

초등과학 영재교실에서 발견 학습 모형 수업에 효과적인 환경 조건의 탐색

이인호 · 전영석[†]

(서울대학교) · (서울교육대학교)[†]

Effective Classroom Environments in Discovery Learning Classes for Gifted Science Pupils

Lee, Inho · Jhun, Youngseok[†]

(Seoul National University) · (Seoul National University of Education)[†]

ABSTRACT

Those students with ability and interest in science should be supported to develop their potential and to reach high levels of achievement in science and technology. In order to ensure that gifted pupils are able to enhance their creativity as well as research abilities, appropriate learning programs and environments are essential. One of the various teaching and learning models for the gifted in science is the discovery learning model based on inductive science activities. There is a clear line of continuity between knowledge discovery at the forefront of research and student's learning activities. If students receive excellent training in organizing scientific concepts for themselves, they will be able to skillfully apply appropriate scientific concepts and solve problems when facing unfamiliar situations. It is very important to offer an appropriate learning environment to maximize the learning effect whilst, at the same time, understanding individual student's characteristics.

In this study, the authors took great pains to research effective learning environments for gifted science students. Firstly, appropriate classroom learning environments thought by the teacher to offer the most potential were investigated. 3 different classes in which a revised teaching and learning environment was applied in sequence were examined. Inquiries were conducted into students' activities and achievement through observation, interviews, and examination of students' worksheets.

A Science Education expert and 5 elementary school teachers specializing in gifted education also observed the class to examine the specific character of gifted science students.

A number of suggestions in discovery learning classes for elementary students gifted in science are possible;

- 1) Readiness is essential in attitudes related to the inquiry.
- 2) The interaction between students should be developed. A permissive atmosphere is needed in small group activities.
- 3) Students require training in listening to others. In a whole class discussion, a permissive atmosphere needs to be restricted somewhat in order to promote full and inclusive discussion.
- 4) Students should have a chance to practice induction and abduction methods in solving problems.

Key words : discovery learning, gifted in science, classroom environment

I. 서 론

과학 연구 역량이 곧 국가의 경쟁력이라는 인식

아래 과학 영재교육에 대한 관심과 지원이 계속 증가하는 추세이다. 과학 분야에 재능과 흥미를 가진 학생이 그 잠재 능력을 발휘하여 과학 기술 분야에 뛰어난 업적을 이루도록 하기 위해서는 과학의 연구 능력과 함께 창의성을 겸비할 수 있도록 지원해야 한다. 따라서 학생의 능력 성장을 극대화할 수 있는 적절한 학습 프로그램과 학습 환경이 필수적이다.

영재 학생을 대상으로 하는 학습 프로그램을 운영할 때는 어느 특정 영역의 지식에 대한 이해를 높이는 것뿐만 아니라 고차원적 사고력을 더욱 높은 수준으로 신장시키는 것이 중요하다. 따라서 영재를 대상으로 하는 교수·학습 활동을 설계할 때는 지식 체계와 사고 기능의 개발을 동시에 고려해야 한다. 이러한 측면을 고려한, 영재 학생 대상 교수·학습 모형으로서 문제 중심 학습 모형, 발견 학습 모형, 탐구 학습 모형, 프로젝트 학습 모형, 삼부 심화 학습 모형, 자기 주도적 학습 모형 등을 들 수 있다. 영재 학생을 대상으로 하는 수업 모형이 다수 개발되어 있고 나름대로 유용하다는 검증 결과가 있으나 본 연구에서는 자연의 사물과 현상을 관찰하고 그 결과를 일반화하는 귀납적인 과학 활동을 토대로 개발된 발견 학습 모형이 과학 영재 대상 학습 프로그램에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 주목하였다. 브루너의 지적대로 발견 학습을 통해 학문의 최전선에서 이루어지는 지식 발견과 학생들의 학습 활동 사이의 연속성을 찾고 이를 일치시킬 수 있기 때문이다(권재술 외, 1997). 발견 학습은 과학자들이 과학 지식을 발견하는 과정과 유사한 과정을 학생들이 수행하도록 함으로써 탐구 능력을 신장시키고 이를 통해 스스로 새로운 지식을 습득할 수 있도록 돕는 학습 방법이다. Niaz(2001)는 개념의 이해를 촉진하기 위해서는 과학의 실험적 본성뿐만 아니라 그 밑에 깔려있는 발견의 원리를 강조하는 것이 필요하다고 하였다.

과학·수학 분야의 수업에 발견 학습 모형을 적용한 국내외 선행 연구가 다수 있는데, 설성수(2003)는 7학년 학생들을 대상으로 지도한 결과를 토대로 발견 학습 수업이 역학적 진동에 대한 개념 변화에 긍정적인 효과가 있었다는 것을 확인하였으며, Veermans 등(2006)은 함축적인 발견 학습과 명확한 발견 학습을 비교 연구하여 발견의 방법을 명확하게 제시하는 것이 학생들의 자아 조절 능력을 증진시

킬 수 있다고 하였고, Domainiguc(1992)는 과학자의 발견 과정을 가르치는 것이 패턴 인지 능력의 발달에 중요한 역할을 할 수 있다고 하였다.

한편, 7차 과학과 교육 과정에서는 “탐구 활동을 통하여 생활 주위에서 일어나는 문제를 스스로 발견하고 해결하려는 태도”를 강조하며 단편적 지식 전달보다는 기본 개념을 유기적 통합적으로 이해하도록 하고, 창의성, 개방성, 객관성, 합리성, 협동심을 기르는데 유의한다고 제시하고 있다. 생활 주위의 문제를 스스로 발견하고 해결하기 위해서는 창의적 문제 해결 능력이 필수적이며 창의적인 문제 해결 능력은 직접적이고 체계적인 훈련과 실습을 통해서 개발이 가능하다(임청환, 2004). 그러므로 발견 학습 수업에서도 창의적인 문제 해결력의 신장을 특별히 강조해야 한다. 과학 교과에서 창의적 문제 해결력 향상 지도의 중요성은 두 가지 측면에서 살펴 볼 수 있다. 첫째는 성숙한 시민으로 현대 사회에 적응하여 생활하기 위해서 창의적 문제 해결 능력이 반드시 필요하다는 점이다. 지식 기반 사회에서 창의적인 업무에 종사하며 살아가기 위해서는 논리적 사고를 통해 주어진 문제를 해결하고 그 과정에서 합리적인 의사결정을 할 수 있어야 한다. 둘째로는 과학 기술계에 종사할 인력의 양성 과정과 연관 지어 창의적 문제 해결력의 중요성을 생각해 볼 수 있다. 첨단 과학 기술의 연구 개발 능력은 국가 경쟁력을 결정하는 중요한 요인이며, 새로운 과학 지식과 기술의 개발은 창의성이 높은 과학 기술 인력에 의해 이루어진다. 따라서 과학 영재 학생을 대상으로 하는 수업에서는 창의력 향상을 중요한 교육 목표로 삼아야 한다.

창의력을 신장하기 위한 교육에서는 창의력을 촉진시키는 조건들을 최대로 활성화시키고 저해하는 조건들을 찾아 적극적으로 억제하거나 제거하여야 한다. 특히 외부 압력이나 통제로부터 자유스럽고 허용적인 학습 환경은 창의성 신장에 반드시 필요한 조건이다. Roger Von Oech는 ① 정답을 강조하는 분위기, ② 논리성을 강조하는 분위기, ③ 규칙 준수를 강조하는 분위기, ④ 비현실성을 거부하는 분위기, ⑤ 분명하지 못한 것을 거부하는 분위기, ⑥ 실수를 두려워하는 분위기, ⑦ 놀이를 거부하는 분위기, ⑧ 자신의 분야가 아니라고 생각되면 포기하는 분위기, ⑨ 바보 같은 행동을 거부하는 분위기, ⑩ 자신이 창의성의 소유자임을 부인하는 분위기 등이

창의성 사고를 방해한다고 하였다(신호권 외, 2003).

즉, 창의적 사고력을 신장시키기 위해서는 창의적으로 사고하는 그 자체에 대해 격려하고 보상하는 분위기를 조성하는 것이 필요하며, 정답에 대한 집착, 과도한 경쟁, 획일적이고 단편적인 사고의 강조 등은 창의성 신장을 저해하는 요인이다. 대신 학습자의 도전 의식을 고취시키고 특성과 흥미에 따른 다양한 경험과 자극을 제시하는 한편, 교실 공간을 효율적으로 활용하고 관련 자료를 다양하게 배치하여야만 창의성 신장을 극대화할 수 있을 것이다.

위의 논의 결과에 따르면 과학 영재 학생을 대상으로 하는 발견 학습 수업에서는 창의성을 최대한 신장시키는 학습 환경을 조성하는 것이 필요하다. 그러나 시설, 학습 재료, 학습 시간과 같은 물리적 환경(우종욱, 2000)을 제외한 학생간의 상호 작용과 관련된 정서적 환경 및 상호 신뢰 관계를 통한 심리적 안정과 같은 심리적 환경을 조성하는 문제에 있어서는 좀 더 세심하게 검토할 필요가 있다.

그러나 설성수(2003)가 강조한 바와 같이 발견 학습 수업에서 학습자의 능동적인 학습과정을 지나치게 중시하면 자칫하면 방만한 수업이 되기 쉽다. 학습 준비 태세가 잘 갖춰진 이상적인 학생들을 대상으로 하는 수업이라면 허용도를 최대한 하여 학생들의 자유로운 활동과 사고를 보장하는 것이 수업 효과를 극대화 하는 방안일 것이다. 그러나 학생 개개인은 나름대로 자신의 이득을 극대화하는 방안을 추구하는 전략가이며 이미 기존의 학습 환경에 익숙해진 상태이므로 무한히 허용된 환경에서 사고와 행동의 자유를 누리기 위해서는 그 단계에 도달하기 위한 훈련 과정을 거쳐야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 발견 학습 수업에서 학생의 창의적 사고를 신장하기 위한 심리적, 정신적 환경의 최적화 방안을 전문가 관찰과 분석 및 협의를 통한 질적인 방법으로 찾고자 하였다. 이를 위해 발견 학습 수업을 적용하는 대학 부설 영재 교육원 학생을 대상으로 각기 다른 3개의 학급에 순차적으로 수업

을 실시하였는데, 매 수업마다 교사와 학생의 활동을 관찰하고 분석하여 개선 방안을 도출한 다음, 다음 수업에 다시 적용하는 과정을 수행하였다.

II. 연구 방법과 절차

1. 연구 대상과 시기

연구 대상은 교육대학교 부설 영재 교육원에 재학 중인 초등학생 60명으로, 이들은 선별 전형 성적에 따라 균질하게 편성된 3개 학급, 각 20명씩이다. 각 학급은 6학년, 5학년, 4학년 학생들이 비슷한 비율로 구성되어 있으며, 각 학급의 남녀 성비율도 비슷한 수준이었다.

연구의 시기는 2006년 3월 중순에서 5월 말까지로, 영재 교육원의 한 학기 총 16차시 수업 중 각 학급별로 2차시, 4차시, 7차시에 본 연구의 발견 학습수업을 각각 도입하였다. 발견 학습 수업 도입의 시기적 차이로 인한 학습의 누적 효과라는 연구의 타당성 위협 요소에 대해서는, 연구팀과 수업의 참관자 5인이 함께한 수업 후 평가 회의에서 충분한 논의와 협의를 통해 각 수업에서 나타난 차이가 학습의 누적 효과라기보다는 수업 방식의 차이에 의한 효과임을 합의를 통해 확인함으로써, 그 영향을 통제하고자 노력하였다.

표 1에 연구 대상과 수업의 적용시기에 관한 정보를 제시하였다.

2. 발견 학습 수업 자료의 개발

발견 학습을 적용한 수업 주제는 필름통의 회전에 관한 탐색이며, 이를 통해 속도의 1차원적 합성 원리를 학생들이 발견할 수 있도록 구성하였다. 그림 1과 같이 필름통 두 개의 바닥을 맞붙여 연결한 다음 양쪽 끝에 파란색과 빨간색 스티커를 각각 붙인다. 다음 한쪽 끝부분에 손가락을 대고 살짝 튕기면 필름통이 회전하는데, 이 때 신기한 현상을 발

표 1. 발견 학습을 적용한 수업 시기 및 수업 대상

수업일자	대상 학급	영재교육원 해당 수업차시	학생 수	6학년	5학년	4학년	여학생
2006년 3월 18일	갈릴레이	2차시	20	13	7	0	3
2006년 4월 15일	뉴턴	4차시	20	13	6	1	3
2006년 5월 27일	아인슈타인	7차시	20	14	6	0	2

견할 수 있다. 파란색 스티커가 붙어있는 쪽을 튕기면 파란색 점만 3개 나타나고, 빨간색 스티커가 붙어있는 쪽을 튕기면 빨간색 점만 3개 나타난다. 이 때 나타나는 점들은 정삼각형을 이루면서 조금씩 한 방향으로 돌아간다.

학생들이 해결해야 하는 과제는 2가지인데, 튕긴 쪽 색깔만 보이는 이유를 찾으라는 것과 점이 3개 보이는 이유를 찾으라는 것이다. 학생들이 처음 보기에는 도저히 해결할 수 없을 것 같은 문제이지만 필름통이 회전하는 모습을 잘 관찰하여 정리하고 또한 적절한 추가 정보를 제시한다면 충분히 해결할 수 있다.

그림 2에서 보인 바와 같이 필름통의 한쪽 끝을 튕기면 튕긴 쪽이 앞으로 나가면서 무게 중심을 중심으로 수직축($Z-Z'$)을 회전축으로 하여 수평면에서 회전함과 동시에 필름통 자체가 필름통과 나란한 중심선($X-X'$)을 중심으로 회전한다. 그러면 튕긴 쪽은 두 회전축을 중심으로 하는 운동 방향이 서로 반대이므로 상대적으로 운동 속력이 느려지며 그 반대쪽은 두 회전축을 중심으로 하는 운동 방향이 서로 같기 때문에 운동 속력이 상대적으로 빨라진다. 따라서 필름통을 보면 우리 눈의 잔상 효과로

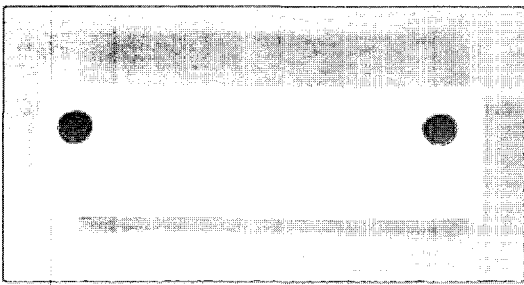


그림 1. 필름통을 붙여 만든 학습 도구

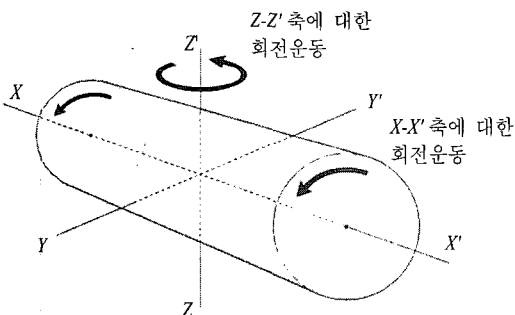


그림 2. 필름통의 회전 운동

인해 상대적으로 속력이 느린, 튕긴 쪽 색깔만 보이는 것이다. 또한 수직축($Z-Z'$)을 회전축으로 하는 회전이 한 번 일어나는 동안, 수평축($X-X'$)을 중심으로 하는 자체 회전이 세 번 일어난다. 이 때문에 필름통이 한 바퀴 회전하는 동안 스티커가 위로 올라가는 순간이 세 번 일어나며 이 때문에 점 3개가 삼각형을 이루는 것처럼 보인다. 이것은 필름통으로 만들어진 원기둥의 높이와 밑면의 지름 비를 측정해 보면 쉽게 알 수 있다. 또한 점들이 이루는 삼각형이 조금씩 돌아가는 것은 원기둥의 높이와 밑면의 지름 비가 정확히 3배가 아니기 때문에 나타나는 현상이다.

3. 발견 학습 모형 수업의 과정

발견 학습 모형에 의한 수업은 다음과 같이 5단계로 구성하였다.

1) 자료 제시 및 탐색 활동

학생들은 각자 필름통 2개와 스티커를 이용하여 실험 기구를 제작한 다음, 필름통을 튕겨본다.

2) 관찰 및 문제 파악

학생들은 실험 기구를 가지고 자유롭게 튕겨보면서 가능한 많은 것을 관찰한다. 이 활동을 통해 즉각적으로는 설명하기 어려운, 신기한 현상을 발견한다. 교사는 필름통으로 만든 실험 기구가 회전하는 모습을 잘 관찰하면 한 가지 색깔만 3개 보이는 원리를 해결할 수 있다고 안내한다. 이 단계에서 학생들이 발견한 내용은 칠판에 모두 적어서 공유한다.

3) 아이디어 창안 및 발표

학생들은 자신들이 관찰한 결과를 토대로 주어진 과제를 해결한다. 이 때, 필름통이 두 가지 회전을 동시에 한다는 것은 학생들이 발견하기를 기대한다. 그러나 속도의 합성은 스스로 발견하기 어려운 개념이므로 그림 3과 같이 자전거 바퀴의 운동의 예를 통해 속도 합성의 원리를 설명한다(Halliday 외, 2001). 발견 학습의 수업에서 교사의 역할은 대단히 중요한데, 교사는 적절한 질문을 하여 학생들에게 사고할 수 있는 기회를 제공해야 하며, 이를 통해 학생들이 문제를 적극적으로 해결할 수 있다.

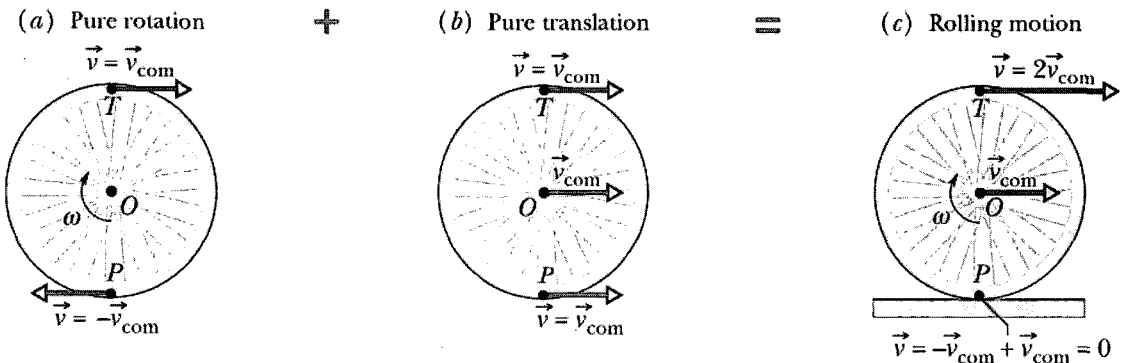


그림 3. 자전거 바퀴의 속도 합성(Halliday, D. et. al., (2005). *Fundamentals of Physics*, 7th ed, p277)

또한 점이 3개 보이는 원리를 알아낼 수 있도록 30cm 자를 제공하여 이를 활용할 수 있도록 격려한다.

4) 개념화 및 정리

속도 합성의 원리에 관한 정보를 접한 학생 중 일부는 이 원리를 필름통에 적용하여 텅진 쪽 색깔만 보이는 원리를 발견한다. 교사는 원리를 발견한 학생의 설명을 학생들과 공유하여 나머지 학생들이 그 설명을 듣고 속도 합성의 원리를 이해할 수 있도록 교실 환경을 형성한다.

5) 발견 및 응용문제 해결

이 단계의 활동으로 인천-샌프란시스코 간 항공기의 비행시간에 관한 자료를 제시한다. 겨울철 인천에서 샌프란시스코까지의 비행시간은 약 10시간인데 비해 샌프란시스코-인천 구간의 비행시간은 12시간이다.

4. 자료의 수집 및 분석

본 연구에서는 교실 수업 상황 속에서 학생과 교사의 활동 및 상호작용을 알아보기 위하여 전문가 집단 참관과 수업 후 평가 회의를 통한 분석 및 논의와 피드백의 과정을 3회에 걸쳐 발견 학습을 적용하는 수업에서 실시하였다. 수업 중 교사의 수업 환경 조성 방법에 따른 학생-학생, 학생-교사 간 상호작용을 비롯한 학생들의 활동 내용을 관찰·분석하였다.

수업은 초등학생을 대상으로 하는 과학영재 수업 경력이 5년차인 물리교육 박사학위 소지자인 교사가 담당하였으며, 수업참관 전문가는 연구

팀의 연구자 1인과 5명의 시교육청 소속 영재 교육원의 학생 지도 담당 초등학교 교사가 5명이었다.

학생 활동에 대한 분석은 주로 관찰 및 학생 활동지 검토를 통해 이루어졌는데, 필요한 경우 학생 면담을 병행하였다. 평가 회의에서는 학생 행동의 배경 요인 및 적절한 지도 방안을 주로 탐색하였으며, 과학 영재 학생 지도에 발견 학습을 적용할 때 고려해야 할 시사점을 도출하였다. 연구 과정을 그림 4로 정리하였다.

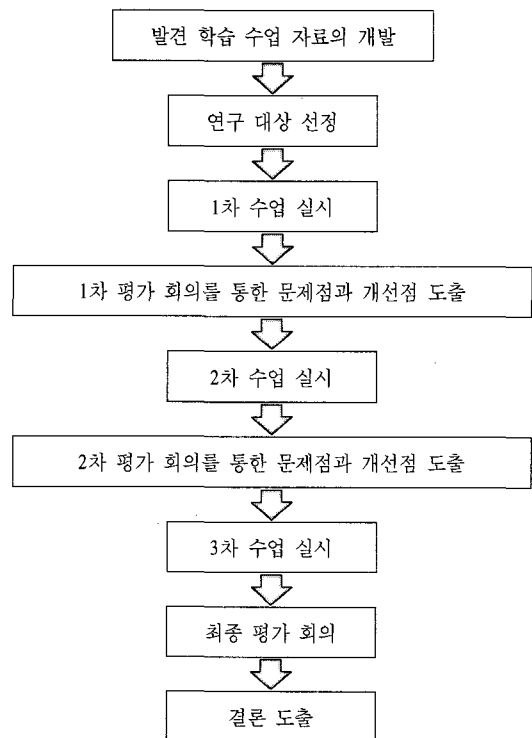


그림 4. 연구의 절차

III. 결과 및 논의

본 연구를 위해 수행한 3차례의 수업에서 학생들이 발견한 내용은 학급에 따라 크게 다르지 않았다. 학생들이 발표한 결과를 종합하면, 이 수업에서 제시되는 과제를 충분히 해결할 수 있는데, 학생들이 관찰한 내용 중 공통적인 내용을 정리하면 다음과 같다.

① 해결해야 할 문제를 발견한다.

- 튕긴 쪽 색깔만 보인다. (잘 보면 반대쪽 색깔도 보인다.)
- 점이 3개만 보인다.
- 점 3개가 정삼각형을 이룬다.

② 수직축을 중심으로 한 회전은 무게 중심을 중심으로 회전한다.

- 가운데 동그란 모양의 공이 생긴다.
- 전체적으로 둥근 모양을 만든다.
- 가운데가 오목한 그릇 모양이다.
- 위에서 보면 가운데가 오목해진다.
- 잘 튕기면 (가장자리를 살짝 튕기면) 제자리에서 돈다.

③ 수평축을 중심으로도 회전한다.

- 필름통이 멈출 때 굴러간다.
- 튕긴 쪽이 앞으로 나가면서 돌기 시작한다.(그림 5)
- 튕긴 쪽은 떠서 돈다.(그림 6)
- 가운데를 튕기면 가다가 돌아온다.
- 안쪽을 튕겨도 필름통이 돌아가며 색깔이 보인다.
- 바깥쪽을 튕길수록 필름통이 잘 돌아간다. → 빨리 돌아간다.

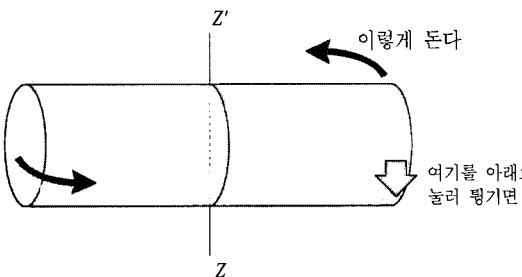


그림 5. 필름통을 튕기면 튕긴 쪽이 앞으로 나가면서 돈다.

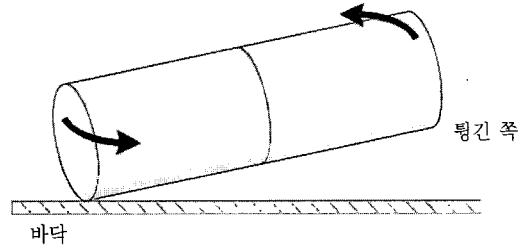


그림 6. 필름통을 튕기면 튕긴 쪽이 떠서 돈다.

④ 필름통의 한쪽 끝은 굴러가며, 수직축을 중심으로 한 바퀴 도는 동안, 수평축을 중심으로는 세 바퀴 돌아간다.

- 점 3개가 조금씩 돌아간다.
- 빨리 튕기면 처음에는 점 3개가 많이 돌아가다가 점차 돌아가는 속도가 느려진다.
- 스티커가 밑에 있을 때 튕겨도 색깔이 보인다.
- 점 3개가 깜박거린다.

발견 학습 모형을 토대로 구성한, 필름통의 회전에 관한 3회 수업의 실시 결과와 1, 2회 수업에서도 출된 문제점을 토대로 개선점을 찾아 적용한 결과는 다음과 같다.

(1) 첫 번째 수업

엄격한 검증 과정을 거쳐 선발된 영재 학생들을 대상으로 하는 수업이므로 모두들 호기심이 많고 과제 집착력이 높다는 과학 영재의 특성을 가졌을 것으로 기대하였다. 따라서 최대한 허용적인 분위기를 제시하고자 하였다. 학생들에게 제시하는 수업 주제도 ‘돌아라! 필름통’으로 하여 비구조적이고 일상의 문제를 다룬다는 측면을 강조하였다. 수업이 시작되었을 때, 다른 안내 없이 필름통을 이용하여 순서대로 실험 기구를 제작하게 하였고 이를 책상 위에서 튕겨 보도록 하였다. 이상적인 영재 학생이라면 튕겨보는 순간, 무엇인가 이상한 현상을 발견하고 이를 해결하고자 집중할 것이라고 기대하였기 때문이다. 학생들이 스스로 계속 필름통을 돌려 보면서 많은 관찰을 할 것으로 기대하였기 때문에 스스로 다양한 활동을 하도록 기다린 다음, 한 명씩 지목하여 발견한 것을 이야기하게 하고 모두가 공유할 수 있도록 그 내용을 칠판에 정리하였다. 발표가 진행됨에 따라 학생들은 문제 해결에 도움이 되는 여러 가지 사항을 지적하였으며 학생

들의 발표 결과를 모으면 이를 통해 의미 있는 결과를 얻을 수 있으나 학생 개개인은 체계적인 관찰을 수행하지 못하였다. 수업을 통해 발견한 영재교육원 학생들의 특성을 정리하면 다음과 같다.

① 듣는 것보다 말하는 것을 좋아한다.

평소 학교에서 주도적인 역할을 하는 학생들이 모두 모였기 때문에 모두들 자신의 의견을 발표하는 것만 좋아하고, 또 조리 있게 잘 이야기하지만 다른 학생들의 이야기를 귀담아 듣지 않는다는 것을 확인하였다. 그렇기 때문에 어느 한 학생이 이미 같은 내용을 발표했음에도 불구하고 자신이 미리 준비했던 것을 이야기하는 것을 여러 차례 발견하였다. 예를 들어 어느 한 학생이 ‘스티커가 밑에 있을 때 튕겨도 색깔이 보인다.’고 발표를 했는데도 불구하고 곧이어 ‘스티커의 위치를 아무렇게나 해도 색깔이 보인다.’는 이야기를 하고 있었다. 순간적으로 교사는 앞서 발표한 학생의 내용을 좀 더 일반화해서 이야기하는 것이라고 생각하여 앞서 발표한 학생의 내용과 비교하여 이야기하기를 요구하였으나 이 학생은 앞서 발표한 내용에 대해서 전혀 관심을 기울이지 않았다는 것을 확인하였다. 또한 순서대로 발표하는 동안에도 계속 발표의 기회를 요구하거나 다른 학생이 발표하는 데도 전혀 관계없는 자신의 이야기만 하는 경우도 볼 수 있었다. 같은 생각을 하는 학생을 보기 어렵기 때문에 영재교육원에 출석하는 학생끼리는 서로의 이야기에 귀 기울이고 그 의견을 존중하는 모습을 보기를 기대하였으나 자연스러운 상태에서는 거의 발견할 수 없었다.

② 교사의 지시와 안내에 주목하지 않는다.

수업의 진행 과정 중 아이디어 창안 및 발표 단계에서 교사가 추가 정보를 제공하여도 이를 주의 깊게 받아들여서 문제를 해결하는데 활용하는 모습을 찾기가 어려웠다. 이 현상은 두 가지 측면에서 해석할 수 있다. 첫째는 수년간 학교생활을 오래하는 동안, 정규 수업에서는 특별한 도움을 얻지 못한다는 것을 체득하였기 때문에 수업에 집중하지 않는 것이 오히려 자연스럽게 되었을 것이다. 둘째는 2주에 한 번 꼴로 영재 교육원에 출석하여 수업에 참여하기 때문에 학교의 연장이라기보다는 일종의 학원에 들렀다는 인식을 하고 있다는 해석이다. 쉬는 시간이면 교사의 지시를 무시하고 교사용 테이블에 준비된 실험 기구나 장치에 손을 대는

학생도 많으며 쉬는 시간이 끝났음을 알리는 교사의 안내나 활동 수행에 관한 지시 사항이 잘 준수되지 않았다. 어느 쪽으로 해석하든지 영재 학생과 교사 사이의 신뢰 및 유대 관계가 재정립되어야 할 필요성을 느꼈다. 학생들과의 면담 내용을 통해서도 교사와의 관계가 원활하지 않다는 것을 확인할 수 있었다. 수업 중 지도교사가 “너희처럼 이렇게 예리하고 뛰어난 학생들을 선생님이 참 예뻐하시겠다.”고 이야기했을 때 많은 학생들이 “선생님은 안 좋아해요.”라는 반응을 보였다. 교사의 입장에서 영재 학생의 특성 및 지도 방법에 대해 인식을 달리하는 것이 필요하겠지만 학생의 입장에서도 겹쳐지게 교사의 지시를 따라 수업에 몰입하는 자세를 갖추어야 할 필요가 있다는 점을 알게 되었다.

③ 선행 학습을 수행한 학생의 비율이 높다.

수업 결과, 학교 교육 과정 선상에 있는 것은 상위 학교급에서 다루는 내용이라도 이미 숙지하고 있다는 점을 발견하게 되었다. 초등학생임에도 불구하고 대부분 뉴턴의 세 가지 운동법칙을 알고 있었으며 심지어 벡터의 합성 방법이나 상대 속도에 대해 알고 있는 학생도 상당 수 볼 수 있었다. 그러나 교육 과정에서 벗어나 즉각적으로 대답할 수 없고 고도의 사고 과정을 통해 해결해야 하는 과제가 제시될 때 많은 학생이 당황하며, 이를 감추기 위해 장난스럽게 대답한다든지, 과장된 행동을 하는 경우도 쉽게 볼 수 있었다. 어떤 경우에는 상위 교육 과정에서 다루는 개념을 용어 수준에서 나열하여 설명하지만 정작 본인은 자신의 말을 제대로 이해하지 못하는 경우도 있었다. 예를 들어 튕긴 쪽의 점만 보이는 현상에 대해 설명할 때, ‘바깥쪽은 회전 가속도가 크다.’, ‘튕긴 쪽은 원심력이 크게 작용한다.’ 등으로 대답하는 학생이 적지 않았다. 영재 학생을 지도할 때, 상위 교육과정의 개념은 다루지 않고 피하는 동안, 학생들이 스스로 개념을 접하여 나름대로의 엉뚱한 개념 체계를 갖는 경우가 많으므로 기본적으로 핵심적인 개념은 정확하게 짚고 넘어갈 필요가 있다는 점을 확인하였다.

④ 독서량이 많고 수준도 높으나 탐구 기능은 부족하다.

수업에서 스스로 관찰한 현상 및 교사가 제공하는 추가 정보를 종합하여 학생들이 스스로 튕긴 쪽의 점만 보이는 원리와 접이 3개 보이는 이유를 발견하기를 기대하였으나 교사의 개입이 점점 늘어

나서 거의 설명해야 하는 단계까지 후퇴해야만 했다. 그러나 교사의 안내를 바탕으로 그 원리를 이해한 학생 중 한 명은 즉각적으로 이 현상이 태풍에 안전 반원과 위험 반원이 생기는 원리와 연결된다는 것을 지적하였다. 특히 수업을 통해 학생들의 용어 수준이 성인에 비해 크게 뒤떨어지지 않는다는 점을 알게 되었다. 이러한 결과는 학생들이 어려운 수준의 책을 많이 읽고 있다는 점을 시사한다. 그러나 관찰이나 추리 등 기초적인 탐구 기능은 아주 부족하다는 점을 볼 수 있었다. 영재 학생들이라고 해서 기본 탐구 기능은 이미 습득하고 있다고 생각해서는 곤란하며 기본 탐구 기능에 대해 적절히 훈련할 기회를 제공하여야 한다. 첫 번째 수업에서는 대부분의 학생들이 관찰을 적절하게 수행하지 못했다는 것을 학습지를 통해 알 수 있었다. 그림 7은 연구 협의진에서 선정한, 대표적인 학생 활동지를 제시한 것이다.

(2) 두 번째 수업

첫 번째 수업을 통해 자신의 의견을 발표할 때 지켜야 하는 규칙을 숙지하여야 하며 다른 학생이 발표하는 내용이나 교사의 설명에 주목하는 것이 필요하다는 점을 알게 되었다. 두 번째 수업에서는 이를 감안하여 수업 전, 잘 듣는 일이 개인의 성장에 큰 도움이 된다는 점을 강조하였다. 그 외 수업의 진행 과정은 첫 번째 수업과 크게 다르지 않았다. 다만 수업 중 어느 한 학생의 발표가 끝났을 때, 또는 교사의 설명 도중에 학생을 무작위로 지목하여 그 내용에 대해 물어본 다음, 수업 전 강조했던 잘 듣는 일의 중요성을 다시 한 번 상기시켰다. 수업 결과, 학생들의 활동 내용은 다소 향상되었으나

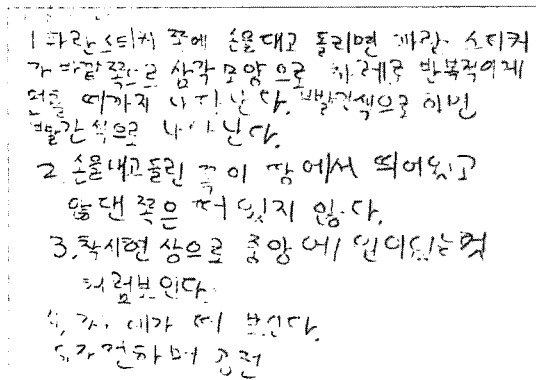


그림 7. 첫 번째 수업에서 학생의 관찰 기록

원리의 발견은 활발히 이루어지지 않았다. 각 개인이 관찰한 내용은 첫 번째 수업과 마찬가지로 체계성을 찾기 어려웠으며 학생들이 관찰한 결과를 종합하여 제시된 문제를 해결하지 않고 전혀 새로운 관점에서 문제를 해결하고자 하는 경향을 보였다. 무엇보다도 현재 학생들이 수행하는 활동이 과학 학습의 일종이라는 것을 인식하지 못했다. 복잡한 실험 기구를 사용하여 측정을 하고, 데이터를 표와 그래프로 정리하지도 않으며 수업 중 특별한 과학 개념을 다루지도 않기 때문에 그저 편안하게 놀이 수준의 활동을 해도 좋은 시간이라고 인식했던 것으로 판단된다. 수업이 효과적으로 이루어지기 위해서는 학생 개인이 스스로 수업 내용에 대해 의미를 찾을 수 있어야 한다는 점을 간과했던 것이다. 두 번째 수업에 참여한 학생들의 활동지를 보면 첫 번째 수업에 비해 관찰이 좀 더 조직적으로 이루어지고 있다는 것을 알 수 있는데 연구진에서 협의를 통해 선정한 대표적인 학생 활동지는 그림 8과 같다.

(3) 세 번째 수업

세 번째 수업에서는 자연스럽게 필름통을 접하여 스스로 호기심을 느끼게 하는 대신, 이 활동이 학습의 연장이라는 것을 인식할 수 있도록 수업을 구성하였다. 먼저 활동 제목을 ‘과학자의 첫걸음’으로 붙여 이 활동을 수행하는 것이 과학자가 되는 훈련의 일종이라는 점을 강조하고자 하였다. 세 가

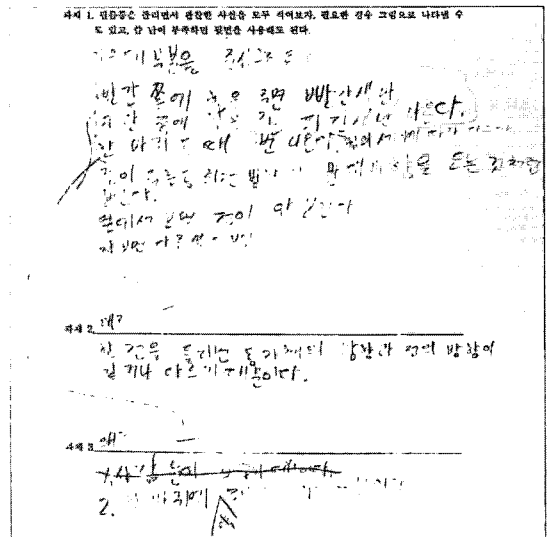


그림 8. 두 번째 수업에서 학생의 관찰 기록

지 측면을 강조할 수 있도록 수업 전 활동을 보강하였다. 첫째는 노벨상 수상자 수의 변화를 보여주는 데이터를 통해 협력 연구의 중요성을 강조하였다. 즉, Dunbar(1999)의 분담된 추론(distributed reasoning)에 관한 이론을 쉽게 풀어서 설명하면서 과학자가 혼자서 연구하기보다는 사회적 집단으로 연구할 때 창의적 지식의 생성이 더 활발하게 일어난다는 점을 지적하였다. 둘째는 공동 연구에서 필수적인 덕목 중의 하나인, 잘 말하는 것보다 잘 듣는 일의 중요성을 강조하였다. 세 번째는 예시 자료를 통해 과학자의 연구와 교실에서의 탐구 활동이 본질적으로 같은 활동이라는 점을 강조하였으며(NRC, 2000), 또한 과학 연구에서 관찰이나 추론과 같은 기본 탐구 기능이 매우 중요하다는 점과 본 수업에서 하는 활동이 이러한 기본 탐구 기능을 습득하는데 매우 유용하다는 점을 지적하였다. 특히 세밀한 관찰이 당연한 과학 문제를 해결하는 첫 걸음이며 본 수업을 통해 이를 체험하게 될 것이라는 점을 분명히 하였다. 또한 수업을 모두 끝낸 후에는 세밀한 관찰을 통한 문제 해결의 경험을 추가로 제공하고자 단풍나무 씨앗을 나눠주고는 씨앗의 낙하운동을 면밀히 관찰하여 씨앗이 회전하며 떨어지는 원리를 알아내라는 과제를 제시하였다.

수업에서는 기초 학습 습관과 관련해서는 허용도를 낮춰 규칙을 엄격히 준수할 것을 강조하였다. 변화는 자리 배치에서부터 보여주었다. 대부분의 경우에는 자유롭게 자신의 자리를 선택하지만 본 수업에서는 그림 9와 같이 번호대로 좌석을 지정하여 규칙이 엄격히 준수될 것이라는 것을 알게 하였다. 또한 수업이 진행될 때는 문제 해결과 관련하여서 개인별 혹은 모둠 별로 얼마든지 자유롭게 의견을 개진하며 필요한 실험 활동을 수행하도록 하

였지만, 발표의 규칙이 지켜지지 않거나 수업과 관련 없는 활동이 발견되는 경우, 이를 지적하여 학생에게 허용된 범위를 분명히 하였다.

수업을 처음 시작할 때, 교사는 몇몇 학생에게 장래 희망에 대해 질문하여 모두 과학자라는 것을 확인한 다음, 모두에게 질문하였는데, 대부분 과학자와 공학자라고 응답하여 자연스럽게 공동 연구를 통한 탐구의 훈련을 강조할 수 있었다.

수업 결과, 이처럼 사전 지도를 강화하고 전체적으로 지켜야 할 규칙을 강화하는 등 허용적 분위기를 제한하는 것이 오히려 효과적이라는 것이 뚜렷하게 드러났다. 그림 10에서 보는 바와 같이 세 번째 실시한 수업에서는 처음 두 번의 수업에 비해 필름통으로부터 관찰한 내용의 양도 많고 관찰한 내용의 수준도 높았다. 물론 처음 두 번의 수업에서도 가능한 많은 것을 관찰하라는 이야기를 했지만 학생들은 관찰의 중요성을 인식하지 못했기 때문에, 교사의 지시를 의미 있게 받아들이지 않았고, 그 결과 학생 주도의 관찰 활동이 제대로 이루어지지 않았다. 한편, 학생들은 교사가 제공하는 정보를 매우 의미 있게 받아들였다. 물론 앞의 수업에서도 이 정보가 문제를 해결하는데 도움이 된다는 점을 지적하였지만 이번 수업에서는 훨씬 더 명확하게 강조하였다. 그 효과가 나타난 것으로 보인다.

세 번째 수업의 학생의 활동내용의 예는 그림 10과 같다.

세 번째 수업에서는 소규모 모둠의 관찰과 토론이 첫 번째 및 두 번째 수업보다 활발히 일어났다. 소규모 모둠을 직접 지정한 것은 아니었지만, 같은 테이블에 앉은 학생들 사이에서 자연스럽게 토론이 발생하였다.[(S4, S5), (S10, S11, S12), (S14, S15), (S16, S17, S18)] 허용적 분위기를 조성한 첫 번째 수업과 비교하여 볼 때, 공동 연구를 통한 탐구의 훈련과 현재 자신이 수행하고 있는 활동의 의미를 찾는 일을 강조한 것이 긍정적인 영향을 주었기 때문이라고 판단된다. 소규모 모둠에서 토론이 발생하는 유형은 두 가지가 있었는데, 하나는 주도적인 학생이 있어 토론을 이끄는 것이었고[(S10, S11, S12), (S16, S17, S18)], 다른 하나는 서로 친숙한 학생들 사이에서 자연스럽게 토론이 일어나는 것이었다[(S4, S5), (S14, S15)]. 자연스러운 토론이 활발히 일어난 모둠에서는 창의적 활동이 나타났다. 토의가 활발한 학생들은 필름통 2개를 붙여 돌리기에

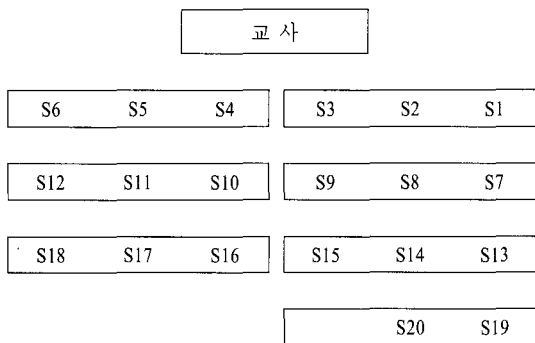


그림 9. 학생들의 좌석 배치

으로 첫째, 소규모 모둠의 활동에는 허용적인 분위기를 조성하여 학생과 학생 사이의 상호작용이 활발히 일어나도록 해야 한다. 연구 결과에 제시하였듯이 허용적 분위기는 소규모 모둠에서 토론이 활발히 일어나도록 하고, 창의적 활동을 이끌어낼 수 있다. 둘째, 전체 발표 및 전체 토론과 같은 전체 활동에서는 규칙을 스스로 준수하는 분위기를 조성하여, 허용적 분위기를 제한해야 한다. 전체 활동에서의 허용적 분위기 제한은 효율적인 학습의 진행을 돕고, 학생들이 수업이 공정하게 진행되고 있음을 느끼게 하여 보다 많은 발표를 하도록 유도할 수 있다. 셋째, 교사의 적절한 안내와 지도이다. 초등학생들은 관찰한 사실들로부터 결론을 이끌어내는 결론 도출 능력과 유사한 관찰 결과들을 하나로 묶는 일반화 능력이 부족하기 때문에, 문제 해결 과정에서 학생들의 귀추적·귀납적 사고 훈련을 도울 수 있는 교사의 적절한 안내가 필요하다. 마지막으로 발견 학습을 통한 성공적인 문제 해결의 경험을 제공하는 것이다. 성공적인 경험은 학생들이 다른 문제를 해결하는 데 있어 자신감을 갖고 경험을 이용하도록 한다.

다른 모든 수업에서와 마찬가지로 발견 학습 수업의 성패에도 교사가 매우 중요한 요인으로 작용한다. 발견 학습 수업에서 교사는 상황에 따라 허용적 분위기를 적절하게 조절하고, 문제 해결 과정에서 교사가 개입해야 하는 적절한 타이밍을 포착하는 판단력을 갖추어야 한다. 특히 본 연구를 통해 확인할 수 있었던 것이 교사가 자신의 수업을 되돌아볼 때, 교수법에 대한 학습이 일어나며 이를 통해 수업 전문성이 신장된다. 따라서 교사는 자신의 수업 내용과 결과를 반추하면서 학생의 상태를 정확히 파악하고, 최적의 수업 모형을 구성하여야 한다.

마지막으로 대부분의 과학 영재 교육은 주말 학교의 형태로 운영되고 있기 때문에, 여러 학교에서 모인 학생들은 서로에 대해 알게 될 시간이 부족하다. 본 연구의 결과에 제시하였듯이 학생들 사이의 친밀도를 높이는 것은 성공적인 학습에 큰 도움이 되므로, 학생들 사이의 친밀도를 높이기 위한 별도의 프로그램을 운영할 것을 신중히 고려할 필요가 있다. 이 프로그램은 과학 영재 교육 프로그램의 효과를 극대화하는데 많은 도움을 제공할 것으로

기대한다.

참고문헌

- 강순민(2004). 과학적 맥락의 논의 과제 해결 과정에서 나타나는 논의과정 요소의 특성. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순(1997). 과학교육론. 교육과학사, 229-236.
- 설성수(2003). 발견학습 수업을 통한 중학생들의 역학적 진동 개념의 변화. 한국교원대학교 석사학위 청구논문.
- 우종욱, 김승훈, 강심원(2000). 과학교육에서의 창의적 수업모형 개발. 창의력교육연구, 3(1), 2-28 - 심호권의(2003)의 연구에서 재인용함.
- 임청환(2004). 창의적 과학 문제해결 수업 모형 연구. 과학·수학 교육연구, 27: 61-89. 대구교육대학교.
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2001), *Fundamentals of Physics*, John Wiley & Sons Inc.
- Domainque, Robert. Learning for Discovery: Establishing the Foundation. *Journal of Scientific Exploration*, 6(2), 11-22.
- Dunbar, K. (1999). How scientists build models in vivo scienc as a window on the scientific mind. In L. Magnani and N. J. Neressian (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 85 - 99). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Niaz, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85(6), 684-690.
- Roger von Oech (1983). *A whack on the side of the head*. A Warner Books, Inc. New York - 심호권, 최선영, 강호감(2003). 창의력 개발을 위한 초등학교 교사의 과학수업환경 조사. 초등과학교육. 22(3). 223- 237에서 재인용 함.
- Tunstall, P. & Gipps, C. (1996). 'How does your teacher help you to make your work better?' Children's understanding of formative assessment. *The Curriculum Journal*, 7(2), 185-203.
- Veermans, Koen, van Joolingen, Wouter & de Jong, Ton (2006). Use of Heuristics to Facilitate Scientific Discovery Learning in a Simulation Learning Environment in a Physics Domain. *International Journal of Science Education*, 28(4), 341-361.