

英才教育研究
 Journal of Gifted/Talented Education
 2001. Vol. 11. No. 3, pp. 23~44

프로젝트형 탐구학습을 통한 영재들의 과학하기

조한국(인천대학교 과학영재교육센터)
 hgc@incheon.ac.kr

한기순(인천대학교 과학영재교육센터)
 khanunl@hotmail.com

박인호(인천대학교 과학영재교육센터)
 ihpark@incheon.ac.kr

요 약

기존의 교실에서 교사가 학생들에게 무엇을 또 어떻게 탐구할 것인가에 대한 절차적인 지식을 가르칠 수는 있었으나, 그러한 가운데 우리가 놓치고 있었던 것은 과학을 하는 것 (doing science)에 대한 본질이었다. 특히 영재들의 학문적 욕구는 평범한 아이들과는 질적으로 다르기 때문에, 과학 영재들에게 그러한 요구와 필요성은 상당히 큰 것이었으나 그 요구와 필요성에 부합하는 연구와 프로그램의 개발이 뒷받침되어주지 못한 것이 현실이다. 과학 영재를 위한 교과과정은 학습 내용, 학습과정, 산출물에 있어서 영재들을 위해 특수화가 필요하다. 이러한 현실적 문제에 봉착하여, 본 연구는 하나의 작은 시도로서 과학영재들을 위한 프로젝트형 탐구학습의 프로그램을 개발, 현장에 적용, 그리고 제한적이거나 그 효과성도 부분적으로 검토하였다. 실제 문제들과 이슈들을 다루는 프로젝트형 탐구학습을 수행함으로써 학생들은 고차원적인 사고 능력을 기르며, 소집단활동을 통해서 학생들이 복잡한 실제 문제들을 창의적으로 해결할 수 있음을 보여주었다. 학생들은 이러한 형식의 수업을 통하여 또한 내용을 배우고 적용할 수 있게 되며 비판적 사고력을 배양하고 평생학습자로서의 자질을 키우며 의사소통능력과 상호협동능력을 자연스럽게 익힐 수 있음을 제시했다. 프로젝트형 탐구학습은 최근 여러 학문영역에서 널리 사용되고 있다. 하지만 아직 영재교육프로그램에서 그 사용은 그리 활발하게 이루어지고 있지 않는 실정이다. 프로젝트형 탐구학습은 과학영재들의 특성과 잘 부합되므로 과학영재들을 위한 프로그램에 성공적으로 사용되어질 수 있음을 본 연구는 시사하고 있다.

I. 글을 시작하며

모든 학생들이 그러한 학습에 참여하기를 원하는가?
 모든 학생들이 그러한 학습에 참여할 수 있는가?
 모든 학생이 그러한 학습에서 우수한 성취를 보일 수 있는가?

이 모든 질문들에 대한 답에 ‘예’ 라고 답한다면, 그것은 영재들을 위하여 차별화 된 교육과정이 아닐 것이다. 영재들을 위한 차별화 된 교육 프로그램은 어떠한 것일까? 최근 영재교육에 대한 관심이 높아지면서 실제 현장에서 영재들을 교육시키기 위한 프로그램의 개발에 대한 요청이 쇄도하고 있다. 하지만 영재들의 특성을 제대로 고려하고 영재교육과정 모형에 적합하며 또 실제 현장에서의 적용력을 갖는 영재프로그램은 거의 부재해왔다. 영재들을 위한 교육과정은 ‘별 거벗은 임금님’처럼 선발된 후에도 그들을 위한 제대로 된 프로그램 없이 표류하듯 형식에 치우친 교육을 받아온 것이 사실이다. 기존의 영재들을 위한 프로그램들은 대개 속진 중심의 교육내용만을 제시하거나, 게임이나 퍼즐 식의 프로그램들이거나, 지나치게 어려운 문제풀이 중심의 프로그램들이 대부분이었기 때문에, 영재들의 내적 동기를 유발하거나 학습에 대한 흥미를 진작시키거나 혹은 성취도를 증진시키기에는 역부족이라고 제기되어왔다. 기존의 프로그램들은 영재들의 영재성 개발보다는 영재교육프로그램 체제의 현상유지에 급급해 왔던 것도 부인할 수 없는 사실이다. 그렇다면 영재를 위한 교육과정과 프로그램은 어떠한 특성을 갖추어야 하는가? 많은 연구들이 영재들을 위한 교육과정의 목표나 특성들을 제시하고 있고 (Maker, 1996; VanTassel-Baska, 1996), 그들이 교육내용, 과정, 산출물 측면에서 어떻게 차별화 되어야 하는가를 구체적으로 보여주고 있다 (표 1 참조). 하지만 항상 우리에게 커다란 골칫거리로 남아 있던 과제는 이러한 차별화 교육과정의 원칙들이 실제 학문영역에서 어떻게 구체화되어서 나타날 수 있는가하는 문제였다.

본 연구는 영재를 위한 보다 구성주의적인 접근에 입각한 교육과정, 보다 학생 중심적이고, 학생 주도적인 교수-학습의 필요성, 영재들의 특성을 적극 배려한 프로그램, 과학을 배우기보다는 과학을 하기 (doing science) 위한 실제적인 (hands-on & minds-on) 프로그램의 요청에 기인한다. 학생들로 하여금 과학자들이 실제에서 경험하는 과학의 과정을 경험하고, 실제 과학자들과 유사한 타입의 사고과정과 활동을 경험할 수 있는 프로그램을 개발하고 또 현장에서 적용해보는 것이 본 연구의 주요목적이다. 보다 구체적으로, 본 연구는 영재들을 위한 프로

젝트형 탐구학습 화학프로그램을 개발, 적용하고 또 한층 더 나아가 적용된 프로그램의 효과성을 분석하고 그 시사하는 바를 알아보고자 한다.

<표 1> 영재교육과정의 내용, 과정, 산출물, 교사측면에서 고려사항

내용면

- 충분히 추상적인가?
- 복잡한 내용을 다루고 있는가?
- 다양한 내용을 다루고 있는가?
- 관련분야의 인물연구를 포함하고 있는가?
- 관련분야의 방법연구를 포함하고 있는가?

과정면

- 학생이 선택할 수 있었는가?
- 학생의 능력과 흥미에 맞도록 학습과정의 유동성 보장되었는가?
- 다양한 상위사고력 및 창의성이 개발될 수 있었는가?
- 다양한 형태와 내용의 개인 프로젝트가 보장/권장되었는가?
- 결과와 함께 과정이 중시되었는가?
- 문제중심의 학습이 되었는가?
- 자기주도적인 학습자의 자세가 권장되었는가?
- 실생활과의 연계가 이루어졌으며 생활로의 적용이 용이했는가?
- 개인차가 고려되고 개별화가 이루어졌는가?
- 열린 문제 (open-ended) 이었는가?
- 관찰과 발견을 중시했는가?
- 소그룹 활동이 효과적으로 이루어졌는가?

산출물면

- 실제 문제를 다루었는가?
- 실생활로의 적용이 용이한가?
- 실제 관객에게 발표되었는가?
- 적절한 평가가 이루어졌는가?

교사면

- 가르치는 교과내용을 잘 준비했는가?
 - 사고와 문제해결 측면에서 창의력과 확산적 사고능력을 권장했는가?
 - 학생들에게 지속적이고 온화한 격려를 했는가?
 - 학생들과 함께 일하는 것을 즐겼는가?
 - 학생들에게 훌륭한 role model을 제시해 주었는가?
 - 학생들과 상호 존경 및 신뢰감을 쌓아가고 있는가?
 - 학생의 이야기와 문제를 귀 기울여 들었는가?
 - 학생의 학업 성취나 개인적인 산출물 면에서 높은 기준을 요구했는가?
 - 강의식 학습보다는 질문식 또는 탐구식 학습을 강조했다는가?
 - 개방적인 질문을 사용하고 학생상호간 질문을 장려했는가?
 - 학생들에게 질문에 답하도록 적당한 시간을 제공하며 부적절한 답을 학습의 기회로 전환했는가?
 - 학생의 자율권과 주도권을 격려했는가?
 - 생생한 원자료와 일차자료를 사용했는가?
 - '분류하다' '예측하다' '창조하다' 등의 인지적 용어를 자주 사용했는가?
 - 학생들의 반응에 따라 교수전략을 변화시키고 내용을 변경했는가?
 - 자신의 이해를 학생과 공유하기 전에 학생들의 이해를 먼저 알아보았는가?
-

II. 이론적 배경

1. 프로젝트형 탐구학습

위에서 제기하고 있는 영재들을 위한 교육과정의 요소들을 효과적으로 발현할 수 있는 하나의 방법이 문제중심의 학습, 프로젝트형 탐구학습이다. 만약 교육의 가장 중요한 목표가 무엇이나고 묻는다면, 대다수의 교사들은 그들이 일반아동을 지도하건 또는 영재아동을 가르치건 간에 '효과적이고 창의적인 문제해결자' 라고 응답할 것이다. 하지만 그러한 학습자를 키우기에 우리의 교실은 너무나 많은 문제점들을 안고 있다고 지적되고 있다. 다양한 연구들이 비판적 사고력이나 문제

해결력 등은 교실의 수업 과정에서 거의 다루어지고 있지 않음을 지적하고있고, 실제로 몇몇 연구들은 85% 이상의 교사의 질문이 간단한 기억이나 이해의 수준이며, 종합이나 평가 등 상위사고력이나 창의력을 다루는 질문은 거의 없다고 지적한다 (Trefz, 1996). 이것은 비단 일반교실의 문제 뿐 아니라 영재들을 교육시키는 교육의 현장에도 적용된다고 할 수 있다. 여기에 덧붙여 자주 지적되고 있는 문제는 또 교실에서 너무나 피상적이고 현실과 상관없는 문제를 제기하기 때문에 학생의 동기유발이 효율적으로 일어나지 않으며 교실과 실생활의 연계가 거의 일어나지 않는다는 점이다.

프로젝트형 탐구학습의 가장 큰 특징은 학습내용이 복잡한 실제 문제의 상황에서 제시된다는 점이다. 달리 말하면, 문제가 먼저 제시된다 (the problem comes first). 이것은 내용을 강의식으로 학습한 후 가장 나중에 문제를 제시하는 (end of the chapter) 식의 종래의 학습형태와는 상당히 차이가 있다. 프로젝트형 탐구 학습에서 학생들은 복잡한 실제상황의 문제를 협동을 통하여 해결해나간다. 제시된 문제들 혹은 학생들이 제시한 문제들은 간단한 답이나 하나뿐인 답의 형태를 지양하고 복잡한 사고과정과 다양한 해답을 요하므로 학생들의 호기심과 학습에 대한 동기를 유발한다. 학생들은 소집단의 학습을 통해서 문제를 해결해 나가는 과정을 통해 비판적인 시각을 갖게되고 의미 있는 질문들을 묻게되며, 또 그러한 질문들에 답하기 위해 무엇을 알아야 하며 어디서 그러한 답을 구해야 하는지를 자연스럽게 알아간다. 학생들은 이러한 문제를 해결하면서 필요한 지식 뿐 아니라 문제해결에 필요한 상위사고력과 창의성을 키우게 된다고 문헌들은 보고한다 (Trefz, 1996).

교사 주도적인 전통적인 교실에서와는 달리 프로젝트형 탐구학습에서 교사는 조력자로서의 역할을 담당하고 학생들이 주도적으로 학습을 이끌어간다. 학생들은 이러한 수업을 통하여 내용을 배우고 적용할 수 있게 되며 비판적 사고력을 배양하고 평생학습자로서의 자질을 키우며 의사소통능력과 상호협동능력을 자연스럽게 익힐 수 있게된다. 평생학습자로서의 자질은 학습자가 아는 것과 알지 못하는 것을 구별할 줄 아는 능력, 필요한 정보를 찾아낼 수 있는 능력, 그리고 정보를 정리, 구성하는 능력 등을 포함한다. 또한 최근의 연구들은 어느 영역의 직업에서 일하건 비판적으로 사고하고 복잡한 문제를 해결할 수 있는 능력, 정보를 찾고, 평가하고, 적절히 사용할 수 있는 능력, 팀의 구성원으로 일할 수 있는 능력, 그리고 구술과 문서로 효과적으로 의사 소통할 수 있는 능력이 필요하다고 제시한다. 프로젝트형 탐구학습은 이러한 능력을 키워주기에 효과적인 수업의 형식이며, 능력별로 수준 조정이 용이하기 때문에 영재들에게 더더욱 적합한 학습방법

이라고 제기되어진다. 프로젝트형 탐구학습을 통해 학생들은 ‘과학을 배우기 (learning science)’ 보다는 자연스럽게 효과적으로 ‘과학을 할 수 있게 (doing science)’ 되고 또 과학을 하기 위해 필요한 여러 가지 자질들을 갖추게 된다. 프로젝트형 탐구학습을 통해 학생들은 작은 과학자로서 과학의 과정과 과학이라는 문화를 자연스럽게 접할 수 있게 된다. 표 2는 프로젝트형 탐구학습 프로그램을 통해 추구하는 학생 상을 그리고 표 3은 프로젝트형 탐구학습의 평가기준을 제시하고 있다.

<표 2> 프로젝트형 탐구학습 프로그램을 통해 추구하는 학생 상

자기주도적인 학습자 (self-directed learner)

- 우선 순위와 성취할 수 있는 목표 세우기
- 경과를 모니터하고 평가하기
- 자신을 위한 옵션을 창안하기
- 자신의 활동에 대한 책임지기
- 자신과 미래에 대한 긍정적인 비전을 형성하기

협동하는 동료 (collaborative worker)

- 그룹의 구성원으로서의 자신의 행동을 모니터하기
- 그룹 기능을 평가하고 정비하기
- 상호 대화능력을 개발하기
- 개인차를 고려할 수 있는 능력을 기르기

복잡한 사고가 (complex thinker)

- 복잡한 문제를 해결할 수 있는 다양한 전략들을 사용하기
- 복잡한 문제를 해결할 수 있는 적절한 전략을 선택하고 정확하고 적용할 수 있는 능력을 기르기

질 높은 산출자 (quality producer)

- 목적을 성취할 수 있는 산출물을 만들기
- 적절한 자원과 기술을 사용하기
- 과학자의 정신을 반영할 수 있는 산출물 만들기

지역의 기여자 (community contributor)

<표 3> 프로젝트형 탐구학습의 평가 기준

-
- 상위사고력에 대한 강조가 이루어졌는가?
 - 깊이 있는 지식을 강조하였는가?
 - 실제와 관련된 문제들이 제시되었는가?
 - 질의와 탐구는 연계성 있게 이루어졌는가?
 - 교사와 학생은 상호존경과 강한 협력을 보였는가?
 - 학생들이 실제적이고 독특한 산출물을 성취할 기회를 제공했는가?
 - 활동은 학생들로 하여금 모험심과 탐구심을 키워주고 스스로의 능력의 한계를 넘어설 수 있도록 기회를 제공했는가?
-

2. 프로젝트형 탐구학습과 과학영재교육

최근의 연구들은 프로젝트형 탐구학습 형태의 과학 교육이 영재들의 동기유발, 교사와 학생 그리고 학생과 학생간의 상호작용 향상, 문제해결 및 발견력 향상, 간 학문과 학문 내 학습의 향상에 그 효과가 큼을 나타내고 있다 (Gallagher, Stepien, & Rosenthal, 1992; Stepien & Gallagher, 1993; Vantassel-Baska, Bass, Ries, Poland & Avery, 1998). 그러한 연구들은 또 내용과 과정의 조화, 독창적인 학생 탐구학습, 과학 개념 개발, 그리고 간 학문적 적용이 문제중심학습 또는 프로젝트형 탐구학습을 통하여 자연스럽게 이루어질 수 있음을 지적한다. 프로젝트형 탐구학습은 또한 최근 과학영재교육이 지향하는 바를 잘 효과적으로 또 자연스럽게 표방하고 있다. <표 4>는 과학영재교육에서의 최근 paradigm shift를 통해 기존의 과학영재교육프로그램과 최근 요구되어지는 프로그램의 경향을 정리한 것이다 (Stepien & Gallagher, 1993; Trefz, 1996; VanTassel-Baska, 1996).

<표 4> 과학영재교육에서의 Paradigm Shift

기존의 프로그램	요구되는 프로그램의 방향
교사 주도적	학생주도적
내용중심	내용과 과정 중심
학습자는 주로 과학 관련활동에 관해 듣는다	학습자는 스스로 과학활동을 한다
과학적 지식과 활동이 고정사실로 (hardened facts) 제시된다	과학적 지식과 활동이 상황에 따라 구성되어지고 사회적으로 협의된다
기존의 발견이나 구체적 사실을 배우고 외운다	관찰과 실험을 통해 과학적 이론을 구축하고 과학적 사실을 발견한다.
reflection-in-action 이나 reflection-on-action에 대한 기회가 부족하다	reflection-in-action 과 reflection-on-action에 대한 기회와 격려가 많다
표면적 학습	깊이 있는 이해와 학습
과학을 배운다	과학을 한다

III. 프로그램의 개발과 적용

프로젝트형 탐구학습의 특성과 영재들을 위한 교육과정의 원칙을 최대한 적용해 3 차시 분 12 시간 분량의 화학 영역에서의 프로젝트형 탐구학습이 개발되었다. 프로그램 개발의 대상은 인천대학교 과학영재교육센터 화학분과 심화 교육과정에 재학 중인 10명의 현 중학교 3학년 학생들이었다. 3차시의 학습내용은 ‘물의 비밀’이라는 커다란 주제 하에 1차시 **모세야 물이 나오느냐?** 2차시 **얼음의 용융열 측정**, 3차시 **철인 3종 경기**의 세 부분으로 이루어졌다. 1차시에는 물과 관련한 다양한 문제들을 제기하고 학생들이 자신에게 흥미 있는 문제들을 문헌조사, 인터넷 서치, 교사와 또 학생간의 토론과 상호작용을 통해 해결하도록 했다. 제기된 각각의 문제에 대한 가설을 구축하고 가설을 증명할 수 있는 실험방법을 고안하고 데이터를 제시하고 가능하면 이론을 구축하도록 유도되어졌다. 2차시에는 학생들이 스스로 허용된 실험장치와 재료들을 이용해 최대한 정확한 실험경로

와 조건을 고안하고 실행에 옮겨 얼음의 용융열을 측정하는 것이었다. 얼음의 용융열 측정이라는 동일한 주제이지만, 그 문제를 해결해 가는 과정과 방법은 참여하는 조마다 제각기 다른 경로를 거칠 수 있도록 실험과정에서 충분한 개방성과 유동성이 보장되었다. 3차시는 본 프로그램 개발 연구의 마지막 차시로서 1, 2차시를 통해 살펴본 물의 특성과 과학적 지식을 활용해 ‘과학철인 3종 경기’라는 활동을 하는 것이었다. 달걀귀신 만들기, 얼음 낚아 올리기, 가라앉았다 떠오르는 얼음을 제목으로 하는 세 가지 문제를 조별 토론을 통해 상황을 설정하고 각각에 대한 창의적인 해결방법을 구상하고 팀워크를 발휘해 주어진 문제들을 가장 완벽하게 해결하는 일종의 올림피아드 형식의 수업방식이 적용되었다. 각 차시에서 조별 토론과 실험을 마친 후에는 전체 토론과 발표의 시간이 주어졌는데, 국제 청소년 물리 토너먼트 (IYPT)의 운영방식으로 진행되었다. Appendix A는 1차시에서 제시되었던 탐구 문제들의 목록이다.

IV. 프로그램의 효과성 분석

1. Diet Cola Test를 통해서 본 프로그램의 효과성

1) Diet Cola Test란?

과학프로그램의 효과성이나 과학에서 사고과정에 관련한 평가를 하는데 유용하게 사용되는 검사 중 하나가 Diet Cola Test이다 (Fowler, 1990). 이 검사는 원래 초등학교 4학년부터 중학생들의 과학영역에서의 재능을 검사하기 위해서 고안되어졌고 많은 검사들이 과학영재교육 프로그램의 효과성을 측정하기 위해 이 검사를 사용하고 있다 (Adams & Callahan, 1995). 이 검사는 상당히 개방적인 형식을 취하고 있으며, 과정 중심적이고 학생들이 자신들의 지식을 적용할 수 있는가의 측면을 평가한다. 또한 이 검사는 실험 설계 (experimental design)를 다루므로, 학생들은 이 검사에서 실험설계를 통한 과학 능력과 잠재성을 보일 수 있다. 이 검사의 제한 시간은 15분이다.

채점은 Diet Cola Test Scoring Checklist에 제시된 기술들이 나올 때마다 1점씩 부여한다. 같은 기술이 두 번 나오면 2점을 부여한다. 학생이 아무 것도 쓰지 않았거나 실험을 기술하는데 실패한 경우 0점이 주어진다. 구체적으로 Diet

Cola Test 에서는 측정하는 몇 가지 기술들을 예로 들면, 순차적 실험의 계획, 실험시 안전사항의 고려, 가설의 설정, 관찰과 측정의 계획, 데이터 수집, 해석, 결론 도출, 변인 표명과 통제, 실험의 재시도 등이다. 본 연구에서 이 검사의 채점은 Diet Cola Test의 채점에 경험이 있는 과학교육전공 대학원생에 의해 이루어졌다. 이 검사는 두 가지 형태 Form A와 B로 이루어져있으며, 두 검사간 alternate form reliability는 .71로 보고되어진다. 본 연구에서 form A는 사전검사로, form B는 사후검사로 사용되어졌다. 이 검사에 대한 채점자간 신뢰도는 .90-.95로 보고되고 있으며 (본 연구 - .93) 다양한 연구들은 이 검사를 과학 과정을 평가하는 타당한 도구라고 보고하고 있다 (Adams & Callahan, 1995).

2) Diet Cola Test 결과

10명의 학생이 사전검사를 치렀으나 사후검사에는 이 중 7명만의 학생이 참가하였다. 단지 3일 간의 수업만으로 프로그램의 효과성을 검증한다는 점과 수적으로 너무 적은 인원이 참가 대상이었다는 점, 그리고 비교집단이 없었다는 점 등이 커다란 제약점으로 작용하였지만 센터 사정 상 그러한 변인들을 통제할 수 없었고, 본 연구는 프로그램의 효과성 분석보다는 그 개발과 적용에 그 중점을 두기 때문에 이러한 제약조건을 안고 연구가 진행되었다. 여러 가지 제약에도 불구하고 본 연구에 참여한 7명의 학생 중 5명이 사후검사에서 훨씬 우수한 성취를 보였다. 1명은 사전검사와 동일한 점수를 다른 한 명은 사전검사에서 1점 더 높은 점수를 보이므로 전반적으로 사전검사에 비해 사후검사에서 높은 성취를 보이는 것으로 드러났다. 사전검사의 점수 범위는 2 - 9, 평균은 4.86 이었고, 사후 검사의 점수 범위와 평균은 각각 2 -11점과 7.86 이었다. <표 5>는 본 연구에 참여한 한 학생의 사전, 사후 검사의 결과를 나타낸다. 사전 검사에 비해 사후검사에서 눈에 띄게 높은 점수를 보인 5명의 학생들은 실험을 설계하는데 있어 사후검사에서도 훨씬 더 정교하고 짜임새 있는 실험 설계능력을 보여주었다. 연구에 참여한 학생수가 너무 적고 효과성을 보기에 너무 짧은 기간이며 비교집단이 부재하기 때문에 연구의 결과를 일반화하는데 다소 무리가 있는 것이 사실이지만 사전검사에 비해 사후검사에서의 평균이 거의 3점 정도나 높았다는 것은 흥미로운 결과임에 틀림없다.

하지만 검사결과를 해석하는데 있어 몇 가지 사항들이 반드시 고려되어야 한다. 하나는 본 연구에서 사용되어진 Diet Cola Test를 통해 검증되어질 수 있는 학습의 측면이나 효과는 상당히 제한적인 것이라는 점이다. 본 연구에서 개발되어진

프로젝트형의 탐구식 프로그램은 교육내용, 과정, 산출물 측면에서 학생들의 과학적인 흥미와 능력을 증진코자 했으나 이러한 다양한 측면들이 Diet Cola Test 에서는 효과적으로 드러나지 않을 수 있다는 점이다.

또한 Diet Cola Test의 결과는 학생들이 전반적으로 결과를 예측하고 가설을 설정하는 능력, 관찰과 측정의 계획을 효과적으로 표명하는 능력, 변인 통제를 위한 방법을 구체적으로 계획하는 능력, 데이터의 수집과 해석의 능력 등이 사전 및 사후 검사에서 상대적으로 부재한 것으로 드러났다. 이러한 결과들은 학생들의 true experimental 연구에서 결과를 해석하고 또 결론을 도출해보는 경험의 부족에서 기인한 것일 수 있고 또 비록 짧은 기간이었지만 본 프로그램이 그러한 측면을 상대적으로 덜 효과적으로 표방하거나 강조한 결과에서 기인한 것일 수 있다.

과학적인 연구기술이나 능력을 가르치는 것은 집중된 시간과 상당한 기간의 노력을 요하는 매우 복잡하고 정교한 과정이다. 이전의 연구들은 과학 탐구 능력, 비판적 사고력, 실험설계능력 등과 같은 과학영역에서의 상위사고력을 증진시키고자 하는 시도가 단 기간의 처치를 통해서 거의 신장되지 않으며 상당히 장기간의 심도 깊은 처치를 요하는 작업임을 지적한 바 있다 (VanTassel-Baska & Kulieke, 1987). 본 연구를 통해서 개발된 프로그램의 좀 더 신뢰로운 효과성을 살펴보기 위해서는 이와 유사한 프로그램의 개발과 함께 보다 장기간에 걸친 프로그램의 처치가 반드시 필요하다. 또한 실험집단과 비교집단을 통한 프로그램의 효과성 분석도 후속연구를 통하여 이루어져야 할 과제이다.

마지막으로 교사 변인은 연구의 결과를 좌우하는 매우 결정적인 역할을 한다. Schulman (1987)은 효과적인 교사란 관련 영역의 특정 개념들을 잘 파악하고 있고 효과적으로 설명할 수 있으며, 절차와 방법을 효율적으로 논증하고 합리적으로 설명할 수 있어야 하며, 그리고 학생들이 갖고 있는 관련 과학영역에 대한 오 개념들을 바로잡을 수 있는 내용적, 방법론적 지식을 고루 갖추고 또 스스로의 role modeling을 통해 제시된 능력들을 자연스럽게 학생들에게 나타내는 교사라고 강조한다. 이러한 측면에서 살펴볼 때 본 연구에서는 상당히 효과적인 교사 변인에 의해 효율적인 교수-학습이 이루어졌다 할 수 있으나, 교사변인과 프로그램의 적용과 효과성 측면에서의 상관성 연구도 후속 연구를 통해서 이루어져야 할 부분이다.

<표 5> 연구에 참여한 한 학생의 Diet Cola Test의 사전 검사와 사후 검사에서의 반응

학생	사전 검사 반응	사후 검사 반응
A	<p>1) 먼저 암실을 만든다. 이때 지렁이가 움직이는 모습을 볼 수 있게 위에는 검은 천으로 덮고 유리나 투명 아크릴 판으로 제작한다. 2) 그 뒤 지렁이를 하루동안 관찰한다. 평소 지렁이의 특징을 3가지 정도로 설정한다. 예를 들어 식사 때의 모습, 평소 기어가는 모습, 꿈틀거리는 모습 등. 3) 그 뒤 햇빛이 잘 드는 창가에 세트를 설정한다. 4) 앞에서 관찰한 모습들을 똑같이 관찰하여 2의 결과와 비교하여 결론을 내린다.</p> <p>score: 6</p>	<p><u>실험제목</u> : 꿀벌은 다이어트 콜라에 반응하는가? <u>준비물</u>: 접시, 다이어트 콜라, 설탕, 철조망 상자 <u>가설</u>: 꿀벌은 다이어트 콜라에 반응하지 않는다.</p> <p><u>실험</u>: 1. 접시에 다이어트 콜라에 설탕을 첨가한다. (높이 약 2-3mm 정도). 2. 이것을 위가 트인 철조망 상자에 넣는다 (가로 새로 높이가 각 50mm). 3. 이 상자를 벌들이 많이 다니는 숲 속에 배치한다. 4. 그 뒤 1 시간 정도 기다린다. 5. 1 시간 뒤 철조망 뚜껑을 덮어 그 속에 있는 벌의 수를 센다. 그 뒤 그 벌들을 실험 장소에서 풀어준다. 6. 이번엔 똑같은 접시에 다이어트 콜라만을 넣어 1 - 5 까지의 실험 과정을 반복하고 그 결과를 도표에 기록한다. 7. 두 가지 실험 결과를 통해 벌이 다이어트 콜라에 반응했는가의 여부를 판단한다.</p> <p>score: 11</p>

2. 수업에 대한 관찰자의 평가

본 연구에서 제시된 프로그램은 양적인 평가이외에도 질적인 평가를 추구하기 위해 영재교육 전문가에 의해 교육 내용, 과정, 산출물, 교사 변인 측면에서 프로그램이 진행 된 3 차시 12 시간 동안 집중적으로 관찰되었다. 전문가의 관찰에 있어 본 논문의 앞부분에 제시 된 <표 1>의 사항들이 주로 관찰의 주요 근거로 사용되었다. 프로젝트형 탐구학습 형식으로 이루어진 본 연구의 가장 특기할 점은 바로 과제중심의 교수-학습 방법을 통하여 학생에 의한, 학생 주도적인, 개개

모든 학생이 적극 참여할 수 있는 학습이 이루어졌다는 점이다. 무엇보다 중요한 것은 또한 학습이 학생들이 선택하고, 설계하고 고안하는 방식으로 이루어지기 때문에 학습에 대한 내적 동기화, 학습과정에서의 책임감, 그리고 수업 시간 내내 학습에 대한 흥미유발과 즐거움이 유지될 수 있었다는 점이다. 이밖에도 교사-학생간의 상호작용의 증가, 학생들의 효과적인 의사소통기술의 배양, 팀 구성원으로서의 책임감 향상, 그리고 교사-학생 그리고 학생-학생간의 다양한 질문과 토론을 통해 상위사고력과 창의적인 문제해결력을 자극할 수 있었던 점도 커다란 성과라 할 수 있다. 이러한 형식의 학습방법을 통해 학생들 스스로 과학을 경험하고 또 과학자로서의 자질을 한층 높일 수 있는 계기가 되었다. 이밖에 관찰을 통해 제기된 본 연구의 특기할 점은 다음과 같다:

- 학습에서의 개인차가 적극적으로 고려될 수 있다. 즉 각자 학습자의 학습수준을 최적화 시킬 수 있는 기회를 제공한다.
- 단순 암기식의 지식보다는 비판적이고 창의적인 사고력과 문제해결능력을 강조한다.
- 좀 더 다양한 정보를 접할 수 있게 해 준다.
- 점수를 위한 학습보다는 실제적인 이해를 위한 학습이다.
- 그룹으로 일하는 것에 대한 중요성을 알게되고 그룹의 일원으로서 좀 더 효과적으로 일하는 방법을 배운다.
- 지도력을 길러준다.
- 학습된 원리를 다른 문제나 과제에 적용할 수 있는 능력을 기른다.
- 복잡한 문제 해결에 대한 자신감을 기른다.
- 문제를 해결하고 그 결과를 종합, 발표할 수 있는 능력을 기른다.
- 학습자를 위한 적합한 학습목표를 세우도록 돕는다.
- 필요한 도움을 스스로 구하는 법을 배운다.
- 각자의 성취를 스스로 분석, 평가할 수 있다.
- 동료의 성취를 분석, 평가할 수 있다.
- 과제집착력이 증가한다.
- 전체가 참여하는 토론을 통해서 각자의 결과와 비판적 분석을 발표할 기회를 갖는다.

이와 함께, 프로그램을 적용하면서 관찰된 몇 가지 사항들은 좀 더 구체적인 논의를 필요로 한다. 그 첫 번째가 교사변인이다. 교사는 자신이 자신의 학문 영역에서 전문가라고 생각은 하지만 교실에서 안내자나 촉진자로서의 역할에 대해서

는 그다지 많이 생각하지 않는다. 강의식의 수업과는 달리 프로젝트형 탐구학습에서는 특별한 교사의 역할과 자질이 요구되어진다. 조력자로서 교사는 학생의 의견을 주의 깊게 듣고, 학습의 과정에서 학생 스스로 해답을 도출해 낼 수 있도록 정답을 제시하는 것을 삼가며, 그룹의 활동 상황을 효과적으로 모니터하고 언제 개입하고 언제 간섭하는 것을 삼가야 하는가를 파악하고, 학생들이 올바르게 과학적 개념들을 파악하도록 적절한 도전을 주며, 모르는 부분에 대해서는 자신의 무지를 인정할 수 있으며, 적절한 피드백을 주며 학생 상호간 또 교사-학생 간 갈등을 적절하게 해소할 수 있어야 한다. 교사가 학습을 주도하기보다는 학생이 학습을 주도해 나갈 수 있도록 학생을 격려해야 한다. 교사의 이러한 자질은 프로젝트형 탐구학습의 효율적인 운영에 결정적인 역할을 한다. 아무리 훌륭한 프로그램이 개발되어도 이를 실행할 교사가 준비되어있지 않다면 그 프로그램은 제대로 운영될 수 없다. 특히 일반 과학교육과는 달리 과학 영재교육에서는 더욱 교사들의 창의성과 창의적인 수업방식이 요구된다. 구성주의에 입각한 교사 연수와 양성 또 재교육을 위한 철저한 프로그램들 역시 교과과정 개발만큼이나 무엇보다 시급히 요구되어진다.

둘째는, 학생 변인과 관련된다. 스스로 문제를 택해서 그룹간의 토론과 상호작용을 통해서 문제를 해결하고 그 결과를 실제 과학자들이 하는 것처럼 발표하는 학습 방법에 익숙하지 않은 학생들이기 때문에 처음에는 우왕좌왕한다거나 묵묵부답으로 대응하는 경우도 없지 않았다. 특히 International Young Physicist Tournament (IYPT) 형식으로 결과를 발표할 때 상대방의 결과를 이해하고 해석해서 정리를 한다거나 적절한 질문을 던진다거나 혹은 반론을 제기하는 능력들이 아직까지는 많이 부족한 것으로 나타났다. 좀 더 활발한 토론을 위한 적절한 역할분담과 프로젝트형 탐구학습 형식의 교수-학습방법에 자주 노출될 필요성이 제기되었다. 또한 프로젝트를 마친 후 학생들이 자신들의 산출물을 자기평가(self-evaluation) 할 수 있는 기회를 좀 더 깊이 있게 가짐으로서 자신의 학습을 초인지적으로 인식할 수 있도록 하는 배려 역시 필요하다. 비록 짧은 3차시의 만남이었으나 차시를 거듭할수록 토론의 분위기나 조별 협력, 발표력 등이 보다 건설적인 방향으로 향상되고 활성화됨이 수업의 관찰과 설문 등을 통해 드러났다.

셋째는, 학습개념, 상위사고력, 문제중심의 학습, 과학활동에 대한 강조가 자연스럽게 이루어진 차별화 된 교수-학습의 실제이다. 실제 과학자들의 관점에 근거한 개념들을 강조함으로써 학생들이 실제로 과학을 수행하고 이해하는데 있어 중심이 되는 기본적인 개념들에 대한 높은 수준의 이해가 이루어질 수 있었다. 또 학생들에게 실제 세계의 문제들 사이의 관계를 분석하게 하고 과학과 사회 사이

의 연관을 이해하게 함으로서 비평적인 사고력과 창의적인 사고력을 동시에 습득할 수 있도록 도왔다. 교사의 적절한 질문, 동료들과의 토의, 자기주도적인 실험 설계 및 학습 등을 통하여 과학자들에게서 발견될 수 있는 회의, 객관성, 호기심 등 다양한 과학자들의 특성들을 경험하고 개발할 수 있었다. 이와 함께, 기존의 학생들이 교과서에 나와있는 실험들을 미리 정해진 결론에 도달하기 위해 제시된 단계에 따라 행하는 방식에서 탈피해 학생 스스로 흥미 있는 주제를 선정하고 적절한 실험설계를 토의하고 계획하며 실행에 옮김으로서 실제적인 과학을 할 수 있는 기회가 제공되었다.

넷째는, 프로젝트형 탐구학습이 영재를 위한 개인차를 고려할 수 있는 학습으로의 가능성이다. 프로젝트 형식의 탐구형 수업 방식을 통해 볼 수 있는 학생들의 반응과 상호작용은 기존의 강의식 수업이나 일방적인 교사 주도적 실험에서는 얻을 수 없는 질적으로 다른 중요한 성과이다. 이러한 수업 방식은 학생의 능력과 흥미 또는 학습방식 등을 이해하는 좋은 장을 마련해주며, 이러한 프로그램을 통해 개개 영재들을 위한 프로그램의 개별화나 개인차에 대한 배려와 고려가 훨씬 더 용이함을 제시해 주었다.

다섯째, 자료의 중요성이다. 문제의 해결에 있어 적절한 자료의 유용성과 사용의 용이성은 상당히 중요하다. 하지만 기초자료나 관련문헌 인터넷 접근 등이 용이하게 이루어지지 못한 것이 이러한 수업을 적용하는데 있어 학생들로부터 하나의 문제점으로 지적되었다. 이와 함께 실험을 위한 질 높은 도구와 기구의 부재 역시 해결되어야 할 문제점으로 제기되었다.

여섯째, 선택에 관한 것이다. 세 번의 만남을 통해 제시되어진 문제들은 Section III 프로그램의 개발에서 제시되어 있다. 각 차시마다 차이가 있었지만 학생들은 가능하면 여러 문제 중에서 자신들이 원하는 문제를 선택하여 탐구할 수 있는 기회가 보장되었다. 본인이 스스로 선택한 문제를 탐구할 때 내적 동기가 강화된다는 것이 최근 연구들의 지적이다 (Amabile, 1996). 화학이라는 학문의 특성상 학생들에게 가능한 많은 선택권을 주기 위해서는 그만큼 실험을 위한 자료나 재료들을 미리 준비해야하는 부담감과 번거로움이 큰 문제점으로 제기되지만, 학생들에게 가능한 최대한의 선택권을 부여하고 또 운영상의 원활함도 꾀할 수 있는 방법이 고안되어야 할 것이다.

3. 학생의 설문을 통한 프로그램의 만족도 평가

학생들의 의견은 열린 형식의 설문을 통하여 3일간 실시된 본 연구의 프로그램과 기존의 프로그램과의 차별성에 관한 질문, 제시된 프로그램의 가장 인상적인 점, 프로그램에 참여하면서 가장 어렵거나 힘들었던 점 그리고 센터에게 당부하고 싶은 점 등 크게 4가지 측면에서 검토되었다. 학생들은 전반적으로 제시된 프로그램에 대해서 상당히 긍정적인 반응을 보였으며, 계속적으로 프로젝트형 탐구학습의 교수-학습 방식에 대한 요청과 관심이 많은 학생들에게서 나타났다. 설문에서 나타난 프로젝트형 수업에 대한 몇몇 학생들의 의견을 소개하면 다음과 같다.

전과는 다르게 우리 학생이 중심으로 실험의 과정을 전부 만들어서 실험을 했다는 점과, 선생님께서는 그 옆에서 우리 실험의 지적이나 조언 등을 해 주시는 역할을 하신 것이 가장 차별적인 점이다.....그 동안의 수업은 일단 실험 주제에 대한 이론적 설명을 교수님으로부터 들은 후 실험을 하는 것이었는데 지난 3일간의 수업에서는 교수님의 이론적 설명이 가급적 배제되고 우리의 힘으로만 해결해야 하였다. 그리고 실험 후에 보고서를 작성하여 발표하고 반론, 종합하는 시간을 따로 가져 그 문제에 대해 한 걸음 더 접근할 수 있게 되었다.....틀에 박힌 실험과정과 실험결과에서 벗어나 창의성과 발표력 등을 키워준다는 데서 좋았다.....그 동안의 수업은 방법을 알려주고 나오는 결과에 대해 생각을 했다면 지난 3일간의 수업은 문제를 보고 결과를 예상하며 과정을 생각하는 내가 만들어 가는 수업이었다. 머리가 아프긴 했지만 즐거웠다.....정해진 수업이 아닌 조별로 계획하고 실험하는 것이 그 동안의 수업과 다른 점이었다. 조별로 단합할 수 있는 기회가 되었던 것 같고 창의적인 생각을 할 수 있는 기회가 되었다.....지금까지의 수업은 활동이 제한되어있었지만 3일 동안의 수업은 좀 더 개방적이고 여러 방안이 나올 수 있었다는 점에서 좋은 경험을 했다고 생각한다. 지금까지 해 온 수업도 좋긴 하지만 앞으로 지금과 같은 교육을 해 보는 것이 더 좋을 듯 하다.....주제만을 가지고서 내가 모든 것을 생각하며 실험방법과 실험을 하게 되어서 더 재미가 있었다. 다른 조들의 질문공세를 버티기 위해선 내가 먼저 주제에 많은 지식을 알아야 하기 때문에 더 많이 공부를 했던 것 같다. 또 할 수 있다는 신념을 가지면 잘못된 결과가 나오더라도 그 결과에 대해 내가 더 많은 생각을 가지며 공부할 수 있어 좋았다.....지난 3일간의 수업은 결과보다는 어떻게 생각하는가 하는 그 과정이 중요한 것이었다. 그 과정을 생각하고 실험하는 것이 힘들었던 것 같다.

V. 토론하며 나오며

기존의 교실에서 교사가 학생들에게 무엇을 또 어떻게 탐구할 것인가에 대한 절차적인 지식을 가르칠 수는 있었으나, 그러한 가운데 우리가 놓치고 있었던 것은 과학을 하는 것 (doing science)에 대한 본질이었다. 특히 과학 영재들에게 이러한 요구와 필요성은 상당히 큰 것이었으나 그 요구와 필요성에 부합하는 연구와 프로그램의 개발이 뒷받침되어주지 못한 것이 현실이다. 이러한 현실적 문제에 봉착하여, 본 연구는 하나의 작은 시도로서 과학영재들을 위한 프로젝트형 탐구학습의 프로그램을 개발, 현장에 적용, 그리고 제한적이거나 그 효과성도 부분적으로 검토하였다. 본 연구에서는 영재들의 학문적 욕구는 평범한 아이들과는 질적으로 다르다는 전제하에, 영재를 위한 차별화 된 교과과정의 개발을 시도, 학습 내용, 학습 과정, 산출물에 있어서 영재들을 위한 특수화를 시도하였다. 본 연구는 프로젝트형 탐구학습의 프로그램이 과학영재들을 위해 효율적으로 개발될 수 있으며, 효과적으로 교실 환경에서 적용될 수 있고 또 그 과학적 사고과정 측면에서의 증진도 꾀할 수 있는 가능성을 시사하였다. 무엇보다도 자기 주도적인 문제 중심의 교수-학습을 선호하는 과학영재들의 특성에 걸맞아 학습이 이루어지는 동안 학습자의 내적 동기나 과학에 대한 흥미 등도 진작될 수 있음이 관찰과 설문 등을 통해서 밝혀졌다.

물론 본 연구에서 보고되고 토의된 결과들은 그 교실 적용력과 효율성을 입증하기 위해 좀 더 효과적으로 통제된 조건 속에서 보다 많은 수의 표본을 대상으로 재검증되어야 할 것이다. 보다 장기간의 심층적인 질적 접근을 통해 이러한 프로그램을 개발하고 적용함에 있어서 중요한 변인들에 대한 연구들도 뒤따라야 할 것이다. 이러한 프로그램의 효과성 역시 Diet cola test에서 검증될 수 있는 것 이외에 과학의 다양한 측면에서 검토되어야 할 것이다.

끝으로, 모든 학생들이 그러한 학습에 참가하기를 원하는가? 모든 학생들이 그러한 학습에 참여할 수 있는가? 모든 학생이 그러한 학습에서 우수한 성취를 보일 수 있는가? 이러한 질문들이 Passow (1982)가 말하듯이 영재들을 위한 차별화 된 교육과정의 일정의 지표를 제시한다면, 본 연구에서 개발된 프로그램은 질적으로 다른 교육적 욕구를 가진 과학영재들을 위한 하나의 프로그램의 예시로 적용될 수 있음을 시사한다.

참 고 문 헌

- Adams, C. M., & Callahan, C. M. (1995). The reliability and validity of a performance task for evaluating science process skills. Gifted Child Quarterly, 39 (1), 14-20.
- Amabile, T. M. (1996). Creativity in context: Update to the social psychology of creativity. Boulder, CO: Westview.
- Fowler, M. (1990). The diet cola test. Science Scope, 13 (4), 32-34.
- Gallagher, S. A., Stepien, W. J., & Rosenthal, H. (1992). The effects of problem-based learning on problem solving. Gifted Child Quarterly, 36 (4), 195-200.
- Maker, C. J. (1996). Curriculum development and teaching strategies for gifted learners. Austin, TA: Pro-ed.
- Papert, S. (1991). Situating constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds.), Constructionism: Research reports and essays (pp. 1-11). Norwood, NJ: Ablex.
- Passow, H. A. (1982). Differentiated curricular for the gifted/talented. Ventura, CA: Ventura County Superintendent of Schools Office.
- Schulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Havard Education Review, 19 (2), 4-14.
- Stepien, W., & Gallagher, S. (1993). Problem-based learning: As authentic as it gets. Educational Leadership (April). 25-28.
- Trefz, R. (1996). Maximizing your classroom time for authentic science: Differentiating science curriculum for the gifted. ED 400 188. Paper presented at the Global Summit on Science and Science Teaching, San Francisco, CA.
- VanTassel-Baska, J. (1996). The development of talent through curriculum. Roeper Review, 18 (2), 98-102.
- VanTassel-Baska, J., Bass, G., Ries, R., Poland, D., & Avery, L. (1998). A national study of science curriculum effectiveness with high ability students. Gifted Child Quarterly, 42 (4). 200-211.
- VanTassel-Baska, J., & Kulieke, M. (1987). The role of the community in developing scientific talent. Gifted Child Quarterly, 31 (3), 115-119.

Appendix A

프로젝트형 탐구학습 1 차시

물의 비밀 - Part 1: 모세야 물이 나오느냐? 탐구문제

문제의 제기: 조원들과 협의해 다음 문제들 중 한 가지를 선택하라. 조원들과 공동으로 각종 정보처(백과사전, 책, internet 등)를 통해 자료를 수집하고 정리하라. 수업의 끝 부분에 같은 반 여러 친구들에게 자신들이 정리한 자료를 소개하고 결론을 주장하게 될 것이다.

- 냉동인간은 어떤 조건하에 만들고 유지해야 나중에 살려낼 수 있을까?
- 우주공간에도 물이 있을까? 있다면 어떤 형태로 있을까?
- 물은 특이한 액체인가? 그렇다면 어떤 기준으로 그러한가?
- 벤젠은 물과 비슷하게 5°C에서 얼고 80°C에서 끓는다. 물 대신 벤젠으로 채워진 생물은 불가능한가?
- 빗물 방울은 어떤 모양일까?
- 대기권 밖의 우주선 안에서 비이커에 물을 담을 수 있을까?
- 가뭇이 들 때면 물을 구하는 것도 어렵지만, 어렵게 구한 물을 뿌리고 나면 금방 증발해버리는 것은 더 큰 문제다. 뿌린 물이 좀 더 서서히 증발하게 할 방법은 없을까?
- 냉장고를 사용하지 않고 얼음 만들기. 영하의 날씨에나 냉장고 냉동실에 물을 놓아두면 얼음을 얻을 수 있다. 그런 방법 말고는 얼음을 얻을 수 없는 것일까?
- 추운 겨울 스케이트날 압력에 얼음이 정말 녹을까? 얼음 위에서 스케이트를 탈 수 있는 이유는 스케이트 날에 체중을 실어 높은 압력으로 얼음 표면을 눌러 얼음 표면이 일부 녹기 때문이라고 한다. 녹은 물이 일종의 윤활 작용을 한다는 것이다. 그 같은 설명에 동의하는가?
- 왜 요즘은 한강물이 얼지 않을까? 이삼십 년 전만 해도 겨울이면 서울을 관통하는 한강물이 예외 없이 얼었다. 그러나 이즈음은 한강이 어는 것을 보기 무척 어렵다. 왜 그럴까?
- 왜 눈송이는 육각형일까? 눈송이를 현미경으로 들여다보면 그 아름다움에 놀라게 된다. 그런데 눈송이는 대체로 육각형 모양을 갖는다. 왜 그럴까?

- 왜 물은 얼 때 부피가 증가할까? 고체 상태가 액체 상태에 비해 부피가 더 큰(비중이 작은) 경우는 물 이외에는 Bi(Bismuth) 정도에서나 예를 찾을 만큼 드물다. 물이 얼 때 부피가 증가되는 이유는 무엇인가?
 - 작은 물방울 여럿과 큰 물방울 하나가 있다. 만일 작은 물방울 표면적의 합이 큰 물방울의 것과 같다면, 둘 중 어떤 것으로부터 증발이 더 빨리 진행되겠는가?
 - 작고 납작한 돌을, 납작한 쪽을 물의 표면과 평행하게 해서, 물의 표면을 향해 던지면 돌이 그냥 물에 빠지는 것이 아니고 여러 번 물위로 튀어 오르는 것을 볼 수 있다. 물위로 돌을 튀어 오르게 하는 힘의 근원은 무엇일까?
 - 세계 여러 곳에서는 비가 매우 부족하다. 비가 부족하더라도 안개는 자주 끼는 지역들이 있는데 안개를 이용해서 경제적으로 물을 얻을 수 있는 장치를 고안해 보자.
 - 지구는 약 23.5° 정도 기울어져서 태양 주위를 돌고 있다. 만일 그 같이 기울어지지 않은 상태에서 공전을 한다면 지구 생태계에는 어떤 영향이 있게 될까? 만일 지구가 누운 상태로 공전을 한다면(기움각 90°) 어떤 일이 일어날까?
 - 얼음으로도 날카로운 칼을 만들 수 있을까?
 - 얼음은 보통 투명하나, 눈은 희다. 왜 그럴까?
-

ABSTRACT

Doing Science through the Project-Based Science Program

Han-Gook Cho, Ph.D.

Ki-Soon Han, Ph.D.

In-Ho Park, Ph.D.

(University of Incheon, Center for Science-Gifted Education)

In the current classrooms a teacher has been merely able to inculcate the procedural knowledge of how-and-what. In doing so, however, we lose sight of the essence of "doing science." Though desire of the gifted children is qualitatively different from that of normal children, it is an undesirable reality that we have not developed sufficient researches and programs in conformity with the necessary desire and demand of the gifted children. Curriculum for gifted children in the domain of science necessitates markedly the specializations for the specific areas of the contents, the processes, and the products of studies. In an effort to provide the optimum learning experience for the gifted, this paper deals with the development of project-and-discovery-based science program, its method of application to the real field of education, and its effect, however limited and partial that effect may be. What this study has found are the following: on the one hand, the students acquired and developed the higher levels of thinking when they were under the influence of project-and-discovery-based science program that dealt with concrete real-world problems and issues; on the other, the students were capable of solving creatively the complex and real problems through small group activities. This study also suggests the possible implications of project-and-discovery-based science program: the students can not only learn the contents of study but also apply them creatively; the students can cultivate

critical thinking skills that can be a fundamental base for a life-time learner; the students can naturally acquire the abilities of communication and coordination. Project-and-discovery-based program is currently used in the various disciplines. However, the field of gifted education does not yet implement this type of program. So the overall contribution of this study is to show the successful implementation of project-and-discovery-based science program in developing optimal learning experience for gifted children in the domain of science, since this type of study is most compatible with the characteristic of the gifted children.