

# 작용 · 반작용과 전기회로 학습과제에서 인지갈등과 결과예측에 따른 대학생의 응답특성

홍정인 · 김연수\* · 권재술

한국교원대학교 · \*민족사관고등학교

## Undergraduate Students' Response Characteristics by Cognitive Conflict Levels and Result Predictions on Action-Reaction and Electric Circuits Learning Tasks

Hong, Jeongin · Kim, Yeounsoo\* · Kwon, Jaesool

Korea National University of Education · Korean Minjok Leadership Academy

**Abstract:** The purpose of this study was to understand the undergraduate students' response characteristics by their cognitive conflict levels and result predictions when they were confronted with the learning tasks of action & reaction and electric circuits. The 147 engineering college students who were enrolled at the introductory physics classes were selected as the subjects for this study. The students were grouped by cognitive levels and result predictions. First, in action and reaction task, the trend of suspecting experimental results and finding the reasons was dominant; however, in electric circuits, the trend of accepting the results was dominant. Second, the reasons for the responses on the subcategories of cognitive conflict were different by the level of cognitive conflict. The responses were influenced by students' preexisting knowledge, former experiences, learning habits, learning motivation, and epistemological beliefs, etc. The high conflict group recognized what they do not consider and was positive to reappraise their preconceptions, while the low conflict group showed the tendency of accepting the situation without doubt and low interest on learning physics. In conclusion, students responses showed differences in cognitive conflict levels, result predictions and presented conflict tasks. The research results, especially the response characteristics, suggest that more research on effective cognitive conflict strategies appropriate for different tasks and students' conflicts are necessary for effective physics teaching.

Key words: cognitive conflict, result predictions, response characteristics

### I. 서론

많은 과학교육자들이 학생들의 개념을 과학적 개념으로 변화시키는 필요조건으로서 인지갈등의 중요성을 제안하였으며(김범기와 권재술, 1995; 권재술, 1989; 권재술, 이경호, 김연수, 2003; Hashweh, 1986; Posner *et al.*, 1982), 인지갈등을 통한 개념수업 절차의 적용과 그 효과에 대한 연구를 수행하였다(권난주와 권재술, 1996, 1998, 2004).

그러나 인지갈등 전략 수업에서 학생의 개념으로 설명되지 않는 불일치 상황을 제시한다고 해서 모든 학

생이 인지갈등을 겪게 되는 것은 아니다. 권재술, 이경호, 김연수(2003)는 인지갈등은 개념변화의 필요조건이라 주장하고 인지갈등과 더불어 개념변화에 영향을 미치는 동기요인을 제시하였다. 박종원과 박문주(1997) 또한 인지갈등을 학생의 오개념 변화를 위한 필요조건 중 하나라 보고 인지갈등을 효과적으로 일으켜 개념변화를 촉진시키는 시범을 고안하였다.

불일치 상황에 직면해도 인지갈등이 일어나지 않는 근본적인 원인에 대해 Limón(2001)은 유의미한 인지갈등을 유발하기 위해서는 과제에 대한 흥미, 과제를 이해하기 위한 사전 지식, 학생의 인식론적 신념, 그리

\*교신저자: 권재술(jskwon@knie.ac.kr)

\*\*2007.03.12(접수) 2007.03.26(1심통과) 2007.05.17(최종통과)

고 적절한 논리적 사고 능력이 있어야 한다고 주장하였다(Kim and Kwon, 2004).

Chinn과 Brewer(1993; 1998)는 학생의 불일치 자료에 대한 반응을 무시, 거부, 불확실, 배척, 보류, 재해석, 일부 개념변화, 개념변화 등 8가지 유형으로 분류하였다. 또한 이러한 반응 분류를 근거로 다양한 학생 반응의 중요성을 강조한 연구가 수행되었다(노태희 등, 2000; 강석진 등, 2002).

Lee 등(2003)은 인지갈등을 위한 네 가지 요인으로 불일치 상황의 인식, 흥미, 불안, 인지적 재평가 등을 제시하고 인지갈등 과정모형을 제시하였다. 이 네 가지 요인 중 ‘인식’, ‘흥미’, ‘재평가’는 학습동기를 유발시켜 학습의지를 일으키는 데 긍정적 역할을 한다고 볼 수 있다. 그러나 ‘불안’ 요인은 학습자의 자신감이나 그 당시 갖고 있는 개념에 대한 신념, 동기요인, 인식론적 신념 등에 따라 부정적 요인으로 작용하거나 긍정적 요인으로 작용할 수 있다(김연수 등, 2005). 또한 연구자들은 인지갈등 과정 모형을 바탕으로 인지갈등 검사도구(Cognitive Conflict Level Test)를 개발하고(Lee et al., 1999, 2003), 불일치 상황을 제시하는 방법과 인지갈등 특성 사이의 관계를 연구하였다(임이숙 등, 1998; 이영직, 1998; 김지나 등, 2000; 이채은 등, 2001; 차영 등, 2001; 서상오 등, 2002).

김연수(2002)는 이와 같은 인지갈등 상황에서 ‘불안’ 요인이 개념변화에 미치는 영향에 대한 연구가 일치하지 않다는 점에 주목하여, 높은 인지갈등을 경험하는 학생들의 불안 유형을 밝히고, 불안 유형에 따른 개념 학습 과정의 특성을 연구하였다. 이러한 연구를 근거로 조용현, 김연수, 권재술(2004), 김연수, 조용현, 권재술(2005), 그리고 신상우, 김연수, 권재술(2005)은 작용·반작용 과제를 불일치 상황으로 활용하여 높은 불안과 낮은 불안 유형을 연구하고, 인지갈등 전략을 적용할 때 교사들이 유념해야 할 학생의 반응 특성을 제시하였다. 또한 최근에는 탐구를 통한 물리학습 상황에서 학생들의 인지갈등과 불안 특성을 모니터링할 수 있는 iCARE(in class Conflict and Anxiety Recognition Evaluation)라는 검사도구를 개발하였다(Kim and Bao, 2005; Kim, Bao and Acar, 2006).

한편, 최혁준과 권재술(2005)은 학생의 실험 예측이 실험 결과와 다를 경우 확인한 학생이 자신의 예측과 실험 결과가 일치함을 확인한 학생에 비해 인지갈등과 개념변화가 더 많이 일어난다고 주장하며 좀 더 구체적인 인지갈등 요인별 분석이 필요함을 제안하였다.

불일치 상황에 대한 학생의 반응은 제시하는 과제의

내용 특성에 따라서도 차이를 보인다. 역학 영역과 전자기 영역에서 학생이 경험하는 인지갈등 특성이 다르며 개념변화 과정에서도 유의미한 차이를 보인다(Dreyfus, 1990; 권재술 등, 2000; Lee and Kwon, 2003). 따라서 인지갈등 과제의 내용에 따라 불일치 상황을 제시하는 방법도 학습자의 과제 반응 특성과 더불어 좀 더 심도 깊게 연구되어야 한다.

이러한 연구들을 종합해볼 때, 역학과 전자기학처럼 서로 다른 과제 특성을 지닌 불일치 상황을 제시한 후, 실험결과와 같은 예측을 한 학생과 다른 예측을 한 학생의 인지갈등 특성을 알아보는 보다 심도 깊은 연구가 필요하다. 따라서 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

첫째, 작용·반작용 과제와 전기회로 과제에서 인지갈등 정도에 따라 실험결과와 같은 예측을 한 학생과 실험결과와 다른 예측을 한 학생의 실험 후 응답특성은 어떠한가?


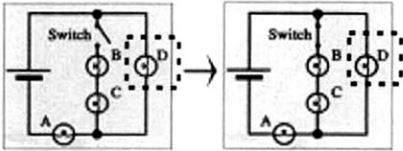
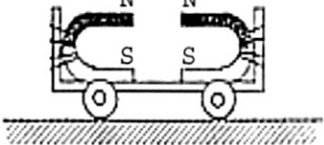
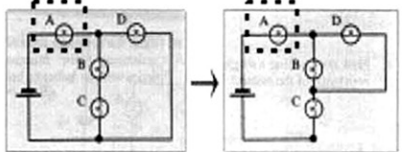
둘째, 작용·반작용 과제와 전기회로 과제에서 인지갈등 정도에 따라 실험결과와 같은 예측을 한 학생과 실험결과와 다른 예측을 한 학생의 인지갈등 특성은 어떠한가?

## II. 연구절차 및 방법

연구대상으로 경기도 소재 4년제 대학교 비사범계 학생 중 일반물리실험을 수강하고 있는 1학년 4개 반 147명을 선택하였다. 예비검사를 토대로 본검사에서 물리개념 검사와 인지갈등 검사를 수행하였다. 물리개념 검사는 예비검사를 통해 선정된 문제를 수정·보완하여 작용·반작용 관련 2 문제(이경호, 2000; 임이숙 등, 1998)와 전기회로 관련 2 문제(McDermott, 2003)로, 총 4개의 문제로 구성하였으며, 시범실험 후에 Lee (2003) 등의 인지갈등 검사도구, CCLT(Cognitive Conflict Level Test)를 이용하여 인지갈등 정도를 측정하였다.

물리개념 검사지에 예상하는 답과 그 이유를 간단히 적게 한 뒤, 문제에서 제시한 상황을 시범실험으로 보여주고 바로 인지갈등 검사지에 답을 하도록 하였다. 본검사에서는 학생의 인지갈등 정도와, 검사지의 문제만 보고 예측하여 적은 답이 실제 실험결과와 일치했는지에 따라 Table 2에서와 같이 네 그룹으로 분류하였다. 48점 만점의 인지갈등 검사에서 24점 이상의 학생들은 ‘High’로 그 이하인 학생들은 ‘Low’로 분류하였으며, 검사지에 실험결과와 일치하는 답을 예상하여

**Table 1**  
Concept test problems of this research

Action-reaction task "Predict movement"	Electric circuits task "Predict the brightness of the bulb"
<p>Problem 1</p> 	<p>Problem 2</p> 
<p>Problem 3</p> <p>weaker magnet      stronger magnet</p> 	<p>Problem 4</p> 

**Table 2**  
Groups by cognitive conflict level scores and predictions of experimental results

Groups	CCLT scores	Predictions of experimental results
High, ○	High	Consistent ( ○ )
High, ×	High	Inconsistent ( × )
Low, ○	Low	Consistent ( ○ )
Low, ×	Low	Inconsistent ( × )

적은 학생들은 ‘○’로 일치하지 않는 답을 적은 학생들은 ‘×’로 분류하였다.

이 연구에서는 Chinn과 Brewer(1993, 1998)가 불일치자료에 대한 학생반응으로 제시한 8가지 유형(무시, 거부, 불확실, 배척, 보류, 재해석, 일부 개념변화, 개념변화 등) 외에도 다양한 유형의 학생들이 발견될 수 있으리라 기대하였다. 따라서 검사지의 분류기준인 “처음의 내 생각과 다른(또는 같은) 이 실험결과를 타당하다고 인정한다”, “나의 생각과 다른(또는 같은) 이 실험결과를 설명할 수 있다”, “나의 생각과 다른(또는 같은) 이 실험결과를 본 후 처음 생각을 바꾸었다”의 세 질문을 추가하여 리커트 척도로 답하도록 하고, 0~1점은 “아니오”, 2점은 “결정하지 않음”, 3~4점은 “예”로 해석하여 가능한 다양한 유형이 드러나도록 하였다. 또한 그렇게 답한 이유를 간단히 적게 하여 그 응답내용을 분석하였다.

학생그룹 별 응답특성에 대한 분석의 결과는 학생들이 실험에 대한 의문을 제기하거나 오차의 원인을 찾으려는 노력에서 차이를 보였다. 크게 “실험에 의심이

간다”, “이유를 알 수 없다”, “실험이니까...”라고 그 이유를 적은 유형, “정답여부”에 주목하는 유형과 기타 유형이 있었다.

“실험에 의심이 간다.”라는 유형에 속하는 학생은 시범실험을 보고 실험기구에 대한 잘못을 언급하거나 전체조건이 맞지 않은 실험이라는 등의 구체적인 이유를 들어 실험이 잘못 수행되었음을 강조하였다. 예를 들어, 작용·반작용 문제의 경우 “바닥에 마찰력이 존재하기 때문에 이 실험은 잘못된 실험이다”, “무게를 고려하지 않았다” 등으로 응답거나, 전기회로 문제의 경우 “직류와 교류는 다를 것이다”, “전구가 다른 것이다” 등으로 응답한 경우이다.

“이유를 알 수 없다”라는 유형에 속하는 학생은 실험결과가 왜 그런 것인지 이유를 잘 모르겠다고 답한 경우이다. 실험에 의심을 갖는 유형에 속하는 학생은 구체적으로 마찰력이나 무게 개념을 도입하여 실험이 잘못되었음을 주장하였다. 반면, 이유를 알 수 없다고 답한 유형의 학생은 실험 조건을 다 갖춘 것 같은데, 왜 그런 결과가 나오는지 잘 모르겠다고 답하며 구체적인 이유를 찾지 못하였다.

또한 “실험이니까...”라고 답한 유형의 학생은 직접 확인했으므로 인정하겠다고 답하는 경우이다. 자신의 예측이 일치하거나 일치하지 않거나 상관없이 실험결과가 그렇게 나왔으면 그것이 맞는 것이라고 생각하며 그대로 받아들이는 경우인데 이런 유형에 속하는 학생이 많이 발견되었다. 예를 들어, “직접 보았으니까”, “눈으로 확인했으므로”, “눈으로 확인했으니 타당하다” 등으로 응답한 경우이다.

“정답여부”에 주목하는 유형의 학생은 시범실험의 타당함이나 설명 가능성에 대한 주된 관심 없이 자신이 답을 맞힌 것인지 아닌 것인지 집착하는 경우이다. “예전에 비슷한 문제를 봤다”, “상식이다”와 같은 답변은 기타 유형으로 분류하였다.

이와 같은 분류에서 “실험에 의심이 간다”와 “이유를 알 수 없다”라고 답한 학생들에 비해, “실험이니 까...”라고 답하거나 “정답여부”에 주목하는 학생들은 시범실험을 보고 나서 의문을 갖거나 원인을 생각해 보려 하기보다, 실험결과를 그대로 받아들이고 인정해 버리는 경우에 해당한다.

면담은 Lee 등(2003)이 개발한 인지갈등 측정도구의 문항을 연구자가 직접 물어보고 참여자가 대답하는 방법으로 진행하였다. 학생의 자원을 고려하여 각 집단의 특정한 사례를 성실하게 제시할 것이라 예상되는 4명의 학생이 참여하였으며 상황에 따라 연관된 질문을 하여 답변을 더 구체화 하도록 하였다. 면담의 결과는 원인연쇄분석1)(이용숙, 2005; 김연수 2002) 방법을 이용하여 정리하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 인지갈등 정도에 따른 응답특성

학생들의 응답을 크게 다섯 가지 유형으로 분류하여 전체 응답 빈도에서 차지하는 비율을 나타내었다. 작용·반작용 과제와 전기회로 과제를 따로 분석하여 물리 개념의 영역에 따라 비교할 수 있도록 하였다.

#### 1) 작용·반작용 과제에서 인지갈등 정도에 따른 응답특성

작용·반작용 과제에서 인지갈등 점수가 낮은 유형

의 학생들보다 인지갈등 점수가 높은 유형의 학생들이 실험 결과를 의심하는 반응을 더 많이 보였다. 예측이 일치하지 않은 학생들 중 실험을 의심하며 오류를 제시하는 학생들은 전반적으로 높은 인지갈등을 경험하였다. 선풍기-수레 과제(문제 1번)에서 인지갈등 점수가 낮은 학생들에 비해 인지갈등 점수가 높은 학생들은 실험결과에 의문을 제기하고, 구체적인 내용을 제시하는 비율이 높았다. 반면, 인지갈등 점수가 낮은 유형의 학생들은 실험결과를 의심하는 비율이 상대적으로 낮았다. 특히 예측과 결과가 일치한 학생들 중 정답여부에 주목한 학생들은 인지갈등 점수가 낮았다. Table 3과 Table 4는 학생 그룹별로 선풍기-수레 과제(문제 1번)와 자석-수레 과제(문제 3번)에 대한 학생들의 반응 유형별 빈도수를 나타낸 다음 전체 응답 빈도에서 차지하는 비율을 괄호 안에 백분율로 나타낸 결과이다.

Table 3에서와 같이, 실험결과를 확인한 후 ‘실험이니까’라고 답한 학생들의 수가 가장 많았다. 학생 그룹별로 응답 이유를 살펴보면, 인지갈등이 낮고 예측이 일치한 학생들(Low, ○)의 경우 ‘정답여부(21명)’에 주목하여 응답하거나, ‘실험이니까(16명)’라고 답한 학생들이 많았다. 실험결과를 보고난 뒤 자신의 답이 맞았다는 것을 확인했기 때문에 더이상 갈등을 일으키지 않거나, 실험으로 행해진 것은 다 옳다는 응답을 하였다. 반면, 이와 대조적인 그룹으로 인지갈등이 높고 예측이 불일치한 학생들(High, ×)은, ‘실험이니까’라고 답한 학생들이 가장 많았고(19명), ‘실험에 의심이 간다’라고 응답하며 마찰력이나, 무게 등의 이유를 들은 학생들과(13명), 실험에 문제는 없어보이는데 ‘이유를 알 수 없다’라고 답한 학생들(10명)이 상대적으로 많았다.

Table 4에서는, 문제 1번에 비해 상대적으로 인지갈

**Table 3**

*In the case of the fan-cart task (the problem 1), the numbers of students by students' groups and students' response types (N = 146).*

Response types Groups	The result is doubtful.	I don't know the reason.	It's an experiment.	Correct & incorrect	The others	No response	Total
High, ○	5 (3.4)	3 (2.1)	6 (4.1)	3 (2.1)	3(2.1)	1(0.7)	21 (14.4)
High, ×	13 (8.9)	10 (6.9)	19(13.0)	1 (0.7)	0 (0)	1(0.7)	44 (30.1)
Low, ○	2 (1.4)	9 (6.2)	16(11.0)	21(14.4)	7(4.8)	6(4.1)	61 (41.8)
Low, ×	1 (0.7)	5 (3.4)	7 (4.8)	3 (2.1)	3(2.1)	1(0.7)	20 (13.7)
Total	21(14.4)	27(18.5)	48(32.9)	28(19.2)	13(8.9)	9(6.2)	146(100.0)

1) 원인연쇄분석(Causal Chain) 방법은 분류체계 분석방법을 변형시킨 방법으로서 어떤 현상이나 문제의 원인을 중간단계의 원인과 심층적인 원인으로 나누어서 그림(원인연쇄도형)으로 나타내는 것이다. 초기의 방법과 달리 화살표 방향을 ‘원인→결과’가 되도록 바꾸어서 제시하기 시작하였다. 또한 화살표 방향을 바꿈으로써 혼동의 여지가 없어지기 때문에 ‘왜냐하면’이라는 말을 생략하여 번거로움을 최소화 하였다(이용숙, 2005).

Table 4

In the case of the magnet-cart task (the problem 3), the numbers of students by students' groups and students' response types (N = 147).

Response types Groups	The result is doubtful.	I don't know the reason.	It's an experiment.	Correct & incorrect	The others	No response	Total
High, ○	6(4.1)	7 (4.8)	4 (2.7)	6 (4.1)	1(0.7)	0 (0)	24 (16.3)
High, ×	3(2.0)	8 (5.4)	3 (2.0)	1 (0.7)	0 (0)	2(1.4)	17 (11.6)
Low, ○	2(1.4)	14 (9.5)	25(17.0)	44(30.0)	4(2.7)	11(7.5)	100 (68.0)
Low, ×	0 (0)	2 (1.4)	0 (0)	1 (0.7)	2(1.4)	1(0.7)	6 (4.1)
Total	11(7.5)	31(21.1)	32(21.78)	52(35.4)	7(4.8)	14(9.5)	147(100.0)

등이 낮고 예측이 일치한 학생들(Low, ○)의 비율이 늘어났다. 이는 문제 1번에 의한 영향으로 다수의 학생들이 3번 문제를 옳게 예측할 수 있었던 것으로 추측된다. 그러나 학생들의 응답 내용을 보면, ‘정답여부’에 주목하는 학생들(44명)과, ‘실험이니까’(25명)라고 답하는 학생들이 이 그룹에 가장 많이 포함되어있는 것을 알 수 있다. 실험결과를 확인하면서 실제 눈앞에서 확인한 실험이기 때문에 ‘실험이니까’라고 답하며 그대로 인정해 버리거나, 자신의 예측이 일치하므로 실험결과를 타당하다고 받아들이는 유형의 학생은 인지갈등 점수가 상대적으로 낮게 나타나는 경향을 보임을 알 수 있다. 한편 자신의 예측이 실험결과와 일치한 경우에도 높은 인지갈등을 경험하며 실험결과에 대한 의문을 갖고 이유를 찾거나 하는 학생이 문제 1번에서 21명, 문제 3번에서 24명이 발견되었다. 자신의 예측과 일치하는 실험결과를 관찰했는지라도 그 결과를 어떤 관점으로 재평가하는가에 따라 경험하는 인지갈등 정도가 다르다는 것을 알 수 있다. 이러한 연구결과는 신상우, 김연수, 권재술(2005)이 실업계 학생을 대상으로 수행한 연구결과와 유사한 측면이 있다. 이들은 인지갈등이 높은 집단의 학생이 지식의 원천을 내부적 원인에 둔 반면, 인지갈등이 낮은 학생은 외적 권위에 의존하는 경향이 있음을 보고하였다.

전기회로 과제와 비교해볼 때, 작용·반작용 과제에서 상대적으로 실험을 의심하고 구체적인 원인을 찾으려는 경향을 더 많이 보였다. 그 원인을 면담결과에서 찾아보았는데, 면담에 참여한 학생들은 작용·반작용 과제를 해결하기 위해 과거 일상생활에서 경험한 기억이나, 어떤 도구나 상황 등을 머릿속에 떠올려 활용하거나, 경험적 직관에 의존하는 특성을 보여주었다.

다음은 이러한 특성을 보여주는 학생 2와의 면담 내용이다. 학생 2는 옳은 예측을 하였으나 높은 인지갈등을 경험했던 사례이다.

연구자: 그 직관이라 한다면... 직관을 어디서 찾나요?  
 학생 2: 경험이지요.  
 연구자: 어떤 경험?  
 학생 2: 그냥... 이런 것도 선풍기 같은 것도... 비슷한 경우가 있을 때. 어쨌든 뒤로 이렇게 빠져나갔던 것 같고...  
 연구자: 선풍기가...  
 학생 2: 아니, 조그만 선풍기 같은 것 있잖아요.  
 연구자: 미니 선풍기 같은 것?  
 학생 2: 네. 뒤로 빠져나갔던 것 같고... (중략) ... 계산을 하다가도, 계산이 이렇게 나와도, 아 이걸 아니다 싶어서 고쳤는데 틀린 거죠...  
 연구자: 계산을 하다가도 일상생활 경험을 떠올리고, “그게 아닐 거야” 하고 답을 선택한다는 것인데 그게 잘 안 된다는 거죠?  
 학생 2: 네.  
 연구자: 다시 직관으로 돌아가서...  
 학생 2: 네, 과학 중에 물리가 제일 직관을 이용하다가 많이 좀 틀린 것 같아요... (중략) ... 단지 직관으로 했잖아요. 저거는... 그냥 움직일 것 같아요. 큰 것이 더 셀 것 같으니까... 그런데 답을 그렇게 쓸 수는 없는 거죠. 그렇게 배웠으니까. 직관이란 너무 어긋나는 것 같아요.

이 사례에서 주목할 점은 문제를 대면할 때 처음 떠오르는 느낌에 의존하여 문제를 해결하게 되는데, 힘 개념과 같은 추상적인 개념들을 다룰 때 일상경험의 기억과 충돌하게 되고 실험결과를 확인한 뒤에도 의심을 하거나, 의문을 갖게 된다는 것이다. 혹은 수업시간에 다루었던 내용들을 회상하면서 과학적 개념에 부합하는 답을 적게 되더라도 그 설명을 자신의 개념으로 구조화 시키지 못할 경우, 여전히 실험결과에 대한 강한 의문을 제기하게 된다. 학생 2와 같이 작용·반작용 과제에서 예측과 일치된 결과를 확인하였어도 실험에 의심이 생긴다고 한 학생은 이러한 의문이 해소되지 않은 채로 남아 과학적 개념을 자신의 개념으로 정착 시키지 못한 것으로 생각된다. 따라서 실험결과와 다른 예측을 한 학생과 마찬가지로 실험결과를 확인하는 순간 학생의 의문점과 실험결과 사이에 인지갈등을 경험하게 된다.

**2) 전기회로 과제에서 인지갈등 정도에 따른 응답 특성**

전기회로 과제는 회로의 모양이 바뀔 때 특정 전구의 밝기가 어떻게 달라질 것인지 예측하는 문제이다. 전기회로 과제에서는 인지갈등 정도가 높고 예측과 실험결과가 다른 유형(High, ×)의 학생이 실험결과에 의문을 제기하는 비율이 다른 그룹에 비해 상대적으로 높았으나, 실험결과에 대한 원인을 이해하지 못한다고 보고한 비율도 높았다. 특히 인지갈등이 낮고 예측과 실험결과가 일치하는 유형(Low, ○)의 학생은 예측의 정당 유무에 주된 관심을 많이 보였다. Table 5와 Table 6은 학생그룹별로 전구 밝기 과제(문제 2번과 4번)에 대한 학생들의 반응 유형별 빈도수를 나타낸 다음 전체 응답 빈도에서 차지하는 비율을 괄호 안에 나타낸 결과이다.

전기회로 과제에서는 작용·반작용 과제와는 다르게 ‘실험에 의심이 간다’라고 응답하는 학생들이 현저히 줄어들었다. Table 5에서와 같이, 구체적인 이유를 들면서 실험에 의심이 생긴다고 답하는 학생들이 거의 없었고, 인지갈등 점수가 높고 예측이 불일치한 학생(High, ×)들의 경우에도 작용·반작용 과제에 대한 응답과는 다르게 9명만 실험에 의심이 간다고 답하며 구체적 이유를 제시하였고, 19명이 이유를 알 수 없다고

답하였다. 인지갈등이 낮고 예측이 일치한 학생(Low, ○)들이 ‘정답여부’로 응답한 경우(24명)와 ‘실험이니까’라고 응답(16명)한 경우가 큰 비율을 차지했다.

Table 6은 문제4번에 대한 응답 내용 분석결과로, 역시 2번 문제의 영향으로 많은 학생들이 결과와 일치하는 예측을 한 것으로 추측할 수 있다. 그러나 이 결과에서도 실험결과에 대한 오류나 문제점을 구체적으로 제시하는 경우는 매우 적었다.

사례면담 결과, 높은 비율의 학생들이 실험결과를 그대로 인정하고 의심 없이 받아들이는 이유 중 하나는 전기회로 과제를 공식을 적용해서 해결해야 하는 문제로 인식하기 때문에 자신의 예측과 비교해보거나 실험상의 문제점으로 고민이 이어지는 경우가 적은 것으로 보인다. 다음의 대화 내용은 면담을 시작하면서 전기회로 과제를 다시 한 번 살펴보라고 권했을 때, 학생 1이 보인 반응이다. 학생 1은 전기회로 과제에서 실험결과가 예측과 일치했으나 높은 인지갈등을 경험한 사례이다.

학생 1: 이걸 완전히 찍은 것 같은데...  
 연구자: 이 문제를 보고 완전 찍었어요? 많이 헛갈렸나 봐요.  
 학생 1: 네. 찍었어요. 거의... 이렇게, 이거는 계산과정이 필요한 것 아니에요?  
 연구자: 계산과정이?

**Table 5**  
*In the case of the brightness of bulbs task (the problem 2), the numbers of students by students' groups and students' response types (N = 147).*

Response types Groups	The result is doubtful.	I don't know the reason.	It's an experiment.	Correct & incorrect	The others	No response	Total
High○	0 (0)	1 (0.7)	5 (3.4)	2 (1.4)	3 (2.0)	4(2.7)	15 (10.2)
High×	9(6.1)	19(12.9)	11 (7.5)	5 (3.4)	8 (5.4)	1(0.7)	53 (36.1)
Low○	0 (0)	5 (3.4)	16(10.9)	24(16.3)	8 (5.4)	5(3.4)	58 (39.5)
Low×	0 (0)	4 (2.7)	6 (4.1)	1 (0.7)	6 (4.1)	4(2.7)	21 (14.3)
Total	9(6.1)	29(19.7)	38(25.9)	32(21.8)	25(17.0)	14(9.5)	147(100.0)

**Table 6**  
*In the case of the fan-cart task (the problem 4), the numbers of students by students' groups and students' response types (N = 147).*

Response types Groups	The result is doubtful.	I don't know the reason.	It's an experiment.	Correct & incorrect	The others	No response	Total
High, ○	0 (0)	6 (4.1)	5 (3.4)	5 (3.4)	0 (0)	3 (2.0)	19 (12.9)
High, ×	3(2.0)	14 (9.5)	11 (7.5)	1 (0.7)	1(0.7)	5 (3.4)	35 (23.8)
Low, ○	1(0.7)	8 (5.4)	16(10.9)	36(24.5)	4(2.7)	16(10.9)	81 (55.1)
Low, ×	0 (0)	2 (1.4)	8 (5.4)	0 (0)	0 (0)	2 (1.4)	12 (8.2)
Total	4(2.7)	30(20.4)	40(27.2)	42(28.6)	5(3.4)	26(17.7)	147(100.0)

학생 1: 네. 시간이 없어서 계산과정까지 못할 것 같고 막 그려서... 그랬는데...  
 연구자: 계산을 하지 않으면 이 문제를 풀 수 없다고 생각하는 거예요?  
 학생 1: 제 능력으로는... 아, 복잡해지는데...(웃음) 이거 완전히 수능인데...

이 학생의 경우, 전기 회로 그림이 있는 문제를 접했을 때, 계산을 하지 않으면 해결할 수 없는 문제라고 생각하고 있었다. 전기 회로 과제는 ‘계산문제’라는 인식이 강했고, 공식을 적용하여 계산하는 것이 아니라면 설명하기가 어렵고 복잡한 문제라고 생각하고 있었다.

중·고등학교 때 전기회로 문제로 어려움이 컸던 다른 참여자의 경우에는, 전기회로 문제의 기초적인 개념을 이해하기 어려웠지만, 대학수학능력시험을 준비하면서 인터넷 강의를 통해 수업을 들었고, 그때 강의에서 공식을 바로 적용하는 방법을 배우면서 문제가 쉽고 간단하게 느껴졌다고 강조하였다. 다음은 두 개의 공식, 즉  $V=IR$ 과  $P=VI$  ( $V$ :전압,  $I$ :전류,  $R$ :저항,  $P$ :전력)를 적용하면 전기회로 문제는 다 맞을 수 있다고 이야기한 학생 2와의 대화 내용이다. 학생 2 또한 예측이 결과와 일치했지만 높은 인지갈등을 경험하였다.

학생 2: 고등학교 때 이렇게 풀었어요. 뭐든지 그냥 어떤 것 이든지간에  $P$ 에 대한 공식이 많잖아요.  $IR^2$  이런 것들 따로 외울 것 없고, 오로지 그냥 이거( $V=IR$ )랑 이것( $P=VI$ )만...(중략)  
 연구자: 이 문제를 풀기 위해서 이 두 가지 공식만 이용했다. 학교 때 선생님이 다른 건 필요 없고, 이 두 개만 가지고 풀어서 했다는 거죠?  
 학생 2: 네. 그때는...원래는 이게 제가 수능 치기 얼마 전까지 자신이 없었는데요. 인터넷 강의를 통해서 배우고 엄청 자신이 붙었어요.  
 연구자: 아. 그 두개의 공식으로 푸는 방법을 배우고?  
 학생 2: 네.  
 연구자: 복잡한 문제가 아니라서, 애( $V=IR$ ,  $P=VI$ )를 이용해서 풀 수 있었다?  
 학생 2: 네...  
 연구자: 고등학교 때 배운 이 두개의 공식에 신뢰가 아주 큰가 봐요.  
 학생 2: (웃음) 다 맞으니까... (중략) ... 눈에 보이지 않는 힘을 막 적어야 되니까요. 일반역학... 복합적인 문제도 나오고, 장력도 나오고, 마찰력도 나오고 그런 것 보면...아우...뭐, 특히 직관을 많이 요구하는데...  
 연구자: 전기는 그렇지 않은 것 같어요?  
 학생 2: 네.  
 연구자: 전기는 어떤 점이 다른 것 같아요?  
 학생 2: 일단 공식이 있고...

또한 면담에 참여한 4명의 학생들 모두 중·고등학교

교 때 전기회로와 관련된 실험을 실제로 해본 적이 없으며, 시범실험으로도 본 적이 없다고 말했다.

[내용 중략]

학생 2: 이런 것을... 실제로 보는 것은 처음이었어요. 고등학교 때도 회로 같은 것은 잘 안하니까요... 그냥 문제, 수능문제 풀다가 답은 ‘어두워진다’ 하고 계산해보고 그러는 것만 했지 이렇게 실제로 어두워지고 그런 것을 본 것은 거의 처음...

이처럼 전기회로 과제에서는 경험이나 직관보다는 바로 공식을 적용하고 계산을 하는 것이 문제를 해결하는 가장 빠른 방법이라고 생각하였다. 공식과 계산에 의존해 문제를 해결하고 이런 방법이 문제 해결을 위한 유일한 수단이라고 인식하는 경우, 실험결과를 확인했을 때 개념간의 인지갈등을 인식하지 못하고 공식 적용의 실수나 계산 실수로 원인을 돌리는 경향이 있음을 알 수 있다.

2. 작용·반작용 과제와 전기회로 과제에서 인지갈등 특성

인지갈등 정도에 따라 인지갈등 특성은 어떠한지 알아보기 위해 각각의 인지갈등 요인별 응답이유를 면담을 통해 알아보았다. 각 유형 별 특성을 잘 보여주는 사례를 소개하면 다음과 같다.

1) 높은 인지갈등과 예측 일치 유형 (High, O)

실험에 대한 예측과 결과가 일치하고도 인지갈등 점수가 높은 경우에는 조용현, 김연수, 권재술(2004), 신상우, 김연수, 권재술(2005) 등의 연구에서 보인 높은 불안 유형 중 ‘자신감 부족형’의 사례와 같이, 예측과 일치하는 결과를 확인 했음에도 불구하고 자신의 배경 지식으로 상황을 설명하기 힘들어하였다. 학생 2는 작용·반작용 개념을 오랜 시간 동안 배워왔지만, 명확히 이해하기 힘들어 대답을 하면서도 확신을 갖지 못하였다. 과거 수업시간에 배운 내용을 회상하여 답을 적었지만, 개념이 확실히 와 닿지 않아 실험결과를 본 뒤에도 의문이 계속 생겼다고 강조하였다.

연구자: 답을 맞혔는데도 ‘의문이 생긴다’ 에 ‘그렇다’고 했잖아요.  
 학생 2: 네.  
 연구자: 왜...  
 학생 2: 개념에 대한 이해가...  
 연구자: 한마디로 짝은 건가?

2) 면담 학생은 P에 관한 공식 하나로  $IR^2$ 을 말하였다. 바른 표현은  $I^2R$ .

학생 2: 네... 그냥 짝은 거라기보다는, 내가 배운 걸 토대로, 문제 푸는 방법도 암기한 거예요...

연구자: 푸는 방법도 암기했다.

학생 2: 네. 네. 맞는 방법으로 푼 건데, 맞는 방법에 대한 확신은 없는 거예요. 설명은... 그러니까, 알고 안 해서 그런 것 같아요. 왜 그렇게 되는지 안 물어보고 그냥, 다 그냥, 시간도 없는데, 그냥 어차피 알아도 까먹는데, 방법만 알면 되니까...

또한 재평가 영역에 대한 면담에서는 작용·반작용 개념에 대해서 기본적으로 이해가 되지 않아 다시 확인해보고 싶다는 의지를 밝혔다.

학생 2: 작용반작용 힘이 같다고... 사실 뭐, 이것도 이해 안 돼요. [중략] 문제를 많이 풀어보고 많이 접했으니까...이런 게 나오면 당연히 작용반작용이라는 생각이 들고, 그 다음에 힘을 표시하고 같다고 하는데, 그러면서도 왜 이게... 어떻게 같을 수가 있지...

전기회로 과제에서 실험예측이 실험결과와 일치하여도 인지갈등 점수가 높았던 학생 1은 회로 그림을 이해하는 데 어려워하였으며, 확신을 가지지 못하고 문제를 해결했기 때문에 의문이 많이 남아있었다. 이 학생의 경우 재평가에 관한 면담에서 확실히 해두고 싶은 것에 대해 명확히 이야기를 하였다.

연구자: 어떤 것을 제일 확인해 보고 싶어요?

학생 1: 이거요. 회로...회로...(중략) 그러니까 이해를 하고 싶어요. 그림을.

연구자: 그림을...

학생 1: 네.

회로 모양을 바꾸고자 할 때, 문제에서 제시한 회로도를 해석하기 어려워, 회로도를 자신이 보기 좋은 모양으로 바꾸는 것에 어려움을 겪고 있었다. 따라서 전기회로 문제를 접한 이 학생은 ‘복잡하다’고 느꼈다. 전기회로 문제를 해결할 때 회로를 원하는 모양으로 바꾸고 싶지만, 그것이 잘 되지 않아서 힘들다고 말했다. 다음은 이를 토로한 면담 내용이다.

연구자: 이 실험결과를 보니 생각이 혼란스럽다 그랬어요.

학생 1: 네. 이게 그림이...이해를 잘 못하겠어요. 그림을 잘...

연구자: 회로들?

학생 1: 네. 회로.(중략) 저게 어떻게 되는 건지... 그냥 막 일반적으로 이런 식으로 나타내면요...이게 어떤 식으로 되는 것인지 확실하지가 않으니까... 완전히 달라지는 거잖아요.

연구자: 그럼 문제에 나와 있는 그림을 이런 식으로 바꾸기가 힘들었나 봐요.

학생 1: 네. 그렇죠. 저는 항상 이런 식으로 풀어가지고요.

연구자: 모양이 다르게 나오면... 내가 원하는 모양으로 바꾸기가 힘들었다.

학생 1: 네. 네.

따라서 실험결과와 일치하는 답을 적었음에도 ‘정확한 이유를 몰라서’ 답답하다고 말하는 것을 볼 수 있다. 실험결과와 일치하는 예측을 하고도 인지갈등이 높은 유형(High, O)에 속한 학생 1, 학생 2는 과제를 해결하는 과정에서 물리 개념을 확실히 이해하지 못한 상태였다. 이런 상태에서 명확한 근거나 확신 없이 실험 예측을 한 후, 실험결과를 보았기 때문에 이해하지 못한 개념과 실험결과 사이의 인지갈등을 경험하였다. 이러한 사례는 작용·반작용 과제와 전기회로 과제 모두에서 발견할 수 있었다.

## 2) 높은 인지갈등과 예측 불일치 유형 (High, ×)

다음 사례는 선풍기-수레 과제에서 실험결과와 일치하는 예측을 하였지만, 자석이 매달린 수레 과제에서 실험과 다른 예측을 하고 인지갈등이 높은 학생 1의 반응 특성이다. 같은 개념을 적용하는 문제이지만, 자석이라면 뭔가 달라질 것이라 예측하여 약한 자석이 힘을 받는 방향으로 움직일 것이라고 답하였다. 실험결과를 본 뒤 자신이 잘 모르고 있다는 사실에 혼란스러웠지만 흥미를 느꼈다고 대답했다.

학생 1: 이게요, 당시에는 잘 모르면서, 실험결과를 보니까 흥미가 생겼고, 이런 상황이었어요.

연구자: 아, 잘 모르겠는데, 흥미도 생기고...

학생 1: 네, 잘 모르니까, 혼란스럽고, 흥미도 생기고, 재밌고, 의문이 생겼고...

다시 확인해보고자 하는 부분에서는 계산능력이 아닌 사고력을 요하는 문제라 느껴져서 풀어보고 싶다고 말하였다.

연구자: 알아야겠다고 생각하는 이유가 뭐가 있어요?

학생 1: 그러니까, 좀 어려운 문제는 아닌 것 같은데요. 이게요, 그런 것 같아요. 수능처럼. 문제만 풀기 위해서 막 공부한 사람들이 있잖아요. 그런 사람들은 못 풀고, 상식이 있는 그런 사람들이 풀 수 있는 문제인 것 같아요. 그런 종류의 문제인 것 같아요. 이런 문제를 풀고 싶기는 하죠.

학생 2는 수레 위에 고정된 선풍기 문제를 로켓 발사와 연관시켜 생각하였는데, 만약 수레 위에 선풍기가 아닌 로켓을 설치한다면 어떻게 될 것인가 라는 질문에 로켓이 뒤쪽으로 내뿜는 것이 일직선인 반면, 선풍



기의 바람은 회전하며 나갈 것이기 때문에 다르게 생각해야 한다는 이야기를 하였다. 따라서 로켓과 같이 작용·반작용으로 생각하기 힘들다고 답하였다. 이러한 특징은 이 학생이 작용·반작용 개념을 맥락 일반적으로 적용하기 어렵다는 것을 보여준다.

이 학생은 작용·반작용 개념이 중·고등학교 수업 때 많이 다룬 것임에도 불구하고, 기존에 문제를 해결하는 방법도 암기한 것이어서, 의문이 해소되지 못했다는 이야기와 함께, 단편적으로 암기하지 않고 기본적인 개념을 확실히 세우고 싶다고 강조하였다.

연구자: 물리 배우면서 애를 많이 먹었는데, 그러면서도 다시 확인해보고 싶고, 다시 공부해보고 싶은 마음이 많이 드는 거 봐요

학생 2: 네.. 작용반작용.. 사실 공부 몇 년을 해도 작용반작용 이해가 잘 안돼요. 어떤.. 두 가지 힘인데 같은 힘이라는 게.. 진짜..[중략] 그냥 암기식으로 이렇게 하다 보면, 결국에는 틀이 많이 보이기 때문에...

그러나 전기 회로 문제와 관련된 면담에서는 다른 응답을 하는 것을 볼 수 있었다. 자신의 개념에 대한 의문보다는, 암기하고 있었던 공식과 계산과정의 실수에 더 큰 의미를 부여하고 있었다.

연구자: 왜 의문이 생겼어요?

학생 2: 원래는 수능 치기 얼마 전까지 자신이 없었는데요. 인터넷 강의를 통해서 배우고, 엄청 자신이 붙었어요.

연구자: 아, 그 두개의 공식으로 푸는 방법을 배우고?

학생 2: 네, 자신 있었는데... 틀리니까 의문이 생겼어요.

따라서 문제를 다시 확인하고자 하는 의지에 대한 질문에서는, 다음 대화에서 강조하듯이 공식을 다시 확인하고, 계산과정에서 잘못된 부분을 찾아야겠다는 답을 하여, 작용·반작용 문제의 면담에서 기본 개념을 확실히 세우고 싶다고 말했던 것과는 대조적인 답을 하였다.

연구자: ‘더 생각해야겠다’ 했어요. 어떤 걸 다시 생각해보고 싶어요?

학생 2: 중간에 여러 가지 고려하는 상황에서 틀린 게 있겠지..그런 생각..

연구자: 여러 가지 고려해야 되는데 그 중에서 빼먹은 것?

학생 2: 꼬인 것..[중략] 예를 들어, 문제 풀다가 틀리면, 다시 풀어봐야죠.

### 3) 낮은 인지갈등과 예측 일치 형 (Low, O)

학생 3은 네 문제에서 모두 실험 결과와 일치하는 예측을 하였고, 인지갈등 점수가 낮았다. 이 학생은 물리 과목이 학년이 올라가면서 같은 내용을 반복하기

때문에 자연스럽게 익숙해졌다고 하였다. 이 학생은 실험결과를 보았을 때 그냥 인정했기 때문에 의문이 생기지는 않았다고 답했는데, 개념을 잘 알거나 하는 것은 아니지만 확신이 들었다고 강조하였다. 아래 면담 내용에서와 같이 실험결과를 보는 순간 갈등 없이 받아들여졌음을 알 수 있다.

연구자: 실험결과를 보는 순간 어떤 기분이 들었어요?

학생 3: 별로...그냥...‘어 그러네!...’ 그렇게...

연구자: ‘당연하지’ 이렇게?

학생 3: ‘당연하지’는 아니었고요. 확실히 아는 건 아니었으니까 당연하다고 생각한건 아니었는데, ‘어 그러네’ 하고 그냥 받아들여졌는데...

작용·반작용 문제의 경우에 더 확인해야 할 사항이 있다면, 물리를 잘 아는 사람에게 물어보면 될 것이라고 답하여, 김연수, 조용현, 권재술(2005)의 작용·반작용 과제에서의 낮은 불안유형 중 ‘타인 의존형’의 사례와 유사한 경향을 보였다.

연구자: 이 문제가 왜 그런지 더 확실하게 확인해보고 싶은 마음은 없고?

학생 3: 확실하게 아는 사람이 있으면 그냥 논리적으로 어떻게 하는 건지 물어볼 수는 있는데요. 그걸 스스로 파고들어서 이게 왜 그렇지 하고 알아보지는 않을 것 같아요.

또한 이 학생은 아래 면담 내용에서와 같이 공식을 적용하거나, 계산과정이 있을 경우에는 ‘논리적’이고, 그렇지 않을 경우에는 ‘논리적이지만’ 것이라는 생각을 갖고 있었다. 또한 자석이 매달린 수레 문제에서는 작용·반작용 개념을 적용하지 않고, 자기력과 거리를 이용해 ‘쿨롱의 법칙’을 이용할 수 있을 것이라고 추측하면서, 나름대로 ‘논리적’으로 문제를 잘 해결하였다고 인식하고 있었기 때문에 0점에 가까운 매우 낮은 인지갈등 점수를 보여주었다.

연구자: 혼란스럽지 않다. 좀 더 확인해 보고 싶지도 않다. 고민이 되지 않는다고 했네요.

학생 3: 식도 써가고, 힘도 표시하고 그렇게 할 수 있으니까... 그러니까 이것은 확신이 상당히 있었기 때문에, 꽤 논리적으로 한 거니까, 고민은...

특히, 학생 3은 물리 과목에 대한 관심 부족과, 자신의 생각과 다른 상황을 그대로 인정하고 중요하게 생각하지 않는 경향이 있는 것으로 나타났다.

학생 3: 감으로 문제 많이 풀었었는데요. 그게 다 막 틀리고 그런 게 많아가지고...

연구자: 감으로 풀었는데 틀렸다고?

학생 3: 네, 감으로 맨 처음에 보면요. 어떨 것 같다 하는 생각은 하고 들어가는데요. 그게 많이 틀렸던 것 같은데요, 고등학교 때는...

연구자: 틀리면서 어떤 기분이 들었어요?

학생 3: 아! 안해...안해...

위 대화에서 볼 수 있듯이 물리와 관련된 문제에서 실패한 경험이 많아 문제해결을 포기하는 경향이 높은 학생은 비슷한 맥락의 인지갈등 상황에서도 갈등을 회피함으로써 낮은 인지갈등을 보인다는 것을 알 수 있다.

#### 4) 낮은 인지갈등과 예측 불일치 형 (Low, ×)

학생 4번은 점수에 들어가는 수업이나 시험이 아닌 단순한 ‘설문조사’라고 생각하여 그다지 염두에 두지 않았던 것이라 답하였고, 굳이 문제를 다시 확인해보아야 할 필요성도 느끼지 못했다고 말하였다.

연구자: 실험결과를 설명할 수 있는 근거를 찾아야겠다. ‘아니다’라고 했네요.

학생 4: 뭐랄까.. 그때는 그냥 틀린걸 알았으니까.. 그냥 그런가보다.. 이런가보다.. 그렇게 생각하고 넘어갔죠..

연구자: 내가 틀렸구나..하고. 답은 저거구나.. 이렇게?

학생 4: 네.

면담 내용에서 볼 수 있듯이 큰 흥미가 없었고, 물리 자체에 대한 관심이 많지 않음을 강조하였다. 면담에 참여한 다른 학생들이 이전에 본 적 없는 실험에 대해서 흥미를 보였던 반면, 이 학생은 이전에 보거나 해본 적이 없지만, 실험 자체에 대해 재미를 느끼지 못했다. 이유는 실험 자체가 특별해 보이지 않고, 일상생활에서도 할 수 있는 것이기 때문이라고 답했다.

그러나 면담이 이어지면서 결국 물리 자체에 관심이 크지 않다는 점을 드러냈다. 물리 과목이 응용을 많이 해야 하고 오랫동안 생각해야 하는 일들이 자신의 성향과 잘 맞지 않는 것 같으며, 대학 입학하기 전에는 입시 준비로 바빠서 이해가 가지 않을 경우, 깊이 생각하기 보다는 일단 외워서 해결했다고 말하였다. 물리 과목을 그렇게 공부하게 된 이유에 대해서는, 입시 준비 때 취직이나 직장 문제를 염두에 두고 공부하기 때문에, 순수과학에는 관심이 줄어들게 되고, 물리 역시 마찬가지라는 대답을 하였다.

연구자: 이 실험결과를 나의 관심을 끈다. ‘아니다’라고 했네.

학생 4: 이거 역시도 뭐랄까.. 이 부분이 그렇게 관심 있어 했던 것도 아니고요. 이런 물리라는 쪽이요. 크게 관심을 가진 분야도 아니었거든요.

연구자: 평소에 물리에 큰 관심을 가지지 않았나보네요..

학생 4: 네.

연구자: 물리가 큰 관심을 가지지 못하는 이유가 뭐라고 생각해요?

학생 4: 뭐랄까.. 뭐, 여러 가지.. 구체적이지는 않지만, 그냥 제 생각대로 말하자면, 뭐, 입시나 그런 것 때문에, 취직이라던가.. 직장 그런 부분에 한해서 공부하는 경우가 많기 때문에, 순수과학적인 그런 건 신경 안 쓰다 보니까. 그러니까 물리가 그렇게 관심을 못 끌었던 것 같아요.

연구자: 별로 공부하고 싶지 않은 과목이구나...

학생 4: 그리고 쯤, 내용이 응용을 해야 되는 부분이 많다 보니까 쯤 그런 것도 싫어가지고.

연구자: 그런 문제를 보면 어떤 기분이 들어요? 그런 응용해야 되는 문제를 보면.

학생 4: 그런 거 보면, 참.. 뭐랄까.. 조금 생각해보고 그러다가 많이 짜증나고 그렇죠. 그리고 대학 들어오고 하기 전에는 입시 준비하고 그런 것이 많았기 때문에, 그냥 뭐, 이해 안가면 거의 외워서 하는 그런 것도 많이 있었고...

단순히 설문으로 끝날 것이라 생각하고 개념을 다시 확인해보아야겠다 거나 다시 해봐야 하는 실험은 아니라는 생각에 얽매임을 없었다고 한다. 그 이유가 이후 시험에 나올 것이 아니기 때문이었다. 따라서 문제를 크게 생각하지 않고 넘어갔기 때문에 더 깊이 생각해야겠다는 생각은 들지 않았다.

연구자: 내 생각이 잘못된 것인지 좀 더 확인해 보고 싶다. ‘아니다’ 그랬어요.

학생 4: 그냥 단순히 이거, 설문으로 끝날 것 같다고 생각해서 확인해 보고 싶다는 생각도 별로 없었던 것 같아요. 이게 수업시간에 한 것이기 때문에, 겹쳐다 보니까, 크게 의미를 둔 것 같지 않아요.

연구자: 이 실험 자체에?

학생 4: 단순히 설문 형식이어서, 별로 얽매이지 않았던 것 같아요. 이게 뭐, 시험에 나올 것도 아니고...

자신이 예상한 것과 다른 결과가 나왔고, 결론적으로 문제를 틀렸음에도 의문을 갖거나, 다시 확인해보고자 하는 생각이 들지 않았다. 이러한 인지갈등 특성은 실업계 고등학교에서 높은 비율을 차지하고 있는 낮은 불안유형의 ‘타인 의존형’ 중에서도 학습동기가 매우 낮고 점수나 외적 보상을 중시하는 학생들의 반응 특성과 일치 한다 (신상우, 김연수, 권재술, 2005). 이 학생처럼 불일치 상황에서도 인지갈등 점수가 낮은 학생은, 인지갈등이 높게 나타나는 학생들에 비해 개념변화 과정을 경험하기가 어려울 것이다. 원인은 여러 가지가 있겠으나, 면담에서 나타난 원인으로 물리 과목에 대한 낮은 학습동기와 자신의 생각과 다른 상황을 그대로 인정해버리고 중요하게 생각하지 않는 외부의 절대적 권위에 의존하는 인식론적 특성을 들 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

인지갈등을 일으킬 수 있는 작용·반작용 과제와 전기회로 과제를 제시하였을 때, 자신이 예측했던 것과 일치하는 실험결과를 확인하였음에도 불구하고 의미 있는 인지갈등을 경험하는 학생들이 있었다. 이러한 특성은 학생의 결과예측이 실제 실험결과와 일치하느냐 일치하지 않느냐를 근거로 불일치 상황을 정의할 것이 아니라 인지갈등 경험 유무 자체에 초점을 맞추어 불일치 상황을 새롭게 정의할 필요성이 있음을 의미한다. 따라서 인지갈등 상황을 수업에 활용하는 교사는 학생의 예측이 실험 결과와 같은가 다른가에 초점을 맞추기 보다는 그렇게 생각하는 근본적인 이유와 그 생각의 과정을 알아낼 수 있는 질문전략을 개발해야한다.

연구 결과에서 볼 수 있듯이 예측이 결과와 일치한 학생들이 경험하는 인지갈등은 학생의 개념수준, 문제해결 접근 방법, 학습동기 수준, 인식론적 신념 등과 밀접히 관련되어 있음을 확인할 수 있다. 만약 과학교사가 실험결과를 예측하지 못한 학생들의 인지갈등에 만 초점을 맞춘다면, 예측이 일치한 학생이 경험하는 중요한 인지갈등의 내재적 특성을 이해하지 못하게 되며, 더 나아가 그 인지갈등의 근본적 원인이 된 인식론적 특성 및 학습 동기 요인을 효율적으로 수업활동에 활용할 수 있는 기회를 놓치는 결과를 야기하게 될 것이다. 또한 학생들은 역학 과제와 전자기 과제에서 서로 다른 인지갈등 특성을 보여주었다. 작용·반작용 과제에서 학생들은 예측결과와 상관없이 과거 경험이나 회상에 의존하여 문제를 해결하려고 시도하였으며, 이 과정에서 높은 인지갈등을 경험하였다. 반면 전기회로 과제에서는 과거에 학습한 공식을 적용하여 해결하려 하거나, 예측과 실험결과 사이의 불일치 원인을 계산과정의 실수에서 찾으려 하였다. 이러한 불일치 상황에 대한 합리화는 작용·반작용 과제에 비해 상대적으로 낮은 인지갈등의 원인이 되었다. 따라서 과학교사는 역학 수업 상황에서 학생의 과거경험이 무엇인지 인식하려는 시도가 필요하며, 전자기 과제에서는 단편적 수식을 활용하여 인지갈등을 쉽게 합리화 시키려는 경향이 없는지 확인할 필요가 있다.

특히, 예측의 일치 여부나 과제 영역의 특성과 상관 없이 낮은 인지갈등을 경험한 학생은 물리학습에 대한 낮은 학습동기와 외부권위에 의존하는 인식론적 신념을 갖고 있었다. 이런 학생들의 경우는 인지갈등 상황이 효과적인 동기 유발 인자가 될 수 없음을 시사한다. 따라서 이러한 유형의 학생에게는 보다 근본적인 동기 처치가 필요하다.

#### 국문 요약

이 연구는 작용·반작용 과제와 전기회로 과제에서 인지갈등 정도와 실험결과 예측에 따른 대학생의 인지갈등 특성을 알아보는 데 목적이 있다. 연구대상은 일반물리실험을 수강중인 공과 대학 학생 147명이었다. 인지갈등 정도와, 예측이 실험결과와 일치하는가를 기준으로 학생들을 네 집단으로 나누어 학생들의 응답을 분석하였다. 첫째, 작용·반작용 과제에서는 실험결과를 의심하고 오류를 찾아내려고 하는 경향을 나타내었으나, 전기회로 과제에서는 현상을 그대로 인정하는 경향이 나타났다. 둘째, 인지갈등 정도에 따라 인지갈등 요인별 응답 원인이 다르다. 학생의 인지갈등은 학생의 과거 지식, 경험, 학습습관, 학습동기, 인식론적 신념 등의 영향을 받는다. 인지갈등 점수가 높은 학생은 불일치 상황을 잘 인식하고 자신이 모르는 것을 지각하고 있었고, 재평가의 의지가 높았다. 반면에 인지갈등 점수가 낮은 학생들은 상황을 의심 없이 받아들이는 경향이 있었고 물리에 대한 관심이 적었다. 결론적으로, 이 연구는 이러한 응답특성을 근거로 학생과 과제의 특성을 파악하고 그에 따른 적절한 인지갈등 전략이 마련될 필요가 있음을 제안하였다.

#### 참고 문헌

- 강석진, 신숙희, 노태희(2002). 변칙 사례에 대한 초등학교생들의 반응 연구. 한국과학교육학회지, 22(2), 252-260.
- 권난주, 권재술(1996). 인지갈등을 통한 개념수업 절차 모형의 점검틀 고안. 한국과학교육학회지, 16(3), 239-248.
- 권난주, 권재술(1998). 인지갈등을 통한 개념 수업 절차 모형의 적용. 한국과학교육학회지, 18(3), 261-271.
- 권난주, 권재술(2004). 인지갈등 전략을 이용한 과학 개념변화에서 학습자 특성의 효과. 한국과학교육학회지, 24(4), 216-225.
- 권재술(1989). 과학개념의 한 지적 모형. 물리교육, 7, 1-9.
- 권재술, 박학규, 김준태, 이영직, 이경호(2000). 과학 학습에서 불일치 상황에 대면한 학생들의 인지갈등 특성(수준 및 유형)과 반응 유형의 관계 분석. 교과 교육 관련 자유 연구, 1113-1164.
- 권재술, 이경호, 김연수(2003). 인지갈등과 개념변화의 필요조건과 충분조건. 한국과학교육학회지, 23(5), 574-591.
- 김범기, 권재술(1995). 과학개념과 지적 갈등의 유형이 학생들의 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학

육학회지, 15(4), 472-486.

김연수(2002). 인지갈등의 불안 유형과 귀인의 동기 심리학적 요인에 따른 학생의 물리 개념 변화 특성. 한국교원대학교 박사학위논문.

김연수, 조용현, 권재술(2005). 작용 반작용 과제에서 고등학생의 인지갈등 불안유형에 따른 설명가설 형성의 특성(II)(2005). 한국과학교육학회지, 25(3), 400-410.

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

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

박종원, 박문주(1997). 힘과 운동과의 관계에서 인지적 갈등을 일으키기 위한 시범에 대한 학생의 반응 분석. 한국과학교육학회지, 17(2), 149-162.

서상오, 진순희, 정성안, 권재술(2002). 전기회로 학습에서 초등학생의 토론과 체험을 통한 인지갈등. 한국과학교육학회지, 22(4), 862-871.

신상우, 김연수, 권재술(2005). 작용 반작용 과제에서 불일치현상에 대한 실업계 고등학생의 인지갈등 특성. 한국과학교육학회지, 25(5), 571-582.

이경호(2000). 고등학생의 물리 개념변화에 미치는 인지갈등, 학습동기와 학습전략의 영향. 한국교원대학교 박사학위 논문.

이영직(1998). 인지갈등에 의한 고등학생의 물리 개념변화. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.

이용숙, 김영천, 이혁규, 김영미, 조덕주, 조재식(2005). 교육현장 개선과 함께 하는 실험연구 방법. 서울: 학지사.

이채은, 이경호, 김지나, 권재술(2001). 인지갈등 상황 제시유형에 따른 고등학생들의 역학 개념 변화. 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.

조용현, 김연수, 권재술(2004). 작용 반작용 과제에서 고등학생의 인지갈등 불안유형에 따른 설명가설 형성의 특성(I). 한국과학교육학회지, 24(3), 596-611.

차영, 서상오, 권재술(2001). 작용과 반작용에 관한 학습에서 토론을 통한 인지갈등과 개념변화. 한국과학교육학회지, 21(2), 411-421.

최혁준, 권재술(2005). 물리 학업 성취도에 따른 예상의 확인 결과가 고등학생의 인지갈등과 개념변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 25(3), 382-389.

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(6), 623-654.

Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive Conflict" strategy for conceptual change - some implication, difficulties, and problems. *Science education*, 74(5), 555-569.

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

Kim, Y., & Kwon, J. (2004). Cognitive conflict and causal attributions to successful conceptual change in physics learning. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 24, 687-708.

Kim, Y., & Bao, L. (2005). Development of an instrument for evaluating anxiety caused by cognitive conflict. 2004 Physics Education Research Conference Proceedings, Vol. 790, 49-52.

Kim, Y., Bao, L., & Acar, O. (2006). Students' Cognitive Conflict and Conceptual Change in a Physics by Inquiry Class. 2005 Physics Education Research Conference Proceedings, Vol. 818, 117-120.

Lee, G., & Kwon, J. (2003). Toward an understanding and use of cognitive conflict in science instruction(I). *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23, 360-374.

Lee, G. H., Kwon J. S., Park, S. S., Kim, J. W., Kwon, H. G., & Park, H. K. (1999). 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 classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 585-603.

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

McDermott L. C., Shaffer P. S. & The Physics Education Group (2003) *Instructor's Guide for Tutorials in Introductory Physics*. First Edition. Prentice Hall.

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, 211-227.