

# 물리학습에서 불일치 상황에 직면한 학생들의 반응 유형 - 관찰 및 인식, 신념변화, 제안하는 실험의 유형, 신념변화에 따른 인지갈등 정도

김지나 · 권재술<sup>1</sup>  
(부산대학교) · (한국교원대학교)<sup>2</sup>

The types of Students' Responses to Anomalous Situations in Physics - Observation, Perception about Observation, Belief Change about Preconception, Contents and Types of Suggested Experiments, Cognitive Conflict Level by the Belief Change

Kim, Ji-Na · Kwon, Jaesool<sup>1</sup>  
(Pusan National University) · (Korea National University of Education)<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the students' responses when students were confronted with anomalous situations in physics. 16 students were selected from one middle school in Busan by examining the pre-test results. To measure students' responses and cognitive conflict levels, written Cognitive Conflict Levels Test(CCLT) developed in a previous study was used together with interviews. Students' responses were tape-recorded. Two kinds of anomalous situations were presented. One was a quantitative demonstration with scale, the other was a qualitative demonstration without scale. In the quantitative group, all students observed anomalous situations correctly. However, in the qualitative group, many of their observations of anomalous situations were incorrect. The students who observed anomalous situations based on preconceptions tended not to abandon their preconceptions, and suggested confirmation experiments which were supposedly to support their preconceptions. The students who recognized results very differently from their preconceptions when confronted with anomalous situations abandoned their preconceptions and suggested alternative experiments. The students who changed their beliefs about preconceptions showed higher cognitive conflict levels than who didn't abandon their preconceptions.

**Key words:** cognitive conflict, anomalous situation

## I. 서론

학생들의 선개념에 불일치하는 상황은 학생들로 하여금

자신의 선개념에 불만족을 느끼게 함으로써 인지갈등을 유발시킬 수 있고(Dreyfus *et al.*, 1990; Posner *et al.*, 1982), 이러한 인지갈등은 개념변화를 위한 수단의 하나

\*2004.8.16(접수) 2004.10.8(1심통과) 2004.12.27(2심통과) 2005.2.11(최종통과)

Corresponding author: 김지나(mailto:jina@pusan.ac.kr)

\*\*본 연구는 2003년 2차 부산대학교 학술연구조성비(신임교수연구정착금) 지원으로 이루어졌음.

로서 중요시 여겨져 왔다. 한편 Pak(1995)은 학생들의 생각에 반하는 증거를 제시하더라도 항상 의미있는 갈등이 일어나는 것은 아니므로 학생의 개념을 변화시키는 교수 모형을 설계하는데 있어 학생이 제시한 증거에 어떻게 응답하는가 조사하는 것뿐만 아니라 선개념을 확인하고 개념변화를 증진시킬 수 있는 유용한 증거를 창안하는 것이 중요하다고 제안했다. Chinn & Brewer(1993)는 학생들이 자신의 선개념과 불일치하는 새로운 정보를 접했을 때 그들의 기존 이론을 변화시키기 위한 방법을 찾아내는 것이 중요하다는 것을 인식하고 변칙사례에 대한 학생들의 반응을 조사하였다. 그들은, 과학자들과 학생들이 많은 경우 불일치 사례에 대해 그들이 선호하는 개념을 손상시키지 않으면서 증거를 설명하는 경향이 있다고 보았다. 이들은 '변칙 사례가 믿을 만한가?', '변칙 사례에 대한 설명을 하는가?', '기존 이론이 변화였는가?'의 3가지 기준으로, 변칙 자료에 대한 학생들의 반응을 무시, 거부, 배제, 미결정, 재해석, 일부 이론 변화, 이론 변화와 같이 7가지 유형으로 분류할 수 있음을 제안하였다. 그리고 그 이후에 7가지 유형에 포함되어 있지 않았던 새로운 '불확실' 유형을 발견하였다. 그리하여, Chinn & Brewer(1998)는 불일치 상황에 직면한 학생의 반응을 모두 8가지 유형으로 분류하였다. 변칙 사례에 대한 이 8가지 반응 유형 중 기존 이론의 핵심을 변화시키는 유형은 '이론 변화' 유형 뿐이며, '일부 이론 변화'의 경우 기존 이론의 핵심은 변화시키지 않고 이론의 주변부만을 수정하여 변칙사례를 수용하는 경우이다. 그 외 나머지 6가지 유형은 모두 기존 이론을 유지하는 반응이다.

노태희 등(2000)은 Chinn & Brewer(1998)의 분석방법을 기초로 하여 화학 개념에서의 변칙사례에 대한 학생들의 반응을 조사하였다. 반응 유형의 분류 기준으로 '변칙 사례의 타당성 인정 여부', '변칙 사례와 초기 이론 사이의 불일치성 인정 여부', '초기 이론에 대한 확신의 변화 여부'를 사용하였다. 이 세 가지의 기준에 대한 응답에 따라 학생들의 반응을 거부, 재해석, 배제, 판단불가, 주변이론의 변화, 신념의 일부변화, 이론 변화 등의 7가지 유형으로 분류하였다. Chinn & Brewer(1998)의 연구에서보다 '거부' 유형의 반응을 보인 학생의 수는 적었으며, '이론 변화' 유형의 반응을 보인 학생의 수는 더 많았다. 그리고, '신념의 일부변화' 유형이 새롭게 첨가되었다. 노태희 등의 연구에서는 변칙 사례가 직접 관찰하는 현상제시였던 점이 학생들의 이해를 도운 것으로 보았다.

김지나 등(2000)의 연구에서, 영역에 따라 그리고 불일치 상황의 유형에 따라 개념변화가 다르게 일어난다는 것을 보고하였고, 이채은 등(2001)의 연구에서, 불일치 상황의 유형에 따라 개념변화가 다르게 일어난다는 것을 보고하였다. 영역에 따라 불일치 상황의 유형에 따라 개념변화가 다르게 일어난다는 말은, 영역에 따라 불일치 상황의 유형에 따라 학생들의 반응이 다르다는 것을 의미한다. Kim *et al.*(2002)의 연구에서는 불일치 유형에 따른 학생들의 인지갈등 정도를 알아보았는데, 영역에 따라, 정량적 불일치 상황과 정성적 불일치 상황에 대해 인지갈등 정도가 다르게 나타났다는 것을 밝혔다. 따라서, 불일치 상황의 유형을 달리하여 학생들의 반응이 어떻게 다른지를 알아볼 필요가 있다.

최혁준(2003)의 연구에서 불일치 상황을 확인함으로써, 자신의 예상이 옳지 않다고 확인한 학생이 자신의 예상이 옳다고 확인한 학생들에 비해 인지갈등과 개념변화가 잘 일어났다는 결과를 얻었다. 그렇다면 어떤 유형의 불일치 상황이 자신의 선개념에 대한 불만족을 크게 할 것인지에 대한 연구를 할 필요도 있다.

학생들이 불일치 상황을 관찰한 뒤, 과학적 가설을 생성하는 과정을 알아보는 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. Park & Kim(2002)은 학생들의 과학적 가설 생성과정을 연구하였다. 그들은 학생들이 제안한 가설을 그 특징에 따라 이론적 가설, 경험적 가설, 보조가설로 분류하였다. 그리고, 학생들이 가설을 제안하는 과정을 4단계(현상의 관찰 - 인과적 질문 제기 - 가설의 탐색 - 가설의 제언)으로 요약할 수 있다고 하였다. 박종원(2003)은 가설의 검증을 위한 학생의 실험설계의 특성을 연구하였는데, 틀리다고 생각되는 가설과 옳다고 생각되는 가설을 함께 제시하여 두 가설을 검증하는 과정을 비교해 보았다. 이 연구에서는 두 개의 가설을 제시하고, 학생들이 그 중에서 어느 가설을 검증해 보려하는지를 조사하고, 선호하는 실험 설계 유형을 조사하였다.

이와같이 불일치 상황에 대한 학생들의 다양한 반응 및 불일치 상황을 관찰한 뒤의 가설검증의 과정에 대한 연구가 진행되어왔다. 그러나, 불일치 상황의 유형에 따른 학생들의 관찰의 정확성, 관찰의 인식, 선개념에 대한 신념의 변화, 선개념의 변화에 따른 인지갈등 정도, 불일치 상황을 관찰한 뒤 요구하는 실험의 내용 및 요구하는 실험의 유형을 동시에 통합적으로 알아보는 연구는 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 역학과 전기 영역에

서 불일치 상황을 정성적 불일치 상황과 정량적 불일치 상황으로 구분하여 학생들에게 제시하고 학생들의 반응을 조사하였다. 즉, 학생들이 정량적 현상과 정성적 현상의 불일치 상황을 관찰한 뒤, 관찰의 정확성 여부와 관찰에 대한 인식, 선개념에 대한 신념의 변화를 알아보고, 불일치 상황을 관찰한 뒤 요구하는 실험의 내용 및 유형, 그리고 인지갈등 정도를 통합적으로 조사하였다.

## II. 연구 방법 및 내용

### 1. 검사 문항

예비연구를 통해 학생들의 선개념 유형을 조사하였다. 역학 영역에서는 작용반작용 개념을 묻는 문항을 사용하였다. 크기와 질량이 같고 세기가 다른 두 자석의 같은 극을 서로 마주보게 하였을 때, 두 자석의 밀린 거리를 비교하는 정성적 문항과 양쪽에 2N의 추를 달고 가운데 용수철 저울을 연결하였을 때 용수철 저울의 눈금을 묻는 정량적 문항을 선정하였다. 전기 영역에서는 한 개의 전구가 회로에 연결되어 있을 때와 두 개의 전구가 병렬로 연결되어 있을 때, 전구의 밝기를 비교하는 정성적 문항과 두 개의 전구를 병렬 연결한 뒤 한 개의 전구에 불이 꺼지게 했을 때 다른 전구의 밝기 변화를 조도계를 이용하여 묻는 정량적 문항을 선정하였다.

그리고, 인지갈등 측정도구를 이용하여 인지갈등 정도를 측정하였는데, 학생들이 용어나 표현 등의 어려움으로 인해 잘못 표기하는 일이 생기지 않도록 같이 읽으면서 체크하도록 하였다. 인지갈등 정도의 측정은 Lee et al.(1999)이 개발한 CCLT (Cognitive Conflict Levels Test)를 이용하였다. 이 도구는 세 영역으로 나뉘어져 있는데, 첫 번째 영역은 자신의 개념에 대한 확신에 대한 3문항으로, 두 번째 영역은 관찰 및 실험 결과에 대한 신뢰성에 대한 3문항으로, 세 번째 영역은 갈등정도를 측정하는 12문항으로 구성되어있다. 세 번째 영역의 점수를 합산하여 인지갈등 정도를 측정한다. 인지갈등 측정 요소는 불일치 상황에 대한 인식(3문항), 흥미(3문항), 불안(3문항), 인지적 재평가(3문항)로 구성되어있다. 세 번째 영역의 인지갈등 검사는 리커트 척도에 표시하도록 되어있는데, 전혀 아니다(0점)에서 매우 그렇다(4점)로 표시하도록 되어있다. 인지갈등 정도를 측정하는 문항은 총 12문항으로 구성되어있고, 총점은 48점이다. Lee et al.(1999)의 연

구에서 CCLT 검사 도구의 내용타당도 계수는 0.93이고, 신뢰도는 0.83~0.86이다.

### 2. 연구 대상

연구 대상은 부산에 소재한 중학교 3학년의 여학생이다. 먼저, 학생들의 사전 개념을 조사한 뒤, 학생들의 답지 선택과 응답이유 등을 분석하여 오개념을 가진 학생을 먼저 선발하고, 사전개념에 대한 확신 정도가 큰 학생을 선정하였다. 각 학생들에게 이 연구에 참여할 의사가 있는 학생을 다시 선별하여, 선별된 학생을 대상으로 연구를 진행하였다. 불일치 상황을 제시하기 전에, 학생들의 선개념을 다시 확인하였고, 응답 이유에 대한 진술도 다시 질문하여 선개념을 구체화하였다. 최종적으로 이 연구에 참가한 학생은 모두 16명이었는데, 이 중 8명에게는 전기 영역에서는 정성적 불일치 상황, 역학 영역에서는 정량적 불일치 상황을 제시하였고(학생들의 기호는 각각 A~H, a~h), 다른 8명에게는 전기 영역에서는 정량적 불일치 상황, 역학 영역에서는 정성적 불일치 상황을 제시하였다(학생들의 기호는 각각 i~p, I~P).

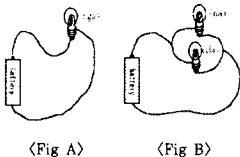
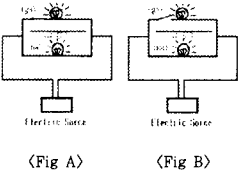
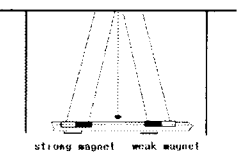
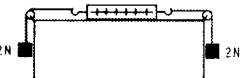
### 3. 불일치 상황 유형

불일치 상황 유형을 정량적 불일치 상황과 정성적 불일치 상황으로 분류하였다. 정량적 불일치 상황은 현상이 눈금으로 제시되는 것을 말하며, 정성적 불일치 상황은 눈금으로 제시되지 않는 현상을 말한다. 예를들어 전구의 밝기를 정량적으로 비교하는 문제에서는 두 전구 사이를 판지로 가리고, (na)전구 쪽으로 조도계의 센서를 향하도록 하여 눈금을 읽고 전구의 밝기가 변하는지를 관찰하게 하였다. 상황은 정성적 전구의 밝기를 눈으로 보고 비교하도록 하는 것이다. 영역별 불일치 상황의 유형과 각 불일치 상황을 관찰한 학생들을 기호화 한 것은 Table 1에 제시하였다.

### 4. 학생들의 반응 유형

학생이 자신의 선개념과 불일치되는 현상을 관찰한 뒤, 관찰을 바르게 하였는지, 현상을 불일치 상황으로 인식하였는지를 조사하였다. 그리고, 불일치 상황을 관찰한 뒤 자신의 선개념이 변화하였는지 조사하고, 선개념에 대한 확

Table 1. The Types of Demonstrations and Students' Preconception

Classification	Types of Demonstrations	Anomalous situations	Preconception of students	Mark of student
Qualitative Demonstration	 <p>&lt;Fig A&gt;      &lt;Fig B&gt;</p>	Students observed brightness of bulbs	Bulb (ga) is double of (na)'s bright	A, D, E, F, G, H
			Bulb (ga) is brighter little bit than (na)	B, C
Electricity				
Quantitative Demonstration	 <p>&lt;Fig A&gt;      &lt;Fig B&gt;</p>	Students observed scale on an illuminometer	Bulb (na) gets brighter	i ~ p
Qualitative Demonstration	 <p>strong magnet      weak magnet</p>	Students observed pushed distance of magnets	Weak magnet is more pushed	I, K, L, M, N, O, P
			Strong magnet is more pushed	J
Mechanics				
Quantitative Demonstration		Students observed scale on a spring scale	0 N	a~h

신 정도를 조사하여 선개념에 대한 신념변화 자료로 사용하였다. 즉, 선개념 자체가 변하였는지, 선개념 자체는 변화가 없는데 확신이 낮아졌는지, 선개념에 대한 확신을 그대로 유지하고 있는지를 조사하였다. 교사가 제시한 실험의 결과에 대해 왜 그런 결과가 나왔는가에 대한 가설을 진술하게 하고, 그 가설을 알아보기 위한 새로운 실험의 필요 여부를 알아보았다. 불일치 상황을 관찰한 뒤 학생들이 요구하는 실험의 유형을 확인실험, 대안실험, 판단실험으로 분류하였다. 확인실험은 자신이 요구하는 실험의 결과가 자신의 선개념을 지지하는 현상일 것이라고 예상하면서 요구하는 실험을 말한다. 즉, 자신의 선개념을 그대로 가지고 있거나 선개념의 신념이 감소하기는 하였지만 선개념을 버리지 않고 있는 학생들이 요구하는 실험이다. 불일치 상황을 관찰한 학생이 불일치 상황에 대해 보조적인 가설을 만들어 자신의 선개념을 보호하려고 하

거나, 실험상의 초기 조건상의 문제로 불일치 상황을 자신의 선개념에 맞추어 해석하려는 경향을 가진 학생들이 확인실험을 요구하는 경향이 있다. 대안실험은 학생이 요구하는 실험이 자신의 선개념과 다른 결과가 나올 것이라고 기대하는 실험이다. 즉, 대안실험은 그 결과가 교사가 제시하는 불일치 상황을 지지하는 현상일 것이라고 예상하면서 요구하는 실험이다. 불일치 상황을 관찰한 학생이 자신의 선개념에 대해 불만을 느끼고, 새로운 가설의 가능성을 제안하거나 새로운 가설을 제안할 때 대안실험을 요구하는 경향이 있다. 불일치 상황을 관찰한 뒤, 자신의 선개념을 버릴 것인지 아니면 선개념을 유지할 것인지를 결정짓지 못하고, 새로운 실험을 관찰한 뒤 결정을 하겠다는 반응을 보이면서 학생들이 요구하는 실험을 판단실험이라고 하였다. 선개념과 불일치되는 상황에 직면한 학생들이 요구하는 실험을 통한 학생들의 반응을 조사하기

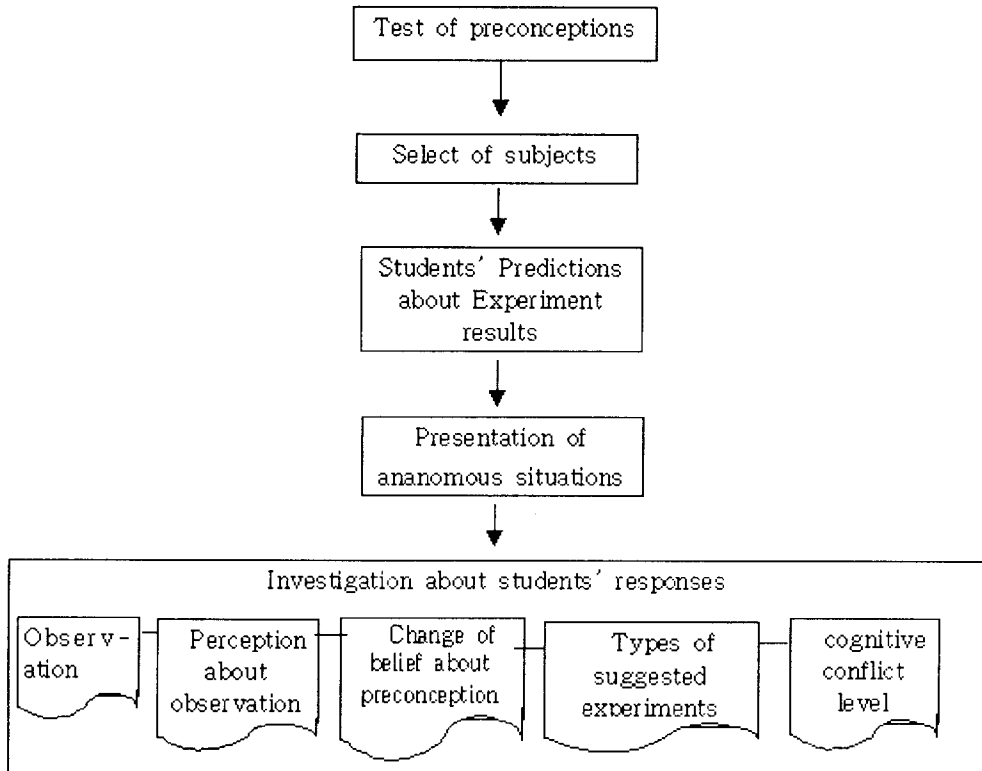


Fig. 1. Procedure of research

위하여 Fig. 1의 과정으로 연구를 진행하였다. 학생들의 반응과 인지갈등을 심층적으로 이해하기 위해 이 모든 과정을 반구조화된 면담을 이용하였다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

불일치 상황을 관찰하기 전의 학생들의 선개념을 분석하였다. 한 개의 전구와 두 개의 전구가 병렬로 연결된 회로에서 각 전구 1개의 밝기를 정성적으로 비교하는 문항에서는, 6명의 학생(A, D, E, F, G, H)이 한 개의 회로에 연결된 전구가 2배로 밝다고 답을 하였으며, 2명의 학생(B, C)은 한 개의 회로에 연결된 2배까지는 아니고, 아주 조금 더 밝다고 응답하였다. 두 개의 전구를 병렬로 연결하여, 그 중 한 개의 전구가 꺼졌을 때, 다른 전구의 밝기가 변하겠는가의 문항에서는 8명 모두가 더 밝아진다고 응답하였다. 작용반작용 개념의 정성적 문항인 질량이 같고 세기가 다른 두 자석의 같은 극을 마주보게 하였을 때 밀린 거리를 비교하는 문항에서는 7명의 학생(I, K, L, M,

N, O, P)이 약한 자석이 더 많이 밀린다고 응답을 하였고, 1명(j)은 센 자석이 반발력이 더 크다는 이유로 센 자석이 더 많이 밀린다고 응답하였다. 작용반작용 문항의 정량적 문항인 양쪽에 2N의 추를 달았을 때 용수철 저울의 눈금을 묻는 문항에서는 8명의 학생 모두 힘의 평형 때문에 0N이라고 응답하였다.

불일치 상황을 관찰한 뒤, 학생들의 관찰의 정확성, 관찰에 대한 인식, 신념의 변화, 요구실험의 내용 및 유형은 Table 2에 제시되어있다.

#### 1. 불일치 상황의 관찰 및 인식

정량적 불일치 상황은 눈금으로 제시되는 현상이기 때문에 그 현상을 잘못 관찰할 수가 없다. 그러나 정성적 불일치 상황에서는 학생들이 자신의 선개념에 맞추어 틀리게 관찰하는 경우가 있었다.

전기 영역의 정성적 불일치 상황을 관찰한 뒤, 밝기가 같다고 관찰한 학생과 다르다고 관찰한 학생 모두 자신의

Table 2. Students' response to anomalous situations

Classification	Observation		Perception about observation		Change of belief about preconception				Suggested experiments				
	Correct	Incorrect	Same situation with preconception	Different situation	Don't change		Abandon of preconception		Need new experiments			Don't need any experiment	
					Maintenance	Lower	Can't make a new hypothesis	Make a new hypothesis	Confirmation experiment	Alternative experiment	Judgment experiment		
Electricity	Qualitative Demonstration	B,C, D,H	A,E,F, G	-	A~H	-	D,E,F,G	A,C	B,H	D,E,F,G	B	-	A,C,H
	Quantitative Demonstration	i~p	-	-	i~p	i	-	l,m,n,p	j,k,o	-	-	-	i~p
Mechanics	Qualitative Demonstration	K,N, O	I,J,L, M,P	P	-	K,M,P	I,J,L	N,O	-	I,K,L,M,P	-	-	J,N,O
	Quantitative Demonstration	a~h	-	-	a~h	-	a,h	b,c,e	d,f,g	a,f,h	b,d,e	g	-

선개념과 불일치되는 현상이라고 인식하였다. 학생 A, E, F, G는 한 개의 전구가 연결된 회로에서 조금 더 밝다고 관찰하였는데도, 자신의 예상인 밝기 차이가 2배가 아니기 때문에, 선개념과 불일치한 현상이라고 인식한 것이다.

전기 영역의 정량적 불일치 상황에서는 학생들 모두가 조도계의 눈금이 변하지 않는다고 관찰하였고, 두 개의 전구가 병렬로 연결되었을 경우 한 개의 전구가 꺼져도 다른 전구의 밝기는 변하지 않는다고 관찰하였다. 그리고, 자신의 선개념과 불일치한 상황이라고 인식하였다.

질량이 같고 세기가 다른 두 자석을 마주 보게 했을 때의 밀린 거리를 비교하게 하는 역학 영역의 정성적 불일치 상황에서는 3명의 학생(K, N, O)은 밀린 거리가 같다고 관찰했고, 5명의 학생(I, J, L, M, P)은 밀린 거리가 차이가 난다고 관찰했다. 이 5명의 학생 중 I, L, M, P는 약한 자석이 더 많이 밀릴 것이라고 예상하였고, 약한 자석이 조금 더 밀렸다고 관찰하였다. 그런데, I, L, M은 약한 자석이 조금 더 많이 밀리기는 하였지만, 자신이 예상했던 것보다 밀린 거리의 차이가 적다고 응답하였다. 그리고, 자신의 선개념과 불일치한 현상으로 인식하였다. P는 약한 자석이 더 많이 밀릴 것이라고 예상을 하였지만, 예상했던 것보다는 두 자석의 밀린 거리의 차이가 적다고 응답했다. 하지만, 약한 자석이 조금이라도 더 밀렸기 때문에 자신의 선개념과 일치하는 현상이라고 인식하였다.

용수철 저울 양쪽에 같은 무게의 추를 달았을 때 용수

철 저울에 나타나는 눈금을 관찰하는 역학 영역의 정량적 불일치 상황을 관찰한 학생은 모두 바르게 관찰을 하였고, 자신의 선개념과 불일치 되는 현상이라고 인식을 하였다. 이것은 전기 영역의 정량적 불일치 상황과 마찬가지로, 불일치 상황 자체가 용수철 저울의 눈금으로 나타나기 때문에 관찰이 자신의 선개념의 영향을 받지 않은 것으로 보인다.

## 2. 선개념에 대한 신념의 변화

사전검사에서 자신의 선개념에 대해 확신을 가지고 있는 학생들을 선발하였다. 불일치 상황을 관찰한 뒤 자신의 선개념에 대한 신념이 변화하였는지를 조사하였다. 즉, 선개념에 대한 확신을 그대로 유지하고 있는지, 선개념을 유지하고 있지만 확신이 감소하였는지, 선개념을 버렸는지를 면담을 통해 조사하였다.

한 개의 꼬마전구가 연결된 회로와 두 개의 꼬마전구가 병렬로 연결된 회로에서의 전구의 밝기를 비교하는 전기 영역의 정성적 불일치 상황을 관찰한 뒤의 자신의 선개념에 대한 확신을 그대로 유지한 학생은 한명도 없었다. 4명의 학생(A, B, C, H)이 자신의 선개념을 버렸고, 4명의 학생(D, E, F, G)은 선개념을 버리지 않았지만 선개념에 대한 신념은 낮아졌다. 학생 A는 (ga)전구가 더 밝기는 하지만, 밝기 차이가 2배가 아니기 때문에 자신의 선개념

이 틀렸다고 응답하였고, B, C, H는 (ga)전구와 (na)전구의 밝기가 같다고 관찰하였기 때문에 자신의 선개념이 틀렸다고 응답하였다. 학생 E, F G는 전구의 밝기가 차이가 나긴 하지만, 밝기가 2배가 차이 나는 것은 아니기 때문에, 선개념이 틀린 것은 아니지만 선개념에 대한 신념이 낮아졌다고 응답하였다. 학생 D는 두 전구의 밝기가 같기는 하지만, 밝기를 잘 확인할 수 있는 전구로 다시 실험을 하면 전구의 밝기가 차이가 날 수도 있다는 보호대를 만들어서 자신의 선개념을 유지하였다. 하지만 선개념에 대한 확신정도는 낮아졌다고 응답했다.

전기 영역의 정량적 불일치 상황에서는 학생들에게 전구의 밝기 변화를 조도계로 관찰하게 하였는데, 학생 i는 자신이 다른 실험을 제안할 수 없을 뿐이지, 자신의 선개념처럼 (na)전구의 밝기가 2배로 밝아지는 어떤 방법이 있을 것이라고 제안하였고, 나머지 7명의 학생은 모두 자신의 선개념을 버렸다.

전기 영역의 정성적 문항과는 다르게 역학 정성적 문항에서는 불일치 상황을 관찰한 뒤 자신의 선개념에 대한 확신을 그대로 유지하고 있는 학생이 3명(K, M, P)이었다. 선개념을 버리지 않는었지만, 선개념에 대한 신념이 낮아진 학생은 3명(I, J, L), 선개념을 버린 학생은 2명(N, O)이었다. 선개념을 버린 N과 O는 모두 불일치 상황 관찰에서 두 자석의 밀린 거리가 같다고 관찰을 한 학생들이다. 학생 K는 자석의 밀린 거리가 같다고 관찰하였지만 센 자석을 더 센 것을 사용하면 약한 자석이 더 많이 밀릴 것이라는 보호대를 만들어서 자신의 선개념에 대한 확신을 그대로 유지하였다. 학생 M, P, I, J, L은 자신의 선개념에 비추어 관찰하였다. 그 중 M, P, I, L은 약한 자석이 더 많이 밀렸다고 관찰하였고, 학생 J는 센 자석이 더 많이 밀렸다고 관찰하였다. 하지만 I, J, L은 선개념을 버리지 않는었지만 자신의 예상보다 밀린 거리의 차이가 너무 적기 때문에 선개념에 대한 확신은 낮아졌다고 응답하였다.

용수철 저울 양쪽에 같은 무게의 추를 달았을 때 용수철 저울에 나타나는 눈금을 관찰하는 역학 영역의 정량적 불일치 상황을 관찰한 학생 중 자신의 선개념을 그대로 유지하고 있는 경우는 없었다. 자신의 선개념에 대한 신념이 낮아진 학생은 2명(a, h)이었고, 5명의 학생(b, c, d, e, f)이 자신의 선개념이 틀리다고 인식을 하였고, 1명의 학생(g)은 자신의 선개념이 맞는지 맞지 않는지 판단할 수 없다고 하였다. 학생 a와 h는 교사가 제시한 실험의 결과

가 2N이 나왔기 때문에 자신의 선개념에 대한 확신은 낮아졌다고 응답했지만, 학생 a는 용수철 저울이 뒤틀려 있어서 2N의 결과가 나왔지만, 한 쪽 실을 손으로 잡으면 2N이 나오지 않을 것이라고 하였고, 학생 h는 실의 길이를 달리하면 2N이 나오지 않을 것이라고 응답했다. 학생 g는 혼란스러워 하면서 한번만의 실험으로 자신의 선개념의 확신 정도가 변했는지 판단하기 어렵다고 응답하였다.

이러한 결과를 보아, 학생들의 관찰은 선개념의 영향을 많이 받고, 또한 학생들의 선개념에 대한 신념의 변화는 관찰의 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다. 전기의 정성적 현상을 관찰한 경우, 두 전구의 밝기가 같다고 관찰한 4명(B, C, D, H) 중 3명(B, C, H)이 자신의 선개념을 버렸지만, 두 전구의 밝기가 아주 조금 차이가 난다고 관찰한 4명(A, E, F, G) 중 1명(A)만이 자신의 선개념을 버렸다. 정성적 불일치 상황을 관찰한 경우 관찰 또한 자신의 선개념의 영향을 받는다. 즉 학생들은 자신의 선개념대로 관찰하려는 경향이 있다. 하지만 정량적으로 관찰하게 할 경우, 자신의 선개념에 비추어 관찰하지 않는다. 전기 영역에서 정량적으로 현상을 관찰한 경우는 모두 바르게 관찰하였고, 8명 중 7명이 자신의 선개념을 버렸다. 역학 문항에서도 정성적으로 관찰한 경우는 자신의 선개념에 대한 확신을 그대로 유지한 경우는 3명(K, M, P)이었으나, 정량적으로 현상을 관찰하였을 때 선개념에 대한 확신을 그대로 유지한 경우는 0명인 것으로 보아, 관찰이 자신의 선개념에 영향을 받기는 하지만, 제시하는 불일치 상황의 특성이 정량적일 경우에는 자신의 선개념의 영향을 받지 못한다. 학생들의 개념변화에 대한 첫 번째 조건은 자신의 선개념에 대해 불만을 가지는 것이다. 자신의 선개념에 대한 불만을 가지게 하기 위해서는 정량적으로 불일치 상황을 제시하는 것이 정성적으로 제시하는 것보다 효과적이라는 것을 알 수 있다.

### 3. 불일치 상황을 관찰한 학생이 필요하다고 제안한 실험 내용 및 실험 유형

학생들이 요구하는 실험의 유형을 확인실험, 대안실험, 판단실험의 세 가지 유형으로 분류하였다. 전기 영역의 정량적 불일치 상황에서는 모든 학생이 새로운 실험을 요구하지 않았다.

전기 영역의 정성적 불일치 상황을 관찰한 경우는, 전압을 높여서 다시 실험을 해 보고 싶다고 제안한 학생이

5명(B, D, E, F, G)이었다. 이 중 학생 E는 큰 전구로, D, G는 전압을 높여서, F는 큰 전구와 높은 전압으로 실험을 하면 교사가 제시했던 실험에서보다 전구의 밝기 차이가 많이 날 것이라면서 자신의 선개념을 지지하는 결과가 나올 것이라고 제안했다. 자신의 선개념을 지지하는 결과가 나올 것이라고 기대하는 이러한 유형의 실험은 확인실험으로 분류하였다. 학생 B는 높은 전압으로 실험을 해보고 싶다고 제안하였는데, 자신의 새로운 가설인 '두 개의 전구가 연결된 회로에서는 처음부터 전류가 많이 나온다'는 대안가설을 확인해 보기 위해서라고 응답했다. 이러한 유형을 대안실험으로 분류하였다.

조도계를 이용하여 전구의 밝기를 비교한 전기 정량적 문항에서는 새로운 실험이 필요하다고 한 학생이 한 명도 없었다.

역학 영역의 정성적 불일치 상황 제시에서는 5명이 새로운 실험이 필요하다고 제안하였다. 센 자석을 이용한 새로운 실험이 필요하다고 한 학생이 3명(K, M, P), 큰 자석을 이용한 실험이 더 필요하다고 한 학생이 2명(I, L)이었다. 학생 I, L에게 왜 큰 자석을 이용한 실험이 필요한지를 질문을 하자, 두 학생 모두 큰 자석의 센 자석이 작은 자석의 센 자석보다 더 쉘 것이기 때문이라고 답했다. 이것은 자석에서의 요구실험은 센 자석을 이용한 실험의 한 종류라고 보아도 무방한 것으로 보인다. 새로운 실험이 필요하다고 제안한 5명 모두 자신이 제안한 실험은 자신의 선개념을 지지하는 결과가 나올 것이라고 기대하였다. 따라서 이들이 제안한 실험 유형은 모두 확인 실험이었다.

역학 영역의 정량적 불일치 상황에서는 7명의 학생이 새로운 실험이 필요하다고 제안하였다. 한쪽에만 추를 달고, 다른 한쪽은 손으로 잡아서 다시 실험해 보며 좋겠다고 생각한 학생이 1명(a)이었고, 양쪽 실의 길이를 다르게 한 실험이 필요하다고 생각한 학생이 3명(b, f, h)이었다. 그리고, 양쪽에 각각 더 무거운 추를 사용한 실험이 필요하다고 한 학생은 3명(d, e, g)이었다. 그리고, 확인실험을 제안한 학생은 3명(a, f, h), 대안실험을 제안한 학생은 3명(b, d, e)이었고, 1명(g)은 새로운 실험을 보고 판단을 하겠다고 하였는데, 이러한 요구실험 유형을 판단실험으로 분류하였다. 학생들은 용수철 저울의 눈금을 관찰하였기 때문에, 모든 학생들이 바르게 관찰하였고 자신의 선개념과 불일치한다고 인식하였지만, 학생 d, e, f는 초기 조건을 바꾸면 지금 관찰한 현상과 다르게 나올 것이라고

생각하였다. 이러한 결과는 전기 영역의 정량적 불일치 상황을 관찰한 학생들이 새로운 실험이 필요하다고 한 학생이 없었다는 것과 비교가 된다.

불일치 상황을 정성적으로 관찰한 학생이 제안한 새로운 실험 유형을 정리하면, 전기 영역에서 5명 중 4명이 확인실험을 1명이 대안실험을 제안하였고, 역학 영역에서는 5명 모두가 확인실험이 필요하다고 제안하였다. 불일치 상황을 정량적으로 관찰한 학생은 전기 영역에서는 모두 새로운 조건으로 실험을 하여도 교사가 제시한 실험과 같은 결과가 나올 것이기 때문에 새로운 실험이 필요없다고 응답하였고, 역학 영역의 정량적 불일치 상황에서는 7명중, 확인실험을 제안한 학생이 3명, 대안실험을 제안한 학생이 3명, 판단실험을 제안한 학생이 1명이었다. 이러한 결과는 불일치 상황을 정성적으로 제시한 경우, 자신이 요구하는 새로운 실험은 교사가 제시한 것과는 다른 결과가 나올 것이고, 그 결과는 자신의 선개념을 지지할 것이라고 기대를 하면서 실험을 요구하는 경향이 있다. 정량적 현상을 관찰한 경우는 자신의 선개념을 지지하는 결과를 기대하기 보다는 새로운 가설을 확인하거나 새로운 대안개념이 있을 것이라는 기대를 하면서 실험을 요구하는 경향이 있다. 즉, 불일치 상황을 정량적으로 제시하는 경우가 개념변화를 위해 효과적이라는 것을 알 수 있다.

#### 4. 선개념에 대한 신념변화에 따른 인지갈등 정도

Posner *et al.*(1982)이 제안한 개념변화의 첫 번째 조건은 학습자가 선개념에 대한 불만을 깨닫도록 하는 것이다. 하지만 누구나 쉽게 자신이 지닌 개념에 불만을 갖지는 않는다. 즉, 학습자가 이미 지니고 있는 비과학적인 개념과 과학적 지식과의 차이를 인식하게 되면 학습자는 자신의 선개념에 대해 불만족한 상태가 되어 개념변화를 위한 첫 번째 조건을 만족하게 된다. 선개념에 대한 불만족이 선개념에 대한 신념의 변화를 이끌어주기 때문에 이 연구에서는 신념의 변화에 따른 인지갈등 점수를 비교해 보았다.

Table 3에 선개념에 대한 신념의 변화에 따른 인지갈등 정도를 나타내었다. 선개념에 대한 신념에 변화가 없는 경우의 인지갈등 평균 점수는 23.8점, 선개념에 대한 확신이 낮아진 경우의 인지갈등 평균 점수는 34.6점, 선개념을 버린 경우의 인지갈등 평균 점수는 36.3점으로 선개념에 대한 신념의 변화가 클수록 인지갈등 정도가 높아지는 것



**Table 3.** Cognitive conflict levels by the belief change about preconception

change of students' belief about preconceptions	Electricity		Mechanics		mean of cognitive conflict levels
	Qualitative Demonstration	Quantitative Demonstration	Qualitative Demonstration	Qualitative Demonstration	
didn't change		i(30)	K(31), M(22), P(12)		23.8
lower	D(34), E(32), F(28), G(31)		I(39), J(19), L(39)	a(44), h(45)	34.6
abandon	A(31), B(34), C(32), H(36)	j(34), k(42), l(31), m(30), n(40), o(39), p(31)	N(43), O(45)	b(42), c(42), d(36), e(35), f(33), g(35)	36.3

( ) : cognitive conflict levels

을 볼 수 있다.

개념변화의 첫 번째 조건이 선개념에 대한 불만족이라는 것(Posner *et al.*, 1982)을 고려해보면, 선개념에 대한 불만이 선개념에 대한 신념의 변화를 이끌어주고, 그것이 개념변화에 영향을 미칠 수 있다는 것을 암시한다. 따라서, 선개념에 대한 확신이 약할수록 인지갈등 정도가 크다는 결과는, 인지갈등 정도가 개념변화와 밀접한 관련이 있을 것이라는 가능성이 보인다. 이것은 인지갈등 정도가 개념변화와 밀접한 관련이 있다는 연구(오재천, 2002, 최진만, 2003, 권난주 등, 2004)의 결과를 뒷받침해 준다. 그러나, 노태희 등(2001) 연구에서 인지갈등 정도는 개념변화에 유의미한 상관이 없다는 결과와 다른 양상이다. 그들은 기존 개념에 대한 불만족의 정도와 새로운 개념의 필요성에 대해 느끼는 정도를 측정하기 위해, 학생들의 응답에서 나타난 초기 이론에 대한 신념 감소 정도를 기준으로 그 정도를 점수화하였다. 그리고 이 점수를 변칙사례에 대한 반응 점수로 이용하였다. 변칙사례에 대한 반응점수와 직후 개념 및 개념 파지 검사 점수 사이에 유의미한 상관이 존재하지 않았고 따라서 변칙 사례에 의한 인지갈등 유발이 개념변화와 직접적인 관련이 없다는 것을 암시한다고 하였다. 이러한 상반된 결과는 선개념의 신념 변화 정도와 개념변화 정도를 심층적으로 연구해야 할 필요성이 있다는 것을 암시하며, 인지갈등을 일으키는 요인이 무엇인가에 대한 심층적인 연구가 진행될 필요가 있다.

#### IV. 결론 및 제언

정성적 불일치 상황을 관찰한 학생들은 같은 현상을 제

시하였음에도 불구하고, 관찰한 결과는 각각 달랐다. 정량적 불일치 상황을 관찰한 학생들은 모두 관찰 결과가 같았다. 그리고, 눈금으로 나타나지 않는 정성적 불일치 상황에 대한 관찰은 학생들의 선개념의 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있었다. 역학의 정성적 불일치 집단의 1명을 제외하고는 모두 제시된 상황이 자신의 선개념과 다른 현상이라고 인식하였다. 그런데, 정량적 상황을 관찰한 학생은 관찰한 결과 자체를 그대로 수용하면서 자신의 선개념과 다른 현상이라고 인식한 반면, 정성적 상황을 관찰한 학생 중 자신의 선개념과 다른 현상이라고 인식한 경우에도 자신의 선개념이 잘못된 것이 아니라 자신이 예상했던 것보다 차이가 덜 나기 때문이라는 응답한 것에 차이가 있다. 따라서 정성적 상황을 관찰한 학생은 관찰한 현상이 자신의 선개념과 다른 현상이라고 인식을 하더라도 선개념을 완전히 버리지는 않았던 것이다. 이것은 관찰한 현상이 선개념과 차이가 있다고 인식은 하였지만, 다른 보조 가설을 들어 선개념을 지지할 수 있기 때문으로 보인다.

정량적 불일치 상황은 눈금으로 보이는 현상이기 때문에 자신의 선개념을 지지할 수 있는 보호대를 만들 수가 없는 상황이다. 그렇기 때문에 전구의 밝기를 관찰할 때 조도계를 이용한 불일치 상황은 학생들이 더 이상 자신의 선개념을 지지하는 다른 실험을 고안해내지 못했다. 그렇지만 용수철 저울에서의 작용반작용 문항에서는 실의 길이를 다르게 하거나 손으로 잡아서 실험을 하는 등의 새로운 실험을 고안해 내었다. 이것은 이 문제를 작용반작용 개념으로 생각한 것이 아니라 힘의 평형 문제로 생각을 했기 때문으로 보이며, 눈금으로 힘의 평형을 도저히

설명할 수 없었기 때문에 보인다. 이것으로 보아, 학생들에게 불일치 상황을 제시할 때, 학생들에게 제시하는 현상이 어떤 개념과 관계되는지를 인식할 수 있도록 해야 한다는 것을 암시한다.

정성적 불일치 상황을 관찰한 학생들이 필요하다고 요구한 확인실험의 종류와 역학의 정량적 불일치 상황을 관찰한 학생들이 필요하다고 요구한 확인실험의 종류는 엄밀한 의미에서는 다르다고 볼 수 있다. 즉, 정성적 불일치 상황을 관찰한 학생들의 반응은, 자신의 오감으로는 제시된 불일치 상황을 정확하게 관찰을 하기 어려워해서 새로운 실험으로 정확하게 관찰하고 싶다는 반응이 많은 반면, 역학 영역에서 정량적 불일치 상황을 관찰한 학생의 반응은 '좀 더 이상화된 상황으로 실험해보고 싶다' 또는 '좀 더 일반적인 상황까지 확대해서 실험해보고 싶다'는 반응이었다.

선개념에 대한 신념의 변화 정도와 인지갈등 정도를 알아야 했는데, 선개념에 대한 신념의 변화가 클수록 인지갈등 정도도 높은 것으로 나타났다. Poser, et al.(1982)의 연구에 의하면, 개념변화의 첫 번째 조건이 선개념에 대한 불만족을 느끼는 것이다. 선개념에 대한 불만족을 선개념에 대한 신념의 변화로 본다면, 선개념에 대한 불만족이 큰 학생이 인지갈등 정도가 크다고 해석할 수 있고, 인지갈등은 개념변화를 위한 필요조건이라는 것을 암시한다.

불일치 상황을 관찰한 뒤, 자신의 선개념을 버리지 않은 학생들이 확인실험을 요구한 이유는, '실험 결과가 눈으로 잘 관찰하기 어렵기 때문에', '실험도구를 더 정밀한 것으로 사용하면', '교사가 제시하는 실험은 이상화된 실험이기 때문에' 또는 '좀 더 이상화된 상황에서 실험하면' 등이 있다. 이러한 결과로 보아, 불일치 상황을 제시할 때는 '쉽게 눈으로 관찰 가능'해야 하고, '실험 기구가 정밀'해야 하며, '일반적인 경우에도 적용 가능'해야 할 것으로 보인다. 그리고, 교사는 한번의 불일치 상황만 제시하고 학생들의 개념변화를 기대할 것이 아니라, 학생들이 불일치 상황을 관찰한 뒤, 학생들이 요구하는 실험, 즉, 자신의 선개념을 지지하는 실험이든, 대안개념을 확인하기 위한 실험을 알아보고, 학생들의 요구에 따라 새로운 실험을 관찰하게 한 다음, 여러 번의 불일치를 경험하게 한 뒤, 학생들의 과학적 개념변화를 이끌어야 할 것으로 보인다.

## 국 문 요 약

이 연구의 목적은 학생들의 선개념과 불일치하는 현상을 관찰한 학생들의 반응 즉, 관찰, 관찰에 대한 인식, 선개념에 대한 신념 변화, 인지갈등, 새로운 실험의 필요 여부 및 실험 유형 등을 알아보는 것이다.

부산광역시 소재 중학교 3학년 여학생들을 대상으로 하였으며, 사전 검사를 통하여 오개념을 가진 학생을 먼저 선발하고, 사전개념에 대한 확신 정도가 큰 학생들을 선정하였다. 이 학생들 중 이 연구에 참여할 의사가 있는 학생을 다시 선별하였다. 최종적으로 이 연구에 참여한 학생은 16명이다. 학생들의 반응과 인지갈등을 알아보기 위하여 인지갈등 측정도구(CCLT)와 반구조화 된 면담을 이용하였다.

학생들에게 제시한 불일치 상황은 정성적 상황과 정량적 상황으로 분류하였다. 정성적 상황은 불일치 상황이 눈금으로 제시되지 않는 경우이고, 정량적 상황은 불일치 상황이 눈금으로 제시되는 경우이다.

불일치 상황을 정성적으로 제시했을 경우에는 자신의 선개념의 영향을 받아 틀리게 관찰한 학생이 있는 반면, 정량적 불일치 상황에서는 모두가 바르게 관찰하였다. 역학의 정성적 불일치 집단의 1명을 제외하고는 모두 제시된 상황이 자신의 선개념과 다른 현상이라고 인식하였다. 불일치 상황을 선개념에 비추어 관찰한 학생은 대체적으로 선개념을 버리지 않으며, 자신의 선개념을 지지하는 확인실험을 요구하는 경향이 있었다. 선개념에 대한 신념의 변화가 있는 학생은 신념을 유지한 학생보다 인지갈등 정도가 높았다.

## 참 고 문 헌

- 강석진, 신숙희, 노태희(2002). 변칙 사례에 대한 초등학교생들의 반응 연구. 한국과학교육학회지, 23, 252-259.
- 권난주, 권재술(2004). 인지갈등 전략을 이용한 과학 개념 변화에서 학습자 특성의 효과. 한국과학교육학회지, 24, 216-225.
- 김지나(2003). 불일치 상황에 직면한 학생들이 요구하는 실험을 통한 인지갈등과 물리개념변화 과정. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 김지나, 이영직, 권재술(2000). 갈등상황 제시 유형에 따

- 른 학생 개개인의 물리 개념변화 경로 분석. 한국과학교육학회지, 20, 77-87.
- 노태희, 임희연, 강석진(2000). 변칙사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20, 288-296.
- 노태희, 임희연, 강석진, 김순주(2001). 학생의 인지적, 정의적 변인, 변칙 사례에 의한 인지 갈등, 개념 변화 사이의 관계. 한국과학교육학회지, 21., 658-667.
- 박종원(2001). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석 - 대학생의 반응 분석을 중심으로. 한국과학교육학회지, 21, 609-621.
- 박종원(2003). 과학적 가설 검증을 위한 학생들의 실험 설계 내용 분석. 한국과학교육학회지, 23, 200-213.
- 오재천(2003). 학습과제의 난이도에 따른 학생들의 인지갈등 정도와 개념변화 특성. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 이채은, 이경호, 김지나, 권재술(2001). 인지갈등 상황 제시유형에 따른 고등학생들의 역학 개념변화. 한국과학교육학회지, 21, 697-709.
- 최진만(2003). 인지갈등 유발수업이 중학생의 빛의 직진성 개념변화에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 최혁준(2003). 무중력 상태에 대한 예상의 확인 결과가 대학생의 인지갈등과 개념변화에 미치는 영향. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 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, 1-49.
- 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, 623-654.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R.(1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change: Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74, 555-569.
- Kim, Jina, Choi, H., Kwon, J.(2002). *Students' Cognitive Conflict Levels by Provided Quantitative Demonstration and Qualitative Demonstration*. Proceedings of the 2002 Physics Education Research Conference. Held in conjunction with the Summer 2002 meeting of the American Association of Physics Teachers, 113-116.
- 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 students' cognitive conflict levels*. Paper presented 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 class. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 585-603.
- Park, J., & Kim, I.(2002). *Analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis*. Paper presented at the ASERA, Townsville, Australia.
- Pak, S. J.(1995). *The Students' Evidence-Evaluation in Learning Physics*. Proceedings of the 3rd workshop on students' conceptual structures and changes in learning physics. Seoul, 4-35.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A.(1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 221-227.
- Posner, G. J., & Gertzog, W. A.(1982). The clinical interview and the measurement of conceptual change. *Science Education*, 66, 195-209.