기 때문에, 온도가 올라가면 금붕어의 필요한 양만큼의 산소를 얻기 위해 호흡수가 증가한다.”

1. 어느 과학자의 해석과 생각이 맞을까?

배활준 () 고온식 ()

이유 :

2. 그러면, 여러분이 맞다고 생각하는 과학자의 결론이 실제로 맞는지 알아보기 위해 어떻게 해야 할까? 또는, 틀렸다고 생각하는 과학자의 결론이 틀리다는 입증하려면 어떻게 해야 할까? 이 두 과학자가 내린 결론이 맞는지 틀리는지를 검증하는 실험 과정을 세워야 합니다. 어떤 과정들을 통해서 실험을 해야 할지 자세히 적으시오. 그리고, 각 과정을 거쳐야 하는 이유도 함께 적으시오.

3. 이 두 과학자가 다른 금붕어를 가지고 관찰과 실험을 30번 반복한 이유는 무엇인가?

4. 쥐, 햄스터, 사람의 호흡수(호흡량)는 온도가 4°C 일 때와 25°C일 때 호흡이 어떻게 될까? 자기 조원들과 토의하여 얻은 결론을 이유와 함께 적으세요.

① 두 온도에서 비슷하다. ()

② 4°C일 때 더 높다. ()

③ 25°C일 때 더 높다. ()

<이유>

5. 온도에 따른 동물의 이러한 호흡수 변화가 이들이 살아가는 데 이로온 점은 무엇인가?

6. 사람이 생활하기에 적합한 온도는 17~20°C라고 한다. 그 이유는?