학생 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응[1)]

박종원 · 김익균[1] · 이무[2] · 김명환[3]
(전남대 사범대학 물리교육과) · [1](충북대 사범대학 과학교육과)
[2](서울대 강사) · [3](김 연구소)

Students' Responses on the Supporting or Conflicting Evidences on Thier Preconceptions

Park, Jongwon · Kim, Ikgyun[1] · Lee, Moo[2] · Kim, Myungwhan[3]
(Chonnam Natl. Univ.) · [1](Choongbuk Natl. Univ.)
[2](Seoul Natl. Univ) · [3](Kim Laboratory)

ABSTRACT

This study was to identify middle school and college of education students' preconceptions about dielectric polarization and explore the students' reponses on the supporting or conflictual evidences on their preconceptions by letting them observe the demonstrations using electroscope, charged material, six conductor rods and six insulator rods. Letting students select the demonstrations to be observed by themselves, students' evidence selection types were classified as two : to select the evidences to testify their uncertain preconceptions, and to obtain the confirmation evidences about their preconceptions. And each evidence selection types, again, could be subclassified as three and two respectively. When students observed the conflictual observations, all accepted the observation itself. For supporting observational evidences, almost of all students showed the error of 'acceptance of antecedent' in the syllogism, that is, they did not required the succeeding supporting observations. Students' reponses on the conflictual observational evidences were classified as two: to reject the hard core of preconceptions, and to modify the students' auxiliary ideas related to the hard core with preserving the hard core. The first type reponses were, again, could be classified as three subtypes but, in all cases, students introduced new concept to explain the conflictual evidences. This responses indicated that Lakatosian rather than Popperian view is more acceptable to understand the students' reponses on the conflictual evidences. The second type reponses also were classified as three subtypes, and it was found that more middle school students than college education students were involved in this second type. That is, students who did not have perfect understanding of auxiliary ideas related with the hard core of preconceptions were more apt to change or modify theses auxiliary ideas rather than reject the hard core, this means that the quality of understanding of auxiliary ideas also take an important role in the change of hard core concept.

Key words : confirmation of hypotheses, falsification of hypotheses, conceptual change, constructivism, induction of electricity, dielectric polarization, interview.

* 1997년 2월 12일 받음
[1)] 이 논문은 1995년도 교과교육공동연구 공모과제 연구비에 의한 연구임.

한국과학교육학회지 제18권 제3호 pp. 283~296(1998)

Ⅰ. 연구 배경 및 필요성

과학 활동에서 가설의 설정과 검증 과정은 중요한 한 부분이다. 특히 가설의 검증과정에서 가설의 확증과 반증 과정에 대한 해석과 이해는 과학 철학자들뿐 아니라 과학 심리학자들의 중요한 연구 대상이었다(Giere, 1988). 예를 들어, 포퍼는 과학적 가설은 확증될 수 없으며 단지 반증될 뿐이라고 하였다(Popper, 1968). 이러한 포퍼의 주장은 가설의 검증 과정이 기본적으로 연역 논리에 기초하고 있음을 의미한다. 따라서, 소박한 반증주의자라면 어떤 과학이론이 관찰이나 실험에 의해 반증되면 어떠한 변명도 없이 무조건 이론을 폐기해야 한다. 그러나 과학사적으로 살펴볼 때, 가설의 확증과 반증 과정에 연역 논리가 간단하게 적용되는 것은 아니라는 증거를 어렵지 않게 찾을 수 있다. 예를 들면, 물리학자 디락(Dirac)은 반증사례가 있어도 이론을 폐기하지 않는 것이 오히려 현명하다고 하기도 하였다(Gorman, 1989). 이에 대해 과학 철학자 라카토스는 반증 증거가 나타났을 때, 후건 부정식을 핵심 원리에 적용해서는 안되며, 핵심 원리 주위에 있는 보호대를 형성하는 보조가설이나 초기조건 등에 후건 부정식을 재적용시켜야 한다고 하였다(Lakatos, 1978, p. 48). 또한 과학자들이 반대사례를 무시하고 적극적 연구지침(positive heuristics)에 따라 연구 프로그램의 문제점을 다루어 가며 이론을 정교화시켜 나가는 것이 비합리적인 것은 아니라고 하였다(Lakatos, 1978, p. 89). 파우스트(Faust, 1987) 는 이러한 이유가 근본적으로 자연과 과학이론 그리고 관찰 자체가 각각 나름대로의 복잡성을 가지고 있기 때문으로 보고 있다. 그는 모두 참이라고 받아들이고 있는 어떤 반증증거가 있다고 하더라고 숨겨진 변인이 있어서 현재까지 모순되어 보일 뿐 실제로는 모순이 아닐 수도 있다는 점을 지적하였다(Faust, 1987, p. 98).

만일, 학생의 선개념을 가설이라고 본다면, 학생에게 제시되는 여러가지 정보들은 가설을 확증하거나 반증하는 데 사용될 수 있으며, 따라서, 학생이 정보를 처리하는 과정은 가설의 확증 과정이나 반증 과정으로 비유될 수 있다(이것은 또한 쿤(Kuhn *et al.*, 1988)등의 증거평가(evidence evaluation) 과정으로도 비유될 수 있다).

따라서, 가설의 확증 과정과 반증 과정에 대한 과학철학적인 이해로부터, 학생의 사고 과정을 좀 더 심도있게 이해할 수 있다. 과연 학생들은 자신의 선개념을 지지하는 증거나 반증하는 증거가 나왔을 때, 어떻게 반응할까?

예를 들어, 어떤 가설에 대해 가설을 지지하는 증거가 나왔다고 할 때, 논리적으로 따진다면, 과학자나 과학을 배우는 학생은 가설이 옳다는 결론을 내리기에 앞서 계속해서 지지증거를 찾으려 해야 한다. 왜냐하면, 순수연역 논리에 의한다면 지지 증거가 나왔다고 해서 가설이 옳다는 것을 보장받을 수 없기 때문이다. 반대로, 반증증거가 나왔다면, 논리적으로는 단 한번의 반증 증거만으로도 과학자나 학생은 가설을 폐기해야 한다. 물론, 가설을 폐기하기보다는 가설을 보존하기 위한 보조 가설이나 기타 조건을 세우거나 수정할 수도 있으며, 가설의 폐기에 앞서 더 많은 경험적 예측과 확증사례를 가지고 있는 새로운 이론의 필요성을 주장할 수도 있다.

최근의 몇몇 연구들(박종원 외, 1993; 박종원 외, 1994; 박종원, 1996; Park & Kim, 1995; Park & Pak, 1997; Park & Kim, 1997)은 위에서 제시된 여러 가지 질문들에 대한 답을 예측하는데 도움을 주기도 한다. 그러나 기존의 연구 결과들을 일반화하기에는 아직 무리한 점이 없지 않으며, 특히 면담과 같은 방법을 사용하지 않아 학생의 사고 과정을 깊이 알아보기 위한 노력이 부족하였다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 학생의 선개념을 조사하고, 학생으로 하여금 직접 관찰하게 하면서 지지증거나 반증증거가 나올 때 가설을 확증하는 과정과 반증하는 과정을 연구자의 직접 관찰과 면담을 통해 심도 있게 정성적으로 조사하고자 한다.

Ⅱ. 연구 목적

구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

(1) 유전 분극 현상을 포함하여 정전기 유도 현상에 대한 학생의 선개념을 밝힌다.

(2) 정전기 유도 현상에 대한 학생의 가설 확증과정과 반증과정을 조사한다.

- 학생들은 어떤 증거를 어느 정도로 보기를 원하는지 조사한다.
- 학생이 선개념을 지지하는 증거를 보았을때, 어떠한 반응을 하는지 조사함으로써, 학생의 가설 확증과정을 밝힌다.
- 학생이 선개념과 반대되는 증거를 보았을 때, 어떠한 반응을 하는지 조사함으로써 학생의 가설 반증과정을 밝힌다.
- 증거에 따른 학생의 개념 변화 과정을 밝힌다.

(3) 가설의 확증과정과 반증과정에서의 특성들이 중학생과 교육대학 학생간에 어떻게 다른지 조사한다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 선개념 조사내용과 조사도구

본 연구에서 다룰 물리 상황은 정전기 유도 현상 및 유전분극 현상이다. 유전분극 현상은 정전기 현상 중, 가장 기초적인 현상(예를 들면, 털가죽으로 문지른 플라스틱 막대에 종이나 머리카락이 달라붙는 현상)을 설명해 주는 개념임에도 불구하고, 용어가 고등학교 과정에서 처음 도입될 뿐 아니라, 중학교 과정에서 정전기 유도 현상을 다루면서 도체의 경우만 다루기 때문에 많은 학생들이 유전분극 현상에 대해서 오개념을 가지고 있다. 예를 들면, 신만수와 박종원(미발표)의 연구에 의하면, 중학교 학생의 48%, 고등학교 학생의 54%, 사범대학 학생의 52%, 그리고 중등학교 과학 교사의 71%가 Fig. 1과 같은 상황에서 도체 막대(구리막대와 알루미늄막대)를 놓았을 때에는 검전기가 벌어지지만, 부도체 막대(유리막대와 나무막대)를 놓았을 때에는 검전기가 벌어지지 않는다고 응답하였다.

따라서, 본 연구에서는 기초적인 개념이면서도 많은 학생들이 오개념을 가지고 있다고 생각되는 정전기 유도 개념을 본 연구에서 다룰 중심 개념으로 선정하였다. 본 연구에서는 6개의 도체막대(구리, 은, 알루미늄, 쇠, 납, 양철)와 6개의 부도체 막대(나무, 유리, 헝겊, 돌, 양초, 종이)에 대해서 Fig. 1과 같이 각각 대전체를 가까히 하였을 때 검전기가 벌어지는지 아닌지를 질문하여, 정전기 유도 및 유전분극에 대한 학생의 선개념을 조사하였다.

2. 연구대상

본 연구에는 중학교 학생과 교육대학 학생이 참여하였다. 중학교 학생은 대도시에 소재하는 학교 중에서, 임의로 한 학교에서 한 학급을 선정하였으며, 참여 학생수는 총 46명이었다. 이 학생들은 중학교 3학년 학생으로서 2학년 과정에서 정전기 현상에 대한 내용을 학습한 학생들이었다. 본 연구에 참여한 교육대학 학생들은 총 54 명으로, 4년제 대학에 재학중인 2학년 과학과 학생으로 일반물리학 과목을 수강하고 있으나 아직 전기 단원은 배우지 않았었다.

3. 면 담

면담은 한 명씩 수행되었으며, 한 명당 약 15분에서 25분 정도가 소요되었다. 면담 내용은 비디오 카메라로 녹화되어 분석에 사용되었다.

면담과정은 크게 4단계로 구성되어 있으며, 단계별로 면담 내용을 요약하면 Table 1과 같다.

1) 1단계 면담

라카토스는 반증 증거가 제시되었을 때에도 과학이론

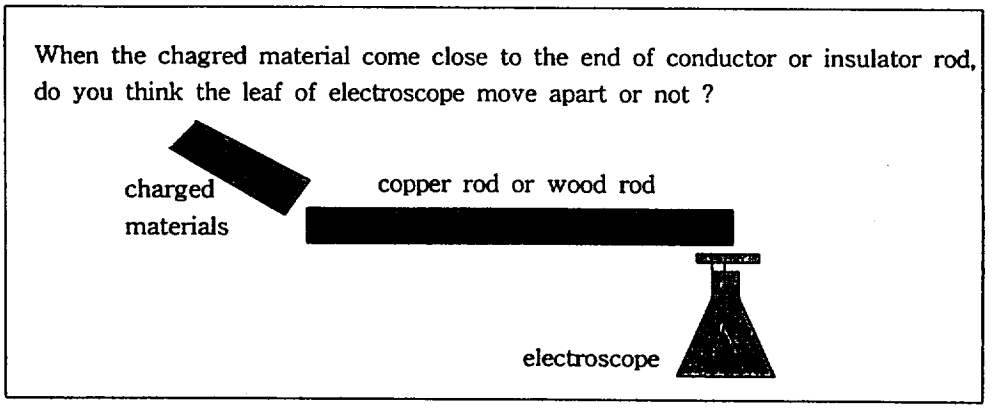

Fig. 1 Demonstration to identify student's preconception about dielectric polarization

Table 1 Interview process

Stage	Objectives of Interview
I	To identify student's preconception about dielectric polarization, conductor /insulator, electrostatics /electrification, electroscope
II	To explain the purpose and the procedure of interview
III	To investigate the students' selection of evidences
	To investigate the students' observation of evidence
	To investigate whether or not students accept or reject conflictual evidences
	To investigate the process of change of students' preconception
	To investigate the students' questions about evidences
IV	To identify the final status of students' conception

이 폐기되지 않는 이유가 근본적으로 과학이론이 하나의 간단한 단일 이론(예를 들면, 모든 백조는 희다)이라기보다는 여러가지 이론들이 정합적으로 구조화되어 있으며, 뿐만 아니라 초기조건들이나 보조이론들과도 서로 연결되어 있기 때문이라고 하였다.

"… 모든 과학 이론이 어떤 종류의 변경을 받았는지 알 수 있도록, 과학이론은 그 이론의 보조가설, 초기조건들, 그리고 특히 이 이론의 선행이론 등과 함께 평가되어야 한다. 물론 이렇게 되면 우리가 평가하는 것은 고립된 낱낱의 이론들보다는 이론들의 시리즈가 된다"(Lakatos, 1995, p. 33).

또한, Faust(1987)도 이론들은 다른 이론이나 다양한 가설들과 서로서로 연관되어 있을 뿐만 아니라, 여러 공리들이나 관찰 언명들과도 연관되어 있어, 이론이 기본적으로 복잡한 구조를 가지고 있으며, 따라서, 이론과 실제 세계와의 상호작용이 매우 복잡한 과정이라고 지적하였다.

이러한 언급들에 의하면, 학생의 선개념 상태와 개념변화 과정을 이해하기 위해서는 관련된 다른 개념이나 가정들을 함께 이해할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 기본적으로 정전기 유도 현상에 기초적으로 관련되어 있다고 생각되는 개념으로 도체와 부도체, 마찰전기와 정전기, 검전기 개념을 선정하여 이에 대한 학생의 이해도 함께 조사하였다. 그리고, 이러한 개념들이 가설의 확증과정이나 반증과정, 그리고 개념의 변화과정에 어떻게 연관지어질 수 있는지 조사하고자 하였다. 면담의 첫단계에서 학생의 선개념을 조사하기 위한 구체적인 질문 내용은 다음과 같다.

"응답 중에서 바꾸거나 설명을 덧붙힐 것이 있니?"
"도체와 부도체에 대해서 간단히 설명해 볼래?"
"마찰전기나 정전기에 대해서 간단히 설명해 볼래?"
"검전기가 무엇인지 간단히 설명해 볼래 ? 검전기는 어떤 용도로 사용하지?"

2) 2단계 면담

면담의 두번째 단계는 학생에게 실험의 목적과 방법을 설명하는 단계이다. 즉, 실험의 목적은 자신의 생각이 맞는지 틀리는지 알아보기 위한 실험이며, 자신이 보고자 하는 막대를 하나씩 선택하여 관찰하고, 각각의 관찰마다 자신의 생각이 맞는지 틀리는지를 확인하는 식으로 진행된다고 설명하였다. 그리고 제시된 12개의 막대를 다 보아도 좋지만, 더 이상 볼 필요가 없다고 생각되면 그만 보아도 된다는 설명도 하였다.

순수한 연역 논리에 의하면, 가설의 확증과정은 후건긍정식을 따르고, 가설의 반증과정은 후건 부정식을 따른다(박종원, 1998). 이때, 가설의 반증과정에서는 하나의 반증사례만 제시되어도 가설이 폐기될 수 있고, 따라서 더 이상의 반증사례가 필요하지 않지만, 확증과정에서는 가설이 옳다는 결론을 논리적으로는 얻을 수 없으며, 따라서, 계속적인 확증 사례를 통해 가설이 아직 폐기되지 않고 참일 가능성이 있다고 말할 수 있을 뿐이다. 본 연구에서는 학생들이 확증과정에서 계속적인 확증 사례를 요구하는지, 아니면 반증과정에서 하나의 사례만으로 가설을 폐기하는지 등을 알아보기 위해서 학생이 스스로 증거를 선택하도록 하였다. 2단계 면담에서의 구체적인 질문 내용은 다음과 같다.

"이 실험은 너의 생각이 맞는지 틀리는지 직접 확인하기 위한 것이란다. 여기 제시된 12개 막대를 직접 관찰하게 될텐데, 하나씩 직접 관찰하고, 자신의 생각을 확인하는 식으로 진행될 것이다."

"막대는 네가 스스로 선택하면서 12개 막대를 다 보겠지만, 혹시라도 더 볼 필요가 없다고 생각되면 그만 보자고 하여도 된다."

3) 3단계 면담

3단계는 다시 4개의 세부단계로 구성되어 있다. 3단계 면담의 처음에는 증거 선택에 관한 면담으로 학생이 어떤 증거를 왜 선택하게 되었는지를 조사하였다. 다음에는 관찰을 어떻게 하였는지에 대한 면담이다. 세번째는 자신의 생각이 맞다고 생각하는지 틀리다고 생각하는지에 대한 면담으로, 특히 반증 증거를 수용하여 자신의 생각을 폐기하는지를 알아보기 위한 면담이다. 마지막으로 증거에 따라 자신의 생각을 어떻게 변화시키는지, 증거에 대해서 어떠한 질문이나 의문이 있는지 등을 조사하는 면담을 하게 되는데, 여기에서는 증거를 의심하거나 거부하는지를 조사하였다. 구체적인 질문 내용은 다음과 같다.

"무엇부터 볼까?"
(증거를 선택한 후에) "왜 그것을 볼려고 했지?"
(관찰한 후에) "검전기가 벌어졌니? 안 벌어졌니?", "그럼 너의 생각이 맞다고 생각하니? 틀리다고 생각하니?"
(지지 증거에 대해 자신의 생각이 맞다고 응답하면) "이 실험에 대해서 질문이 있거나 의문나는 것, 더 알아보고 싶은 것이 있니?"
(반증증거에 대해서도 자신의 생각이 맞다고 응답하면) "그럼 이 실험은 어떻게 된거지?", "이 실험에 대해서 질문이 있거나 의문나는 것, 더 알아보고 싶은 것이 있니?"
(반증증거를 본 후에 자신의 생각이 틀린다고 응답하면) "그럼 네 생각을 바꾸어 볼래?", "왜 그렇게 바꾸었지?", "이 실험에 대해서 질문이 있거나 의문나는 것, 더 알아보고 싶은 것이 있니?"
(하나의 증거에 대해서 면담이 끝나면) "이번에는 어떤 막대를 더 볼까?", "왜 그것을 보고 싶지?"

4) 4단계 면담

면담의 마지막 단계인 4단계에서는 증거를 다 관찰하였거나, 중간에 학생이 그만 보자고 하였을 때, 왜 검증과정을 종결하게 되었는지, 그리고 자신의 최종 생각은 어떠한지에 대한 면담을 하였다. 구체적인 면담 질문은 다음과 같다.

"왜 더 볼 필요가 없다고 생각했지?"
"이제 너의 생각을 최종적으로 정리해서 말해 볼래?"

Ⅳ. 연구 결과

1. 정전기 유도 현상에 대한 학생의 선개념

정전기 유도 현상 또는 유전분극 현상에 대한 학생의 선개념을 설문지를 통해서 조사한 결과, 많은 학생들이 도체의 경우에는 검전기가 벌어지고 부도체의 경우에는 검전기가 벌어지지 않는다고 응답하였다. 그러나, 모두가 금속의 종류와 비금속의 종류를 모두 옳게 선택한 것은 아니었다. 선택 유형을 요약하면 Table 2와 같다.

Table 2에 의하면, 많은 학생들이 금속의 경우에는 검전기가 벌어지고, 비금속인 경우에는 검전기가 벌어지지 않는다고 응답하였는데, 이러한 오개념의 근원은 여러가지가 있겠지만, 아마도 대부분의 교과서에서 도체의 경우만 다루어 검전기가 벌어지는 이유를 도체내

Table 2 Students' preconceptions about dielectric polarization Ⅱ

Type of preconception	Number of response	
	Middle school (N=46)	College of education (N=54)
The leaves of electroscope move apart		
for all rods*	0 (0%)	2 (4%)
for only conductors		
with correct idea about conductor /insulators	23 (50%)	40 (74%)
with incorrect idea about conductor /insulators	12 (26%)	8 (15%)
for only insulators	0	2 (4%)
Others	11 (24%)	2 (4%)

* correct responses

의 전자의 이동으로만 설명하고, 실제로 검전기를 이용하여 도체와 부도체를 구분하는 실험도 있기 때문으로 판단된다.

본 연구에서는 연구의 단순화와 결과의 체계적 분석을 위해, 학생의 여러가지 상태들(예를 들면, 지능, 학업성적이나 과학에 대한 흥미 등) 중에서 선개념의 유형만을 고려하여 선개념 유형이 동일한 학생만으로 면담 대상자를 선정하였다. 즉, 도체의 경우에는 검전기가 벌어지고 부도체의 경우에는 검전기가 벌어지지 않는다고 응답하였고, 그때 도체와 부도체를 옳게 선택하였으며 그 이유도 도체는 전기가 흐르기 때문이고 부도체는 전기가 흐르지 않기 때문이라고 동일하게 이유를 제시한 학생으로 면담을 하기로 하였다. 본 연구에서는 이와 같이 선개념 유형이 같은 학생이 중학생의 경우 17명, 교육대학생의 경우 40명이었다. 단, 면담 약속이 어렵거나 면담에 동의하지 않은 학생, 또 면담 직전에 자신의 선개념이 변화된 학생을 제외하였을 때, 실제 면담에 참가한 학생은 중학생 13명, 교육대학생 13명이었다. 면담을 시작할 때, 도체와 부도체, 마찰전기와 정전기, 그리고 검전기에 대해서 학생의 이해를 조사하였는데, 조사 결과는 Table 3과 같다.

2. 정전기 유도 현상에 대한 학생의 가설 확증/ 반증 과정과 학생의 개념변화 과정

1) 증거의 선택 과정

제시된 증거로는 도체 6개와 부도체 6개의 막대가 사용되었다. 따라서, 만일 26명의 학생이 12개의 막대를 모두 관찰하고자 하였다면, 총 학생들이 관찰한 증거의 수는 26 × 12 = 312개가 될 것이다. 그러나 본 연구에서는 학생이 스스로 증거를 선택하게 하고, 충분하다고 생각되면 증거를 관찰하기를 그만둘 수 있도록 하였다. 면담 결과, 본 연구에서 중학생들이 관찰한 증거의 숫자는 총 60개(38.5%)였고, 교육대학생이 관찰한 증거의 숫자는 총 56개(35.9%)였다. 그리고 이것을 도체와 부도체로 나누어 보았을 때, 중학생들이 관찰한 도체에 대한 증거수는 30개, 부도체에 대한 증거수도 30개로 정확하게 절반씩 나누어서 관찰한 것으로 나타났고, 교육대학생들은 도체 16(27%)개, 부도체 40(73%)개를 관찰한 것으로 나타났다. 개인별로는 12개 막대 중에서 중학생이 평균 4.6개를 관찰하였고, 교육대학생이 평균 4개를 관찰하였다.

관찰 순서를 보면, 도체만을 관찰한 경우가 중학생은 38%, 교육대학생은 23%였고, 부도체만을 관찰한 경우는 중학생이 23%, 교육대학생이 0%였다. 도체를 먼저 관찰하고 부도체를 관찰한 경우는 중학생은 없었고, 교육대학생이 38%였다. 반대로 부도체를 먼저 관찰하고 도체를 관찰한 경우는 중학생은 없었고, 교육대학생이 8%였다. 그리고 나머지는 특별한 패턴이 없었다.

Table 3 Students' prior ideas about basic concepts related with dielectric polarization

Type of prior ideas	Number of response	
	Middle school (N=13)	College of education (N=13)
Conductors / insulators		
conductor can flow electric current or heat	13 (100%)	12 (92%)
no response	0 (0%)	1 (8%)
Electrification / electrostatics		
electricity generated by rubbing with two materials	3 (23%)	12 (92%)
transportation by rubbing or collision with two materials	5 (38%)	0 (0%)
attachment of small pieces of papers or hair	2 (16%)	0 (0%)
no response / others	3 (24%)	1 (8%)
Electroscope		
instrument to testify conductors	9 (69%)	0 (0%)
instrument to testify polarity of electricity	2 (15%)	3 (23%)
instrument to testify whether materials charge or not	1 (8%)	9 (69%)
no response / others	1 (8%)	1 (8%)

어떠한 막대를 많이 관찰하였는지를 보면, 중학생의 경우에는 알루미늄(8명) - 종이(6명), 구리(9명), 은(6명), 유리(6명) - 돌(4명), 양철(4명) - 납(3명), 나무(3명) - 헝겊(1명), 양초(1명), 쇠(1명)의 순이었고, 교육대학생의 경우에는 유리(10명), 양초(10명) - 나무(7명) - 구리(6명), 헝겊(6명) - 은(4명), 종이(4명) - 돌(3명) - 양철 (2명), 납(2명) - 쇠(1명) - 알루미늄(0명)의 순이었다.

학생들이 막대를 선택하였을 때, 왜 그 막대를 선택하였는지 이유를 물었을 때, 학생의 응답 유형별로 나누어 보면, 크게 자신의 선개념이 불확실하여 맞는지 틀리는지 검증하기 위해 관찰하고자 한 경우와 자신의 선개념이 확실하여 확인하고자 관찰하는 경우로 나누어 볼 수 있었다. 그리고 각 유형은 다시 세부적으로 각각 3개 유형과 2개 유형으로 나뉘어졌다.

선택유형 1 : 자신의 생각이 틀렸을 가능성을 염두에 두고 관찰을 통해 검증하고자 하였다.

선택유형 1-1 : 선택한 막대가 전기가 통하는 물체인지 아닌지가 궁금해서 관찰하고자 하였다.

연구자의 분석에 의하면, 이러한 유형에 속한다고 확실하게 판단되는 반응이 중학생은 약 20%, 교육대학생은 약 10% 정도로 분석되었다. 정확하게 반응수를 제시하지 않은 이유는 먼저 분석자들 사이에 의견이 일치하지 않거나 분류하기가 명확하기 않다고 판단되는 경우가 있기 때문이었다. 또한 본 연구에서는 학생의 반응을 정성적으로 이해하고자 하는 것이 주요 목적이기 때문에 특별히 정량적인 빈도수를 구하기 위해 학생의 반응을 무리하게 구분하려 하지 않고자 하였다. 단지 반응 빈도를 참고하여 다른 반응 유형들과 비교하기 위해 빈도수를 제시하였다.

본 반응에 속하는 실제 응답 예는 다음과 같다.

면담자 : 무엇부터 볼까?
학생 S-5 : 양철요.
면담자 : 왜 그것부터 보고 싶었지?
학생 S-5 : 도체인지 아닌지 알고 싶어서요.

선택유형 1-2 : 반증 사례를 관찰한 후에 확실하다고 생각되었던 것도 의심스럽게 되어 관찰하고자 하였다.

어떤 학생들은 부도체의 경우를 관찰한 후에 다른 부도체도 벌어질지 의심스러워져서 관찰하고자 하였다. 또, 부도체의 경우를 관찰한 후에 도체의 경우에도 반대로 검전기가 벌어지지 않을지도 모른다는 생각을 하는 경우도 있었다. 확실하게 본 유형에 속한다고 판단되는 반응은 중학생과 교육대학생이 모두 약 15~20% 정도였으며, 실제 면담 예는 다음과 같다.

(양초를 관찰한 후에)
학생 9 : 안 벌어질거라고 생각하는데요, 제 생각이 의심스러워서요.
면담자 : 무엇을 볼까?
학생 S-9 : 나무요. 나무도 양초처럼 벌어지는지 알고 싶어요. (관찰한 후에) 진짜 신기하다!
(양초와 헝겊을 관찰한 후에)
면담자 : 무엇을 볼까?
학생 1 : 알루미늄요. 동그라미를 했지만, 알루미늄같은 것은 제가 아마 철 종류는 통할 것이라고 생각했지만, 철 종류도 안 통할 것 같거든요.

선택유형 1-3 : 자신의 선개념이 여러 상황에서도 일반화할 수 있는지가 궁금하거나, 기타 다른 요인들의 영향으로 결과가 다르게 나올 수도 있다고 생각하기 때문에 관찰하고자 하였다.

본 유형에 속하는 반응수는 중학생과 교육대학생이 모두 약 5~10%로 분류되었으며, 실제 면담 예는 다음과 같다.

면담자 : 이번에는 무엇을 볼까?
학생 3 : 돌이요. 특별하게 보고 싶은 이유는 없는데요. 돌 속에는 철같은 성분이 들어있는 돌도 있잖아요. 쉽이지 않은 돌도 있고….

선택유형 2 : 자신의 생각이 확실하다고 생각하면서, 확증하기 위해 관찰하고자 하였다.

선택유형 2-1 : 자신의 생각이 확실하다고 생각하면서 확증하기 위해 관찰하고자 하였다.

자신의 생각이 불확실한지를 검증하기 위해 관찰하기보다는 자신의 생각이 확실하지만, 확인하기 위해 관찰하고자 하는 반응도 많이 있었다. 특히 이러한 반응은 가설의 확증과정에서 논리적 과정에 속한다고 볼 수 있으므로, 나름대로 중요한 반응이라고 생각된다. 본 유형

에 속한다고 판단되는 반응은 약 중학생은 20%정도였으며, 교육대학생은 약 35%였다. 실제 면담 예는 다음과 같다.

면담자 : 이번에는 무엇을 볼까?
학생 7 : 구리요. 구리가 전기가 통한다는 것은 상식이니까요. 확실한지 보고 싶어요.
면담자 : 무엇부터 볼까?
학생 S-2 : 유리요. 유리는 전기를 통하지 않는데 진짜 그런지 알고 싶어서요.

선택유형 2-2 : 반증사례를 접한 후에도 자신의 생각이 확실하다고 생각하면서 확증하기 위해 관찰하고자 하였다.

본 유형은 선택 유형 1-3과는 정반대의 유형이라고 할 수 있다. 즉, 반증 사례를 관찰하였음에도 불구하고, 나머지 부도체의 경우에는 자신의 생각이 확실하다는 것을 확인하기 위해 관찰하고자 한 경우이다. 이때 반응은 반증 사례를 접하면서 반증 사례가 그때만 성립되는 것이고 나머지 경우에는 자신의 생각이 그대로 옳다는 것을 확인하기 위해 관찰하고자 한 것으로 해석된다. 이러한 반응은 반증 사례를 보았을 때 ad hoc적인(임시방편적인) 수정을 하는 경우와 관련이 많이 있다고 생각된다. 예를 들면, 나무 막대의 경우 검전기가 벌어지는 것을 관찰한 후에도, '나무 막대의 경우에만, 벌어지고, 나머지 부도체는 벌어지지 않는다'라고 생각하거나, 또는 '나무 막대가 부도체인줄 알았는데, 도체구나. 물론 나머지 부도체들은 벌어지지 않을 것이다'라고 생각하는 경우라고 하겠다.

본 유형에 속한다고 판단되는 반응은 중학생은 약 10%, 교육대학생은 약 20%였다. 실제 면담 예는 다음과 같다.

면담자 : 이번에는 무엇을 볼까?
학생 S-6 : 나무요. 유리는 마찰전기가 생기니까 벌어지지만, 나무는 부도체가 확실하므로, 벌어지지 않을 거에요(이 학생은 먼저 유리막대를 관찰하였다).

2) 학생의 관찰 특성

검전기가 벌어지는지 아닌지 직접 관찰하게 하였을 때 모든 학생들이 검전기가 벌어진다고 옳게 관찰하였다. 단, 중학생 1명은 처음 자신의 선개념과 불일치하는 실험을 관찰하였을 때 검전기가 잘 벌어졌음에도 불구하고, '조금' 벌어진다고 한 경우가 있었다. 그러나 그 다음 관찰부터는 '조금'이라는 말을 사용하지 않았다. 따라서, 자신의 선개념을 보존하기 위해 관찰을 왜곡하는 경우는 볼 수 없었다.

직접 관찰하게 하였을 때 자신의 선개념에 의존한 관찰이 있었다는 다른 연구 보고들(예를 들면, 김영민, 1992; 박문주와 박종원, 1997)과는 달리, 본 연구에서는 모든 학생들이 객관적인 관찰을 하였다고 할 수 있었다. 이러한 차이는 관찰의 모호성의 정도 차이라고 생각되었다. 즉, 앞선 연구에서와 같이 전구의 밝기를 비교하거나(김영민, 1992), 빠르게 움직이는 탁구공의 움직임을 관찰(박문주와 박종원, 1997)하는 경우에 비해 본 연구에서의 관찰은 상대적으로 관찰현상이 명확하기 때문으로 생각된다.

그러나 관찰사실을 받아들이면서도 많은 학생들은 부도체의 경우에 검전기가 벌어지는 것을 보고 의외였다는 반응을 보였다. 예를 들면, 웃으면서 응답을 하거나 머리를 기웃거리거나 끄덕이면서 응답을 하였다.

3) 지지증거에 대한 반응(확증과정)

지지증거(도체)를 관찰한 경우에는 모든 학생들이 자신의 선개념이 맞았다고 응답했으며, 실험에 대해서도 별 질문이나 의심을 나타내지 않았다.

순수한 연역논리에 의한다면, 지지증거를 관찰하였다고 해서 자신의 선개념이 참임을 보장해 주는 것이 아니므로, 계속해서 지지증거를 관찰할 필요가 있다. 즉, 일반화된 형식의 가설인 '도체의 경우에는 검전기가 벌어진다'라는 가설을 확증하기 위해서 다른 종류의 도체를 관찰하면 된다.

분석 결과, 중학생의 경우에는 도체를 평균 3개 관찰한 것으로 나타나, 하나의 확증사례를 관찰한 후에 평균 2개의 확증 사례를 더 필요로 하였을 뿐이었다. 더구나 교육대학생의 경우에는 관찰한 도체의 수가 평균 1.5개로 나타나, 하나의 도체를 관찰한 후에 평균 0.5개의 도체를 더 관찰한 것으로 나타났다. 따라서, 이론적인 가능치에 비한다면, 본 연구에 참여한 학생들의 확증과정은 순수 연역 논리적 과정과는 매우 멀다고 하겠다.

4) 반증증거에 대한 반응(반증과정)과 개념 변화 과정

반증증거란, 부도체를 관찰하였을 때를 의미한다. 즉, 면담 대상자 전원은 부도체인 경우에는 검전기가 벌어지지 않는다고 생각하고 있었기 때문에 부도체의 경우

를 관찰하면 자신의 선개념을 반증하는 증거가 된다.

먼저, 반증 증거가 제시되었을 때, 반증 증거를 수용하는지 거부하는지를 보았을 때, 중학생의 경우에는 1명(이 학생은 반증증거를 관찰한 후에 자신의 생각이 맞았는지 틀렸는지를 물었을 때 대답을 유보하였다)을 제외한 모든 학생이, 그리고 교육대학 학생은 전원이 반증 증거를 수용하여 일단 자신의 예상이 틀렸다는 것을 인정한 것으로 나타났다. 실제 면담 예는 다음과 같다.

(양초를 관찰한 후에)
면담자 : 그럼 이 실험에 의하면, 네 생각이 맞았다고 생각하니? 틀렸다고 생각하니?
학생 5 : 틀렸어요.

본 연구에서는 관찰에 의한 반증증거 자체를 거부하거나 왜곡하려는 반응은 전혀 없었는데, 이 결과는 직접 관찰이 아닌 다른 연구의 경우와 대비되는 결과라고 하겠다. 예를 들면, 박종원 외(1993)의 연구에 의하면, 카드로 그려진 반증 증거를 보여주었을 때, 실험이 잘못되었다거나, 실험을 한 사람을 믿지 못하겠다는 식의 반응이 증거 기초 반응의 약 40%였었다. 또, 박종원(1995)의 경우에도 단순한 직접 관찰에 의한 결과를 그림 자료로 제시하였을 때에는 결과를 의심하는 반응이 41%로 나타났었다. 따라서, 그림이나 글 등으로 쓰여진 간접 증거보다는 학생이 직접 관찰한 경우에는 실험 결과에 따라 자신의 선개념을 바꾸기 더 쉽다는 것을 알 수 있었다.

그러나 본 연구에서와 같이 직접 관찰에 의해 자신의 선개념이 잘못되었음을 인정하는 반응이 안정적이라고 속단할 수는 없다. 왜냐하면, Gauld(1986)의 경우에도 직접 관찰을 하였을 때에는 자신의 선개념이 틀렸음을 인정하였지만, 몇 개월 뒤에는 다시 자신의 선개념 상태로 되돌아갔을 뿐 아니라, 몇 개월 전의 관찰 사실조차도 선개념대로 왜곡하여 기억한 경우가 있었기 때문이다. 본 연구에서는 다시 학생들을 대상으로 재조사하지는 않았지만, 앞으로 조사할 가치는 있다고 본다. 또, Kim &Park(1995)의 연구에 의하면, 실험값들 중에서 지지하는 값과 반증하는 값이 동시에 나오는 경우에는 직접 자신이 실험하여 얻은 값임에도 불구하고 지지하는 값만 고려하거나, 반증하는 값을 무시 또는 왜곡하는 경우도 관찰되었다.

그러나 여기에서 중요하게 지적할 것은 반증 증거를 수용하였다고 해서 그것이 곧 학생의 선개념의 폐기로 연결된 것은 아니라는 것이다. 즉, 반증 증거는 수용하여 자신의 핵심 원리를 폐기하여 새로운 개념으로 수정할 수도 있으나, 핵심 원리는 그대로 수용한 채 보조가설이나 조건 등을 수정하거나 생성하는 등 여러 가지 반응이 있을 수 있다는 것이다. 또, 실험 결과 자체는 수용하지만, 그러한 결과가 나오게 된 다른 요인들을 찾으려는 시도를 할 수도 있다. 따라서, 반증 증거를 수용한 모든 학생들의 반응은 다시 다음과 같이 3개 유형으로 나누어질 수 있었다.

반증유형 1 : 반증증거에 의해 자신의 핵심원리를 폐기하였다.

반증 유형에 대해서 자신의 핵심 원리를 폐기한 반응은 중학생의 경우 1명 뿐이었으나, 교육대학생의 경우에는 8명이 있었다. 그러나 폐기 과정에 있어서 특징별로 다시 3가지 유형으로 세분화될 수 있었다.

반증 유형 1-1 : 첫번째 반증 증거에 의해 새로운 개념 도입없이 핵심원리를 폐기한 후, 계속적인 증거 관찰을 통해 새로운 개념을 도입하였다.

첫번째 부도체를 관찰한 후에, 새로운 개념의 도입없이 자신의 핵심 원리, 즉, '도체의 경우에는 전기가 흘러서 검전기가 벌어지고, 부도체의 경우에는 전기가 흐르지 않아 검전기가 벌어지지 않는다'는 선개념을 '부도체의 경우에도 검전기가 벌어진다'고 생각을 바꾼 경우가 중학생의 경우에는 없었으나, 교육대학생의 경우에는 2명이 있었다. 이 때 이 학생들은 1~2개의 부도체를 더 관찰하면서 정전기 유도현상이나 전하들의 재배열 등의 새로운 개념을 도입하였다. 교육대학생 중 1명은 막대가 거리를 좁혀주기 때문이라는 설명이론을 도입하였다.

다음은 직접 면담 예이다.

(헝겊을 관찰한 후에)
학생 S-13 : 헝겊은 부도체라서 전기회로에서는 전기가 안 통하는데 왜 벌어지죠?
면담자 : 이 현상을 설명할 수 있겠니?
학생 S-13 : 잘 모르겠어요.
(이어서 유리를 관찰한 후에)
학생 S-13 : 유리도 벌어지는데요. 그런데 금속보다는 적게 벌어지는 것 같아요.
(금속의 경우와 비교하기 위해 납을 관찰한 후에)

학생 S-13 : 비슷한데요. 그럼 도체나 부도체나 다 벌어지는가요?
면담자 : 의심스러우면 다른 막대도 보렴. 그리고 설명해 볼래?
(종이를 관찰한 후에)
학생 S-13 : 벌어지는 것은 막대 안에 있는 분자들이 배열이 생겨서 그런가봐요.
반증 유형 1-2 : 첫번째 반증 증거에 의해 새로운 개념을 도입하면서 핵심원리를 폐기한 후, 계속적인 증거 관찰로 확인하였다.

첫번째 반증 증거만으로 자신의 핵심 원리를 폐기하였는데, 이때 새로운 개념을 도입하면서 선개념을 폐기하였다. 이러한 반응에는 중학생은 없었으나, 교육대학생의 경우에는 4명이 있었다.

실제 면담 예는 다음과 같다.

면담자 : 무슨 막대를 볼래?
학생 S-7 : 금속막대를 하나 봤으니까 이번에는 나무 막대요.
(관찰한 후에)
학생 S-17 : (대전체의)이쪽이 +면 (막대의)여기에 -가 끌려오니까 반대쪽은 +가 되고, … 그래서 벌어져요.
면담자 : 이번에는 어떤 막대를 볼까?
학생 S-17 : 양초요.
면담자 : 왜 그것이 보고싶지?
학생 S-17 : 다른 부도체들도 벌어지는지 확인하려고요.

반증유형 1-3 : 처음 반증 사례에 대해서는 관련 이론을 수정하거나 실험 결과에 미칠 수 있는 여러 요인 등을 고려하다가 반증사례가 누적되자, 새로운 이론을 도입하면서 핵심 원리를 폐기하였다.

4명의 교육대학생들은 반증 사례를 접하였을 때, 실험 결과를 부정하지는 않았으나, 실험 결과에 미칠 수 있는 다른 여러가지 요인들을 제안하였다. 예를 들면, 거리가 영향을 줄 수 있다고 생각하거나, 막대에 불순물이 섞였다고 생각하거나, 막대의 크기나 길이 등이 미칠 수 있는 영향 등을 고려하였다. 그러나 이 중에서 2명의 학생은 2개 또는 5개의 반증사례가 누적되자, 전에 배워서 기억 속에 있던 정보를 이끌어 내어 자신의 선개념을 폐기하였다. 그리고 중학생들은 한명은 실험에 대한 의심은 하지 않았지만, 관련 이론을 수정하고 선개념을 폐기하지 않았다가 두번째 반증사례에 의해서는 새로운 개념을 도입하면서 핵심원리를 폐기하였다. 실제 면담 예는 다음과 같다.

(유리막대를 관찰한 후에)
학생 S-9 : 벌어지는데요. 유리는 주성분이 어떻게 되지요? 모래에서 만들어진다고 했는데, 모래 속에 철과 같은 것이 있는게 아닌가요?
(다음에 양초를 관찰한 후에)
학생 S-9 : 양초의 주성분이 어떻게 되지요? 주성분이 어떤가에 따라 벌어지는 것이 다를 것 같아요.
(다음에 나무를 선택하면서)
면담자 : 왜 나무가 보고 싶지?
학생 S-9 : 나무도 양초처럼 벌어지는지 알고 싶어서요(관찰한 후에). 진짜 신기하다!
(이후에 헝겊과 돌을 더 관찰한 후에)
면담자 : 이제 네 생각을 말해 볼래 ?
학생 S-9 : 전에 책에서 봤는데요. 이것을 가까이하면 +와 -가 차례대로 배열되어 벌어지는게 아닌가요? 전에는 도체만 벌어지는 줄 알았는데.

반증유형 2 : 반증증거를 거부하지는 않았으나, 핵심원리를 폐기하기 보다는 관련 이론을 수정하였다.

많은 중학생들은 반증 증거에 의해 자신의 선개념이 틀렸다는 것을 인정했지만, 자신의 핵심 원리는 폐기하지 않고, 관련된 다른 이론을 수정하였다. 예를 들면, 돌막대의 경우를 관찰한 후에는 '도체는 전류가 흘러 검전기가 벌어지고, 부도체는 전류가 흐르지 않아 검전기가 벌어지지 않는다'는 핵심원리는 폐기하지 않고, 대신에 '돌은 부도체이다'라는 관련 이론을 '돌도 전류가 통하는 도체이다'라고 수정함으로서 핵심 원리를 보호하였다.

이 반증 유형은 다시 3개 유형으로 세분화될 수 있었다.

반증 유형 2-1 : 관찰된 반증 증거를 예외적인 사례로 간주하고, 나머지 부도체에 대해서는 확실하다고 믿고 관찰하지도 않았다. 그리고, 관찰된 막대에 대해서만 그 막대들이 도체라고 수정하였다.

3명의 중학생과 1명의 교육대학생은 2~4개의 부도체를 관찰한 후, 관찰한 각 막대의 경우만 도체라고 함으

로서, 핵심원리도 보존하고 나머지 부도체의 경우에 대해서도 검증할 필요성으로 갖지 않았다. 이러한 반응은 가설에 대한 ad hoc적인(임시방편적인) 수정에 속한다고 하겠다.
실제 면담 예는 다음과 같다.

(다음에 유리의 경우를 관찰한 후에)
면담자 : 그럼 네 생각을 바꾸어 볼래?
학생 12 : 여기에서 부도체는 나무, 유리, 헝겊, 돌, 종이이라고 했는데, 유리와 양초는 도체인 것을 알았고, 여기에서 검전박이 벌어지지 않는 것은 나무, 종이, 헝겊, 돌입니다.

반증 유형 2-2 : 준비된 부도체를 모두 관찰하였으나, 모두 예외적인 사례로 간주하고 관련 보조 이론만 수정하였다.

반증 사례를 관찰하고도 계속해서 다른 부도체들을 관찰하려고 한 학생은 중학생의 경우 2명, 교육 대학생의 경우 1명이 있었다. 그들은 모두 부도체를 관찰할 때마다, 관찰한 막대가 도체라고 관련 이론을 수정하고 6개의 막대를 모두 관찰한 후에도 6개의 막대가 도체라고 함으로서 자신의 핵심원리인 도체는 검전기가 벌어지고, 부도체는 검전기가 벌어지지 않는다는 선개념을 보존시켰다.

반증 유형 2-3 : 몇 개의 반증 사례를 접한 후, 모든 물체는 전기가 통한다는 관련 이론을 수정하여 일반화하였다.

반증사례를 관찰한 후에 많은 학생들이 핵심원리를 버리기보다는 관련이론을 수정하였는데, 중학생의 경우 2명, 교육대학생의 경우 1명의 학생은 부도체를 모두 관찰하지도 않고, 수정된 관련 이론을 일반화시켰다. 면담 예는 다음과 같다.

(도체 2개,부도체 5개를 관찰한 후에)
면담자 : 왜 그만 보자고 하였어요?
학생 3: 더 볼 필요가 없어요. 나머지도 다 벌어진다고 생각해요.
면담자 : 혹시 안 벌어질 거라는 생각은 안 들어요?
학생 3 : 이 실험을 통해서 모든 물체는 전기가 통한다는 사실을 알았기 때문에요. 모든 물체는 도체, 부도체를 떠나서 전기가 흘러요. 그러므로 모든 물체는 도체예요.

위와 같이 핵심 원리를 보호하는 대신 관련 이론을 수정하는 데에는 검전기에 대한 오개념이 연관되어 있었다. 즉, 많은 중학생들은 검전기가 전기가 흐르면 벌어지고, 전기가 흐르지 않으면 벌어지지 않는다고 생각하고 있었으며, 따라서 검전기는 전기가 흐르는지 아닌지를 검사하는데 사용한다고 생각하고 있었다. 따라서, 돌막대가 벌어진 것은 돌막대에 전기가 흘렀기 때문이라고 생각한 것이었다.

물론, 관찰한 부도체가 전기가 통한다고는 하였으나, 왜 그런지 그에 대한 설명이론을 필요로 하는 학생이 많이 있었다. 실제 면담 예는 다음과 같다.

(양초의 경우를 관찰한 후에)
면담자 : 이 실험에 대해서 의심나는 것이나 질문이 있어요?
학생 6 : 금속만 전기가 통한다고 생각했거든요. 그런데 왜 양초가 전기가 통하는지 궁금해요.

이와 같이 부도체를 도체라고 관련 이론을 수정하였지만, 학생들이 수정된 이론체계에 대해 정합성을 잘 인식하지도 못하는 경우가 있었다. 예를 들어, 돌이나 유리막대의 경우에 검전기가 벌어진 것을 보고 돌이나 유리 막대 등이 전기가 통하며 도체라고 응답하였으나, 돌이나 유리 막대에 건전지와 꼬마전구를 연결하면 전구에 불이 켜질 것인지를 물었을 때에는 다시 전구에 불이 켜지지 않는다고 응답함으로서, 도체에 대해 두 개의 상반되는 개념을 동시에 가지고 있었다.

다음은 그에 대한 실제 면담 예이다.

(종이를 관찰한 후에)
면담자 : 이 실험에 대해서 의심나는 것이 있거나 질문있어요?
학생 3 : 종이가 어떻게 해서 전기가 통하는지가 궁금해요.
면담자 : 종이가 도체라고 생각해요?
학생 3 : 예
면담자 : 아까 도체가 뭐라고 했었지요?
학생 3 : 전기가 통하는 물질이요.
면담자 : 그럼 종이에 꼬마전구와 전지를 연결하면 전구에 불이 켜질 것 같아요?
학생 3 : 아니요.

5) 검증과정의 종결과 학생의 최종 생각

중학생은 13명 중 1명만이 12개의 막대를 모두 관찰하였고, 나머지 12명은 모두 도중에서 관찰을 더 할 필요가 없다고 하면서 검증과정을 종결하였다. 교육대학생은 12개의 막대를 모두 본 학생은 한 명도 없었으며, 모두 중도에서 검증을 중단하였다. 특히 10명의 학생은

모두가 1~2개의 도체를 관찰한 후에는 더 이상 도체를 관찰하지 않았다.

학생의 최종생각을 유형별로 정리하면 다음과 같다.

최종 생각 유형 1 : 정전기 유도 현상, 또는 분자들의 재배열에 의해 도체와 부도체의 경우 모두 검전기가 벌어진다.

최종 생각 유형 2 : 막대들이 거리를 좁혀주는 역할을 하므로, 도체와 부도체의 경우 모두 검전기가 벌어진다.

최종 생각 유형 3 : 모든 물질은 전기가 통한다. 따라서, 모든 물체의 경우에 검전기가 벌어진다.

최종 생각 유형 4 : 도체는 벌어지고 부도체는 벌어지지 않는다. 그리고 부도체라고 생각했던 나무, 유리 등은 관찰 결과 모두 도체이다.

V. 결 론

본 연구에서는 중학생과 교육대학생을 대상으로 정전기 유도현상에 대한 학생의 선개념을 조사하고, 그들이 직접 실험을 관찰하게 하면서 학생의 가설확증과정과 반증과정을 면담을 통해 분석 조사하였다.

정전기 유도 현상에 대해서는 많은 중학생과 교육대학생들이 오개념을 가지고 있었다. 학생들이 가지고 있는 선개념이 맞는지 틀리는지 직접 관찰을 통하여 자신의 생각을 검증하도록 하였을 때, 학생들의 증거 선택 유형과, 관찰 특성, 확증과정과 반증과정, 그리고 학생들의 개념 변화과정등을 알 수 있었다.

학생의 과학 활동을 이해하는 데에는 과학철학이 여러 가지 면에서 도움을 줄 수 있다. 그러나 현대의 과학철학적 논의가 매우 다양해지고, 실제 과학자들의 활동을 잘 설명해 주지 못한다는 여러 가지 증거들이 나타나고 있다. 따라서, 하나의 과학철학적 관점만으로 과학활동을 이해하려고 한다면 매우 제한적으로 과학활동을 이해할 수 있을 뿐이다.

본 연구에서 나타난 실제 학생들의 반응은 여러 가지로 나타난 것을 알 수 있었다. 즉, 어떤 학생들은 포퍼가 말한 바와 같이 하나의 반증사례만으로도 자신의 핵심 원리를 폐기하였다. 그러나 폐기한 것으로 끝나지 않고, 계속적인 관찰을 필요로 하였고 그러한 현상을 설명하기 위해 새로운 개념을 도입하려 했다는 측면에서 차이가 있었다. 또, 어떤 학생들은 쿤이나 라카토스가 말한 바와 같이 반증 사례에 접하자, 새로운 개념을 도입하여 그 개념으로 전환하면서 기존의 개념을 폐기하기도 하였다. 그리고 라카토스가 말한 바와 같이 관련 이론을 수정하여 자신의 핵심 원리를 보존하는 반응도 많이 있었다.

이러한 반응들은 또 대상에 따라 다르게 나타났다. 예를 들면, 중학생의 경우에는 관련이론을 수정하고 핵심원리를 보존한 경우가 많았으나, 교육대학생의 경우에는 반증 사례에 접하자 새로운 개념을 도입하거나 찾으면서 핵심원리를 폐기한 반응이 많았다.

확증과정에서도 중학생보다 교육대학생들이 확증 후에 계속적인 확증을 덜 필요로 한 것으로 나타나, 포퍼가 말한 후건긍정의 오류에 해당하는 반응이 많이 있었다.

본 연구를 통해 어떤 과학철학적 관점이 옳은지를 판단하고자 하는 것은 아니다. 왜냐하면, 기본적으로 실제 과학 활동은 여러 가지로 복잡하게 나타나기 때문일 수도 있다. 예를 들면, 귀납의 문제는 이미 과학철학에서 공통적으로 받아들여진 문제이지만, 실제 과학활동에서는 '객관적' 관찰이 중요한 역할을 하는 경우도 존재한다. 따라서, 여러 가지 과학철학적 관점에 기초하여 실제 학생들의 과학활동을 다각도로 관찰하고 분석하는 일이 학생의 실제 과학활동을 보다 깊이 이해하게 할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 정전기 유도(유전분극)현상에 대한 학생의 선개념을 조사하고, 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거를 관찰하게 하여 학생의 반응을 조사하는 연구이다. 증거를 학생이 직접 선택하게 하였을 때, 선택 유형은 두 가지로 나타났다: 자신의 생각이 불확실하여 확인하기 위해 증거를 선택하는 경우와, 자신의 생각을 확신하면서 확증 증거로서 관찰하고자 하는 경우. 각각의 선택유형은 다시 각각 3개와 2개의 하위 유형으로 나눌 수 있었다. 학생의 관찰 결과를 보면 모든 학생이 관찰 결과를 받아들여, 자신의 생각을 반증하는 경우에 대해서도 관찰자체를 거부하는 경우는 없었다. 자신의 생각을 지지하는 증거에 대해서는 대부분의 학생이 후건긍정식의 오류를 범하여, 계속적으로 확증증거를 요구하지는 않는 것으로 나타났다. 자신의 생각을 반증하는 증거에 대해서는 학생의 반응이 크게 두 가지로 나뉘어

졌다: 반증 증거에 의해 자신의 생각을 폐기한 경우와 핵심원리를 폐기하기보다는 관련된 다른 보조 이론을 수정 보완하는 경우. 첫 번째 경우는 다시 3가지로 세분화되었는데, 공통적인 특징으로는 새로운 개념을 도입하였다는 것이었다. 이것은 학생의 개념 변화를 이해하는 데, 포퍼보다는 라카토스식 설명이 더 적절함을 보여주는 것이었다. 두 번째 경우도 다시 3개 하위 유형으로 나뉘어졌으며, 대학생보다는 중학생의 경우에 더 많았다. 즉, 관련 보조 이론에 대한 이해가 부족한 경우에는 핵심원리(오개념)를 폐기하기 보다는 관련 보조 이론을 수정 보완하는 것으로 나타나, 개념변화에서는 관련 보조 개념에 대한 이해도 중요한 역할을 할 수 있음을 알 수 있었다.

주요어 : 가설확증, 가설반증, 개념변화, 구성주의, 정전기 유도, 유전분극, 면담

참 고 문 헌

박종원 (1992). 인지적 갈등의 이론적 모형. 전남대학교, 과학교육연구지 16(1), 17-35.

박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재 (1993). 중학생들의 빛과 그림자에 대한 증거평가. 한국과학교육학회지 13(2), 135-145.

박종원, 서정아, 정병훈, 박승재 (1994). 힘과 운동 개념 변화를 위한 연역 논리 과제에 대한 중학생의 반응 분석. 한국과학교육학회지 14(2), 133-142.

박종원 (1996). 학생의 선개념과 탐구기능이 전기 실험 결과의 해석에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 16(3), 227-238.

신만수, 박종원 (미발표). 전기에 대한 중. 고등학생 및 대학생과 교사의 개념 조사.

Faust, D. (1987). *The limit of scientific reasoning*. University of Minnesota press.

Giere, R. N. (1988). *Explaining Science : A cognitive approach*. The University of Chicago Press.

Gauld, C. (1986). Model, meters and memory. *Research in Science Education*, 16, 49-54.

Gorman, M. E. (1989). Error and scientific reasoning: An experimental inquiry. In S. Fuller, M. De Mey, T. Shinn & S. Woolgar (Eds.), *Cognitive turn* (p. 42), Academic Publishers.

Gunstone, R. F. (1991). Restructuring theory from practical expecience. In, B. Woolnough (Ed.) *Practical science : The role and reality of practical work in school science*. Open University Press.

Lawson, A. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.

Kern, L. H., Mirels, H. L., & Hinshaw, V. G. (1983). Scientists'understanding of propositional logic : an experimental investigation. *Social Studies of Science*, 13, 131-146.

Kim, I. & Park, J. (1995). *Student's responses on the conflict observation, data transformation and result in electricity*, presented paper in ASERA, Australia.

Kuhn, T. S. (1970). *The sturucture of scientific revolutions* (2nd ed.). The University of Chicago Press.

Kuhn, D., Amsel, E., & O'Louglin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Academic Press.

Lakatos, I. (1995). *The methodology of scientific research programmes : Philosophical papers volume 1*. edited by J. Worrall & G. Currie. Cambridge University Press.

Mahoney and Kimper, T. P. (1976). From ethics to logic : A survey of scientists'. In, Mahoney (Ed.), *Scientist as subject : The psychological imperative*. Cambridge, Maa. : Ballinger.

Mitroff, I. (1974). *The subjective side of science: A philosophical inquiry into the psychology ofthe apollo Moon Scientists*. New York: Elsevier.

Mynatt, C. R., Doherty, M. E., & Twney, R. D. (1978). Consequences of confirmation and disconfirmation in a simulated research environment. *Quartely Journal of Experimental Psychology*, 30, 395-406.

Park, J. (1992). *The role of metacognition in the change of concepts about relativity*. Paper presented at the American Association of Physics Teachers (AAPT), Maine, USA.

Park, J. & Kim, I. (1995). *The effect of students'preconception and inquiry skill on the interpretation of result in electricity*. Paper presented at the Ausralasian Science Education Research As-

sociation (ASERA), Australia.

Park, J., & Kim, I. (1997). *Conceptual change through deductive reasoning.* Paper presented at the Ausralasian Science Education Research Association (ASERA), Australia.

Park, J. & Pak, S. (1997). Students' responses to the experimental evidences according to student's idea types and evidence types about electricity. *Journal or Research in Science Teaching*, 34(1), 57-67.

Popper, K. (1968). *The logic of Scientific Discovery.* Harper & Row, Publishers.

Tweney, R. D., Doherty, M. E., & Mynatt, C. R. (1981) *On scientific thinking.* New York: Columbia University Press. (p. 115).