

중학생들의 빛과 그림자에 대한 증거 평가

박 종 원

(전남대학교 사범대학 물리교육과)

장 병 기, 윤 혜 경, 박 승 재

(서울대학교 사범대학 물리교육과)

(1993년 6월 24일 받음)

I. 서 론

많은 인지 심리학자들과 과학교육자들은 아동뿐 아니라 어른들도 자연 세계가 어떻게 작용하는지에 대해 나름대로 미숙한 개념들을 가지고 있음을 밝혀냈다. 이러한 개념들은 물리적으로 틀렸음에도 불구하고 수업에 상당히 부정적인 영향을 미치고 있기 때문에 어떻게 그러한 개념들을 변화시킬 것인가가 과학교육자의 주요 과제로 인식되어 왔다.

이러한 정신적 모델 (또는 학생의 선개념)은 덜 체계적이고 덜 종합적이지만 단순한 사건에 대한 기록이나 기억 이상으로 자연현상에 대한 설명요소를 포함하고 있다. 따라서 외부로부터 주어진 정보는 선개념에 기초하여 해석되고 이해된다. 만일 외부로부터의 정보를 선개념으로 적절하게 해석하지 못하게 되거나 선개념에 기초한 예측과 예측결과가 서로 불일치하게 되면 선개념과 외부 정보간에 인지적 갈등이 생기게 된다. (인지적 갈등에 대한 자세한 논의는 다음 논문들을 참고하기 바란다 : Piaget, 1964; Posner et al, 1982 ;Hashweh, 1986 ; 권재술, 1989, 박종원, 1992) 이러한 인지적 갈등은 선개념과 외부 정보간의 상호 작용에서 유발되며, 개념 변화를 위해 중요한 역할을 한다는 것이 밝혀진 바 있다(박종원, 1992). 과학 개념의 올바른 이해가 개념변화를 통해 이루어진다고 보면, 학생의 잘못된 선개념이 점차 수정되고 대치되어 가면서 점차 물리학자적 개념으로 변화하는 과정이 곧 과학적 이해의 발달과정이라고 할 수 있다.

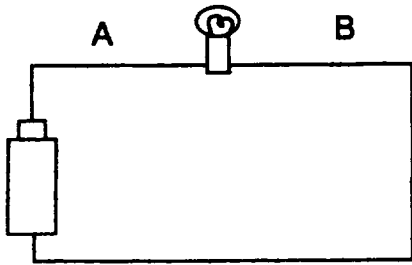
개념변화 과정에서 외부로부터 주어진 여러가지 정보들은 학생의 선개념과 무관하지 않고, 선개념을 지지하거나 반증하는 증거의 역할을 하게 된다. 이때, 선개념과 증거와의 상호작용을 증거평가라고 한다.

쿤(D. Kuhn, 1988)은 증거평가에 대한 체계적인 연구를 하였다. 쿤은 학생의 생각을 인과적인 경우와 비인과적인 경우로 나누고, 제시되는 증거는 두 변인이 함께 변하는 경우(공변화)와 그렇지 않은 경우(비공변화)로 나누었다. 증거의 형태는 그림으로 그려진 카드 형태였으며, 증거평가 상황은 일상적인 상황이었다. 그리고 대상자의 증거평가 반응을 증거기초(evidence-based)반응과 생각기초(idea-based)반응으로 나누어 분석하였다. 쿤은 증거 평가 능력이 과학적 사고의 중요한 측면이라고 보고, 증거평가의 특성은 무엇인지, 그리고 나이에 따라 증거 평가 능력이 발달하는지 등에 관심을 가지고 연구하였다.

증거 평가에 관련된 중요한 일은 학생의 선개념과 제시된 증거가 서로 어떻게 상호작용하는가를 구체적으로 밝혀내는 일이다. 특히 과학 개념의 변화에 있어 인지적 갈등이 중요한 역할을 하는데 이러한 인지적 갈등은 주로 학생의 선개념과 외부에서 주어진 증거와의 상호 작용에서 유발되므로, 올바른 증거 평가가 개념의 변화에 중요한 영향을 미친다.

그러나, 학생의 증거평가가 항상 교사의 의도대로 일어나는 것이 아니며, 또 증거 평가 과정이 항상 논리적이고 합리적인 것만은 아니다.

예를 들면, 굴드(Gauld, 1986)는 전류의 힘이 약해지거나 전류가 소모되기 때문에 그림1에서 A 부분의 전류가 B 부분보다 세다고 생각하는 학생에게 A 부분과 B 부분에 각각 전류계를 연결하여 관찰하게 하였다.



<그림 1> 전류의 세기

실험 증거를 관찰한 학생은 물론 두 지점의 전류의 세기가 같다고 반응하였다. 그러나 3개월 후 같은 질문을 하였을 때, 어떤 학생들은 다시 A 지점의 전류의 세기가 세다고 응답하면서 3개월전의 실험이 자신의 생각과 같았다고 응답하였다. 이 연구는 증거평가가 충분히 그리고 완전하게 일어나지 않았을 때, 오히려 학생의 오개념을 강화시켜주는 역할을 할 수 있음을 보여준다.

도슨과 로웰 (Dawson and Rowell, 1987)은 똑같은 실험 자료를 일상적 상황과 과학적 상황에서 각각 제시하였을 때, 학생들은 일상적 상황에서도 과학적 상황에서 증거를 더 잘 해석하는 경향이 있음을 관찰하였다. 즉, 제시되는 실험증거는 객관적으로 동일한 것이라고 하더라도 제시되는 상황이 과학적이라고 느꼈을 때 보다 더 증거에 충실하여 해석하며, 일상적 상황이라고 느꼈을 때는 자료에 충실하기 보다는 자신의 생각대로 해석해 버리는 경향이 있음을 보여주었다.

박승재와 박종원(Pak & Park, 미게재)은 전기에 대한 학생의 개념을 인과적인 생각과 비인과적인 생각으로 나누어 학생의 생각이 증거 평가에 영향을 주는지를 조사하였다. 또, 증거를 학생의 생각을 지지하거나 반증하는데 사용할 수 있는 관련 증거와 사용할 수 없는 무관련 증거로 나누어, 증거의 특성에 따라

학생의 증거 평가가 어떻게 달라지는지를 조사하였다. 조사 결과, 학생의 생각이 인과적인 경우일 때 비인과적인 경우보다 더 증거에 기초한 반응을 하는 것으로 나타났으며, 학생들은 관련 증거와 무관련 증거를 구분하지 못하는 경우가 있는 것으로 나타났다.

증거 평가의 위와 같은 특성이 비단 비과학자들에게만 나타나는 것은 아니다.

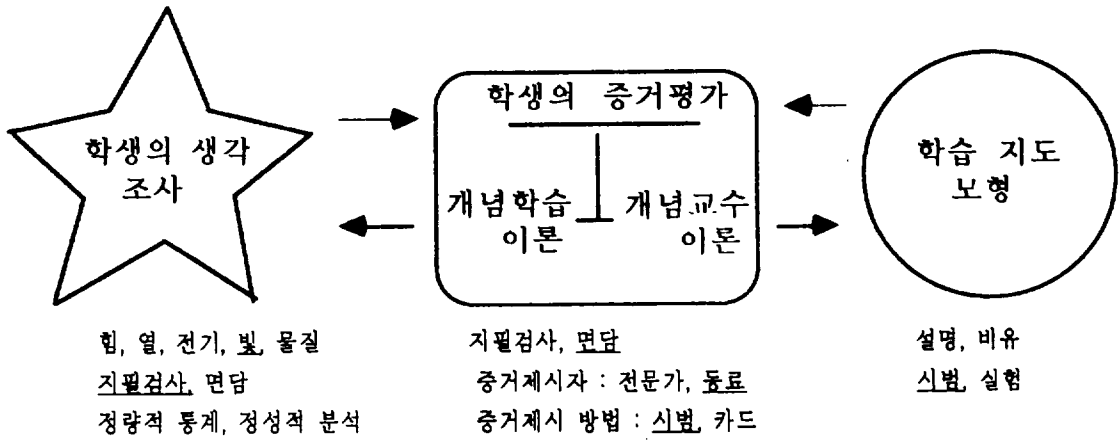
Holton(1978)은 1913년에 실행된 밀리칸의 실제 실험 데이터를 재분석하여, 140개의 실험데이터 중에서 80개의 데이터를 밀리칸이 폐기한 것을 발견하였다. 그리고 밀리칸이 그렇게 자료를 폐기한 이유는 단지 실험장치에 어떤 문제가 있다고 생각했기 때문이라든가, 자신의 예상과 맞지 않기 때문에, 또는 뭔가 잘못되었을 것이라는 막연한 의심 때문이었다고 하였다(Gauld, 1989에서 인용).

즉, 과학자들조차도 자신의 이론을 확증할 수 있는 증거들만 선택하려는 경향이 있음을 보여준 예이다. 나아가 자신의 선개념이 확고한 나머지 절대적인 믿음으로 되면, 자신의 개념에 불일치되는 증거나 변칙 사례가 제시되어도 민감하게 상호작용하지 못한다. 과학철학자 라카토스(Lakatos, 1978)는 과학자가 항상 합리적인 사고 활동에 의한 것만은 아니라고 하면서 다음과 같이 말하였다(신중섭, 1992에서 인용).

“ 과학자들의 얼굴은 말할 수 없이 두껍다. 그들의 이론이 단지 사실과 어긋난다고 해서 그것을 포기하지는 않는다. 통상적으로 그들은 단지 변칙 사례라고 부르는 것을 설명하기 위해 임시 방편적인 가설을 만들어 내거나, 이상(理想)을 설명하지 못하는 경우에는 아예 그것을 무시하여 버리고 다른 문제에 정신을 쏟는다. <중략> 물론 과학의 역사에는 결정적인 실험이 이론을 폐기시킨 사례도 무수히 많이 존재한다. 그러나 그러한 설명은 이론이 포기된 후에 꾸며낸 이야기이다.”

II. 연구 목적

증거 평가 연구의 기본 구조를 나타내면 그림 2와 같다.



<그림 2> 증거 평가 연구의 기본구조

증거평가 연구는 학생의 선개념과 학습 중에 제시 되는 여러가지 증거간의 상호작용에 대한 연구이다. 따라서 학생의 선개념을 밝히는 연구가 증거평가 연구를 위해 선행되어야 한다. 학습 중에 제시되는 여러가지 정보는 적절한 학습지도 모형에 따라 제시될 것이다. 그 때 제시되는 여러가지 정보들은 학생의 생각과 무관하지 않으며, 따라서 학생의 선개념에 대한 증거의 역할을 하게 된다. 증거에는 교사의 설명 뿐 아니라, 비유적인 설명, 교사의 시범실험, 그리고 학생들이 직접 실행한 실험들이 모두 포함될 수 있다.

증거 평가 연구를 위해 학생에게 제시되는 증거는 직접 관찰할 수 있는 시범의 형태일 수도 있으며, 실험 결과를 그린 카드나 설명을 적은 카드 등이 될 수도 있다. 그리고 증거제시자는 교사나 전문가가 제시한 경우와 동료가 제시한 경우로 나누어 볼 수 있다. 이와 같이 증거 형태를 달리하거나, 또 증거 제시자를 달리 함으로서 학생의 증거평가가 어떻게 달라지는지를 연구할 수 있다.

예를 들면, 추상적인 설명형태의 증거보다는 구체적이고 관찰가능한 실험시범에 의한 증거 형태가 학생의 생각을 변화시키는데 효과적일 수 있다. 또한 교사가 사용한 비유를 교사의 의도와는 전혀 다르게 학생이 해석할 수도 있다. 또, 제시된 증거가 교사의 설명에 의한 것이라면 무조건 받아들이는 경향이 있는 반면, 동료 학생이 제시한 것이라면 보다 비판적으로 증거를 평가할 가능성도 있다. 그렇다면 동료간의 논의를 통하는 것이 개념변화에 오히려 바람직할 것이다.

이와 같이 여러 측면에서 증거 평가 연구를 하게 되면, 선개념과 학습 중 제시되는 정보와의 상호작용에 대해 많은 것을 알 수 있으며, 이는 곧 개념 학습 이론과 개념 교수 이론의 기초 자료로 사용될 수 있다.

그림 2에서 밑줄 친 부분은 본 연구에서 다룬 측면을 의미한다. 본 연구에서는 빛과 그림자에 대해 학생의 선개념을 조사하였으며, 동료가 한 실험 결과를 그림으로 그린 카드 형태의 증거로 제시하면서 구별로 면담을 실시하였다. 그리고 학생의 증거평가 반응은 생각기초 반응과 증거기초 반응으로 분류하고, 특히 학생의 선개념과 증거가 일치하지 않을 경우에는 학생의 응답을 질적으로 조사하였다.

본 연구의 구체적인 목표를 제시하면 다음과 같다.

- (1) 빛과 그림자에 대한 학생의 선개념은 무엇인가 ?
- (2) 빛과 그림자에 관련된 증거를 제시하였을 때, 증거기초 반응과 생각기초 반응은 각각 어느 정도인가 ?
- (3) 학생의 선개념에 일치하는 증거와 불일치하는 증거를 제시하였을 때, 학생의 증거 평가가 어느 정도인가 ?
- (4) 학생의 선개념에 불일치되는 증거가 제시되었을 때, 학생은 증거를 어떻게 해석하는가 ?
- (5) 과학적 방법, 또는 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따라 증거평가가 달라지는가 ?
 즉, 과학적 방법을 연역적이라고 생각하는 경우와 귀납적이라고 생각하는 경우에 증거평가가 달라지는가 ?

또, 관찰을 객관적이라고 생각하는 경우와 관찰이 이론에 의존한다고 생각하는 경우에 증거평가가 달라지는가?

III. 연구 방법

본 연구는 서울에 소재하는 중학교 학생 126명을 대상으로 실시하였다(그림 3 참고)

본 연구는 크게 두 단계로 구성되어 있다.

첫 단계에서는 먼저 빛과 그림자에 대한 학생의 선개념을 조사하기 위해 선택후 설명식 지필 검사를 실시하였다(그림 3 참고). 그리고 과학적 방법과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각을 조사하기 위해서 선택형 지필 검사를 실시하였다(그림 4 참고).

1. 둥근 모양 광원으로 둥근 모양 물체를 비추면, 그림자의 모양이 (\oplus \bullet) 이다.
그 이유는 무엇인가? _____
2. 둥근 모양 광원으로 십자모양 물체를 비추면, 그 자의 모양이 (\oplus \bullet) 이다.
그 이유는 무엇인가? _____
3. 십자 모양 광원으로 둥근 모양 물체를 비추면, 그림자의 모양이 (\oplus \bullet) 이다.
그 이유는 무엇인가? _____
4. 십자 모양 광원으로 십자모양 물체를 비추면, 그림자의 모양이 (\oplus \bullet) 이다.
그 이유는 무엇인가? _____

<그림 3> 빛과 그림자에 대한 학생의 선개념을 조사하기 위한 문항의 일부

1. 서로 다른 이론을 믿는 과학자들이 같은 현상을 관찰하였을 때 그 관찰 결과는 서로 같은가?
(다음 중 하나를 선택하십시오)

- A 관찰은 달라진다. 왜냐하면 다른 이론을 믿는 과학자라면 다른 방법으로 실험할 것이고 다른 것에 주목할 것이기 때문이다.
- B 관찰은 달라진다. 왜냐하면 과학자들은 자신의 이론에 따라 관찰결과를 수정할 수 있기 때문이다.
- C 과학자들이 서로 다른 이론을 믿더라도 정말로 유능한 과학자라면 과학적 관찰은 크게 차이가 나지 않을 것이다.
- D 관찰은 달라지지 않는다. 왜냐하면 관찰은 매우 정확하기 때문이다. 이것이 바로 과학이 진보할 수 있었던 방법이다.
- E 관찰은 달라지지 않는다. 왜냐하면 관찰이란 무언가 눈으로 보는 바로 그것이지 그 이상이 아니다. 즉 관찰은 사실이다.
- F 나는 위의 문제를 이해할 수 없다.

2. 과학자들은 과학적 방법을 따라서 연구한다고 한다. 이 때 과학 방법이란 무엇을 말하는가?

(다음 중 하나를 선택하십시오)

- A 신중히 관찰해서 기록하고 해석하는 것이다.
- B 여러번 반복실험하여 얻은 결과로부터 법칙, 이론 등을 알아내는 것이다.
- C 과학자가 연구하는 것을 보면 과학적 방법 같은 것은 존재하지 않는다.
(어떤 특정한 방법이 과학적 방법이라고 말할 수 없다)
- D 이론을 가정하고 그 이론을 증명하기 위해 실험을 고안해 내는 것이다.
- E 질문을 던지고 가설을 세워 자료를 모으고 결론을 내리는 것이다.
- F 나는 위의 문제를 이해할 수 없다.

<그림 4> 과학적 방법과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각을 조사하기 위한 문항

그림 4의 첫번째 문항에서 A 또는 B를 선택한 경우에는 관찰이 이론에 의존한다고 생각하는 것으로 분류하고, D 또는 E를 선택한 경우에는 관찰이 객관적이라고 생각하는 것으로 분류하였다.



그리고, 그림 4의 두번째 문항에서 A 또는 B를 선택한 경우에는 과학적 방법이 귀납적이라고 생각하는

것으로 분류하고, D 또는 E를 선택한 경우에는 과학적 방법이 연역적이라고 생각하는 것으로 분류하였다.



연구의 두번째 단계에서는 빛과 그림자에 관련된 증거를 제시하여 학생의 증거 평가를 조사하였다. 증거로는 빛과 그림자에 대한 실험을 그림으로 그린 카드(그림 5 참고)를 사용하였다.

다음은 철수가 실험에서 사용한 광원의 모양과 물체의 모양, 그 때 생긴 그림자의 모양을 나타낸 것이다.



<카드 1>

광원	물체	그림자
	+	+
	+	+



<카드 2>

광원	물체	그림자
	●	●
	●	●

<카드 3>

광원	물체	그림자
	●	●
	+	●

<카드 4>

광원	물체	그림자
	●	+
	+	+

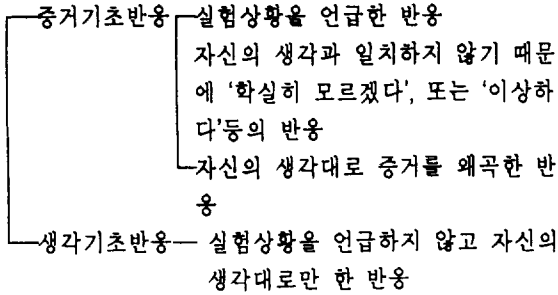
<그림 5> 제시한 증거

학생을 10명 단위로 그룹화 하여 카드로 그려진 증거를 제시하고, 각 증거마다 연구자가 다음과 같은 질문을 구두로 하였다.

- “광원의 모양이 그림자의 모양에 영향을 줍니까?”
- “그 이유는 무엇입니까?”
- “필 보고 그렇게 응답하였습니까?”
- “물체의 모양이 그림자의 모양에 영향을 줍니까?”
- “그 이유는 무엇입니까?”
- “필 보고 그렇게 응답하였습니까?”

학생들은 연구자가 질문하면 제시된 증거를 보고 그에 대한 답을 준비된 종이에 적었다. 면담에 참여한 학생은 자신의 생각을 정확하게 기술하는 것이 요구되었다. 즉, 면담에서 주어진 질문에 대해 답을 적을 때, 언어나 표현상의 문제가 적어야 한다. 따라서, 첫 단계에 참여한 학생 126명 중 평균 성적이 60점 이상인 학생만을 선정하여 면담을 하였다.

학생의 반응은 증거기초 반응과 생각기초 반응으로 분류하였다. 반응의 분류 기준은 그림 6과 같다.



<그림 6> 학생 반응의 분류

증거 평가시 연구자가 제시한 질문 중에서 “그 이유는 무엇입니까?”라는 질문에 대한 응답으로부터 학생의 응답이 증거에 기초한 것인지 생각에 기초한 것인지 분류할 수 있다. 만일 이 질문에서 학생이 응답이 생각에 기초한 응답이었다면, 또는 학생의 반응이 생각에 기초한 반응인지 증거에 기초한 반응인지 확실하지 않다면, 학생으로 하여금 증거에 기초한 반응을 하도록 유도하기 위해, 또는 학생의 응답이 증거에 기초한 반응인지 생각에 기초한 반응인지를 명확하게 하기 위해서 “뭘 보고 그렇게 응답하였습니까?”라는 질문이 주어진다. 본 연구에서는 두번째 질문인, “뭘 보고 그렇게 응답하였습니까?”라는 질문에 대한 응답만을 분석하였다.

IV. 결과 및 논의

(1) 빛과 그림자에 대한 학생의 선개념

빛과 그림자에 대한 학생의 선개념은 물체의 모양이나 광원의 모양이 그림자 모양에 영향을 준다고 생각하는 경우와 영향을 주지 않는다고 생각하는 경우로 나눌 수 있다. 그 결과는 표 1과 표 2와 같다.

<표 1> 빛과 그림자에 대한 학생의 선개념 I

학생의 선개념	학생수(N= 126)
물체의 모양	
그림자 모양에 영향을 준다.	97 (77.0%)
그림자 모양에 영향을 주지 않는다.	7 (5.6%)
무응답	21 (17.4%)
광원 모양	
그림자 모양에 영향을 준다.	21 (16.7%)
그림자 모양에 영향을 주지 않는다.	83 (69.5%)
무응답	22 (17.4%)

77%의 학생들이 물체 모양이 그림자 모양에 영향을 준다고 생각하고 있었으며, 광원의 모양이 그림자 모양에 영향을 주지 않는다고 생각하는 학생은 65.9% 였다.

<표 2> 빛과 그림자에 대한 학생의 선개념 II

학생의 선개념	학생수(N=126)
물체 모양과 광원 모양 모두 그림자 모양에 영향을 준다	17 (13.5%)
물체 모양만 그림자 모양에 영향을 준다	80 (63.5%)
광원의 모양만 그림자 모양에 영향을 준다	4 (3.2%)
물체 모양과 광원 모양 모두 그림자 모양에 영향을 주지 않는다	3 (2.4%)
무응답(기타)	22 (17.4%)

63.5%의 학생들이 물체 모양은 그림자의 모양에 영향을 주지만, 광원의 모양은 그림자의 모양에 영향을 주지 않는다고 생각하고 있었다. 물체의 모양과 광원의 모양이 모두 그림자의 모양에 영향을 준다고 생각하는 학생도 13.5%가 있었다.

(2) 빛과 그림자 관련 증거에 대한 학생의 증거 평가

첫단계 연구에서 물체 모양만 그림자 모양에 영향을 주고, 광원의 모양은 그림자 모양에 영향을 주지 않는다고 생각하는 학생 80명 중에서, 학교 평균 성적이 60점 이상인 학생 44명을 선정하여 10명 단위로 그룹화하여 학생의 증거평가를 조사하였다.

학생에게 보여준 증거는 총 4개였고, 각 증거마다 두 개의 질문이 주어졌으므로, 44명에 대한 총 증거 반응수는 352개 (=44명 X 4개 증거 X 2개 반응)였다.

빛과 그림자에 관련된 증거에 대한 학생의 반응을 증거기초 반응과 생각기초 반응으로 분류하면 표 3과 같다.

<표 3> 빛과 그림자 관련 증거에 대한 학생의 반응

학생의 반응	반응수 (N = 352)
증거기초반응	138 (39.2%)
생각기초 반응	207 (58.8%)
무응답(기타)	7 (2%)

10명을 단위로 카드에 그려진 증거를 제시하였을 때, 증거에 기초한 반응은 전체 반응의 39.2%뿐이었다. 즉, 58.8%의 반응이 생각에 기초한 반응으로서, 이 경우에 학생들은 증거를 잘 보려하지 않았거나, 증거를 보더라도 질문에 응답할 때 증거를 적극적으로 사용하지 않은 것으로 해석된다.

따라서, 여러 학생을 대상으로 그림으로 그려진 카드 형태로 증거를 제시하였을 때, 그 증거의 효과에 대해서는 다시 한번 고찰할 필요가 있다.

박승재와 박종원(미계재)은 중학생을 대상으로 전기에 대한 증거평가를 연구한 바 있다. 그들은 직접 관찰이 가능한 실험 시범을 증거로 사용하였으며, 한 명씩 대상으로 하여 시범을 관찰케 하면서 면담을 하였다. 그 결과 증거에 기초한 반응이 약 66%였다. 따라서, 연구 상황이 동일하지는 않지만 증거를 개인별로 제시하고, 직접 관찰 가능한 실험 시범을 증거로 사용하였을 때, 증거에 기초한 반응이 높아짐을 알 수 있다.

(3) 증거 특성(일치/불일치 증거)에 따른 학생의 증거평가

증거 평가에 참여한 학생들은 모두 물체의 모양은 그림자의 모양에 영향을 주지만, 광원의 모양은 그림자의 모양에 영향을 주지 않는다고 생각하는 학생들이었다.

이 학생들에게 제시된 증거는 총 4개 였는데 그 중에서 두개의 증거는 학생의 생각과 일치하는 증거이며, 나머지 두개의 증거는 학생의 생각과 일치하지 않는 불일치 증거였다. 즉, 그림 5에서 첫번째와 두번째 증거는 일치증거이고, 세번째와 네번째의 증거는 불일치 증거이다.

증거의 특성(일치 /불일치)에 따른 학생의 반응을 나타내면 표 4와 같다.

<표 4> 증거 특성에 따른 학생의 증거 평가

증거 특성	학생의 반응(N=352)*	
	증거기초 반응	생각기초 반응
일치 증거	48 (27.3%)	128 (72.7%)
불일치 증거*	90 (51.1%)	79 (44.9%)

* 불일치 증거에 대한 무응답 = 7 개 $X^2=24.24, p<0.001$

학생들은 일치증거일 때 보다 불일치 증거일 때 더 증거에 기초한 반응을 하였다. 학생의 선개념이 과학적으로 틀렸을 때, 학생의 선개념을 변화시키기 위해 제시되는 증거는 학생의 생각과 불일치하게 된다. 따라서 불일치 증거에 보다 더 증거 기초 반응을 한다는 것은 바람직한 결과라고 볼 수 있다.

그러나, 10명에게 집단으로 카드에 그려진 형태의 증거를 제시할 때 그 증거가 자신의 생각과 일치하지 않음에도 불구하고, 약 절반정도(44.9 %)가 증거에 기초한 반응을 하지 않았다. 만약 증거에 기초한 반응을 하지 않는다면 인지적 갈등을 일으키지 않을 수 있다. 따라서, 학생의 개념을 변화시키기 위해서, 학생의 생각에 일치하지 않는 증거를 카드 형태로 제시하는 것만으로는 인지적 갈등이 일어나기 어렵다는 것을 의미한다. 물론, 카드로 그려진 증거일지라도, 증거에 대해 논의하는 과정이 추가로 주어진다면 결과는 달라질 것이다.

증거를 제시할 때, 일치 증거를 먼저 제시하고, 불일치 증거를 나중에 제시하였으므로, 증거가 누적된 효과에 의해 나중에 제시한 불일치 증거에 대해 증거 기초 반응이 높아졌을 수도 있다. 그러나 증거 평가에서의 위와 같은 차이(표 4 참고)가 증거제시 순서에 의한 것인지를 정확하게 확인하기 위해서는 증거 제시 순서를 다양하게 바꾸어서 다시 연구할 필요가 있다.

(4) 불일치 증거에 대한 학생 반응의 정성적 분석

불일치되는 증거에 대한 학생의 반응 중, 증거에 기초한 반응은 90개 반응 (51.1 %)이었다. 90개 반응을 다시 질적으로 조사하여, 학생들이 불일치 증거를 어떻게 해석하는지를 조사하였다.

<표 5> 불일치 증거에 대한 학생이 증거 기초 반응 분석

증거의 해석	학생수(N=90)
"그냥 증거를 보고"라고 응답한 경우	20 (22.2%)
증거의 거부 또는 왜곡	36 (40.0%)
무조건 거부	29 (32.2%)
증거의 왜곡	7 (7.8%)
다른	24 (26.7%)
변인 언급	14 (15.6%)
거리 언급	14 (15.6%)
크기 언급	8 (8.9%)
기타(빛의 세기, 흡수량 등) 언급	2 (2.2%)
인지적혼란	8 (8.9%)
무조건 수용	2 (2.2%)

자신의 생각과 불일치되는 증거가 제시되었을 때, 불일치 이유를 어떤 다른 변인 때문으로 생각하여 탐색적인 태도를 보이거나(26.7%), 정확한 이유를 알지는 못하지만 인지적인 혼란을 느끼는 경우(8.9%)가 개념 변화를 위해 보다 바람직한 반응이라고 할 수 있다. 그러나 그러한 바람직한 태도는 전체 반응(불일치 증거에 대한 증거기초 반응) 중에서 35.6% 뿐이었다.

반대로 바람직하지 못한 태도로는 단순히 "증거를 보고"라고만 응답할 뿐 증거에 대해 다른 언급을 전혀 하지 않는 경우, 증거를 자신의 생각에 일치되게 왜곡하거나 거부하는 경우, 또는 무조건 수용하는 경우 등이 있다. 이 때 증거가 제시되었고, 그 증거를 인식하였음에도 불구하고 그 증거를 받아들이지 않고 거부한 반응이 32%였다. 그리고 자신의 생각대로 증거를 왜곡한 반응도 8%가 있었다. 이러한 학생에게는 카드로 그려진 증거를 제시하는 것만으로는 학생의 개념을 변화시키는 데 아무런 도움을 주지 않는다고 할 수 있다.

앞으로의 연구에서 이러한 학생을 대상으로 직접 시범 실험을 관찰하게 하였을 때 반응의 변화를 연구하는 것도 의미있을 것이다.

(5) 과학적 방법과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따른 증거 평가

첫단계 연구에서 학생들은 과학적 방법을 귀납적이라고 생각하는지, 연역적이라고 생각하는지를 조사하였다. 그리고 관찰이 객관적이라고 생각하는지, 관찰이 이론에 의존한다고 생각하는지에 대해서도 조사하였다.

먼저, 과학적 방법과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각을 조사한 결과를 나타내면 표 6과 같다. 연구의 편의를 위해, 첫단계 연구에서 관찰의 특성에 대해 중립적인 생각을 가지고 있는 학생(그림 3의 첫번째 문항에서 C 또는 F를 선택한 경우)과 과학적 방법에 대해 중립적인 생각을 가지고 있는 학생(그림 3의 두번째 문항에서 C 또는 F를 선택한 경우)은 제외시키고, 2단계 증거 평가 연구에 참여한 학생 44명만을 대상으로 분석하였다.

<표 6> 과학적 방법과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각

학생의 생각	학생수(N=44)
과학적 방법	
연역적	20
귀납적	24
관찰의 특성	
관찰은 이론에 의존	26
관찰은 객관적	18

박송재와 박종원(미계재)은 학생의 생각을 인과적인 생각과 비인과적인 생각으로 나누어 학생의 생각이 증거 평가에 영향을 주는지를 조사한 바 있다. 연구 결과, 인과적인 생각을 가지고 있는 경우에 비인과적인 생각을 가지고 있는 경우보다 더 증거에 기초한 반응을 한다는 것을 발견하였다. 즉, 한 변인이 다른 한 변인에 영향을 주는지 알아보기 위한 실험을 제시하였을 때, 두 변인이 서로 관련이 없다고 실험전에 이미 생각하고 있는 경우에는 증거를 제시하여도 증거를 잘 보려하지 않는 경향이 있었다. 즉, 학생의 생각이 증거평가에 영향을 준다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 과학적 방법과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각이 증거평가에 영향을 주는지를 알아보았다.

과학적 방법과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따른 증거평가의 결과는 표 7, 표 8과 같다.

<표 7> 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 대한 증거평가

학생의 생각	학생의 반응(N=352)*	
	증거기초 반응	생각기초 반응
실험은 이론에 의존	76 (37.4%)	127 (62.6%)
실험은 객관적	62 (43.7%)	80 (56.3%)

*7개 반응은 기타 또는 무응답 $X^2 = 1.348, p > 0.05$

<표 8> 과학적 방법에 대한 학생의 생각에 따른 증거 평가

학생의 생각	학생의 반응(N=352)*	
	증거기초 반응	생각기초 반응
과학적 방법은 연역적	54 (34.2%)	104 (65.8%)
과학적 방법은 귀납적	84 (44.9%)	103 (55.1%)

$X^2 = 4.118, p < 0.05$

실험의 특성에 대한 학생의 생각에 따라서는 증거 평가에 차이가 나타나지 않았다. 즉, 실험의 특성에 대한 학생의 생각은 증거평가에 별 영향을 미치지 못하였다.

그러나 과학적 방법에 대한 학생의 생각에 따라서는 증거 평가가 다르게 나타났다. 즉, 과학적 방법이 귀납적이라고 생각하는 경우에 연역적이라고 생각하는 경우보다 증거에 기초한 반응을 더 하였다.

이 결과는, 과학적인 방법이 실험 자료들을 모으고, 일반화하여 법칙을 이끌어내는 것이라고 생각하는 학생의 경우, 증거에 보다 더 관심이 많이 있으므로 증거 평가에 있어서도 증거기초 반응이 더 많이 나온 것으로 해석된다.

앞에서 학생들은 자신의 선개념과 일치하는 증거보다 불일치하는 증거에 보다 더 증거에 기초한 반응을 한다는 것을 알았다(표 4참고). 과학적 방법에 대한 학생의 생각과 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따라 일치 증거와 불일치 증거에 대한 반응이 어떻게 달라지는지를 조사하였다(표9, 표10).

<표 9> 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따른 증거의 특성별 증거기초 반응(N=148)

학생의 생각	증거의 특성*	
	일치 증거	불일치 증거
과학은 이론에 의존	26 (34.2%)	50 (65.8%)
과학은 객관적	22 (35.5%)	40 (64.5%)

$X^2 = 0.024, p > 0.1$

<표 10> 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따른 증거의 특성별 증거기초 반응(N=148)

학생의 생각	증거의 특성	
	일치 증거	불일치 증거
과학적 방법은 연역적	12 (22.2%)	42 (77.8%)
과학적 방법은 귀납적	36 (42.9%)	48 (57.1%)

$X^2 = 6.17, p < 0.05$

일치 증거와 불일치 증거에 대한 반응이 관찰에 대한 학생의 생각에 따라서는 변하지 않았다.

그러나 과학적 방법에 대한 학생의 생각에 따라서

일치증거와 불일치 증거에 대한 반응이 서로 다르게 나타났다. 즉, 과학적 방법이 귀납적이라고 생각하는 경우에는 일치 증거에 더 많이 증거 기초 반응을 하였고, 과학적 방법이 연역적이라고 생각하는 경우에는 불일치 증거에 더 많이 증거기초 반응을 하였다.

이 결과는, 과학적인 방법이 귀납적이라고 생각하는 학생은 증거로부터 일반화된 법칙을 이끌어내는 것이 과학적인 방법이라고 생각하기 때문에 증거와 이론이 잘 일치하는 경우에 관심이 많고, 따라서 일치하는 증거에 대해서 증거에 기초한 반응을 더 많이 한 것으로 해석된다. 그리고, 과학적인 방법이 연역적이라고 생각하는 학생은 가설을 설정하고 가설이 타당하지 아닌지를 검증하는 과정이 과학적인 방법이라고 생각하기 때문에, 불일치되는 증거에 더 관심이 많고, 따라서 불일치 증거에 증거 기초 반응을 더 많이 한 것으로 해석된다.

V. 요약 및 앞으로의 연구과제

본 연구에서는 빛과 그림자에 대한 학생의 생각을 조사하고, 관련된 증거를 제시하였을 때 학생의 증거 평가를 조사하였다. 그리고 이러한 증거 평가가 증거의 특성에 따라 달라지는지, 관찰의 특성이나 과학적인 방법에 대한 학생의 생각에 따라 달라지는지 등을 조사하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

* 빛과 그림자에 대해 63.5 %의 학생들이 물체의 모양은 그림자 모양에 영향을 주지만, 광원의 모양은 그림자의 모양에 영향을 주지 않는다고 생각하였다.

* 이 학생들 중 평균 성적이 60점 이상인 학생 44명을 선정하여 약 10명씩을 단위로 하여 그림으로 그려진 카드 형태의 증거를 제시하고 학생의 증거 평가를 조사하였다. 전체 반응 중 증거에 기초한 반응은 단지 39.2%였고, 58.8%의 반응이 생각에 기초한 반응이었다.

* 제시되는 증거가 학생의 선개념과 일치하는 경우보다 불일치하는 경우에 증거에 기초한 반응이 더 많았다. 불일치하는 증거에 대한 증거기초 반응 중, 인지적 혼란을 느끼거나 다른 변인을 언급하면서 탐색적인 태도를 보인 반응이 45.5% 뿐이었고, 증거를

거부하거나 왜곡하는 반응도 40%나 되었다.

* 증거평가가 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따라서는 다르게 나타나지 않았지만, 과학적 방법에 대한 학생의 생각에 따라서는 다르게 나타났다. 즉, 연역적이라고 생각하는 경우보다 귀납적이라고 생각하는 경우에 증거에 기초한 반응을 더 많이 하였다.

* 일치증거와 불일치 증거에 대한 학생의 반응이 관찰의 특성에 대한 학생의 생각에 따라서는 다르게 나타나지 않았지만, 과학적 방법에 대한 학생의 생각에 따라서는 다르게 나타났다. 즉, 과학적인 방법이 귀납적이라고 생각하는 학생들은 일치 증거에 대해 증거기초 반응을 더 많이 하였고, 과학적 방법이 연역적이라고 생각하는 학생들은 불일치 증거에 증거기초 반응을 더 많이 하였다.

참고 문헌

연구 결과 밝혀진 학생의 증거 평가의 경향은 과학교육자들에게 많은 시사점을 준다. 즉, 카드로 그려진 그림 형태의 증거만으로는 많은 학생들이 증거에 기초한 반응을 하지 않으므로, 카드가 아닌 실제 관찰 가능한 실험으로 대처하거나, 불가피하게 카드 형태로 제시할 수 밖에 없다고 하더라도 학생들이 보다 더 증거에 관심을 가질 수 있도록 하기 위한 방안을 강구해야 할 것이다.

특히 자신의 개념과 불일치하는 증거를 인식하였음에도 불구하고 그 증거를 왜곡하거나 거부하는 반응이 많이 나타났으므로, 선개념과 증거간의 관계에 보다 더 관심을 가질 수 있도록 하기 위한 방안도 필요하다. 쿤(1988)은 선개념과 증거간의 관계에 대한 인식이 과학적 사고의 중요한 한 측면이라고 하였다. 따라서, 과학적 사고 기능의 하나로서 증거 평가 기능을 포함시킨다면, 증거평가 기능을 향상시키기 위한 방안을 고안하는 연구도 필요할 것이다.

과학적 방법에 대한 학생의 생각은, 일부분이기는 하지만, 과학철학적인 측면을 포함하고 있다. 본 연구에서는 학생의 과학철학적 인식을 한번의 질문으로 간단하게 조사하였지만, 좀 더 깊이 조사하면 과학철학적 인식과 증거평가와의 관계에 대해 더 많은 것을 알 수 있을 것이다.

권재술 (1989) 과학 개념의 한 인지적 모형. 한국 물리학회, 물리교육 7(1), 1-9.

박종원 (1992) 삼대론 기초 개념 변화에 있어서 초인지의 역할. 서울대학교 교육학 박사학위 논문

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

신중섭 (1992) 포퍼와 현대의 과학 철학 (pp.200-201). 서광사.

Dawson, C., & Rowell, J. (1987) The use of data in problem solving : The ways, whens and wherefores. Research in science Education, 17, 1-10.

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

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

Holton, G. (1978) Subelectrons, presuppositions, and the Millikan-Ehrenhaft dispute, In G. Holton. The scientific imagination : Case studies. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 25-83.

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

Pak, sungjae, & Park, jongwon (not published) Responses to the experimental evidences according to student's idea types and evidence types about electricity.

Piaget, J. (1964) Cognitive development in children : Development and learning. Journal of Research in Science Teaching, 2, 176-186.

Posner, G.J., Strike, K.A. Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982) Accomodation of a scientific conceptions : Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), 211-227.

(ABSTRACT)

Middle School Student's Evidence Evaluation about Light and Shadow

Jongwon Park

(chonnam National University)

Byunggi Chang, Hyegyong Yoon, Pak Sung Jae

(Seoul National University)

This study investigated student's prior conceptions and evidence evaluation about Light and shadow.

One hundred twenty six students were given Explanation-after-choice type questions to investigate student's prior conceptions and Choiced type question to identify student's idea about scientific method and characteristics of observation. Forty-four of the 126 students were interviewed to explore student's evidence evaluation.

Eighty students (63.5%) thought that the shape of material affected the shape of shadow but the shape of light source did not. Only 58.8 percents of all responses were evidence-based responses.

Characteristics of evidence affected student's evidence evaluation : student made evidence-based response to the accord evidence more frequently than discord evidence.

Among evidence-based response to the discord evidence, 35.5% of responses were the case that student felt cognitive conflict or explored other variables by recognizing discord between his/her own ideas and evidence or distort the evidence.

Student's idea about characteristics of observation did not affect the evidence evaluation, but student's idea about scientific method affected the evidence evaluation.