

## 변칙 사례에 대한 초등학생들의 반응 연구

강석진 · 신숙희 · 노태희  
(서울대학교 화학교육과)

### A Study on Elementary School Students' Responses to Anomalous Data

Kang, Sukjin · Shin, Sookhee · Noh, Taehee  
(Department of Chemistry Education, Seoul National University)

#### ABSTRACT

The types and the characteristics of students' responses to anomalous data in studying 'boiling point' were investigated, and the degree of cognitive conflict and conceptual change were compared by students' cognitive variables. Tests regarding field dependence-independence and logical thinking ability, a preconception test, and a test of responses to anomalous data were administered to 137 sixth graders. Among them, 90 students whose preconceptions were consistent with the presented initial theory were selected. After learning the scientific concept, students' conceptual change was examined. Six types of responses identified were as follows: Rejection, reinterpretation, exclusion, uncertainty, belief decrease, and theory change. The main responses were rejection (33%) and theory change (39%). The results of Mann-Whitney U test indicated students who were field independent and had higher logical thinking abilities felt more cognitive conflict and exhibited more conceptual change.

**Key words:** responses to anomalous data, cognitive conflict, conceptual change, cognitive variables

#### I. 서 론

구성주의 관점에서, 학습은 학습자가 능동적으로 자신의 인지 구조를 재구성하는 과정으로 정의할 수 있다. Piaget(1950)는 인지 구조의 변화를 지적인 평형화(equilibration) 과정으로 설명하였는데, 학습자의 인지 구조와 외부 환경 사이에서 인지적 상호 작용이 원만히 일어나는 상태를 인지적 평형이라고 보았다. 인지 갈등이란 이러한 평형이 깨어진 비평형 상태로 정의할 수 있으며, 여기에는 학습자의 기존 인지 구

조와 새로운 현상 사이의 갈등 뿐 아니라 학습자의 기존 인지 구조와 새로운 인지 구조 사이의 갈등도 포함된다(Hashweh, 1986). Posner *et al.*(1982)은 개념 변화의 조건으로 선개념에 대한 불만족, 새로운 개념의 이해 가능성, 새로운 개념의 그럴듯함, 새로운 개념의 유용성 등을 제시하였는데, 그 중에서도 학습자가 새로운 현상이나 사례를 기존의 개념으로 설명할 수 없음을 인식하는 인지 갈등이 필수적이라고 주장하였다.

Posner *et al.*(1982)의 주장 이후, 대부분의 개념

\*2001.8.31(접수) 2002.4.26(1차 수정) 2002.5.1(최종 통과)

\*\*본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-2-50100-001-3) 지원으로 수행되었음.

변화 수업 모형에서 선개념에 대한 불만족을 유도하기 위해 기존의 개념과 불일치하는 변칙 사례를 학생들에게 제시하는 인지 갈등 전략이 널리 이용되고 있다(Scott *et al.*, 1992). 또한, 변칙 사례는 순환학습 모형의 개념 탐색 단계에서 제시되거나 비유 및 토론 수업에서 학생들의 이해를 돕는데 사용되는 등 여러 교수 모형에서 중요한 요소로 포함되어 왔다(Chinn & Brewer, 1998).

그러나 학생들은 자신의 개념과 불일치하는 변칙 사례를 접하더라도 기존의 개념을 쉽게 포기하지 않는 것으로 보고되었다(Hashweh, 1986). Chinn과 Brewer(1993)는 학생들이 변칙 사례를 접했을 때 보이는 다양한 반응을 분류하여 무시, 거부, 재해석, 배제, 보류, 판단 불가, 주변 이론 변화, 이론 변화 등으로 체계화하였다. 우리 나라 고등 학생들을 대상으로 화학 개념에 대한 변칙 사례를 제시한 연구에서도 학생들의 반응은 다양했으나(노태희 등, 2000a), Chinn과 Brewer의 연구와 달리 변칙 사례를 거부하거나 재해석하는 비율은 낮은 반면 자신의 선개념에 대한 신념이 감소하는 학생들의 비율이 높은 것으로 나타났다.

이와 같이 변칙 사례에 대한 반응 유형 분포가 상이한 결과는 개념의 난이도, 변칙 사례의 구체성, 그리고 학생의 이해 수준과 연령 등에 따라 학생들의 반응 유형이 달라질 가능성을 시사한다(노태희 등, 2000a, 2000b). 따라서, 고등학생이나 대학생을 대상으로 '공통 멸종의 원인'이나 '양초 연소시 수면 상승'과 같이 상대적으로 복잡한 개념을 제시했던 선행 연구(노태희 등, 2000a; Chinn & Brewer, 1993)와 달리, 간단하고 구체적인 변칙 사례를 제시했을 때 나타나는 반응 유형 분포를 조사할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 초등학생을 대상으로 끓는점 개념에 관련된 변칙 사례를 제시했을 때 변칙 사례에 대한 반응 유형의 분포를 조사하고, 변칙 사례에 의한 인지 갈등 정도와 개념 변화의 관계를 살펴보았다. 또한, 학습자의 인지적 특성 중 과학 성취도와 관련이 깊은 장의존독립성과 논리적 사고력(Lawson, 1983)에 따른 반응 유형의 분포, 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발 정도, 개념 변화 정도를 조사하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

본 연구의 대상은 서울시에 위치한 초등학교 6학년 4개 학급 137명이었다. 학습자의 인지적 특성을 조사하기 위해 장의존독립성 검사와 논리적 사고력 검사를 실시하고, 끓는점에 대한 목표 오개념을 지닌 학생들을 선별하기 위해 선개념 검사를 실시하였다. 변칙 사례를 제시한 후, 그에 대한 학생들의 반응을 조사하였다. 끓는점 개념의 학습에서는 담당 교사의 수업 방법에 따른 차이를 통제하기 위해 2쪽 분량의 끓는점에 대한 원리 학습지를 학생들에게 제공하였으며, 학습이 끝난 직후 개념 검사를 실시하였다.

### 2. 검사 도구

#### 1) 인지적 특성 검사

전체적인 맥락으로부터 부분적인 요소를 인식하고 분리하는 능력인 장의존독립성을 조사하기 위해 Find A Shape Puzzle(Linn & Kyllonen, 1981)을 사용하였다. 이 검사는 복잡한 형태의 도형에서 특정 도형의 위치를 찾는 20개의 문항으로 구성되어 있다. 이 검사에 소요된 시간은 총 5분이며, 신뢰도 계수(Cronbach  $\alpha$ )는 .87이었다. 논리적 사고력은 12문항으로 구성된 short-version Group Assessment of Logical Thinking(Roadrangka *et al.*, 1983)으로 검사하였으며, 본 연구에서의 신뢰도 계수(Cronbach  $\alpha$ )는 .57이었다.

#### 2) 선개념 검사

선행 연구(Driver *et al.*, 1994)를 참고하여 끓는점 개념에 대한 선개념 검사지를 개발하였다. 이 검사에서는 '물이 끓고 있을 때, 불꽃을 키워 물을 더 격렬하게 끓이면 물의 온도는 어떻게 될까?'라는 질문에 학생들이 답하고 그 이유를 설명하도록 하였다. 초등학교 6학년 35명을 대상으로 예비 검사를 실시하여 선개념 검사의 상황 및 제시 형태와 대상 연령의 적절성을 점검하였다. 이를 토대로 문항을 수정한 후,

초등학교 6학년 38명을 대상으로 2차 예비 검사를 실시하여 최종 검사지를 제작하였다.

### 3) 변칙 사례에 대한 반응 검사

변칙 사례에 대한 반응 검사지는 초기 이론 제시부, 변칙 사례 제시부, 반응 조사부의 세 부분으로 구성되어 있다. 초기 이론 제시부에서는 끓는점에 대해 학생들이 흔히 지니고 있는 오개념으로 보고된 (Driver et al., 1994) '물이 끓고 있을 때, 불꽃을 키우면 열이 더 많아져 물의 온도가 높아진다'는 주장을 상세히 제시하고, 학생들이 이 주장에 동의하는지 여부를 조사하였다. 변칙 사례 제시부에서는 '물이 끓고 있을 때, 불꽃을 키워도 물의 온도는 100°C로 일정하다'는 초기 이론과 불일치하는 실험 결과를 제시하였다(부록 1). 반응 조사부에서는 변칙 사례의 타당성 인정 여부, 초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성 인정 여부, 초기 이론에 대한 믿음의 변화 정도를 표시하고, 그 이유를 쓰도록 하였다. 변칙 사례에 대한 반응 검사지는 2차례의 예비 검사를 통하여 수정·보완하였으며, 과학 교육 전문가 3인에게 타당도를 검증 받았다.

### 4) 개념 검사

개념 검사지는 상태 변화 시 끓는점에 대한 3문항으로 구성하였다. 모든 문항은 주어진 4개의 답지 중 하나를 선택하고 그 이유를 설명하는 형태이며, 2차례의 예비 검사 결과를 바탕으로 내용을 수정·보완하였다. 개념 검사지는 과학 교육 전문가 3인에게 타당도를 검증 받았고, 신뢰도 계수(Cronbach  $\alpha$ )는 .73이었다.

## 3 분석 방법

결과 분석에서는 변칙 사례가 학생들의 인지 갈등 및 개념 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 '물이 끓고 있을 때, 불꽃을 키우면 물의 온도가 더 높아진다'는 목표 오개념을 지니고, 초기 이론에도 동의한 90명(남: 45, 여: 45)의 학생들만을 대상으로 하였다. 변칙 사례에 대한 반응 검사에서 나타난 학생들의 응

답은 6가지 유형(거부, 재해석, 배제, 판단 불가, 신념 감소, 이론 변화)으로 분류하였고, 초기 이론에 대한 신념 변화 정도를 기준으로 변칙사례에 의한 인지 갈등 유발 정도를 0~3점으로 점수화하였다(노태희 등, 2000b). 개념 검사에서 오답이나 무응답은 0점, 오개념이나 타당하지 않은 설명이 포함된 응답은 1점, 부분적인 과학적 설명은 2점, 과학적인 설명은 3점으로 채점하였다. 반응 유형 분류와 개념 검사 채점은 분석자 2인의 일치도가 90% 이상에 도달한 후(반응 유형 분류: 90%, 개념 검사 채점: 95%), 연구자 중 1인이 분류와 채점을 실시하였다. 인지적 특성 수준에 따라 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발 정도와 개념 검사 점수를 비교하기 위해, 인지적 특성 수준 상·하위 30%를 선택하여 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. 변칙 사례에 대한 반응 유형 분포

변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형을 분류한 결과 거부, 재해석, 배제, 판단 불가, 신념 감소, 이론 변화의 6가지 반응 유형이 나타났다(Table 1). 선행 연구(노태희 등, 2000a; Chinn & Brewer, 1993)와 마찬가지로 다양한 반응 유형이 확인되었다. 그러나 변칙 사례의 타당성을 인정하지 않는 거부 반응(33%)과 초기 이론에 대한 믿음을 완전히 포기하는 이론 변화 반응(39%)의 비율이 전체 반응의 대부분

Table 1. Students' responses to anomalous data

Type of response	Frequency (%)
Rejection	30 (33.3)
Reinterpretation	1 ( 1.1)
Exclusion	2 ( 2.2)
Uncertainty	17 (18.9)
Belief decrease	5 ( 5.6)
Theory change	35 (38.9)
Total	90 (100)

을 차지하여, 이전 연구 결과에 비해 상대적으로 학생들의 반응이 편중되는 양상을 보였다.

변칙 사례에 대해 거부 반응을 보인 학생들은 주로 '물을 끓일 때, 불꽃을 크게 했더니 물이 더 팔팔 끓었다'와 같은 이유를 제시하였다. 즉, 이들은 자신의 경험을 바탕으로 초기 이론에 대한 확신을 유지하는 경향이 있었다. 이는 제시된 변칙 사례의 상황이 일상 생활과 관련된 친숙한 상황일 뿐 아니라 초등학생들은 끓는점 개념에 대해 학습할 기회가 거의 없었으므로, 경험에 의해 형성된 선개념이 상대적으로 확고하기 때문인 것으로 생각된다.

배제 반응이 2.2%에 불과한 것은 초기 이론과 변칙 사례의 소재나 상황이 거의 동일하여 변칙 사례를 초기 이론의 예외적인 경우로 취급하기가 어려웠던 것으로 해석할 수 있다. 또한, 변칙 사례의 타당성은 인정하나 변칙 사례를 초기 이론의 입장에서 설명하는 재해석의 비율도 낮았는데, 이는 초기 이론과 변칙 사례의 차이가 명확하고 변칙 사례의 상황이 단순할 경우, 초기 이론의 맥락에서 변칙 사례를 해석하는 재해석 반응이 일어나기 어려움을 보여준다.

한편, 선행 연구(노태희 등, 2000a; Chinn & Brewer, 1993)와 달리, 선개념에 대한 핵심 이론은 유지한 채 주변 이론을 변화시켜 변칙 사례를 수용하는 주변 이론 변화 반응은 전혀 없었다. 이는 대상 학생들의 연령이 낮아 대안적인 이론이나 추가적인 이론 제시가 어려웠기 때문인 것으로 보인다. 거부나 이론 변화 반응을 보인 학생들 중에서도 초기 이론이나 변칙 사례에 대한 논리적 설명보다는 단순한 경험이나 실험 결과의 우위를 주장하는 경우가 많았던 점은 이러한 추측을 뒷받침한다.

## 2. 인지적 특성과 인지 갈등 유발 정도 및 개념 변화 사이의 상관 관계

초기 이론에 대한 학생들의 신념 변화 정도를 나타내는 인지 갈등 점수와 개념 검사 점수, 인지적 특성 변인의 평균 및 표준 편차는 Table 2와 같다.

학생의 인지적 특성과 변칙 사례에 의한 인지 갈등 점수 사이에 유의미한 관련이 없었던 선행 연구(노태

**Table 2.** Means and standard deviations of the test scores

	CC	Con	FD	LT
Mean	1.47	2.50	8.91	3.98
SD	1.33	2.28	4.88	2.09

CC: cognitive conflict, Con: conception, FD: field dependence-independence, LT: logical thinking ability

희 등, 2001)와 달리, 본 연구에서 인지 갈등 점수는 인지적 특성 중 논리적 사고력과 유의미한 상관이 있었다. 개념 검사 점수는 학생의 인지적 특성 변인들과 유의미한 상관이 있었는데, 이는 장의존독립성과 논리적 사고력이 직후 개념 이해와 관련된다는 선행 연구(노태희 등, 2001; Lopez-Ruperez *et al.*, 1991)와 일관되는 결과이다. 그러나 인지 갈등 점수와 개념 검사 점수 사이에는 유의미한 상관이 없었는데(Table 3), 이는 인지 갈등이 개념 변화의 전제 조건이 아닐 가능성을 시사한다.

**Table 3.** Correlation coefficients among the test scores of cognitive variables, cognitive conflict, and conception

Variable	CC <sup>1</sup>	Con <sup>1</sup>	FD
Con	.153		
FD	.134	.325**	
LT	.213*	.353**	.276**

\*p<.05 \*\*p<.01

<sup>1</sup>Spearman correlation coefficient

## 3. 인지적 특성 수준에 따른 반응 유형 분포와 인지 갈등 유발 정도

장의존독립성 수준에 따라 학생들의 변칙 사례에 대한 반응을 비교한 결과는 Table 4에 제시하였다. 장독립적인 학생일수록 판단 불가와 이론 변화의 비율은 높고 거부의 비율이 낮았다. 장의존독립성 수준에 따른 인지 갈등 점수에서, 장독립적인 학생들이 (M=1.64, SD=1.31) 장의존적인 학생들(M=1.40,

**Table 4.** Numbers of students' responses by field dependence-independence level (%)

Type of response	FD		Total
	High	Low	
Rejection	6 (23.4)	11 (50.0)	17 (35.4)
Reinterpretation	0 ( 0.0)	1 ( 4.5)	1 ( 2.1)
Exclusion	0 ( 0.0)	1 ( 4.5)	1 ( 2.1)
Uncertainty	6 (23.4)	1 ( 4.5)	7 (14.6)
Belief decrease	1 ( 3.9)	1 ( 4.5)	2 ( 4.2)
Theory change	13 (50.0)	7 (31.8)	20 (41.7)
Total	26 (100)	22 (100)	48 (100)

**Table 5.** Numbers of students' responses by logical thinking ability level (%)

Type of response	LT		Total
	High	Low	
Rejection	7 (25.0)	9 (32.1)	16 (28.6)
Reinterpretation	0 ( 0.0)	1 ( 3.6)	1 ( 1.8)
Exclusion	0 ( 0.0)	2 ( 7.1)	2 ( 3.6)
Uncertainty	7 (25.0)	4 (14.3)	11 (19.6)
Belief decrease	2 ( 7.1)	2 ( 7.1)	4 ( 7.1)
Theory change	12 (26.4)	10 (35.7)	22 (39.3)
Total	28 (100)	28 (100)	56 (100)

SD=1.38)에 비해 점수가 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다(mean rank high = 27.92, mean rank low = 20.45, U=197.0, p=.047). 갈등 상황이나 의문 상황을 해결할 때, 장독립적인 학습자는 장의존적인 학습자에 비해 정보를 효과적으로 선택하고, 주어진 텍스트에 대해 보다 분석적으로 사고한다(Elliott, 1995). 따라서, 장독립적인 학습자는 장의존적인 학습자에 비해 초기 이론의 타당성이나 변칙 사례와 초기 이론 사이의 불일치성에 대해 의문을 가지게 되고, 이러한 의문이 효과적인 인지 갈등으로 연결되는 것으로 해석할 수 있다.

논리적 사고력 수준에 따른 변칙 사례에 대한 반응 유형 분포는 Table 5와 같다. 논리적 사고력 수준에 따라 인지 갈등 정도를 비교한 결과, 상위 학생들의 점수(M=1.67, SD=1.32)가 하위 학생들(M=1.25, SD=1.33)에 비해 높았으며 두 집단 사이의 인지 갈

등 점수 차이는 통계적으로 유의미하였다(mean rank high = 27.66, mean rank low = 19.69, U=172.5, p=.032). 이는 수업에서 자신의 생각과 다른 경쟁적인 이론이 주어졌을 때 논리적 사고력 수준이 높은 학생들일수록 그 이론과 자신의 개인적 이론을 비교하고 그 타당성을 평가하는 경향이 강하므로(Lawson & Thompson, 1988), 변칙 사례의 타당성을 인정하고 새로운 이론을 쉽게 받아들일 수 있는 것으로 해석할 수 있다.

#### 4. 인지적 특성 수준에 따른 개념 변화 정도

학습자의 인지적 특성 중 장의존독립성 상위 집단(M=3.46, SD=2.35)은 하위 집단(M=1.68, SD=1.93)에 비해 개념 검사 점수가 높았고, 이 차이는 통계적으로 유의미하였다(Table 6). 이러한 결과는 장독립

적인 학생일수록 여러 개념과 다양한 정보 사이에서 필요한 것을 잘 찾고, 텍스트로 제시된 원리 학습지의 중요 내용과 기본적인 구조를 잘 파악하여 효과적인 학습이 가능하기 때문인 것으로 해석할 수 있다 (Bosacki et al., 1997).

Table 6. Results of Mann-Whitney U tests on the conception test scores by cognitive variables

Variable	Mean rank		U	p
	High	Low		
FD	54.31	34.53	495.000	.000
LT	52.28	38.41	700.000	.010

논리적 사고력 수준에 따른 개념 점수 평균에서는 논리적 사고력 수준이 높은 집단(M=3.15, SD=2.51)이 낮은 집단(M=1.82, SD=1.81)에 비해 개념 점수가 더 높았으며, Mann-Whitney U 검증에서도 유의미한 차이가 있었다(Table 6). 이는 논리적 사고력이 개념 변화에 영향을 미친다는 선행 연구의 결과(Lawson et al., 2000)와 일관되는 것으로서, 효과적인 개념 변화를 위해서는 많은 정보를 논리적으로 연결시켜 이해하는 능력이 필요함을 의미한다.

#### IV. 결론 및 제언

학습자의 선개념과 불일치하는 변칙 사례를 제공하여 인지 갈등을 유발하는 전략은 개념 변화 수업 모형을 비롯한 여러 수업 모형에 널리 사용되어 왔다. 그러나 변칙 사례에 대해 학생들은 다양한 반응을 보이고, 연령이나 개념에 따라 변칙 사례에 대한 반응이 달라질 가능성이 제안되었다. 이 연구에서는 초등학교생을 대상으로 상대적으로 간단한 개념과 관련된 변칙 사례를 제시했을 때, 학생들이 나타내는 반응 유형의 분포를 조사하였고, 장의존독립성이나 논리적 사고력과 같은 학습자의 인지적 특성에 따른 반응 유형의 분포, 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발 정도 및 개념 변화 정도와의 관계에 대해 조사하였다.

초등학생들에게 변칙 사례를 제시한 결과, 선행 연

구와 달리(노태희 등, 2000a; Chinn & Brewer, 1993) 반응 유형의 분포가 거부 반응과 이론 변화 반응으로 편중되는 경향이 있었다. 재해석, 배제, 판단 불가, 신념 감소 반응의 비율은 상대적으로 낮았는데, 이는 초기 이론과 변칙 사례의 소재와 상황이 동일한 반면, 그 결과는 분명히 차이가 났기 때문으로 볼 수 있다. 또한, 이 연구에서 주변 이론 변화 반응이 나타나지 않은 것은 학생들의 연령과 이해 수준이 낮고 사전 지식이 부족하여 추가적이거나 대안적인 이론 제시가 곤란했기 때문인 것으로 보인다. 이와 같이, 대상 개념이나 변칙 사례의 성격에 따라 반응의 양상이 달라지므로 개념의 성격뿐 아니라 시각화 여부, 신뢰성, 개수 등과 같은 변칙 사례의 특성에 따른 반응 유형을 연구해 볼 필요가 있다.

학습자 특성과 인지 갈등의 관계를 조사한 결과, 학습자 특성 중 논리적 사고력과 변칙 사례에 의한 인지 갈등 사이에는 유의미한 상관이 있었으며, 학생들이 장독립적일수록, 그리고 논리적 사고력이 높을수록 변칙 사례에 의해 인지 갈등이 효과적으로 유발되는 것으로 나타났다. 또한, 학습자 특성과 개념 변화 사이에 유의미한 상관이 있었다. 즉, 학습자의 인지적 특성은 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발과 개념 변화 과정에서 중요하게 작용하는 요소라 할 수 있다. 학습자의 인지적 특성에 따라 변칙 사례에 대한 반응의 양상과 인지 갈등 유발 정도는 물론 개념 변화 정도가 달라지는 결과를 볼 때, 학습자 개개인에게 적합한 변칙 사례가 제시되는 등 학습자의 특성을 고려한 개념 변화 전략에 대한 연구가 필요하다.

그러나 인지 갈등과 개념 변화 사이에는 유의미한 상관이 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 인지 갈등 유발이 개념 변화에서 중요하다는 기존의 주장에 의문을 제기한다. 그러나 이 연구에서 학생들의 개념 점수가 상대적으로 낮았고, 개념 변화 수업에서 일반적으로 인지 갈등 유발 전략이 효과적이라는 메타 분석 연구 결과(Guzzetti et al., 1993)를 고려할 때, 개념 변화에서 인지 갈등의 역할을 정확히 규명하기 위해서는 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 적 요

끓는점 개념에 관련된 변칙 사례를 제시했을 때 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형을 알아보고, 학습자의 인지적 수준(장의존독립성, 논리적 사고력)에 따른 인지 갈등 유발 정도 및 개념 변화를 조사하였다. 초등학교 6학년 학생 137명을 대상으로 장의존 독립성 검사, 논리적 사고력 검사, 선개념 검사, 변칙 사례에 대한 반응 검사를 실시하였고, 초기 이론과 일치하는 선개념을 가진 90명의 학생들만을 선택하였다. 과학 개념 학습 후 학생들의 개념 변화률 조사하였다. 변칙 사례에 대한 반응 유형은 거부, 재해석, 배제, 판단 불가, 신념 감소, 이론 변화 등 6가지였으나, 대부분의 반응 유형은 거부(33%)와 이론 변화(39%)인 것으로 나타났다. Mann-Whitney U 검증 결과, 학습자가 장독립적일수록, 논리적 사고력이 높을수록 변칙 사례에 의해 인지 갈등이 많이 유발되며 개념 변화를 효과적으로 일으키는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

- 노태희, 임희연, 강석진(2000a). 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20(2), 288-296.
- 노태희, 임희연, 강석진(2000b). 성과 나이에 따른 인지 갈등 유발 및 개념 변화의 비교. 한국과학교육학회지, 20(4), 634-641.
- 노태희, 임희연, 강석진, 김순주(2001). 학생의 인지적·정의적 변인, 변칙 사례에 의한 인지 갈등, 개념 변화 사이의 관계. 한국과학교육학회지, 21(4), 658-667.
- Bosacki, S., Innerd, W., & Towson, S.(1997). Field independence-dependence and self-esteem in preadolescents: does gender make a difference? *Journal of Youth and Adolescence*, 26(6), 691-703.
- Chinn, C. & 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. & Brewer, W. F.(1998). The empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V.(1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge: London.
- Elliott, A. R.(1995). Field independence/dependence, hemispheric specialization, and attitude in relation to pronunciation accuracy in Spanish as a foreign language. *The Modern Language Journal*, 79(3), 356-371.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V., & Gamas, W. S.(1993). Promoting conceptual change in science: a comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28(2), 117-159.
- Hashweh, M. J.(1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Lawson, A. E.(1983). Predicting science achievement: the role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 117-129.
- Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. R., & Falconer, K. A.(2000). What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 996-1018.

- Lawson, A. E. & Thompson, L. D.(1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733-746.
- Linn, M. C. & Kyllonen, P.(1981). The field dependence-independence construct: some, one or none. *Journal of Educational Psychology*, 73(2), 261-273.
- Lopez-Ruperez, F., Palacios, C., & Sanchez, J.(1991). Relation of field independence and test-item format to student performance on written Piagetian tests. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(5), 389-400.
- Piaget, J.(1950). *The psychology of intelligence*. Routledge and Kegan Paul: London.
- 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(2), 211-227.
- Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J.(1983). *The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT)*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas.
- Scott, P. H., Asoko, H. M., & Driver, R. H.(1992). Teaching for conceptual change: a review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.) *Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies*. Schmidt & Klannig: Kiel, Germany.

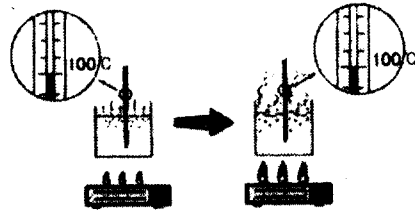


### 부록 1. 변칙 사례 제시부

■ 중학생인 수환이는 나취소 씨의 주장을 듣고 의문이 생겼다. 아래 내용을 자세히 읽어보자.

저는 중학교에 다니고 있는 이수환입니다. 우리 반에서는 나취소 씨의 주장을 듣고 조별로 직접 실험을 해보았습니다.

비커에 물을 담아 가스렌지로 가열하였습니다. 물이 끓고 있을 때 물의 온도를 측정했더니, 끓는 물의 온도는 100°C였습니다. 잠시 후, 가스렌지의 불꽃을 더 키우고 5분 간격으로 물의 온도를 측정해 보았습니다. 실험 결과는 아래와 같습니다.



시간(분)	5	10	15	20	25
온도(°C)	100	100	100	100	100

그런데 위의 실험 결과에서 볼 수 있듯이 가스렌지의 불꽃을 키워도 물의 온도는 높아지지 않고 일정했습니다. 즉, 나취소씨의 주장과 달리 가스렌지의 불꽃을 키워도 물의 온도는 변하지 않았습니다. 저는 우리 조의 실험이 잘못된 것이 아닌가 싶어 다른 조의 실험 결과와 비교해 보았습니다. 그런데 다른 조도 모두 끓는 물의 온도가 100°C로 일정하다는 실험 결과를 얻었던군요.

나취소 씨의 주장에 따르면 불꽃을 키울수록 물은 열을 더 많이 가지게 되므로 온도가 높아져야 합니다. 그런데 왜 온도가 일정할까요? 여러분은 저의 실험 결과에 대해 어떻게 생각하십니까?