

전기와 자기에 대한 중학생들의 개방적 탐구에서 과제 유형에 따른 탐구 수행 분석

황성원 · 박승재
(서울대학교)

An Analysis of Junior High School Students' Open Investigation into Electricity and Magnetism in Two Kinds of Tasks: Qualitative and Quantitative

Sung-Won Hwang · Sung-Jae Pak
(Seoul National University)

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyse the eighth grade students' performance of open investigations for two kinds of tasks: the qualitative one which involves the descriptive approach through observation, and the quantitative one which involves the quantitative data processing through control of variables. Researcher's observation, interview data as well as students' investigation reports, self-evaluations were analysed. The difficulties of qualitative open investigation lie in detecting and dealing with unexpected observations, of which the acceptance and interpretation were influenced by preconceptions. On the other hand, managing several variables, making reliable and valid measures, and quantitative data processing constituted main difficulties of quantitative open investigation. Some students could recognize the deficiencies of their methods and findings in qualitative one, but few in quantitative one. These results suggest the teaching point for each task of open investigations.

Key words : open investigation, qualitative task, quantitative task

I. 연구의 배경 및 목적

과학을 다른 교과목과 구별짓게 하는 것이 실험실이라는 지적과 같이(White, 1988) 과학학습지도에서 실험실습 활동은 매우 중요한 지위를 가지고 있다. 과학교사 및 학생들을 대상으로 현행 중학교 실험실습 교육의 실태를 조사한 연구에 의하면(이윤종 외,

1997), 교과서에 있는 실험들 중 50% 이상을 실시하는 교사가 약 61%이고, 한 학기에 실험을 4회 이상 실시하는 교사가 71%에 이른다. 그러나 실험실습 과정에 대한 학생 설문에 의하면 '실험 과정과 결과를 배운 후 실시하는 실험'이 57.8%, '교사의 지시에 따라 실시하는 실험'이 31.6%로 '처음부터 아무런 도움 없이 실시하는 실험'은 3.6%에 불과하다. 이는 탐

*1999년 12월 7일 받음.

구 활동이 학생 위주일 때 그 의미가 있고, 교사나 실험지도서의 지시대로 재현하는 확인 실험을 하거나 요리책식 기계적 실험 활동이 되지 않도록 해야 한다고 지적하고 있는 교육과정의 정신(교육부, 1994)에도 부합하지 않는다.

그간 확인실험이 아닌 탐구적 실험의 중요성을 인식하고 학생들의 탐구 능력을 조사하고 평가하기 위한 연구들이 있어왔다(우중욱 외, 1999; 우중욱 외, 1998; 우중욱 외, 1997). 또한 정답만을 지향하는 실험실습의 현실에 대해 비판이 있어왔는데 박승재(1997)는 “과학이 정답을 주는 완전한 지식 교육만을 고수하는 것은 과학의 참다운 이해와 창의력을 기대하는 과학교육으로서 의미를 갖기 어렵다”고 주장하면서 ‘하나의 정답이 아니거나 정답이 없는, 또는 몇 가지의 설명이 가능한’ 성격을 지닌 ‘발산적 탐구 활동’을 제안하였다.

외국에서도 1990년대에 들어 개념 획득을 목표로 하는 내용 중심 접근이나 개별적인 기능(skill)의 획득에 치우쳐 왔던 과정 중심 접근(process approach) 모두를 비판하면서 교육 과정에 탐구 중심의 활동이 포함되어야 함을 강조하고 있는 추세이다(Gott & Duggan, 1995). 과학의 방법을 가르칠 때 내용과 과정 기능을 따로 분리하여 가르치는 것이 타당하지 않고, 학생들이 탐구의 전 과정에 주도적으로 참여하는 것이 필요하다는 주장은 영국의 OPENS 프로젝트(Open Work in Science Project, Jones, et al., 1992)에서 개방적 탐구(open investigation)라는 형태로 제시되었다. OPENS 프로젝트는 개방적 탐구를 ‘학생들이 문제에 대한 해를 찾도록 주도권을 주는 활동’으로 정의하였는데, 이들은 탐구 과제의 개방성을 연속적인 것으로 보고, 문제 정의, 방법 선택, 해의 세 가지 측면에서 개방성을 논의하였다. 현재 중학교에서 수행되고 있는 실험실습에서 많은 비중을 차지하는 확인 실험을 개방성의 각 범주에 비추어 살펴보면, 문제와 방법이 교사에 의해 주어지고, 해 또한 교과서에서 제시하는 하나의 해답을 지향하고 있다는 것을 알 수 있다.

교육과정에 제시된 대로 학생들에게 주도권을 주어 탐구 방법을 습득하게 하고 탐구 활동을 통한 과학지

식의 이해 및 적용을 추구하려면(교육부, 1992), 과제, 방법, 해가 개방되어 있는 개방적 탐구가 도입되어야 할 것이다. 가장 개방적인 탐구는 자유 탐구와 같이 문제 정의, 방법 선택, 해결의 세 가지 측면이 모두 개방된 것이다. 그러나 이러한 탐구는 교수-학습내용이 정해져 있는 현재의 교육과정에서 현실화되기 어렵다는 문제가 있다. 과제가 주어지지만 탐구 방법과 해가 개방되어 있는 탐구는 비록 덜 개방되어 있지만 교육과정의 내용을 포함하면서 학생들에게 주도권을 줄 수 있다는 이점을 가지고 있다.

현행 실험 실습의 과제에 근거하여 개방적 탐구의 과제를 제시하기 위해 제6차 교육과정에 근거한 교과서(공구영 외, 1996)를 참조하여 중학교 2학년 ‘전기와 자기’ 단원에 제시된 과제들을 분석하면, 이들을 두 종류로 나눌 수 있다. 한 가지는 현상에 대한 감각을 주거나 이론이나 법칙을 예시하기 위한 목적을 가지는 것으로, 직접적인 관찰이 중심이 되는 과제이다. 이러한 실험들의 제목을 나열하면 마찰 전기를 띤 물체가 나타내는 현상, 마찰한 물체 사이에 작용하는 힘, 검전기 등을 이용한 정전기 유도 현상, 자석 주위의 자기장, 직선 전류가 만드는 자기장, 코일 주위에 생기는 자기장, 자기장에서 전류가 받는 힘 등이다. 다른 한 가지는 전지의 수에 따른 전압, 전압과 전류의 관계, 저항의 직렬 연결, 저항의 병렬 연결, 전류의 세기와 발열량의 관계 등과 같이 주로 변인 통제가 중심이 것으로 변인들 사이의 중요한 관계를 정량적으로 탐색하는 과제이다. 본 연구에서는 전자와 같이 현상의 관찰이 중심이 되는 과제를 정성적 과제라고 하고, 후자와 같이 변인 통제가 중심이 되어 변인 사이의 관계를 알아보는 과제를 정량적 과제라고 정의하였다. 이 두 가지 구분은 현재 학교에서 실시되는 실험실습의 두 측면을 대표하는 것이며, 각각 강조되는 탐구 기능이 다르기 때문에 개방적 탐구의 과제로 도입되었을 때 학생의 수행에 차이가 있을 것이고, 교사가 지도할 강조점도 달라져야 할 것이다.

본 연구의 목적은 이와 같은 정성적 과제와 정량적 과제를 중학생들이 개방적으로 탐구하였을 때, 탐구 수행의 차이를 질적으로 기술하고 분석하는 것이다. 구체적인 연구문제를 정리하면 첫째, 전기와 자기 단

원의 정성적 과제에 대한 중학생들의 개방적 탐구에서 관찰과 관련된 탐구 수행 과정의 특징적인 양상을 분석하고, 둘째, 전기와 자기 단원의 정량적 과제에 대한 중학생들의 개방적 탐구에서 정량적 자료처리와 관련된 탐구 수행 과정의 특징적인 양상을 분석하는 것이다.

II. 연구의 내용 및 방법

개방적 탐구 과제의 내용 선정 원칙은 다음과 같다. 첫째, 학생들이 실험 도구를 가지고 직접 활동을 해야만 해결할 수 있는 과제를 선정한다. 둘째, 학생들의 개념과 과정기능에 대한 이해의 수준을 고려해볼 때 과제의 뜻을 이해하고 탐구를 계획할 수 있는 과제를 선정한다. 셋째, 교육과정에 제시되어 있는 학습 내용이 포함되도록 한다. 정성적 과제로 제시된 것은 “자석과 털가죽으로 문지른 예보나이트 막대는 어떤 공통점과 차이점이 있을까?”이었다. 전기와 자기 단원에서 관찰 중심의 실험실습이 제시되는 부분이 주로 정전기와 자기장 부분이다. 정전기와 자기 현상은 비슷한 효과를 내지만 따로 학습되기 때문에 학생들이 용어 및 효과를 구분하는데 혼동이 있고, 유사점과 차이점을 직접 비교해볼 기회를 가지지 못한다는 지적(Arons, 1997)이 있었다. 따라서 본 연구에서는 탐구 방법 및 해가 개방되어 있는 과제로 정전기 현상과 자기 현상을 비교하는 것을 택하였다. 정량적 과제로 제시된 것은 “사프심과 건전지가 연결된 회로에서, 회로에 흐르는 전류의 세기를 변하게 하는데 영향을 주는 것을 찾아 그 관계를 자세히 알아보시오”이다. 전기와 자기 단원에서 변인 통제를 통한 정량적 관계 도출이 주로 나오는 부분은 전기 회로 부분이다. 그 중에서 대표적인 것이 ‘옴의 법칙’인데, 제시된 과제의 목적은 옴의 법칙을 도출하는 것이 아니라, 학생들이 설정한 독립 변인과 전류, 두 요인 사이의 관계를 알아내는 것이었다.

연구 대상은 서울에 소재한 중학교 2학년 다섯 학급(A, B, C, D, E)으로 196명이며 남학생 115명, 여학생 81명이다. 각 학급은 9조로 편성되었으며, 1조의 인원은 4-5명으로 이루어져 있다. 학생들은 정규수업

에서 개방적 탐구를 수행해 본 경험이 없으며, 개방적 탐구 활동은 1997년도 1학기부터 ‘물상’ 과목을 지도해 온 교사에 의해 같은 해 2학기에 지도되었다. 이 학생들은 당해 년도에 약 12회 정도 실험을 해왔는데, 개방성의 정도로 볼 때 과제와 방법이 제시되고 해가 달려있는 실험이었다. 총 18차시에 걸친 수업이 6주에 걸쳐 이루어졌는데, 이 중 정전기 현상에 대한 해보기 활동이 3차시, 뒤이어 정성적 과제에 대한 개방적 탐구가 3차시 동안 진행되었다. 또한, 전압, 전류, 전기회로에 대한 강의 및 해보기 활동이 7차시 진행된 후, 정량적 과제에 대한 개방적 탐구가 3차시 동안 진행되었다.

교사의 역할은 학생들이 계획한 탐구를 수행하는데 필요한 재료 및 도구를 제시하는 것으로 제한되었다. 학생들은 2-3차시 정도에 걸친 탐구가 끝나고 탐구 결과 보고서를 제출한 뒤, 바로 다음 차시에 개별적으로 ‘탐구 활동 평가서’를 작성하여 탐구 전반에 대해서 반추하는 시간을 가졌다. 반추의 내용은 탐구 과제 회상, 탐구 결론 회상, 탐구 방법에서 부족한 점이나 개선하고 보충할 점 지적, 탐구 중 어려웠던 점 지적, 더 탐구해보고 싶은 점을 지적하는 것이었다. 반추 내용은 보고서에서 잘 드러나지 않는 학생의 생각을 알아내는데 사용되었다.

본 연구에서는 질적 연구 방법을 사용하였는데, 분석의 대상이 된 자료는 학생들이 제출한 ‘탐구 계획 및 결과 보고서’, ‘탐구 활동 평가서’, 교사의 관찰 그리고 연구자와의 면담 내용이다. 학생들의 탐구 수행 과정을 면밀히 살펴보고 특징을 도출하는 것이 목적이었으므로, 연구자는 제출된 보고서와 탐구 활동 평가서를 검토한 뒤 주목할만한 특징을 보이는 학생들을 면담하였다.

III. 연구의 결과

1. 정성적 과제에 대한 개방적 탐구

1) 탐구 계획

과제를 해결하기 위한 계획 단계에서 학생들이 조별로 의논하여 세운 계획을 정리하면 [Table 1]과 같

다. 학생들은 털가죽으로 문지른 에보나이트 막대와 자석이 끌어당기는 물체의 종류를 비교하거나, 막대 끼리의 반응을 비교하거나, 달라붙는 모양 혹은 지속 시간을 비교하거나, 달라붙는 물체 사이에 다른 물체를 넣었을 때의 영향을 보려고 하였다.

2) 탐구 수행 및 반추 분석

정성적 과제에 대한 개방적 탐구의 수행 및 반추에서 나타난 특징들 중 첫 번째는 약 22%의 학생들이 자신의 예상과 다른 뜻밖의 관찰을 할 수 있었고, 이 관찰 사실의 수용 및 해석에 선개념이 영향을 주었다는 점이다. 여러 가지 물체와의 반응을 비교하려는 방법을 선택했던 학생 대부분은 종이조각, 빨대, 물줄기, 지우개 가루 등이 대전된 에보나이트 막대에 끌리고, 철가루, 클립, 핀, 나침반 등은 자석에 끌릴 것이라고 예상했고 실제로 그렇게 관찰을 했다. 그러나, 일부의 학생들은 선개념과 다른 뜻밖의 관찰을 하게 되었다. 탐구 보고서 및 탐구 활동 평가서를 분

석하여 전체 45개조 중 10개조가 대전된 에보나이트 막대와 철가루, 핀, 나침반 사이의 반응을 관찰하였음을 알게 되었다. 이것은 학생들에게 뜻밖의 관찰이었는데, 왜냐하면 철로 된 물체는 자석에만 반응이 있으리라고 생각했었기 때문이다. 일부의 학생은 이 관찰 사실을 탐구 보고서에 결과로 기록하였고, 일부는 기록하지 않았다. 관찰 사실을 탐구 보고서에 기록한 조는 10개조 중 7개조인데, 이들이 도출한 결론의 예시는 다음과 같다.

에보나이트의 전기력은 가벼운 종이조각과 철가루에는 똑같이 영향을 줄 수 있지만 핀 같은 무거운 물질을 들 수 없음을 알 수 있었고, 자석은 큰 힘을 가지고 있으나 철을 제외한 다른 물질은 아무리 가볍더라도 들 수 없음을 알았다.(D-4)¹⁾

그러나, 나머지 3개조는 보고서에 관찰 사실을 기록하지 않았다가, 나중에 탐구 활동 평가서에서 그 사실을 언급하였다.

Table 1. Methods to compare the charged rod and the magnet (N=45)

Comparing methods		Groups(N)	Rate(%)
Bringing each other	charged ebonite rods	7	16
	magnets	6	13
	charged ebonite rods	5	11
Bringing each one near	small pieces of papers	35	78
	iron filings	26	58
	clips or pins	19	42
	compasses	10	22
	straws	9	20
	thin water stream	8	18
	small pieces of erasers	1	2
	plastic fragments	1	2
	hairs	1	2
	scissors	1	2
Sticking some pieces of paper to charged ebonite rod in a straight line		1	2
Comparing time to keep sticking to each one		1	2
Blocking electrostatic and magnetic force by placing object as a barrier		1	2

1) D-4 D반 4조의 학생들이 작성한 보고서에 인용했음을 나타낸다 (이하 동일).

결과 중에 나침반에 관한 내용을 빼먹었는데, 나침반에 자석과 텀가죽으로 문자론 에보나이트 막대를 각각 대보면 에보나이트 막대에 나침반 바늘이 끌려 오는데, 우연인지는 몰라도 나침반 바늘이 움직였다는 점을 빼먹은 것 같다.(D-9)

에보나이트 막대에 철가루가 붙나 의심이 간다. 이 유는 실험할 때 철가루에서 약간의 움직임이 있었기 때문이다.(E-4)

면담을 통해 이 학생들은 자신이 관찰한 사실을 인지하고 있었지만, 의심스러웠기 때문에 보고서에 기록하지 않았다는 것을 알게 되었다. 이러한 의심은 관찰 사실을 수용하여 탐구보고서에 기록하고 결론에 반영한 학생들도 마찬가지로 있었는데, 이들은 관찰 사실을 받아들이는데 어려움을 겪었다. 관찰 사실을 받아들이고 해석하는 데도 선개념이 영향을 주었음을 다음을 통해 알 수 있었다.

철가루가 자석에 붙는 것은 쉽게 알 수 있었지만, 철가루가 에보나이트 막대에 붙는다는 것은 전혀 예측 못하였다. 그래서 고민을 많이 했다.(D-8)

두 번째 특징은 약 10%가량의 적은 비율이기는 하지만, 결론 도출 후 반추를 통해 자신이 수행한 탐구의 방법에 대해 문제를 제기할 수 있었다는 점이다. 대전된 에보나이트 막대와 자석의 성질을 비교하기 위해, 여러 가지 물체를 가까이 가져갔던 학생들은 두 물체가 작용하는 힘의 세기가 같아야 한다거나, 가까이 가져가는 물체의 종류를 더 많이 해야 비교가 가능하다는 점을 지적하였다.

에보나이트 막대끼리 대보아 서로 당가는지를 알아보는건 막대의 무게 때문에 인력이 약할 경우 알기 힘들었다.(C-7)

우리 조는 철 물질을 핀으로 했는데 에보나이트 막대에 핀이 무거워서 붙지 않았나 의심스럽다. 그래서 철가루로 했으면 한다.(A-3)

실험했을 때 철가루, 핀, 종이조각 3가지로밖에 실험을 못해서 정확히 확신하지는 못하겠다. 정확히 하려면 서로 다른 종류의 물질로 많은 종류의 실험해야 할 것 같다(D-4).

학생들의 지적들은 탐구 방법의 부족한 점을 인식

하는 것이 더 개선된 방법을 제안하는 것으로 나아갈 가능성이 있음을 알려준다.

세 번째 특징은 적지만 약 20%가량의 학생들이 자신이 도출한 결론에 대해 내용적으로 의문을 표시하거나 문제점을 지적할 수 있었다는 점이다. 다음의 예는 의문을 표시한 경우이다.

에보나이트 막대를 문지르면 전기력이 생겼는데, 전기력이 생긴 에보나이트 막대에 종이롤 하나하나 붙일 때, 이게 과연 자석 같이 전달이 되었는지 의심이 간다(D-5).

에보나이트 막대도 영구 자석의 성질이 있다면 어느 쪽이 N극이고 아니고를 찾는 것을 보충해야 된다.(D-4)

두 번째 예는 비록 현상을 잘못된 개념으로 해석하고는 있지만, 자신의 생각을 바탕으로 관찰 현상을 해석하고 내용에 관한 질문을 제기하여 후속 탐구로 이어질 가능성을 보여주고 있다.

2. 정량적 과제에 대한 개방적 탐구

1) 탐구 계획

전체 45개 조 중에서 40개조는 전류에 영향을 줄 몇 가지 요인을 정하고 관계를 알아보기 위해 변인 통제가 포함된 정량적인 실험을 계획하였다. 나머지 5개조는 정성적인 접근을 하였는데, 샤프심과 건전지가 연결된 기본 회로에서 몇 가지 변인을 바꾸거나 첨가한 다양한 회로를 만들고, 각 회로에 흐르는 전류의 세기를 측정하도록 계획하였다. 정량적인 접근에서 지적되었던 독립변인은 샤프심의 길이, 샤프심의 개수, 건전지의 개수, 건전지의 연결 방식(직렬, 병렬), 샤프심의 연결 방식(직렬, 병렬), 전류의 개수, 전선의 개수 등이었으며, 정리한 것은 [Table 2]와 같다.

2) 탐구 수행 및 반추 분석

정량적인 과제에 대한 개방적 탐구에서 탐구 수행 및 반추에 나타나는 몇 가지 특징을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 여러 개의 독립 변인을 한꺼번에 고려하려고 했을 때 생기는 문제점이다. 탐구를 수행한 대부분의 조는 여러 변인들 중 2개 이상을 독립 변인으로

Table 2. The selected independent variables of the quantitative open investigation (N = 45)

Independent variables			Groups (N)	Rate (%)
Batteries	number	series	27	60
		parallel	6	13
	series vs parallel		4	9
Sharp pencil leads	number	series	5	11
		parallel	3	7
	don't know		1	2
series vs parallel		1	2	
Wires	number	parallel	1	2
		series	1	2
	series		4	9
Bulbs	number	don't know	2	4
		number-series		1

로 정하고, 탐구를 계획하고 수행할 때는 대개 독립 변인을 1개씩 따로 분리하여 수행하였다. 그러나 여러 가지 변인을 한꺼번에 고려하려고 하였던 학생들이 있었다. 전체 45개조 중 3개조에서 나타났는데, 이들은 주로 과학 성적이 상위 20%에 드는 학생들이었

다. 이들 중 [Fig. 1]과 같이 결과를 정리했던 학생들을 면담하였다. 이 조에서는 전류의 세기에 영향을 줄 것이라고 예상되는 독립 변인을 샤프심의 길이, 샤프심의 두께, 샤프심의 진하기, 세 가지로 설정하고 저항의 앞, 뒤에서 한번씩 전류의 세기를 측정하기로 하였다. 이 학생들은 자신이 설정한 독립 변인들을 인지하고 있었지만, 한가지 변인씩 분리하여 영향을 알아보기 위한 설계를 하지 않고 한꺼번에 고려하려고 했기 때문에 [Fig. 1]과 같이 많은 측정을 해야 하는 어려움에 부딪히게 되었다. 물론, 여러 개의 독립 변인들이 독립적인지가 분명하지 않은 상황에서 이러한 설계는 긍정적일 수 있고, 이렇게 표를 작성할 수 있었던 능력은 높이 평가되어야 할 것이다. 그러나 이 학생들은 이렇게 많은 측정을 해야 하는 이유를 이해하고 수행한 것이 아니었다. 이 점은 우수한 학생들조차 여러 개의 변인을 다루는 것에 대한 이해가 부족하다는 것을 나타낸다.

두 번째 특징으로 지적할 점은 측정과 관련한 기능을 잘 수행하지 못했다는 점이다. 측정해야 할 값의 가짓수를 두 개로 한 경우가 가장 많았고(예를 들어, 독립변인이 길이인 경우 2cm와 4cm로 값을 정하는 것), 반복 측정이 이루어지지 않았다. 측정을 위해서는 전지의 개수, 샤프심의 개수, 길이의 개수, 전구의 개수, 전선의 개수 등 전류의 세기에 영향을 미치는 변인을 정한 다음, 측정해야 할 값의 가짓수를 결정해야 했는데 이는 [Table 3]과 같이 2개에서 5개 사

length	diameter	0.3mm			0.5mm			0.7mm			0.9mm		
	density	HB	B	H	HB	B	H	HB	B	H	HB	B	H
1cm													
2cm													
3cm													
4cm													
5cm													
6cm													
7cm													

Fig. 1. The table of group C-7 in the quantitative open investigation

Table 3. The number of values chosen in the quantitative open investigation (N=45)

The number of values for one variable	Frequencies	Rate (%)
2	37	48
3	28	36
4	8	10
5	4	5
Total	77	100

이었다.

[Table 3]에서 볼 수 있듯이 전체 45개조가 모두 합해 77가지 세트의 실험을 했는데, 이 중에서 약 48%가 한 독립변인에 대한 측정값의 가짓수를 2개로 하고 결론을 내렸다. 탐구활동평가에 나타난 반추에서도 측정값의 가짓수를 언급한 학생은 없었다. 또한, 전류계를 이용하여 전류의 세기를 측정하거나, 전압계를 이용하여 전압을 측정할 때, 반복 측정을 한 조가 없었으며 탐구 활동 평가에서 이를 부족한 점으로 지적한 학생도 없었다.

정량적 과제에 대한 탐구에서 나타난 세 번째 특징은, 정량적인 측정에도 불구하고 절반 정도의 학생들이 실험 결과를 정성적으로 처리했다는 점이다. 표와 그래프를 이용하여 측정값을 기록한 학생들은 전체의 53%였고, 측정값을 서술적으로 기록한 학생이 33%였다. 9%의 학생은 측정값을 기록하지 않고 ‘크다’, ‘작다’와 같이 단지 정성적으로만 결과를 서술하였다. 즉, 42% 가량의 학생이 정량적인 설계에도 불구하고 결과를 정성적으로 기술하였다. 그래프를 그린 조도 1개조 밖에 없었으며, 결과 처리와 관련해서 탐구활동평가에서 부족한 점으로 지적한 내용도 거의 없었다. 1명의 학생만이 그래프를 그렸어야 한다고 지적했을 뿐이다. 탐구 결론 또한 정량적인 관계로 서술하지 않고 정성적인 관계로만 서술하였다. 90%의 학생이 ‘샤프심이 길어질수록 전류는 약해진다’와 같이 ‘~이 커질수록(작아질수록), ~이 커진다(작아진다)’의 형태로 결론을 서술하였고, ‘전류의 세기는 샤프심의 길이에 따라 다르다’, ‘전구와 건전지의 변화에 따라 전류가 증가하기도 하고 소모하기도 한

다’, ‘건전지의 수에 따라 영향이 있다’와 같이 모호하게 서술한 학생들이 10%가량 되었다.

IV. 결론 및 논의

정성적 과제에 대한 개방적 탐구에서는 일부의 학생들이 자신의 생각과 다른 뜻밖의 관찰을 할 수 있었고, 이를 수용하고 해석하는데 선개념이 영향을 주었다. 학생들은 반추를 통해 자신의 방법 및 결론에 대해 부족한 점을 지적하고 의문을 표시할 수 있었다. 정량적 과제에 대한 개방적 탐구를 수행하는 과정에서는 탐구 과정의 부족한 점들이 드러났는데, 여러 개의 변인을 다루는데 어려움이 있었고, 신뢰롭고 타당한 측정을 하지 못하는 문제점이 있었으며, 정량적으로 결과를 처리하는데 어려움이 있었다. 또한 정성적 과제에 대한 탐구와는 달리 방법 및 내용에 대한 평가를 거의 하지 못했다.

본 연구의 결론으로부터 개방된 형태의 실험실습을 지도할 때, 기존의 실험실습과 달리 고려해야 할 점을 정리하면 다음과 같다. 정성적 과제에 대한 탐구의 경우 첫째, 학생들이 자신의 생각과 다른 뜻밖의 사실을 관찰했을 때 대처해야 할 방법을 지도하는 것이 중요하다. 본 연구에서 일부의 학생들은 정성적 과제에 대해 탐구할 때 자신의 예상과 다른 뜻밖의 관찰을 하였다. 교사 주도적인 실험에서도 학생들이 직접 실험 실습을 하는 동안 관찰하게 될 내용을 완벽하게 통제하는 것은 불가능하다. 더구나 학생에게 탐구 방법에 대한 주도권을 준다면, 학생이 자신의 생각과 다른 현상을 관찰하게 될 가능성은 더욱 높아질 것이다. 이러한 상황에서 관찰 사실의 신뢰도와 타당도를 평가하는 능력은 매우 중요하다. 과학사를 살펴보면 예상하지 못했던 뜻밖의 관찰이 과학 이론 수립에 결정적인 역할을 한 경우가 종종 있어왔다 (Hacking, 1983). 뜻밖의 관찰은 학교 실험실에서 통제되어야 할 요소가 아니며, 학생들이 적극적으로 대처해나갈 수 있도록 지도하는 교사의 역할이 중요해지는 실험실 활동의 국면이라고 할 수 있다. 둘째, 탐구 결과에 대한 학생의 생각을 드러내고 토론하는 기회가 없다면, 개방적 탐구는 학생들의 모든 생각을

다 옳다고 인정할 위험이 있다. 정성적인 과제는 자료를 수집하고 처리하는 데 복잡한 과정기능을 요구하지 않기 때문에, 적절한 개방성을 주면 학생의 인지 활동이 매우 활발하게 일어났다. 그러나 학생들이 탐구를 하는 동안 인식한 문제점이나 의문은 결과보고 형식의 탐구 보고서에는 잘 드러나지 않았다. 본 연구에서 탐구활동평가를 통해 자신의 탐구를 반추하도록 한 것은 글로 학생의 생각을 드러내는 한가지 방법이었다. 학생의 생각을 드러낼 때는 문제점 지적이나 의문을 제기하는 것에 그쳐서는 안되고, 과학적으로 옳지 않은 선개념이 강화되지 않도록 토의가 필요할 것이다. 예를 들어, 털가죽으로 문지른 예보나이트 막대가 자석과 같이 N극과 S극을 가질 것이라는 생각을 가진 학생이 토론이나 지속적인 탐구를 통해 자신의 생각을 검증할 기회를 가지지 못한다면 오히려 그 생각이 강화될 수 있기 때문이다.

정량적 과제에 대한 개방적 탐구를 지도할 때는 첫째, 여러 개의 변인을 다루는 방법, 그리고 반복 측정, 측정값의 개수, 정량적인 자료제시 방법과 같이 신뢰롭고 타당하게 자료를 얻고 해석하는 방법을 지도하는 것(Gott & Duggan, 1996)이 중요하다. 기존의 탐구에서는 어떤 변인을 고려하고, 통제하고, 무시해야 하는지를 교과서나 교사가 이미 지시해왔기 때문에 부각되지 않았지만, 정량적인 개방적 탐구에서는 변인을 다루는 능력, 정량적인 자료를 처리하는 능력이 중요한 역할을 한다. 본 연구에 제시된 과제와 같이 종속 변인이 주어졌지만, 독립 변인이 주어지지 않은 경우에 학생들은 대부분 두개 이상의 독립 변인을 고려하였다. 만일 더 개방적인 탐구에서 독립변인과 종속변인이 모두 주어지지 않는다면, 여러 개의 변인을 다루는 능력이 더욱 중요해질 것이다. 둘째, 정량적인 개방적 탐구의 과제로 교과서의 정량적인 법칙들을 다루는 것이 적합한가에 대해 논의가 필요하다. 전기와 자기 단원에서 정량적인 관계 분석의 대표적인 과제가 '옴의 법칙'이었던 바와 같이, 대부분의 학교 실험실습에서 정량적인 관계 분석이 요구되는 과제들은 법칙과 관련이 있다. 이러한 법칙들의 성립은 과학사를 살펴보다도 대개 이론적인 정당화와 함께 이루어지기 때문에 실험을 통해서 입증하는

것이 어려우며, 실험을 해도 여러 오차 때문에 교과서에 제시되는 것과 같은 명확한 결과를 얻기가 어렵다. 따라서 '과학의 탐구'를 다루는 고등학교 공통과 학에서는 과학 이론보다는 생활 중심의 소재를 택하고 있고, 영국의 개방적 탐구에서 정량적 과제로 제시되는 것의 예도 대개 옴해, 탄성, 냉각 등과 같이(Wellington, 1998) 과학 법칙과 관련이 있기보다는 생활 중심의 소재들이다. 따라서, 옴의 법칙과 같은 내용을 개방적 탐구의 과제로 설정하는 것이 타당한가의 여부가 검토되어야 할 것이다.

적 요

중학교 '전기와 자기'에 대한 개방적 탐구 과제는 관찰을 통한 서술적인 결과 처리가 특징인 정성적 과제와, 변인통제를 통한 정량적 결과 처리가 특징인 정량적 과제로 나눌 수 있다. 본 연구의 목적은 두 종류의 과제에 대한 중학교 2학년 학생들의 탐구 수행 특징을 탐구 과정을 중심으로 분석하는 것이다. 학생이 작성한 '탐구 보고서' 및 '탐구 활동 평가서' 그리고 연구자의 관찰 및 면담 자료를 분석하였다. 정성적인 과제에 대한 탐구에서는 자신의 생각과 다른 뜻밖의 관찰을 인지하고 처리하는 것이 어려운 점이었고, 정량적인 과제에 대한 탐구에서는 여러 개의 변인을 다루고, 신뢰롭고 타당한 측정을 하며, 정량적으로 결과를 처리하는 것이 어려운 점이였다. 정성적인 과제에 대한 탐구에서는 자신이 제시한 탐구 방법 및 결과의 부족한 점을 인지하고 있었는데 반해, 정량적인 과제에 대한 탐구에서는 부족한 점을 거의 인지하지 못했다. 이러한 결과는 기존의 실험실습과는 다른 개방적인 탐구를 지도할 때, 정성적인 과제의 경우 뜻밖의 관찰 결과를 신뢰롭고 타당하게 처리하도록 지도하는 것이 중요하며, 정량적인 과제의 경우 여러 개의 변인을 다루는 방법 및 신뢰롭고 타당한 측정 방법을 지도하는 것이 중요하다는 것을 시사한다.

참 고 문 헌

공구영, 김진규, 이광만, 허동, 김택중, 정문호, 이기성,

- 김병국, 안태근, 김영국, 김수용, 정의현, 박병훈 (1996). 중학교 과학 2 지학사.
- 교육부(1992). 중학교 교육과정, 82.
- 교육부(1994). 중학교 과학과 교육과정 해설, 145.
- 권재술, 김범기, 최병순, 현중오, 이길재, 최진복, 정진우, 홍성일(1996). 고등학교 공통과학, 한샘출판(주), 20-23.
- 박승재(1997). 과학학습지도에 대한 혁신적 개념. *Proceedings of International Conference on Science Education*, KEDI, Seoul, Korea.
- 우중욱, 김범기, 허명, 김찬중, 양일호, 최관순, 김태선 (1999). 초·중·고 학생들의 과학 탐구 능력 추이 분석을 위한 종단적 연구. 한국과학교육학회지, 19(2), 173-184.
- 우중욱, 김범기, 한안진, 허명(1998). 국가 수준의 과학 탐구능력 평가 체제 개발. 한국과학교육학회지, 18(4), 617-626.
- 우중욱, 이항로, 김승훈(1997). 과학 실험 평가 도구 개발을 통한 탐구 능력 평가의 타당화에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 17(1), 65-74.
- 이윤종, 기우항, 김영호, 정원우, 양승영, 강용희, 안병호, 임성규, 윤일희, 김중욱, 윤성효(1997). 현행 중등학교 과학 실험·실습 교육 실태 조사 및 그 운영 진단(1). 한국과학교육학회지, 17(4), 435-450.
- Arons, A. B.(1997). *Teaching Introductory Physics*, John Wiley & Sons, 168-9.
- Gott, R. & Duggan, S.(1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science, *International Journal of Science Education*, Vol. 18(7), 791-806.
- Gott, R. & Duggan, S.(1995). *Investigative work in the science curriculum*. Open University Press.
- Hacking, I.(1983). *Representing and intervening*. Cambridge, 149-185.
- Jones, A. T., Simon, S. A., Black, P. J., Fairbrother, R. W., Watson, J. R. (1992). *Open Work in Science: Development of investigations in schools*, London: Centre for Educational Studies, King's College, University of London.
- Keys, C. W.(1998). A Study of Grade Six Students Generating Questions and Plans for Open-Ended Science Education, *Research in Science Education*, 28(3), 301-316.
- Wellington, J. J.(1998). *Practical work in school science : Which way now?* Routledge.
- White, R. T. (1988). *Learning Science*, Blackwell, 186.