

## 과학 개념의 표현 양식별 학습 지속 효과

김준태 · 권재술

(한국교원대학교)

(1994년 1월 12일 받음)

### I. 서론

수업이 끝난 후에도 성취도가 계속 향상하는 현상이 학습 지속 효과이다. 학습 지속 효과에 관한 대부분의 연구에서 성취도의 검사 시기에 따라 성취도가 달라졌다. 학습자의 특성과 검사 개념의 수준 및 표현 양식에 따라 학습 지속 효과가 달라졌다(Kwon, 1984; 권재술 & 김준태, 1992). 그러므로 학습 지속 효과는 교재의 구성과 학습자의 인지 특성 파악 및 과학 교육의 연구 방법에 주는 시사점이 크다.

본 연구에서는 과학 개념의 표현 양식을 언어와 영상, 정량과 정성으로 나누어 이들 사이의 차이점이 학습 지속 효과에 미치는 영향을 조사하였다. 학습 지속 효과를 다양한 방법으로 조사할 수 있지만 과학 개념의 표현 양식으로만 한정하여 분석하였다. 수업에 의한 학습 지속 효과의 분석도 가능하겠지만 연구상의 어려움으로 수업의 방법은 동등하게 제시하는 방법을 택하였다. 외부에서 주는 자극의 형태가 달라지면 과학 개념의 표현 양식도 달라질 것이다. 영상적인 정보를 충분히 주는 수업과 주로 언어에 의존하는 수업의 결과는 차이가 날 것이다. 또, 어떤 개념을 정량적인 방법으로 가르치는 수업과 정성적인 방법에 의존하는 수업도 차이가 날 것이다. 그러나 위에 제시한 수업 형태와 표현 양식이 학습 지속 효과에 주는 영향을 동시에 조사하기에는 연구 상의 어려움이 있다. 본 연구에서는 응답자에게 똑같은 형태의 수업을 하면서 제시하는 문항의 특성만을 다르게

하였다. 수업에 참여한 교사들은 동일한 수업안을 토대로 수업을 실시하였다. 수업의 형태는 영상과 언어가 모두 포함된 수업을 실시할 수 있도록 하였으며 정성적인 방법과 정량적인 방법이 모두 포함되도록 하였다. 수업의 질이 같아지도록 수업이 시작되기 전에 충분한 훈련을 실시하였다. 그러나 교사의 영향을 전혀 무시할 수는 없을 것으로 보이며 이것을 본 연구의 제한점으로 제시한다.

### II. 연구 방법

매일의 성취도 변화 추세를 알아보기 위해 시계열적인 방법을 선택하였다. 한 응답자에게 매일 한개의 문항을 제시하고 응답하도록 했다. 과학 개념의 표현 양식에 따라 학습 지속 효과의 특성을 분석하기 위해 동등하게 표집된 집단에 4가지 형태의 문항을 투여하였다.

학습자가 개념을 형성해 가는 과정을 면밀하게 살펴보기 위해 매일 성취도 검사를 실시했다. 검사는 50일간 매일 진행되었으며 그러한 의미에서 집중적인 시계열 분석법이라고 할 수 있다. 집중적인 시계열 분석법을 이용하여 검사를 실시할 때 시험 '효과가 없다고 하는 것은 이미 Mayer & Rojas(1982)의 연구에서 밝혀진 바 있다. 50일 동안 일요일과 공휴일을 제외하고 매일 검사를 실시하였다. 성취도 검사의 처음 5일은 학습이 실시되기 전의 증력에 대한 개념 수준을 알아보는 기간이며, 이후 30일은 매일 수업을 진행

하며 개념 변화를 알아보는 검사이다. 수업이 끝나고 15일 동안의 검사는 과연 학습 지속 효과가 어떻게 나타나는가를 판가름하는 기간이다. 학습 지속 효과를 검증하기 위해 고등학교 2학년생을 대상으로 했다. 그 이유는 대부분의 고등학교에서 2학년 때에 물리를 이수하며 3학년 때에는 입시로 인한 부담 때문에 연구의 어려움이 있어서이다.

한편, 검사 개념은 중력에 관한 개념이다. 중력을 검사의 개념으로 한 이유는 오인에 관한 많은 연구에서 중력에 대한 개념의 형성이 어렵다고 밝혀졌으며 검사의 기간과 중력에 대한 학습량과도 어느 정도 일치하기 때문이다.

응답자의 성취도 변화를 알아보기 위해 카드식으로 작성된 성취도 검사 문항을 사용하였다.

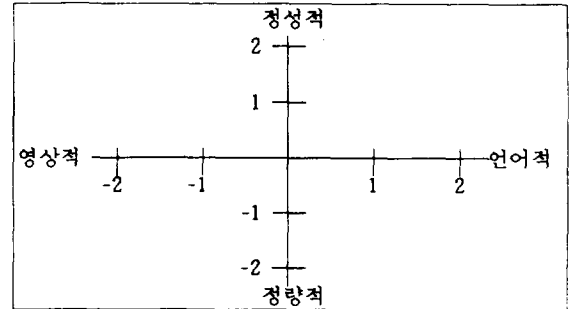
중력장을 문항 개발 대상 단원으로 하여 200개의 문항을 개발하였다. 중력에 대한 개념이 인지 구조내에서 어떻게 형성되는지를 알아보기 위해 문항을 4가지 형태로 개발하였다. 즉, 동일한 개념을 바탕으로 문항을 언어와 영상, 정량과 정성 문항의 4가지 형태로 개발하였다. 문항은 언어적이면서 동시에 정량적인 문항, 언어적이면서 동시에 정성적인 문항, 영상적이면서 동시에 정량적인 문항과 영상적이면서 동시에 정성적인 문항의 4가지 형태가 생긴다. 이러한 문항 전체는 하나의 문제 은행이 된다. 문항은 추측에 의한 정답 가능성을 줄이기 위해 5지 선다형으로 개발하였다.

대부분의 과학 교육 연구에서 사용하는 문항의 표현은 연구 목적에 따라 그 형태를 달리하였다. 그러나 문항의 형태가 결정된 이유를 보면 직관적으로 결정된 것이 대부분이다. 문항에 그림을 삽입하고 정량적인 문항 표현을 사용하는 등의 모든 문제가 연구자의 직관에 의해 결정되는 것은 자칫 연구 결과를 도출해내기 위한 조작적 의도가 있다고 할 수 있다. 좀더 연구 결과를 객관화하기 위해서는 문항 표현의 형태 결정에 대한 타당성을 부여할 필요가 있다. 이러한 목적으로 문항을 분류하는 틀을 만들어 객관화하고자 하였다. 검사 문항의 특성을 판단할 수 있는 기준을 만들었다. 기준을 전문가들에게 제시하고 의견을 수렴해서 기준안을 완성하였다. 문항이 의도한 대로 작성되었는지를 알아보기 위해 전문가들에게 문항을 기준안대로 분류하도록 요청하였다. 문항별로 분류 특성값을 분석하고 이를 토대로 문항을 다시 작성하여 문제 은행을 완성하였다.

과학적 정보를 포함하는 모든 문항은 언어적인 표현과 함께 공간적, 시각적, 기능적인 표현을 담고있다. 그러나 그 문항이 얼만큼 공간적, 시각적, 기능적인가를 나타내는 것은 어렵다. 이 때의 공간적, 시각적, 기능적인 문항 요소를 영상적 특성으로 분류하고 단순히 논리적 언어 표현 요소를 담고 있는 것을 언어적 특성이라고 분류하였다.

한편, 문항 표현은 수치를 계산하고 구체적인 자료를 필요로 하는 것과 구체적인 수치 계산 없이도 과학적 개념만 알면 답을 할 수 있는 문항으로 분류된다. 구체적인 수치 계산이 필요한 문항을 정량적 특성이라하고, 구체적인 수치 계산 없이도 답할 수 있는 문항을 정성적 특성이라 하였다.

<그림 1>과 같이 X축을 언어와 영상의 분류축으로, Y축을 정량과 정성의 분류축으로 하였다.



<그림 1> 문항의 분류틀

언어와 영상의 분류축에서 영상적인 표현만을 담고 있으면 -2, 언어적인 표현만 담고 있으면 2로 분류하였으며 분류 척도는 다음과 같다.

-2인 문항: 영상화를 하지 않으면 답할 수 없는 문항, 질문 형태와 정답의 형태가 모두 영상적으로 처리되어야 하는 문항, 영상적인 처리 없이는 문항을 이해할 수 없는 문항, 도표, 그래프, 그림 등이 없으면 해결할 수 없는 문항, 문맥을 통해 자동으로 영상화되는 문항

-1인 문항: 영상적인 처리를 필요로 하며 언어적인 질문 형태나 답지 형태를 포함한 문항, 영상적인 처리를 하면 잘 해결되는 문항

0인 문항: 언어적인 표현과 영상적인 표현을 모두 포함하는 문항, 영상적인 처리나 언어적인 처리에 관계 없이 해결할 수 있는 문항

1인 문항: 언어적인 표현만으로 전체의 문맥을 파악할 수 있으며 이러한 표현이 효과적인 문항

2인 문항: 영상적인 처리를 하면 해결할 수 없는 문항, 언어적인 표현이 가장 효과적인 문항, 질문 형태와 답지 제시 형태가 모두 언어적이며 이러한 표현이 매우 효과적인 문항  
정량과 정성의 분류축에서 정량적인 표현만을 담고 있으면 -2, 정성적인 표현만 담고있으면 2로 분류하였으며 분류 척도는 다음과 같다.

분류 척도가 -2인 문항: 구체적인 수치를 사용하지 않음

면 답할 수 없는 문항, 질문 형태와 정답의 형태가 모두 정량적으로 처리되어야 하는 문항, 정량적인 처리가 없으면 이해하거나 답할 수 없는 문항, 공식에 수치를 대입해야만 해결할 수 있는 문항

-1인 문항: 수치를 대입해서 풀면 효과적인 문항, 구체적인 수치가 있으면 이해하기에 좋은 문항.

0인 문항: 구체적인 수치의 사용이 꼭 필요하지 않은 문항, 문맥에 포함된 개념을 파악하여 해결하거나, 또는 구체적인 수치의 대입으로 해결하거나 효과면에서 별 차이가 없는 문항.

1인 문항: 물리적인 개념이 실마리가 되어 구체적인 수치 없이도 해결이 가능한 문항, 질문과 답지 중 하나라도 정성적인 개념 파악을 필요로 하는 문항.

2인 문항: 자료를 비교하거나 공식의 의미만을 파악해도 해결할 수 있으며 이렇게 하는 것이 효과적인 문항, 반드시 정성적인 문항 표현을 필요로 하며 문제의 해결 또한 정성적인 처리만으로 해결할 수 있는 문항, 구체적인 수치의 제시가 오히려 문제 해결에 혼란을 주며 정성적인 해결 방식이 가장 효과적인 문항.

위와 같이 문항을 언어와 영상, 정량과 정성으로 분류했지만 모든 문항은 언어적이면서 동시에 정량적, 언어적이면서 동시에 정성적, 영상적이면서 동시에 정량적, 영상적이면서 동시에 정성적인 틀로 나뉘어진다. 이러한 이유로 다음과 같이 수평축을 언어-영상 척도로 하고 수직축을 정량-정성 척도로 하여 문항을 분류하였다. 이렇게 개발된 문항은 무작위로 섞어 다시 전문가에게 분류를 요청하고 이를 근거로 재분류하였다. 총 8명의 전문가에게 문항 분류의 기준을 제시하고 이의 타당성을 토론한 후에 문항을 무작위로 섞어서 분류를 요청하였다.

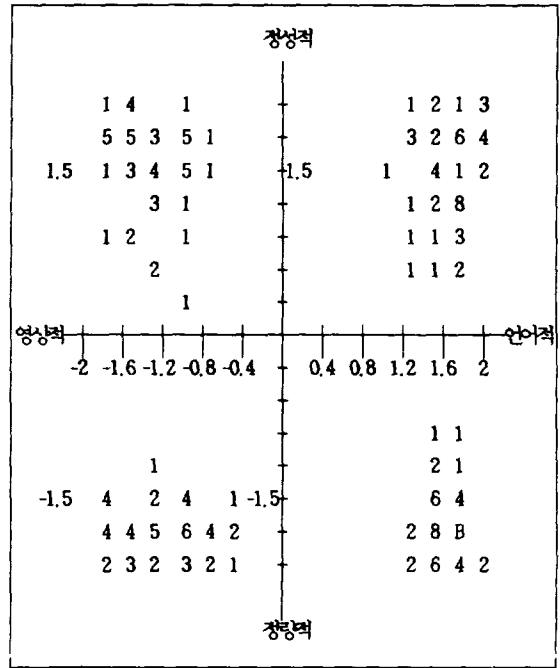
복합적인 문항 특성별로 문항 분류값을 표시했기 때문에 문항의 특성은 X와 Y의 좌표값으로 분석해야 한다.

문항 특성별 문항 분류값은 <표 1> 같다. 언어적인 문항 전체의 X값은 1.6이상이며, 영상적인 문항은 -1.2이하로 나타났다. 이 두 문항들의 분류값 차이는 3에 가깝다. 정량적인 문항은 -1.7이하로 분류되었고, 정성적인 문항은 1.5이상으로 분류되었다. 이 두 문항들의 분류값 차이는 3.2 정도이다. 이로부터 전체 문항은 연구자의 의도대로 잘 표현되었음을 알 수 있다.

<그림 2>는 8명의 전문가가 각 문항에 부여한 문항 특성 분류값을 토대로 작성한 전체 문항의 문항 특성 분포도이다. 8명의 전문가가 각 문항에 부여한 문항 특성 분류값의 평균을 토대로 작성한 분포도이기 때문에 각 문항의 특성과 문항 형태별 특성을 한번에 살펴볼 수 있다. 그림에서 숫자 및 문자는 동일한 좌표에 동일한 값을 갖는 문항이 접쳐진 수이다. 즉, 1, 2, 3, ... A, B는 각각 1개, 2개, 3개 ... 10개, 11개가 접쳐진 수이다.

<표 1> 문항 특성별 문항 분류값

분류축값	언어-정량	언어-정성	영상-정량	영상-정성
영상과 언어 분류축값				
평균	1.60	1.65	-1.20	-1.31
표준편차	0.49	0.54	0.66	0.57
정량과 정성 분류축값				
평균	-1.71	1.48	-1.75	1.51
표준편차	0.48	0.74	0.43	0.76



<그림 2> 문항 특성별 분포도

문항의 분포가 네곳에 집중하여 분포된 것으로 보아도 이들 문항은 서로 잘 구분되는 특징을 갖는 것으로 볼 수 있다. 영상적이면서 정성적인 문항은 지극히 영상적이며 지극히 정성적인 위치에 밀집해 있다. 영상적이며 정량적인 문항도 지극히 영상적이며 지극히 정량적인 위치에 밀집해 있다. 언어적이면서 정량적인 문항은 약간 흩어져 분포해

지만 전체적으로 보면 언어적이면서 정량적인 위치에 분포해있다.

문항의 내적 타당도를 높이기 위하여 문항에 대한 전문가 20인의 의견을 참고하였다. 응답자의 독해력과 논리 조작 수준을 고려하여 문항을 재분류하고 문항의 문맥을 수정하였다. 수정된 문항 전체로 하나의 문제 은행을 완성하였다.

검사 기간은 50일이며 검사 기간중에는 한 학생이 똑같은 문항을 받는 일이 없도록 하였다. 또, 한번의 검사에서 똑같은 문항이 서로 다른 사람에게 동시에 주어지지 않도록 하였다.

검사는 2개 학교에서 같은 기간에 실시하며 2명의 교사가 참가하였다. 이 때 참가하는 교사는 사전에 검사에 대하여 충분한 훈련을 받았다. 또, 교사는 미리 작성된 지도안의 내용으로 수업을 진행하였다. 조사를 시작할 때 학생들에게 검사 결과가 학교의 성적과 무관함을 주시시키고 자기의 생각대로 솔직하게 쓰도록 유도하였다. 검사는 학습전, 학습중, 학습후 기간에 실시되었다. 수업이 시작되기 전 5일 동안 매일 검사가 실시되었으며 이 기간의 성취도 점수는 응답자의 학습전 개념 수준을 나타낸다. 30일 동안 학습이 진행되면서 매일 검사가 실시되었다. 이 기간의 성취도 점수는 학습이 진행될 때 개념의 변화를 나타낸다. 수업이 끝난 후 15일 동안 매일 검사를 실시하여 수업후의 개념 변화를 알아보았다.

응답 집단은 시지역에 소재하는 학교를 대상으로 하여 2개 학교를 선정하였다. 1개 학교에서 4반을 무작위로 선정하였으며 대상 학년은 2학년으로 하였다. 집단간의 차이를 최소화하기 각반에서 무작위로 추출하여 다시 4집단으로 분류하였다.

<표 2> 한 집단에 문항을 투여하는 방법

D/NI	2	3	4	5	6	.....	46	47	48	49	50		
1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P48	P49	P50			
2		P2	P3	P4	P5	P6	.....	P48	P49	P50	P1		
3			P3	P4	P5	P6	.....	P48	P49	P50	P1 P2		
.....													
.....													
48	P48	P49	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47
49	P49	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48
50	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48	P49

\* D: 검사일, N: 응답자, P: 문항 번호

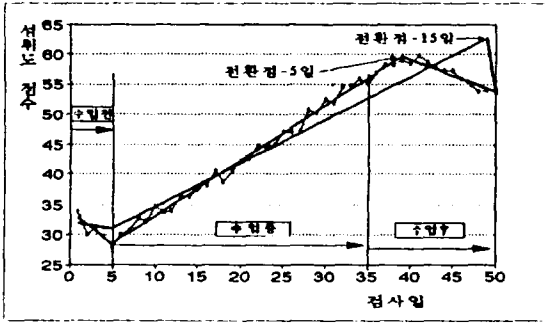
문항을 언어적이면서 정량적인 문항(문항 유형1), 언어적이면서 정성적인 문항(문항 유형2), 영상적이면서 정량적인 문항(문항 유형3), 영상적이면서 정성적인 문항(문항 유형1)으로 구분하여 집단 1, 2, 3, 4에 각각 투여하였다. 각각의 응답자는 검사 기간중 같은 문항을 받지 않았으며 같은 날 동일한 문항이 다른 응답자에게 동시에 주어지지 않았다. 검사일별로 문항을 배부한 방법은 <표 2>와 같다. 이와 같이 문항을 배열하면 각 문항 유형별로 50개의 전체 문항이 해당 집단의 모든 응답자에게 주어지기 때문에 Kwon, Mayer(1983)의 연구에서 처리한 것과 같은 문항 난이도의 처리가 필요없다. 즉, 모든 학생에게 배포된 문항의 난이도는 동일하다.

학습 지속 효과의 특성으로 학습 지속 기간과 학습후의 기울기 및 성취도 점수의 최고점 등을 선택했으며 학습 지속 기간을 중점적으로 분석하였다.

자극 정보의 특성이 달라질 때 나타나는 학습 지속 효과의 특성을 분석하기 위해 성취도 곡선을 과학 개념의 표현 양식에 따라 분석하였다.

본 검사는 50일 동안 매일 실시되었기 때문에 집중적인 시계열 분석법의 일종이다. 이러한 분석법은 경제학에서 계절이나 어떤 기간 동안 자료값이 변할 때 그 변동 추이를 알아보기 위해 처음 사용하였다. 이 때 변수의 값을 시간의 함수로 표시하는 수식으로 나타내거나 횡축에 시간을, 종축에 이에 대응하는 변수의 값을 나타내는 그래프로 표현한다. 본 연구는 수업전과 수업중, 수업후로 나누어 매일 검사를 실시하기 때문에 간섭된 시계열 분석법의 일종이기도 하다. 성취도 점수를 종축에, 검사일을 횡축에 배열하고 변동 추이를 알아보았다. 성취도 검사의 결과에 대한 추세를 알아보기 위해서 회귀 분석을 실시하였다. 사용한 회귀 분석 방법의 종류는 가변수좌를 사용한 다중 회귀 분석 방법이었다.

간섭된 시계열 분석에서 다중 회귀만을 실시하여 분석하면 바람직한 회귀선을 구하지 못한다. 이것은 원시 자료값과 회귀식에 의한 값의 차이의 제곱합인 잔차가 유의미하지 못하기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 분할된 회귀 분석법을 사용하면 된다. 수업전의 검사는 단순한 기초 평가 자료이기 때문에 첫번째 전환점은 수업이 시작하는 날로 잡았다. 가변수좌를 사용하여 다중 회귀 분석을 실시하여 잔차의 제곱합이 가장작은 가변수를 택하였다. F값이 최대인 회귀식은 측정된 성취도 곡선을 가장 잘 표현하며 예측한다고 할 수 있다. 이렇게 F값이 최대가 되는 가변수좌를 선택할 때 가변수의 두번째 변수가 1이되는 지점이 두번째 전환점이 된다. 수업이 끝난 날부터 전환점까지의 기간이 학습 지속 효과의 기간이다.



<그림 3> 분할된 회귀선에서의 학습 지속 기간

회귀 방정식의 형태는  $Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$  로 되며 세개의 분할된 회귀선으로 이루어진다. 첫번째 구간은 학습이 시작되기 전의 구간이며  $X_2$ 와  $X_3$ 의 값은 0이 되는 구간이다. 두번째 구간은 수업이 시작된 시점부터 전환점까지의 구간이며  $X_1$ 의 값은 상수가 되며  $X_3$ 의 값은 0이 된다. 세번째 구간은 전환점 이후의 구간이며  $X_1$ 과  $X_2$ 의 값은 상수가 된다. <그림 3>과 같이 처음에는 전환점을 수업 후의 각 지점에 놓고 가변수를 사용한 회귀 분석을 실시한다. 본래의 성취도 점수와 회귀식에 의한 예측 점수가 많은 차이를 보이면 F값은 작게 나타난다. 예로 제시한 그림 3에서는 수업 후 15일 되는 지점을 전환점으로 했으며 본래의 성취도 곡선과 회귀선이 많이 차이므로 F값도 작게 나타났다. 그러므로 이 지점은 적당한 전환점이 아니다. 수업 후 구간의 각 지점에 전환점을 놓고 같은 방법으로 회귀 분석을 했을 때 산출되는 F값이 가장 큰 지점이 적당한 전환점이 된다. 수업이 끝난 날부터 이 지점까지의 기간이 학습 지속 기간이다. 그림 3에서는 수업 후 5일 되는 지점이 적당한 전환점으로 나타났다. 따라서 이 때의 학습 지속 기간은 5일이 된다.

학습 곡선의 분석에서는 학습 지속 기간을 중점적으로 분석하였으며 그밖에 성취도의 최고점 및 학습 지속 후의 기울기를 분석하였다. 성취도의 최고점은 전환점에서의 성취도가 된다. 이렇게 되는 이유는 학습 지속 후 성취도가 최고점에 오는 지점이 전환점이 되도록 했기 때문이다. 학습 지속 후의 기울기는 학습이 지속된 후 성취도가 어떻게 변하는가를 알아보기 위해 분석하였다. 본 연구에서 분석한 학습 지속 곡선의 구체적인 내용은 다음과 같다. 첫째, 과학 개념의 단일 특성 표현 양식에 따라 학습 곡선을 분석하였다. 즉, 언어적인 표현 양식, 영상적인 표현 양식, 정량적인

표현 양식, 정성적인 표현 양식에 따라 결과를 분석하였다.

둘째, 과학 개념의 복합적인 표현 양식에 따라 학습 곡선을 분석하였다. 즉, 언어적이면서 정량적인 표현 양식, 언어적이면서 정성적인 표현 양식, 영상적이면서 정량적인 표현 양식, 영상적이면서 정성적인 표현 양식에 따라 학습 곡선을 분석하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

과학 개념의 단일 특성 표현 양식과 복합 특성 표현 양식에 따라 학습 지속 효과를 분석했다. 단일 특성 표현 양식은 언어적, 영상적, 정량적, 정성적인 특성과 같은 표현 양식이다. 복합 특성 표현 양식은 언어적이면서 정량적, 언어적이면서 정성적, 영상적이면서 정량적, 영상적이면서 정성적인 특성과 같은 표현 양식이다.

#### 1. 과학 개념의 단일 특성 표현 양식별 학습 지속 효과

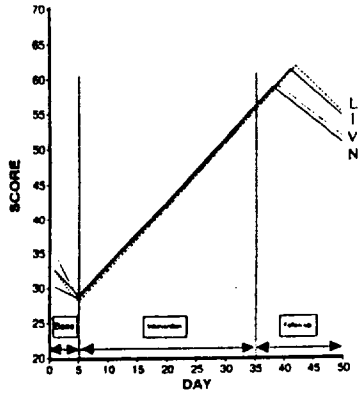
과학 개념의 단일 특성 표현 양식에 따라 학습 지속 효과를 분석하였다. 과학 개념의 단일 특성 표현 양식에 따라 성취도를 회귀 분석하여 얻은 회귀선은 <그림 4>와 같다. <표 3>은 단일 특성 표현 양식에 따른 회귀 방정식의 계수와 학습 지속 기간이다. 추정된 회귀선이 일일 성취도를 설명하는 정도를 표시하는  $R^2$ 은 모두 98% 이상으로 양호하게 나타났다. 표준 오차는 표현 양식에 관계없이 일정한 것으로 나타났다. 이것은 회귀선의 변동이 과학 개념의 표현 양식에 관계없이 거의 비슷하기 때문인 것으로 생각된다.

회귀선의 적합도를 판정해주는 F값은 유의 수준에서 모두 유의하며 영상적인 표현 양식에서 약간 높은 것으로 나타났다. 이것은 영상적인 표현 양식에서의 회귀식이 다른 표현 양식에서의 회귀식 보다 측정된 성취도를 더 잘 설명할 수 있다는 것을 의미한다.

정량적인 표현 양식에서보다는 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 길게 나타났다. 언어적인 표현 양식에서 보다 영상적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 약간 길지만 그다지 큰 차이는 아니다.

학습전의 기울기를 보면 모두 음(-)의 값을 갖는다. 이것은 시험을 보면서 성취도가 계속 감소했다는 것을 의미한다. 정성적인 표현 양식에서의 학습전 기울기가 정량적인 표현 양식에서의 학습전 기울기 보다 더 가파르게 나타났다. 언어적인 표현 양식에서의 학습전 기울기가 영상적인 표현 양식에서의 기울기 보다 가파르게 나타났다. 학습중의 기울기는 모두 비슷하게 나타났다. 정성적인 표현 양식에서는 학습이 지속되는 기간이 길고 성취도 최고점도 다른 표

현 양식에서 보다 높게 나타났다. 정성적인 표현 양식으로 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 길게 나타났다. 영상적인 표현 양식의 회귀선과 정성적인 표현 양식에서의 회귀선이 비슷한 형태로 나타났다. 영상적인 표현 양식 다음으로 언어적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 길게 나타났다. 정량적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 가장 짧게 나타났다. 언어적인 표현 양식과 정량적인 표현 양식에서의 회귀선은 비슷하며 이들은 영상적인 표현 양식과 정성적인 표현 양식에서 보다 성취도 최고점이 낮고 학습 지속 기간이 짧게 나타났다. 언어적인 표현 양식과 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간 차이보다 정량적인 표현 양식과 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간 차이가 크게 나타났다. 이것은 언어적 또는 영상적 특성보다 정량적 또는 정성적 특성이 학습 지속 효과에 더 큰 영향을 준다는 것을 의미한다.



N: 정량적인 표현 양식에서의 회귀선, L: 정성적인 표현 양식에서의 회귀선  
V: 언어적인 표현 양식에서의 회귀선, I: 영상적인 표현 양식에서의 회귀선

<그림 4> 과학 개념의 단일 특성 표현 양식별 회귀선

<표 3> 과학 개념의 단일 특성 표현 양식별 회귀 방정식 계수 ( ) 인원수

과학개념 표현 양식	상 수	학습전 기울기	학습중 기울기	학습 지속 후 기울기	학습지속 기간
정량적인 표현	33.66	-0.95	0.90	-0.67	4일(200)
정성적인 표현	33.64	-1.15	0.91	-0.85	8일(200)
언어적인 표현	36.46	-1.58	0.89	-0.66	5일(200)
영상적인 표현	30.70	-0.45	0.91	-0.75	7일(200)

학습 지속후의 성취도 감소율은 정성적인 표현 양식과 영상적인 표현 양식에서 다소 크지만 이것을 단순히 망각되는 비율로 볼 수는 없다. 성취도 최고점과 학습 지속 기간이 길면 학습 지속후의 성취도 감소율이 크게 나타나는 것이 일반적이다.

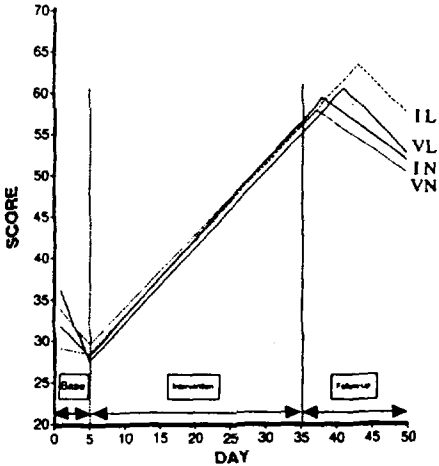
2. 과학 개념의 복합 특성 표현 양식과 학습 지속 효과  
과학 개념이 언어적, 영상적, 정량적, 정성적인 단일 특성 형태만으로 구성될 수는 없다. 과학 개념은 언어적이면서 정량적, 언어적이면서 정성적, 영상적이면서 정량적, 영상적이면서 정성적이기 때문에 학습 지속 효과를 복합적인 특성에 따라 분석해보는 것도 타당하다. 이렇게 복합적인 특성으로 성취도를 회귀 분석하여 얻은 회귀선은 <그림 5>와 같다. <표 4>는 과학 개념의 복합 특성 표현 양식별 회귀 방정식의 계수이다.

<표 4> 과학 개념의 복합 특성 표현 양식별 회귀 방정식 계수 ( )인원수

과학개념 표현 양식	상 수	학습전 기울기	학습중 기울기	학습 지속 후 기울기	학습지속 기간
정량적인 표현	34.85	-1.07	0.88	-0.59	3일(100)
정성적인 표현	38.21	-2.15	0.92	-0.88	7일(100)
언어적인 표현	32.61	-0.90	0.94	-0.63	4일(100)
영상적인 표현	29.13	-0.17	0.92	-0.86	9일(100)

복합 특성 표현 양식에 따라 성취도를 회귀 분석한 결과  $R^2$ 의 값이 모두 97%이상으로 나타났다. 이것으로 보아 추정된 회귀식이 성취도 곡선을 잘 표현함을 알 수 있다. 모든 회귀식의 F값은 유의 수준 0.01에서 의미있는 것으로 판명되었다. 특히, 영상적인면서 정성적인 표현 양식에서 회귀식의 F값이 크게 나타났으므로 이 때의 회귀선이 측정된 성취도 점수 곡선을 잘 표현한다고 보아야 한다. 언어적이면서 정량적인 표현 양식에서 보다는 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 길게 나타났다. 이로보아 똑같이 언어적인 특성을 갖고 있는 개념도 정성적인 개념이 정량적인 개념보다 학습에 소요되는 시간이 길다는 것을 알 수 있다. 영상적이면서 정량적인 표현 양식에서 보다는 영상적이면서 정성적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길게 나타났다. 이것은 영상적으로 표현된 개념도 정성적인

특성을 갖는 개념이 정량적인 특성을 갖는 개념보다 학습에 소요되는 기간이 길다는 것을 의미한다. 영상적이면서 정성적인 표현에서의 성취도 최고점이 가장 높게 나타났다. 영상적이면서 정성적인 표현 양식 다음으로 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길고 성취도가 높게 나타났다. 그러나 학습 지속후 성취도 감소율은 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서 가장 크게 나타났다.



- VN: 언어적이면서 정량적인 표현 양식에서의 회귀선
- VL: 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서의 회귀선
- IN: 영상적이면서 정량적인 표현 양식에서의 회귀선
- IL: 영상적이면서 정성적인 표현 양식에서의 회귀선

<그림 5> 과학 개념의 복합 특성 표현 양식별 회귀선

영상적이면서 정량적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간은 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간보다 짧고 성취도 최고점도 낮게 나타났다. 그러나 학습 지속후 성취도 감소율이 작아서 수업이 끝난 날로부터 15일쯤 되는 시점에서는 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서의 성취도와 비슷하게 나타났다. 언어적이면서 정량적인 표현 양식에서는 학습 지속 기간도 짧고 성취도 최고점도 가장 낮게 나타났다. 회귀선의 학습전 기울기를 보면 언어적이면서 정량적인 표현 양식에서보다 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서가 좀 더 가파르게 나타났다. 또, 영상적이며 정성적인 표현 양식에서의 학습전 기울기보다 영상적이며 정량적인 표현 양식에서의 학습전 기울기가 가파르게 나타났다. 학습중에서의 회귀선 모양은 거의 비슷하게 나타났다.

3. 결과의 이론적인 해석

특성이 다른 4개의 문제 은행을 동질의 4집단에 투여했을 때 나타난 학습 지속 기간은 <표 5>와 같이 요약할 수 있다. 학습 지속 효과와 관련된 이론을 제시하고 연구 결과를 이론적으로 설명해서 연구 결과의 타당성을 부여하였다.

<표 5> 과학 개념의 표현 양식별 학습 지속 기간 ( ) 인원수

과학개념 표현양식	언어적인 표현	영상적인 표현	전 체
정량적인 표현	3일(100)	4일(100)	4일(200)
정성적인 표현	7일(100)	9일(100)	8일(200)
전 체	5일(200)	7일(200)	5일(400)

정량적인 표현 양식에서 보다는 정성적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길게 나타났다. 언어적인 표현 양식에서 보다는 영상적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 약간 길게 나타났다. 똑같이 언어적 표현 양식이라도 정량적인 표현 양식과 정성적인 내용의 표현 양식은 학습 지속 효과에서 큰 차이를 보였다. 언어적이면서 정량적인 표현 양식에서 보다는 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길게 나타난다. 또, 영상적으로 표현된 표현 양식도 정량적인 내용의 표현 양식과 정성적인 내용의 표현 양식에서 학습 지속 효과가 차이 난다. 영상적이면서 정량적인 표현 양식에서 보다 영상적이면서 정성적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길게 나타났다. 이 네가지 형태의 표현 양식 중에서 영상적이며 정성적인 표현 양식에서 가장 긴 학습 지속 기간을 나타냈다.

회귀선에서 학습전 기울기는 모두 음(-)의 값을 나타냈다. 아무런 처치를 하지 않고 단순히 시험만을 보는 데도 성취도가 감소하는 추세를 보였다. 언어적인 표현 양식에서의 학습전 기울기가 영상적인 표현 양식에서의 학습전 기울기보다 더 가파르게 나타났다. 이것은 검사를 계속함에 따라 성취도가 감소하였음을 의미한다. 똑같이 언어적으로 표현 되었어도 정성적인 표현 양식에서의 학습전 기울기가 더 가파르게 나타났다. 회귀선에서 학습 지속후의 기울기를 보면 정량적인 표현 양식에서 보다는 정성적인 표현 양식에서 감소하는 정도가 더 가파르다. 그러나 기울기만을 단순 비교해서 해석하면 안된다. 정량적인 표현 양식에서 보다는 정

성적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길고 성취도도 높기 때문에 나타난 결과로 보아야 한다. 마찬가지로 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 길고 성취도도 높기 때문에 학습 지속후의 성취도 감소율이 언어적인 표현 양식에서 보다 크게 나타났다고 보는 것이 타당하다. 위와 같은 결과는 인지 심리학 및 정보 처리 이론을 사용하여 다음과 같이 설명할 수 있다.

학습 지속 효과와 관련된 인지 심리학으로는 Bartlett(1932)의 이론과 생성 학습 이론 및 Piaget의 이론을 제시하였다. 이들 이론을 사용하여 학습자의 특성과 과학 개념의 표현 양식에 따른 학습 지속 효과를 해석하였다.

Bartlett이론의 핵심은 입력된 정보가 인지 구조내에서 끊임없이 재구성된다는 것이다. Bartlett는 학습자에게 주어진 정보가 파지되는 동안은 물론이고 인출되는 과정에서도 학습자의 특성에 따라 계속 재구성된다고 주장하였다. Kwon(1984)은 학습자가 학습 초기에는 정보를 윤곽만 파악하고 학습이 진행되면서 구체화시킨다고 하였다. 이렇게 구체화시키는 데 필요한 시간을 학습 지속 기간이라고 하였다. 만약 학습 초기에 개념 형성이 끝났다면 학습 지속 효과는 발생하지 않으며 처음에 윤곽만을 파악하고 세부적인 것은 학습자 스스로 형성할 때만 학습 지속 효과가 발생한다고 하였다. 본 연구에서 나타난 과학 개념의 표현 양식별 학습 지속 효과는 Bartlett의 이론을 통해 다음과 같이 해석될 수 있다. 표현 양식이 달라질 때 학습 지속 효과가 차이는 것은 인출시 자극 정보에 따라 개념의 재구성 특징이 달라지기 때문으로 보아야 한다. 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 정량적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간보다 길게 나타난 것은 정성적인 개념이 재구성되는 기간이 정량적인 개념이 재구성되는 기간 보다 길기 때문이다. 정성적인 개념은 여러가지 상황과 사례를 경험할 때 생기는 개념인 반면 정량적인 개념은 공식의 암기 및 적용으로 형성될 수 있다고 보아야 한다. 이러한 이유로 정성적인 개념에서의 학습 지속 기간이 좀 더 길게 나타났다고 여겨진다. 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 언어적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간 보다 길게 나타난 이유는 언어적인 정보가 재구성되는 데 걸리는 시간보다 영상적인 정보가 재구성되는 데 걸리는 시간이 길기 때문이다. 언어적인 정보는 대부분 문맥의 내용을 이해해야 하지만 영상적인 정보는 많은 정보가 함축되어있기 때문에 동시적이며 종합적이다. 따라서 학습자가 재구성하는 양이 많다. 파지하는 동안은 물론이고 인출시에도 재구성되는 양이 언어적인 정보에 비해 많다. 그러므로 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 언어적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간보다

길게 나타난 것이다. 다만 언어적인 표현 양식에서라도 학습자는 자신의 특성에 맞게 영상적인 정보로 재구성할 수 있으며 영상적인 표현 양식에서라도 언어적인 표현 양식으로 재구성할 수 있다.

따라서 Bartlett 이론을 사용해서도 학습 지속 효과를 설명할 수 있다. 그러나 정량적인 개념 보다 정성적인 개념을 형성할 때 소요되는 기간이 길다고 하는 구체적이고 다양한 증거가 없는 것이 문제로 지적될 수 있다. 과학 개념의 형태는 언어와 영상만으로 구분되거나 정량과 정성으로만 구분되는 것이 아니라 언어적이면서 정량적, 언어적이면서 정성적, 영상적이면서 정량적, 영상적이면서 정성적이다. 언어와 영상으로 구분될 때 나타나는 학습 지속 지속 기간의 차이 보다는 정량과 정성으로 구분될 때 나타나는 학습 지속 기간의 차이가 더 크다. 이것은 학습 정보의 언어적 또는 영상적 특성이 학습 지속 기간에 영향을 주는 정도 보다 정량적 또는 정성적 특성이 주는 영향이 더 강하다는 것을 의미한다.

생성 학습 이론의 핵심은 단기 기억에서 감각 정보를 받을 때 장기 기억의 영향을 받으며 정보가 의미있는 형태로 재구성된다는 것이다. 즉, 의미 형성이 장기 기억의 영향을 받아 단기 기억소에서 자발적으로 이루어진다는 것이다. 감각 정보가 단기 기억소에서 유의미한 형태로 형성되면 나중에는 장기 기억소에 수용된다. 장기 기억소에 저장된 정보는 다시 단기 기억소로 넘어와 의미있게 변하며 이러한 과정이 반복되어 학습자의 수준과 조화를 이루게 된다. 표현 양식별로 학습 지속 효과의 특성이 달라지는 것은 단기 기억에서 유의미하게 처리되는 과정이 개념의 특성에 따라 다르기 때문이라고 할 수 있다. 언어적인 표현 양식에서 보다 영상적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길게 나타난 것은 영상적인 개념이 장기 기억소에 이미 형성된 개념과 조화를 이루는 기간이 언어적인 개념보다 길기 때문이다. 영상적인 개념이 갖고 있는 정보는 언어적인 개념이 갖고 있는 정보의 양보다 많다고 볼 수 있다. 영상적인 정보는 한번 보는 것만으로도 많은 부분을 알 수 있다. 영상적으로 표현된 개념을 언어적으로만 표현하기에는 어려운 점이 많다. 여러 상황을 언어적으로만 설명하기 위해서는 문장이 길어진다. 그러므로 장기 기억소에 있던 정보가 단기 기억으로 활성화되는 과정도 복잡하다. 이러한 이유로 과학 개념이 학습될 때 언어적인 정보 형태보다는 영상적인 정보 형태로 형성되는 비율이 높다고 볼 수 있다. 정량적인 표현 양식에서보다 정성적인 표현 양식에서 학습 지속 기간이 길게 나타난 것은 정량적인 정보보다 정성적인 정보가 장기 기억소에서 유의미한 상태로 형성되는 기간이 길기 때문이다. 정



량적인 정보는 수치나 공식을 사용하는 반면 정성적인 정보는 여러 상황을 종합하고 개념의 속성을 포함하는 특성을 갖고 있다. 그러므로 정량적인 정보가 대부분 계산을 필요로 하는 반면 정성적인 정보는 개념의 특성이나 상황을 고려해야 한다. 그러므로 정량적인 정보보다는 정성적인 정보를 학습하는 시간이 오래 걸린다고 볼 수 있다. 정보가 언어와 영상만으로 구분되거나 정량과 정성만으로 구분되는 것이 아니고 언어적이면서 정량적, 언어적이면서 정성적, 영상적이면서 정량적, 영상적이면서 정성적인 형태로 구분된다. 이렇게 표현 양식을 복합적인 특성으로 볼 때 학습 지속 지속 기간은 영상적인 특성과 정성적인 특성이 결합된 영상적이며 정성적인 표현 양식에서 가장 길게 나타났다. 이로부터 표현 양식별로 나타난 학습 지속 효과의 특성을 생성 학습 이론을 사용하여 설명하는 것도 가능하다고 볼 수 있다.

Piaget는 인간이 일생동안 일정한 발달 단계를 거치며 발달 단계 사이에는 뚜렷이 구분되는 특징이 있다고 하였다. Flavell(1977)은 Piaget가 주장한 발달 단계는 불연속적이지만 각각의 발달 단계 사이에는 아주 미세한 단계가 존재한다고 주장하였다. 외부 정보가 인지 구조와 평형을 이루면서 학습자의 인지 구조는 미세한 발달을 거듭하며 이러한 미세 발달은 학습자의 발달 단계를 높이는 역할을 수행한다. Piaget는 지적 발달의 요인으로 성숙, 물리적 경험, 사회적 상호 작용, 평형화를 들고 있다. 성숙이란 인간의 뇌조직의 성장이나 내분비 계통의 발달에 의한 것이다. 물리적 경험이란 환경과의 상호 작용을 의미한다. 환경을 동화하고 환경에 조절하는 가운데 인지 구조는 자극을 받고 성장을 한다는 것이다. 사회적 상호 작용은 인간과 인간의 관계에서 생기는 모든 작용을 의미한다. 평형화란 외부 환경과 자신의 인지 구조를 조절시켜가는 작용을 의미한다. 이러한 평형화의 작용으로 인지 구조가 성장한다고 볼 수 있다.

학습 지속 효과가 생기는 요인과 표현 양식별로 학습 지속 특성이 달라지는 이유를 Piaget의 이론으로 다음과 같이 설명할 수 있다. 응답자가 수업을 받는 동안 인지 구조가 물리적 사회적 경험에 의해 작은 성장을 하며 이러한 성장은 수업이 끝난 후에도 계속 된다. 학생은 수업을 받는 중에 교사와의 상호 작용, 외부 정보와의 상호 작용에 의해 끊임없이 조절과 동화의 과정을 거친다. 인지 구조가 평형화되는 데는 시간이 필요하며 이 시간이 학습 지속 기간이라고 볼 수 있다. 수업을 받을 때에는 알 수 없었던 개념도 미세한 지적 발달에 의해 수업이 끝난 후 알게 되며 이것이 학습 지속 효과를 발생킨다고 보아야 한다. 물론 학습과 신체의 성장에 의해 대뇌의 신경 조직과 내분비 계통의 성숙에 의

해서도 물리적 화학적으로 미세하게 성숙될 것이다. 응답자는 이러한 모든 요인으로 인해 지적인 발달을 하게 되며 이 발달은 아주 작아서 당장은 발달 단계에 영향을 미치지 않을 수도 있다.

표현 양식별로 학습 지속 효과의 특성이 다르게 나타나는 것은 발달 단계와 표현 양식과의 평형에 관계된 문제이다. 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 언어적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간 보다 길게 나타난 것은 영상적인 정보가 인지 구조와 평형을 이루는 시간이 언어적인 정보 보다 길기 때문이거나 언어적인 정보도 결국의 영상적인 정보를 추가해야 평형화에 도달할 수 있기 때문이다. 영상적인 정보는 언어적인 정보에 비해 많은 양의 정보를 포함하며 인지 구조내에서 여러가지 형태로 변할 수 있기 때문에 평형화되는 데 걸리는 시간도 길다고 보아야 한다. 다른 각도로 보면 영상적인 정보를 이해하기 위해서는 언어적인 정보를 이해하기 위해 필요한 지적 발달 수준보다 더 높은 단계가 필요하다고도 볼 수 있다. 정량적인 표현 양식에서 보다 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 길게 나타난 것은 정량적인 표현 양식 보다 정성적인 표현 양식이 더 이해와 사고를 요하기 때문이라고 보아야 한다. 정량적인 문항은 공식과 수치의 대입에 의해 해결할 수 있는 반면 정성적인 문항은 여러 상황을 고려하고 사례를 종합하는 능력이 있어야 해결할 수 있다. 그러므로 정량적인 문항 보다 정성적인 문항을 해결하는 데 좀더 높은 지적 수준을 필요로 한다. 권재술의 해석처럼 미세한 지적 수준의 발달로 인해 학습 지속 효과가 발생했다면 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 정량적인 표현 양식에서 보다 길게 나타난 이유는 정성적인 정보가 정량적인 정보 보다 높은 사고 수준을 요구하기 때문이다.

학습 지속 효과와 관련된 정보 처리 이론으로 생리학 이론과 이중 부호화 이론을 제시하였다. 이들 이론을 사용하여 과학 개념의 표현 양식에 따른 학습 지속 효과를 다음과 같이 해석하였다.

생리학적인 이론의 핵심은 학습에 의해 뇌시냅스가 구조적, 물리 화학적으로 변한다는 것이다. 학습에 의해 뇌시냅스의 통로 구조가 변하며 시냅스의 밀도가 변하는 것과 같은 구조적 변화가 생긴다. 학습에 의해서 정보의 기억과 학습을 가능하게 하도록 뇌의 화학적인 변화도 일어난다. 어떤 개념에 대한 시냅스 회로가 형성되면 이 회로는 그 뒤에도 같은 개념의 자극에 의해 쉽게 흥분된다. 이렇게 개념에 대한 시냅스 회로가 형성되면 이것은 학습이 이루어진 것이다. 학습자의 뇌신경이 구조적, 물리 화학적으로 변화를 일으키기 위해서는 시간이 필요하며 이 때의 필요한 시간이

학습 지속 기간이라고 볼 수 있다. 영상적인 정보에서는 시냅스의 연결이 복잡하기 때문에 구조적, 물리 화학적으로 변하는데 필요한 시간이 언어적인 정보에 비해서 길다. 정성적인 정보도 정량적인 정보에 비해서 필요한 시냅스의 수가 많기 때문에 구조가 바뀌는 데 필요한 시간이 길다. 위와 같은 설명으로 생리학 이론이 학습 지속 효과를 설명할 수 있는 이론이라고 말할 수 있다.

이중 부호화 이론이란 인간의 오른쪽 뇌와 왼쪽 뇌의 처리 과정이 다르다는 것이다. 오른쪽 뇌는 정보를 종합적이며 도식적으로 처리하는 표상 시스템이며 왼쪽 뇌는 순차적이며 논리적으로 처리하는 언어 시스템이다. 어떤 정보를 대할 때 왼쪽 뇌와 오른쪽 뇌가 정보를 분담해서 따로 처리하고 얼마 후에는 이들 정보를 서로 교환하여 조화를 이루게 된다. 이렇게 되는 데는 시간이 필요하며 이때의 기간이 학습 지속 기간이라고 볼 수 있다. 학습자의 지적 발달 단계는 두 개의 정보 시스템에서 정보를 처리하고 이를 교환하는 능력이라고 할 수 있다. 수업을 받을 때에는 언어적인 정보와 영상적인 정보를 모두 받는다. 이 때 입력되는 과정에서 언어적인 정보와 영상적인 정보는 서로 다른 처리 과정을 거친다. 수업이 끝나고 얼마후에는 언어적인 정보와 영상적인 정보를 교환하며 조화를 이루게 된다. 언어적인 정보는 영상적인 정보와 조화를 이루어 영상적인 정보가 가미된 형태로 조화를 이루게 된다. 언어적인 정보와 영상적인 정보가 조화를 이루는 데는 상당한 기간이 필요하다. 이러한 이유로 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간이 언어적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간 보다 길게 나타났다. 정량적인 정보는 논리적이며 순차적인 정보를 포함하는 경향이 강하기 때문에 왼쪽뇌에서 처리될 가능성이 높으며 정성적인 정보는 종합적이며 여러 상황을 모두 고려해야 하는 특징을 갖기 때문에 왼쪽 뇌와 오른쪽 뇌의 정보를 모두 필요로할 가능성이 높다. 이런 관계로 정량적인 정보는 학습이 지속되는 기간이 짧으며 정성적인 정보는 학습이 지속되는 기간이 길다. 언어적인 표현 양식과 영상적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간 차이보다 정량적인 표현 양식과 정성적인 표현 양식에서의 학습 지속 기간 차이보다 작게 나타난 것은 언어적인 정보라도 영상적인 정보를 완전히 배제할 수 없으며 마찬가지로 영상적인 정보도 언어적인 정보를 완전히 배제할 수 없기 때문이다. 위의 결과를 종합해보면 학습 지속 효과는 왼쪽 뇌와 오른쪽 뇌의 정보 처리 과정이 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 수업이 끝난 후 얼마동안 왼쪽 뇌와 오른쪽 뇌가 정보를 교환하며 서로 조화를 이루게 된다. 이 때 필요한 시간이 학습 지속 기간이다. 정보의 특성에 따라 조화를 이루는 데 필요한 시간도 달라

진다. 언어적인 정보는 영상적인 정보와 결합하게 되며 궁극적으로는 영상과 언어가 조화된 형태로 발전하게 된다. 일반적인 정보는 정량적인 특성과 정성적인 정보를 모두 포함한다. 정량적인 정보는 논리적이며 순차적이기 때문에 왼쪽 뇌의 처리 과정을 거치고 오른쪽 뇌의 정성적인 정보와 결합하는 경향이 있다. 정성적인 정보는 왼쪽 뇌의 정량적인 정보를 바탕으로 상황을 종합하는 정보이기 때문에 오른쪽 뇌에서 처리되는 과정이 많다. 이러한 요인이 표현 양식별로 학습 지속 특성이 달라지는 원인이라고 하겠다.

## V. 결론 및 제언

연구 결과를 바탕으로 다음과 같이 결론을 내릴 수 있다. 본 연구의 결과가 과학 교육에 주는 시사점 및 향후의 연구 과제는 제언으로 제시했다.

### 1. 결 론

모든 회귀 분석에서 결과가 의미 있게 나왔으므로 학습 지속 효과를 검사하기 위해 시계열적인 분석 방법을 사용한 것은 적절한 것으로 볼 수 있다. 가변수를 이용한 회귀 분석 결과는 측정된 결과를 잘 설명하였다. 학습자의 특성과 과학 개념의 표현 양식에 따른 학습 지속 효과의 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 학습 지속 효과는 과학 개념의 표현 양식에 따라 달라진다. 제시되는 자극의 형태가 달라지면 인출 정보의 형태도 달라진다. 언어적이면서 정량적인 표현 양식, 언어적이면서 정성적인 표현 양식, 영상적이면서 정량적인 표현 양식, 영상적이면서 정성적인 표현 양식에 따라 학습 지속 효과가 달라진다. 학습 지속 기간은 영상적이며 정성적인 표현 양식에서 가장 길게 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 영상적인 형태의 정보는 인지 구조내에서 언어적인 정보와 결합되어 발전해 간다고 볼 수 있다. 개별적인 사례나 상황에서 문제를 해결하는 과정을 통해 정성적인 개념이 형성되기 때문에 많은 과학 개념이 최종적으로는 영상적이며 정성적인 형태로 발전해 간다고 여겨진다. 학습전 성취도는 검사가 계속되면서 검사의 깊음으로 인해 모든 표현 양식에서 감쇠하는 양상을 보였다. 감쇠하는 비율은 언어적이면서 정성적인 표현 양식에서 가장 컸다. 이것은 언어적이며 정성적인 개념의 인지 과정이 다른 개념에 비해 복잡하기 때문이다. 학습이 진행되고 있을 때는 모든 형태의 표현 양식에서 성취도가 비슷했다. 학습이 진행될 때는 다양한 형태의 정보가 제시되며 학습자가 아직 구조화하지 못했기 때문에 나타난 결과로 본다.

2. 제 언

학습 지속 효과는 과학 개념의 표현 양식에 따라 달라진다는 것이 본 연구의 결과이다. 학습 지속 효과는 학생들의 과학 개념이 학습에 의해 변화하는 특징을 설명하기 때문에 과학 교육학의 중요한 연구 분야가 되어야 한다. 본 연구에서 나타난 바와 같이 성취도는 검사 시기와 개념의 표현 양식에 따라 달라진다. 따라서 차후 학습자의 성취도를 조사하는 다른 연구에서는 연구 시기 및 연구 방법을 고려해야 한다. 수업이 끝난 후에도 학습이 지속되기 때문에 교과외 구성이나 수업에서 개념의 제시 순서를 정할 때 이러한 점을 고려해야 한다.

본 연구에서와 같이 매일 집중적으로 연구를 해야 하는 연구 방법상의 어려움은 향후의 연구에서 다음과 같이 해결할 수 있다.

많은 연구를 토대로 학습 지속 효과의 일반적인 특성이 밝혀지면 이를 토대로 학습중의 검사는 줄이고 학습 지속후의 검사에 치중해서 연구의 부담을 줄일 수 있다. 성취도의 검사 방법도 카드식 문제 은행을 사용하는 방법과 면담법을 함께 사용할 수 있다. 면담법을 사용하여 응답 집단의 인원수와 검사 빈도를 줄일 수 있다.

본 연구에서 자세히 규명하지 못했지만 학습 지속 효과에 대한 향후의 연구 과제를 다음과 같이 제시한다.

본 연구에서는 수업의 방법을 동일한 형태로 하고 학습 지속 효과를 조사하였다. 그러나 수업의 방법도 학습 지속 효과에 많은 영향을 줄 것으로 생각된다. 수업의 방법을 다르게 했을 때 학습 지속 효과가 영향을 받을 것이다. 그러므로 수업 방법의 차이에 따른 학습 지속 효과의 연구는 향후의 연구 과제이다.

연구 결과 학습전에 검사가 계속되면서 성취도가 감소하였다. 아무런 처치를 하지 않고 단순히 카드식의 시험을 보았는데도 검사가 계속되면서 성취도가 감소한 원인을 밝히는 것도 향후의 연구 과제이다.

학습 지속후 성취도의 감쇠율이 학습자의 인지적인 특성 및 과학 개념의 표현 양식에 따라 달라졌다. 그러므로 이러한 현상을 좀 더 정밀하게 연구하고 원인을 규명할 필요가 있다.

參 考 文 獻

권재술(1985). 학습지속효과를 설명하기 위한 몇가지 모델. 물리교육(3).  
 권재술(1989). 과학 개념 형성의 한 인지적 모형. 물리교육, 7(1).  
 권재술, 김준태(1992). 과학개념 학습지속 효과의 유형과 그

특성 분석. 과학교육, 12(1)

김경인 역(1988). 인지심리학. 서울: 중앙적성출판사.  
 김범기(1989). 물리교육의 한·일 비교 연구. 일본 광도대학교 대학원 박사학위논문.  
 김연형 편(1990). 시계열분석과 예측. 서울: 아카데미.  
 김연형(1991). 통계적 방법. 서울: 경문사.  
 김영채(1986). 측정·평가총론. 서울: 교육과학사.  
 김용래(1982). 교육평가. 서울: 학문사.  
 Ballard, P. B.(1913). Obliviscence and reminiscence. *British Journal of Psychology: Monograph Supplement*, 1(2).  
 Bartlett, F. C.(1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge, England: Cambridge University Press.  
 Crowder, R. G.(1976). *Principles of learning and memory*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc..  
 Draper, N. R. and Stimth, H.(1981). *Applied regression analysis* (2nd ed.). Jhon Wiley & Sons, Inc.  
 Ebbinghaus, H.(1964). *Memory: A contribution to experimental psychology*. New York: Dover.  
 Farnsworth, C. H., & Mayer, V. J.(1984). An assessment of the validity and precision of the intensive time-series design monitoring learning difference between students with different cognitive tendencies. *Journal of Research in Science Teaching*, 21: 345 - 355.  
 Farnsworth, C. J.(1981). *Using an intensive time-series design to develop profiles of daily achievement and attitude of eighth-grade earth-science students at different cognitive levels during the study of plate tectonics*. Unpublished doctoral dissertation, The Ohio State University.  
 Flavell, J. H.(1962). *The developmental psychology of Jean Piaget*. New York: Van Nostrand Reinhold.  
 Flavell, J. H.(1977). *Cognitive development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.  
 Kwon, J. S., & Mayer, V. J.(1983). *Segmented straight line regression analysis to identify the momentum effect for the intensive time-series design*. Paper presented at the 56th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas.  
 Kwon, J. S.(1984). *An examination of theoretical bases and empirical evidence for the existence of the momentum effect in learning scientific concepts*.

- Unpublished doctoral dissertation, The Ohio State University.
- Kwon, J. S., & Mayer, V. J.(in press). Identification and description of the momentum effect in studies of learning an abstract science concept. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Mayer, V. J., & Kozlow, M. J.(1980). An evaluation of a time-series single-subject design used in an intensive study of concept understanding. *Journal of the Research in Science Teaching*, 17: 455-461.
- Mayer, V. J., & Lewis, D. K.(1979). An assessment of the validity of the use of a time-series single subject design. *Journal of Research in Science Teaching*, 16: 137-144.
- Mayer, V. J., & Pezaro, P.(1980). *Intensive time-series designs for studying development of science concepts in adolescents*. Study funded by the National Science Foundation, Grant #SED 8016589.
- Mayer, V. J., & Rojas, C. A.(1982). The effect of frequency of testing upon the measurement of achievement in an intensive time-series design. *Journal of Research in Science Teaching*, 19: 543-551.
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C.(1983). Learning Science: A generative model. *Science Education*, 67, 489-503.
- Paivio, A. & Begg, I.(1981). *Psychology of language*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal process*. New York: Holt, Reinhart & Winston.
- Piaget, J.(1978). *The language and thought of the child* (3rd ed.). London: The Humanities Press Inc..
- Piaget, J., & Inhelder, B.(1973). *Memory and intelligence*. New York: Basic Books.
- Shapiro, S. R., & Erdelyi, M. H.(1974). Hypermnnesia for pictures but not words. *Journal of Experimental Psychology*, 103: 1218-1219.
- Sugarman, S.(1987). *Piaget's construction of the child's reality*. New York: Cambridge University Press.
- Wittrock, M. C.(1977). *The human brain*. Englewood Cliffs, New Jersey: prentice-Hall.
- Wittrock, M. C.(1980). *The brain and psychology*. New York: Academic Press.

(ABSTRACT)

## An Analysis of the Momentum Effect by the Representation Patterns of Science Concepts

Kim, Jun-Tae · Kwon, Jae-Sool  
(Korea National University of Education)

This study tried to find the effect to the representation patterns of science concepts upon the momentum effect. The previous studies showed that the momentum effect is influenced by students' cognitive levels and the abstractness of test items. The representation patterns of science concepts are divided into 4 different types: quantitative and qualitative, verbal and image. The research method used in this study is time series design. The period is 50 days. The period is divided into "pre-test", "intervention-test", "post-test". Pre-test period is 5 days and in this period class instruction does not exist. Intervention-test period is 30 days and in this period class instruction exist. Post-test period is 15 days and in this period class instruction does not exist. The results showed longer momentum effect on the image-qualitative representation pattern than the other representation patterns. Qualitative concepts is formed better than quantitative. Momentum effects is not artifact but the essential characteristics of science study.