학생의 선개념과 탐구 기능이 전기 실험 결과의 해석에 미치는 영향

박 종 원
(전남대학교)

(1996년 3월 12일)

Ⅰ. 연구 동기와 목적

수업 전에 학생이 가지고 있는 개념체계가 과학적으로 틀린 경우에, 과학 교육학자들은 이러한 개념의 변화를 위해 여러가지 지도 전략들을 제안해 왔다(Scott et al., 1992). 그 중의 많은 연구자들은 인지적 갈등을 중요한 요인으로 보고, 학생에게 불일치되는 상황 - 새로운 경험이나 다른 대안적 개념 체계등 -을 제시하도록 제안하였다(Rowell & Dawson, 1985; Strike & Posner, 1985; Hashweb, 1986). 예를 들어, 박종원(1992a)은 상대론 기초개념에 대한 개념 변화 과정에서 인지적 갈등이 중요한 역할을 한다는 것을 관찰하였고, 인지적 갈등에 대한 이론적 모형을 제시한 바 있다(박종원, 1992b). 그리고 갈등 훈련을 통해 온도에 대한 개념변화에 성공한 연구 결과가 보고되기도 하였다(Stavy & Berkovitz, 1980).

그러나, 과학을 배우는 학생이 실험 결과를 해석할 때, 실험 결과의 해석은 기본적으로 학생의 선개념과 제시된 실험 결과와의 상호작용으로 이루어진다. 이 때, 학생 개개인은 얻어진 실험 결과를 그들 나름대로 해석하고 내면화한다. 즉, 실험 결과의 해석에 실험자의 기대와 선행 경험 또는 배경 지식들이 영향을 미칠 수 있다는 것이다(Champagne et al., 1980; Gunstone & White, 1981; Gunstone, 1991). 이것은 관찰이 이론에 의존한다는 현대 과학철학적 주장에서도 알 수 있으며(Hanson, 1961), 과학적 지식이 생성되는 과정이 인간 사고의 상상력의 결과라는 포퍼의 주장과도 일맥상통한다(Popper, 1968).

이러한 측면에서, 인지적 갈등을 통한 개념 변화 시도가 항상 성공적인 것만은 아니라는 것을 알 수 있다(예를 들면, Happs, 1985). 예를 들면, 단순히 불일치되는 정보를 제시하는 것만으로는 개념변화를 보증할 수 없다는 연구결과가 발표되기도 하였고(Dykstra et al., 1992), 학생의 선개념과 불일치되는 실험 결과를 그림으로 그려진 카드로 제시하였을 때, 증거에 기초한 학생의 반응 중에서 40%가 증거를 거부하거나 왜곡하는 반응이었다는 연구결과도 있었다(박종원, 외, 1993). 직접 실험 결과를 관찰하는 경우에도 이러한 경우를 볼 수 있다. 예를 들어, 학생의 예상과는 다른 결과를 보여주는 시범장치를 이용해 학생의 개념변화를 시도한 연구에서 많은 학생들이 자신의 원래 생각을 그대로 유지시키는 사례들이 관찰되기도 하였고(박종원과 박문주, 미발행), 개념변화를 위해서 고안된 시범이 오히려 학생의 선개념을 강화시켜주는 경우가 관찰되기도 하였다(Shepardson, et al., 1994). 이 외에도 Gauld(1986)는 학생의 예상과 불일치되는 현상을 직접 관찰케 하여 관찰결과를 받아들이도록 하였음에도 불구하고, 몇 개월 후에는 자신의 원래 선개념과 일치하도록 관찰 결과를 왜곡하여 기억하는 경우도 관찰하였다.

실험 결과의 해석에 미치는 선개념의 영향은 실제 과학자의 활동에서도 볼 수 있다. 즉, 많은 과학자들은 비과학자들이 보여주는 인지적 결점과 비슷한 결점을 가지고 있는 것으로 보이며, 과학자가 자신의 이론과 실험결과가 일치하지 않는 경우에도 포퍼의 반증과정을 적용하지 않는다는 것이다(Faust, 1984; Shadish & Neimeyer, 1989).

물론, 이러한 연구 결과들이 학생의 잘못된 개념체계와 불일치하는 실험이 선개념의 변화에 아무런 역할을 하지 못한다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이러한 연구 결과들은 단순히 불일치되는 실험 결과를 제시하는 것만으로는 쉽게 개념이 변화되지 않을 수 있으므로, 불일치되는 실험 결과와 함께 의도적인 다른 전략들이 추가되어야 한다는 것을 시사하고 있다. 예를 들어, Cosgrove와 Osborne(1985)은

* 본 연구는 1993년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었음(94.1. - 94.12. 수행)

Rowell과 Dawson(1983)의 연구를 예로 들면서, 불일치되는 증거만으로 충분치 않을 때 다른 대립되는 생각들을 이끌어 내어 비교 논의케 하는 것이 개념변화에 중요하다고 언급하기도 하였다. 또, Thijs와 Bosch(1995)는 시범만 보여준 경우와 시범과 함께 토의한 경우를 비교하여 후자의 경우에 개념변화가 더 성공적이었다고 주장하였다.

Kuhn 등(1988)은 학생의 선개념과 관련지어 지지하거나 반증하는 또는 무관련할 수 있는 여러가지 형태의 증거가 제시되었을 때, 선개념과 증거가 능동적으로 상호작용하는 증거평가 활동이 중요한 과학적 활동임을 주장하기도 하였다. 이에 대해 Park과 Pak(인쇄중)은 증거평가가 선개념 유형(인과적/비인과적)이나, 증거의 유형(관련/무관련)에 따라 다름을 관찰하기도 하였다. Lawson 등(1989)도 다음과 같은 기능들을 과학적 탐구 기능의 하나로 포함시켰다: 가설과 관련없는 자료가 무엇인지 인식할 수 있는 기능, 가설을 지지하는 자료와 그렇지 않은 자료를 인식할 수 있는 기능, 가설의 진위를 가리기 위해 여러 자료들로부터 지지증거와 반대증거를 조합할 수 있는 기능, 증거가 없거나 부족할 때 판단을 보류할 수 있는 기능.

실험 결과의 해석이 선개념과 실험 결과와의 상호작용의 결과라는 측면에서 보면, 학생의 선개념 뿐 아니라 실험 상황도 마찬가지로 실험 결과의 해석에 영향을 미친다는 것을 예상할 수 있다. 예를 들어, Dawson과 Rowell(1987)은 변인통제 결과를 일상적인 상황과 과학적 상황으로 상황을 달리하여 제시하여 학생의 반응을 조사하였다. 연구 결과, 학생들은 일상적 상황보다는 과학적 상황에서 실험 결과를 더 잘 해석하는 경향이 있음을 발견하였다. Linn(1980)은 학생들에게 실험 상황을 주어주고 그들에게 먼저 포함되어야 할 변인들을 열거하도록 하였다. 그리고 그들에게 관련변인이 무엇인지를 물었다. 연구 결과, Linn은 학생들이 수행한 실험에서 그들이 처음에 관련된 변인이라고 하였던 변인을 통제하기를 더 좋아한다는 것을 발견하였다. 이러한 상황 효과(context effect)에 대해서는 이 외에도 많은 연구들이 보고되어 왔다(예를 들면, Donaldson 1978; Song & Black, 1992).

본 연구는 실험 결과의 해석에 있어서 이러한 선개념과 실험결과와의 상호작용을 밝히려는 연구의 일환이다. 즉, 선개념과 실험결과와의 상호작용을 밝힘으로서 학생의 개념형성 및 변화과정을 실증적인 자료를 통해 보다 더 깊이 이해해 보기 위한 연구이다.

과학 교과서에서는 여러가지 실험 결과들이 제시되어 있다. 이러한 실험들에 대해서 물론 학생들이 직접 실험실에 가서 실험을 통해 결과를 얻고 해석하는 활동이 중요할 것이다. 그러나 여러가지 이유 - 시간적인 문제, 기자재 문제, 실험을 위한 이상조건을 만족시키기가 어려운 실험의 경우 등 - 로 인해 직접 실험을 하지 않고 제시된 실험 결과에 기초하여 교실에서 해석하고 적용하는 경우가 많이 있다. 따라서, 본 연구에서는 다른 사람이 실시한 실험 결과를 제시하였을때 학생이 어떻게 받아들이는지를 연구하고자 한다. 특히, 자신의 선개념과 불일치되는 경우, 선개념이 어떻게 영향을 미치는지를 보고자 한다.

이때, 제시되는 실험상황을 달리함으로서, 실험 상황의 영향도 조사하고자 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 실험이 가질 수 있는 중요한 특징으로서 탐구기능을 선정하였다. 즉, 탐구기능을 달리한 실험 결과를 제시하여 학생의 반응이 어떻게 달라지는지를 조사함으로써, 실험 결과에 포함된 탐구기능이 미치는 영향을 조사하고자 한다.

예를 들어, 만일, 주어진 실험 결과가 자신의 예측과 다르다고 하여도, 특정한 탐구 기능을 사용하여 실험을 하였고, 사용한 탐구 기능이 큰 영향을 미친다면, 학생은 실험 결과를 보다 잘 수용할 수 있을 것이다. 물론, 이 경우에도 탐구 기능이 영향을 미치지 않거나, 탐구 기능의 영향보다 선개념의 영향이 더 크게 작용한다면, 실험 결과를 수용하지 않거나 다른 측면에서 해석하려는 시도를 보일 것이다. 그리고 이러한 경향은 실험 결과를 얻기 위해 포함된 탐구 기능의 종류에 따라 다를 수도 있을 것이다.

Ⅱ. 연구 내용

본 연구는 특정한 전기 현상에 대해 오개념을 가지고 있는 학생에게, 실험 결과 -학생의 예상과 불일치하는- 를 제시하고, 실험 결과의 해석에 미치는 선개념의 영향을 조사하기 위한 연구이다. 동시에 실험 결과를 얻기 위해 사용된 탐구기능을 두 경우 - 단순한 관찰에 의해서 결과가 얻어지는 경우와, 관찰뿐 아니라 변인 통제를 통해 결과가 얻어지는 경우-로 나누어, 학생의 반응이 어떻게 달라지는 지를 봄으로서, 실험 결과의 해석에 미치는 탐구기능의 영향을 조사하기 위한 연구이다. 탐구기능의 종류와 분류는 여러 연구나 학자들에 따라 다르다. 본 연구에서는 Science-A Process Approach(SAPA Ⅱ, 1990)에 의해 관찰과 변인통제 기능을 선정하였다. SAPA Ⅱ에 의하면, 탐구 기능을 크게 기초적 탐구 기능(basic inquiry skills - observing, using space/time relationship, classifying, using number, measuring, communicating, predicting, and inferring)과 통합적 탐구 기능(integrated inquiry skills - controlling variables, interpreting data, formulating hypotheses, defining operationally, and experimenting)으로 나누고 있는 데, 각각의 영역에서 하나

씩을 선정한 것이다.

이를 위한 자세한 연구 내용은 다음과 같다.

(1) 특정한 전기 현상에 대해 학생의 선개념을 조사한다.

(2) 학생의 선개념과 불일치하는 실험 결과를 두가지 형태로 나누어 제시한다 : 관찰에 의한 실험 결과, 관찰과 변인 통제에 의한 실험 결과

(3) 불일치 하는 실험 결과에 대해서, 학생의 반응을 다음과 같은 측면에서 조사한다.

실험 결과를 거부하거나, 수용하는 반응, 또는 혼란스러워 하는 반응은 각각 얼마인가 ?

실험 결과를 거부할 때의 반응 특징은 무엇인가 ?

실험 결과를 수용할 때의 반응 특징은 무엇인가 ?

위와 같은 반응들이 탐구 기능의 종류에 따라 어떻게 달라지는가 ?

Ⅲ. 연구 방법

본 연구를 위해서 K-도시에 소재하는 과학고등학교 학생을 선정하였다. 그 이유는 기본적인 탐구 기능의 하나인 관찰과 변인통제 기능을 모든 학생이 잘 가지고 있다고 가정할 수 있기 때문이다. 실제로 본 연구에서 학생의 반응을 조사하였을 때, 변인 통제에 실패하여 반응을 보인 학생은 한 명도 없었다.

본 연구는 두 단계로 이루어졌다. 첫 단계에서는 전기 현상에 대한 학생의 선개념을 조사하고, 두번째 단계에서는 첫번째 단계에서 밝혀진 학생의 선개념에 기초하여 오개념을 가진 학생만을 대상으로 실험 결과에 대한 학생의 반응을 조사하였다.

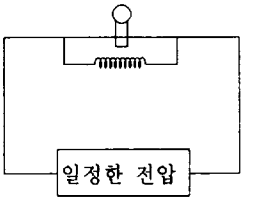
각각의 단계에서는 실험 결과 해석에 필요한 탐구 기능의 종류가 다른 두가지 유형의 설문지가 사용되었다. 즉, A유형에는 전구에 병렬로 연결된 저항을 크게 하였을 때 전구 밝기의 변화에 대한 선개념을 조사하기 위한 설문지와 관찰에 의해 얻어진 실험결과에 대한 학생의 반응을 조사하는 설문지가 포함되어 있다<그림 1>. B유형에는 전구에 병렬과 직렬로 연결된 저항을 크게 하였을 때 전구 밝기의 변화에 대한 선개념을 조사하기 위한 설문지와 관찰 및 변인통제에 의해 얻어지는 실험 결과에 대한 학생의 반응을 조사하는 설문지가 포함되어 있다<그림 2>. 즉, 각 유형(A, B)의 첫번째 설문지는 전구의 밝기 변화에 대한 학생의 선개념을 조사하기 위한 문항이고, 두번째 설문지는 전구 밝기에 대한 실험 결과를 제시하고, 그에 대한 반응을 조사하기 위한 설문지이다. 이때, 각 실험 결과는 다른 학생이 얻은 결과를 제시하는 방식을 사용하였다.

조사 방법은 먼저 첫 단계의 설문지를 배부하여 응답하도록 하였고, 회수한 다음 곧바로 동일 학생에게 두번째 설문지를 배부하여 응답하도록 하였다. 그리고, A유형과 B유형은 각각 유형은 다르지만(포함된 탐구 기능의 종류가 다르지만), 내용(전구에 병렬 연결된 저항의 크기 변화에 따른 전구 밝기의 변화)은 동일하므로, 각각 다른 학생들에게 조사되었다.

<그림 1> A 유형 설문지

(선개념 조사를 위한 A 유형 설문지)

그림과 같이 일정한 전압 장치에 꼬마 전구를 연결하고, 가변 저항(저항의 크기를 변화시킬 수 있는 저항)을 전구에 병렬로 연결하였습니다.



만일, 니크롬선의 저항을 크게 하면, 전구의 밝기는 어떻게 변하겠습니까 ?

(1) 전구의 밝기는 변함없다. ---------- ( )

(2) 전구가 더 밝아진다. ----------( )

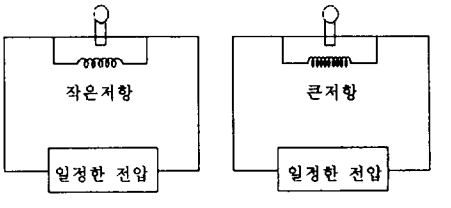
(3) 전구가 더 어두워진다. ----------( )

(4) 기타 _____

왜 그렇게 생각합니까? _____

<실험 결과에 대한 반응 조사를 위한 A유형 설문지>

철수는 니크롬선 저항을 달리하면 전구의 밝기가 어떻게 변하는지 알아보기 위해 아래 그림과 같이 저항을 달리하면서 전구의 밝기를 비교하였습니다.

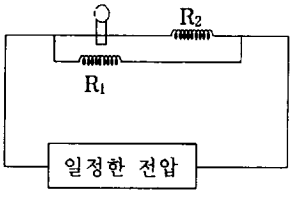


철수가 관찰한 결과 전구의 밝기가 같았습니다.

어떻게 위와 같은 결과가 나왔다고 생각합니까 ?

<그림 2> B 유형 설문지
(선개념 조사를 위한 B 유형 설문지)

아래 그림과 같이 일정한 전압 장치에 전구와 니크롬선 저항 두개를 연결하였습니다.



1. 위 회로에서 저항 R_1을 크게 하면 전구의 밝기는 어떻게 변하겠습니까 ?
(1) 전구의 밝기는 변함없다.---------- ( )
(2) 전구가 더 밝아진다. ----------( )
(3) 전구가 더 어두워진다. ----------( )
(4) 기타 _____

왜 그렇게 생각합니까 ? _____

2. 위 회로에서 저항 R_2를 크게 하면 전구의 밝기는 어떻게 변하겠습니까 ?
(1)전구의 밝기는 변함없다. ---------- ( )
(2) 전구가 더 밝아진다. ----------( )
(3) 전구가 더 어두워진다. ----------( )
(4) 기타 _____

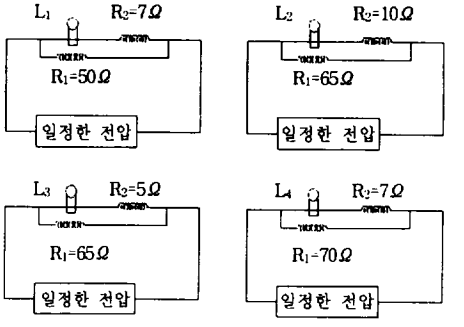
왜 그렇게 생각합니까 ? _____

<실험 결과에 대한 반응 조사를 위한 B유형 설문지>

철수는 니크롬선 저항을 달리하면 전구의 밝기가 어떻게 변하는지 알아보기 위해 아래 그림과 같이 저항을 달리하면서 전구 밝기를 비교하였습니다.

철수가 관찰한 결과 전구 밝기는 다음과 같았습니다:

$L_3 > L_1 = L_4 > L_2$



1. 저항 R_1이 전구의 밝기에 영향을 줍니까 ?
(1)주지 않는다. ---------- ( )
(2) 저항 R_1 이 커지면 전구가 어두워진다. --- ( )
(3) 저항 R_1 이 커지면 전구가 밝아진다. ----- ( )
어떤 실험 결과를 보고 그렇게 응답하였습니까 ?

_____

어떻게 위와 같은 결과가 나왔다고 생각합니까.

_____

2. 저항 R_2이 전구의 밝기에 영향을 줍니까 ?
(1)주지 않는다. ---------- ( )
(2) 저항 R_2 가 커지면 전구가 어두워진다. --- ( )
(3) 저항 R_2 가 커지면 전구가 밝아진다. ----- ( )
어떤 실험 결과를 보고 그렇게 응답하였습니까 ?

_____

어떻게 위와 같은 결과가 나왔다고 생각합니까.

_____

A 유형에서는 일정한 전압에 전구를 연결하고, 전구에 병렬로 저항을 연결하여, 저항을 크게 하였을 때 전구의 밝기 변화를 묻는 것이었다. 이때 일정한 전압이라고 하였으므로, 전구에 걸리는 전압이 일정하고, 전구의 저항도 일정하므로, 전구에 흐르는 전류는 전구에 병렬로 연결된 저항의 변화에 상관없이 일정하다. 따라서, 저항 변화에도 불구하고 전구의 밝기는 일정하다. 물론, 전원장치가 정전압 장치가 아니고 일반적인 전지라면, 전지의 내부저항을 고려할 필요가 있게 된다. 즉, 내부저항을 고려하면, 외부 저항이 커져서, 전체전류가 작아지므로, 전지의 내부저항에 의한 전압강하가 작아지고 따라서 단자전압이 커질 때, 전구의 밝기는 밝아지게 된다. 그러나, 이와 같이 전지의 내부저항

을 고려한다고 하더라고, 외부의 저항이 전지의 내부저항에 비해 대단히 큰 경우에는 외부저항의 변화에 상관없이 단자 전압이 거의 일정하게 된다. 즉, 보통 전지의 내부저항은 0.5Ω 정도이므로, 외부저항이 수십 Ω 이상인 경우에는 외부저항의 변화에 상관없이 단자전압이 거의 일정하다고 할 수 있다. 여하튼 본 설문지에서는 정전압 장치가 사용되었거나 전지가 사용되었다고 하더라고 외부저항이 큰 경우로 함으로서 일정한 전압으로 가정하였다.

B 유형에서는 일정한 전압에 전구를 연결하고, 전구에 직렬과 병렬로 저항을 연결하여, 각각의 저항을 크게 하였을 때 전구의 밝기 변화를 묻는 것이었다. 병렬로 연결된 저항의 경우에는 A 유형의 경우와 동일하다. 즉, 병렬로 연결된 저항의 경우에는 저항의 변화에 상관없이 전구의 밝기가 일정하다. 그러나 직렬의 경우에는 저항이 커지면 전체전류가 작아지므로 전구가 어두워지게 된다. 만일, 직렬로 연결된 저항의 영향에 대해서 잘 이해하고 있다면(실제로 본 연구 결과에 의하면, 대부분의 학생들은 직렬로 연결된 저항의 영향에 대해서는 잘 알고 있었다), A 유형과 B유형은 학생의 선개념을 조사하기 위한 다른 형태이면서도 동일한 내용의 설문지라고 할 수 있겠다. 즉, 두 유형 모두가 전구에 병렬로 연결된 저항의 크기를 변화시켰을 때 전구의 밝기 변화를 예상하는 문제였다. 그러나, B 유형에서 특별히 전구에 직렬 연결된 변인을 추가로 포함시킨 이유는 두개의 변인(직렬로 연결된 저항과 병렬로 연결된 저항)을 포함시킴으로서 제시될 실험 결과가 변인통제를 통해 얻어질 수 있도록 하기 위해서였다.

본 연구에 참여한 학생의 학년과 학생수는 다음과 같다.

<표 1> 연구 참여 학생

유형	포함된 탐구기능	학교	학년	학생수
A	관찰	과학고	1학년	31
B	관찰 + 변인통제	과학고	1학년	28
		과학고	2학년	29

Ⅳ. 결 과

첫 단계 설문에서는 특정한 전기 현상에 대해 학생의 선개념을 조사하였다. 이때, A유형과 B 유형의 차이는 B 유형에서 직렬로 연결된 저항이 더 있다는 것이었다. 우선, B 유형에서 전구에 직렬로 연결된 저항의 영향에 대해서는 5명을 제외한 52명(91.2%)의 학생들이 잘 알고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 5명을 제외하고 분석하면, 나머지 모든 학생은 이에 대해서 오개념을 가진 학생은 없는 경우가 된다. 전구에 병렬로 연결된 저항의 영향에 대해서만 학생의 선개념을 조사한 결과를 제시하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 전구 밝기에 대한 학생의 예상
(병렬로 연결된 저항을 크게 한 경우)

전구의 밝기	설문유형	
	A(N=31)	B(N=52)
같다*	2 (6%)	16 (31%)
더 밝아진다	21 (68%)	32 (62%)
더 어두워진다	8 (26%)	4 (7%)

* 물리적으로 옳은 선택

과학고등학교 학생임에도 불구하고 많은 학생들이 본 연구에서의 전기 현상에 대해서 많은 오개념이 있는 것으로 나타났다. 즉, 과학적으로 옳은 예상을 한 학생은 6% - 31%에 불과하였다. 단지, B 유형의 경우에 A유형의 경우보다 옳게 예상한 학생이 많게 나타났지만, 본 연구에서는 오개념을 가진 학생만 선정하여 다음 단계의 연구를 계속하였고, 이때 학생의 반응을 중요시하였기 때문에 옳은 예상에 대한 학생수의 차이는 본 연구에서는 중요한 것이 아니라고 하겠다.

전구 밝기 변화에 대해 학생이 선택하고 선택한 이유를 정리하여 제시하면 다음 <표 3>과 같다.

설명을 한 학생은 전체 83명 중에서 14명(16.8%)에 불과하였고, 45명(54.2%)의 학생이 전구에 병렬로 연결된 저항이 커지면 전구쪽으로 전류가 많이 흐르게 되어 전구가 밝아진다고 설명하였다.

이러한 설명 방식은 회로 전체에 대한 사고를 하지 못하고, 국소적 추론(local reasoning)을 하면서 가지게 되는 오개념 유형으로 지적된 바 있다(Shipstone, 1985).

두번째 단계 설문은 첫번째 단계의 설문이 완료되어 수거된 직후 실시되었다.

두번째 설문도 일단은 모든 학생이 응답하도록 하였지만, 분석은 첫번째 설문에서 오개념을 가진 학생의 경우에만 실시하였다. 그 이유는 오개념을 가진 학생의 경우에 자신의 예상과 다른 실험 결과에 대해 어떠한 반응을 하는지를 보는 것이 본 연구의 목적이기 때문이다. 따라서, 두번째 단계에서 분석 대상 학생수는 A유형에서는 29명, B유형에서는 36명이었다.

<표 3> 전구 밝기변화에 대한 예상과 이유 설명

전구 밝기변화에 대한 예상과 이유 설명	설문지 유형별 A	B	합계
그대로이다*			
전압이 같고, 전구의 저항이 일정하므로, 흐르는 전류가 일정*	0	5	5 5 (6.0%)
전압이 일정(하고, 전구에 흐르는 전류가 일정)*	0	9	9 9 (10.8%)
전체저항이 커지지만, 저항이 커진만큼 전구로 전류가 많이 흘러서	0	1	1 1 (1.2%)
전체전류가 전구로 흐르므로	1	0	1 1 (1.2%)
기타	1	1	2 2 (2.4%)
밝아진다			
(전압이 일정), 니크롬선 저항이 커지면, 전구쪽 전류가 커져서	16	29	45 45 (54.%)
전구의 저항이 작아져서 전류가 커져서	2	0	2 2 (2.4%)
저항은 전류에 반비례하므로	2	0	2 2 (2.4%)
병렬이면 전류가 커지므로	1	0	1 1 (1.2%)
병렬로 연결되어 있어서	0	1	1 1 (1.2%)
전구에 걸리는 전압이 커져서	0	2	2 2 (2.4%)
어두워진다			
전류는 저항에 반비례해서 (전체 저항이 커져서)	6	1	7 7 (8.4%)
같은 전압이므로 전류가 감소해서	2	2	4 4 (4.8%)
기타	0	1	1 1 (1.2%)

자신의 예상과 불일치하는 실험 결과를 제시하였을 때 나타난 학생의 반응은 크게 다음 3가지로 분류되었다: 결과를 수용하는 반응, 혼란스러워하는 반응, 거부하는 반응으로 나누어 보면 <표 4>와 같다.

<표 4> 실험 결과에 대한 반응

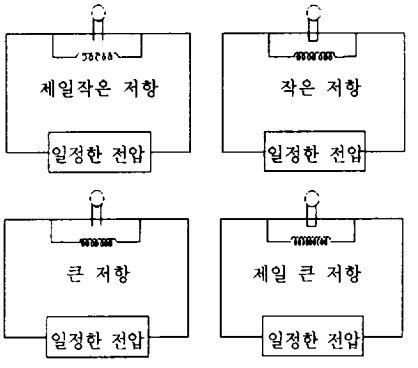
학생 반응	설문유형 A(N=29)	B(N=36)
수 용	13(45%)	34(94%)
혼 란	4(14%)	0
거 부	12(41%)	2(6%)

A 유형과 B 유형을 비교하면, A 유형, 즉 관찰만을 통해서 실험 결과가 얻어진 경우에는 41%의 반응이 실험 결과를 거부하는 것으로 나타났다. 그러나 B 유형, 즉 관찰과 변인 통제를 통해 실험 결과가 얻어지는 경우에는 실험 결과를 거부한 학생이 6%에 불과하였다. 이러한 차이(수용한 반응과 거부한 반응 간의 반응 차이)는 통계적으로도 유의미한 것으로 나타났다(χ^2= 20.004, p < .01).

이때, A 유형에는 2회의 관찰 결과가 제시되어 있었고, B 유형에는 4회의 관찰 결과가 제시되어 있었다. 따라서, A 유형과 B 유형간에 나타난 학생의 반응 차이가 탐구 기능의 차이 때문이라기 보다는, 관찰 횟수의 차이 때문이라고 생각할 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 이를 확인하기 위해 A 유형의 설문 조사도구를 약간 변형하여 새로운 학생집단(동일 과학고등학교 2학년 학생 27명)을 대상으로 재조사를 실시하였다. 즉, A유형에서 선개념을 조사하기 위한 설문지를 그대로 사용하고, 실험 결과에 대한 반응을 조사하기 위한 설문지에만 4회의 관찰이 포함되도록 변형시켰다<그림 3>.

<그림 3> 실험 결과에 대한 반응 조사를 위한 A′ 유형 설문지

철수는 니크롬선 저항을 달리하면 전구의 밝기가 어떻게 변하는지 알아보기 위해 아래 그림과 같이 저항을 달리하면서 전구 밝기를 비교하였습니다.



철수가 관찰한 결과 전구 밝기는 모두 같았습니다.
어떻게 위와 같은 결과가 나왔다고 생각합니까.

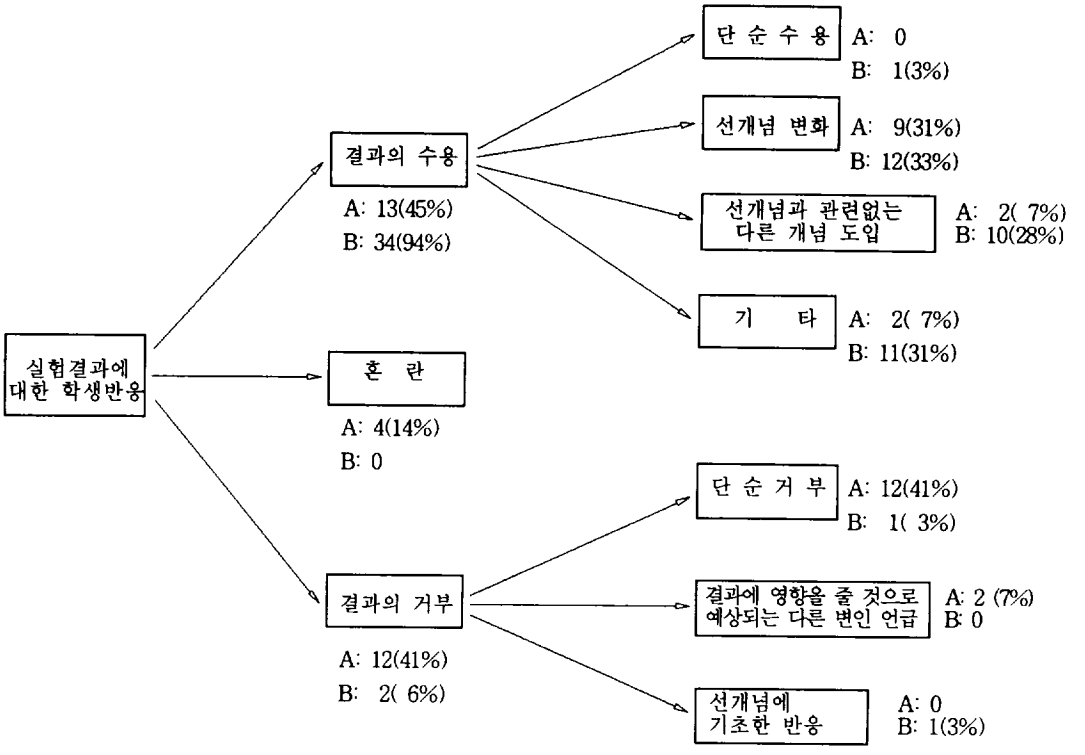
이것을 A′유형이라고 하였을 때, A′유형의 첫 단계 설문지(선개념을 조사하기 위한 설문지)에서는 오개념을 가진 학생이 17명(63%)이었다. 이를 대상으로 4회의 관찰에 의해 얻어진 관찰결과(A′)를 제시하였을 때, 결과를 수용한 학생이 16명(56%), 혼란스러워하는 학생이 3명(19%), 그리고 거부하는 반응이 4명(25%)으로 나타났다. 따라서, 먼저 A유형과 A′유형을 비교하여 보면(수용반응과 거부반응간 비교), 거부하는 반응이 25%로 조금은 줄어들었다. 그러나 이러한 차이가 통계적으로 의미있는 차이는 아니었다(χ^2 = 1.216, p > 1). 그리고, A′유형과 B유형을 비교하여 보아도, 여전히 반응의 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다.(χ^2 = 12.334, p< .01). 따라서, A유형과 C유형간의 반응의 차이는 관찰 횟수에 따른 차이가 아님을 알 수 있었다.

또 다른 원인으로 이러한 반응의 차이를 설명해 볼 수도 있다. 예를 들어, A유형에서 얻어진 관찰들은 모두 자신의 예상과 불일치하는 것이었지만, B유형에서 얻어진 관찰들 중에서는 자신의 예상과 일치되는 관찰이 포함되어 있다. 즉, B유형에서 직렬 연결된 저항에 대해서는 모든 학생(선개념을 조사한 후에 두번째 단계에 참여한 학생)이 옳은 개념을 가지고 있었으므로, 직렬 저항을 변화시키면서 얻어진 결과는 자신의 예상과 같다는 것이다. 따라서, B유형에서는 자신의 예상과 일치되는 관찰(직렬 연결된 저항에 대한)도 포함되어 있으므로, 실험 자체에 신뢰가 더 가게 되고 따라서 예상과 다른 관찰(병렬 연결된 저항에 대한)에 대해서도 거부할 수 없었을 것이라고 해석할 수도 있다.

이를 제한된 여건이나마 확인하기 위해, 학생의 반응을 좀 더 조사해 보았다. 즉, 직렬 연결된 저항에 대해서 오개념을 가진 학생의 경우에는 직렬 연결된 저항과 병렬 연결된 저항 모두에 대해서 오개념을 가졌으므로, 두번째 단계에서 제시된 관찰이 모두 자신의 예상과 일치하지 않게 된다. 그러므로 A유형에서와 마찬가지로 실험 결과를 거부하기가 더 쉬울 것이라고 예상할 수 있을 것이다. 본 연구에서 직렬연결된 저항과 병렬연결된 저항 모두에 대해 오개념을 가진 학생은 3명이었다. 그러나 그 학생들은 모두 B유형의 두번째 단계에서 제시된 실험 결과를 수용한 것으로 나타났다. 비록 확인을 해 줄 수 있는 학생수가 3명으로 매우 작았지만, A유형과 B유형간의 반응의 차이를 예상과 일치하는 관찰의 존재 여부로 설명해보려는 시도는 맞지 않았다. 사실 심리학의 연구를 보면, 자신의 예상과 일치하는 증거와 불일치하는 증거에 대해서 증거를 평가하는 방식을 다르게 적용한다는 것을 보고한 연구들이 많이 있다. 예를 들어, Lord 등(1979)은 피험자에게 피험자의 믿음과 일치하는 실험 증거와 불일치하는 실험 증거를 함께 제시하였을 때, 피험자들은 자신의 예상과 일치하는 증거에 대해서는 실험이 잘 수행된 것으로 보지만, 일치하는 않는 증거에 대해서는 매우 비판적으로 평가한다는 것을 발견한 바 있다. 또한 실제 과학자의 활동에서도 이러한 경향을 발견할 수 있다. 예를 들면, Holton(1978)은 노벨상을 수상한 밀리칸의 유적 실험을 재분석한 결과, 밀리칸이 140여개 자료들 중에서 80여개의 자료를 폐기하였는데, 단순히 자신의 예상과 일치하지 않으므로, 무엇인가 실험에 잘못이 있다고 생각하고 버린 것으로 보인다고 주장하기도 하였다. 이것은 동일한 과학자가 동일한 실험을 통해 얻은 결과에 대해서도 서로 다른 기준을 적용할 수 있음을 보여 주는 것이었다.

결과적으로, 학생이 자신의 예상과 반대되는 실험 결과를 접하였을 때, 관찰로만 얻어진 결과에 대해서는 실험 결과를 거부하는 반응이 많이 나타났으나, 관찰과 변인통제를 통해서 얻어진 결과에 대해서는 거부하는 반응이 유의미하게 줄었음을 알 수 있었고, 이것으로부터, 변인통제와 같은 탐구 기능이 관찰과 같은 탐구 기능보다 실험 결과의 해석에 더 큰 영향을 준다는 결론을 얻을 수 있었다.

실험 결과를 수용한 경우와 혼란스러워 한 경우, 거부한 경우 각각에 대해 학생의 반응을 좀더 자세하게 분석한 결과는 다음과 같다.



<그림 5> 실험 결과에 대한 반응 분류

결과를 수용하는 학생의 반응은 크게 3가지로 나타났다. 첫째는, 단순히 결과를 수용하는 반응으로 " 그런 것 같다 " 라는 반응이다.

둘째는, 자신의 원래 생각을 바꾼 경우로, 예를 들면, 결과를 보기 전에 예상할 때에는 "저항이 커지면 전구에 전류가 더 많이 흘러서 전구가 밝아진다" 라고 하였다가, 결과를 보고 " 전압이 일정하므로 전류가 일정해서" 라고 하여, 전류세기가 '다르다'는 자신의 예상이 '일정하다'고 변화한 경우가 되겠다.

세번째는 자신의 예상과는 다른 새로운 개념을 사용하여 결과를 수용한 반응이다. 예를 들면, 예상할 때에는 전류의 변화로 전구 밝기 변화를 예상하였으나, 결과를 보고는 전압이나 다른 변인을 사용하여 전구 밝기가 일정하다고 설명한 경우이다. 이러한 반응이 앞선 반응과 다른 점은 앞선 반응에서는 자신의 원래 생각을 바꾼 것이 드러나지만, 이 반응에서는 자신의 원래 생각을 바꾸었는지 아닌지가 드러나지 않는다는 것이다. 즉, 이 경우에는 자신의 원래 선개념은 변화시키지 않으면서 새로운 생각을 도입함으로서 예상치 못했던 결과를 설명해 보려는 반응이라고 볼 수 있다. 이러한 경우는 다른 종류의 연구에서도 볼 수 있다. 예를 들어, 수직 위로 던진 물체가 위로 올라가고 있는 중에 물체에 작용하는 힘의 방향을 물었을 때, 위로 올라가기 때문에 작용하는 힘의 방향이 위라고 응답한 학생이 선생님의 설명이나 정보를 접한 후에, "중력이 아래로 작용하기 때문에 아래이다" 라고 응답한 경우를 보면, 이 경우에도 원래 운동방향과 힘의 방향과의 관계로 설명했던 방식과는 달리 새로운 개념, 즉, 중력을 도입하여 설명한 것을 볼 수 있다. 이러한 경우에는 진정으로 개념이 변화되었다고 보기 힘들다고 하겠다.

이러한 반응은 특별히 의미가 있다고 생각된다. 즉, 처음의 선개념을 변화시켰다기보다는 새로운 개념을 도입하였고, 따라서, 자신의 선개념의 본질적인 측면이 그대로 있을 수 있다는 것이다. 그러므로, 이러한 경우는 상황을 달리하면, 다시 선개념이 나타날 수 있다고 예상할 수 있다. 물론

본 연구에서는 " 처음에 생각했던 생각은 어디가 잘못되었다고 생각하지?" 등과 같은 질문을 통해 자신의 선개념이 그대로 남아있는지 확인하지 않았으므로, 위와 같은 해석에 한계는 있으리라 본다.

여하튼, 자신의 예상과 일치하지 않는 실험결과를 제시하였을 때, 그 학생이 선개념을 변화시키지 않고도 다른 대안적 개념을 사용하여 실험 결과를 옳게 해석하고 수용할 수도 있다는 것은 개념 변화 과정에서 선개념과 변화된 개념, 또는 선개념과 다른 대안적 개념을 서로 비교 논의하는 것이 중요하다는 것을 의미한다. 예를 들어, 개념변화의 마지막 단계인 '변화된 개념의 인식' 에서 변화된 개념을 다른 새로운 상황에 적용하는 등의 활동 뿐 아니라, 자신의 선개념과 비교하여 어떻게 다른지를 비교하는 등의 활동이 있어야 한다는 것(Scott, 1987; 박종원, 1992b)을 다시 한번 확인할 수 있겠다. 또, 개념변화 과정에서 선개념과 다른 대안적 개념을 서로 비교 논의하면서 인지적 갈등을 유발시키고 해소시키는 전략의 사용(예를 들면, 김익균, 1991)도 이러한 측면에서 의미있는 활동이라고 하겠다.

실험 결과를 거부한 경우의 반응도 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째는 자신의 예상과 틀리다는 이유로 단순히 결과를 거부한 반응이다. 예를 들어, " 실험이 잘못되었다"," 관찰을 잘못하였다", "저항의 영향이 없을 수 없다" 등과 같은 반응이다.

두번째는 결과를 자신의 예상과 틀리기 때문에 그러한 결과를 나오게 한 다른 변인을 찾는 반응이다. 예를 들어, " 저항의 차이가 그리 크지 않은 것 같다 ", "전선의 저항에 차이가 있는 것 같다. 그렇지 않으면 실험이 틀렸다", " 전압(전원) 내의 저항이 달라서 전류가 다르다" 와 같은 반응들이다.

이 반응은 특별히 관심을 끄는 것이었다. 왜냐하면, 실험 결과를 거부하기 위해 다른 변인의 영향을 언급하는 것을 라카토스의 '핵은 없어지지 않고 단지 보조대만 수정할 뿐이다'라는 과학철학적인 설명과 유사하다고 보이기 때문이다.

또, 이러한 반응에서 달리 생각해 볼 수 있는 것은 이상조건에 대한 학생의 인식에 대한 것이다. 아직, 국내외적으로 이상조건에 대한 학생의 인식, 특히, 실험에 포함된 이상조건의 인식에 대해서 연구된 바는 거의 없다. 그러나 이 반응으로부터 추정해 볼 수 있는 것은, 학생들이 실험에 포함된 이상 조건에 대해서 인식이 낮다는 것이다. 즉, 전선의 저항이 다르기 때문이라든가, 전원내의 저항이 다르다는 등의 반응은 실제 실험에서는 거의 무시할 수 있는 이상조건에 포함된다. 그럼에도 불구하고 이러한 영향이 크게 작용할 수 있는 것으로 생각하는 것은 바로 이상조건에 대한 이해부족이라고 생각된다.

세번째로, 생각에 기초한 반응이란, 실험 결과가 제시되었음에도 불구하고 결과를 보지 않고 자신의 생각대로 반응한 경우이다. 위 경우에서는 한 명만이 그러한 반응을 보였다.

결과적으로 실험 결과를 거부한 반응들을 자세하게 분석하였을 때, 이 반응들은 모두 선개념의 영향을 받은 반응이라는 것을 알 수 있었다.

V. 결론 및 논의

본 연구 결과 얻어진 결과는 다음과 같다.

첫째, 거부한 반응들을 보면, 자신의 선개념이 영향을 미쳐서 그런 반응을 한 것임을 알 수 있었다. 둘째, 그러한 선개념의 영향은 관찰만으로 실험 결과가 얻어진 경우보다 관찰과 변인통제에 의해 실험 결과가 얻어진 경우에 유의미하게 적게 작용하였다.

두번째에서 나타난 반응의 차이는 어디에서 온 것일까 ? 현재로서는 이러한 반응의 차이를 명확하게 단정지을 수 없다. 단지 흥미로운 점은 학생들이 단순한 탐구 기능, 즉 관찰만으로 얻어진 결과에 대해서 자신의 선개념과 다르다는 이유로 관찰 결과를 거부하기는 쉽지만, 복합적인 탐구 기능, 즉 변인통제를 통해서 얻어진 결과에 대해서는 관찰 결과를 거부하지 않는다는 것으로부터, 학생이 단순히 제시된 정보보다는 제시된 정보에 대해 인지적인 활동을 한 경우에 결과를 더 신뢰할 수 있다는 것이다.

즉, 학생에게 명확한 결과가 쉽게 제시되는 것만으로는 개념 변화가 일어나기에 충분하지 않다는 것이다. 오히려 학생에게 인지적인 노력을 요구하거나 학생이 인지적인 노력을 직접할 때, 학생은 자신의 인지적 활동에 의한 결과를 더 신뢰하게 되며, 이것이 개념변화에 도움을 줄 수 있다는 것이다. 이것은 구성주의에 대한 기본적 관점 중에 다음과 같은 측면이 포함된다는 것과도 일맥상통한다고 볼 수 있다 : 학습의 최종적인 책임자는 학습자 자신이다(Scott, 1987).

본 연구의 결과를 보다 의미있게 이해할 수 있기 위해서는 추가적인 보완 연구가 계속되어야 할 것이다. 예를 들어, 다른 탐구 기능들도 포함시켜 조사할 필요가 있을 것이다.

그리고, 실험 결과를 수용한 경우에도 자신의 선개념을 변화시키기보다는 또 다른 대안적 개념을 도입하는 반응이 관찰되었는 데, 이것은 학생의 개념 변화 과정에서 변화된 개념과 선개념과 비교하는 과정이 중요하다는 것을 의미하

므로, 이에 대한 자세한 연구도 의미있을 것으로 생각된다.

마지막으로 실험 결과에 대해서 결과가 예상과 맞지 않는 경우, 결과를 거부하기 위해서 결과에 영향을 미칠 수 있는 다른 변인들을 언급하는 반응이 관찰되었으므로, 학생의 개념 변화과정을 라카토스적 관점에서 이해해 보기 위한 연구도 시도할만 하다고 본다. 또한 이것은 실험에 포함된 변인들의 영향의 정도에 대한 인식, 특별히 이상조건에 대한 인식과 관련이 있다고 보이므로, 실험에 포함된 이상조건에 대한 인식을 조사하여 그러한 인식의 부족이 실험 결과의 해석에 어떠한 영향을 미칠 수 있는지를 조사하는 연구도 흥미로울 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

김익균(1991) 대림개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념 변화. 서울대학교 박사학위 논문.

박종원, 박문주(미발행) 힘과 운동과의 관계에서 학생의 오개념 변화를 위한 시범에 대한 학생의 반응 분석.

박종원(1992a) 상대론 기초개념 변화에 있어서 초인지의 역할, 서울대학교 박사학위 논문.

박종원(1992b) 인지적 갈등의 이론적 모형, 전남대학교 과학 교육 연구소, 과학교육 연구지, 16(1), 17-35.

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

Champagne, A.B., Klopfer, L.E., & Anderson, J.H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074- 1079.

Cosgrove, M., & Osborne, R. (1985) Lesson frameworks for changing children's ideas. In, R. Osborne, & P. Freyberg(Eds.). *Learning in science: The implications of children's science*(pp.101-111). Heinemann.

Donaldson, M. (1978) Children's minds, Fontana/Collins.

Dykstra,D., Boyle,C., & Monarch,I (1992) Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76(6), 615-652.

Faust, D. (1984) *The limits of scientific reasoning*. University of Minnesota Press.

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

Gunstone, R.F., & White, R.T. (1981) Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291-299.

Gunstone, R.F. (1991) Reconstructing theory from practical experience. In, B.E. Woolnough(ed.). *Practical science: The role and reality of practical work in school science*(p.67-77). Open University Press.

Happs, J.C. (1985) Regression in learning outcomes: Some examples from the earth sciences, *European Journal of Science Education*, 7, 431-443.

Hanson, N.R. (1961) *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge at the University Press.

Hashweb M.Z. (1986) Toward an explanation of conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.

Holton, G. (1978) *The scientific imagination: Case studies*. Cambridge University Press.

Linn, M.C. (1980) When do adolescents reason? *European Journal of Science Education*, 2, 429-440.

Lord,C., Ross,L., & Lepper,M.R. (1979). Biased assimilation and attitude polarisation: The effect of prior theories on subsequently considered evidence. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 2098-2109.

Park, Jongwon & Pak, Sungjae (인쇄중) Students' responses to experimental evidences based on perceptions of causality and availability of evidences, *Journal of Research in Science Teaching*.

Popper, K. (1968) *The logic of scientific discovery*. Harper & Row Publisher Inc.

Rowell, J.A., & Dawson, C.J. (1983) Laboratory counter-examples and the growth of understanding in science. European *Journal of Science Education*, 5(2), 203-215.

Rowell, J.A., & Dawson, C.J. (1985) Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. European *Journal of Science Education*, 4(4), 331-344.

SAPA II (1990) *Science - A Process Approach II* (Hudson, NH : Delta Education, INC).

Scott, P. (1987) *A constructivist view of learning and teaching in science*. The University of Leeds.

Scott, P.H., Asoko, H.M., & Driver, R.H. (1992) Teaching

for conceptual change: A review of strategies. In, R. Duit, F. Goldberg, & H. Nidderer (Eds.) *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*(pp.310-329). Institute for Science Education (IPN), Germany.

Shadish Jr, W.R., & Neimeyer, R.A. (1989) Contributions of psychology to an integrative science studies: The shape of things to come. In, S. Fuller, >m De Mey, T. Shinn, &S. Woolgar(Eds.). *The cognitive turn: Sociological and psychological perspectives on science* (pp.13-40), Kluwer Academic Publishers.

Shepardson, D.P., Moje, E.B., & Kennard-McClelland, A.M. (1994) The impact of a science demonstration on children's understandings of air pressure. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 243-258.

Shipstone, D. (1985) Electricity in simple circuits. In, Driver,R., Guesne, E., & Tiberghien, 8A.(Eds.). *Children's Ideas in science*(pp.33-51). Open University Press.

Song, J., & Black, P.J. (1992) The effects of concept requirements and task contexts on pupils垃 performance in control of variables. *International Journal of Science Education*, 14(1), 83-93.

Stavy, R., & Berkowitz, B. (1980) Cognitive conflicts as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64, 679-692.

Strike K.A., & Posner G.J. (1985) A conceptual change view of learning and understanding. In L. West & A. Pins(Eds.) *Cognitive structure and conceptual change*(pp.211-232). Academic Press.

Thijs, G.A., & Bosch, G.M. (1995) Cognitive effects of science experiments focusing on students's preconceptions of force: A comparison of demonstrations and small-group practicals. *International Journal of Science Education*, 17(3), 311-323.

한국과학교육학회지 제16권 3호 pp. 227~238 (1996)

(ABSTRACT)

The Effect of Students' Preconception and Inquiry Skill on the Interpretation of Experimental Result about Electricity

Jongwon Park
(Chonnam National University)

This study primary aim is to investigate students' responses to experimental results which conflict with their preconceptions regarding electrical circuits. Eighty-eight students of both sexes were randomly selected from a science high school in Korea. They were questioned about their preconceptions regarding an electric circuit, and sixty-eight students with relevant misconceptions were selected. These students were presented with experimental results obtained by some other experimenter, and asked to interpret these results.

The second aim of this study is to explore how students' responses vary according to the type of inquiry-skills required to obtain the result. To do this, two type of experimental results were developed: one obtained by observation and the other obtained by controlling variables. We found that many students doubted results for the simple reason that they conflicted with their preconceptions. They rejected results by mentioning other factors which could have affected the result, or simply by reiterating their preconceptions. This behaviour varied considerably by inquiry-skill type. 41% of students rejected conflictual result obtained by observation, but only 6% of students rejected results obtained by controlling variables.