

문제발견 및 가설설정 능력 신장 과학영재교육프로그램 개발: 멘델의 과학적 사고과정 적용

김 순 옥	김 봉 선	서 혜 애	김 영 민	박 종 석
부산대학교	부산대학교	부산대학교	부산대학교	경북대학교

본 연구는 역사적 발견을 이루어낸 과학자 가운데 멘델(Mendel, Gregor Johann, 1822-1884)의 과학적 사고과정을 활용하여 과학영재교육프로그램을 개발하고, 이 프로그램을 학습한 학생들의 문제발견 및 가설설정 능력의 변화를 측정하여, 프로그램의 효과성을 검증하는데 목적을 두었다. 이를 위해 먼저, 멘델이 유전법칙을 확립하는 과정에서 나타난 과학적 사고과정을 분석하여 특징적 탐구요소를 추출하였다. 추출된 탐구요소 가운데 문제발견과 가설설정을 적용한 프로그램으로서 완두를 활용한 모의실험탐구중심의 과학영재교육프로그램을 개발하였다. 개발한 과학영재교육프로그램은 대학교 부설 과학영재교육원 소속 중학교 1, 2학년 학생 19명(남학생 11명, 여학생 8명)을 대상으로 적용되었다. 적용한 결과, 학생들은 문제발견 능력의 하위요소 융통성, 정교성, 독창성이 신장되었고, 가설설정 능력의 논리성도 신장되었다. 이에 개발된 과학영재교육프로그램은 중학교 과학영재로 선발된 학생들의 문제발견 및 가설설정 능력을 향상시키는데 효과가 있는 것으로 고찰되었다.

주제어: 문제발견 능력, 가설설정 능력, 과학영재교육프로그램, 멘델의 과학적 사고과정

I. 서 론

과학영재교육프로그램은 학생들이 과학적 창의성을 신장시키고 나아가 미래 과학자로서의 전문성을 최대한 발휘할 수 있는 능력과 자질을 함양시키는데 주요 목적을 두고 있다. 우리나라 과학영재교육프로그램은 대학교 부설 과학영재교육원과 교육청 영재교육원 및 영재학급에서 운영되는 프로그램을 의미할 수 있으며, 주로 전국단위로 특정연구기관에서 개발·보급하거나 교육청 단위에서 프로그램 담당 영재교육 교사들이 개발하여 활용

교신저자: 서혜애(haseo@pusan.ac.kr)

* 이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2009-32A-B00205).

하기도 한다. 이러한 과학영재교육프로그램의 효과성을 높여, 영재교육의 질적 성과를 거두는 데 노력을 기울여야 할 것이다.

과학영재교육프로그램의 효과성은 여러 측면에서 논의할 수 있다. 어떤 교육내용으로 구성하는가와 어떤 교수학습과정을 적용하는가를 논의할 수 있을 것이다. 학생들이 과학에 대한 흥미를 향상시킬 뿐만 아니라 과학적 창의성과 탐구능력 및 문제해결능력을 신장시키는 정도에 따라 효과성을 논의할 수도 있다. 스스로 탐구문제를 선택하고 문제를 해결하는 학습기회를 제공하는 과학영재교육프로그램을 통해 중학생들의 과학에 대한 학습동기와 흥미가 높아지는 효과를 거두며(김동렬, 2008), 초파리를 주제로 한 실험탐구중심 과학영재교육프로그램은 중학생들의 창의적 문제해결력을 신장시키는데 효과적으로 나타났다(이재기 등, 2007). 나아가 과학자가 역사적 발견을 성취하는 과정에서 나타난 정서적 태도 및 사회적 배경을 강조하는 과학영재교육프로그램은 초등학생들에게 과학자의 정체성과 사회와 국가 차원에서 과학의 역할에 대한 관심을 높이는 데 효과적이었다(박문영, 이면우, 2007).

또한 과학영재교육프로그램 가운데 과학자의 과학적 사고과정을 적용한 프로그램은 학생들의 과학적 창의성과 창의적 문제해결능력을 신장시키는 데 효과적인 것으로 알려지고 있다. 이러한 맥락에서 창의적인 과학자가 과학적 문제를 발견하고 문제를 해결하는 과정에서 어떤 특징적 사고 양식을 나타내는지에 대한 연구들이 이루어졌다. 다윈의 과학적 사고과정을 분석한 연구(양일호 등, 2006)에서는 자연현상을 관찰한 후 문제를 발견하고 가설을 설정하는 과정에서 나타난 의문생성, 가설설정 등의 사고과정을 구체화하기도 하였다. 특히 과학자의 문제발견 능력이 창의적 성취를 이루는 지 여부에 결정적인 영향을 주며, 과학자가 과학적 연구문제를 얼마나 민감하게 선택할 수 있는가에 따라 창의적인지 비창의적인지를 구분할 수 있다고 알려져 있다(Mansfield & Busse, 1981). 따라서 과학자의 의문생성, 문제발견, 가설설정, 문제해결 등과 같은 특징적인 과학적 사고과정을 경험할 수 있는 과학영재교육프로그램을 통해 학생들이 과학적 창의성을 신장시킬 수 있는 학습 기회를 제공할 필요가 있다.

구체적으로 창의적인 과학자의 과학적 사고과정의 특징을 생산-재생 측면에서 논의한 연구(Simonton, 1988)를 살펴보면, 일반인과 과학자는 문제해결 방안을 탐색하는 과정에서도 구분되는 차이가 나타난다. 일반인이 문제를 직면하게 될 때 과거 경험한 유사한 문제에 근거하여 가장 타당하고 적절한 해결책을 선택하게 된다. 과거 경험에 근거하여 선택한 문제해결과정이 가장 바람직하고 정확하며 안전하고 유일한 한 가지 방법으로 확신하게 된다. 즉 이는 재생의 의미를 가진다. 한편 탁월한 과학자들은 문제의 해결책을 모색하는 데 가장 먼저 던지는 질문은 ‘이 문제를 해결하는 데 얼마나 많은 서로 다른 접근방법을 적용할 수 있을까? 내가 생각하는 방법을 다른 접근방법으로 전환하여 생각할 수 있을까? 실제 얼마나 많은 여러 가지 해결방법이 있는가?’ 등이다. 탁월한 과학자는 독창적이고 획기적이며 대안적인 방법들을 할 수 있는 대로 다양하게 생각한다. 최선의 방법을 결정할 후에도 다른 방법들이 더 있을 수 있는지에 대해 생각하는 것을 즐긴다는 점이다. 이것은 생산의 의미이다.

이와 같은 과학자의 특징적 과학적 사고과정 가운데 특히 문제발견과 가설설정은 더욱 강조된다. 문제발견은 문제해결보다 더 중요하며 문제를 발견하고 형성하는 것이 창의적 사고의 핵심적 측면으로 주장되고 있다(김영민, 2006; Starko, 2000; Subotnik & Steiner, 1994). 나아가 과학적 연구문제에 대한 잠정적 해답이라고 볼 수 있는 가설을 설정하는 과정도 문제발견 다음 단계로 일어나는 중요한 과학적 사고과정으로 간주되고 있다(정진수, 원희정, 권용주, 2005; Lawson, 2000). 이 과학적 사고과정을 현상의 관찰, 인과적 질문 제기, 가설의 탐색, 가설의 제안으로 구성되는 일련의 사고과정으로 설명하기도 한다(박종원, 2003). 과학영재교육프로그램을 통해 학생들이 현상을 관찰하고 의문을 생성한 후 문제발견과 가설형성의 과학적 사고과정을 경험함으로써, 과학적 창의성을 효과적으로 증진시킬 수 있다는 결론을 내린 연구들(김순식, 2010; 김영민, 2006, 황요한, 박종석, 2010)과, 학생들의 증진된 문제발견 및 가설설정 능력을 측정하는 도구를 개발하는 연구들(권용주, 양일호, 정원우, 2000; 권용주, 이준기, 정진수, 2007; 류시경, 박종석, 2008; 정진수, 2006)이 이루어지고 있다.

생물학사에서 멘델(Mendel, Gregor Johann, 1822-1884)은 생물학이 관찰과학에서 실험 과학으로 전환시키는 데 기여했다고 평가된다(양재섭, 구미정, 2005). 멘델 이전까지의 사람들은 생명체를 단지 관찰의 대상으로 생각했을 뿐, 실험이나 분석의 대상으로 생각하지 않았다는 것이다. 그러나 멘델은 1854년부터 9년간 완두콩으로 실험한 결과를 통해 이전 지식인 혼합설¹⁾에서 설명하기 어려웠던 유전의 양식을 설명하는 논문을 발표한다. 이 논문이 1866년에 발표된, ‘식물 잡종에 관한 연구(Experimentation in Plant Hybridization)’이며, 멘델은 생물학사에서 처음으로 유전을 결정하는 요소(이후 유전자로 명명)가 있으며, 이것이 유전된다는 유전법칙을 주장한 학자로 인식되고 있다(Kampourakis, 2010). 멘델은 여러 선행연구 결과에서 문제를 발견하고, 가설을 설정하며, 실험을 설계하고 체계적으로 수행하였으며, 실험결과를 토대로 ‘식물의 유전법칙’을 밝혔다. 멘델이 실험수행과정에 수학적 통계를 활용한 점은 새로운 관점에서 문제를 발견·인식하여 해결방안을 탐색한 것으로 평가된다. 이러한 측면에서 멘델은 창의적인 과학자로 평가되며, 멘델이 유전법칙을 확립하는 과정에서 적용한 문제발견, 가설설정 등의 과학적 사고과정은 과학영재교육프로그램에 적용하여 효과성을 높일 수 있을 것이다.

이에, 본 연구에서는 멘델의 과학적 사고과정을 분석하고 그의 문제발견 및 가설설정의 과학적 사고과정을 적용한 과학영재교육프로그램을 개발한 후, 과학영재 대상 수업에 적용하여 프로그램의 효과성을 분석하는데 목적을 두었다. 이를 위해, 첫째, 멘델의 유전법칙 확

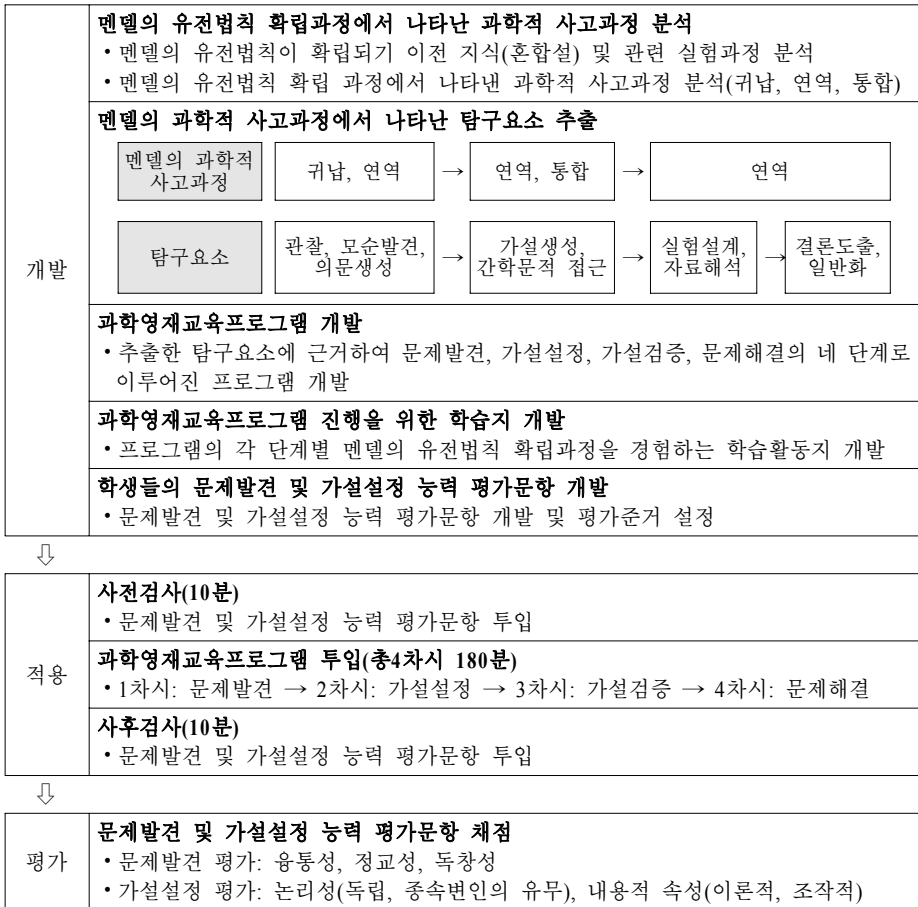
1) 혼합설(또는 융합설, blending) 유전적 요소들이 결합되면 마치 다른 색들이 섞인 잉크가 분리되지 않듯이 이들은 분리될 수 없다는 이론을 의미한다. 예를 들면, 붉은 색 꽃의 형질을 지닌 식물과 푸른색 꽃의 형질을 지닌 식물을 교배했을 때, 양친의 형질이 섞인 자줏빛 꽃의 형질을 지닌 자손이 나올 것이라고 생각하는 학설이다(이광웅 외, 2007, p.180). 즉, 이 학설은 서로 상이한 형질을 나타내는 식물을 대상으로 식물잡종을 실험한 결과, 양친의 형질이 자손에서는 혼합되어 나온다는 학설이며, 멘델은 혼합설에서 설명되지 않는 유전의 전달양식을 규명하기 위해 완두콩 실험을 하게 된다(양재섭, 구미정, 2005).

립과정에서 나타난 과학적 사고과정을 분석하였다. 둘째, 멘델의 과학적 사고과정에서 문제 발견 및 가설설정의 탐구요소를 추출하고 이를 적용한 과학영재교육프로그램을 개발하였다. 셋째, 과학영재교육프로그램을 과학영재반 수업에 적용하여 과학영재의 문제발견 및 가설설정 능력의 변화를 측정하였다. 이 연구결과는 학생들의 과학적 창의성과 문제해결력을 효과적으로 증진시키는 과학영재교육프로그램 개발의 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.

II. 연구방법

1. 과학영재교육프로그램 개발-적용-평가 과정

본 연구에서는 [그림 1]의 단계적 과정에 따라 과학영재교육프로그램을 개발하였다.



[그림 1] 연구 절차

가. 과학영재교육프로그램 개발과정

개발과정은 5단계로 이루어졌다. 첫째, 과학영재교육프로그램을 개발하기 위해 멘델의 유전법칙이 확립되기 이전 지식(혼합설) 및 관련 실험과정과 멘델의 유전법칙 확립과정에서 나타난 과학적 사고과정을 분석하였다. 둘째, 멘델의 과학적 사고과정에서 탐구요소를 추출하였으며, 추출한 탐구요소에 근거하여 문제발견, 가설설정, 가설검증, 문제해결의 4단계(총4차시, 180분)로 이루어진 프로그램을 개발하였다. 셋째, 개발한 프로그램의 각 단계에서 학생들이 멘델의 유전법칙 확립과정에서 나타난 과학적 사고과정을 체험해보고, 그 결과 스스로 멘델의 유전법칙을 확립할 수 있는 활동지를 개발하였다. 마지막으로 학생들의 문제발견 및 가설설정 능력을 평가할 수 있는 평가문항을 개발하였다.

나. 과학영재교육프로그램 적용과정

수업적용 과정은 2011년 7월 18일 A 대학교 부설 과학영재교육원 생물반 학생 19명을 대상으로 진행되었다. 먼저, 개발된 과학영재교육프로그램을 수업에 적용하기 전에 연구 대상의 문제발견 및 가설설정 능력을 측정하기 위해 사전검사를 실시하였고, 학생들은 10분의 시간동안 평가문항에 답하였다. 다음으로, 과학영재교육프로그램을 활용한 과학영재교육원 생물반 대상 수업은 본 연구의 연구진이 진행하였다. 과학영재교육프로그램은 1차시 45분, 총4차시 180분의 수업에 적용되었다. 과학영재교육프로그램의 1차시는 문제발견, 2차시는 가설설정, 3차시는 가설검증, 4차시는 문제해결의 활동으로 진행되었다. 총4차시 수업이 종료된 후 4일이 경과한 2011년 7월 22일 학생들은 사전검사와 동일한 문제발견 및 가설설정 능력 평가문항으로 사후검사에 응답하였다.

다. 과학영재교육프로그램 평가과정

본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램의 효과성을 평가하기 위하여 본 연구의 연구진 5인은 서술형의 문제발견 및 가설설정 능력 평가문항을 개발하고, 평가준거를 설정하였다. 사전과 사후검사는 평가준거에 따라 양적, 질적 점수로 환산하였고, 환산된 점수는 PASW (Predictive Analytics Software) Statistics 18을 사용하여 기술통계를 산출하였으며, 사전·사후검사의 유의미한 차이를 살펴보기 위해 대응표본 *t*-검정을 실시하였다.

2. 과학영재교육프로그램 적용 대상

본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램이 학생들의 문제발견 및 가설설정 능력 향상에 효과가 있는지 알아보기 위해 2011학년도 1학기 A대학교 부설 과학영재교육원 생물반 19명의 학생(중학교 1학년 15명, 중학교 2학년 4명)들을 대상으로 적용되었다. 연구대상은 남학생 11명, 여학생 8명이다.

III. 연구결과

1. 문제발견 및 가설설정 능력 신장 과학영재교육프로그램 개발 결과

가. 멘델의 유전법칙 확립과정에서 나타난 과학적 사고과정 분석

멘델에 관한 문헌분석²⁾을 통해 멘델의 유전법칙 확립과정에 나타난 과학적 사고과정을 귀납, 귀추, 통합의 3가지 추론과정 요소로 분류하였다.

1) 귀납

귀납은 주어진 현상이나 상황 내에서 관찰된 사실을 정확하게 기술하고, 관찰 사실들에서 규칙성을 발견하는 과정을 의미한다. 귀납적 추론과정 요소에는 관찰, 분류, 경향성 발견 등이 포함된다(권우주 외, 2003). 멘델은 식물 잡종실험에서 가능한 많은 관찰만이 자연현상을 규명하는 데 필수적 요건임을 알게 되었고, 1854년부터 1863년까지 진행된 실험에서 약 28,000포기 완두를 사용하였으며, 그 가운데 12,835포기를 상세하게 조사하였다.

2) 연역

새로운 과학지식 생성과정 가운데 한 가지는 과학자가 수립한 가설을 검증하는 과정이다. 양일호 외(2006)는 가설검증의 방법과 예상결과를 사고하는 과정이 연역적 과정이며, 연역적 추론과정의 요소에는 실험설계, 자료해석, 결론도출, 일반화 등이 포함된다고 설명하였다. 1854년 완두 실험과정을 설계하는 당시 멘델은 먼저 선행연구를 분석하였고, 잡종 형성실험은 좀 더 다양한 식물종류를 대상으로 자세한 실험결과가 얻어질 때 최종적으로 결론에 도달할 수 있을 것이라고 생각하여, 잡종의 자손 사이의 수리적 상호관계를 명백하게 규명할 수 있는 실험과정을 설계하였다. 또한, 멘델은 완두실험을 성공하기 위해 당시 과학자들이 수행하지 않았던 자신만의 실험방법을 설계하여 수행하였다. 즉, 연구하려는 형질이 몇 세대를 거쳐도 불변한다는 사실을 관찰하기 위해서 2년 동안 예비실험을 수행했으며, 여러 세대 동안 형질이 변하지 않고 존속되는 불변성 잡종들을 구분해 냈다. 이러한 연역적 추론은 멘델의 유전법칙의 발견으로 이어졌다.

3) 통합

통합은 학문 내 통합과 학문 간 통합의 2가지로 구분할 수 있으며(Nikitina & Mansilla, 2003), 예로서 학문 내 통합은 수학 내적 통합 또는 과학 내적 통합으로, 동일한 개념적 근원을 갖는 나무에서의 나뭇가지들 사이의 연계성을 찾는 것이라고 볼 수 있다. 학문 간 통합은 수학과 과학이 각 영역에서의 과학적 또는 논리적 분석방법의 패러다임을 벗어나 수학과 과학의 개념과 도구를 통합하는 외적 통합이다(이혜숙, 임혜미, 문종은, 2010). 외적 통합은 두 학문이 연결된다는 측면에서 보다 의미 있는 통합이라고 볼 수 있다.

2) 본 연구에서 수행한 멘델의 관한 문헌분석은 먼저, 멘델이 1866년 발표한 식물잡종에 관한 실험의 영어번역본 및 한글번역본(신현철 역, 2009)을 숙독한 후, 관련 일반교양서적 4권(안인희, 2006; 최돈찬, 2002; 한국유전학회, 2008; 황신영, 2010) 및 영문서적 1권(Magner, 2002)을 비교 분석하였으며, 그 결과에 근거하여 과학적 사고과정의 특징을 분류하였다.

1761년 독일 식물학자 켈로이터(Koelreuter, Joseph G., 1733-1806)는 식물 교배실험에서 어떤 형질은 세대마다 나타나고, 어떤 형질은 특정 세대에서는 사라졌다가도 나중에 다시 나타난다는 것을 관찰했다. 수십 년 뒤 1849년 게르트너³⁾(Gärtner, Carl F., 1772~1850)는 식물교배에 대한 방대한 연구를 수행하여 논문을 발표하였는데, 서로 다른 식물 종을 대상으로 켈로이터의 실험 중 일부를 반복했고, 자신만의 실험도 수행했지만 연구결과를 통해 유전형질에 대해서는 설득력 있는 설명을 제시할 수 없었다(한국유전학회, 2008; Magner, 2002). 멘델이 완두를 이용해 얻은 실험 결과는 켈로이터나 게르트너의 연구결과와 크게 다르지 않았다. 다만 차이점이 있다면 멘델은 연구결과를 설명하는 데 수학의 통계학을 이용한 점이였다. 이러한 수학과 과학의 통합적 접근을 통해 멘델은 유전학의 창시자로 불리게 되었다.

나. 멘델의 과학적 사고과정에서 추출한 탐구요소

멘델의 유전법칙 확립과정에서 나타난 과학적 사고과정에서 학생들의 문제발견 및 가설설정 능력을 신장시킬 수 있는 탐구요소를 [그림 2]와 같이 추출하였다.



[그림 2] 멘델의 과학적 사고과정에서 추출한 탐구요소와 프로그램 적용

다. 문제발견 및 가설설정 능력 신장 과학영재교육프로그램 개발

멘델의 과학적 사고과정에서 추출한 탐구요소를 적용하여 개발한 과학영재교육프로그램은 문제발견, 가설설정, 가설검증, 문제해결의 4단계로 구성되었다. 각 단계에 따라 주요 활동을 구분하여 적용하였으나, 가설검증 단계에서도 의문생성과 가설생성의 기회를 제공하였다(<표 1>).

3) 독일의 유명한 식물학자 조셉 게르트너(Gärtner, Joseph, 1732-1791)의 아들이며 외과의사였으나, 켈로이터의 연구를 반복실험한 후 ‘식물계의 교배에 대한 실험과 관찰(Experiments and observations on hybridization in the plant kingdom)’을 발표하면서 자연교배를 통해 새로운 종이 만들어진다는 학설을 반박하게 된다(Magner, 2002, p.375).

1) 문제발견 단계

문제발견 단계에서는 멘델이 선행연구의 분석을 통해 발견한 사실과 완두의 예비 실험 결과를 총6개의 완두 사진으로 제시하였다. 사진은 완두 씨앗(콩)의 색, 완두 콩각지의 색, 완두꽃의 색의 3유형으로 제시하고 각 유형에는 어버이와 자손1대, 자손2대의 사진으로 제시하였다. 학생들은 사진을 관찰하는 과정에서 발견한 사실을 기록하고(<표 1>의 [활동 1]), 관찰한 결과와 기존 이론(혼합설) 사이의 모순을 스스로 발견할 수 있도록 하였으며(<표 1>의 [활동 2]), 과학적으로 탐구할 가치가 있는 의문을 생성할 수 있는 기회를 제공하였다(<표 1>의 [활동 3]).

2) 가설설정 단계

가설설정 단계는 발견한 문제에 대한 잠정적인 답인 가설을 생성하고, 모둠별 토의를 통해 설정한 가설을 정교화 하는 기회를 제공하였다(<표 1>의 [활동 4]). 또한, 자신이 생성한 가설을 검증하기 위한 실험과정을 설계함으로써 그 다음 단계인 가설검증 단계로 이어질 수 있도록 안내하였다(<표 1>의 [활동 5]).

<표 1> 문제발견과 가설설정 능력 신장 과학영재교육프로그램을 적용한 수업

단계	주제	주요 수업 활동 내용	시간
문제 발견	멘델처럼 문제 발견하기 (1, 2차시)	[활동 1] 완두 씨앗의 색, 완두 콩각지의 색, 완두꽃의 색을 사진을 통해 관찰하고 공통점과 차이점을 발견하기 [활동 2] 관찰 결과와 기존의 이론 사이에서 모순 발견하기 [활동 3] 완두 사진의 관찰결과와 발견한 모순을 통해 과학적 문제 발견하기	(60분)
	가설 설정 설정하기 (2차시)	[활동 4] 활동 3에서 발견한 문제를 해결하기 위해 자신만의 가설을 설정하기 [활동 5] 활동 4의 가설을 검증하기 위한 자신의 실험과정 설계하기	(30분)
		모의실험을 통한 가설 검증하기 (3차시)	[활동 6, 7, 8] 완두 잡종 제1세대, 제2세대 모의 실험하기 [활동 6, 7, 8] 모의실험 결과를 통해 과학적 문제발견하기 [활동 6, 7, 8] 실험 결과에서 발견한 문제를 해결하기 위한 자신의 가설 설정하기
문제 해결	문제 해결하기 (4차시)	[활동 9] 과학과 수학의 접목 - 동전던지기 모의실험 [활동 10] 스스로 멘델의 유전법칙 확립하기	(45분)

3) 가설검증 단계

멘델이 1854년부터 1863년까지 수행하였던 완두 잡종실험 과정의 일부를 학생들에게 간접적으로 경험하게 하였다(<표 1> [활동 6, 7, 8]). 교사가 수업 전에 미리 준비한 제1세대 상자 속 완두의 색깔과 비율을 예상해보고 토론한 뒤, 완두의 개수를 직접 세어보게

하였다. 완두를 직접 세어보게 한 것은 멘델이 완두를 치밀하게 다루었던 경험을 제공하기 위해서였다. 제1세대의 완두를 세어본 뒤 학생들에게 제1세대의 재배를 통해 과학적으로 탐구할 가치가 있는 문제를 발견하도록 하고, 가설을 세워봄으로써 문제발견과 가설설정(제2세대 완두 색깔의 비율예상), 실험과정 설계의 단계를 가설검증 단계에서 내어서 한 번 더 수행하였다. 그리고 제2세대 상자 속 완두의 색깔과 비율을 다시 예상해보고 토론한 뒤, 완두의 개수를 세어봄으로서 [활동 4]에서 세운 가설을 검증하도록 하였다. 학생들의 모의실험이 끝나고 멘델의 논문에서 직접 얻은 실험결과를 분석해보는 과정을 탐구 활동에 포함시켰다. 잡종 제1세대와 잡종 제2세대의 결과를 종합하여 다시 의문을 생성하고, 그 의문을 통해 과학적 이론을 더 넓힐 수 있는 가설을 설정할 수 있도록 안내하였다.

4) 문제해결 단계

문제해결 단계에서는 멘델이 수학의 통계학을 접목시켜 가설을 검증하고, 문제를 해결한 것처럼 동전을 던져서 앞면과 뒷면이 나온 횟수를 세어 확률을 계산하게 해 봄으로써 잡종 실험에서 3:1의 결과가 나온 이유를 설명할 수 있도록 지도하였다(<표 1> [활동 9]). 또한, 멘델이 유전법칙을 확립할 수 있었던 과정을 재확인하고, 그 과정에서 문제 발견과 가설 설정의 중요성을 인식할 수 있도록 지도하였다(<표 1> [활동 10]).

라. 멘델의 과학적 사고과정을 활용한 과학영재교육프로그램의 활동지 구성

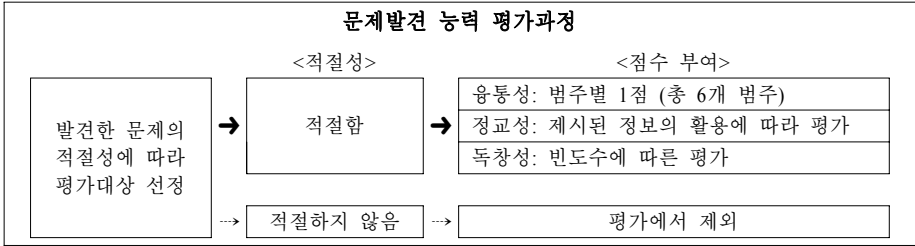
활동지는 총8장이며, 개발한 프로그램의 각 단계별로 학생들이 직접 수행할 수 있는 활동으로 제시하였다. 활동지는 구체적인 질문과 유의점을 포함하고 있으며, 학생들이 계속적으로 흥미를 유지할 수 있는 활동들로 구성하였다.

마. 멘델의 과학적 사고를 활용한 과학영재교육프로그램을 적용한 수업 구성

개발한 프로그램을 적용한 수업의 1, 2차시에는 문제발견 단계와 가설설정 단계를 실시하였다. 가설검증 단계는 3차시, 문제해결 단계는 4차시에 실시하여 총4차시 수업으로 구성하였다. 각 차시는 45분 수업으로 진행하였고 차시 사이에 10분간의 휴식시간을 배정하였으며, 수업은 개발한 학생 활동지를 활용하여 진행하였다(<표 1>).

바. 과학영재교육프로그램 평가문항 및 평가준거 개발

문제발견 및 가설설정 능력을 평가하기 위해 본 연구에서 개발한 평가문항은 [부록 1]과 같다. 문제발견 능력 평가문항은 제시된 상황과 사진자료를 보고 과학적으로 탐구할 가치가 있는 문제를 가능한 많이 발견하여 의문형으로 제시하도록 하였다. 가설설정 능력 평가문항은 발견한 문제 중 한 개 문제를 선택하여 가설을 설정하도록 하였다. 문제발견 및 가설설정 능력의 평가준거는 다음과 같다.



[그림 3] 문제발견 능력 평가과정

문제발견 능력의 평가는 [그림 3]과 같이 진행되었다. 먼저, 영재학생들이 발견한 문제의 적절성의 여부를 평가하여 적절한 문제와 적절하지 않은 문제를 구분하였다. 적절성 (appropriateness)은 제시된 문제 상황에서 문제를 새롭게 찾아내는 것을 말한다. 학생들이 발견한 적절한 문제는 제시된 상황과 자료에 나오는 정보를 활용하여 의문형 또는 ‘~은/는 탐구할 가치가 있다’라고 쓴 경우이다. 적절하지 않은 문제는 이미 주어진 상황을 정답의 형태로 제시하거나, 주어진 자료에서 확인 가능한 것을 의문형으로 제시한 경우이다. 본 연구에서는 문제의 적절성 여부는 점수화 하지 않고, 적절성을 기준으로 구분한 다음 적절한 문제만을 대상으로 융통성, 정교성, 독창성의 3개 영역으로 평가하였다.

<표 2> 문제발견 능력 평가에서 학생 응답별 범주에 따른 융통성 평가 예시

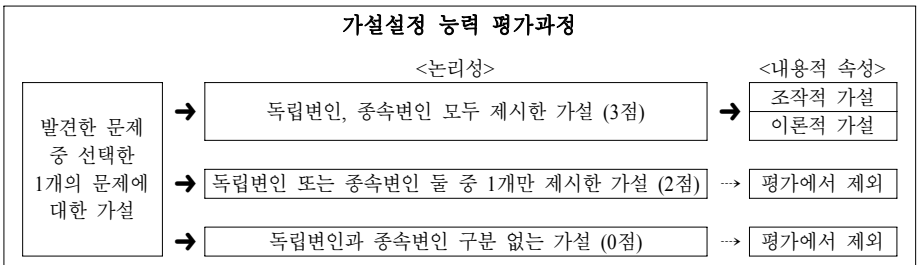
범주	응답유형	응답자(ID)					
		1	2	3	4	5	6
외형	모양: 생김새, 모습	1					1
	머리(갓, cap)		1				
	족수(다리): 개수, 길이 색깔		1		1	1	
해파리의 특성	야광					1	
	해파리의 독						
	해파리의 부유형태 해파리의 전체적인 특징과 차이점						1
생리적 특징	활동시간				1		
	다른 생물과 관계 먹이						
생태환경	햇빛의 양			1			
	수온			1			
	해수의 흐름			1			
	계절	1					
	수심					1	
환경오염	서식지(환경)	1	1				1
	지구온난화 오염도				1		
진화	분화(조상)						
	종의 다양성						
발견한 문제 개수		3	3	3	3	3	3
융통성 점수		2	2	1	3	3	3

<표 3> 문제발견 능력의 정교성 평가 예시

ID	응답 유형	점수
7	무희나선꼬리해파리와 야광원양해파리의 촉수의 개수가 차이나는 이유는 무엇일까?	2
7	야광원양해파리는 왜 야광물질이 몸에 들어가 있는 것일까?	1
9	두 해파리의 머리 부분이 다른 이유는 무엇일까?	2
9	동해안과 제주도의 해양생태의 차이는 무엇일까?	2
13	계절마다 볼 수 있는 해파리의 종류가 다른 것은 무엇 때문일까?	3

융통성(flexibility)은 제시된 문제 상황과 관련이 있는 다양한 범주의 문제를 얼마나 많이 찾아내었는지를 보는 양적 점수의 관점이다(류시경, 박종석, 2008). 본 연구에서 학생들의 응답에 근거하여 총6개의 범주로 분류하였고, 각 범주에 따라 각 1점씩을 부여하였다(<표 2>). 정교성(elaboration)은 학생의 호기심이 탐구 가능한 문제로 발전되어 진술되었나를 평가하는 척도이다(정현철 외, 2004). 탐구 가능한 문제의 구체적인 평가 기준은 3개의 정보를 사용하여 문제를 제시할 경우 3점, 2개의 정보를 비교하여 문제를 제시할 경우 2점, 1개의 정보를 사용하여 문제를 제시할 경우 1점, 탐구 불가능한 문제는 0점을 부여하였다(<표 3>). 독창성(originality)은 학생들이 제시한 문제의 특이하고 새로운 정도의 척도이다. 본 연구에서는 빈도수에 의한 평가 방법으로 독창성을 평가하였다(류시경, 박종석, 2008; 이혜주, 2005). 발견한 각 문제의 목록을 작성하고 발견한 학생 수를 전체 학생 수로 나누어 %로 산출하였으며, 5% 이하의 학생이 발견한 문제는 3점, 6%이상~20%이하의 학생이 발견한 문제는 2점, 21%이상~40% 이하의 학생이 발견한 문제는 1점을 부여하였다.

가설설정 능력의 평가는 논리성과 내용적 속성 2가지를 분석하였다([그림 4]). 논리성은 가설을 설정할 때 독립변인과 종속변인을 모두 사용하여 제시할 경우 3점, 독립변인이나 종속변인 둘 중 하나만 제시할 경우 2점, 독립변인과 종속변인의 구분이 없는 형태의 가설은 1점으로 평가하였다. 내용적 속성은 독립변인과 종속변인이 모두 나타난 가설을 대상으로 조작적 가설과 이론적 가설로 분류하였다. 조작적 가설은 현상의 원인을 관찰 가능하며 구체적 조작 가능한 변인으로 설명하는 것이며, 이론적 가설은 현상을 일으키는 원인을 관찰할 수 없는 속성을 지닌 상징적인 변인으로 설명하는 가설이다(권용주 외, 2000).



[그림 4] 가설설정 능력 평가 과정

2. 문제발견 및 가설설정 능력 신장 과학영재교육프로그램의 효과

가. 전체 학생의 문제발견 능력 변화

본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램을 적용한 결과, 문제발견 능력의 변화는 <표 4>와 같다. 문제발견 능력 총점의 평균은 사전 6.47점, 사후 11.84점으로 통계적으로 유의하게($p<.001$) 5.37점 향상되었다. 문제발견 능력의 하위요소인 융통성의 평균은 사전 1.37점에서 사후 2.26점으로 통계적으로 유의하게($p<.001$) 0.89점 향상되었다. 정교성은 사전 2.74점, 사후 5.53점으로 통계적으로 유의하게($p<.001$) 2.79점 향상되었다. 독창성은 사전 2.37점에서 사후 4.05점으로 통계적으로 유의하게($p<.05$) 1.68점 향상되었다. 따라서 본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램은 영재학생들의 문제발견 능력의 향상에 도움이 된다고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 과학영재교육프로그램을 통해 제시된 문제발견 활동의 결과, 학생들의 문제발견 능력이 향상된 것으로 사료된다.

<표 4> 문제발견 능력의 변화 (대응표본 t -검정)

문제해결 능력 (n=19)	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
융통성	1.37	.831	2.26	.653	5.929***	.000
정교성	2.74	1.968	5.53	1.389	5.345***	.000
독창성	2.37	2.033	4.05	2.147	2.542*	.020
총점	6.47	4.477	11.84	2.873	4.647***	.000

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

나. 전체 학생의 가설설정 능력 변화

본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램을 적용한 결과, 가설설정 능력 중 논리성의 변화는 <표 5>과 같다. 사전의 논리성은 1.53점이었는데, 사후에 2.42점으로 0.89점 통계적으로 유의하게($p<.05$) 향상되었다. 가설설정 능력에서 내용적 속성을 나타낸 <표 6>을 보면 사전에는 4명의 학생이 이론적 가설을 작성하였고, 3명의 학생이 조작적 가설을 작성하였다. 하지만 사후의 내용적 속성을 보면 8명의 학생이 조작적 가설을, 4명의 학생이 이론적 가설을 작성하였다. 이러한 현상은 과학영재교육프로그램의 활동 중 자신의 가설을 검증하기 위해 실험과정을 설계하는 활동의 반복으로 나타난 결과로 생각된다. 즉, 학생들이 가설을 설정한 다음 자신의 가설을 검증하기 위한 실험과정의 설계로 관찰이 어려운 이론적 가설보다 구체적 조작이 가능한 조작적 가설에 집중한 결과라고 볼 수 있다. 따라서 본 과학영재교육프로그램은 이론적 가설보다 조작적 가설을 향상하는데 도움이 된다고 할 수 있다.

<표 5> 가설설정 능력의 변화 (대응표본 *t*-검정)

가설설정 능력 (<i>n</i> =19)	사전		사후		<i>t</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차		
논리성	1.53	1.389	2.42	.902	2.500*	.022

p*<.05, *p*<.01, ****p*<.001

다. 큰 향상을 보인 학생의 문제발견, 가설설정 응답 예시

본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램에 참여한 생물 영재반 학생 19명 중, 특별히 문제발견 능력과 가설설정 능력의 변화가 큰 학생 3명의 응답을 살펴보았다(<표 6>). 먼저, 문제발견 능력에서 큰 향상을 보인 ID 3번(15점 향상) 학생의 경우, 사전에는 ‘문제발견1: 물의 온도에 따라서 서식하는 해파리의 종류가 다르다.’, ‘문제발견2: 물의 오염 정도에 따라 서식하는 해파리의 종류가 다르다.’라고 문제를 발견하는 것이 아니라 정답을 제시하는 형태의 문장으로 서술했으나, 사후에는 ‘문제발견1: 사는 지역에 따라 사는 종류가 달라질까?’, ‘문제발견2: 들어오는 햇빛의 양에 따라 (해파리의) 모습이 변화할까?’, ‘문제발견3: 해수의 흐름의 강도에 따라서도 모습이 변화할까?’라고 의문 형태의 문제를 발견하였다.

ID 10번(16점 향상) 학생의 경우, 사전에는 문제를 발견하지 못하고 공란으로 남겼지만, 사후에는 ‘문제발견1: 먹이의 종류와 촉수의 개수는 상관이 있을까?’, ‘문제발견2: 해파리의 색깔과 서식지의 색깔의 관련은 어떠한가?’, ‘문제발견3: 서식지에 서식하는 다른 생물들과 해파리모양은 어떤 관계가 있는가?’라고 ID 13번 학생의 사후와 동일한 의문 형태의 문제를 발견하였다.

ID 17번(10점 향상) 학생의 경우, 사전에는 ‘문제발견1: 각 지역에서 발견되는 해파리의 종류가 다르다.’, ‘문제발견2: 야광원양해파리는 어두운 곳에서도 빛을 발한다.’, ‘문제발견3: 각 계절마다 발견되는 해파리의 종류가 다르다.’라고 ID 3번 학생의 사전과 동일한 형태의 정답을 제시하는 문장으로 서술했었다. 그러나 사후에는 ‘문제발견1: 겨울과 여름에 나타나는 해파리는 왜 다를까?’, ‘문제발견2: 동해안과 제주도 근처 바다에 나타나는 해파리는 왜 다를까?’, ‘문제발견3: 무희나선꼬리해파리와 야고아원양해파리의 모습은 왜 다를까?’라고 ID 13, 10번의 학생과 동일한 의문 형태의 문제를 발견하였다.

ID 3번, 10번, 17번 학생은 문제발견 능력뿐만 아니라 가설설정 능력도 사전에 비해 사후에 큰 향상을 보였다. ID 3번, 10번 학생은 사전에는 가설을 설정하지 못해 공란으로 비워두었지만 사후에는 ID 3번 학생의 경우, 사후에 발견한 문제 1번의 가설로 ‘사는 지역에서 서식하는 생물 중 먹이의 종류가 다르다면 그 먹이를 잡기에 알맞은 형태로 진화해 다른 모양의 해파리가 되었을 것이다.’ 독립변인과 종속변인을 모두 제시하였고, 내용적으로는 이론적 가설을 설정하였다. ID 10번 학생의 경우, 사후에 발견한 문제 1번의 가설로 ‘서식지의 수심이 깊을수록 촉수의 길이는 짧아질 것이다.’라고 독립변인과 종속변인을 모두 제시하였고, 내용적으로는 조작적 가설을 설정하였다.

ID 17번 학생의 경우, 사전에는 ‘야광원양해파리에게는 무희나선꼬리해파리와는 다른 물질을 가지고 있다’라고 발견문제와 동일한 정답 형태의 가설을 설정하였다. 이는 ID 17번 학생이 문제발견과 가설설정을 구분하지 못하는 것으로 보인다. 사후에 ID 17번 학생은 발견한 문제 1번의 가설로 ‘겨울과 여름은 해수의 온도가 차이나기 때문에 나타나는 해파리가 다르다.’라고 독립변인과 종속변인을 모두 제시하였고, 내용적으로는 조작적 가설을 설정하였다.

문제발견과 가설설정 능력이 크게 향상된 학생의 응답을 종합하면, 문제발견의 경우 사전에는 문제를 발견하는 것이 아닌 정답을 제시하는 방식의 서술을 하였으나 본 연구의 과학영재교육프로그램을 통해 의문의 형태 문제를 발견하게 되었다. 그리고 가설설정의 경우 가설에 대한 개념이 없어 응답을 하지 못하거나 발견한 문제와 동일한 서술을 하는 형태였으나 본 연구의 과학영재교육프로그램을 통해 독립변인과 종속변인을 정확히 제시하게 되었으며, 내용적으로 이론적 가설 혹은 조작적 가설을 설정할 수 있게 되었다.

<표 6> 문제발견 및 가설설정 능력의 변화

ID	문제발견 능력의 변화								가설설정 능력의 변화			
	유통성		정교성		독창성		총점		논리성		내용적 속성	
	사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후	사전	사후
1	2	2	4	6	2	2	8	10	2	2		
2	2	2	3	5	2	3	7	10	0	2		
3	0	1	0	6	0	8	0	15	0	3		이론
4	2	3	4	6	6	7	12	16	3	3	이론	조작
5	2	3	4	5	2	5	8	13	3	1	조작	
6	1	3	2	6	1	4	4	13	3	3	이론	이론
7	1	2	0	6	1	3	2	11	0	2		
8	3	3	5	3	6	5	14	11	0	1		
9	2	3	6	6	4	5	12	14	2	3		이론
10	0	2	0	6	0	8	0	16	0	3		조작
11	1	2	1	4	1	5	3	11	3	3	조작	조작
12	1	2	3	5	1	3	5	10	0	2		
13	2	2	6	8	4	2	12	12	3	3	이론	이론
14	1	1	2	2	1	1	4	4	2	3		조작
15	2	3	4	6	5	6	11	15	3	3	조작	조작
16	1	2	4	7	3	4	8	13	0	3		조작
17	0	2	0	6	0	2	0	10	0	3		조작
18	2	3	2	5	5	1	9	9	3	3	이론	조작
19	1	2	2	7	1	3	4	12	2	0		
평균	1.37	2.26	2.74	5.53	2.37	4.05	6.47	11.84	1.53	2.42	-	-

IV. 결 론

본 연구는 멘델의 과학적 사고과정을 활용하여 과학영재교육프로그램을 개발하였으며, 이 프로그램이 대학교 부설 과학영재교육원 생물반 학생의 문제발견 능력과 가설설정 능력 향상에 어떠한 영향을 미치는지 그 효과를 분석하는데 목적을 두었다. 이를 위하여 과학적 사고과정의 특징이 잘 나타나는 과학자로 멘델을 선정하고, 멘델의 과학적 사고과정을 분석하여 탐구요소를 추출하였다. 추출된 탐구요소에 근거하여 문제발견, 가설설정, 가설검증, 문제해결의 4단계로 이루어진 과학영재교육프로그램과 활동지를 개발하였다. 개발된 과학영재교육프로그램은 A대학교 부설 과학영재교육원 생물반 19명을 대상으로 4차시 수업에 적용하였다. 과학영재교육프로그램의 효과는 수업 전후에 실시한 문제발견 및 가설설정 능력 평가문항을 통하여 확인하였으며 결론 및 제언은 다음과 같다.

첫째, 멘델의 과학적 사고과정을 활용한 과학영재교육프로그램은 학생들의 문제발견 능력 향상에 효과가 있었다. 문제발견 능력의 하위요소인 융통성, 정교성, 독창성에서 통계적으로 유의미한($p < .05$) 효과가 있었다. 즉, 본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램은 제시된 문제 상황과 관련이 있는 다양한 범주의 문제를 발견하는 능력인 문제발견의 융통성과 단순한 의문에서 탐구가 가능한 문제로 발전시켜 진술하는 능력인 문제발견의 정교성, 그리고 특이하고 새로운 문제들을 발견하는 능력인 문제발견의 독창성의 향상에 효과가 있었다.

둘째, 멘델의 과학적 사고과정을 활용한 과학영재교육프로그램은 학생들의 가설설정 능력 향상에 효과가 있었다. 특히 가설설정에서 독립변인과 종속변인을 제시하며 가설설정의 논리성이 유의미하게($p < .05$) 향상되었다. 본 연구에서 개발한 과학영재교육프로그램은 이론적 가설보다 조작적 가설을 설정하는 능력을 향상시키는데 효과가 있었다. 이러한 결과는 본 과학영재교육프로그램의 활동 가운데 학생들은 자신의 가설을 검증하기 위해 실험과정을 설계해보는 활동을 반복적으로 수행하였으며, 학생들은 관찰이 어려운 이론적 가설보다 구체적 조작이 가능한 조작적 가설에 집중한 결과로 예측된다.

셋째, 멘델의 과학적 사고과정을 활용한 과학영재교육프로그램 수업을 받은 학생의 사전과 사후 응답을 살펴본 결과, 사전에는 문제를 발견하는 것이 아니라 정답을 제시하는 형태의 문장으로 서술했으나, 사후에는 자신이 궁금해 하는 의문점을 이용하여 의문형으로 문제를 제시하는 형태로 문제를 발견하게 되었다. 가설설정의 경우 사전에는 가설에 대한 개념이 없어 응답을 하지 못하거나 발견한 문제와 동일한 서술을 하는 형태였으나, 사후에는 독립변인과 종속변인을 정확히 제시하게 되었으며, 내용적으로 이론적 가설 혹은 조작적 가설을 설정할 수 있게 되었다.

이상의 연구결과로 멘델의 과학적 사고과정을 활용한 과학영재교육프로그램은 과학 영재들의 창의성 신장에 중요한 요소인 문제발견 능력과 가설설정 능력을 향상하는데 효과적인 과학영재교육프로그램으로 평가되었다. 본 연구의 결과는 과학영재들의 과학적 창의성과 문제해결력을 효과적으로 증진시키는 과학영재교육프로그램 개발의 기초자료로 활

용되고, 과학 영재학급을 운영하는 대학교 부설 과학영재교육원과 시도 교육청의 영재교육원에서 유용하게 활용되기를 기대하는 바이다.

본 연구에서 개발된 과학영재교육프로그램은 개발된 활동들의 특성상 관찰이 어려운 이론적 가설보다 구체적 조작이 가능한 조작적 가설의 설정 능력의 함양에 집중된 결과가 나타났다. 자연현상은 물론이고 과학교육현상까지도 구체적이고 조작적인 변인으로 설명하지 못하는 수많은 현상이 존재함을 고려할 때(권용주, 2000), 보다 이론적인 가설의 설정에 대한 경험을 체계적으로 제공하는 프로그램이 개발되어야 할 것이다.

본 연구에서 개발된 과학영재교육프로그램은 소규모 과학영재들에게 적용되었다. 앞으로 멘델의 과학적 사고과정을 활용한 과학영재교육프로그램을 좀 더 많은 학생들을 대상으로 장기적으로 적용한다면 그 효과를 검증하여 개선하고 보완한다면 창의성 신장 교육에 기여할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 권용주, 양일호, 정원우 (2000). 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. **한국과학교육학회지**, 20(1), 29-42.
- 권용주, 이준기, 정진수 (2007). 과학고등학교 학생들이 전분 실험에서 생성한 생물학 가설의 설명 경향 분석. **중등교육연구**, 56(1), 275-298.
- 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정 (2003). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구-귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로-. **한국과학교육학회지**, 23(3), 215-228.
- 김동렬 (2008). 동기 유발 전략을 적용한 생물 수업이 중학교 과학 영재들의 과학 관련 태도와 생물 영역에 대한 흥미도, 학습 동기에 미치는 효과. **한국생물교육학회지**, 36(4), 500-511.
- 김순식 (2010). 문제발견 중심의 과학 탐구수업이 영재학생들에게 미치는 효과. **영재와 영재교육**, 9(2), 37-63.
- 김영민 (2006). Kepler의 망막 상 이론 형성 과정에서의 과학적 문제 발견과 귀추적 사고. **한국과학교육학회지**, 26(7), 835-842.
- 류시경, 박종석 (2008). 과학 영재 학생들의 과학적 문제발견 능력을 측정하기 위한 도구 개발. **한국과학교육학회지**, 29(2), 139-149.
- 박문영, 이만우 (2007). 과학자를 소재로 한 초등과학영재 프로그램 개발. **초등과학교육**, 25(5), 507-521.
- 박종원 (2003). 과학적 가설 검증을 위한 학생들의 실험설계 내용 분석. **한국과학교육학회지**, 23(2), 200-213.
- 신현철(역) (2009). **식물의 잡종에 관한 실험**. Mendel, G. J. (1866). *Versuche ber pflanzen-hybriden*. 서울: 지식을 만드는 지식.

- 안인희(역) (2006). **정원의 수도사**. 로빈 헤니그. 서울: 사이언스북스.
- 양일호, 허명, 오창호, 황신영, 정진수, 권용주 (2006). Charles Darwin의 자서전에 나타난 사고 과정 분석. **한국생물교육학회지**, 34(1), 53-71.
- 양재섭, 구미정 (2005). 멘델유전학에서 생명공학시대까지 생명관의 변천. **한국과학사학회지**, 27(1), 87-107.
- 이광웅, 강봉균, 김영상, 김원, 백상기, 윤권상, 이종섭, 최청일, 홍영남(역). (2007). **생명: 생물의 과학**, (7판). Purves, W. K., Sadava, D., Orians, G. H., & Heller, H. C. (2007). *Life: The science of biology*. 서울: (주)교보문고.
- 이재기, 박기석, 전미란, 김규태, 전상학 (2007). 중학교 과학 영재를 위한 유전 심화 학습 프로그램의 개발과 적용-초파리(돌연변이체)를 중심으로-. **한국생물교육학회지**, 35(2), 236-252.
- 이혜숙, 임혜미, 문중은 (2010). 수학과학통합교육의 설계 및 실행에 대한 연구. **수학교육**, 49(2), 175-198.
- 이혜주 (2005). 구조화 정도가 다른 문제 상황에서 문제발견에 대한 제 변인의 상대적 기여도 분석. **초등교육연구**, 18(2), 123-148.
- 정진수 (2006). 초,중등 학생들의 과학적 가설 생성력 측정 도구 개발과 활용. **한국생물교육학회지**, 34(3), 388-404.
- 정진수, 원희정, 권용주 (2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. **한국과학교육학회지**, 25(5), 595-602.
- 정현철, 조석희, 서혜애, 신명경, 허남영 (2004). **영재의 자율연구능력 기초탐색연구**. 서울: 한국교육개발원.
- 최돈찬(역) (2002). **유전학의 탄생과 멘델**. 에드워드 에델슨. 서울: 바다출판사.
- 한국유전학회(역) (2008). **현대 유전학의 창시자 멘델**. 비체슬라프 오렐. 서울: 전과과학사.
- 황신영 (2010). **멘델이 들려주는 유전 이야기**. 서울: 자음과 모음.
- 황요한, 박종석 (2010). 과학영재의 창의성 신장을 위한 CNP 모형의 개발과 적용. **영재교육연구**, 20(3), 847-866.
- Kampourakis, K. (2010). Mendel and the path to genetics: Portraying science as a social process. *Science & Education*. Published online: 25 November 2010.
- Lawson, A. E. (2000). How do humans acquire knowledge? and what does that imply about the nature of knowledge?. *Science & Education*, 9(6), 577-598.
- Magner, L. N. (2002). *A history of the life sciences*. New York, NY: Marcel Dekker, Inc.
- Mansfield, R. S., & Busse, T. V. (1981). *The psychology of creativity and discovery: Scientists and their work*. Bel Air, CA: Burnham Inc Pub.
- Nikitina, S., & Mansilla, V. B. (2003). *Three strategies for interdisciplinary math and science teaching: A case of the Illinois Mathematics and Science Academy*. Goodwork@ Project Zero Report Series, Number 21. Cambridge, CA: Harvard Graduate School of

Education.

- Simonton, D. (1988). *Scientific genius: A psychology of science*. New York: Cambridge University Press.
- Starko, A. J. (2000). Finding the problem finders: Problem finders and the identification and development of talent. In R. C. Friedmand, & B. M. Shore (Eds.), *Talents unfolding: Cognition and development*. Washington DC: American Psychological Association.
- Subotnik, R. F., & Steiner, C. L. (1994). Problem identification in academic research: A longitudinal case from adolescence to early adulthood. In M. A. Runco (Ed.), *Problem finding, problem solving, and creativity* (pp. 188-200). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

= Abstract =

Improvement of Students' Problem Finding and Hypothesis Generating Abilities: Gifted Science Education Program Utilizing Mendel's Law

Soon-Ok Kim

Pusan National University

Bong-Sun Kim

Pusan National University

Hae-Ae Seo

Pusan National University

Youngmin Kim

Pusan National University

Jongseok Park

Kyungpook National University

In the process of establishing the principle of genetics, Mendel discovered problems based on various observations. Mendel's scientific thinking ability can be effective if this ability is embedded in gifted science education programs. The study aims to develop a science gifted education program utilizing Mendel's scientific thinking ability shown in the principles of genetics and examine students' changes in scientific thinking ability before and after the program implementation. For the program development, first, the characteristics of Mendel's scientific thinking ability in the process of establishing the principle of genetics were investigated and extracted the major elements of inquiry. Second, the science gifted education programs was developed by applying the inquiry elements from the Mendel's Law. The program was implemented with 19 students of 7th, 8th graders who attend the science gifted education center affiliated with university during July 2011. The Mendel's scientific thinking ability was classified into induction, deduction, and integration. The elements of inquiry extracted from the Mendel's scientific thinking include making observation, puzzling observation, proposing causal questions, generating hypothesis, drawing inference, designing experiment, gathering and analyzing data, drawing conclusions,

and making generalization. With applying these elements, the program was developed with four phases: 1st - problem finding; 2nd - hypothesis generating; 3rd - hypothesis testing and 4th - problem solving. After implementation, students' changes in scientific thinking ability were measured. The findings from the study are as follows: First, students' abilities of problem finding is significantly ($p < .05$) increased. Second, students' abilities of hypothesis generating is significantly ($p < .05$) increased.

Key Words: Problem finding, Hypothesis generating ability, Gifted science education program, Mendel's scientific thinking process

1차 원고접수: 2011년 11월 11일
수정원고접수: 2011년 12월 29일
최종게재결정: 2011년 12월 29일

[부록 1] 문제발견 능력, 가설설정 능력 검사 문제

※ 다음은 일상생활에서 일어날 수 있는 상황을 제시한 것이다. 읽고, 물음에 답하라.

지난 겨울방학 은경이는 부모님과 동해안에 갔고 바닷가에서 무희나선꼬리해파리라고 불리는 해파리를 보았다. 이번 여름방학 은경이는 제주도 할머니 댁에 방문하였다가 바닷가에서 야광원양해파리를 보았다.



▲ 무희나선꼬리해파리



▲ 야광원양해파리

1. 과학적으로 탐구할 가치가 있는 문제를 가능한 많이 발견하고, 이를 의문형으로 제시하라.

2. 문제 1에서 제시한 의문형 가운데 1개의 문제를 선택하여, 완전한 문장의 가설로 만들어 제시하라.