

뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향

임이숙 · 이영직¹ · 권재술²

(대구고등학교) · ¹(충남과학고등학교) · ²(한국교원대학교)

The Effects of Conflict Situation Types on Inducing Students' Cognitive Conflicts in Newton's Laws

Lim, Lee-Suk · Lee, Yung-Jick¹ · Kwon, Jae-Sool²

(Taegu High School) · ¹(Chungnam Science High School) ·

²(Korea National University of Education)

ABSTRACT

A learner's cognitive conflict with his/her existing conception is regarded to be one of the most important factors for a conceptual change. In this study, the effects of the conflict situation types on inducing students' cognitive conflicts in Newton's law were examined. The thirty-four students of 10th grade were selected from a rural high school based on the result of pre-test. The two different types of conflict situations among many possible types were used in this study. One type was using logical conflict situation and the other was demonstrating real conflict situation. The levels of cognitive conflict were measured by 4-point Likert scale by three interviewers. As the results, the demonstration method was more effective than the logical argument method. In case of the logical argument method, rather than showing scientific conceptions, suggesting another misconception was more effective to the students who have misconception. However, logical argument method was not effective to those who have scientific conceptions. To the students who have unscientific conceptions, the demonstration method was very effective for inducing cognitive conflict. From the results of this study, demonstration method of teaching seems to be very effective for inducing students' cognitive conflict and overcoming their misconceptions on scientific concept.

Key words : conflict situation types, demonstration method, logical argument method.

I. 연구의 필요성 및 목적

구성주의 관점에 의하면 학생들은 일상생활로부터 얻은 경험을 토대로 자연현상에 대하여 나름대로 개념을 형성하고 학습에 임하게 된다. 따라서 학습이란 이 선개

념과의 상호작용을 통하여 학습자가 스스로 의미를 구성해 나가는 능동적인 활동이라 할 수 있다(Pines & West, 1985). 그러나 이 선개념이 당대의 과학개념과 다를 경우, 교수-학습에 심각한 어려움이 있게 되고 더 나은 학습을 방해한다(Gunstone & White, 1981). 또

*1998년 4월 17일 받음

한 연구에 의하면 학생들의 선개념은 나름대로 직관적이고 경험적인 근거를 통해 체계를 이루고 있어 매우 견고하다(조희형, 1984; 이영직, 1992; Andersson, 1986; Mohapatra, 1990). 그래서 학생들의 오개념은 기존의 전통적인 학습방법에 의해서는 쉽게 수정되지 않는다고 한다(권성기, 1988).

많은 물리 교육학자들이 어떻게 하면 학생의 개념을 물리학적으로 옳은 개념으로 변화시킬 것인가를 중요 과제로 연구해 왔다(Posner *et al.*, 1982; Pines & West, 1985; Hashweh, 1986). 이러한 연구들에서는 인지적 갈등을 개념 변화를 위한 가장 중요한 요소로 여기며, 학생으로 하여금 스스로 선개념에 불만족을 느끼도록 해야 한다고 제안했다(Posner *et al.*, 1982; Strike & Posner, 1985). 권재술(1989)도 오개념이 과학적 개념으로 변하기 위해서는 인지적 갈등상황을 제시해야 한다고 강조하였다.

개념변화에 있어서 인지갈등이 중요한 역할을 한다면 인지적 갈등을 유발하는 구체적인 방법에 관한 연구는 의미있을 것이다. 김범기(1994)는 오개념의 치료를 위해서는 학생들이 가진 물리개념을 알아야 하고 이것을 바탕으로 인지적 갈등을 유발하기 위해 교사는 학생들의 생각과 대립되는 현상이나 자료를 다양하게 제시하는 것이 바람직하다고 하였다.

본 연구에서는 뉴턴의 운동법칙에 관하여 구체적인 방법으로 인지적 갈등상황을 유발하고 갈등상황 유발 방법에 따른 갈등유발 정도를 알아보고자 한다. 갈등상황의 유발방법으로는 학생들의 생각에 반하는 현상을 시범기구로 보여주는 현상제시방법과 학생들의 생각을 논리적으로 반박하는 논증을 제시하는 논리제시방법을 사용하였다. 면담을 통하여 현상이나 논리를 제시하며 갈등상황의 유형에 따른 갈등유발 정도를 알아보았다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 남자 고등학교 1학년 학생을 대상으로 하였다.

인지적 갈등상황 유발 방법에 따라 갈등정도를 비교하기 위해서는 논리제시와 현상제시 비율이 가급적 동일해야 하므로 사전검사 6문항 중 오답을 한 문항이 3개 이상인 학생을 선발하였다. 논리를 제시할 때는 정답을 선택한 학생일지라도 자신의 생각과 다른 논리에 의해

서 갈등이 유발될 수 있으나, 현상을 제시할 때는 자신의 생각과 다른 현상에 의해서만 갈등이 유발될 수 있다. 따라서 현상은 반드시 오답을 선택한 학생에게 제시되어야 한다.

사전검사에 참여한 184명 중 정답율이 50%이상인 학생은 제외하고 그 중 문항의 이유진술과 응답에 대한 확신도를 참고로 생각이 좀 더 확실한 학생을 최종 대상으로 34명 선정하였다.

2. 갈등상황 유발

학생들이 운동법칙에 관하여 가지고 있는 개념에 관한 선행 연구들을 조사하여 직선관성(Eckstein & Shemesh, 1989; 이경호, 1990), 곡선관성(McCloskey, 1980), 평형(Gunstone, 1986), 작용과 반작용(McDermott, 1983; Thijs, 1987; Clement, 1987)에 관한 6개의 문항을 선정하였다. 이 문항들은 학생들에게 현상을 시범기구로 보여줄 수 있으며 논리로 설명이 가능한 것이었다. 각 문항은 4개의 답지로 된 선다형이고 응답 후 그 응답에 대한 이유진술과 응답에 대한 확신정도를 나타내는 것이었다. 이 문항에 나타난 학생들의 사전개념에 따라 적절한 현상이나 논리를 제시하여 갈등상황을 유발하였다.

현상은 각 문항마다 개발하여 제작한 시범기구로 학생들에게 직접 보여주었고, 논리는 학생들의 생각을 논박할 수 있는 논리를 각 문항마다 서너 개 고안하여 카드로 만들어 제시하였다. 논리 중에는 과학적인 개념이 포함된 옳은 논리와 오개념이 포함된 논리가 있었다.

3. 인지적 갈등 측정 준거 개발

대부분의 선행연구에서는 인지적 갈등의 유무를 응답이나 개념의 변화로 판단하였다. 그러나 예비면담에서 어떤 학생은 자신의 생각과 다른 논리에 직면하였을 때, 매우 고민하고 심사숙고 후 논리를 거부하였다. 이 학생은 자신의 생각을 바꾸지는 않았지만 나름대로 인지적 갈등을 겪은 후 자신의 생각을 고수하는 것으로 보였다. 또 어떤 학생은 제시한 논리에 따라 별 생각 없이 자신의 생각을 바꾸었다. 이 학생은 새로운 개념을 자신의 개념과 관련짓지 않고 단지 그럴듯해 보이므로 인지적 갈등 없이 수용하는 것으로 보였다.

따라서 인지적 갈등의 유무 판단은 학생의 응답변화뿐만 아니라 태도, 표정 등의 모든 반응을 관찰하여 고

<연구논문> 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향 : 임이숙 외

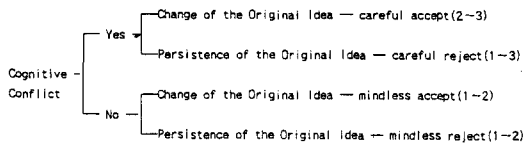


Fig. 1 Categories of cognitive conflict

민하는 정도를 종합적으로 판정해야 한다. 학생의 모든 반응을 근거로, Fig. 1과 같이 인지적 갈등의 판단 기준을 정하였다.

또한 갈등의 정도는 연구자가 세운 기준에 따라 갈등 유발이 잘됨과 안됨을 양극으로 하여 잘됨(3), 보통(2), 약간(1), 안됨(0)의 4단계로 판정하였다.

인지적 갈등의 판정은 평정자의 주관에 배제되어야 하므로 본 연구에서는 연구자와 현직교사이며 물리교육을 전공하고 있는 석·박사 과정의 대학원생 2명이 훈련을 거듭한 후 함께 동일한 상황에서 동시 평정을 하였다.

4. 면담

갈등상황의 유형에 따라 갈등 정도를 비교하기 위해서 사전검사의 결과를 이용하여 학생별로 문항별로 제시하는 현상과 논리의 비율이 비슷하고 논리와 현상을 교대로 제시할 수 있도록 계획표를 작성한 후 면담을 실시하였다.

연구자 외 2인이 모두 면담에 참여하여 그 중 연구자가 면담을 진행하고 나머지 2명은 보조하였다.

면담은 학생이 직접 기록한 사전검사 문항지를 보며 시작하며 현상은 1회 제시하고 논리는 학생이 이해 가능할 때까지 상세한 설명을 덧붙이며 서로 다른 논리를 2회 제시하였다.

연구자 외 2인은 면담과정에서 학생을 상세히 관찰하여 그 반응에 따라 인지적 갈등의 유무와 그 정도를 기록표에 기록하였다.

5. 자료처리 및 분석

인지적 갈등의 정도는 면담에 참여한 연구자 외 2인이 관찰하고 판정한 것을 평균하여 분석하였다. 그리고 현상과 논리제시에 의한 갈등정도 비교에서, 논리는 2회제시 중 갈등 정도가 높은 것을 기준으로 현상에 의

한 갈등 정도와 비교하였다.

모든 면담상황은 녹화하여 후에 비디오를 보며 면담원고(protocol)를 작성하였다. 이 면담원고로써 인지적갈등 상황에 처한 학생들의 여러 가지 유형을 살펴보았다.

6. 평가자간 신뢰도 및 평가자간 일치도 검증

인지적 갈등정도가 인지적 갈등정도 판단 기준에 의하여 객관적인 판정이 이루어졌는지 알아보기 위하여 평가자간 신뢰도와 일치도를 추정하였다.

평가자간 신뢰도는 세 평정자가 얼마나 유사하게 점수를 부여하였는가를 분석하는 단순적률 상관계수법을 이용하였고 평가자간 일치도는 평정자의 평정 결과가 얼마나 상호 일치하는가를 Kendall의 일치도 계수 W로 나타내었다.

본 연구에서 개발한 인지적 갈등 판단 기준에 의해 판정한 결과에 대한 세 평가자간 상관관계와 일치도는 Table 1과 같았다.

평가자간 신뢰도를 구하기 위해 산출한 평가자간 상관계수는 현상제시에서 .78, 논리제시에서 .86로 평가자간의 상관성이 높은 편이라 할 수 있으므로 평가자간의 주관에 배제된 객관적인 판정이 이루어졌다 볼 수 있다.

여러 전문가의 견해에 의하면 일치도 계수가 .70이상 되어야 평가 준거가 명확히 세워졌다고 볼 수 있는데 본 연구에서는 현상제시에서 .84이고 논리제시에서 .91로 매우 높은 일치를 보이고 있으므로 평가자들은 제시된 준거에 의해 객관적으로 판정했다고 볼 수 있다.

Table 1 Inter-rater reliability and agreement

| | Demonstration | Logical argument |
|-------------------------|---------------|------------------|
| Correlation coefficient | 0.78 | 0.86 |
| Agreement (W) | 0.84 | 0.91 |

III. 연구 결과 및 논의

1. 현상제시에 의한 갈등유발 정도

문제상황별로 현상을 제시할 때 유발된 갈등의 정도는 Fig. 2와 같았다.

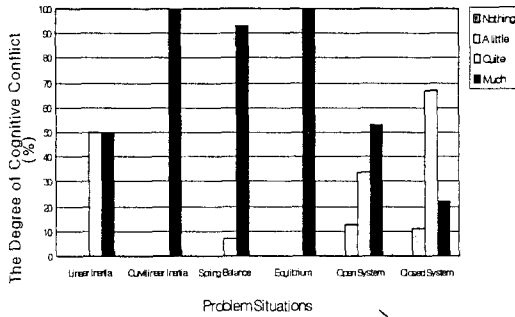


Fig. 2 The degree of cognitive conflict according to demonstration by problem situations

모든 문항에서 갈등유발이 보통됨과 잘됨의 비율이 80% 이상을 차지하였다. 현상을 대면하고 갈등유발이 안된 학생은 없었다. 곡선관성과 평형에서 현상을 관찰한 학생 전원의 갈등유발이 잘 되었고 용수철저울의 작용반작용에서는 한 명을 제외한 모든 학생의 갈등유발이 잘 되었다.

현상제시가 갈등 유발에 미치는 영향을 알아보기 위하여 문제상황별로 현상을 제시하는 기구의 특징과 갈등의 정도를 살펴본 결과는 다음과 같았다.

직선관성(문항 1)의 현상을 제시하는 기구는 과학상자를 이용하여 수레를 제작하고 수레에 세운 막대 끝의 전자석에 쇠구슬을 붙여 수레가 운동할 때 쇠구슬을 떨어뜨린다.

이 현상은 수레가 등속운동할 때 쇠구슬을 떨어뜨려 경로를 관찰하도록 하였다. 그러나 쇠구슬의 낙하시간이 짧아 낙하경로를 분명하게 관찰하는 것이 어려웠다. 학생들의 갈등정도는 다른 문항에 비하여 낮은 편으로 잘됨 50%, 보통 50%였다.

곡선운동에서 관성(문항 2) 현상은 두세 번 감긴 곡선관을 책상 위에 두고 관의 입구는 높이 올려 그 곳에서 쇠구슬을 넣은 후 곡선관을 돌아 관을 빠져 나오는 경로를 보여 주는 것이다.

이 현상은 고무관을 돌아 나오는 쇠구슬의 경로를 명확히 보여 주어 현상을 대면한 15명 모두가 갈등유발이 잘 되었다. 학생들은 분명한 현상을 직접 관찰함으로써 스스로 예상이 잘못되었음을 깨닫게 되었다.

용수철저울에서 작용과 반작용(문항 3) 현상은 용수철저울의 양쪽에 각각 2N인 추를 달아 용수철저울이 가리키는 눈금이 2N임을 보여주는 것이다.

이 현상을 학생 12명에게 제시하였을 때 1명을 제외한 나머지 모두에게 갈등 유발이 일어났다. 이 현상은 수치로 명확히 제시되므로 학생들이 자신의 생각과 다름을 분명히 인식하는 것으로 보였다.

평형(문항 4)의 현상은 도르래에 걸린 줄의 양쪽에 같은 질량의 추가 달려 있을 때 두 추는 평형을 이루어 어느 위치에서나 정지한다는 것을 보여준다. 같은 높이에서는 두 추가 정지하는 것을 보여 준 후, 두 추의 높이를 다르게 할 때, 긴 쪽이 무거울 것 같으며 응답을 수정하려는 학생이 많았다. 현상을 대면한 모든 학생들은 갈등유발이 잘 되었다. 응답을 수정한 학생들은 다양한 생각을 거친 후였기에 더욱 갈등유발이 잘 되는 것으로 보였다.

비교롭게에서 작용과 반작용(문항 5) 현상은 동일한 질량의 강한 자석과 약한 자석을 각각의 스티로폼에 넣어 서로 같은 크기리 마주 보도록 물 위에 띄웠다.

학생들은 미세한 거리차와 물에 의한 흔들림에 너무 집착해서 현상을 관찰하느라 갈등유발이 잘 안된 편으로 약 50%만이 갈등유발이 잘되었다. 이것은 갈등유발 자료로 사용하는 도구는 정확해야 하며 학생들의 주의를 오도하는 외부변인은 제거되어야 함을 보여준다. 이 현상은 밀려난 거리가 수치로 표시되어 그 거리를 명확하게 비교할 수 있다면 선개념의 작용을 배제할 수 있어 갈등유발에 효과적인 것으로 예상된다.

고립계에서 작용과 반작용(문항 6) 현상은 고립계 내부에서 두 자석 사이의 작용반작용이 외부에 영향을 미칠 것인가를 보여준다. 현상을 제시하기 위하여 질량은 같고 자기력이 다른 두 자석을 같은 크기리 마주 보도록 하여 하나의 스티로폼에 넣어 물위에 띄웠다.

이 현상은 앞 문항인 비교롭게의 작용반작용에 의해 정답으로 수정한 학생이 많아 9명에게만 제시하였다. 다른 문항에 비하여 갈등유발의 정도가 낮아 잘된 비율이 22%이었다.

자기력의 차이를 비교한 후 현상을 관찰했음에도 불구하고 학생들은 자기력의 크기와 자기력의 작용에 의해 생기는 거리를 관련지어 생각하지 못하고 물에 의해 흔들리는 미세한 이동에 집중하며 관찰하였다. 따라서 이 현상은 좀 더 분명하게 보여줄 수 있는 정확한 도구의 고안이 필요하다 하겠다. 또한 학생들은 이미 앞서 비교롭게에서 작용반작용 현상을 관찰한 경우 자신의 생각이 잘못되었다는 것을 깨달았고, 이 문항도 비슷한 것이라고 짐작함으로써 갈등유발이 안된 경우가 있었다.

2. 논리제시에 의한 갈등유발 정도

논리 2회 제시 중 갈등유발이 잘 된 것을 문제상황별로 Fig. 3과 같이 나타내었다.

갈등유발이 잘 된 문항은 곡선관성, 용수철저울의 작용반작용, 평형으로 갈등유발이 잘된 비율이 각각 37%,

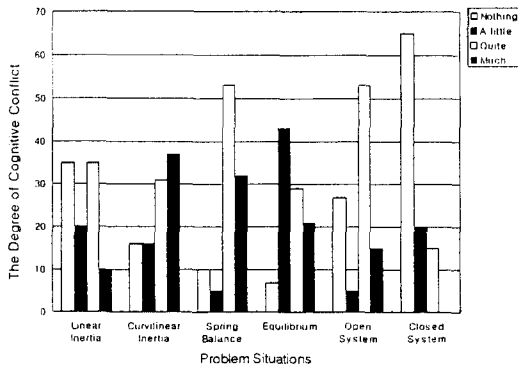


Fig. 3 The degree of cognitive conflict according to logical argument by problem situations

32%, 21%이었다. 갈등유발이 안된 문항은 직선관성, 비고립계에서 작용반작용, 고립계에서 작용반작용으로 잘된 비율이 각각 10%, 15%, 0%이었다.

논리제시가 갈등상황 유발에 미치는 영향을 알아보기 위하여 문항별로 갈등 정도를 살펴보았다.

각 문항은 서로 다른 논리를 2회씩 제시하였다. 2차 제시는 1차제시에서 나타난 학생들의 반응에 따라 그들의 생각과 다른 논리를 제시하였다. 제시하는 논리 유형에 따라 갈등의 정도를 알아보기 위하여 1차와 2차 제시를 각각 독립적인 사례로 살펴보았다.

각 문항별 반응결과과는 다음과 같고 각 문항별로 제시된 표에서 C_2 는 과학적 개념, C_1 은 오개념, C_1' 는 C_1 과는 다른 오개념을 가리킨다.

1) 직선운동에서의 관성(문항 1)

사전개념에 따라 논리유형을 달리 하며 20명의 학생에게 제시하였을 때 갈등유발 정도에 따른 사례수와 비율은 Table 2와 같았다.

옳은 논리는 관성의 개념이나 관성의 예로 언급한 것으로 옳은 논리에 의해 갈등유발이 잘 된 사례는 없고 대부분 보통이었다.

오개념 논리 중 수레에서 떨어진 쇠구슬은 힘이 점점 약해진다는 기동력논리가 쇠구슬은 아래로 수레는 앞으로 간다는 단순논리에 비해 갈등유발에 더 효과적이었다. 단순논리에 의한 갈등유발은 대부분 안됨이거나 약간됨이고 기동력논리에 의해서는 안됨과 약간됨이 82%이고 보통과 잘됨이 18%였다.

2) 곡선운동에서의 관성(문항 2)

사전개념에 따라 논리유형을 달리 하여 19명에게 제시하였을 때 갈등유발 정도에 따른 사례수와 비율은 Table 3과 같았다.

관성 개념의 옳은 논리에 의해서는 갈등이 거의 유발되지 않았다. 오개념의 논리 중에는 원심력에 의해 밖으로 튕기는 원심력논리가 갈등유발에 효과적이었다. 사전개념의 구분없이 원심력논리를 제시한 사례는 18이고 그 중 갈등유발이 보통되거나 잘된 사례는 11로써 그 비율이 61%였다. 원운동하던 힘이 남아 있어 들던 방향으로 계속 돈다는 기동력논리에 의해서는 보통과 잘된 비율이 50%였다. 과학적 개념을 가지고 있는 학생도 원심력과 기동력의 오개념에 의해서 보통이상으로 갈등 유발된 비율이 50%를 넘었다.

Table 2 The degree of cognitive conflict of linear inertia by the typess of logical arguments

| The types of logical argument | | | Nothing | A little | Quite | Much | Total |
|-------------------------------|------------------|--------------------|---------|----------|-------|-------|---------|
| Preconception | Logical argument | | | | | | |
| C_1 | C_2 | Correct conception | — | 1(100) | — | — | 1(100) |
| | | Everyday example | 1(12) | 1(12) | 6(76) | — | 8(100) |
| C_1 | C_2 | Simple intuition | 10(77) | 3(23) | — | — | 13(100) |
| | | Impetus | 9(49) | 6(33) | 1(6) | 2(12) | 18(100) |

(n=40)

Table 3 The degree of cognitive conflict of curvilinear inertia by the types of logical arguments (%)

| The types of logical argument | | Nothing | A little | Quite | Much | Total | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|----------|-------|-------|--------|---------|
| Preconception | Logical arguments | | | | | | |
| C ₁ | C ₂ | 1(50) | 1(50) | - | - | 2(100) | |
| C ₁ | C ₁ ' | Centrifugal force | - | 1(20) | 2(40) | 2(40) | 5(100) |
| | | Impetus | 1(25) | 1(25) | 2(50) | - | 4(100) |
| C ₂ | C ₁ | Centrifugal force | 4(31) | 2(15) | 4(31) | 3(23) | 13(100) |
| | | Impetus | 6(43) | 1(7) | 5(36) | 2(14) | 14(100) |

(n=38)

3) 용수철저울의 작용과 반작용(문항 3)

학생들의 사전개념에 따라 논리유형을 달리 하며 19 명에게 제시하였을 때 갈등유발 정도에 따른 사례수와 비율은 Table 4와 같았다.

옳은 논리에 의한 갈등유발은 보통과 잘된 비율이 81%이었다. 여기서 옳은 논리는 그림을 이용하여 학생들이 이미 알고 있는 쉬운 수준에서 단계를 높여 개념을 확장한 후 작용반작용의 개념을 도입하는 것이다. 사전 개념의 구분없이 오개념 논리를 제시한 사례는 22이고 그 중 갈등유발이 보통과 잘된 사례는 12로써 55%를 차지하였다. 오개념 중 양쪽으로 힘이 작용하므로 4N이 된다는 논리에 의해서 갈등유발이 잘 되었으며, 과학적

개념을 가지고 있는 학생도 약 64%가 보통이상으로 갈등이 유발되었다.

4) 평형(문항 4)

사전개념에 따라 논리를 달리 하며 14명에게 제시하였을 때 갈등유발 정도에 따른 사례수와 비율은 Table 5와 같았다.

옳은 논리에 의한 갈등유발은 잘됨과 안됨의 비율이 각각 9%, 45%였다. 사전개념의 구분없이 오개념의 논리를 제시한 사례는 17이고 그 중 갈등유발이 잘됨과 안됨의 비율이 각각 18%, 24%였다. 오개념 논리 중, 더 높은 곳에서 위치에너지가 더 크다는 위치에너지논리와 지구와 더 가까운 것이 더 큰 중력을 받는다는 중력논리

Table 4 The degree of cognitive conflict of spring balance by the types of logical arguments(%)

| The types of logical arguments | | Nothing | A little | Quite | Much | Total | |
|--------------------------------|----------------------|---------|----------|-------|-------|---------|---------|
| Preconception | Logical arguments | | | | | | |
| C ₁ | C ₂ | 2(13) | 1(6) | 9(56) | 4(25) | 16(100) | |
| C ₁ | C ₁ '(4N) | - | 1(25) | 2(50) | 1(25) | 4(100) | |
| C ₂ | C ₁ | 4N | 2(18) | 2(18) | 6(55) | 1(9) | 11(100) |
| | | 0N | 3(42) | 2(29) | 2(29) | - | 7(100) |

(n=38)

Table 5 The degree of cognitive conflict of equilibrium by the types of logical arguments (%)

| The types of logical arguments | | Nothing | A little | Quite | Much | Total | |
|--------------------------------|-------------------|------------------|----------|-------|-------|---------|--------|
| Preconception | Logical arguments | | | | | | |
| C ₁ | C ₂ | 5(45) | 2(18) | 3(28) | 1(9) | 11(100) | |
| C ₁ | C ₁ ' | 1(17) | 4(66) | - | 1(17) | 6(100) | |
| C ₂ | C ₁ | Potential energy | 1(25) | 1(25) | 1(25) | 1(25) | 4(100) |
| | | Gravity | 2(29) | 3(43) | 1(14) | 1(14) | 7(100) |

(n=28)

에 의한 갈등정도는 큰 차이가 없었다.

5) 비고립계에서 작용과 반작용(문항 5)

학생들의 사전개념에 따라 논리유형을 달리 하며 19 명에게 제시하였을 때 갈등유발 정도에 따른 사례수와 비율은 Table 6과 같았다.

옳은 논리에 의해 갈등유발이 잘된 비율이 57%이고 사전개념의 구분없이 오개념의 논리에 의한 비율은 42%로 옳은 논리가 더 효과적이었다. 오개념 중, 강한 자석이 자신의 반발력에 의하여 뒤로 많이 밀린다는 반발력논리에 의해 갈등이 유발된 비율은 38%, 상대의 강한 자석이 약한 자석을 세계 밀어낸다는 척력논리에 의해서는 47%였다. 반발력의 논리는 척력으로만 생각하는 학생에게 더 효과적이고 척력논리는 과학적 개념을 가진 학생에게 더 효과적이었다.

6) 고립계에서 작용과 반작용(문항 6)

이 문항은 앞 문항의 영향으로 나름대로 개념을 이해하고 정답으로 수정한 학생들이 있어 Table 7과 같이

논리제시 사례수가 많아졌다. 사전개념에 관계없이 전체적인 갈등유발 정도를 보면 잘된 사례 없으며 보통 12%이고 약간 16%, 안됨 72%였다.

나름대로 이해하고 정답으로 수정하였으므로 오개념의 논리를 제시하였지만 학생들의 갈등정도는 미약한 편이었다.

위의 결과를 종합하여 사전개념과 논리제시 유형에 따라 오개념을 가진 학생에게 옳은 논리를 제시할 때, 오개념을 가진 학생에게 또 다른 오개념을 제시할 때, 과학적 개념을 가진 학생에게 오개념을 제시할 때로 나누어 갈등유발의 정도를 비교하면 Table 8과 같다.

논리제시 유형에 따라 갈등유발 정도를 비교해 보면 갈등유발이 가장 잘 된 것은 오개념을 가지고 있는 학생에게 다른 오개념을 제시한 경우($C_1 \leftarrow C_1'$)였다. 학생들이 서로 다른 두 오개념 사이에서 갈등하는 것으로 보아 다양한 개념을 인접하게 병치상태로 가지고 있음을 알 수 있다. 따라서 오개념은 상황에 따라 다르게 나타날 수 있으며, 과학적 개념을 도입하여 비교함으로써 과학적 개념을 지지해 주는 개념으로 형성할 수 있는 가능성

Table 6 The degree of cognitive conflict of action-reaction in open system by the types of logical arguments (%)

| The types of logical argument | | | Nothing | A little | Quite | Much | Total |
|-------------------------------|-------------------|------------------------|---------|----------|-------|-------|---------|
| Preconception | Logical arguments | | | | | | |
| C_1 | C_2 | | 1(14) | 2(29) | 3(43) | 1(14) | 7(100) |
| C_1 | C_1' | Repulsive by itself | 1(14) | - | 4(57) | 2(29) | 7(100) |
| | | Repulsive by the other | - | 1(25) | 3(75) | - | 4(100) |
| C_2 | C_1 | Repulsive by itself | 7(78) | 2(22) | - | - | 9(100) |
| | | Repulsive by the other | 5(45) | 2(18) | 4(37) | - | 11(100) |

(n=38)

Table 7 The degree of cognitive conflict of action-reaction in closed system by the types of logical arguments (%)

| The types of logical argument | | | Nothing | A little | Quite | Much | Total |
|-------------------------------|-------------------|------------------------|---------|----------|--------|------|---------|
| Preconception | Logical arguments | | | | | | |
| C_1 | C_2 | | - | - | 1(100) | - | 1(100) |
| C_1 | C_1' | | - | - | 1(100) | - | 1(100) |
| C_2 | C_1 | Repulsive by itself | 19(80) | 4(16) | 1(4) | - | 24(100) |
| | | Repulsive by the other | 17(72) | 4(16) | 3(12) | - | 24(100) |
| Total | | | 36(72) | 8(16) | 6(12) | - | 50(100) |

(n=50)

Table 8 Comparison of the degree of cognitive conflict by the types of logical arguments (%)

| The types of logical arguments | The degree of cognitive conflict | | | | | Total |
|--------------------------------|----------------------------------|----------|--------|-------|----------|-------|
| | Nothing | A little | Quite | Much | | |
| $C_1 \leftarrow C_2$ | 10(22) | 8(17) | 22(48) | 6(13) | 46(100) | |
| $C_1 \leftarrow C_1'$ | 3(10) | 8(26) | 14(45) | 6(19) | 31(100) | |
| $C_2 \leftarrow C_1$ | 85(55) | 32(21) | 28(18) | 10(6) | 155(100) | |

을 보여 준다.

오개념을 가진 학생에게 옳은 논리를 제시할 때 ($C_1 \leftarrow C_2$) 갈등의 정도는 용수철의 작용반작용의 경우를 제외하면 낮은 편이었다. 이것은 학생들이 과학적 개념의 논리를 다소 어려워하며 갈등을 회피하고 배척하였기 때문이다. 따라서 과학적 개념으로 의미있는 갈등을 유발하기 위해 교사들은 과학적 개념을 학생들의 수준에서 그럴듯하게 보이고 이해가능하게 설명해야 하겠다.

과학적 개념을 가진 학생에게 오개념의 논리를 제시할 때 ($C_2 \leftarrow C_1$), 55%의 학생은 갈등을 일으키지 않았는데 이러한 학생들은 정확하게 개념을 이해하고 있다고 볼 수 있다. 그러나 과학적 개념을 가진 학생 중 45%는 갈등이 유발되었고 특히 그 중 6%는 갈등유발이 잘 되었다. 이러한 학생들에게 과학적 개념은 오개념과 병치 상태에 있다고 볼 수 있으므로 의미있게 연결시키는 교수 학습이 필요할 것이다.

3. 현상제시 및 논리제시에 의한 갈등유발 정도 비교

현상은 오답자에게만 제시하고 논리는 정답자나 오답자에게 제시하였다. 현상제시와 논리제시에 의해 유발된 갈등정도를 비교하기 위해서 논리제시에서 과학적 개념을 가지고 정답을 선택한 학생은 제외하였다. 비과학적인 개념을 가진 학생에게 문제상황별로 현상이나 논리를 제시할 때 갈등유발 정도를 비교하면 Table 9와 같았다.

직선관성의 현상제시에 의해 갈등유발이 안된 학생은 없었으며 갈등유발이 보통과 잘됨의 비율이 각각 50%로 동일하게 나타났다. 논리제시는 정답율이 높아 20명의 학생에게 제시하였으나 과학적 개념으로 정답한 16명을 제외하면 3명이 보통, 나머지 1명은 안됨이었다.

곡선관성에서 현상을 제시할 때 현상을 대면한 모든

Table 9 Comparison the degree of cognitive conflict according to demonstration and logical arguments by problem situations (%)

| The degree of cognitive conflict | Linear inertia | | Curvilinear inertia | | Spring balance | | Equilibrium | | Open system | | Closed system | |
|----------------------------------|----------------|------------|---------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| | Demo | Logic | Demo | Logic | Demo | Logic | Demo | Logic | Demo | Logic | Demo | Logic |
| Nothing | - | 1 (25) | - | 3 (18) | - | 1 (6) | - | - | - | 2 (13) | - | 6 (55) |
| A little | - | - | - | 3 (18) | - | 1 (6) | - | 7 (58) | 2 (13) | - | 1 (11) | 3 (27) |
| Quite | 7 (50) | 3 (75) | - | 6 (35) | 1 (7) | 10 (59) | - | 4 (33) | 5 (34) | 10 (67) | 6 (67) | 2 (18) |
| Much | 7 (50) | - | 15 (100) | 5 (29) | 14 (93) | 5 (29) | 20 (100) | 1 (9) | 8 (53) | 3 (20) | 2 (22) | - |
| Total | 14 (100) | 4 (100) | 15 (100) | 17 (100) | 15 (100) | 17 (100) | 20 (100) | 12 (100) | 15 (100) | 15 (100) | 9 (100) | 11 (100) |

학생의 갈등유발이 잘되었다. 이에 비하여 논리제시에 의한 갈등유발은 잘됨과 보통의 비율이 29%, 35%, 안됨의 비율도 18%였다. 따라서 현상제시에 의한 갈등유발이 보다 효과적이었다.

용수철저울의 작용반작용에서 현상제시에 의한 갈등유발은 현상을 관찰한 15명 중 1명(7%)이 보통이고 나머지 모두(93%)가 잘되었다. 논리제시에 의해서는 안됨과 약간이 각각 1명(6%)이고 나머지는 보통 59%, 잘됨 29%였다. 보통과 잘됨의 합이 88%이므로 다른 문항에 비하여 논리제시 갈등유발이 잘 되었다. 그러나 현상제시와 비교하면 낮은 편이었다.

평형에서 현상제시에 의한 갈등유발은 20명 모두가 잘됨이었다. 논리제시에 의해서는 1명(9%)만이 잘되었고 보통은 4명(33%)이며 나머지 7명(58%)는 약간이었다. 따라서 현상을 제시할 때 훨씬 높게 나타났다.

비교법계에서 작용반작용의 현상과 논리제시에 의한 갈등유발은 보통과 잘됨의 합이 동일하게 87%였다. 그러나 잘됨의 비율은 각각 53%, 20%로 현상제시에서 더 높게 나타났으며 안됨은 현상제시에서는 없으나 논리제시에서는 13%가 있었다.

고립계에서 작용반작용은 비교법계의 영향으로 정답으로 수정한 학생은 제외하였으므로 사례수가 감소하였다. 현상과 논리제시에 의한 갈등유발은 잘됨이 각각 22%, 0%이다. 현상제시에 의해서 갈등유발이 안됨은 없으나 논리제시에 의해서는 55%였다.

전체적으로 비교해 보면 Fig. 4와 같이 현상제시에 의한 갈등유발 정도는 안됨 0%, 약간 3%, 보통 22%, 잘됨 75%이고, 논리제시에 의한 갈등유발 정도는 안됨 17%, 약간 18%, 보통 47%, 잘됨 18%였다. 따라서 같

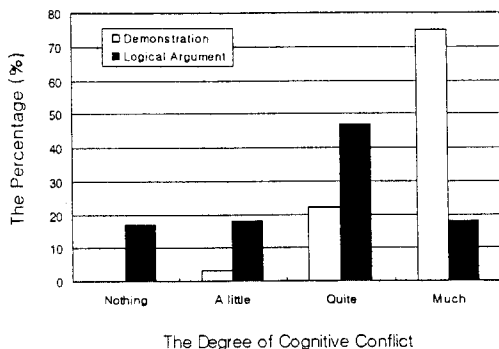


Fig. 4 Comparison of the degree of cognitive conflict by demonstration and logical argument

등유발이 되었다고 할 수 있는 비율은 현상제시와 논리제시에서 각각 97%, 65%이므로 현상제시가 논리제시에 비해 효과적이었다.

IV. 요약 및 결론

뉴턴의 운동법칙에 관한 학생들의 사전 개념에 따라 현상제시나 논리제시로써 갈등을 유발하여 갈등정도를 비교 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

현상을 제시하는 경우, 학생 스스로 관찰한 현상과 자신의 생각이 다름을 인식할 때 갈등유발이 잘 되었다. 따라서 곡선관성 현상처럼 쇠구슬의 이동경로가 분명하게 나타나고, 용수철저울의 작용반작용 현상과 같이 눈금으로 명확히 제시되는 현상이 효과적이었다. 직선관성 현상은 순간적으로 일어나 현상 관찰이 어렵고, 비교법계와 고립계에서 작용반작용 현상은 외부변인이 학생들의 주의를 오도하여 갈등유발을 방해하였다.

그러므로 '현상'은 정확한 도구를 이용하여 분명하게 제시하여 학생 스스로 자신의 생각이 잘못되었음을 깨닫도록 해야 하겠다. 이를 위해서는 외부변인이 제거된 눈금이나 수치로 제시하는 현상이 효과적이라 할 수 있다.

논리를 제시하는 경우, 학생들은 자신의 수준에서 어려운 논리는 배척하며 갈등을 회피하는 경향이 있었고, 일상의 예나 경험과 관련된 논리와 학생들이 이미 알고 있는 쉬운 수준에서 단계를 높여 개념을 확장한 후 개념을 도입하는 논리는 효과적이었다.

그러므로 '논리'는 학생들이 이해할 수 있고 그럴듯하게 보이도록 제시되어야 하겠다.

오개념을 가진 학생은 과학적 개념보다는 오히려 또 다른 오개념에 의하여 갈등유발이 잘 되었고 과학적 개념을 가진 학생은 오개념의 논리를 제시할 때 나름대로 정확하게 개념을 이해하고 있으므로 갈등유발이 어려웠다.

현상이나 논리를 제시하여 유발된 갈등정도를 비교하면 갈등유발이 되었다고 할 수 있는 비율이 각각 97%, 65%이므로 현상제시가 논리제시에 비해 갈등유발에 효과적이었다. 추상적인 개념의 논리적인 논증보다는 백문불여일견(百聞不如一見)이란 말과 같이 구체적인 현상을 직접 관찰함으로써 갈등유발이 잘 되었다.

따라서 학생들의 개념변화를 위해서는 정확한 도구를 이용하여 명확한 현상을 직접 보여주는 인지적 갈등 전략을 사용하는 것이 바람직하다 하겠다.

적 요

학생들의 개념변화를 위해서는 갈등상황을 제시하여야 한다고 여러 연구자들이 주장하였다. 본 연구에서는 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황을 제시하여 그 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

연구 대상은 읍소재지의 남자 고등학교 1학년으로 사전검사를 통하여 연구 목적에 합당한 34명을 선발하였다. 본 연구에서는 여러 가지 갈등상황의 유형 중 시범기구로 '현상'을 직접 보여주거나 논리적인 '논증'을 제시하는 두 가지 갈등상황을 이용하였다. 인지적 갈등 정도는 본 연구에서 개발한 준거에 따라 4단계의 Likert 척도로 연구자 외 2인이 면담에 함께 참여하여 판정하였다.

연구 결과는, 정확하고 눈금이나 수치로 나타나는 '현상'이 효과적이며 외부변인이 개입된 현상은 학생의 주의를 오도하므로 갈등유발이 어려웠다.

'논리'를 제시할 때, 오개념을 가진 학생은 과학적 논리에 대면하여 갈등을 회피하며 오히려 다른 오개념의 논리에 의하여 갈등유발이 잘되었다. 과학적 개념을 가지고 있는 학생은 논리제시로써 갈등을 유발하기 어려웠다.

'현상'을 제시할 때와 '논리'를 제시할 때, 유발된 갈등을 비교해 보면 '논리'보다는 '현상'이 효과적이었다.

따라서 학생들의 개념변화를 위해서는 직접 현상을 보여주는 인지적 갈등 전략이 바람직하며 이 때 제시되는 현상은 정확하고 분명한 것이 효과적이라 하겠다.

참 고 문 헌

권성기(1988). 중학생의 과학 수업에 의한 힘과 운동의 개념변화. 서울대학교 석사 학위논문.

권재술(1989). 과학 개념형성의 한 인지적 모형. 물리교육, 7(1), 1-9.

김범기(1994). 물리 오개념 극복을 위한 학습지도. 물리학과 첨단기술, Sept, 66-70.

이경호(1990). 인지적 갈등상황에 대한 학생들의 행동특성. 한국교원대학교 석사 학위논문.

이영직(1992). 뉴턴 운동법칙에 관한 학생들의 오개념 견고성. 한국교원대학교 석사 학위논문.

조희형(1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학학

습의 관계. 한국과학교육학회지, 4(1), 34-43.

Andersson, B. (1986). The experimental gestalt of causation: A common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2), 155-171.

Clement, J. (1987). Overcoming students' misconception physics; The role of anchoring intuitions and analogical validity. In J. D. Novak (Ed.), *Proceeding of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics* (vol. 3, pp. 84~97). Ithaca, NY: Cornell University, July, 26-29.

Eckstein, S. G., & Shemesh, M. (1989). Development of children's ideas on motion; intuition vs logical thinking. *International Journal of Science Education*, 11(3), 327-336.

Gunstone, R. F., & White, B. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 11(3), 327-336.

Gunstone, R. F.(1986). Student understanding in mechanics: A large population survey. *American Journal of Physics*, 55(8), 691-696.

Hashweh, M.Z. (1986). Toward Explanation of Conceptual Change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.

McCloskey, M., Caramazza, A., & Green B. (1980). Cuvilinear motion in the absence of external forces : Naive beliefs about the motion objects. *Science*, 210, 1139.

McDermott, L. C. (1983). Critical Review of Research in the Domain of Mechanics. *Research on Physics Education*, 151-154.

Mohapatra, J. K. (1990). Episodic conceptualization : A possible cause of manifest alternative conceptions amongst groups of pupils in Indian schools. *International Journal of Science Education*, 12, 417-428.

Pines, A.L., & West, L.H.T. (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press, Inc.

Posner, G., Strike, K., Hewson. P., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of scientific con-

<연구논문> 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향 : 임이숙 외

ception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.

Strike, K.A., & Posner, G.J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In West, L.H. & Pines, A.L. (Eds), *Cognitive structure and conceptual change*, London, Academic press, 211-231.

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*, vol III, (pp.501~513). Ithace, NY : Cornell University.