

성과 나이에 따른 인지 갈등 유발 및 개념 변화의 비교

노태희 · 임희연 · 강석진*

(서울대학교 화학교육과) · *(서울대학교 교육종합연구원)

A Comparison of Cognitive Conflict and Conceptual Change by Age and Gender

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

(Department of Chemistry Education, Seoul National University) ·

*(Center for Educational Research, Seoul National University)

ABSTRACT

The degree of cognitive conflict, conceptual change, and the retention of conception in studying 'the cause of rising water at burning a candle in a bottle' with anomalous data were compared by age and gender. According to 'change of belief in initial theory', 7 types of responses to anomalous data were ordered by 4 levels. In comparing the results by age, producing cognitive conflict by anomalous data, conceptual change, and the retention of conception were found to be more effective for older students than younger students. However, the degree of cognitive conflict was not significantly correlated with the conception and retention tests scores. The results of Mann-Whitney U test revealed that there were no significant differences by gender in the degree of cognitive conflict, conceptual change, and the retention of conception.

Key words : anomalous data, cognitive conflict, conceptual change, age, gender.

I. 서 론

개념 변화 이론에서는 과학 수업 이전에 학생들이 가지고 있는 비과학적인 선개념을 과학적인 개념으로 변화시키기 위한 방안으로 인지 갈등 유발을 강조해 왔다(Baird & White, 1984; Scott, Asoko, & Driver, 1992). 인지 갈등은 학습자가 기존 인지 구조와 상충되는 정보를 접할 때 발생하는 인지적인 비평형 상태로서(Piaget, 1973; West & Pines, 1985), 새로운 개념으로의 전환은 기존 인지 구조에 대한 한

계를 인식할 때 가능하다는 점에서 그 중요성이 인정되어 왔다(Beeth, 1998). 인지 갈등을 유발하기 위해 흔히 사용되는 방법으로 변칙 사례의 제시를 들 수 있는데, 이는 학생들의 선개념으로 설명할 수 없는 정보나 현상을 제시함으로써 기존 인지 구조에 대한 불만을 유도하는 것이다. 그러나 변칙 사례의 제시만으로는 인지 갈등 유발을 보장할 수 없을 뿐만 아니라, 인지 갈등이 반드시 개념 변화로 연결되는 것도 아니다(Dreyfus, Jungwirth, & Eliovitch, 1990; Scott et al., 1992). 학생들은 변칙 사례의 문제점을

지적하여 무시하거나, 제시된 상황이나 정보를 자신의 인지 구조에 맞추어 새롭게 해석하여 갈등을 피하려는 경향이 있다(노태희, 임희연, 강석진, 2000; Chinn & Brewer, 1998a). 또한, 개념 변화에 영향을 미치는 요인들에 대한 경로 분석에서도 갈등 유발은 지식 구성 활동이 매개될 때에만 개념 변화에서 유의미한 효과를 갖는 것으로 나타났다(Chan, Burtis, & Bereiter, 1997).

최근, 인지 갈등 측정 검사를 이용하여 갈등의 정도를 정량화하는 연구들이 진행되었다(권난주, 2000; 이경호, 2000). 이들은 인지 갈등을 불일치 상황에 대한 인식, 인지적 재평가, 흥미, 불안 등에 의해 결정되는 심리적 상태로 정의하고, 불일치 상황에서 학생들의 심리적인 갈등을 리커트 문항을 이용하여 측정하였다. 그 결과, 학습 동기, 사려성과 동조성, 과학 관련 태도 등의 정의적 특성과 사전 개념 수준이 인지 갈등의 정도를 설명하였으며, 지능, 인지 수준, 과학 성적, 학습 동기로 매개된 학습 전략 등의 인지적 특성이 개념 변화와 유의미한 관련이 있었다. 그런데 인지 갈등은 변칙 사례의 타당성을 인정하거나 초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성을 인정해야 유발될 수 있다. 즉, 변칙 사례에 대한 학생의 인지적 판단이 변칙 사례에 대한 반응에서 중요한 역할을 하므로(Chinn & Brewer, 1993), 인지적인 측면에서 갈등 유발 정도를 측정하는 것도 필요하다.

선행 연구(노태희 등, 2000)에서는 변칙 사례의 타당성 인정, 변칙 사례와 초기 이론 사이의 불일치성 인정, 초기 이론에 대한 신념 변화 등과 같은 학생들의 인지적 판단을 기준으로 변칙 사례에 대한 반응 유형을 분류하였다. 그 결과, 거부, 재해석, 배제, 판단 불가, 신념의 일부 변화, 주변 이론의 변화, 이론 변화 등 변칙 사례에 대한 다양한 반응 유형이 확인되었다. 그러나 변칙 사례에 대한 반응 유형만으로 인지 갈등 유발과 개념 변화 사이의 관계를 명확히 밝히기에는 한계가 있으므로, 인지 갈등을 정량화할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 변칙 사례 제시에 따른 인지 갈등 유발 정도를 정량화하기 위한 방안을 고안하고, 이를 이용하여 학생들의 성과 나이에 따른 인지 갈등

의 정도 및 개념 변화 정도를 비교하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 서울시에 소재한 인접 지역의 남·여 공학 중·고등학교 학생들을 대상으로 하였다. 대상 학생은 모두 남·여 합반에 속하였으며, 중학교 1학년 126명, 중학교 3학년 128명, 고등학교 2학년 자연 계열 127명이었다. 학생들의 사전 개념을 파악하기 위해 선개념 검사를 실시하였으며, 변칙 사례에 대한 반응 검사로 학생들의 반응을 조사하였다. 그 후, 학생들은 과학적 개념을 학습하였는데, 교사에 의한 차이를 통제하기 위해 현상에 대한 과학적 설명이 제시된 1쪽 분량의 교재를 이용하였다. 예비 검사를 통하여 교재가 중학교 1학년 학생들에게 적합하도록 수정하였으며, 내용 이해 여부를 점검하는 간단한 물음을 교재에 포함시켜 학생들의 적극적인 학습을 유도하였다. 과학적 개념에 대한 학습이 끝난 직후 사후 개념 검사를 실시하였으며, 3주 후에 개념 파지 검사를 실시하였다.

2. 검사 도구

1) 선개념 검사

제시될 초기 이론과 일치하는 선개념을 지닌 학생들을 파악하기 위한 선개념 검사지는 선행 연구(노태희 등, 2000)를 바탕으로 연구자가 개발하였다. 이 검사지는 밀폐된 용기 속에서 양초가 연소된 후에 수면이 상승되었다는 실험 결과를 제시한 후, 그 원인을 자세히 기술하도록 구성되어 있다. 교육과정상 연소 관련 개념은 초등학교 6학년, 중학교 2학년, 고등학교 1학년 때 각각 다루어지므로, 연구 대상 학생들은 모두 1년 이내에 관련 개념을 학습한 상태이다.

2) 변칙 사례에 대한 반응 검사

변칙 사례에 대한 반응 검사지는 ‘밀폐된 용기 속에서 양초가 연소될 때 수면이 상승하는 원인’을 소

재로 한 선행 연구의 검사지(노태희 등, 2000)를 예비 검사를 통하여 수정·보완하였다. 반응 검사지는 '초기 이론 제시부', '변칙 사례 제시부', '반응 조사부'로 구성되어 있다. 초기 이론 제시부에서는 수면 상승의 원인을 과학자의 입장에서 산소 소모로 설명하였으며, 학생들은 초기 이론에 대해 '믿을 수 있다' 혹은 '믿을 수 없다'로 확신 정도를 표시하였다. 변칙 사례 제시부에서는 '학생들이 실험을 해 본 결과, 촛불이 꺼진 후에야 수면이 상승했으므로, 이는 연소 과정에서 산소가 점차 소모된다는 산소 소모 이론으로는 설명할 수 없다'는 변칙 사례를 제시하였다. 변칙 사례는 연구 대상과 같은 학년 학생들의 입장에서 제시함으로써 권위 차이에 의한 영향을 통제하였다. 반응 조사부에서는 '변칙 사례에 대한 타당성 인정', '초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성 인정', '초기 이론에 대한 신념의 변화 정도'에 대해 '그렇다', '보통이다', '아니다' 중에서 하나를 선택한 후, 그 이유를 자세히 설명하도록 하였다.

3) 개념 검사

학생들의 개념 변화 정도를 조사하기 위한 개념 검사지는 물질의 연소 전·후의 온도 변화에 따른 분자 운동 및 기체의 부피와 압력의 변화를 다룬 3개의 설명형 문항으로 구성되어 있다. 개념 검사지는 연구자가 개발하였으며, 과학 교육 전문가 4인으로부터 문항의 타당성을 검증 받았다. 개념 검사지의 Cronbach α 는 직후 개념 검사와 파지 검사에서 모두 .84였다.

3 인지 갈등 유발 정도의 정량화

우선, '변칙 사례의 타당성 인정', '초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성 인정', '초기 이론에 대한 신념의 변화'를 기준으로 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형을 '거부', '재해석', '배제', '판단 불가', '신념의 일부 변화', '주변 이론의 변화', '이론 변화' 등 7가지 유형으로 분류하였다(노태희 등, 2000). 이러한 반응 유형은 변칙 사례의 타당성 인정과 초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성 인정 여부에 근거한 신념 변화 정도에 따라 서열화할 수 있는데, 초기 이론에 대한 신념 변화의 정도는 인지 갈등 유발 정도를 나타낸다고 볼 수 있다. 따라서, Table 1과 같은 기준에 따라 인지 갈등 유발 정도를 정량화하였다.

변칙 사례의 타당성을 인정하지 않은 '거부', 변칙 사례가 초기 이론에 일치하는 증거라고 인식하는 '재해석', 타당성이나 불일치성을 인정함에도 불구하고 변칙 사례를 예외적인 현상으로 취급하여 이론 변화를 회피하는 '배제' 등의 반응 유형은 초기 이론에 대한 신념을 포기하지 않는 유형에 해당하므로 0점을 부여했다. 변칙 사례를 접한 후에 초기 이론과 변칙 사례 중 어느 것이 옳은지 판단을 내리지 못하고 갈등을 느끼는 반응 유형인 '판단 불가'에는 1점을 부여했다. 막연한 신념의 변화나 주변 이론의 수정 요구 등 신념에 있어서 부분적인 변화를 보이는 반응 유형에는 2점을, 변칙 사례를 접한 후 그 타당성을 인정하여 초기 이론에 대한 신념을 완전히 포기한 '이론 변화' 반응 유형에는 3점을 부여했다.

Table 1. Scheme for scoring the degree of cognitive conflict

Responses	Ordinal number	Degree of belief change
Rejection Reinterpretation Exclusion	0	Unchanged
Uncertainty	1	Undecided
Peripheral theory change-Belief change Peripheral theory change-Add factor	2	Peripheral change
Theory change	3	Change

4. 자료 분석

본 연구에서 제시된 변칙 사례를 통해 인지 갈등을 느끼기 위해서는 산소 소모 이론에 대한 신념을 가지고 있어야 하므로, 381명의 학생 중에서 산소 소모 이론과 유사한 선개념을 지니고 있고 초기 이론으로 제시된 산소 소모 이론을 신뢰하는 200명만을 분석 대상으로 하였다(Table 2).

Table 2. Numbers of subjects by age and gender

	Grade			Total
	7th	9th	11th	
Male	23	42	47	112
Female	25	37	26	88
Total	48	79	73	200

개념 검사에서 오답이나 무응답은 0점, 오개념이나 타당하지 않은 설명이 포함된 응답은 1점, 부분적인 과학적 개념이 포함된 응답은 2점, 과학적인 설명은 3점으로 채점하였다. 반응 유형 분류나 개념 검사 채점에서는 2인의 연구자가 일치도를 구한 후, 차이를 검토하는 과정을 반복하였다. 최종적인 분석자간 일치도가 90% 이상에 도달한 후(반응 유형 분류: 94%, 개념 검사 채점: 95%), 연구자 1인이 모든 응답 분류와 채점을 실시하였다. 이원 변량 분석의 기본 가정이 만족되지 않았으므로 나이와 성에 따른 인지 갈등 유발 및 개념 변화 정도를 비교하기 위하여 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis 검증이나 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다.

III. 결과 및 논의

1. 나이와 성에 따른 인지 갈등 유발 정도

변칙 사례에 대한 반응 점수의 전체 평균은 .80(SD=1.10)이었으며, 학년에 따른 평균은 중학교 1학년이 .48(SD=.95), 중학교 3학년이 .79(SD=1.02), 고등학교 2학년은 1.01(SD=1.23)이

었다. Kruskal-Wallis 검증으로 학년에 따른 반응 점수를 비교한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(Table 3). Dunn의 방법(차영준, 1993)을 이용하여 사후 검증을 실시한 결과, 학년이 높아질수록 반응 점수가 유의미하게 증가하였다($p < .01$).

Table 3. Results of Kruskal-Wallis test on the response scores by grade

Mean rank			χ^2	p
7th	9th	11th		
84.61	102.75	108.51	6.46	.04*

* $p < .05$

Results of post-hoc comparison

	7th	9th	11th
7th			
9th	**		
11th	**	**	

** $p < .01$

본 연구에서 학년이 증가함에 따라 인지 갈등 유발 정도가 높게 나타난 것은, 인지 발달 수준이 높아질수록 논리적 판단력이 증가하여 변칙적인 정보에 대해 합리적이고 타당한 반응을 나타내는 것으로 생각할 수 있다. 즉, 변칙 사례에 대한 반응을 결정하기 위해 요구되는 초기 이론과 변칙 사례의 통합 과정에서(Chinn & Brewer, 1993), 논리적 사고력이 발달한 고학년 학생들이 변칙 사례의 타당성과 초기 이론과의 불일치성을 쉽게 인정함으로써 인지 갈등이 많이 유발된 것으로 해석된다. 물리 현상에 대한 경쟁적인 설명 중 하나를 선택하는 과정에서 인지 발달 수준이 높은 학생들만이 설명의 범위, 임시 방편적이지 않은 설명, 실험적 일치, 논리적 일치 등에 관한 메타개념적 준거를 사용했다는 연구 결과는 이러한 해석을 뒷받침한다(Samarapungavan, 1992).

한편, 관련 지식의 형성 정도에 따라 인지 갈등 유발의 효과가 달라졌을 가능성도 생각할 수 있다. 적절한 사전 배경 지식의 형성은 변칙 사례가 주어졌을

때 그것을 받아들일 것인지 혹은 거부할 것인지에 대한 판단 준거가 된다(Chinn & Brewer, 1998b). 따라서, 연소 및 분자 운동에 관한 사전 지식이 상대적으로 많은 고학년 학생들은 초기 이론과 변칙 사례를 비교·대조하는 과정에서 두 정보 사이의 불일치성을 쉽게 인식할 뿐만 아니라 새로운 정보를 타당하게 받아들인 것으로 생각할 수 있다.

학생들의 성에 따른 반응 점수의 평균은 남학생이 .78(SD=1.12), 여학생은 .82(SD=1.08)로 유사하였고, Mann-Whitney U 검증에서 차이가 없었다(U=4718, p=.56).

2 나이와 성에 따른 개념 변화 정도

과학적 개념에 대한 학습 후 학생들의 개념 변화 정도를 측정된 개념 검사 및 개념 파지 검사의 전체 및 학년에 따른 평균을 Table 4에 제시하였다. 9점 만점의 개념 검사에서 고등학교 2학년의 점수가 3.93으로 가장 높았고, 중학교 1학년과 3학년의 점수는 유사하였다. Kruskal-Wallis 검증 결과, 학년에 따른 점수 차이가 유의미하였으며, Dunn의 방법으로 실시한 사후 검증에서 고등학교 2학년 학생들이 중학교 1학년과 3학년 학생들에 비해 개념 변화도가 유의미하게 높았다(Table 5). 파지 검사 점수의 평균은 고등학교 2학년(3.93), 중학교 3학년(2.79), 중학교 1학년(2.65) 순으로 나타났다. 개념의 파지 검사 점수에 대해 Kruskal-Wallis 검증을 실시한 결과 학년에 따른 차이가 유의미하였으며, Dunn의 방법을 이용한 사후 검증 결과 개념의 파지는 학년이 높아짐에 따라 유의미하게 증가하였다(Table 6).

학년이 높아짐에 따라 개념 및 파지 검사 점수가 높았던 결과는 인지 갈등 유발이 개념 변화 및 학습한 개념의 파지에 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 제안한다. 즉, 갈등이 유발된 상황에서 이루어진 학습은 기존 개념을 대체하는 새로운 개념의 형성이나 학습한 개념의 파지에 효과적일 것으로 추측할 수도 있다. 그러나 변칙 사례에 대한 반응 점수와 개념 점수 사이의 상관($r=.078$, $p=.275$)이나 반응 점수와 파지 검사 점수 사이의 상관($r=.095$, $p=.183$)이 유의

Table 4. Means and standard deviations of the conception and retention tests scores

	Grade			Total
	7th	9th	11th	
Conception test				
Mean	2.79	2.77	3.93	3.20
SD	1.87	1.80	2.56	2.19
Retention test				
Mean	2.65	2.79	3.93	3.17
SD	1.25	1.30	2.21	2.21

Table 5. Results of Kruskal-Wallis test on the conception test scores by grade

	Mean rank			χ^2	p
	7th	9th	11th		
	88.26	90.67	119.18	13.09	.00*

* $p<.01$

Results of post-hoc comparison

	7th	9th	11th
7th			
9th			
11th	*	*	

* $p<.01$

Table 6. Results of Kruskal-Wallis test on the retention test scores by grade

	Mean rank			χ^2	p
	7th	9th	11th		
	81.32	90.91	123.49	22.41	.00*

* $p<.01$

Results of post-hoc comparison

	7th	9th	11th
7th			
9th	*		
11th	*	*	

* $p<.01$

미하지 않다는 점은 개념 및 파지 검사에서의 효과가 인지 갈등 유발이 아닌 다른 요인에 의한 것일 가능성을 시사한다(Chan et al., 1993).

본 연구의 결과는 물리 개념을 대상으로 인지 갈등 유발 정도와 개념 변화 사이의 관련성을 조사한 선행 연구들과 일관되지 않는데(권난주, 2000; 이경호, 2000), 이는 교과와 차이에 기인했을 수 있다. 즉, 쉽게 관찰 가능한 현상을 다루는 물리 개념과 달리, 화학 개념의 학습에는 직접 관찰하기 어려운 내용을 입자 수준에서 이해하는 과정이 요구된다. 따라서, 변칙 사례를 접한 후 학생들에게 인지 갈등이 유발되더라도, 갈등을 해소하는 과정에서의 과학적 개념 학습이 상대적으로 어려우므로 개념 변화가 보장되지 못할 수 있다. 인지 갈등 유발 후 개념 변화를 일으킨 학생들이 많았던 선행 연구(이경호, 2000)와 달리, 9점 만점의 개념 검사에서 평균 점수가 3점에 불과했던 본 연구의 결과는 이러한 해석을 뒷받침한다. 한편, 선행 연구와 일관되지 않은 결과는 갈등 유발 정도를 측정하는 도구의 특성에 기인했을 수도 있다. 선행 연구(권난주, 2000; 이경호, 2000; 이상용, 2000)의 경우 심리적인 측면을 중심으로 갈등 유발 정도를 측정한 반면, 본 연구에서는 갈등의 인지적인 측면에 주목하여 정량화를 시도하였으므로 결과가 상이했을 수 있다.

성에 따른 개념 검사 점수의 평균은 남학생이 3.21(SD=2.18), 여학생이 3.19(SD=2.21)였으며, 개념 파지 검사 점수의 평균은 남학생이 3.21(SD=1.73), 여학생이 3.13(SD=1.82)으로 거의 유사하였다. 성에 따른 개념 변화 및 파지의 차이를 조사하기 위해 Mann-Whitney U 검증을 실시한 결과, 개념 변화($U=4812.5$, $p=.77$) 및 파지($U=4741.5$, $p=.62$) 모두 유의미한 차이가 없었다.

IV. 결론 및 제언

변칙 사례 제시를 통한 인지 갈등 유발은 개념 변화 학습에서 일관되게 강조되어 온 방법이다. 그러나 인지 갈등과 개념 변화 사이의 관계에 대한 연구에서는 인지 갈등 유발 전략의 효과에 대해 의문이 제기 되었으며, 구체적으로 그 관계를 조사한 연구도 많지

않다. 따라서, 본 연구에서는 인지적인 측면을 중심으로 인지 갈등 유발 정도에 대한 정량화 방안을 마련하고, 이를 이용하여 학생들의 나이와 성에 따른 인지 갈등 유발 정도와 개념의 변화 및 파지를 비교하였다.

나이에 따른 차이를 비교한 결과, 학년이 높아질수록 변칙 사례를 제시했을 때 인지 갈등이 많이 유발되었고 개념의 변화 및 파지도 효과적이었다. 이러한 결과는 논리적 사고력이나 사전 지식의 형성 정도가 변칙 사례의 타당성 및 초기 이론과의 불일치성에 대한 판단을 결정하고, 이는 다시 초기 이론에 대한 신념의 포기여 영향을 미칠 가능성을 시사한다. 그러나 인지 갈등 유발 정도와 개념의 변화 및 파지 사이의 상관이 유의미하지 않았던 점을 고려할 때, 효과적인 인지 갈등이 반드시 개념 변화를 보장하지는 못하며, 개념 변화에 인지 갈등 유발 이외의 다른 변인이 중요한 역할을 할 가능성을 생각해 볼 수 있다.

학생들의 성에 따른 차이를 비교한 결과에서 인지 갈등 유발과 개념의 변화 및 파지는 차이가 없었다. 이는 수학이나 과학과 같이 남성 영역으로 인식되는 과목에서 여학생들은 자신의 능력을 낮게 지각한다는 주장(Eccles, Wigfield, Harold, & Blumenfeld, 1993; Stipek & Gralinski, 1991)과 달리, 인지 갈등을 통한 개념 학습에서는 학생들의 성에 의한 영향이 상대적으로 적을 가능성을 제시한다.

본 연구에서 인지 갈등의 유발이 효과적인 개념 변화로 연결되지 않았던 결과는 인지 갈등 유발에 근거한 개념 변화 과정에 대한 심층적인 연구의 필요성을 제안한다. 일부 선행 연구(Chinn & Brewer, 1993; Pintrich, Marx, & Boyle, 1993)에서 선지식, 학습 전략 등의 인지 변인이나 학습자의 정의적 특성이 개념 변화에 미칠 영향을 제안하고 있으나, 인지 갈등 유발에 영향을 미치는 변인에 대한 조사는 부족한 실정이다. 인지 갈등 유발과 개념 변화에 영향을 미치는 변인들이 서로 다를 수 있으므로, 다양한 변인들이 인지 갈등 유발과 개념 변화에 미치는 영향에 대해 조사할 필요가 있다. 또한, 화학 개념에서는 인지 갈등 유발보다 과학적 개념의 학습 단계가 개념 변화에 핵심적인 과정일 수 있다. 따라서, 학습할 과학적

개념의 특성과 개념 학습 과정에서의 학습자 특성 등의 관점에서 인지 갈등 유발과 개념 변화 사이의 관계를 파악하기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 온도 변화에 따른 분자 운동이나 기체의 부피 및 압력의 변화를 목표 개념으로 설정하였는데, 개념의 성격에 따라서도 인지 갈등 유발 정도가 상이할 수 있다(권난주, 2000; 이경호, 2000). 따라서, 다양한 개념을 대상으로 인지 갈등 유발 정도와 개념 변화 사이의 관계를 연구할 필요가 있다. 한편, 인지 갈등 유발 정도에 대한 검사 도구의 성격에 따라 갈등 유발 정도가 상이하게 측정될 수 있으므로, 동일한 변칙 사례를 이용할 때 심리적 갈등과 인지적 갈등의 유발 정도 및 이러한 갈등이 개념 변화에 미치는 영향을 비교할 필요가 있다.

적 요

본 연구에서는 변칙 사례를 통하여 '밀폐된 용기 속에서 양초 연소 후 수면이 상승하는 원인'을 학습하는 과정에서, 인지 갈등 유발과 개념의 변화 및 파지 정도를 학생들의 성고 나이에 따라 비교하였다. 변칙 사례에 대한 7가지 반응 유형을 '초기 이론에 대한 신념 변화'에 따라 4단계로 서열화하였다. 나이에 따른 차이를 비교한 결과, 나이가 많은 학생들은 어린 학생들에 비해 인지 갈등 유발과 개념의 변화 및 파지가 효과적이었다. 그러나 인지 갈등 유발 정도와 개념의 변화 및 파지 사이에는 상관이 유의미하지 않았다. Mann-Whitney U 검증 결과, 인지 갈등 유발과 개념의 변화 및 파지에 있어서 성에 따른 차이는 발견되지 않았다.

참 고 문 헌

권난주(2000). 인지 갈등에 의한 중학생의 과학 개념 변화에서 학습자 특성의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
 노태희, 임희연, 강석진(2000). 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20(2), 288-296.

이경호(2000). 고등학생의 물리 개념변화에 미치는 인지갈등, 학습동기와 학습전략의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
 이상용(2000). 중학생의 과학적 태도와 인지갈등 정도에 따른 과학 개념변화. 한국교원대학교 석사학위논문.
 차영준(1993). 비모수 통계학. 서울: 자유아카데미.
 Baird, J. R., & White, R. T. (1984). *Improving learning through enhanced metacognition: A classroom study*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
 Beeth, M. E. (1998). Teaching science in fifth grade: Instructional goals that support conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1091-1101.
 Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15(1), 1-40.
 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. (1998a). The empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.
 Chinn, C., & Brewer, W. F. (1998b). Theories of knowledge acquisition. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 97-113). London: Kluwer Academic Publishers.
 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.
- Eccles, J., Wigfield, A., Harold, R. D., & Blumenfeld, P. (1993). Age and gender differences in children's self- and task perceptions during elementary school. *Child Development*, 64, 830-847.
- Piaget, J. (1973). *The child's conception of the world*. Paladin: London.
- 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.
- Samarapungavan, A. (1992). Children's judgments in theory choice tasks: Scientific rationality in childhood. *Cognition*, 45(1), 1-32.
- 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* (pp. 310-329). Kiel, Germany: IPN.
- Stipek, D. J., & Gralinski, J. H. (1991). Gender differences in children's achievement-related beliefs and emotional responses to success and failure in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 83(3), 361-371.
- West, L. H. T., & Pines, A. L. (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando: Academic Press.