

실험실맥락과 지구환경맥락의 문제해결에서 활성화되는 지식의 차이

이 명 제 · 김 찬 종 · 최 승 언
(중경고등학교) (국립평가원) (서울대학교)

(1993년 8월 25일 받음)

I. 서론

근래의 과학교육연구는 지식습득뿐만 아니라 지식의 실제 적용능력을 신장시킨다는 관점에서 문제해결력, 창의력, 비판적 사고력등 과학의 과정에 관련된 여러 분야에서 진행되었다. 그 결과 학생들은 학습한 과학개념을 실제 문제해결에 잘 적용하지 못한다는 것이 알려졌으며, 원리나 주제에 대한 기본 지식을 습득하게 되면 그대로 그러한 원리나 주제와 관련된 문제풀이로 전이 할 수 있으리라는 소박한 생각에 대하여 반성을 하게 되었다(Shuell,1986).

현대의 인지심리학에서는 학생의 문제해결이 매우 맥락에 의존적일 것으로 생각되고 있다. 맥락에는 문제해결의 목적과 문제상황등이 포함된다(Rogaff & Lave,1982). 문제를 해결한다는 것은 어떤 목적이 있음을 의미한다. 예를 들면, 일상 문제해결에서는 효율성이 중요시되는 경향이 있으며 과학문제해결에서는 정확성이나 엄밀성이 강조되는 경향이 있다. 이러한 목적은 문제해결과정에서 학생이 의식할 수도 있고 의식하지 못할 수도 있다.

또한 모든 문제는 특정한 상황을 포함하고 있다. 이러한 특정한 문제상황은 문제해결의 목적과 함께 문제해결에 많은 영향을 미친다. 문제해결의 목적과 문제에 제시되어 있는 상황을 바탕으로 학생들은 사전지식에서 활성화되는 부분을 의식적이거나 무의식적인 과정을 통해서 결정하게 된다(Holland, et al., 1986). 콜린스와 로프터스(Collins & Loftus,1975)는 인지구조 속의 여러가지 명제가 의미적 관련정도가 가까울수록 짧은 거리로 상호 연결된 인지구조모델을

제시하고 있다. 이 모델에서 외부정보가 인지구조 속에 자극을 주면 여러 명제로 연결된 인지구조의 망이 활성화하게 되는데, 개인의 인지구조의 특성에 따라 활성화 되는 지식이 차이가 있을 것으로 기대된다. 이와같이 활성화된 사전지식은 문제의 표상과 해결을 위한 사고과정에도 많은 영향을 줄 것으로 생각된다.

문제해결이 이처럼 맥락에 의존적이라면 실제 과학교육현장에서도 이와 관련된 많은 어려움이 있을 것이다. 그 이유는 학교에서 과학은 다양한 맥락에서보다는 전형적이고 단순화된 맥락에서 다루어지는 경향이 있으며, 과학의 각 분야가 분리된 과목으로 소개되고 있다는 점이다. 과학은 실험실에서 학습하는 것이 바람직한 것으로 여겨져 왔다. 또한 교과서에 제시된 예는 일상생활에서 경험할 때보다 훨씬 더 단순하고 통제된 방식으로 다루어 지는 경향이 있다. 또한 특정한 개념이나 원리를 부각시키기 위하여 단순화된 맥락에서 제시된다. 그러나 실제 자연상황은 매우 복잡적이며 학생들은 그중에서 두드러진 측면에만 집중하는 경향이 있다(Milner,1987). 현재의 과학교육은 학생들이 교실에서 학습한 내용을 실제 자연현상의 이해나 문제해결에 활용하지 못한다는 비판을 받고 있다.

고등학교에서는 과학이 물리, 화학, 생물, 지구과학과 같은 전통적인 학문분야의 독립적인 교과목으로 소개되고 있다. 중학교 과학의 경우 통합적인 모습을 보이고 있으나 실제 각 내용의 연결이 유기적이라고 보기는 어렵다. 이처럼 독립적인 교과과목 과학이 도입될 경우 동일한 개념을 각 교과과목의 특수한 것으로 받아들이는 경향이 생긴다는 것이다. 특히 지구과학은

그 연구대상의 속성이 시간공간적으로 다양한 규모를 보이며, 관련된 개념이 매우 복잡적이고 쉽게 접근하기 어려운 경우가 많은 문제상황을 포함하고 있을 것으로 생각된다(Laudan,1987; Ault,1989). 중학교나 고등학교 교육과정의 내용이 이수단위에 비해 많다는 비판은 이러한 경향을 심화시킬 것으로 판단된다. 그 이유는 다루어지는 개념이 다양한 맥락에서 학습될 기회가 제한되기 때문이다. 이상과 같은 과학교육의 문제점은 현재 우리나라 과학교육의 성과가 매우 제한적일 수 있음을 암시한다. 그러나 아직까지 맥락의 차이와 학생들의 학습과정이나 성과사이의 실증적인 연구는 찾아보기 어렵다.

이 연구의 주요목적은 고등학교 1, 2학년 학생들이 실험실맥락과 지구환경맥락으로 제시된 지구과학문제를 해결할 때 활성화되는 지식이 학생의 사전지식, 학년, 성별에 따라 어떠한 차이를 보이는가를 알아보는 것이다.

실험실맥락이란 주요개념이 쉽게 드러나고, 다른 요인을 통제하기 용이하도록 실험도구를 사용할 수 있는 조작적 맥락이며, 지구환경맥락은 변인 통제가 어려우며 시간 공간적으로 규모가 큰 실제 자연맥락이다(이 명제,1993).

II. 이론적 배경

뼈아제의 인지발달 단계를 특징짓는 사고전략의 사용여부는 일반적 능력이기보다는 제시된 문항의 내용이나 맥락에 따라 달라진다는 것을 여러 연구자들(Linn, 1982;1983; Wagner & Sternberg, 1984; Bar, 1987; Saunders & Jesunathadas, 1988)이 제기하였다. 이러한 문제점의 해결은 인지발달에 대한 이론적인 접근보다는 실제로 과학개념을 이해하는데 나타나는 여러가지 어려움을 발견하고 수정하려는 방향으로 나타났다.

본 절에서는 개념이해에 따르는 어려움을 내용효과와 맥락효과로 구별하여 논의하고자 한다.

1. 내용효과

발달론자들은 인지발달이 아동의 사고능력의 차이에 비롯된다고 주장하고, 각 발달단계마다 특정한 사고기능을 부여하고 있다. 그러나 주지하는 바와 같이 12살 이상의 학생에서 기대되는 형식적 단계의 사

고가 잘 나타나지 못하고, 대부분 구체적 단계에 머무르고 있으며, 어른들조차 형식적 사고를 하는 사람은 많지 않다(Lawson & Renner,1975;Lawson & Wollman,1976).

이러한 불일치에 대하여 뼈아제 스스로는 학생의 성취에 미치는 내용효과로서 '저항(resistance)'을 논하면서 사고의 대상이 되는 내용이나 개념이 달라지면 사고의 구체적 전략을 습득한 학생이라 하더라도 일관되게 전략을 사용하지 못함을 지적하고 있다(Linn,1982). 이와같이 내용에 따라 이해의 차가 나타나는 것을 내용효과(content effect)라고 한다. 내용효과는 뼈아제의 인지발달단계의 사고전략이 과학개념에 따라 일반성을 갖지 못함을 보여주려는 연구자들(Linn & Swiney, 1981;Linn, et al., 1981;Saunders & Jesunathadas,1988)에 의해 주로 거론된 것이다.

린(Linn,et al., 1981)은 물품효율에 대한 광고를 인식하는데 있어서 형식적 사고능력이 사고의 차이를 만들고 있지만, 그 물품에 대한 사용여부는 실제적인 수행인자(performance factors)가 더 직접적인 영향을 미침을 보여줌을 알아 내었다. 사운더스와 예스나다스(Saunders & Jesunathadas, 1988)는 비례논리의 수행이 실제로 경험해 보지 못한 교과서 내용일 경우는 잘 이뤄지지 못하고, 일상생활의 친근한 내용에서는 원활하게 수행함을 보여주고 있다. 또, 린과 스위니(Linn & Swiney, 1981)는 변인 통제능력을 보유한 형식적 단계의 학생들을 대상으로 변인통제과제를 실험실에서 제시하였을 때, 과제의 내용에 따라 학생들이 예상하는 변인이 달라지며, 그 변인에 대해서만 통제능력을 발휘함을 발견하였다. 이는 학생들이 갖는 사전지식의 내용에 따라 학생들이 예상하는 변인이 다르므로 과제에 적절한 변인보다는 그럴듯해 보이는 변인을 통제함에서 오는 것으로 설명된다. 결국 학생들의 성취정도는 사고전략의 사용여부보다는 어떤 내용의 과제이냐가 더욱 중요한 것임을 보여주고 있다.

2. 맥락효과

동일한 과학개념이나 원리가 여러 맥락에서 제시되었을 때, 학생들이 보이는 사고의 차에 대해서도 고려해 볼 수 있다. 즉 어떤 과학개념에 대해 나타내는 사고가 맥락에 따라 차이가 있을때, 이를 맥락효과(context effect)라 한다 (Clough & Driver,1986).

역효과와 관련된 몇가지 연구결과를 살펴 보면, 실험실과 자연상태에서 변인통제능력이 어떻게 발달하고 있는가를 조사한 쿤과 브라낙(Kuhn & Brannock, 1977)은 문제의 맥락에 따라 사고능력에 차이가 있음을 보여 주었다. 또, 맥클로스키와 콜(McClosky & Kohl, 1983)은 물체의 원운동중 구심력이 제거 되었을 때 나타나는 물체의 운동에 대한 개념을 조사하였다. 물체의 경로를 실제로 그리도록 할 경우와 컴퓨터 시뮬을 통해 점멸하는 빛으로 보여 주었을 경우 원운동에 대한 개념이해는 의의있는 차가 없었다. 그러나, 자유낙하는 지필검사로 보다는 컴퓨터 시뮬으로 보여 주었을 때, 가속도운동에 대한 개념을 더 잘 이해하는 것을 확인하였다. 린(Linn, 1982)은 사고에 있어서 대상에 대한 사실적 지식의 역할이 사고전략만큼 중요하다는 가정에서 맥락의 친밀도에 따라 학생들의 변인통제 능력의 차를 조사하였다. 결과, 친밀한 맥락과 친밀하지 않은 맥락의 문항에서는 성취에 있어서 차이를 나타내지만, 중립적인 문항에 대해서는 의의있는 차가 없음을 보여주고 있다.

이와같이 과학개념의 이해가 학습되는 맥락에 의존적인 것을 고려할 때, 실험실역력과 실제 자연의 지구환경역력의 문제를 해결하는 과정에서 활성화되는 지식은 차이가 있을 것으로 기대된다.

III. 연구방법

1. 연구대상

전국규모의 실력고사 성적이 서울시 전체에서 평균학력을 나타내는 한 인문계고등학교에서 1,2학년 남녀학생을 대상으로 학년별, 성별로 2학년씩 총 388명을 표집하였다([표 1]). 부모들은 사회경제적으로 중상위층을 이루며 다양한 직종에 종사하고 있고, 주로 아파트 주거형태를 이루고 있다.

[표 1] 대상 학생 구성

	남자	여자	계
고 1	88	104	192
고 2	102	94	196
계	190	198	388

대상학생들은 초 중학교를 통해 지구과학의 기본적인 개념들을 학습했으며, 본 고등학교에서는 과학 I

(하)(나일성의, 동이출판사)를 교육과정상 공통필수로 이수하게 되어 있다. 1학년은 학습전이고, 2학년은 교과서를 90% 이상 학습했으며, 본 연구의 대상이 된 과학개념은 이미 학습한 상태이다.

2. 연구절차

(1) 1차 문항개발

인문계고등학교의 지구과학교과에서 중요하게 취급되는 지구과학개념중 '기체내부의 압력방향과 크기', '단열팽창', '유체내의 압력변화와 대류', '지각평형'의 4개를 선정하였다. 다음에는 각 개념을 사용하여야 해결할 수 있는 과학적 현상을 보여주는 그림과 조건이 서술로 주어질 때, 현상의 변화를 예측해 보는 문항을 실험실역력과 지구환경역력에서 1문항씩 총 8문항을 개발하였다.

(2) 집단상담

전체과목의 년중 정기고사 평균성적의 최고, 최저점을 양극으로 5등분하여, 각 단계의 성적에 해당하는 학생들중에서 최빈치를 보이는 학생들을 집단상담의 대상으로 하였다. 담임교사의 협조로 비교적 발표력이 좋은 학생을 각 단계에서 1명씩을 표집하였다. 표집된 학생들에게 개발된 문항을 풀고 그 이유를 기록하게 한 다음, 곧 자유토론형식으로 각 문항당 평균 30분정도를 집단면담 하였다. 면담내용은 모두 녹음하였으며, 이를 분석하여 학생들 사이에서 논란의 대상이 되었던 관련개념을 각 문항당 2개씩 추출하였다.

(3) 2차 문항개발

상담내용을 분석하여 추출한 관련개념을 대상으로 보조문항을 각 문항당 2개씩 개발하여 첨부하였다. 주 문항은 1차 개발시의 골격을 그대로 유지하면서 문항의 서술방식이나 그림의 제시 등 문항체제를 두 맥락간 잡음수준(noise levels)이 동일하도록 조정하였다.

(4) 1차 예비검사

2차 문항지로서 자연계 1학급을 대상으로 지필검사를 실시하고, 학생들이 기록한 설명으로 부터 주로 활성화 되는 지식을 추출하였다.

(5) 3차 문항개발

1차 예비검사에서 나타난 각 문항의 활성화지식을 맥락간 비교하여, 두 맥락에서 공통적인 것과 특이한 것으로 구분하고, 활성화지식을 선택할 수 있도록 선

다행형식으로 개선하였다. 공통활성화지식은 ㉠,㉡,... 순서로, 특이활성화지식은 ㉢,㉣,...순서로 기호를 부여했고, 전체를 혼합하여 가나다 순으로 배열하였다.

(6).2차 예비검사

본 검사를 투입하기로 예정된 인문계고등학교에서 3차 문항지로 남학생 자연계 2학년 1학급을 대상으로 예비검사를 실시하였다. 교사가 시험지를 배부하고 주의사항을 알려주는 시간을 빼면, 순수한 검사시간은 40분정도 소요되었다.

(7).본 검사

2차 예비검사 결과를 토대로 본 검사 문항지를 결정하였다(부록). 연구도구는 3차 문항지로서 거의 변화가 없었다. 앞서 서술한 학교에서 고1, 2학년 남녀 학생 약 400명을 대상으로 본 검사를 실시하였다. 문항들은 맥락별로 묶어 구분하고 각 맥락의 문항들은 임의의 순서로 혼합하였다. 학생들은 홀수번호와 짝수번호군으로 나누어 서로 다른 맥락의 문항지로 동시에 검사를 실시하였고, 일주일후 동일한 학생군에 대해 맥락을 바꾸어 검사하여 모든 학생이 두 맥락의 문항에 대해 모두 조사되었다.

(8).연구문항에 나타나는 두 맥락차의 크기계열

각 개념이 제시된 실험실맥락과 지구환경맥락의 차이를 구체적으로 나타내기 위하여 다음과 같은 세가지 맥락요소를 설정하였다([표2]).

첫째, 문항에 나타나는 도구나 물체, 물질의 조작 접근 가능성을 들수 있다. 실험실맥락에서 보여줄수 있는 실험도구등은 간단한 조작에 의해 쉽게 변화시킬 수 있다. 또 일상생활속에서도 정도의 차이가 있지만, 이러한 현상은 그 가능성은 남아 있다. 그러나, 우주의 공간에서 천체의 상태라든지 생물의 유전자의 구조등은 거의 불가능하다.

둘째, 문항이 나타내는 현상에 대해 그 상태나 변화가 일어나는 시간 공간적 규모를 들수 있다. 실험실 맥락에서는 일상적인 시공규모가 주어지나 지구환경 맥락의 시공규모는 대체로 매우 크다.

셋째, 문항해결에 적용할 주개념의 이해를 위해 사전에 숙지해야 할 부개념의 갯수나 복잡성을 들수 있다. 실험실맥락에서는 어떤 과학개념이 직접 현상의 설명에 관여하지만, 지구환경맥락에서는 동일한 개념이 다른 여러 과학개념과 위계적 관련을 맺고 있는 경우가 많다.

[표 2] 실험실 맥락과 지구환경 맥락의 맥락 요소별 비교

실험실 맥락	지구환경 맥락
조작, 접근 가능한 도구나 물체	조작, 접근 불가능한 자연 상태
변화가 시간 공간적으로 작고, 관찰이 용이한 환경	변화가 시간 공간적으로 크고, 쉽게 관찰하기 어려운 탈 일상적 자연
간단한 부개념으로 구성된 주개념	여러개의 부개념이 복잡하게 구성된 주개념

각 개념별로 두 맥락간 문항에 나타나는 맥락차의 크기를 결정하기 위하여 과학교육교수 2인, 지구과학 교육교수 1인에게 설문조사를 하였다. 그 결과, 맥락의 차 크기는 평균 85%의 일치도를 보였다. 특히 맥락차의 크기는 '기체내부에서 압력방향과 크기'→'단열팽창'→'유체내의 압력변화와 대류'→'지각평형'순으로 증가하며 100%의 일치를 나타내었다.

3.연구도구

본 연구도구는 한 지구과학개념에 대해 실험실맥락과 지구환경맥락에서 각각 한 문항씩 구성되어 있다. 각 문항은 문항에서 취급하는 문제내용이 잘 드러나도록 각 맥락에서 그림을 첨부하였고, 주어진 조건과 그 결과 일어나는 현상을 물어보는 문항내용을 서술하였다. 우선 문제를 해결하는데 필요한 항목을 선택하도록 하여 활성화지식을 알아보고, 문항에 서술된 조건하에 예측된 현상을 답하도록 하였다. 또, 문항의 아래 쪽에는 집단상담결과 추출한 내용이 다뤄진 보조문항을 첨부하여 학생이 보유한 인지들을 개념별로 결정하는데 활용하였다.

4.분석방법

문항을 해결하는 과정에서 활성화되는 특정한 지식의 선택수를 맥락에 따라 χ^2 검증을 실시하여 인지틀별, 학년별, 성별로 활성화의 차이를 조사하였다.

여기서 학생들이 보유한 인지틀은 각 개념별로 선택한 답의 정오를 두 맥락에서 비교하여 다음과 같이 결정하였다.

- a.과학들:실험실맥락과 지구환경맥락에서 옳은 답을 수행한 경우
- b.비과학들:실험실맥락과 지구환경맥락에서 틀린 답을 수행한 경우
- c.실험실들:실험실맥락에서만 옳은 답을 수행한 경우
- d.지구들:지구환경맥락에서만 옳은 답을 수행한 경우

IV.연구의 결과및 분석

본 절의 내용전개는 맥락차 크기가 작은 개념부터 기술하였다.

1.기체내부의 압력방향과 크기

기체내부의 임의의 위치에서 나타나는 기체압력은 연직과 수평방향에 관계없이 일정하다. 이를 실험실의 작은 폐쇄된 용기속에서와 자연계의 대기속에서 대비시켜 문항을 개발하였다.

공통활성화지식을 선택한 학생수의 차는 학년간, 성별간, 인지들간 어떠한 경우에도 두 맥락에서 차이를 보이지 않는다([표 3]). 이는 학생들이 실험실과 지구환경의 맥락차가 작은 경우에는 학년,성별, 인지

들간 공통활성화지식에 대한 인식의 차가 크지 않음을 반영한다.

각 공통활성화지식을 살펴 보면, 학년별 성별로는 차이를 보이지 않는다. 인지들 사이에서는 '공기흐름'에 대한 활성화가 과학들은 지구환경에서, 지구들은 실험실에서 증가하여 10%의 유의도를 갖는 차이를 보이고 있다. 이는 과학들학생들에게 지구환경에서의 본지식의 활성화는 문제해결에 긍정적인 영향을 주나, 지구들의 경우는 반대로 실험실에서 크게 활성화되어 문제해결에 부정적인 영향을 줌을 의미한다.

특이활성화지식을 선택한 학생수의 차는 학년간, 성별간 두 맥락에서 차이를 보이지 않는다. 그러나, 과학들과 실험실들사이에서는 실험실들학생들이 실험실에서 활성화가 증가하여 5%의 유의도를 갖는 차를 나타내고 있다([그림1]). 이는 실험실들학생들이 과학들에 비해 실험실맥락에서 실험실 특이의 지식을 활성화하여 문제해결을 하려는 경향을 보여주는 것이다.

전체적으로 볼 때, 본 문항처럼 맥락차가 작은 경우에는 학년이나 성별보다는 인지들이 문제를 인식하는데 차이를 드러내는 요소로 작용하고 있음을 나타내고 있다.

[표 3] 활성화 지식의 항목별, 학생군별 비교(문항 1)

구 분	학 년 별		성 별		인 지 틀 별			
	1학년	2학년	남학생	여학생	과 학	비과학	실험실	지 구
공통 활성화 지식의 합								
공통 활성화 지식	기 압							
	공기흐름					** (E)		* (L)
	누르는 힘							
	방 향							
	중 력							
특이 활성화 지식의 합					**		** (L)	

주) (L); 실험실맥락에서 다수 학생이 선택하여 유의있는 차가 나타난 경우

(E); 지구환경맥락에서 다수 학생이 선택하여 유의있는 차가 나타난 경우

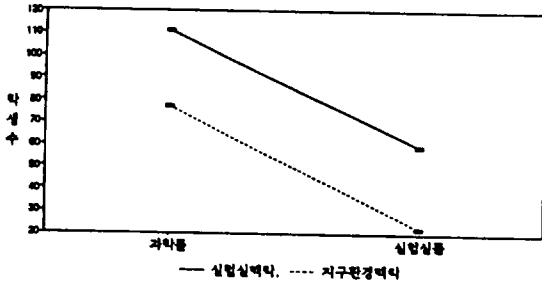
*; χ^2 검증결과 유의도가 10%인 경우

**; χ^2 검증결과 유의도가 5%인 경우

***; χ^2 검증결과 유의도가 1%인 경우

****; χ^2 검증결과 유의도가 0.1%인 경우

2. 단열팽창



[그림 1] 특이 활성화 지식을 선택한 과학들과 실험실틀 학생들의 맥락에 따른 차

공기를 느슨하게 넣어 봉한 고무풍선을 풍선속의 공기압력보다 더 작은 압력을 나타내는 폐쇄된 큰 용기속에 넣으면, 풍선속의 공기는 주변공기에 일을 하게 되므로 내부에너지가 감소하여 공기온도가 떨어지고 부피가 팽창하는 단열팽창이 나타난다. 이를 자연계에서 지표부근의 공기가 상승하면서 나타나는 단열팽창과 대비시켜 문항을 개발하였다.

공통활성화지식과 특이활성화지식은 각각 어떤 학생군 사이에서도 두 맥락에서 유의있는 차를 보이지 않는다([표 4]).

[표 4] 활성화 지식의 항목별, 학생군별 비교(문항 2)

구 분	학 년 별		성 별		인 지 틀 별			
	1학년	2학년	남학생	여학생	과 학	비과학	실험실	지 구
공통 활성화 지식의 합								
공통 활성화 지식	분자갯수					*(L)		*
	분자운동	*(L)	*					
	부 피					*	***(L) *(L)	***(E)
	(반)비례							
	압 력							
	온 도	*	*(E)					
	외부환경							
	힘					****(E) *(E)	*(L)	****(L) *(L)
특이 활성화 지식의 합					**		***(L)	

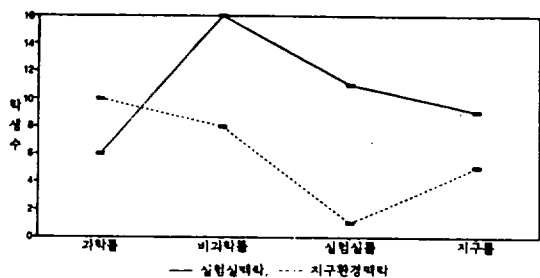
주) [표 3]의 주)내용과 동일함.

공통활성화지식을 개별적으로 살펴 보면, 문항1)에서는 차이를 보이지 않던 학년간의 맥락효과가 나타나고 있다. 각 공통활성화지식중 '(반)비례', '압력' 그리고 '외부환경'은 어떠한 학생군 사이에서도 두 맥락에서 유의있는 차가 없으나, '분자갯수', '부피', '힘'은 인지틀 사이에서, '분자운동', '온도'는 학년간에 유의있는 차를 보여준다. 특히 '힘'은 가장 작은 유의도 값이 인지틀사이에서 나타나 가장 큰 차를

보여주고 있다([그림2]). 이는 공통활성화지식, '힘'이 과학틀학생들은 지구환경맥락에서, 실험실틀학생들은 실험실맥락에서 활성화가 증가하여 문제해결에 긍정적 영향을 미치고 있음을 보여 주는 것이다.

'분자갯수'의 활성화는 지구틀에 비해 과학틀 학생들이 실험실에서 유의있는 차로 선택수가 증가하고 있고, '부피'는 비과학틀 학생들이 과학틀 학생들이나 지구틀 학생들보다 실험실에서 선택수가 증가하여

활성화의 차를 나타내고 있다. 이는 '부피'가 실험실에서 활성화가 커지는 것이 본 문항의 해결에 부정적인 영향을 미치고 있음을 보여준다. '분자운동'은 1학년이 실험실에서 다수의 선택이 나타나 의의있는 차이를 보여주고 있고, '온도'는 2학년이 지구환경에서 선택수가 증가하여 의의있는 차를 나타내고 있다.



[그림2] 공통활성화지식, '힘'을 선택한 학생수의 인지틀에 따른 비교

3.유체내의 압력과 대류

유체의 아래부분을 불균등가열하면 유체의 임의의 수평면상에서 압력이 달라진다. 즉, 가열된 부분의 연직방향에서는 저압, 다른 부분에서는 상대적으로 고압이 나타나기 때문에 대류현상이 일어나게 된다. 용기속의 물을 일정부분에서 가열하는 경우와 해안가에서 지표물질의 비열차로 일어나는 대기의 불균등가열을 대비하여 문항을 개발하였다.

공통활성화지식과 특이활성화지식은 각각 그 활성화가 학년간, 성별간, 인지틀간 두 맥락에서 의의있는 차를 보이지 않는다([표 5]).

공통활성화지식을 개별적으로 고려해 보면, 선택한 학생수는 인지틀, 학년, 성별에 따라 두 맥락에서 의의있는 차가 거의 나타나지 않는다. 그러나, 활성화 지식 '압력'은 여학생이 지구환경에서 남학생보다 큰 활성화를 나타내 의의있는 차를 만들고 있다([그림 3]).

[표 5] 활성화 지식의 항목별, 학생군별 비교(문항 3)

구분	학 년 별		남 녀 별		인 지 틀 별			
	1학년	2학년	남학생	여학생	과 학	비과학	실험실	지 구
공통 활성화 지식의 합								
공통 활성화 지식	높 이							
	상 승							
	압 력			*	*(E)			
	온 도							
특이 활성화 지식의 합								

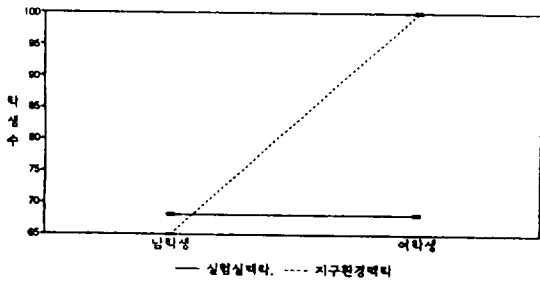
주) [표 3]의 주)내용과 동일함

4.지각평형

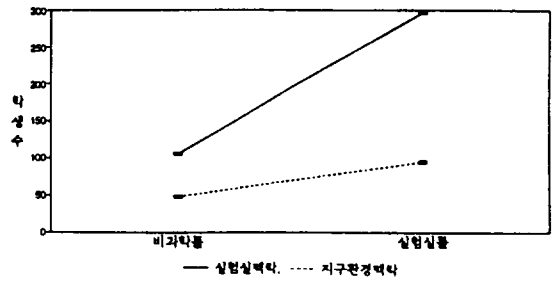
밀도가 작은 물질위에 상대적으로 밀도가 큰 물질이 놓이면 힘의 평형이 깨진다. 용기속의 물위에 나무도막을 올려놓고 윗부분을 자른 경우와 대자연에서 지표가 오랜 세월동안 지각이 많이 침식된 경우를 대비하여 문항을 개발하였다.

표6)을 살펴 보면, 맥락공통의 활성화지식을 선택한 학생수는 남녀학생들 사이에서 맥락간 차가 10%의 유의도를 갖는 차가 나타나고 있다([그림4]).

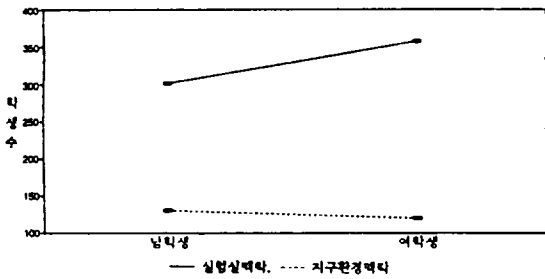
이는 여학생이 남학생보다 실험실맥락에서 큰 활성화를 하기 때문임을 보여준다. 또, 비과학틀과 실험실틀 학생들사이에서도 10%의 유의도를 갖는 차가 나타나고 있는데, 이는 실험실틀학생들이 실험실맥락에서



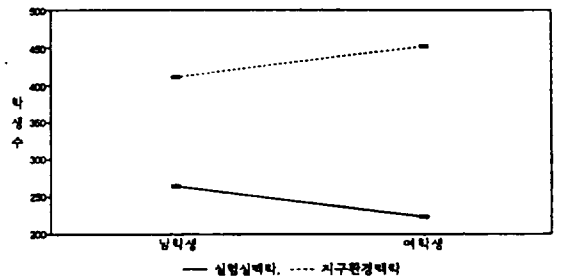
[그림3]공통활성화지식, '압력'을 선택한 학생수의 성별에 따른 맥락차 비교



[그림5]공통활성화지식을 선택한 비과학들과 실험실물 학생수의 맥락차 비교



[그림4]공통활성화지식을 선택한 학생수의 남녀에 따른 비교



[그림6]특이활성화지식을 선택한 학생수의 남녀에 따른 비교

[표 6] 활성화 지식의 항목별, 학생군별 비교(문항 4)

구분	학 년 별		남 여 별		인 지 돌 별			
	1학년	2학년	남학생	여학생	과학	비과학	실험실	지구
공통활성화 지식의 합			*	*(E)		*	*(L)	
공통 지식	무 계		**	** (L)		*	*(L)	
	밀 도	** (L)	**					
	합							
특이 활성화 지식의 합			**	** (E)				

주) [표 3]의 주) 내용과 동일함

맥락공통지식을 긍정적으로 활성화하기 때문에 생각된다([그림5]).

공통활성화지식을 개별적으로 살펴보면, '무게'는 인지틀별과 성별간에, '밀도'는 학년별 두 맥락에서의 유의있는 차가 나타나고 있으나, '힘'은 여타 학생군에 따라 차를 나타내지 못하고 있다.

공통활성화 지식, '무게'는 실험실통학생들이 비과학통학생들 보다 실험실에서 활성화가 증가하여 본 지식이 실험실통학생들의 과학개념이해에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 보여준다. '무게'는 여학생이 5%의 유의도를 갖는 차로 실험실에서 큰 활성화가 나타나고 있다. '밀도'는 학년간 5%의 유의도를 갖는 선택수의 차가 나타나고 있다. 즉, 1학년은 2학년보다 실험실에서 본 지식을 더 많이 선택하여 1학년은 실험실에서 본 지식에 의한 활성화로 문항을 해결하려는 경향을 뚜렷히 보이는 것이다.

특이활성화지식은 활성화의 차가 남녀간에 나타나고 있는데, 여학생이 남학생보다 지구환경에서 특이 지식에 의해 영향을 받고 있음을 보여주고 있다([그

림 6]).

전체적으로 볼 때, 본 문항처럼 맥락차가 매우 큰 경우에는 학년이나 인지틀보다는 성별에 따라 활성화 지식의 차가 나타나고 있다. 이는 학교교육기간이나 그로인해 형성될 것으로 기대되는 인지틀보다는 일상 생활속에서 형성된 남녀의 문화적인 차가 더욱 큰 영향을 미침을 의미한다.

5. 문항간 결과

공통활성화지식은 학년에 따라서는 맥락차에 관계없이 차이를 보이지 않지만 맥락차가 매우 커지면 남녀간 인지틀간 활성화의 차가 유의있게 나타나고 있다([표7]). 즉, 여학생은 실험실맥락에서 맥락공통지식에 대해 큰 활성화를 나타내게 되고, 실험실통학생들은 비과학통에 비해 실험실맥락에서 활성화가 증가하여 실험실맥락에서 공통지식의 활성화가 개념이해에 긍정적인 영향을 미침을 보여준다.

[표 7] 문항의 맥락차 계열과 학생군별 맥락효과

문항의 맥락차 계열		학 년		남 여		인 지 틀			
		1학년	2학년	남학생	여학생	과학통	비과학통	실험실	지구통
공통활성화지식	1								
	2								
	3								
	4			*	*(L)		*	*(L)	
특이활성화지식	1					**		** (L)	
	2								
	3								
	4			**	** (E)				

주) [표 3]의 주) 내용과 동일함

특이활성화지식은 오히려 맥락차가 작은 경우에 맥락효과가 나타나고 있다. 실험실동물학생들은 과학틀보다 실험실맥락에서 특이지식의 큰 활성화를 통해 문항을 해결하려는 경향을 드러내고 있다. 또, 문항의 맥락차가 커지면 성별간 특이지식의 활성화에 차이가 나타나는데, 이는 여학생이 지구환경에서 남학생보다 활성화가 뚜렷히 증가하여 나타난 것이다.

V. 결론 및 논의

상기 결과를 종합적으로 몇가지 결론을 정리하면 아래와 같다.

첫째, 맥락에 따라 활성화되는 학생들의 사전지식에는 차이가 있다. 즉, 공통지식은 실험실맥락에서, 특이지식은 지구환경맥락에서 우세한 활성화를 보이는 맥락효과가 나타나고 있다.

둘째, 학년에 따른 맥락효과는 뚜렷하지 않으나, 인지들사이에서는 실험실틀, 성별사이에서는 여학생이 상대적으로 큰 맥락효과를 받고 있다.

세째, 문항의 맥락차가 증가할수록 활성화지식의 맥락효과가 증가하는 경향을 보인다.

네째, 문항의 맥락차가 증가함에 따라 인지틀보다는 성별에 다른 맥락효과가 증가하는 경향이 나타난다.

다섯째, 특이활성화지식은 오히려 맥락차가 작은 문항에서 맥락효과를 보이고 있다.

본 연구에서는 맥락을 구성하는 요소를 세가지로 정의함으로써 각 개념틀별로 두 문항이 나타내는 맥락차 크기순위를 구하려는 시도를 하였다. 이 때, 정의된 맥락요소에 대해 몇가지 문제점을 논의 하고자 한다.

첫째 요소인 맥락에 나타나는 물체의 접근 조작가능성과 둘째요소로 변화가 일어나는 시간 공간적 크기는 서로 확고한 독립성을 확보하는데 논란이 있을 수 있다. 즉, 맥락의 시 공간적인 크기가 커지면 관심대상이 되는 현상의 관측가능성이 작아지게 되고, 결국 접근 조작가능성이 작아지게 되는 경향이 나타나서 다소 중속적인 요소를 배제할 수 없다는 점이다. 또 세번째 맥락요소로 정의한 문제해결에 필요한 주개념을 이루는 관련내용속에 포함되는 부개념의 갯수나 복잡성이 개인에 따라 다양한 수준에서 정의가능하기 때문에 객관성이 다소 부족하다는 점이다.

본 연구의 결과는 실험실맥락에서는 옳은 답을 하

지만, 지구환경맥락에서는 실패한 학생들이 가장 큰 맥락효과를 보여 주고 있다. 즉, 실험실동물 학생들은 실험실맥락과 지구환경맥락에서 나타나는 활성화지식이 다른 인지틀 학생보다 상대적으로 차이가 크다는 것으로, 실험실동물학생들이 두 맥락에서 인지구조상 상대적으로 커다란 차이를 보이는 활성화 경로를 가지고 있어서 지구환경으로의 개념전이가 어렵다는 것을 추정할 수 있다. 즉, 그들은 맥락에 따라 이원화된 인지구조를 보유하고 있으며, 실험실맥락과 지구환경 맥락을 통합하는 연결고리를 찾지 못하고 있다고 판단된다. 따라서, 두 맥락간 연결고리는 인지구조상의 어떤 부분이며, 그 연결고리는 어떤 의미를 갖는가를 밝히는 것이 근본적으로 중요한 문제가 된다.

또, 맥락공통의 활성화지식은 문항의 맥락차가 큰 경우에만 맥락효과를 유발시키고 있다. 즉, 학생들은 과학개념이 실험실과 지구환경에서 맥락차가 크게 제시될 때, 맥락공통의 지식이 인지구조를 활성화 시키는데 차이가 큼을 보여준다. 이러한 현상은 실험실에서 학습한 개념이 쉽게 자연현상으로 전이되기 어렵다는 것으로 해석된다. 한편 이것은 학년보다는 성별에 따라 심하게 나타나는 것으로 보아 학년이 진행되면서 실시되는 형식적 학교수업의 영향보다는 일상생활속에서 남녀에 따라 경험하게 되는 생활의 차, 문화의 차에서 비롯된 것으로 판단된다.

맥락특이의 활성화지식은 오히려 맥락차가 가장 작게 제시된 개념의 경우, 인지틀사이에서 맥락효과가 나타나는 점이 주목된다. 두 맥락차가 적다는 것은 지구환경맥락요소들이 비교적 경험의 대상이 될 수 있다는 의미를 띠므로 학생들의 일상생활 경험이 학생들의 인지구조를 변별시키는 작용을 하기 때문으로 판단된다. 한편 위와 같은 현상은 특이 활성화지식이 맥락차가 커질수록 인지틀에 따라 두 맥락에서 선택되는 차이가 없어지는 것을 반증하는 것이고, 맥락차가 큰 문항에서는 지구과학개념을 이해하는데 학생의 인지틀의 유형과는 관련이 별로 없다. 또 특이지식은 공통지식에 비해 학년보다는 남녀에 따른 차이가 맥락차가 큰 문항에서 더욱 뚜렷히 나타나고 있어, 남녀에 따른 경험의 차가 미치는 영향이 공통지식보다 특이지식에 크다는 것을 보여주는 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 과학개념의 학습과정에서 실험교육이 가진 여러 장점에도 불구하고 유의해야 할 맹점이 있음을 시사하고 있다.

일반적으로 과학교육에서 실험교육은 교실 등 제한

된 시간, 공간적 상황으로 비교적 간단한 도구 등을 조작할 수 있는 통제된 맥락에서 수행되어 왔고, 그 결과를 거의 무한한 크기로 까지 확대되는 자연현상으로 개념이 전이되기를 기대하여 왔다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구는 현상이 나타나는 맥락의 차가 달라지면, 동일한 개념임에도 불구하고 여러가지 맥락요소에 의해 개념이해의 차를 보인다는 것을 밝혀 주고 있다. 특히 실험실에서는 올바른 개념이해를 한다고 판단되는 학생들이 지구환경맥락에서의 반응은 맥락차로 인한 맥락효과를 크게 나타내어, 실험실에서의 올바른 개념이해가 지구환경에서의 개념이해를 항상 용이하게 할 수 있는 것은 아님을 보여주고 있다.

또, 이러한 현상은 남학생보다는 여학생에서 심하게 나타나고 있어 여학생의 지구과학교육에는 맥락차를 고려한 수업전략이 한층 더 요구된다고 사료된다.

결국, 지구과학의 개념들인 '맨틀', '지각', '지층', '항성', '오존층' 등과 같은 것은 일상생활의 경험세계를 뛰어넘는 경우가 많으므로 지구과학개념은 학습과제의 맥락이 클 경우, 초보자의 입장에서는 실사성(substantiveness)과 구속성(nonarbitrariness)이 부족한 경우가 많다. 따라서 실험실맥락에서 지구환경으로의 개념전이를 위해서는 일상생활이나 간단한 야외실습등을 하거나, 관련분야의 사진 등의 제시를 통해 선행조직자(advanced organizers)의 역할을 강화시켜, 두 맥락간 변별성을 인식시키는 수업전략수립이 선행되는 것이 바람직하다고 판단된다.

참고문헌

이명제(1993). 지구과학 문제해결에서 실험실맥락과 지구환경맥락에 따른 활성화지식과 사고유형의 차이. 서울대학교 박사학위논문.

Ault, C.R., Jr.(1989). Problem solving in earth science education. In D. Gabel(ed.), (35-49). What research says to the science teacher, vol.5: Problem solving. Washington, D.C.:NSTA

Bar, V.(1987). Comparison of the development of ratio concepts in to domains. Science education, 71(4), 599-613.

Bernstein, R.J.(1983). Beyond objectivism and relativism. Philadelphia :University of Pennsyl-

vannia.

Clough, E.E., & Driver, R.(1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. Science Education, 70(4), 473-496.

Collins, A. M., & Loftus, E. R.(1975). A spreading-activation theory of semantic processing. Psychological Review, 82, 407-428.

Holland, J. K., Holyoak, K. F., Nibett, R. E., & Thagard, P.R.(1986). Induction: Process of inference, learning and discovery. MIT.

Kuhn, D., & Brannock, J.(1977). Development of the isolation of variables scheme in experimental and "natural experiment" contexts. Developmental Psychology, 13(1), 9-14.

Laudan, R., (1987). From mineralogy to geology. The foundation of science, 1650-1830, Chicago: The University of Chicago.

Linn, M.C.(1982). Theoretical and practical significance of formal reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 19(9), 727-742.

Linn, M.C.(1983). Content, context, and process in reasoning during adolescence: Selecting a model. Journal of Early Adolescence, 3 (1-2), 63-82.

Linn, M.C., Pluos, A., & Gans, A.(1981). A correlates of formal reasoning :Content and problem effects. Journal of Research in Science Teaching, 18(5), 435-447.

Linn, M.C., & Swiney, J.F.(1981). Individual differences in formal thought: Role of expectations and aptitudes. Journal of Educational Psychology, 73(2), 274-286.

McCloskey, M., & Kohl, D.(1983). Naive physics: The curvilinear impetus principle and its role in interactions with moving objects. Journal of Experimental Psychology, 9(1), 146-156.

Milner, M.C.(1987). Why teach science and why to all? In J.Nellist, & B.Nicholl(Eds.), ASE science teachers' handbook. London.

Rogaff, B., & Lave, J.(1984). Everyday cognition: Its development in social context. Harvard University. Cambridge, Mass

Saunders, W.L., & Jesunathadas, J. (1988). The effect of task content upon proportional reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 25(1), 59-67.

Shuell, T.J. (1986). Cognitive conceptions of learning.

Review of Educational Research, 56(4) 411-436.

Wagner, R. K., & Sternberg, R. J. (1984). Alternative conceptions of intelligence and their implications for education. Review of Educational Research, 54(2), 179-223.

(ABSTRACT)

The Differences in Knowledges Activated in Laboratory and Earth Environmental Contexts

Four science concepts were selected from high school earth science textbook to investigate the differences in students knowledges activated in laboratory and earth environmental contexts. Two items, one is for laboratory and the other for earth environmental contexts, were developed for each selected concept.

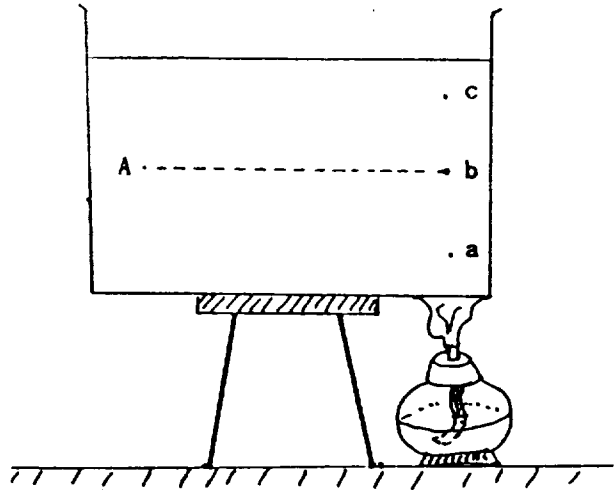
Students' responses were analyzed in terms of 'Common Activated Knowledges' (CAK), 'Specific Activated Knowledges' (SAK) across students' cognitive frames, grades and sexes.

As contextual differences of the problems increased, gender contributed more than other variables to the frequencies of activating CAK and SAK. Context effects were also reported across cognitive frames for CAK, but SAK became more activated when the contextual differences of the items become smaller. As a whole, students with laboratory cognitive frames showed more significant context effects than others. Students in 11th grade, with scientific frames and with earth science cognitive frames showed relatively small context effects.

The results of the study showed that science concepts learned in a laboratory context are not usually transferred spontaneously to earth environmental contexts. Special instructional strategies should be developed to overcome the context effects.

[부 록]

3. 그림은 물이 들어 있는 그릇을 알콜램프로 가열하고 있는 단면도이다. A위치의 물의 압력과 같은 압력을 나타내는 위치는?



(1). 위 문제를 푸는데 가장 필요하다고 생각하는 것은 무엇입니까? 아래에서 세가지를 골라 중요한 순서대로 () 안에 기호를 써 주시기 바랍니다. 아래에 당신이 필요하다고 생각한 항목이 없으면, [] 안에 적어 넣기 바랍니다.

- ㉔ 높이 ㉕ 상승 ㉖ 수평 ㉗ 순환
- ㉘ 압력 ㉙ 열 ㉚ 위(아래)

1. () 2. () 3. ()
 1. [] 2. [] 3. []

(2). 같은 압력을 나타내는 위치는 어디라고 생각하십니까?

- ① a ② b ③ c

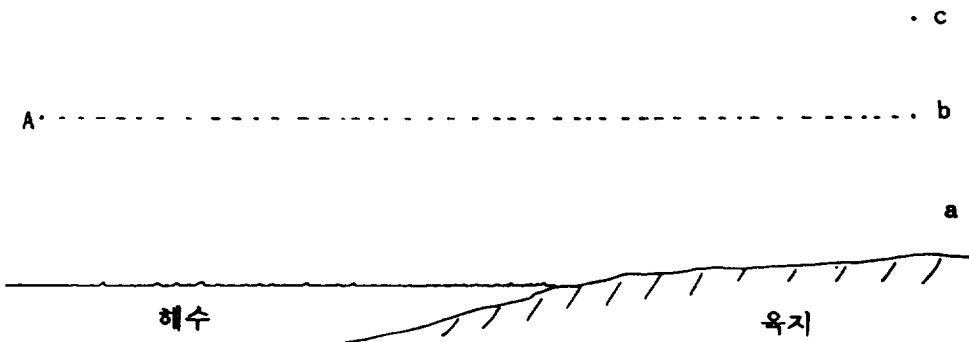
(3). a, b, c 중 압력이 가장 큰 곳은?

- ① a ② b ③ c

(4). A 지점의 온도와 가장 비슷한 값을 나타내는 지점은?

- ① a ② b ③ c

3. 그림은 맑은 날 낮에 햇빛을 받고 있는 바닷가를 그린 단면도이다.



A 위치에서의 공기압력과 같은 압력을 나타내는 위치는?

(1). 위 문제를 푸는데, 가장 필요하다고 생각하는 것은 무엇입니까? 아래에서 세가지를 골라, 중요한 순서대로 () 안에 기호를 써 주시기 바랍니다. 아래에 당신이 필요하다고 생각한 항목이 없으면, [] 안에 적어 넣기 바랍니다.

- ㉠가열속도 ①낮 ②높이 ㉡바람 ③상승 ㉢압력 ④온도 ㉣해수(면)

1.() 2.() 3.() 1. [] 2. [] 3. []

(2). 같은 압력을 나타내는 위치는 어디라고 생각합니까?

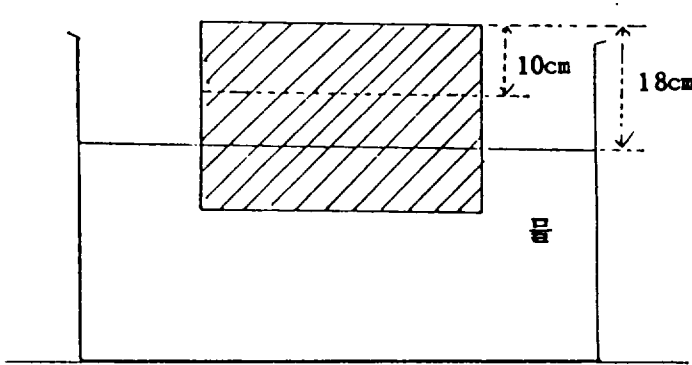
- ① a ② b ③ c

(3). a, b, c 위치 중 가장 기압이 큰 곳은?

- ① a ② b ③ c

(4). A 지점의 기온과 가장 비슷한 기온을 나타내는 곳은?

- ① a ② b ③ c



4. 물이 들어 있는 그릇속에 나무도막이 있다. 윗 부분 높이 10cm를 잘라 버린다면, 수면밖으로 나온 나무도막의 높이는 어떻게 될까?

(1). 위 문제를 푸는데, 가장 필요하다고 생각하는 것은 무엇입니까? 아래에서 세가지를 골라, 중요한 순서대로 () 안에 기호를 써 주시기 바랍니다. 아래에 필요하다고 생각한 항목이 없으면, [] 안에 적어 넣기 바랍니다.

- ㉠무게 ⑥밀도 ㉡부력 ①비중 ㉢힘

1.() 2.() 3.() 1. [] 2. [] 3. []

(2). 수면밖으로 나온 나무도막의 높이는 몇cm가 될 것이라고 생각 하십니까?

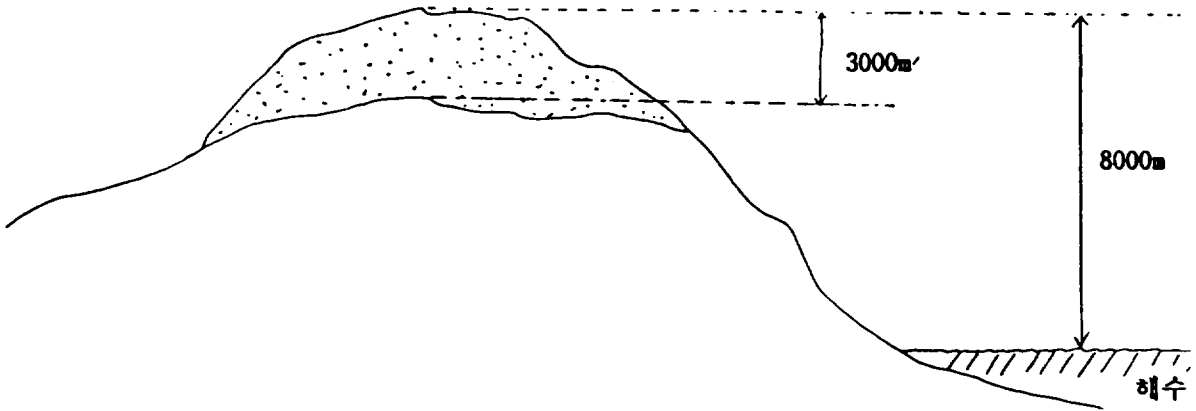
- ① 8cm보다 낮다. ② 8cm이다. ③ 8cm보다 높다.

(3). 같은 부피의 나무도막과 물은 어느 쪽이 더 무거울까?

- ① 나무도막 ② 물 ③ 같다

(4). 나무도막이 잘라진 후, 물에 잠긴 나무도막의 밀은 어떻게 될까?

- ① 올라간다 ② 내려간다 ③ 변화없다



4. 해발 8000m 산의 정상부분 3000m가 오랜 세월동안 침식되어 육지 위 다른 곳으로 운반되었다. 그동안 해수의 양이 변화가 없다면, 산의 높이는 어떻게 될까?

(1). 위 문제를 푸는데, 가장 필요하다고 생각하는 것은 무엇입니까? 아래에서 세가지를 골라, 중요한 순서대로 () 안에 기호를 써 주시기 바랍니다. 아래에 당신이 필요하다고 생각한 항목이 없으면, [] 안에 적어 주시기 바랍니다.

- ㉞ 높이
- ㉟ 무게
- ㊱ 밀도
- ㊲ 상승
- ㊳ 지각변동
- ㊴ 지구내부
- ㊵ 질량
- ㊶ 침식
- ㊷ 해수
- ㊸ 힘

1. () 2. () 3. ()
 1. [] 2. [] 3. []

(2). 산은 해발 몇 m가 될 것이라고 생각하십니까?
 ① 5000m보다 낮다. ② 5000m이다. ③ 5000m보다 높다.

(3). 같은 부피의 지각물질과 맨틀물질중 어느쪽이 더 무거운가?
 ① 지각 ② 맨틀 ③ 같다

(4). 산정상이 3000m 침식된 후, 지각과 맨틀의 경계선은?
 ① 내려간다 ② 변화없다 ③ 올라간다