

개념제시자의 특성이 고등학생의 물리 개념 변화에 미치는 영향

임정수 · 권재술
(한국교원대학교)

(1996년 3월 2일 받음)

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

Piaget의 인지 발달 단계 이론에 의하면 지식은 학생이 이미 소지한 개념 구조(conceptual framework)와 경험의 상호작용에 의해서 구성된다. 또한 학습은 환경과의 상호작용을 통해서 그 지식을 구성하고, 기대와 관찰 사이에 생겨날 수 있는 인지적 갈등(cognitive conflict)을 해결하는 적극적 과정이라 하였다. 학생들에게 가르치기만 하면 바른 개념으로 받아들여질 수 있다고 보는 경험주의에 반대한 Piaget의 논리와 같은 구성주의의 관점은 학생들이 과학 수업을 받기 이전부터 일상생활의 경험을 통하여 자연현상에 대한 나름대로의 개념을 가지고 있어서 이미 형성된 개념 체계로 과학자 개념과는 다른 개념을 획득하게 된다는 것이다. 따라서 학습은 학습자 스스로가 의미를 구성해 나가는 능동적인 활동 과정으로 보았다. 즉 학생들에게 이미 형성된 선개념과 새로운 개념과의 상호작용에 의하여 학습이 이루어진다는 것이다(Pines & West, 1986).

Hashweh(1984)는 Piaget의 인지 발달 모형을 수용하면서 학생들의 인지구조(선개념)와 과학자들의 인지구조(과학적 개념) 사이의 인지적 갈등을 설정하여 개념 변화 모형을 제시하였다. 권재술(1989)은 Hashweh의 개념 변화 모형을 수용하면서 과학 개념을 소화하지 못한 학생이 과학적 개념으로 일상생활의 자연현상을 설명하지 못하는 인지적 갈등을 설정하여 보다 구체적으로 과학 개념 변화 이론을 제시하였다. 학생들의 선개념 또는 오개념을 과학적 개념으로 변화시키기 위해서는 학생의 인지구조로 설명할 수 없는 자연현상(학습내용)을 제시하여 인지적 갈등(갈등1)이 유발되어야 하며, 학습한 과학 개념이 일상생활의 자연현상

을 쉽게 설명하지 못하거나(갈등2) 학생의 선개념과 대립하거나 병치상태에 있을 때(갈등3) 이를 해소하기 위해서는 과학적 개념을 학습 단계에 따라 정교하게 재 진술하여야 한다. 인지 갈등을 통한 개념 변화 수업 모형은 선개념 확인 → 인지적 갈등1 유발 → 과학 개념 도입 → 과학 개념 적용 → 갈등2 인식과 해소 → 갈등3 인식과 해소 → 과학 개념 적용 및 심화 단계를 거친다.

학생들이 비교적 오개념을 많이 갖고 있고 학습에서 개념상의 어려움을 겪는 관성, 힘의 평형, 작용과 반작용, 열, 전류에 관하여 오개념의 유형을 조사하였다. 그 조사 결과를 바탕으로 인지 갈등을 통한 개념 변화 수업 모형을 적용하여 동일한 학습지도안에 따라 개념제시자별로 수업하였다.

인지 갈등을 통한 개념 변화 수업이 개념 변화에 미치는 영향을 문항(개념)별로 조사하고 그 문제점을 분석하므로써 더욱 효과적인 학습 방법을 제고할 수 있을 것이다. 수업에 의하여 인지 갈등이 일어났더라도 과학 개념을 제시하는 사람과 제시하는 방법과 태도에 따라 기존의 개념을 버리고 새로운 과학 개념을 갖는 데는 학생의 특성에 따라 차이가 있을 것이다. 그러나 문제를 좁혀서 동일한 학습지도안에 의하여 수업 방법을 동일하게 했으므로 개념제시자(수업자)가 갖는 권위와 태도에 따라 학생들이 가진 오개념의 주제별, 유형별, 학생들의 능력별로만 개념 변화가 일어나는 차이를 분석하고자 한다. 개념제시자의 특성이 개념 변화에 미치는 영향을 문항(개념)별로 조사하고 그 문제점을 제시하므로써 오개념의 특성과 교사가 가져야 할 특성을 찾을 수 있을 것이다.

2. 연구 문제

고등학교 학생들이 역학, 열역학, 전자기학 분야에 관해서 갖고 있는 오개념을 조사하고, 이를 바탕으로 권재술

(1989)의 “과학 개념 변화의 한 인지적 모형”에서 제시한 「인지 갈등을 통한 개념 변화 수업 모형」을 적용하여 개념제시자별로 네 개의 실험 집단에 수업하였다. 고안한 수업 전략에 대한 효과와 개념제시자의 특성이 개념 변화에 미치는 영향을 알아보고자 실시한 것으로 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- (1) 수업전 학생들의 물리 개념 유형은 어떠한가?
- (2) 전통적인 학습 방법으로 수업을 받은 학생들과 인지 갈등을 통한 개념 변화 모형을 적용한 수업을 받은 학생들의 개념 변화에는 어떠한 차이가 있는가?
- (3) 개념제시자의 특성이 학생들의 개념 변화에 미치는 영향은 어떠한가?

II. 연구 방법 및 절차

본 연구는 부산 시내에 있는 동래고등학교의 2학년 365명, 3학년 278명을 대상으로 <그림 1>과 같은 절차에 따라 자료 및 도구를 개발하고 연구 내용을 실행하였다. 개념 검사 문항지를 사용하여 개념유형을 조사하여 분류하고 2학년을 대상으로 인지 갈등을 통한 개념 변화 모형을 적용하여 개념제시자에 따른 네 개의 실험반으로 나누어 수업하였다. 수업 2주일 후에 동일한 개념 검사 문항지를 이용하여 2학년 실험반의 개념유형을 조사하여 분류한 후 전통적인 수업을 받은 3학년과 수업 전후의 2학년의 과학적 개념을 비교하여 인지 갈등 수업 효과와 개념 제시자의 특성 효과를 분석하였다.

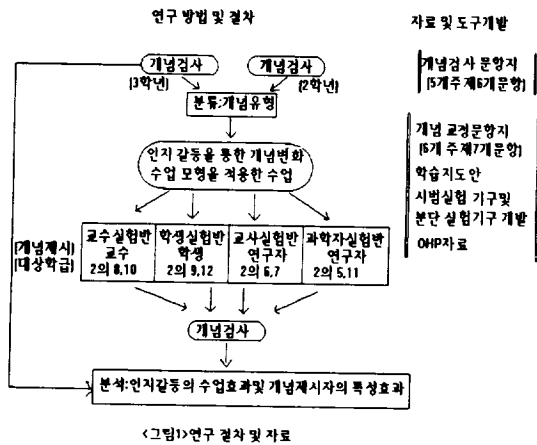
III. 연구 결과 및 논의

1. 개념 유형의 분류 및 수업 전후의 개념 변화

1) 문항 1(관성)

“관성”개념을 조사하는 문항 1에 대한 학생들의 개념 유형과 개념 유형별로 3학년과 수업 전후의 2학년의 응답 학생수는 <표 1>, <표 2>와 같다.

과학적 개념을 가진 학생은 3학년 32.73%, 2학년은 수업 전에 49.04%, 수업 후에는 76.44%에 도달하였다. 박성식(1987)은 중학생 1, 2, 3학년이 각각 17%, 33%, 28%가 정답을 하였고, 이영직(1992)은 중 1, 2학년과 고 1, 2학년에서 각각 29%, 37%, 44%, 60%가 정답을 하였다고 보고하였다. 이경호(1990)의 고등학생 50%, 대학생 25%가 정답을 하였다고 조사한 선행 연구들과 대체로 일치한다.



<그림 1> 연구 절차 및 자료

<표 1> 관성에 대한 개념 유형

개념유형	이유	진술 내용
S(과학적인 생각)	과학적인 생각.	<모든 물체는 일정한 속도를 유지하려는 성질(관성)을 가지고 있다.>
A(과도한 관성)	전철의 이동 방향에 영향을 받는다.	
B(Impetus)	움직이는 물체는 힘을 가지고 있다.	
C(정지관성)	전철만 왼쪽으로 가고 공은 똑바로 가므로 오른쪽으로 휜다.	(정지 관성만을 생각함)
D(과도한 반작용)	전철이 힘을 받으므로 공은 반대 방향으로 힘을 받는다.	
E(힘의 작용)	전철과 공은 같은 힘을 받는다.	(관성을 힘의 작용으로 이해함)
F(불완전한 관성)	전철 공간 내에서는 공기가 같이 움직이므로 운동 상태가 모두 같다.	
G(전철의 운동과 무관)	운동하는 방향(힘을 받는 방향)이 서로 수직이므로 영향을 받지 않는다.	(전철의 운동과는 무관하다.)
H(실제 경험)	실제 경험의 올바른 적용.	
Z(기타)	기타의 비과학적인 생각.	
Q(무응답)	무응답.	

<표 2> 문항 1의 개념 유형별 응답 학생수

(하단은 %)

학년	개념유형	S	A	B	C	D	E	F	G	H	Z	Q	계
		3	91	19	13	44	29	12	16	5	9	22	18
		32.73	6.83	4.68	15.83	10.43	4.32	5.76	1.80	3.23	7.91	6.47	100
2	수업전	179	14	7	50	25	8	27	6	7	21	21	365
		49.04	3.84	1.92	13.70	6.85	2.19	7.40	1.64	1.92	5.75	5.75	100
2	수업후	279	7	2	7	3	22	4	8	4	20	9	365
		76.44	1.92	0.55	1.92	0.82	6.03	1.10	2.19	1.10	5.48	2.47	100

<표 3> 힘의 평형에 대한 개념 유형

개념유형	이유	진술	내용
S(과학적인 생각)			과학적인 생각. <물체에 작용하는 합력이 0이면 평형된다.>
A(과도한 증격)			아래쪽의 물체가 더 큰 중력을 받으므로 무겁다.(무거운 것은 아래쪽에 있다.)
B(Impetus)			움직이는 쪽으로 힘이 더해졌으므로 아래로 움직인다.(Impetus)
C(지렛대의 원리)			중심에서 거리가 먼 쪽으로 기운다.(힘이 세다.) (지렛대 및 시이소오의 원리를 잘못 적용)
D(힘과 에너지의 오인)			높이가 높으면 추의 무게가 무거워서 아래로 운동한다.(위치에너지가 같은 높이에서 평형된다.)
E(원래의 위치에서 평형)			원래의 위치에 돌아가서 평형된다.(높이, 무게 등이 같아야 평형된다.)
F(비교적 과학적 생각)			실의 무게 등을 고려한 비교적 과학적인 생각.
G(단진동)			단진동하다가 원래의 위치(평형 위치)에서 정지한다.
H(불완전한 관성)			불완전한 관성 개념을 잘못 적용.
Z(기타)			기타의 비과학적인 생각.
Q(무응답)			무응답.

<표 4> 문항 2의 개념 유형별 응답 학생수

(하단은 %)

학년	개념유형	S	A	B	C	D	E	F	G	H	Z	Q	계
		3	16	71	12	19	23	107	4	4	0	7	15
		5.76	25.54	4.32	6.83	8.27	38.49	5.76	1.44	0.00	2.44	5.40	100
2	수업전	34	54	32	23	25	137	20	8	0	12	20	365
		9.32	14.79	8.77	6.30	6.85	37.53	5.48	2.19	0.00	3.29	5.48	100
2	수업후	139	26	26	4	6	77	1	2	23	25	36	365
		38.08	7.12	7.12	1.10	1.64	21.10	0.27	0.55	6.30	6.85	9.86	100

<표 5> 작용과 반작용에 관한 개념 유형

개념유형	이유	진술	내용
S(과학적인 생각)			과학적인 생각. <힘은 상호작용이므로 두 물체가 받은 힘의 크기는 같고, 그 방향은 반대이다.>
A(Impetus)			움직이는 물체는 힘을 가지고 있다.
B(큰 물체는 큰 힘)			큰 물체(무거운 물체)는 큰 힘을 가지고 있다.
C(쓰러뜨리는 물체는 큰 힘)			밀어 부치거나 쓰러뜨리는 물체는 힘이 강하다.
D(힘과 에너지의 오인)			운동하는 물체는 힘이 있고 정지한 물체는 힘이 없다.
E(복합 Impetus)			운동하는 물체는 운동힘, 정지한 물체는 정지힘(중력, 마찰력)을 가진다.
F(힘의 전달)			힘의 전달과 힘의 보존으로 생각한다.
G(힘의 생성)			운동하는 물체는 가속도가 붙어서 힘이 세다.(힘이 발생한다.)
H(움직이는 것을 받으면 큰 힘)			움직이는 것을 받아 내면 큰 힘이 든다.
Z(기타)			기타의 비과학적인 생각
Q(무응답)			무응답

가장 많은 오개념은 「C: 천철만 왼쪽으로 가고 공은 똑바로 가므로 오른쪽으로 된다.」이며 3학년 15.83%, 2학년은 수업 전은 13.70%, 수업 후에는 1.92%만이 가지고 있었다.

2) 문항 2(힘의 평형)

힘의 평형에 관한 개념을 조사한 문항 2에 대한 학생들의 개념 유형과 개념 유형별로 3학년과 수업 전후의 2학년의 응답 학생수는 <표 3>, <표 4>와 같다.

힘의 평형에 대한 오개념은 대부분의 학생들이 일상생활의 경험과 관련지어 생각하며 가장 많은 오개념이 나타나는 「E: 원래의 위치에 돌아가서 평형된다.(높이, 무게 등이 같아야 평형된다.)」와 같이 물체에 아무런 변화가 없는 상태, 즉 두 물체의 경우 높이, 무게 등의 조건이 똑 같아야 된다는 생각을 가지고 있다. 과학적 개념을 가진 학생은 3학년 5.76%, 2학년은 수업 전에 9.32%로 아주 낮았고 수업 후에는 38.08%로 변화하였다. 선행 연구된 사례는 Gunstone(1986)은 고등학생의 45.8%가 정답을 하였다고 보고하고, 이영직(1992)은 중 1, 2학년, 고 1, 2학년이 각각 10%, 15%, 11%, 11%만이 정답을 하였다고 보고하였다. Watts와 Zylbersztajn(1981)은 78%가 같은 높이에서 평형이 된다는 오인을 갖는다고 보고하였다. 선행 연구들은 객관식의 정답만 보고하였으나 과학적 개념을 가진 학생을 서술식으로 조사한 것이므로 상당한 차이가 있다.

3) 문항 3(작용과 반작용)

작용과 반작용에 관한 개념을 조사한 문항 3에 대한 학생들의 개념 유형과 개념 유형별로 3학년과 수업 전후의 2학년의 응답 학생수는 <표 5>, <표 6>과 같다.

과학적인 개념을 가진 학생은 3학년 21.58%, 2학년이 수업 전에 30.14%, 수업 후에 65.21%로 크게 변화하였다. Brown과 Clement(1987)는 고등학생 50명을 조사하였으나 정답을 한 학생이 수업 전은 0%, 수업 후에도 4%였다고 보고하였다. 서국연(1994)은 고등학교 1, 2학년이 각각 14%, 31%라고 조사하였다. 오개념은 주로 인간은 태어나면서부터 자연과 상호작용하므로써 갖는 힘에 대한 오개념으로 Impetus 및 쓰러뜨리는 물체는 힘이 강하다는 것과 또한 힘과 에너지의 혼동에서 오는 오개념이다.

4) 문항 4(열과 온도)

열역학 분야의 열과 온도에 관한 개념을 조사한 문항 4에 대한 학생들의 개념 유형과 개념 유형별로 3학년과 수업 전후의 2학년의 응답 학생수는 <표 7>, <표 8>과 같다.

열량과 온도를 구별하는 과학적 개념을 가진 학생은 3학년 30.22%, 2학년이 수업 전은 33.97%, 수업 후에는 44.38%로 약간의 변화가 일어났다. 김명린(1994)은 중학생의 24.5%만이 정답을 하였으나 인지 갈등 수업을 받은 후에는 47.3%가 되었다고 보고하였다. 단순히 온도가 높으면 열량

<표 6> 문항 3의 개념 유형별 응답 학생수

(하단은 %)

개념유형 학년	개념유형											계
	S	A	B	C	D	E	F	G	H	Z	Q	
3	60	56	8	45	51	13	10	4	4	7	20	278
	21.58	20.14	2.88	16.19	18.35	4.68	3.60	1.44	1.44	2.44	7.19	100
2	110	55	6	59	32	27	15	9	6	15	31	365
	30.14	15.07	1.64	16.16	8.77	7.40	4.11	2.47	1.64	4.11	8.49	100
	238	11	7	31	7	13	4	10	6	11	27	365
	65.21	3.01	1.92	8.49	1.92	3.56	1.10	2.74	1.64	3.01	7.40	100

<표 7> 열과 온도에 관한 개념 유형

개념유형	이유	진술 내용
S(과학적인 생각)	과학적인 생각.	<물질에 출입하는 열량은 비열×질량×온도변화와 같다.>
A(열과 온도의 오인)	주전자의 물의 온도가 높으므로(뜨거우므로) 열이 많다.	
B(외부 환경)	욕조와 주전자의 크기와 밀폐된 정도의 차이.	
C(가시적인 현상)	주전자의 물은 계속 가열되고 있다.	
D(분자운동)	수증기가 활발하게 운동한다.(분자운동이 활발하다.)	
E(열의 출입)	열 발산(방출과 출입)이 많다.(변화하는 열량이 많은 것이 열이 많다.)	
F(비열의 무지)	천천히 식는 것이 열이 많다.(비열의 개념을 모름)	
Z(기타)	기타의 비과학적인 생각.	
Q(무응답)	무응답.	

<표 8> 문항 4의 개념 유형별 응답 학생수

개념유형 학년	S	A	B	C	D	E	F	Z	Q	계
	3	84	81	22	8	9	15	8	18	23
	30.22	29.14	7.91	2.88	3.24	5.40	2.88	6.47	8.27	100
2 수업전	124	101	27	7	15	30	11	27	23	365
	33.97	27.67	7.40	1.92	4.11	8.22	3.01	7.40	6.30	100
2 수업후	162	66	26	6	9	12	6	36	39	365
	44.38	18.08	7.12	1.64	2.47	3.29	1.64	9.86	10.68	100

<표 10> 문항 5의 개념 유형별 응답 학생수

개념유형 학년	S	A	B	C	D	E	Z	Q	계
	3	52	98	49	33	0	2	39	52
	18.71	35.25	17.63	11.87	0.00	0.72	14.03	18.71	100
2 수업전	75	141	52	21	5	14	9	48	365
	20.55	38.63	14.25	5.75	1.37	3.84	2.47	13.15	100
2 수업후	173	92	15	40	5	11	2	27	365
	54.30	25.21	4.11	10.96	1.37	3.01	0.55	7.40	100

<표 9> 전류에 관한 개념 유형

개념유형	이유	진술	내용
S(과학적인 생각)	과학적인 생각	<* 직렬연결에서는 회로의 각 저항(부하)에 같은 전류가 흐른다. * 직렬회로에서 저항이 증가하면 전류가 감소하여 전구의 밝기는 어두워지지만 순서에 관계없이 밝기는 같다.>	
A(순차전류)	순차전류	(전류가 한쪽 방향으로만 흐르고, 순차적으로 흘러 갈수록 전류가 줄어든다는 생각)	
B(소모전류)	소모전류	(전구와 저항에서 전류가 소모된다는 생각)	
C(분별전류)	분별전류	(전류는 저항에 관계없이 언제나 일정하게 흐른다는 생각)	분배전류(같은 양의 전류가 여러
D(분배전류)	전구에 분배된다는 생각)		
E(미분화된 전류)	오개념은 아니지만 미숙한 전류의 개념.		
F(실제경험)	실제 경험의 올바른 적용.		
Z(기타)	기타의 비과학적인 개념.		
Q(무응답)	무응답.		

<표 12> 역학 분야 전체의 개념유형 변화 ()은 %

개념유형	개념제시반		교수 실험반		학생 실험반		교사·과학 자실험반		계	
	전	후	전	후	전	후	전	후	전	후
과학적 개념 S형(1S, 2S, 3S)	74	182	75	140	174	334	323	656	(29.50)	(50.91)
적과적 산님형 오개념 I형(1A,C, 2H)	16	2	20	19	28	19	64	40	(5.84)	(3.65)
Impetus II형(1B, 2B, 3A)	26	2	24	17	44	17	94	36	(8.58)	(3.29)
복합형 오개념 III형(1D,E, 2A, 3B,C,G)	41	27	45	31	75	41	161	99	(14.70)	(8.22)
관성, 힘, 에너지, Impetus의 복합 개념: IV형(2E,G, 3E)	43	23	50	19	79	50	172	92	(15.71)	(8.40)
가시적 현상에 의한 오개념 V형(2D,3D,F,H)	20	6	22	8	36	9	78	23	(7.12)	(2.10)
VI형(1F,G, 2C,F)	27	3	18	6	31	8	76	17	(6.94)	(1.55)
기타의 개념 Z형(1H,Z, 2Z, 3Z)	11	12	10	21	34	27	55	60	(5.02)	(5.48)
무응답 Q형(1Q, 2Q, 3Q)	15	16	18	21	39	35	72	72	(6.58)	(6.58)
계	91	91	94	94	180	180	1065	1065	(100)	(100)

<표 11> 수업 전후의 과학적 개념 형성의 비교

문항 학년	1 (관성)	2 (힘의 평형)	3 (작용반 작용)	4 (열과 온도)	5 (전류)	계	χ^2	
	3학년 N=278	91 (32.73)	16 (5.76)	60 (21.58)	84 (30.22)	52 (18.71)		303 (21.80)
2학년 N=365	수업 전	179 (49.04)	34 (9.32)	110 (30.14)	124 (33.97)	75 (20.55)	522 (28.60)	24.78
	수업 후	279 (76.44)	139 (38.08)	238 (65.21)	162 (44.38)	173 (54.30)	991 (54.30)	

이 많다고 생각하는 오개념이 가장 많았다. 「A: 주전자의 물의 온도가 높으므로(뜨거우므로) 열이 많다.」는 열과 온도를 구별하지 못하는 학생이 3학년 29.14%, 2학년이 수업 전에 27.67%이며 수업 후에도 18.08%로 남아 있었다.

5) 문항 5(전류)

전자기학 분야의 전류에 관한 개념을 조사한 문항 5에 대한 학생들의 개념 유형과 개념 유형별로 3학년과 수업 전후의 2학년의 응답 학생수는 <표 9>, <표 10>과 같다.

전류가 저항이나 전구를 지나서 순차적으로 흘러 갈수록 줄어든다는 생각을 가지고 있거나, 저항이나 전구에서 소모된다고 생각(오개념 A, B형)하는 학생들이 3학년 52.88%, 2학년도 수업 전은 52.88%이며 수업 후에는 29.32%로 감소하였다. 과학적 개념을 가진 학생은 3학년 18.71%, 2학년이 수업 전은 20.55%, 수업 후에는 54.30%로 크게 증가하였다.

2. 인지 갈등 수업 후의 과학 개념 변화

학생들의 개념을 교정하기 위하여 인지 갈등을 통한 개념 변화 수업 모형을 적용하여 작성한 학습지도안에 따라 수업한 2학년 실험반과 전통적인 물리 수업을 받은 3학년의 과학적 개념을 <표 11>에 나타내었다.

고등학교에서 물리 수업을 받지 않은 2학년과 전통적인 방법으로 수업을 받은 3학년의 과학 개념이 각각 21.80%, 28.60%이다. 이는 $\chi^2=3.76$, $p>0.05$ 이므로 의미 있는 차이가 없고 개념 유형의 분포도 비슷하였으나 인지 갈등 수업을 받은 2학년 실험반은 54.30%로 증가하였다. 열역학 분야의 <열과 온도>는 33.97%에서 44.38%로 의미 있는 변화가 나타나지 않았다($\chi^2=3.84$, $p>0.05$). 역학과 전자기 분야에서는 <관성>이 49.04%에서 76.44%, <힘의 평형>이 9.32%에서 38.08%, <작용과 반작용>이 30.14%에서 65.21%로 <전류>가 20.55%에서 54.30% 뚜렷한 변화를 가져 왔다($\chi^2=24.78$, $p<0.001$). 전통적인 수업은 이미 형성된 오개념 교정에는 거의 효과가 없고 지식을 암기하는 학습임을 보여준다.

3. 개념제시자의 특성에 따른 개념 변화

1) 문항별 개념 유형의 변화

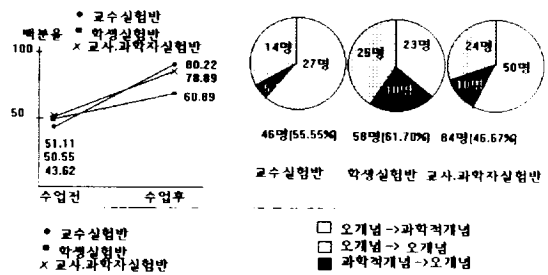
역학 분야의 관성, 힘의 평형, 작용과 반작용의 개념이 수업 전후에 개념 변화가 가장 뚜렷할 뿐만 아니라 개념제시자에 따라 의미 있는 차이가 나타났으므로 그 내용을 개념(문항)별로 분석하였다. 그러나 과학자실험반은 과학자가 살아 돌아와서 직접 수업할 수 없으므로 연구자가 과학자의 이름을 인용하여 개념을 제시하므로써 개념제시자의 특성이 개념 변화에 영향을 미치지 못하였다. 개념제시자별 동질성 검증에서 수업 전후에 차이가 없으므로 교사실험반과 과학자실험반은 묶어서 분석하였다.

(1) 관성 문항의 개념유형의 변화

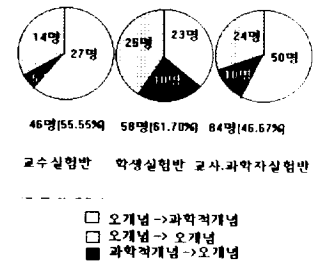
일상 생활과 과학사에서 가장 많이 나타나는 오개념으로 경험적인 Impetus 개념을 극복하고 힘의 개념을 갖기 위해서는 관성 개념을 가져야 한다. 개념 제시자에 따른 수업 전후의 각 실험반의 과학 개념 변화와 개개인의 개념 유형

의 변화를 <그림 2>와 <그림 3>에 나타내었다. 교수실험반과 교사·과학자실험반은 개념제시자가 의연한 자세로 시범실험을 하였으며, 호기심이 많은 학생이 다시 한번 보여주길 원하여 반복하여 시범을 보여주었으나 학생실험반은 그렇게 하지 않았다.

교수실험반은 과학적 개념을 제시할 때 칠판에 그림을 그리면서 관성을 상세히 설명하였으나 다른 실험반은 그렇게 하지 않았고, 학생실험반의 개념제시자는 책임감이 부족하고 확신을 가진 설명을 하지 못하였으므로 과학적 개념 변화 비율이 낮았다.



<그림 2> 수업 전후의 과학개념변화(관성)



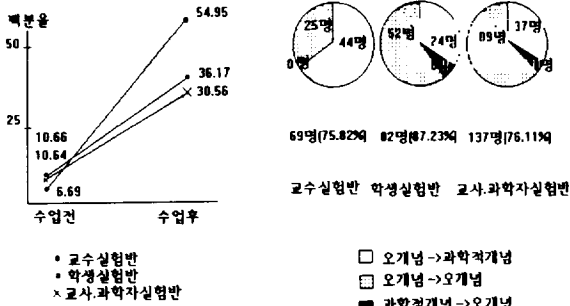
<그림 3> 개념 유형의 변화(관성)

개념유형이 변한 학생은 오개념에서 과학적 개념으로 변한 학생, 과학적 개념에서 오개념으로 변한 학생, 다른 유형의 오개념으로 변한 학생으로 구별하여 나타내었다. 학생실험반은 교수실험반과 교사·과학자실험반에 비하여 과학적 개념으로 변한 비율이 낮고 다른 유형의 오개념으로 변하거나 오히려 과학적 개념이 오개념으로 변하는 비율이 높았다. 수업 전후에 과학적 개념으로의 변화는 교수실험반, 학생실험반, 교사·과학자실험반별로 각각 58.7%(27명), 39.7%(23명), 59.5%(50명)이었고, 과학적 개념을 가졌던 학생이 다시 오개념으로 변한 학생은 교수실험반 10.9%(5명), 학생실험반 17.2%(10명), 교사·과학자실험반 11.9%(10명)이다. 학생실험반이 교수, 교사실험반에 비하여 오개념으로 변한 것이 많은 것은 학생들의 개념이 상황에 따라 변하는 암기응변 식의 특성과 개념제시자인 학생의 특성에 기인한다. 학생은 교수, 교사에 비하여 권위가 낮고, 태도에서 신념과 진절심이 부족하기 때문이다.

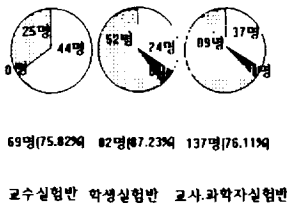
(2) 힘의 평형 문항 개념유형의 변화

물체에 작용하는 둘 이상의 합력이 0일 때 힘의 평형 상태에 있다고 한다. 관성의 개념과 힘의 개념을 이해하는 사고 역할을 할 수 있다. 개념제시자에 따른 수업 전후의 각 실험반의 과학 개념 변화와 개념유형의 변화는 <그림 4>.

<그림 5>와 같다. 교수실험반은 개념을 제시할 때 '도르래를 통하여 연결된 수레와 추가 평형 상태에 있는 빗면에서 추를 아래로 끌어내린 상황에서 잡고 있는 손을 놓으면 어떻게 될까?'하는 질문을 하면서 강한 행동을 보였다. 그러나 교사·과학자실험반은 같은 상황에서 강한 행동을 보이지 않고 오히려 힘의 평형 상태에서 등속도 운동을 함께 보여줌으로써 혼란을 일으켜 큰 차이가 나타났다. 수업에서는 권위뿐만 아니라 학생들이 강한 호기심을 가질 수 있도록 연극적인 행동과 적극적인 태도가 필요하며 일반화는 많은 과정을 거쳐야 함을 암시해 준다.



<그림 4> 수업 전후의 과학개념 변화 (임의 평형)



<그림 5> 개념 유형의 변화 (임의 평형)

수업 후에 개념유형의 변화는 교수실험반 75.82%(69명), 학생실험반 87.23%(82명), 교사·과학자실험반 76.11%(137명)이었다. 오개념이 과학적 개념으로 변한 학생은 교수실험반, 학생실험반, 교사·과학자실험반별로 각각 63.8%(44명), 29.3%(24명), 27.0%(37명)이고, 과학적 개념을 가졌던 학생이 다시 오개념으로 변한 학생은 교수실험반 0.0%, 학생실험반 7.3%(6명), 교사·과학자실험반 8.0%(11명)으로 큰 차이를 보였다.

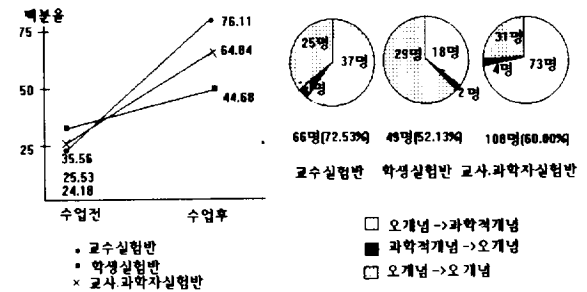
(3) 작용과 반작용 문항의 개념유형의 변화

운동의 제2법칙이 힘의 정의라면 운동의 제3법칙인 상호작용(작용과 반작용)은 힘의 본질을 밝힌 것이다. 개념제시자에 따른 수업 전후의 각 실험반의 과학 개념 변화와 개개인의 개념 유형의 변화를 <그림 6>, <그림 7>에 나타내었다. 과학적 개념 변화가 학생실험반이 교수, 교사·과학자실험반에 비하여 월등히 낮은 것은 비교적 견고성이 강한 작용 반작용의 개념은 개념제시자의 권위와 자신감 있고 융통성 있는 태도가 있어야만 인지적 갈등이 일어난 학생들의

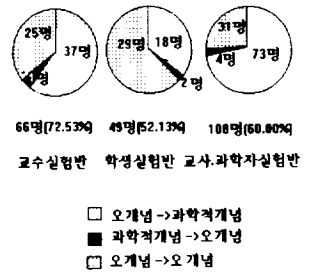
개념이 변할 수 있음을 보여준다.

수업 후에 개념유형의 변화는 교수실험반 72.53%(66명), 학생실험반 52.13%(49명), 교사·과학자실험반 60.00%(108명)이었다. 오개념에서 과학적 개념으로 변한 학생은 교수실험반, 학생실험반, 교사·과학자실험반별로 각각 56.1%(37명), 36.7%(18명), 67.6%(73명)가 변화였다. 과학적 개념을 가졌던 학생이 다시 오개념으로 변한 학생은 교수실험반 6.1%(4명), 학생실험반 4.1%(2명), 교사·과학자실험반 3.7%(4명)으로 상호작용에 관한 과학적 개념이 학생의 인지 구조에 정착되면 오개념이 견고하듯이 과학적 개념도 시간에 견고하다고 할 수 있다.

이영직(1992)은 수업에 의해서 잘 해결될 수 있는 개념 변화(교정형), 수업에 의해서 변화되지 않는 개념 변화(불변형), 수업에 의해서 오히려 견고해지는 개념 변화(강화형) 등으로 나눌 수 있다고 하였다. 두 물체의 충돌 문제는 불변형에 속하며 견고성 지수가 0.57로 아주 높았다고 하였다.



<그림 6> 수업 전후의 과학개념 변화 (작용과 반작용)



<그림 7> 개념 유형의 변화 (작용과 반작용)

2) 역학 분야의 개념유형 변화에 미치는 영향

개념 검사 문항지와 개념 교정 검사 문항지의 역학 분야의 문항들은 Newton의 운동의 법칙을 이해하는 데 기본이 되는 개념들이므로 중요한 오개념의 유형들을 묶어서 실험 반별로 <표 12>에 분류하였다.

<표 12>는 고등학생들이 힘과 운동에서 가지는 일반적인 선개념으로 과학적 개념과 기타 및 무응답을 제외한 오개념의 유형을 직관적 신념형 오개념, 복합형 오개념, 가시적 오개념으로 나눌 수 있다.

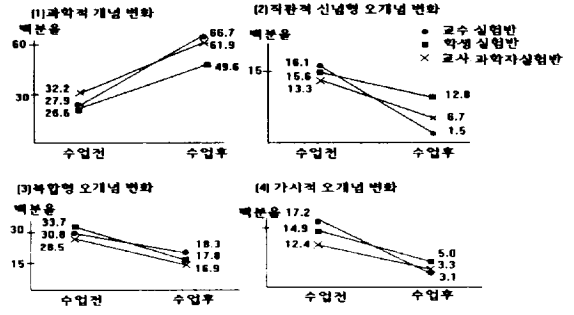
수업 전후의 과학 개념 변화는 <그림 8>의 (1)과 같이 교수실험반 27.1%→66.7%, 교사·과학자실험반 32.2%→61.1%, 학생실험반 26.6%→49.6%의 순서로 개념제시자에 따른 변화의 차이가 뚜렷하다.

<표 12> 역학 분야 전체의 개념유형 변화 ()은 %

개념유형	개념제시반	교수 실험반		학생 실험반		교사·과학자 실험반		계	
		전 후		전 후		전 후		전 후	
		전	후	전	후	전	후	전	후
과학적 개념 S형(1S, 2S, 3S)		74	182	75	140	174	334	323	656
		(29.50)		(59.91)					
직관적 신념형 오개념	미분화된 관성 I형(1A.C, 2H)	16	2	20	19	28	19	64	40
	Impetus II형(1B, 2B, 3A)	26	2	24	17	44	17	94	36
	미분화된 힘 III형(1D.E, 2A, 3B.C.G)	41	27	45	31	75	41	161	99
복합형 오개념	관성, 힘, 에너지, Impetus의 복합 개념: IV형(2E.G, 3E)	43	23	50	19	79	50	147.0	84.0
	관성, 힘, 에너지 혼동 V형(2D,3D,F,H)	20	6	22	8	36	9	78	23
가시적 현상에 의한 오개념	가시적 현상 VI형(1F.G, 2C.F)	27	3	18	6	31	8	69.4	15.5
	기타의 개념 Z형(1H.Z, 2Z, 3Z)	11	12	10	21	34	27	55	60
	무응답							72	72
	Q형(1Q, 2Q, 3Q)	15	16	18	21	30	35	65.8	65.8
	계	91	91	94	94	180	180	1095	1095
		(100)		(100)					

직관적 신념형 오개념의 변화는 <그림 8>의 (2)과 같이 교수실험반 16.1%→1.5%, 교사·과학자실험반 13.3%→6.7%, 학생실험반 15.6%→12.8%의 순서로 개념제시자에 따른 변화에 차이가 뚜렷하다. 직관적 신념은 자연현상이 충분히 그럴듯한 이유를 제공해 주기 때문에 쉽게 고쳐지지 않는다. 비록 인지 갈등이 일어나더라도 새로운 개념을 쉽게 받아들이지 않거나, 받아들여도 병행 상태에서 존재한다. 이러한 개념들이 과학적 개념으로 대체되기 위해서는 권위 있는 개념제시자가 친절하고 융통성 있게 설명하고, 자신감 있게 개념을 제시할 때 개념 변화가 일어나는 비율이 높다. 학생실험반의 경우는 학생들의 인지 구조에 오개념과 과학 개념이 병행 상태에 있으며, 시간이 지나면 잘 구조화된 오개념으로 되돌아간다(문충식, 1990)는 사실을 직관적 신념형 오개념에서 확인할 수 있다.

복합형 오개념의 변화는 <그림 8>의 (3)과 같이 교수실험반 30.8%→18.3%, 학생실험반 33.7%→17.8%, 교사·과학자실험반 28.5%→16.9%로 변화했으나 개념제시자에 따른 차이는 거의 없다. 미분화된 힘의 개념, 관성, 힘, 에너지 및 임페투스 등의 오개념이 혼재한 복합 오개념은 수업 후에도 비교적 많이 나타나고 있으나 실험반에 따른 차이는 거의 없었다. 복합적으로 분류함으로써 정확한 오개념을 포착할 수 없었기 때문이다. 이것은 학생 개인의 개념을 정확하게 알 수 없는 질문지 조사법의 한계이기도 하다.



<그림 8> 개념제시자별 역학분야의 개념변화

힘과 에너지의 오인 및 가시적 오개념의 변화는 <그림 8>의 (4)과 같이 교수실험반 17.2%→3.3%, 학생실험반 14.9%→5.0%, 교사·과학자실험반 12.4%→3.1%로 변화했으나 개념제시자에 따른 차이가 없다. 힘과 에너지의 오인이나 가시적 현상에 의한 착오 등은 다른 개념으로 쉽게 변한다. 표 15에서 기타의 다양한 개념이 학생실험반에서 증가하는 것은 개념제시자인 학생은 권위가 낮고 지도 유형이 민주형이기 때문에 나타나는 사고의 다양성과 인지 갈등 상태에서 보호대에 둘러 쌓인 핵에 비유할 수 있는 오개념을 새로운 과학적 개념이 밀어내지 못하기 때문이다(권재술, 1989).

교수실험반, 학생실험반, 교사·과학자실험반별로 수업 전에 가지고 있던 미분화된 관성과 임페투스와 같은 직관적 신념형의 오개념(I, II형)이 수업 후에 과학적 개념으로 변하는 비율은 각각 59.5%(25명), 40.9%(18명), 63.9%(46명)이고, 같은 오개념으로 남아 있는 불변형은 0.0%, 9.1%(4명), 8.3%(6명)이고, 다른 유형의 오개념으로 변하는 비율은 40.5%(17명), 50.0%(22명), 27.8%(20명)이었다.

교수실험반과 학생실험반은 <그림 8>의 (1)과 같이 역학 분야의 과학적 개념 변화에서 큰 차이가 있었을 뿐만 아니라 직관적 신념형의 오개념에서 과학적 개념으로 변하는 비율, 불변성, 다른 오개념으로 변하는 비율 등에서 뚜렷한 차이가 있는 것은 개념제시자의 권위와 태도 등의 특성에 영향을 받기 때문이다.

V. 결론

수업 중 가르쳐지는 과학 교육이 학생들에게 유의미하고 유용할 것이라는 믿음만 가지고는 안된다. 반드시 학생들의 선개념을 고려하여 그것이 오개념인 경우 수정될 수 있도록 학습 지도하여야 한다. 그러므로 오개념을 과학적 개념으로 대체시키거나 치료하기 위해서는 학생의 개념 유형에 관한 연구를 바탕으로 한 새로운 교수 학습 방법에 대한 논의가

절실히 필요하다 하겠다. 따라서 본 연구에서는 고등학교 학생들이 학습 전에 가지고 있는 과학 개념을 조사하고 조사 결과를 바탕으로 올바른 개념 변화가 일어날 수 있는 수업 전략을 고안하고, 과학적 개념을 제시하는 제시자의 특성에 따라 개념 변화의 효과를 비교, 분석해 봄으로써 과학 학습에서 오인을 해소하고 과학 개념을 획득하는 데 효율적인 교수 학습 방법과 교사의 특성을 제시하고자 한다.

1) 개념유형의 분석

관성에서는 전철만 안 쪽으로 가고 공은 똑바로 가므로 오른쪽으로 튕다는 정지관성만 생각하는 유형이 많고, 힘의 평형에서는 원래의 위치에 가서 평형된다(높이 무게 등이 같아야 평형된다)는 유형이 많았다. 작용과 반작용에서는 움직이는 물체는 힘을 가지고 있으며 밀어 부치거나 쓰러뜨리는 물체는 힘이 강하다는 임페투스 개념이다.

열에서는 열과 온도를 동일 개념으로 사용하여 열량의 많고 적음을 온도로서 규명하려는 오개념 유형이 지배적이었다. 전류는 순차적으로 흘러 갈수록 줄어든다는 생각의 순차전류 생각이 많았다.

2) 전통적 학습법과 인지 갈등을 통한 개념 변화 수업 모형을 적용한 학습법의 비교 고등학교 물리를 배운 3학년과 배우지 않은 2학년의 과학 개념은 각각 21.80%, 28.60%이다. 이는 $\chi^2=3.76$, $p>0.05$ 이므로 의미 있는 차이가 없고 개념 유형의 분포도 비슷하였다. 그러나 인지 갈등 수업을 받은 2학년은 54.30%로 증가하였으므로 전통적인 수업을 받은 3학년과 뚜렷한 차이가 있다. ($\chi^2=24.78$, $p<0.001$). 3학년은 2학년때 배운 이후로 아무런 복습이 없었고, 2학년은 수업을 받은 2주일 후에 개념검사를 하므로 나타난 효과일 가능성을 배제할 수 없으므로 개념제시자별로 검사를 실시하지는 못하였으나 동일한 개념을 묻는 다른 유형의 개념 검사를 8개월 후에 실시한 결과 여전히 48.98%가 과학개념을 가지고 있었다. 전통적인 학습은 이미 형성된 오개념 교정에는 거의 효과가 없고 지식을 암기하는 학습이다.

3) 개념제시자의 특성과 개념 변화

역학 분야는 개념제시자의 특성(태도와 권위)에 영향을 받는다. 어릴 때부터 자연현상과 일상생활에서 얻는 힘과 운동에 관한 미분화된 관성과 임페투스 개념인 직관적 신념형 오개념은 교수실험반에서는 거의 과학적 개념으로 변하지만 학생실험반은 변화가 작았다. 뉴턴 이전의 과학사를 지배한 이러한 개념은 비록 인지 갈등이 일어나더라도 새로운 개념으로 쉽게 수용하지 못하며, 수용하더라도 병행 상태로 존재한다. 과학적인 개념으로 대체하기 위해서는 권위를 가진 개념제시자가 친절하고 융통성 있으며 시범 실험을

보이는 의연한 태도에서 오는 믿음이 있기 때문이다.

전류는 오히려 학생실험반이 결과가 좋았는데 이는 인지 갈등이 개념제시자의 시범 실험에 의하지 않고 학생들 스스로 분단 실험을 함으로써 자기 나름대로의 판단을 자유로이 토론할 수 있는 분위기를 조성한 학생의 민주적 지도 유형이 개념 변화에 확신을 갖는 사고 과정을 거치게 함으로써 보다 나은 개념 변화가 일어났다. 그러므로 주제에 따라 개념제시자는 학생 활동을 강화하여 그들이 내린 결론을 합리적으로 이끌어 주고 체계적으로 정리해 주는 보조적인 역할을 하여야 한다.

이상의 결론에서 인지 갈등을 통한 개념 변화 수업 모형을 적용한 수업은 학생들이 많은 오개념을 갖는 역학 분야의 개념 변화에 유용하다. 이를 수행하는 개념제시자는 체계적인 전문 지식을 쌓아 권위가 높을수록, 태도가 친절하고, 융통성 있고 책임감이 강하면서 민주형 지도 유형일 때 학생들의 개념 변화에 좋은 영향을 미친다.

참 고 문 헌

권성기, 박승재(1989). 중등 물리 교사의 힘과 운동 개념 조사. 물리교육, 7(1), 49~62.

권재술(1989). 과학 개념의 한 인지적 모형. 물리교육, 7(1), 1~9.

권재술(1991). 학문 중심 과학 교육의 문제점과 생활 소재의 과학 교재화 방안. 한국과학교육학회지, 11(1), 117~126.

권재술(1992). 과학 개념 학습을 위한 수업 절차와 전략. 한국과학교육학회지, 12(2), 19~29.

권재술(1994). 힘에 대한 오개념과 그 극복의 방안. 물리학과 첨단기술, 1994(6월), 78~80.

권재술, 김범기(1993). 『과학 오개념 편람(역학편)』. 한국교원대학교 물리교육 연구실.

권재술, 안수영(1989). 대학생들의 물리 개념 오인에 관한 연구. 물리교육, 7(1), pp. 26~41.

김경희(1990). 부모 권위 척도의 타당화 연구. 숙명여자대학교 대학원 박사학위 논문.

김명련(1994). 인지 갈등 수업 전략이 중학생의 과학 개념 변화와 과학적 태도에 미치는 영향. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.

김순택, 이경섭, 전윤식, 김영채, 이희도, 진위교, 변창진(1991). 『현대교수이론』. 교육과학사.

김영민, 박승재(1992). 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유 수업의 영향. 물리교육, 10(1), 39~68.

- 김영민, 박윤희, 박승재(1990). 중학생의 전류에 대한 학습 전 개념과 관계현상 관찰후의 설명. 한국과학교육학회지, 10(1), 47~55.
- 김익균(1989). 중학생들의 역학 개념 구조에 관한 연구. 물리교육, 7(1), 49~62.
- 문충식(1990). 전류에 관한 학생들의 오인 유형 변화의 종단적 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 박성식(1987). 힘과 운동에 대한 중학생들의 개념 조사. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 신숙재(1992). 교육에 있어서 <권위>의 의미에 관한 고찰. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 안수영(1989). 전류현상 관찰전후에 있어서 학생들의 오인 유형 및 그 변화. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 오강수(1987). Newton의 제 3 법칙에 대한 오인의 원인 분석. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 윤기욱, 송용의, 김재복(역)(1991). 『수업모형』 Bruce, J. · Marsha, W(저). 형설출판사.
- 이경호(1990). 인지적 갈등상황에 대면한 학생들의 행동특성. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이영직(1992). 뉴턴 운동법칙에 관한 학생들의 오개념 견고성. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 장남기, 임영득, 강호감, 김영수, 김희백(1990). 『탐구과학교육론』. 교육과학사.
- 정우현(1983). 『교사와 학생』. 익문사.
- 정우현, 김미숙, 김철운, 양성관, 오만록, 오태진, 이철배, 이이야마 다께시(1994). 『현대 교사론』. 교육과학사.
- 조희형(1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학 학습의 관계. 한국과학교육학회지, 4(1), 34~43.
- Brown, D. E., Clement, J.(1987). Misconceptions concerning Newton's law of action and reaction; The understanding informance of the third law, in *proceedings of the misconceptions and educational strategies in science and mathematics*, Cornell University. 39~53.
- Fischer, H. E.(1993). Framework for conducting empirical observation of learning processes. *Science Education*, 77(2), 131~151.
- Fischer, H. E., Aufschnaiter, S.V.(1993). Development of meaning during physics instruction: Case studies in view of the paradigm of constructivism. *Science Education*, 77(2), 153~168.
- Gunstone, R. F.(1986). Student understanding in mechanics: A large population survey. *American Journal of Physics*, 55(8), 623~633.
- Lemeignam, G., Weil-Barais, A.(1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99~120.
- McCloskey, M.(1983) Intuitive physics. *Scientific American*, 122~130.
- Osborne, R.(1985). Building on children's intuitive ideas. *Learning in science*. Auckland: Heinemann, 41~50.
- Pines, A. L. , West, L. H. T.(1986). Conceptual understanding and science learning : An interpretation of research with a source-of-knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583~604.
- Shipstone, D. M., Rhoneck, C. V., Jung, W., Karrqvist, C., Dupin, J. J., Johsua, S., Lich, P.(1988). A study of students understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303~316.
- Stinner, A.(1994). The story of force: From Aristotle to Einstein. *Physics Education*, 29, 77~85.
- Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., Hartley, R., Hennessy, S., Mohamed, R., O'Malley, C., O'Shea, T., Scanlon, E.(1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. *International Journal of Science Education*, 16(2), 215~229.
- Watts, D. M., Zylberstajn, A.(1981). A survey of some ideas about forces. *Physics Education*, 16, 360~365.
- Wiser, M.(1986). The differentiation of heat and temperature: An evaluation of the effect of microcomputer teaching on students' misconceptions. Technical Report NO. 87-5.

(ABSTRACT)

The Effects of Instructors' Characteristics on the Concept Change of Korean High-School Students.

Lim, Jung-Soo · Kwon, Jae-Sool
(Korea National University of Education)

Knowledge is composed through the interaction between the concept structure already held by students and their experience, and learning can be said to be the active process of solving the cognitive conflict caused by this interaction. Therefore, this study consists in showing the effective learning method and finding out the elements which the teacher has to own, through examining several forms of pre-conception or mis-conception of the inertia, the force-equilibrium, the action and reaction, the heat, and the electric current, and then finding out their solution and studying student's change in science concepts. For this study, the types of concept on the five above-mentioned materials which students have were examined through the concept-classifying question paper, and the classes to which the class mode for the change of concepts applied, were practised in each different classroom by each different instructor — a professor, a scientist, a teacher, and two students, respectively. And the effect of the teaching strategy based on these classes, and each different instructor's influence on the change of concept in students, were examined.

The result of my study is as follows:

1. Students have various types of pre-conception which are different from science concept, and these types of pre-conception tend to last even after learning in class.

2. The thoughts on the correct science concept of the high school third-grade students who learned the physics in the traditional teaching method, and the second grade students who don't learn the physics yet, were nearly equal those of the second grade students by receiving the physics class through the cognitive conflict course were greatly changed especially that students showed the distinct change on mechanics and electric current.

3. Students didn't show the remarkable change of the science concept on the five materials in the four kinds of experimental classes by each different instructor but in the part of mechanics, there was the distinct change between the class by professor and those by the students. This was due to the difference of the authority and the attitude of the concept demonstrator.

1) The authority, the kind attitude, and the responsibility of the expert played an important role in the correct concept-formation of mechanics part — especially in the case of the mis-conception caused by the intuitive belief.

2) In the class by instructor with the democratic teaching method, the change of concept took place more easily, because in his class students could discuss the subject freely, so that they might experience the thought course to give them the confidence on the science concept.