

초등학생의 부력 개념 형성과 인지 수준의 관계

권도현, 권성기*

안동초등학교, 대구교육대학교 과학교육과*

Elementary School Students' Conceptions of Buoyance related with Cognitive Levels

Kwon, Do Hyun and Kwon, Sung Gi

Andong Elementary School, Taegu National University of Education

ABSTRACT

The unit of a buoyant force included in the 7th national science curriculum for 6th grade students. On the contrary, it seldom that students' conception about buoyant phenomena is studied, even though there has been many studies of students' conceptions of basic science contents. The purpose of this study was to survey the elementary school students' conceptions of a buoyant force, to analyze their cognitive levels, and to explore the relationships between them.

Sixth grade students (total numbers is 192) were selected from 5 classes in two elementary schools in a local city of Kyungsangdo. They were asked to respond two kinds of test, which are the Logical Thinking Ability (GALT) to investigate students' cognitive levels and the Buoyant Force Questionnaire (BFQ). We developed BFQ test, based on the 7th national science curriculum for 6th grade and the previous researches of a buoyant force. We, qualitatively, analysed students' frequency of responses about a buoyant force and their types of explanation, and, quantitatively, analysed the relationships between cognitive levels and conceptions of a buoyant force with SPSS/PC 7.0 programmes.

The results of cognitive level showed that half of 6th grade students were in the concrete operational stage, 43.2% in the transitional stage, 6.8% in the formal stage. However, their sub-logical thinking abilities in a combinational, conservational, controlling variables, proportional, probability and correlational logic were very fluctuated from 91% to 8%. The results that only 4.8% of elementary students had correct conceptions of a buoyant force suggest that 6th grade students had great difficulties in understanding of that concept. Their difficulties would originated from the frequent common-sense explanations of a buoyant phenomena in terms of the weight or the unique properties or the contact area of an object or with/without air. Furthermore students' explanations, frequently, changed with context of problems of a buoyant force.

Scheffe test of quantitative results that elementary students in the concrete level had 50.6% of concept formation in a buoyant force, the transitional level 54.5%, and in the formal operational level 62.8% showed significant differences of conceptions of a buoyant force with cognitive levels.

Therefore the concrete operational elementary students had more difficulties of understanding of a buoyant force than the transitional and formal level, which is required to higher cognitive levels. This conclusion have implications that the unit of a buoyant force have to be presented with concrete activities for majority of students who are in concrete and transitional levels.

1. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

초등학생들은 학교에서 과학수업을 받기 전에 이미 학습에 관련되는 용어나 자연 현상에 관해 각자의 경험을 통하여 나름대로 개념을 구성해 놓고 있으며(Cuit & Pfundt, 1988), 수업할 내용에 대하여 학생이 어떤 생각을 가지고 있는가를 파악하는 것은 중요하다(Ausubel, 1968).

또한 학생들은 그들 주변의 자연 환경과 사회 문화적 환경 등에 의해 선개념을 형성하게 되는데, 이는 과학적 개념과 다르며 이것이 학습에 지대한 영향을 끼칠 뿐 아니라 교수·학습과정에서도 쉽게 변화되지 않는 특성이 있다(정완호 등, 1991). 이것은 학습을 위해서는 학습자의 선개념의 중요성을 교사의 개념이나 교육과정 상의 과학적 개념 및 과학 수업의 중요성보다 더욱 강조했다는 것이다. 따라서 과학 학습은 학생들이 이미 가지고 있는 지식과 앞으로 배울 지식 사이의 상호작용으로 기존 개념을 바꾸거나 수정하는 것으로서, 학생들의 선개념을 먼저 파악하고 이를 바탕으로 학습 경험을 선정하여 수업 전략을 고안, 설계해야 한다는 것이다(Erickson, 1979; Nussbaum & Novick, 1982; Rowel & Dawson, 1983; Osborne & Freyberg, 1985; 김한호, 1991).

학생들의 개념 형성에 대한 연구는 과학교육의 전 영역에 걸쳐 다양하게 연구되고 있으나

초등학생의 부력 개념에 대한 조사 연구는 거의 없었다.

그리고 초등학교 과학과 교육과정에는 지금까지 부력에 관한 내용을 다루지 않았는데, 7차 교육과정에서 부력에 대한 단원이 6학년에 설정되었다. 인간은 어릴 때부터 물체가 물에 뜨고, 가라앉는 현상에 대해 직관적인 지식을 갖고 있으며, 그것은 피아제의 인지 발달 이론에 따르면 학습자 사고 수준이 구체적 조작기에 도달했을 때 이해가 된다고 한다. 이에 따라 7차 교육과정에서 처음으로 도입된 부력 단원을 학습하기 위해 6학년 학생들이 부력에 대해 어떤 개념을 가지고 있는지 알아볼 필요가 있다.

따라서 본 연구는 초등학교 6학년 학생을 대상으로 하여, 물체가 물에 뜨거나 가라앉는 현상에 대해 어떤 개념을 가지고 있는지를 조사하여, 인지 수준과 부력 개념 형성과의 관계성을 밝혀봄으로써, 앞으로 부력 단원의 교육과정 개발 및 학습 지도에 유용한 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구 문제

초등학교 학생들의 인지 수준과 부력에 대한 개념을 조사하고 이들 간에는 어떤 관계가 있는지를 알아보기 위해 다음과 같이 연구 문제를 설정하였다.

- 1) 초등학교 6학년 학생들의 인지 수준은 어떠한가?
- 2) 초등학교 6학년 학생들은 부력에 대하여 어

떤 개념을 가지고 있는가?

3) 초등학교 학생들의 인지 수준과 부력 개념 형성과는 어떤 관계가 있는가?

3. 연구의 제한점

1) 검사 대상을 초등학교 2개교 6학년에 한정해서 실시하였으므로 이 결과를 전체 학생들에게 일반화하는 데는 어려움이 있다.

2) 검사 도구는 지필 평가만 이용하였기 때문에 학생의 사고를 파악하는 데는 제한이 따른다.

II. 연구 방법

1. 연구 방법

물체가 물에 뜨고 가라앉는 현상에 대하여 초등학교 학생들이 어떤 개념을 가지고 있는지를 알아보기 위해 선행 연구와 교육 과정을 검토하여 부력 개념 검사 문항을 개발하였다. 연구대상에 포함하지 아니한 20명의 학생에게 예비 검사를 실시하여 1차 수정하였다. 다음, 과학교육 전문가 2명과 과학교육 전공 대학원생 3명의 조언을 받아 3차에 걸쳐 수정 보완한 후, 표집된 192명의 학생에게 투입하여 부력에 대한 개념 형성 정도를 파악하였다. 부력에 대한 학생들의 개념 유형을 완전 이해, 부분적 이해, 이해 부족, 이해 못함의 4단계로 묶어 이를 점수화 하였다.

또 표집 대상 학생들의 인지 수준을 알아보기 위해 논리적 사고력 검사지(GALT)를 투입하였다. 학생들의 인지 수준이 부력 개념 형성에 어떤 영향을 미치는지를 SPSS/PC 프로그램으로 분석하였다.

2. 연구 대상

지방의 도시 지역에 위치한 2개 초등학교, 6학년에서 무작위로 5개 학급, 192명을 표집하였다. 특히 부력 개념 검사와 논리적 사고력 검사에

모두 응한 학생만 검사 대상으로 정하였다.

3. 검사 도구

1) 부력 개념 검사 도구

선행 연구, 교육과정(7차) 등을 분석하여 검사 개념을 선정하고 검사 문항을 작성하였다.

<표1> 부력 개념 검사지 구성 내용

문항 번호	문항영역	문항내용
1	· 부력 현상에 대한 예상	사람을 비롯한 여러 가지 주변 물체를 물에 뜨는 것과 가라앉는 것으로 구분하기
2	· 부력과 물체의 크기 · 부력과 물체의 무게 · 부력과 물체의 구성 물질	크기가 같은 작은 쇠구슬과 나무구슬, 큰 쇠구슬과 큰 나무구슬을 물에 넣었을 때 뜨는 것과 가라앉는 것은?
3	· 부력과 물체의 모양	같은 무게의 찰흙 덩어리를 배모양과 공 모양으로 만들어 물에 띄우면 어떻게 될까?
4	· 물 속에서 물체의 무게와 압력	물체의 무게를 공기 중, 반쯤물속, 완전 물 속에서 측정할 때 무게의 차이가 있을까?

(1) 부력 개념 검사 도구의 성격

검사 도구는 개방형으로 각 문항마다 응답을 한 후 그렇게 생각한 이유를 적도록 하였으며 지문과 그림이 함께 제시되어 응답이 용이하도록 하였으며 구성 내용은 <표1>과 같다.

2) 인지 수준 검사 도구

학생들의 인지수준은 논리적 사고력 검사지(GALT)를 이용하였는데, 본 연구에서는 미국 조지아 대학의 Roadranka 등(1983)이 개발한 12문항으로 구성된 간편한 형태(short version)의 GALT를 이용하였다. 논리적 사고력 검사 도구는 6가지 하위 논리별로 각 2 문항씩 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리로 구성되어 있으며, 선다형 문지

로서 정답과 그 정답을 선택한 이유를 각각 고르게 되어 있다. 1~10번 문항은 정답 및 정답을 선택한 이유를 함께 묻는 2중 다지 선다형 문항(2지 또는 5지 선다형)이며, 11~12번 문항은 가능한 모든 경우의 수를 기재하도록 되어 있다. 또 각 문항에는 실제 대상물의 그림이 삽입되어 있어, 초등학생이면 읽고 이해하기에 충분한 단어와 문장으로 되어 있다. 1시간 분의 학교 수업 시간에 많은 검사자를 대상으로 지필 검사를 실시하기에 알맞다.

논리적 사고력 검사 도구의 Cronbach's α 를 이용한 내적 신뢰도는 0.58이고, 각 논리별 신뢰도는 0.37에서 0.83의 범위이며 상관 논리와 조합 논리의 경우에만 신뢰도가 0.58이하이다. 각 문항의 난이도는 0.02에서 0.78이고, 평균 난이도는 0.40이다. 검사 문항의 타당도 계수는 0.71이고, 각 논리별 타당도 계수는 0.45~0.88의 범위였다.

4. 자료 처리

부력 개념 검사는 물체가 뜨고 가라앉는데 대한 학생의 응답을 분류틀에 의하여 분류한 후 완전 이해(3점), 부분적 이해(2점), 이해 부족(1점), 틀린 예상이나 무응답은 이해 못함(0점)으로 점수로 처리하였다.

논리적 사고력 검사의 경우 1번부터 10번까지 정답과 그 이유를 묻는 문제이므로 답과 이유가 모두 맞는 경우를 정답으로 처리하였다. 11번과 12번 문항은 가능한 조합을 모두 쓰는 문제로 2개까지 빠뜨린 경우 정답으로 처리하였다. 12개 문항 중 0~4개를 맞으면 구체적 조작기, 5~7개 맞으면 과도기, 8~12개 맞으면 형식적 조작기로 판별하였다.

연구 대상에게 실시한 부력 개념 검사 결과와 논리적 사고력 검사 결과를 근거로 인지 수준에 따른 학생들의 부력 개념 형성 정도의 차이가 있는지를 일원 변량분석을 통해 알아보고, 또 집단간의 차이를 알아보기 위해 Scheffe 검증을 하였다. 모든 통계는 SPSS/PC 통계 프로그램을 이

용하였다.

III. 연구 결과

연구 결과는 크게 인지 수준에 관한 분석과 학생들이 응답한 부력 개념을 분류 틀에 의해 분석한 다음, 인지 수준별로 묶어서 그 관계성을 분석하였다.

1. 논리적 사고력 검사

학생들의 인지 수준을 파악하기 위해 논리적 사고력 검사지(GALT)를 이용하여 측정한 결과는 다음 <표2>와 같았다. 초등학교 6학년 표집 학생 192명을 대상으로 인지 수준을 측정한 결과, 구체적 조작기가 50%로 가장 많았고 이들의 평균점수는 12점 만점에 3.2점이었다. 과도기에 속하는 학생은 43%로 평균 5.6점이며, 형식적 조작기에 해당하는 학생은 6.8%의 순으로 나타났다. 인지 수준별 분포 결과는 선행 연구에서 나타난 결과와 비슷하였다.

<표2> 논리적 사고력 검사 결과

인지 수준	인원수(%)	평균점수(%)
구체적조작기	96 (50.0)	3.2(26.7)
과도기	83 (43.2)	5.6(46.8)
형식적조작기	13 (6.8)	8.4(69.2)
계	192명	4.6(38.1)

<표3>에서는 표집 대상의 하위 논리의 형성율을 제시하였다. 전체적으로 조합논리가 90.9%, 보존 논리가 59.4%, 변인 통제 30.2%의 순으로 높게 나타났으며, 확률 논리 12.2%, 상관논리의 형성율이 7.5%로 가장 낮았다. 초등학교 6학년이 조합 논리와 보존 논리는 50%이상인데 변인 통제 논리, 비례 논리, 확률 논리, 상관 논리 등에서는 30%이하였다. 부력 개념을 이해하는 데 필수적인 비례 논리가 이에 포함되어 부력 개념

<표3> 하위 논리별 사고력 점수

논리별	보존 논리	비례 논리	변인통제 논리	확률 논리	상관 논리	조합 논리	계
점수	1.19	0.57	0.60	0.24	0.15	1.82	4.57
(%)	(59.4)	(28.4)	(30.2)	(12.2)	(7.5)	(90.9)	(38.1)

이해에 방해가 될 수 있다고 예측된다.

2. 부력 개념 검사

1) 물체가 뜨고 가라앉는 현상에 대한 선개념 유형

학생들이 부력에 대해 일반적으로 어떤 개념을 가지고 있는지를 알아보기 위하여 여러 가지 물체가 뜰지 가라앉을 지를 예상하고 그 이유를 적도록 한 결과 <표4>처럼 부력이라는 용어 사용 및 물이 떨어 올리는 힘 등으로 설명하는 과학적인 개념을 가지고 있는 학생은 2.2%에 불과하였고, 나머지 대부분은 주로 공기의 유무(39.2%)와 무겁고 가벼움(29.9%)에 의해서 뜨고 가라앉는 현상을 설명하였으며 자체 성질(10.8%), 경험에 의해서, 기타의 순서로 나타났다. 학생들이 가지고 있는 개념 유형은 문제 상황에 따라 크게 다르게 나타났는데 특히 자동차

가 가라앉는 이유를 설명할 때는 무겁기 때문이라는 것이 압도적이며 배구공과 빈 병이 뜨고 가라앉는 이유를 설명할 때는 공기가 있기 때문에 뜰 것이라는 유형이 64.6%로서 다른 문제에서는 무겁고 가벼움으로 설명하였던 학생들이 문제 상황에 따라서 다른 개념의 유형을 나타냈다고 볼 수 있다.

물체가 뜨고 가라앉는 현상과 물체의 크기와 무게, 물체의 구성 물질과의 관계를 생각하게 하는 문항의 결과는 <표5>에 있다.

여기에서는 과학적 모형이 2.0%로 나타났으며, 쇠구슬은 가라앉고 나무구슬은 뜬다는 것을 두겁고 가벼움(46.2%)으로 설명하려는 것이 가장 많았다. 다음으로는 자체 성질(32.8%)로 쇠로 만든 것이기 때문에 가라앉고, 나무로 만든 것은 당연히 뜰 것이라는 예상을 하고 있다. 여기서 틀린 예상을 한 오답 유형으로, 작은 쇠구슬이 뜬다거나 큰 나무구슬이 가라앉는 다는 것으로,

<표4> 부력 현상에 대한 예상 및 개념 유형별 인원수(%)

문항 \ 유형	과학적	무게	공기	자체성질	경험	기타	틀린 예상
1-1	2 (1.0)	144 (75.0)	4 (2.1)	15 (7.8)	17 (8.9)	8 (4.2)	2 (1.0)
1-2	10 (5.2)	19 (9.9)	49 (25.5)	55 (28.6)	34 (17.7)	23 (12.0)	3 (1.6)
1-3	3 (1.6)	28 (14.6)	147 (76.6)	·	3 (1.6)	8 (4.2)	3 (1.6)
1-4	2 (1.0)	39 (20.3)	101 (52.6)	13 (6.8)	16 (8.3)	16 (8.3)	5 (2.6)
계	17	230	301	83	70	55	13
(%)	(2.2)	(29.9)	(39.2)	(10.8)	(9.1)	(7.2)	(1.7)

물체의 크기가 뜨고 가라앉는 데 영향을 미친다고 생각한 학생은 17.2%로 적지 않은 비율을 차지하고 있다. 또 쇠는 속이 조밀하여 틈이 없어 공기를 포함하지 않아서 가라앉고, 나무는 눈에 보이지 않는 작은 구멍이 많아 공기를 포함하고 있어 뜬다(4.3%)는 생각도 가지고 있었다.

처음 두 문항의 결과를 종합해서 분석해 보면, 과학적 모형은 2.1%로 나타났으며, 무게(38.1%), 자체 성질(21.8%), 공기 유무(21.7%)의 순서로 물체의 뜨고 가라앉는 현상을 설명하고 있다. 또 무응답 및 틀린 예상을 한 학생이 4.2%로, 이들의 주된 오인 유형을 보면 물체가 작기 때문에 뜨고, 물체가 크기 때문에 가라앉는다는 것으로, 물체의 크기와 부력을 관련 지으려 했으며 2번 문항의 경우 나무구슬이 가라앉는 이유를 나무가 물을 흡수하기 때문이란 것으로 설명하기도 했다.

<표6>은 3번 문항으로, 학생들이 물체가 뜨고 가라앉는데 있어서 그 물체의 모양에 따라 어떤 개념을 갖고 있는가를 알아보기 위해 무게와 재질이 같은 두개의 물체를 모양만 다르게 하여 만든 문항인데, 여기서 학생들이 가지고 있는 선 개념 유형으로 과학적인 개념, 즉 배모양은 수면과의 접촉 면적이 넓어 부력이 크게 작용하고, 공모양은 물과의 접촉 면적이 좁아 물이 밀어 올리는 힘이 작아 가라앉는다고 했다. 여기서 가장 주된 유형은 물과의 접촉 면적(34.9%)으로 단

순히 물체와 물과의 접촉 면적의 넓이만으로 뜨고 가라앉는 현상을 설명하려 하였다. 다음은 기타(14.6%)로서 배 모양의 찰흙은 뜬다는 이유를 균형이 맞아서, 무게가 고르게 퍼져서, 배 모양은 모두 뜬다는 경험에 의한 것을 포함하였다. 또 공모양의 찰흙이 가라앉는 이유를 중심이 잡히지 않아서, 공기가 없어서, 찰흙이 녹아 풀어져서 등의 유형이 나타났다.

<표6> 부력과 물체의 모양에 대한 개념 유형별 인원수(%)

유형 문항	과학적	접촉 면적	자체 성질	무게	기타	틀린 예상
3-1	14 (7.3)	70 (36.5)	·	·	33 (17.2)	75 (39.1)
3-2	8 (4.2)	64 (33.3)	38 (19.8)	37 (19.3)	23 (12.0)	22 (11.5)
계 (%)	22 (5.7)	134 (34.9)	38 (9.9)	37 (9.6)	56 (14.6)	97 (25.3)

무응답 및 틀린 예상 중 찰흙으로 만든 배가 가라앉는다고 대답한 학생이 39.1%로 그 이유를 흩이기 때문에 어떤 모양이든 상관없이 가라앉는다고, 찰흙은 물에 분해되어 녹아 내린다, 등의 유형이 주를 이루었다.

<표5> 부력과 물체의 크기, 무게, 구성 물질과의 관계에 대한 개념 유형별 인원수(%)

유형 문항	과학적	무게	공기	자체성질	경험	기타	틀린 예상
2-1	4 (2.1)	101 (52.6)	7 (3.6)	63 (32.8)	·	9 (4.7)	8 (4.2)
2-2	3 (1.6)	72 (37.5)	9 (4.7)	75 (39.1)	12 (6.3)	8 (4.2)	13 (6.8)
2-3	3 (1.6)	118 (61.5)	6 (3.1)	54 (28.1)	·	6 (3.1)	5 (2.6)
2-4	5 (2.6)	64 (33.3)	11 (5.7)	60 (31.3)	11 (5.7)	16 (8.3)	25 (13.0)
계 (%)	15 (2.0)	355 (46.2)	33 (4.3)	252 (32.8)	23 (3.0)	39 (5.1)	51 (6.6)

<표7>은 4번 문항으로, 공기 중에서도 물 속에서 각각 물체의 무게를 측정했을 때 무게의 변화를 묻는 것으로 부력 개념의 형성 여부를 실제로 확인해 볼 수 있는 문항이다. 여기서 과학적인 개념을 가진 학생이 14.6%로 4개 문항 중 가장 높게 나타났으나, 틀린 예상(39.1%) 또한 제일 높게 나타났다. 잘못된 예상으로 물 속에서 물체의 무게가 더 무거울 것이라고 예상

<표7> 물 속에서 물체의 무게변화에 대한 유형별 인원수(%)

유형 문항	유형			
	과학적	직접 경험	기타	틀린 예상
4-1	28 (14.6)	34 (17.7)	61 (31.8)	69 (35.9)
4-2	28 (14.6)	33 (17.2)	50 (26.0)	81 (42.2)
계 (%)	56 (14.6)	67 (17.4)	111 (28.9)	150 (39.1)

한 학생들의 이유는 물의 무게가 물체에 더 추가되어서, 또는 물이 물체를 짓누르는 힘 때문에, 물의 압력 때문 등으로 설명했다. 다음은 기타(28.9%)로 단순히 물 속에서는 무게가 가벼울 것이다, 또는 물 속에서는 무게가 줄어든다 등으로 설명하였으며, 다음은 경험(17.4%)에 의해서 물 속에서의 무게가 가벼워짐을 설명하였다. 학생들의 경험은 직접 경험으로 수영장 또는 목욕탕에 갔을 때 자기 몸이 뜨는 것을 체험을 통해 알고 있었다.

이상을 초등학교 6학년의 물체가 물에 뜨고 가라앉는 현상에 대한 여러 가지 개념 유형을 분류하면 다음과 같다.

(1) 과학적 모형

현행 초등학교 교육과정에는 부력 개념을 다루지 않고 있는데 일부 학생은 부력, 물의 압력 등의 용어를 사용하였으며 또는 물이 밀어 올리는 힘 때문이라고 하는 등의 유형이 있었다.

(2) 물체의 무게로 설명

대부분의 학생들이 물체가 가볍거나 무거워서 물에 뜨거나 가라앉는다고 대답했다(38.1%). 그러나 나무로 만든 것은 무거워도 가라앉지 않는다는 자체·성질에 대한 고정관념을 가지고 있는 것으로 보아 구성물질과 무게를 연관짓는 것을 볼 수 있다.

(3) 공기의 유무로 설명

배구공이 뜨는 이유로는 공기가 채워져 있기 때문이라는 대답이 압도적이다(76.6%). 또 빈 병이 물에 뜰지, 가라앉을 지를 예상하는 데는 공기가 있어서 대다수 뜬다고 했으나, 일부 학생은 처음에는 병이 떠 있다가 결국 균형을 잃고 넘어져 물이 병에 들어가 공기가 빠져 나오면 가라앉는다는 설명도 다수 있었다. 또 사람이 물에 뜨는 이유가 허파에 공기가 있기 때문으로 설명하기도 하였다.

(4) 물체의 자체 성질로 설명

대상 물체의 구성 물질 즉 나무, 쇠 등 재질의 특징을 들어, 나무는 속이 조밀하지 못하고 약간의 틈이 있어 가볍고, 쇠는 속에 빈 공간이 없어 무겁다는 등의 설명도 있으나, 쇠는 무조건 무겁고, 나무도 무조건 가볍다는 것처럼 관념적인 생각만으로 뜨고 가라앉는 현상을 설명하고 있다. 또 사람이 물에 뜨는 이유로 사람은 수영을 할 수 있기 때문이란 생각도 다수 있었다.

(5) 물과의 접촉 면적으로 설명

물체가 물과 접촉 면적이 넓으면 균형을 잘 잡을 수 있고 무게가 고르게 퍼져서 한 곳으로 집중되지 않기 때문, 공 모양보다는 안정성이 있다 등으로 이유를 단순하게 설명하였다.

(6) 경험에 의한 설명

물체가 물에 뜨거나 가라앉는 이유를 과학적 이론이나 용어를 사용하여 설명하기 어려울 때

는 자기의 경험을 토대로 설명하려 하는 경향이 있었다. 물 속에서 뜰체의 무게가 가벼워지는 이유를 설명할 때는 호생 자신이 수영장이나 목욕탕에 갔을 때 몸이 물에 뜨는 것을 직접 체험했거나, TV 등 여러 가지 시청각 매체를 통해 습득한 지식도 동원되었다. 이렇게 볼 때 과학적인 원리 및 개념을 찾으려는 생각 없이 쉽게 대답한 경우로 생각된다.

위에서 제시한 개념 유형 외에도 어떤 물체가 물에 뜰지 또는 가라앉을 지를 예상은 바르게 하였으나 그 이유가 불분명하거나 과학적 개념과는 너무나 거리가 먼 것도 많았다.

그리고 부력 현상에 대한 틀린 예상을 한 경우에는 다음과 같은 부력 개념의 특징이 있었다.

- 물체가 크면 가라앉는다는 식의 크기에만 의존한 생각

- 같은 재질로 만든 물체는 모양이 바뀌어도 뜨고 가라앉는데 영향을 미치지 않는다는 자체 성질에 의한 고정 관념

- 물 속에서 물체의 무게는 더 무거워 진다는 생각을 가진 학생들의 공통적인 이유는 물의 무게가 추가된다거나, 또는 물이 물체를 짓누르는 힘 때문에 물체가 무게를 더 많이 받는다는 것이다. 이것은 부력에 대한 이해가 부족하여 물 속에서 물의 압력의 작용 방향에 대한 이해가 부족하기 때문인 것 같다.

3. 부력 개념형성과 인지수준의 관계 분석

1) 인지 수준과 부력에 대한 문항별 개념 유형

인지 수준별로 부력에 대한 개념유형을 알아보기 위해 문항별로 학생들이 가지고있는 부력에 대한 개념을 인지수준별로 묶어 분석하였다.

(1) 부력 현상에 대한 예상과 개념 유형

<표8>은 부력 개념 검사 1번 문항의 인지 수준별 개념 유형을 나타낸 것으로 전체적으로 무게 및 공기의 유무로 부력 현상을 설명하려는 경향이 높게 나타났으며, 과학적 모형 및 틀린

예상의 비율이 비교적 낮았다. 인지 수준별로 보면 과학적 모형은 형식적 조작기 학생이 높았고, 무게 및 공기에 의한 유형은 근소한 차이지만 과도기 학생이 높았으며, 물체의 자체 성질로 부력현상을 설명하려한 것은 구체적 조작기 학생의 비율이 높았다.

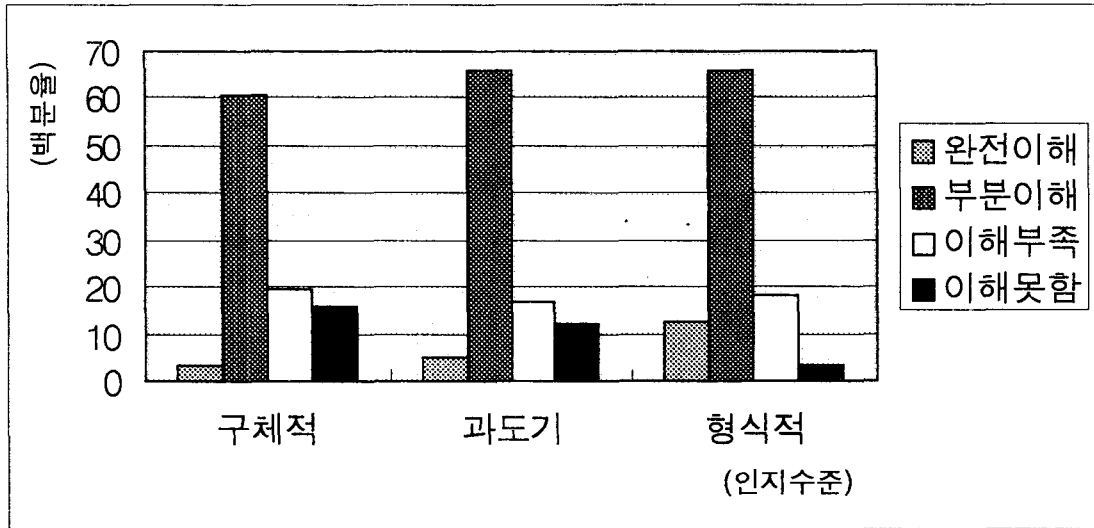
<표8> 부력 현상에 대한 예상의 인지 수준별 개념 유형 비율(%)

유형 수준별	과학 적	무게 공기	자체 성질	경 험	기 타	틀린 예상
구체적	1.8	29.2	37.5	12.8	8.1	8.3
과도기	1.2	30.7	41.3	10.2	9.3	6.2
형식적	11.5	28.8	38.5	9.6	5.8	5.8

(2) 부력과 물체의 크기, 무게, 구성 물질과의 관계에 대한 개념 유형

<표9>는 부력 개념 검사 2번 문항에서, 인지 수준별 개념 유형별 비율을 나타낸 것으로 전체적으로는 물체의 무게 및 자체 성질로 부력 현상을 설명하려는 비율이 높았고, 인지 수준별로는 구체적 조작기와 과도기 학생은 무게에 의한 비율이 가장 높았으며, 형식적 조작기의 학생은 물체의 자체 성질로 설명하는 비율이 가장 높았다. 과학적 모형은 형식적 조작기 학생이 가장 높았고, 틀린 예상을 한 것은 구체적 조작기 학생의 비율이 가장 높았다. 또 형식적 조작기 학생은 2번 문항에서 틀린 예상은 없었으며 공기 및 경험에 의한 것으로는 설명하지 않았다.

<표9> 부력과 물체의 크기, 무게, 구성물질과의 관계에 대한 개념 유형 비율(%)



<그림1> 인지 수준별 부력 개념 이해 정도 (%)

유형 수준	과학 적	무게	공기	자체 성질	경험	기타	틀린 예상
구체적	2.3	46.1	2.6	30.5	3.4	6.0	9.1
과도기	0.6	47.9	6.9	32.8	3.0	3.9	4.8
형식적	7.7	36.5	·	50.0	·	5.8	·

유형 수준	과학적	접촉 면적	자체 성질	무게	기타	틀린 예상
구체적	2.6	34.4	7.8	9.9	16.1	29.2
과도기	7.8	33.7	13.9	9.0	12.1	23.5
형식적	15.4	46.2	·	11.5	19.2	7.7

(3) 부력과 물체의 모양

<표10>에 의하면, 3번 문항은 부력과 물체의 모양과의 관계를 묻는 문항으로 전체적으로 물과의 접촉면적으로 부력을 설명하는 경향이 가장 높았으며 인지 수준별로는 구체적 조작기와 과도기 학생은 틀린 예상을 한 비율이 높았다. 또 형식적 조작기 학생들은 여기서 자체 성질로는 설명하지 않았다.

<표10> 부력과 물체의 모양과의 관계에 따른 개념 유형 비율(%)

(4) 물 속에서 물체의 무게와 압력

<표11>은 4번 문항으로, 물 속에서 물체의 무게 변화를 예상해 보는 것으로 여기서는 부력에 대한 개념의 유형이 단순하였다. 전체적으로 틀린 예상을 한 학생의 비율이 매우 높았으며 과학적 모형도 다른 문항에 비하여 비교적 높았다. 인지 수준별로 보면 형식적 조작기 학생이 과학적 모형에서 매우 높았으며, 틀린 예상 또한 매우 낮았다. 또 본 문항에서 기타 항목이 다른 문항에 비해 높은 비율을 차지했는데, 이는 물 속에서 물체의 무게가 막연히 가벼워진다고 진술한 내용이 대부분이다. 또 부력 현상을 경험으로 설명하려는 비율이 다른 문항에 비해 높게 나타났다.

<표11> 부력과 물 속에서 무게변화 예상에 따

큰 개념 유형 비율(%)

유형 수준별	과학적	직접 경험	기타	틀린 예상
구체적	9.9	13.0	33.3	43.8
과도기	18.7	21.7	21.7	37.9
형식적	23.1	23.1	42.3	11.5

2) 인지 수준별 부력 개념 형성

인지 수준과 부력 개념 형성정도를 파악하기 위해 부력 개념의 형성 정도를 완전 이해, 부분적 이해, 이해 부족, 이해 못함 등으로 분류하여 자료를 조직화하였다.

여러 가지 개념 유형을 분류한 기준은 1, 2번 문항에서 과학적 모형을 완전 이해로, 무겁고 가벼움, 공기의 유무, 자체 성질을 부분 이해로, 경험에 의한 예상 및 기타 항목은 이해 부족으로, 무응답과 뜨고 가라앉는 물체를 바르지 못하게 예상한 경우 및 합당하지 못한 이유는 이해 못함으로 묶어 분류하였다. 3번 문항의 경우는 물체의 모양과 부력과의 관계를 묻는 문항이기 때문에 물과의 접촉 면적의 크기를 부분 이해로 분류했으며 이 문항은 특히 같은 구성 물질(찰흙)과 같은 무게를 제시했기 때문에 자체성질과 무게를 1, 2번 문항에서는 부분적 이해로 분류되었으나 여기서는 이해 부족에 포함시켰다. 4번 문항은 물 속에서 무게를 예상하는 문제로 선 개념의 유형이 다른 문항에 비해 적었다. 물 속

에서의 무게는 직접 경험(수영장, 목욕탕)에 의한 설명이 용이하기 때문에 여기서는 경험을 부분적 이해로 분류하였다.

구체적 조작기, 과도기, 형식적 조작기로 나누어 표시하여 <표 12>와 <그림1>로 나타내었다. 전체적인 경향은 부분적 이해가 60%이상을 차지하고 있으며, 형식적 조작기 학생이 구체적 조작기와 과도기 학생 보다 완전 이해 정도가 높게 나타났으며 이해 못함의 비율도 낮게 나타났다.

자세하게 논의하면 구체적 조작기 학생들은 물체가 물에 뜨고 가라앉는 현상에 대해 완전 이해는 3.5%에 불과하였고, 60.8%가 부분적으로 이해하고 있으며, 뜨고 가라앉는 물체의 예상은 바르게 하나 그 이유가 분명하지 못한 학생이 19.8%를 차지하고 있으며, 이해 못함이 15.9%로 뜨고 가라앉는 물체를 구별하지 못하고 있다. 또 과도기 학생들도 구체적 조작기 학생들의 이해 형태와 비슷하나 완전 이해와 부분적 이해가 좀 더 높은 비율을 나타내었고, 반대로 이해 부족 및 이해 못함은 그 비율이 낮아졌음을 볼 수 있다.

반면에 형식적 조작기의 학생들은 물체가 뜨고 가라앉는 현상에 대해 12.8%학생이 완전 이해하고 있으며 부분적 이해 66.0%, 이해 부족이 18.0%, 이해 못함이 3.2%로 나타나서 구체적 조작기와 과도기 학생들과의 이해 분포는 비슷하나 완전 이해가 더 높은 비율을 차지하고 있

<표12> 인지 수준별 부력 개념 형성 점수 및 비율

구 분	유 형	구체적 조작기(96명)				과도기(83명)				형식적 조작기(13명)			
		완전 이해 (3점)	부분 이해 (2점)	이해 부족 (1점)	이해 못함 (0점)	완전 이해 (3점)	부분 이해 (2점)	이해 부족 (1점)	이해 못함 (0점)	완전 이해 (3점)	부분 이해 (2점)	이해 부족 (1점)	이해 못함 (0점)
인원		40	700	288	184	50	656	167	123	20	103	28	5
비율		3.5	60.8	19.8	15.9	5.0	65.9	16.8	12.3	12.8	66.0	18.0	3.2
점수		120	1400	228	0	150	1312	168	0	60	206	28	0
총점		1748				1629				1150			
평균		18.21				19.63				22.62			
비율		50.6%				54.5%				62.8%			

며, 이해 못함의 학생의 비율이 많이 낮음을 볼 수 있다. 그러나 형식적 조작기 학생은 모두 13명으로 전체 192명의 6.8%에 불과하기 때문에 통계적으로는 무리가 있을 수 있다.

3) 인지 수준과 부력 개념 형성과의 관계

인지 수준별로 획득한 부력 개념 형성 점수는 <표12>와 같다. 인지수준별 부력 개념의 형성 정도를 점수화한 결과, 구체적 조작기 학생들의 부력 개념 형성율은 50.6%, 과도기 학생은 54.6%, 형식적 조작기 학생의 부력 개념 형성율은 62.8%로 나타나 인지 수준이 높아짐에 따라 부력 개념의 형성율도 높아짐을 보이고 있다.

인지 수준에 따른 부력 개념 점수의 일원 변량 분석 결과는 <표13>과 같다. 변량 분석 결과, 인지 수준별 부력 개념 형성율은 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

<표13> 인지수준별 부력 개념 점수의 변량 분석

변량원	자승합	자유도	평균 자승합	F	P
집단간	259.91	2	129.96	8.49	.0003
집단내	2890.33	189	15.29		
전체	3150.24	191			

<표14> 인지수준별 부력개념 점수의 Scheffe 분석

평균	집단	구체적 조작기	과도기	형식적 조작기
18.21	구체적 조작기			
19.63	과도기			
22.62	형식적 조작기	*	*	

* p < .05

Scheffe 검증의 결과는 <표 14>에 있는데, 수준별 집단간의 차이에서 형식적 조작기와 과도기, 형식적 조작기와 구체적 조작기간에는 유의한 차이가 있었으나 구체적 조작기와 과도기간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

이런 결과로부터 구체적, 과도적 조작기에 있는 학생은 형식적 조작기의 학생보다 부력 개념을 이해하는데 어려워하며 그 이유 중의 하나로 부력 현상을 이해하는데는 형식적 사고를 요구하기 때문임을 알 수 있다.

IV. 논의 및 결론

1. 요약 및 결론

1) 초등학생의 인지 수준

초등학교 6학년 학생의 인지 수준은 50%가 구체적 조작기에 머물러 있으며 43.2%가 과도기에, 6.8%가 형식적 조작기에 도달하고 있었으며 하위 논리별로 보면 조합 논리(90.9%)가 가장 높게 나타났으며 다음으로 보존 논리(59.4%), 변인 통제(30.2%), 비례 논리(28.4%), 확률 논리(12.2%)와 상관 논리(7.5%)는 매우 낮은 형성율을 보이고 있다. 이런 결과는 다른 선행 연구와 대체로 비슷한 분포를 보이고 있으나 구체적 조작기의 학생 비율이 좀 높은 면에서 차이를 보이고 있다. 하위 논리별 사고 수준은 조합논리가 의외로 높게 나왔을 뿐 다른 논리는 선행 연구와 비슷한 수준이었다.

2) 초등학생의 부력 개념 유형

초등학교 6학년 학생들은 물체가 물에 뜨고 가라앉는 현상에 대해 여러 가지 개념을 가지고 있었으며 학생들의 대답에 일관성이 부족하고 제시되는 문제 상황에 따라서 다른 개념의 유형으로 바뀌는 것을 쉽게 볼 수 있다. 예를 들면, 자동차가 물에 가라앉는 것을 무게로 설명했던 학생이 배구공과 빈 병은 공기의 유무로 설명하려 했다. 이것은 올바른 개념이 확고히 정립되지

않았기 때문에 볼 때, 학생들에게 제시되는 문제의 형태 및 내용이 올바른 개념 형성에 많은 영향을 미칠 것으로 사료된다. 이는 앞으로 7차 교육과정에서 제시할 학습 문제의 선정 및 내용 조직에 있어 고려해 볼만한 일이라 생각된다.

3) 인지 수준 및 문항별 부력 개념 유형 분석

(1) 부력 현상을 예상하는 문항에서는 전체적으로 공기의 유무 및 무겁고 가벼움으로 설명하려는 경향이 높았고, 물체의 자체 성질로 부력 현상을 설명하려고 한 것은 구체적 조작기 학생의 비율이 가장 높았다.

(2) 부력과 물체의 무게, 크기, 구성 물질과의 관계를 묻는 문항에서는 전체적으로 부력 현상을 무게와 물체의 지체 성질로 설명하려는 경향이 높게 나타났고 틀린 예상은 구체적 조작기가 가장 높았다.

(3) 부력과 물체의 모양과의 관계를 묻는 문항에서는 전체적으로 물과의 접촉 면적으로 부력을 설명하려는 것이 높은 비율을 나타냈고, 구체적 조작기 및 과도기 학생은 틀린 예상을 한 비율이 높았다.

(4) 물 속에서 물체의 무게 변화를 예상하는 문항에서는 구체적 조작기 및 과도기 학생은 틀린 예상의 비율이 매우 높았다. 전체적으로는 기 타항목이 다른 문항에 비해 더 높게 나타났다. 단 여기서는 형식적 조작기 학생은 경험에 의한 설명의 비율이 높았다.

(5) 각 문항별로 과학적 모형은 형식적 조작기 학생의 비율이 가장 높았으며, 틀린 예상 비율은 가장 낮았다. 전체적으로 인지수준별 부력 현상에 대한 예상은 개념 유형별로 큰 차이를 보이지 않았다.

(6) 검사 문제의 제시 상황에 따라 개념 유형이 변하는 것을 공통적으로 볼 수 있었다.

그리고 부력에 대한 여러 가지 개념 유형을 점수화하여 인지 수준별로 묶어 통계 처리한 결과, 부력개념 형성율은 구체적 조작기 학생이

50.6%, 과도기 54.5%, 형식적 조작기 62.8%로 인지수준이 높아질수록 부력 개념 형성율이 높아짐을 볼 수 있다.

이런 결과들은 과학 교육과정에서 부력 단원 내용 선정 및 조직에 있어서 학생들의 인지 발달에 맞는 구체적 상황 제시가 필요하며, 이러한 내용의 검토 개발을 위한 연구(Smith, Maclin, Grosslight, and Davis, 1997)가 필요함을 알려 주고 있다.

2. 과학과 교수·학습에 대한 시사점

본 연구의 결과 분석을 바탕으로 과학 수업에 대한 시사점을 제시하면 다음과 같다.

1) 7차 교육과정에서 처음으로 6학년에 부력 단원이 설정되었는데, 구체적 조작기 및 과도기의 학생이 대부분인 학생들에게 구체물을 사용해서 직접 부력을 느낄 수 있는 구체적인 부력 체험 학습 상황(Kessler, 1997; National Academy of Science, 1995)이 제시되어야 하겠다.

2) 부력에 대한 학습 문제 제시 상황에 따라 학생들의 개념 유형이 자주 바뀌므로 부력 단원의 내용 선정 및 교수·학습 활동 계획을 다양하게 수립해야 하겠다.

3. 후속 연구 과제

1) 부력 개념에 대하여 검사지 만으로 학생들의 생각을 파악하는 데는 한계가 있다. 그러므로 면담을 병행하여 학생들의 생각을 조사하고 분석하는 것이 필요하다.

2) 부력 개념 검사지의 타당도와 신뢰도를 더 높이고 대상자 수와 범위를 확대하여 실시하면 이를 일반화하는데 더 의미가 있을 것이다.

3) 학생들의 인지 수준과 부력 개념 형성과의 관계가 있다면 7차 교육과정에서 처음 다루는 부력 단원의 내용 구성 및 조직을 할 때 인지 수준의 차이를 극복할 수 있는 방안이 모색되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 교육부(1998). 초등학교 교육과정 해설(IV), 서울특별시 인쇄공업협동조합. 110-112, 130.
2. 김한호(1991). 빛과 소리에 대한 국민학교 학생들의 개념조사, 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문, 한국교원대학교.
3. 정완호, 권용주, 김영신 (1998). 초등학교 학생들의 비례 논리 전략의 발달에 대한 연구, 한국 초등과학교육학회지, 제17집 제 2호, 23-31.
4. 정완호, 권재술, 정진우, 최병순, 허 명(1991). 중학교 학생들의 과학 개념에 대한 실태 조사 및 원인 분석, 연구보고서, 한국교원대학교 과학 교육연구소.
5. Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*, New York: Holt, Rinehart and Winston. Inc.
6. Dentici, O.A., Grossi, M.G., De Ambrosio, A., and Massara, C.I. (1984) Understanding floating: A Study of children aged between six and eight years, *European Journal of Science Education*, 6(3), 235-243.
7. Duit, R., & Pfundt, H. (1988). *Bibliography, Student's Alternative Frameworks and Science Education*, 2nd. ed. IPN. Univ. of Kiel.
8. Erickson, G.L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature, *Science Education*, 64(2), 221-230.
9. Hewson, M.G.A. (1986) The acquisition of scientific knowledge: An analysis and representation of student conceptions concerning density, *Science Education*, 70(2), 159-170.
10. Kessler, J.H. (1997) *The Best of Wonderscience*, Delmar Publishers.
11. National Academy of Science (1995) *Floating and sinking*, student activity book and teacher's guide, Science and Technology for Children, National Science Resources Center.
12. Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Towards a principle teaching strategy. *Instructional Science*, 10, 183-200.
13. Osborne, R. J., & Freyberg. P. (1985). *Learning in Science*, Heinemann Auckland London Portsmouth N. H.
13. Rowell, J. A., & Dawson, C. J. (1983). Laboratory counter examples and the growth of understanding in science, *European Journal of Science Education*, 5(2), 203-215.
14. Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L. and Davis, H. (1997) Teaching for understanding: A study of Students' Preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density, *Cognition and Instruction*, 15(3) 317-393.

(2000년 2월 접수)