

과학개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념변화에 미치는 영향

김범기 · 권재술
(한국교원대학교)

(1995년 10월 10일 받음)

I. 서 론

구성주의적 학습 이론은 과학의 개념학습에 많은 시사점을 주고 있다. 경험주의 입장에서 보면 학습은 학생들에게 가르치기만 하면 바른 개념으로 받아들여질 수 있다고 보는 반면에, 구성주의 입장은 학생들은 과학 수업을 받기 이전부터 일상생활의 경험을 통하여 자연현상에 대한 나름대로의 개념을 가지고 있어서 이미 형성된 개념 체계로 다른 개념을 획득하게 된다. 학습이란 무에서 유를 얻는 과정이 아니라 이미 있는 것이 새로운 것으로 변화되는 과정으로 보고 있다.

과학 개념을 가르칠 때, 새로운 개념은 가르쳐진 그대로 받아들여지는 것이 아니라 학생들 나름대로 받아들여진다는 점이다. 학생들이 기존에 가지고 있던 잘못된 개념, 즉 오개념에서 바람직한 과학적 개념으로 변화되는 과정을 알기 위해서는 개념의 변화에 관계되는 인지적 요인이 무엇인가에 대한 이해가 필요하다.

오개념에 관한 연구를 통해서 어떤 특정한 과학 개념이 학습되는 과정을 알 수 있으며, 그 개념의 학습지도 방법과 자료를 개발할 수 있는 준거를 설정할 수 있다. 오개념의 형성과 이를 극복하는 과정을 통해서 인간 사고의 본질을 밝히는 데 중요한 열쇠가 된다.

개념변화는 순수한 과학적 맥락에서 습득되는 개념이나, 또는 일상 생활 경험과 밀접한 관계가 있는 개념이나에 의해서 크게 영향을 받는다는 것이 밝혀졌다(Dreyfus, 1990). 이것은 과학 개념의 특성이 개념 학습에 부정적 또는 긍정적으로 작용하는가를 밝히는 중요한 연구라고 할 수 있다.

인지적 갈등이란 학생들이 기존에 가지고 있는 생각에 반하는 자연 현상이나 다른 사람의 주장에 직면하였을 때 나타나는 심리적인 갈등 상태이다(권재술, 1989; Hashweh, 1986).

따라서 인지적 갈등의 유발 방법에는 실제 상황을 학생들에게 시범을 해 보이는 방법과 논리적인 논증을 통하는 방법이 있을 수 있다(이경호, 1990; Stavy, 1980; Fetherstonhaugh, 1992; Lonning, 1993).

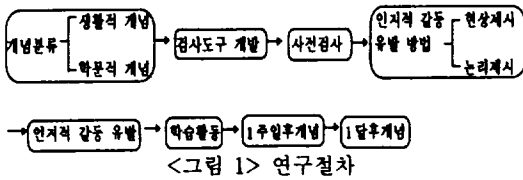
지금까지 오개념의 유형을 조사하는 연구와 오개념의 극복을 위한 많은 연구들이 진행되었다. 그러나 아직까지 과학 개념의 유형과 인지적 갈등 유발 방법에 따라 개념이 어떻게 변하는가에 대한 연구를 찾기가 어렵다.

따라서 본 연구에서는 과학 개념을 학문적 개념과 생활적 개념으로 분류하고, 학생들의 기존 개념에 대해 현상제시와 논리제시로 인지적 갈등을 유발하였을 때 개념변화에 어떠한 영향을 주는지 밝혀 보고자 한다.

II. 연구 방법

과학개념의 유형과 인지적 갈등 유발 방법에 따라 학생들이 가지고 있는 개념이 어떻게 변하는가를 알아보기 위하여 다음과 같은 절차에 따라 연구하였다. 과학개념을 학문적 개념과 생활적 개념으로 나누고, 인지적 갈등 유발 방법을 현상 제시와 논리 제시로 하였을 때 인지적 갈등이 어떻게 일어나는지 살펴보고, 학습을 한 후에 개념 변화가 어떻게 일어나는지 알아보기 위해서 1주일과 한달 후에 학생들의 개념을 조사하였다. 연구 과정을 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같다.

이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 지방대학육성과제 연구비에 의하여 연구되었음.



1. 과학개념의 분류

과학개념을 생활적 개념과 학문적 개념으로 분류하였다 (Pines, 1986; Dreyfus, 1990). 생활적 개념이란 일상생활의 경험에 의해 자연스럽게 습득할 수 있는 개념이며, 학문적 개념이란 학생들이 직접 경험하지 않고 학교에서나 책을 통해서 습득할 수 있는 개념을 말한다. Thorley(1987)는 역학 영역이 전자기 영역보다 경험의존적이라고 했다. 물리에서 생활적 개념은 역학과 관련이 높고, 학문적 개념은 전자기와 관련이 높다고 볼 수 있다. “힘”이나 “에너지”와 같은 개념은 일상생활과 밀접한 관련이 있는 반면에 “전기장”이나 “전류”와 같은 개념은 일상생활 경험보다는 과학 학습을 통해서 습득되어지는 학문적 개념이라고 할 수 있기 때문이다.

2. 검사 도구의 개발

1) 검사도구 개발의 준거

개념변화는 인지구조와 인지구조 사이의 상호작용과 인지구조와 주위 환경과의 상호작용에서 나타난다. 개념변화를 일으키기 위해서는 인지적 갈등이 필요하다. 인지적 갈등의 유발 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나, 본 연구에서는 실제 상황을 학생들에게 시범을 통해서 해 보이는 방법과 논리적인 논증을 이용하는 방법으로 두 가지를 이용하였다. 시범을 통해서 학생들에게 인지적 갈등을 유발하는 방법을 현상제시라고 하고, 논리적인 논증을 통해서 인지적 갈등을 유발하는 방법을 논리제시라고 하였다.

Posner 등(1982)은 개념 변화가 일어날 조건에 대해서 다음과 같이 제시하였다. 새로운 개념은 학생들이 이해할 수 있어야 하고, 그럴듯하게 보여야 하며, 효용성이 있어야 한다고 하였으며, 많은 연구자들이 이 개념변화 조건에 동의하고 있다(Hewson, 1984; Stofflett, 1994; Basili, 1991). 본 연구에서 사용되는 모든 문항은 Posner의 개념변화 조건에 맞아야 하며, 현상제시와 논리제시를 할 수 있어야 한다.

2) 지필 검사 도구

역학 영역에서는 힘과 관련한 오개념 연구가 많이 진행되

어 왔고(권재술, 1992; 오강수, 1987; 이영직, 1992; Brown, 1987; Driver, 1984; Eckstein, 1993; Eckstein, 1989; Lie, 1984; Mcdermott, 1983; Placek, 1987; Thijs, 1987; Watts, 1981), 전자기 영역에서는 전류에 관한 오개념 연구가 많이 진행되어 왔다 (문충식, 1990; 안수영, 1989; Arnold, 1987; Dupin, 1987; Eylon, 1990; Heller, 1992; Millar, 1994; Shepardson, 1994; Shipstone, 1988). 오개념에 관한 문헌 연구를 통해서 학생들이 갖고 있는 생각을 조사 분석하였다. 문헌 연구를 통해서 학생들이 많이 갖고 있는 오개념을 찾아 냈고, 이를 바탕으로 현상으로 인지적 갈등을 유발할 수 있으며, 논리로 인지적 갈등을 유발할 수 있는 문항을 개발 및 수정 보완하였다. 역학과 전자기 영역을 비교하기 위해서 같은 수의 문항을 개발하였는데 역학에서 6개 문항과 전자기학에서 6개 문항이었다.

예컨대, 역학 영역에서는 수레에서 떨어지는 공과 같이 직선 관성을 묻는 문항과, 곡선관을 미끄러져 내려오는 공과 같이 곡선관성을 묻는 문항, 강한 자석과 약한 자석 사이에 작용하는 힘과 같이 작용과 반작용을 묻는 문항이 포함되어 있다. 이들 문항은 뉴턴 운동법칙에 관해 학생들이 지배적으로 갖고 있는 오개념이 포함되어 있다. 전자기 영역에서는 직렬 연결된 두 전구의 밝기를 비교하는 문항과, 병렬 연결된 전구와의 밝기를 비교하는 문항, 전구에 직렬로 연결된 가변저항을 변화시켰을 때의 전구의 밝기를 묻는 문항이 포함되어 있다. 이들 문항은 일정 전류 모형, 소모성 모형, 분배 모형 등과 같이 학생들이 지배적으로 갖고 있는 오개념이 포함되어 있다.

3) 현상제시와 논리제시의 도구 개발

역학과 전자기 영역에서 각 문항마다 시범으로 보여 줄 수 있는 기구를 개발하였다. 예를 들면 역학 영역에서 직선 관성을 시범으로 보여 주기 위해 수레에 전동기를 장치하여 수레를 움직일 수 있도록 하였다. 전자석을 이용하여 수레가 일정한 속도로 움직일 때 쇠구슬이 떨어지게 되어 있다. 직선 관성에 대한 개념을 조사하는 문항에서 ‘수레에서 떨어지는 공’에 대해 실제로 보여 주는 기구가 된다. 전자기에서는 지필 검사 문항의 회로와 똑같이 전구와 건전지를 연결하고 직접 관찰하여 밝기를 비교할 수 있는 시범 기구를 개발하였다. 이들 시범 기구는 지필 검사 문항에 나오는 문제 상황을 그대로 보여 주는 것이기 때문에 지필 검사 문항의 문항 수와 같다. 즉, 역학 영역에서 6개 전자기에서 6개 총 12개의 시범 기구를 개발하였다.

사전개념에서 나타난 학생들의 응답을 분석하여 논리제시를 개발하였다. 학생들이 지배적으로 갖고 있는 생각을

분석하고 이를 바탕으로 논리적인 논증을 문항별로 3~5개 정도 개발하였다. 예를 들면, '곡선관을 미끄러져 내려오는 공'의 문제에서 정답을 한 학생에게는 '곡선운동을 하었기 때문에 관을 빠져나온 후에도 곡선운동을 한다' 또는 '원운동하는 물체에는 원심력이 작용하기 때문에 밖으로 나간다' 등으로 논리제시를 할 수 있다.

3. 연구 대상자 선정

중학교나 국민학교에서도 이해 가능한 낮은 수준의 과학 개념이 있을 수 있으나 개념에 따라서는 어느 정도의 인지 수준에 도달하여야만 인지적 갈등의 유발이 가능하기 때문에 연구 대상을 고등학교 1학년으로 한정하였다.

<표 1> 연구 대상자 선정

사전개념 조사에 응시한 학생수	184명
각 영역에서 오개념이 3개 이상이고 응답의 일관성이 있는 학생수	52명
연구에 참여 의사가 있는 학생수	34명
전학년 학생수	2명
개념변화 과정에 모두 참여한 학생수	32명

읍 소재지 고등학교 1학년 184명의 학생을 대상으로 사전 검사를 실시했다. 이들 학생 중에서 본 연구의 목적에 맞는 연구대상을 선발하였다. 연구에서 선정한 학생들은 응답의 일관성이 있어야 하고, 논리제시를 이해할 만한 학생이어야 한다. 오답 중에서도 답지선택과 응답이유 진술이 일관성이 있어야 한다. 오답 중에서도 답지선택과 응답의 이유진술이 일관성이 있는 것만을 오개념으로 분류하였다. 논리제시와 현상제시에 따라 인지갈등의 정도를 비교하기 위해서는 같은 학생에게 논리제시와 현상제시의 횟수를 비슷하게 제시하도록 하였다. 현상제시의 수와 논리제시의 수를 비슷하게 제시하기 위해서는 사전검사 문항에서 오답이 1/2 이상이 되어야 한다. 개념의 유형(역학, 전자기학)에 따라 인지갈등의 정도를 비교하기 위해서는 개념의 유형에 따라 논리제시와 현상제시를 비슷하게 제시해야 한다. 따라서 역학과 전자기 영역에서 틀린 오개념이 각각 1/2(6문항 중 3문항) 이상이어야 한다.

위의 두 조건을 만족하는 학생 중에서 응답이유 진술의 일관성과 성실성의 정도에 따라 최종적으로 학생을 선발하였다. 이유 설명이 비교적 논리적이면 일관성이 있는 오개념으로 볼 수 있다. 일관성이 있는 오개념이 역학에서 3개

이상, 전자기에서 3개 이상 발견된 학생은 184명 중에서 74명이었다. 이 중에서 이유진술을 참고하여 좀 더 자신의 생각을 확실하게 갖고 있다고 판단되는 학생을 52명 선발하였다. 이 중에서도 본 연구에 참여할 의사가 있는 학생을 최종적으로 34명 선발하였다. 그런데 사전검사와 인지적 갈등 유발 및 학습을 한 후에 전학년 학생이 2명이 있었다. 따라서 개념변화까지 최종적으로 연구에 참여한 학생은 32명이 된다.

사전검사는 겨울방학 보충수업 시간을 활용하였고, 면담은 학생이 방학이 시작되었을 때 실시하였다. 방학 중 면담 시간을 각각 다르게 하였으므로 서로 만날 기회가 거의 없어서 면담하는 내용이 다른 학생에게 대체로 전달되지 않았다.

4. 개념변화 조사 방법

사전검사로 연구 대상 학생을 선발하고, 선발된 학생에게 논리제시와 현상제시로 인지적 갈등을 일으키게 하였다. 면담한 내용을 프로토콜로 작성하였다. 면담이 끝난 후 수업을 했으며, 학습이 끝난 후 1주일 후에 사전 검사지와 동일한 문항으로 학생들의 변화된 생각을 조사하였다. 다시 학생들의 개념이 한달 후에 어떻게 변했는지를 알아보기 위해서 동일한 조사를 하였다.

1) 면담과 인지갈등

면담 방법으로는 구조화된 면담 방법을 이용하였다. 질문지, 질문의 순서, 질문의 방법, 논리 유형을 비교적 동일하게 제시하였고, 각 응답별로 직접 시범해 보일 수 있는 기구 1개와 각 응답별로 반대되는 생각을 제시할 수 있는 논리를 3~5개 정도를 카드로 만들어 가능하면 모든 학생에게 면담 내용이 비슷하게 전개될 수 있도록 하였다.

면담은 학생이 쓴 사전검사 문항지를 보여 주면서 시작하였다. 이때 학생 본인이 작성한 사전 검사지의 답지 내용을 바꾸고 싶으면 언제든지 바꾸도록 하였다. 본인의 생각이 확실하다고 판단되면 면담 계획표에 따라 논리제시와 현상제시로 인지적 갈등 연구를 시작하였다.

정답을 선택하고 과학적인 이유진술을 했을 경우, 오개념으로 논리제시를 하여 인지적 갈등을 유발하였다. 정답을 선택하고 과학적이지 못한 이유진술을 했을 경우, 과학자적 개념이나 오개념으로 논리제시를 하여 인지적 갈등을 유발하였다.

면담을 담당할 연구자가 진행하기 어려운 상황에 직면하였을 때는 다른 연구자가 도와주는 방법을 이용하였다. 면담을 이용하는 동안에 다른 연구자들은 학생의 인지적 갈등

상황을 계속해서 면담표(checklist)에 기록하며 진행하였다. 연구 내용은 모두 비디오(video)로 촬영하였다. 촬영한 내용은 후에 프로토콜로 만드는데 활용하였다.

논리제시와 현상제시를 통해서 인지적 갈등을 유발 한 후에 관련 내용에 대해 학습하였다. 이 학습은 면담에 참여한 모든 학생에게 동일하게 실시되었다. 인지적 갈등 유발 1주일 후에 연구에 참여한 34명을 대상으로 교수 학습을 진행시켰는데, 각 문항마다 정확한 개념으로 설명을 해주었고 직접 시범기구를 이용하여 현상을 물리적으로 보여 주었으며, 학생들이 질문하는 시간도 충분히 주었다. 1개의 문항에 대하여 정확한 설명과 현상을 보여 주는 데 10분 정도 소요되었으며, 전체(12 문항)에 대해서는 120분 정도가 소요되었다.

2) 개념변화 조사

논리제시나 현상제시를 이용하여 인지적 갈등을 유발하고, 1주일 후에 학습을 하였다. 학습을 한 후 1주일 후와 한달 후에 개념을 각각 조사하였다. 따라서 사전개념은 인지적 갈등 유발 및 학습 전에 학생이 갖고 있는 개념을 말하며, 1주일 후의 개념은 인지적 갈등 유발 및 학습을 한 후 1주일 이 지났을 때의 학생이 갖고 있는 개념이고, 한달 후의 개념은 인지적 갈등 유발 및 학습을 한 후 한달이 지났을 때 학생이 갖고 있는 개념을 말한다.

III. 연구 결과 및 논의

개념변화가 과학개념의 영역과 인지적 갈등 유발 방법에 따라서 어떻게 변하는지 알아보았다. 학생들의 개념이 어떻게 변했는지를 알기 위하여 학생들이 응답한 내용을 분석하였다. 응답한 내용을 답지선택에 따라 정답과 오답으로 분류하였고, 이유진술의 내용에 따라 과학적, 부분과학적, 비과학적으로 분류하였다. 이유진술이 물리적 개념으로 정확히 설명을 한 경우에는 과학적으로 분류하였다. 또한 물리적 개념을 사용하였으나 이유진술 중 1개 이상이 틀렸을 경우 또는 과학적인 내용을 설명하지만 상황을 잘못 적용하는 경우는 부분과학적으로 분류하였다. 물리적 개념을 이용하지 않고 막연하게 그럴 것 같다고 설명하거나, 물리적 개념을 이용하기는 하지만 내용과는 무관하게 적용하거나 논리적이지 못한 경우는 비과학적으로 분류하였다. 답지선택과 이유진술을 종합하여 응답을 5개로 분류하였다. 즉, 학생들이 응답한 내용에 따라 과학적 정답, 부분과학적 정답, 비과학적 정답, 부분과학적 오답, 비과학적 오답으로 분류하였다. 개념이 변화하는 과정을 분석할 때 Osborne 등 (1991)의 연

구에서 이용하였던 방법을 수정하여 사용하였다. 이 방법은 개념의 변화 과정을 연구하는데 쉽게 알아볼 수 있도록 그림으로 나타낸 방법이다. 학생의 응답을 5개로 분류하여 각 응답 내용을 5각형의 꼭지점에 배치시키고 개념의 변화 과정을 나타내었다.

5각형 개념변화 모델에서 네모 안의 숫자는 시간에 따라서 변하지 않는 사례수이고, 화살표 끝의 숫자는 변화된 사례수이다. <그림 2>에서 과학적인 정답이라는 네모 안의 70은 변하지 않은 수를 의미한다. 과학적 정답에서 부분과학적 정답으로 9, 부분과학적 오답으로 2, 비과학적 정답으로는 3, 비과학적 오답으로 4가 이동하였다. 따라서, 사전개념 조사에서 과학적 정답을 선택한 사례수는 88, 갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적인 정답을 계속 갖고 있는 사례수는 70, 부분과학적인 정답으로 바뀐 사례수는 9를 의미한다. 또한 부분과학적 정답에서 과학적 정답 쪽으로 21의 수는 부분과학적 오답에서 갈등 유발 및 학습 후 1주일에 21의 사례수가 과학적 정답으로 변한 것을 의미한다.

5각형 개념변화 모델을 살펴보면 학생들이 지배적으로 갖고 있는 개념변화 유형을 찾을 수 있다. 화살표의 끝부분 숫자가 크면 개념의 변화수가 많다는 것을 의미한다. 사전개념과 갈등유발 및 학습 후 1주일 사이의 개념변화, 갈등유발 및 학습 후 1주일과 한달 사이의 개념변화 유형을 분석하면 학생들의 생각이 변화하는 과정을 쉽게 찾을 수 있다. 이것을 도표화하여 나타내고 분석하였다.

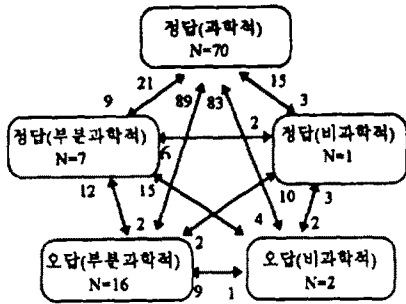
1. 개념변화 경향

역학과 전자기에서 문항수가 12이고 32명의 학생이 연구에 참여하였기 때문에 전체의 사례수는 384이다.

사전개념과 인지적 갈등 유발 및 학습 후 1주일 사이의 응답변화는 <그림 2>와 같다.

사전개념에서 과학적인 정답의 사례수는 88이었는데 인지적 갈등 유발 및 학습 후 1주일 뒤에 계속해서 과학적인 정답을 갖고 있는 사례수는 70이고, 부분과학적 정답으로 변한 사례수는 9, 비과학적 정답으로 변한 사례수는 3, 과학적 오답으로 변한 사례수는 2, 비과학적 오답으로 변한 사례수는 4이었다. 과학적인 생각을 갖고 있는 학생 중에서도 18명이 과학적이지 못한 생각으로 변한 것을 볼 수 있다. 과학적인 정답을 유지하고 있는 사례수가 88중에서 70으로 제일 많은데, 확실히 알고 있기 때문에 인지적 갈등 유발 및 학습에도 영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

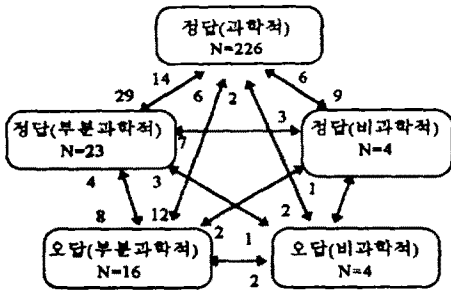
사전개념에서 과학적이지 못한 생각을 하다가 인지적 갈등 유발 및 학습 후 1주일 뒤에 과학적 정답으로 변한 사례수



<그림 2> 사전개념→학습 후 1주일

는 다음과 같다. 부분과학적 정답에서는 총 사례수 30에서 21(70%), 비과학적 정답에서는 총 사례수 26에서 15(58%), 부분과학적 오답에서는 총 사례수 128에서 89(70%), 비과학적 오답에서는 총 사례수 112에서 83(74%)이 각각 과학적인 정답을 하였다. 인지적 갈등 유발 및 학습 후 1주일에 대부분이 과학적 정답으로 변한 것을 볼 수 있다. 이것은 인지적 갈등 유발이 개념변화에 긍정적으로 작용하였기 때문으로 생각된다.

인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 후 사이의 응답 변화는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 학습 후 1주일→학습 후 한달

갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적인 정답의 사례수는 278이었는데, 한달 뒤에 계속해서 과학적인 정답을 갖고 있는 사례수는 226(81%)이었다. 1주일과 한달 후에 과학적인 정답을 비교하면 대부분의 학생들이 과학적인 정답을 계속 갖고 있는 것으로 나타났다. 과학적인 정답에서 과학적이지 못한 생각으로 바뀐 사례수는 52이었는데, 부분과학적 정답

으로 변한 사례수는 29(56%), 부분과학적 오답으로 변한 사례수는 12(23%)이었다. 과학적인 정답에서 과학적이지 못한 생각으로 변하는 경우의 79%가 이유진술은 부분과학적이었다. 이것은 학생들이 기존에 갖고 있었던 개념이 새로운 개념으로 동화되지 못하고 서로 공존하기 때문에 나타났다고 볼 수 있다.

1주일 후와 한달 후를 비교할 때 과학적이지 못한 생각에서 과학적인 생각으로 변한 경우는 다음과 같다. 부분과학적 정답에서는 총 사례수 49에서 14(29%), 비과학적 정답에서는 19에서 6(32%), 부분과학적 오답에서는 29에서 6(21%), 비과학적 오답에서는 9에서 2(22%)가 각각 과학적 정답으로 바뀌었다. <그림 3>에서 과학적이지 못한 생각의 총수는 106이었는데 과학적인 생각으로 바뀐 수는 28(26%)이었다. <그림 2>에서 과학적이지 못한 생각의 수는 296이었는데 과학적인 생각으로 바뀐 수는 208(70%)이었다. 과학적이지 못한 생각에서 과학적 정답으로 변한 비율은 사전개념과 학습 후 1주일 사이가 높았으며, 1주일과 한달 뒤에는 그 변화가 매우 작았다.

학생들의 생각이 변해 가는 과정은 다양했다. 사전개념에서 정답 및 과학적인 이유진술을 하였어도, 인지적 갈등 유발과 학습 후에 과학적인 정답을 유지하는 경우도 있었고, 비과학적인 정답이나 부분과학적 정답으로 바뀌는 경우도 있었다. 사전개념에서 과학적인 정답을 선택한 학생들의 생각이 변해 가는 과정은 <표 2>와 같이 다양하였다.

<표 2> 과학적 정답의 개념 변화 과정

사전개념	인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일	인지 갈등 유발 및 학습 후 한달	사례수(%)
과학적 정답	과학적 정답	과학적 정답	65(16.9)
		부분 과학적 정답	4(1.0)
		비과학적 정답	1(0.3)
	부분 과학적 정답	과학적 정답	4(1.0)
		부분 과학적 정답	5(1.3)
	비과학적 정답	과학적 정답	2(0.5)
		부분 과학적 정답	1(0.3)
	부분 과학적 오답	과학적 정답	1(0.3)
		비과학적 오답	1(0.3)
	비과학적 오답	부분 과학적 정답	2(0.5)
		비과학적 오답	2(0.5)

<표 2>에서 보면 학생들의 개념 변화 유형이 여러 가지로 나타난다는 것을 알 수 있다. 그러나 사례수가 집중되어 있는 변화 유형은 쉽게 찾을 수 있다. 사전개념에서 과학적

인 정답을 했을 경우, 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 후에 개념이 변할 수 있는 경우는 과학적 정답, 부분과학적 정답, 비과학적 정답, 부분과학적 오답, 비과학적 오답 등 5가지이다. 또한 인지갈등 유발 및 학습 후 한달 후에 오답이 변할 수 있는 모든 경우의 수도 5가지이다. 따라서 사전개념에서 과학적인 정답을 선택하였을 경우 인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 후에 나타날 수 있는 개념변화의 모든 경우는 25가지이다.

그러나 실제로 나타난 변화 유형은 11가지이며 이 중에서도 10개의 변화 유형은 전체의 변화 유형 중 2% 미만에 해당된다. 2% 미만에 해당하는 변화 유형의 합은 23(6.0%)으로 매우 적었다. 변화 유형 중에서 사례수가 많은 것은 전체 사례수(384) 중에서 65(16.9%)로 매우 높다. 이 변화 유형이 학생들의 개념변화를 대표한다고 볼 수 있다.

사전개념에서 과학적인 생각을 갖고 있었던 사례수는 총 88이었는데 인지적 갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 후에 계속해서 과학적인 생각을 지속하고 있는 사례수는 65(74%)이었다. 나머지 사례수 23(26%)의 개념변화는 그 수가 적어서 학생들의 개념변화 과정을 일반화하는데 적절치 못하다고 생각된다. 따라서 학생들의 개념변화를 대표할 만하다고 생각되는 것만 선택하여 분석하였다. 그리고 학생들의 생각이 얼마나 의미 있게 변했는지를 알기 위해서 가장 긍정적인 개념변화를 생각하였다. 긍정적인 개념변화란 사전개념에서는 과학적이지 못한 생각을 갖고 있다가 1주일과 한달 후에 과학적인 생각을 지속하는 경우이다. 이러한 긍정적인 개념변화는 사례수가 적어도 표에 기입하고 분석

을 했으며, 나머지 경우는 사례수가 10개 이상이 되는 개념변화 유형만을 선택해서 분석했다.

학생들의 개념변화에는 여러 가지가 있을 수 있으나 5가지 개념변화 모델을 바탕으로 학생들이 지배적으로 갖고 있을 것이라 생각되는 유형을 몇 가지 찾을 수 있었다. 총 384의 사례수 중에서 사례수가 10개 이상 되는 것만을 찾아 보면, 7개의 유형에 249의 사례수가 포함되어 있고, 전체 사례수의 65%에 해당한다.

대표적으로 나타나는 개념변화 과정은 <표 3>과 같다. 사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일, 한달에서 과학적인 정답을 지속하는 사례수는 총 65(17%)이다. 3회의 개념 조사에서 모두 과학적 정답을 나타낸 사례수는 관련된 내용을 확실하게 알고 있고, 인지갈등 유발 및 학습의 유무에 관계없이 과학적 개념이 이미 형성되었다고 볼 수 있다. 사전개념에서 과학적이지 못했지만 갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달에 계속해서 과학적인 정답을 지속하는 사례수는 다음과 같다. 부분과학적 정답에서 17, 비과학적 정답에서 11, 부분과학적 오답에서 69, 비과학적 오답에서 64가 각각 긍정적인 개념변화로 나타났으며 이 사례수의 총합은 184이었다. 긍정적인 개념 변화가 얼마나 나타났는가는 총 384의 사례수 중에서 3번의 개념 조사에서 모두 과학적 정답을 지속한 65명을 제외한 사례수로 긍정적인 개념변화를 계산하였다.

긍정적인 개념변화율

$$= ((\text{긍정적인 개념변화 수}) \div (\text{총 사례수} - \text{모두 과학적인 정답 수})) \times 100$$

<표 3> 개념변화 과정

사전개념		인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일	인지 갈등 유발 및 학습 후 한달	사례수 (%)
답지선택	이유진술			
정답	과학적	과학적 정답	과학적 정답	65(17)
	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	17 (4)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	11 (3)
오답	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	69(18)
		과학적 정답	부분 과학적 정답	11 (3)
		부분 과학적 오답	부분 과학적 오답	12 (3)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	64(17)
기타	개념변화 유형의 사례수가 9이하인 것의 합			135(35)
계				384(100)

총 384의 사례수 중에서 3회의 개념조사에서 모두 과학적 정답을 지속한 65명을 제외한 사례수는 319가 되며 이 중에서 긍정적 과학적 개념으로 변한 수는 184이어서 긍정적 개념변화율은 57%였다.

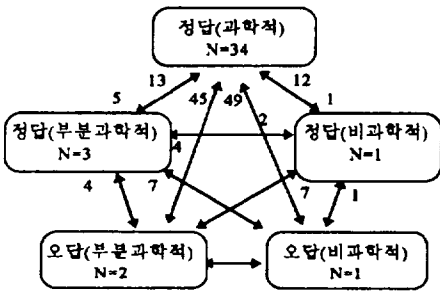
2. 과학개념의 영역과 개념변화 경향

과학개념은 학문적 개념과 생활적 개념으로 분류할 수 있는데, 역학 영역은 생활적 개념과 관련이 높고, 전자기 영역은 학문적 개념과 관련이 높다. 역학과 전자기 영역의 개념변화는 다음과 같다.

1) 역학 영역의 개념변화 경향

역학의 총 사례수는 32명이 6문항에 대하여 응답을 하였기 때문에 192가 된다.

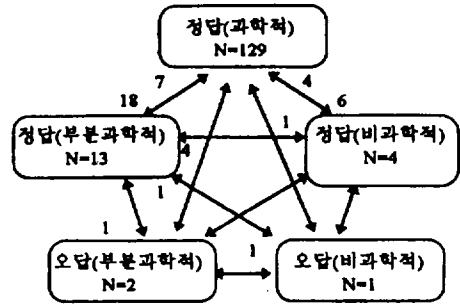
사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 사이에 응답의 변화 과정은 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 사전개념→학습 후 1주일

과학적인 정답의 사례수는 사전개념에서 41이었는데 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 뒤에 과학적인 정답을 지속하고 있는 사례수는 34이고, 과학적이지 못한 생각으로 변한 사례수는 7이었다. 사전개념에서 과학적인 정답을 한 경우 대부분이 과학적인 정답을 지속하는 것으로 나타났다. 부분과학적 정답에서 13, 비과학적 정답에서 12, 부분과학적 오답에서 45, 비과학적 오답에서 49 사례가 각각 과학적 정답으로 변했다. 사전개념에서 과학적이지 못한 사례수는 151이었는데 1주일 후에 과학적 정답으로 변한 사례수는 119(79%)이었다.

인지갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 사이에 응답의 변화 과정은 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 학습 후 1주일→학습 후 한달

인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적 정답의 사례수는 153이었는데, 한달 뒤에 과학적 정답을 지속하고 있는 사례수는 129이고, 부분과학적 정답으로 변한 사례수는 18이며, 비과학적 정답으로 변한 사례수는 6이었다. 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 사이에 과학적 정답을 지속하고 있는 사례수가 84%이었다.

역학에서 나타난 학생들의 개념변화 유형을 5각형 개념변화 모델에서 찾아보면, 과학적이지 못한 경우에서 과학적인 경우로 많이 변한 것을 알 수 있다. 5각형 개념변화 모델에 기초하여 학생들이 지배적으로 갖고 있을 것이라 생각되는 개념변화 유형을 찾아 보았는데 그 결과는 <표 4>와 같다. 총 192의 사례수 중에서 사례수가 10개 이상 되는 것만을 찾아 보았는데, 5개의 유형에 129의 사례수가 포함되어 있고, 전체의 67%에 해당한다.

<표 4> 역학 영역의 개념변화 과정 및 결과

사전개념		인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일	인지 갈등 유발 및 학습 후 한달	사례수(%)
답지 선택	이유 진술			
정답	과학적	과학적 정답	과학적 정답	30(16)
	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	11 (6)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	10 (5)
오답	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	38(20)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	40(21)
기타	개념변화 유형의 사례수가 9이하인 것의 합			63(33)
계				192(100)

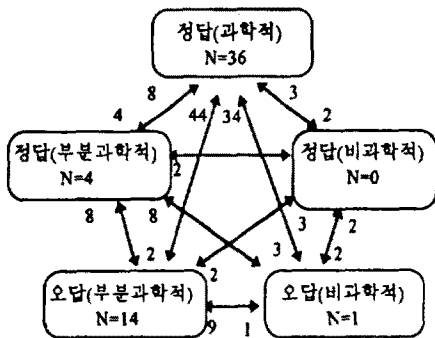
사전개념, 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달에서 과학적인 정답을 지속한 사례수는 총 30(16%)인데, 이 경우

관련된 내용을 확실하게 알고 있다고 볼 수 있다. 사전개념에서 과학적이지 못했지만 갈등 유발 및 학습 후에 과학적 정답을 계속 유지하고 있는 사례수의 총 합은 129이었다. 총 192의 사례수 중에서 3회의 개념조사에서 모두 과학적 정답을 지속한 30명을 제외한 사례수는 162이고, 이 중에서 긍정적인 과학적 개념으로 변한 수는 129이어서 긍정적인 개념변화율은 80%였다.

2) 전자기 영역의 개념변화 경향

전자기 영역의 총 사례수는 32명이 6문항에 대하여 응답을 하였기 때문에 192가 된다.

사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 사이에 응답의 변화 과정은 <그림 6>과 같다. 사전개념에서 과학적 정답의 사례수는 45인데, 과학적인 정답을 지속하고 있는 사례수는 36이고, 과학적이지 못한 생각으로 바뀐 사례수는 9이었다. 사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적 정답을 지속한 사례수의 비율은 80%이었다.

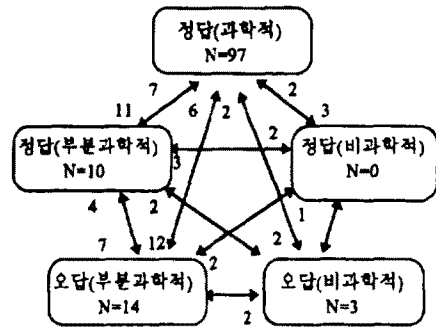


<그림 6> 사전개념 → 학습 후 1주일

사전개념에서는 과학적이지 못한 생각을 하다가 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 뒤에 과학적 정답으로 변한 사례수는 다음과 같다. 부분과학적 정답에서 8, 비과학적 정답에서 3, 부분과학적 오답에서 44, 비과학적 오답에서 34 사례가 각각 과학적인 정답으로 변했다. 사전개념에서 과학적이지 못한 사례수는 145이었는데 1주일 후에 과학적 정답으로 변한 사례수는 89(61%)이었다.

인지적 갈등을 유발하고 학습을 한 후 1주일과 한달 후 사이에 응답의 변화 과정은 <그림 7>과 같다. 갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적 정답의 사례수는 125이었는데, 한달 뒤에 과학적 정답을 지속하고 있는 사례수는 97이고, 부

분과학적 정답으로 변한 사례수는 11, 비과학적 정답으로 변한 사례수는 3, 부분과학적 오답으로 변한 사례수는 12, 비과학적 오답으로 변한 사례수는 2이었다. 과학적인 정답에서 과학적이지 못한 경우로 변한 사례수는 28인데, 이유진술이 부분과학적인 경우가 23이었다.



<그림 7> 학습 후 1주일 → 학습 후 한달

전자기에서 나타난 학생들의 개념변화 유형을 5각형 개념변화 모델에 기초하여 학생들이 지배적으로 갖고 있을 것이라 생각되는 개념변화 유형을 찾아 <표 5>에 나타냈다. 총 192의 사례수 중에서 사례수가 10개 이상 되는 것과 긍정적인 개념변화 유형이 6개로 97 사례수가 포함되어 있고, 전체의 56%에 해당한다.

사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일, 한달에서 모두 과학적 정답을 나타낸 사례수는 35(18%)이다. 3회의 개념변화 조사에서 모두 과학적인 정답을 나타냈으면 인지적 갈등 유발 유무와 학습에 관계없이 과학적 개념이 형성되어서 확실히 안다고 볼 수 있다. 사전개념에서 과학적이지 못했지만, 인지적 갈등 유발 및 학습 1주일 후와 한달 후에 과학적 정답을 지속하여 긍정적인 개념변화로 나타난 사례수는 97이었다. 총 192의 사례수 중에서 3회의 개념조사에서 모두 과학적 정답을 한 35명을 제외한 사례수는 157이 되고, 이 중에서 긍정적인 개념으로 변한 수는 97이었으므로 긍정적인 개념변화율은 62%였다.

역학과 전자기의 개념변화를 살펴보면 사전개념에서 과학적인 정답을 선택한 사례수는 역학이 21%, 전자기에서 25%로 전자기의 약간 높다. 인지적 갈등 유발이나 학습에 관계없이 과학적 정답을 지속적으로 나타낸 경우는 역학 영역에서 16%, 전자기 영역에서 18%였다. 사전개념에서 과학적 정답을 선택한 수를 고려한다면 크게 차이가 나지는 않

<표 5> 전자기 영역의 개념변화 과정

사전개념		인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일	인지 갈등 유발 및 학습 후 한달	사례수(%)
답지선택	이유진술			
정답	과 학 적	과학적 정답	과학적 정답	35(18)
	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	6 (3)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	1 (1)
오답	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	31(16)
		부분 과학적 오답	부분 과학적 오답	10 (5)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	24(13)
기타	개념변화 유형의 사례수가 9이하인 것의 합			85(44)
계				192(100)

는다. 그러나 사전 개념이 과학적이지 못한 사례수 중에서 갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 후에 과학적인 정답을 유지한 학생의 수를 비교하면 다음과 같다. 역학 영역에서는 총 192의 사례수 중에서 모두 과학적인 정답을 한 30명을 제외하면 162가 되고 이 과학적이지 못한 사례수 중에서 과학적 정답을 유지한 사례수는 129로 긍정적인 개념변화율은 80%였다. 전자기에서는 총 192의 사례수 중에서 모두 과학적인 정답을 한 35명을 제외하면 157이 되고 이 과학적이지 못한 사례수 중에서 과학적인 정답을 유지한 경우는 97로 긍정적인 개념변화율은 62%였다. 전자기와 역학 역학 영역에서 긍정적인 개념변화가 일어났다($p < 0.01$). 즉, 긍정적인 개념변화는 전자기보다는 역학에서 더 잘 일어났다. 인지갈등 유발은 현상제시로 할 수도 있고 논리제시로 할 수도 있지만, 나중에 학습할 때는 논리적으로 설명을 해주었고 현상으로도 보여주었다. 역학 영역과 전자기 영역은 동일한 조건에서 인지적 갈등 유발과 학습이 진행되었다. 그런데 인지갈등 유발 및 학습 후 개념 조사에서 학생들은 역학 영역에서는 경험에 기초하여 설명하려는 경향성이 있었고, 전자기 영역에서는 문제를 풀어서 이유진술을 하려는 경향성이 있었다.

역학에서 도르래에 질량이 같은 공과 나무토막을 매달고 나무토막을 아래로 잡아당겼다가 가만히 놓았을 때 어떤 일이 일어날 것인가? 와 같은 문제에서, 인지갈등 유발과 학습 후에 학생들의 답지선택과 이유진술은 다음과 같은 유형이 많았다. 나무토막은 정지한다. 중력이 같기 때문이다 또는 나무토막은 정지한다. 아래로 내린 나무토막의 중력은 크지만 위치에너지가 작기 때문이다 등이다. 학생들의 이유진술

속에는 '중력이라는 물리 개념보다는 자신들이 관찰한 경험을 먼저 떠올리고 그 경험에 합당한 이유를 물리적 개념으로 해석하려는 경향성이 강했다. 다른 역학 문제 상황에서도 마찬가지로 관찰한 경험을 떠올리며 설명하려는 경향성이 있었다. 따라서 역학의 개념은 경험에 기초하여 형성된다고 볼 수 있다.

전자기 영역에서 똑같은 건전지에 전구 하나를 연결했을 때와 전구 2개를 병렬로 연결했을 때 밝기를 비교하는 문제가 있었다. 인지갈등 유발 및 학습 후에 학생들의 답지선택과 이유진술은 다음과 같은 유형이 많았다. 병렬연결한 전구가 더 어둡다. 왜냐하면 전류가 둘로 나누어졌기 때문이다 또는 두 전구의 밝기는 같다. 건전지의 전압이 6V이고 저항이 1이라고 하자. 두 전구의 합성 저항이 1/2이므로 전체 전류는 12A가 된다. 전류가 2로 나누어지므로 전구 하나의 전력을 계산하면 36W이고, 건전지 하나에 전구 하나를 연결한 것도 36W이다. 따라서 밝기는 같다고 이유진술을 밝힌다. 전자기 영역에서 학생들은 역학 영역과 똑같이 설명을 들었고 현상을 보았음에도 불구하고 관찰한 경험보다는 논리적인 증명에 의해서 개념을 받아들이려는 경향성이 있었다.

2. 인지적 갈등 유발 유형과 개념변화 경향

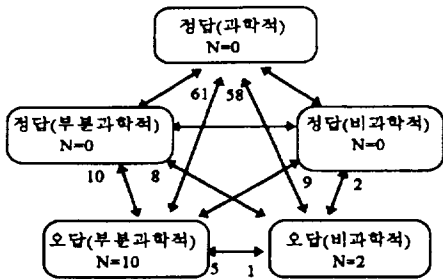
현상제시와 논리제시를 비교하기 위해서 실험설계에서는 현상제시의 수와 논리제시의 수를 비슷하게 하였다. 그런데 인지적 갈등을 위한 면담을 실시할 때, 먼저 면담을 한 내용에서 암시를 받아 사전개념 검사지를 정답으로 바꾸는 경우

가 있었다. 이러한 경우 정답으로 답지 선택을 바꾸었기 때문에 현상제시에서 논리제시로 바꿀 수 밖에 없었다. 따라서 현상제시의 수보다는 논리제시의 수가 약간 많다. 역학은 총 사례수 192중에서 현상제시의 수가 83이고, 논리제시의 수가 109였으며, 전자기학은 현상제시의 수가 81이고, 논리제시의 수가 111이었다. 전체적으로 현상제시의 수는 164이고, 논리제시의 수는 220이었다.

1) 현상 제시와 개념변화 경향

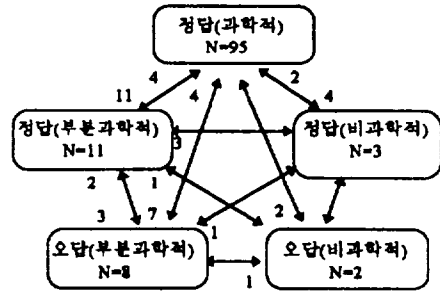
현상제시의 사전개념에서는 정답을 선택한 학생이 없다. 본 연구에서는 학생의 생각을 알아보고 학생의 생각에 맞게 인지적 갈등을 유발하고 학습을 한 후 학생들의 생각이 어떻게 변하는지를 알아보는 연구이다. 그런데 정답을 선택하였을 경우 이유진술이 과학적이든 비과학적이든지 현상을 제시해 주어도 갈등이 일어나지 않는다. 인지적 갈등을 유발하기 위해서 오답을 선택한 학생들을 대상으로 현상을 제시하였고 그에 따른 변화를 조사하였다.

사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 사이에 응답의 변화 과정은 <그림 8>과 같다. 사전개념에서는 과학적이지 못한 생각을 하다가 현상제시를 이용하여 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 뒤에 과학적 정답으로 변한 사례수는 다음과 같다. 부분과학적 오답에서는 총 사례수 91에서 61, 비과학적 오답에서는 총 사례수 73에서 58이 각각 과학적인 정답으로 변했다. 사전개념에서 과학적이지 못한 경우의 사례수가 164이었는데 과학적인 정답으로 바뀐 사례수는 119(73%)이었다.



<그림 8> 사전개념→학습 후 1주일

인지갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 사이에 응답의 변화 과정은 <그림 9>와 같다. 갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적인 정답의 사례수는 119이었는데, 한달 뒤에 과학적 정답을 지속하고 있는 사례수는 95이고, 과학적이지 못한 경우로 변한 사례수는 24(25%)이었다.



<그림 9> 학습 후 1주일→학습 후 한달

부분과학적 정답에서는 총 사례수 18에서 4, 비과학적 정답에서는 9에서 2, 부분과학적인 오답에서는 15에서 4가 과학적인 정답으로 바뀌었다. 1주일 후에 과학적이지 못한 생각의 총수는 45이었는데 과학적인 생각으로 바뀐 사례수는 10으로 22%이었다.

현상을 제시하여 인지적 갈등을 유발한 후 학생들의 개념변화 유형을 5각형 개념변화 모델에 기초하여 학생들이 지배적으로 갖고 있을 것이라 생각되는 개념변화 유형은 <표 6>과 같다. 총 164의 사례수 중에서 사례수가 10개 이상 되는 것과 과학적이지 못한 경우에서 과학적인 경우로 변한 경우는 2개의 유형에 95의 사례수가 포함되어 있고, 이 사례수는 전체의 58%에 해당한다.

<표 6> 현상제시의 개념변화 과정 및 결과

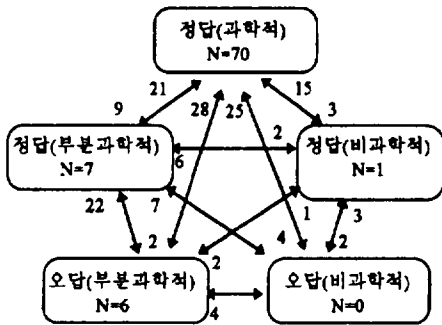
답지 선택	사전개념		사례수 (%)
	이유진술	인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일	
오답	부분과학적	과학적 정답	49(30)
	비과학적	과학적 정답	46(28)
기타	개념변화 유형의 사례수가 9이하인 것의 합		69(42)
계			164(100)

현상 제시는 오답을 선택한 학생들만 인지적 갈등을 유발하였기 때문에 다른 개념변화 유형과 비교할 때 단순하다. 부분과학적 오답과 비과학적 오답을 갖고 있는 학생들에게 현상으로 인지적 갈등 유발하였을 경우 1주일 후와 한달 후에 과학적인 정답을 지속하는 사례수는 부분과학적 오답에서 49, 비과학적 오답에서 46이었으므로 긍정적인 개념변화로 나타난 사례수는 95이었다. 총 164의 사례수 중에서 긍

정적인 개념변화로 나타난 사례수는 95이었으므로 긍정적인 개념변화율은 58%였다.

2) 논리 제시와 개념변화 경향

논리 제시는 학생의 생각과 반대되는 논리로 인지적 갈등을 일으키는 방법이다. 잘못된 개념을 갖고 있을 때는 바른 개념을 설명해 주거나, 또다른 잘못된 개념을 그럴듯하게 설명하여 기존의 생각과 반대되는 주장을 제시하는 방법이다. 또한 과학자적인 개념을 갖고 있는 경우에는 그럴듯하게 설명되는 잘못된 오개념으로 갈등을 일으키는 방법이다. 사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 사이에 응답의 변화 과정은 <그림 10>과 같다

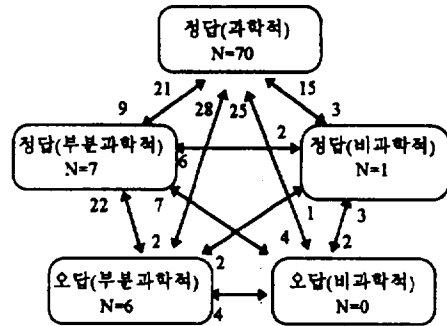


<그림 10> 사전개념 → 학습 후 1주일

과학적인 정답의 사례수는 사전개념에서 88이었는데 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 뒤에 과학적인 정답을 지속하고 있는 사례수는 70이고, 과학적이지 못한 생각으로 바뀐 사례수는 14이었다.

사전개념에서는 과학적이지 못한 생각을 하다가 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일 뒤에 과학적 정답으로 변한 사례수는 다음과 같다. 부분과학적 정답에서 21, 비과학적 정답에서 15, 부분과학적 오답에서 28, 비과학적 오답에서 25사례가 각각 과학적 정답을 선택했다. 사전개념에서 과학적이지 못한 사례수는 132이었는데 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적 정답으로 바뀐 수는 89(67%)이었다.

인지적 갈등을 유발하고 학습을 한 후 1주일과 한달 후 사이에 개념의 변화 과정은 <그림 11>과 같다. 갈등 유발 및 학습 후 1주일에 과학적 정답의 사례수는 159, 한달 뒤에 계속해서 과학적인 정답을 갖고 있는 사례수는 131, 과학적이지 못한 경우로 바뀐 사례수는 28이었다.



<그림 11> 학습 후 1주일 → 학습 후 한달

1주일 후와 한달 후에서 과학적이지 못한 생각에서 과학적인 생각으로 변한 경우는 다음과 같다. 부분과학적 정답에서 10, 비과학적 정답에서 4, 부분과학적 오답에서 2, 비과학적 오답에서 2 사례가 과학적인 정답으로 바뀌었다. 1주일 후에 과학적이지 못한 생각의 총사례수 61이 한달 후에 과학적인 생각으로 바뀐 수는 18(30%)이었다. 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일과 비교할 때 그 변화정도가 작았다.

논리를 제시하였을 때 학생들의 개념변화 유형을 5각형 개념변화 모델에 기초하여 학생들에게 지배적이라 생각되는 개념변화 유형을 찾아 보았다. 총 220의 사례수 중에서 사례수가 10개 이상 되는 것과 긍정적인 개념변화로 나타난 것만을 보면, 5개의 유형에 131의 사례수가 포함되어 있고, 전체의 60%에 해당한다.

<표 7> 논리제시의 개념변화 과정과 결과

답지 선택	사전개념 이유진술	인지 갈등 유발 및 학습 후 1주일	인지 갈등 유발 및 학습 후 한달	사례수(%)
		과학적 정답	과학적 정답	
정답	과학적	과학적 정답	과학적 정답	65(30)
	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	17 (8)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	11 (5)
오답	부분과학적	과학적 정답	과학적 정답	20 (9)
	비과학적	과학적 정답	과학적 정답	18 (8)
기타	개념변화 유형의 사례수가 9이하인 것의 합			89(40)
계				220(100)

사전개념과 인지갈등 유발 및 학습 후 1주일, 한달에서 모두 과학적 정답을 나타낸 사례수는 65(30%)이다. 3회의 개념변화 조사에서 모두 과학적인 정답을 나타냈으면 인지적 갈등 유발 유무와 학습에 관계없이 과학적 개념이 형성되어서 확실히 안다고 볼 수 있다.

과학적이지 못한 경우에서 인지적 갈등 유발 1주일 후와 한달 후에 과학적인 경우로 변한 학생의 수는 부분과학적 정답에서 17, 비과학적 정답에서 11, 부분과학적 오답에서 과학적 20, 비과학적 오답에서 18이었다. 잘못된 오개념에서 인지적 갈등 유발과 학습을 한 후에 긍정적인 개념변화로 나타난 사례수는 66이었다. 총 220의 사례수 중에서 3회의 개념조사에서 과학적 정답을 한 65의 사례수를 제외한 사례수는 155가 되며 이 중에서 긍정적인 개념으로 변한 수는 66이어서 긍정적인 개념변화율은 43%였다.

현상제시와 논리제시를 하였을 때, 개념변화를 살펴보면 사전개념에서 과학적인 정답을 선택한 사례수는 현상제시에서는 없고, 논리제시에서는 40%이다. 개념의 변화에 초점을 맞추어 논리제시와 현상제시의 개념변화 정도를 비교하기 위하여 사전개념에서 과학적이지 못했던 개념이 과학적인 개념으로 바뀐 사례를 비교하였다. 사전개념이 과학적이지 못한 사례수 중에서 갈등 유발 및 학습 후 1주일과 한달 후에 과학적인 정답을 유지한 학생의 수를 비교하였다. 현상제시에서는 사전개념에서 과학적이지 못한 사례수는 164이었으며, 이 중에서 현상제시로 인지갈등을 유발하고 학습을 한 후에 1주일과 한달 후에 과학적 정답을 유지한 사례수는 95이어서 긍정적인 개념변화율은 58%이었다. 논리제시에서는 총 220의 사례수 중에서 사전검사와 논리제시로 인지갈등을 유발하고 학습을 한 후에 3회의 개념 조사에서 모두 과학적 정답을 한 65를 제외하면 155가 된다. 155의 사례수가 사전검사에서 과학적이지 못한 경우라고 볼 수 있으며, 이 중에서 인지갈등 유발 1주일과 한달 후에 과학적 정답을 지속한 사례수는 66이며 긍정적인 개념변화율은 43%였다. 현상제시와 역학 논리제시에서 긍정적인 개념변화는 유의미한 차이가 있었다($p < 0.01$). 따라서 긍정적인 개념변화는 논리제시보다는 현상제시에서 더 잘 일어난다고 볼 수 있다.

책상위에 용수철 저울을 올려놓고 양쪽에 2N의 추를 매달았을 때 용수철 저울의 눈금은 어떻게 될까? 라는 질문에 사전개념에서 4N이라고 응답한 학생이 많다. 여기에서 현상을 실제로 보여주면 "아! 이상하다. 4N이 되어야 하는데" 하며 고민을 많이 하는 것을 볼 수 있었다. 전구 2개를 직렬로 연결하고 건전지에 연결했을 때와 전구 1개를 건전지에 연결했을 때 밝기를 비교하는 문제가 있었다. 사전검사에서

일정한 전류가 흐르면 전구의 밝기가 같다고 응답한 학생에게 현상을 보여주면 "(얼굴을 만지며) 왜 그렇지?"하며 인지적 갈등을 많이 일으키는 것을 관찰할 수 있었다.

논리제시로 인지적 갈등을 유발할 때는 현상제시로 갈등을 유발할 때보다 인지적 갈등이 적게 일어나는 것으로 보인다. 강한 자석과 약한 자석을 손으로 잡고 있다가 살며시 놓았을 때 자석은 어떻게 될까?라는 문제가 있다. 사전개념에서 "강한 자석이 세계 밀드로 약한 자석이 더 밀린다"라고 대답한 학생에게 "강한 자석은 그만큼 반발력도 크기 않을까?"라고 논리제시로 인지적 갈등을 일으켰다. 이때 학생들은 갈등이 유발되는 경우도 있고, 연구자에게 자신의 논리를 증명해보이려는 학생도 있었다. 전자기에서도 비슷한 반응을 보였다. 논리제시로도 인지적 갈등을 일으킬 수 있지만, 현상제시보다는 갈등을 적게 일으키는 것으로 생각된다.

IV. 결론

과학개념에 영향을 주는 요인을 과학개념의 영역에 따라서, 인지갈등 유발 방법에 따라서 개념변화가 어떻게 나타나는가를 조사연구하였으며, 연구 결과는 다음과 같다.

인지적 갈등을 유발하였을 때 개념변화는 긍정적으로 나타나며 그 효과는 지속적이었다. 사전개념과 인지적 갈등 유발 및 학습 후 1주일에는 개념의 변화가 의미있게 차이가 있었지만, 1주일과 한달 후의 비교에서는 차이가 없었다.

과학개념의 종류에 따라 개념변화가 다르게 나타났다. 물리개념을 생활적 개념과 학문적 개념으로 분류할 때, 선행연구와 본 검사의 이유진술을 통해서 역학 영역은 생활적 개념에 가깝고, 전자기 영역은 학문적 개념에 가깝다. 연구 결과 전자기 영역보다는 역학 영역에서 긍정적인 개념변화가 더 많이 나타났다. 이유진술을 살펴 보면 역학 영역은 관찰한 경험에 의해서 이유를 진술하는 경향성이 강했고, 반면에 전자기 영역은 이론 및 공식을 이용하여 문제를 풀어 응답하려는 경향성이 강했다.

인지적 갈등 유발 방법에 따라 개념변화가 다르게 나타났다. 학생들에게 인지적 갈등을 일으킬 수 있는 방법은 현상제시와 논리제시 방법을 사용하였다. 현상제시는 실제로 시범해보였고, 논리제시는 기존의 생각과 반대되는 주장을 제시하였다. 연구 결과 긍정적인 개념변화는 논리제시보다는 현상제시에서 더 많이 나타났다. 현상제시와 논리제시로 인지적 갈등을 유발할 때 그 정도를 관찰하면 현상제시에서 인지적 갈등이 더 잘 일어났다. 따라서 교수-학습활동에서 논리적인 설명도 중요하지만 실제로 시범해 보이는 것이 더 중요한 것으로 생각된다. 학생들에게 현상으로 보여주었을

때가 논리로 설명해주었을 때보다 인지적 갈등이 더 잘 일어나고 또한 긍정적인 개념변화가 더 잘 일어났기 때문이다. 따라서 인지적 갈등을 효과적으로 일으키는 방법으로 현상제시를 이용하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 권재술, 김범기(1992). 과학 오개념 편람(역학편). 한국교원대학교 물리교육 연구실.
- 권재술(1989). 과학개념 형성의 한 인지적 모형. *물리교육*, 7(1), 1-9.
- 문충식(1990). 전류에 관한 학생들의 오인유형 변화의 종단적 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 안수영(1989). 전류현상 관찰 전후에 있어서 학생들의 오인 유형 및 그 변화, 한국교원대학교 석사학위논문.
- 오강수(1987). 뉴턴의 제3법칙에 대한 학생들의 오인 유형 및 그 변화. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이경호(1990). 인지적 갈등 상황에 대면한 학생들의 행동 특성. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이영직(1992). 뉴턴 운동법칙에 관한 학생들의 오개념 견고성, 한국교원대학교 석사학위논문.
- Arnold, M. & Millar, R.(1987). Being constructive : An alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education*, 9(5), 553-563.
- Basili, P.A. & Sanford, J.P.(1991). Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 293-304.
- Brown, D.E. & Clement, J.(1987). Misconceptions concerning Newtons law of action and reaction : The underestimated importance of the third laws. *Proceedings of the second international seminar : Misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Volume III*, Cornell University, Ithaca, Ny, USA, 39-53.
- Dreyfus, A. & Jungwirth, E.(1990). Applying the cognitive conflict strategy for conceptual change - some applications, difficulties and problems. *Science Education*, 74(5), 473-496.
- Driver, R.(1984). Cognitive Psychology and pupils frameworks in mechanics. *The many faces of teaching and learning mechanics*. GIREP/SVO/UNESCO, 171-198.
- Dupin, J. & Johsua, S.(1987). Conceptions of french pupils concerning electric circuits : structure and evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(9), 791-806.
- Eckstein, S.G. & Shemesh, M.(1993). Stage theory of the development of alternative conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 45-64.
- Eckstein, S.G. & Shemesh, M.(1989). Development of childrens ideas on motion : intuition vs. logical thinking. *International Journal of Science Education*, 11(3), 327-336.
- Eylon, B.S. & Ganiel, U.(1990). Macro-micro relationships : the missing link between electrodynamics in students reasoning. *International Journal of Science Education*, 12(1), 79-94.
- Fetherstonhaugh, T. & Treagust, D.F.(1992). Students understanding of light and its properties : Teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76(6), 653-672.
- Hashweh, M.Z.(1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Heller, P.M. & Finley, F.N.(1992). Variable uses of alternative conceptions : A case study in current electricity. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 259-275.
- Hewson, P.W. & Hewson, M.G.A.(1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Lie, S., Sjoberg, S., Ekeland, P.R. & Enge, M.(1984). Ideas in mechanics a Norwegian study. *The many faces of teaching and learning mechanics*. GIREP/SVO/UNESCO, 255-276.
- Lonning, R.A.(1993). Effect of cooperative learning strategies on student verbal interactions and achievement conceptual change instruction in 10th grade general science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1087-1101.
- Mcdermott, L.C.(1983). Critical review of reasearch in the domain of mechnics. *Research on physics education : Proceedings of the first international workshop*. La

- Londe Maures, France. 139-182.
- Millar, R. & Beh, K.L.(1993). Students understanding of voltage in simple parallel electric circuits. *International Journal of Science Education*, 15(4), 351-361
- Osborne, J., Black, P., Smith, M. & Meadows, J. (1991). Primary SPACE project research report. 54~63.
- Pines, A.L. & West, L.H.T.(1986). Conceptual understanding and science learning : An interpretation of research within a source-of-knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.
- Placek, W.A.(1987). Preconceived knowledge of creation Newtonian concepts among gifted and non-gifted eleventh grade physics students. *Proceedings of the second international seminar : Misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Volume III*, Cornell University, Ithaca, Ny, USA, 386-391.
- Posner, G., Strike, K. & Hewson, P.(1982). Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of a conceptual change. *Science Education*, 70(5), 211~227.
- Shepardson, D.P. & Moje, E.B.(1994). The nature of fourth graders understandings of electric circuits. *Science Education*, 78(5), 489~514.
- Shipstone, D.M., Rhoneck, C., Ludwigsburg. P.H. & Frankfurth, W.J.U.(1988). A study of students understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303~316.
- Stavy, R. & Berkovitz, B.(1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64(5), 679-692.
- Stofflett, R.T.(1994). The accomodation of science pedagogical knowledge : The application of conceptual change constructs to teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 787-810.
- Thijs, G.D.(1987). Conceptions of force and movement, intuitive ideas of pupils in Zymbabwe in comparison with findings from other countries. *Proceedings of the second international seminar : Misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Volume III*, Cornell University, Ithaca, Ny, USA, 501-513.
- Thorley, N. R. & Treagust, D. F. (1987). Conflict within dyadic interactions as a stimulant for conceptual change in physics. *International Journal of Science Education*, 9(2), 203-216.
- Watts, D. M. & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children s ideas about force. *Physics Education*, 16, 360-365.

(ABSTRACT)

The Influence of the Types of Scientific Concepts and the Patterns of Cognitive Conflict on the Change of Students Conceptions

Kim, Beom-Ki · Kwon, Jae-Sool
(Korea National University of Education)

The purpose of this study was to classify the types of scientific concepts by theoretical concepts and empirical concepts in physics, and to create cognitive conflict in students with logical statements and demonstrations, and to investigate conceptual changes. It seems that mechanics has much to do with the empirical concepts, and electromagnetics has much to do with the theoretical concepts. The condition of the instrument is intellegible, plausible, fruitful, and able to state and demonstrate. The instrument appropriate for these conditions was developed, which consisted of 6 items in mechanics and 6 items in electromagnetics, and conceptual changes were investigated. Structured interviews were conducted with 32 high school students to create cognitive conflict. We have elicited their ideas three times : pretest, posttest and delayed posttest.

As the results of this study, demonstration method was more effective for conceptual change than logical argument method. In case of content areas, the misconceptions on mechanics concepts were changed more easily than those on electromagnetics concepts. In addition, the results of the study showed that the more cognitive conflict, the more the conceptual change was occurred.