

전통적 수업에 의한 중학교 학생들의 과학개념 변화

김 대 식·박 인 근·성 은 모·국 동 식·김 의 균

(충북대학교 사범대학 과학교육과)

손 영 철 노 승 호

(충북대학교 사범대학 부속중학교) (충북대학교 사범대학 부속고등학교))

김 학 기

(충북대학교 사범대학 부속중학교)

(1993년 6월 24일 받음)

I. 서 론

과학 학습에 영향을 미치는 가장 중요한 요소중 하나가 학생들의 과학 수업 이전에 가지고 있는 사전 개념이라고 많은 연구자들이 주장하였다(Osborne, Gilbert, 1980; Champagne, Klopfer, Anderson, 1980; Gilbert, Watts, Osborne, 1982). 학생들의 사전 개념의 중요성이 인식됨에 따라 학생들(성인까지도 포함하는)의 사전 개념에 대한 연구가 다양한 방법으로 시도되었다. 이같은 검사도구의 다양성은 사전개념이 과학학습에서 매우 중요하고 다양한 특징을 가지고 있음을 간접적으로 시사한다. 사전 개념의 특징에 관하여 연구된 결과에 의하면, 학생들은 사전개념에 있어 자신만의 체계를 가지고 있고(Anderson, 1986; Fredette, 1987; Helm, 1980; Gilbert, Osborne, Fensham, 1982) 매우 견고하여 전통적 수업으로는 잘 바뀌지 않아 이를 바꾸기 위하여 특별한 노력이 필요함을 강조하였다(Ausubel, 1978; Gunstone, 1987). 그러나 최근의 국내에서 행해진 이 분야의 연구들은 주로 이론적 배경에 따라 일선 교육현장의 교사들의 참여 없이 사전개념을 조사하는 연구가 수행되어 왔다. 교육연구는 이론에 편향된 연구와 현장에 편향된 연구로 나눌 수 있다. 전자의 경우는 보다 더 학술적인 성격이 강하여 인간의 학습 수행 과정에 대한 이론적 기초를 제공하지만 교육현장에 직접 적용하기는 어렵다. 반면 후자는 이론적 바탕은 약하지만 보다 더 교

실 수업에서 발생하는 현실적인 문제를 해결하는데 중요한 가치가 있다. 이같은 과학 개념과 관련된 연구의 양면성을 고려하여 최근에는 수업 현장에서 이루어지는 현장연구(action research)가 곧 학습 방법이 될 수 있는 연구를 시도하고 있다(Baird, 1984; Baird, Mitchell, 1987). 이들의 연구 방법은 학습자의 메타인지를 고려한 것으로 연구 참여자는 학생, 교사, 연구자로 구성되어 있고, 학습자는 자신의 학습을 통제하고 교사는 이들의 학습과정에 변화를 촉진하고 연구자는 효율적인 연구(학습)이 되도록 충분한 증거와 기능을 제공하고 연구과정을 감독하는 역할을 수행하였다. 이들의 연구 방법을 한국에 직접 적용하기는 어려우나 연구에서 교사의 역할과 연구자의 역할에 대한 그들의 견해는 우리에게 시사하는 바가 크다. 따라서 앞으로 이 분야의 연구는 일선 교사와 연구자들의 협동으로 연구될 때 사전개념의 중요성을 교육현장에 인식시키고 연구결과를 직접 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 중학교 과학과목에서 취급되고 있는 물리, 화학, 생물, 지구과학 내용 중 각 영역별로 중요한 과학개념을 선정하여 이 개념들을 수업 전에 사전개념을 조사하고 현장 교사들의 직접 지도에 의한 전통적인 수업 후 사전개념이 어떻게 변화되었는지를 사후검사를 통하여 조사 분석하였다. 또한 영역별 개념 변화의 정도를 비교 분석함으로써 과학 개념 변화 학습에서 전통적 수업의 한계와 영역별 개념 변화의 정도를 알기 위하여 다음과 같은 세부 연구 목표를 두었다.

- 1) 연구 대상 학생들이 수업 전에 가지고 있는 사전 개념 유형과 정답율을 조사한다.
- 2) 연구대상 학생들이 전통적인 수업 후 변화된 개념 유형과 정답율을 조사한다.
- 3) 조사된 사전, 사후 개념을 비교하여 전통적 학습에 의한 개념 변화 정도를 조사한다.
- 4) 학생들의 면담을 통하여 전통적 수업이 개념 변화 학습에 어떤 한계와 문제점이 있는 지를 정성적으로 분석한다.

명형의 경우 계통도(Bliss et al.1983)를 중심으로 한 정성분석을 실시하였다.

<표 1> 각 영역별 비교

종류	연구 대상	사전 검사	수업 시기	사후 검사	개념 (항수)	검사 도구	결과분석방법
물리	충북대 부속중 2학년 (100명)	1992년 9월 24일	1992년 10월-11월	1992년 11월 24일	전류, 저항 전압 (3문항)	POE	계통도
화학	충북대 부속중 3학년 (80명)	1992년 3월-4월	1992년 4월-5월	1992년 5월-6월	산, 염기 (11문항)	선택 후 설명	계통도
생물	충북대 부속중 1학년 (199명)	1992년 4월 3, 6일 7월 3일 (최추 동물)	1992년 5월과 6월	1992년 6월 11일 9월 17일 (최추 동물)	생물 무생물, 동물 식물, 외떡잎 쌍떡잎, 꽃, 민꽃, 식물, 조류, 포유류, 파충류, 어류, 양서류	선택 후 설명	계통도 정답률
지구과학	충북대 부속중 1학년 1개반 (47명)	1992년 3월 4일	1992년 3월-4월	1992년 4월 20일	대기압 (12문항)	선택 후 설명	정답률 분포도

II. 연구 내용 및 방법

1. 영역별 선정 개념, 선정 대상, 검사 및 분석방법

본 연구에서는 충북대학교 사범대학 부속중학교 학생들을 대상으로 하였으나 물리, 화학, 생물, 지구과학에서 선정된 중요 개념의 지도 학년과 수업 진도가 각각 다르기 때문에 각 영역별로 대상과 검사 시기, 수업 시기가 달랐다. 각 영역별 선정 개념, 연구대상, 검사도구와 문항수 등은 <표 1>과 같다. <표 1>에서 본 바와 같이 물리의 경우 2학년 학생 100명을 대상으로 전류, 전압, 저항에 대하여 3문항의 P.O.E. 검사를 이용하였다. 화학의 경우 3학년 학생 170명을 대상으로 산과 염기에 대한 11개 문항의 선택후 설명방식의 지필검사를 실시하였다. 또 생물의 경우 1학년 학생 199명을 대상으로 생물과 무생물, 동물과 식물, 외떡잎 식물과 쌍떡잎 식물, 종자 식물과 민꽃 식물, 조류, 포유류, 파충류, 어류, 양서류에 대한 문항으로 크게 5부류로 나누고, 세부적으로는 40개의 대상에 대해 구별하고 설명하도록 하는 지필검사를 실시하였다. 지구과학의 경우 1학년 학생 47명을 상대로 대기압에 관하여 12개 문항의 선택후 설명방식의 지필 검사를 실시하였다. 검사시기와 수업시기가 영역별로 각기 다르지만 모든 영역이 1992학년도 정규 학습 진도와 학습 내용에 따라 검사시기와 수업시기가 결정되어 본 연구로 인하여 학교의 정상적 수업 운영을 방해하지 않도록 하였다. 수업의 진행은 본 연구에 참여하고 있는 과학교사가 개념 변화에 대하여 관심을 가지고 수업을 진행하지만 개념 변화를 위한 특별한 처치방법을 고려하지 않고 지금까지 수행해왔던 일상적인 수업활동을 하였다. 검사 결과 분석 방법이 영역별로 약간의 차이는 있으나 선택형의 경우 정답율을 구하고 설

2. 검사 도구 개발과 수업 진행

검사도구는 과학개념의 일상적 상황에서의 적용뿐 아니라 특히 교과서에서 취급되고 있는 내용을 중요하게 고려한 과학 개념 조사를 목표로 하였다. 각각의 영역에 따라 그 동안 많은 연구가 수행된 분야도 있고 빈약한 분야도 있다. 본 연구에서는 기존의 연구에서 사용된 검사도구를 참고로 하였으나 이미 개발된 검사도구가 없는 경우 현장 교사들과 협력하여 현행 교과 내용과 교과 내용 이외의 일상적인 상황에 바탕을 둔 검사도구를 개발하여 예비 검사를 거쳐 수정 보완한 후 적용하였다. 검사도구 형태는 학생들과 현장교사들에게 익숙한 지필 검사를 이용하지만 선다형이 아닌 선택 후 설명 방식의 지필 검사를 선택하고 전공별로 필요에 따라 면담 또는 P.O.E에 의한 조사도 병행하였다. 한편, 사후 검사 도구는 사전 검사 결과와의 비교분석이 가능하도록 사전 검사와 동일한 검사도구를 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 전류, 전압, 저항에 관한 연구 결과

1) 검사 도구

본 연구에서 사용된 문항은 이미 여러 연구에서 사용된 문항으로(김영민, 1991) 검사유형은 예측, 관찰, 설명(P.O.E) 형태로 문제에 대한 답을 먼저 예측하고 이유를 쓰게 한 후 실제로 결과를 보여 준 다음 자신의 예측과 관찰 결과와의 일치 또는 불일치 정도를 이유와 함께 기술하게 하였다. 문항은 모두 세 문항이며 각각의 문항에는 예측, 관찰, 설명에 해당하는 세가지 세부 질문을 포함하고 있다. 질문 내용은 전류, 전압, 저항 관계에 대한 학생의 생각을 알아보기 위한 것이며 문제 상황은 학생들이 일상 생활에서 가장 쉽게 접할 수 있는 꼬마 전구의 밝기에 관한 것이었다. 문항별 구체적 질문 내용은 다음과 같다.

문항 1은 동일한 두 전구가 전지에 직렬로 연결되어 있는 그림과 실제 회로를 보여 주고, 두 전구의 밝기가 어떠한 것인지를 묻는 문항으로 학생들의 전구의 밝기를 전구의 위치, 전지와와의 거리, 전류가 보존되는지 또는 소모되는지에 따라 어떻게 관련짓는지를 보기 위한 문항이다.

문항 2는 전지에 직렬로 연결되어 있는 동일한 두 전구 사이에 가변 저항이 연결되어 있는 그림과 실제 회로를 보여 주고, 단힌 회로가 되었을 때 두 전구의 밝기가 어떠한 것인지를 묻는 문항으로 가변 저항의 변화가 회로의 어느 영역에 영향을 미치는 것으로 생각하는지를 묻는 문항이다.

문항 3은 전지에 전구가 한 개 연결된 회로, 전지에 전구 두 개가 직렬로 연결되어 있는 회로, 전지에 전구 두 개가 병렬로 연결되어 있는 회로 등 세 종류의 회로상의 전구의 밝기를 비교하는 문항으로 전구의 밝기와 전구의 개수, 연결 형태에 따라 어떻게 관련짓는지를 묻는 문항이었다.

2) 결과 및 논의

(1) 수업 전 후 및 관찰 전후의 객관식 정답율 비교
 검사 대상은 남학생 50명, 여학생 51명이었는데 사전 검사와 사후검사에 모두 답한 학생은 남학생이 50명 여학생이 50명이므로 1명은 분석에서 제외하였다. 전통적인 수업을 하기전과 후의 정답율을 문항 별로 비교하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 남학생, 여학생의 전류에 대한 수업 전후의 정답을 비교
 N = 100명 ()안은 %

문항	관찰 전 객관식 정답 학생수				관찰 후 객관식 정답 학생수			
	수업전		수업후		수업전		수업후	
	남	여	남	여	남	여	남	여
1	27(54)	28(56)	39(78)	41(82)	35(70)	31(62)	46(92)	43(86)
2	10(20)	16(32)	19(38)	21(42)	33(66)	31(62)	39(78)	33(76)
3	1(2)	0(0)	5(10)	3(16)	12(24)	8(16)	19(38)	16(32)

<표 2>에서 본 바와 같이 객관식 정답율이 모든 문항에 걸쳐 수업 전에 비하여 수업 후에 높아졌다. 남녀별 정답율의 차이는 비슷하지만 문항 별로는 3번 문항의 정답율이 수업 전 후 공히 가장 낮았고 그 다음 문항 2 그리고 가장 높은 문항은 1번 문항으로 나타났다.

① 관찰 전과 후의 객관식 정답율 비교

학생들이 자신의 이론에 따라 관찰 사실을 왜곡하는지 또는 관찰 사실을 바탕으로 자신의 생각을 바꾸는지를 알기 위하여 관찰 전후의 정답율을 비교하여 보았다.

문항 1의 경우 전류에 대한 수업전 객관식 정답율은 남학생이 관찰 전에 27명(54%)에서 관찰 후 35명(70%)으로 증가하였고 여학생이 관찰 전에 28명(56%)에서 관찰 후 31명(62%)로 증가하였다. 수업후 객관식 정답율은 남학생이 관찰 전에 39명(78%)에서 관찰 후 46명(92%)로 증가하였고 여학생이 관찰 전에 41명(82%)에서 관찰 후 43명(86%)로 증가하였다.

문항 2의 경우 수업전 객관식 정답율은 남학생이 관찰 전에 10명(20%)에서 관찰후 33명(66%)으로 증가하였고 여학생이 관찰 전에 16명(32%)에서 관찰후 31명(62%)로 증가하였으며 수업후 객관식 정답율은 남학생이 관찰전에 19명(38%)에서 관찰후 39명(78%)로 증가하였고 여학생의 경우 관찰전 21명(42%)에서 38명(76%)로 증가하였다.

문항 3의 경우 수업전 객관식 정답율은 남학생이 관찰전 1명(2%)에서 관찰 후 12명(24%)로 증가하였고 여학생이 관찰전 0명에서 관찰후 8명(16%)으로 증가하였으며 수업후에는 관찰전에 남학생이 5명(10%)에서 관찰후에 19명(38%)으로 증가하였고 여학생이 관찰전 3명(6%)에서 관찰후 16명(32%)으로 증가하였다.

이같은 결과는 학생들이 꼬마 전구의 밝기에 대하여 예측 전에 비하여 관찰 후 옳은 응답하는 비율이 남녀

공히 높아졌고 이는 학습자의 기존 개념이 관찰 사실에 따라 변화한 학생들이 상당수 있음을 의미한다.

② 수업 전과 후의 정답을 비교

전통적 수업의 효과를 알아보기 위한 한가지 방법으로 수업 전·후의 객관식 정답율을 문항 별로 비교하였다.

문항 1의 경우 남학생의 경우 관찰 전의 수업 전·후 정답율이 27명(54%)에서 39명(78%), 관찰 후의 경우 35명(70%), 46명(92%)로 모두 증가하였다. 여학생의 경우도 마찬가지로 관찰전의 수업 전·후의 정답율이 28명(56%)에서 41명(82%), 관찰 후의 경우 31명(62%)에서 43명(86%)로 각각 나타나 남녀 관계없이 전반적으로 수업전에 비하여 수업 후의 정답율이 증가하였다.

문항 2와 문항 3에서도 문항 1과 같은 양상을 보임을 알 수 있다. 이같은 결과는 객관식 정답율만을 고려하였을 때 학생들이 수업후 학습효과가 있었음을 나타냈다. 그러나 문항 2와 3의 경우 관찰전의 수업후 정답율과 관찰후의 수업전 정답율이 남녀 공히 낮은 것을 보면 학습에 의한 효과뿐 아니라 관찰 사실에 따라 상당한 정답율의 차이가 있었음을 볼 수 있다.

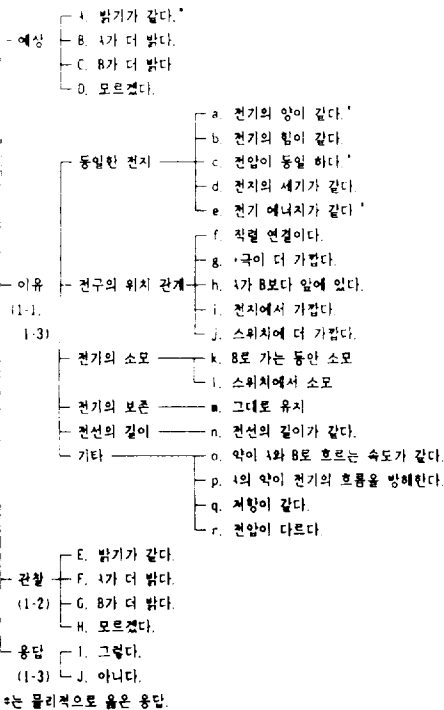


그림 1. 전류, 전압, 저항에 관한 문항 1에 대한 학생들의 응답 계통도

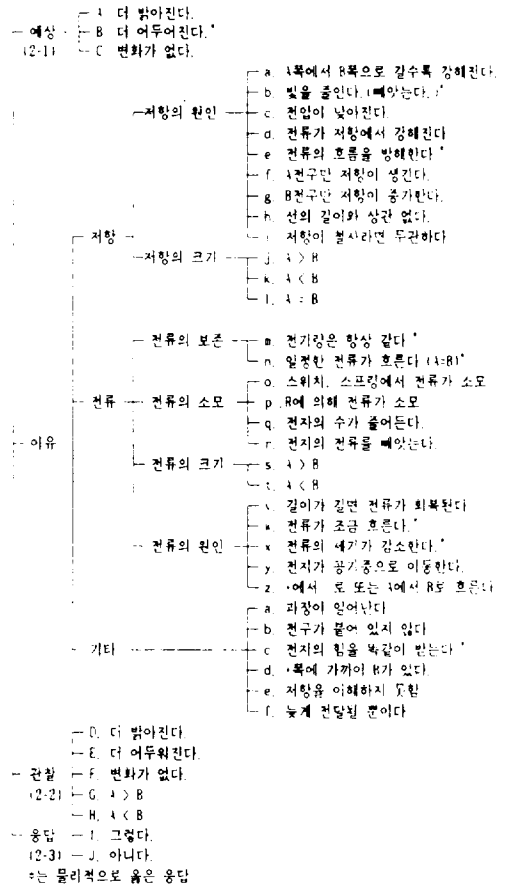


그림 2. 전류, 전압, 저항에 관한 문항 2에 대한 학생들의 응답 계통도.

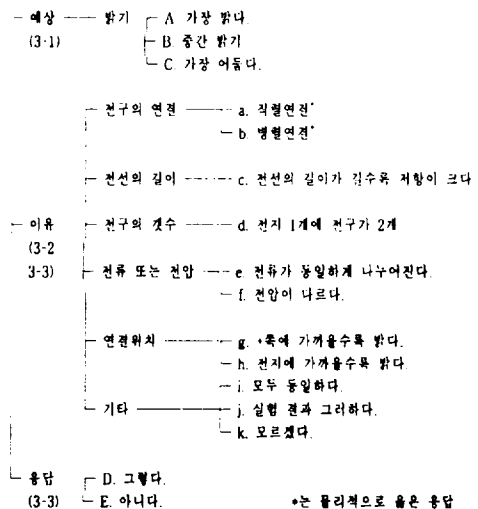


그림 3. 전류, 전압, 저항에 관한 문항 3에 대한 학생들의 응답 계통도

(2) 수업전과 후의 서술형 정답형과 응답 유형의 비교
수업 전 후의 검사 결과 중 서술형 응답을 그림 1 ~ 3의 계통도를 중심으로 분석하여 응답 유형을 알아보고 정답율을 조사하였다. 각 문항 별로 서술형 정답율을 구한 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> 남학생, 여학생의 전류에 대한 수업전 후의 서술형 정답을 비교
N = 100명, ()안은 %

문항	관찰 전 객관식 정답 학생수				관찰 후 객관식 정답 학생수			
	수업 전		수업 후		수업 전		수업 후	
	남	여	남	여	남	여	남	여
1	18(36)	22(44)	19(38)	24(48)	28(56)	34(68)	29(58)	33(66)
2	5(10)	7(14)	7(14)	10(20)	13(26)	10(20)	14(28)	12(24)
3	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	2(4)	1(2)	4(8)	2(4)

<표 3>에서 본 바와 같이 전반적으로 객관식 정답율보다 서술형 정답율이 상당히 낮아졌음을 볼 수 있고 문항 별로는 3번 문항의 경우의 정답율이 가장 낮아 수업 전에는 정답한 학생이 한 명도 없었고 수업 후에도 2~4% 정도의 증가로 그쳤다. 또한 관찰 전·후의 변화도 거의 변화가 없으며, 수업 전·후의 변화도 거의 일어나지 않음을 볼 수 있다. 각 문항 별로 세부 내용을 보면 다음과 같다.

① 관찰 전·후의 서술형 정답을 비교

<표 3>에서 본 바와 같이 수업 전의 관찰 전과 후의 서술형의 정답율이 문항 1의 경우 남학생은 18명(38%)에서 28명(56%)로 증가하였고, 여학생은 22명(44%)에서 34명(68%)로 증가하였다. 문항 2의 경우 남학생은 5명(10%)에서 13명(26%)으로 증가하였고 여학생은 7명(14%)에서 10명(20%)로 증가하였다. 문항 3의 경우 남학생은 0명에서 2명(4%)으로 증가하였고 여학생은 0명에서 1명(2%)으로 미세한 증가가 있었다.

수업 후의 관찰 전과 후의 서술형 정답율도 남녀별 문항에 관계없이 작게는 4%에서 많게는 18%의 증가가 있었다. 가장 많은 증가가 나타난 문항은 1번 문항이었다. 즉 관찰 후 결과가 학생 자신의 생각에 영향을 준 것으로 나타났다. 그러나 수업 후의 관찰 전 응답율이 남녀 공히 수업 전의 관찰 후 정답율보다 낮아진 것을 볼 수 있다. 이 같은 사실은 학생들이 관찰 직후에는 자신의 생각을 일시적으로 변화키지만 일정 기간이 지나면 다시 자신의 원래 생각으로 되돌아감을 보여주는 것으로 해석되며 이 같은 경향은 모든 문항에 걸쳐 나타났다.

② 수업 전·후의 서술형 정답을 비교

수업 전·후의 관찰 전 서술형 정답율을 보면 남학생의 경우 문항 1에서 18명(36%)에서 19명(38%), 문항 2에서는 5명(10%)에서 7명(14%)로 증가한 것으로 나타났다. 문항 3에서는 사전 사후 모두 0%로 변화가 없었다. 여학생의 경우 문항 1에서 22명(44%)에서 24명(48%), 문항 2의 경우 7명(14%)에서 10명(20%)로 매우 미세한 증가가 있었으며 문항 3의 경우는 수업 전·후 모두 0%로 변화가 없었다. 관찰 후의 서술형 응답의 경우는 남학생의 경우 문항 1에서는 28명(56%)에서 29명(58%), 문항 2에서는 13명(26%)에서 14명(28%), 문항 3에서 2명(4%)에서 4명(8%)로 미세한 증가에 그쳤다. 여학생의 경우는 문항 1에서 34명(68%)에서 33명(66%)로 오히려 줄어들었고 문항 2에서는 10명(20%)에서 12명(24%)로, 문항 3의 경우 1명(2%)에서 2명(4%)로 증가하였다. 그러나 전체적으로는 수업 전·후의 정답율 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

③ 수업 전·후의 서술형 응답 유형 변화

1. 문항 1의 경우

남학생은 사전 검사에서 물리학자적 생각(Ac, Ae, Af, Aq)을 가진 학생이 18명(36%)이었는데 사후 검사에서 19명(38%)으로 미세하게 증가 하였다.

잘못된 생각을 가진 학생의 유형에는 사전검사의 경우 '전지에서 가깝기 때문에 A가 밝다'(Bi)라고 서술한 학생이 9명, '+극에 더 가깝기 때문에 A가 더 밝다'(Bg)라고 서술한 학생이 6명, 'A가 B보다 앞에 있기 때문에 A가 밝다'(Bh)라고 서술한 학생이 3명, '전기가 그대로 유지되기 때문에 밝기가 같다'(Am)가 3명, '전지의 세기가 같기 때문에 밝기가 같다'(Ad)가 3명 등으로 나타났다.

여학생의 경우 사전 검사에서 물리학자적 생각(Ac, Ae, Af, Aq)을 가진 학생이 22명(44%)이었는데 사후 검사에서 24명(48%)으로 미세한 증가를 보였다. 그릇된 생각을 가진 학생의 유형에는 사전검사의 경우 '전지에 가깝기 때문에 A가 더 밝다'(Bi)라고 서술한 학생이 9명, '+극에 더 가깝기 때문에 A가 더 밝다'(Bg)가 5명, 'A가 B보다 앞에 있기 때문에 A가 더 밝다'(Bh)가 4명 등으로 나타났다. 사후검사의 경우 '전기가 그대로 유지되기 때문에 밝기가 같다'(Am)가 5명, '전지가 가깝기 때문에 A가 밝다'가 3명, 'B로 가는 동안 전기가 소모되기 때문에 A가 밝다'가 3명 등으로 나타났다. 이상에서 본 바와 같이 문항 1에서 나타난 대표적인 잘못된 생각으로는 '전지에 가깝기 때문에 A가 밝다', '+극에

더 가깝기 때문에 A가 밝다', '전기의 세기가 같기 때문에 밝기가 같다', 'B전구로 가는 동안 전기가 소모되기 때문에 A가 밝다' 등이었고 수업 전·후에 개념 유형상 변화가 없는 것으로 나타났다.

ㄴ. 문항 2의 경우

남학생은 사전 검사에서 물리학적 생각(Bb, Be, Bm, Bn)을 가진 학생이 5명(10%)이었는데 사후 검사에서 7명(14%)으로 증가하였다. 잘못된 생각을 가진 학생의 유형에는 사전 검사의 경우 'B전구만 저항이 증가한다'(Ag)가 6명, 'R에 의해 전류가 소모된다'(Cp)가 3명 등으로 나타났고, 사후검사의 경우 'B전구만 저항이 증가한다'(Cg, Ag)가 13명, 'A와 B의 저항이 같기 때문'(Cl)이 11명, 'R에 의해 전류가 소모된다'(Bp)가 3명 등으로 나타났다.

여학생의 사전 검사에서 물리학적 생각(Bb, Be, Bm, Bn)을 가진 학생이 7명(14%)이었는데 사후 검사에서 10명(20%)으로 증가하였다. 잘못된 생각을 가진 학생의 유형에는 사전 검사의 경우 'B전구만 저항이 증가한다'(Ag)가 8명, 'R에 의해 전류가 소모된다'(Bp)가 5명 등으로 나타났고, 사후검사의 경우 'A전구만 저항이 증가한다'(Ag, Cg)가 16명, 'R에 의해 전류가 소모된다'(Bp)가 6명 등으로 나타났다.

문항 1에 비해 문항 2는 저조한 정답율(남학생 28%, 여학생 24%)을 보였으며 수업 후에도 'B전구만 저항이 증가한다', 'R에 의해 전류가 소모된다' 등의 잘못된 생각이 여전히 유지되고 있었다.

ㄷ. 문항 3의 경우

남학생은 사전 검사에서 물리학적 생각(a, b)을 가진 학생이 0명이었는데 사후 검사에서도 단지 0명이었다. 잘못된 생각을 가진 학생의 유형에는 사전 검사의 경우 '전지에는 가까울수록 밝다', '+쪽에 가까울수록 밝다' 등으로 나타났고, 사후검사의 경우 '전압이 다르다', '전지 1개에 전구 2개 연결', '+쪽에 가까울수록 밝다' 등으로 나타났다.

여학생은 사전 검사에서 물리학적 생각(a, b)을 가진 학생이 0명이었는데 사후 검사에서도 0명 뿐이었다. 잘못된 생각을 가진 학생의 유형은 남학생과 거의 같았다. 문항 1과 문항 2와는 달리 남학생이 여학생보다 옳은 응답자가 많았으나 남녀 공히 수업 후에도 개념 변화가 거의 일어나지 않았다.

④ 객관식과 서술형을 함께 고려하였을 때의 수업 전·후의 정답율 비교

선택형과 서술형을 동시에 옳게 응답한 학생수는 <표 4>와 같다.

<표 4> 객관식과 서술형을 모두 옳게 응답한 학생수
남학생 N=50명 여학생 N=50명

구분	문항	사전검사(명,%)	문항	사전검사(명,%)
남	1	15(30)	1	21(42)
	2	7(14)	2	9(18)
	3	0(0)	3	3(6)
여	1	20(40)	1	25(50)
	2	8(16)	2	8(16)
	3	0(0)	3	1(2)

<표 4>에서 본 바와 같이 문항 1의 경우 남학생은 사전 검사에서 객관식 정답율이 27명(54%), 서술형 정답율이 19명(38%)이었는데 객관식과 서술형을 동시에 옳게 응답한 학생은 15명(30%)이었고 학습 후에는 객관식 정답율이 39명(78%), 서술형 정답율이 29명(58%)이었는데 동시에 옳게 응답한 학생은 21명(42%)이었다.

여학생은 사전 검사에서 객관식 정답율이 28명(56%), 서술형 정답율이 24명(48%)이었는데 객관식과 서술형을 동시에 옳게 응답한 학생은 10명(40%)이었고 학습 후에는 객관식 정답율이 41명(82%), 서술형 정답율이 33명(66%)이었는데 동시에 옳게 응답한 학생은 25명(50%)이었다.

문항 2의 경우 남학생은 사전 검사에서 객관식 정답율이 10명(20%), 서술형 정답율이 7명(14%)이었는데 객관식과 서술형을 동시에 옳게 응답한 학생은 7명(14%)이었고 학습 후에는 객관식 정답율이 19명(38%), 서술형 정답율이 14명(28%)이었는데 동시에 옳게 응답한 학생은 9명(28%)이었다. 여학생은 사전 검사에서 객관식 정답율이 16명(32%), 서술형 정답율이 10명(20%)이었는데 학습 후에는 객관식 정답율이 21명(42%), 서술형 정답율이 12명(24%)이었는데 객관식과 서술형을 동시에 옳게 응답한 학생은 8명(16%)이었다.

문항 3의 경우 남학생은 사전 검사에서 객관식 정답율이 1명(2%), 서술형 정답율이 0명(0%)이었는데 객관식과 서술형을 동시에 옳게 응답한 학생은 0명(0%)이었고 학습 후에는 객관식 정답율이 5명(10%), 서술형 정답율이 4명(8%)이었는데 동시에 옳게 응답한 학생은 3명(6%)이었다. 여학생은 사전 검사에서 객관식 정답율이 0명(0%), 서술형 정답율이 0명(0%)이었고 학습 후에는 객관식 정답율이 3명(6%), 서술형 정답율이 2명(4%)이었는데 동시에 옳게 응답한 학생은 3명(2%)이었다. 전체적으로 보면 학습 전·후의 정답율은 거의 변화가 없었고 문항 별로는 문항 1이 비교적 높게 나타났으며 문항 2와 3은 20%에도 미치지 못하였다.

(3) 논의

개념변화에서 관찰의 영향을 알아보기 위하여 P.O.E 검사를 통하여 조사 분석 하였다. 예측 단계에서 자신의 생각을 관찰 후에 어떻게 변화시키는지 알아보기 위하여 관찰 전과 후의 응답을 비교하였고 전통적 수업의 효과를 알기 위하여 수업 전후의 응답을 비교하였다. 그 결과 학생들은 자신의 생각을 바꾸는 데는 수업에 대한 것보다는 관찰 사실에 보다 더 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 관찰 전후의 정답율의 경우 남자를 예로 들면 문항 1에서 관찰 전 36%에서 관찰 후 56%로, 문항 2에서는 10%에서 26%로 증가하였다. 그러나 문항 3에서는 사전 사후 모두 0%로 변화가 없었다. 이 같은 결과는 자신의 생각을 바꾸는 데 수업보다는 관찰이 보다 더 영향을 주는 것으로 나타났지만 그같은 변화는 일시적이며 일정 시간이 지나면 다시 자신의 생각으로 바뀔 수 있었다. 이 같은 해석을 수업 후의 예측 단계에서의 정답율이 수업 후의 관찰율보다 높은 사실이 이를 뒷받침해 주고 있다. 또한 이 같은 결과는 굴드의 연구(Gould,1986)와도 일치한다. 설명 유형에서도 유형별 빈도수에서 부분적 변화가 있었으나 수업 전후에 변화가 거의 없었으며 물리적으로 옳은 응답 유형과 빈도수도 거의 변화가 없었다. 이상의 연구 결과가 우리에게 주는 시사점은 첫째, 전통적 과학 수업이 학생들의 전류, 저항, 전압과 관련된 개념 변화 학습에 한계가 있음을 보여 주며 둘째, 과학 실험을 통하여 확인시켜 줌으로써 학생들의 그릇된 생각을 바꿀 수 있다는 생각이 얼마나 단순한 생각인지를 보여 주고 있다. 설사, 학생들이 실험을 통하여 자신의 생각을 바꾼 것으로 나타났다고 하더라도 그것이 잠정적인 가능성이 큼을 보여 준다. 따라서 개념 변화를 위한 보다 적극적인 과학 수업이 필요함을 재삼 확인하였고 과학 실험 활동이 학생들의 과학 개념과 어떻게 의미 있게 어우러질 수 있게 할 것인가에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

2. 산, 염기에 관한 연구 결과

중학교 3학년 과정에서 다루는 산, 염기의 개념에 대해 수업 전과 후를 비교하여 어떤 개념변화를 가져오는가 알아보았다. 화학개념에 대해서는 전반적으로 학생들이 가지고 있는 개념에 대한 연구가 별로 많지 않다. 많은 과학교육연구에서 밝혀진 바와 같이 올바른 과학 개념 형성을 위해서는 무엇보다 학습전 학생이 가지고 있는 선행개념에 대한 정확한 파악이 필수적이다. 그러나 대부분의 경우 학생들이 가진 개념파악은 그리 쉽지 않

으며 검사방법, 평가방법에 의해서도 달라질 수 있다. 또한 개념 파악이 된 후 그 개념을 바르게 변화시키기 위한 방법도 고려해야 한다. 따라서 화학분야에서도 끊임없는 방법의 개선과 연구를 통하여 학생들의 선행개념을 분석하고 이 결과를 교수방법, 교과과정 등에 반영하여 올바른 과학 개념 형성에 힘을 기울여야 하겠다.

이 연구에서는 우선 산, 염기 개념에 대해 수업전 학생들이 가지고 있는 선행 개념에 대해 알아보고 전통적 수업이라 할 수 있는 강의식 수업 방식을 통해 수업을 받은 후의 개념 변화를 알아보았다. 중학교 과정에서는 산, 염기의 화학식을 다루고 그 표면적 성질 뿐 아니라 화학기호를 사용한 산, 염기의 본질적 성질과 화학변화를 다룬다. 만일 학생들이 국민학교 과정을 통해 이미 배운 산과 염기에 대하여 바른 선행 개념을 가지고 있다면 이 개념은 중학교 과정의 산, 염기의 개념과 융화되어 더 넓고 확실한 개념으로 발전하게 될 것이다.

1] 검사도구

검사도구는 지필식으로 11개 문항으로 된 검사지를 학생들에게 분배해 그 문항에 답하게 하였다. 11개 문항은 선다형으로 답하게 되어 있고 그 중 6개 문항에서는 선택 후 그 답을 선택한 이유를 서술토록 하였다. 11개 문항은 각각 다음 내용으로 분류할 수 있다.

- a. 산, 염기의 물리적 성질(3문항)
- b. 산, 염기의 화학적 성질(3문항)
- c. 산, 염기의 중화반응(3문항)
- d. 산, 염기 물질의 확인(2문항)

산, 염기의 물리적 성질을 묻는 문항들에선 산이란, 염기란 어떤 물질이며 어떻게 확인하는가를 묻는다. 이 문항들은 산은 시다, 염기는 쓰다와 같이 수업과 관계없이 이미 학생들이 가지고 있는 지식을 나타내는 문항들로 어느 정도의 사전개념이 형성되었는가를 알아보고자 하였다.

산, 염기의 화학적 성질을 묻는 문항에서는 산, 염기의 분자식과 수용액에서의 해리, 그리고 해리에 따라 나타나는 산의 세기에 대한 개념을 알아본다. 산과 염기의 본질적인 성질은 결국 수용액 속에서 해리되는 이온에서부터 나타나며 이 해리 되는 정도에 그 세기가 관련된다는 개념에 대해 알아보았다. 수업을 받기 전이라도 산, 염기의 대표적 성질이 물질의 화학구조에서 온다는 개념을 가지고 있다면 일관성 있는 대답을 할 것으로 기대한다.

중화반응에 대한 문항들에서는 산, 염기의 중화반응에 대한 표면적 성질과 그 본질적 변화에 대해 물었다.

문항 8의 산, 염기의 중화반응에서 열이 발생하는가를 묻는 질문은 실험을 통해서만 관찰될 수 있지만 결합이 이루어지면 에너지가 생성된다는 개념이 있다면 그 연장된 개념으로 문제를 풀 수 있으리라 기대한다. 나머지 문항들에서는 중화반응이 산, 염기의 특징적 이온들의 결합이라는 개념에 대해 알아보았다. 화학기호를 통한 중화반응의 이해는 산, 염기의 화학식에 대한 이해가 있다면 이루어질 수 있으리라 본다.

나머지 두 문항은 우리 생활과 관련된 산, 염기 물질을 확인하는 문항으로 학생들이 생활을 통해 얻는 보편적 지식을 어떻게 과학개념과 연관시키는가를 알아보았다.

2) 결과 및 논의

(1) 수업 전 후의 정답률 분석

수업 전과 후에 나타난 각 문항별 정답률의 변화는 <표 5>와 같다.

<표 5> 각 문항별 수업 전후의 정답률 비교

문항	수업전(N=80)	수업후(N=80)
1	68(85.0)	74(92.5)
2	20(25.0)	41(51.3)
3	72(90.0)	78(97.5)
4	37(46.3)	52(65.0)
5	24(30.0)	44(55.0)
6	71(88.8)	75(93.8)
7	67(83.8)	66(82.5)
8	37(46.3)	38(47.5)
9	28(35.0)	50(62.5)
10	38(47.5)	48(60.0)
11	69(86.3)	76(95.0)

<표 5>에서 보여 주는 것처럼 표면적으로 나타난 정답률은 문항 7을 제외하고 모든 문항에서 증가한 것을 볼 수 있다. 그러나 대부분 그 증가율이 그리 크지 않으며 문항 7이나 문항 8은 거의 변화가 없음을 볼 수 있다. 이 표면적 증가율이 각 개념 변화와 어떤 연관성을 가지고 있나를 보기 위하여 각 문항 별로 개념 분석을 해 보았다.

(2) 문항별 분석

a. 문항 1. 산이란 어떤 물질인가?

문항 2. 염기란 어떤 물질인가?

문항 1과 문항 2에 대한 분석 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 산, 염기의 물리적 성질에 대한 수업 전 후의 개념 변화

종류	수업전	수업후(%)
산	쓴맛을 낸다.	4.9
	*신맛을 낸다.	82.9
	손을 대면 미끈미끈하다.	0.0
염기	색과 냄새를 가진 물질이다.	12.2
	*쓴맛을 낸다.	46.3
	신맛을 낸다.	10.0
	아연과 같은 금속을 녹인다.	33.8
	색을 가진 고체이다.	8.8

* 은 옳은 답

산은 "신맛을 낸다."라는 개념은 수업전 이미 가지고 있었으나 염기가 "쓴맛을 낸다."라는 개념은 수업 전에 가지고 있던 학생이 반도 못된다. 수업 후 증가를 보였으나 산의 개념에 비하면 훨씬 뒤떨어진다. 이것은 염기가 일반적으로 쓰다는 것을 국민학교 과정에서 다루지 않았고 또 염기는 맛을 낼 수 없다는 고정 관념에서 생 각했기 때문으로 풀이된다. 여기서 산의 특성으로 나타나는 것인데 꽤 많은 학생이 수업 후에까지 염기의 특성으로 생각하고 있었다. 결국 수업에 의해서도 염기가 금속을 녹인다고 생각이 변하지 않은 것이다.

b. 문항 2. 산은 수용액 속에서 어떤 모양으로 존재하는가?

문항 5. 염기는 수용액 속에서 어떤 모양으로 존재하는가?

문항 10. 산과 염기가 함께 들어 있는 수용액 속의 수소 이온과 수산화

이온의 상태를 옳게 나타낸 것은?

위의 세 문제는 산, 염기, 중화 용액속의 이온 상태를 화학 기호를 사용하여 알아보는 문제이다. 이에 대한 결과는 <표 7>과 같다.

<표 7> 산, 염기, 중화용액의 화학식에 대한 수업 전후의 개념변화

종류	개념	수업전(%)	수업후(%)
산 분자		38.8	
	H ⁺ A ⁻ 상태	25.0	38.8
	* H ⁺ 와 A ⁻ 의 해리 상태		51.3
	H ⁺ H ⁺ , A ⁻ A ⁻ 의 상태	27.5	8.8
	H ⁺ A ⁻ H ⁺ 인 상태		1.3
		7.5	
염기 분자	B ⁻ OH ⁻ 인 상태	30.0	55.0
	* B ⁻ 와 OH ⁻ 인 상태	42.5	33.8
	B ⁻ B ⁻ 와 OH ⁻ OH ⁻ 인 상태	16.3	6.3
	B ⁻ OH ⁻ OH ⁻ 인 상태	11.3	5.0
중화 용액	H ⁺ 와 OH ⁻ 인 상태	22.9	30.1
	* H ₂ O 상태	45.8	57.8
	H ⁺ H ⁺ 와 OH ⁻ OH ⁻ 인 상태	24.1	3.6
	H ⁺ OH ⁻ 인 상태	7.2	6.0

*은 옳은 답

수용액 속에서 산과 염기가 각각 해리 하여 유리된 H⁺와 OH⁻ 상태로 존재한다는 개념이 수업 전보다 증가를 보였으나 약 50%정도 밖에 차지하지 않는다. 이 비율은 중화용액에서 H₂O로 존재한다는 개념의 수업 전후 비율과 일치한다. 이 화학식으로 표시되는 산, 염기의 개념은 이전에 다룬 적이 없고 처음 수업에 의해 얻게 되는 개념이다. 그러므로 수업에 의한 효과를 더 기대할 수 있으리라고 보나 생각보다는 수업 후 증가폭이 크지 않다.

산이 수용액에서 H⁺A⁻로 존재하고 염기가 B⁻OH⁻인 해리 되지 않은 상태로 존재한다는 생각이 그 다음으로 높은 비율을 차지한다. 놀라운 것은 이 비율이 수업 전과 후의 변화가 거의 없다는 것이다. 처음부터 해리 되지 않은 상태로 생각했던 학생들은 수업 후에도 그 개념이 그대로 남아 있는 것이다. 중화 용액에서 H⁺와 OH⁻의 분리 상태로 존재한다는 비율도 비슷한 양상을 보이거나 오히려 이 경우는 수업 후에 증가를 보인다.

문항 2에서 산이 해리 되지 않은 상태로 H⁺A⁻로 존재한다고 생각한 학생은 대부분 문항 5에서도 B⁻OH⁻ 상태로 존재한다고 생각하였고 이들 중 중화용액에서 H₂O 상태로 존재한다고 한 학생은 H⁺, OH⁻의 해리된 상태로 존재한다는 학생이 거의 반반이다. 이 분포는 수업 전과 후가 거의 변화가 없다. 그러므로 산이 해리된 H⁺이온과

염기의 OH⁻이온이 만나 H₂O를 형성한다는 개념이 확실히 생기지 않았음을 볼 수 있다. 수업 후에도 이러한 올바른 경로로 중화반응을 이해하는 학생은 겨우 2~5%정도 밖에 되지 않는다.

학생들 중에는 이온이 자석과 같이 +++-가 잇달아 붙어서 존재한다고 생각하는 학생도 있었고 같은 이온끼리 뭉쳐서 존재한다고 생각하기도 한다.

c. 문항 7. 산과 염기가 반응하여 만들어지는 물질은 어떤 성질을 가질까?

이 문항은 위에서 분석한 문항 10과 관련된 문제로 중화반응에 대한 다른 면에서의 이해도를 보고자 한다. 응답에 대한 분석은 <표 8>과 같다.

<표 8> 중화반응에 대한 수업 전·후의 개념변화

개념	수업전(%)	수업후(%)
산의 성질을 나타냄	5.0	3.4
염기의 성질을 나타냄	3.8	6.3
산과 염기의 성질을 모두 나타냄	7.5	10.0
*산도 염기도 아닌 새로운 성질		
- 산 + 염기 = 중성	31.3	15.0
- H ⁺ + OH ⁻ = H ₂ O	0	7.5
- 산 + 염기 = 염 + 물	0	15.0
- 산 + 염기 =	17.5	3.8
- 새로운 물질		
- 화학변화	10.0	11.3
- 기타	24.9	27.7

*은 옳은 답

수업 전과 후에 있어 변화가 거의 없이 80% 이상의 학생이 산과 염기의 성질을 잃어버린다는 답을 했다. 앞의 중화반응을 화학식으로 알아본 문항과는 대조적인 결과를 보인다. 결국 산과 염기가 합쳐서 중성인 물질이 된다는 사실을 수업 전부터 알고 있었으나 이 개념이 화학식을 통한 중화의 개념으로 연결되지 못한 것으로 볼 수 있다. 수업 후의 효과는 막연히 알고 있던 중화반응을 물과 염의 형성이라는 구체적 사실로 발전한 학생이 23% 정도 된다는 점이다. 그러나 전체적으로는 개념변화가 크게 일어나지 않았음을 볼 수 있다.

d. 문항 9. 어느 것이 강한 산인가?

이 문항은 산의 해리에 대해 더 발전된 개념이 형성되어 있는지 알아보는 문항이다. 이 문항에 대한 결과는 <표 9>와 같다.

이 경우 이온화도가 큰 산이 강한 산이라는 개념이

수업 후 형성되었음을 학생들의 설명으로부터 알 수 있다. 수업 전에는 강한 산의 기준이 해리도에 있다기보다는 진한 냄새, 신 맛 등에 있다고 생각한 학생이 많았고 진한 산과 강한 산의 차이를 알지 못하는 것으로 나타난다. 수업 후 산의 해리의 개념과 산의 세기가 연결되어 강산을 알아낼 수 있었다면 앞의 화학식으로 표시된 산의 모양을 올바르게 알고 있어야 한다. 그럼에도 불구하고 강한 산이 염산이라고 대답한 비율보다 산의 해리 그림을 바르게 알아낸 비율이 낮다는 것은 이해하기 어려운 부분이다. 이것은 묽은염산이 더 강한 산이라고 대답한 학생들 중 정확히 산의 해리도를 통해서 산의 세기를 이해한 학생이 많지 않음을 의미한다.

이 잘 나타난다. 즉, 산, 염기의 화학적 성질을 이해함으로써 앞의 모든 개념들이 이와 연관되어 산, 염기의 새로운 성질을 설명하는데 더욱 체계적이고 논리적이야 하나 그러한 개선된 형태가 잘 보이지 않는다. 옳은 답을 한 비율이 높고 낮음에 관계없이 그 답에 대한 설명이 뒷받침해 주고 있다. 따라서 수업에서는 새로운 개념의 설명에 앞서 가지고 있던 선행개념과의 관계를 어떻게 이어나가며 확장, 변화시킬 수 있는가가 보다 중요함을 알 수 있다. 이러한 체계적인 개념형성이 그 다음 단계의 학습에도 큰 영향을 줄 것이라 생각된다.

<표 9> 산의 세기에 대한 수업 전·후의 개념 변화

개	개	수업전(%)	수업후(%)
진한 아세트산 (식초산)	냄새가 강하므로	63.1	28.4
	진하므로		
	잘 녹으므로		
	신맛이 강하므로		
묽은 염산	이온화도가 강하므로	33.3	61.7
	이온화도가 크므로		
	금속을 잘 녹이므로		
탄 산	수소이온을 많이 포함	2.3	7.4
	이온화도가 크므로		
	물에 녹이므로		
약한 아세트산		1.2	0.0

*은 옳은 답

(3) 논의

이상에서와 같이 산, 염기에 대한 학생들의 개념 분석에 나타난 특징은 다음과 같다. 국민학교에서 다루었던 개념이 실생활이나 주위의 경험과 연결되는 개념일 때 확실하고 잘 변하지 않는 선행개념으로 남아 있어 수업 후에도 그대로 지속된다. 산, 염기의 물리적 성질에서 이러한 점이 잘 나타나며 산, 염기 물질을 확인하는 문항에서도 나타난다. 그러나 이러한 선행개념과는 다른 새로운 개념의 형태로 수업에서 다루었을 때 이 새로운 개념은 선행개념과의 연관 발전 단계를 거쳐 더 확장된 확실한 개념으로 자리잡지 못하고 선행개념과는 다른 별도의 개념으로 받아들여지고 있음이 나타난다. 산, 염기의 화학식을 통한 성질을 이해함에 있어서 이러한 점들

3. 생물개념에 대한 연구결과

1) 검사도구 개발

본 연구에서는 검사도구로 기존의 연구에서 사용된 검사도구(Trowbridge, Mintzes, 1985; 1988; 계오남, 1987; 정완호, 허명, 차희영, 1991 a,b)를 참고로 하여 현장 교사들과 연구자들이 현행 교과 내용을 바탕으로 13가지의 개념을 선정, 현장에 적용하였다. 검사 도구는 학생들에게 익숙한 지필 검사를 적용하였으나 선택형만이 아닌 선택한 까닭을 설명하도록 하는 기술 방법을 채택함으로써 응답선택의 우연성을 배제하여 개념형성의 진부함을 보다 확실히 파악코자 노력하였다.

2) 결과 및 논의

(1) 자료의 분석

검사한 자료의 특징이 주로 정성적 자료이기 때문에 계통도에 의한 정성 분석법과 응답원문 조사에 의한 정성자료 분석을 병행하였다. 수업전에 실시한 검사와 수업 후에 검사한 모든 사물에 대한 정당율을 계산하였고, 정답에 대한 설명이 옳은 진정한 이해를 하고 있는가를 알고자 까닭을 바로 설명한 까닭 정당율을 산출하였으며, 우연율은 정답으로 선택하였으나 까닭을 올바르게 설명치 못한 우연한 선택의 경우도 계산하여 우연성을 고찰하였다. 어떤 사물에 대한 진정한 이해율은 전피검자에 대한 까닭 설명 정당율(표 10, 11, 12, 13, 14, 15 등에서는 까닭 정당율로 적음)이 되는 셈이다. 따라서 수업전의 이해율과 수업후의 이해율의 변화는 곧 전통적 수업에 의한 개념형성의 변화로 해석할 수 있겠다. 아울러 우연성의 감소변화도 개념형성의 질적인 변화인 것으로 고려될 수 있겠다.

6종의 생물과 4종의 무생물에 대한 수업전 수업 후의 응답결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 생물 무생물에 대한 수업 전·후의 식별능

수업 전 N = 194, 수업 후 N = 199

		정답율	까닭정답율	우연율	이해율	정답율	까닭정답율	우연율	이해율
평균	생물	157 80.9	92 58.6	165 41.4	47.0	167 83.9	150 89.8	26 10.2	74.5
	무생물	182 93.7	59 32.4	123 67.6	30.3	186 93.4	153 82.2	33 17.8	77.1

* 주: 자연수는 정답자, 소수는 정답율(%)임

생물이나 무생물에 대한 정답율은 <표 10>에서 보는 바와 같이 수업전(생물 80.9%, 무생물 93.57%), 수업후(생물 83.9%, 무생물 93.4%)에 별로 변동이 없으나, 실제로 생물에 대한 설명을 할 수 있는 능력과 우연율 배제한 개념형성 정도를 보면 생물에 대해서는 160%, 무생물에 대해서는 260%의 향상을 보였다. 그러나 전통적인 수업의 한계는 전체 학생의 1/4수준은 수업 후에도 생물과 무생물을 식별할 수 없다는 점이다. 생물에 대한 특성으로 "숨는다", "자란다"가 가장 많았고, 무생물에 대한 개념으로는 "움직이지 않는다", "사람이 만든 것"을 많이 들고 있는데, 이는 Tamir(1981)등과 정완호, 차회영(1992)의 연구결과와 비슷하였다. 그리고 '수정'을 성장하는 특성만으로 생물이라 이해하고 있으며, '산호'

를 움직이지 않는 것으로 보아 무생물이라고 보는 경향이 높았다.

5종의 동·식물에 대한 정답율의 평균은 <표 11>과 같다.

<표 11>에서 보는 바와 같이 동물에 대한 정답율은 수업 전 92%에서 수업 후 85%로 7%의 감소를 보였으나, 실제 이해율은 불과 15%에서 76%로 향상되었고, 식물에 대한 정답율도 수업전 후에 변동이 거의 없으나, 실제로 우연율 감안한 개념형성은 13%에서 73%로 현저한 향상을 보였다. 그러나 수업 후에도 동물에 대해서는 1/4이상의 학생들에게서 개념형성이 되지 않고 있음은 전통적 수업의 한계일 수 있겠다.

<표 11> 동·식물에 대한 수업 전·후의 식별능

수업 전 N = 194, 수업 후 N = 199

		정답율	까닭정답율	우연율	이해율	정답율	까닭정답율	우연율	이해율
평균	동물	179 92.3	28 15.5	151 84.5	14.6	170 85.4	152 89.4	18 10.6	76.4
	식물	190 98.0	26 13.6	164 86.4	13.4	196 98.4	146 74.4	50 25.6	73.4

수업 전에는 식물 중 무궁화에 대한 식별이 가장 높고 실제로 이해도 높았다. 그 이해는 무궁화, 버섯, 소나무 및 이끼의 순서였다. 수업전 동물에 대해서는 개구리, 모기, 까치, 개 그리고 산호의 순서였다. 수업 후에는 개, 개구리, 까치, 모기 그리고 산호의 순으로 친숙한 순서대로 이해도를 나타내었으며, 특히 산호는 생물로 이해하고 있는 학생이 겨우 6할 대이고 겨우 1/4의 학생만이 실제로 동물로서 제대로 이해하고 있을 따름이다. 수업 전이나 수업 후 어느 경우에도 동물에 대한 이해

도는 식물에 대한 이해를 앞섰다. 이 또한 Wandersee(1986)가 밝힌 바를 그대로 반영하는 것 같다. 동물이란 개념의 특성으로 '움직인다, 먹이를 먹는다, 숨는다'를 많이 기술하고, 식물에 대해서는 '광합성을 한다, 움직이지 않는다, 뿌리 잎 줄기를 갖는다'고 나타내었는 바 Tema(1989), 정완호, 허명, 차회영(1991 a,b)의 결과와 거의 비슷한 경향이였다.

종자식물과 민꽃식물에 대한 수업 전·후의 응답결과는 <표 12>와 같다.

<표 12> 증자식물, 민꽃식물에 대한 수업 전·후의 식별능

수업 전 N = 185, 수업 후 N = 199

		정답률	까닭정답률	우연률	이해률	정답률	까닭정답률	우연률	이해률
평균	종자식물	104 56.2	88 84.6	16 15.4	47.5	124 62.3	83 66.9	41 33.1	41.7
	민꽃식물	144 77.8	124 86.1	20 13.9	67.0	157 78.5	113 72.0	44 28.0	56.7

수업 전 후의 어느 경우에도 민꽃식물에 대한 이해가 꽃(종자)식물쪽보다 15%이상 높게 나타났고, 종자식물 중에서는 수업 전에는 은행나무에 대한 정답율이 가장 낮아 29%였으나, 수업 후에는 냉이에 대한 이해가 낮아 34%에 불과하였다. 민꽃 식물에서는 수업 전에는 미역에서 61%, 수업 후에는 솔이끼가 48%로 제일 낮았다. 외떡잎, 쌍떡잎 식물에서와 마찬가지로 수업 전 후의 피수검학생수의 증가로 인하여 학생들의 이해도가 낮아질 수 있는 개연성은 있겠으나, 수업전 종자식물에 대해서는 정답율 56%가 수업후 62%로 증가했다. 그러나 실제 이해도에서는 오히려 수업전에 48%였던 것이 수업

후에 42%로 감소한 것과 민꽃식물에 대한 이해에서는 수업 전 후에 거의 변화를 볼 수 없었고 실제 체득한 이해도에서는 수업전 67%에서 수업후 57%로 오히려 10% 감소를 나타내었다. 곧 수업 전 후의 실질적인 감소율은 피검모집단의 변화 범위내에 있다고 간주되므로 전통적 수업형태에 의한 학습으로는 꽃식물과 민꽃식물에 대한 개념형성의 변화는 거의 무시할 수 있는 정도라 하겠다.

외떡잎 식물과 쌍떡잎 식물에 대한 수업 전 후의 식별능은 다음과 같다.

<표 13> 외떡잎 식물과 쌍떡잎 식물에 대한 수업 전 후의 식별능

		수업전 N = 185				수업 후 N = 199			
	종류	정답률	까닭정답률	우연률	이해률	정답률	까닭정답률	우연률	이해률
평균	외떡잎 식물	73.5	91.1	8.8	66.8	67.3	58.9	40.2	39.7
	쌍떡잎 식물	80.3	89.5	11.7		73.0	70.9	68.2	31.9
	외떡잎 식물	136	124	12	66.8	134	79	54	39.7
	쌍떡잎 식물	153	137	18		141	96	45	

꽃식물과 민꽃식물에서와 마찬가지로 수업전 피수검 학생수(N = 185)에서 수업후 피수검학생수(N = 199)는 7.6%의 모집단의 증가로 인하여 학생들의 이해도가 낮아질 수 있는 개연성은 있겠다. 수업전 쌍떡잎 식물에 대한 이해도 74%에서 수업후 48%로 감소 그리고 외떡잎 식물의 경우에 대해서도 67%에서 40%로 감소했다. 이해의 진부를 파악하기 위해서 조사한 정답을 한 까닭을 설명한 진술을 살펴보면 우연에 의한 정답율이 쌍떡잎 식물의 경우 수업후의 그 값이 수업 전의 그 값의 3배, 외떡잎 식물의 경우에는 무려 그 값이 4배 이상 씩이나 늘어난 현상에 대하여는 모집단의 증가를 감안 하더라도 재래식의 전통적인 수업형태로는 비능률적임을 여실히 보여주는 예의 하나라 하겠다. 이 또한 Ausubel(1978)과 Gunstone(1987) 그리고 정완호, 허명, 차회영(1991a)의 결과와 흡사하다. 수업후 피상적인 정답을 만들 고찰하면 외떡잎식물(67%), 쌍떡잎식물(71%)에 대한 응답결과는 정완호, 허명, 차회영(1991a)의 결과와 엇비슷하나, 본 연구에서는 쌍떡잎식물에 대한 개념형성이 다소 높게 나타났다. 외떡잎식물과 쌍떡잎식물에 대한 개념형성지도에는 싹틀 때 떡잎이 한 장 나오는가, 두 장 나오는가 만을 강조할 경우에는, 싹트는 것을 관찰하기가 어려우므로 학습이 쉽지 않다. 따라서 잎맥과 뿌리의 모양을 더욱 강조함이 좋겠고 아울러 외떡잎식물은 꽃잎이 3배수로 되어 있음을 특성의 하나로 더 들어주는 것이 좋을 듯하다. 이들 꽃(종자)식물, 민꽃식물,

외떡잎식물과 쌍떡잎식물에 대한 개념은 수업전 개념이 매우 견고하여 전통적인 수업으로는 잘 바뀌지 않아 이를 바꾸기 위하여 특별한 노력이 필요함을 강조한 Ausubel(1978)과 Gunstone(1987)의 이론과 부합되는 결과들이라 하겠다.

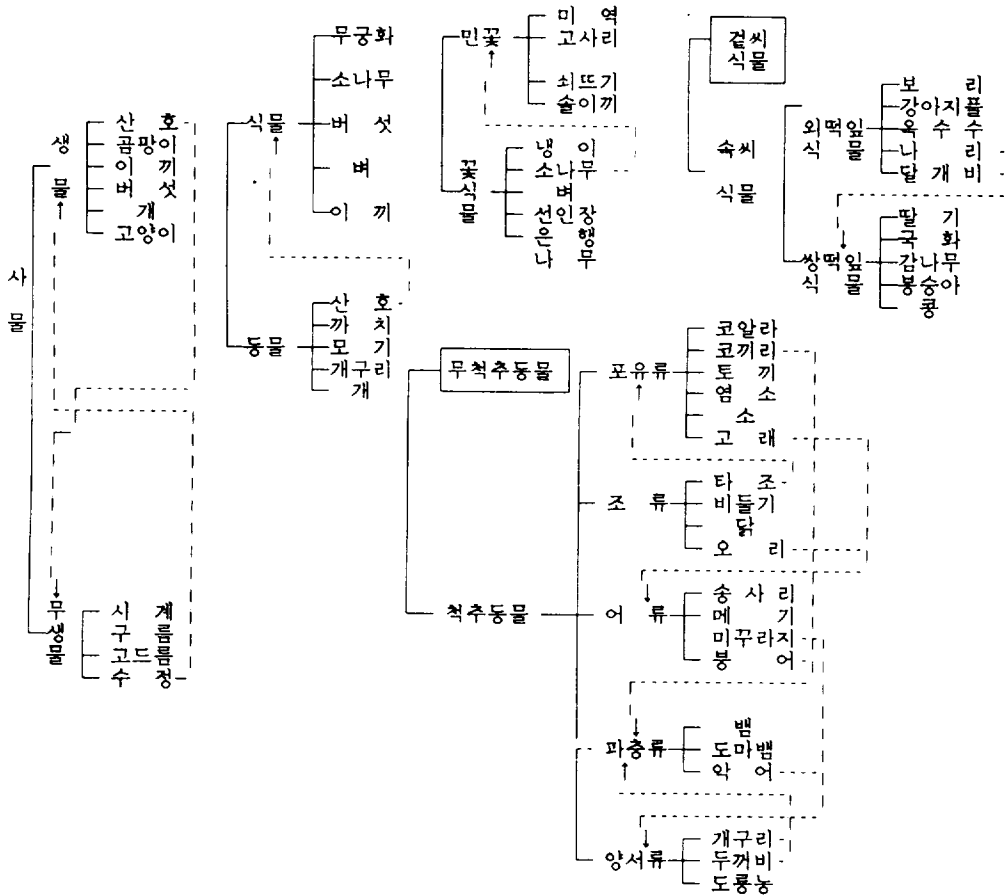
척추동물에 대한 수업 전 후의 식별능은 <표 14>와 같다.

수업전 학생들의 척추동물에 대한 분류식별은 포유류 79%, 조류66%, 어류 46%, 파충류 35% 그리고 양서류 29% 순이었으나, 수업후에는 어류 94%, 조류 92%, 포유류 92%, 파충류 73% 그리고 양서류 68%의 순서대로 나타났다. 그러나 식별한 근거를 살펴면 역시 포유류에 대한 개념이 보다 충실함을 까닭정답율에서 알 수 있는 바, 충실한 개념순으로 나열하면 포유류, 조류, 어류, 양서류 그리고 파충류의 순서로 된다. 포유류를 비롯한 조류, 파충류, 양서류에 대한 개념형성의 경향은 Trowbrige & Mintzes(1988)과 정완호, 허명, 차회영(1991b) 그리고 정완호, 차회영, 최진복(1992)의 연구에서 나온 중학생들은 식물보다는 동물에 대한 학습을 선호하고 있다는 결과에서 시사받는 바와 같이 동물개념(포유류, 조류, 어류, 파충류, 양서류)은 식물개념(종자식물, 민꽃식물, 외떡잎식물, 쌍떡잎식물)보다도 훨씬 높은 개념형성을 나타내었다. 따라서 전통적 수업형태로는 식물개념형성학습은 매우 어렵다고 유추되었다.

<표 14> 척추동물에 대한 수업 전·후의 식별능

수업전 N=184, 수업후 N=199

	척추동물	정답율	까닭정답율		우연율	이해율	정답율	까닭정답율		우연율	이해율
			2개	1개				2개	1개		
1	포유류	166 90.2	82 49.4	63 37.9	21 12.6	78.9	191 95.9	122 63.8	61 31.9	10 5.3	91.9
2	조류	153 83.1	50 32.7	70 45.7	33 21.5	65.5	189 95.0	199 62.8	64 34.1	6 3.1	92.1
3	어류	173 94.0	10 5.8	73 42.2	90 52.0	45.6	197 99.0	166 58.8	71 35.7	10 5.0	93.9
4	파충류	171 92.9	9 5.0	56 32.7	106 62.1	35.2	196 98.5	67 34.1	79 40.3	50 25.5	73.3
5	양서류	117 63.5	8 6.8	45 38.4	71 60.6	28.6	162 81.2	70 43.2	66 40.7	26 16.0	68.3
	전평균	156 84.7	32 20.3	61 39.3	64 41.1	50.8	187 93.9	99 49.6	64 32.2	21 10.4	83.9



주) 점선은 잘못 알고 있는 경우로, 화살표 방향으로 오류를 범하고 있는 것을 나타내었다.

그림 4. 조사된 사물에 대한 계통 및 개념도

앞에서 논의하고 살핀 바를 요약하여 조사한 사물에 대한 계통 및 개념도를 그림 4로 나타내었다. 조사한 검사도구의 정답에 대한 까닭설명을 기술한 내용이 대부분 매우 빈약하였을 뿐만 아니라, 실제로 알고 있는 사실조차 바르게 적지 못하고 있는 실정이다. 따라서 과학 평가에 있어서 서술형, 적어도 단답형이라도 기술형으로 출제 해야 학생들의 기록하고 진술하는 능력을 개발할 수 있을 것으로 사료되었다. 그 주요 결과는 다음과 같다.

1.전통적 수업 후에 개념형성율의 높은 향상을 보인 개념들은 생물, 무생물, 동물, 식물이며 보다 높은 향상을 보인 것은 포유류, 조류, 어류, 파충류와 양서류이다.

2.전통적 수업 후에 개념형성율의 실질적인 변화를 볼 수 없었던 개념들은 꽃식물, 민꽃식물, 외떡잎 식물과 쌍떡잎 식물이다.

이 점들은 관찰과정을 거치지 않고 개념형성만을 학습목표로 하는 전통적 수업의 한계인 것 같다. 따라서 생물 교사는 전통적 수업에서는 식물에 대한 개념이 잘 형성되도록 식물에 관한 사실과 특징들에 관해서 특별한 유의가 필요하다 하겠다.

4. 대기압 개념에 대한 연구결과

대기압 개념은 중학교 1학년 맨 처음에 나오는 개념이다. 국민학교에서 자연과를 학습한 후 중학교에 입학하자 곧 나오게 학습하게 되는 개념으로서 일상생활을 통해서 쉽게 경험할 수 있는 날씨변화와 관련하여 제시되고 있다. 그러나 대기압 개념은 무게, 밀도, 질량, 비중, 온도 등의 다른 개념의 이해를 필요로 하는 추상적 개념으로서 토리첼리 실험은 학교에서 직접 실험이 불가능하기 때문에 그림을 통해서 교과서에 제시되고 있다. 이러한 대기압 개념의 특수성 때문에 학생들에게는 매우 이해하기 힘든 어려운 개념중의 하나로 꼽히고 있다(국:1991). 본 연구의 결과에서도 대기압에 대한 12개 문항에서 그 성취도가 20%정도로 매우 낮게 나타나고 있음이 이를 증명하고 있다.

1) 검사도구

(1) 학습에 의한 개념 성취도의 변화

본 연구에서는 대기압과 관련된 선택후 설명방식의 12개 문항을 이용하였다. 구체적 내용을 보면 대기압의 측정원리를 묻는 문항이 문제 (1), (6), (7)이고 대기압의 정의를 묻는 문항이 (2), (4)이었다. 대기압의 높이에 따

른 변화에 관한 문항이 문제 (3), (8), (9), (11)이었고 문제 (10)은 대기압의 작용원리를 묻는 문항이었다.

2) 결과 및 논의

(1) 학습에 의한 개념 성취도의 변화

본 연구에서는 대기압에 관한 물음에 답을 선택하고 그 이유를 쓰도록 하였으며 답과 이유가 모두 맞는 경우(O), 답이나 이유 중 어느 하나만 맞는 경우(D), 답과 이유가 모두 틀린 경우(X)로 각각 나누어 채점하고 그 분포를 조사하였다.

학습전 결과를 보면 문제 (7), (8), (11), (12)는 정답자는 하나도 없고 전체 문항에서도 정답율이 5%에 불과하며, 답과 이유를 모두 틀린 오답율이 68%로 나타나고 있다. 이러한 결과는 문제의 난이도에서도 해석될 수 있으나 대기압 개념이 중학생들에게는 매우 어려운 개념이라는 것을 보여 주고 있다. 그런데 학습 후에는 대부분의 문항에서 성취도가 높아졌는데 특히 문제 (3), (5), (6), (8), (9), (10)에서 뚜렷하고, 문제 (2), (7), (11), (12)에서는 그 변화가 매우 적게 나타남을 알 수 있다. 성취도가 낮은 문항들은 기온 변화에 따른 밀도 변화나 기압 변화 및 대기압의 정의와 관련된 문항들이다. 즉 문제 (7)은 어느 지역의 기온이 올라가면 공기가 팽창하여 밀도가 작아지기 때문에 대기압도 낮아지므로 수은주의 높이는 낮아진다는 것을 이해하고 있는지 알기 위한 문항이고, 문제 (8)은 등근 풍선이 하늘 높이 올라가면 대기압이 낮아져서 팽창하는데 대기압은 모든 방향에서 똑같이 작용하므로 등근게 팽창한다는 것을 묻기 위한 문항이다. 또 문제 (11)은 만일 대기권의 밀도가 모든 높이에서 일정하다고 하여도 높이 올라갈 수록 대기층의 무게가 감소하므로 대기압은 낮아진다는 것을 묻는 문항이며 문제 (12)는 책상위에 놓여 있는 과학책에 작용하는 대기압은 책의 면적에 관계없이 1기압이라는 것을 알고 있는지 조사하기 위한 문항이다. 이들 문항들은 온도나 밀도변화, 대기압의 작용변화, 대기압의 높이에 따른 변화 원인, 대기압의 정의에 대한 이해를 요구하고 있다.

각 문항에 대한 이해형태를 조사하기 위하여 각 문항에서 답의 선택분포를 분석하였다. 문제 (1)에서 (가), (마) 즉 시험관 위의 진공부분의 높이를 대기압의 크기로 알고 있는 학생이 36%나 되고, 문제 (2)에서 1008mb를 고기압이라고 생각하고 있는 학생이 70%, 문제 (3)에서 상층으로 올라 갈수록 대기압이 증가한다고 이해하는 학생이 54%, 문제 (6)에서 대기압이 높아지면 수은주는 낮아진다고 생각하는 학생이 46%나 된다. 또

문제 (7)에서 기온이 높아지면 수은주도 높아진다고 생각하는 학생이 54%, 문제 (9)에서 한라산 정상에서 토리첼리 실험을 하면 수은주가 높아진다는 학생이 44%나 되고 문제 (11)에서 만약 대기권의 밀도가 모든 높이에서 일정하다면 상층으로 올라가도 대기압은 일정하다는 생각이 36%, 문제 (12)에서 가로 20cm, 세로 15cm인 과학책에 작용하는 대기압에 대한 학습 전에 학생들은 대기압의 측정, 정의, 높이에 따른 변화, 기온에 따른 변화, 수은주의 높이와의 관계 등에서 많은 오개념을 가지고 있음을 알 수 있다. 그런데 학습 후에는 이들 문항에 대한 선택율이 감소하는 경향에서 학습에 의한 개념 개선 효과를 볼 수 있지만 (1)의 (나), (바) 그리고 (2)의 3, (4)의 2, (7)의 3, (9)의 3, (11)의 3 등은 오히려 증가함으로써 오개념이 더욱 강화되었음을 알 수 있다.

또 위의 분석 결과는 객관식 형태의 답의 선택에서 정답의 선택율을 분석한 정답율과 답에 대한 이유까지를 포함한 정답율 사이에 큰 차이가 있음을 보여 주었는데 이는 학생이 비록 답은 옳게 선택하였지만 그 이유는 모르고 있음을 보여 준다. 뿐만 아니라 학생들이 평상시 학교 교육의 평가에서 객관식 시험문제에만 익숙하여 있어서 그 이유를 쓰는 형태의 문제에는 전혀 익숙하지 못하여 이유의 설명능력이 매우 부족하다는 것도 알 수 있었다.

(2) 학습전과 후의 개념변화

대기압 개념과 학습전과 후에 학생들이 가진 이해들을 분석하기 위하여 설문지의 각 문항에 대한 이유들을 몇 가지 유형으로 나누고 그 분포를 분석하였다.

먼저 토리첼리의 실험에 의한 대기압의 측정원리를 묻는 문항 (1), (6), (7)에 대한 이유의 유형은 다음과 같은 것들이 있다.

문제(1) 토리첼리의 실험에서 대기압에 해당하는 높이는? 그 이유는?(정답율 변화 6% → 14%)

<수업 전>

이유

1. 표면에서 끝부분까지의 대기압과 같으므로(9%)
2. 수은이 더 이상 올라가지 않으므로(4%)
3. 수은이 무거우므로(4%)
4. 대기압 때문에(4%)

<수업 후>

이유

1. 수은주의 높이는 수은면에서 재니까(13%)
2. 1기압은 수은주 76cm이므로(12%)

3. 멈춘 높이만큼 대기압이 작용하므로(4%)
4. 안쪽과 바깥쪽 압력이 같은 곳이므로(4%)

위의 결과에서 학습전에는 정답율이 5%정도 밖에는 되지 않고 기타 22종의 여러 이해들이 있으며 특히 둘째 그림에서 (아)를 선택한 학생이 6%에 불과하고 (가)와 (마)를 선택한 학생이 36%로 가장 많은 것이 특이하다 하겠다. 이는 대기압이 수직으로 작용하므로 높이를 수직으로 측정해야 한다는 것을 이해하지 못하고 시험관 속에 있는 진공부분에 공기가 있어서 그 공기의 압력으로 수은이 내려갔다고 생각하는 것을 보여주고 있다. 그러나 학습 후에는 이유 1이나 2 등과 같이 그 이유가 구체적이고 약간의 역학적인 형태로 변화되었음을 볼 수 있지만 대기압은 수직으로 작용하기 때문이라는 역학적 원리를 이해하지 못하고 있음을 알 수 있다.

문제 (6)은 대기압이 수은주를 눌러서 그 힘이 반대 방향으로 작용하여 수은주를 내려오다 멈추게 한다는 역학적 관계를 알아보는 것인데 물체에 힘이 작용하면 같은 크기의 힘이 모든 방향으로 작용한다는 원리에 관한 문제이다. 정답율이 매우 낮으며 이유 1이나 이유 2가 많은 것에서 대기압은 누르는 힘이라는 생각이 학생들에게 강하게 기억되어 있다는 것을 알 수 있다. 학습 후에는 정답율이 많이 높아졌지만 이유 1이 그대로 남아 있고 이유 2가 오히려 증가한 결과도 이를 증명하고 있다.

문제 (7)은 기온이 상승하면서 공기의 밀도가 작아져서 대기압은 감소하므로 수은주가 낮아진다는 사실을 묻고 있다. 답과 이유를 모두 맞춘 학생이 한 명도 없는데 이는. 이유 1이나 3, 4와 같이 기온이 올라가면 온도계에서 수은이 팽창하여 올라가는 현상에 대한 생각이 학생의 사고를 지배하고 있기 때문이라는 것을 보여 주고 있다. 학습 후의 정답율도 매우 낮은 것으로 부터 기온변화와 밀도 및 압력의 관계를 연관시켜 이해하기가 어려운 이유로 개선효과가 매우 적은 개념들이라는 것을 알 수 있다.

이상의 문제 (1), (6), (7)의 결과에서 학습전과 후의 학생들의 대기압 개념에 대한 이해가 너무 복잡함을 알 수 있으며 이들 생각 중 특징적인 것으로 첫째, 대기압은 토리첼리 실험의 시험관 속에 있는 공기의 압력이라는 생각 둘째, 대기압은 누르는 힘이므로 대기압이 높아지면 누르는 힘이 커져서 수은주의 높이도 낮아진다는 생각 셋째, 기온이 올라가면 온도계의 원리와 같이 수은주도 올라간다는 생각 등을 들 수 있다.

다음은 대기압의 정의, 즉 대기압은 1cm에 수직으로

작용하는 공기의 무게라는 것을 알아보기 위한 것이 문제 (5), (12)이다.

문제 (5) 톨리첼리 실험에서 유리관의 지름을 2배 큰 것으로 하면 수은주의 높이는? 그이유는?(정답을 변화 10% → 34%)

<수업전>

이유

1. 면적이 넓어져 낮아진다.(23%)
2. 대기압은 일정하므로 변화없다.(15%)
3. 면적이 넓어져 대기압이 더 크게 작용하므로 낮아진다.(11%)
4. 아래에서 밀어 올리는 기압이 낮아져 낮아진다.(9%)

<수업후>

이유

1. 대기압은 항상 1기압이므로 일정하므로 일정하다(28%)
2. 대기압은 모든 방향에서 똑같이 작용하므로 일정하다.(21%)
3. 면적이 두 배가 되어도 더 크게 작용하므로 낮아진다.(9%)
4. 면적이 두배가 되므로 높이는 낮아진다.(6%)

이 문제에서는 대기압이 1cm²에 수직으로 작용하는 압력이라는 정의에 관한 이해를 묻고 있다. 학습 전에는 작용하는 면적이 넓어지면 대기압도 비례하여 커지고 따라서 누르는 힘이 커져서 수은주의 높이는 더 낮아진다는 이해형태를 가지고 있음을 보여 주고 있으며, 학습 후에는 이러한 형태의 이해는 감소하였으나 대기압은 1기압으로 항상 일정하다는 생각이 새롭게 발생하였음을 알 수 있다. 이러한 생각은 문제(12)나 (2)의 이유에서도 보여 주고 있다.

문제(12)는 문제(5)와 같은 대기압의 정의를 묻는 문항이다. 문제 (5)의 결과 에서와 같이 면적이 커지므로 대기압도 비례하여 증가한다는 생각이 가장 많으며, 1/300로 감소한다는 생각도 가지고 있음을 보여 주고 있다. 학습 후에는 이러한 생각은 그대로 유지되고 있으며 그 개선 효과가 적음을 정답율의 변화에서도 알 수 있다.

셋째는 고기압과 저기압의 정의와 그 일기를 이해하고 있는지를 알아보기 위한 것이 문제 (2), (4)이다.

문제 (2) 어느 날 관측된 기압이 1008mb였다. 이 날의 기압은 고기압인가?, 저기압인가? (정답을 변화 2% → 6%)

<수업전>

이유

1. 1008mb는 기압이 높으므로 고기압이다. (49%)
2. 1008mb를 넘으므로 고기압이다. (11%)

<수업후>

이유

1. 1000mb보다 높으므로 고기압이다. (45%)
2. 1기압(1013mb)보다 낮으므로 저기압이다. (32%)
3. 주변의 기압을 알 수 없으므로 알 수 없다. (9%)
4. 주변의 기압보다 높으므로 고기압이다. (6%)

위의 결과에서 1008mb가 1000mb보다 높으므로 고기압이라는 생각이 60%이상이다. 이로서 학생들은 고기압, 저기압의 정의에 관하여도 잘 이해하지 못하고, 그 기준이 1000mb라는 생각을 강하게 가지고 있다는 것을 보여 주고 있다. 학습 후에는 이유 3이나 4와 같이 약간의 변화는 있지만 학생의 이러한 생각이 그대로 유지되고 있음을 알 수 있다.

문제 (4)의 결과에서 날씨가 따뜻하면 기압도 상승한다는 생각이 50%정도나 되는데 이는 따뜻하면 고기압이라는 생각과 온도계처럼 팽창하면 기압도 상승한다는 앞의 문항 (7)의 결과와도 일치하고 있다. 따라서 학생들은 고기압이나 저기압을 날씨가 상승, 하강 기류와 관련하여 이해하지 못하고 있음을 보여 주고 있는데 이러한 생각은 학습 후에는 이유 1과 같이 유지되고 있다.

넷째는 대기압의 높이에 따른 변화에 대한 이해를 묻는 것이 문제 (3), (8), (9), (11)이다.

문제 (3) 지표에서 대기중으로 올라갈수록 대기압은 어떻게 되겠는가? 그 이유는? (정답을 변화 2% → 40%)

<수업전>

이유

1. 대기층으로 올라가면 대기압도 따라서 올라간다. (21%)
2. 대기층과 대기압은 반대이므로 낮아진다. (9%)
3. 위로 갈수록 누르는 힘이 커진다. (6%)
4. 대기층이 감소하므로 대기압은 감소한다. (6%)

<수업후>

이유

1. 공기가 희박하므로(줄어들므로) 대기압은 감소한다. (34%)
2. 기압(공기압력)이 낮아지므로 감소한다. (11%)
3. 지구가 당기는 힘(중력)이 약해져서 감소한다. (6%)
4. 대기중으로 올라갈수록 대기압은 증가한다. (6%)

이 결과에서 학습전 학생들은 대기중으로 높이 올라

갈수록 대기압도 비례해서 올라간다는 막연한 비례적 사고를 가장 많이 가지고 있었으나 학습 후에는 이들 생각이 뚜렷이 개선되었으며 중력이나 대기층의 두께와 관련한 이해가 새롭게 형성된 점이 특이하다.

문제 (8)의 결과는 대기압은 누르는 힘이라고 정의를 단순히 암기하고 있기 때문에 납작해진다는 생각을 가지거나 중력이 작용하여 길쭉하게 된다는 생각을 가지고 있음을 보여 준다. 그러나 풍선이 위로 올라갈수록 팽창하여 커진다는 것은 대부분의 학생들이 생활경험을 통해 인식하고 있음도 알 수 있으며 이러한 생각은 수업 후에는 공기의 밀도, 압력, 기압등과 관련한 역학적 개념으로 현저하게 개선된 점을 보여 주고 있다.

문제 (9)는 문제 (3)을 수은주의 높이에 관련시켜 이해하고 있는지를 알아보기 위한 것이다. 이 결과에서도 대기 중으로 높이 올라갈수록 대기압이 비례해서 증가한다는 생각이나 대기압이 증가하면 눌러서 수은주는 낮아진다는 생각이 많음을 보여 주고 있다. 그런데 중력이 작아져서 수은주가 낮아진다는 생각은 문제 (8)의 결과와도 일치하고 있으며 평지보다 산의 정상은 높기 때문에 수은주도 높아진다는 생각은 맹목적인 비례적 사고에서 나온 것임을 알 수 있다. 그러나, 수업 후에는 이들 생각이 뚜렷이 개선되지만 산 정상에 올라가면 기압이 증가하여 수은주도 높아진다는 비례적 사고는 상당히 남아 있음을 보여 주고 있다.

문제 (11)은 대기압의 높이에 따라 감소하는 것은 공기의 밀도가 감소하는 현상 뿐 아니라 대기층의 두께가 얇아지니까 그 무게인 대기압은 감소한다는 사실을 이해하고 있는지 알아보기 위한 것이다. 문제 (3), (8), (9)의 결과에서 학생들은 대기압이 높이에 따라 증가한다는 생각을 가장 많이 가지고 있다는 것을 보여 주고 있는데 본 문항의 결과에도 그와 같은 생각을 보여 주지만 대기의 밀도가 일정하다는 가정을 제시하였을 때 그 대답은 앞의 결과와는 다르게 대부분의 학생들이 대기압도 일정하다고 응답하고 있다. 이 결과도 앞에서 높이 올라가면 대기압도 증가한다는 막연한 비례적 생각과 같이 밀도가 일정하니까 대기압도 일정할 것이라는 맹목적인 생각 즉, 어떤 자연 현상에 대해서 그 이유를 과학적으로 이해하려는 논리적 사고가 매우 부족하다는 것을 알 수 있다. 또, 이러한 이해는 학습 후에도 그대로 남아 있다는 것을 보여 주고 있다.

다섯째는 대기압이 작용하는 역학적 원리에 관하여 이해하고 있는지를 알아보기 위한 것이 문항 (10)이다.

문제 (10) 토리첼리 실험에서 수은주를 내려오다 멈

추게 한 힘은? 그 이유는? (정답을 변화 16%→ 48%)

< 수업전 >

이유

1. 대기압 때문이다. (9%)
2. 중력이 끌어당기므로 (9%)
3. 수은이 내려오다 대기압과 같아서 멈춘다. (6%)

< 수업후 >

이유

1. 대기압이 수은을 누르고 있으므로 (17%)
2. 대기압 때문에 (11%)
3. 중력으로 내려오는 것을 대기압이 막아서 (9%)
4. 중력 때문에 (9%)

이 결과에서 수은주가 내려오다 멈추게 한 힘은 대기압이나 중기압 때문이라고 막연하게 생각하는 학생이 가장 많고 그 역학적 작용원리를 설명하는 학생은 거의 없다. 물론 본 문항이 고차원적인 역학관계를 요하는 어려운 문제이기 때문이라고 생각하나 대기압이 아래로 작용하면 그 힘이 모든 방향으로 같은 크기로 작용하므로 반대방향인 윗방향으로도 같은 크기의 힘이 작용한다는 단계적 사고가 학생들에게 부족하다는 것을 보여 주고 있다. 학습 후에도 이러한 생각은 그대로 유지되고 있지만 학습전보다 발전된 생각들이 나타나고 있다.

(3) 결과 요약 및 논의

중학교 1학년 학생인 본 연구의 대상들이 대기압 개념에 대한 전통적 수업을 받기 전과 후에 있어서 개념 이해 변화의 특징을 요약하면 다음과 같다.

① 대기압의 측정 원리에 대한 이해에서 토리첼리 실험 중 수은주 위에 공기가 있다는 생각은 대기압은 1기압으로 수은주 76cm라는 생각과 다소의 역학적 이해로 개선되었으나 대기압은 공기가 누르는 힘이므로 대기압이 높아지면 수은주도 눌러서 낮아진다는 생각이나 기온이 올라가면 온도계 원리와 같이 팽창하여 수은주도 높아진다는 생각 등은 그 개선 효과가 매우 적다.

② 대기압의 정의에 관한 이해에서 시험관의 지름이 커지면 누르는 힘인 대기압도 커져서 수은주도 낮아진다는 생각은 대기압이 항상 1기압으로 일정하다는 생각으로 변화되거나 작용 방향이나 면적과 관련하여 개선되었지만, 고기압과 저기압의 이해에서 1008mb가 막연히 높다고 하던 생각들이 수업 후에는 1000mb나 1013mb로 더욱 구체화되어 잘못 이해되고 있으며 날씨와 관련된 이해에서는 따뜻하면 온도계처럼 기압이 높거나 따뜻하면 고기압이라는 생각이 그대로 유지되고

있다.

③ 높이에 따른 대기압의 변화에서 대기중으로 올라가면 대기압도 따라서 높아진다는 생각이 공기의 양적 개념이나 기압 개념으로 개선되었지만 중력 개념이 새롭게 인식되어 이들 개념의 이해를 더욱 복잡하게 하고 있으며 풍선의 모양에 대한 이해는 매우 좋은 개념 개선 효과를 볼 수 있다. 그러나 이들 개념 변화는 한라산 정상에서의 실험 등으로 상황을 바꾸어 보았을 때 기압이 낮아지니까 수은주는 높아진다는 생각이 그대로 남아 있음도 알 수 있다.

④ 대기압이 작용하는 원리에 관하여 대기압 때문에 수은주가 내려오다 멈춘다는 생각이 수업후에는 대기압이 받쳐 준다거나 막는다와 같은 역학적 이해로 변화하고 있지만 대기압이 수은면에 작용하면 그 힘이 모든 방향으로 같은 크기로 작용한다는 역학적 이해에서는 구체적 이해가 부족하다.

대기압 개념이 날씨와 관련된 생활 경험을 통해서 학생들에게 쉽게 이해되리라고 생각하여 중학교 맨 앞 단원에 제시되고 있지만 본 연구의 결과에서도 알 수 있듯이 학생들의 개념 이해는 매우 낮은 수준에 그치고 있으며 학습전에 가졌던 여러 오개념들이 과학 개념으로 개선되지 못하거나 더욱 복잡해지고 있다. 따라서 대기압 개념은 중학교 1학년에서 학습되기에는 매우 힘든 개념이므로 2학년으로 이동할 필요가 있다고 생각한다. 본 연구에서 전통적 수업을 기존의 교사들의 수업 방법으로 정의하였지만 수업을 행한 교사의 수업 형태를 분석하면 이들의 원인을 알아내고 그 개선 방법도 제안될 수 있을 것이나 이 점이 아쉽다 하겠다.

5. 전통적 학습의 문제점

전통적 학습의 문제점을 알아보기 위하여 사전 사후 검사와 수업을 받은 학생들중에서 임의로 20명을 선정하여 과학개념학습에 대하여 학생들이 느끼는 전통적 학습의 문제점을 조사하였다. 이를 조사하기 위한 가능한 방법으로는 연구자들이 교실수업 참관을 통하거나 교사 자신의 수업 점검표를 통하여 조사하는 등의 방법이 있을 수 있지만 가장 실제적인 문제점은 학습자 자신이 가장 정확하게 인식할 것이기 때문에 학생을 직접 면담하여 조사하였다. 구체적인 면담 내용을 요약 정리하면 다음과 같다. 먼저 학생들에게 검사도구에 응답한 소감을 묻는 질문에 대하여 상당수의 학생들이

“문제 유형이 처음 접하는 것이어서 당황했어요. 그리고 어려웠어요.”

“이 문제는 학교에서 배웠더라도 한참을 생각하여야 답이 나와요.”

“이런 문제가 우리 실력을 알아내는데 지금까지 문제보다는 나온것 같아요”

와 같이 검사도구에서 제시한 문제에 대하여 답하기 어렵다고 응답하였고 좀더 생각을 하여야 답이 나오며 이 같은 문항이 학생들의 실력을 보다 더 옳게 평가할 수 있는 문항이라고 인식하고 있었다. 학생들이 이 같이 새로운 문항에 잘 응답하지 못하는 이유를 묻는 질문에 “생각을 하지 않고 답하기 때문에...”

“과정을 알려 하지 않고 결과만 알려고 하기 때문에...”

“수업시간에 생각하지 않아요.”

“실험도구가 부족해요. 그리고 도구가 정확하지 않아요.”

“실험할 때 조별 인원수가 너무 많아요.”

와 같이 학생자들이 과학수업에서 생각을 많이 하지 않고 단편적인 답만을 구하려하기 때문인 것으로 응답하였으며 학교에서 수행하는 실험활동과도 연관성을 지으려 하였다. 교사들의 수업에 대하여는

“선생님들이 입시위주의 수업을 하세요.”

“선생님들이 원리위주가 아닌 답을 구하는 방법을 중심으로 가르치세요.”

“선생님들이 탐구 사고력을 기를 수 있는 질문을 많이 해 주셨으면 좋겠어요” 와 같은 교사들이 입시와 관련지어 수업을 하고 있으며 학생들의 탐구사고력에 대한 자세한 조사는 하지 못하였지만 학생들은 과학교사가 학생들에게 탐구 사고력을 기를수 있는 의미 있는 질문을 해주지 않는 것을 지적하였다. 학교에서 수행하는 실험에 대하여 학생들은

“조별 인원수가 줄어야 해요.”

“실험할 때 몇 사람만 하고 나머지는 놀아요.”

“실험후에 개별적으로 발표를 시키고 보고서도 개별적으로 받아야 해요.”

“선생님이 아이들이 실험에 참여하는지 확인해야 해요.”

“실험할 때 자신감이 없어요. 그래서 그저 호기심으로 실험을 하기도 하고 그냥 생각하지 않고 실험을 해요.”

등과 같이 실험 조원의 수가 많기 때문에 실험의 참여도가 낮아지고 교사의 지도를 받을 기회가 줄어드는 것을 문제점으로 지적하였으며, 이로 인하여 실험시간에 자신이 적극적으로 참여하지 못하고 수동적으로 참여한다고 하였다. 학습자 자신의 학습 습관에 대해서는

"친구들에게 망신당할까 봐 질문을 못하겠어요."

"선생님이 구박할까 봐 질문을 못하겠어요."

"선생님을 대하기가 어렵고 공부 잘하는 친구에게 미안해서..."

"질문하는 것보다는 나중에 친구에게 물어 보거나 참고서를 보면 되니까..."

"잘 몰라도 그냥 넘어가요."

와 같이 과학 수업중에 자신이 모르는 것이 있어도 그냥 지나치며 질문을 하지 않는다고 하였다. 그 이유는 친구들의 눈치를 살피거나 교사로부터의 꾸지람등이 두렵기 때문인 것으로 나타났다. 특히 친구들의 눈치를 살피는 학생들이 많았는데 이로부터 교실 수업 시간에서의 학생들 사이의 사회적 현상에 대한 연구의 필요성을 발견 할 수 있었다.

IV. 결론 및 종합 논의

지금까지 본 연구에서 나타난 연구 결과를 각 전공영역별로 종합하여 보면 다음과 같다. 물리영역의 전류, 전압, 저항에 대하여 P.O.E.검사를 통하여 조사한 결과 학생들은 전구의 밝기를 전류, 전압, 저항과의 관계로 설명하기 보다는 전구의 위치, 전구의 개수, +극으로부터의 거리, 전선의 길이 등과 같은 회로 또는 실제 제시한 관찰 도구의 외적인 특징과 관련지으려는 경향이 있었으며 이같은 경향은 수업 후에도 별로 변화가 없었다. 객관식 정답율의 경우는 수업 전·후에 향상된것으로 나타났다으나 선택과 설명 모두를 옳게 응답한 학생수는 수업 전·후에 거의 변화가 없었다. 학습자가 관찰을 통하여 자신의 생각과 일치하지 않는 현상을 보고 어떻게 하는지에 관하여 전압, 전류, 저항 개념을 통하여 조사하였다. 그 결과 학생들은 사전검사이전 사후검사이전 자신의 예측과 다른 현상을 관찰하였을 때 보여준 사실에 따라 자신의 생각을 바꾸는 것으로 나타났다으나 이 같은 변화는 지속적인 것이 아니라 잠정적임이 확인되었다. 즉, 수업 후에 실시된 사후검사의 예측단계에서는 여전히 자신이 맨 처음 가지고 있던 생각대로 응답한 사실이 이를 뒷받침한다.

화학의 경우는 산과 염기에 대하여 조사하였는데 학생들이 수업 후에도 그릇된 생각을 고수하거나 새롭게 학습한 내용을 자신의 생각과 연관시키지 못하고 선개념과 다른 별도의 개념으로 받아들이는 특징이 발견되었다. 한편, 산과 염기가 합쳐져 중성인 물질이 된다는

사실을 알면서도 이 개념을 화학식을 통한 중화개념으로 연결시키지 못한 예에서 본 바와 같이 학생들에게는 경우에 따라 개념적으로는 이해하고 있으면서도 이 개념을 화학식을 통하여 나타내지 못한 경우도 발견되었다.

생물영역에서는 생물, 무생물, 동물, 식물, 포유류, 조류 등의 개념들에 대하여 조사하였는데 다른 영역과는 달리 전통적 수업후에 개념의 종류에 따라 개념형성 정도의 차이가 났다. 가장 높은 개념변화를 보인 개념은 포유류, 조류, 어류, 파충류이었고 그 다음 높은 변화를 보인 것은 생물, 무생물, 동물, 식물로 나타났다. 반면에 전통적 수업후에도 별 변화가 없었던 개념은 꽃식물, 민꽃 식물, 외떡잎 식물과 쌍떡잎 식물로 나타났는데 이 같은 결과는 생물 영역의 경우는 개념의 종류에 따라 전통적 학습의 한계가 있는 것도 있으며 경우에 따라서는 전통적 학습으로도 충분한 경우도 있었다.

지구과학의 경우는 대기압에 대하여 조사하였는데 학생들의 설명 방식이 수업후에 좀더 역학적인 설명체계를 보였으나 대기압을 공기가 누르는 것으로 이해하여 수은주의 높이가 더 낮아진대거나 온도가 올라가면 온도계가 올라가듯이 수은주도 올라간다는 등의 그릇된 생각을 수업후에도 여전히 고수하고 있었으며, 높이에 따른 대기압의 변화에서 학생들이 공기의 양적 개념에서 기압개념으로 개선되었지만 중력개념이 새롭게 인식되면서 학생들의 개념이 더욱 복잡하게 되는 경향을 발견하였다.

이상의 각각의 영역별 특징에서 본 바와 같이 특정개념에 따라서는 쉽게 변화하는 예도 부분적으로 있었으나 거의 모든 영역에 걸쳐 전통적 수업에 의하여 중학교 학생들의 과학개념을 변화시키는데에는 한계가 있음이 확인 되었다. 또한 새로운 학습이 이루어짐에 따라 기존개념과 얽혀 보다 더 혼동상태의 개념으로 바뀌거나 자신의 개념과 별개의 개념으로 학습해버리는 경향이 모두 발견되었다. 과학실험에서 수행되고 있는 많은 활동이 기존 과학 이론 또는 개념을 확인하는 형태의 실험이 실시되고 있지만 확인만으로 학생들의 개념이 변화하였다고 생각하는 것이 잘못임이 밝혀졌고 교사들의 입장에서는 복잡한 과학 개념을 단순화하기 위하여 수식적으로 나타내는 학생들을 지도하지만 이같은 수식의 이해에 학생들이 상당한 어려움을 느끼고 있음도 밝혀졌다. 한편, 학생들이 생각하는 전통적 과학수업 문제점 조사에서 본 바와 같이 학교에서 너무 단편적인 사실을 평가하고 있으며 과학 수업중에 학생과 교사사이의 상호작용이 거의 없었다. 상호작용을 방해하는 요소

로 중요하게 부각된 것이 학습자 주위의 교사 또는 동료들과의 사회적 관계가 중요한 요인으로 작용하였다. 즉 친구들의 눈치를 살피거나 교사로부터의 꾸지람이 두려워 질문을 하지 않는다는 것이 학생들의 고백이다. 이 같은 연구 결과는 일선 학교의 과학수업이 학생들의 과학개념 학습에 적절하지 못함을 나타내주고 있으며 본 연구에서 밝혀진 문제점을 고려한 보다 더 의도적인 과학학습의 필요성이 물리, 화학, 생물, 지구과학의 모든 영역에 걸쳐 확인된 것으로 생각한다. 그러나 본 연구의 특징이 중학교 과학의 물리, 화학, 생물, 지구과학의 네개 영역을 모두 고려하고 있고 선정개념도 각기 달라 검사도구 유형과 분석 방법에 약간의 차이가 있었다. 따라서 연구결과의 서술 과정에 일관성이 결여되었고 연구 결과를 일반화하는데 어려움이 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

국동식(1991); 대기압, 조석, 계절 변화에 대한 학생들의 개념과 학년간 이해의 차이. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문. 서울대학교

계오남(1987); 국민학교 아동의 생명개념 형성에 대한 연구, 국민학교 아동의 과학개념형성 연구 토착화를 위한 발전적 탐색 세미나, 한국과학교육학회, pp 70-76

김영민(1991); 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유 수업의 영향, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 서울대학교.

정완호,허명,차회영(1991 a); 한국 초, 중, 고 학생들의 식물분류 개념에 관한 연구, 한국과학교육학회지, 11(1):25-26

정완호,허명,차회영(1991 b); 한국 초, 중, 고등학생들의 동물 분류 개념에 관한 연구, 한국생물교육학회지, 19(2):95-114

정완호,차회영(1992); 한국 초, 중, 고등학교 학생들의 생명개념에 관한 연구, 한국생물교육학회지, 20(2):147-151

정완호,최진복,차회영(1992); 교사들이 제시한 학생들의 생물 오개념, 한국과학교육학회지, 12(1):23-31

Anderson, B.:(1986) The experimental result of caution: A common core to pupils preconceptions in science. Eur. J. Educ., Vol.8,

No.2.

Ausubel, D. F.:(1968) Educational psychology, A cognitive view. (Holt, Rinehart and Winston)

Ausubel, D. P., Novak, J. D. and Hanesian, H.:(1978). Educational psychology. 2nd ed. Holt, Rinehart and Winston

Baird, J. R.:(1984)Improving learning through enhanced metacognition: A classroom study. Eur. J. Sci. Edu., 8, 263-282

Baird, J. R., Mitchell, I. J(1987) Improving the quality of teaching and learning. Melbourne, Australia, The Monash Univ. Printery.

Bliss, J., Monk, M. and Ogborn, J.:(1983) Qualitative data analysis for educational research: A guide to uses of systematic network, Great Britain, Biddles Ltd.

Champagne,A B., Klopfer,L.E. and Anderson, J.H.:(1980) Factors influencing the learning of classical mechanics. Am. J. Phys., 48(12), 1074-1079

Fredette, N. H.:(1987) Student of computers itself evaluate data from introductory physics lab.,Proceedings of from intridectory of the misconceptions of the misconception and education strategies in science and mathematics, Cornell University, Ithaca, Vol, 3.

Gilbert, J. K., Osborne, R.J. and Fensham, P.J.:(1982) Childrens science and its consequences for teaching. Science Education. 66(4) 623-633.

Gilbert, J. K., Watts, D.M and Osborne, R.J.:(1982) Students conceptions of ideas in mechanics. Phys. Educ., Vol. 17,62-67

Gould, C.:(1986). A Study of Pupils' Reponses to empilical evidence. Doing Science. Millar(Ed.)

Gunstone, R.:(1987) Students understanding in mechanics: A large population survey. Am.J. Phys., 55(8), 691-696.

Helm, H.:(1980) Misconceptions in physics amongst south africa students. Phys. Educ., Vol, 15.

Osberne,R.J. and Gilbert,J.K.:(1980) A technique for exploring students views of the world, The Institute Physics

Tamir,P., Gal-Choppin,R. & Nussinovity,R.(1981). How do intermediate and junior high school students conceptualize living and nonliving? J.

- of Research in Science Teaching, 18(3):241-248.
- Tema, B.O. (1989). Rural and urban african pupils alternative conceptions of animal. Journal of Biological Education, 23(3):199-207.
- Terry, C. and Jones, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. Eur. J. Sci. Educ., Vol. 8(3), 291-298.
- Trowbridge, J.E. and Mintzes, J.J. (1985). Students alternative conceptions of animals and animal classification, School Science and Mathematics, 85(4):304-316.
- Trowbridge, J.E. and Mintzes, J.J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: A cross-age study. Journal of Research in Science Teaching, 25(7): 547-571.
- Wandersee, J. H. (1986). Plants or animals which do junior high school students prefer to study?. Journal of Research in Science Teaching, 23(5):415-426.

(ABSTRACT)

Middle School Students' Conceptual Change about Science Concepts Through Traditional Teaching and Learning

Dai-shik Kim, In-keun Park, Eun-mo Sung, Dong-shik Kook, Ik-gyun Kim

(Department of Science Education, College of Education Chungbuk National University)

Young-cheol Son, Seung-ho Ro*, Hak-ki Kim

(Attached Middle-School, College of Education Chungbuk National University)

Middle school students' conceptual changes on physics, chemistry, biology and earth science concepts which were intentionally selected by researchers had been investigated through traditional teaching and learning by paper and pencil tests and P.O.E. The weak points had been studied by individual interviews about the problems of traditional science classroom teaching after students' testing and learning about science concepts. As results, students' conceptual changes could be hardly found through traditional teaching and learning except several concepts in biology. The weak points of traditional science classroom teaching and learning were as follows:

- 1) Teachers teach science as finding answers.
 - 2) The conventional science test is not performed to find students' concepts out but to recall simple knowledge or calculus.
 - 3) Students hesitate to ask teacher questions in science class because of their colleagues' or teachers' blame.
- These mean that science teachers need specially designed teaching methods on the students' concepts and researchers had to study about science classroom sociology, what happened in science classrooms.

* Attached High-School, College of Education Chungbuk National University