

관성개념에 대하여 자기의 생각과 불일치하는 상황의 유형에 따른 학생의 반응

이경호 · 권재술
(한국교원대학교)

Students' Responses Confronted with Discrepant Situation Patterns about Inertia Concept

Lee, Gyoungho · Kwon, Jae - Sool
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to find out the responses of students confronted with discrepant situation about inertia concept. We had developed two discrepant situation patterns according to conceptual change model(Kwon, 1989). And we examined the students' responses to the discrepant situations of the 3 inertia problems by interview method. In the result of this study, many students in discrepant situation 1 failed to explain the situation. Some students gave up their preconception and showed new conception that was different from preconception. But most of their new conceptions were not scientific conception. In discrepant situation 2, the major characteristics of students responses were the assimilation strategies. Many students modified their preconception in some part but didn't change it. After discrepant situation, students' conceptions were changed more diverse conceptions than preconceptions.

Key word: cognitive conflict, discrepant situation, students' responses, inertia concept.

I. 서론

구성주의에 바탕을 둔 과학교육 연구에 의하면 학생들은 학교 교육과는 별도로 자연을 이해하는 자기만의 독특한 개념을 가지고 있으며, 그러한 학생들의 개념은 견고하며 상황에 의존적이고 많은 경우 과학 개념과는 다른 잘못된 개념이라는 것이 밝혀졌다(Cosgrove & Osborne, 1985; Pfund & Duit, 1988; 조희형, 1988; 이영직, 권재술, 1993). 과학 교육 연구자들은 오개념 또는 대안적 개념 등으로 불

리는 학생들의 개념을 과학 개념으로 변화시킬 수 있는 개념변화의 조건(Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982)이나 개념변화모형을 발표하였으며(Cosgrove & Osborne, 1985; Lawson, 1986; Pfund & Duit, 1988; 권재술, 1989; 김익균, 1991; 박종원, 1992), 자신들의 모형을 적용한 실험 연구 결과들을 발표하였다. 이와 같은 선행연구 결과의 공통점은 개념변화 과정에 있어서 학생들이 자신의 생각과는 다른 불일치 상황에 직면하게 되었을 때 처음 생각에 불만을 갖게되는 인지갈등의 중요성을

*1998년 1월 3일 받음.

강조하는 점이다.

그러나 불일치 상황에 직면한 학생들의 반응에 관한 최근 연구들은 불일치 상황의 제시만으로 항상 개념변화가 일어나지는 않는다는 증거를 보여주고 있다. 박종원 등(1998)은 중학생과 교육대학생들을 대상으로 학생들이 자신의 선 개념을 지지하는 증거나 반증하는 증거가 나왔을 때, 어떻게 반응하는지를 알아보기 위하여 관찰과 면담을 통해 조사하였다. 연구 결과에 의하면 학생들이 자신의 생각을 반증하는 증거를 관찰하였을 때, 반증 증거를 수용하여 자신의 핵심 원리를 폐기하는 반응과 핵심 원리를 폐기하기 보다는 관련된 다른 이론을 수정·보완하는 반응이 있었다. 즉, 이 연구에서는 반증증거가 항상 이론의 수정을 가져오지는 않는다는 것을 보여주었다. Chinn과 Brewer는 변칙자료에 대한 학생들의 반응을 7가지 유형으로 분류하였으며(1993), 그 후 자신들의 연구를 수정·보완하여 최근에는 8가지의 반응유형을 발표하였다(1998). 8가지 반응유형은 학생들이 새로운 이론을 받아들이는지, 그 이론을 설명할 수 있는지, 기존의 이론을 바꾸었는지 등의 여부에 따라서 분류되는 것으로 변칙자료를 무시하거나, 거부, 배척, 불확실, 판단중지, 재이해, 부분 수정, 새로운 이론 수용 등의 반응이 이에 속한다. 이상의 연구들은 자신의 생각과 다른 불일치 상황에 대면한 학생들이 인지갈등을 겪고 쉽게 개념변화가 되는 것이 아니라 여러 가지 다양한 반응을 보일 수 있다는 것을 알려주었다. 한편, 반응이라는 용어자체가 갖는 의미는 다음의 사전적 정의에서처럼 매우 포괄적이다.

반응이란 자극에 의해 유발되는 유기체의 모든 행동을 의미하며, 특히 심리학에서의 반응은 '기억한다', '심리학 과정을 선택한다' 등 유기체가 환경의 어떤 특징에 영향을 미치는 주로 최종결과로서의 행위를 가리킨다(서울대학교 교육연구소 편, 1994).

따라서 연구자들에 따라서 학생의 반응은 다양한 표현으로 설명되어졌다. 이 연구에서 학생의 '반응'은 Posner와 Gertzog (1982)가 임상적 면담법으로 발견 가능한 학생들의 특징으로 제시한 것들을 참고하여 학생들의 개념, 동화전략 유무, 부적절한 추론 등

에 관한 것으로 하였다.

학생들의 다양한 반응유형을 정확하게 이해하는 것은 구체적인 수업모형이나 효과적인 수업설계를 하는데 매우 유용한 것이므로, 불일치 상황을 잘 구조화하고 그 상황 속에서 나타나는 학생들의 반응을 면밀하게 조사할 필요가 있다.

이 연구에서는 두 가지로 구별되는 불일치 상황의 유형에 따라 그 상황에 대면한 학생들의 반응에 차이가 있는지를 알아보려고 하였다. 불일치 상황의 유형은 개념변화의 인지적 모형(권재술, 1989)에 있는 인지갈등 유형을 참고하여 2가지로 정하였다.

II. 인지갈등 유형과 불일치 상황 유형

인지갈등은 학생들이 기존에 가지고 있는 생각에 반하는 자연현상(실험결과, 자료, 다른 사람의 주장 등)에 직면하였을 때 나타나는 심리현상으로써, 인지적 비평형, 인지적 부조화 등의 용어와 비슷한 의미로 사용되어왔다. 한편, 권재술은 Piaget(Bringuier, 1980)와 Hashweh(1986) 등이 제안한 인지갈등에 바탕을 둔 개념변화 모형(1989)을 발표하면서 개념변화과정에서 인지갈등의 필요성을 강조하였고 인지구조와 자연 현상사이의 상호작용 과정에서 발생하는 인지갈등을 3가지 유형으로 구분하였다. 여기서 인지구조와 자연 현상에 대한 권재술(1989)의 설명은 다음과 같다.

인지구조라 함은 주로 개념구조를 의미한다. ... 중략... 물론 인지구조라는 개념 속에는 지식 또는 개념 뿐만 아니라 그것을 조직하는 과정적 지식까지 포함한다. ... 중략... 그러나 본 연구의 관심이 오인의 극복 또는 개념의 변화에 있기 때문에 서술적 지식에 더 큰 비중을 두어야 함은 물론이다. ... 중략...

자연현상이라 함은 실제의 자연 현상일 수도 있고 실제 자연 현상의 인위적인 표현일 수도 있다. 인위적인 표현이라 함은 교과서에 있는 내용이나 교사가 강의하고 있는 내용 등이다(p 5 - 6).

Fig. 1에서 인지구조 C1은 학습자가 현재 가지고

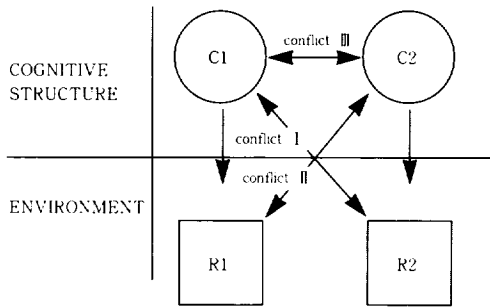


Fig 1. Conceptual change model(Kwon, 1989)

있는 개념으로 일반적으로 미숙하거나 잘못된 개념이다. 인지구조 C2는 학습자가 새로 학습해야 할 개념이다. 그러나 이것은 과학자나 교사의 인지구조가 아닌 학습자의 인지구조이다. R1은 인지구조 C1에 의해 무리 없이 설명될 수 있는 현상이며, R2는 인지구조 C2로 무리 없이 설명될 수 있는 현상이다. 그러나 C1으로 R2를 설명할 때나 C2로 R1을 설명하려할 때는 쉽게 설명되지 않으며 이러한 상태를 지적인 비평형 또는 인지갈등이라고 한다.

이 모형에서는 3종류의 인지갈등을 가정하고 있는데, 인지갈등1은 C1과 R2사이에서 발생하는 것으로 Piaget가 주장한 인지적 비평형과 유사하다. 한편, 인지구조 C2가 완벽하지 않다면 R1을 설명하는데 곤란을 겪을 수 있으며 이때를 인지갈등2라고 한다. 또 다른 인지갈등은 학습자가 두 가지 상이한 인지구조 즉, C1과 C2를 비교하는 과정에서 생기는 갈등으로 이것을 인지갈등3이라고 한다.

한편, 이 연구의 연구자들은 개념변화의 인지적 모형에서 인지갈등의 내용과 유형이 간단하고 분명하기 때문에 이 모형을 이용하여 연구에서 사용될 불일치 상황을 고안하였다. 불일치 상황이란 학생들이 기존에 가지고 있는 생각에 반하는 자연현상(실험결과, 자료, 다른 사람의 주장 등)에 직면하게 된 상황을 의미한다. 본 연구에서는 권재술의 개념변화모형에서 가정한 인지갈등1이 일어날 수 있는 상황을 불일치상황1이라고 하고 인지갈등2가 일어날 수 있는 상황을 불일치상황2라고 하였다. 예를 들어 등속으로 달리고

있는 역학수레 위의 기둥에 매달린 쇠공이 그대로 수직으로 낙하해서 수레의 뒤쪽으로 떨어진다고 예상한 학생에게 관성에 의해 쇠공이 수레 위의 통 위에 떨어지는 현상은 그 학생의 생각과는 불일치한 실험 결과가 될 것이다. 이와 같이 오개념을 가지고 있는 학생에게 그들의 예상과는 다른 결과를 제시해주는 상황을 불일치 상황1이라고 하였다.

여기서 주의할 점은 인지갈등과 불일치 상황의 차이점이다. 즉, 불일치 상황은 학생들이 자신의 개념에 대하여 확신하는 정도나 결과에 대한 신뢰의 정도, 갈등의 인식여부 등에 따라 인지갈등을 유발시킬 수도 있고 그렇지 않을 수도 있으므로 불일치 상황은 인지갈등이 유발될 것으로 기대되는 상황이지 인지갈등이 유발된 상황은 아니다.

한편 옳은 예상과 과학적인 설명을 한 학생에게 그 예상과 다른 결과를 보여주는 상황은 불일치 상황2이다. 이 상황은 권재술 모형에서 인지구조C2를 가지고 있는 학생에게 R1을 제시하는 상황에 해당하며 인지갈등2가 유발될 수 있는 상황이다. 이러한 상황의 예로는 수레의 꼭대기에서 떨어지는 쇠공이 관성에 의해 수레와 같이 앞으로 이동한다고 설명한 학생에게 수레의 뒤쪽으로 쇠공이 떨어지는 결과를 보여주는 상황이다. 이러한 상황을 보여주기 위해서는 그 상황 자체가 이상화되어 있지 않도록 고안해야한다. 즉, 차의 운동상태변화나 공기의 마찰력 등이 등속운동에서의 쇠공의 관성운동에 영향을 주는 상황이어야 한다. 본 연구에서는 불일치 상황2를 제시하기 위하여 실험 기구와 VTR자료를 제작할 때 관성 이외에 수레(또는 트럭)의 가속운동, 공기의 마찰 등 여러 가지 물리적인 요인이 실험결과에 영향을 미치도록 고안하였다. 그러나 불일치 상황1을 제시할 때에는 등속운동에서 쇠공의 관성 운동에 영향을 미칠 수 있는 물리적인 요인의 효과를 통제하였다.

III. 연구방법

1. 연구대상

이 연구의 대상은 충북에 소재하고 있는 학교의 각

학교 급 별로 1학년 학생 12명씩을 표집한 총 36명의 학생이었다. 중·고등학생의 경우는 성별로 동일한 비율이 되게 하였으며, 성적별(상, 중, 하)로 각 2명씩을 표집하여 총 24명이었다. 대학생은 피험자 변인(성, 성적)의 비율을 고려하지 않고 생물교육전공 1학년 학생(고등학교에서 선택과목으로 물리를 택한 학생은 2명임) 12명을 대상으로 하였다.

2. 방법

이 연구는 구조화된 면담법을 사용하였다. 면담의 내용과 절차는 예비연구를 통하여 검토와 보완과정을 거친 후에 확정하였다. 면담은 인사, 면담 목적 설명, 본 질문, 정리의 순서로 진행되었다. 본 질문 단계에서는 학생에게 문제를 간단히 설명한 후, 각 문제의 결과를 예측하고 설명하게 하여 그들의 개념을 조사하였다.

제시한 문제는 학생의 관성개념을 조사한 선행연구(박성식과 박승재, 1987; Eckstein & Schemesh, 1989; Thijs, 1987)를 참고하여, 공의 운동방향(위, 아래, 수평)과 움직이는 물체의 종류(역학수레, 트럭, 수레), 자료의 형태(실험기구, VTR화면, 그림카드) 등을 달리한 3가지 종류로 구성되었다(Fig. 2참조). 즉, 첫번째 문항은 쇠공이 아래 방향으로 떨어지도록 고안된 역학 수레를 시범실험 기구로 제작한 것이며, 두 번째 문항은 공이 위 방향으로 운동하도록 트럭 위에 앉아있는 사람이 공을 던지는 장면을 보여주는 VTR화면이 나타나는 것이다. 세 번째 문항은 달리는 수레 안에서 마주보고있는 벽면을 향해서 수평방

향으로 움직이는 공의 운동을 보여주는 그림카드를 제시하는 것이다.

검사절차는 우선, 3가지 문제에 대한 학생들의 예상과 설명을 통하여 그들의 사전 개념을 확인하고 다음으로 그들의 예상과 불일치하는 결과를 보여주어 인지갈등이 가능한 상황을 조장한 후, 개인별 반응을 관찰하는 순서로 진행하였다.

면담에서 사용한 첫 번째 도구는 과학상자를 이용하여 만든 역학수레이다. 수레의 기둥 끝에 있는 전자석에 작은 쇠 공이 붙어있고 스위치를 작동하여 수레를 움직이면서 쇠 공을 떨어뜨릴 수 있다. 학생들에게는 역학수레가 달리는 중에 공이 떨어질 때 공의 낙하위치를 예상하게 하였다. 역학 수레는 학생들의 예상과 다른 결과를 보여줄 수 있도록 하기 위해서 리모콘 조정으로 운동상태(등속, 감속, 가속 등)가 변화될 수 있도록 제작되었다. 두 번째는 달리는 트럭 위에 앉아있는 사람이 공을 똑바로 위로 던졌을 때 던져진 공의 운동을 보여주는 장면을 담은 TV화면이다. 학생들은 위로 던져진 공의 낙하위치를 예상하고 설명하였다. 이 자료 역시 학생들의 예상과 다른 결과를 보여줄 수 있도록 하기 위해서 트럭의 다양한 운동상태(등속, 감속, 가속 등)에서 공의 운동을 녹화한 것이다. 세 번째는 레일 위를 달리는 수레의 내부에서 한쪽 면에 있는 공을 수레의 진행방향과 수직으로 반대쪽의 깃발을 향해 굴릴 때를 묘사한 그림카드이다. 달리는 수레에서 깃발을 향해 굴러가는 공이 부딪치는 지점을 깃발을 기준으로 예상하게 하는 문제이다. 이 자료의 불일치 상황은 면담자가 학생의 예상과 다른 방향으로 공이 움직인다는 것을 구

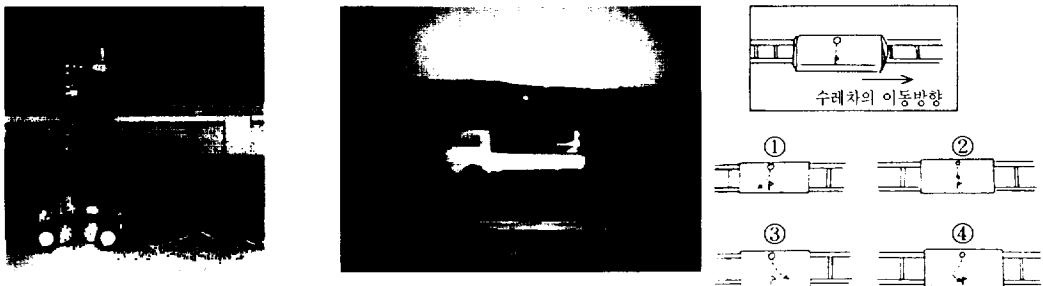


Fig. 2. Interview materials

두로 알려주는 상황이다. 학생들에게 각 문제를 설명할 때 수레나 트럭의 운동상태(등속, 감속, 가속 등)에 대한 언급은 하지 않았으며, 학생이 운동상태에 대한 질문을 할 때에만 대답해 주었다.

3. 자료분석

학생들과의 면담내용은 모두 녹음되었고, 프로토콜로 작성되었다. 이 프로토콜은 예상과 설명영역으로 구분하였으며 예상이나 설명영역은 다시 세부적으로 구분하였다. 즉, 예상영역은 공이 떨어지거나 벽에 닿는 위치에 따라 4가지로 구분하여 부호화 하였고, 설명영역은 과학적 설명과 비과학적 설명으로 구분한 후 각각의 특징적인 설명마다 하나의 부호를 부여하였다. 이러한 부호화 과정을 통하여 학생들의 프로토콜을 간략하게 정리하였으며 이에 따라 학생들의 반응을 분석하였다.

IV. 결과

1. 학생들의 사전 개념

3가지 문제를 통해 나타난 학생들의 사전 개념 분포는 Fig. 3과 같다. 전체 면담사례(108사례 = 12명×3문항×3학교 급)에서 학생이 사전 개념을 가지고 있지 않은 사례는 2%에 불과했다. 나머지 사례에서는 학생들이 나름대로의 개념을 가지고 문제에 대한 예상과 설명을 하였다. C1은 비과학적인 개념을 가지고 있거나 과거 경험을 잘못 이해하고있는 학생의 인지구조이다. 인지구조 C1의 분포를 보면 중학생 사례의 80%와, 고등학생 사례의 44%, 대학생 사례의 60% 순으로 나타나 관성개념에 대한 정규수업을 받지 못한 중학생들에게서 많이 나타나는 사례임을 알 수 있다. C1의 예로는 '~이면~이다' 식의 단순논리가 가장 많았으며 이외에도 수레와 공을 하나의 고정된 계로 보는 오개념을 비롯하여 임피투스 개념, 공기의 힘에 의한 공의 운동, 반작용에 의한 공의 이동 등 다양한 오개념들이 있었다.

C1'는 옳은 응답을 했지만 비과학적인 개념이나

과거 경험을 잘못 적용하는 설명을 한 학생들의 인지구조이다. 이 연구에서는 비교적 과학적인 인지구조인 C2와 구별하기 위하여 별도로 분류하였다. C1'에 해당되는 사례의 비율은 중학생 사례의 11%, 고등학생 사례의 6%, 대학생 사례의 25%로 대학생들에게서 많이 발견되는 사례임을 알 수 있다. 한편, 과학적인 개념(C2)이나 과학개념이 적용되는 경험((R2)을 기억하고 있는 학생의 인지구조는 C2이다. 예를 들어 수레에서 떨어진 쇠공은 관성 즉, 이전의 운동상태를 지속하려는 성질에 의해 움직인다고 설명한 학생의 인지구조이다. 학교 급별로 C2에 해당하는 사례 비율은 중학생 사례의 3%, 고등학생 사례의 50%, 대학생 사례의 14%로 나타났다. 이러한 사례분포의 원인은 고등학생들의 경우 1년 전 고입학력고사 준비 시에 관성개념에 대한 복습의 기회가 있었던 반면, 대학생들(이들은 물리과목을 과학선택과목으로 택하지 않았다)은 고등학교 1학년 때의 물리 학습 경험이 있은 후 대학교 1학년 때까지 물리에 대한 별도의 학습 기회가 없었기 때문인 것으로 판단된다

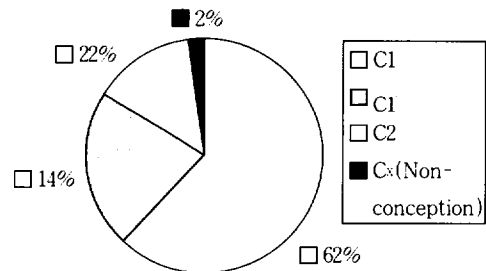


Fig. 3. Percentages of subjects' conceptions to 3 problems before discrepant situation

한편, 각 문제별로 학생들의 사전개념 분포는 Fig. 4에 나타내었다. 사전개념의 분포는 문제간에 큰 차이가 없으나, 2번 문제는 다른 문제에 비하여 C1과 C2가 가장 많았고 C1'는 가장 적었다. 구체적으로 각 문제에 대한 학생들의 설명을 보면 다소 차이점이 있었다. 예를 들어 1번 문제에서는 '차가 앞으로 가는데 공은 그대로 떨어지므로.'라는 식의 단순논리로

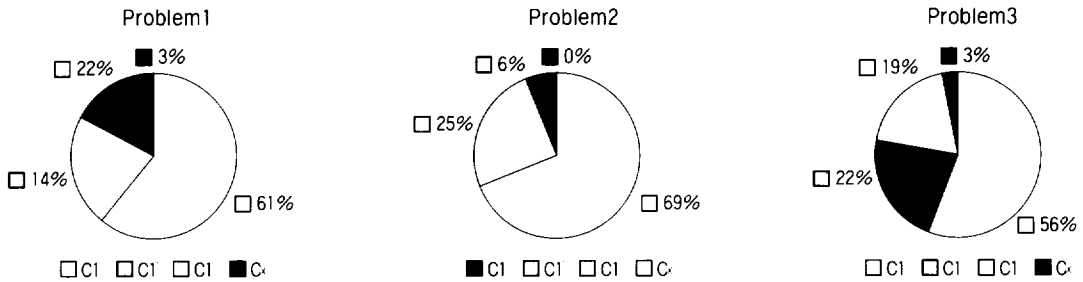


Fig. 4. Categories of students' observations

설명하는 경우가 많은 반면, 2번 문제에서는 사람이 공을 던지는 상황에 집중하여 위쪽 방향(수직방향)의 힘이 공의 운동에 영향을 미친다는 학생들이 많았다. 한편, 3번 문제에서는 수레와 공을 하나의 계로 보고 공도 수레와 함께 움직인다는 설명이 많이 나타났다. 따라서 학생들의 사전 개념은 제시하는 문제의 상황에 따라 다양하게 나타남을 알 수 있었다.

Table. 1을 보면 3가지 문제에서 모두 C2개념을 가지고 있는 학생은 4명이며, 2가지 문제에서 C2개념을 가지고 있는 학생은 2명, 1가지 문제에서만 C2개념을 가지고 있는 학생은 8명으로 나타나 같은 학생이라도 문제에 따라 과학적 개념이 있는 경우와 없는 경우로 나뉘는 것을 알 수 있다. 연구대상인 중학생들 중에서 1/3에 해당하는 8명의 학생들은 3가지 문제에서 모두 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 한 중학생은 1번과 3번 문제에 대한 설명을 하지 못했으며, 2번 문제에 대해서만 '차가 앞으로 가는데 공은 그대로 떨어지므로 공은 수레의 뒤쪽에 떨어진다'라고 설명하였다.

2. 불일치 상황의 유형에 따른 학생의 반응

불일치 상황에서 많은 학생들은 고민하거나 당황하는 표정을 짓거나 소리를 내기도하면서 인지갈등을 겪고있는 모습을 보였다. 다음은 불일치 상황의 유형별로 학생의 반응을 정리한 내용이다.

가. 불일치상황 1

불일치 상황1에서 학생들은 관찰결과를 설명하는

데 실패하는 경우가 많았다. 이러한 사례에 해당하는 학생들은 학교에서 아직 관성개념에 대한 수업을 받지 않은 중학생들이 가장 많았으며(11사례), 중·고등학생의 경우 대부분 성적 하위 집단 학생들이었다. 불일치 상황이 제시되기 전에 많은 사례에서 학생들은 '~이면 ~이다'는 식의 단순논리로 문제를 설명하는 것을 발견하였다. 한편, 불일치 상황이 제시된 후에 이들 학생들 중에서 관찰결과를 설명하는데 실패한 학생들을 제외하고 나머지 학생들은 처음의 설명을 버렸으며, 수레와 공을 하나의 계로 보거나 '공은 앞으로 움직이는 힘을 가지고 있다', '어떤 반작용이 있었다' 등의 설명을 함으로써 새로운 오개념을 드러내었다. 한편 처음부터 앞에서 예로 들었던 오개념(차와 공을 하나의 계로 보는 등)을 가지고 있던 일부 학생들은 관찰 사실을 부인하거나 처음의 오개념을 약간씩 변형하여 고정계, 임피투스, 공기의 이동, 반작용 등과 같은 다양한 오개념으로 불일치 현상을 설명했다. 이러한 새로운 오개념은 자신의 기존 생각을 완전히 버리지 않고 불일치 상황을 설명하려는 의도 때문에 나타난 것으로 보인다. 예를 들어 한 학생은 '차가 좀더 빠르고 공이 좀더 가볍다면 뒤로 간다(공은 통의 뒤쪽으로 떨어진다)'라고 설명하면서 관찰결과를 항상 옳은 것으로는 인정하지 않았다.

한편, 관찰 결과를 비교적 과학적으로 설명한 사례도 상당수 있었는데, 특히 대학생들 중에는 불일치 상황을 겪으면서 이전에 학습한 관성개념을 떠올리며 자신의 처음생각을 바꾸는 경우가 많이 있었다.

면담자: "아까 예측(관성)이란 물체가 정지하려는 성질

Table 1. Distribution of subjects according to grade level and conception types at inertia problem before discrepant situation

Grade level	Conception types at inertia problem						
	C2(at 3)	C2(at 2)	C2(at 1)	C1(at 3)	C1'(at 3)	C1 or C1'(at 3)	Cx(at 1~3)
Middle school	·	·	1	8	1	1	1
High school	4	2	2	3	·	1	·
University	·	·	5	5	1	1	·
Total	4	2	8	16	2	3	1

at 1: at one problem among three problems

at 1~3: at one more problem among three problems

Table 2. Distribution of cases according to grade level and conception types, before and after discrepant situation 1

Grade level	Before	After			
	C1	C1	C1'	C2	Cx
Middle school	29	·	11	7	11
High school	16	·	7	3	6
University	22	·	4	9	9
Total	67	·	22	19	26

이므로 공은 통 뒤쪽에 떨어진다)은 잘못된 것인가요?”

학생: “(결과와) 안 맞잖아요.”

면담자: “그럼 관성의 법칙이란 없는 것인가요?”

학생: “관성의 법칙은 맞는 것 같은데요. 그것은 원래 공이 앞으로 가려는 성질이 있기 때문에 (통속에 들어간다)..”

면담자: “그럼 처음에 관성에 대한 생각은?”

학생: “잘못 생각했던 것 같은데요.”

Table. 2는 불일치 상황1에 대면하기 전과 후에 학생들의 개념을 나타낸 것이다. Table. 2를 보면 중·고등학생들의 사례에서는 불일치 상황을 접한 후에 C1' 또는 Cx로 변화된 경우가 많았던 반면, 대학생들의 사례에서는 C2 또는 Cx로 변화된 사례가 많았음을 알 수 있다. 이와 같은 사례에 속한 중·고등학생들의 성적을 살펴보면 이들은 중·하위 수준에 해당하였다. 따라서 C1에서 C1'로의 개념변화는 중·고등학교 학생들 중에서도 주로 개념형성이 되

어있지 않거나, 매우 미숙한 개념을 가지고 있는 학생들에게서 나타날 수 있는 사례임을 알 수 있다. 한편 관찰 결과에 대한 설명을 끝까지 하지 못하고 설명을 포기한 학생들은 학교 급에 관계없이 많이 나타났다. 이 원인을 설명하기 위해서는 이 연구에서 고려하지 않았던 학습자 변인들을 고려하는 연구분석이 필요하다고 본다. 관성개념을 사용하여 불일치 상황을 정확하게 설명한 사례는 고등학생 사례 중에서 1가지 사례, 대학생 사례 중에서 4가지 사례였다. 중학생들의 사례 중에서 7사례에서는 과거 경험의 회상이나, 막연히 차의 영향이 있을 것이라 설명 등 관성 개념의 초기 형성 단계를 보여주었다.

나. 불일치 상황 2 (C1'의 경우)

불일치 상황2는 옳은 예상은 했으나 설명이 비과학적이었던 학생들이 자신의 예상과 다른 결과를 보게 되는 상황이다. 중·고등학생에 비해서 대학생에게서 많이 나타난 사례였다(Table. 3참조). 중학생사

Table 3. Distribution of cases according to grade level and conception types, before and after discrepant situation 2(C1')

Grade level	Before	After			
	C1'	C1	C1'	C2	Cx
Middle school	1, *3	·	·	·	1
High school	2	·	1	1	·
University	9	4	1	3	1
Total	12, *3	4	2	4	2

*: cases that were not confronted with discrepant situation

례에서는 처음에 차와 공은 하나의 계라는 설명을 했다가 불일치 상황에 대면한 후에는 그 설명을 포기하는 경우가 있었다. 고등학생 사례에서 한 명은 임피투스 개념을 고수하면서 관찰 사실을 동화하려고 하였다.

학생: "공은 처음에 가던 힘대로 가는데요 수레만 먼저 빨리 가니까요 공은 처지고 수레가 앞으로(간다)."

고등학생 사례의 다른 예로는 자신의 오개념(공은 반작용에 의해 수레와 같이 이동한다)으로 설명을 시도하다가 실패하게 되자, 얼마동안 고민하다가 과거의 경험(버스 안에서 정지, 출발 시 몸의 이동)을 떠올리면서 관찰 결과를 받아들였다. 대학생 사례에서는 수평방향으로의 공의 이동시에 수직방향의 힘이 영향을 미친다는 오개념을 사용하여 자신의 이전 설명을 보완하는 학생들이 있었다. 그 학생은 '공은 힘을 가지고 앞으로 가는데 수직방향의 영향을 받아 통의 뒤쪽에 떨어진다'라고 설명하였다. 기존의 설명을 쉽게 버리고 단순논리를 사용하여 관찰사실을 설명하는 사례도 대학생 사례(1사례)에서 발견하였다. 마지막 문제에서 3명의 대학생들(3가지 사례)은 자신의 오개념(단일계, 임피투스)을 버리고 관성개념이나 차의 영향 등을 고려하여 관찰 결과를 설명하였다. 관찰 사실을 설명하지 못하는 경우도 중학생과 대학생 사례에서 1사례씩 나타났다.

한편, 불일치 상황이전의 사전개념을 확인하는 단계에서 '공기의 이동으로 공이 운동한다'라는 설명으로 등속상황과 가속상황에서 공의 이동방향을 나름대로 정확하게 예상한 사례도 있었다. 이 사례에서 학

생(Table의 사례 수 앞에 *표시가 되어 있음)은 이 연구의 불일치 상황에 대면하지 않았다. Table 3는 불일치 상황2에 대면한 학생들의 개념변화 결과를 사례수로 나타낸 것이다.

다. 불일치 상황 2 (C2의 경우)

불일치 상황 2 (C2의 경우)에서는 옳은 예상과 함께 어느 정도의 과학적인 설명을 했던 학생들이 그들의 예상과 불일치 하는 상황에 대면하게 되었다. 사전개념으로 C2개념을 가진 사례 수를 학교 급 별로 비교하면 고등학교, 대학교, 중학교 순이었다. 중학생의 경우는 1사례에서만 발견되었는데, 처음에는 막연하게 차의 영향 때문이라는 설명을 하였다가 불일치 상황에 대면한 후에는 '물체의 이동은 공기의 이동 때문'이라는 오개념으로 설명을 바꾸었다.

고등학생사례의 절반정도에서 학생들은 불일치 상황의 결과에 매우 의존적이었고 자신의 처음 설명을 버린 후 단순논리, 임피투스, 공의 수평속도에 대한 수직방향 힘의 영향 등 다양한 오개념으로 그 결과를 설명하였다. 한 학생은 짧은 시간이라 관성의 법칙이 약하게 작용했다며 관찰 사실을 인정하려 하지 않았다. 한편, 고등학생 사례의 나머지 과반수 정도의 사례는 대부분 학교성적이 상위권인 학생들이 해당하는 사례였으며, 이 학생들은 불일치 상황이 제시된 이후에도 계속 과학개념을 유지하였다. 그러나 그 과정에서도 학생들이 가지고 있는 오개념이 부분적으로 드러나기도 하였다. 예를 들어 한 고등학생은 관성은 이전의 운동상태(만약 차의 속도가 증가하면, 분리된 공의 속도도 증가하는)를 지속하는 성질이라고 이해하면서 중력, 위치에너지 등 여러 가지 물리적인 변

Table 4. Distribution of cases according to grade level and conception types, before and after discrepant situation 2(C2)

Grade level	Before	After			
	C2'	C1	C1'	C2	Cx
Middle school	1	·	1	·	·
High school 11.	*7	5	·	6	·
University	5	4	·	1	·
Total	17, *7	9	1	7	·

*: cases that were not confronted with discrepant situation

인을 가지고 불일치 상황 2의 결과를 설명하려고 시도하다가 차츰 자신의 관성 개념을 수정하는 과정을 겪었다.

학생 : “아! 이건(수레) 이것(공)과 상관없이 더 빨리 가지요?”

면담자 : “왜 상관이 없지요?”

학생 : “떨어졌잖아요. 여기 이 속도에서 떨어졌거든요.

(그러니까) 이것(수레)보다 느리잖아요. 수레는 계속 빨리 가니까요.

대학생의 사례에서는 불일치 상황 이후 한가지 사례에서만 과학적인 설명을 유지하는 것이 발견되었으며, 그 이외의 사례에서는 단순논리, 임피투스, 공의 수평이동속도에 대한 수직방향 힘의 영향 등 다양한 오개념이 발견되었다. 이 사례에 속했던 대학생들의 관성 개념은 고등학생들의 개념보다도 매우 불완전한 것이었다. 한편, 고등학생들 중 5명은 일부 사례(7사례)에서 가능한 물리 조건을 미리 고려하면서 문제에 대한 예상과 설명을 하였다. 예를 들어 한 여학생은 세 번째 문제에서 등속·가속·감속시 공의 이동 방향을 차례대로 정확하게 예측하고 설명하였다. 따라서 이 학생들은 해당하는 문제에서 불일치 상황을 접하지 않았다. 불일치 상황 2(C2의 경우)에 대면한 학생들의 개념변화결과가 Table 4에 나타나 있다.

3. 문항에 따른 학생의 반응

앞장에서 설명한 학생들의 다양한 반응은 세 가지

문항에서 모두 나타나기는 하였으나, 문제에 따라 조금씩의 차이가 발견되었다. 즉, 시범실험 기구를 사용한 1번 문항의 결과에 대해서 그 결과를 인정하지 않는 학생의 반응이 다른 문제에 비하여 조금 많이 나타났다. 1번과 2번 문항의 결과를 본 후 학생들은 자신의 처음 개념을 쉽게 버리고 단순논리나 과거 경험들을 직관적으로 사용하는 반응을 보였는데, 이 두 문제가 학생들에게는 단순논리로 설명하기 쉬운 현혹 과제였던 것 같다. 3번 문항의 결과를 보는 학생들은 앞의 두 문항에서 불일치 상황을 대면한 후에 3번재의 불일치 상황을 대면하는 것이기 때문에 그 결과에 대해서 매우 수용적인 태도를 보이면서도, 앞의 문항의 결과들과 3번재 결과를 비교하거나 세가지 문항의 공통점을 생각하면서 답을 하는 경우가 많았다.

Table. 5, 6, 7에서는 불일치 상황에 대면한 학생들의 개념변화결과를 각 문항별로 나타내었다. 불일치 상황에 대면한 이후 과학적 개념에서 비과학적 개념(C1 또는 C1')으로 변화된 사례는 문항1과 2에서 많이 나타났다. 한편, 비과학적 개념에서 과학적 개념으로 변화된 사례 수는 문항3에서 약간 많았다. 문항3은 지필 평가의 형태이며 그 결과를 면담자가 직접 이야기해주고, 또한 마지막으로 제시하는 문항이기 때문에 과학 개념으로 변화된 사례수가 많게 된 것으로 보인다. 불일치 상황에 대면한 후에 생각을 바꾸거나 설명을 하지 못한 사례는 문항1에서 약간 많았다.

학생 개인 별로 세가지 문항에서 불일치 상황에 대면한 후에 개념변화된 결과를 Table. 8에 나타내었다. 이 표는 학생들이 개념변화에서 어느 정도의 일관성을 갖는지를 보여준다. 문항에 관계없이 일관

된 인지구조를 가지고 있는 학생들은 모두 10명이었으며, 이 외의 학생들은 불일치 상황의 대면으로 각 문제에 따라 더욱 다양한 개념유형을 갖는 것으로 나타났다. C2에 해당하는 학생 수는 사전 개념분포 (Table. 1참조)에 비하여 약간 증가하였는데 이러한 증가는 작은 것이지만 불일치 상황의 효과 때문인 것으로 보인다. 한편, 불일치 상황 이후 3개의 문제에서 모두 C1에 해당하는 학생 수는 대폭적으로 줄어들었으며(16명에서 1명으로), 모두 C1'에 해당하거나 결과에 대하여 설명을 하지 못하는 학생의 수는 증가한 것으로 나타났다.

V. 결론 및 제언

이 연구에서는 중학생, 고등학생, 대학생을 대상으로 관성 현상에 대한 학생들의 선개념을 조사하고, 그들의 생각과 불일치하는 상황을 제시하여 이때 나타난 학생들의 반응을 알아보았다. 연구에서 밝혀진 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 연구에서 제시한 물리현상에 대하여 대부분의 학생들(전체 사례의 98%)은 자기 나름의 개념을 가지고 있었다. 이와 같은 학생들의 개념을 개념변화의 인지적 모형(권재술, 1989)에서 가정한 인지구조 유형에 따라 분류하고 각 인지구조별로 그와 불일치하는 상황을 제시할 수 있었다.

둘째, 불일치 상황에서 학생들은 관찰한 결과를 인정하지 않거나 새로운 오개념을 추가하여 자신의 처음 생각을 유지하려는 반응을 보이는 경우가 있었다. 이외에도 쉽게 자신의 처음 개념을 버리고 단순논리나 과거 경험들을 직관적으로 사용하는 반응을 보이

Table 5. Distribution of subjects according to conceptual change to problem 1

After	Before	C2	C1'	C1	Total
C2		1	·	3	4
C1'		·	1	9	10
C1		4	2	·	6
C _x		·	1	10	11
Total		5	4	22	31

Table 6. Distribution of subjects according to conceptual change to problem 2

After	Before	C2	C1'	C1	Total
C2		3	·	9	12
C1'		·	·	7	7
C1		5	1	·	6
C _x		·	·	9	9
Total		8	1	25	34

Table 7. Distribution of subjects according to conceptual change to problem 3

After	Before	C2	C1'	C1	Total
C2		3	4	7	14
C1'		1	1	6	8
C1		·	1	·	1
C _x		·	1	7	8
Total		4	7	20	31

거나, 과거 학습경험을 회상하며 과학적인 개념으로 설명하는 등 다양한 반응유형을 보여 주었다. 불일치 상황1에서는 자신의 생각과 다른 결과를 관찰한 후에 그에 대한 설명을 못하고 끝까지 갈등을 겪고 있는 학생들이 많이 발견되었으며, 기존의 개념을 버리고 새로운 설명을 시도하는 학생들도 다수 있었다. 일부 학생들은 자신의 처음 설명을 약간 수정하여 새로운 오개념으로 결과를 설명하려고 하였고 또 다른 일부 학생(주로 대학생)들은 자신이 문제를 잘못 이해한 것을 깨닫고 처음 설명을 버린 후 막연하게 차의 영향을 고려하거나 과학적인 관성개념을 사용하여 설명하였다. 불일치 상황 2에서 학생들의 대표적인 반응은 동화전략이었다. 사전개념의 종류 (C1' 또는 C2)에 관계없이 많은 학생들은 갈등을 해소하기 위하여 자신의 선개념을 버리기보다는 일부를 변형시키고 보완하면서 관찰 결과에 대한 설명을 시도하였다. 그러나 일부 학생들은 '~이면 ~이다'는 식의 단순논리를 사용하여 문제를 단순하게 해결하려고 하였다.

셋째, 3가지 문항에서 불일치 상황에 대한 학생들의 반응은 유사하였으나 1번과 2번에서는 직관적인 반응이 다소 많았던 반면, 3번 문항에서는 비판적인

Table 8. Distribution of subjects according to grade level and conception types at inertia problem after discrepant situation

Grade level	Conception types at inertia problem						
	C2(at 3)	C2(at 2)	C2(at 1)	C1(at 3)	C1'(at 3)	C1 or C1'(at 3)	C _x (at 1~3)
Middle school	1	2	·	·	4	·	5
High school	3	1	3	·	·	2	3
University	1	3	4	1	·	·	3
Total	5	6	7	1	4	2	11

at 1: at one problem among three problems

at 1~3: at one more problem among three problems

반응이 다소 많았다. 학생들은 문제에 따라 다양한 개념을 가지고 있었으며, 불일치 상황에 대면한 후에 더욱 다양한 개념 유형을 보여주었다.

결국, 불일치 상황1에서 나타난 학생들의 반응은 설명 포기, 다른 오개념으로의 변화가 두드러진 특징인 반면, 불일치 상황2에 대면한 학생들의 반응은 기존의 개념으로 새로운 현상을 동화하려는 전략을 사용하는 것이 특징이라고 할 수 있겠다. 그러나 개인(학교 급 또는 성적)에 따라 그리고 문항에 따라 그 반응의 양상은 다양하다는 것을 알 수 있었다. 즉, 학생들은 특정문항에서는 완고하게 기존 개념을 고수하려고 하였지만, 또 다른 문항에서는 즉흥적인 응답을 하기도 하였다. 이와 같은 특징을 갖고 있는 학생들에게 단 하나의 상황으로 인지갈등을 통한 개념변화를 일으킨다는 것은 매우 어려울 것으로 사료된다. 결국 인지갈등을 통한 과학개념변화는 특정한 불일치 상황의 제시만으로는 부족하며, 학습자가 자신의 제한된 경험이나 개념을 다양한 외부환경에 적용시켜보고, 자신의 개념을 다른 개념들과 비교하면서 발생하는 인지갈등을 스스로 해결해 나가는 과정이 필요하다고 생각한다.

이 연구에 이어 계속되어야 할 연구로는 불일치상황에 대면한 학생 반응을 여러가지 물리 개념과 다양한 학습자 변인에 따라서 조사해 보는 것이다. 그리고 학생들이 개념변화과정을 능동적으로 주도할 수 있도록 도와주는 교수학습 방법의 개발에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

적 요

이 연구의 목적은 자신의 생각과 불일치 하는 관성 현상에 대한 학생들의 반응을 알아보는 것이었다. 불일치 상황은 과학개념 변화 모형(권재술, 1989)을 참고하여 두 가지로 정하였다. 면담을 통하여 세가지 관성관련 문항에 대한 학생의 사전 개념과 불일치 상황에 대면한 후의 반응을 조사하였다. 연구결과, 불일치 상황 1에서 많은 학생들은 새로운 상황을 설명하지 못하였으며, 일부학생들은 자신의 선개념을 버리고 새로운 개념으로 그 상황을 설명하였다. 그러나 이들 학생들의 새로운 개념은 대부분 비과학적인 개념이었다. 불일치 상황 2에서 대표적인 학생 반응은 자신의 선개념을 부분적으로 수정하면서도 본질적으로는 변화하지 않는 동화전략이었다. 한편, 학생들의 개념은 문항에 따라 다양하였으며, 불일치 상황에 대면한 후에 이전보다 더욱 다양한 개념 유형을 보여주었다.

주요어: 인지갈등, 불일치 상황, 학생 반응, 개념 변화, 관성 개념

참 고 문 헌

- 권재술(1989). 과학 개념의 한 인지적 모형. 물리교육, 7(1), 1-9.
- 김범기, 권재술 편저(1993). 오개념 편람. 한국교원대학교 물리교육연구실.

- 김익균(1991). 대립개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념변화. 서울대 학교 박사학위 논문.
- 박성식, 박승재(1987). 힘과 운동에 대한 중학생들의 개념 조사. 한국과학교육학회지, 7(2), 61-70.
- 박종원(1992). 상대론 기초 개념변화에 있어서 초인지의 역할. 서울대학교 박사학위 논문.
- 박종원, 김익균, 이무, 김명환(1998). 학생 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 18(3), 283-296.
- 서울대학교 교육연구소 편(1994). 교육학 용어 사전. 하우.
- 이영직, 권재술(1993). 오개념의 견고성 지수. 한국과학교육학회지, 13(3), 310-316.
- 조희형(1988). 과학교육과정 및 교수·학습의 이론적 배경과 미래의 과학교육에 대한 시사점. 한국과학교육학회지, 8(2), 33-41.
- Bringuier, J. C. (1980). *Conversations with Jean Piaget*. The University of Chicago Press : Chicago and London.
- Cosgrove, M., & Osborne, R. (1985). *Lesson Frameworks for Changing Child's Science Learning in Science*. London: Heinemann Press, 101-111.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.
- Eckstein, S. G., & Schemesh, M. (1989). Development of Children's Ideas on motion. *International Journal of Science Education*, 11(3), 327-336.
- Hashweh, M. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *Europian. Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Lawson, A. E. (1986). *Integrating Research on Misconceptions, Reasoning Patterns and Three Types of Learning Cycle*. Paper presented at the United State-Japan Seminar on Science Education, East-West Center, University of Hawaii, Honolulu, september, 15.
- Pfunt, H., & Duit, R. (1988). *Bibliography Students' alternative Framework and Science Education*, 2nd Edition, IPN, Institution for Science Education.
- Posner, G. J., & Gertzog, W. A. (1982). The Clinical Interview and the Measurement of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 195-209.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Thijs, D. (1987). *Conceptions of Force and Movement, intuitive ideas of pupils in Zimbabwe in comparison with findings from other countries*. Proceedings of the Second International Seminar : Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University, 501-513.