

학습자의 특성이 변칙 사례에 대한 반응에 미치는 영향*

노태희**, 임희연***, 강석진****

I. 서 론

기존 인지 구조에 부합되지 않는 현상을 학생들에게 제시함으로써 선개념을 과학적 개념으로 변화시키려는 인지 갈등 유발 전략은 과학 개념 학습에서 가장 흔히 사용되는 방법 중의 하나이다(Guzzetti, Snyder, Glass, & Gamas, 1993). 그러나 최근의 정성적인 연구에 의하면, 선개념은 오랜 경험을 통해 나름대로의 가치가 확립되어 있으므로 변칙적인 현상을 제시하더라도 학생들은 그 한계를 쉽게 인식하지 못한다(Shepardson & Moje, 1999; Tirosh, Stavy, & Cohen, 1998). 또한, 선개념의 한계가 인식된다고 해서 반드시 개념 변화가 일어나는 것도 아니다(Dreyfus, Jungwirth, & Eliovitch, 1990). 따라서, 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발을 보다 심층적으로 이해하기 위해 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형을 조사한 연구들이 진행되었다(노태희, 임희연, 강석진, 2000a; Chinn & Brewer, 1998).

화학에서 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형을 분류한 선행 연구(노태희 등, 2000a)에서는 7가지 유형이 발견되었다. ‘거부’는 변칙 사례가 제시된 상황의 문제점을 지적하여 그 타당성을 부인하는 유형이고, ‘배제’는 변칙 사례의 타당성이나 선개념과의 불일치성은 인정하지만 변칙 사례를 예외적으로 취급하여 선개념을 유지하는 경우이며, ‘재해석’은 변칙 사례를 선개념과 일치하는 상황으로 간주하여 선개념에 근거하여 새로운 해석을 시도하는 유형이다. ‘판단 불가’는 선개념에 대한 신념의 포기 여부에 대해 갈등을 느끼는 반응 유형이다. ‘신념 감소’는 명확한 근거를 제시하지 않은 채 선개념에 대한 신념을 일부 포기한 유형이며, ‘주변 이론 변화’는 선개념의 핵심에 대한 신념은 유지한 채 주변 이론을 수정하려는 시도이다. 마지막으로, ‘이론 변화’ 유형은 주어진 변칙 사례의 타당성과 선개념과의 불일치성을 인정하여 선개념에 대한 신념을 완전히 포기한 반응 유형이다.

변칙 사례를 제시하면 인지 갈등이 일어날 것이라는 기대와 달리 학생들의 반응 유형이 다양함은 밝혀졌지만, 그 원인에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 최근 교육 심리

* 본 연구는 서울대학교 사범대학 발전기금 지원으로 이루어졌음.

** 서울대학교 사범대학 화학교육과

*** 서울대학교 사범대학 화학교육과 대학원

**** 서울대학교 교육종합연구원

학 분야에서는 학습에서 학생들이 지닌 자기 조절 전략의 중요성이 강조되어 왔으며 (Pintrich & De Groot, 1990; Pintrich, Marx, & Boyle, 1993), 학생들이 자신의 선개념에 모순되는 정보를 심층적으로 처리할 때 개념 변화의 가능성이 높다는 결과도 보고되었다(Tesser & Shaffer, 1990). 자기 조절 전략은 연구자에 따라 다양하게 정의되나 (O'Neil & Abedi, 1996; Pintrich & De Groot, 1990; Zimmerman, 1995), 일반적으로 자기 점검 전략을 지닌 학생일수록 학습 전략을 효과적으로 사용하고, 학습에 유의미하게 참여하며, 소기의 학습 목적을 달성한다(Wigfield, 1994).

자기 조절 전략의 하위 요소 중 선행 연구에서 공통적으로 제시되는 것은 '자기 점검'과 '노력'이다. 자기 점검은 목표 달성 여부에 대한 스스로의 점검 과정을 의미하며, 노력은 주어진 과제나 정보를 처리할 때 근면함의 정도를 나타낸다. 학생들이 변칙 사례를 접했을 때 선개념에 대한 신념의 포기 여부는 변칙 사례의 타당성이나 변칙 사례와 선개념 사이의 불일치성에 대한 판단에 달려 있으므로, 자신의 결정에 대한 스스로의 점검과 투입하는 노력의 정도가 인지 갈등의 유발 및 새로운 과학적 개념의 수용에 영향을 미칠 것이다. 따라서, 본 연구에서는 변칙 사례를 통한 개념 학습에서 자기 점검이나 노력 수준에 따른 반응 유형, 인지 갈등 유발 정도, 그리고 개념 변화 정도를 조사하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

서울시에 소재한 1개 초등학교의 6학년 4개 학급 159명의 학생을 대상으로 먼저 자기 점검 전략과 노력 검사를 실시하였고, 목표 개념에 대해 오개념을 지닌 학생을 선별하기 위해 선개념 검사를 실시하였다. 학생의 선개념으로 설명할 수 없는 변칙 사례를 제시한 후, 변칙 사례에 대한 학생의 반응을 조사하였다. 그 후, 학생들은 2쪽 분량의 학습지를 이용하여 변칙 사례를 설명하는 과학 원리를 개별적으로 학습하였으며, 학습이 끝난 직후 개념 검사를 실시하였다. 최종적으로 분석에 포함된 연구 대상은 81명(남: 41명, 여: 40명)이다.

2. 검사 도구

1) 자기 점검 전략 검사

자기 조절 전략 중 학생의 자기 점검 전략을 조사하기 위해 SAQ(Self-Assessment Questionnaire; O'Neil & Abedi, 1996)를 사용하였다. 이 검사지는 인식, 인지 전략, 계획, 자기 점검 등의 하위 범주로 구성되어 있는데, 본 연구에서는 자기 점검 범주 6문항을 번역하여 사용하였으며, 각 문항은 '전혀 그렇지 않다'에서 '매우 그렇다'까지의 4단

계 리커트 척도로 구성되어 있다. 자기 점검 범주의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .77로 보고되었으며(O'Neil & Brown, 1998), 본 연구에서 구한 크론바하 α 는 .70이었다.

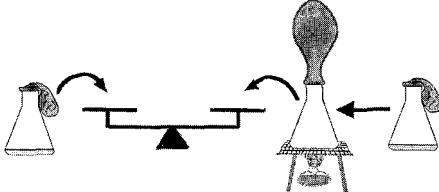
2) 노력 검사

자기 조절 전략 중 노력 정도를 조사하기 위해 Wang(1997)의 검사지 중 노력 범주를 번역하여 사용하였다. 노력 검사 문항은 4단계 리커트 척도 문항 5개로 구성되어 있다. 노력 범주의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .91로 보고되어 있으며(Wang, 1997), 본 연구에서 구한 크론바하 α 는 .69였다.

3) 선개념 검사

'상태 변화시의 질량 보존'에 대한 학생들의 선개념을 조사하기 위한 검사지는 선행 연구(노태희, 임희연, 강석진, 2000b)에서 사용한 검사지의 형식에 기초하여 연구자가 개발하였다(그림 1). 이 검사지는 '아세톤이 담긴 2개의 플라스크 입구를 풍선으로 막은 후, 한 쪽만 가열하여 풍선이 부풀었을 때 어느 쪽의 질량이 더 큰가?'에 대해 학생들이 응답하도록 구성되어 있다.

■ 두 개의 삼각 플라스크에 같은 양의 아세톤을 넣고 풍선으로 입구를 막았다. 두 플라스크의 질량은 같았다. 두 플라스크 중 하나를 그림과 같이 가열하였더니 아세톤이 보이지 않게 되면서 풍선이 부풀어올랐다. 이 때, 가열한 플라스크와 가열하지 않은 플라스크를 저울 위에 올려놓았다.



■ 저울은 어떻게 될까?
 ① 왼쪽으로 기울다. ② 오른쪽으로 기울다. ③ 평형을 이룬다.

■ 그렇게 생각한 이유를 **자세히** 적어보자.

<그림 1> 선개념 검사

4) 변칙 사례에 대한 반응 검사

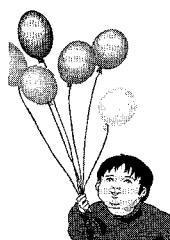
변칙 사례에 대한 반응 검사지도 선행 연구(노태희 등, 2000b)에 기초하여 연구자가 개발하였는데, 초기 이론 제시부, 변칙 사례 제시부, 반응 조사부의 세 부분으로 구성되어 있다. 초기 이론 제시부(그림 2)에는 선행 연구(최후남, 1991; Stavy, 1991)에서 학생들이 많이 지니고 있는 것으로 알려진 대표적인 오개념을 반영하여 ‘액체가 기체로 변할 때 물질이 사라지므로 가열한 쪽의 질량이 더 작다’는 입장을 제시하였다. <그림 3>에서 볼 수 있듯이 변칙 사례 제시부에서는 ‘아세톤의 기화 전후에 전체 질량을 측정했더니 질량이 서로 같았다’는 실험 결과를 제시하여 학생들의 인지적인 갈등을 유발하였다. 반응 조사부에서는 실험 결과의 타당성, 초기 이론과 변칙 사례의 불일치성, 초기 이론에 대한 신념 변화 여부에 대한 학생들의 견해를 조사하였다.

▣ 나휘소 씨는 "가열 후 삼각 플라스크의 전체 질량은 가열하기 전보다 작아진다"고 주장하면서 그 이유를 다음과 같이 설명하였다.

입구를 풍선으로 막은 삼각 플라스크를 가열하면 플라스크의 전체 질량은 가열하기 전보다 작아집니다. 그러므로 저울은 가열하지 않은 삼각 플라스크 쪽으로 기울어집니다.

액체 상태인 아세톤을 가열하면 우리 눈에 보이지 않는 기체 상태가 됩니다. 그런데 기체 상태의 분자는 액체 상태의 분자보다 가볍기 때문에 떠오르는 성질이 있습니다. 놀이 공원에 풍선이 떠있거나 올림픽 개막식에서 풍선이 하늘 높이 날아오르는 것도 모두 기체 상태의 분자가 가볍기 때문에 나타나는 현상입니다.

기체 상태의 아세톤 분자는 액체 상태의 아세톤 분자보다 가볍습니다. 그러므로 아세톤을 가열하여 기체 상태로 만들면 삼각 플라스크의 전체 질량은 가열하기 전보다 작아지는 것입니다. 따라서, 가열하지 않은 삼각 플라스크가 더 무거워 저울은 그 쪽으로 기울어지게 됩니다.



▣ 나휘소 씨의 주장이 옳다고 생각하는가? 나휘소 씨의 주장에 대한 자신의 생각을 찾아 ○표 하자.

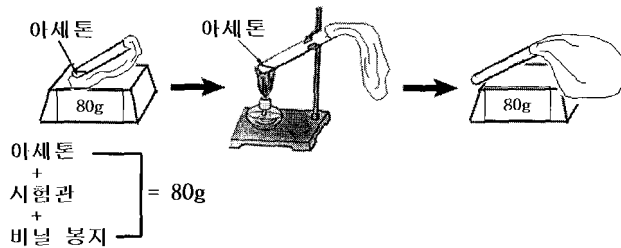
<input type="checkbox"/> 옳지 않다고 생각한다.	<input type="checkbox"/> 옳다고 생각한다.
---------------------------------------	------------------------------------

<그림 2> 초기 이론 제시부

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

저는 중학교에 다니고 있는 이수환입니다. 저희 반에서는 나휘소 씨의 주장을 듣고 조별로 직접 실험을 해 보았습니다.

시험관에 아세톤을 조금 넣고 시험관의 입구를 비닐 봉지로 막았습니다. 이 시험관의 전체 질량(시험관+아세톤+비닐 봉지)을 재었더니 80g이었습니다. 시험관을 서서히 가열하였더니 아세톤이 모두 보이지 않게 되고 비닐 봉지가 부풀었습니다. 그런 다음 시험관의 질량을 재보았습니다. 그런데 시험관의 전체 질량은 **가열하기 전과 같은 80g**이었습니다.



저는 우리 조의 실험이 잘못된 것이 아닌가 싶어, 다른 조의 실험 결과와 비교해 보았습니다. 그런데 **다른 조도 모두 가열 전과 후의 질량이 같다는 실험 결과**를 얻었던군요.

나휘소 씨의 주장에 따르면 액체였던 아세톤이 기체 상태가 되었으므로 질량이 작아져야 합니다. 그런데 왜 질량이 같을까요? 여러분은 저의 실험 결과에 대해 어떻게 생각하십니까?

<그림 3> 변칙 사례 제시부

5) 개념 검사

개념 검사지는 상태 변화시의 질량 보존과 관련된 상황(액체 물질의 기화, 고체 물질의 액화, 액체 물질의 응고)을 다룬 3개의 문항으로 이루어져 있다. 각 문항은 정답을 선택하고 그 이유를 자세히 서술하는 방식으로 구성되어 있다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 개념 검사지의 신뢰도는 .79였다.

3. 분석 방법

변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형은 선행 연구(노태희 등, 2000b)에 근거하여 거부, 재해석, 배제, 판단 불가, 신념 감소, 이론 변화 등의 6가지 유형으로 분류하였으며,

2인의 연구자가 분류의 일치도를 구하고 차이를 검토하는 과정을 반복하였다. 반응 유형 분류의 최종적인 일치도는 90%였다. 개념 검사 채점은 문항별로 0~3점을 부여하였으며, 채점에 대한 분석자간 일치도가 95%에 도달한 이후 1인의 연구자가 모두 채점하였다.

변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발 정도는 초기 이론에 대한 신념 변화 정도를 기준으로 4단계로 정량화 하였으며(노태희 등, 2000b), 자기 점검이나 노력 등 자기 조절 전략 검사 점수의 중앙값을 기준으로 학습자 특성을 상·하로 구별하였다. 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발 점수 및 개념 검사 점수에 대해 모수 통계의 기본 가정을 검토한 결과 정상성이나 동변량성이 만족되지 못하였으므로, 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney U 검증을 이용하여 학습자 특성에 따른 인지 갈등 유발 및 개념 변화 정도를 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 학습자 특성에 따른 학생들의 반응 유형

(1) 선개념의 영향

액체 물질이 기화되어 눈에 보이지 않게 되면 질량이 감소한다는 생각은 상태 변화 전후의 질량 보존과 관련하여 초등학생들에게서 가장 흔히 발견되는 오개념으로 알려져 있으나(최후남, 1991; Stavy, 1991), 본 연구에서는 불과 42명(26%)이 이러한 선개념을 지니고 있었다. 한편, ‘액체가 기체로 변할 때 물질이 가벼워진다’는 초기 이론을 신뢰하는 학생들은 총 81명이었는데, 학생들의 선개념 조사 결과에 따라 크게 두 가지 유형으로 나눌 수 있었다. 우선, 42명의 학생들은 이미 초기 이론과 유사한 선개념을 지니고 있었으므로 제시된 초기 이론을 믿었다(SP 집단). 그러나 나머지 39명의 학생들은 ‘액체가 기체로 변하면 양(혹은 부피)이 커지므로 질량이 증가한다’는 식으로 초기 이론과 상이한 선개념을 지니고 있었다(NP 집단). 그러나 이들도 제시된 초기 이론을 읽고 난 뒤에는 초기 이론을 신뢰한다고 응답하였으므로, NP 집단 학생들은 자신의 생각을 쉽게 포기한 것으로 볼 수 있다. SP 집단과 NP 집단의 학생들의 검사 점수 평균 및 표준 편차는 <표 1>과 같다.

<표 1> 검사 점수의 평균 및 표준 편차

검사 (총점)	자기 점검 전략 (24)	노력 (20)	인지 갈등 (3)	개념 (9)
SP 집단	14.26(3.31)	13.23(2.42)	1.07(1.33)	4.52(2.67)
NP 집단	14.77(2.61)	13.87(2.09)	1.79(1.30)	4.51(3.19)
계	14.51(2.99)	13.54(2.28)	1.42(1.36)	4.52(2.91)

학생들의 선개념 유형에 따라 변칙 사례에 대한 반응 유형 분포를 비교한 결과(표 2), SP 집단의 학생들은 NP 집단 학생들에 비해 거부 반응의 비율이 높았다. 반면, 신념 감소나 이론 변화 반응은 NP 집단 학생들의 비율이 높았다. 이는 선개념이나 배경 지식의 종류에 따라 변칙적인 정보에 대한 학생들의 반응이 달라질 수 있다는 선행 연구(Chinn & Brewer, 1993)의 제안과 일관된다. 즉, 초기 이론과 일치하는 선개념을 지닌 학생은 자신의 생각을 반박하는 변칙 사례가 주어지더라도 그 타당성을 부인하는 거부 반응의 비율이 높은 반면, 초기 이론과 다른 선개념을 지녔다가 초기 이론에 동의한 학생들은 변칙 사례에 의해서도 생각이 쉽게 변화되는 것으로 볼 수 있다.

<표 2> 집단에 따른 학생들의 반응 유형별 빈도(%)

반응 유형	SP 집단	NP 집단
거부	20(47.6)	9(23.1)
재해석	2(4.8)	2(5.1)
배제	1(2.4)	.
판단 불가	5(11.9)	4(10.3)
신념 감소	2(4.8)	6(15.4)
이론 변화	12(28.6)	18(46.2)
계	42(100)	39(100)

선행 연구(노태희 등, 2000b; 노태희, 임희연, 강석진, 김순주, 2001)와 비교할 때, 본 연구에서는 대부분의 학생들이 거부나 이론 변화 반응에 해당되었고 주변 이론 변화 반응은 없는 등 반응 유형이 편중되어 있었다. 이러한 결과는 우선 본 연구에서 사용한 변칙 사례의 특성에 기인한 것으로 생각할 수 있다. ‘양초 연소시의 수면 상승’이라는 소재를 사용했던 선행 연구의 경우 제시된 상황이 복잡하고 여러 가지 개념이 관련되어 있으므로, 변칙 사례를 제시했을 때 학생들이 초기 이론을 유지하면서도 변칙 사례에 대해 다양하게 해석할 수 있었다. 그러나 본 연구에서는 아세톤 액체가 기체로 변하는 상대적으로 단순한 상황을 제시하였다. 또한, 변칙 사례도 기화 전후의 질량이 동일하다는 비교적 명확한 경우를 제시하였으므로, 다양한 측면에서 변칙 사례를 해석할 여지가 적었을 것으로 생각된다. 한편, 본 연구의 대상이 선행 연구와 달리 초등학생이었던 점도 반응 유형의 편중에 영향을 미쳤을 수 있다. 중·고등학생에 비해 배경 지식이 부족한 초등학생들은 변칙 사례에 대한 해석의 근거 또한 제한적일 수밖에 없으므로, 반응 유형이 거부나 이론 변화에 편중된 것으로 생각할 수 있다.

변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발 정도를 비교하기 위하여 학생들의 반응 유형을 초기 이론에 대한 신념 변화를 기준으로 정량화 하였다. SP와 NP 집단의 인지 갈등 유발 정도를 Mann-Whitney U 검정으로 비교한 결과, NP 집단 학생들의 갈등 유발 점수가 SP 집단에 비해 유의미하게 높았다(표 3). 즉, 초기 이론과 일치하는 선개념을 지닌 학생일수록 변칙 사례가 갈등을 일으키지 못할 가능성이 높은 반면, 초기 이론과 일치하지 않는 선개념을 지닌 학생들은 초기 이론에 의해서 뿐 아니라 변칙 사례에 의해서도 생각이 쉽게 변화되는 것으로 해석할 수 있다. 자신의 선개념이 초기 이론에 의해 지지를 받지 못할 경우, 학생들의 생각이 계속 바뀌는 경향이 높다는 결과는 상태 변화시의 질량 보존에 관한 학생들의 개념이 매우 불안정함을 시사한다.

〈표 3〉 인지 갈등 유발 점수에 대한 Mann-Whitney U 검증 결과

평균 순위		U	p
SP 집단	NP 집단		
35.49	46.94	587.50	.02*

* $p < .05$

2) 자기 점검 전략의 영향

자기 점검이란 특정한 목표를 달성해 가는 과정에서 지속적으로 주의를 기울이고 내용의 이해 여부를 되돌아보는 자기 확인 메커니즘이므로(Garcia & Pintrich, 1994; O'Neil & Abedi, 1996), 변칙 사례에 대한 반응에서도 자발적인 점검 능력을 지닌 학생일수록 변칙 사례의 타당성을 쉽게 받아들일 것으로 기대할 수 있다. 자기 점검 전략 수준에 따라 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형 분포를 비교한 결과는 <표 4>와 같다. SP 집단의 경우 자기 점검 수준 하위 학생들의 이론 변화 비율이 높았고, NP 집단의 경우 하위 학생들은 이론 변화의 비율이 높았으나 상위 학생들은 판단 불가의 비율이 높았다. 즉, 기대와 달리 자기 점검 전략은 변칙 사례에 대한 학생들의 논리적인 판단을 강화하는 데 효과가 없는 것으로 나타났다. 학습에서 자기 조절 전략이 효과적으로 작용하기 위해서는 학생들의 메타인지적 지식 뿐 아니라 학습 동기나 사회적 맥락 등도 중요하다는 주장(Zimmerman, 1995)을 고려할 때, 자기 조절 전략의 효과를 보다 분명히 밝히기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

<표 4> 자기 점검 전략 수준에 따른 반응 유형별 빈도(%)

반응 유형	SP 집단		NP 집단	
	상위	하위	상위	하위
거부	7(43.8)	13(50.0)	5(22.7)	4(23.5)
재해석	2(12.5)	.	1(4.5)	1(5.9)
배제	1(6.3)	.	.	.
판단 불가	2(12.5)	3(11.5)	4(18.2)	.
신념 감소	1(6.3)	1(3.8)	3(13.6)	3(17.6)
이론 변화	3(18.8)	9(34.6)	9(40.9)	9(52.9)
계	16(100)	26(100)	22(100)	17(100)

자기 점검 전략 수준에 따른 갈등 유발 정도를 비교한 결과, SP 집단에서는 하위 학생들의 점수가 1.23(SD=1.39)으로 상위 학생들(M=0.81, SD=1.22)에 비해 높았다. NP 집단에서도 하위 학생들(M=1.94, SD=1.34)이 상위 학생들(M=1.68, SD=1.29)에 비해 점수가 높았다. 즉, 두 집단 모두 자기 점검 수준이 높을수록 갈등이 적게 유발되는 경향이 있었으나, 통계적으로 유의미한 차이는 없었다(표 5).

<표 5> 자기 점검 전략 수준에 따른 인지 갈등 유발 점수의 Mann-Whitney U 검증 결과

	평균 순위		U	p
	상위	하위		
SP 집단				
	19.44	22.77	175.00	.34
NP 집단				
	19.09	21.18	167.00	.59

3) 노력의 영향

노력 수준에 따라 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형 분포를 비교한 결과는 <표 6>과 같다. 두 집단 모두 노력 수준 상위 학생들이 하위 학생들에 비해 거부 반응의 비

율이 낮고 이론 변화 반응의 비율이 높은 경향을 보였다. 그러나 SP 집단에 비해 NP 집단에서 그 경향이 보다 뚜렷했고, NP 집단에서는 신념 감소 반응의 비율도 노력 수준 상위 학생들이 높았다. 과제 수행에 열심히 참여하는 정도를 나타내는 노력은 성취도 뿐 아니라 실제로 교실에서 제시되는 다양한 유형의 인지적 과제에도 필수적인 요소로 주장되어 왔다(Malpass, 1994; Pintrich & De Groot, 1990). 따라서, 학생들이 변칙적인 정보를 처리하는 과정에 인지적 노력을 많이 투입할수록 논리적인 사고가 유도되어, 변칙 사례의 타당성을 부인하는 거부 반응이 감소하고 초기 이론을 포기하는 신념 감소나 이론 변화 반응이 증가하는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 노력 수준에 따른 반응 유형 분포 차이가 SP 집단보다 NP 집단에서 더 뚜렷했던 점은 선개념이 초기 이론에 의해 지지를 받아 그에 대한 확신이 증가할 경우, 학생들의 노력이 반응 유형에 미치는 영향은 상대적으로 적어질 가능성을 암시한다. 경험에 기초한 선개념이 깊게 내재되어 있을 경우, 학생들은 자신의 선개념과 일치하지 않는 현상을 접하더라도 갈등을 회피한다는 선행 연구(Chinn & Brewer, 1993)는 이러한 가능성을 뒷받침한다.

〈표 6〉 노력 수준에 따른 반응 유형별 빈도(%)

반응 유형	SP 집단		NP 집단	
	상위	하위	상위	하위
거부	11(42.3)	9(56.3)	3(14.3)	6(33.3)
재해석	2(7.7)	.	.	2(11.1)
배제	1(3.8)	.	.	.
판단 불가	3(11.5)	2(12.5)	2(9.5)	2(11.1)
신념 감소	1(3.8)	1(6.3)	5(23.8)	1(5.6)
이론 변화	8(30.8)	4(25.0)	11(52.4)	7(38.9)
Total	26(100)	16(100)	21(100)	18(100)

노력 수준에 따라 갈등 유발 정도를 비교한 결과, SP 집단의 경우 상위 학생들의 평균 점수는 1.12(SD=1.37)로 하위 학생들의 1.10(SD=1.32)과 거의 유사했다. NP 집단의 경우 노력 수준 상·하위의 평균은 각각 2.14(SD=1.11)와 1.39(SD=1.42)로서, 노력을 많이 투입했다고 생각하는 학생일수록 변칙 사례에 의해 인지 갈등이 많이 유발되는 경향이 있었다. 그러나 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다(표 7).

〈표 7〉 노력 수준에 따른 인지 갈등 유발 점수의 Mann-Whitney U 검증 결과

	평균 순위		U	p
	상위	하위		
SP 집단	21.83	20.97	199.50	.81
NP 집단	22.52	17.06	136.00	.14

2. 학습자 특성에 따른 개념 변화 정도

학생이 지닌 선개념의 종류에 따른 개념 검사 점수의 평균은 SP 집단이 4.52(SD=2.67), NP 집단이 4.51(SD=3.19)로 차이가 없었다(표 8). 자기 점검 수준에 따른 개념 검사 점수의 평균은 SP 집단의 경우 상위가 5.31(SD=2.87)로 하위의 4.04(SD=2.47)보다 높았으나, Mann-Whitney U 검증 결과 그 차이는 유의미하지 않았다(표 9). NP 집단의 경우 상·하위의 평균 점수는 각각 4.32(SD=3.27)와 4.77(SD=3.15)로 유사하였다. 노력 수준에 따라 개념 검사 점수 평균을 비교한 결과, SP 집단은 상위가 4.81(SD=2.97), 하위가 4.06(SD=2.11)이었으며, NP 집단은 상·하위 각각 4.29(SD=3.13)와 4.78(SD=3.32)이었다. 그러나 Mann-Whitney U 검증 결과에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다(표 10).

〈표 8〉 집단에 따른 개념 검사 점수의 Mann-Whitney U 검증 결과

SP 집단	NP 집단	U	p
41.67	40.28	791.00	.79

<표 9> 자기 점검 수준에 따른 개념 검사 점수의 Mann-Whitney U 검증 결과

	평균 순위		U	p
	상위	하위		
SP 집단	25.06	19.31	151.00	.13
NP 집단	19.23	21.00	170.00	.64

<표 10> 노력 수준에 따른 개념 검사 점수의 Mann-Whitney U 검증 결과

	평균 순위		U	p
	상위	하위		
SP 집단	22.69	19.56	177.00	.41
NP 집단	19.55	20.53	179.50	.79

한편, 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발 점수와 개념 검사 점수 사이의 Spearman 상관 계수를 조사한 결과, SP 집단의 경우는 .233(p=.138)이었고 NP 집단은 -.173(p=.219)이었다. 즉, 선행 연구(노태희 등, 2000b; 노태희 등, 2001)와 일관되게 변칙 사례를 통한 개념 학습에서 인지 갈등과 개념 변화 사이에는 통계적으로 유의미한 관계를 발견할 수 없었다. NP 집단의 인지 갈등 유발 정도가 SP 집단에 비해 유의미하게 높았음에도 불구하고 개념 검사 점수에는 차이가 없었던 결과는, 변칙 사례에 의한 인지 갈등과 개념 변화의 관계가 이제까지 믿어왔던 것처럼 직접적이거나 단순하지 않을 가능성(노태희 등, 2000b; Dreyfus et al., 1990)을 뒷받침하는 증거로 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

과학 개념 학습에서 학생들의 선개념으로 설명되지 않는 변칙 사례를 제시함으로써 인지 갈등을 유발하는 전략은 이제까지의 믿음과 달리 적지 않은 한계를 지닌 것으로

제안되고 있다. 그러나 인지 갈등을 유발하기 위한 변칙 사례가 구체적으로 어떤 한계를 지니고 있으며 그 원인이 무엇인가에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 변칙 사례를 접했을 때 나타나는 학생들의 반응 유형을 분류하고, 자기 점검 전략과 노력 등의 학습자 특성이 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발이나 개념 변화에 미치는 영향을 조사하였다.

학생이 지닌 선개념의 유형에 따라 반응 유형을 조사한 결과, 선개념이 초기 이론에 의해 지지를 받은 학생들은 거부 반응이 많았으나, 자신의 선개념과 일치하지 않는 초기 이론을 받아들인 학생들은 이론 변화 반응이 많았다. 두 집단의 갈등 유발 정도 비교에서도 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 학생이 지닌 선개념의 특성이 변칙 사례에 의한 갈등 유발에 영향을 미칠 수 있음을 의미하므로, 변칙 사례를 제시하는 인지 갈등 유발 전략을 과학 수업에 적용할 때는 사전에 학생들의 선개념에 대한 세심한 고려가 이루어져야 할 것이다.

학습자 특성 중 자기 점검 전략은 학생들의 갈등 유발에 유의미한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 자기 점검 전략을 지녔다고 해서 반드시 변칙 사례의 타당성을 인정하는 논리적인 판단이 유도되는 것은 아니므로, 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발이 성공하기 위해서는 학습 동기나 사회적 맥락 등에 대한 전반적인 고려가 이루어져야 한다. 한편, 변칙 사례를 처리하는 과정에서 학생들이 투입하는 노력의 정도는 거부 반응의 비율을 감소시키고 이론 변화 반응의 비율을 증가시키는 경향이 있었으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 학생들이 학습 과정에 투입하는 노력의 질과 양은 그들의 동기적 신념에 영향을 받으므로(Pintrich & Schunk, 1996; Zimmerman, 1995), 인지 갈등을 효과적으로 유발하기 위해서는 학생들이 보다 많은 인지적 노력을 투입할 수 있는 자세와 환경을 조성해 주어야 할 것이다.

학생의 선개념, 그리고 자기 점검이나 노력과 같은 학습자 특성은 개념 변화에 영향이 없었고, 인지 갈등 유발 정도와 개념 변화 사이에도 유의미한 상관성이 나타나지 않았다. 선행 연구(노태희 등, 2000b; 노태희 등, 2001)와 대상 학생 및 개념이 상이함에도 불구하고 일관된 이러한 결과는 갈등 유발이 개념 변화의 전제 조건이 아닐 가능성을 시사한다. 그러나 일반적으로 인지 갈등 유발 전략이 개념 변화에 효과적이라는 메타분석 연구(Guzzetti et al., 1993)의 결과와 본 연구에서 선개념 유형이나 노력 수준에 따라 변칙 사례에 대한 반응 유형에 차이가 있었던 점을 고려할 때, 변칙 사례에 의한 인지 갈등과 개념 변화 사이의 직접적인 관련뿐 아니라, 간접적인 관련 가능성에 대해서도 심층적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

한편, 본 연구에서는 학생들이 변칙 사례를 이해하기 쉽도록 실험 상황을 그림으로 제시했을 뿐 아니라, 변칙 사례의 타당성을 높이기 위해 여러 사람의 실험에서 동일한 결과가 나왔음을 강조하였다. 그림에도 불구하고 적지 않은 학생들이 변칙 사례의 타당

성을 인정하지 않고 거부했던 점에 비추어 볼 때, 인지 갈등을 유발하기 위해서는 변칙 사례의 특성(예를 들어, 전문성이나 개수 등)을 보다 강화하고 그 효과를 연구할 필요가 있다. 또한, 본 연구의 결과 선개념의 유형에 따라 변칙 사례에 대한 반응이 상이할 가능성이 제안되었다. 따라서, 면담이나 개념도 작성 등으로 학생이 지닌 선개념 구조에 대한 전체적이고 포괄적인 정보를 얻은 후, 이를 바탕으로 선개념이 인지 갈등이나 개념 변화에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

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, 변칙사례에 의한 인지 갈등, 개념 변화 사이의 관계. 한국과학교육학회지, 21(4), 658-667.
- 최후남(1991). 물질의 상태 변화 현상에 대한 학생들의 개념 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 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.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change—some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Garcia, T., & Pintrich, P. R. (1994). Regulating motivation and cognition in the classroom: The role of self-schema and self-regulatory strategies, In D. H. Schunk, & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance* (pp. 127-153). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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.
- Malpass, J. R. (1994). *A structural model of self-efficacy, goal orientation, worry, self-regulated learning, and high stakes mathematics achievement*. Unpublished doctoral dissertations. Los Angeles: University of Southern California.
- O'Neil, H. F., & Abedi, J. (1996). Reliability and validity of a state metacognitive inventory: Potential for alternative assessment. *The Journal of Educational*

Research, 89(4), 234-245.

- O'Neil, H. F., & Brown, R. S. (1998). Differential effects of question formats in math assessment on metacognition and affect. *Applied Measurement in Education*, 11(4), 331-351.
- Pintrich, P. R., & De Groot, E. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.
- Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.
- Tesser, A., & Shaffer, D. R. (1990). Attitudes and attitude change. *Annual Review of Psychology*, 41, 479-523.
- Tirosh, D., Stavy, R., & Cohen, S. (1998). Cognitive conflict and intuitive rules. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1257-1269.
- Wang, S. (1997). *The role of perceived beliefs in effort, self-efficacy, and task value on high school students' effort and math achievement in Taiwan*. Unpublished doctoral dissertations. Los Angeles: University of Southern California.
- Wigfield, A. (1994). The role of children's achievement values in the self-regulation of their learning outcomes, In D. H. Schunk, & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance* (pp. 101-124). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zimmerman, B. J., (1995). Self-regulation involves more than metacognition: A social cognitive perspective. *Educational Psychologist*, 30(4), 217-221.

<Abstract>

Effects of Learners' Characteristics on their Responses
to Anomalous Data

Taehee Noh*, Heeyeon Lim**, Sukjin Kang***

The effects of students' preconception, self-checking, and effort on their responses to anomalous data, the degree of cognitive conflict by anomalous data, and conceptual change in studying 'the conservation of mass during the change of states' were studied. A preconception test and a test of response to anomalous data were administered to 159 sixth graders. Among them, 81 students whose preconceptions were consistent with the presented initial theory were selected. Immediately after they had read a scientific explanation, their conceptual change were examined with a researcher-made conception test. The results indicated that students who had the preconceptions consistent with the initial theory exhibited more 'rejection' and less 'theory change' patterns than the others. Significantly more cognitive conflict was also induced for the students who had the preconceptions. More 'theory change' patterns were found for the low self-checking students, and less 'rejection' and more 'theory change' patterns were found for the students investing high effort. However, Mann-Whitney U test indicated no significant differences in the degree of cognitive conflict by the levels of self-checking and effort. In the conception test scores, there were no significant differences by students' preconceptions and by levels of self-checking and effort.

* Department of Chemistry Education, Seoul National University.

** Graduate Student, Department of chemistry Education, Seoul National University.

*** Center for Educational Research, Seoul National University.