

물리실험에서 선개념과 불일치한 실험 데이터에 대한 학생들의 해석 유형

김지나* · 변영찬

부산대학교 · 대덕여자고등학교

The Types of Explanation about Different Experimental Data with Students' Preconceptions on Physical Experiment

Kim, Jina* · Byun, Young-Chan

Pusan National University · Daedeok Girls' High School

Abstract: The purpose of this study was to examine the types of explanation about different experimental data on students' preconceptions on physical experiment. 45 students were selected from P University by examining their pre-test. The subjects had a scientific conception about a simple pendulum's period of movement, and expected that there was no change in the movement even when the mass of water increased in the can. The students were presented data about pendulum movement inside a can. They recorded this in a blank table and drew a graph about the movement of the pendulum. The responses of students were tested by presenting written anomalous experimental data. Students' recognition, trust about the anomalous data, cognitive conflict, belief change about their preconceptions were examined with written tests also. To measure students' cognitive conflict levels, CCLT (Cognitive Conflict Levels Test) developed in a previous study was used. Some students responded based on preconceptions and regarded the data as manufactured data or experimental error. The students who recognized the anomaly in the situation showed higher cognitive conflict levels than those who didn't recognize the anomaly in the situation. The students who changed their beliefs about preconceptions recognized the data as anomalous situations and showed high cognitive conflict levels than those who didn't abandon their preconceptions. The students who have unchanged beliefs about their preconceptions regarded the data as experimental error.

Key words: anomalous data, anomalous situation, cognitive conflict, types of responses, types of explanation

I. 서론

구성주의 학습 견해에 따르면, 학습자는 능동적인 학습활동을 통해 자신의 개념체계에 기초하여 새로운 개념을 구성한다. 학생들은 가르치는 것을 배우는 것이 아니라, 자신의 선개념과 배우는 개념 사이의 상호작용에 의하여 새로운 지식을 구성해 간다. 이에, 학생들이 과학수업을 통해 지식을 쌓아가는 과정을 이해하기 위해서는 학생들의 선개념과 다른 변칙 사례에 대한 반응을 알아보는 것이 필요하다(Chinn & Brewer, 1993).

학생들은 동일한 자연 현상을 관찰함에도 불구하고, 각각 다르게 현상을 해석하고 이해한다는 연구가 있다.

Champagne 등(1985)은 중학생에게 두 물체를 떨어뜨리는 시범을 관찰하게 한 뒤, 관찰한 현상을 설명하게 하였다. 학생들은 자유낙하 하는 물체의 속력이 질량과 관계된다는 자신의 선개념에 의존하여 현상을 설명하였다. 학생들은 떨어지는 시간의 차이가 너무 적어서, 약 1m의 높이의 짧은 거리로는 그 차이를 관찰해 낼 수 없다고 그 이유를 들었다. 그들은 자신들의 설명을 검증하기 위해서 훨씬 더 민감한 실험 절차를 고안해 내어 물체의 떨어지는 시간 차이를 보이려고 하였다.

Shepardson & Moje (1994)는 아동들의 기압에 대한 개념을 이해하기 위해 과학적 시범 실험의 효과를 연구하였다. 학생들의 1/3 정도가 시범실험에서 선개념

*교신저자: 김지나(mailto:jina@pusan.ac.kr)

**2007.03.05(접수) 2007.04.02(1심통과) 2007.08.06(2심통과) 2007.08.13(최종통과)

***이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2004-041-B00487)

이 강화되었다. 시범실험을 관찰하였을 때, 학생들은 자신이 관찰한 것을 적는 것이 아니라, 자신이 예상했던 것을 적는 경향이 있으며, 이것은 선개념이 관찰에 영향을 미치기 때문이라고 해석했다.

서정아 등(1996)은 사람들은 자신의 이론을 확증해주는 증거를 우선적으로 수용하려는 경향이 있고, 자신의 이론을 반증할 가능성이 있는 증거는 회피하려는 경향이 있다고 하였다.

이러한 연구들은 불일치 상황을 관찰한 학생들의 반응 중의 하나인 관찰이, 선개념에 영향을 받는다는 것을 보여준다. 학생들은 자신의 선개념과 일치하는 방향으로 관찰하려는 경향이 있으며, 자신의 선개념과 일치하지 않는 변칙 사례를 수용하기보다는 무시할 가능성이 있다는 것을 보여준다. 즉, 관찰 현상은 학생들의 관찰에 대한 인식에 영향을 미치며, 이것은 제시한 자료에 대한 신뢰와 연결 지어 질 수 있기 때문에, 관찰에 대한 인식과 제시된 자료에 대한 신뢰를 같이 연구해 볼 필요가 있다.

그리고, 학생들의 기존 신념에 일치하지 않는 정보를 처리하는 방식이 다르기 때문에, 불일치 상황에 대한 반응이 다르다는 연구도 있다. Champagne 등(1985)은 새로운 정보를 이미 알고 있는 것에 적합하게 맞추는 것을 의미하는 직접적인 동화(direct assimilation)와 새로운 정보를 설명이 필요한 어떤 문제로 취급하는 것을 의미하는 지식 구축(knowledge building)이 있다고 하였다. 그리고, 개념변화에 있어 갈등의 중요성을 인정하면서, 갈등을 일으키는 정보의 제공과 함께 학생들이 개념변화과정의 능동적인 주체로서 지식구축(knowledge building) 활동을 할 때 개념변화를 일으킬 가능성이 더 커진다고 하였다.

박종원 등(1993)은 학생의 선개념과 새로운 정보와의 상호작용을 Kuhn 등의 증거평가에 비유하여 올바른 증거평가가 개념변화에 중요한 영향을 미친다고 하였다. 이러한 증거평가 과정은 항상 논리적이고 합리적인 것은 아니며, 자신의 선개념을 확증할 수 있는 증거들만 선택하려는 경향이 있다고 하였다. 또한 선개념에 대한 신념이 강하면 선개념에 불일치되는 증거나 변칙 사례가 제시되어도 민감하게 반응하지 못한다고 하였다.

제시한 불일치 상황의 유형에 따라서도 학생들의 관찰에 대한 인식이 다른 경향이 있고, 이에 따른 학생들의 반응 유형이 다르다는 연구결과도 있다. 김지나, 권재술(2005)은 중학생들의 선개념과 불일치하는 시범을 관찰한 학생들의 반응을 조사하였다. 불일치 상황을 정성적으로 제시했을 경우에는 자신의 선개념의 영향을

받아 다르게 관찰한 학생이 있는 반면, 정량적 불일치 상황에서는 모두 바르게 관찰하였다. 불일치 상황을 선개념에 의존하여 관찰한 학생은 대체적으로 선개념을 버리지 않으며, 선개념을 지지하는 실험을 요구하는 경향이 있었다. 그리고, 선개념에 대한 신념의 변화가 클수록 인지갈등 정도가 높은 경향이 있었다.

내용 영역에 따라, 불일치 상황의 유형에 따라 개념 변화의 정도가 다르다는 연구(김지나 등, 2000; 이체은 등, 2001)도 진행되었다.

과학교육 목표 중의 하나인 올바른 과학개념의 학습을 위해 학습자들의 인지적 갈등의 중요성을 강조하여 왔다(이영직, 1998; 심영이, 1994; 서상오, 2004; Druyan, 1997; Limón, 2001). 학생들이 선개념과 불일치한 상황에 대한 반응은 인지갈등 정도에 영향을 미칠 수 있다. 김지나, 권재술(2005)은 선개념에 대한 신념의 변화가 클수록 인지갈등 정도가 높다고 하였다. 인지갈등 정도는 신념의 변화에만 관계있는 것이 아니므로, 불일치 인식, 불일치 상황에 대한 신뢰, 선개념에 대한 신념의 변화에 따른 인지갈등을 같이 비교해 볼 필요가 있다.

이와같이 학생들에게 불일치 상황을 시범실험이나 읽기 자료 등을 제시하였을 때의, 학생들의 반응 및 개념을 조사하는 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구에 의하면, 같은 현상을 관찰했음에도 학생들마다 다른 해석을 내린다는 것을 알 수 있다.

과학 이론을 만들어내는 방법 중의 하나는, 현상을 관찰하고 이것을 데이터화 하고, 데이터를 모으고, 그 데이터로 일정한 규칙을 찾는 것이다. 이 연구에서는 학생들에게 현상을 제시하는 것이 아니라, 현상의 결과로 나타나는 실험 데이터를 제시하여, 이 실험 데이터를 학생들이 어떻게 해석하는가를 알아보고자 한다. 같은 자연현상을 관찰한다 하더라도, 학생들에 따라 그 현상을 다르게 관찰하고 해석한다는 선행연구를 바탕으로, 숫치화 된 똑 같은 실험 데이터를 관찰한 학생들이 그 데이터를 어떻게 해석하는 가를 알아보고자 한다. 제시한 실험 데이터를 그래프화하여 해석하는 과정에서의 학생들의 반응 유형을 알아보고자 한다. 교사가 제시한 데이터를 보고 학생들이 그린 그래프 유형이 어떠한지, 선개념으로 그린 그래프와 데이터를 보고 그린 그래프를 비교하고 불일치를 인식하는지, 교사가 제시한 데이터가 신뢰롭다고 인식하는지, 그래프를 비교하여 겪는 인지갈등 정도는 어떠한지, 선개념에 대한 신념이 변화하였는지, 데이터를 보고 그린 그래프를 해석하기 위해 학생들이 제시한 가설은 무엇인지를 알아 보았다.

II. 연구 절차 및 방법

부산광역시에 소재하는 P 대학교 사범대학 과학교 육학부 3, 4학년 학생을 대상으로, 교사가 제시한 실험 데이터를 이용하여 그래프를 그린 뒤, 불일치 인식, 실험 데이터 신뢰 여부, 신념의 변화, 인지갈등 및 실험 결과에 대한 가설 유형을 알아보았다.

사전 검사를 실시하여, 진자의 주기 영향을 주는 변 인에 대해 과학적 개념을 가지고 있는 학생, 즉, 진자 의 주기는 진자의 길이와 관계있고, 진자의 질량과는 관계없다고 응답한 학생을 먼저 선발하였다. 그 학생들 중, 깡통진자에 물을 넣어가면서 깡통진자의 주기를 측 정할 때, 주기가 일정할 것이라고 예상한 대학생 45명 을 연구대상으로 선발하였다. 깡통진자에 물을 넣으면, 깡통진자의 질량 중심이 변하게 되어 실제로 진자의 길이가 달라지는 결과를 가져온다. 따라서, 물을 넣어 가면서 측정한 깡통진자의 주기가 일정하다고 생각하 는 학생들에게는 깡통진자의 주기 실험 데이터는 불일 치한 실험 결과로 인식될 수 있다.

선발된 학생을 대상으로 실의 길이를 1.2m가 되도 록 연결한 깡통진자의 실험 장치를 직접 보여주었다. 진폭 10°를 일정하게 유지하고, 깡통에 물을 0.05kg씩 점 점 증가시키면서 깡통 진자의 주기를 직접 측정한 데이터 것이라고, 설명한 뒤, 학생들에게 데이터를 제 시하였다. 시간의 변화량을 실험 오차로 해석하지 않도 록 하기 위해, 물의 질량 변화량을 소수점 2째 자리인 0.05씩 변화하도록 질량 단위를 kg으로 제시하였다.

학생들에게 제시한 데이터는 다음과 같다.

▶ 실험1 : 깡통에 물을 0.05kg을 넣어 10회 왕복한 시간 23.67 초
▶ 실험2 : 깡통에 물을 0.10kg을 넣어 10회 왕복한 시간 23.55 초
▶ 실험3 : 깡통에 물을 0.15kg을 넣어 10회 왕복한 시간 23.53 초
▶ 실험4 : 깡통에 물을 0.20kg을 넣어 10회 왕복한 시간 23.44 초
▶ 실험5 : 깡통에 물을 0.25kg을 넣어 10회 왕복한 시간 23.30 초
▶ 실험6 : 깡통에 물을 0.30kg을 넣어 10회 왕복한 시간 23.26 초

교사가 실험하여 얻은 깡통진자 주기 실험 데이터를 학생들에게 제시한 뒤, 그것을 표에 기록하고 그것을 그래프로 그려 자료변환을 하도록 하였다. 지필 검사지 를 이용하여, 데이터가 선개념과 불일치함을 인식하는 지, 데이터를 신뢰하는지, 선개념에 대한 신념은 변화 하였는지 등에 대한 응답과 함께, 응답 이유를 상세히 서술하도록 하였다. 또한 실험 데이터의 결과를 설명할 수 있는 가설을 고안하도록 하였다. 그리고, 인지갈등 검사도구를 이용하여 인지갈등 정도를 측정하였다.

이 연구에서 사용한 인지갈등 검사도구는 Lee 등 (1999)이 개발한 CCLT(Cognitive Conflict Levels Test) 를 사용하였다. 이 검사 도구는 세 영역으로 나누어져

있는데, 첫 번째 영역은 자신의 개념에 대한 확신에 대 한 3문항, 두 번째 영역은 관찰 및 실험 결과에 대한 신뢰성에 대한 3문항, 세 번째 영역은 갈등 정도를 측 정하는 12문항으로 이루어져 있다. 세 번째 영역의 12 문항에는 불일치 상황에 대한 인식 3문항, 흥미 3문항, 불안 3문항, 인지적 재평가 3문항으로 이루어져 있다. 각 문항은 0점~4점으로 구성된 리커트 척도를 사용하 고 있다. 인지갈등 정도의 총점은 48점이다. Lee 등 (1999)의 연구에서 CCLT검사 도구의 내용타당도 계 수는 0.93이고, 신뢰도는 0.83~0.86 이다. 이 연구에서 의 신뢰도는 0.89였다.

III. 연구 결과 및 논의

이 연구에서는 교사가 제시한 실험 데이터를 보고 대학생들이 그린 그래프 유형, 불일치 인식 여부, 실험 데이터에 대한 신뢰 여부, 신념변화 및 인지갈등 정도 를 알아보았다. 그리고 실험 결과에 대한 가설 유형도 알아보았다.

1. 학생들이 그린 그래프 유형과 불일치 인식

교사가 제시한 깡통진자의 주기 데이터를 보고, 학 생이 자료변환하여 그린 그래프를 Fig. 1과 같이 세 개 의 유형으로 분류하였다. A형은 점을 찍지 않고 주기가 일정하게 그린 그래프, B형은 주기가 감소하는 점 을 찍으면서 선은 일정하게 그린 그래프, C형은 주기가 감소하는 그래프이다.

A형을 그린 학생은 4명이었다. 이 중 3명은 실험 결 과가 자신의 선개념과 일치하다고 인식하였고, 1명은 자신의 선개념과 불일치 하다고 인식하였다. 불일치하 다고 인식한 학생은 주기가 변하지 않는 그래프를 그 려으나, 데이터 자체가 감소하는 것에 대하여 의문스럽 다 응답 이유를 진술 하였다. 하지만, 주기는 질량에 관계없기 때문에 변하지 않아야 한다는 선개념을 그대로 유지하였다. B형을 그린 학생은 16명이었다. 이 중 15명은 실험 결과가 자신의 선개념과 일치하다고 인식

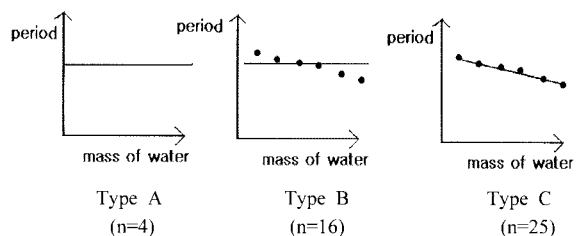


Fig. 1 The graph types

Table 1
The graph types by recognition of anomalous

	The students who recognized same results with their preconceptions (n=23)	The students who recognized different results with their preconceptions (n=22)
Type A (n=4)	3	1
Type B (n=16)	15	1
Type C (n=25)	5	20

하였고, 1명은 자신의 선개념과 불일치 하다고 인식하였다. 불일치함을 인식한 학생은 자신의 선개념과 불일치한 실험 결과의 원인을 오차로 돌려 여전히 자신의 선개념을 유지하였다. C형을 그린 학생은 25명이었다. 주기가 감소하는 그래프를 그렸음에도 이들 중 5명은 자신의 선개념과 같은 실험 결과라고 인식하였다. 이 5명 중 1명은 응답 이유를 쓰는 도중에 ‘깡통진자에 물을 넣으면 길이가 변화되는 효과가 있다’라고 주기가 감소하는 이유에 대한 설명을 하였다. 나머지 4명은 ‘데이터가 감소하는 숫치가 오차 범위 안에 들어가기 때문에, y축의 스케일을 크게 잡고 그래프를 그리면, 주기가 감소하는 패턴으로는 보이지 않을 것’이라고 하였다. 그리고, ‘주기는 질량에 영향을 받기 때문에’라는 이유를 들어 자신이 그린 그래프를 설명하는 경우도 있었다.

2. 데이터에 대한 신뢰

실험 데이터의 신뢰 여부와 그에 대한 학생들의 응

답 이유를 Table 2에 제시하였다. 데이터를 신뢰하는 경우는 34명, 신뢰하지 않는 경우는 11명이었다. 데이터를 신뢰하는 경우는 ‘주기는 질량에 의존하지 않는다’와 같이 데이터를 선개념 의존형 반응, ‘실험 데이터이기 때문’이라는 실험 결과 의존형 반응과, ‘실험 오차 때문’이라는 반응이 있었다. 또한 ‘물을 넣으면 깡통진자의 길이가 변하는 효과가 생긴다’는 새로운 가설을 만들어 내는 반응도 1명 있었다. 실험 결과를 신뢰하지 않는 경우는 선개념에 의존하는 반응과 오차를 원인으로 드는 2가지의 반응만 나왔다.

3. 실험 데이터에 대한 불일치 인식, 신뢰, 신념 변화와 인지갈등 정도

실험 데이터에 대한 불일치 인식, 신뢰, 신념변화와 인지갈등 정도는 Table 3에 제시하였다.

자신의 선개념과 불일치함을 인식하지 못하는 경우는 23명, 인식하는 경우는 22명이었다. 불일치함을 인식하지 못하는 학생들의 인지갈등 정도의 평균은 20.7,

Table 2
The reason types be caused by trust about the data

reason belief	The period is not dependent upon mass (n=21)	Because it was experimental data (n=3)	Because center of mass was changed (n=1)	experimental error (n=20)
trust (n=34)	17	3	1	13
not trust (n=11)	4	-	-	7

Table 3
Students' cognitive conflict levels by recognition, trust, belief

recognition of anomalous data	trust the data	belief about preconception
The students who recognized same results with their preconceptions (n=23) 20.7	trust (n=16) 17.8	lower (n=1) 25
		keep (n=15) 17.3
	not trust (n=7) 27.6	lower (n=0) -
The students who recognized different results with their preconceptions (n=22) 29.3		keep (n=7) 27.6
	trust (n=18) 27.8	lower (n=9) 29.9
		keep (n=9) 25.8
	not trust (n=4) 35.8	lower (n=0) -
		keep (n=3) 35.8

불일치함을 인식하는 학생들의 인지갈등 정도의 평균은 29.3으로, 불일치함을 인식하는 경우 인지갈등 정도가 높게 나타났다. 인지갈등이 일어나기 위해서는 자신의 선개념과 불일치한 상황이라는 것을 인식하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

교사가 제시한 실험 데이터가, 자신의 선개념과 일치하다고 인식한 학생 23명 중 1명을 제외하고 모두 신념변화가 일어나지 않았다. 신념변화가 일어난 이 1명의 학생은 질문지를 작성하는 과정에 ‘깡통진자에 물을 넣는 것은 진자의 길이가 변하는 효과가 있다’고 서술하였고, ‘실험 데이터는 원래 자신이 가지고 있었던 진자의 주기와 같기 때문에 자신의 선개념과 일치한다’고 설명하였다. 자신의 선개념과 일치하다고 인식한 23명의 학생 중 22명의 학생이 선개념에 대한 신념을 유지한 것을 보면, 개념변화를 위해서 자신의 선개념과 불일치하다는 것을 먼저 인식을 시켜 선개념에 대한 신념의 변화를 가져올 수 있도록 해야 함을 알 수 있다.

데이터가 선개념과 불일치하다고 인식한 학생 22명 중 선개념에 대한 신념을 유지한 학생은 12명이었다. 이들 중 3명은 ‘실험상의 오차’로 인하여 신뢰하기 어렵다는 반응을 보였고, 9명은 ‘진자의 길이에는 변함이 없어서 주기는 변하지 않는다’는 선개념에 의존하여 데이터가 신뢰롭지 못하다고 하였다.

데이터를 신뢰하는 34명의 인지갈등 정도의 평균은 23.1, 데이터를 신뢰하지 않는 11명의 인지갈등 정도의 평균은 30.6으로 데이터를 신뢰하지 않는 경우의 인지갈등 정도가 높았다.

데이터를 신뢰하지 않는 경우는 모두 선개념에 대한 신념에 변화가 없었다. 선개념에 대한 신념의 변화가 개념변화를 위한 선행 조건이라고 생각하면, 데이터에 대한 신뢰가 개념변화의 충분조건이라는 것을 알 수 있다. 이 경우는 자신의 선개념을 유지하기 위해서, 실험 데이터가 ‘오차가 많은 데이터’이거나 ‘실제 실험이 아닌 조작된 데이터’로 간주한 경우이다. 실험 데이터

가 신뢰롭다고 생각하면서도, 선개념 의존, 오차로 인한 부정확한 결과 등으로 실험 결과를 해석한 경우는 선개념에 대한 신념을 유지하였다.

데이터를 신뢰롭지 않다고 인식한 11명의 학생들은 모두 선개념에 대한 신념을 유지하였다. 데이터를 신뢰롭다고 인식한 학생 36명 중 선개념에 대한 신념이 변함없는 24명의 인지갈등 평균은 20.5, 선개념에 대한 신념이 낮아진 10명의 인지갈등 평균은 29.4이다. 선개념에 대한 신념이 낮아진 학생들은 인지갈등을 많이 겪었다는 것을 알 수 있다.

선개념에 대한 신념에 변화가 없는 경우, 데이터를 신뢰하지 않는 경우 인지갈등 정도가 높았다. 선개념에 대한 신념을 유지한 34명의 학생들 중, 데이터에 대해 신뢰를 하는 24명의 학생 인지갈등 평균은 20.5, 신뢰를 하지 않는 10명의 인지갈등 평균은 30.1이었다. 데이터를 신뢰롭지 않다고 인식한 경우는, 데이터로 자신이 그린 그래프와 선개념 사이에 인지갈등이 일어났지만, 자신의 선개념을 고수하기 위한 방안으로 데이터를 신뢰롭지 못한 것으로 인식한 것으로 보인다. 데이터의 신뢰 여부에 따른 이유와 인지갈등과의 관계를 더 알아볼 필요가 있다고 본다.

4. 실험 결과에 대한 학생들의 가설

Table 4는 실험 결과에 대한 학생들의 가설 유형을 제시한 것이다. 실험 결과가 선개념과 일치하다고 인식한 23명 중 7명은 실험 결과를 ‘길이의 변화가 없기 때문’이라는 선개념 의존적 가설을 제시하였다. 12명은 공기 저항이나 측정 오차 등의 ‘실험상의 오차’로 해석하였다. 불일치 하다고 인식한 학생 중 선개념을 그대로 실험 결과의 가설로 제시한 경우는 없었다. 대부분 ‘오차’로 실험 결과를 해석하였다.

일부 학생은 ‘무게 중심이 변하기 때문’에 깡통진자의 주기가 변한다는 의미있는 가설을 제시하기도 하였다. 유체가 들었기 때문에, 강체 진자와는 다른 결과가 나왔을 것이라는 가설을 제시한 학생도 있었다. 불일치

Table 4
The types of students' hypothesis

Hypothesis	Recognition	The students who recognized same with their preconceptions	The students who recognized different results with their preconceptions
The length was not changed(n=7)		7	-
The data was invented(n=4)		2	2
Experimental error(n=28)		12	16
Because of fluid(n=3)		1	2
The center of mass was changed(n=3)		1	2

함을 인식한 학생과 그렇지 않은 학생 모두 ‘조작된 실험 결과’라는 가설도 제시하기도 하였다. 이것은 학생들이 직접 실험한 데이터가 아니라 교사가 제시한 실험 데이터이기 때문에 나타난 결과라고 생각된다.

IV. 결론 및 제언

교사가 제시한 강통진자의 주기 데이터를 보고, 표로 작성하고, 그래프로 변환하여 실험 결과를 해석한 대학생의 반응은 다음과 같다.

학생들은 데이터와 똑같이 자료변환을 하지 않고 자신의 선개념으로 설명할 수 있는 그래프를 그린 경우가 많았다. 44.4%의 학생들이 그래프의 형태가 주기 변화하지 않는 직선그래프 형태를 그렸다. 48.9%의 학생이 자신의 선개념과 불일치하다고 인식하였다. 이러한 결과는 학생들의 관찰이 선개념에 영향을 받는다는 것과 자신의 이론을 확증해주는 증거를 우선적으로 수용한다는 선행연구와 같은 맥락이다. 선행 연구에서는 학생들의 선개념과 불일치한 현상을 제시하였지만, 이 연구에서는 수치화 된 데이터를 제시하였다. 똑 같은 수치 데이터를 보고 그린 그래프의 유형이 학생들마다 다르다는 것은, 수치화 된 데이터를 해석하여 그래프로 변환하는 과정에서도 자신의 선개념에 의존하여 자료 변환 한다는 것을 알 수 있다.

실제로 실험한 데이터라고 언급을 했는데도 불구하고 24.4%의 학생은 교사가 제시한 실험 데이터를 신뢰하지 않았다. 이들은 실험상의 오차를 원인을 들거나 선개념에 근거하여 응답을 하였다. 이러한 결과는 직접 실험한 결과라고 말로써 설명한다고 해서, 모든 학생이 그 결과를 실험을 통한 결과라고 인식하는 것은 아니라는 것을 말해준다. 이것은 일선 현장에서 직접 실험을 하지 않고, 단순히 실험 결과만을 제시하거나, 이론으로 설명하는 것에는 올바른 개념변화에 한계가 있다는 것을 보여주는 것이다.

실험 데이터가 선개념과 불일치함을 인식하는 학생일수록 인지갈등 정도가 높고, 불일치함을 인식한 학생중에 인지갈등이 높은 경우에 신념변화가 잘됨을 알 수 있었다. 데이터가 자신의 선개념과 일치하다고 인식한 경우는 신념변화가 일어나지 않았다. 이러한 결과로 보아 개념변화를 위해서 학생들이 선개념과 불일치함을 인식시킬 수 있는 자료를 고안할 필요가 있다. 그런데, 실험 데이터가 자신의 선개념과 불일치하다고 인식하고 데이터 자체가 신뢰롭다고 인식한 경우에도 신념변화가 일어나지 않은 경우가 있었다. 이런 학생의 경

우, 여전히 선개념으로 데이터를 해석하거나, 실험 데이터는 실험 오차를 포함하기 때문으로 응답하였다. 이런 학생들이 올바른 신념변화를 이끌어 과학적 개념변화로 이어지게 하기 위한 전략 및 방법이 필요하다고 본다.

실험 결과에 대한 학생들의 가설 유형은 대부분의 학생이 오차나 선개념 의존적 가설을 제시하였다. 일부 학생은 ‘강통 속에 든 물체가 유체이기 때문’이라는 가설과 ‘물의 양이 증가하면 무게 중심이 달라지기 때문에’라는 의미있는 가설을 제시하였다. 또 실제 실험 데이터가 아닌 조작된 데이터일 것이라고 응답한 학생도 있었다.

학생들의 효과적인 개념변화를 위해 선개념에 불일치한 자료를 제시하는 것은 중요하다. 하지만 불일치한 자료로 분명하게 인식할 수 있는 자료를 제시하는 것이 더 중요하다.

교사가 제시한 실험 데이터가 자신의 선개념과 다소 다른 부분이 있어도, 그것이 선개념과 불일치한 것인지 인식하지 못하는 원인에는 여러 가지 있을 수가 있다. 그 이유 중의 하나가, 자신이 실험한 데이터가 아니라 교사가 제시한 데이터이기 때문에, 실제 실험 데이터라는 인식을 하지 못했기 때문일 수 있다. 따라서, 학생들이 직접 실험을 통해 얻은 데이터를 이용하여, 학생들의 반응 및 신념의 변화를 알아 볼 필요가 있다.

선행연구에서는 정량적으로 수치화 된 자료를 제시하면, 거의 대부분의 학생들이 제시한 자료와 선개념과의 불일치를 인식 하였다. 이 연구에서도 수치로 나타난 정량적인 자료를 제시하였지만 불일치 상황을 인식하지 못한 경우가 많았다. 그것은 이 연구에서는 제시한 데이터의 수치와 선개념의 수치 자체를 비교하여 불일치를 인식하게 하는 것이 아니라, 수치를 이용하여 해석을 하고, 그것을 선개념과 비교하는 것이기 때문에, 선행연구와는 다른 상황이다. 데이터를 해석하는 과정에서 선개념에 의존하여 해석을 할 수 있는 상황이기 때문이다. 이러한 결과로 보아, 불일치 상황의 제시 유형을 정성적으로 하느냐, 정량적으로 하느냐를 구분하여 그 의미를 파악하는 것도 중요하지만, 어떤 방법으로 제시하는 것이 개념변화에 더 효과적인가를 고안할 필요가 있다고 본다. 이 연구에서 제시한 데이터는 강통진자에 물을 넣어서 주기를 측정할 때, 물을 많이 넣을수록 주기가 감소하지만, 학생들은 감소하는 수치를 오차의 범위 영역에 넣어서 해석하는 경향이 있었다. 만약, 주기의 감소가 확연히 드러나는, 긴 강통진자를 이용하여 실험한 데이터를 제시할 경우, 학생들의

반응이 어떠한 지 비교해 볼 필요가 있다. 이러한 후속 연구가 이루어진다면, 개념변화를 위한 불일치자료의 조건에 대한 자료를 제공할 수 있을 것이다.

실험 데이터를 신뢰하는 경우보다 신뢰하지 않는 경우가 인지갈등 정도가 더 높았다. 불일치 자료에 대한 신뢰 정도와 인지갈등 정도를 더 심층적으로 연구할 필요가 있고, 이러한 결과의 원인을 더 연구할 필요가 있다고 본다.

국문 요약

이 연구는 학생들에게 예상과 불일치한 실험 데이터를 제시한 뒤, 학생들이 이 데이터를 어떻게 해석하는가를 알아보는 것이다. P 대학교 대학생을 대상으로, 진자의 주기에 대해서 과학적 개념을 가지고 있는 학생 중, 깁통진자에 물을 넣어가면서 깁통진자의 주기를 측정할 때, 주기가 일정할 것이라고 예상한 학생 45명을 선발하였다.

학생들에게 깁통진자에 물을 넣어가면서 주기를 측정한 데이터를 제시하고, 표에 기록하게하고 그것을 그래프로 그려 자료변환을 하도록 하였다. 검사문항지를 통해 불일치 인식, 데이터에 대한 신뢰, 인지갈등, 개념변화 및 실험 결과에 대한 가설 등을 조사하였다. 인지갈등정도를 측정하기 위해 CCLT(Cognitive Conflict Levels Test) 검사문항지를 사용하였다.

일부 학생들은 선개념에 의존하여, 데이터를 실제 데이터가 아니라고 간주하거나 실험 오류로 간주하였다. 불일치 상황을 인식한 학생들은 그렇지 않은 학생들에 비해 인지갈등 정도가 높았다. 선개념에 대한 신념이 변한 학생들은 불일치 상황을 인식하였고, 신념이 변하지 않은 학생들에 비해 인지갈등 정도가 높았다. 선개념에 대한 신념이 변하지 않은 학생들은 데이터를 실험 오류로 간주하였다.

참고 문헌

김준희, 김연수, 권재술(2005). 전기회로 과제에서 초등학생들의 귀인성향에 따른 인지갈등과 개념변화, 한국과학교육학회지, 25(7), 885-893.

김지나, 이영직, 권재술(2000). 갈등상황 제시 유형에 따른 학생 개개인의 물리개념변화 과정 경로 분석, 한국과학교육학회지, 20(1), 77-87.

김지나, 권재술(2005). 물리학습에서 불일치 상황에 직면한 학생들의 반응 유형 - 관찰 및 인식, 신념변화, 제안하는 실험의 유형, 신념변화에 따른 인지갈등 정도, 한국과학교육학회지, 25(2), 162-172.

노태희, 임희연, 강석진(2000). 변칙사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20(2), 288-296.

박종원, 김익균, 이무, 김명환(1998). 학생 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 18(3), 283-296.

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

서정아, 박승재, 박종원(1996). 힘과 운동에 대한 연역추론 과제 수행에 대한 중등학생의 반응 분석. 한국과학교육학회지, 16(1), 87-96.

서상오(2004). 전기회로에서 다중불일치 상황에 대면한 초등학생들의 반응 특성. 한국교원대학교 박사학위논문.

심영이(1994). 인지갈등전략이 아동의 힘 개념변화에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.

이영직(1998). 인지갈등에 의한 고등학생의 물리개념변화. 한국교원대학교 박사학위논문.

이재은, 이정호, 김지나, 권재술(2001). 인지갈등 상황 제시 유형에 따른 고등학생들의 역학 개념변화. 한국과학교육학회지, 21(4), 697-709.

임이숙, 이영직, 권재술(1998). 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 18(4), 473-484.

Champagne, A. B., Gunstone, R. F., & Klopfer, L. E. (1985). Instructional Consequences of Students' Knowledge about Physics Phenomena. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), Cognitive structure and conceptual change (pp. 61-90). Orlando, FL: Academic Press.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. Review of Educational Research, 63(1), 1-49.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. Journal of Research in Science Teaching, 35(6), 623-654.

Dreyfus, A., Jungwirth, & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change: Some implications, difficulties, and problems. Science Education, 74(5), 555-569.

Druyan, S. (1997). Effects of the kinesthetic conflict on promoting scientific reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 34(10), 1083-1099.

Kang, S., Scharmann, L. C., Noh, T., & Koh, H. (2005). The influence of students' cognitive and motivational variables on cognitive conflict and conceptual change. International Journal of Science Education, 27(9), 1037-1058.

Kim, Y., & Kwon, J. (2004). Cognitive conflict and

causal attributions to successful conceptual change in physics learning. *The Korean Journal of Association for Research in Science Education*, 24(4), 687-708.

Lee, G. H., Kwon, J. S., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., & Park, H. K. (1999, March). The development of an instrument for the measuring of student's cognitive conflict levels. Paper present at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.

Lee, G. H., Kwon, J. S., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., & Park, H. K. (2003). Development of an Instrument for Measuring cognitive conflict in Secondary-Level Science Classes. *Journal of Research in science*

Teaching, 40(6), 585-603.

Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for the conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11(5), 357-380.

Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1994). The Impact of a Science Demonstration on Children's Understandings of Air Pressure. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 243-258.

Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuit. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.