

중학생의 교과서 실험 수행에서 나타난 문제점: 실험 목표와 관련 변인 인식 및 인식한 목표와 도출된 결론의 관련성

김재우·오원근
(서울대학교)

The Problems Which Appeared in 13 Year Old Pupils'
Performing Experiment of Textbook: Pupils' Suggested
Aims, Their Identifying Relevant Variables, and the Relations
between the Suggested Aims and the Drawn Conclusions

Jaewoo Kim · Won Kun Oh
(Seoul National University)

ABSTRACT

To investigate 13 year old pupils' suggested aims, recognition of relevant variable, and the relationship between the suggested aim and the conclusion which is drawn by pupils, we classified experiments in textbook into three cases: (1) Case involving dependent variable and independent variable in the title of experiment, (2) Case involving dependent variable only, where pupils can know independent variable from the content of textbook, (3) Case involving dependent variable only, where pupils hardly can know independent variable from the content of textbook.

In respect of the aims which pupils suggested, the suggested aims were reduced to the title of experiment in case(1). However, the suggested aims were divided into several forms which is not relevant to the content of experiment in case (2), (3). This shows that pupils are affected by the title of experiment according to how the variable is involved in the title of experiment. This is supported by the fact that when the variable is described in the title, the suggested aim is reduced to the title of experiment.

On the other hand, there was a relationship between the suggested aim and the drawn conclusion in case (1). But there was few relationships in case (2) and (3). Surprisingly, the drawn conclusion in case(1) was not consistent with the expected one because of the inappropriate experimental setting. We need to be more careful in experimental setting, pupils' cognitive ability, and openness of experiment to help pupils perform experiment successfully.

Key words : aim of experiment, identification of variables, interpretation of data.

* 1997년 10월 14일 받음

I. 서론

학교 현장에서 실험 활동은 과학 과목을 다른 과목과 구분 짓는 독특한 요소이다. 그럼에도 불구하고 학교 현장에서 실험 활동을 통한 과학 학습이 잘 이루어지지 않고 있다(박승재, 1997). 과밀 학습, 입시제도 등이 주요 원인이겠지만 학교 현장에서 교사가 느끼는 실험 활동의 문제점 중의 하나는 실험이 '잘 되지 않는다'는 것이다(Van Praagh, 1983). 즉, 학생들이 교사나 교과서가 의도하는 결과를 내지 못하므로 교사는 실험을 시범으로 대치하건 결론만을 주입하는 교수 학습이 이루어지게 된다(Nott & Smith, 1995; Nott & Wellington, 1996). 이와 관련하여 학생들이 실험의 목표를 잘 알지 못하기 때문에 실험이 잘 이루어지지 않는다는 증거가 있다. Taker(1981)는 11세에서 14세 사이의 학생들이 실험 시간이 다른 과학 학습 시간과 관련없다고 생각하며, 실험의 목표를 잘 진술하지 못함을 발견하였다. 또 Moreira(1980)는 실험 활동에서 자기가 하는 행동의 의미를 이해하는 대학생들이 거의 없음을 발견하였다.

또한 학생들이 실험에 관련된 변인이 무엇인지 파악하지 못하기 때문에 실험이 잘 이루어지지 않음을 시사하는 연구들이 있다. Baird(1984)는 9학년 학생을 대상으로 진자의 주기에 영향을 주는 요인(factor)을 판별하도록 하였다. 학생들을 면담한 결과, 학생들은 자기가 무엇을 하는지 잘 이해하지 못할 뿐만 아니라 주기라는 단어의 뜻을 모르기 때문에 과업을 수행하는데 어려움을 겪는다는 것을 알아냈다(White, 1988). Linn(1980)은 18~19세의 학생들에게 실험실 과업을 부여하고 그 과업에 관련있는 변인을 판별하도록 하였다. 그 결과 그녀는 변인을 말할 수 있는 학생들이 그렇지 못한 학생들보다 변인을 잘 통제한다는 것을 알아내었다.

실험 활동에 일련의 잘 정의된 방법이나 과정이 있는 것은 아니다. 하지만 실험 활동에는 과학교육자들이 동의하는 공통된 활동들이 존재한다. 목표 혹은 문제의 인식에서 출발하는 일련의 탐구활동이 바로 그것이다. 그런데 학교 현장에서 이 활동들은 위계를 가지고 순서적으로 행해지는 경우가 대부분이다. 특히 중학생들을 대상으로 하는 실험의 경우 문제를 학생들이 만들어내는 것이 아니라 교과서나 실험 활동지 혹은 교사에 의하여 주어지는 경우가 대부분이므로 실험 목표의 인식이 중요성을 가진다. 따라서 실험 활동의 첫 단계인 목표 인식에 따라 그 후 실험 활동이 달라질 가능성이 있으며, 각 계열 활동들을 적절히 수행하지 못한다면 학생들은

적절한 결론을 얻지 못할 것이다. 그러므로 학교 현장의 실험 활동에 대하여 학생들이 인식한 목표와 그에 따른 실험 활동이 어떻게 달라지는지 알아보고, 또 적절한 결론을 내리는데 방해가 되는 요인을 알아볼 필요가 있다.

연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 학생들은 실험 활동에서 인식한 실험의 목표는 교과서와 어떠한 차이가 있는가?

둘째, 학생들이 실험활동에서 선택한 변인은 교과서와 어떠한 차이가 있는가?

셋째, 학생들이 인식한 실험 목표와 결론 사이에는 어느 정도 연관성이 있는가?

II. 연구 방법

연구 대상은 서울 소재 중학교 1학년 남녀 혼성반 3개 학급(각각 35, 37, 38명)이며, 각 학습의 실험조는 8개 조이고, 각조는 4~5명의 학생이 혼성으로 편성되었다. 조의 편성은 학생들의 능력이나 시험 성적과는 무관하도록 무작위적으로 편성하였다. 학생들은 교과서에서 제시하는 탐구 활동의 순서에 따라서 실험을 실시하고 보고서를 작성하였다.

학생들이 작성한 보고서의 문항을 정리하면 Table 1과 같다.

학생들은 교과서에 제시된 실험 내용을 충분히 읽고 실험 도중 혹은 완료한 다음 보고서의 문항에 답을 하였다. 도 조별로 실험의 결과는 협의할 수 있었으나, 보고서의 응답 내용에 대해서는 개인간에 서로 묻거나 답할 수 없도록 하였다.

연구 대상 실험은 7출판사의 '중학교 과학1' 교과서에서 선택하였으며, 실험을 선택한 기준은 실험 제목에 변인이 명시적으로 기술된 정도이다. 이에 따라 실험을 (1) 독립 변인과 종속 변인이 모두 기술된 경우, (2) 종속 변인만 기술되었으나 교과서의 실험 내용에서 독립 변인이 노출되는 경우, (3) 종속 변인만 기술되었으나 교과서의 실험 내용에서 독립 변인이 드러나지 않는 경우로 분류하고 이에 적합한 실험을 선정하였다. 선정된 실험의 제목은 Table 2와 같다.

교과서에서는 실험들의 제목을 모두 의문형으로 제시한 다음 준비물을 설명하고 실험순서를 2~4문장으로 제시하고 있다. 그 뒤에는 실험의 순서를 요약하는 사진이나 삽화가 제시되었고, 다음에는 학생들이 더 탐구해야 할 과제나 결론을 이끌어내는데 도움을 주는 질문이 제시되어 있다.

Table 1 Content of questionnaire

1. What is the aim of this experiment?
2. Describe what you did in your own words.
3. Fill in the blanks in the following sentence: In this experiment we want to know if (...) is changed as (...) varies.
4. What results do you get from your experiment?
5. What can you conclude from your results?

Table 2 The title of experiments

Experiment	Title
1	How do the volume and mass change when the state of matter changes?
2	In which cases the crystal grows larger?
3	Why does the color of algae differ?

각 실험별로 교사용 지도서에서 요구하는 목표와 변인 및 결론을 정리하면 Table 3과 같다.

각 실험의 특징을 정리하면, 실험 1에서는 교과서 제목에 종속변인과 독립변인이 모두 명시적으로 기술되었으나 질량과 부피 두 양을 측정할 때 정밀도에 차이가 있어서 실험 설계가 적절하지 않게 되어 있다는 것이고 실험 2에서는 교과서 제목에 종속 변인만 기술되었으나 실험 내용에서 독립 변인을 실험 내용에서 알 수 있으나 결과로부터 직접 목표와 부합하는 결론을 내리기 위해서는 비유의 인식이 필요하다는 것이며, 실험

3에서는 교과서 제목에 종속 변인이 기술되었으나 실험 내용에서 독립 변인을 알 수 없고 교사용 지도서와 교과서 사이에 목표상 불일치가 존재한다는 것이다.

Ⅲ. 연구 결과와 논의

1. 연구 결과

각 실험별로 학생들이 인식한 목표, 선택한 변인, 인식한 목표와 도출된 결론의 관련에 대하여 아래에 기술하였다.

1) 실험 1

실험 1에 대해서 학생들이 인식한 목표를 Table 4에 제시하였다.

실험 1에서 실험의 목표가 대부분 하나로 집중되었다. 즉, 교과서의 의도를 중학교 1학년이 잘 인식하였다. 이것은 제목 속에 종속변인과 독립 변인이 명시적으로 기술되어 있기 때문으로 생각할 수 있다.

학생들이 선택한 변인을 Table 5에 나타내었다.

대부분의 학생이 상태를 독립 변인으로, 부피 혹은 질량 중의 하나를 종속 변인으로 선택하여 목표에 부합하는 변인을 잘 선택하였다. 하지만 4명의 학생이 상태보다는 온도를 독립 변인으로 언급하였고, 부피와 질량 두 변인이 목표에 진술되었음에도 불구하고 부피 혹은 질량 중 1개만을 종속변인으로 지적하였을 뿐 질량과 부피를 모두 변인으로 지적한 학생은 3명에 불과하였다. 따라서 학생들은 두 변인 중 한 변인에만 집중하는

Table 3 The aim, variables, and conclusions of each experiment in teachers' book

EXP.1	Aim : to know how the volume and mass change when the state of matter changes Variables : state of matter, mass, volume. Conclusion : When the state of matter changes the volume changes, but the mass is constant
EXP.2	Aim : to know if the grain size of stearic acid becomes smaller as the cooling rate of stearic acid becomes higher. Variables : cooling rate, size of grain Conclusion : the grain size of stearic acid becomes smaller as the cooling rate of stearic acid becomes higher.
EXP.3	Aim ; to know that different colored algae have the same colored chlorophyll. Variables : kind of algae, color extracted by ethanol. Conclusion : different colored algae have the same colored chlorophyll.

Table 4 The aims suggested by the students for experiment 1

Aims	Number of students
A11 To know the change of mass and volume of matter when its state changes	33
A12 To know the relation between mass and volume	1
A13 To know the change of weight according as the state of matter changes	1

Table 5 The variables suggested by student for experiment 1(N=35)

Independent variable	Dependent variable	Number of students
State of matter	Volume	15
State of matter	Mass	6
State of matter	None given	6
Temperature	Volume	4
State of matter	Mass, Volume	3
I don't know	I don't know	1

것으로 생각된다.

학생들이 실험 1에 대하여 얻은 결론을 목표와 관련지어 살펴보면 Table 6과 같다.

학생들 대부분이 인식한 목표 A11에 변인이 명확하게 진술되어 있으므로 모든 결론은 목표와 잘 부합된다고 볼 수 있다. 하지만 13명의 학생들이 교과서에서 요구되는 결과 C12를 낸 반면 다른 22명의 학생들은 그렇지 못하였다. 실험 1에 대해서는 학생들이 실험의 목표도 잘 인식하고 관련되는 변인도 잘 인식하였는데 잘못된 결과를 내었다. 이에 대한 원인으로서는 교과서의 잘못된 실험 설계를 들 수 있다. 왜냐하면 질량은 변하지 않을 것을 기대하면서 매우 민감한 양팔 저울을 이용하여 질량을 측정했다는 것이고, 부피는 변할 것을 기대하면서 투박한 두께의 유성 펜을 이용하여 양초의 높이

를 비커에 금을 그어서 상태의 차이에 따른 부피 차이를 비교하게 함으로써 엉성하게 측정하도록 한 것이다. 양팔 저울이 민감하여 상태 변화 전과 조금이라도 차이가 날 수 있는데 이것을 학생들은 질량이 차이가 난다고 생각하고, 부피를 측정할 때는 유성 펜으로 비커 표면에 양초의 높이를 표시하여 그 차이를 판별하도록 하였기 때문에 부피는 변하지 않는다고 결론을 내렸기 때문이다. 이러한 영향을 받아 15명의 학생이 교과서가 요구하는 결과와 정반대의 결과(C11)를 내었다고 해석할 수 있다.

2) 실험 2

실험 2에 대하여 학생들이 인식한 목표를 Table 7에 제시하였다.

학생들은 실험 1과 달리 다양한 목표를 진술하였다. 실험 2에 대하여 학생들이 인식한 실험의 목표로 학생들을 구분하면 A27과 같이 실험의 목표를 알 수 없다고 진술한 학생이 15명이었고, A21과 같이 '마그마'라는 단어가 교과서 실험 내용에는 나타나지 않는데도 불구하고 이를 실험과 관련 지은 학생들은 대별할 수 있다. 이들은 이미 실험의 결과를 알고 있는 것으로 생각할 수 있다. 즉 후자의 학생들은 실험 2에서 스테아르산을 마그마 대신 이용한다는 것을 이미 알고 있는 반면 전자의 학생들은 그렇지 못하다고 생각할 수 있다.

Table 8에 학생들이 실험 2에 대하여 판별한 변인을 제시하였다.

Table 6 The results obtained by students in experiment 1

Conclusions	Aim			Total
	A11	A12	A13	
C11 Mass changed, volume constant	13	1	1	15
C12 Mass constant, volume changed	13			13
C13 Mass and volume constant	6			6
C14 Mass and volume changed together	1			1
Total	33	1	1	35

Table 7 The aims suggested by the students for experiment 2

Aims	Number of students
A21 To know the relation between the grain size of rocks and the cooling rate of magma	12
A22 To know the shape and size of stearic acid crystal	4
A23 To know the creation process of igneous rock	2
A24 To know where the stearic acid cools faster	2
A25 To know the relation between the size of grain and the place where rocks solidify	1
A26 To know the properties and the characteristics of rocks	1
A27 I don't know	15
Total	37

Table 8 The variable suggested by student for experiment 2(N=37)

Dependent variable	Independent variable	Total
Cooling rate	Size of grain	26
Temperature	Size of grain	8
I don't know	I don't know	3

학생들이 선택한 독립변인은 크게 둘로 나누어졌다. 하나는 온도이고 다른 하나는 시간에 따른 온도 변화(냉각 속도)였다. 8명의 학생이 온도와 온도변화를 잘 구분하지 못하였다.

냉각 속도를 목표에서 언급한 학생이 목표 단계에서는 12명이었는데 독립변인으로 냉각 속도를 판별한 학생이 26명 정도로 늘었다는 것과 목표 진술 단계에서 '알갱이의 크기'를 언급한 학생이 17명 학생이 변인 판별에서는 34명의 학생으로 갑자기 늘어났다는 것은 학생들이 실험 내용을 읽고 직접 그것을 해보면서 독립변인을 찾아낼 수 있었거나 혹은 과거에 학습한 내용을 상기한 것으로 해석된다.

Table 9 The results obtained by students in experiment 2(N=37)

Conclusion	Aims							Total
	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	
C21 The grain becomes larger as the cooling rate becomes lower	11	3	1	1	1	0	10	27
C22 The grain becomes larger as the temperature becomes higher	2	1	2	0	0	1	2	8
C23 I don't know	1	0	0	0	0	0	1	2

학생들이 실험 2에 내린 결론을 목표와 대비시켜 Table 9에 제시하였다.

학생들의 결론은 크게 두 가지 즉, C21(냉각속도가 느릴수록 알갱이가 크다)과 C22(온도가 높을수록 알갱이가 크다)로 수렴되었다. 냉각 속도와 온도를 구별하지 않는다면 대부분의 학생들이 적절한 결론을 내렸다고 보인다. 하지만 학생들의 목표 진술(예를 들어, A21)에서 등장했던 '암석', '화성암', '마그마' 등의 내용들은 사라지고 실험 자체의 결론만을 내리고 있음을 알 수 있다. 이것은 실험 2에서 학생들이 인식한 목표에서 '화성암', '마그마' 등의 상황이 제거되고 원래 인식한 목표를 실험의 결과와 관련짓지 못하여 인식한 목표와는 관련 없는 결론을 내린 것으로 해석할 수 있다. 또한 A27처럼 이 실험의 목표를 잘 모르겠다고 응답한 학생 13명 중 10명이 C21을 결론으로 응답하였는데, 이는 학생들이 실험 내용에서 독립 변인을 파악할 수 있었기 때문으로 해석할 수 있다.

3) 실험 3

실험 3을 실시한 후 학생들의 보고서를 분석하여 학생들이 인식한 목표를 Table 10과 같이 추출할 수 있

Table 10 The aims suggested by the students for experiment 3

Aim	Number of students
A31 To know the color of algae in different solution	11
A32 To know why the color of algae differs	11
A33 To categorize algae from their apparent colors	5
A34 To know he relation between the color of algae and its pigment	8
A35 To know the genuine color of algae	3
Total	38

Table 11 The variables suggested by students for experiment 3 (N=38)

Independent variable	Dependent variable	Number of students
Solvent used	Color from algae in ethanol	11
Solvent used	Color of algae	7
Temperature	Color of algae	4
Temperature	Color from algae in ethanol	2
Color of algae	Don't know	3
Don't know	Color of algae	1
Solvent used	Don't know	1
Color of algae	Solvent used	1
Don't know	Don't know	8

었다.

실험 3에 대하여 학생들은 실험 1과 2에 비하여 훨씬 다양한 목표를 선택하였다. 이는 실험 제목에 독립 변인이 없다는 것과 실험 내용에서 해조류들을 두 용매(에탄올과 물)에 넣고서 색깔 변화를 알아보도록 함으로써 용매를 독립 변인으로 착각하게 만든 것이 주요한 원인으로 추측할 수 있다. 즉 실험의 내용에서 알 수 있는 목표와 실험의 제목에서 알 수 있는 목표가 달라서 학생들이 선택한 목표가 여러 가지로 분산되었다고 볼 수 있다.

이러한 사실은 실험 3에 대해 학생들이 파악한 독립 변인, 종속 변인을 보면 확실히 드러난다(Table 11).

먼저 학생들이 인식한 변인들을 살펴보면, 이 실험에서 변인이 무엇인지 모르겠다고 응답한 학생은 8명이고, 독립변인이나 종속변인 중 하나를 표현하지 않은 경우는 5명으로, 13명의 학생들이 변인이 무엇인지 적절히 파악하지 못하였음을 알 수 있다. 한편, 6명의 학생은 온도를 독립 변인으로 잘못 판별하였다. 이는 교과서에서 실험의 편의상 색깔이 빨리 우러나오도록 하기 위하여 더운물을 사용하도록 요구한 것이 학생들에게는 변인으로 인식되었음을 보여주는 것이다. 이 사례는 교과서의 기술이 학생의 관심을 부적절한 쪽으로 유도한

것이라고 볼 수 있다. 용매의 종류를 독립 변인으로 선택한 18명의 학생은 교과서의 실험 과정에 일치하는 변인을 판별한 것으로 볼 수 있다. 결국 38명 중 20명은 변인을 적절히 파악하지 못한 것이다. 즉 교과서의 실험 제목에 독립 변인이 제시되지 않고, 또한 실험 내용은 독립 변인을 쉽게 파악할 수 있도록 제시되어 있지 않아서 학생들이 인식한 변인들이 분산되어 나타났다. 이는 학생들이 내린 결론을 보아도 마찬가지이다(Table 12).

2. 논 의

실험 유형별로 각각에 대하여 학생들이 인식한 목표, 변인 및 목표와 결론의 관련성을 요약하여 제시하면 Table 13과 같다.

실험 1에서는 학생들의 목표 인식이 한 가지로 수렴되었다. 또 학생들은 관련 있는 변인을 선택을 하였다. 이것은 실험 제목에 종속변인 및 독립 변인이 명시적으로 기술되었기 때문으로 보인다.

실험 2에 대해서는 목표가 크게 두 가지 정도로 수렴되었다. 이는 실험제목에 종속변인만 명시적으로 기술되었으나 교과서의 실험 내용에서 독립 변인을 쉽게 찾

Table 12 Conclusions drawn by students for experiment 3(N=38)

Conclusions	Aims					Total
	A31	A32	A33	A34	A35	
C31 The color of green seaweed does not change irrespective of solution	5			1	1	7
C32 Algae is classified according to their colors	1	2	4	1	1	9
C33 The color of algae differ according to their solution	3	2		2	1	8
C34 The color of algae differ according to their temperatures of solution	1	3				4
C35 We know the difference in the color of algae	1		1	2		4
C36 Algae have the same pigment irrespective of their kinds		4		1		5
C37 We know that the algae photosynthesize				1		1
Total	11	11	5	8	3	38

Table 13 Students' suggested aims, their identifying relevant variables, and the relations between the suggested aims and the drawn conclusions for each experiment

	Experiment		
	1*	2**	3***
Aims recognized	Converging to one kind	Converging to two kind	Diverging
Identification of variables	Converging	Converging	Diverging
Relation between aims and conclusion	Not consistent	Not consistent	Not consistent

* Case involving dependent variable and independent variable in the title of experiment.

** Case involving dependent variable only, where pupils can know independent variable from the content of textbook.

*** Case involving dependent variable only, where pupils hardly can know independent variable from the content of textbook.

을 수 있도록 되었기 때문이다. 학생들은 인식한 목표와 관련이 있는 변인을 선택하였으나 실험 결과로부터 적절한 결론을 얻지 못하였는데 그 이유는 스테아르산을 마그마로 비유적으로 생각하여야 하지만, 도출된 결론에서 그러한 상황들이 삭제되어 목표와 결론 사이에는 적절한 관련이 있다고 보기는 어려웠기 때문으로 보인다.

실험 3에 대해서 학생들은 다양한 목표를 인식하였을 뿐만 아니라 변인 선택과 결론 모두 분산되는 양상을 보였다. 이는 실험 제목에 독립 변인이 명시적으로 기술되지 않았을 뿐만 아니라 교과서의 실험 내용에서 독립 변인을 찾아내기 힘들었기 때문으로 보인다.

실험 1보다는 실험 2가, 실험 2보다는 실험 3이 제목에서 변인에 대한 내용이 개방적이라고 볼 수 있다. 실험 2나 3은 실험 1보다 교과서와 학생간의 의사 소통이 더 어려워짐을 보여준다. 따라서 실험의 개방성 정도가 중학교 1학년 실험 실험 활동에서는 적절히 고려될 필요가 있다. 실험 1이 실험 2나 실험 3보다 제목에 변인이 명확히 기술되어 있었고 학생들도 변인 판별이 용이하였음에도 불구하고 학생들은 확인 실험에 실패하였는데, 그 중요한 이유가 정확도가 크게 차이가 나도록 실험이 설계되었다는 것이었다. 즉 학생들에게 요구되는 활동을 적절히 수행하도록 하기 위해서는 실험 활동의 개방성과 학생의 인지 수준을 적절히 고려하여야 하고

변인들이 명확하게 기술될 필요가 있으며 실험의 설계는 정확도가 적절히 고려되도록 하여야 한다.

IV. 결 론

교과서의 실험 제목에 변인이 명확하게 기술된 정도에 따라 세 가지 실험을 선택하여 실험을 실시하였다. 각각의 실험에 대해 학생들이 진술한 보고서의 응답을 분석하여 학생들이 어떠한 목표를 인식하며, 어떠한 변인을 선택하는지, 또 인식한 목표와 결론은 어떤 관련성이 있는지 살펴보았다.

본 연구의 결론을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 실험 제목에 변인이 명확하게 기술되어 있을수록 학생들은 교과서에서 요구하는 목표를 잘 인식한다. 따라서 실험 제목에 변인이 명시적으로 기술되면 교과서와 학생들 간의 의사 소통이 더 잘 이루어질 수 있다.

둘째, 학생들의 목표 인식이 적절하여도 실험 설계가 잘못되면 학생들은 적절한 결론을 도출하지 못한다. 따라서 교과서에 제시되는 실험은 더욱 신중하고 치밀한 실험 설계가 요구된다.

셋째, 실험이 개발될수록 학생들의 목표 인식이나 변인 인식에 분산이 일어난다. 따라서 학생들이 성공적인 실험을 하도록 하기 위해서는 학생들의 인지 수준과 실험의 개방성 모두가 적절히 고려되어야 한다.

적 요

교과서의 실험을 제목에 변인이 명시적으로 기술된 정도에 따라 (1) 독립 변인과 종속변인이 모두 기술된 경우, (2) 종속 변인만 기술되었으나 실험의 내용에서 독립 변인을 알 수 있는 경우, (3) 종속 변인만 기술되었으나 실험의 내용에서 독립 변인을 알 수 없는 경우로 분류하여 중학교 1학년의 실험 목표와 관련 변인 인식 및 인식한 목표와 도출된 결론의 관련성을 알아보았다. 학생들이 진술한 목표를 살펴보면 (1)은 학생들이 진술한 목표가 교과서에서 의도한 내용으로 수렴된 반면 (2), (3)의 경우는 교과서의 의도와 별 관련 없는 여러 가지 유형으로 분산되었다. 이는 학생들의 목표 인식이 실험 제목에 변인이 얼마나 명시적으로 기술되어 있는가에 따라 정도에 영향을 받는다고 해석할 수 있다.

이러한 사실은 실험 제목에 변인이 명확하게 기술될수록 학생들이 판별한 변인도 교과서에서 의도한 것으로 수렴된다는 것을 확인할 수 있다. 한편, 학생들이 내린 결론은 (1)의 경우 관련성이 보였으나, (2), (3)의 경우 진술한 목표와 결론의 관련성은 적었다. 그러나 (1)의 경우에도 학생들이 진술한 결론은 교과서의 의도와 일치하지 않았다. 이는 교과서의 실험 설계가 적절하지 않았기 때문이다. 성공적으로 실험을 수행하도록 하기 위해서는 실험의 개방성 정도와 학생의 인지 능력을 동시에 고려하여야 하고 실험의 설계에 주의를 기울일 필요가 있다.

참 고 문 헌

박승재(1997). 정보화 시대에 기로에선 과학 실험 교육, 실험교육 국제 심포지엄

Linn, M. C.(1980). When do adolescents reason?, *European Journal of Science Education*, 2, pp. 429-40.

Moreira, M. A.(1980). A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses, *European Journal of Science Education*, 2, pp. 441-8.

Nott, M. & Wellington, J.(1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science, *International Journal of Science Education*, 18, pp. 807-18.

Nott, M. & Smith, R.(1995) 'Talking your way out of it', 'rigging', and 'conjuring' : what science teachers do when practicals go wrong, *International Journal of Science Education*, 17, pp. 399-410.

Tasker, R.(1981). Children's views and classroom experiences, *Australian Science Teachers Journal*, 27, pp. 33-7.

Van Praagh, G.(1983). Experiments in School Science, *School Science Review*, 64(229), pp.635-640.

White, R. T. (1988). *Learning Science*, Basil Blackwell, Oxford.