

체계적 비유 수업을 받은 중학생의 전류 개념의 시간적 변화

김영민

(한국교육개발원)

유준희 · 박승재

(서울대학교)

(1994년 8월 8일 받음)

I. 연구의 필요성 및 목적

전류와 같이 추상적인 개념을 이해하기 위하여 과학 교과서에서는 비유를 적용하여 설명하고, 실제 수업에서도 교사는 그 비유를 이용하여 추상적인 개념을 이해시키기 위해 노력한다. 그러나 비유는 학생들에게 추상적인 개념을 이해하는데 도움을 줄 수 있는 반면, 비유의 속성이 목표 개념의 속성과 완전히 일치하지 못하기 때문에, 비유를 사용함으로써 오히려 학생의 오개념을 강화하거나 유발할 수도 있다 (Osborne, 1983). 그러므로 김영민(1991)은 추상적이고 어려운 개념의 이해를 위해 비유를 쓸 때에는 비유물의 조건과 비유 사용 상황이 고려된 체계적 비유를 써야 한다고 주장하였다. 예를 들면, 전류를 설명하기 위해 물회로 비유를 쓰더라도 중앙의 물탱크에서 가정으로 공급되는 비유를 쓰는 것보다는 폐쇄된 회로에서의 물흐름 비유를 쓰는 것이 효과적이라는 것이다. 왜냐하면, 중앙의 물탱크에서 가정으로 공급되는 비유를 쓰면, 가정에서 물을 소비하는 경험 때문에 전류의 소모 생각을 강화할 가능성이 있다는 것이다. 또 비유를 쓸 때 수시로 적용하는 것보다는 갈등 상황의 유발 후에 그리고 비유의 한계에 대한 토의와 함께 사용하는 것이 효과적이라는 연구 결과를 발표한 바 있다.

한편, 국내외의 과학적 오개념 연구들에 의하면, 어떤 학습에 의해 변화된 개념이 장기간이 지나면, 원래의 개념으로 되돌아가는 경향이 큰 것으로 알려져 있다 (Light, 1987; Gauld, 1988; 문충식, 권재술 1991). 그러나 어떠한 학습 경험을 거치더라도 수업 후 개념이 수업전 개념으로 되돌아가는

경향을 보인다고 생각하기는 어렵다.

전류 개념변화를 위한 수업에서는 비유를 쓸 수도 있고, 쓰지 않을 수도 있다. 비유를 쓰는 수업의 경우도 체계적 비유를 쓰는 수업과 비체계적 비유를 쓰는 경우로 구분할 수 있다. 김영민(1991)의 연구 결과는 체계적 비유 수업에 의해 학생의 개념이 어떻게 변화하는가에 대해 수업 직후에 조사한 것이다. 수업 직후 조사에 의해 변화된 것으로 밝혀진 개념들은 수업이 끝난 후 장기간이 지난 후에 어떻게 변화하는지를 보고자 하였다. 그리고 그러한 변화가 비유를 쓴 수업과 쓰지 않은 수업에서 어떠한 차이를 보이는지, 또, 비유를 쓰더라도 체계적인 비유를 쓴 경우와 그렇지 않은 경우에 차이가 있는지를 보고자 하였다.

II. 연구의 문제와 방법

본 연구에서 설정한 연구 문제와 연구 문제의 해결을 위해 사용한 연구 방법은 다음과 같다.

1. 연구 문제

1) 학생의 전류 개념은 시간이 지남에 따라 어떻게 변화하는가?

2) 수업 후의 전류 개념의 시간적 변화는 비유를 쓴 경우와 그렇지 않은 경우에 차이가 있는가?

3) 수업 후의 전류 개념의 시간적 변화는 체계적 비유를

쓴 경우와 비체계적 비유를 쓴 경우에 차이가 있는가?

2. 연구의 방법

본 연구에서 사용한 도구는 김영민(1991)의 체계적 비유 적용 효과 연구에서 사용한 도구를 그대로 사용하였다. 이 도구의 문항은 세 문항으로 되어 있는데, 1번 문항은 전지에 전구 두 개가 직렬로 연결된 회로에서 두 전구의 밝기가 가변 저항을 추가하고 저항을 증가시키면 두 전구의 밝기는 어떻게 되겠는지를 묻는 문항이며, 3번 문항은 회로가 세 종류인데, 전지에 전구 1개가 연결된 회로, 앞의 회로와 같은 전압의 전지에 같은 종류의 전구 두 개가 직렬로 연결된 회로, 같은 전압의 전지에 전구 두 개가 병렬로 연결된 회로가 그것이다. 이렇게 세 회로에 연결된 5개의 전구 밝기를 비교하는 문항이 3번 문항이다. 그리고 대상 학생은 김영민(1991) 연구에서 대상으로 하였던 학생들이며 9개월 동안의 학생 변동 때문에 대상이 일부 줄었다. 비교 방법은 체계적 비유를 쓴 학급, 비체계적 비유를 쓴 학급, 비유를 쓰지 않은 학급에 대해 객관식 정답율과 서술식 정답율, 그리고 우세한 생각의 변화 등을 비교하였다.

III. 연구의 결과

본 연구의 결과는 객관식 문항의 정답율을 먼저 비교하였고, 다음으로 서술형 문항의 정답율을 비교하였으며, 마지막으로 전류에 대한 우세한 생각들의 변화 경향을 비교 서술하였다.

1. 객관식 문항의 정답율

객관식 문항의 정답율을 집단별로 비교하면, [표 1]과 같다. 체계적 비유를 쓴 학급의 경우는 1번 문항에 대해 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 23%의 증가를 보였다가

수업후 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 10%의 감소를 보였다. 그러나, 수업 전에 비해서는 13%의 증가를 보였다. 2번 문항에 대해서는 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 6%의 증가를 보였다가 수업 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 15%의 증가를 보여, 수업 전에 비해서는 21%의 증가를 보인 셈이다. 3번 문항은 수업전 2%에서 수업 직후에는 4%로, 수업 9개월 후에는 8%로 증가하는 양상을 보였다. 체계적 비유 수업을 한 학급의 경우 수업후 장기간이 지난 후에는 쉬운 문항에 속하는 1번 문항에 대해서만 수업 직후보다 떨어진 정답율을 보였고 다른 두 문항에 대해서는 수업 직후보다 정답율이 높아짐을 보였다.

비체계적 비유를 쓴 학급의 경우는 1번 문항에 대해 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 17%의 증가를 보였다가 수업 후 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 17%의 감소를 보임으로써 수업 전과 같은 수준으로 돌아감을 보였다. 2번 문항에 대해서는 수업 직후에 비해 7%의 감소를 보여, 수업 전에 비해서는 1%의 감소를 보인 셈이다. 3번 문항은 수업 전 0%에서 수업 직후에는 0%로, 수업 9개월 후에는 9%로 증가하는 양상을 보였다. 비체계적 비유 수업을 한 학급의 경우 수업후 장기간이 지난 후에는 쉬운 문항에 속하는 1번 문항의 경우뿐만 아니라 어려운 문항에 속하는 2번 문항에서도 수업 전과 비슷한 정답율을 보였고 3번 문항의 경우는 수업 직후보다 정답율이 높아짐을 보였다.

비유를 쓰지 않은 학급의 경우는 1번 문항에 대해서는 수업 직후에는 수업전에 비해 정답율이 15%의 증가를 보였다가 수업후 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 11%의 감소를 보였다. 그러나 수업 전에 비해서는 4%의 증가를 보인 셈이다. 2번 문항에 대해서는 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 11%의 증가를 보였다가 수업 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 8%의 감소를 보였지만, 수업 전에 비해서는 13%의 증가를 보인 셈이다. 3번 문항은 수업전 2%에서 수업 직후에는 2%로, 수업 9개월 후에는 11%로 증가하는 양상을 보였다. 비유 수업을 하지 않은 학급의 경우 수업후 장기간이 지난 후에는 쉬운 문항에 속하는 1번 문항과 어려운 문

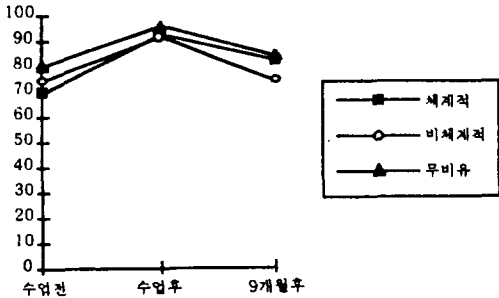
[표 1] 객관식 문항에 대한 집단별 정답자 수

()은 %

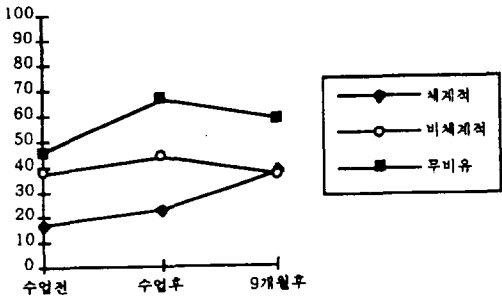
문항	체계적 비유(N=49)			비체계적 비유(N=47)			무비유(N=44)		
	수업전	수업직후	9개월후	수업전	수업직후	9개월후	수업전	수업직후	9개월후
1	34(69)	47(92)	40(82)	36(74)	44(91)	35(74)	38(80)	45(95)	37(84)
2	8(16)	12(22)	18(37)	18(37)	20(43)	17(36)	22(45)	30(66)	28(58)
3	1(2)	2(4)	4(8)	0(0)	0(0)	4(9)	1(2)	1(2)	6(11)

항에 속하는 2번 문항의 경우에는 수업 직후보다 떨어진 정답율을 보였으나 수업 전보다는 정답율이 높아졌다. 3번 문항의 경우에는 수업 직후보다도 정답율이 높아짐을 보였다.

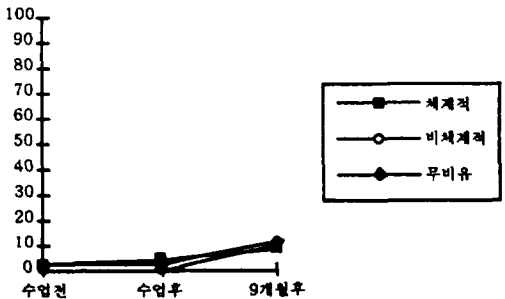
객관식 문항의 정답율을 그림으로 나타낸 것이 [그림 1], [그림 2], [그림 3]이다.



[그림 1] 객관식 문항 1에 대한 정답율



[그림 2] 객관식 문항 2에 대한 정답율



[그림 3] 객관식 문항 3에 대한 정답율

객관식 각 문항에 대하여 repeated ANOVA 검증을 해 본 결과, 통계적으로 유의미한 차이를 ($p < 0.05$) 보인 것은 2번 문항이었다. 2번 문항의 경우 비유를 사용하지 않은 집단의 전체적인 평균이 높은 것을 볼 수 있으나, 체계적 비유를 사용한 집단은 수업 후 9개월이 지난 다음에도 정답율이 증가하는 경향을 나타냄을 볼 수 있다.

객관식 문항에 대한 정답율을 종합적으로 비교해 볼 때, 체계적 비유를 썼을 때가 비체계적 비유를 쓰거나 비유를 쓰지 않은 경우보다 효과적임을 보였으며, 비체계적 비유를 썼을 때는 비유를 쓰지 않은 경우보다 수업의 효과가 나타나지 않음을 보였다.

2. 서술형 응답의 정답율

각 문항에 대해 서술형 응답의 정답율을 집단별로 비교하면 [표 2]와 같다.

체계적 비유를 쓴 학급의 경우에는 1번 문항에 대해 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 35%의 증가를 보였다가 수업 후 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 4%의 감소를 보였다. 그러나, 수업 전에 비해서는 31% 증가한 것이다. 2번 문항에 대해서는 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 8%의 증가를 보였다가 수업 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 19%의 증가를 보여, 수업 전에 비해서는 27%의 증가를 보인 셈이다. 3번 문항은 수업 전 0%에서 수업 직후에는 4%로, 수업 9개월 후에는 6%로 증가하는 양상을 보였다. 체계적 비유 수업을 한 학급의 경우 수업 후 장기간이 지난 후에는 쉬운 문항에 속하는 1번 문항의 경우에만 수업 직후보다 떨어진 정답율을 보였고 다른 두 문항의 경우에는 수업 직후보다도 정답율이 높아짐을 보였다.

비체계적 비유를 쓴 학급의 경우에는 1번 문항에 대해 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 43%의 증가를 보였다가 수업 후 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 25%의 감소를 보임으로써 수업 전에 비해서는 27%의 증가를 보였다. 2번 문항에 대해서는 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 8%의 감소를 보였다가 수업 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 19%의 증가를 보여, 수업 전에 비해서는 11%의 증가를 보인 셈이다. 3번 문항은 수업 전 0%에서 수업 직후에는 0%로, 수업 9개월 후에는 9%로 증가하는 양상을 보였다. 비체계적 비유 수업을 한 학급의 경우 수업 후 장기간이 지난 후에는 쉬운 문항에 속하는 1번 문항의 경우만 수업 직후에 비해 감소하는 경향을 보였고 어려운 문항에 속하는 2번 문항과 3번 문항에서는 수업 직후보다도 정답율이 높아짐을 보였다. 그러나, 체계적 비유를 쓴 경우보다는 비율이 낮다.

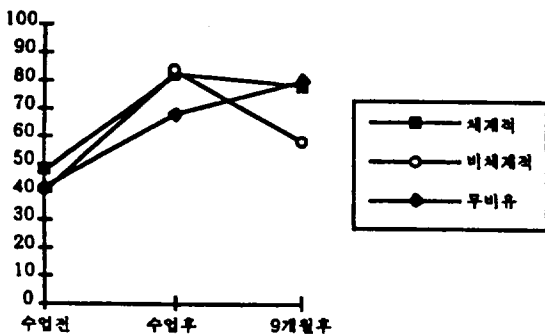
[표 2] 서술형 문항에 대한 집단별 정답자 수

()안은 %

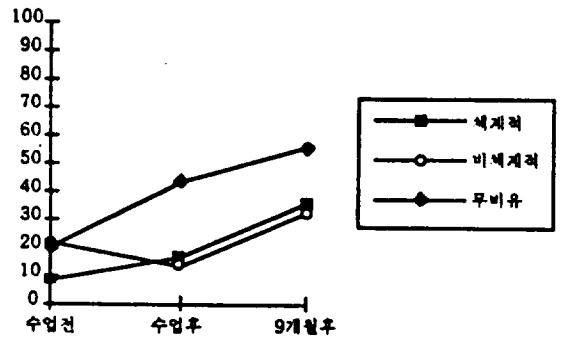
문항	체계적 비유(N=49)			비체계적 비유(N=47)			무비유(N=44)		
	수업전	수업직후	9개월후	수업전	수업직후	9개월후	수업전	수업직후	9개월후
1	23(47)	42(82)	38(78)	19(40)	41(83)	32(58)	22(41)	34(68)	36(80)
2	5 (8)	8 (16)	17(35)	12(21)	7 (13)	15(32)	10(20)	21(43)	24(55)
3	0 (0)	2 (4)	3 (6)	0 (0)	0 (0)	4 (9)	1 (2)	1 (2)	6 (11)

비유를 쓰지 않은 학급의 경우에는 1번 문항에 대해 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 27%의 증가를 보였다가 수업후 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 12%의 증가를 보였다. 그러므로 수업 전에 비해서는 39%의 증가를 보인 셈이다. 2번 문항에 대해서는 수업 직후에는 수업 전에 비해 정답율이 23%의 증가를 보였다가 수업 9개월 뒤에는 수업 직후에 비해 12%의 증가를 보임으로써 수업 전에 비해서는 35%의 증가를 보인 셈이다. 3번 문항은 수업전 2%에서 수업 직후에는 2%로, 수업 9개월 후에는 11%로 증가하는 양상을 보였다. 비유 수업을 하지 않은 학급의 경우 수업후 장기간이 지난 후에는 모든 문항에서 수업 전보다는 수업 직후에, 수업 직후보다는 수업후 장기간이 지난 후의 정답율이 높아졌다.

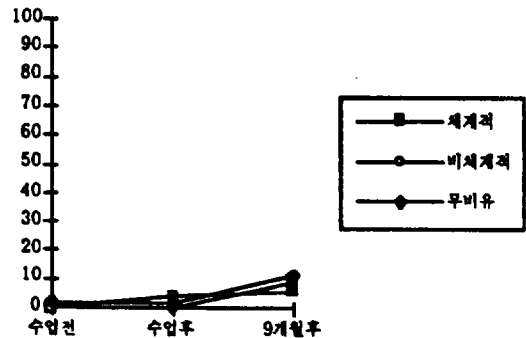
서술형 문항의 정답율을 그림으로 나타낸 것이 [그림 4], [그림 5], [그림 6]이다.



[그림 4] 서술형 1번 문항에 대한 정답율



[그림 5] 서술형 2번 문항에 대한 정답율



[그림 6] 서술형 3번 문항에 대한 정답율

서술형 각 문항에 대하여 repeated ANOVA 검증을 해 본 결과, 통계적으로 유의미한 차이(p<0.05) 보인 것은 3번 문항이었다. 1번과 2번 문항의 경우 근소한 차이로 통계적

으로 유의미한 차이를 보이지는 않으나($p=0.05$), 정량적으로 보면 비체계적 비유를 사용한 집단의 정답을 증가 경향이 다른 두 집단과 다르다고 할 수 있다. 즉, 비유를 사용하지 않은 집단과 체계적 비유를 사용한 집단은 시간이 지남에 따라 정답율이 증가하거나 아주 약간 감소하는 경향을 보이나, 비체계적 비유를 사용한 집단은 9개월 후(문항 1)나 수업 직후(문항 2) 정답율이 감소하는 경향을 보인다.

서술형 응답에 대한 정답율을 종합적으로 비교할 때, 비유를 쓰지 않은 경우가 비유를 쓴 경우보다 전체적인 정답율이 높음을 보였으나, 비유를 사용하지 않은 집단과 체계적 비유를 사용한 집단 사이에 정답율 증가 경향은 유의미한 차이를 보이지는 않았다. 따라서 체계적 비유를 쓴 경우와 비유를 사용하지 않은 경우의 수업의 효과는 유의미한 차이를 나타낸다고 볼 수 없다. 비유를 쓴 경우는 체계적 비유를 썼을 때가 비체계적 비유를 쓴 경우보다 수업의 효과가 큰 것으로 나타났다.

객관식 응답이든 서술형 응답이든 문항 3의 경우는 정답율이 10%미만으로 아주 낮은 경향을 보였으며, 그 정도는 수업 후 장기기간이 지난 후에 약간의 증가를 보였으나 낮은 것은 마찬가지이다. 이에 대한 수업 방법은 별도의 연구가 필요하다고 생각된다.

3. 전류에 대한 우세한 생각들의 변화 경향

학생들은 전류에 대해 다양한 개념들을 가지고 있지만 그 중에서도 몇 가지의 생각들이 우세하게 나타난다는 것은 여러 연구를 통해 밝혀져 있다.

그것은 외국의 학생들(Shipstone, 1985)이나 우리나라의 학생들(권재술, 안수영, 1989; 김영민 외, 1990; 김영민, 1991)이나 거의 비슷한 양상을 보이고 있다. 학생들에게서 우세하게 나타나는 전류에 대한 생각은 물리학적 생각을 비롯하여 순차 흐름 생각, 저항 무관 생각, 전류 소모 생각 등이다. 이러한 생각들이 수업 후 장기기간이 지난 후에 어떻게 변하는가를 조사 분석한 결과는 다음과 같다. 학생들의 생각을 분류하는 데 있어 세번째 문항의 경우는 정답율이 아주 낮고 사후 검사에서도 변화의 경향이 아주 적기 때문에 병렬 연결까지 포함된 응답 결과는 분석에서 제외하고 전구 1개 연결과 전구 2개의 직렬 연결에 대한 응답 결과만을 가지고 분류하였다.

1) 전류에 대한 학생들의 생각

수업 전, 후, 9개월 후에 학생들이 가진 전류에 대한 생각을 집단별로 나누어 보면, [표 3]과 같다.

[표 3]에서 보는 바와 같이 체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 물리학적 생각을 가진 학생 수는 2%였는데, 수업 직후에는 14%로 12% 증가하였고, 수업 9개월 후에는 33%로 수업 전에 비해 31%가 증가하였다. 비체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 물리학적 생각을 가진 학생이 6%였는데, 수업 직후에는 11%로 5% 증가하였으며, 수업 9개월 후에는 26%로 수업 전에 비해 20% 증가하였다. 한편, 비유를 적용하지 않은 집단은 수업 전에 물리학적 생각을 가진 학생 수가 20%였는데, 수업 직후에는 34%로 14% 증가하였으며, 수업 9개월 후에는 50%로 수업 전에 비해 27%가 증가하였다.

[표 3] 전류에 대한 학생들의 생각

()안은 %

개념 유형	체계적 비유(N=49)			비체계적 비유(N=47)			무비유(N=44)		
	수업전직후	수업후	9개월	수업전직후	수업후	9개월	수업전직후	수업후	9개월
물리	1(2)	7(14)	16(33)	3(6)	5(11)	12(26)	9(20)	15(34)	11(50)
순차	13(27)	14(29)	27(55)	11(23)	19(40)	27(57)	9(20)	11(25)	15(34)
저항	16(33)	13(27)	2(4)	16(34)	5(11)	0(0)	10(23)	5(11)	0(0)
소모	3(6)	0(0)	0(0)	2(4)	5(11)	5(11)	2(5)	4(9)	1(2)
순소	4(8)	3(6)	1(2)	3(6)	1(2)	1(2)	3(7)	3(7)	4(9)
순저	4(8)	4(8)	0(0)	4(9)	4(9)	0(0)	2(5)	2(5)	0(0)
소저	0(0)	3(6)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
기타	8(16)	5(10)	3(6)	8(17)	8(17)	2(4)	7(16)	4(9)	2(5)

물리: 물리학적 생각, 순차: 순차흐름 생각, 저항: 저항무관 생각, 소모: 전류소모 생각,
순소: 순차흐름과 전류소모 생각, 순저: 순차흐름과 저항무관, 소저: 전류소모와 저항무관 생각

이러한 양상은 학습 후 장기간이 지나면 원래 가졌던 개념으로 되돌아가는 경향이 크다는 연구 결과들과는 달리 장기간이 지난 후 물리학적 개념으로 변화된 학생들의 수가 증가하는 경향을 보였다. 또, 수업 전과 수업 9개월 후의 변화 정도를 비교해 보면 체계적 비유 적용 집단이 31%, 비체계적 비유 적용 집단이 20%, 비유를 적용하지 않은 집단이 27%로 수업 직후의 증가율이 12%, 5%, 11%였던 것과 비교할 때 증가율이 모든 집단에서 높아졌으나 체계적 비유 집단의 증가율이 가장 높다.

[표 3]에서 보는 바와 같이 체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 순차흐름 생각을 가진 학생 수는 27%였는데, 수업 직후에는 29%로 2% 증가하였고, 수업 9개월 후에는 55%로 수업 전에 비해 28%가 증가하였다. 비체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 순차흐름 생각을 가진 학생수가 23%였는데, 수업 직후에는 40%로 17% 증가하였으며, 수업 9개월 후에는 57%로 수업 전에 비해 34%나 증가하였다. 한편, 비유를 적용하지 않은 집단은 수업 전에 순차흐름 생각을 가진 학생수는 시간이 지남에 따라 크게 증가하는 양상을 보였다. 그렇게 증가하는 경향은 비체계적 비유를 적용한 집단이 가장 크며, 비유를 적용하지 않은 집단이 가장 작다. 비유를 적용한 집단 학생들이 수업 후 9개월이 지났을 때 순차흐름 생각을 소유한 경향은 50%를 넘는다.

[표 3]에서 보는 바와 같이 체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 저항무관 생각을 가진 학생은 33%였는데, 수업 직후에는 27%로 6% 감소하였고, 수업 9개월 후에는 4%로 수업 전에 비해 29%가 감소하였다. 비체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 저항무관 생각을 가진 학생수가 34%였는데, 수업 직후에는 11%로 23% 감소하였으며, 수업 9개월 후에는 0%로 수업 전에 비해 34%나 감소하였다. 한편, 비유를 적용하지 않은 집단은 수업 전에 저항무관 생각을 가진 학생이 23%였는데, 수업 직후에는 9%로 14% 감소하였으며, 수업 9개월 후에는 0%로 수업 전에 비해 23%가 감소하였다. 전체적으로 볼 때, 저항무관 생각을 가진 학생수는 시간이 지남에 따라 크게 감소하는 양상을 보였다. 그렇게 감소하는 경향은 비체계적 비유를 적용한 집단이 가장 크며, 체계적 비유를 적용한 집단이 가장 작다.

[표 3]에서 보는 바와 같이 체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 전류소모 생각을 가진 학생은 6%였는데, 수업 직후에는 0%로 감소하였고, 수업 9개월 후에도 0%로 수업 전에 비해 6%가 감소하였다. 비체계적 비유를 적용한 수업 전에 전류소모 생각을 가진 학생수가 4%였는데, 수업 직후에는 11%로 7% 증가하였으며, 수업 9개월 후에도 11%로 수업 직후 때의 소유 비율을 유지하였다. 한편, 비유를 적용하

지 않은 집단은 수업 전에 전류소모 생각을 가진 학생이 5%였는데, 수업 직후에는 9%로 4%가 증가하였으며, 수업 9개월 후에는 2%로 수업 전에 비해 3%가 감소하였다.

전체적으로 볼 때, 전류소모 생각을 가진 학생수는 세 집단 모두 그렇게 많지 않았고, 시간에 따른 변화도 그리 크지 않았다. 체계적 비유를 적용한 집단은 시간이 지남에 따라 전류소모 생각을 가진 학생이 줄어드는 경향을 보였지만 비체계적 비유 적용 집단은 증가하는 경향을, 비유를 적용하지 않은 집단은 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다.

[표 3]에서 보는 바와 같이 체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 두 종류의 생각을 함께 소유한 학생수가 8명(16%)이었는데, 수업 직후에도 10명(20%)으로 약간 증가하였고, 수업 9개월 후에는 1명(20%)으로 크게 줄었다. 비체계적 비유를 적용한 집단은 수업 전에 두 가지 생각을 함께 가진 학생수가 7명(15%)였는데, 수업 직후에는 5명(11%)으로 6% 감소하였으며, 수업 9개월 후에는 1명(2%)으로 역시 크게 감소하였다. 한편, 비유를 적용하지 않은 집단은 수업 전에 두 가지 생각을 함께 가진 학생수가 7명(16%)이었는데, 수업 직후에는 5명(11%)으로 5% 감소하였으며, 수업 9개월 후에는 4명(9%)으로 수업 전에 비해 7%가 감소하였다.

2) 시간에 따른 개념 변화의 유형

학생들이 가진 전류 개념이 시간이 지남에 따라 어떻게 변하는지 유형화하여 나타낸 것이 [표 4]이다.

수업 전에 오개념을 가지고 있다가 수업 후 물리학자적인 생각을 갖게 된 학생이 체계적 비유집단에는 6명이 있는데 그 중 5명(83%)이 9개월 후에도 물리학자적인 개념을 가지고 있었으며, 비체계적 비유집단에는 수업 후 물리학자적인 생각을 가지게 된 학생 3명이 모두 9개월 후에는 원래의 오개념이나 다른 오개념을 가지게 되었으며, 비유를 사용하지 않은 집단에는 수업 후 물리학자적인 생각을 가지게 된 학생 12명 중 8명(67%)이 9개월 후에도 물리학자적인 생각을 가지고 있음을 볼 수 있다. 문충식과 권재술(1991)의 연구에서, 선수 연구 관찰 전에 오개념을 나타내다가 관찰 후에 과학자 모형으로 바뀐 경우, 원래의 오개념으로 되돌아가는 개념 변화 유형이 중요한 특성(40.8%)으로 보고한 것과 다른 결과를 나타낸다. 이것은 문충식과 권재술의 연구에서는 특별한 처치 수업 없이 정규 교과과정 상에서 검사만을 실시하였으나, 본 연구에서는 비유를 이용한 수업 처치를 1학기에 하였고 2학기에는 기술교과에 의해 강화되었기 때문에 생긴 차이로 생각된다.

[표 4] 시간에 따른 학생들의 전류 개념 변화의 유형
 ()안은 전체 명수에 대한 %, []은 각 개념 유형별 명수에 대한 %

개념 변화 유형	집단	체계적 비유(N=49)	비체계적 비유(N=47)	무비유(N=44)
수업전:오개념 수업후:물리학 자적 개념	mss	5[83]	0[0]	8[67]
	msm	0[0]	1[33]	1[8]
	msm'	1[17]	2[67]	3[25]
	계	6(12)	3(6)	12(28)
수업전, 후: 같은 오개념	mms	3[23]	2[22]	3[38]
	mmm	3[23]	4[44]	2[24]
	mmm'	7[54]	3[34]	3[38]
	계	13(27)	9(19)	8(18)
수업전, 후: 다른 오개념	mm's	8[28]	8[25]	5[33]
	mm'm	4[14]	4[13]	1[7]
	mm'm'	8[28]	9[28]	5[33]
	mm'm''	9[30]	11[34]	4[27]
	계	29(59)	32(68)	15(31)
수업전, 후: 물리학자적 개념	ssm	1[100]	0[0]	1[33]
	sss	0[0]	2[100]	2[67]
	계	1(2)	2(4)	3(7)
수업전: 물리 학자적 개념 수업후9개월후 :오개념	smm	0[0]	1[100]	0[0]
	smm'	0[0]	0[0]	2[100]
	계	0(0)	1(2)	2(5)

* s는 물리학자적 생각을, m, m', m''은 각기 다른 오개념을 나타내며, 제일 앞의 문자는 수업전의 생각을, 두번째 문자는 수업 후의 생각을, 세번째 문자는 9개월 후의 생각을 나타낸다. 예를 들어, mss는 수업 전에는 오개념을 가지고 있다가 수업 후와 9개월 후에는 물리학자적인 생각을 가지게 되는 개념변화 유형이다.

수업 전후에 같은 오개념을 가지고 있는 학생 중 9개월 후 물리학자적인 생각을 가지게 된 학생은 체계적 비유 집단은 23%, 비체계적 비유 집단은 22%, 무비유집단은 38%로 나타났으며, 수업 전후에 다른 오개념을 가지고 있는 학생 중 9개월 후 물리학자적인 생각을 가지게 된 학생은 체계적 비유 집단은 28%, 비체계적 비유 집단은 25%, 무비유 집단은 33%로 나타났다. 이 두가지 개념변화 유형 모두 수업의 효과가 9개월 후 잠재적으로 나타난 것인지 아니면, 다른 요인에 의한 것인지에 대한 연구가 필요하다.

수업의 유형에 따른 개념변화유형을 카이자승법으로 검증한 결과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

3) 수업전 학생의 생각에 따른 개념변화 유형

수업전 순차흐름의 생각을 가진 학생 중 수업 직후와 9개월이 지났을 때 물리학자적인 생각을 가진 학생은 체계적 비유집단은 1명(8%), 비체계적 비유집단은 0명(0%), 무비유집단은 1명(11%)이었다. 계속해서 순차흐름의 생각을 유지한 학생수는 체계적 비유집단은 3명(23%), 비체계적 비유집단은 4명(36%), 무비유집단은 2명(22%)이고, 수업 직후에는 물리학자적인 생각으로 바뀌었다가 9개월이 지난 후 원래 가졌던 순차흐름 생각으로 돌아간 학생수는 체계적 비유집단은 0명(0%), 비체계적 비유집단은 1명(9%), 무비유집단은 1명(11%)이며, 수업 직후에는 다른 오개념으로 변화되었다가 9개월이 지난 후 원래 가졌던 순차흐름 생각으로 돌아가 학생수는 체계적 비유집단은 4명(31%), 비체계적 비유집단은 3명(27%), 무비유집단은 1명(11%)이었다. 이러한 결과로 봐서 집단별로 거의 유사하게 순차흐름의 생각이 다른 오개념보다 견고하다고 볼 수 있다.

[표 5] 수업전 학생의 생각에 따른 전류 개념 변화의 유형

개념변 화유형	순차		저항		전류		순저		순소		기타	
	체	비무	계	체	비무	계	체	비무	계	체	비무	계
mss	1	0	1	2	3	0	2	5	0	0	1	2
msm	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
msm'	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0	1	1
mms	2	0	1	3	0	1	1	0	0	0	1	2
mmm	3	4	2	9	0	0	0	0	0	0	0	3
mmm'	1	0	1	2	5	1	7	0	0	0	1	2
mm's	2	2	1	4	1	2	4	1	0	0	2	8
mm'm	4	3	1	8	1	0	1	0	0	0	0	0
mm'm'	0	0	0	0	3	6	11	1	3	0	1	4
mm'm''	0	1	1	2	3	4	8	1	1	1	2	3
계	13	11	9		16	16	10		3	2	2	

수업전 저항무관의 생각을 가진 학생 중 수업 직후와 9개월이 지났을 때 물리학자적인 생각으로 변화된 학생은 체계적 비유집단은 3명(13%), 비체계적 비유집단은 0명(0%), 무비유집단은 2명(20%)이었다. 계속해서 저항무관의 생각을 유지한 학생과 수업 직후에는 물리학자적인 생각으로 바뀌었다가 9개월이 지난 후 원래 가졌던 저항무관 생각으로 돌아간 학생은 세집단 모두 없었고, 수업 직후에는 다른 오개념으로 변화되었다가 9개월이 지난 후 원래 가졌던 저항무관 생각으로 돌아간 학생수는 체계적 비유집단에서 1명(6%)이었다. 그보다는 수업 직후 다른 오개념으로 변화한 뒤, 9개월 뒤에도 바뀐 오개념을 유지하는 경우가 체계적 비유집단은 3명(19%), 비체계적 비유집단은 6명(38%), 무비유집단은 2명(20%)이었다. 이러한 결과로 보아서 저항무관 생각이 수업의 영향으로 바뀌기가 쉽다는 것을 알 수 있고, 체계적 비유수업이 비체계적 비유수업 보다 저항무관 생각을 변화시키는데 효과적이라고 볼 수 있다.

IV. 결론 및 논의

앞에서 제기했던 연구 문제들에 대해 결론을 맺으면 다음과 같다. 첫째로, 학생의 전류 개념은 수업 직후와 장기간이 지난 후 어떻게 변하는가에 대해서는 저항무관 생각은 시간이 지남에 따라 현저하게 줄어들고, 순차흐름 생각과 물리학자적 생각은 증가하며 전류소모 생각은 거의 없는 것으로 결론지을 수 있다. 저항무관 생각은 수업 직후에는 2-11% 정도의 학생이 있었으나 수업 9개월 후에는 소소한 학생 비율이 0-4%로 감소함을 보였는데, 그것은 학생들이 저항의 개념을 모르고 있다가 저항에 대해 학습하면서 달라진 것으로 생각된다. 또, 학생의 전류 개념의 경우 수업에 의해 변화된 개념들이 장기간이 지난 후에 물리학자적 생각의 경우는 14명 중 4명(29%), 순차흐름 생각의 경우는 33명 중 8명(24%), 저항무관 생각의 경우는 42명 중 1명(2%), 전류소모 생각은 7명 중 2명(29%)이 원래 가졌던 개념으로 되돌아감을 보였다. 즉, 수업에 의해 변화된 개념이 수업전 생각으로 되돌아가는 경향을 보인 비율은 저항무관 생각을 제외하면 전체적으로 26% 정도이다. 여기서 저항무관 생각은 학습 후 현저하게 줄어드는 경향을 보였을 뿐만 아니라 장기간이 지난 후에도 유지되었으며 학습전 생각으로 되돌아가는 비율도 2%로 아주 낮았다. 이렇게 볼 때 저항무관 생각은 오개념이라기 보다는 몰랐던 것을 알게 되는 그러한 개념으로 생각된다. 그리고 많은 경우에 학습후 장기간이 지나면 과학적 생각이 줄어드는 경향을 보이는 것으로 알려져 있는데

본 연구에서는 오히려 크게 증가되는 양상을 보였다. 그것은 본 연구가 교육과정 순서를 따르지 않고 학년 초에 전기 단원을 가르쳤기 때문에 학년말이 기술 교과에서 가르치는 '전기의 이용'이라는 단원의 학습으로 인해 상습 작용을 한 것이 아닌가 생각된다. 이러한 결과는 교과간에 학습 내용의 배열 및 학습 순서를 조절할 필요가 있음을 시사해 준다.

둘째로, 수업 후의 전류 개념의 시간적 변화는 체계적 비유를 쓴 경우와 비체계적 비유를 쓴 경우에 차이가 있는 것으로 나타났다. 객관식 응답의 경우 비체계적 비유를 썼을 때 수업 직후에는 정답율의 증가가 있었으나 수업 9개월이 되었을 때는 거의 수업전의 정답율 수준으로 되돌아감을 보았으나, 체계적 비유를 썼을 때는 수업 직후의 정답율도 비체계적 비유를 썼을 때 보다 높아졌고 수업 9개월 후의 검사에서도 수업 직후에 보인 정답율보다 높아짐을 보였다. 서술형 응답의 경우에도 수업전 정답율과 비교한 수업 9개월 때의 정답율에 있어 체계적 비유를 썼을 때가 비체계적 비유를 썼을 때 보다 높아짐을 보였다.

셋째로, 수업 후의 전류 개념의 시간적 변화는 비유를 쓴 경우와 그렇지 않은 경우에 차이가 있는가에 대해서는 비유를 쓰더라도 체계적 비유를 썼는가, 비체계적 비유를 썼는가에 따라 결과가 다르게 나타났다. 객관식 응답의 경우 체계적 비유를 쓴 경우에는 비유를 쓰지 않은 경우 보다 정답율의 증가가 큰 것으로 나타났으나 비체계적 비유를 쓴 경우에는 비유를 쓰지 않은 경우보다 증가율이 낮게 나타났다. 서술형 응답의 경우는 비유를 쓰지 않은 경우가 비유를 쓴 경우보다 정답율은 더 높고, 정답율의 증가율은 체계적 비유를 사용한 경우가 더 컸으나 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지는 않았다. 결론적으로 전류개념 수업에서 비유를 쓰는 것이 비유를 쓰지 않는 것 보다 단편적 응답에서 효과가 있으나 서술형 응답에서는 유의미한 차이가 있다고 보기 어려우며, 비유를 수업에서 쓴다고 하더라도 비체계적인 비유를 쓰는 것은 비유를 쓰지 않는 것보다도 개념 변화에 있어 효과가 거의 없으며, 체계적 비유를 쓰는 것이 장기적 기억에 도움을 준다고 볼 수 있다.

본 연구의 결과는 서울에 소재한 하나의 중학교에서 세 학급을 선정하여 조사한 것이기 때문에 전국적인 경향이라고 일반화하기는 어렵다. 그러나, 많은 연구에서 제기한 문제인 수업에 의해 변화된 개념이 장기간이 지난 후에는 원래 가졌던 생각으로 되돌아가는 경향이 크다는 것에 대해서 한 가지 다른 생각을 가지게 한다. 즉, 어떤 개념인가에 따라 다르다는 것이다. 전류 개념은 한국에서 국민학교 3학년과 4학년, 6학년에서 가르치며, 중학교에서는 2학년, 고등학교에서는 1학년에서 가르친다. 본 조사는 중학교 2학년 학

생들을 대상으로 학습 전과 학습 직후, 그리고 수업후 9개월이 지난 후에 조사된 것이기 때문에 한번 지도된 후 다시 지도할 시기가 되지 않았을 때 조사하였다. 그런데도 물리학적 개념을 가진 학생들의 수는 수업 직후보다도 증가하였다. 그 이유 중의 하나는 기술 교과에서 2학년 마지막 단원에 전기의 이용이라는 내용을 가르치고, 세부적으로는 전기와 생활, 전기 배선과 조명, 가정용 전기·전자 기기, 전자제품 만들기 등을 가르치면서 전류에 대해 가르쳤을 가능성이 있다. 1종 도서인 기술·가정 교과서(한국교육개발원, 1990)에 나오는 내용을 소개하면 다음과 같다. 전기의 발생에서는 마찰에 의한 전기, 자기작용에 의한 전기, 화학작용에 의한 전기, 빛에 의한 전기, 열에 의한 전기, 압력에 의한 전기 등을 다루고 있고, 수류와 전류를 비교하면서 전위와 전위차를 가르치고 있으며, 옴의 법칙, 전력과 전력량, 전압계, 전류계, 저항계, 회로 시험기, 백열 전구의 용량은 와트로 나타낸다는 등의 설명이 있다. 과학 교과서에서 서술한 '전력'을 기술 교과서에서는 '용량'이라고 쓰고 있다. 과학에서 가르치는 전류 흐름에 대한 설명은 나와 있지 않지만 관련 개념들을 배우면서 상승 효과를 나타내지 않았나 생각된다. 이와 함께 기술 교과와의 교육과정 교류를 해야 한다고 생각된다. 과학에서는 중학교 3학년에서 가르치는 전력과 전력량 등이 이미 기술에서 가르쳐지고 있고, 고등학교에서 가르치는 전위와 전위차도 기술에서는 중학교 2학년에서 가르쳐지고 있다.

9개월 후에 정답율이 높아졌다는 점에 대해서 지도교사가 지적한 요인은 검사도구의 특징이다. 예상-관찰-설명식 검사도구를 선택하여 학생들의 개념을 조사하였는데, 검사 중 예상과 관찰의 과정에서 학생들이 상당히 많은 갈등을 경험하였고 그 결과 지속적인 학습의 동기유발이 촉진된 것으로 보인다. 이러한 동기유발과 기술 교과에서의 전기 단원 수업을 통해 학생들의 개념 변화가 장기적으로 지속된 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 권재술, 안수영(1989). 대학생의 물리개념 오인에 관한 연구. *물리교육*, 7권 1호, 26-41
- 김영민(1991). 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유 수업의 영향. 서울대학교 박사학위 논문.
- 김영민, 박승재(1990). 중학생의 전류에 대한 학습전 개념과 관계현상 관찰 후의 설명. *한국과학교육학회지*, 10권 1호: 47-56
- 문충식, 권재술(1991). 전류에 관한 학생들의 오인 유형의 종단적 연구. *한국과학교육학회지*, 11권 1호:1-14
- 한국교육개발원(1990). 중학 기술 가정, 한국교육개발원.
- Gauld, C.F.(1988). The cognitive context of pupils' alternative frameworks. *International Journal of Science Education*, 10(3) : 267-274
- Light, P.A.(1987). A Strategy to deal with conceptual and reasoning, problems in introductory electricity education. *Proceedings of the second international seminar :Misconceptions and educational strategies in Science and Mathematics vol.II*, Cornell University, Ithaca, NY. USA, 275-284
- Osborne, R.J.(1983). Towards modifying children's ideas about electric current, *Researches in Science and Technical Education*, 1(1) : 73-82
- Shipstone, D.M.(1985). Electricity in simple circuits, in *Children's Ideas Science*. Driver, D., et. al., Open University Press, 33-51.

(ABSTRACT)

A longitudinal Study on Effects of instruction Using Systematic Analogy on Changes of Middle School Students' Concepts of Electric Current

Young-Min Kim
(KEDI)

June-Hee Yoo · Sung-Jae Pak
(Seoul National University)

The purposes of this study were to investigate the effects of systematic analogy on pupils' concepts changes compared with non-systematic analogy and no analogy using longitudinal study.

The subjects were the second year middle school students(N=140), 49 of them were experimental group, using systematic analogy; 47 of them were control group 1, using non-systematic analogy; and 44 of them were control group 2, using no analogy. We have elicited their ideas about electric current three times: pretest, posttest and delayed posttest by P-O-E(Prediction-Observation-Explanation) method.

With time, resistant irrelevant idea was decreasing dominantly; sequential reasoning idea and scientific idea were increasing; and current consumption idea was rare. Systematic analogy is more effective than non-systematic analogy on pupils' concepts changes of electric current. Systematic analogy is more effective than no analogy in case of simple situation, but we couldn't find significant difference between systematic analogy and no analogy in case of complicated situation.