# 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제

김재우 · 오원근 · 박승재
(서울대학교)

# Grade 7th Pupils' Ideas about Identification and Control of Variables in Inquiry Problems

Jae woo Kim · Won Kun Oh · Sung-Jae Pak
(Seoul National University)

## ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the ideas of pupils with that of the scientists about controlling and identifying of variables, in the two cases: open or guided inquiry. The subjects were the 7th grade boys and girls in a school, in Seoul, Korea. For the guided inquiry, the problems were given by the experiments of pupils' text. Pupils were asked to identify the variables in the experiments. For the open inquiry, pupils set their own inquiry problem. The pupils whose marks are within upper one-third of three classes were chosen. Pupils' ideas on variables were investigated in the design of experiment for their problems. In that, questionnaire developed by researchers was used.

In the former, many of the pupils identify just only one variable despite of the fact there were two independent or dependent variables in the experiments. In the latter, the number of independent variables increased two or three. However, pupils do not control independent variables: they vary two independent variables simultaneously in the design of experiment. From these, we compared the pupils' ideas on variables with the scientists'

**Key words:** open inquiry, guided inquiry, identification of variables, controlling of variables, pupils' ideas on variables

## I. 연구의 배경 및 목적

학습에 대한 구성주의적 관점(Driver, 1983; Driver & Bell, 1986; Lythcott & Duschl, 1990; Wheatley, 1991 등)에 따르면, 학생들은 학습에 임하기 전에 학습내용에 관한 자신의 선개념들을 가지고 있다. 이러한 선개념들이 일상적 경험에 대한 직관적 사고에서 비롯된 것과 마찬가지로, 학생들은 자연 현상을 접하면서 '왜 하늘은 파랄까?', '어떻게 개미는 자기 집을 찾을까?' 와 같은 소박하지만 탐구하기에는 구체화되지 않은 질문들을 가지고 있다. 그러나 현재의 교육적 상황에서, 학생들이 이러한 질문

*1999년 7월 27일 받음.

들을 직접 탐구 가능한 연구 문제로 재진술 하고, 스스로 탐구하는 기회를 거의 가지지 못하고 있다.

탐구가 가능한 문제로 재진술한다는 의미는 문제와 관련된 주요 변인을 찾아내고, 문제와 관련이 희박한 변인을 통제하는 과정을 거친다는 뜻이다. 이러한 과정을 거치면서 가설의 설정이나 변인의 설정 및 통제가 이루어지지 않으면 문제에 관하여 근거 있는 증거를 얻을 수 없기 때문에 문제의 설정 및 인식은 탐구의 시작으로서 중요성을 가진다(박승재와 조희형, 1995). 그러나 일상적인 상황에서 제기되는 질문에는 수많은 변인이 관련되어있기 때문에 무엇이 영향을 주었고 어떤 것은 영향을 주지 않는지 판단(변인의 판별 및 통제)하지 않고서는 문제에 관한 증거를 체계적으로 얻기란 거의 불가능하다.

과학자들도 무한한 양의 복잡한 경험들로부터 중요한 사실이 무엇인가를 찾아내는 문제에 항상 직면해 있으나, 때때로 과학자들은 "이상화(idealization)"라는 방법을 통하여 이 문제를 해결하였다(Nowak, 1980; McMullin, 1985; Garrison, 1986). 이상화의 유형으로는 특정한 변인들을 무시하는 유형, 특정 요소에 대한 특성을 기술하지 않는 유형, 외삽을 통한 극한 상황(0이나 무한대)을 추론, 특정 요소들이 일정하거나 균일하거나 보존된다고 생각하는 유형이 있다(박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅, 1998a; 1998b). 갈릴레이(Galilei, 1638)는 운동의 문제에 이상화를 과학에 도입하였고, 극한 상황에 대한 사고 실험과 실제의 실험을 통하여, 여러 무관련 변인들을 무시하고, 관련 변인의 수를 줄였다. 이를 통하여 아리스토텔레스의 운동론을 반박하고, 물체의 운동에 대한 여러 가지 법칙을 수립할 수 있었다. 예를 들어, 낙하 운동의 경우 아리스토텔레스의 운동 문제는 매질이 있어 저항이 있는 공간에서 물체의 낙하 속도를 물체의 무게와 관련짓는 것이었지만, 갈릴레이는 이상화 과정을 통하여 매질의 저항이라는 변인을 무시하고, 물체의 무게와 낙하 속도를 관련짓는 새로운 문제를 설정한 것이다. 이와 마찬가지로, 문제와 관련된 적절한 변인을 설정하고 이를 통제하려는 노력은 문제를 설정하는 것 혹은 문제를 인식하는 것과 밀접한 관련이 있다. 따라서 학생들이 문제를 인식하거나 설정하는 과정에서 변인을 판별하고 설정하는 것이 과학자의 경우와 어떻게 다른지 이해하는 것은 학생들의 탐구 과정을 이해한다는 것뿐 만 아니라 문제 설정에 대한 학생들의 생각을 적절히 변화시키는데 있어서도 중요성을 가진다.

한편, 수준이나 개방성 등을 고려하면 탐구를 여러 가지 방식으로 구분할 수 있겠으나, 본 연구에서는 학생들에게 보고서나 교과서 등 형식을 갖추어 문제나 방법이 주어지는 "안내된 탐구"와 학생이 스스로 문제를 설정하는 "자유 탐구"로 나누어 고려한다. 안내된 탐구는 탐구 주제나 문제가 주어지는 것으로서 문제와 관련된 변인의 판별과 이들의 통제가 중요하고, 자유 탐구는 탐구 주제를 스스로 선택하는 것으로서 무관련 변인의 배제와 관련 변인의 설정 및 통제, 조작적 정의 등이 중요하다.

문제가 주어지는 안내된 탐구의 경우, 변인 통제(관련된 독립 변인 하나만을 변화시키면서 나머지 변인들은 고정시키는 것), 변인 판별(주어진 탐구에서 어떠한 변인이 중요한지 인식하는 것) 등이 중요 탐구 능력 요소라는 측면에서 피아제(Piaget)이래 많이 연구되어왔다(Ross, 1988). 하지만 자유 탐구에서 학생들의 변인 설정 및 통제에 관하여 연구된 것은 거의 없다. 김재우와 오원근(1998)이 중학교 1학년 학생들의 자유 탐구 보고서를 조사하여 학생들이 스스로 설정한 탐구 문제에서 변인이 명확하지 않으며, 변인이 나타나더라도 연속적인 변인은 거의 없고 주로 범주형의 변인만을 기술함을 보고한 정도이다.

본 연구에서는 안내된 탐구와 자유 탐구의 경우에 각각 학생들이 많은 변인들 중 문제와 관련되는 변인만을 판별해내고 통제하는 것이 과학자들의 생각과 어떻게 다른지 조사하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 절차

학생들이 탐구 문제를 스스로 설정하는 탐구(자유 탐구)의 경우와 형식을 갖추어진 탐구의 과정이 학생들에게 제시되는 탐구(안내된 탐구)의 두 가지 과정

으로 나누어 연구를 수행하였다.

(1) 안내된 탐구의 경우

안내된 탐구의 경우 연구 대상 학생은 서울 소재 중학교 1학년 남녀 혼성 반 3개 반이다. 그들은 입학 당시 배치 고사를 통하여 반별 배정이 이루어졌기 때문에 각 반별 동질 집단이다. 교과서에 제시된 실험 활동들에 나타난 변인을 찾아 진술하게 하는 설문지를 가지고 학생들의 변인 판별을 조사하였다(부록2, 부록3). 학생들에게 설문 조사를 한 시기는 3월 둘째 주로, 이는 과학 수업에서 실험 활동과 관련된 지식을 학습하기 이전이다. "변인"이라는 전문 용어를 명시적으로 사용하지 않고도 설문지에서 무엇을 요구하는지 학생들이 알도록 안내하기 위하여, 설문지의 앞부분에 하나의 예시로서 식물의 성장에 영향을 주는 여러 가지 요인들에 대한 교사와 두 학생의 대화를 제시하였다(부록1).

학생들에게 교과서의 탐구 실험 중에서 명백히 독립 변인이나 종속 변인이 두 개 이상 인 탐구 활동을 제시한 후 학생들이 관련된 변인을 판별하게 하였다. 이러한 예시로써는 "양초가 고체에서 액체로 변화될 때 질량과 부피의 변화는 어떠한가"와 같은 탐구 문제를 들 수 있다 (부록 2). 이 문제에서는 독립 변인은 한 개이지만 종속 변인은 질량과 부피 두 가지이다.

(2) 자유 탐구의 경우

학생들이 스스로 문제를 설정하는 자유 탐구에서는 연구 대상 학생들이 반에서 상위 1/3 이내의 성적을 가진 학생들이다. 학생들에게 탐구 문제를 설정하는 절차가 명시된 안내문을 제시한 후, 학생들이 이 안내를 따라 스스로 문제를 설정하게 하였다. 안내문에 포함된 내용은 다음과 같다.

- 나의 탐구 문제는?
- 탐구 문제에 대한 잠정적인 답을 제시한다면?
- 탐구 문제에서 내가 측정해야 하는 양은?
- 탐구 문제에서 내가 변화시켜야 하는 양은?
- 탐구 문제에서 내가 일정하게 유지시켜야 하는 양은?

그 다음 학생들이 아래와 같이 스스로 실험 설계를 하게 하여 독립 변인과 종속 변인 및 통제 변인을 어떻게 판별하는지 조사하였다.

앞에서 제시한 잠정적인 답이 옳다는 것을 알 수 있도록 어떻게 실험하면 좋을까? 그림을 그리거나 글로 자세히 나타내시오.

### 2. 자료의 분석 준거

연구 결과를 분석하기 위하여 변인에 대한 과학자들의 활동과 학생들의 활동을 비교하는 것이 필요하다. 이를 위하여 과학자들의 변인의 판별 및 통제에 대한 생각의 특징을 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 과학자들은 A를 변화시켜 B가 변하였을 때 A를 B의 변인이라고 단순하게 생각하지 않는다. A 이외의 수많은 변인들이 고정된 값을 가질 때 즉, 변인 통제가 되어있는 상태에서 A가 변할 때 B가 변하면 A를 B의 변인이라고 생각하는 것이다.

둘째, 과학자들은 주어진 탐구 문제와 관련된 많은 독립 변인이 존재함을 인식하지만, 그 중 가장 중요하다고 생각되는 것만을 변화시키고 나머지는 최대한 통제하려고 노력한다. 이것은 과학자들이 다른 변인들을 무시하는 것이 아니라 가능한 범위 내에서 다른 변인들을 최대한 존중하며 고려한다는 의미이다.

이러한 준거를 바탕으로 학생들의 응답을 비교 분석하였다.

## Ⅲ. 연구 결과와 논의

### 1. 안내된 탐구에서 학생들의 변인 판별

Table 1은 온도를 증가시켜 양초의 상태를 변화시킬 때, 질량과 부피가 어떻게 변하는지 알아보는 실험에 대한 학생들의 응답을 나타낸 것이다. 이 실험에서 독립 변인은 물질의 상태 한 가지이고, 종속 변

**Table 1.** Frequency of pupils' response in "wax problem"

| independent variable | dependent variable | frequency |
|---|---|---|
| phase of matter | volume | 25 |
| phase of matter | mass | 16 |
| phase of matter | volume and mass | 13 |
| phase of matter | I don't know | 6 |
| temperature | volume | 4 |
| I don't know | I don't know | 1 |
| Sum | | 65 |

**Table 2.** Frequency of pupils' response in "erosion problem"

| independent variable | dependent variable | frequency |
|---|---|---|
| gradient | erosion | 24 |
| quantity | of water erosion | 20 |
| quantity of water & gradient | erosion | 14 |
| height of water | erosion | 6 |
| I don't know | I don't know | 3 |
| sum | | 67 |

인은 질량과 부피 두 가지이다.

이 탐구 문제에서 학생들은 한 개인 독립 변인을 비교적 잘 판별하고 있다. 그러나 종속 변인은 부피와 질량 두 가지 임에도 불구하고 20%만이 제대로 응답하였고, 나머지는 단지 부피나 질량 둘 중의 하나 만을 언급하거나 제대로 판별하지 못하고 있다.

Table 2는 모래를 담은 판의 기울기와 붓는 물의 양을 달리하면서 모래 면의 침식 정도가 어떻게 달라지는지 알아보는 실험(부록3)에 대한 학생들의 응답이다. 〈부록 2〉의 상태 변화 탐구에서는 독립 변인이 한 개이고 종속 변인이 두 개인 반면, 이 탐구 문제는 관련 독립 변인이 기울기와 물의 양 두 종류이며, 종속변인은 침식의 정도 한 가지인 경우이다.

Table 1에서 두 개의 종속 변인 중 하나만을 언급한 학생이 많은 것처럼, 이 침식 실험에서도 학생들은 30% 정도만이 두 독립 변인을 모두 언급하였고, 나머지는 대체로 둘 중 한 가지만을 독립변인으로 언급하고 있다.

이러한 두 가지 유형의 탐구 문제에 대한 응답 결과들로 미루어 볼 때, 학생들은 탐구 문제가 이미 제시되어 있는 안내된 탐구에서 복수의 변인들이 주어져 있을 경우, 명백히 변인이 두 가지 이상의 경우임에도 불구하고 이들을 모두 제대로 인식하지 못한다는 것을 알 수 있다.

## 2. 자유 탐구에서 학생들의 변인의 판별과 통제

Table 3은 학생들 자신이 스스로 설정한 탐구 문제에서 판별해 낸 독립 변인의 수를 제시한 것이다.

**Table 3.** The number of independent variables identified in the problems posed by the students themselves

| The number of identified variables | Percentage |
|---|---|
| 1 | 13 |
| 2 | 56 |
| 3 | 21 |
| others | 10 |
| Total | 100 |

이미 설정된 탐구 문제가 주어지는 안내된 탐구에서 학생들이 복수의 변인이 있어도 단지 한 개만을 인식하는 경향이 있었던 것과는 달리, 흥미 있거나 관심 있는 탐구 문제를 학생 스스로 설정하게 한 자유 탐구의 경우, 복수의 독립 변인을 판별해낸 비율이 높다는 것을 알 수 있다.

이렇게 자유 탐구 문제에서는 학생들이 복수의 독립 변인들을 판별해 내기 때문에, 이들이 그러한 복수의 변인을 어떻게 취급하는지 자세히 조사할 필요가 있다. 이를 위하여, 학생들의 문제와 관련된 실험 설계를 조사하였다. 다음은 자유 탐구 문제 설정과 실험 설계에 대한 몇 가지 응답 사례이다.

학생 A

1. 나의 탐구 문제는?
   식물은 어떠한 환경에서 잘 자랄까?
2. 탐구 문제에 대한 잠정적인 답을 제시한다면?
   햇빛과 질 좋은 흙과 물은 물론이고 좋은 음악 등등...에서 더 잘 자랄 것이다
3. 탐구 문제에서 내가 측정해야할 양은?
   두 식물을 다른 조건에서 측정한다. 식물의 성장 발육의 속도나 싱싱함 등...
4. 탐구 문제에서 내가 변화시켜야 하는 양은?
   햇빛의 양, 흙(거름)의 종류, 음악의 다른 종류
   ex) 클래식 & popsong
5. 탐구 문제에서 내가 일정하게 유지하여야 되는 양은?
   식물을 계속 각각의 조건에서 놔 두는 것
6. 2번에서 제시한 잠정적인 답이 옳다는 것을 알 수 있도록 어떻게 실험하면 좋을까? 그림을 그리거나 글로 자세히 나타내시오
   한 쪽은 달빛과 popsong을 들려주어 기르고 다른 한 쪽은 햇빛과 클래식을 들려주어 길러서 그 성장을 비교한다

학생A는 "식물의 성장에 영향을 주는 것은 무엇일까?" 라는 문제를 설정하고 햇빛의 유무와, 음악의 종류 등 다양한 독립변인을 언급하였다. 하지만 이러한 독립 변인- 햇빛의 영향과 음악(클래식과 팝송)-의 영향을 알아보기 위하여, 햇빛을 쪼이고 클래식을 들려준 식물과 달빛을 쪼이고 팝송을 들려준 식물의 성장을 비교하였다. 즉 이 학생은, 햇빛의 유무와 음악의 종류라는 독립변인을 설정하였으나, 독립 변인의 효과를 알아보기 위한 실험 설계에서 두 개의 독립 변인을 모두 공변시켰다. 이 사례는 학생들이 두 개 이상의 독립 변인을 판별하고 실험 설계를 하는데 무엇을 어려워하는지 보여준다.

학생 B

1. 무중력 상태엔 어찌하여 사람이 뜰 수 있나? 또 이 상태를 인위적으로 만들 수 있을까?
2. 공기가 끌어당기는 힘이 적어서가 아닐까?
3. 공기가 끌어당기는 힘
4. 공기의 양
5. 나의 무게
6. 우리가 먹는 쥬스를 처음 딸 때 "뻥" 하는 소리가 나는 것은 공기에 차단되어 압축되었다가 갑자기 공기를 만난 것이다. 그러니 이 안이 무중력상태였음을 알 수 있다. 그리고 무중력 상태에선 음식이 오래 갈 수 있음도 알 수 있다.

학생B는 "무중력 상태엔 어찌하여 사람이 뜰 수 있나? 또 이 상태를 인위적으로 만들 수 있을까?" 라는 문제에 대하여 무중력 상태를 공기가 없는 상태로 알고 있어서, 학생의 오개념 때문에 적절치 못한 변인을 판별하지 못하였다. 비록 잘못된 오개념으로 변인이 적절하지는 않았으나, 공기의 양을 독립 변인으로 생각하였고, 이를 변화시켜서 공기가 끌어당기는 힘을 측정한다는 논리적 생각을 보여주는 사례이다.

학생 C

1. 곰팡이가 피는 곳의 온도를 다르게 하면 어떻게 될까?
2. 곰팡이의 색이 변할 것 같다.
3. 곰팡이가 피는 곳의 온도
4. 곰팡이가 피는 장소
5. 곰팡이의 양과 실험하는 시간
6. 음식에 피는 곰팡이를 각기 다른 온도에 둔다.

하나는 냉장고에 넣고 다른 것은 창가에 놓는다.

학생C는 "곰팡이가 피는 곳의 온도를 다르게 하면 어떻게 될까?" 라는 문제에 대하여 독립변인은 곰팡이가 피는 곳의 장소로, 종속변인은 곰팡이가 피는 곳의 온도라고 응답을 하였다. 이는 학생 자신이 무엇을 측정하고 무엇을 변화시켜야 하는지 모르는 상태이다. 즉 독립 변인과 종속 변인을 적절히 판별하지 못하는 사례이다. 학생들은 스스로 문제를 설정할 때 독립 변인과 종속 변인을 혼동하는 경우도 있음을 보여준다.

학생 D

1. 돋보기로 초점을 모아서 까만 종이에 대면 왜 탈까?
2. 까만색 종이는 햇빛을 흡수하기 때문에 돋보기로 작게 초점을 모아서 대면 탄다
3. 종이의 색깔
4. 종이의 색깔
5. 촛점
6. 까만 색의 종이, 하얀 색의 종이 2개를 준비한다. 그 다음 돋보기로 초점을 맞춘다. 몇 분 뒤에 살펴본다. 까만 색 종이는 가운데에 구멍이 뚫렸고 흰색종이는 멀쩡하다. 그러므로 까만 색 종이는 햇빛을 흡수한다.

학생D는 "돋보기로 초점을 모아서 까만 종이에 대면 왜 탈까?"라는 문제에 대하여 종속 변인과 독립 변인을 모두 종이의 색깔이라고 응답을 하였다. 이는 학생C와 같이 자신이 무엇을 측정하고 무엇을 변화시켜야하는지 모르는 경우로 종속 변인과 독립 변인을 적절히 판별하지 못하는 경우이다. 이는 안내된 탐구의 경우 학생들이 학습하지 않은 탐구 문제에 대하여 변인을 적절히 판별하지 못한 것과 유사하다.

이와 같이 학생들의 실험 설계에서 드러난 변인 판별과 통제에 대한 학생들의 생각은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 문제에 관련된 두 개 이상의 독립변인들을 판별하였지만 이를 모두 변화시키는 공변화를 시키고도 그것이 적절한 변인 통제라고 생각하는 것이었다 (학생 A).

둘째, 변인 판별에서 선개념 때문에 적절한 변인을 판별하지 못한 경우이다 (학생 B).

셋째, 종속 변인이나 독립변인을 뒤바꾸어 생각하거나(학생 C), 종속 변인과 독립변인을 혼동하는 경우이다 (학생 D).

이러한 결과들을 바탕으로 안내된 탐구와 자유 탐구에서 학생들의 변인 판별 및 통제에 대한 이해를 과학자의 생각과 비교하여 논의하면 크게 두 수준으로 나눌 수 있다.

제 1수준은 학생들의 관련지식이 부족하여 변인들을 무시하는 경우이다. 이는 과학자들이 소수의 변인을 판별하는 것과 겉보기에 유사하지만, 학생들은 문제와 관련된 지식의 부족 때문에 소수의 변인들을 선정하는데 비하여, 과학자들은 다른 변인들을 고려하지만 가장 주요한 변인을 선정한다는 것이 다르다. 즉 과학자들은 다른 변인들을 충분히 고려하고도 이를 무시하지만, 학생들은 지식의 부족에 의한 무시이다.

제 2수준은 스스로 문제를 설정하고 관련 변인을 선정하는 경우에 학생들은 2-3 가지 변인만을 설정한다. 이러한 사실도 과학자들이 소수 변인만을 설정하는 경우와 유사하다. 그러나 과학자들은 종속 변인 하나만을 제외한 다른 변인을 가능한 한 통제하려고 노력하는데 비하여, 학생들은 변인들의 통제에 대한 고려가 없거나 복수의 변인들을 공변시키는 점이 다르다.

## IV. 결론 및 시사점

변인 판별과 통제에 대한 학생들의 생각을 과학자들과 비교하면, 과학자들은 수많은 독립 변인이 존재함을 인식하고 가장 중요한 변인을 제외한 관련 변인들을 모두 고려한다. 이러한 고려는 무시할만한 변인들에 대한 변인 통제를 통해서 이루어진다. 그러나

본 연구 결과에 따르면, 학생들은 방법 및 절차가 충분히 안내된 교과서 실험을 제시하여도 실험과 관련된 중요 변인을 무시하고 한 가지 변인만을 인식하는 경향이 있다. 또한, 2-3개의 변인을 판별하였다고 하더라도 변인 통제에 대한 구체적인 언급이 없거나 변인을 공변화 시킴으로써 판별한 독립 변인에 대한 변인 통제를 적절히 하지 못하는 특징을 보인다. 따라서 학교 수업에서는 학생들이 변인에 대한 인식을 할 수 있는 환경을 제공하는 것은 물론, 문제에 관련된 다양한 변인을 추출하고 무관련 변인을 파악함은 물론 변인 통제를 통하여 이를 충분히 고려하도록 하는 학습지도가 필요하다. 또한 여러 가지 변인을 추출하고, 실험 설계에서 변인들을 공변화하지 않도록, 변인 통제에 대한 훈련을 강화할 필요가 있다. 이러한 활동은 과학자들의 이상화 과정을 적절하게 반영한 활동이 될 것이다.

## 적 요

본 연구의 목적은 문제를 스스로 진술하고 방법 및 해를 스스로 찾는 자유 탐구와 문제와 방법이 모두 주어진 안내된 탐구의 경우, 학생들의 변인 판별 및 통제에 대한 생각을 과학자와 비교하기 위한 것이다. 연구 대상은 서울 소재 중학교 1학년이다. 자유 탐구의 경우 3개 반에서 과학 성적이 상위 1/3 이내에 드는 학생들을 연구 대상으로, 연구자가 개발한 설문지를 이용하여 변인 판별과 실험 설계를 통한 변인 통제를 조사하였다. 안내된 탐구에서는 반 전체를 그 대상으로 하였다. 안내된 탐구의 경우 3반 모든 학생을 대상으로 하여, 대상 학생들에게 교과서 실험 제목과 과정을 제시하고 변인을 판별하도록 하였다. 안내된 탐구의 경우, 제시된 실험에서 제시된 문제의 변인이 두 개 임에도 불구하고, 문제와 관련된 변인을 하나 이상 판별한 학생들이 매우 적었다. 자유 탐구의 경우, 판별한 변인의 수는 2-3개로 증가하였으나 실험 설계를 통하여 학생들의 변인 통제를 조사한 결과, 독립 변인과 종속변인을 혼동하거나, 오개념으로 적절하게 판별하지 못하며, 공변화시키는 모습을 보였다. 이러한 결과로부터 학생들의 변인 판별 및 통제에 대한 2가지 수준을 판별하고, 이를 과학자들의 생각과 비교하였다.

## 참 고 문 헌

김재우, 오원근, 박승재 (1998). 중학교 1학년 학생들의 자유 탐구 보고서에서 나타난 변인의 유형. 한국과학교육학회지, 18(3), 297-301

박승재, 조희형 (1995). 과학학습지도. 서울: 교육과학사

박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998a). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상 조건에 대한 고등학생과 과학 교사의 이해 조사 I -이상화의 의미와 특성을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 18(2), 202-209

박종원, 정병훈, 권성기, 송진웅 (1998b). 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함된 이상 조건에 대한 고등학생과 과학 교사의 이해 조사 II -이상화가 물리 학습에 주는 시사점을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 18(2), 234-245

Driver, R. (1983). Theories in action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.

Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. *School Science Review*, 67(240), 443-456.

Galilei, G. (1638). The dialogues on two new science, 정연태(역). 두 과학의 대화, 서울: 박영사

Garrison, J. W. (1986). Husserl, Galileo, and the process of idealization. *Synthese*, 66, 329-338.

Lythcott, J., & Duschl, R. (1990). Qualittive research: From method to conclusions. *Science Education*, 74(4), 445-460.

McMullin, E. (1985). Galilean idealization,

*Studies in History and Philosophy of Science*, 16(3), 247-273.

Nowak, L. (1980). *The structure of idealization*. Dordrecht: Reidel

Ross, J. A. (1988). Controlling variables: a meta-analysis of training strategies, *Review of Educational Research*, 58(4), 405-437

Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9-21.

## <부록 1>

### 설문지 표지

선생님: 비료는 식물이 자라는데 어떠한 영향을 미칠까? 이것을 알아보는 방법을 이야기해 보자.

영 희: 비료를 주는 식물과 주지 않는 식물을 비교해 보아야죠.

철 수: 아무렇게나 비교하면 안될거예요. 같은 조건이라야겠죠.

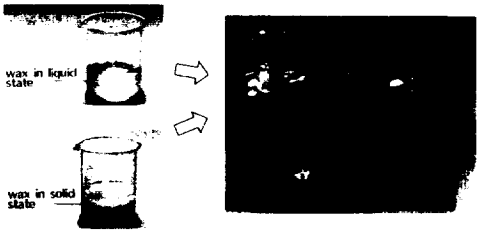
선생님: 옳지, 좋은 생각들이다. 같은 크기의 같은 식물을 같은 종류의 흙에 심어야겠지. 햇빛과 물도 똑같이 주어야 하고... 실험을 하는데는 이러한 조건 통일이 꼭 필요하단다. 그렇지 않으면 비교가 안되지 않겠니?

위 내용은 (비료의 양)을(를) 바꾸어주었을 때, 이로 인해 (식물의 성장)이(가) 바뀌는 것을 알아보려는 실험이다.

## <부록 2>

### 탐구 활동 3 상태가 변할 때 부피와 질량은 어떻게 될까?

[준비물] 가열장치, 윗접시 저울, 비커, 양초, 유성펜




〈실험〉

① 양초를 잘게 깍아 비키에 1/3쯤 넣고 가열하여 녹이자. 녹은 액체의 표면의 위치를 유성펜으로 표시하자.

② 양초가 액체 상태로 되었을 때 질량을 재자.

③ 양초가 식어 고체로 되었을 때 표면의 위치를 비키에 유성펜으로 표시하자.

④ 양초가 식어 고체가 되었을 때의 질량을 재자.

〈결과/토의〉

① 양초가 액체 상태에서 고체 상태로 되었을 때 부피는 어떻게 되었으며, 또 질량은 어떻게 되었는가?

② 한 종류의 물질이 상태가 변할 때 부피와 질량은 어떻게 되는지 새끼 오리 모형으로 설명하여 보자.

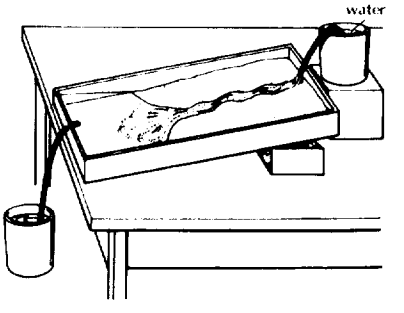
이 실험에서는 (.....) 을(를) 바꾸어주었을 때, 이로 인해 (.....) 이(가) 바뀌는 것을 알아보려는 실험이다.

## <부록 3>

### 탐구 활동 10. 흐르는 물은 지표를 어떻게 변화시킬까?

[준비물] 유수대, 고무관, 물통, 흙, 나무토막

〈실험〉




① 그림과 같이 유수대를 조금 기울여 놓고 여기에 흙을 담자.

② 유수대의 높은 쪽 흙 표면에 고무관으로 물을 흘려 보내자

③ 흐르는 물이 흙 표면을 어떻게 침식시키는지 관찰하자

④ 유수대의 기울기를 달리하고 V자곡, 곡류 등을 만들어 위와 같은 실험을 반복하자.

⑤ 흐르는 물의 양을 달리하여 위와 같은 실험을 반복하자

〈결과/토의〉

① 흐르는 물은 흙 표면을 어떻게 변화시켰는가?

② 유수대의 기울기가 커지면 침식의 정도는 어떻게 달라지는가?

③ 흐르는 물의 양이 많으면 침식은 어떻게 진행되는가?

④ 자연에서는 어떤 곳에서 지표의 기울기가 크며, 어떠한 경우에 흐르는 물의 양이 많아질까?

⑤ 자연에서는 흐르는 물이 어떻게 지표를 변화시킬 수 있는지 서로 이야기해 보자.

이 실험에서는 (.....) 을(를) 바꾸어주었을 때, 이로 인해 (.....) 이(가) 바뀌는 것을 알아보려는 실험이다.