

중학교 학생들의 보상문제해결 과정에 대한 분석

南貞姬* · 尹景琳[†] · 李相權[‡] · 韓仁植[‡]

부산대학교 화학교육과

한국교육원대학교 화학교육과

이화여자대학교 과학교육과

(2002. 5. 14 접수)

A Study on the Problem-solving Process in Compensation Performance of Middle School Students

Jeonghee Nam*, Kyoung-Rim Yoon[†], Sang-Kwon Lee[‡], and Insik Hahn[‡]

Department of Chemistry Education, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

[†]Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

[‡]Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

(Received May 14, 2002)

요 약. 이 연구에서는 중학교 학생들의 보상논리 문제해결 과정을 알아보았다. 이 연구를 위해 서울 소재 남녀공학 중학교의 3개 반 5개조 21명을 대상으로 하였으며, 보상논리를 주제로 한 활동의 수업내용을 참여 관찰하였고, 그 내용을 녹음하여 전사·분석하였다. 학생들의 보상논리 형성과정을 분석한 결과 학생들은 개인마다 각기 다른 유형의 형성과정을 나타내었다. 수학적 인산력이 뛰어난 학생들은 비례식에 의해 보상논리를 설명하고 반비례관계와 보상논리는 같은 개념이라고 생각하는 경향이 강했고, 보존논리가 잘 발달되지 않은 학생들은 보상논리 형성과정에서 평형을 유지하려는 힘은 보존된다는 생각과 두 변인의 관계를 연관지어 생각하지 못하였다. 보상논리 형성에 성공한 학생들은 다른 학생들에 비해서 보존개념 형성정도가 높았다.

주제어: 보상논리, 문제해결, 비례논리, 보존논리, CASE

ABSTRACT. The purpose of this study was to analyze the problem-solving process of student's compensation concept. For this purpose, verbal interactions during activities were audio-taped, transcribed, and analyzed. And classroom observation and interview with students were carried out. Students who were superior in mathematical operations tended to explain compensation concept using proportionality. On the other hand, students who had low level of conservation concept can not connect 'relation of two variables' with 'conservation of equilibrium' at the formation process of compensation concept. Students who succeed in the formation of compensation concept showed high level of conservation concept. To promote the formation of compensation concept, it is necessary that how to develop proportional concept and conservation concept as closely related with compensation concept should be studied.

Keywords: Compensation Concept, Problem-Solving, Proportional Concept, Conservation Concept, CASE

서 론

과학교육의 목적은 과학지식의 습득뿐만 아니라 자연의 이치를 탐구해 가는 과정을 터득하게 하여 새로운

문제를 해결해 나갈 수 있는 과학적 사고력을 기르는 데 있다. 과학적 사고능: 주위 환경에 대한 사물, 사건에 대하여 구체적으로 관찰, 처리할 수 있는 논리성을 내포한 사고를 의미하므로 논리적 사고, 비판적 사고, 합리

적 사고라는 용어들과도 유사하게 쓰여지고 있다.¹ 논리적 사고 유형은 다양하게 정의되고 있는데, 한종하(1982)는 보존논리, 비례논리, 변인통제논리, 조합논리, 확률논리, 2원 또는 3원적 접근논리, 명제 또는 가설 연역적 논리 등으로 구분하였고,² Lawson(1985)은 비례논리, 변인통제논리, 상관논리, 확률논리, 조합논리의 사고논리를 제시하였고,³ Raven(1973)은 분류화, 계열화, 보상, 논리적 배증, 비례적 사고, 확률, 상호관련적 사고의 유형을 제시하고 있다.⁴

과학교과는 이러한 논리적 사고력을 신장시킬 수 있는 교과이며 실제 학교 교육현장에서 논리적 사고력 신장을 위하여 많은 노력을 해왔다. 그러나 이와 같은 노력에도 불구하고 학생들은 과학을 여전히 어려워하고 기피하고 있다. 이러한 원인 중 하나로 과학교육과정에서 제시되는 학습내용이 학생들의 인지수준을 고려하지 못하고, 학생들이 논리적 사고를 바탕으로 꾸준한 훈련을 할 수 있도록 하지 못하고 있기 때문을 들 수 있다. 학습내용은 형식적 조작 능력을 요구하는데 반하여 학생들 대부분은 구체적 조작수준에 머물고 있다는 것이다.⁵⁻¹⁰ Piaget의 인지발달 이론에 바탕을 두고 평형화-성숙의 상호작용에 의해 허용되는 범위 안에서 인지적인 발달에 영향을 줄 수 있는 환경을 부모나 교사가 구성할 수 있다는 생각을 가지고 이와 관련된 연구들이 행해졌다.¹¹⁻¹⁶ 연구결과, 특정 추론 패턴이나 형식적 조작의 논리는 직접적인 교수에 의해 이루어지는 것이 아니라 학생들 스스로 고차원적 사고력을 구성하게 해야 한다는 것들이 제안되었다.¹⁷ 이런 연구들을 배경으로 Adcy 등은 과학교육을 통해 학생들의 인지능력 발달을 가속시키고 논리적 사고력을 키워주는 프로그램인 CASI(Cognitive Acceleration through Science Education)를 개발하였고 적용 결과 인지가속 프로그램이 평범한 학생들의 학문적인 성취에 미치는 주목할 만한 장기 효과를 보고하였으며, 중요한 점은 CASE의 영향이 모든 중요한 과목에 걸쳐 나타났다는 것으로 일반전이의 효과를 보여주는 것이었다.¹⁷⁻²³ 우리나라에서도 인지가속에 대한 연구들이 진행되었는데, 연구결과 CASE 프로그램의 적용이 아동의 인지수준, 과학을 탐구하는 능력, 논리적 조직능력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 결론을 얻었다.²⁴

청년기(11세에서 18세) 초기에 논리적 사고력이 증가되면 학생들은 좀 더 효과적으로 학습할 수 있게 되고, 어떤 학문적 주제에서도 높은 성적을 거두게 된다. 한

국과 미국 대학생들의 과학적 사고 능력에 대한 연구에서 우리나라 학생들은 수학적 연산과 관련된 과학 추론인 비율적 추론과제와 확률적 추론과제에서 높은 점수를 기록하였으나 보존적 추론이나 변인간의 상관성의 진술에 대한 분할, 즉 수학적 연산과의 관련이 비교적 적은 과제에서는 미국 대학생들보다 통계적으로 의미 있는 상대적으로 낮은 수행정도를 보였다.²⁵ 이것은 우리나라 대학생들의 과학적 사고능력은 인간능력에서는 뛰어나지만 변인간의 관계성을 논리적으로 설명하는 추론기능에서 지조하다는 것을 보여주는 것이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 중등학교 과학교육과정에서부터 학생들이 논리적 사고력을 향상시킬 수 있는 활동이 강조되어야 한다. 이를 위해서는 사고논리와 관련된 문제해결 과정에서 학생들이 어떻게 문제해결을 하며, 각 사고논리와 관련된 요소에는 어떤 것들이 있는지에 대한 분석이 선행되어야 한다.

따라서 이 연구에서는 CASE 프로그램에서 변인간의 관계에 관한 논리인 보상논리에 관한 활동을 통해 학생들이 어떻게 문제를 해결하며 문제해결을 위해 필요한 보상논리 관련 요소에는 어떤 것이 있는지를 알아보고자 하였다.

연구 내용. 이 연구에서는 중학교 과학수업에서 나타나는 학생들의 보상논리 문제해결 과정에 대해 알아 보았다. 이를 위하여 구체적인 연구내용을 다음과 같이 설정하였다.

1. 보상논리의 형성을 위하여 필수적으로 요구되는 보상논리의 하위요소에는 어떤 것들이 있는가?
2. 학생들의 보상논리 문제해결 과정은 어떠한가?

연구 방법

연구대상. 서울시 소재 남녀공학 중학교 1학년 학생들을 대상으로 전체 10개 학급 중 7개 학급 255명에게 보상관련 활동 5개를 투입하였고, 학급을 8개의 조로 나누고 1개조는 4~5명의 학생으로 구성하였다. 조원은 인지수준과 성별이 고루 섞이도록 편성하였으며 보상논리 문제해결 과정에 대한 분석을 위하여 3개 학급에서 5개조를 선정하였다.

자료수집 및 분석. 자료는 사전집사로 투입된 SRT II, CASE 활동 9~12의 전 과정을 녹음하고 관찰한 것, 활동이 끝난 후 실시된 인터뷰 등으로 이루어졌다. 수집된 자료는 과학교육전문가 2명과 공동연구자 5명과

의 논의를 통하여 분석되었다.

SRT II(Science Reasoning Task II)는 학생들의 과학적 이해력과 조작적 인지수준과의 관계를 측정하기 위해 개발된 검사도구이다. SRT II의 문항은 물질의 질량 보존 개념, 무게 보존 개념, 무게와 밀도 개념의 구별에 관한 문제 등으로 구성되어 있다. 이 연구에서는 보상 문제해결 유형과 보존논리와 연관성을 알아보기 위해서 SRT II 검사결과로 학생들의 인지수준을 분석하기보다는 학생들이 보존논리에 관련된 문제를 어떻게 해결하며 보존논리 형성정도가 어느 정도인지 알아보고자 하였다.

CASE 활동은 평균적으로 2주에 1개 활동을 투입하였고, 활동 시간은 2차시 연속으로 90분간 실시하였다. 연구자는 CASE 활동을 참여 관찰하였고, 한 학급당 1-2개조를 선정하여 활동 중의 대화내용을 녹음하였다. 1개 조 당 인원수는 4~5명이었다.

학생들의 보상문제해결에 영향을 미치는 요인을 심층적으로 알아보기 위하여 CASE 활동 12를 마친 이후에 참여 관찰한 학급의 학생들 21명과 개별 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰는 보상논리와 밀접하게 관련이 있는 보존논리와 비례논리에 관한 문항으로²⁶⁻²⁷ 인터뷰를 실시하였고, 이를 통해 이 논리들이 보상논리 문제해결과 어떤 관련이 있는지를 알아보고자 하였다.

인터뷰 시간은 제한을 두지 않았으며 한 학생 당 5-10분 정도 소요되었다. 인터뷰 방법은 학생들에게 미리 준비한 질문지를 나누어주어 문제를 해결하게 하였고, 학생의 문제해결 과정을 관찰하면서 학생들이 자신의 생각을 말로 표현할 수 있도록 질문하였다. 학생들과의 인터뷰는 모두 녹음되었다.

자료분석은 사전검사로 실시한 SRT II 검사지, 수업 전사본, 인터뷰전사본, 학생들의 활동지 등을 통하여 이루어졌다. SRT II 검사지의 내용은 학생들의 문제에 대한 답변과 이에 대한 설명을 분석하여 보존논리 형성정도를 분석하였고, 수업전사본 분석은 보상논리의 하위 요소와 보상문제해결유형의 특성에 따라 분류하여 유형화시켜 정리하였다. 인터뷰전사본은 학생들과의 개별 인터뷰 내용의 전사를 통해서 비례논리와 보존논리가 어느 정도 형성되어 있는지를 유형화시켜서 정리하였다. 학생들이 작성한 CASE 활동지는 수업전사본과 함께 분석되었다.

보상논리와 관련된 CASE 활동의 개요. CASE 활동 중 보상에 관한 활동은 모두 5개로 이루어져 있다.

이 연구를 위해 보상에 관련된 학생들의 활동을 모두 녹음하고 전사하였으나, 주로 분석한 부분은 활동 10 '양팔저울'이다. 그 이유는 교사와 학급 전체와의 상호작용이 적고, 교사-학생, 학생-학생의 상호작용이 많으며, CASE 활동을 통해서 학생들이 보상 개념을 형성해 가는 과정을 가장 잘 살펴볼 수 있기 때문이었다.

활동 9 '줄기와 가지'에서 보상개념이 도입이 되고, 활동 10 '양팔저울'에서는 보상개념이 정량적으로 다루어지며, 추의 무게가 늘어나면 중심으로부터의 거리를 감소시킴으로 보상될 수 있음을 볼 수 있는 양팔저울의 한 쪽 면에 관심을 갖는다. 활동 11과 12는 보상의 적용에 해당하는 부분으로 활동 11 '전류, 길이와 굵기'에서는 전류의 세기에 미치는 콘스탄틴 구리선(저항선)의 길이와 굵기의 영향을 내용으로 하여 보상관계를 다루며, 활동 12 '전압, 전류, 전력'에서는 보상의 마지막 활동으로 새롭고, 간단한 전기의 관계가 소개되며 보상개념 전체를 복습하게 된다.

결과 및 논의

이 연구에서는 보상관련 활동을 통한 중학교 과학수업에서 나타나는 학생들의 보상논리 문제해결 과정을 조사·분석하였다. 이를 위하여 우선 보상논리가 형성되기 위하여 필수적으로 요구되는 보상논리의 하위 요소에는 어떤 것들이 있는지 살펴보았다. 그 다음 보상 관련 활동에서 나타나는 학생의 보상문제해결 과정을 분석하여 이를 유형별로 고찰하였다.

보상논리형성을 위해 필요한 보상논리의 하위 요소. CASE 활동 분석과 이론적 배경의 내용을 바탕으로 보상논리가 형성되기 위해서 필요한 요소 5가지를 추출하였다. 보상논리가 형성되기 위해서는 다음에서 언급되는 5가지 요소들을 이해하고 이들의 관계를 논리적으로 설명하는 것이 필요하다. 보존논리와 비례논리는 보상 논리와 밀접하게 연관되어 있으므로 보상논리 형성을 위한 하위 요소에 포함되었다.²⁶⁻²⁷ 이것은 보상논리가 보존논리나 비례논리보다 포괄적인 논리라는 것을 의미하는 것이 아니라 보상논리를 이해하기 위해서 위의 논리들에 대한 이해가 필요함을 의미하는 것이다. 다음에서는 이 5개 요소에 대해 구체적으로 알아보았다.

1. **변인 파악.** 보상논리는 변인간의 관계와 관련성에 대한 논리이다.²⁶ 양팔저울 문제에서 보상논리 형성을 위해서는 먼저 평형에 영향을 주는 변인이 무엇인지

들 먼저 생각해야 한다. 평형에 영향을 주는 변인에는 여러 가지가 있다. 예를 들어 양팔저울에서는 추의 무게 혹은 추까지의 거리와 같이 한 가지 변인만이 지울의 평형에 영향을 주는 것이 아니라 두 변인 모두가 평형에 영향을 줄 수 있다는 것을 이해해야 한다.

CASI: 활동 10 '양팔저울'의 도입부에서는 양팔저울의 평형에 영향을 주는 원인변인을 찾기 위한 활동이 교사와 전체 학생 사이에서 일어나고, 학생들은 별 어려움 없이 양팔저울의 평형에 영향을 주는 변인을 찾아내며, "양팔 저울은 중심으로부터 떨어진 거리와 추의 무게를 조절하면 수평을 유지할 수 있다"라는 말을 큰 어려움 없이 받아들인다.

· 사례 1-1 ·

'양팔저울' 활동의 도입부에서 교사는: 한 쪽 구멍에 400g 추를 매단 양팔저울을 보여주고 수평을 맞추기 위해서 어떻게 해야 하는지 학생들에게 질문한다. 학생들은 저울의 평형을 맞추기 위해 어떤 방법이 있는지 고민한다.

교 사: 오늘 실험은 양팔저울에 추를 달아 평형을 맞추는 실험이에요. 변인에는 원인변인과 결과변인이 있죠? 그러면 원인변인은 어떤 것 일까요?

학생 1: 추의 무게.

학생 2: 추의 개수.

학생 3: 중심으로부터의 거리.(저울의 평형에 영향을 주는 변인에 대해서 이야기하고 있다)

교 사: 실험에서 내 마음대로 결정할 수 있는 것은 원인변인이라고 했죠. 추의 무게랑 추의 개수는 같죠? 추의 무게, 중심으로부터의 거리는 마음대로 조절 할 수 가 있 어 요. 이것들은 원인변인이 되겠죠? 그러면 결과변인은 무엇일까요.

오윤정: 기울기랑...

교 사: 기울기랑, 평형, 기울어진 각도를 구하는 것이 좋을까요? 무엇이 좋을까. 변인값은 무엇 일까. 활동지 풀어보세요.

2. 두 변인간의 협응(Coordination)관계 이해. 두 가지 변인을 함께 고려하지 못하는 학생들은 한 변인을 일정하게 유지시키면서 다른 변인을 변화시키는 활동을 통해 변인의 역할을 이해하게 되고, 변인들의 각각

의 역할을 이해하게 되면 두 변인간의 관계를 알 수 있게 된다. 예를 들어 '추의 무게가 무겁기 때문에 추까지의 거리가 짧다' '추의 무게가 가볍기 때문에 추까지의 거리가 길다'라고 생각할 수 있게 된다. 즉, 한 변인이 변화된 동시에 다른 변인도 변한다는 것을 직성적으로 이해하게 된다.

논리적 배증(logical multiplication)에 의해서 두 변인의 변화를 정성적 내용에 의해 표현하게 되면, 가볍고 긴 거리의 불체와 무겁고 짧은 거리의 불체사이의 평행이 가능하다는 것을 깨닫는다. 이와 같은 논리적 배증은 두 변인간의 관계, 더 나아가 보상은리를 이용하기 위하여 반드시 필요한 요소라 할 수 있다.

· 사례 1-2 ·

저울의 한쪽에 400g의 추가 두 번째 구멍에 매달려 있을 때 저울의 평형을 맞추기 위해서 저울의 다른 쪽에 추를 매다는 활동이다. 활동 내용을 활동지의 표에 심리하고 이를 통해서 추의 무게에 따라 추가 길리는 위치가 변한다는 것을 인식하고, 이 두 변인간 관계를 찾는다.

오윤정: 야 그런네. 무게와 거리사이에는 어떤 관계가 있어?

오윤정: 어떤 관계가 있냐구. 생각을 좀 해봐.

오윤정: 야, 활동지를 봐. 추의 무게와 거리사이에는 어떤 관계가 있어? 비례는 아니잖 아.

이승택: 그래. 반비례

이재윤: 반비례 관계야?

오윤정: 야 잘 생각해봐. 추의 무게가 가벼워질수록 거리가 길어지잖아.

· 사례 1-3 ·

저울의 오른쪽에서 '추까지의 거리' 변인을 고정시키고 '추의 무게' 변인을 변화시키면서, 즉 추를 하나하나 매달면서 수평을 맞추고 있다. 추까지의 거리가 짧으면 추의 무게는 무거워지고, 추까지의 거리가 멀어지면 추의 무게는 가벼워진다는 것을 깨닫게 된다. 이렇게 한 변인을 고정시키고 다른 변인을 변화시키면서 두 변인간의 관계를 파악하게 된다.

(첫 번째 구멍에서부터 차례로 추를 매달면서 수평을 맞추고 있음)

첫 번째 구멍

김기윤: 하나는 어너 있는 거야. 도대체...여기 맨 앞

에 한번 해봐야지.

양정아: 안돼. 안돼.

김기운: 맨 앞에 하면 여덟 개는 달아야해.

김민호: 여덟 개, 여덟 개 달아야해.

두 번째 구멍

김기운: 놔둬봐.

유미연: 그쪽이 무겁지.

양정아: 안되지. 당연히.

김민호: 다섯 개니까 그렇지.

김기운: 안되네.

유미연: 저 앞에서. 저 앞에서.

김기운: 앞으로 가서 하나, 둘...

양정아: 그렇게 할 마에 이쪽에서..

김기운: 안 돼. 너무 힘들어. 봐. 수평 맞춰 놓은 기야.

양정아: 야. 여기 한 개 달아봐.

유미연: 맞아

김기운: 안 돼. 나 해봤어. 세 번째 구멍 안 해봤어.

김민호: 네 번째하고 여덟 번째밖에 안될걸. 아니다. 어...

네 번째 구멍

김기운: 두 개 걸어야해.

양정아: 세 개만 걸어.

김민호: 네 개만 걸어.

김기운: 이제 어떻게 할꺼야.

김민호: 네 번째, 네 번째. 하나, 둘, 셋, 넷. 야 일곱

번째에다 걸어봐.

김기운: 됐다. 세 번째 안 해봤어. 다섯 번째, 여섯 번째.

교 사: 무게와 거리사이에는 어떤 관계가 있을까?

이 문제 잘 생각해보자.

양정아: 반비례.

김기운: 추의 무게가 작을수록 거리가 멀어진다.

(하나의 변인을 고정시키는 활동을 하면서 두 변인의 역할을 인식하게 되고, 추의 무게가 작을수록 추까지의 거리는 멀어진다는 관계를 이해하게 된다)

3. 변인의 변화에 대한 정량적 표현. 변인의 변화를 ‘좀 더 가벼울수록’, ‘좀 더 멀어질수록’과 같은 용어로 표현한지 않고, ‘몇 배 부기우니까’, ‘몇 배 가벼우니까’와 같이 정량적인 용어로 표현한다. Piaget는 ‘보상’, ‘좀 더 많이(more)’, ‘좀 적게(less)’, ‘같은(equal)’ 같은 광범위한 정량화가 필요하며 이에 의해서 학생들은 변

인의 변화를 정량적 용어로 연결할 수 있다고 하였다.²⁵

·사례 1-4·

‘거리가 멀어진다’는 표현에서, ‘거리가 2배가된다’의 표현으로 바뀌고, ‘추까지의 거리가 2배가되면 다시 추의 무게는 2분의 1로 줄어든다’는 표현을 통해서 추의 무게와 거리가 정량적인 용어로 연결되고 있음을 볼 수 있다.

교 사: 왜 100g 이 나왔는지 설명해볼래?

김민호: 여기서 이쪽으로 가면 2배니까, 여기서 여기까지가 2배니까.

교 사: 뭐가 2배야.

김기운: 여기가 네 개의 구멍이 있고 여기 네 개의 구멍이 있으니까.

김민호: 여기 여덟 번째 구멍이니까.

교 사: 그러니까 뭐가 2배가 된 기야?

김민호: 거..

김기운: 또 그러구요. 거리가 멀어질수록...

김민호: 거리가 2배가되었으면 다시 무게는 2분의 1로 줄어들어요.

양정아: 아..

교 사: 들었니? 다시 한번 친구들에게 이야기 해줄래?

김기운: 여기가 4개 구멍, 4개 구멍이니까, 두배가 되잖아. 여기가 뒤로 갈수록 추의 무게 가 줄어들어야 하니까. 이게 두배니까, 이것도 두 배로 줄어든다면, 2분의 1.

김민호: 그러니까 두 배로 늘어나니까 그만큼 줄어야 할 것 아니야.

4. 반비례 관계. 변인간의 관계를 정량적으로 표현할 수 있게 되면, 두 변인간에 일정한 비율이 성립하고 이 관계는 반비례 관계라는 것을 이해하게 된다. 한 변인이 증가한 만큼 다른 변인은 감소하는 것이다.

많은 학생들이 보상관계와 반비례 관계가 같은 개념이라고 생각하였는데 이것은 그들이 변인간의 증감만을 생각하였기 때문이다. 보상은리란 일정하게 보존되는 양이 있으며, 이를 유지하기 위해서 하나의 변인이 감소하면 다른 변인은 증가한다는 것이지만 이를 이해하지 못하고 단순히 두 변인의 증감에만 관심을 두어 보상관계와 반비례 관계의 개념은 별다른 차이가 없다고 생각하는 경우가 많았다. 배승적 보상(multiplicative

compensation) 관계인 경우, 한 변인이 일정하게 증가하면 다른 변인은 일정하게 감소하기 때문에 두 변인 사이에는 반비례 관계가 성립하는데, 두 변인간의 반비례 관계는 일정하게 보존되는 양을 유지시키기 위한 것이다. 보상논리를 이해하지 못한 학생들은 두 논리에서 공통으로 나타나는 두 변인의 증감만을 고려하여 보상논리와 반비례 개념을 같은 개념이라고 생각하였다.

· 사례 1-5 ·

추의 무게와 거리사이의 관계를 묻는 질문에서 학생들은 한 변인이 증가하면 다른 변인은 감소한다는 것을 파악하고, 이것은 반비례 관계이라고 생각하며 보상 개념도 이와 같은 개념이라고 생각한다. 그러나 보상논리를 이해하기 위하여 요구되는 일정하게 보존되는 양이 있다는 것은 염두에 두고 있지 않음을 볼 수 있다. 두 변인간의 증감에만 관심을 가지며 반비례 관계와 보상 개념의 차이를 알지 못해 혼란을 겪고 있다.

김윤배: 뭐라고?

김영훈: 보상관계라.

김윤배: 나 못 들었어. 빨리 말해달라니까.

신승임: 구멍이 늘어나면 무게가 줄어들고..무게가 늘어난다면..

김윤배: 맞아? 맞아? 좋았어..반비례

김영훈: 아니야. 반비례 아니야?

김윤배: 그러니까 보상관계. 아. 무게가 줄어들면 구멍에 가까워지고. 맞지? 무게가 늘어 나면 중심에서 멀어진다.

· 사례 1-6 ·

오윤정: 야. 활동지에서 추의 무게와 거리사이에는 어떤 관계가 있어? 비례는 아니잖아.

이승백: 그래. 반비례.

이재윤: 반비례 관계야?

오윤정: 잘 생각해봐. 추의 무게가 가벼워질수록 거리가 길어지잖아.

이승백: 그래 맞네. 반비례 관계

이재윤: 추의 무게와 거리사이에는 어떤 관계가 있어?

이승백: 벌써 했어.

오윤정: 반비례관계가 있어. 왜냐하면 거리가. 무게가.

이재윤: 보상 아니야? 보상!

오윤정: 어? 보상. 야. 보상 관계 아니야?

이승백: 어? 반비례지. 무슨 보상관계야.

이재윤: 하나가 줄어들지. 하나가 늘어나면.

오윤정: 기의 일정한 크기가 되는 거 아니야?

이재윤: 비례가 되는 거 아니냐?

오윤정: 일정한 크기가 되면 반비례고. 일정하지 않으면 보상이구.

5. 보존논리. Piaget(1952)는 "액체의 보존에 대한 개념을 받아들일 수 있기 전에 용기의 넓이가 감소함에 따라 용기의 높이가 보상되어 증가한다는 이해가 있어야만 한다"고 하여, 보존논리를 이해하기 위해서 보상논리의 이해가 전제되어야 함을 주장하였다.²⁹ 이에 대하여 보상논리가 보존논리를 이해하기 위하여 반드시 필요한 것은 아니며, 보존논리보다 보상논리에 관한 과제가 더 어렵다고 주장하였다. 이 연구에서는 보상논리와 보존논리가 밀접한 연관을 가지고 있다는 것에 초점을 두었으며 이런 이유에서 보상논리 형성의 하위요소로 보존논리를 추출하였다.

CASI 활동 10 '양팔저울'에서 학생들은 저울의 평형을 유지하려는 학인 추의 무게와 추까지의 거리를 곱한 값이 항상 일정하게 보존된다는 것을 생각할 수 있으며 논리적 증식에 의한 두 변인간의 관계를 연관시킨다. 즉, 저울의 평형을 유지하려는 힘은 일정하게 유지된다. 이때 추의 무게 변인이 감소하면 저울의 평형을 유지하려는 힘(추의 무게×추까지의 거리)을 일정하게 유지하기 위하여 추까지의 거리 변인은 증가한다고 생각할 수 있게 된다. 일반적으로 표현하면 하나의 계가 변인의 변화에 의해 평형이 깨져서 또 다른 계와 달라졌을 때 같은 계의 다른 변수를 바꾸거나 다른 계의 같은 변수를 바꾸므로써 두 계는 같아지게 된다.³⁰ 여기서 계를 일정하게 유지시켜주는 개념이 보존논리와 연결된다고 하겠다.

· 사례 1-7 ·

저울의 평형을 맞추기 위해서 추의 무게가 작아지면 추까지의 거리는 늘어난다고 이야기하고 있고 이런 관계가 보상관계라고 설명한다. 아래 학생의 경우 '원가'를 일정하게 맞추기 위해서 두 변인간의 관계가 반비례 관계를 이룬다고 설명하였는데 그 '원가'를 설명하는데 다소 시간이 걸렸다.

교 사: 이것 한번 설명해봐. 이게 왜 멀어져?

(추의 무게가 작아지면 왜 추까지의 거리가

떨어지는지 물어보고 있다)

김민호: 평형. 그 평형을 유지하려면 추의 무게가 작
잖아요 작으면 좀 더 멀어. 멀어. 그 리니까
중심점에 가까우면 무게가 더 적게 들고 멀
어지면 더 많이 드니까요. 작 으면요. 어쩔
수 없이 평형을 맞추기 위해서 늘어나요..

(저울의 평형을 일정하게 유지시키기 위해서 추의 무
게가 작아지면 같은 제의 다른 변인 즉 추까지의 거리
를 증가시키면 된다고 이야기한다. 일정하게 보존되어
지는 양이 있다는 것을 이해하며, 이를 두 변인간의 관
계와 관련지어 생각하고 있다)

교사: 그런 관계가 무슨 관계지?

김민호: 보상관계

교사: 보상관계가 뭐야

김민호: 하나가 늘어나면 하나 줄어든다.

교사: 왜 하나가 늘어나면 하나 줄어들이?

김민호: 일정하게..하기 위하여

김민호: 단면적 곱하기 길이를...

CASE 활동에서 나타나는 학생들의 보상문제해결 과정.
다음에서는 21명 학생들의 보상문제해결 과정을 분석
한 후 5가지 유형으로 분류하였고, 비례논리와 보존논
리가 보상문제해결 과정에서 어떤 영향을 미치는지 알
아보았다.

1. 유형 1. 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게
와 거리를 이해하며, 두 변인간에 반비례 관계가 있다
고 생각한다. 여기서 생각은 더 이상 발전하지 않고 반
비례 관계에 의한 비례식으로 문제를 해결한다. 처음에
는 반비례 개념을 가지고 실험에 앞서 결과를 미리 예
측하면서 활동을 이끌지만 활동이 진행되면서 추의 무
게와 거리사이의 관계를 확립하는데 점점 어려움을 가
지고 혼란스러워하였다.

· 사례 2-1 ·

저울의 한쪽에 400g의 추가 두 번째 구멍에 매달려
있고 반대편의 다른 거리에 다른 무게의 추를 달아 수
평이 되도록 하는 문제에서 학생은 실험도 하기 전에
몇 g의 추를 어디에 달아야 할지 정확하게 제시한다.
두 변인간의 관계가 반비례 관계임을 파악하고 활동지
의 모든 문제들을 비례식으로 푼다.

오윤정: 다음은 세 개(추)로 해보자.

이승택: 세 개? 안되지.

오윤정: 이상하네.

이승택: 세 개니까 그러지. 당연히(실험도 하기 전에
추 세 개로는 저울의 평형을 맞출 수 없다고
말한다.)

오윤정: 100g에 거리가 8번째구. 곱한 것은 800. 이
번에는 똑같이 4개로 해보자.

오윤정: 야. 평형을 이루는 조건이 같은 거라구. 반대
방향이어야지. 그러니까 결국은..

이승택: 400g, 2번..

오윤정: 야.. 활동지에서 추의 무게와 거리사이에는
어떤 관계가 있어? 비례는 아니잖아.

이승택: 그래. 반비례

이재유: 반비례 관계야?

오윤정: 야 잘 생각해봐. 추의 무게가 가벼워질수록
거리가 길어지잖아.

이승택: 그래 맞네. 반비례 관계

활동 초기에 반비례개념으로 활동의 문제를 해결하
지만 시간이 갈수록 점점 어려워하는 것을 볼 수 있다.
무게와 거리와의 관계에 대해서 정확하게 파악하지 못
하고 있다.

· 사례 2-2 ·

이승택: 평형을 이루기 위해서 두 번째 구멍에 몇 개
를 달아야지?

오윤정: 300g

이승택: 어떻게 알아?

오윤정: 실험 안 해봐도 알아. 첫 번째 구멍에 600g
달았으니까. 300g 달아야지.

이승택: 150g은?

오윤정: 계산을 하자구.

이승택: 야. 1.5번째 아니냐? 혹시?

오윤정: 300일 때 구멍까지의 거리가..... 야. 1인데.
첫 번째 구멍에 달면...

이승택: (직접 실험해 보려함) 할 수 있어.

오윤정: 해 실험해 보지말고 하라고 했던 말이야..

학생들의 생각을 좀 더 자세히 알아보기 위해서 실시
한 인터뷰에서 보상논리의 개념에 대해 물어보자 반비
례와 보상은 같은 개념이라고 대답하였다. 4개의 활동

이 끝날 때까지도 저울의 평형을 유지하는 힘 (추의 무게×거리)은 항상 일정하게 보존되기 때문에 한 변인이 감소하면 다른 변인은 이를 보상하기 위해 증가한다는 것은 생각하지 못했고 두 변인의 증감만을 생각하여 '두 변인은 반비례 관계다'라는 생각에 그치고 있다.

2. 유형 2. 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 추까지의 거리를 이해하며, 저울의 평형을 유지하려는 힘(두 변인의 곱)이 같음을 이해하지만 이것은 보존개념과 연계되지 못하고 수학적 연산공식(나눗셈)과 연결되어 보상관계를 해결한다. 문제해결을 통해서 두 변인간의 관계를 파악한다. 즉 추의 무게가 가벼워질수록 중심에서 멀어지고, 추의 무게가 무거워질수록 중심 쪽에 매달리게 된다는 것을 이해한다.

· 사례 2-3 ·

실험을 통해서 추의 무게와 거리를 곱한 값이 같음을 인식하고 이를 이용하여 환동의 문제들을 해결한다. 즉 「추의 무게×추까지의 거리-일정」을 이용하여 추의 무게를 구하기 위해서는 곱을 추까지의 거리로 나누고, 추까지의 거리를 구하기 위해서는 곱을 추의 무게로 나눈다.

박희진: 추의 무게는 늘어나나..추의 무게가 늘어나나
...아 거리지..

이거 곱하는 건...

박영선: 추의 무게와 거리의 곱은 양쪽에 같고..

방인경: 추의 무게와 거리를 곱한 것이 양쪽이 같아야 한다. 고 썼어.

방인경: 이전 100 g이야..

박희진: 왜?

방인경: 200 g추를 네 번째 구멍에 걸어..그럼 2×4, 800 g이잖아..근데 여덟 번째 구멍으로 옮기면 100이지.

(추의 무게 변인을 구하기 위해서 두 변인의 곱을 추까지의 거리 변인으로 나누고 있다.)

여러 문제들을 해결하면서 추의 무게가 가벼워질수록 중심에서 먼 쪽에 추가 매달리게 되고 추의 무게가 무거워질수록 중심 쪽에 매달리게 된다는 것을 알게 된다. 하지만 저울의 평형을 유지하려는 힘인 두 변인의 곱이 일정하게 보존된다는 것과 두 변인간의 관계를 함께 고려하지 못하며 보상에 대한 개념이 확립되지 못한다.

박희진: 추의 무게가 가벼워질수록 이쪽으로 가는 거야?
방인경: 추의 무게가 가벼워질수록 이쪽으로(중심에서 먼 쪽) 가는 거구. 무거워지면 이 쪽(중심 쪽)으로 가는 거야.

(추의 무게에 따라 추까지의 거리도 변한다는 것을 이해한다. 즉 두 변인간의 곱용 관계를 이해한다.)

박희진: 내 말이 그 말이야.

방인: 단면적이 감소될수록 길이가 길어지는 것이 보상관계다라고 쓰자.

(두 변인간의 관계는 이해하지만, 이것을 보상개념과 연결짓지 못하고 있다.)

3. 유형 3. 저울의 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 거리를 이해하며, 평형을 유지하는 힘인 두 변인의 곱이 모두 같음을 인식하며, 한 변인의 변화는 동시에 다른 변인의 변화를 일으킨다는 것을 인식한다. 그러나 반비례 관계인 두 변인간의 관계에만 초점을 두어 생각하고 왜 반비례 관계를 갖게 되는지에 관해서는 생각하지 못한다. 즉 일정하게 보존되는 양 즉 두 변인의 곱이 일정하게 유지시키기 위해서 두 변인의 관계가 반비례 관계를 이룬다는 것을 이해하지 못한다. 반비례 관계와 보상관계를 같은 개념으로 파악하며, 환동의 문제들은 비례식을 이용하여 해결한다.

· 사례 2-4 ·

저울의 한쪽에 400 g의 추가 두 번째 구멍에 매달려 있고 반대편의 다른 거리에 다른 무게의 추를 달아 수평이 되게 하는 문제에서 학생은 추를 한 개부터 차근차근 증가시켜가면서 저울의 평형을 맞춰간다. 실험을 통해서 추의 무게와 거리를 곱한 양이 같음을 인식하고, 추의 무게 변화는 동시에 추까지의 거리 변화들 일으키며 두 변인 사이는 반비례관계가 있다는 것을 깨닫는다. 하지만 두 변인을 곱한 값과, 두 변인과의 관계를 연결 지어 생각하지 못한다. 반비례와 보상개념사이에서 갈피를 잡지 못하고 한 변인이 증가할 때 다른 변인이 일정한 비율로 감소하면 반비례, 다른 변인이 일정한 비율로 감소하지 않으면 보상이라고 생각하고 있음을 볼 수 있다.

오윤정: 다음은 세 개(추)로 해보자.

이승택: 세 번째? 안되지.

오윤정: 이상하네.

이승택: 세 개니까 그러지. 당연허..

오윤정: 100g에 거리가 8번짜구. 곱한 것은 800. 이 번에는 똑같이 4개로 해보자.

이승택: 당연히 안되지.

오윤정: 평형을 이루는 조건이 같은 거리구. 반대 방향이어야지. 그러니까 결국은.

이승택: 400g. 2번짜.

오윤정: 그런데 결과(추의 무게 * 거리)가 다 똑 같아.

오윤정: 활동지에서 추의 무게와 거리사이에는 어떤 관계가 있어? 비례는 아니잖아.

이승택: 그래. 반비례

이재윤: 반비례관계야?

오윤정: 야 잘 생각해봐. 추의 무게가 가벼워질수록 거리가 길어지잖아.

이승택: 그래 맞네. 반비례 관계.

이재윤: 추의 무게와 거리사이에는 어떤 관계가 있어?

이승택: 벌써 했어.

오윤정: 반비례관계가 있어. 왜냐하면 거리가.. 무게가..

이재윤: 보상 아니야. 보상.

오윤정: 어? 보상. 야. 보상 관계 아니야?

이승택: 어? 반비례지. 무슨 보상관계야.

이재윤: 하나가 줄어들지. 하나가 늘어나면..

오윤정: 거의 일정한 크기가 되는 거 아니야?

이재윤: 비례가 되는 거 아니냐?

오윤정: 일정한 크기가 되면 반비례고. 일정하지 않으면 보상이구.

실험을 통해서 두 변인의 간의 관계를 알게 되고 다음 활동의 여러 문제들을 잘 해결해 나가고 있음을 볼 수 있다. 그러나 저울의 평형을 유지하려는 힘(추의 무게와 거리의 곱)이 같다는 것과 다른 문제들 해결하면서 깨달은 추의 무게·거리와의 관계를 연결지어 문제들을 해결하는 것은 찾아볼 수 없다. 반비례 관계인 두 변인의 관계를 이용하여 문제를 해결해 나가고 있다.

보상개념의 이해여부를 알아보기 위해 교과서나 우리주변에서 보상의 예를 들어보자는 질문을 하였다. 보상에 관한 4개의 활동이 모두 끝난 후에도 보상개념이 확립되지 않고 여전히 반비례개념과 같은 개념으로 생각하고 있음을 볼 수 있다.

4. 유형 4. 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 거리를 이해하며, 저울의 평형을 유지하는 힘(두 변인의 곱)이 일정하게 유지됨을 이해하며 두 변인간의

관계도 이해한다. 그러나 차츰 새로운 용어인 보상개념과 이전에 알고 있던 비례개념을 혼동하여 나중에는 비례개념까지도 제대로 이해하지 못한다. 교사의 도움으로 비례개념을 다시 한번 심리하고 난 후에 보상개념과의 차이를 조금씩 이해하기 시작하지만, 일침하게 보존되는 양(두 변인의 곱)과 변인간의 관계를 동시에 고려하지 못하고, 두 변인간의 관계만 생각하여 두 변인의 반비례 관계라고 생각하였다.

· 사례 2-5 ·

이전의 활동을 통해서 추의 무게와 추까지의 거리를 곱한 것이 일정하다는 것을 깨닫고 다음 활동에 적용시키고 있다. 두 변인의 곱은 600으로 일정하게 맞추어야 한다고 생각하며 이를 이용하여 문제들 해결하고 있다.

김영훈: 두 번째 구멍에 300.

신승인: 300?

김영훈: 추의 무게하고 거리가 같아야 될 것 같지 않냐? (추의 무게×추까지의 거리의 곱이 일정해야 한다는 것을 이해한다.)

김영훈: 600으로 맞춰야 할 것 같아.

김영훈: 이거는 구멍까지의 거리가 1이니까.

김윤배: 2개, 4개.

김영훈: 6개 달아야지.

추의 무게와 추까지의 거리의 관계에 대해 규칙을 써 보자는 질문에 '보상관계'라고 답했고, 왜 그렇게 생각하느냐는 교사의 질문에 대답을 하지 못하고, 현재 활동하는 내용이 보상에 관한 것이기 때문에 그렇게 썼다고 응답한다. 교사의 질문에 의해서 저울의 평형을 유지하기 위해서 추까지의 거리가 늘어나면 추의 무게가 줄어든다고 이야기 하지만, 실제 평형을 유지하는 힘(두 변인의 곱)과 변인간의 관계를 함께 고려하지 못하므로 보상관계에 대해 이해하지 못하고 있다. 활동을 하면서 반비례관계와 보상관계와의 차이점을 발견하지 못하고 나중에는 비례개념까지도 혼동하게 된다.

· 사례 2-7 ·

교 사: 이거 보상관계라고 썼네? 왜?

김영훈: 여기 써 있잖아요.

교 사: 아니 그거 말고 왜 보상 관계인 것 같니? 부얼 일정하게 하기 위해서?

김영훈: 수평.

교 사: 무엇이 늘어나면 뭐가 줄어들지?

김영훈: 구멍이 늘어나면 무게가 줄어들고, 무게가 늘어난다면 구멍이 줄어들고,

교 사: 그래 그것이 보상관계지?

신승업: 구멍이 늘어나면 무게가 줄어들고, 무게가 늘어난다면..

김윤배: 맞아? 맞아? 좋았어. 빈비레

김영훈: 아니야. 빈비레 아니야.

교사와 함께 비레개념을 다시 한번 정리한 후에 비레개념에 대해 확실히 이해하게 되고, 변인의 곱과 변인의 관계를 동시에 고려하여 보상개념을 이해하지는 못하지만 이전보다는 조금 더 발전된 사고의 단계를 보이고 있다.

〔사례 2-8〕

교 사: 빛의 양과 산소방울의 수는 어떤 관계가 있는가. 이거 설명해 볼래? 왜 비례지?

김영훈: 빛이 더 많이 가니까 방울수가 많고요. 애는 멀리 있으니까 방울수가 조금이고, 더 멀리 있으니까 더 조금이고.

교 사: 그러니까 관계는?

김영훈: 비례관계

교 사: 그럼 밝기가 약한 전등을 사용할 때 같은 양의 산소를 만들려면?

김영훈: 이거보다 밝기가 약한 전등을 사용하면, 똑같이 산소를 만들려면, 똑같이 있으면 약하니까, 방울수가 줄어들니까, 보상을 받기 위해서 조금 더 앞으로 놓아야 해요.

5. 유형 5. 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 거리를 이해한 후에, 두 변인사이의 관계를 깨닫고 이를 정량적인 용어로 연결할 수 있게 된다. 그리고 저울의 평형을 유지시키는 힘인 두 변인의 곱이 같음을 고려하여 두 변인간의 관계 생각할 수 있으며 보상 관계란 평형을 맞추기 위해서 하나의 변인이 증가하는 만큼 다른 변인은 감소한다'라고 답하고 있다.

〔사례 2-9〕

저울의 한쪽에 400g의 추가 두 번째 구멍에 매달려 있고 반대편의 다른 거리에 다른 무게의 추를 달아 수평이 되게 하는 문제에서 학생은 첫 번째 구멍부터 차

데대로 추를 매달아 그 구멍에 맞는 추의 무게를 찾아 내었다. 즉 추까지의 거리 변인을 일정하게 하면서 추의 무게를 찾아내었다. 실험을 통해서 추의 무게와 거리를 곱한 값이 일정하다는 것을 깨닫고, 한 변인이 증가하면 다른 변인은 감소하며 이런 관계를 보상 관계라고 한다고 말한다. 평형을 유지하려는 힘, 즉 두 변인의 곱은 일정하기 때문에 한 변인이 감소하면 다른 변인은 증가한다고 설명하고 있으며 이와 같은 관계가 보상관계라고 이해하고 있음을 알 수 있다.

김기윤: 안 돼. 다 해봤어. 세 번째 구멍 안 해봤어.

김민호: 네 번째하고 여덟 번째밖에 안될걸. 아니다.

김기윤: 이제 어떻게 할 꺼야?

김민호: 네 번째, 네 번째. 하나. 둘. 셋. 넷. 야. 일곱 번째에나 걸어봐.

양징아: 100일 때는 8, 200일 때는 4.

김민호: 곱해서 800만 들어야 해, 800.

교 사: 한번 설명해보자..추의 무게가 작으면 왜 추까지의 거리는 멀어지지?

김민호: 평형. 그 평형을 유지하려면 추의 무게가 작잖아요. 작으면요. 좀 더 멀어, 멀어 지니까. 그러니까 중심점에 가까우면 무게가 더 적게 들고 멀어지면 더 많이 드니까요. 작으면요. 어쩔 수 없이 평형을 맞추기 위해서 늘어나요.

교 사: 그런 관계가 무슨 관계지?

김민호: 보상관계

〔사례 2-10〕

교 사: 왜 100g이 나왔는지 설명해볼래?

김민호: 여기서 이쪽으로 가면 2배니까, 여기서 여기까지가 2배니까.

교 사: 뭐가 2배야.

김민호: 거리.

김기윤: 또 그러구요. 거리가 멀어질수록.

김민호: 거리가 2배가 되었으면 다시 무게는 2분의 1로 줄어들어요.

교 사: 들었니? 나치 한번 친구들에게 이야기 해줄래?

김민호: 그러니까 두 배로 늘어나니까 그만큼 줄어야 할 것 아니야.

한 변인이 증가하면 한 변인은 감소한다'는 변인간의 관계를 파악한 후 이를 '몇 배' 증가하면 '몇 배' 감소한다는 정량적인 용어로 연결시키고 있음을 볼 수 있다.

결론 및 제언

이 연구에서는 중학교 1학년 학생들의 보상문제해결 과정을 분석하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 보상논리 형성에 필수적으로 요구되는 요소들을 추출하였고, 보상 문제해결 활동에서 학생들의 문제해결 과정을 분석하였다.

학생들의 활동내용과 보상논리 관련 연구들로부터, 보상논리 형성을 위해 필수적으로 요구되는 요소들을 변인파악, 두 변인간의 협용 관계 이해, 두 변인의 변화에 대한 정량적 표현, 반비례 관계, 보존개념의 5가지를 추출하였다. 위의 5가지 요소는 보상논리보다 하위의 논리라기보다는 보상논리의 이해를 위해서 위의 논리들에 대한 이해가 필요함을 의미하는 것이다.

학생들이 보상관련 문제해결 활동을 수행하는 과정에 대한 분석을 통하여 학생들의 보상 문제해결 과정은 크게 5가지 유형으로 구분되었다. 유형 1은 변인간의 관계는 이해하며, 두 변인간에 반비례 관계가 있다고 생각한다. 여기서 생각은 더 이상 발전하지 않고 반비례 관계에 근거한 비례식으로 문제를 해결한다. 유형 2는 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 추까지의 거리를 이해하며, 평형을 유지하려는 힘(두 변인의 곱)이 같음을 이해하고 수학적 연산공식(나눗셈)으로 여러 문제를 해결하고 결과를 분석하여 두 변인간의 관계를 파악한다. 두 변인의 관계를 논리적으로 생각하지 못하며 수식에 의한 결과로 변인의 관계를 파악해간다. 유형 3은 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 거리를 이해하며, 평형을 유지하는 힘인 두 변인의 곱이 모두 같음을 인식하며, 한 변인의 변화는 동시에 다른 변인의 변화를 일으킨다는 것을 인식한다. 그러나 두 변인간의 관계에만 초점을 두어 두 변인사이에는 반비례 관계가 있다고 생각한다. 반비례관계와 보상관계를 같은 개념으로 파악하며, 비례식을 이용하여 문제를 해결한다. 유형 4는 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 거리를 이해하며, 평형을 유지하는 힘(두 변인의 곱)이 같음을 인식하며 두 변인간의 관계도 파악을 하지만 처음에는 곱과 변인간의 관계를 동시에 고려하지 못하므로 변인의 곱을 일정하게 유지하기 위해서 한 변인이 감소하면 한 변인은 증가한다는 것을 알지 못한다. 보상개념 때문에 이전에 알고 있었던 비례 개념까지 혼동하여 어려워하며 교사의 도움으로 비례개념을 다시 한번 정리하고 난 후에 보상개념을 이해하기

시작한다. 그러나 여전히 변인의 곱과 변인간의 관계를 연관지어 생각하지 못하기 때문에 보상개념을 완전히 이해하지는 못한다. 유형 5는 평형에 영향을 주는 두 변인인 추의 무게와 거리를 이해한 후에, 두 변인사이의 관계를 깨닫고 이를 양적인 용어로 연결할 수 있게 된다. 그리고 평형을 유지시키는 힘인 두 변인의 곱이 같음을 고려하여 두 변인간의 관계 생각할 수 있으며 보상 문제란 '평형을 맞추기 위해서 하나의 변인이 증가하는 만큼 다른 변인은 감소한다'라고 답할 수 있다.

이상에서 학생들의 보상문제해결과정 유형을 살펴본 것이다. 위에서도 언급하였듯이 보상논리와 비례논리, 보존논리는 밀접한 연관을 가지고 있었다. 분석결과 많은 학생들이 비례식에 의한 문제 해결력이 뛰어났으며 학생들은 수학적 연산력을 바탕으로 한 반비례 개념으로 보상개념을 이해하려는 경향이 매우 강했다. 특히 보상논리를 이해하기 위해서 비례개념을 가지고 두 변인간의 관계를 정량적으로 연결해야 하므로 비례개념의 발달은 보상논리 형성에 도움을 준다고 판단되나 비례개념과 관련되어 지나치게 발달되어있는 수학적 연산력은 도리어 보상논리 형성을 방해하는 것으로 분석되었다. 이런 유형의 학생들은 변인간의 관계에 대해서 깊이 고려하지 않고 비례식을 세워서 문제를 해결하는데에만 많은 관심을 갖고 있었다. 또한 보존논리와 보상논리에 관한 분석을 통해서 보존논리가 잘 발달되어있는 학생들은 두 변인간의 관계와 저울의 평형을 유지시키려 하는 힘(두 변인의 곱)을 같이 고려하여 보상을 잘 형성해 나갔으며 보존에 관한 문제를 보상개념으로 설명할 수 있었다.

초·중·고 과학 교과서에서 변인간의 관계, 관련성을 다루는 논리적 조직인 보상, 상관관계, 복합변인, 조합, 평형논리 등을 포함한 교과서의 내용은 극히 저조한 실정이다. 과학교육의 목적이 과학적 사고 즉 논리적 사고를 기르는 데 있다는 것을 감안할 때 과학과 교육과정은 다양한 논리적 사고를 육성하기 위한 방향으로 재구성되어야 할 것이다.

인용문헌

1. 한종하. *과학교육연구논총* 1978, 3, 2.
2. 한종하. *중·고등학교 학생의 과학적 사고 발달에 관한 조사연구*. 한국교육개발원, 1982.
3. Lawson, A. E. *Journal of Research in Science Teaching* 1985, 22, 569.

4. Raven, R. J. *Science Education* **1973**, 57, 377.
5. Adey, P. S.; Shayer, M.; Wylam, H. *Group test of cognitive development ideals and a realization CSMS*, Chelsea College Center for Science Education, London, 1981.
6. Adey, P. S.; Shayer, M. *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*; Routledge: London, 1994.
7. 최병순. *화학교육* **1987**, 14.
8. 최병순; 허명. *한국과학교육학회지* **1987**, 7, 19.
9. 박종윤; 강순희. *화학교육* **1993**, 20.
10. 강순희; 박종윤. *대한화학회지* **1999**, 43, 578.
11. Khun, D.; Angelev, J. *Child Development* **1979**, 47, 697.
12. Lawson, A. E.; Wollman, W. T. *Journal of Research in Science Teaching* **1976**, 13, 413.
13. Rosenthal, D. A. *Journal of Genetic Psychology* **1979**, 134, 125.
14. Feuerstein, R.; Rand, Y.; Hoffman, M.; Miller, M. *Instrumental enrichment: An intervention programme for cognitive modifiability*; University Park Press: Baltimore, 1980.
15. Melil, M. *The cognitive difficulties of first year physics students at the University of the Western Cape and various compensatory programmes*. Ph. D Theses, University of Cape Town, 1985.
16. Strang, J.; Shayer, M. *International Journal of Science Education* **1993**, 15, 319.
17. Adey, P. S.; Shayer, M. *Physics Education* **1988**, 23, 97.
18. Adey, P. S.; Shayer, M. *Journal of Research in Science Teaching* **1990**, 27, 267.
19. Adey, P. S.; Shayer, M. *Journal of Research in Science Teaching* **1992a**, 29, 81.
20. Adey, P. S.; Shayer, M. *Journal of Research in Science Teaching* **1992b**, 29, 1101.
21. Adey, P. S.; Shayer, M. *Journal of Research in Science Teaching* **1993**, 30, 351.
22. Adey, P. S. *International journal of science education* **1988**, 10, 121.
23. Adey, P. S. *The science of thinking, and science for thinking: a description of cognitive acceleration through science education(C:LSF)*; UNESCO International Bureau of Education, 1999.
24. 김영식. *아동의 인지수준에 따른 변인통제 능력의 형성과 특수성이 효과에 관한 연구*. 한국교원대학교 석사학위 논문, 1999.
25. 진우수; 권용주; Lawson, A. E. *한국과학교육학회지* **1999**, 19, 117.
26. Piaget, J.; Inhelder, B. *The growth of logical thinking: From childhood to adolescence*; Routledge & Kegan Paul LTD; London, 1958.
27. Larsen, G. Y.; Flavell, J. H. *Child Development* **1970**, 41, 965.
28. Phillips, J. L. *Piaget's theory*; Freeman, 1981.
29. Piaget, J. *The Origin of Intelligence in Children*; International Universities Press; New York, 1952.
30. Raven, R. J. *Science Education* **1977**, 61, 271.