

연소 개념 학습에서 변칙 사례에 의한 인지 갈등 및 상황 흥미가 개념 변화 과정에 미치는 영향

최속영 · 강석진¹ · 노태희*

서울대학교 · ¹전주교육대학교

The Influences of Cognitive Conflict and Situational Interest by a Discrepant Event on the Conceptual Change Process in Learning the Concept of Combustion

Choi, Sookyeong · Kang, Sukjin¹ · Noh, Taehee*

Seoul National University · ¹Jeonju National University of Education

Abstract: In this study, we investigated the role of a discrepant event from both cognitive and motivational perspectives in learning the concept of combustion. A preconception test, a test of response to a discrepant event, and a situational interest questionnaire were administered to 433 eighth graders. After learning the concept of combustion, the tests of attention, effort, and conceptual understanding were administered as post-tests. The responses of 208 students who had been found to possess the target misconception were analyzed. The percentages of rejection and exclusion responses were relatively high compared to the previous studies about density concept, whereas a proportion of belief change was low. The results of the path analysis indicated that situational interest after presenting an alternative hypothesis had a direct effect and an indirect effect via attention and effort on conceptual understanding. Situational interest induced by a discrepant event directly influenced cognitive conflict after presenting an alternative hypothesis.

Key words: combustion, discrepant event, cognitive conflict, situational interest, conceptual change

I. 서론

피아제의 인지 발달 이론이 제안된 이후, 인지 갈등은 개념 변화 수업 모형(Posner *et al.*, 1982)이나 순환 학습 모형(Lawson *et al.*, 1989)과 같은 인지 학습 모형에서 결정적 요소로 간주되어 왔다(Zohar & Aharon-Kravetsky, 2005). 이에 많은 연구자들은 학습자가 기존의 선개념으로 설명할 수 없는 상황인 변칙 사례를 제시함으로써 인지 갈등을 유발하는 전략에 관심을 가져왔다(Niaz, 1995; Pearsall *et al.*, 1997). 또한 변칙 사례를 제시했을 때 학생들의 반응을 조사하고 인지 갈등의 유발 정도를 측정하거나 개념 변화와의 관계를 알아보는 연구들도 진행되어 왔다(Chinn & Brewer, 1998; Kang *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2003). 그러나 변칙 사례에 의해 의미 있는 인지 갈등이 유발되지 않

는 경우가 있고, 인지 갈등이 개념 변화에 영향을 주지 못하거나 오히려 부정적인 영향을 주기도 한다는 결과도 보고되고 있다(Limón, 2001). Limón(2001)은 이러한 결과가 개념 변화 연구들이 주로 학생의 인지적인 측면에만 초점을 맞추었을 뿐, 정의적·동기적·사회적 요소들은 고려하지 않았기 때문이라고 주장했다. Pintrich(1999)와 Sinatra(2005)도 개념 변화가 일어나기 위해서는 학생들이 긍정적 동기를 갖는 것이 중요하며, 개념 변화에서 인지적 요소보다는 정의적·동기적 요소가 결정적 역할을 한다고 주장했다. 즉, 인지 갈등 전략의 효과를 이해하기 위해서는 인지적 요소 이외의 다른 요소들까지도 고려할 필요가 있다는 것이다.

이에 Lee *et al.*(2003)은 인지 갈등을 불일치 상황에 대한 인식, 인지적 재평가 등의 인지적 요소와 흥

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

**2008.03.05(접수) 2008.07.04(1심통과) 2008.10.15(2심통과) 2008.10.16(최종통과)

***이 논문은 2006년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10675-0).

미, 불안 등의 정의적·동기적 요소에 의해 결정되는 심리적 상태로 정의하고 각 요소의 리커트 문항에 대한 점수를 합산하여 인지 갈등의 정도를 측정하는 검사 도구를 개발하였다. 그러나 Kang *et al.*(2004)은 인지 갈등을 학습자들이 느끼는 비평형 상태, 즉 ‘인지적 측면에서의 갈등’으로 정의하면서, 인지 갈등에 인지적 측면과 정의적·동기적 측면이 혼합되어 있을 경우, 변칙 사례에 의한 개념 변화 과정을 체계적으로 조사하는 데 한계가 있다고 지적했다. 이러한 맥락에서 개념 변화를 여러 측면으로 알아보기 위해, 개념 학습 과정에서 변칙 사례가 담당하는 역할을 인지적 측면(인지 갈등)과 정의적·동기적 측면(흥미)으로 구분하여 분석을 시도한 연구가 이루어졌다(강훈식 등, 2007a). 이 연구에서 변칙 사례에 의해 유발된 인지 갈등이 개념 변화에 미치는 영향은 예상보다 작았고, 반대로 변칙 사례에 의해 유발된 흥미의 영향은 상대적으로 크게 나타났다. 또한, 변칙 사례를 설명해 주는 개념의 일부를 포함하는 대안 가설을 도입했을 때, 변칙 사례에 의한 인지 갈등과, 흥미 등의 정의적·동기적 변인들의 역할을 탐색하는 연구가 강훈식 등(2007a)과 동일한 개념에 대해 진행되었다(강훈식 등, 2007b). 이때 대안 가설이 도입되기 전보다 인지 갈등이 증가하고, 변칙 사례에 의한 인지 갈등이나 흥미가 개념 이해에 미치는 영향도 큰 것으로 나타났다.

하지만 이 연구들(강훈식 등, 2007a; 강훈식 등, 2007b)은 밀도 개념에 대해서만 다루었으므로, 그 결과만으로 모든 개념 학습 과정에서 변칙 사례의 인지적 및 정의적·동기적 측면의 효과에 대해 일반화된 결론을 내리기에는 한계가 있다. 대상 개념이 달라질 경우, 개념 학습 과정이 상이하게 나타날 수 있기 때문이다. 김범기와 권재술(1995)은 학생들이 직접 경험하지 않고 수업이나 책을 통해 습득할 수 있는 학문적 개념에서보다 일상생활의 경험에 의해 자연스럽게 습득할 수 있는 생활적 개념에서 개념 변화가 더 많이 나타났다고 보고했다. Chinn과 Malhotra(2002)는 학생들의 선개념, 예측, 관찰 등의 요인에 의해 개념 변화가 지연되는 구체적인 메커니즘을 열, 낙하, 연소의 3가지 과학 개념에 대해 경로 분석했는데, 각 개념마다 유의미한 경로나 경로 계수가 다르게 나타났다. 또한, She(2002)는 대기압과 부력 개념에 대한 연구에서 대상 개념의 수준이 개념 변화 여부를 결정짓는 중요한 요인임을 강조했다. 즉, 부력 개념이 대기압 개념보다 이해해야 할 하위 개념이 많기 때문에 개념 변화를 위해서는 더 많은 불일치 상황이 필요하다고 보고했다. 이

처럼 개념 변화 연구의 결과는 대상 개념의 영향을 받을 가능성이 높다.

따라서 개념 학습 과정에서 변칙 사례가 담당하는 역할을 인지적 요소와 동기적 요소로 구분하여 결론을 내리기 위해서는, 대안 가설을 도입한 상황에서 변칙 사례에 의해 유발된 인지 갈등이나 흥미가 개념 변화에 미치는 영향을 여러 개념을 대상으로 하여 반복적으로 조사할 필요가 있다. 이에 이 연구에서는 선행 연구에서와 다른 개념인 연소 개념을 대상으로, 변칙 사례에 의한 인지 갈등과 상황 흥미, 학습 과정에서 개념 이해에 영향을 줄 수 있다고 알려진 주의집중과 노력(강훈식 등, 2007a) 및 개념 이해도를 측정했다. 그리고 이 변인들이 개념 이해도에 직·간접적으로 영향을 미친다고 가정하고 경로 분석(path analysis)을 통해 변인들 사이의 인과 모형을 조사했다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 서울시 소재의 2개 남녀공학 중학교 2학년 학생 433명을 대상으로 했다. 학생들은 초등학교 6학년 ‘연소와 소화’ 단원에서 연소 시 나타나는 현상과 연소의 조건에 대해서 학습했지만, 물질이 산소와 결합하는 화학 반응이 연소이며 연소 전·후에 질량이 보존된다는 사실은 아직 학습하지 않은 상태였다. 연소에 대한 학생들의 개념을 조사하기 위해 선개념 검사를 실시했고, 변칙 사례를 제시한 후에 변칙 사례에 대한 반응 검사와 상황 흥미 검사를 실시했다. 또한, 대안 가설을 제시한 후, 변칙 사례에 대한 반응 검사와 상황 흥미 검사를 한 번 더 실시했다. 이후 학생들은 연소 개념에 대해 약 15분 동안 학습했다. 연소 개념 학습은 학습 환경이나 교사에 의한 차이를 통제하기 위해 3쪽 분량의 학습지를 이용한 개별 학습으로 이루어졌다. 학습지는 연소가 물질이 산소와 결합하는 화학 반응의 일종이며, 여러 가지 연소 상황에서 연소 전·후의 질량이 보존된다는 내용으로 구성했다. 과학 교사 2인과 과학교육 전문가 2인에게 학습지의 타당도를 검증받았고, 2번의 예비 연구를 통해 학생들의 이해도를 점검하고 내용을 수정했다. 개념 학습이 끝난 후, 주의집중 검사, 노력 검사, 개념 이해도 검사를 실시했다.

2. 검사 도구

1) 선개념 검사

연소 개념은 원자와 분자뿐 아니라 화학 변화와 질

량 보존에 대한 이해도 선행되어야 하는 복잡한 개념으로, 학생들의 연소에 대한 선개념은 다양하며 학습 후에도 쉽게 과학적 개념으로 바뀌지 않는 경향이 있다(한문정, 1990). 특히, ‘타면 무엇인가 빠져나간다’는 플로지스톤설과 유사한 생각은 일상생활의 현상(나무나 종이, 초가 타는 것 등)을 잘 설명해 주므로, 대학생들에게도 많이 나타나는 오개념이다(김도욱, 1995). 따라서 연소 개념에 대한 학습자의 다양한 선개념 중, 이 연구에서 과학적 개념으로 변화되기를 기대하는 학습자의 선개념인 목표 오개념(target misconception)을 ‘물질이 타면 무엇인가 빠져나가므로 가벼워진다’로 정하였다. 이 목표 오개념을 가진 학생들을 파악하기 위해 선개념 검사를 개발했는데, ‘종이를 태운 후 남은 재의 질량은 타기 전 종이와 비교하여 어느 정도일까?’라는 질문에 대한 답을 선택하고 그렇게 생각하는 이유를 자세히 기술하도록 구성했다.

2) 변칙 사례에 대한 반응 검사

변칙 사례에 대한 반응 검사는 선행연구(강훈식 등, 2007b)를 참고하여 초기 이론 제시부, 변칙 사례 제시부, 반응 조사부의 3부분으로 구성했다. 초기 이론 제시부에서는 ‘종이가 연소하면 타는 물질이 없어서 질량이 감소하듯이, 모든 물질은 연소되면서 그 물질의 일부가 없어진다’는 주장을 제시하고, 이 주장에 대한 동의 여부를 조사하여 학생들이 목표 오개념을 갖고 있는지 확인했다. 변칙 사례 제시부에서는 초기 이론과 일치하지 않는 마그네슘 연소 실험의 결과를 제시했는데, 학생들에게 동일한 상황을 제공하기 위해 읽기 자료의 형식을 이용했다. 반응 조사부에서는 변칙 사례의 타당성 인정 여부, 초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성 인정 여부, 초기 이론에 대한 신념의 변화 정도를 표시하고 각각의 이유를 기술하게 했다. 또한, 대안 가설을 제시한 후, 변칙 사례에 대한 반응을 다시 조사했다. 대안 가설의 내용은 ‘마그네슘 연소 시 공기가 줄어든다’는 실험 결과를 바탕으로 ‘연소는 물질이 공기와 결합하는 것’이라는 연소 개념의 요소를 중학생이 제안하는 방식으로 구성했다.

3) 상황 흥미 검사

상황 흥미 검사는 Melbourne Curiosity Inventory (Naylor, 1981)의 C-State form 20문항을 변칙 사례와 대안 가설을 제시한 후의 상황에 맞도록 각각 번역·수정하고, 과학 교사 2인과 과학교육 전문가 2인의 검토를 거쳐 사용했다. 이 검사는 5단계 리커트 척도로

구성되어 있다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 두 번의 검사에서 모두 .95였다.

4) 주의집중 검사

개념 학습 과정에서의 주의집중 정도를 측정하기 위해 주의집중 검사를 실시했다. 이 검사는 Keller(1993)가 개발한 Instructional Materials Motivation Survey 중 주의집중(attention) 영역 12문항을 번역하여 사용했고, 5단계 리커트 척도로 구성되어 있다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 .85였다.

5) 노력 검사

노력 검사는 개념 학습 과정에 들이는 노력의 정도를 측정하기 위해 Malpass(1994)의 State Effort Scale 6문항을 번역하여 사용했고, 5단계 리커트 척도로 구성했다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 .87이었다.

6) 개념 이해도 검사

연소 개념에 대한 학생들의 이해도를 측정하기 위해 연구자들이 개념 이해도 검사를 개발했다. 검사는 4문항으로 이루어져 있으며, 모든 문항은 주어진 3-4개의 답지 중 하나를 선택하고 그 이유를 기술하는 방식으로 구성되어 있다. 2번의 예비 검사를 거쳐 내용을 수정하고 난이도를 조정했으며, 과학 교사 2인과 과학교육 전문가 2인에게 타당도를 검증받았다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 .72였다.

3. 분석 방법

연구 대상 학생 433명 중, 선개념 검사에 대한 응답에서 목표 오개념인 ‘타면 무엇인가 빠져나가므로, 종이와 타고 난 재의 질량은 종이의 질량보다 작다’는 생각을 보이고, ‘모든 물질은 연소하면 그 물질의 일부가 없어진다’는 초기 이론에도 동의한 208명의 학생을 대상으로 결과를 분석했다. 변칙 사례에 대한 학생들의 응답은 Kang *et al.*(2004)의 연구를 바탕으로 하여, 변칙 사례의 타당성 인정 여부, 변칙 사례와 초기 이론 사이의 불일치성 인정 여부, 초기 이론에 대한 신념의 변화 정도를 기준으로 거부, 배제, 재해석, 판단불가, 주변 신념 변화, 신념 감소, 신념 변화의 7가지 유형으로 분류했다. 또한 이 연구에서는 Kang *et al.*(2004)과 마찬가지로 인지 갈등을 인지적 측면에서의 갈등이라 보고, 인지 갈등 유발의 정도를 기존 개념에 대한 불만족의 정도와 새로운 개념의 필요성에 대해 느끼는 정

도(Posner *et al.*, 1982)로 측정하기 위해 변칙 사례에 대한 반응 유형을 학생들의 초기 이론에 대한 신념 변화의 정도로 서열화했다. 즉, 초기 이론에 대한 신념을 포기하지 않는 거부, 배제, 재해석은 0점, 초기 이론과 변칙 사례 중 어느 것이 옳은지 판단을 내리지 못하는 판단불가는 1점, 초기 이론에 대한 신념에 부분적인 변화를 보이는 주변 신념 변화와 신념 감소는 2점, 변칙 사례의 타당성을 인정하여 초기 이론에 대한 신념을 완전히 포기한 신념 변화는 3점으로 인지 갈등 정도를 정량화했다. 개념 이해도 검사의 각 문항에서 과학적 개념은 2점, 불완전한 개념은 1점, 비과학적 개념은 0점으로 채점했다. 반응 유형 분류와 개념 이해도 검사 채점에서는 분석자 2인의 일치도가 95% 이상임을 확인한 후, 분석자 중 1인이 반응 유형 분류와 개념 이해도 검사 채점을 실시했다.

변인들 간의 관계를 조사하기 위해 상관 분석을 실시했고, 상관 분석 결과와 관련 선행 연구 결과를 토대로, 각 변인들이 다른 변인들에게 영향을 미칠 가능성을 나타내는 화살표를 포함하여 Fig. 1과 같이 이론적 모형을 설정한 후, 경로 분석을 실시했다. AMOS 5.0 통계 프로그램을 사용한 경로 분석에서의 계수 추정 방법으로는 최대우도법(maximum likelihood method)을 사용했다. 경로 모형의 적합도는 χ^2 (Chi-Square), AGFI(Adjusted Goodness-of-Fit Index), CFI(Comparative Fit Index), NFI(Normed Fit Index), RMSEA(Root-Mean-Square Error of Approximation) 등의 적합도 지수를 통해 평가했다. 일반적으로 χ^2 는 $p > .05$ 에서, RMSEA 값은 .05 미만일 때, 나머지 적합도 지수들은 그 값이 .95 이상일 때 모형이 적합하다고 판정하고 있다(Schumacker & Lomax, 2004). 이 연구에서 최종 경로 모형의 $\chi^2(13, N=208)$ 값은 12.04($p=.53$)였고, AGFI, CFI, NFI, RMSEA 값은 각각 .97, 1.00, .97, .00이므로, 모형이 적합한 것으로 판정할 수 있었다.

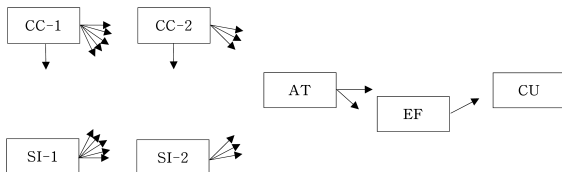


Fig. 1 A theoretical model of the influences of the variables on conceptual understanding

Note. CC-1, cognitive conflict to a discrepant event; CC-2, cognitive conflict after presenting an alternative hypothesis; SI-1, situational interest to a discrepant event; SI-2, situational interest after presenting an alternative hypothesis; AT, attention; EF, effort; CU, conceptual understanding

III. 결과 분석

변칙 사례에 대한 학생들의 응답을 분석하여, 거부, 배제, 재해석, 판단불가, 주변 신념 변화, 신념 감소, 신념 변화의 7가지 반응 유형으로 분류했다. 그 결과, 대안 가설을 제시하기 전·후에 변칙 사례에 대한 거부 반응은 34.1%와 24.5%, 배제 반응은 17.8%와 14.9%의 비율을 차지했다. 재해석 반응은 0.5%와 2.4%, 판단불가 반응은 17.3%와 14.4%, 주변 신념 변화 반응은 9.6%와 14.4%, 신념 감소 반응은 9.1%와 6.3%로 나타났다. 한편, 신념 변화 반응의 비율은 11.6%와 23.1%로 비교적 낮았다.

각 검사 점수들의 평균 및 표준 편차는 Table 1에 제시했고, 각 변인들 간의 상관 분석 결과는 Table 2와 같다. CC-1과 CC-2 점수의 평균은 .89와 1.25로, 대안 가설을 제시한 후의 인지 갈등 정도가 더 높았다. CC-1은 CC-2와 유의미한 상관관계가 있었으나 다른 변인들과의 상관관계는 유의미하지 않았다. CC-2는 SI-1과 유의미한 상관관계가 있었으나, 다른 변인들과는 유의미한 상관관계를 보이지 않았다. SI-1과 SI-2는 AT, EF, CU와 유의미한 상관관계를 보였다. CU는 SI-1, SI-2, AT, EF와 유의미한 상관관계가 있었다.

Table 1 Means and standard deviations of the test scores

Measures	M	SD
CC-1 (3)	.89	1.08
CC-2 (3)	1.25	1.22
SI-1 (5)	3.36	.75
SI-2 (5)	3.19	.78
AT (5)	3.10	.67
EF (5)	3.27	.80
CU (8)	3.59	2.47

Note. The numbers in the brackets are the maximum scores possible.

Table 2 Correlation coefficients among the test scores

	CC-1	CC-2	SI-1	SI-2	AT	EF	CU
CC-1	1.00						
CC-2	.31**	1.00					
SI-1	.07	.16*	1.00				
SI-2	.03	.13	.74**	1.00			
AT	-.10	.05	.32**	.45**	1.00		
EF	-.03	.13	.27**	.27**	.62**	1.00	
CU	-.02	.08	.31**	.31**	.25**	.26**	1.00

* $p < .05$, ** $p < .01$

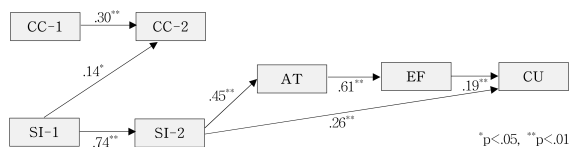


Fig. 2 A path model of the influences of the variables on conceptual understanding

각 변인들의 인과관계를 나타낸 경로 모형은 Fig. 2와 같다. CC-1은 CC-2에만 영향을 미쳤고($\beta=.30$), CC-2는 다른 변인들에 유의미한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. SI-1은 SI-2뿐만 아니라($\beta=.74$), CC-2에도 직접적으로 영향을 미쳤다($\beta=.14$). SI-2는 CU에 직접적인 영향을 주었고($\beta=.26$), AT와 EF를 매개로 CU에 간접적인 영향을 주었다($\beta=.45$, $\beta=.61$, $\beta=.19$).

IV. 논의

변칙 사례에 대한 학생들의 반응을 분석한 결과, 거부(34.1%)와 배제(17.8%) 반응의 비율은 밀도 개념을 대상으로 이루어졌던 Kang et al.(2004)의 연구 결과(18.7%, 6.4%)보다 높았고, 신념 변화 반응의 비율(11.6%)은 Kang et al.(2004)의 연구 결과(39.2%)보다 낮았다(Table 3). 즉, 학생들은 밀도 개념보다 연소 개념에서 자신의 선개념을 쉽게 포기하지 못하는 것으로 볼 수 있다. 학생들의 연소에 대한 선개념은 18세기 까지도 정상 과학으로 인정받았던 플로지스톤설과 유사한 생각으로서, 일상생활에서 경험했던 현상들을 직관적으로 이해하는 데 문제가 없는 개념이다(김도옥, 1995). 반대로, 변칙 사례는 상대적으로 학생들이 쉽게 관찰하거나 경험하지 못했던 현상이다. 더구나, 학생들은 자신의 경험을 바탕으로 연소를 정의하는 경향이 강하다고 한다(BouJaoude, 1991). 따라서 예전에 과학자들이 플로지스톤설을 포기하는 데 어려움을 겪었던 것처럼 학생들도 변칙 사례를 받아들이지 못하여 거부나 배제 반응을 많이 나타낸 것으로 볼 수 있다. 예를 들어, 학생들은 ‘집이 타서 없어지는 것처럼 물질이 연소할 때 일부가 없어지는 것은 당연하다’, ‘실제로 종이를 태워보면 태운 부분이 없어진다’, ‘불장난을 해봐서 아는데 일부가 진짜 없어진다’, ‘알코올이나 석유를 태우면 없어진다’ 등의 응답을 했는데, 이를 통해 학생들이 자신이 관찰했던 현상이나 경험에 우선 순위를 줌으로써 변칙 사례를 받아들이지 못함을 확인할 수 있다.

개념 학습 과정에서 변칙 사례의 역할은 크게 인지적 측면과 동기적 측면으로 나누어 살펴볼 수 있다. 이

Table 3 Frequencies (and percentages) of students' responses to a discrepant event

Type of responses	This study	Kang et al.(2004)
Rejection	71(34.1)	32(18.7)
Exclusion	37(17.8)	11(6.4)
Reinterpretation	1(0.5)	7(4.1)
Uncertainty	36(17.3)	13(7.6)
Peripheral belief change	20(9.6)	17(9.9)
Belief decrease	19(9.1)	24(14.0)
Belief change	24(11.6)	67(39.2)
Total	208(100)	171(100 ¹)

¹The difference from 100% due to recording errors

연구에서는 경로 분석 결과, 변칙 사례와 대안 가설에 의해 유발된 인지 갈등은 개념 이해도에 미치는 영향이 유의미하지 않았으나, 변칙 사례와 대안 가설에 의해 유발된 상황 흥미는 직접적으로 또는 주의집중과 노력을 매개로 개념 이해도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 개념 학습 과정에서 변칙 사례의 역할은 인지적 측면보다는 동기적 측면이 중요한 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 인지 갈등보다 상황 흥미가 개념 이해도에 미치는 영향력이 상대적으로 컸던 강훈식 등(2007a)의 연구 결과와 일관되며, 정외적·상황적·동기적 요소가 개념 변화를 결정짓는 중요한 요소라는 선행연구(Pintrich, 1999; Sinatra, 2005)의 주장을 뒷받침한다. 학생들은 다양한 연소 현상들을 전체적으로 통합하여 설명하는 데 어려움을 느끼는 경향이 있으므로(BouJaoude, 1991; Watson et al., 1997), 변칙 사례가 인지 갈등을 통해 개념 변화를 이끌어내는 메커니즘은 많은 제약을 받았을 것이다. 그러나 연소 현상을 통합하여 설명하지 못해 겪는 어려움은 오히려 호기심이나 도전감, 그리고 탐구하고자 하는 의지 등을 이끌어낼 수 있다. 또한 일상생활에서 경험하지 못했던 변칙 사례는 학생들에게 새로움을 느끼게 할 수도 있다. 도전감, 탐구 의지, 새로움 등은 상황 흥미의 근원으로 알려져 있으므로(Chen et al., 2001), 변칙 사례에 의해 유발된 상황 흥미는 학생들이 학습 과정에 집중하도록 하여 개념 이해도 향상에도 긍정적인 영향을 미쳤을 것이다(Pintrich, 1999).

한편, 변칙 사례에 의해 유발된 상황 흥미가 대안 가설 제시 후의 인지 갈등에 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났는데, 이는 변칙 사례의 인지적 효과인 인지 갈등과 동기적 효과인 상황 흥미가 어느 정도 관련이 있음을 의미한다. 이러한 결과는 개념에 대한 갈등과 호기심이 서로 밀접하게 관련되어 있다는 선행연구

(Berlyne, 1960)의 주장과 유사하다. 일상생활에서 경험하지 못한 변칙 사례는 학생들에게 호기심을 느끼게 하여 상황 흥미를 유발하고, 이는 변칙 사례에 대한 인지적 갈등으로 이어졌을 가능성을 생각해 볼 수 있다.

한편, 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 중, 학생들이 변칙 사례를 받아들이지 않는 이유를 설명하면서 연소 현상을 다른 개념에 대한 오개념과 결부시키는 경우가 적지 않은 것으로 나타났다. 연소 현상은 나무나 금속 등의 고체, 알코올이나 석유 등의 액체, LPG 등의 기체와 같이 다양한 물질에서 일어나므로, 학생들은 연소 현상에 대해 ‘탄다’라는 표현 외에도 ‘없어진다’, ‘열이나 에너지로 변한다’, ‘녹는다’, ‘증발한다’, ‘단단해진다’ 등 여러 가지 방식으로 설명하는 경향이 있다 (Watson *et al.*, 1997). 이 과정에서 기체, 열, 상태 변화 등에 대한 오개념이나 부피, 강도, 질량에 대한 혼동이 연소 현상에 대한 오개념으로 이어질 수 있다(한문정, 1990). 이 연구에서도 ‘마그네슘은 연소할 때 녹아서 부피가 증가하기 때문에 질량이 늘어날 수도 있다’, ‘마그네슘과 같은 금속은 뜨거워지면 늘어났다’, ‘마그네슘 재는 공기보다 무거워 아래로 내려가 질량이 늘어났다’, ‘마그네슘은 연소하면 멍치고 단단해져서 질량이 커진다’ 등과 같은 응답들이 나타나, 다른 개념에 관한 오개념이 연소 개념에 대한 오개념과 연결될 수 있음을 보여준다.

V. 결론 및 제언

이 연구에서는 연소 개념을 대상으로 변칙 사례에 의한 인지 갈등과 상황 흥미, 그리고 학습 과정에서의 주의집중과 노력이 개념 이해도에 미치는 영향을 조사했다. 연소 개념의 경우, 밀도 개념에 비해 변칙 사례를 제시하더라도 인지 갈등이 잘 유발되지 않는 것으로 나타났다. 이는 연소에 대한 선개념은 경험에 의해 확고히 정립되어 있는 반면, 변칙 사례는 경험해 보지 못한 현상이기 때문일 가능성이 있다. 즉, 학생들은 자신이 경험해 보지 못한 변칙 사례를 실제로 일어날 수 없는 현상으로 간주하여 받아들이지 않을 수 있다. 따라서 학생들이 변칙 사례를 직접 경험하여 신뢰할 수 있도록 하는 제시 방법을 고려할 필요성이 있다. 학생들이 교사의 시범 실험이나 조별 실험 등을 통해 선개념과 불일치하는 상황을 직접 체험하도록 하는 것이 인지 갈등 유발과 개념 변화에 효과적일 수 있으므로, 연소 개념 학습에서는 변칙 사례 제시 방법의 신중한 선택이 고려되어야 할 것이다.

전통적으로 변칙 사례는 인지적 측면에서의 갈등을

유발하여 개념 변화의 조건을 형성할 수 있다는 점에서 중요시되어 왔다. 그러나 이 연구의 결과는 변칙 사례에 의해 유발되는 동기적 측면에서의 흥미가 인지적 측면에서의 갈등보다 더 중요할 수 있음을 시사한다. 따라서 개념 변화 수업에서 변칙 사례를 선정할 때, 단순히 학생들의 선개념과 논리적으로 일치하지 않는 현상을 선정하기보다는 학생들이 변칙 사례를 접했을 때 느끼는 흥미와 같은 동기적 측면의 효과를 고려해야 할 것이다. 논리적으로는 동일한 변칙 사례라 하더라도 소재, 구성, 권위 수준, 제시 방법 등을 변화시킨다면 동기적 측면에서는 그 효과가 상이할 수 있을 것이기 때문이다.

한편, 이 연구에서는 학생들이 지니고 있던 연소와 직접적으로 관련이 없는 오개념들이 연소에 대한 학생들의 선개념을 유지하는 근거로 활용되는 경향이 나타났다. 즉, 연소와 같이 하위 개념의 이해를 수반해야 하는 복잡한 개념인 경우, 다른 개념과 관련된 오개념으로 인하여 개념 변화 수업이 제대로 이루어지지 못할 가능성이 있다. 따라서 연소 개념을 다루는 개념 변화 수업을 위해서는 교사가 사전에 연소와 관련된 학생들의 오개념뿐만 아니라 학생들이 변칙 사례에 반응하는 과정에서 나타날 수 있을만한 다른 오개념들에 대해서도 숙지할 필요가 있다.

마지막으로 밀도 개념을 대상으로 한 선행연구의 결과와 비교했을 때, 연소 개념을 다룬 이 연구에서 인지 갈등이 매우 적게 유발되었고, 결과적으로 변칙 사례에 의해 유발된 상황 흥미의 역할이 크게 나타났다. 이는 개념의 수준이나 종류에 따라 변칙 사례의 역할이나 효과가 달라질 가능성을 시사한다. 그러나 개념의 종류에 따른 개념 변화 수업의 효과에 대한 정확한 결론을 내리기 위해서는 여러 가지 수준의 다양한 개념들을 선정한 뒤, 각 개념을 대상으로 관련 변인들의 인과 모형을 비교해 보는 반복 연구가 이루어져야 할 것이다.

국문 요약

이 연구에서는 연소 개념 학습에서 변칙 사례의 역할을 인지적·동기적 측면에서 조사했다. 중학교 2학년 학생 433명을 대상으로 선개념 검사와 변칙 사례에 대한 반응 검사, 상황 흥미 검사를 실시했다. 연소 개념 학습을 실시한 후, 사후 검사로 주의집중, 노력, 개념 이해도 검사를 실시했다. 목표 오개념을 지닌 것으로 판별된 208명의 응답을 분석한 결과, 거부와 배제 반응의 비율은 밀도에 대한 선행연구의 결과와 비교하여 상대적으로 높은 반면, 신념 변화 반응의 비율은 낮

은 것으로 나타났다. 경로 분석 결과, 대안 가설 제시 후의 상황 흥미가 직접적으로 또는 주의집중과 노력을 매개로 개념 이해도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 변칙 사례에 의해 유발된 상황 흥미는 대안 가설 제시 후의 인지 갈등에 직접적으로 영향을 미치기도 했다.

참고 문헌

강훈식, 김민경, 노태희 (2007a). 인지갈등과 비인지적 변인이 개념 변화에 미치는 영향 및 변칙사례에 의해 유발된 상황 흥미의 근원. *한국과학교육학회지*, 27(1), 18-27.

강훈식, 최숙영, 노태희 (2007b). 대안가설이 도입된 인지갈등 전략에서 인지갈등 및 상황흥미와 학습 과정 변인이 개념변화에 미치는 영향. *대한화학회지*, 51(3), 279-286.

김도욱 (1995). 연소에 대한 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용 효과: 국민학교 예비교사를 대상으로. *초등과학교육*, 14(2), 135-148.

김범기, 권재술 (1995). 과학개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념변화에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 15(4), 472-486.

한문정 (1990). 연소와 녹스는 현상에 대한 학생들의 개념 조사: 초·중·고등학생을 대상으로. *서울대학교 대학원 석사 학위 논문*.

Berlyne, D. E. (1960). *Conflict, arousal, and curiosity*. New York, NY: McGraw-Hill.

BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.

Chen, A., Darst, P. W., & Pangrazi, R. P. (2001). An examination of situational interest and its sources. *British Journal of Educational Psychology*, 71(3), 383-400.

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.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 327-343.

Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education*, 34(1), 71-96.

Keller, J. M. (1993). IMMS: Instructional material motivation survey. Florida State University.

Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. NARST Monograph, No. 1. (ERIC Documentation Reproduction

Service No. ED324204)

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(6), 585-603.

Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11(4), 357-380.

Malpass, J. R. (1994). A structural model of self-efficacy, goal orientation, worry, self-regulated learning, and high-stakes mathematics achievement. Unpublished doctoral dissertation, University of Southern California, Los Angeles.

Naylor, F. D. (1981). A state-trait curiosity inventory. *Australian Psychologist*, 16(2), 172-183.

Niaz, M. (1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problem: A dialectic constructivist perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9), 959-970.

Pearsall, N. R., Skipper, J. E., & Mintzes, J. J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: A longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81(2), 193-215.

Pintrich, P. R. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 33-50). Oxford, UK: Elsevier Science Ltd.

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.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2004). *A beginner's guide to structural equation modeling*. Mahwah, USA: Erlbaum.

She, H. C. (2002). Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: A study of air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24(9), 981-996.

Sinatra, G. M. (2005). The "Warming trend" in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40(2), 107-115.

Watson, J. R., Prieto, T., & Dillon, J. S. (1997). Consistency of students explanations about combustion. *Science Education*, 81(4), 425-443.

Zohar, A., & Aharon-Kravetsky, S. (2005). Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 829-855.