

일반 초중등학교에서 과학영재를 위한 과학 심화학습 프로그램의 탐색

김 명 환/(김연구소)

I. 서 론

한국에서 영재교육에 관한 연구는 과학영재를 위한 교육을 중심으로 1980년대부터 시작되었다(이경행, 1980 ; 구미고등학교, 1982 ; 경기도교육위원회, 1982). 초창기의 연구는 과학영재를 위한 특수학교를 설립하기 위한 탐색으로 시작되었으며, 1983년부터는 경기도에 경기과학고등학교가 설립하기에 이르러 1996년 현재 15개의 과학고등학교에서 학생들을 선발하여 교육하고 있다. 1995년 9월에는 '조기 진급 및 조기 졸업제에 관한 제도'의 시행령이 공포되어 일반 학교에서도 영재교육을 실시할 수 있는 법적인 근거가 마련되었으며, 구체적인 실시방안에 관한 연구가 진행되고 있다(조석희 외, 1996).

전국에서 시범적으로 영재교육을 실시하고 있는 학교를 대상으로 실제적인 운영과 발전 방향에 대한 심포지움을 한국교육개발원에서 개최한 결과, 일반학교에서 영재교육을 실행하는데 여러 가지 어려움이 있다는 의견이 제시되었다(한국교육개발원, 1996). 그러한 어려움 중 하나는 조기 진급이나 조기 졸업을 원하는 학생들에 대한 구체적인 교육과정이 마련되지 않았다는 점이다.

조석희와 김양분의 연구(1994)에 의하면 우수아에 대한 영재교육을 실시하는 초중등학교 대부분이 과학 교과에 대한 교육을 실시하고 있다는 점에서 보면 영재교육을 실시하는데 과학심화학습자료의 개발 연구가 절실하다고 하겠다.

본 연구는 일반학교에서 과학영재교육을 목적으로 학생들을 선발하고 교육할 때 필요한 과학 심화학습 프로그램 개발에 대한 탐색을 시도하는 것으로 연구의 내용은 다음과 같다.

1. 과학영재에 대한 정의와 판별

- (1) 영재의 정의
- (2) 과학영재의 의미
- (3) 과학영재의 판별

2. 영재교육 방법의 두 범주

- (1) 속진 학습
- (2) 심화 학습

3. 과학교육과정의 모형

- (1) 과학교육과정의 요소
- (2) 상황을 강조하는 과학교육과정
- (3) 과정을 강조하는 과학교육과정
- (4) 지식의 구조를 강조하는 과학교육과정

4. 과학 심화학습 프로그램의 탐색

- (1) 심화학습을 위한 과학영재 판별 방법 및 과학교육과정의 예시
- (2) 과학 심화학습 프로그램으로서 눈덩이 프로그램의 특성과 예시

본 연구의 방법은 관련된 자료와 문헌을 조사, 수집하여 분석하는 이론적인 논의 과정으로 잇달은 실천연구가 요청된다.

관련된 자료로는 영재교육과 관련된 출판물과 연구보고서, 관련 법규, 각국의 영재교육 사례 관련 자료, 과학교육과정 관련 자료 등을 분석하였다.

관련된 문헌으로는 영재의 정의와 과학영재의 정의, 판별 방법, 영재교육 방법, 과학교육 과정에 관해 수집하여 이론적인 배경을 논의하는데 주로 활용하였다.

II. 과학영재의 의미 분석과 판별

1. 영재의 정의

영재교육을 논할 때 제기되는 문제는 “누가 영재인가?” 라는 물음이다. 교육의 대상을 영재라는 용어로 표현했기 때문에 이에 대한 정의를 반문하는 일은 당연한 것이라 할 수 있다. 실제적인 측면에서 보더라도 영재의 정의를 어떻게 하는가에 따라 영재교육 프로그램에 누가 혜택을 받는가가 결정되기 때문에 영재의 정의를 분명히 하는 것은 중요한 일이다.

그러나, 현재까지 영재교육에 관한 연구가 이루어졌어도 어떤 아동이 영재인가에 대하여 객관적이고 타당하다고 여길만한 영재의 정의는 계속 연구 논의 과제이다. 영재성에 대한 다양한 정의는 있어도 이러한 영재의 정의 중 어떤 정의가 더 타당하다고 판단하기에 어려움이 있다. 그 이유는 영재의 정의가 이론적이거나 학문적인 바탕에 근거하여 정해졌다가 보다는 영재교육을 실시하는 사회나 시대, 문화적인 요인에 의해서 결정되기 때문이다. 어떤 국가에서 영재교육을 실시할 때 그 목적이 무엇인가에 따라 영재의 정의는 가변적이기 때문이다. 다양한 영재의 정의 중 일반적으로 많이 받아들여지고 있는 최근에 제시된 몇 가지 영재의 정의를 살펴보면 다음과 같다.

마랜드(Marland, 1971)가 제시한 영재교육에 대한 건의를 받아들여 미국 교육부에서 1972년에 처음으로 내놓은 다음과 같은 영재의 정의를 바탕으로 미국의 대부분 영재교육 기관에서 영재교육 프로그램을 계획하여 실시하고 있다(Passow, 1993).

“영재는 뛰어난 능력으로 인하여 훌륭한 성취를 할 것으로 전문가에 의하여 판단된 아동이다. 영재들은 자신과 사회에 기여할 수 있도록 정규학교 프로그램 이상의 변별적인 교육 프로그램과 서비스를 필요로 하는 아동이다. 뛰어난 성취를 기대할 수 있는 아동들은 다음의 분야에서 이미 성취를 나타냈거나 잠재 능력이 있는 아동들이다.

- 가. 일반 지능
- 나. 특수 학문 적성
- 다. 창의적 또는 생산적 사고
- 라. 지도력
- 마. 시각적 공연 예술
- 바. 정신운동 능력

1978년에 미국 의회에서 정신운동 능력에 대한 분야를 제외한 개정안을 통과한 이후 현재까지 이 정의는 보편적인 영재의 정의로 받아들여지고 있다.

미국 문부성의 영재의 정의가 보편적인 의미를 지닌다면 렌줄리(Renzulli, 1986)가 세 고리 모형으로 제시한 영재의 정의는 실제로 영재를 선발할 때 가장 많이 인용되는 영재의 정의이다. 렌줄리는 미국의 문부성이 내린 영재의 정의에 대한 문제점으로 성취 동기를 무시한 점, 영재성을 나타내는 분야로 제시된 영역들이 서로 배타적이거나 독립적이지 못한 점, 실용적이지 못한 점들을 지적하면서, 실제로 사회에 뛰어난 공헌을 한 사람들은 높은 창의성, 높은 과제 집착력, 평균 이상의 지적 능력의 세 가지 특성을 보인다고 주장하면서 세 가지의 특성으로 세 고리 모형을 제시하였다. 탄넨바움(Tannenbaum, 1983)은 아동의 영재성을 “삶의 도덕적, 육체적, 정서적, 사회적, 지적, 심미적 가치를 높일 수 있는 활동 분야에서 아이디어를 생산하거나 수행할 결정적인 잠재 능력이 있는 사람” 이라고 정의하고 있으며, 이러한 잠재성이 계발되는 데에는 우수한 일반 지능, 특별히 뛰어난 특수 적성, 비지적인 촉진제, 환경의 영향, 기회나 행운 등의 5가지 요인이 충족되어야 한다고 주장하고 있다. 가드너(Gardner, 1983)는 문화적으로 가치로우면서도 비교적 독립적인 문제해결 기능을 7가지 지능으로 분류하고 각 지능 분야에서 특별히 뛰어난 사람을 그 분야의 영재로 보고 있다. 가드너의 7가지 지능 분야는 언어, 음악, 논리수학, 공간, 육체운동, 개인 내적 지능, 개인의 사회적 지능이다. 볼란드(Borland, 1989)는 여러 가지 영재의 정의에 대해 살펴본 후, 학교 교육에서 더 실용적이고 기능적이기 위해서 필요한 영재의 정의는 다음과 같을 것이라고 주장하였다. “교육을 목적으로 할 때 영재는 기존의 교육 체제에 속하는 활동 분야에서 평균적인 능력이나 잠재력보다 훨씬 뛰어나서 정규 교육과정으로는 충족시키지 못하는 특별교육의 필요성이 있는 사람” 이다.

이와 같이 영재의 정의에 대한 다양한 견해가 있을 수 있으므로 볼란드(1989)처럼 실제적인 측면에서 영재를 정의하고, 더 많은 노력을 영재교육 프로그램을 개발하는 데 사용하는 것이 바람직하다 하겠다.

2. 과학영재의 의미

과학영재라고 하면 과학 분야에 재능을 나타내거나 앞으로 과학 분야에서 뛰어난 성취를 이룰 가능성이 있는 아동이라고 할 수 있다. 즉, 마랜드(1971)에 의한 영재의 정의에 의하면 특수 적성이 과학 분야인 자가 과학영재라고 볼 수 있다.

정연태(1972)는 지능지수가 130 이상이 되고 창의성 검사에서 전체의 상위 2% 이내에 드는 뛰어난 창조성을 갖는 학생으로서 앞으로 과학기술 분야에서 창조적인 활동을 할 것

으로 기대되는 학생을 과학 수재이라 하였으며, 다른 연구(정연태, 1988)에서는 과학영재 아를 과학과 수학 교과에서 우수한 학업성적을 올릴 뿐만 아니라 과학에 흥미를 가지며 또 창조적인 과학자들의 인성적 특성을 나타내는 어린이로 전문가에 의해서 앞으로 과학 기술 분야에서 업적을 올릴 것으로 인정되는 자라고 하였다. 정연태(1985)는 한국과학기술원 특별 프로그램 참가자 선발기준의 개발을 위한 연구에서 과학영재아에 대하여 다음과 같은 조작적인 정의를 내렸다.

- 가. 대학 특별 프로그램에서 우수한 성취를 이룰 것으로 기대되는 자
- 나. 대학 재학 중에도 과학 연구의 일익을 담당할 것으로 기대되는 자
- 다. 학사 과정을 마치고 계속해서 석박사 학위를 취득할 것으로 기대되는 자
- 라. 장차 독창적인 연구로 과학 기술 발전에 공헌할 것으로 기대되는 자

위와 같은 조작적 정의에 근거하여 정연태는 전국의 고등학교에 대한 조사 연구 결과, 자연계 고교생 15만명을 기준으로 할 때 그 중 2.7%에 해당하는 4,000명 정도가 과학영재 아에 해당할 것으로 보았다. 조석희와 김양분(1988)은 국민학교 고학년 과학영재 판별도구 개발연구에서 과학영재를 동일 연령의 다른 사람과 비교하여 지적 능력, 창의력, 과제에 대한 집착력의 모든 영역에서 85% 이상에 속하며, 그 중의 한 영역에서는 적어도 98% 이상에 속하며, 과학 분야의 탐구활동에 강한 흥미와 긍정적인 태도를 소유한 사람이라고 정의하고 있다. 이처럼 과학영재에 대한 정의는 지적인 면 뿐만 아니라 창의적인 특성과 함께 과제 집착력과 같은 정의적 특성도 고려하고 있다. 그러므로, 과학영재를 정의할 때에는 그들이 갖는 특성이 무엇인가 아는 것도 하나의 지표가 될 수 있다(김명환, 1985). 브랜드와인(Brandwein, 1981)은 유전적인 요인과 창조적인 요인, 소질적인 요인으로 과학영재를 정의하고 있다. 브랜드와인이 정의한 유전적인 요인에는 높은 지능과 적절한 신경근육 조절기능, 뛰어난 언어 수리기능, 적합한 감각기능이 있으며, 창조적인 요인에는 고도의 훈련 기회와 영감을 가진 교사와 접촉할 기회가 있고, 소질적인 요인으로는 오랫동안 몰두하는 능력, 어려운 상황을 견디는 능력, 실패를 극복하는 능력, 탐구 능력을 들고 있다.

로(Roe, 1953)는 64명의 저명한 과학자의 특성을 조사하여 그들이 다음과 같은 특성을 보였음을 알아내었다.

- 가. 높은 수준의 창의성과 개성, 독립심, 열성, 판단력, 인내심
- 나. 지적인 특성 : 수학적 재능, 추상적 언어력, 과학 과목에 대한 뛰어난 적성과 빠른 학업성취 속도, 개방적이고 융통성있는 사고 방식
- 다. 정의적 특성 : 자발적이고 자율적임, 창조성에 대한 자부심과 비판적 태도, 보다 새롭고 창의적인 작업에 몰두하기를 좋아함, 부지런하고 한 가지 일에 열중하기 쉬운 기질, 정서적 안정도가 높음, 다양한 취미 활동, 자립

심이 강하고 대인관계에 얽매이기 싫어함, 확실적인 사고를 싫어함,
자기 나름대로 학습하려는 경향이 있음

이처럼 다양한 측면을 고려하여 과학영재에 대하여 정의를 내리는 것은 그만큼 과학영재에 대해 표준적인 의미로서 정의를 내리기 힘들기 때문으로 볼 수 있다. 따라서, 과학영재의 정의는 과학영재를 정의하는 목적이 무엇인지에 따라서 달라질 수 있으므로, 그 목적에 부합하는 정도로 조작적인 정의를 내릴 필요가 있다. 과학영재에 대한 조작적인 정의를 정할 때에는 일반적인 지적인 능력 뿐만 아니라 과학 분야에 대한 흥미와 적성, 높은 창의성, 그 밖의 정의적인 특성 등을 고려하는 것이 바람직하다. 렌줄리의 세 고리 모형을 수용한다면 보통 이상의 일반 지능과 높은 창의성, 과학 분야의 과제에 대한 높은 집착력이 있는 아동을 과학영재라고 할 수 있다.

3. 과학영재의 판별

과학영재를 어떻게 판별하는가는 과학영재를 어떻게 정의하는가와 깊은 관련이 있으며, 과학영재의 정의는 과학영재를 정의하려는 목적에 따라 달라질 수 있다.

특수 목적 학교라 할 수 있는 한국의 과학고등학교에서 학생들을 선발하는 기준은 학교장의 추천과 학력고사 성적이며, 선발자 중 5% 내의 학생은 전국 규모의 수학, 과학 경시대회에서 동상 이상에 입상한 학생들을 특별 전형으로 선발하는 것이다. 학교장은 학업 성적이 상위 3%에 드는 학생으로 수학, 과학, 국어, 영어 4과목 모두 “수” 인 학생과 전국 규모의 수학, 과학 경시대회에서 동상 이상에 입상한 학생들을 추천할 수 있다. 초기의 경기과학고등학교(1984)의 학생 선발에서는 과학적성검사가 실시되기도 하였으나 현재 과학적성검사를 통하여 학생들을 선발하는 과학고등학교는 없다. 따라서, 과학고등학교에서 선발하는 학생들은 학업성적이 우수한 학생이거나 특히, 수학과 과학 과목의 성적이 우수한 학생들이다. 그러나, 수학과 과학 성적이 극히 우수하더라도 국어와 영어 과목에서 “수” 를 받지 못하거나 수학 및 과학 경시대회에서 동상 이상에 입상하지 못한 학생들은 과학고등학교에 진학할 수 없는 실정이다.

일반 학교에서 과학영재교육을 실시하려고 할 때에는 특수 목적고등학교에서 학생들을 선발하는 것과는 다른 판별 기준을 사용해야 한다. 정연태의 연구(1988)에서와 같이 과학영재를 정의한다면 과학과 수학 교과목의 성적이 우수한 자를 대상으로 과학에 대한 흥미도 검사와 인성 특성을 점검하여 선발해야 할 것이며, 조석희와 김양분(1988)의 연구에서와 같이 과학영재아를 선발하려면 지적인 능력과 창의력, 과제에 대한 집착력, 과학에 대한 흥미도와 과학적 태도를 따로 측정하여야 한다. 신뢰도와 타당도가 있는 검사도구가 따로

개발되어있지 못한 상황에서 많은 판별도구를 사용하여 과학영재를 판별하려는 것은 현실적으로 어려움이 있으므로 우선은 현재 학교에서 이용가능한 학생의 정보를 최대한 사용하고, 최소한의 다른 도구를 통하여 학생을 판별하는 것이 현실적이다. 이러한 측면에서 보면 정연태의 연구와 같이 학교 과학 및 수학 성적이 우수한 자를 대상으로 과학에 대한 흥미도와 과학적 태도를 조사하여 과학영재를 선발하는 것이 가능한 일이다.

과학영재를 정의하는 하나의 기준으로서 과학적 적성이 뛰어난 학생을 언급하는 연구(한중하 외, 1985)에서는 과학적 사고력과 수리력, 추론 능력을 측정하는 도구가 필요하다고 주장하고 있다. 이러한 관점에서 이루어진 후속 연구가 한국교육개발원의 영재교육 전문가들에 의해 주로 이루어지고 있다(한중하 외, 1985; 박문태과 손영숙, 1986; 장병기, 1986; 조석희와 김양분, 1988; 조석희와 김양분, 1989). 이러한 일련의 연구에서는 과학적성 검사도구로서 프로젝트형 과학 문제 해결 검사와 과학적 사고 기능 검사, 과학 활동 및 흥미 검사를 제시하고 있으며, 이러한 검사 도구의 타당화를 위한 작업을 수행하고 있다. 그러나, 아직은 일반 학교에서 적용하는데 어려움이 있으며, 장기적인 연구로 검사 도구의 타당도와 변별도, 신뢰도 등을 검증받아야 할 것이다.

과학영재의 판별절차로는 관찰 및 각종 기록을 통한 1차 판별, 각종 표준화 검사도구에 의한 2차 판별, 전문가에 의한 실험-실습 과정 및 결과의 평가에 의한 3차 판별, 그리고 적절한 학습 프로그램에 배치하여 관찰하는 4차 판별 방법이 효율적이다(Martinson, 1968; Fox, 1976; Yarborough and Johnson, 1983; 조석희와 김양분, 1988). 따라서, 2차 판별 단계에 사용되는 표준화 검사 도구인 과학적성검사와 과학활동 및 흥미 검사, 과학적 문제 해결 능력 검사도구는 과학영재를 판별하려고 할 때 시급히 준비되어야 할 검사 도구이다.

III. 영재교육 방법의 두 범주

영재아 교육은 크게 두 가지 방법으로 이루어진다(신희명 외, 1984). 그 하나는 속진학습(accelerlation) 방법이고, 다른 하나는 심화학습(enrichment) 방법이다.

1. 속진 학습

속진학습 방법에는 두 가지 방법이 있다. 하나는 학년을 뛰어넘는 조기 진급 및 조기 졸업

업을 하는 방법이고, 다른 하나는 어느 과목에 대해서 학업 성적이 우수하여 그 과목만 상급 학년의 내용을 학습하게 하는 능력별 속진학습 방법이다.

1995년 9월에 공포된 “조기 진급 및 조기 졸업제에 관한 제도”의 시행령은 월반을 할 수 있는 법적인 근거를 마련한 것이며, 한국과학기술원에서 과학고등학교 학생이나 일반 고등학교 2학년 학생들을 선발 대상으로 하는 것도 월반을 하는 속진학습 방법이다.

조기 진급이나 조기 졸업제와 같은 속진학습 방법을 통하여 영재교육을 활성화하는 것은 필요한 일이지만 법적인 조치만 마련하는 것만으로는 충분히 영재교육이 이루어질 수 없다. 조기 진급이나 조기 졸업을 할 대상자를 선정하는 기준을 충분히 검토하고, 선정된 대상자를 상급 학년에 정치할 때에도 인지적인 측면 뿐만 아니라 신체적인 측면과 정서적인 영역에서 특별히 보완할 수 있는 교육 프로그램이 같이 병행되는 것이 바람직하다.

외국의 영재교육에서 많이 도입되고 있는 능력별 속진학습 방법은 상급 학교와 협조적인 체제가 이루어질 때 가능한 방법이다. 즉, 고등학교 학생 중에서 물리학에 특히 뛰어난 학생들에게 대학의 일반물리 수준의 강의를 수강할 수 있게 하고 대학에 입학하게 되면 그 과목을 이수한 것으로 인정하는 것이다.

한국에서는 이러한 학점을 인정하는 수준에서 연계적인 능력별 속진제가 아직은 이루어지고 있지 않지만, 물리 올림피아드와 같은 경시대회를 통해서 특정 과목에 대해 우수한 학생들을 대상으로 높은 수준의 학습을 하게끔 하는 방법으로 적용하고 있으나 학점을 인정하는 등의 조치가 없으므로 속진학습이라기 보다는 심화학습이라고 볼 수 있다. 따라서, 능력별 속진학습 방법이 이루어지려면 학교급별로 연계적인 교육을 할 수 있는 체제가 수립되어야 가능하다.

1968년부터 미국의 존스 홉킨스 대학에서 시작된 과학 및 수학 영재 연구(SMPY, Study of Mathematical Precocious Youth의 약자)와 같이 대학에서 특별 프로그램을 제공할 때 속진학습 프로그램은 그 효과를 발휘할 수 있다(한종하, 1986)고 하였다.

2. 심화 학습

심화학습은 영재들에게 좀 더 좋은 교육의 기회를 주어 많은 경험을 쌓을 수 있도록 하는 방법으로 일반 학교에서도 쉽게 접근할 수 있다. 심화학습을 하는 방법으로는 능력별로 집단을 편성하여 정규 교육과정을 심화하는 동질 심화학습과 정규 교육과정에 포함되지 않은 내용을 학습시키는 발전 심화학습이 있을 수 있다.

동질 심화학습의 대표적인 예로는 과학고등학교와 같이 특수 고등학교를 운영하는 것과 일반 학교에서도 학년별이나 과목별로 우열반을 편성해서 운영하는 것이 있다. 동질 심화

학습은 영재들이 현재 배우고 있는 내용을 좀더 폭넓고 깊이있게 학습시키는 방법으로, 여러 가지 문제 상황을 주어 이를 해결하도록 하는 일종의 문제해결학습 방법으로 볼 수 있다.

동질 심화학습과는 다르게 발전 심화학습은 학교에서 다루지 않는 내용을 학습시켜 좀더 다양한 학습 경험을 얻도록 하는 방법이다.

심화학습 방법은 제도적으로 충분히 뒷받침되지 못하고 있는 상황에서는 속진학습 방법과 병행해서 운영된다면 그 효과가 크리라고 예상된다. 속진학습이 대상 학생의 선발 기준과 판별 도구 등 제도적인 관점에 치중하여 연구가 이루어지고 있는 반면에 심화학습에 대한 연구는 학습모형에 관한 연구가 비교적 많이 이루어지고 있다.

영재교육에 가장 많이 적용되고 있는 심화학습 모형으로는 렌줄리(Renzulli, 1985)의 3부 심화모형(Enrichment Triad Model)이 있다. 렌줄리의 3부 심화모형에서 제시하고 있는 각 부의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1부 심화는 학생이 관심을 가지고 있는 분야의 주제와 접할 수 있는 다양한 학습 경험이나 활동을 제공하는 탐색 단계이다. 탐색 단계를 통하여 그들이 어떤 분야에 관심이 있으며, 그들이 관심을 가진 분야나 주제에 대해서 계속 참여하여 학습할 것인지를 결정할 수 있도록 한다. 탐색 단계인 1부 심화 과정은 여러 교과에 대한 학습이 이루어지는 정규 교육과정에 의해서 이루어질 수도 있지만 통합 교과의 성격을 지닌 주제를 통하여 가능한 다양한 학습 경험을 제공하여 학생들이 흥미와 관심을 가지는 분야가 무엇인지 파악할 수 있도록 많은 기회를 제공해야 한다.

2부 심화는 1부 심화인 탐색 단계를 통하여 학생들이 선택한 관심 분야에 대해 보다 심화된 학습 활동을 하는 단계이다. 따라서, 1부 심화 단계에서는 학생들이 관심있는 분야의 탐구 활동에 필요한 자료의 수집과 분석, 조직, 종합, 평가 능력 등 고급 탐구 능력이나 연구 능력을 기를 수 있는 학습 경험을 제공한다. 또한, 비판적 사고력과 문제 해결력, 탐구 능력, 확산적 사고력, 창의적 사고력 등의 신장을 강조한다. 1부 심화 단계는 개방적인 탐구 활동으로 구성되며, 보다 깊은 심화 탐구인 1부 심화에 대한 안내를 할 수 있는 활동으로 구성된다.

3부 심화는 실제 상황에서 발생하는 문제나 주제에 대해서 전문가들이 사용하는 탐구 방법을 적용하여 활동하는 문제 해결 단계이다. 3부 심화인 문제 해결 단계에서는 다양한 탐구 방법이 활용되고, 개별 활동이나 소집단 활동이 주로 활용된다.

렌줄리의 3부 심화 모형은 1부에서 2부를 거쳐 3부로 진행되는 것만이 아니라 1부에서 3부로 직접 진행되거나, 새로운 주제나 영역에 대해서는 3부 심화에서 2부 심화나 1부 심화로도 되돌아 올 수 있는 융통성있는 진행과정을 제시하고 있다. 따라서, 다양한 수준과

방향에서 심화학습이 이루어지도록 다양한 상황에서의 교수 학습 자료의 개발이 함께 진행되어야 3부 심화 모형이 제대로 이루어질 수 있다.

렌즐리의 3부 심화 모형은 블룸(Bloom, 1974)의 교육 목표 분류학에 기초를 두고 있다. 블룸은 보통 교육에서는 기본적인 지식의 획득이나 이해, 적용과 같은 목표가 분석, 종합, 평가와 같은 고급 사고 능력의 신장보다 상대적으로 강조되는 반면, 영재 교육에서는 평가, 종합, 분석의 고급 사고 능력의 신장이 지식, 이해, 적용보다 더 강조되어야 한다고 주장한다.

IV. 과학교육과정의 모형

과학영재에 대한 교육을 하려면 영재교육적인 측면과 함께 과학교육의 측면도 고려되어야 한다. 따라서, 과학교육과정을 고찰함으로써 과학영재를 위한 과학 프로그램의 성격과 예시 모형을 탐색하고자 한다.

1. 과학의 요소

박승재(1991)는 대학수학능력시험에 대한 연구자료에서 과학적 탐구 사고력을 과학적 탐구 상황과 탐구 사고력 요소 및 자연과학 기본 개념의 3차원적인 평가들을 제시한 바 있다. 평가들에서 제시한 과학적 탐구 상황에는 의식주, 일상 생활, 학교, 지역과 지구의 영역이 있고, 탐구 사고력 범주에는 문제 파악과 정보 수집, 관찰 실험과 자료 수집, 정보 자료의 이용과 분석, 정보 자료의 종합과 해결, 검증 비판 및 평가 판단의 범주가 있으며, 자연과학 기본 개념으로는 물리, 화학, 생물, 지구과학의 분야가 있다.

과학적 탐구 사고력의 평가들을 고려하여 과학 프로그램을 구성한다면 과학의 요소로 크게 과학적 문제상황과 과학의 과정 그리고 과학 내용 등 3가지를 포함해야 할 것이 기대된다. 외국의 과학과정에서도 이러한 3가지 요소 중에서 특히 한 요소를 더 강조하여 개발된 예가 있다.

2. 상황을 강조하는 과학교육과정

근래의 과학철학자들과 사회학자들은 과학과 과학적 기술의 관계는 물론 그것들과 사회와의 관계(STS)를 중요시하고, 과학과 과학적 기술은 사회의 실제적인 상황에서 의미있다고 본다(조희형과 박승재, 1994). 이러한 관점은 학교에서 가르치는 과학의 상황을 학교 내의 교실이나 실험실 수준에서 머물지 않고 과학을 배우는 학생이 소속된 사회 속에서 과학의 위상을 고려해야 함을 의미하지만, 구성주의적인 관점에서 본다면 사회의 구성원으로서 학생의 흥미를 유발할 수 있는 문제 상황으로 과학교육을 접근해야 하는 것으로 해석할 수 있다. 따라서, STS를 과학의 요소 중에서도 상황을 특히 강조하는 과학교육과정으로 여기고 분석하고(Bybee, 1987) 논의한다.

1) STS의 사회적 배경과 목적

과학과 사회가 서로 어떻게 작용하며, 서로 어떻게 영향을 미치고 있는가를 밝히는 일은 현대를 살아가는 우리들이 가장 시급히 해야 할 일이라는 인식과 20세기 이후에는 과학과 기술이 상호보완적 관계를 넘어 통합적 관계가 있는 것이라는 인식이 STS 교육이 일어나게 된 배경이다. 현대의 과학은 과학이 적용되는 기술은 물론이고 그 산물이 이용되는 사회적 상황에서 이해되어야 한다는 점에서 STS 교육에의 접근은 의미있다 하겠다.

계속 증가하는 정보 속에서 의사 결정 능력을 키우고 과학적인 소양을 키우는데 STS 소양교육의 목적이 있다. 여기서 STS 소양이란, 과학과 기술, 사회의 상호 작용에 관해서 이해하고 의견을 교환할 수 있는 능력과 과학적 기술의 효용성과 타당성을 평가할 수 있는 능력, 민주 사회에서 시민권의 권리와 책임을 의미있게 활용할 수 있는 능력 등이 통합된 종합적인 능력을 말한다. 즉, STS 교육을 통하여 과학 및 과학기술로부터 야기된 문제를 원만히 해결하고 그 결과를 합리적으로 판단할 수 있는 능력을 키우는데 그 목적이 있다.

STS 교육은 학문과 학문 사이의 연계를 필요로 하는 것이 가장 큰 특징 중의 하나이다. STS 교육과정 속에서는 물리, 화학, 생물과 같은 과학 과목뿐만 아니라 기술, 수학, 사회, 언어, 윤리, 예술까지도 함께 고려되어야 한다. STS 교육은 문제 위주의 접근법으로 진행된다. 교육에 접목되는 문제들은 학생들이 생활 속에서 가까이 접근할 수 있는 지역적인 주제로 시작하여 이를 확장하는데 그 특성이 있다. STS 교육의 또 다른 특징은 각 주제에 대한 학습 방법으로 소집단 토의 학습과 역할극을 이용한 수업을 제시한다는 점이다.

2) SATIS의 개발 과정

14세에서 16세(한국의 중학교 3학년에서 고등학교 2학년 연령)를 위해 영국에서 개발된

SATIS(Science and technology in society)는 모두 12단원이며, 각 단원에 10개의 주제를 포함하고 있어 가르칠 수 있는 주제는 모두 120개가 있다. 14세에서 16세를 대상으로 한 SATIS의 1단원에서 7단원까지는 1986년에 출판되었고, 8단원에서 10단원까지는 1988년에, 11단원과 12단원은 1991년에 출판되었다. 16세에서 19세(한국의 고등학교 3학년에서 대학교 2학년)를 위한 SATIS는 50개의 주제가 있으며 1990년과 1991년도에 출판되었다(ASE, 1991).

3. 과정을 강조하는 과학교육과정

과학교육에서 과학의 탐구 과정과 과학 지식인 내용에 대한 논의는 오랫동안 계속되어 왔고 아직도 진행되고 있지만, 과학의 탐구 과정을 가르치는 것을 학교과학교육의 목적으로 보는 과학교육자들이 있으며, 이러한 배경으로 개발된 과학과정도 다양하다(Millar & Driver, 1987; Wellington, 1987). 미국에서 초등학교 과학과정으로 개발한 과학- 과정적 접근(SAPA; Science- A Process Approach)과 영국에서 개발된 위익 과정 과학(WPS; Warwick Process Science)이 대표적인 예이다. 과학의 과정 요소를 특히 강조하여 개발된 과학과정의 예로서 위익 과정 과학에 대해서 살펴보면 다음과 같다(Screen, 1991).

1) 위익 과정 과학의 목적

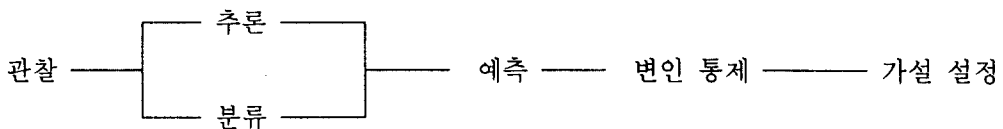
위익 과정 과학의 목적은 영국의 11세에서 16세까지의 학생들에게 가르쳐 왔던 지식 중심의 교육과정과 대비되는 "과정 중심 과학교육과정"을 만드는 것이다. 물론, 5세에서 16세까지의 학생들에게 과학의 과정을 가르치기 위해서 어린 학생들에게는 과정 중심의 교육과정에서 시작하여 연속적인 교육이 되도록 영국의 교육부에서 명문화하고 있다. WPS의 교사진은 여러 연령의 학생들과 능력에 따른 학생들의 요구를 잘 알고 있는 고등학교, 종합 학교, 초급 대학의 교사들로 이루어졌다. 과학을 분리하여 가르치기보다는 학생들의 필요성에 더 만족시킬 수 있는 통합 과학으로 가르치는 것이 공통 목표이지만, 새로운 GCSE 16+ 시험에서 두 과목을 판정하도록 되어 있으므로 전 과학 과목이 포함되었다. 사실과 지식의 회상을 가르치는데 치우쳤던 반면에 다양한 능력을 지닌 학생들의 필요성에 의해 과학 교수 요목과 평가에 대한 새로운 국가 수준의 도입으로 인하여 GCSE에 변화를 주었으며 과학교육 종사자들도 스스로의 입장을 재고해야만 했다. 즉, 이해와 기능, 과정, 적용, 의사 소통과 같은 내용이 평가에서 다루어지게 되었다. 지식이 폭발적으로 증가하는 것은 사실을 가르치는데 회의를 가져오게 하였다. 정보와 그 평가 방법의 성장은 지난 30년간 기하급수적으로 증가해 왔다. 10년에 2배 정도나 되는 정보의 증가는 극히 예외적인

사람만이 특정 영역의 사실들에 정통할 뿐이라는 것을 명백하게 보여주는 것이다. 이럴 때 과학교육에서 요구되는 것은 평가하고, 사용하고, 정보를 처리하는 능력이다. 이때 제한된 사실만을 가르치고 평가하는 것은 전체의 극히 일부분을 다루는 것이 되며, 가르칠 당시에는 현실에 맞지만 조금 후에는 시대에 뒤떨어진 것이 되고 만다. 즉, 지식과 정보 중심의 교육과정은 더 넓은 상황에 적합하지가 않다. 또한 학교를 졸업하는 학생들의 직업적인 포부와 기회도 변하기 때문에 정보를 아는 것에 기초를 둔 교육은 변화하는 미래에 학생들을 준비시키기에 최선은 되지 못한다. 과학교육에서 가장 중요한 것은 어떤 사실이나 정보를 잊은 후에도 남아 있는 것이라고 말할 수 있다. 그러므로 교사들도 이러한 변화에 맞추어 학생들을 준비시켜야 한다. 이 시대에 뒤떨어지거나 잊혀진 후에도 가치있는 "기본적이거나 일반적인 특성"을 지닌 과학의 특성에 맞는 "과정 중심 교육과정"을 개발하려는 것이 바로 WPS이다. 어떤 특성이나 일반적인 기능이 전이 가능한 과정으로 기본틀을 만들어야 한다고 해서 지식을 경시하거나 불필요하다는 것은 아니다. 과정은 백지상태에서 가르칠 수는 없다. 즉, 과학적인 상황을 통해서 경험되어야 하며, 과학의 이해에 필수적인 것으로 여겨지는 기본 개념들이 과정의 이해를 위해서 가르칠 필요가 있다.

2) 위익 과정 과학에서의 과정

위익에서 개발한 과정은 교육과정 연구팀에 의해 중요하다고 생각된 과정이며 영국의 교육부에서 제시한 것은 아니다. 위익을 전적으로 받아들이지 않는 교사들이라도 이 자료의 중심이 되는 생각을 통해 자신의 교육과정을 세울 수 있다. 연구자들이 과학 활동을 할 때 다루게 되는 일련의 문제들을 사고 과정을 개발하는데 다룰 수 있다. 위익에서 특징적인 과정들은 문제 해결을 위한 지적인 뼈대를 세우는 것이다. 사용되고 개발되지만 명백하지 않은 과정과 기능들도 있다. 쉽게 만들어질 수 있는 것은 "관찰", "추론", "분류", "예측", "변인 통제", "가설 형성" 등이 있다. 이 순서는 지적 활동과 의존의 수준이 증가하는 순서와 위계로 되어 있다.

과정에 대한 위계는 다음과 같이 생각될 수 있다.



그러나, 이 과정들이 이루어지면 과학의 과정은 순환될 수 있다. 가설은 더 나은 관찰이나 추론, 예측 등을 다른 차원으로 할 수 있게 한다. 가설은 종합적인 사고이며 지적으로

필요한 것이다. 용어의 사용에 있어서의 혼란을 없애기 위해서 "일반화할 수 있는 생각"은 가설이라는 용어를 사용하기로 한다.

3) 위익의 특징

위익을 사용하여 가르치는데 다음과 같은 여러 가지 특징이 고려되어야 한다.

(ㄱ) 의사 소통

의사 소통에는 정보를 받아들이고 정보를 보내는 두 가지 방법의 과정이 있다. 과정 교육의 활동에는 연구의 결과를 어떻게 의사 소통을 하는지에 대한 제시가 들어 있다. 학생들이 노트 정리를 하고 기록된 노트를 통해서 평가할 수 있다는 것은 적절하지 않은 방법이다. 의사 소통의 수단으로 노트의 정리는 외부 생활의 준비를 위해서는 매우 낮은 수준의 특성일 뿐이다. 의사 소통에는 보고서의 작성과 활동의 준비, 그래프와 표의 제시, 예시, 토론, 논쟁, 구두보고, 음성의 녹음, 비디오 녹음, 집단의 표현 등이 있다. 마찬가지로 정보를 받아들이는 데에는 듣기 능력과 책을 통하여 정보를 연구하는 능력, 실험 기구나 측정 기구를 통하여 정보를 얻는 능력이 있다. "학생들은 실험실에서 많은 것들을 쓰지 않지만 그들의 활동을 보아야 한다" 라는 것을 WPS를 사용하는 학교에서 이야기하고 있다. 학생들이 잘 정리한 노트를 보고 교사가 만족을 해 온 것처럼 학부모들도 그렇게 기대를 한다. 교사가 잘 가르친다는 것을 깔끔하게 잘 정리된 노트와 너무 관련시키고 있으므로 과정 교육과정을 가르칠 때에는 교사들에게도 교육을 시킬 필요가 있다.

(ㄴ) 집단 활동

집단 활동은 4명의 학생 중에서 한 학생을 평가한다는 이유에서가 아니고, 집단의 구성원으로서 활동하는 능력의 개발이 앞으로 나아가야 할 학생들에게 중요한 교육의 일부분이라는 이유 때문에 제안되었다. 혼자 앉아서 일을 하는 직업은 거의 없다. 한 집단의 일원이 되고, 일을 나누어 하고, 각자의 능력을 사용하고, 협조하는 일은 일상생활의 한 부분이며 학교에서의 교육도 이를 준비하여야 한다. 과학에서의 집단 활동은 학생의 사회성 개발을 위해서 중요한 것으로 밝혀져 왔다. 문제 해결은 다양한 방법으로 접근될 수 있으며, 집단에서도 다르게 나타날 것이다. 집단 내에서 학생들은 서로의 생각을 살펴보기 시작하며, 정보를 교환하여 집단의 결정을 하게 된다. 그러므로 책임을 나누어 갖게 된다. 이와 같은 활동은 주의 깊은 준비를 필요로 한다. 처음에는 집단의 구성원들이 각자가 기여할 수 있는 기회를 갖도록 다양한 활동 과제로 구성되어야 한다. 즉 어떤 학생은 기록을 하고, 다른 학생은 시간을 재고, 또 다른 학생은 실험을 하는 등의 역할을 할 수 있도록 고안되어야 한다. 집단 활동을 한다는 것은 새로운 것이 아니지만 제시된 자료들은 활동을 실행하는 것보다 더 강조를 해서 꾸며졌다. 집단 토의와 발견된 것의 집단 발표는 학생 각자가 집단

전체의 활동에 참여하고 책임이 있다는 생각을 하게 한다. 원래 모든 활동을 혼자서만 하려는 독단적인 학생은 협동적으로 활동한다는 것에 처음에는 어려움이 있겠지만, 곧 활동 결과에 대한 집단적인 책임을 기꺼이 받아들일게 될 것이다. 집단 활동은 어린이들에게 더 긍정적인 태도를 기를 수 있는 것으로 보이며, 놀랍게도 더 많은 자각과 자신감을 갖게 한다. 그러나, 경쟁적인 면은 억압될 필요가 없다.

(ㄷ) 능력에 따른 과정 과학

과정을 중심으로 하는 과학은 다양한 능력의 학생들에게 적합하다. 능력이 부족한 학생들에게는 자극을 줄 수 있으며, 능력이 뛰어난 학생들에게는 지식 위주의 수업에서 얻을 수 없는 도전과 만족을 준다. 능력이 뛰어난 학생들에게는 변인 통제와 같은 수준의 학습이 이루어지고, 반면에 능력이 뒤진 학생들에게는 관찰과 분류, 추론, 예측 등의 학습이 이루어질 수 있다. 즉, 많은 지식이 없어도 과학의 과정을 학습할 수 있다.

(ㄹ) 과정 과학이 태도를 바꿀 수 있는가?

과정을 가르치는 것이 과학에 대한 여러 가지의 태도를 기를 수 있다. "결론"이라는 말을 사용하지 않고 학생들에게 추론을 하게 할 수 있다. 이런 방법은 다음의 두 결과를 얻게 한다. (1) 창조적인 방법을 고무시킨다 - 결론은 활동이 끝났다는 것을 의미하지만 여러 추론은 더 나아간 조사를 하게 한다. (2) 관찰에 의한 추론은 더 검증을 거치지 않는다 하여도 잘못될 수 있다. 이런 경우 추론에서의 실패가 아니고 성공이다.

4) 위의 과정 과학의 교육 내용

WPS는 11세에서 16세까지 5년 과정을 이수할 수 있도록 1986년부터 1989년까지 개발된 것으로 크게 세 영역으로 나누어져 있다. 첫째 영역은 중학교 1학년을 위한 1년 과정으로 과정적인 지식에 대한 7개의 단원으로 이루어져 있다. 둘째 영역은 중학교 2학년과 3학년을 위한 2년 과정으로 모두 28개 주제에 대한 내용을 소재를 중심으로 다루고 있다. 셋째 영역은 고등학교 1학년과 2학년을 위한 2년 과정으로 20개의 주제를 과학의 개념 영역으로 나누어 정해서 다루고 있다.

4. 지식의 구조를 강조하는 과학교육과정

자연과학의 지식인 개념과 개념 체계를 강조하는 과학교육과정은 보통의 학교 과학교육 과정에서 추구하는 것이라고 볼 수 있다. 지식의 구조를 과학의 내용으로 구성하는 것은 과학교육에서 무엇보다도 과학의 내용으로서의 지식이 중요하다는 측면에서 이를 강조하는 과학교육과정으로 볼 수 있다.

과학적인 지식을 강조하는 과학교육과정에서도 다양한 관점에서 교육프로그램을 개발할 수 있다. 중학교 수준에서 미국의 하버드 물리 과정(HPP)이나 영국의 너필드 과학교육 프로그램, 고등학교 수준에서 미국의 PSSC 물리과정이나 BSCS 생물과정, CHEM Study, ESCP 등은 내용을 강조하면서도 질문이나 문제 중심의 프로젝트형 프로그램의 예로 볼 수 있다. 이러한 과학교육과정들은 속진을 위한 프로그램보다는 심화학습을 위한 프로그램으로 적당하여 한국의 대부분 과학고등학교에서 교육과정으로 받아들여 사용하고 있다(신희명, 1984; 이균현, 1995).

V. 과학 심화학습 프로그램의 탐색

학습의 주체를 학생에게 둔 몇 가지 프로그램에 대한 고찰을 통해서 시도해 볼만한 과학 심화 학습 프로그램을 구성해 보려면 프로그램 개발 시 다음과 같은 몇 가지 특성을 고려해야 한다.

첫째, 학습 프로그램의 목표를 명확히 정해야 한다. 어떤 의도로 만들어야 하는 프로그램인지가 분명히 제시되어야 한다.

둘째, 프로그램이 적용될 대상을 구체적으로 정해야 한다. 프로그램을 어떤 학생에게 적용할 것인지 구체적으로 제시되어야 한다.

셋째, 가르칠 학생의 수준을 고려해야 한다. 학생의 수준이란, 학생의 연령과 능력 등의 모든 배경 지식을 의미한다. 프로그램이 적용될 대상이 정해진다고 하더라도 모든 집단에는 다양한 학생이 있으므로 개별적인 학습이 이루어지도록 하려면 많은 프로그램이 필요하다. 따라서, 가르칠 학생의 수준을 정해 두고 프로그램을 개발해야 한다.

넷째, 프로그램을 적용할 때 필요한 모든 가능성을 염두에 두어야 한다. 모든 학습 프로그램은 개발과 적용이 함께 이루어지는 것이 바람직 하지만, 대부분은 개발하고 난 후 적용하기 때문에 그 시차에 따라 변수가 생길 수 있으므로 가능한 한 모든 조건들을 염두에 두고 개발하여야 한다.

과학 심화 학습 프로그램은 과학의 특성과 학습자의 특성, 교육의 목적에 의해 구성되어져야 한다. 이와 같은 기본적인 틀을 갖추게 되면 다양한 능력의 학생이 존재하는 일반 학교에서도 적용할 수 있으며, 속진이나 심화학습에 적용할 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 심화학습 프로그램으로 한국교육개발원에서 개발된 자료를 이용하여 그

대상자를 판별 방법 및 구체적인 교육과정의 탐색(한국과학기술대학, 1985; 한국교육개발원, 1994; 조석희와 김양분, 1994)과 과학교육과정이 렌줄리의 심화 모형에 어떻게 접근되는가에 대한 눈덩이 프로그램의 탐색으로 나누어 제시하고자 한다.

1. 심화학습을 위한 과학영재 판별 방법 및 과학교육과정의 예시

가. 영역 : 과학

나. 제목 : 에너지 이용과 우리의 생활

다. 대상 학년 : 중학교 3학년

라. 학습 목표 :

- (ㄱ) 에너지가 무엇인지를 알 수 있다.
- (ㄴ) 에너지의 종류에는 어떤 것들이 있는지 알 수 있다.
- (ㄷ) 에너지가 전환되는 과정을 이해할 수 있다.
- (ㄹ) 에너지가 어떻게 우리의 생활에 이용되고 있는지 이해할 수 있다.
- (ㄴ) 에너지 자원의 종류와 그 장단점을 비교하여 판단할 수 있다.
- (ㄷ) 에너지 자원의 근원에 대해서 이해할 수 있다.
- (ㄹ) 에너지의 이용과 환경과의 관계를 이해할 수 있다.
- (ㅇ) 에너지의 이용과 우리의 생활과의 관계를 알 수 있다.
- (ㅈ) 바람직한 에너지 자원의 종류를 선택할 수 있다.
- (ㅊ) 에너지 위기를 극복할 수 있는 미래의 에너지 이용과 미래의 우리의 생활에 대해서 예측하고 탐색할 수 있다.
- (마) 정규 교육과정과의 관계

유 치 원 : 우리 생활과 주변의 환경에 대한 이해

국민학교 :

(사회) 우리의 생활과 환경과의 관계

(자연) 전기, 자석, 빛, 지구의 환경, 태양 에너지

중 학교 :

(사회) 생활 환경, 환경 오염, 에너지 문제

(과학) 태양 에너지, 열 에너지, 화학 에너지, 전기 에너지, 위치 에너지, 운동 에너지, 에너지와 환경, 지구의 역사 등등

고등학교 :

(사회 문화) 생활 환경, 환경 오염, 식량 문제, 에너지 문제 등등

(과학 2상, 물리) 역학적 에너지, 열 에너지, 전자기 에너지, 빛 에너지,
원자력 에너지 등등

(과학 2하, 화학) 화학 에너지, 열 에너지 등등

(과학 1상, 생물) 생물과 환경, 환경 오염 등등

(과학 1하, 지구과학) 태양 에너지, 에너지의 순환, 지구의 환경 등등

바. 프로그램에 참여할 영재 학생의 판별 방법

프로그램에 참여할 영재 학생을 판별하는데 다음과 같은 단계로 학생들을 선발하는 방법이 있을 수 있다.

3단계로 영재 학생들을 판별하는 이유는 되도록 영재 학생들을 판별할 수 있는 정확도를 높이기 위해서이다. 1차 선별로는 학생들에 관련된 기존의 정보를 참조하여 교사가 추천을 하는 단계이다. 기존의 정보로는 집단 지능 검사 결과와 최근의 학업 성취 수준, 학생들의 흥미나 행동 양식들을 말하며, 이를 토대로 교사가 추천하는 이유는 학생들을 직접 가르치는 교사가 학생들에 대하여 객관적으로 가장 잘 이해할 수 있으며 그 방법이 용이하며 경제적이기 때문이다. 2차 선별로는 교사가 추천한 학생들에 대해서 교사의 평정과 학생 자신의 평정을 통해 학생들을 판별하는 단계이다. 기존의 정보들이 객관적이기는 하지만 영재 학생들을 선별하기 위해서 실시한 검사 결과가 아니기 때문에 영재아들에 대한 특성을 토대로 학생들의 행동 특성을 평가하는 단계가 필요하다. 평가 척도를 통해 각각 85% 이상의 점수를 얻은 학생들을 대상으로 판별한다. 3차 선별로는 과학에 대한 흥미와 과학에 대한 태도를 조사하는 단계이다. 과학 프로그램은 과제의 특성상 과학에 대한 흥미가 없는 학생들이 지속적으로 수행하기 어려우며, 과학에 대한 태도가 높지 않으면 주어진 과제를 해결하기 위한 활동을 적극적으로 하지 않을 수 있기 때문에 이 단계가 필요하다.

사. 수업 모형 및 학습 활동

단 계	수업 모형	학습 활동
1. 판별	영재 학생 선발	선발 도구 사용
2. 사전 검사	사전 검사	사전 검사 문항 사용 실시
3. 탐색 활동 조사 활동 견학	영상 자료 시청	에너지에 관련된 비디오 시청 에너지에 관련된 문헌 조사 에너지 연구소 등 견학
4. 발견 활동	전문가 초청 강연 및 토론 정보 수집 및 조별 토의 실험을 통한 발견 활동 실험 내용의 선정 실험 기구의 선정 실험 방법의 선정 실험 결과 정리	에너지 관련 전문가 초청 조사된 정보와 자료 정리 토의 실험 활동 준비 실험 제목, 목적, 방법 결정 실험에 필요한 기구를 준비 준비된 실험 기구의 사용
5. 중간 평가	실험 결과 해석 및 토의 발견 활동에 대한 평가 실험 방법에 대한 고찰	실험 결과 얻어진 자료 정리 자료 해석, 결론 도출, 토의 실험 목적, 기구의 사용법
6. 심화 활동	발견 과제의 선정 심화 과제 수행 발견 활동	발견 활동을 토대로 새로운 과제를 정하여 조사나 실험
7. 사후 검사	사후 검사	사후 검사 문항 사용 실시
8. 프로젝트 수행	미해결된 과제로 프로젝트 선정 프로젝트의 수행 선정하여 해결책을 모색함 프로젝트 수행 결과 발표 교사와 다른 학생의 평가	해결해야 할 문제를 과제로 해결책을 모색함 프로젝트 수행 결과 정리 발표

아. 수업 모형과 학습 활동에 따른 구체적인 내용

1단계 : 영재 학생의 선발 -- 3단계로 영재 학생을 선발한다.

2단계 : 사전 검사 -- 학습 내용에 대한 사전 지식 및 기능에 대한 검사를 실시한다.

사전 검사의 예시

- ① 에너지는 무엇인가?
- ② 에너지의 종류에는 어떤 것들이 있는가?
- ③ 에너지는 우리 생활에 어떻게 이용되고 있는가?
- ④ 인간들이 이용하고 있는 에너지의 형태는 현재까지 어떻게 변화되어 왔는가?
- ⑤ 인간들이 이용한 에너지가 지구의 환경에 어떤 영향을 주는가?

- ⑥ 미래에는 어떤 형태의 에너지가 이용될까?
- ⑦ 나무 1kg, 연탄 1장, 가솔린 1l, 1.5V 전지 1개가 지닌 에너지의 양을 측정하려고 한다.
 - i) 어떤 방법을 사용하면 에너지의 양을 측정할 수 있을까?
 - ii) 어떤 것이 에너지 효율이 가장 좋은지 알고 싶을 때 기준으로 삼아야 하는 것은 무엇인가?
 - iii) 실험하기 위해서 필요한 기구들은 무엇인가?
 - iv) 실험 기구들의 사용법은 어떠한가?

3단계 : 탐색 활동 -- 에너지에 관련된 기초적인 정보와 자료를 얻기 위한 다양한 활동을 수행한다.

① 에너지에 관련된 영상 자료들 (교육 방송 자료 중에서)

- 에너지 이용의 역사
- 태양광 발전의 현장을 찾아서
- 빛과 우리 생활 (시리즈)
- 원자력 에너지의 평화적 이용
- 하나 뿐인 지구 (시리즈)

② 조사 활동 : 『에너지의 이용과 우리의 생활』에서 조사하여야 할 내용은 다음과 같다.

에너지, 일, 에너지의 종류, 에너지 자원, 에너지 자원의 종류, 에너지의 전환, 에너지의 보존, 열기관, 에너지와 환경과의 관계, 에너지 자원과 식량 생산과의 관계, 인류의 역사에서 에너지의 이용, 에너지 자원의 매장량, 대체 에너지 자원의 개발

③ 견학 : 우리 생활에서 에너지가 어떻게 이용되고 있으며, 에너지 개발에 대한 연구가 어떻게 이루어지고 있는지 알아보기 위해서 다음과 같은 장소를 견학할 수 있다.

수력 발전소, 화력 발전소, 원자력 발전소, 열병합 발전소, 태양광 발전소
에너지 연구소, 동력 자원 연구소, 플라즈마 연구실 (포항공대, 표준연구소)
탄광, 정유 공장, 주유소

④ 전문가 초청 강연 및 토론 : 에너지 관련 전문가와 환경 문제 전문가를 초청하여 에너지 개발 연구와 환경 문제와의 관계에 대한 견해를 듣고 같이 토론한다.

발전소, 연구소, 대학, 기업체에서 연구하는 전문가들
정부 기관이나 공공 기관, 민간 단체에서 환경 문제를 다루는 전문가들

⑤ 정보 수집 및 조별 토의 : 영상 자료의 시청, 조사 활동, 견학, 전문가 초청 강연 등을

통해 알게된 정보와 자료를 정리하고 토의한다.

4단계 : 발견 활동 -- 탐색 활동을 통해 얻은 정보와 자료를 바탕으로 실험 활동을 한다. 실험을 통한 발견 활동은 다음과 같은 과정을 거쳐서 실행한다.

- ① 실험 내용의 선정 : 실험 활동을 하기 전에 무엇에 대한 실험을 할 것인지, 실험의 목적은 무엇인지, 실험은 어떻게 할 것인지를 명확히 하고 결정해야 한다. 『에너지의 이용과 우리의 생활』에서 실험 활동할 내용은 다음과 같다.

일과 에너지와의 관계

에너지의 측정 방법

에너지의 전환

에너지 자원의 종류(연료)에 따른 에너지의 양 측정

에너지 자원을 이용할 때 얻어지는 부수물질들의 조사

지역에 따른 공기의 오염도 측정 실험

여러 장소의 수질 검사 측정 실험

- ② 실험 기구의 선정 : 실험할 내용과 실험 방법이 정해지면 실험에 필요한 기구들을 준비한다. 준비된 실험 기구의 올바른 사용법에 대하여 알아본다. 실험 기구에 따라 다음과 같은 점들을 유의하여 점검한다.

사용하는데 위험한 실험 기구나 재료가 있는가?

파손되기 쉬운 실험 기구가 있는가?

측정 기구들은 눈금을 어떻게 읽는 것이 정확한가?

원하는 기구가 없을 때 대체할 수 있는 실험 기구로 무엇이 있는가?

- ③ 실험 방법의 선정 : 실험 내용에 따라 준비된 실험 기구를 사용하여 실험할 방법들을 구체적으로 정하여 실험을 실시한다. 실험을 실시할 때에는 다음과 같은 점들을 유의하여야 한다.

실험하는 순서를 제대로 정했는가? (먼저 측정할 것과 나중 측정할 것)

측정할 때 오차가 생기지 않을까? (방법이나 실험 기구에서)

실험 기구들을 제대로 사용하고 있는가?

측정 횟수는 몇 번을 하는 것이 효율적인가?

- ④ 실험 결과의 정리 : 실험 활동을 통하여 얻어진 결과를 정리한다. 실험 결과로 얻어진 자료를 정리할 때에는 다음과 같은 사항들을 고려하여야 한다.

얻어진 자료는 어떻게 나타내는 것이 좋을까? (표, 그래프, 숫자)

여러 번 측정할 경우에는 대표값을 무엇으로 나타낼까?

측정할 때 생긴 오차는 어떻게 처리할까?

- ⑤ 실험 결과 해석 및 토의 : 실험한 결과를 해석하여 결론을 이끌어내고 다른 집단이 실시한 실험 결과와 비교하며 토의한다.

5단계 : 중간 평가 -- 실험을 통한 발견 활동에 대하여 중간 평가를 실시한다. 중간 평가를 통하여 그 동안 알아낸 정보를 확인하고 심화 활동을 위한 준비를 한다. 중간 평가에서는 다음과 같은 사항을 점검한다.

- ① 실험 결과는 실험 목적과 부합했는가?
- ② 실험 기구들을 제대로 사용했는가?
- ③ 실험 방법은 올바르게 했는가?
- ④ 실험 과정 중 개선할 점들은 없는가? 있다면 그것은 구체적으로 무엇인가?
- ⑤ 앞으로 더 해 보아야 할 실험은 무엇인가?

6단계 : 심화 활동 -- 탐구 활동을 통해 얻은 정보를 토대로 발전된 형태의 실험 활동이나 고급 수준의 문제 과제를 정하여 조사 활동이나 실험 활동 등 필요한 활동을 실시한다.

7단계 : 사후 검사 -- 6단계까지의 활동을 평가할 수 있는 사후 검사를 실시한다. 『에너지의 이용과 우리의 생활』에 관련된 사후 검사의 문항의 예는 다음과 같다.

- ① 우리 주변에 있는 에너지의 형태는 어떻게 저장되어 있는가?
- ② 지구에 저장되어 있는 에너지 자원(연료로 사용되고 있는)의 매장량은 각각 얼마나 되는가?
- ③ 하루 동안 지구로 들어오는 태양 에너지의 양은 얼마나 되는가?
- ④ 연료로 사용되고 있는 에너지 자원 중에서 같은 질량에 저장된 에너지의 양이 가장 많은 것은 무엇인가? 다른 자원과 비교하여 보자.
- ⑤ 현재 인간이 가장 많이 사용하고 있는 에너지 자원은 무엇인가?
- ⑥ 현재 인간이 가장 많이 사용하고 있는 에너지의 형태는 무엇인가?
- ⑦ 지구의 환경을 고려할 때 가장 좋은 에너지 자원들에는 무엇이 있는가?
- ⑧ 인간이 미래에 사용할 에너지 자원으로 가장 바람직한 것은 무엇인가?
- ⑨ 우리 인간이 현재와 같이 에너지를 계속 이용하고 있다면, 언제쯤 에너지 자원이 고갈될까?

에너지 자원이 고갈되었을 때 우리의 생활은 어떻게 바뀔까?

8단계 : 프로젝트의 수행 -- 조사 활동을 통해서 간단히 해결되지 않는 과제 중에서 『에너지의 이용과 우리의 생활』에 관련된 해결해야 할 문제를 과제로 선택하

여 조별이나 개인 별로 탐색, 발견, 해결한다.

9단계 : 평가 -- 프로젝트의 수행 결과를 발표하고 평가한다. 평가에는 학생들 개인, 조별, 교사의 평가를 포함한다. 평가에 포함될 항목은 주제(에너지)와 관련된 실험 기능, 학습한 내용, 프로젝트 수행 과정, 프로그램에의 참여도, 성과 등등이다.

2. 과학 심화학습 프로그램으로서 눈덩이 프로그램의 특성과 예시

과학 프로그램이 궁극적으로 과학적 탐구사고력을 기르는데 목적이 있다는 측면을 고려하면 과학영재를 위한 심화학습 프로그램에서도 자연과학의 기본 개념인 내용과 탐구 사고력 요소로서 과학의 과정, 과학적 문제 상황의 3가지 요소로 구성되어야 할 필요성이 있다. 3차원적인 요소로 구성된 과학 심화학습 프로그램은 프로그램을 적용하려는 대상자에 따라 각 차원에 해당하는 요소를 특별히 강조해서 구성할 수 있다. 과학교육과정의 요소를 영재를 위한 심화학습 모형인 렌줄리의 3부 심화 모형에 적용하면 각 단계별로 강조되어야 할 과학교육과정의 요소가 다르게 나타날 수 있다.

1차적 요소인 과학적 상황은 흥미를 유발할 수 있는 소재와 우리 주변에서 쉽게 접해 볼 수 있는 소재로 꾸며져야 한다. 특히, 어린 나이의 학생들에게는 자연 현상을 경험하는 것이 무엇보다도 중요하므로 자연 현상을 쉽게 접해 볼 수 있는 소재를 선택할 때, 친숙한 소재로 접근하는 것이 무엇보다도 중요하다. 예를 들면, 놀이터에서의 놀이 기구라든지, 부엌에서의 요리 기구라든지, 주위에 있는 장난감 같은 것들을 소재로 하여 활동할 수 있는 프로그램을 만들면 효과가 있을 것이다. 이러한 측면을 강조하는 프로그램의 이점은 STS 교육이 지향하는 것과도 같은 맥락을 지니고 있다.

2차적 요소인 과학의 과정은 관찰과 분류, 예측, 추리, 변인 통제, 가설 설정 등의 과학적 추리 기능을 강조하는 요소로 이루어져 있다. 과학의 과정 요소는 과학적 활동을 하는데 필요한 기본적인 요소라 할 수 있으므로 다양한 소재를 다루면서 강조해야 할 부분이라고 할 수 있다. 과정 요소가 중요하게 다루어져야 할 대상은 초등학교 고학년과 중학교 학생들이다. 과정의 측면이 강조되어야 하는 철학적인 배경은 위익의 과정 과학에서 지향하는 것과 맥락을 같이 한다.

3차적 요소인 과학의 내용은 과학을 가르칠 때 빠질 수 없는 가장 중요한 요소이다. 오랫동안 과학의 내용이 중요한가 과정이 더 중요한가에 대한 논란이 많았지만 아직도 그에 대한 결론은 나지 않았다. 다만, 과학의 내용인 개념이나 법칙을 너무 강조하다 보면 그 학습 방법이 주입식이 되거나 극히 일부분의 학생들에게만 교육이 이루어지는 결과를 얻게 되고, 과학의 과정을 너무 강조하다 보면 실제로 가르쳐야 할 과학의 내용을 제대로 가르

치지 못하게 된다는 결과로 이어지게 된다는 경험이 있을 뿐이다. 따라서, 보다 효과적으로 과학을 가르치기 위해서는 가르쳐야 할 과학의 내용을 되도록 줄이거나 압축하여 가르치도록 과학의 개념과 법칙, 이론 등을 선정하는 일이다. 과학 개념의 선택은 프로그램의 목적이 어떤가에 따라 달리 선정할 수 있다.

과학 프로그램에서 각 요소가 강조되더라도 하나 하나의 프로그램에는 세 가지 요소가 다 포함이 된다. 상황을 강조할 때에는 과학의 과정과 내용에 대한 요소에 비중을 덜 둔다는 것이지 이러한 요소들이 빠진 채 프로그램이 구성되지는 않는다. 마찬가지로 과학의 과정이 강조될 때에는 몇 가지의 과학 내용만을 선정하여 다양한 상황에서 각 과정 요소를 가르칠 수 있는 프로그램을 구성하는 것이다.

이렇게 구성된 과학심화학습 프로그램은 저학년에서 고학년으로 올라갈수록 3차원을 이루고 있는 과학교육과정의 영역이 점차로 확장되므로 마치 눈덩이를 굴리면 굴러가면서 점점 더 커지는 것과 유사하여 눈덩이 프로그램(Snow Ball Program; SBP)라고 할 수 있다. 눈덩이를 어느 한 쪽 방향으로만 굴리면 둥글게 되지 않듯이 과학 심화 프로그램도 한 차원의 요소만을 강조해서는 궁극적으로 균형있게 과학을 가르치지 못할 것이다. 흥미있는 소재로 상황을 설정하여 만든 프로그램으로 접근하여 과학의 과정 요소를 충분히 다루고 난 후, 과학 개념을 심도있게 다루는 것이 SBP의 특징이라 할 수 있다. 과학영재아를 위한 과학 심화학습 프로그램인 SBP 프로그램은 다양한 소재를 사용하여 개발하였다. 학교의 실험실에서 사용되고 있는 실험 기구를 소재로 이용한 프로그램은 분석적이고 좀 더 정밀한 실험활동에 적합하고 학생들의 흥미를 계속 지속시키는데 한계가 있을 수 있다. 주변에서 쉽게 접할 수 있는 물건들과 실험 기구를 소재로 같이 이용하는 프로그램은 좀 더 제도화된 교육의 틀을 벗어날 수 있는 장점이 있으며, 특히 학생들이 호기심을 느낄 수 있는 완구를 이용한 프로그램은 흥미를 지속시킬 수 있는 잠재성을 지니고 있다. 따라서, 유치원 아동들이나 초등학교에 적용할 수 있는 SBP 프로그램을 과학적 원리를 탐구할 수 있는 과학완구를 이용하여 개발한 탐구활동지를 소개하면 다음과 같다.

벽대고 돌이 I (초등학교 저학년)

생각해보기 :

무엇이 줄에 매달리지 않고 공중에 떠있을 수 있을까요?

우리 주위에서 공중에 떠있는 것으로 무엇이 있나요?

허공에 물건을 뜨게 하려면 어떻게 해야 할까요?

실험과정 :

첫번 째. 아령 막대를 바닥에서 돌려보세요?

얼마나 오랫동안 돌아가는지 시간을 재어 볼까요?

두번 째. 아령 막대를 판 위에 떠 있게 할 수 있어요.

내가 한번 짓집 해볼까요?

어떻게 해야 아령 막대가 공중에 잘 떠 있을 수 있지요?

세번 째. 아령 막대가 왜 공중에 떠 있을 수 있을까요?

내 생각을 아래에 적어보세요.

네번 째. 이번에는 공중에 떠 있는 아령 막대를 살짝 돌려보세요. 잘 돌아가나요?

얼마나 오래 도는지 시간을 재어 볼까요?

다섯번 째. 공중에 떠서 움직이는 것으로 무엇이 있을까요?

내가 아는대로 아래에 적어보세요.

탐구 마당 :

공중에 떠서 달리는 기차에 대해서 들어본 적이 있나요?

공중에 떠서 달리는 기차를 자기 부상 열차라고 합니다.

무거운 자기 부상 열차가 어떻게 공중에 떠서 달릴 수 있을까요?

벽대고 돌이 II (초등학교 고학년)

무엇을 할까요

여러분은 팽이를 돌려 본적이 있지요. 보통 팽이는 평평한 땅 위에서 돌지요. 줄 위에서 도는 신기한 팽이를 있어요. 오늘 우리는 공중에 떠서 도는 팽이를 공부할 것입니다. 공중에 완전히 떠서 도는 것은 다음 기회에 보도록 하고 이번에는 벽에 기대고 떠서 도는 '벽대고 돌이'에 대해서 알아 보도록 할까요?

어떻게 할까요

준비하세요 - 벽대고 돌이, 막대 자석

여러분은 선생님께서 '벽대고 돌이'라는 것을 받으셨겠지요.

상자를 열고 받침대의 홈에 유리판을 깨지지 않게 끼우세요.

그리고 아령 모양의 붐을 유리판의 중앙에 대고 가만히 놓아보세요.

붐이 어떻게 움직이나요?

(여러분은 아령이 무엇인지 알고 있나요? 운동 기구이지요? 어떻게 생겼나요?)

붐이 가만히 멈추게 되면 유리판 반대편의 붐 끝을 잡고 돌려 보세요.

붐이 위, 아래로 흔들리지 않도록 하면서 돌도록 해 보세요.

아마 연습을 많이 해야 할 거예요. 몇 번 만에 성공하였나요?

붐이 흔들리지 않으면서 돌아가게 할 수 있게 되었나요?

그렇게 되었으면 붕이 얼마나 오랫동안 흔들리지 않고 돌아가게 되는지 시간을 재어 보세요.

옆 친구들과 누가 더 오래 흔들리지 않고 돌게되나 비교해 보세요.

	자기	친구1	친구2	친구3 ...
시간1	_____	_____	_____	_____
시간2	_____	_____	_____	_____
시간3	_____	_____	_____	_____
시간4	_____	_____	_____	_____
시간5	_____	_____	_____	_____

돌고 있는 붕을 멈추세요. 그리고 유리판을 조심스럽게 홈에서 떼어 내어 보세요.

붕이 어떻게 되나요?

유리판 없이 받침대 위 공중에 붕을 올려 놓을 수 있나 해보세요?

붕이 어떤 위치에 놓이려고 하는지 그림으로 그려 보세요.

탐구 골짜기

벽대고 돌이는 왜 떠서 돌아가게 되는지 알 수 있나요? 자신의 생각을 적어 보세요.

나중에 맞았나 다시 보세요.

쇠붙이를 끌어당기는 것에는 어떤 것이 있나요?

돌아가는 아령 모양의 붕이나 받침대에 쇠붙이를 가까이 해 보세요. 어떻게 되나요?

붕과 받침대 속에는 무엇이 들어 있나 짐작해 보세요.

자석의 양끝의 극을 무엇이라고 하나요?

자석의 N극을 다른 자석의 N극에 가까이 해 보세요.

어떻게 되나요?

또 자석의 S극을 다른 자석의 S극에 가까이 해 보세요. 어떻게 되나요?

자석의 N극을 다른 자석의 S극에 가까이 해 보세요. 어떻게 되나요?

막대 자석 하나를 책상 위에 놓으세요. 이 자석에 아무것도 대지 않고 밀어 보낼 수 있는 방법을 찾아 보세요.

다음 그림에서 위에 있는 자석이 화살표 방향으로 힘을 받으려면 어느 쪽이 N극이고 S극이어야 하는지 표시하여 보세요.

벽대고 돌이의 붕과 받침대 속에는 자석이 들어 있나요? 그렇다면 몇 개나 들어 있나요?

벽대고 돌이의 붕과 받침대 속에 들어 있는 자석의 N극과 S극이 어느 쪽인지 그림으로 그려 표시하여 보세요. 붕이 받침대 위에서 떠 있으려면 자석의 힘이 어느 방향으로 있어야 하나요?

VI. 결 론

본 연구에서는 과학영재교육을 실시하려고 할 때 고려되어야 할 과학영재의 의미와 판별 방법, 영재교육 방법, 과학교육과정의 모형 등을 고찰하고, 과학영재를 위한 심화학습 프로그램의 기본 성격 및 학습자료의 개발 방향, 과학 심화학습 프로그램의 예 등을 제시하였다. 과학 심화학습 프로그램으로는 과학 심화학습을 위해 과학영재를 판별하여 프로젝트를 수행하고 평가하는 단계를 제시한 것과 과학교육과정의 요소를 학생의 수준에 맞추어 강조하는 형태의 과학 심화학습 프로그램인 눈덩이 프로그램의 예로 들었다. 눈덩이 프로그램은 학생의 연령이나 수준이 높아질수록 과학적 상황에서 과학의 과정 그리고 지식의 구조를 강조하는 프로그램으로 구성되어 있다.

일반 학교에서 과학영재교육이 효율적으로 실행되기 위해서는 프로그램의 개발이 선행되어야 하겠지만 일선 학교에서도 교육과정을 융통성있게 운영할 수 있어야 할 것이다. 다양한 교육자료가 개발되어 교사들에게 제시될 수 있어야 하겠지만, 교사들이 다양한 수준의 자료를 통하여 학생들에게 적합한 교육방법을 적용할 수 있도록 준비되어야 하는 점도 과학영재교육에서 필요한 일이다. 교실에 있는 다양한 능력과 개성을 지닌 학생들에게 적합한 교육 기회를 주어야 한다는 측면에서 교육을 받아들인다면 과학영재교육 프로그램도 과학에 흥미나 적성이 있거나 과학 분야에 뛰어난 능력이 있는 학생들에게 적용할 수 있는 하나의 교육 프로그램으로 보아야 할 것이다.

본 연구에서 제시한 과학영재를 위한 심화학습 프로그램의 예들은 영재교육과 과학교육을 접목하여 바람직한 프로그램을 탐색하기 위한 것이므로 완성된 일련의 프로그램으로 계속 개발되어야 할 것이며, 프로그램의 성격과 내용, 방향 등은 영재교육자들과 과학교육자들 사이에서 계속 논의되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 경기과학고등학교 (1984). 과학고 학생 선발도구의 타당도 검증연구.
- 경기도교육위원회 (1982). 경기과학고등학교 설립보고서.
- 구미고등학교 (1982). 영재학급 운영을 위한 기초적 탐색연구, 연구보고서.
- 김명환 (1985). 교사의 과학영재아 지명에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 박문태, 손영숙 (1986). 과학 영재 변별을 위한 과학 적성검사 도구 타당화 연구. 한국교육개발원 연구보고 RR 86-11.
- 박승재 (1991). 과학적 탐구 사고력 평가. 서울대학교 사범대학 물리교육과 물리학습연구실.
- 신희명, 유경로, 이원식 (1984). 과학 영재교육의 기본방향, 이원식, 유경로, 신희명, 이태녕, 장남기, 박승재 (1984), 중고등학교의 과학교육 개선과 과학영재교육 방안에 관한 연구(I). 서울대학교 과학교육연구논총 제9권 제1호, 171-201.
- 이경행 (1980). 과학수재아의 성격특성 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 이군현 (1995). 한국의 과학영재교육 현황과 발전방향에 관한 연구. 한국과학재단.
- 장병기 (1986). 과학적성검사의 모델에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 정연태 (1972). 수재아 육성을 위한 방법론적인 고찰. 서울대학교.
- 정연태 외 (1985). 고등학교 과학영재아 실태조사와 대학 특별프로그램 참가자 선발기준의 개발. 한국물리학회.
- 정연태, 김덕균, 장병기, 김명환 (1986). 영재아 실태조사 및 지도(연구보고서). 서울: 문교부
- 정연태 (1988). 교육과 과학과 한평생. 1집: 과학영재교육. 서울대학교 출판부.
- 조석희, 김양분 (1988). 국민학교 고학년 과학영재 판별도구 개발 연구. 한국교육개발원 연구보고 RR 88-3.
- 조석희, 김양분 (1989). 국민학교 고학년 과학영재 판별도구의 타당화 연구. 한국교육개발원 연구보고 RR 89-6.
- 조석희, 김양분 (1994). 일반학교에서의 효율적인 심화 학습 프로그램 운영 방안 연구. 한국교육개발원 연구보고 RR 94-11.
- 조석희, 오영주, 임선하 (1996). 조기 진급 및 졸업제의 이론과 실제. 서울시교육청.

- 조희형, 박승재 (1994). 과학론과 과학교육. 서울. 교육과학사.
- 한국과학기술대학 (1985). 과학영재의 선별방법에 관한 탐색연구. KIT 연구보고서.
- 한국교육개발원 (1994). 과학과 심화 학습 프로그램. 『과학 탐구』 시리즈 교사용 지도서(중학생용). 서울: 한국교육개발원
- 한국교육개발원 (1996). 영재교육 운영의 실제와 발전 방향, 심포지움 자료집.
- 한종하, 최돈형, 임선하, 이기종, 손영숙 (1985). 과학영재 판별을 위한 과학적성 검사도구 개발연구. 한국교육개발원 연구보고 RR 85-25.
- 한종하 편저(1986). 과학영재교육론, 그 이론과 동향. 서울. 학연사.
- Borland, J. H. (1989). Planning and implementing programs for the gifted. New York: Teachers College Press.
- Brandwein, P. F. (1981). The gifted student as future scientist. New York: Harcourt Brace and Jovanovich.
- Bybee, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (S-T-S) theme. Science Education, Vol. 71(5).
- Fox, L. H. (1976). Identification and program planning: models and methods, Keating, D. P. (ed.), Intellectual talent: Research and development, Baltimore: The Johns Hopkins Univ. Press.
- Gardner, H. (1983). Frames of mind : The theory of multiple intelligencies. New York: Basic Books.
- Maraland, Jr. S. P. (1971). Education of the gifted and talented. Volume I: Report to the Congress of the United States by the Commissioner of Education. Washington: U.S. Government Printing Office.
- Martinson, R. A. (1975). The Identification of the gifted and talented. Reston, VA: Council for Exceptional children.
- Passow, A. H. (1993). National/State policies regarding education of the gifted. In K. A. Heller, F. J. Monks & A. H. Passow (Eds.). International Handbook of Research and Development of Giftedness and Talented (pp.29-46).
- Renzulli, J. S. (1986). The three ring conception of giftedness: A Developmental model for creative productivity. In R. J. Sternberg & J. E. Davison (Eds.). Conceptions of giftedness (pp. 53-92). New York: Cambridge University Press.
- Roe, A. (1953). The making of science. New York: Dodd and Mead Co.

- Screen, P. (1986). *Warwick process science*. Southampton: Ashford Press Publishing.
- Tannenbaum, A. J. (1983). *Gifted children: Psychological and educational perspectives*, New York: Macmillan.
- Yarborough, B. H., & Johnson, R. A. (1983). Identifying the gifted: A theory-practice gap. *Gifted Child Quarterly*, 27, 135-138.

ABSTRACT

An Exploration of Science Enrichment Learning Program
for the Science Gifted in General Elementary and Secondary School

Myoung-Hwan Kim(KIKG)

In order to explore the science enrichment learning program for the science gifted in general elementary and secondary school, the identification of the science gifted, gifted education methods and science education curriculums were investigated through literature survey. Admitting the Renzulli's enrichment triad model and three dimensional scientific factors as context, process and content, the snow ball program was explored. Identification methods and science education curriculum of enrichment learning for the science gifted were presented. In the snow ball program, it was presented that each factor of three dimensional scientific factors was focused in the different ways due to the levels or the ages of students. The examples of the snow ball program and science education curriculum of enrichment learning for the science gifted were illustrated.