

## 서울대학교 과학 영재 프로그램의 학습 목표, 과학적 모형, 과학탐구의 인지 과정 분석

신미영<sup>1,\*</sup> · 전미란<sup>2</sup> · 최승언<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 지구과학교육과, 151-748, 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

<sup>2</sup>서울대학교 과학영재센터, 151-748, 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1

### The Analysis of the Educational Objectives, Scientific Models and Cognitive Processes in Scientific Inquiry of the SNU Scientifically Gifted Student Program

My-Young Shin<sup>1,\*</sup>, Miran Chun<sup>2</sup> and Seung-Um Choe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Science Education, Seoul National University,  
Shinlim Dong, Gwanak-Gu, Seoul 151-748, Korea

<sup>2</sup>SNU Science-gifted Education Center, Seoul National University,  
Shinlim Dong, Gwanak-Gu, Seoul 151-748, Korea

**Abstract:** We have analyzed the science-gifted educational program (year 2002) at the Seoul National University in terms of its educational objectives, scientific models, and cognitive processes in scientific inquiry in order to provide insights into developing and improving science-gifted educational program. We assumed the following items as important factors for teaching scientifically gifted students: higher-order thinking skills involving synthesis domain in the educational objectives, highly abstract nature and complexity in the scientific models, cognitive processes of planning experiments in the cognitive processes in scientific inquiry. According to the analyzed results, the program has the following characteristics: (1) the rates of both higher and lower-order thinking skill domain in the educational objectives are similarly high, but the rate of synthesis domain is relatively low; (2) in the case of the scientific models, the rate of the multiple concepts and/or processes model is relatively low, while the level of the abstractness is relatively on average; (3) cognitive processes of authentic scientific inquiry is not thoroughly reflected in the scientific inquiry activities, and very few cognitive processes of planning experiments factor is reflected. Therefore, we conclude in the synthesis domain in the educational objectives, multiple concepts and/or processes model, and cognitive processes of planning experiments should be especially reflected more on the science-gifted educational program in order to serve the needs of scientifically gifted students.

**Keywords:** gifted students, science-gifted educational program, educational objectives, scientific model, cognitive processes in scientific inquiry, higher-order thinking skills, creativity

**요약:** 본 연구는 과학 영재 프로그램을 개발하고 개선하는 데 반영하고자 2002년도 서울 대학교 과학 영재 교육센터에서 운영된 과학 영재 프로그램의 각 주제에 제시된 학습 목표, 과학적 모형, 과학 탐구의 인지 과정을 분석하였다. 교육 목표와 과학적 모형, 탐구 활동의 세 요소들은 과학 교육 과정의 구성에 있어서 중요하다는 판단 아래 각 요소들이 제시된 정도를 파악한 후 이들의 수준이 영재 학생들의 인지적 요구를 충족시키는지에 초점을 두어 분석 결과를 해석하였다. 이에 따라 교육 목표의 인지 영역 중에서 상위 사고력 영역에 해당하는 종합 영역, 과학적 모형 중에서 상위 수준의 추상성과 복잡성 모형인 다 개념-과정 모형, 과학 탐구의 인지 과정 중 창의성 영역에 해당하는 실험 설계의 인지 과정이 과학 영재 학생들을 가르치는 데 중요한 항목임을 전체 하였다. 분석 결과 서울 대학교 과학 영재 프로그램

\*Corresponding author: adagioy@chol.com

Tel: 018-367-1207

Fax: 82-2-885-7655

의 각 주제에 제시된 교육 목표는 상위사고력 영역과 하위사고력 영역이 비슷한 비율로 나타나며, 그 중에서 종합 영역은 낮게 나타났다. 과학적 모형은 다 개념-과정 모형 보다는 단일 개념 모형이 많았으며 추상성 수준은 중간 정도였다. 과학 탐구의 인지 과정은 실제 과학 탐구의 인지 과정을 고르게 다루지는 않았다. 특히 실험 설계의 인지 과정은 적게 다루고 있었다. 따라서 분석한 과학 연계 프로그램이 과학 연계들의 인지적 요구를 충족시키기 위해서는 종합 영역의 교육 목표, 다 개념-과정 모형, 실험 설계의 인지 능력을 더 많이 반영해야 한다.

주요어: 연계, 연계 교육, 교육 목표, 과학적 모형, 과학 탐구의 인지 과정, 상위 사고력, 창의성

## 서론

많은 대학에서 과학 연계 교육을 실시한지 8년째를 맞이하고 있지만 실행되고 있는 과학 연계 프로그램들이 과학 연계 학생들의 특성과 그들의 교육적 요구를 충족시킬 수 있는 적절한 프로그램인지를 고찰해보는 연구는 아주 드물다고 하겠다. 과학 연계 프로그램이 연계 학생들의 능력을 개발하는 데 보다 효율적이고 체계적으로 운영되기 위해서는 이론적 고찰을 토대로 프로그램을 구성하기 위해 필요한 요소들에 대한 구체적인 평가가 필요하다. 이에 따라 본 연구는 과학 프로그램의 주요 요소들 나옴의 세 가지로 정하고 각 요소들이 연계들의 요구를 충족시키는 수준이 되는지에 대한 분석을 실시하였다.

첫째, 학습 목표의 설정은 과학 프로그램의 주요한 요소이다. Gross and Wills(2001)는 교육 목표들 '기대하는 학습 결과'로 정의하였으며, Bloom et al.(1981)은 목표가 무엇인지에 대한 규정이 없는 교육의 상태는 성립이 불가능하다고 하였다(유정화, 1995).

둘째, 과학적 모형은 과학 프로그램의 주요한 요소이다. 과학적 모형은 교사들이 학생들에게 어렵거나 친숙하지 않은 개념들을 잘 이해하도록 돕기 위해 사용되며(Gibson and Rea-Ramirez, 2002), John Gilbert(1993)는 모형이 '과학의 주요 산출물의 하나'임과 동시에 '과학 방법론에서 주요한 요소'이며 '과학 교육에서 주요한 학습(교수) 도구'라고 하였다. Grosslight et al.(1991)은 과학 교육에서 과학의 정의들 '개념 모형을 구성하는 과정'이라며 과학적 모형의 중요성을 강조하였다.

셋째, 과학 탐구 활동은 과학 프로그램의 주요한 요소이다. '과학 교육의 주된 목적은 학생들이 과학적인 사고를 배우도록 도와주는 것이며(AAAS, 1993; NRC, 1996), 이러한 과학적 사고력을 용이하게 하는 주된 방법은 탐구 활동이다'고 Chinn and Malhoura(2002)는 강조하고 있다.

위 요소들을 포함하는 과학 프로그램이 과학 연계 프로그램이 되기 위해서는 각 요소들이 연계들의 요구를 충족시키는 수준이 되어야 할 것이다. 따라서 연계 학생들의 학습 내용에 대한 인지적 특성을 먼저 알아야 위 세 요소들이 어떤 수준으로 다루어져야 할지 알 수 있을 것이다. Yager(1989)는 연계란 탐구 동기가 상하며 탐구하는 것에 관하여 양직, 질적으로 장의적이고 다양한 설명을 제시할 수 있는 높은 지적 능력을 가지고 있다고 하였다. Maker and Neilson(1995)은 이러한 연계 학생들에게는 차별화된 교육 과정을 제시해야 하며, 교육 과정의 내용에 있어서 차별화는 추상성, 복잡성, 다양성 등을 고려해야 한다고 하였다.

따라서 연계들의 특성을 고려한 과학 연계 프로그램은 위에서 말한 과학 프로그램의 주요 요소 세 가지가 추상성, 복잡성, 다양성 등에서 연계들의 인지적 요구를 충족시키는 수준으로 개발되어야 할 것이다.

세 요소에 대한 연구는 각각 Bloom의 교육 목표 분류학(Bloom et al., 1956), 과학적 모형의 유형학(Harrison and Treagust, 1998), 실제 과학 탐구의 인지 과정 분석들(Chinn and Malhoura, 2002)을 사용하여 나옴의 연구 과제를 해결하고자 한다.

(1) 과학 연계 프로그램에 제시된 학습 목표가 요구하는 인지 과정은 어떤 것들이 있는가?

(2) 과학 연계 프로그램에 제시된 과학적 모형의 유형은 어떤 것들이 있는가?

(3) 과학 연계 프로그램 탐구의 인지 과정은 실제 과학 탐구의 인지 과정과 유사한가?

(4) 분석 결과에 의하면 과학 연계 교육 프로그램은 어떻게 개선될 필요가 있는가?

## 연구 방법

### 연구 대상

분석 대상인 과학 연계 프로그램은 2002년도에 서

Table 1. Component of science gifted program

Component	Program	Earth science	Chemistry	Physics	Biology	Total
Educational objective		38	25	12	29	104
Scientific models		170	270	153	194	787
Scientific inquiry		10	21	10	17	58

울대학교 과학 영재 센터에 선발된 학생들에게 제공된 지구과학, 화학, 물리, 생물 영재 프로그램으로 총 101개의 주제로 구성되어 있다. 각각의 주제는 학습 목표, 수업에 필요한 자료, 주제와 관련된 이론적 배경, 학생용 탐구 활동으로 주로 이루어져 있다. 프로그램 중 일부는 한 주제 아래 두 가지 이상의 이론적 배경 및 탐구 활동을 다루는 경우가 있는데, 이 때는 각각을 한 주제로 간주하여 분석하였다.

Table 1은 각 프로그램에 세 가지 요소가 반영된 정도를 보여주고 있다. 학습 목표는 각 프로그램을 구성하는 주제들 중 일부에는 제시되어 있지 않았다. 학습 목표가 제시된 주제 중 일부는 한 주제에 두 가지 이상의 학습 목표가 제시되어 있거나, 두 가지 이상의 목표를 한 문장으로 진술하고 있었다. 이러한 경우에는 학습 목표는 '명사(내용)를 통사 한다(인식 활동)'로 제시되어야(Anderson, 1999)하므로, 제시된 학습 목표들 이에 맞게 세분화하였다. 예를 들어 '회전 원인으로 전향력이 작용하는 방향과 세기, 영향을 미치는 요인들을 알고 전향력에 대한 이해를 높인다.'와 같은 학습목표를 '회전 원인으로 전향력이 작용하는 방향과 세기, 영향을 미치는 요인 (내용)들을 알고 (인식 활동)', '전향력(내용)에 대한 이해를 높인다(인식 활동)'로 세분하여 각각 분석하였다. 이러한 과정에 따라 학습 목표들 세분한 결과 최종 분석 대상이 되는 학습 목표 수는 104개이다.

과학적 모형은 화학 반응식, 일기도, 해부도, 회로도 등이 있는데 각각을 한 개의 모형으로 하되 화학 반응식이 다 단계 반응을 나타내는 경우 반응식의 각 단계를 별개의 모형으로 다루었다. 그러나 수학적인 문제 해결 과정에서 방정식이 제시되었을 때 등호로 연결된 식의 전개 과정은 하나의 모형으로 다루며, 그 외 사진 자료는 분석에 포함시키지 않았다. 따라서 분석 대상이 되는 과학적 모형의 수는 787개이다.

과학 탐구 활동의 경우 전체 프로그램을 구성하는 101개 주제 중 56개 주제에 탐구 활동이 제시되어 있었다. 대부분 1개 주제에 1개의 탐구 활동이 제시되어 있으나 탐구 활동이 2개씩 제시되어 있는 주제

가 2개 있었다. 즉, '발산경계와 수렴경계의 특징과 그 해석'이라는 주제에는 'Reykjanes 해령', '수렴 경계'라는 2개의 탐구 활동이 제시되어 있으며, '화학전지'라는 주제에는 '전지의 전압과 전류에 영향을 미치는 요인', '여러 가지 전지'라는 2개의 탐구 활동이 제시되어 있었다. 따라서 분석 대상이 되는 과학 탐구 활동의 수는 58개이며 그 중에는 생물 프로그램의 4개의 주제에 각각 제시되어 있는 학생들의 과학 탐구 활동 보고서 4개가 포함되어 있다.

분석 도구

학습 목표 분석들은 Bloom et al.(1956)에 의해 개발된 교육 목표 분류학을 사용하였다. 학습 목표들 틀에 따라 분석한 후 분석, 종합, 평가는 상위 사고력으로 범주화하고, 지식과 이해 영역은 하위 사고력으로, 적용은 중간 수준의 사고력으로 범주화하여 분석 결과를 해석하였다. 그 중에서 종합 영역은 Bloom et al.(1956)에 의하면 지식 영역에 있어서 학습자에게 강의적 행동을 가장 분명하게 요구하는 것이다. 따라서 종합 영역은 과학 영재 프로그램에 제시된 학습 목표에서 강의성을 요구하는 수준에 대해 판단할 수 있는 요소가 된다.

과학적 모형의 유형에 대한 연구는 Harrison and Treagus(1998)의 과학적 모형의 유형학을 분석들로 사용하되 모의실험(simulation) 유형은 제외하였다(Table 2). 과학적 모형은 추상성과 복잡성 정도에 따라 분석하였다. 즉, 단일 개념을 다루는 모형 중에서 추상성 정도에 따라 크기 모형은 구체적인 모형으로, 교육적 비유모형은 하위 추상성, 기호와 상징 모형은 중간 수준의 추상성, 수학적 모형과 이론적 모형을 합하여 상위 추상성 모형으로 분류하였다. 복잡성 정도에 관한 정도는 다개념·과정 모형인 지도·도형·표 모형과 개념·과정모형을 합한 것을 복잡한 모형이라 하며, 단일 개념을 다루는 모형이 제시된 비율과 비교하여 분석 자료를 해석하였다. 이러한 다개념·과정 모형은 상위 사고력을 요구하는 모형으로(Harrison and Treagus, 1998; Sultana and Klecker, 1999), 과

Table 2. The scientific models typology

Scientific models	Definition and example	Abstractness
Scale models	Depicting colour and external proportions but rarely show internal details, functions and use	Concrete models
Pedagogical analogical models	Depicting abstract or nonobservable entities like atoms and molecules.	Concrete/Abstract models
Iconic symbolic models	Chemical formulae and chemical equations are symbolic models of compound composition and chemical reactions, respectively.	
Mathematical models	Physical properties, changes, and processes can be represented as mathematical equations	Abstract models
Theoretical models	Analogical representations of electromagnetic lines of force and photons are theoretical, because the models are human constructions describing well-grounded theoretical entities.	
Maps, Diagrams, Tables models	Visualizing objects, patterns, pathways and relationships that cannot be observed directly. Examples are periodic table, phylogenetic trees, weather maps, circuit diagrams, metabolic pathways, blood circulation, nervous systems, pedigrees, food chains, webs, and pyramids	Multiple concepts and/or Processes
Concept process models	Integrating multiple pedagogical analogical, symbolic, theoretical, and mathematical models. Examples are multiple models of acid and bases and oxidation-reduction.	

학 영재 프로그램에 제시된 과학적 모형의 사고력 수준을 판단하는 요소가 된다.

과학 영재 프로그램의 과학 탐구의 인지 과정에 대한 연구는 Chinn and Malhoua(2002)가 개발한 과학 탐구에서의 인지 과정 분석틀을 사용하였다(Table 3). 과학 탐구에서의 인지 과정 분석틀에는 14개의 인지 과정항목이 제시되어 있다. 14항목 중에는 단순한 변인 통제, 관찰 결과의 단순 변환, 비슷한 유형을 다양하게 연구의 인지 과정은 단순 탐구의 인지 과정이므로, 이를 제외한 나머지 11항목이 실제 과학 탐구의 인지 과정이다.

탐구 활동의 인지 과정 분석은 각각의 탐구 활동이 다루는 인지 과정의 유무로 판단하였다. 즉, 하나의 탐구활동에 방법론적인 견실 고려가 2회 이상 제시된 경우 '유'로 판단하고 1로 코딩하였다. 예를 들어, '전동기 만들기'라는 주제의 탐구 활동에는 '처음 만들면 코일이 안돌아 가는 경우가 많다. 이때에는 시범으로 만들어 온 것과 비교하며 세밀하게 살펴보고 돌아가도록 완성한다.'와 '코일 밖에 수직한 반쪽 반 피복을 짓기는 이유는 무엇인가?'라는 인지 활동이 있다. 이렇게 제시된 두 가지 인지 활동은 '방법론적인 견실 고려'의 인지과정이므로 방법론적인 견실 고려 항목이 2회 제시되어 있는 것이나 분석은 '전동기 만들기'라는 주제에 '방법론적인 견실 고려' 항목이 '유'인 것으로 판단하고 1로 코딩한 것이다.

이러한 방법으로 분석틀에 따라 탐구 활동의 인지

과정을 분석한 후, 그 중 11개 항목의 실제 과학 탐구의 인지 과정이 제시된 정도와, 그 중에서 실현 설계에 해당하는 변인 선정과 복잡한 변인 통제가 반영된 비율에 대한 결과를 해석하였다. 과학 탐구의 인지 과정 중 실현 설계의 인지 과정은 과학 탐구의 장의성 영역의 인지 과정이므로(Chinn and Malhoua, 2002) 이러한 인지 과정이 나타난 정도를 가지고 과학 영재 프로그램의 탐구에서 요구하는 인지 과정의 장의성 수준을 판단할 수 있는 요소가 된다.

위 세 가지 분석틀에 의해 과학영재 프로그램을 분석한 결과에 대한 논의는 분석 대상수가 많지 않기 때문에 통계 처리하지 않고 각 분석틀의 항목에 따른 비율을 근거로 기술하였다.

### 연구 절차

본 연구는 위에 제시된 연구 분석 대상에 대해 세 가지 분석 틀을 사용하여 약 1개월의 간격을 두고 3회에 걸친 분석을 통해 이루어졌다. 이는 연구가 한 명이 프로그램을 분석하는 데서 오는 낮은 신뢰도를 극복하기 위한 한 방법으로써 Wang(1998)의 연구 결과와 그 제언에 따른 것이다.

Wang(1998)은 프로그램을 분석한 연구들을 재분석하였는데, 프로그램 전체를 분석하는 많은 연구자들이 분석의 신뢰도를 확보하기 위해 일정한 기간을 두고 2회에 걸쳐 분석하고 있음을 제시하였다.

세 차례 분석 사이의 기간에는 각 분석틀과 관련

**Table 3.** Feature of Authentic Inquiry

Feature of reasoning task	Definition	Feature of inquiry
Generating own research question	Learners are not told what question(s) to investigate but develop these question on their own.	authentic
Selecting own variables	Learners are not told exactly what the relevant variables are but select and/or define these variables on their own.	authentic
Developing simple controls	Learners must control already-known variables.	simple
Developing relatively complex controls	Learners must be concerned about nonobvious controls.	authentic
Making multiple observations	Learners measure or evaluate measures of multiple variables.	authentic
Observing intervening variables	Learners measure or evaluate measures of intervening variables.	authentic
Using analog models	Learners conduct research with simplified analog models intended to represent real situations.	authentic
Simple transformation of observations	Learners transform observations in simple ways.	simple
Complex transformation of observations	Learners transform variables in ways that go beyond averaging or graphing.	authentic
Consideration of methodological flaws	Learners reason about possible experimental flaws in the method of the study they are designing or interpreting.	authentic
Developing theories about mechanisms	Learners develop or test theories about mechanisms.	authentic
Multiple studies of the same type	Learners conduct more than one study as they engage in inquiry on a topic, and the studies are all of the same type.	simple
Multiple studies of different types	Learners conduct different types of studies.	authentic
Studying expert research reports	Learners read research reports written by scientists or abbreviated, newspaper- or magazine-style reports of such research.	authentic

되는 인구 사례들을 살펴서 분석들에 대한 지식을 확대하였다. 2차 분석 결과와 1차 분석 결과가 일치하지 않은 항목은 연구자가 문헌 연구에 근거하여 판단하였으며, 3차 분석 결과와 2차 분석 결과가 일치하지 않은 항목은 과학 교육 전문가 2명, 영재 교육 전문가 1명과 논의하여 합의 도출하였다.

### 연구 결과 및 논의

#### 과학 영재 프로그램의 학습 목표

과학 영재 프로그램의 학습 목표는 적용 영역(C, 26.0%), 지식 영역(A, 20.2%), 이해 영역(B, 15.4%), 분석 영역(D, 14.4%), 종합 영역(E, 14.4%), 평가 영역(F, 9.6%) 순으로 나타난다(Fig 1). 결과에 의하면 창의적 행동을 요구하는 종합영역은 낮게 제시된 편이며 적용 영역이 가장 많이 요구되는 영역으로 나타났다. 이와 같이 적용 영역의 인지 수준을 요구하

는 학습 목표가 가장 많이 나타나는 까닭은 개념 획득이나 문제 해결을 위해 관찰이나 측정 등의 활동을 많이 하기 때문으로 판단되며 이는 과학 교과의 특성으로 볼 수 있다.

사고력 영역에 따라서는 상위 사고력 영역(D | E | F, 38.4%), 하위 사고력 영역(A | B, 35.6%), 중간 수준의 사고력 영역(C, 26%) 순으로 나타난다. 즉, 과학 영재 프로그램의 학습목표는 사고력 수준별로 고르게 제시되어 있으며, 그 중에서는 상위 사고력 영역의 학습 목표가 다소 많이 나타난다. 그러나 그 비율은 38.4% 정도이므로 프로그램 개발 시 영재 학생들의 인지 요구를 충분히 고려하여 학습 목표를 설정한 것으로 보기는 어렵다.

#### 과학영재 프로그램의 과학적 모형의 유형

과학 영재 프로그램의 과학적 모형의 유형은 중간 수준의 추상성 모형(C, 41.0%), 상위 추상성 모형

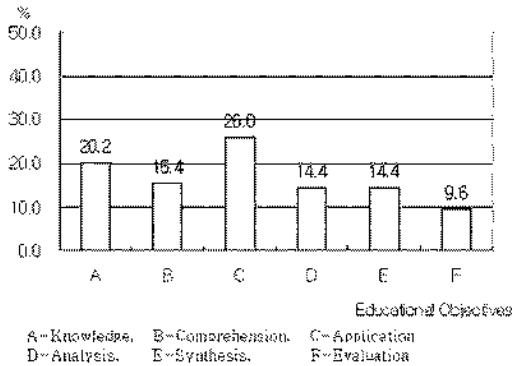


Fig. 1. Educational objectives in science gifted program.

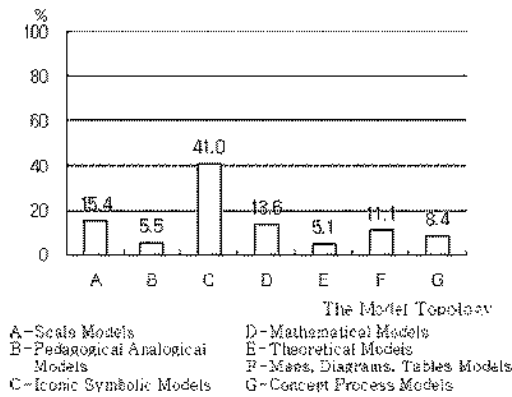


Fig. 2. Scientific models in science gifted program.

(D + E, 18.7%), 구체적인 모형(A, 15.4%), 하위 추상성 모형(B, 5.5%) 순으로 제시되어 있다(Fig. 2).

복잡성에 따라 살펴보면 단일 개념 모형(A~E)은 80.6%이며, 복잡한 모형인 다개념-과정 모형(F+G)은 19.5%로 전체 모형 중 복잡성이 큰 모형이 1/5 정도 차지한다.

또, 과학 영재 프로그램의 101개 주제는 모두 개념 설명을 하는 데 과학적 모형을 사용하고 있다. 이는 과학적 모형의 중요성을 강조하는 여러 가지 연구 결과들을 뒷받침하는 결과이다. 그러나 영재 학생들의 인지 특성을 고려하였을 때 요구되는 상위 추상성 모형보다는 중간 수준의 추상성 모형이 더 많이 다루어지고 있으며 대부분의 모형은 다개념 및 과정을 다루는 복잡한 모형보다는 단일 개념을 다루는 모형이 훨씬 더 많다. 즉, 프로그램에는 복잡성이 큰 모형이 높은 비율로 제시되어 있지 않으므로 영재들의 인지 특성을 충분히 반영한다고 보기는 어렵다.

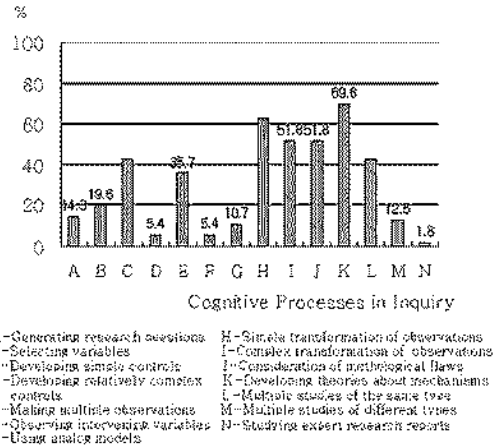


Fig. 3. Cognitive processes in science gifted program.

과학 영재 프로그램의 과학 탐구의 인지 과정

과학 영재 프로그램에 제시된 탐구의 인지 과정은 원리에 대한 이론 개발(K, 69.6%), 관찰 결과의 복잡한 변환(L, 51.8%), 방법론적인 결점 고려(J, 51.8%), 다양한 관찰(E, 35.7%), 변인 선정(B, 19.6%), 연구 문제 제기(A, 14.3%), 다른 유형을 다양하게 연구(M, 12.5%), 비유 모형(G, 10.7%)의 순으로 나타난다(Fig. 3). 그리고 낮은 비율이지만 복잡한 변인 통제(D, 5.4%), 매개 변인 관찰(F, 5.4%), 전문가의 연구 보고서 조사(N, 1.8%)의 인지 과정이 나타난다.

실험 설계의 인지 과정은 변인 선정(B)이 19.6%, 복잡한 변인 통제(D)이 5.4%로 23% 정도 제시되어 있다.

과학 영재 프로그램에서 다루는 101개 주제 중 탐구 활동은 56개 주제에 58개로 제시되어 있어 프로그램의 반 이상은 개념 이해나 문제 해결을 위해 탐구 활동을 제시하고 있음을 알 수 있다. 탐구 활동 중에서는 원리에 대한 이론 개발과 관찰 결과의 복잡한 변환, 방법론적인 결점 고려 등의 인지 과정을 요구하는 탐구 활동들이 많이 제시되어 있어 학생들이 이 세 항목에 해당하는 실제 과학 탐구의 인지 과정은 상대적으로 많이 경험할 수 있음을 알 수 있다. 특히, 방법론적인 결점 고려의 인지 과정 항목이 많이 다루어진 것은 고무적이다. 왜냐하면 가능한 실험의 오차를 고려하는 것은 학생들로 하여금 실험 기술을 발전하도록 하며, 이에 의해 학습 경험을 최대화 하는 기회를 제공(Germann, 1996)하기 때문이다.

그러나 선행 연구의 중요성에 비해 전문가의 연구

보고서 조사는 한 개 주제에만 제시되어 있고, 그 외 복잡한 변인 통제, 매개 변인 관찰도 매우 적게 제시되어 있는 것으로 나타나 실제 과학 탐구의 인지 과정이 고르게 반영되고 있지는 않은 것으로 해석된다. 또, 창의성 영역의 인지 과정인 변인 선정 항목과 복잡한 변인 통제 항목은 대체로 낮은 비율로 제시되어 있어 탐구의 인지 영역 중 창의성 영역이 충분히 고려된 것으로 보기는 어렵다.

### 영재 학생의 인지적 특성을 고려한 과학 영재 프로그램

과학 영재 프로그램을 세 가지 요소에 따라 분석한 후 각각의 요소에서 창의성 및 상위 사고력에 해당하는 항목을 요구하는 주제들을 살펴보면 다음과 같다.

교육 목표 분류학에서 상위 사고력으로 분류된 분석, 종합, 평가 영역 중에 학습자에게 창의적 행동을 요구하는 종합 영역 항목이 제시된 주제는 전체 101개 중 13개이며, 과학적 모형의 유형학에서 상위 사고력으로 분류된 나개념-과정 모형 항목이 제시되어 있는 주제는 전체 101개 중 31개이다. 그리고 과학 탐구의 인지 과정 분석들에서 창의성 및 독창성과 관계있는 실현 설계의 인지 과정 항목이 제시되어 있는 주제는 전체 101개 중 13개이다.

그리고 종합 영역, 나개념-과정 모형, 실현 설계의 인지 과정의 세 가지 항목들 중 두 개의 항목이 함께 반영된 주제는 3개, 세 개의 항목이 모두 반영된 주제는 1개 이다.

즉, 서울대학교에서 운영한 과학 영재 프로그램에는 창의성 및 상위 사고력을 요구하는 학습 목표, 과학적 모형, 과학 탐구의 인지 과정이 모두 함께 제시되어 있는 주제가 1개로 매우 미흡하며 두 개 이상의 항목이 함께 제시된 주제 역시 적지만, 전체 프로그램의 반영 정도가 세 항목 중 한 가지는 반영하고 있다. 그리고 각 프로그램은 한 주제 이상에서 각 항목을 적어도 하나 이상은 다루고 있다. 이는 서울대학교에서 운영하는 과학 영재 프로그램이 영재 학생들의 인지적 요구를 충족시키기에는 충분하지는 않지만 프로그램 개발 과정 시 각 요소들에 대한 공통된 논의가 이루어지지 않은 상태임을 고려해볼 때 영재 학생들의 인지적 특성을 어느 정도 고려하는 노력을 한 것으로 판단된다.

## 결론 및 시사점

서울대학교 과학 영재 프로그램의 학습 목표, 과학적 모형, 과학 탐구의 인지 과정은 분석 결과에 의하면 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

(1) 분석한 과학 영재 프로그램의 각 주제에 제시된 학습 목표의 인지 영역은 세 범주의 사고력 영역이 대체로 고르게 나타나지만 그 중에서는 상위 사고력 영역이 다소 많이 나타난다. 그러나 상위 사고력 중에서 창의성 영역인 종합 영역은 낮은 비율(14%)로 제시되어 있다.

(2) 분석한 과학 영재 프로그램의 각 주제에 제시된 과학적 모형은 나개념-과정 모형인 복잡한 모형이 단일 모형에 비해 적게 있으므로(19.5%) 분석한 과학 영재 프로그램은 주로 단일 개념을 다루는 것을 알 수 있다. 그리고 단일 개념 모형 중에서 상위 추상성 모형보다(18.7%) 중간 수준의 추상성 모형이 많이 있으므로(41%) 추상성 수준은 중간 정도이다.

(3) 분석한 과학 영재 프로그램에 제시된 탐구의 인지 과정은 원리에 대한 이론 개발, 관찰 결과의 복잡한 변환, 방법론적인 견심 고려의 세 항목이 가장 많이 이루어지는 실제 과학 탐구의 인지 과정이다. 또한 탐구 활동에서 창의성과 관련된 실현 설계를 요구하는 인지 과정은 제시되어 있으나 그 비율이 낮은 편이다(25%).

위의 결과는 서울대학교 과학 영재 프로그램을 분석하여 나온 결과이므로 우리나라에서 개발된 모든 과학 영재 프로그램의 특징이라고 할 수는 없다. 그러나 과학 영재 프로그램을 개발할 때에는 서울대학교 과학 영재 프로그램의 특징을 고려하여 다음과 같은 개선을 한다면 과학 영재들의 인지적 요구를 충족시킬 수 있을 것이다.

첫째, 과학 영재 프로그램에는 분석, 종합, 평가와 같은 상위 사고력 영역과 그 중에서도 창의성을 신장시키는 종합 영역의 학습 목표를 설정한 자료가 제시되어야 한다. 서울 대학교 과학 영재 프로그램의 학습 목표 중에서 이에 해당하는 예를 들면 '간단한 전기 회로에서 일어나는 일을 예측하고 설명할 수 있는 전류에 대한 모델을 만들어 보자', '화학 전지의 원리를 이용하여 여러 가지 방법으로 전지를 만들어 봄으로써', '다양한 분석 방법을 소개해 보도록 한다' 등이 있다.

둘째, 과학 영재 프로그램에는 크기, 기호, 화학 반응식과 같은 단일 개념을 다루는 모형보다는 모형이나 표와 같은 복잡한 다개념-과정 모형을 많이 사용하는 자료가 제시되어야 하며 단일 개념모형 중에서도 수학적 모형이나 이론적 모형과 같은 상위 수준의 추상성 모형을 더 많이 다루도록 해야 한다. 서울대학교 과학 영재 프로그램의 과학적 모형 중에서도 이에 해당하는 예를 들면 '빛의 굴절 및 반사 모형', '전해질에서 전류가 흐르는 원리 모형', '전동기의 원리 모형' 등이 있다.

셋째, 과학 영재 프로그램의 탐구 활동은 실제 과학 탐구의 인지 과정을 많이 반영하되 어느 한 항목에 치우치지 말고 각 항목을 고르게 반영해야 하며, 특히 창의성과 관련된 변인 선정과 복잡한 변인 통제 등의 실현 설계의 인지 과정을 반영하는 비율을 높여야 한다. 서울대학교 과학 영재 프로그램의 과학 탐구 활동에서 이에 해당하는 인지 과정은 '주어진 실현 기구들을 사용하여 달걀에 몇 mL의 공기가 들어 있는지를 알아보고자 한다. 가장 적합한 실현 장치를 설계 하여라', '몇 가지 준비물과 자료가 있다. 이것을 이용하여 달의 공전 주기를 구할 수 있는 방법을 생각해 보고', '코일이 돌아가는 속력을 알아내는 방법을 고안하여 구체적으로 쓰시오' 등이다.

### 참고문헌

서울대학교 지구과학교육과, 2002, 서울대학교 과학영재교육원 지구과학분과 자료집, 서울대학교 과학영재교육원, 112 p.  
 서울대학교 화학교육과, 2002, 서울대학교 과학영재교육원 화학분과 자료집, 서울대학교 과학영재교육원, 143 p.  
 서울대학교 물리교육과, 2002, 서울대학교 과학영재교육원 물리분과 자료집, 서울대학교 과학영재교육원, 141 p.  
 서울대학교 생물교육과, 2002, 서울대학교 과학영재교육원 생물분과 자료집, 서울대학교 과학영재교육원, 176 p.  
 유정화, 1995, 교육목적 분류학에 따른 중·고등학교 사회

과 평가의 사고력 수준 분석-정치·경제 영역을 중심으로, 서울대학교 석사 학위 논문, 90 p.  
 Anderson, L. W., 1999, Rethinking Bloom's Taxonomy: Implications for Testing and Assessment, ERIC Document Reproduction Service, ED 435 630, 25 p.  
 Bloom, B. S., 1956, Taxonomy of Educational Objectives-The Classification of Educational Goals- Handbook 1: cognitive domain, David McKay Company, New York, USA, 207 p.  
 Chinn, C. A. and Malhotra, B. A., 2002, Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks, Science Education, 86 (2), 175-218.  
 Cross, G. and Wills, K., 2001, Using Bloom To Bridge the WAC/WID Divide, ERIC Document Reproduction Service, ED 464 337, 26 p.  
 Germann, P. J., Haskins, S., and Auls, S., 1996, Analysis of Nine High School Biology Laboratory Manuals: Promoting Scientific Inquiry, Journal of Research in Science Teaching, 33 (5), 475-499.  
 Gibson, H. L. and Rea-Ramirez, M. A., 2002, Keeping the Inquiry in Curriculum Designed To Help Students' Conceptual Understanding of Cellular Respiration, ERIC Document Reproduction Service, ED 465 634, 17 p.  
 Grosslight, L., Unger, C., and Jay, E., 1991, Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts, Journal of Research in Science Teaching, 28 (9), 799-822.  
 Harrison, A. G. and Treagust, D. F., 1998, Modelling in Science Lessons: Are there Better Ways to Learn With Model?, School Science and Mathematics, 98 (8), 420-429.  
 Maker, C. J. and Nielson, A. B., 1995, Curriculum Development and Teaching Strategies for Gifted Learners, 2nd ed. Pro. Ed, Austin, USA, 345 p.  
 Sultana, Q. and Klecker, B. M., 1999, Evaluation of First-Year Teachers' Lesson Objectives by Bloom's Taxonomy, ERIC Document Reproduction Service, ED 436 524, 15 p.  
 Wang, H. A., 1998, Science Textbook Studies Reanalysis: Teachers "friendly" content analysis methods?, ERIC Document Reproduction Service, ED 423 142, 22 p.

2005년 2월 1일 원고 접수  
 2005년 4월 25일 수정원고 접수  
 2005년 5월 10일 원고 채택