

예비 초등교사들의 열과 온도에 대한 개념 분석

고한중 · 백성혜*
(전주교육대학교) · *(한국교원대학교)

Analysis of Conceptions of Heat and Temperature of the Pre-service Elementary School Teachers

Koh, Han-Joong · Paik, Seung-Hey*
(Chonju National University of Education) · *(Korea National University of Education)

ABSTRACT

This study identified concepts of heat and temperature. The study was conducted by 200 pre-service elementary school teachers at J-university. The questionnaire consisted of 11 multiple choice questions regarding equilibrium of heat, amount of heat, conduction, and radiation. The questions were designed to provide reasons based on answers. The results showed a misconception about the direction of heat transfer. A large percentage of individuals surveyed believed temperature was a measure of heat and also thought heat to be an element. They were not able to distinguish between conceptions of heat and conceptions of temperature.

key words: elementary, pre-service teacher, heat and temperature, preconceptions

I. 서론

오래 전부터 인류는 보다 나은 삶을 영위하기 위해 학습활동을 해왔고 또한 이것을 중시해왔다. 학습활동의 대부분은 개념학습이거나 또는 그와 아주 밀접한 관련이 있기에 개념학습은 학교 수업활동의 핵심이 된다. 그것은 단순한 명칭이나 지식의 획득 뿐 아니라 문제해결 능력과 고등 정신기능의 발달에 전제조건이 되므로 아주 중요한 것이다(권난주, 1994). 또한 학생은 그들을 둘러싸고 있는 문화와 언어, 다른 사람들과의 상호작용에 의해 개념이 형성되고 이것은 과학학습에 영향을 줄뿐만 아니라 학습을 통해 그들 특유의 체제를 발달시켜 나가기 때문에 다음단계의 관련 학습에도 영향을 주게 된다(Osborne & Bell, 1983). 또한 개념연구는 학습 경험의 제시방법, 표현

양식, 구성, 수업전략의 고안에 시사점을 줄수 있다(김도숙, 1991).

그러므로 교수학습에 있어서 학습주제에 관련된 개념에 대하여 학생들이 어떤 생각을 가지고 있는가를 알아보는 것은 학습의 초석으로 대단히 중요하다고 생각한다. 그런데 학생의 개념구조는 과거의 경험을 통해서 동화되어 다른 형태로 발달하므로 개인적 차이가 생기기 마련이다.

Ausubel 등(1978)이 말한 것처럼 이미 가지고 있는 개념구조에 동화되는 과정에서 개념을 똑바로 이해하지 못한 결과로 오개념이 쌓인다면 그 학습은 진정한 의미의 학습이 될수 없다. 그러나 현장에서는 이를 얼마나 중요시하여 정확하고 성심성의껏 가르쳤는지 의문이 생긴다. 여전히 지식전달에 치우친 학습이 행해지고 있고, 과정보다도 결과를 우선시하는

학습, 이해보다는 암기를 위주로 하는 수업이 행해지고 있다.

학습자의 자발적인 활동을 강조하고 있는 현 사회에서 교사는 더 이상 일방적인 지식의 전달자가 되어서는 안된다. 학습의 경험을 통해 과학자적 의미를 재구성할 수 있게 도와주는 조력자의 위치에 서야한다. 이에 교사의 역할이 어느 때보다도 중요하다. 하물며 예비교사들도 예외의 대상이 아니며 그 준비과정에서 보다 더 확실하고 체계적으로 학습내용을 습득, 발전시킬수 있는 능력을 길러 놓아야 한다. 더 나은 학습효과를 거두기 위한 필수 조건중의 하나가 교사들로부터 오개념 없는 수업을 이끌어 가야 한다.

열과 온도에 관련된 선행연구는 Erickson(1979: 1980), Driver 등(1985), Engel-Clough와 Driver(1985), Sciarretta 등(1990), Linn과 Songer(1991), 권기태(1993), 전우수(1993), Lewis와 Linn(1994), 신미라(1999), Harrison 등(1999), Jones 등(2000) 그리고 최행숙(2001)등에 의해 꾸준히 국내외에서 이루어지고 있다.

열과 온도에 관련된 개념은 화학, 물리, 생물 등 자연과학의 기초가 되는 부분을 차지한다고 볼수 있다. 하지만 위의 연구자들의 보고에 의하면 열과 온도에 대하여 초등학생 뿐 아니라 중, 고등학생, 대학생, 그리고 과학교사들 까지도 다양한 오개념을 가지는 것으로 나타나고 있다.

교사는 아동들을 가르치기 이전에 우선 열과 온도에 대한 개념을 제대로 인식하고 있어야 한다. 본 연구는 예비 초등교사들의 열과 온도에 관련된 오개념의 유형을 조사하고 이를 분석하여 초등교사를 양성하는 교육대학에서 열과 온도에 대한 효과적인 수업을 하기 위한 자료를 제공함에 그 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

피험자는 전주에 소재하고 있는 J교육대학교 3학년 학생을 대상으로 하였다. 검사에 소요되는 시간은 50분 정도였으며 시간이 모자라서 서술하지 못하는 경

우는 없도록 하였다. 230명에게 설문을 실시하였으며 회수된 것 중 올바른 분석이 가능하다고 판단되는 답을 한 200명의 답지를 정답률과 개념유형을 분석하였다.

2. 검사도구의 개발

연구에 투입한 설문지는 먼저 1차로 J교육대학교 3학년 30명을 대상으로 열과 온도에 대한 서술형 설문을 실시하고 5명을 면접 조사를 하여 학생들의 사고 유형에 대하여 조사하였다. 이 조사를 토대로 하여 설문지를 작성하였으며 일부 문항은 선행연구 문항을 수정 보완하였다(권기태, 1993; 신미라, 1999). 작성한 설문지는 J교육대학교 3학년 학생 10명에게 투입하여 예비 검사를 하였으며, 그 결과를 토대로 학생들에게 알맞은 문항 수와 표현 방법, 질문의 내용을 수정하여 과학 교육 전문가 2인과 관련 학과 대학원생 10인에게 의뢰하여 내용 타당도를 검증 받았다.

각 문항은 정답을 선택한 후 그 이유를 진술하는 방식으로 구성하여 정답만을 선택하는 방식보다는 학생들의 생각을 더 구체적으로 알 수 있게 하였다. 또한 예비초등교사들의 개념형성 정도를 보다 자세하게 알아보기 위해 일부학생을 대상으로 개인면접 조사를 실시하였다.

3. 자료처리 및 분석방법

본 연구의 목적을 달성하기 위해 얻어진 자료는 다 음과 같은 방법으로 처리 분석하였다. 예비초등교사들의 열과 온도에 대한 생각을 알아보기 위해 총 11 문항을 제시하였다. 문제 형식은 선택 후 설명식으로 되어있는데, 객관식 선택은 그 경향을 알아보기 위해 비율로 나타내었으며 이유 진술은 유형별로 분석하여 학생들이 가지고 있는 과학적 개념과 오개념의 유형에 따른 원인을 살펴보았다.

4. 연구의 제한점

본 연구는 J 교육대학교 3학년 학생들만을 대상으

로 하였음으로 전체 예비 초등교사들의 열과 온도에 대한 개념분석 결과로 일반화 할 수 있기 위해서는 보다 더 확장된 연구 필요하다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

문제 1. 본 문제는 80°C의 물 100ml를 10°C의 물 100ml로 식히는 가장 좋은 방법을 묻는 것이다. 문제 1의 이유진술은 표 1과 같다. 정답은 '(가) 80°C의 물을 식힌 후 10°C의 물을 넣는 경우가 빨리 식는다'이다. 어떤 물질에서 다른 물질로 열이 전달되어 가는 속도는 양쪽의 온도 차이가 클수록 빠르다. 따라서 뜨거운 물을 그대로 놓아두고, 공기와의 온도차가 큰 상태로 식히는 (가)의 경우가 처음에 10°C의 물을 넣고 온도 차이를 적게하는 경우보다 단위시간 내에 잃는 열이 많게 된다. 여기에서 주의할 점은 (가)의 경우가 (나)보다 열을 많이 잃게 되는 것이 아니라는 것이다. 일정 온도까지 식힐 때 잃는 열의 양은 (가)와 (나) 모두 같다. 단지, 단위시간 내에 열을 많이 잃는 방법이 (가)인 것이다. 또한, 열의 이동은 이 상태에서 어떠한 변화도 없다고 가정한다면 낮은 쪽으로만 일방적으로 흐르는 비가역 반응이다. 이 경우에도 80°C에서 낮은 온도로 열이 이동하는 것이지 10°C에서 80°C의 물 쪽으로 열이 이동하지는 않는다.

표 1에 의하면 '㉠ (가) 80°C의 물을 식힌 후 10°C의 물을 넣는 경우가 빨리 식는다'로 바르게 답한 학생이 33%로 비교적 낮은 정답률을 보이고 있다. 정답을 선택한 학생중에 '실온과의 온도 차이를 크게 하였을 때가 빨리 식기 때문으로'라고 바르게 설명한 경우가 19.5%로 나타났다. 그 외에 '적은 양의 물을 식히는 것이 빨리 식으므로' (7%), '물을 먼저 식히는 것이 대기 중으로 열을 많이 빼앗기므로' (1.5%), '온도가 높을수록 불안정하여 빨리 식는다' (0.5%), '온도가 높을수록 수증기 운동량이 활발해지기 때문에' (0.5%), '부피가 작으면 열용량이 작고 따라서 빨리 식는다' (0.5%)라고 설명하였다.

'㉡ (나) 80°C의 물에 10°C의 물을 넣은 후 식힌다'라고 답한 학생이 52%로 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이 경우에 '온도 차이가 클수록 평형화 온도에

빨리 도달하고, 결국 평형화 온도가 낮아지기 때문' (17.5%)이라고 대답한 경우가 가장 많았는데, 이렇게 생각한 이유는 실온과의 온도 차이를 생각한 것이 아니고 단순히 10°C와 80°C 사이에 온도차이를 생각하였기 때문으로 여겨진다. 80°C의 물에 10°C물을 섞으면 식어진 물과 외부(상온)와의 온도차가 작아지게 되므로 보다 느리게 식게되는 것이다. 또한 'Q=cmt에서 온도가 높기 때문에' (14%)이라고 대답한 경우도 많은 편이었다.

문제 2. 본 문제는 100°C로 서로 같은 온도의 구리 막대와 유리막대를 5분 정도 서로 접촉시킨 후 두 막대의 온도가 어떻게 되겠는가를 묻는 문제다. 열의 이동은 온도에만 영향을 받는다. 따라서 외부로의 열 손실이 없을 때 두 막대의 온도가 모두 100°C이기 때문에 열평형 상태에 도달하여 열의 이동은 없다. 문제 2의 이유진술을 분류하면 표 2와 같다.

2번 문제의 정답은 '㉤ 두 막대의 온도가 같기 때문에 두 막대의 온도 변화는 없을 것이다'이며, 이렇게 답한 학생은 43%이다. 정답을 한 학생 중에 바르게 설명한 경우는 다음과 같다. '열의 이동은 두 물체의 온도가 다를 때만 일어난다' (31.5%), '이미 열평형이 이루어진 후이므로 열의 이동이 없다' (4.5%)등으로 설명하였다. 이외에 '열의 이동은 재질과는 무관하며 온도와 관계가 있다' (0.5%)이다. 앞의 내용을 분석해보면 열평형과 온도평형을 같은 것으로 생각하는 것으로 여겨진다.

문제 3. 본 문제는 뜨거운 커피를 빨리 식히는 방법을 묻는 문제다. 문제 3의 이유 진술을 분류하면 표 3과 같다. 본 문제의 정답은 '㉢ 5분 정도를 기다렸다가 차가운 우유를 넣는다'이다. 식는 것과 식혀주는 물체사이의 온도차에 의해 냉각속도가 결정된다. 즉, 온도차가 클수록 식는 빠르기의 정도가 크기 때문에 처음에 우유를 넣어 온도차를 작게 하면 시간당 발열량이 적어서, 결국 전체적으로 식는속도가 느려진다.

표 3에 의하면, '㉢ 5분 정도를 기다렸다가 차가운 우유를 넣는다'라고 바르게 답한 학생은 34.5%로 비교적 낮게 나타났다. 이렇게 바르게 답한 학생이

표 1. 문제 1의 개념 유형별 빈도 표 (80°C의 물 100ml를 10°C의 물 100ml로 식히는 가장 좋은 방법은?)

답지	응답 이유	빈도 (명)	계 (%)
	실온과 온도 차이를 크게 하였을 때가 빨리 식기 때문에 ○	39	
	적은 양의 물을 식히는 것이 빨리 식으므로	14	
	물을 먼저 식히는 것이 대기 증으로 열을 많이 빼앗기므로	3	
*①	온도가 높을수록 불안정하여 빨리 식는다.	1	66
	온도가 높을수록 수증기 운동량이 활발해지기 때문	1	(33)
	부피가 작으면 열용량이 작다.	1	
	상온에서 물이 식었기 때문	1	
	무응답	6	
	온도 차이가 클수록 열의 이동이 빨라져 빨리 식음	17	
	온도 차이가 클수록 평형화 온도에 빨리 도달하고, 평형화 온도가 낮아지기 때문에	35	
	열은 온도에 비례하므로	4	
	온도가 높을수록 식는 속도가 느리기 때문에	1	
②	평형화된 온도가 (가)5°C (나)35°C로 (나)가 더 높으므로	15	104
	Q=cmt에서 온도가 높기 때문에	28	(52)
	온도가 높으면 열을 흡수하므로	1	
	온도가 곧 열이기 때문에	1	
	무응답	2	
	Q=cmt에서 비열 질량 온도의 변화가 (가)와 (나)가 모두 동일하기 때문에	4	
	온도의 차이가 (가)와 (나) 모두 10°C로 동일하기 때문에	9	
③	질량과 온도의 변화량이 같으므로	1	19
	비열과 온도의 변화량이 같으므로	2	(9.5)
	무응답	3	
	평형화에 도달하는 시간을 모르기 때문에	5	
	열평형 온도는 다를 수도 있고 같을 수도 있기 때문에	2	
④	온도와 (가)와 (나)에 포함된 열의 양 사이가 관계가 없기 때문에	1	11
	열은 크기가 아니라 흐름이므로	1	(5.5)
	열과 온도의 개념이 동일하지 않기 때문에	1	
	Q=cmt에서 c와 m은 동일하나 (가)와 (나)의 열의 손실은 다를 수 있다	1	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 30°C의 물을 식힌 후 10°C의 물을 넣는다. ② 80°C의 물에 10°C의 물을 넣는다. ③ ①의 경우나 ②의 경우가 같다. ④ 기타
 2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

표 2. 문제 2의 개념 유형별 빈도 표 (100°C로 서로 같은 온도의 구리막대와 유리막대를 5분 정도 서로 접촉시킨 후 두 막대의 온도가 어떻게 되겠는가?)

답지	응답 이유	빈도(명) 계(%)
①	고온에서 저온으로 열이 이동하니까	1
	열전도율이 크면 열의 이동이 빠르며 따라서 구리막대의 온도가 더 높아진다	7
	열전도율이 큰 구리막대가 유리막대의 열을 빼앗아 감	4
	열전도율이 큰 구리막대의 온도변화가 크므로 유리막대보다 더 높아진다	6
	열전도율이 낮은 유리막대는 금방 식기 때문에	1
	구리막대의 비열이 더 작으므로 구리막대의 온도가 더 높다	1
	구리막대가 복사를 더 잘하기 때문에 구리막대의 온도가 더 높다	1
	무응답	2
②	우리는 열전도율이 작아서 온도를 높이는데 오래 시간이 걸리지만 열을 잘 뺏기지 않으니까	5
	열평형으로 구리막대의 열이 이동	5
	유리막대가 열전도율이 작으므로 손실되는 열이 적다	15
	열전도율이 큰 구리막대는 더 빨리 식을 것이다	2
	유리막대가 열전도율이 작으므로 상대적으로 빼앗기는 열이 많다.	4
	구리막대의 열전도율이 더 크기 때문에 구리막대의 열이 유리막대로 더 빨리 이동하기 때문	2
	구리의 열용량이 작기 때문에 쉽게 식는다	1
	열전도율이 큰 구리가 열 흡수율이 크므로 온도가 더 낮아진다	1
무응답	3	
③	유리보다 구리가 열용량이 크기 때문에 구리의 온도를 높인다	10
	처음에는 온도가 같다가 시간이 지나면서 비열차이에 의해 구리막대의 온도가 먼저 떨어진다	1
	비열이 큰 구리가 더 빨리 식는다	4
	비열이 작은 구리 쪽으로 열이 이동한다	1
	비열이 클수록 온도변화가 적다. 비열이 큰 유리의 온도가 더 높다	1
	구리막대는 열용량이 작으므로 열을 쉽게 내준다	1
무응답	4	
④	$Q = cmt$ 에서 비열이 작은 구리막대의 온도가 더 높아진다	9
	비열이 작을수록 온도변화가 크므로 열을 빨리 흡수한다	13
	열용량이 작은 유리막대에서 열용량이 큰 구리막대 쪽으로 열이 이동함	8
	구리막대를 100°C 되게 하는데 많은 시간이 걸린다	1
	또한 쉽게 온도가 떨어지지 않으므로 구리막대의 온도가 더 높다	1
*⑤	온도평형을 이루기 때문에 온도변화가 없다	2
	열의 이동은 두 물체의 온도가 다를 때만 일어난다 ○	63
	이미 열평형이 이루어진 후이므로 열의 이동이 없다 ○	9
	열전도율의 속도만 차이가 있을 것이다	1
	같은 열량을 가지기 때문에 열량의 이동이 없다	4
	열은 이동은 재질과는 무관하며 온도와 관계가 있다	1
무응답	6	
집단 인원수		200

1. 답지 내용. ① 열전도율이 큰 구리막대의 온도가 더 높아진다. ② 열전도율이 작은 유리막대의 온도가 더 높아진다. ③ 열용량이 큰 구리막대의 온도가 더 높아진다. ④ 열용량이 작은 유리막대의 온도가 더 높아진다. ⑤ 두 막대의 온도변화가 없으므로 온도가 같다. ⑥ 기타

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

표 3. 문제 3의 개념 유형별 빈도 표 (뜨거운 커피를 빨리 식히는 방법은?)

답지	응답 이유	빈도 (명)	계 (%)
①	온도가 높을수록 방출에너지가 크므로 차가운 것을 섞는 것보다는 그냥 두는 것이 낫다	1	1 (0.5)
	차가운 우유를 부어 전체적인 온도를 한꺼번에 낮추고 식히는 것이 빠르다	15	
	뜨거운 열이 차가운 우유 쪽으로 쉽게 이동하여 온도가 내려간다	4	
	평형온도가 이루어진 후 더 빨리 식는다	3	
②	온도차가 많이 나야 열평형에 다다른 시간이 빠르다	14	45 (22.5)
	물질의 양이 많을수록 더 많은 면적이 상온에 노출되기 때문에 더 빨리 식는다	1	
	차가운 것이 아래로 뜨거운 것이 위로	1	
	무응답	7	
	질량이 작으면 열도 빨리 방출된다	9	
	빨리 식는 것은 주변과의 온도 차이가 많이 나야 할때다 ○	53	
*③	공기 중에 열을 방출 할 수 있기 때문에	2	69 (34.5)
	혼합물인 경우가 더 천천히 식는다	1	
	경험에 의해서	2	
	무응답	2	
	우유의 양이 적어야 커피와 잘 섞이게 된다	6	
	여러 번 나누어 찬 우유를 부으면 열평형이(낮은 쪽으로) 계속해서 일어나므로	39	
	적은 양일수록 좀더 빨리 열을 잃으므로	6	
	상온보다 차가운 우유가 커피와의 온도차이가 커서 열이 쉽게 이동한다	4	
	대류현상이 적당히 빨리 일어나 쉽게 식음	1	
④	질량변화가 갑자기 커지면(Q = cmt) 온도 변화가 작아진다	1	75 (37.5)
	열의 방출이 빠르므로	3	
	양과 상관없이 찬 우유가 내려갈 때마다 온도를 낮춰준다	1	
	우유를 조금씩 부으면 커피와 우유가 접촉하는 면적이 더 많아짐	1	
	경험상	3	
	무응답	10	
	식는데 시간차가 거의 없을 것이다	3	
⑤	커피가 물에 녹는 과정은 흡열반응이니까 뜨거운 커피에 커피를 더 넣는다	2	10 (5)
	무응답	5	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 상온에 그대로 둔다. ② 차가운 우유를 붓고 기다린다. ③ 5분 정도 기다렸다가 차가운 우유를 넣는다. ④ 차가운 우유를 여러번 나누어 넣는다. ⑤ 기타

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

적게 나타난 것은 뜨거운 커피와 상온 사이의 온도차를 고려하지 못하였기 때문이라 여겨진다. 정답을 선택한 학생 중에 '빨리 식는 것은 주변과의 온도 차이가 많이 나야 할 때다'라고 바르게 설명한 학생은 26.5%였다. 그 외에, '질량이 작으면 열도 빨리 방출된다'(4.5%), '공기 중에 열을 방출 할 수 있기 때문에'(1%), '혼합물인 경우에 더 천천히 식는다'(0.5%), '경험에 의해서'(1%)로 설명하였다.

④ 차가운 우유를 조금씩 여러번 붓는다'로 답한 학생이 37.5%로 정답에 답한 학생보다 많게 나타났다. 이렇게 대답한 몇 가지 이유를 살펴보면, '뜨거운 커피에 여러번 나누어 열평형(낮은 쪽으로)이 계속해서 일어나므로'(19.5%), '우유의 양이 적어야 커피와 잘 섞이게 된다'(3%), '적은 양일수록 좀더 빨리 열을 잃으므로'(3%), '상온보다 차가운 우유가 커피와의 온도차이가 커서 열이 쉽게 이동한다'(2%)등으로 설명하였다.

문제 4. 본 문제는 '끓는물 속에 오랫동안 섯덩어리와 고무덩어리 그리고 돌덩이를 넣었다가 꺼내어 만져보았을 때 뜨거운 정도를 묻는 문제다'. 4번 문제의 이유진술을 분류하면 표 4와 같다. 올바른 답은 '④ 모두 같다'이다. 열평형에 관한 문제로서 물체를 서로 접촉시켰을 때 물체끼리의 온도가 서로 같아서 열의 이동이 없는 상태를 열평형이 이루어져 있는 상태라 하는데 4번 문제는 이러한 열평형 개념에 대한 학생들의 생각을 묻는 문제다.

표 4에 의하면, '④ 모두 같다'라고 바르게 답한 학생은 33%로 비교적 낮게 나타났다. 정답을 선택한 학생 중에 '오랜 시간이 지나면 열평형을 이루기 때문에'(10.5%), '오랜 시간이 지나면 온도평형을 이루기 때문에'(11%)로 바르게 설명하고 있다. 그 외에 '끓는 물의 온도가 100°C 이상 올라가지 않기 때문에'(4.5%), '물의 온도가 같음으로'(3%), '동일한 열량이 공급됨으로'(2%), '동일한 에너지가 공급됨으로'(0.5%), '가해지는 열이 모두 동일하므로'(0.5%), '온도는 같고 열용량이 동일하기 때문에'(0.5%)등으로 설명하고 있다. 앞에서 언급했듯이 많은 학생들이 열평형과 온도평형을 같은 것으로 알고있는 것으로

여겨진다.

문제 5. 본 문제는 철판을 사이에 두고, (가) 0°C와 10°C, (나) 30°C와 40°C의 물을 넣고 난 다음에 전체적인 열의 양을 묻는 문제다. 문제 5의 이유진술을 분류하면 표 5와 같다. 5번 문제의 정답은 '③(가)와 (나)는 같다'이다. 열은 물질로부터의 에너지 전달이다. 즉, 뜨거운 것이 열이 더 많다는 잘못된 오개념을 가지고 있는 학생들이 쉽게 틀릴 수 있는 문제이다. 에너지의 전달은 철판과 같은 열전도도가 높은 물질에서 물질의 양이 적을수록, 온도차이가 많이 나는 경우 활발하게 일어날 수 있으며 열의 양도 많아지는 것이다.

표 5에 의하면 0°C와 10°C의 물을 넣었을 때와 30°C와 40°C의 물을 넣었을 때가 같다고 바르게 답을 한 학생이 51%로 나타났다. 정답을 선택한 학생 중에 ' $Q = cm\Delta t$ (Q =열량, c =비열, m =질량, t =온도)에서 비열, 질량 그리고 온도차이가 같기 때문에'(32%), '온도차이가 (가)와 (나) 모두 10°C로 같기 때문에'(16.5%)라고 바르게 설명한 학생은 49%로 나타났다. 그 외 '질량과 온도의 변화량이 같으므로'(1.5%), '비열과 온도의 변화량이 같으므로'(1%)라고 설명하였다. 앞에서 언급한대로 바르게 답한 학생이 51%로 비교적 많이 나타남을 보임으로써 많은 학생들이 열량에 대한 개념은 어느 정도 바르게 이해하고 있음을 볼 수 있다.

30°C와 40°C의 물을 넣은 경우가 0°C와 10°C를 담은 경우보다 열량이 크다고 답한 경우도 42.5%로 상당히 많은 학생들이 답을 하였다. 이 경우에 온도가 높으면 열의 양이 많아지는 것으로 알고 있는 것으로 나타났다.

문제 6. 본 문제는 목욕탕에 온탕의 많은 물을 50°C까지 온도를 올리는 경우와, 주전자에 소량의 물을 100°C까지 온도를 올리는 데 어느 쪽이 더 많은 열이 필요한가를 묻는 문제다. 이 경우에 일정한 온도에서 출발했고 목욕탕의 물이 훨씬 많다고 했으므로 온탕의 물을 50°C로 온도를 높이는 것이 열이 더 필요하다. 문제 6의 이유진술을 분류하면 표 6과 같다.

표 4. 문제 4의 개념 유형별 빈도 표 (끓는물 속에 오랫동안 섯덩어리와 고무덩어리 그리고 돌덩이를 넣었다가 꺼내어 만져보았을 때 뜨거운 정도는?)

답지	응답 이유	빈도 (명)	계 (%)
	열전도율의 차이 때문에	11	
	쇠의 열전도율이 크며 열의 이동이 빨라지므로	59	
	비열의 차이 때문에	1	
	비열이 높기 때문에	7	
	비열이 낮기 때문에	11	
	공급열량은 같으나 열전도율이 쇠가 높으므로	6	
	공급열량은 같으나 쇠가 열 흡수가 빠르므로	1	
①	공급열량은 같으나 쇠가 비열이 작으므로	1	116
	세 물체의 온도는 동일하나 비열이 각각 다르므로 열의 양에 차이가 생기기 때문에	4	(58)
	온도는 동일하나 뜨겁기는 섯덩어리가 뜨거움	1	
	열의 대류현상 때문	1	
	쇠의 열전도율은 높고 비열은 낮기 때문에	3	
	쇠가 열이 잘 전달하기 때문에	4	
	쇠가 열을 잘 흡수하기	5	
	쇠의 열용량이 가장 작기 때문에	1	
②	고무의 비열이 작아져서	3	4
	고무의 열전도율이 크므로	1	(2)
③	돌덩이의 비열이 가장 작기 때문에	11	12
	같은 온도가 도달하는 시간이 다를 뿐 물의 온도가 같다	1	(6)
	물의 온도가 같으므로 ○	6	
	끓는 물의 온도가 100℃ 이상 올라가지 못하므로	9	
	오랜 시간이 지나면 열평형을 이루기 때문에 ○	22	
	동일한 열량이 공급되므로	4	
*④	동일한 열원이 공급되므로	1	66
	동일한 에너지가 공급되므로	1	(33)
	오랜 시간이 지나면 온도평형을 이루기 때문에 ○	21	
	가해지는 열이 모두 동일하므로	1	
	온도는 같고 열용량이 다르기 때문에	1	
⑤	물체의 질량에 따라 다를 수 있다	1	2
	물체의 비열과 질량 그리고 열전도율에 따라 다를 수 있다	1	(1)
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 섯덩어리가 더 뜨겁다. ② 고무덩어리가 더 뜨겁다. ③ 돌덩어리가 더 뜨겁다. ④ 뜨거운 정도가 모두 같다. ⑤ 기타
2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

표 5. 문제 5의 개념 유형별 빈도 표 (철판을 사이에 두고, (가) 0°C 와 10°C, (나) 30°C 와 40°C의 물을 넣고 난 다음에 전체적인 열의 양은 어떻게 되겠는가?)

답지	응답 이유	빈도(명)	계 (%)
①	열평형 상태에서 (가)는 50°C (나)는 35°C가 되므로 (가)의 열량이 많다.	1	2 (1)
	열량은 온도의 변화량에 비례하기 때문에	1	
②	온도가 높으면 열의 양이 많아지므로	40	85 (42.5)
	평형화된 온도가 (가)5°C (나)35°C로 (나)가 더 높으므로	15	
	Q=cmt에서 (가)의 온도가 높기 때문에	28	
	온도가 높으면 열을 흡수하므로	1	
	무응답	1	
*③	Q=cmt에서 비열, 질량, 온도의 변화가 (가)와 (나)가 동일하기 때문에 ○	64	102 (51)
	온도 차이가 (가) 와 (나)가 모두 10°C로 동일하기 때문에 ○	33	
	질량과 온도의 변화량이 같으므로	3	
	비열과 온도의 변화량이 같으므로	2	
④	Q=cmt에서 c와 m이 동일할 때 (가)와 (나)가 평형화에 도달하는 시간을 모르기 때문에	1	11 (5.5)
	열평형 온도는 다를 수도 있고 같을 수도 있기 때문에	1	
	온도와 (가)와 (나)에 포함된 열의 양 사이가 관계가 없기 때문에	1	
	열은 크기가 아니라 흐름이므로	1	
	열과 온도의 개념이 동일하지 않기 때문에	1	
	Q=cmt에서 c와 m은 동일하나 (가)와 (나)의 열의 손실은 다를 수 있다	1	
	열량에 의미를 모르겠다	4	
	무응답	1	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 0°C와 10°C가 열량이 더 크다. ② 30°C 와 40°C가 열량이 더 크다.

③ 0°C와 10°C, 그리고 30°C와 40°C가 서로 같다. ④ 기타

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

6번 문제의 정답은 '① 온탕의 물이 더 많은 열이 필요하다'이며 이렇게 답한 학생은 86%이다. 정답을 한 학생 중 바르게 설명한 학생은, 'Q = cmt에서 온탕에 물의 질량이 상대적으로 크기 때문에'(81.5%), '온탕의 열용량이 크기 때문에'(1.5%)이며, 그 외에 '고체인 주전자의 비열이 물보다 낮아 가열하면 주전자의 온도가 쉽게 올라가고 온탕의 물은 쉽게 가열되지 않기 때문에'(0.5%)로 하였다. 정답을 한 학생들

이 대부분이 Q = cmt 란 공식을 적었고, 이를 근거로 하여 온탕의 물이 더 많은 열이 필요함을 주장하였다. 이러한 것은 문제 5에서도 비슷한 경향이 있음을 볼 수 있는데, 이는 열량에 관한 이론적 관계식을 비교적 잘 이해하고 하고 있음을 알수 있다.

문제 7. 본 문제는 '펼쩍 끓는 한 컵의 물과 수영장 속 전체의 물을 비교했을 때 어느 쪽의 열이 더 많은

표 6. 문제 6의 개념 유형별 빈도 표 (목욕탕에 온탕의 많은 물을 50°C까지 온도를 올리는 경우와, 주전자의 소량의 물을 100°C까지 온도를 올리는 데 어느 쪽이 더 많은 열이 필요한가?)

답지	응답 이유	빈도(명)	계 (%)
	Q=cmt에서 질량이 상대적으로 크기 때문에 ○	163	
	온탕이 개방적 이어서 열손실이 크므로	1	
	온탕의 열용량이 크기 때문에 ○	3	
*①	고체인 주전자의 비열이 물보다 낮아 가열하면 주전자의 온도가 쉽게 올라가고 물은 쉽게 가열되지 않기 때문에	1	172 (86)
	온탕의 초기 온도가 높으므로	1	
	무응답	3	
	온탕은 이미 따뜻한 상태이므로	2	
	주전자가 욕조보다 50°C 더 가열해야 하기 때문에	1	
	더 높은 온도까지 가열해야 하므로	5	
	열은 분자운동에너지와 관련 있으므로	1	
	주전자의 물의 순도가 더 높기 때문에	1	
②	온탕의 물의 질량이 주전자의 질량보다 크기 때문에	1	21 (10.5)
	많은 양의 물을 낮은 온도로 50°C까지 올리는 것이기 때문에	1	
	물의 온도변화가 크기 때문에	1	
	주전자의 물의 질량이 작으므로	1	
	물의 양에 상관없이 온도차이가 높기 때문에	1	
	용량이 적기 때문에	1	
	무응답	5	
	Q=cmt에서 비열은 둘 다 같고 질량은 온탕의 물이 많고 온도의 변화는 주전자의 물이 많기 때문에	1	
③	열의 흐름이기 때문에 물의 양을 가지고 열이 많다고 할 수 없다	1	5 (2.5)
	두 물의 비열이 같기 때문에	1	
	무응답	2	
④	열은 온도가 다른 두 물체사이의 에너지의 흐름이다	1	2 (1)
	무응답	1	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 온탕의 물을 50°C까지 높이는데 더 많은 열이 필요하다. ② 주전자의 물을 100°C로 높이는데 더 많은 열이 필요하다. ③ 양쪽 다 똑같은 열이 필요하다. ④ 기타

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

지를' 묻는 문제다. 7번 문제의 이유 진술을 분류하면 표 7과 같다. 가장 합당한 답은 ⑤ 상현 : 얼음덩어리 두개를 서로 마찰시키면 얼음이 녹는다. 이것은

일이 열로 바뀐 것이다. 이처럼 열은 에너지가 옮겨 가는 하나의 현상이며 온도차가 있을 때 자발적으로 발생하는 것이다. 따라서 어느 한 물체 속에 들어 있

표 7. 문제 7의 개념 유형별 빈도 표 (펼쳐 끓는 한 컵의 물과 수영장 속 전체의 물을 비교했을 때 어느 쪽의 열이 더 많을까?)

답지	응답 이유	빈도 (명)	계 (%)
①	열은 에너지로 일할 수 있는 능력을 말함으로	5	13 (6.5)
	끓는 물이 일을 더 많이 하므로	4	
	열은 온도와 관련된 에너지로 에너지가 높아야 열이 높으므로	2	
	온도차가 클수록 에너지가 많으므로	1	
	무응답	1	
②	수영장의 물이 열량이 많기 때문에	10	99 (49.5)
	열용량은 비열과 질량에 비례하므로(수영장이 질량이 크다)	39	
	열은 온도와 질량의 관계이며 이때 온도차보다 질량 차가 더 크기 때문에	16	
	일할 수 있는 능력(열을 녹이는 능력), 즉 에너지가 수영장이 더 크기 때문	13	
	열을 더 많이 녹이는가는 열을 더 방출할 수 있는가를 의미하므로	1	
	열을 많이 녹인다는 것은 열량이 많다는 것을 의미함	2	
	열음이 얻은 열은 물이 잃은 열과 같을 때 수영장이 열음을 더 많이 녹임으로	1	
열음이 흡수하는 에너지는 열음을 녹이는 에너지와 같을 때 수영장의 물이 더 크다.	1		
무응답	16		
③	열은 뜨겁고 차가운 정도를 느끼는 것이기 때문에	5	10 (5)
	뜨겁다고 느끼는 것은 열의 양이 많다는 것을 의미함	4	
	무응답	1	
④	열과 열량이 다르기 때문	1	5 (2.5)
	열이 평형에 도달하면 열의 이동이 없으므로	1	
	열량은 같으나 질량이 다르므로	1	
	무응답	2	
*⑤	열은 온도차에 의한 에너지의 이동 현상이므로 ○	39	73 (36.5)
	열은 온도차에 의해 발생하는 것인데 온도변화에 온도차가 측정되지 않기 때문에 무의미하다. ○	12	
	질량과 온도 조건을 알 수 없으므로	10	
	열은 그 자체가 속성이므로	1	
	무응답	11	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용. ① 열은 에너지와 같아서 끓는 물이 열이 더 많다. ② 일을 할 수 있는 능력을 고려하면 수영장 물이 열이 더 크다. ③ 열은 단순히 느끼이기 때문에 끓는 물의 열이 더 크다. ④ 양쪽의 열이 같다. ⑤ 서로 다른 물체 속에 들어있는 열의 크기는 비교할 수 없다.

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

는 열을 비교하는 일은 무의미하다'이다.

열역학적인 관점에서 보면 뜨거운 물은 물분자의 운동이 활발한 상태이고, 차가운 물은 덜 활발한 상태다. 이 두 물을 섞으면 활발한 상태의 물분자들이 덜 활발한 상태의 물분자들과 충돌하면서 그 중간 정도의 상태에 도달하게 된다. 이처럼 열이란 열평형에 도달하기까지의 과정이나 흐름을 뜻하는 것이지, 물체 속에 들어 있는 양을 설명하는 것은 아니다. 여기서 우리는 펄펄 끓는 한컵의 물이 수영장 속 전체의 물 온도보다 높다는 사실을 알 수가 있다. 즉, 펄펄 끓는 한컵의 물이 열을 많이 가지고 있다고 말할 수 있을까? 열은 물질이 지닐 수 있는 어떤 원소가 아니라 온도가 다른 물체가 서로 온도가 같아질 때까지 옮겨 가는 에너지를 말하는 것이기 때문에 여기에서 펄펄 끓는 한컵의 물과 수영장의 물이 지닌 열을 비교하는 것은 무의미한 일이다.

표 7에 의하면, '㉔ 서로 다른 물체 속에 들어 있는 열을 비교하는 일은 무의미하다'라고 바른답을 한 학생은 36.5%로 나타났다. 정답을 선택한 학생들의 설명을 살펴보면, '열은 온도차에 의한 에너지의 이동 현상이므로' (19.5%), '열은 온도차에 의해 발생하는 것인데 온도변화에 차이가 측정되지 않기 때문에 무의미하다' (6%) 등으로 바르게 설명하였다. 그 외에 '질량과 온도 조건을 알 수 없음으로' (5%), '열은 그 자체가 고유속성이므로' (0.5%)로 설명하였다.

'㉕ 수영장의 물이 열이 더 많다'고 대답한 사람이 49.5%로 상당히 높게 나왔다. 이는 이유설명에서도 볼 수 있듯이 열의 양이 물질의 질량과 비례관계가 있는 것으로 알고 있으며 따라서 물의 양이 훨씬 많은 수영장의 물이 열이 더 큰 것으로 생각하고 있음을 보여 주는 것이다.

문제 8. 본 문제는 종이로 된 팩과 유리병에 같은 음료수를 넣고 한참동안 냉장고에 넣은 후에 음료수의 온도를 묻는 문제다. 문제 8의 이유 진술은 표 8과 같다. 올바른 답은 '㉔ 두 음료수의 온도는 같다'이다. 실제로 종이 팩과 유리병 속에 들어있는 음료수의 온도가 같을지라도 차가운 정도에 대한 우리의 느낌이 다를 수 있다. 이러한 현상은 실제 생활 속에서

우리가 경험한 것을 통해 우리는 차갑고 반대로 종이는 따뜻하다는 개념이 형성되었기 때문에 여겨진다.

표 8에 의하면 종이로 된 팩이나 유리로 된 병이나 상관없이 냉장고에 한참동안 둔 후에는 용기 안의 내용물에 온도가 같다고 바른 답을 한 학생은 56%로 나타났다. 정답을 선택한 학생 중에서 '온도 평형을 이루기 때문에' (31.5%), '열평형을 이루기 때문에' (17.5%), '두 음료수의 온도는 같지만 느낌의 차이 때문에 우리가 더 차갑게 느껴질 수 있다' (2%)라고 바르게 설명한 학생은 102명으로 51%를 차지하였다.

그 외, '용기 속에 들어 있는 내용물이 동일하기 때문에' (1.5%)라고 답한 경우는 내용물이 다를 경우에는 서로 온도가 다를 수 있다고 보는 것과 같음으로 전도에 대한 개념을 제대로 이해하고 있지 못함을 알 수 있다. 또한, '경험상' (1%), '냉장고의 온도가 유리 팩과 유리병에 전도되기 때문에' (0.5%), '종이팩과 유리의 열전도율이 같기 때문에' (0.5%)으로 설명하고 있다.

유리병에 음료수 온도가 더 낮다고 라고 답한 학생도 31.5%로 어느정도 많음을 보이고 있다. 일반적으로 우리는 종이보다 차갑다는 잘못된 선개념을 가지고 있어 이러한 답을 한 것으로 여겨진다.

문제 9. 본 문제의 질문은 유리, 구리 그리고 쇠막대에 종이 테이프를 감고 알코올 램프로 가열했을 때 종이테이프 부분이 타는 순서를 묻는 문제다. 문제 9의 이유 진술은 표 9와 같다. 정답은 '㉑ 유리막대가 빨리 타고 구리막대가 가장 늦게 탄다'이다. 전도율이 가장 높은 구리막대는 종이에 가해진 열을 빨리 전달받기 때문에 종이 가 발화점까지 올라가는데 시간이 상대적으로 많이 걸린다. 이와 반대로 유리는 전도율이 가장 낮으므로 종이에 가해진 열을 전달받지 못해 종이는 쉽게 발화점까지 열에너지를 받아 가장 빨리 탄다.

표 9에 의하면 '㉑ 빨리 타는 것은 유리막대이고, 늦게 타는 것은 구리막대'라고 바르게 답한 학생이 6.5%로 매우 낮은 정답률을 보이고 있다. 정답을 선택한 학생 중에 '열전도율이 유리 < 쇠 < 구리이기

표 8. 문제 8의 개념 유형별 빈도 표 (종이로 된 팩과 유리병에 같은 음료수를 넣고 한참동안 냉장고에 넣은 후에 음료수의 온도는 어떻게 되겠는가?)

답지	응답 이유	빈도(명)	계(%)
	종이의 열전도율이 유리의 열전도율보다 크기 때문에	6	
	유리병이 보온하는 역할을 하기 때문에	3	
	종이 팩이 유리 팩보다 얇아서	1	
	유리가 빛을 흡수하기 때문에	1	
①	유리가 열을 더 잘 빼앗기기 때문에	1	18
	종이가 열을 더 잘 빼앗기기 때문에	1	(9)
	열용량의 차이 때문에	1	
	유리만 차갑고 속에 있는 음료수는 차갑지 않다	1	
	경험상	3	
	유리의 열전도율이 높기 때문에	34	
	유리가 열을 쉽게 잃기 때문에	4	
	유리병의 비열이 작기 때문에	7	
	유리병의 찬 기운 때문에	1	
	유리의 열전도율이 낮기 때문에	2	
②	종이가 열운동을 지지하는 보온효과가 있기 때문에	2	63
	복사평형 때문에	1	(31.5)
	유리의 재질이 온도의 영향을 받아 낮게 내려가기 때문에	3	
	유리가 열을 방출하고 흡수하는 능력이 크기 때문에	2	
	유리는 열을 잘 전달하지만 밖으로 빠져나가게 하지 못하기 때문에	1	
	경험상	6	
	용기의 재질에 따라 열의 출입을 달리 하기 때문	1	
③	재질에 따른 열전도율의 차이 때문에	4	7
	재질에 따른 비열의 차이 때문에	2	(3.5)
	충분히 시간이 지나면 온도 평형을 이루기 때문에 ○	63	
	냉장고의 온도가 우유팩과 유리병에 전도되기 때문에	1	
	열평형을 이루기 때문에 ○	35	
*④	속에 들어있는 음료의 내용물이 동일하기 때문에	3	112
	종이 팩과 유리의 열전도율이 같기 때문에	1	(56)
	두 음료수의 온도는 같지만 느낌의 차이 때문에 유리가 더 차게 느껴진다. ○	4	
	경험상	2	
	무응답	3	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용. ① 종이 팩에 음료수 온도가 더 낮다. ② 유리병에 음료수 온도가 더 낮다. ③ 종이나 유리의 재질에 따라 다르다. ④ 두 용기의 음료수 온도는 같다. ⑤ 기타.

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

표 9. 문제 9의 개념 유형별 빈도 표 (유리, 구리 그리고 쇠막대에 종이 테이프를 감고 알코올 램프로 가열했을 때 종이테이프 부분이 타는 순서는?)

답지	응답 이유	빈도(명) 계(%)	
	비열이 낮은 것 유리 < 쇠 < 구리이기 때문	1	
*①	열전도율이 유리 < 쇠 < 구리 이기 때문에 ○	10	13
	유리막대가 열을 잘 전달해 주지 못하기 때문에 ○	1	(6.5)
	구리막대가 열을 잘 흡수하고, 유리막대는 열을 잘 흡수하지 못하기 때문에 ○	1	
	열전도율의 순서가 구리 > 쇠 > 유리이기 때문에 열전도율이 높은 것이 빨리 탄다	79	
	열전도율의 순서가 유리 > 쇠 > 구리이기 때문에 열전도율이 낮은 것이 빨리 탄다	1	
	비열의 순서가 유리 > 쇠 > 구리이기 때문에 열을 쉽게 흡수하지 못하여서	12	
②	비열의 순서가 유리 > 쇠 > 구리이기 때문에 열을 이동에 차이가 발생하기 때문에	2	101
	비열의 순서가 유리 < 쇠 < 구리이기 때문에 열이 빠르게 전도되어서	2	(50.5)
	유리는 뜨거운 온도에서 만들어졌기 때문에	1	
	구리는 가장 빨리 뜨거워지고, 유리는 가장 늦게 뜨거워지기 때문에	2	
	구리는 열을 잘 전달하는 물질이고, 유리는 열을 잘 전달하지 못하는 물질이기 때문에	2	
	열전도성이 쇠 > 구리 > 유리로 열전도성이 큰 것이 빨리 탄다.	50	
	쇠막대가 가장 빨리 달구어 지기 때문에	1	
③	비열이 작을수록 열전도가 빠르기 때문 비열 쇠 < 구리 < 유리	6	59
	쇠가 열을 잘 흡수하므로	1	(29.5)
	무응답	1	
	쇠막대는 열을 전도하느라 종이를 태우지 못하고, 유리막대는 열을 오래 간직하기 때문에	1	
	유리막대가 열을 잘 빼앗아 갈 수 없기 때문에 열이 잘 전달되지 않아서 쇠가 열의 전달을 가장 잘 되기 때문에	1	5
④	유리막대의 전도율이 크기 때문에	1	(11)
	전도율이 큰 것이 열을 막대에 분산시키므로	1	
	무응답	1	
	발화점 이상의 온도에서는 종이가 똑같이 타기 때문에	3	
	종이 테이프부분이 가열을 받기 때문에 막대의 재질이 영향을 미칠수 없다	11	
	종이의 열전도율이 모두 같으므로 유리, 쇠 구리에 전도율과 상관성이 없다	4	
⑤	타는 것은 종이테이프이므로 쇠 구리 유리에는 열을 전달 할 뿐이다	1	22
	열이 전달되기 전에 종이가 다 타 버리기 때문에	1	(11)
	종이가 타는 것이므로 유리 쇠 구리의 비열과는 상관성이 없다	1	
	무응답	1	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 유리막대가 빨리 타고 구리막대가 늦게 탄다. ② 구리막대가 빨리 타고 유리막대가 늦게 탄다. ③ 쇠막대가 빨리 타고 유리막대가 늦게 탄다. ④ 유리막대가 빨리타고 쇠막대가 늦게 탄다. ⑤ 모두 똑같이 탄다.

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

때문에'라고 설명한 경우가 5%로 나타났으며, '유리막대가 열을 잘 전달해주지 못하기 때문에' (0.5%), '구리막대가 열을 잘 흡수하고, 유리막대는 열을 잘 흡수하지 못하기 때문에' (0.5%)라고 설명하였다. 그 외에 '비열이 유리 < 쇠 < 구리이기 때문에' (0.5%)라고 대답하였다.

표 9에서, ① 빨리 타는 것은 구리막대, 늦게 타는 것은 유리막대라고' 답한 학생이 50.5%로 매우 높게 나타나고 있다. 이는 열전도율이 크면 그만큼 쉽게 뜨거워지고 따라서 열전도율이 큰 구리막대의 종이테이프가 빨리 탈것으로 생각하고 있음을 알 수 있으며, 다른 한편으로는 비열이 유리가 가장 큰 것으로 생각하고 비열이 크면 그만큼 발화점까지 온도를 올리는 데 시간이 많이 필요하므로 비열이 작은 구리막대의 종이테이프가 먼저 타는 것으로 생각한 것 같다.

문제 10. 본 문제는 학생들의 복사 개념을 알아보기 위해 흰색과 검은색 컵에 물을 넣고 밀봉한 다음에 백열전등을 한참동안 비추어준 후 어두운 곳에 놓아두는 실험을 하였을 때 빨리 데워지는 컵과 빨리 식는 것이 어느 쪽 컵이겠는가를 묻는 문제다. 검은 종이는 빛을 빨리 흡수해서 따뜻해지는 것도 빠르고, 또 받은 열을 방사하는 것도 빨라서 빨리 식는다. 문제 10의 이유 진술을 분류하면 표 10과 같다.

10번 문제의 정답은 '② 검은색 컵이 빨리 데워지기도 하고 빨리 식는다'이다. 표 10에 의하면 정답을 한 학생이 59%로 비교적 높은 정답률을 보이고 있다. 정답을 선택한 학생 중에 '검은색이 빛을 잘 흡수하고, 열의 방사도 빠르기 때문에'라고 바르게 설명한 학생이 45%였다. 이외에 '검은색이 흰색보다 복사가 잘되므로' (4.4%), '검은색이 열전도가 높기 때문에' (3.5%), '검은색보다 흰색의 열반사율이 크기 때문에' (1.5%), '흰색과 검은색의 비열차이 때문에' (3.5%), 검은색이 모든 빛을 흡수하므로 '(1.5%)로 설명하였다.

문제 11. 본 문제는 밀폐된 실내에서 난로와 어느 정도 떨어진 곳에서 처음에 온도계로 온도를 재고, 두 번째로는 난로와 온도계 사이에 선풍기를 틀어 놓

고 온도를 재는 실험을 했을 때 각각의 온도에 차이가 나겠는가를 묻는 문제다. 문제 11의 이유 진술을 분류하면 표 11과 같다. 문제의 답은 '① 온도가 변하지 않는다'이다. 이 경우에 난로에 열은 복사에 의해 전달되므로, 난로와 온도계 사이에 바람을 보내도 영향이 없다. 바람이 불어와 우리가 시원하다고 느끼는 것은 바람이 가져오는 공기의 온도가 내 몸에 온도보다 낮던가 아니면 피부에 수분(땀)이 증발하여 발한 작용이 일어나기 때문이다.

표 11에 의하면, '① 온도가 변하지 않는다'라고 바르게 답한 학생은 28.5%로 낮게 나타났다. 정답을 선택한 학생 중 '난로의 열이 일정한 거리에서는 온도계에 복사열로 전달되므로 바람의 영향을 받지 않는다'라고 바르게 설명을 한 학생이 20%였다. 그 외에 '난로의 열이 대류현상에 의해 골고루 퍼짐으로' (2.5%), '선풍기 바람이 열의 이동을 차단함으로' (2%), '선풍기의 모터 열로 인하여 선풍기가 난로의 열 전달을 방해해도 온도는 비슷함' (1.5%), '복사가 이루어지지 않으므로' (0.5%)등으로 설명하였다.

오개념을 가진 학생들 대부분이 '난로의 열이 선풍기 바람에 분산되기 때문에' (6%)등으로 열을 물질로 보는 경향을 확인 할 수 있으며, 상황 의존적 설명이 많음을 볼 수 있다. 또한 '선풍기 찬바람 때문에 열이 온도계에 도달하지 못하다가 시간이 지나면서 대류에 의해 열이 온도계에 도달해 온도가 올라감' (13.5%)이라고 답한 것에서 볼 수 있듯이 전도와 대류의 개념을 제대로 이해하고 있지 못함을 볼 수 있다.

1. 학생과의 면담 자료 분석

설문지를 통해 분석된 학생들의 열과 온도에 대한 개념에 대해 좀더 자세히 알아보기 위해 면담을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫 번째 면담

면담자 : 열이란 무엇이라고 생각하나요?

학생 1 : 뜨겁거나 차가운 정도를 말합니다.

면담자 : 그렇다면 물질이 뜨겁다, 차갑다는 것은 어떤 의미지요?

표 10. 문제 10의 개념 유형별 빈도 표 (흰색과 검은색 컵에 물을 넣고 밀봉한 다음에 백열전등을 한참동안 비추어준 후 어두운 곳에 놓아두는 실험을 하였을 때 빨리 데워지는 컵과 빨리 식는 것이 어느 쪽 컵이겠는가?)

답지	응답 이유	빈도(명)	계(%)
	검은색은 빛과 열을 잘 흡수하므로	2	
	검정색이 열을 빠르게 흡수하고 흰색이 열을 빠르게 방출하므로	4	
	검정색이 열을 잘 방출해서	1	
	검정색은 열을 잘 흡수하고 흰색은 열을 잘 흡수하지 못하므로	26	
	검은색은 열을 흡수하는 성질, 흰색은 열을 반사하는 성질이 있기 때문	12	
①	검은색이 열흡수율이 높기 때문	6	76
	열복사율의 차이가 있기 때문	1	(38)
	검은색은 빛을 잘 흡수하고 흰색은 빛을 잘 방출하기 때문에	2	
	검은색이 열의 복사량이 많기 때문에	1	
	검은색은 빛을 잘 흡수하고 흰색은 빛을 잘 반사하기 때문에	18	
	무응답	3	
	흰색과 검은 색의 비열차 때문에	3	
	검은색 열전도율이 높기 때문에	7	
	검은색이 빛을 잘 흡수하고, 열의 방사도 잘 하기 때문에 ○	90	
*②	검은색이 흰색보다 복사가 잘 되므로	8	118
	검은색은 모든 빛을 흡수하므로	1	(59)
	검은색 보다 흰색의 열 반사율이 크기 때문에	7	
	무응답	2	
③	없음	없음	없음
④	흰색이 검은색 보다 열을 잘 흡수하므로	1	1
			(0.5)
	물의 양에 따라 물이 데워지는 속도와 식는 속도가 달라짐	1	
	빛을 비추는 시간이 충분하면 검은 컵에 도착하는 온도와 식는 온도가 동일함	1	
⑤	열의 이동은 컵의 색깔과 관련이 없음. 컵의 재질과 관련이 있음	1	5
	공급된 열량이 같으므로	1	(2.5)
	컵의 색에 상관없이 같은 열량을 받으므로	1	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 검은색 컵이 빨리 데워지고 흰색 컵이 빨리 식는다. ② 검은색 컵이 빨리 데워지고 빨리 식는다. ③ 흰색 컵이 빨리 데워지고 검은색 컵이 빨리 식는다. ④ 흰색 컵이 빨리 데워지고 빨리 식는다. ⑤ 두 컵의 온도 변화는 동일하다. ⑤ 기타.

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

표 11. 문제 11의 개념 유형별 빈도 표 (밀폐된 실내에서 난로와 어느 정도 떨어진 곳에서 처음에 온도계로 온도를 재고, 두 번째로는 난로와 온도계 사이에 선풍기를 틀어 놓고 온도를 재는 실험을 했을 때 각각의 온도에 차이가 나겠는가?)

답지	응답 이유	빈도(명)	계(%)
*①	대류현상에 의해 난로의 열이 골고루 퍼지므로	5	57 (28.5)
	복사가 이루어지지 않으므로	1	
	선풍기의 모터열로 인하여 선풍기가 난로의 열전달을 방해해도 온도는 비슷	3	
	선풍기 바람이 열의 이동을 차단하므로	4	
	난로의 열이 일정거리에서 온도계에 복사열로 전달되므로 바람의 영향을 받지 않는다. ○	40	
무응답	4		
②	대류에 의해 열 전달이 차단되어서	2	52 (26)
	복사열이 적어지므로	1	
	난로의 대류현상으로 인한 열이동을 선풍기의 찬 공기가 더운 공기를 위로 보내므로	8	
	난로의 복사열이 선풍기 바람에 의해 직접 온도계에 닿지 않기 때문에	7	
	선풍기의 찬 공기 때문에 온도가 내려간다.	7	
	난로의 열이 선풍기 바람에 분산되기 때문에	12	
	선풍기 바람 때문에 열의 이동이 전달되지 않아서	9	
난로의 뜨거운 공기와 선풍기의 차가운 공기가 열평형을 이루기 때문에	1		
무응답	5		
③	복사열이 공기의 대류에 의해 시간이 흐르면서 순환되므로	6	30 (15)
	열의 복사열 선풍기 바람과 상관없이 전달되므로	2	
	복사열은 계속전달, 공기를 통한 열의 전도 역할을 무시할 정도이므로	1	
	선풍기 바람에 의해 공기가 대류하여 공기가 순환되므로	9	
	바람이 난로의 열을 발산시키므로	1	
	선풍기가 공기의 자연스런 대류를 방해하므로	5	
	외부 열 출입이 없을 때 열은 이동하고 순환하므로	1	
	복사열 때문에	1	
선풍기가 열을 더 빨리 이동시키는 매개체	3		
무응답	1		
④	선풍기 찬바람 때문에 열이 도달하지 못하다가 대류에 의해 다시 온도가 올라감	27	56 (28)
	처음에 선풍기가 난로의 열을 흩어지게 하다 공기가 다시 순환하기 때문에	6	
	선풍기 찬바람으로 순간 영향을 받다가 금세 난로가 열을 이동하기 때문에	14	
	선풍기가 더운 열을 퍼지게 해 주므로	1	
	단열 팽창에 의해 처음 온도는 낮아지다가 본래 상태로 됨	2	
	난로의 열이 많아져서	1	
	선풍기의 차가운 바람이 아래로 내려가서	1	
	난로에 의해서 데워진 공기의 순환에 의해서	1	
무응답	3		
⑤	대류 현상으로 인해 온도계 위치에 따라 온도가 다르다.	2	5 (2.5)
	선풍기의 찬바람에 의해 열 평형을 이루어지기 전까지는 온도가 내려가고 그 후는 일정	1	
	열의 세기와 선풍기의 강도 차에 의해 달라질 것이다.	2	
집단 인원수		200	

1. 답지 내용, ① 온도가 변하지 않는다. ② 온도가 내려간다. ③ 온도가 올라간다. ④ 처음엔 온도가 내려갔다가 다시 올라간다. ⑤ 기타

2. * : 정답, ○ : 과학적 및 준 과학적 개념

학생 1 : 에너지가 많거나 적을 때 나타나는 것입니다.

면담자 : 열과 에너지는 같은 거란 말인가요?

학생 1 : 열은 뜨겁거나 차가운 정도를 얘기하는 거고, 에너지는 열하고 의미가 비슷하지만 일을 할수 있는 능력이란 뜻까지 포함된 것으로 알고 있습니다.

면담자 : 온도란 무엇이라고 생각하세요?

학생 1 : 물체의 뜨거움 또는 차가움 정도를 수치로 나타낸 것입니다.

면담자 : 뜨겁다 차갑다고 우리가 말하는 것은 무엇을 기준으로 이야기하는 건가요?

학생 1 : 상대적인 느낌입니다. 어떤 물체와 우리 몸간에 접촉이 이루어지면 두 물체 사이에 온도 차이가 있으면 이동이 일어나며 이것이 느낌으로 이어지는 거죠.

두 번째 면담

면담자 : 열이란 무엇이라고 생각하나요?

학생 2 : 어떤 물체가 가지고 있는 에너지의 한 종류입니다.

면담자 : 그 에너지는 어떤 것이지요?

학생 2 : 물질의 상태를 변화시킬 수 있는 힘 같은 거지요.

면담자 : 에너지에 의해 물질의 상태가 변하는 예를 하나 들어 볼 수 있나요?

학생 2 : 얼음이 녹아 물이 되는 경우입니다.

면담자 : 이런 경우에 얼음에 에너지를 가한다고 해도 되고 얼음에 열을가한다고도 말할수 있는데, 그렇다면 열과 에너지는 똑 같은 것이라라고 할수 있네요.

학생 2 : 글썽요, 정확히 설명하기가 어렵습니다.

면담자 : 온도란 무엇이라고 생각하세요?

학생 2 : 열을 재기 위한 하나의 수단으로 온도계를 이용하여 팔질의 팽창정도를 급간으로 나누어 정한 일종의 규약입니다.

면담자 : 온도계의 원리를 한번 설명해 볼 수 있어요?

학생 2 : 물이 어느 때와 끓을 때의 사이를 임의의

단위로 나누어서 그 정도를 수치로 나타낸 것입니다.

면담자 : 뜨겁다 차갑다고 우리가 말하는 것은 무엇을 기준으로 이야기하는 건가요?

학생 2 : 그냥 인위적인 것입니다. 자신의 감각기관을 통한 느낌을 말하는 것입니다.

면담자 : 그렇다면 어느 때 뜨겁다고 하고 어느 때 차갑다고 하는지요?

학생 2 : 내 자신의 체온을 기준으로 하여 체온보다 어떤 물체의 온도가 높을 때 뜨겁다고 하고 체온보다 낮을 때 차갑다고 합니다.

위의 면담내용을 살펴보면, 열을 에너지의 한 종류로 알고 있음을 볼 수 있다. 열이 많으면 뜨겁고, 열이 적으면 덜 뜨거운 것으로 이해하고 있다. 즉, 열이란 것은 그 자체가 하나의 크기를 가지는 양적인 것으로 보고 있다. 온도는 열의 크기를 알아보는 일종의 규약으로 생각하고 있으며 온도계와 연관지어 설명하고 있다. 뜨겁다 차갑다는 것은 비교적 잘 이해하고 있는 것으로 보인다.

IV. 결 론

본 연구 결과에 의하면 열과 온도에 대하여 예비초등교사인 교육대학교 학생들이 다양한 오개념을 가지는 것으로 나타났다. 열과 온도는 일상 생활과 밀접한 관련이 있고, 과학적으로 중요하며 학생들이 이해하기 어려운 개념이다. 본 연구 결과로부터, 학생들은 온도를 열의 측정치로 생각하거나 열과 온도를 동일시하여 이해하고 있으며, 열을 물질적 실체로 알고있는 경향이 있음을 알았다.

열의 이동 개념에 있어서는 전도, 대류, 복사 현상을 이해하고 있지만 그 이동 방법에 있어서는 올바른 개념이 형성되지 못한 채 여러 개념이 존재되어 있어 상황 의존적이거나 물질의 속성에 맞춘 설명이 많은 것은 학생들이 개념이 미분화 되어있음을 보여준다고 할 수 있다.

본 연구에서는 지필검사를 이용하여 학생들의 열과 온도에 대한 개념유형을 양적연구 중심으로 알아보았

으며, 면담을 통한 질적연구는 학생들의 특정개념을 파악하는 데만 보조적으로 이용하였다. 앞으로 보다 체계적인 면담을 통하여 다양한 학생들의 사고 유형을 구체적으로 파악하고, 학생들이 가지고 있는 오개념을 올바른 과학개념으로 바꾸기 위한 시도의 연구가 필요하다.

천재 물리학자 리처드 파인만(김회봉 역, 2000)은 세상의 모든 지식이 파괴되고 단 한가지만을 후대에 물려줄 수 있다면 자신은 '모든 물질이 원자로 이루어졌다는 사실을 택하겠다'고 말하였다. 여기서 원자란 분자나 이온 등 물질을 구성하는 입자의 개념으로 이해될 수 있을 것이다. 교육대학에서 열과 온도에 관련된 분야는 물리와 화학 교과라 여겨진다. 두 교과에서 입자의 개념을 중심으로 하여 보다 체계적으로 열과 온도에 대한 교육이 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

- 권기태 (1993). 국민학교 아동들의 열과 온도에 대한 개념조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 권난주 (1994). 과학 개념학습을 위한 수업 모형의 비교와 일반모형 탐색. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김도욱 (1991). 물개념 학습요인에서 오인을 감소시키기 위한 수업모형의 효과. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김회봉 역 (2000). 파인만 씨, 농담도 잘하시네! 사이언스북스, 서울.
- 신미라 (1999). 중학생의 열 이동에 관한 개념 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 전우수 (1993). 국민학생의 과학 오개념 조사 연구. *한국초등과학교육학회지*, 12(2), 145-166.
- 최행숙, 김은경, 백성혜, 이길재, 정완호(2001). 초등학 교자연 교과서의 열과 온도에 대한 내용 및 초등학생들의 대안개념 분석, *한국초등과학교육학회지*, 20(1), 123~138.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978), *Educational Psychology: A Cognitive View*(2nd ed.). NY: Holt,
- Rinehart and Winston.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Engel-Clough, 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.
- Erickson, G. L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), 221-230.
- Erickson, G. L. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64(3), 323-336.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55-87.
- Jones, M. G., Carter, G., & Rua, M. J. (2000). Exploring the development of conceptual ecologies: Communities of concepts related to convection and heat. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 139-159.
- Lewis, E. L., & Linn, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 657-677.
- Linn, M. C., & Songer, M. B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 885-918.
- Osborne, R. J. & Bell, B. F.(1983). Science teaching and children's view of the world, *European Journal of Science*

고한중 · 백성혜

Education, 5(1), 1~14.
Sciarretta, M. R. Stili, R., & Missoni, M. V.
(1990). On the thermal properties of
materials: Common-sense knowledge of

Italian students and teachers. *International
Journal of Science Education*, 12(4), 369-
379.