

초등학생들의 열과 온도에 대한 대안개념 조사

최행숙 · 김은경 · 백성혜* · 이길재** · 정완호***
(광주 화정남초등학교) · (경기도 안산시 본오초등학교)
(한국교원대학교 화학교육과)* · (한국교원대학교 생물교육과)**

Investigating Elementary Students' Alternative Conceptions of Heat and Temperature

Choe, Haeng-Sook · Kim, Eun-Kyung · Lee, Kil-Jae*,
Chung, Wan-Ho* · Paik, Seoung-Hey*
(Hwajungnam Elementary School) · (Bono Elementary School)
· (Korea National University of Education)*

ABSTRACT

In this study, the contents of elementary school science textbooks related to 'heat and temperature' are analyzed and alternative conceptions of "heat and temperature" among students enrolled in grades 4, 5 and 6 are investigated. 259 students were selected from a elementary school located in urban area. The relationships between students' alternative conceptions and the content of elementary science textbooks are also examined. Students' conceptions are analyzed from their answers to a paper-and-pencil test. The typical alternative conception of "heat and temperature" held by students was follows. They think that "heat" is a material and "temperature" is value of heat amount. They can't distinguish between "heat" and "temperature". Their explanation of "heat and temperature" is focused on hot or cool sensation and other observable characteristics of a material. A textbook analysis indicated that contents on "heat and temperature" were organized without the viewpoint of particle motion theory. This may be one of the causes of students' alternative conceptions.

Key words : heat, temperature, elementary school students, alternative conception, textbook analysis

I. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

학생들이 가지는 대안개념은 매우 안정적이어서 수

업을 통해서도 잘 바뀌지 않으며, 새로운 경험의 의미를 왜곡하기도 하고, 수업 후에도 계속 남아서 과학 개념과 혼재되는 특징이 있다(Gilbert et al., 1982; Driver et al., 1985).

열과 온도에 관련된 개념은 일상 생활과 밀접한 관

계가 있고 물리, 화학, 생명과학의 기초를 제공하는 필수적인 부분을 이루고 있는 중요한 개념(김용은 역, 1997)이기 때문에 초등학교 교육과정부터 중, 고등학교까지 중요하게 다루어진다. 그러나 이에 관련하여 초등학교 뿐 아니라 중, 고등학생, 대학생, 그리고 과학 교사들까지도 다양한 대안개념이 존재하는 것으로 나타나고 있다. 이에 관련된 선행연구도 Erickson(1979; 1980), Driver et al(1985), Engel-Clough & Driver(1985), Sciarretta et al(1990), Linn & Songer(1991), 권기태(1993), 전우수(1993), Lewis & Linn(1994), 신미라(1999), Harrison et. al(1999), Jones et al(2000) 등 20여 년간 꾸준히 국내외에서 이루어지고 있다. 초등학교에서 형성된 대안개념은 그 특성상 중, 고등학교에 가서도 지속적으로 유지되고 올바른 과학 개념 형성을 방해하므로 초등학교에서 대안개념이 형성되지 않도록 하는 것은 매우 중요하다(전우수, 1993)고 본다. 이러한 이유에서 이 연구에서는 초등학교 고학년 학생들의 열평형, 열의 이동 방향, 전도와 단열 개념을 조사하여 열과 온도 개념에 대한 이해수준을 알아보고, 이해수준 중에서 대안개념이 있는 부분적 이해와 대안개념은 계통도를 사용하여 분류, 학생들의 열과 온도에 대한 대안 개념을 알아보았다.

2 용어의 정의

1) 열 개념

열에 관한 현대적 관점은 물질의 입자개념으로 미시적 수준에서 과학적으로 정의된다. 열은 온도차에 의해 생기는 분자들의 충돌에 의한 에너지 전달이며 열이 흐르는 방향은 온도차에 의한 것이다(김태만 등, 1989) 이 연구에서는 열을 고온부에서 저온부로 의 분자운동에너지의 전달로 정의한다.

2) 온도개념

온도를 분자의 평균 운동에너지에 비례하는 물리량으로 정의한다(김태만 등, 1989).

3) 대안개념

학생들은 학교 교육 이전에 이미 열과 관련된 개념을 가지고 있으며 이러한 선입개념은 학습에 영향을 미친다(Driver et al., 1985; Mintzes et al, 1998). 선입개념에 대한 명칭은 연구자에 따라 다양하나 학습자가 가지고 있는 이러한 개념이 과학 개념과는 다르지만 나름대로 논리적이란 이유에서 대안개념으로 정의한다.

II. 선행연구 고찰

1. 열 개념에 관한 연구

아이들은 열을 뜨거운 열과 차가운 열로 구분하여 음과 양의 두 형태로 생각하거나 냉을 열의 반대개념으로 생각하는 경향이 있다(Erickson, 1979). 물체를 차갑게 하는 존재로 냉기를 생각하는 경우가 있었다(Driver 등, 1985). 혹은 뜨거움과 차가움의 감각에서 뜨거운 물체에서는 열이 이동하고 차가운 물체에서는 냉기가 이동한다고 생각하였다(권기태, 1993; 신미라, 1999).

열을 이동하는 물질로 생각하는 경우는 Erickson(1979)에 의해 관찰되었다. 그는 6-13세 아이들을 대상으로 연구를 한 결과, 아이들은 금속 막대의 한 끝을 가열하였을 때 막대 전체가 뜨거워지는 것은 열이 한 부분에 쌓이다가 더 이상 쌓일 공간이 부족할 때 막대를 따라 이동하기 때문이라고 설명하였다. 열을 물질적 실체로 이해하려는 경향은 신미라(1999)의 연구에서도 드러났다.

열을 물질적 속성으로 생각하는 경우도 관찰되었다. 아이들은 쇠는 차갑다, 열을 잘 받는다, 단단하다, 무겁다 등의 사고를 하는 것으로 나타났다(전우수, 1993). 소수의 학생들은 철은 반짝거리고 나무는 그렇지 않다는 물질의 다른 관찰할 수 있는 특징을 이유로 열전도율을 설명하기도 하였다(Engel-Clough & Driver, 1985). 단열에 관한 연구에서는 많은 아이들이 금속이 원래 차가우므로 차가워진다 등으로 열을 이해하는 것으로 나타났다. 즉 열은 물체 안에 저장되는 특성이 있어서 물질에 따라서 열을 흡수, 보유, 상실하는 특성이 다르다고 생각하였다(Driver

et al., 1985; Engel-Clough & Driver, 1985).

Lewis & Linn(1994)은 52.3%의 학생이 금속은 다른 물질에 비해 냉을 전도한다, 흡입한다, 잡는다, 가지고 있다고 믿었으며 찬 물질을 차게 유지하기 위해 감싸는 물질로서 나무나 면보다 알루미늄 호일을 선택했고, 27.2%는 금속은 따뜻한 물체는 따뜻하게 차가운 물체는 차갑게 유지하는데 효과적이라고 응답하였음을 보고하였다. 48.4%가 형질은 물체를 따뜻하게 하므로 찬 물질을 유지하는데 사용될 수 없다고 하였고, 21.2%가 따뜻한 것과 차가운 것을 모두 잘 유지한다고 하였다.

Jones et al(2000)은 학생들 중에 열을 선택이나, 의도, 감정을 포함하는 인간적 특성을 가진 것으로 이해하는 물활론적 사고도 나타났다고 하였다.

2 온도 개념에 관한 연구

열을 물체 내부에 축적된 물질의 형태로 생각하고, 온도를 물체가 가지고 있는 열의 양의 측정치라고 생각하는 유형(Erickson, 1979; Driver et al., 1985; 권기태, 1993; 신미라, 1999)과 온도가 물체 안의 열과 냉기를 측정하는 것으로 생각하는 유형(Erickson, 1979), 그리고 온도를 열과 동일시하거나 열과 혼동하는 사고 유형(Linn & Songer, 1991; 신미라, 1999; Harrison et al., 1999) 등이 조사되었다.

김현재와 김한호(1990)도 온도의 판단을 위해 양을 준거로 사용하는 것이 열과 온도의 혼동의 근거가 된다고 주장하였다.

Linn & Songer(1991)은 수업 전에 3%의 학생만이 열과 온도를 구별하였는데, 학생들이 열과 온도를 잘 구별하지 못하는 이유로 교재의 내용을 들었다. 많은 교재가 열과 온도를 나타내는데 몇 °C인가와 열량의 연고, 잃음의 계산을 강조하는데 이러한 양적 접근은 학생들이 열과 온도를 구별하기 어렵게 하는 것으로 보였다. 이들은 이러한 문제를 해결하기 위해 열의 흐름을 비유한 모델을 사용하는 것이 효과적이라고 주장하였다.

온도를 물질의 성질로 이해하는 경향도 있었는데, 이러한 학생들은 같은 물체가 다른 온도를 가질 수

있거나 다른 물체가 같은 온도를 가질 수 있음을 이해하지 못하는 것으로 나타났다(Driver et al., 1985; Sciarretta et al., 1990; Harrison et al., 1999). 또한 쇠는 차갑다, 열을 잘 받는다, 단단하다, 무겁다 등의 물질의 성질에 관련된 이유를 들어 온도를 설명하기도 하였다. 이런 유형의 사고를 하는 학생들은 쇠의 온도가 가장 낮고 스펀지와 나무의 온도가 가장 높다고 생각하였다(전우수, 1993; Sciarretta et al., 1990).

열과 온도에 관한 이러한 다양한 대안 개념들은 상황 의존적이거나 물질의 속성에 초점을 둔 유형이 많아서, 학생들의 개념이 미분화되어 있음을 보여준다(신미라, 1999; Harrison et al., 1999).

Ⅲ. 연구의 방법

1. 연구 대상

경기도 안산시 소재 초등학교에서 4, 5, 6학년별로 2개 학급씩 무선 표집하였다. 연구 대상은 4학년 83명, 5학년 88명, 6학년 88명으로 총 259명이다. 대상 학년을 4, 5, 6학년으로 정한 이유는 학교 교육에서 온도의 용어 정의가 처음으로 나타나는 학년이 3학년이므로 그 후의 학생들의 개념을 조사할 필요가 있기 때문이며, 학생들의 개념을 지필 검사로 알아보기 때문에 자신의 생각을 글로 표현할 수 있는 능력을 고려하여 3학년은 제외하였다.

2. 검사 도구

이 연구에 사용한 설문지는 교과서의 내용을 그대로 사용하여 만든 문항으로 연구자가 직접 작성하였다. 설문지는 초등학생 11명에게 투입하여 예비검사를 하였으며, 그 결과를 토대로 문항의 진술을 대상 학생 수준에 맞게 수정한 후, 과학교육 전문가 3인과 관련 학과 대학원생 7인에게 의뢰하여 내용 타당도를 검증 받았다.

검사 문항은 <표 1>에 제시된 바와 같이 열평형, 열의 이동 방향, 전도와 단열의 세 개념을 묻는 것으로

구성하였고, 물질의 종류와 온도 조건을 다르게 하여 작성하였다. 검사 문항에서 다루는 상황은 일상 생활과 관련이 있는 것으로 한정하였다. 문항 수는 모두 8개이고, 문항별로 소개가 되는 물질의 종류와 온도의 조건을 다르게 하여 같은 개념을 묻는 문항을 구체화시키는 방향으로 배치하였다.

각 문항은 정답을 선택한 후 그 이유를 진술하는 방식으로 구성하여 정답만을 선택하는 방식보다는 학생들의 생각을 더 구체적으로 알 수 있게 하였다.

4. 자료처리 및 분석 방법

학생들의 개념이해 정도를 대략적으로 알아보고자 선행 연구들을 참고하여 이해수준에 따라 이해수준을 분류하였으며 기준은 <표 2>와 같다(Renner & Abraham, 1990; Lumpe, 1995; 이성호, 1997).

이 연구에서는 열과 온도에 대한 학생들의 개념을 표 2와 같이 미시적 관점으로 설명한 과학적 응답은 완전한 이해, 거시적 관점으로 설명한 응답은 부분적

표 1. 검사할 개념과 문항 내용

개념	문항 번호	문항 내용	조건	
			물질	온도
열평형	1	큰 얼음과 작은 얼음의 온도 비교	얼음	저온
	3	금속 그릇에 담긴 따뜻한 물과 그릇의 온도 비교	금속, 물	고온
	6	상온에 놓인 금속과 나무 젓가락의 온도 비교	금속, 나무	상온
열의이동 방향	2	따뜻한 물과 뜨거운 물을 섞은 후 물의 온도 예상	물	고온
	7	فل의 온도 변화를 예상하기 위한 현재 기온과 물의 온도	물	상온
전도와 단열	4	따뜻한 국에 담긴 금속과 나무 숟가락의 열 전도를 비교	금속, 나무, 물	고온
	5	고온의 대기로부터 얼음으로의 단열을 위한 금속과 형질의 열 전도를 비교	금속, 형질, 얼음	고온 저온
	8	고온의 물로부터 저온의 대기로의 단열을 위한 금속과 스티로폼의 열 전도를 비교	금속, 물, 스티로폼	고온 상온

표 2. 이해수준 분류틀

이해수준	분류 기준
완전한 이해(SU; sound understanding)	과학적인 용어로 정확하게 설명하고 있을 때
부분적 이해(PU; partial understanding)	과학적 용어를 사용하지는 않으나 개념을 어느 정도 이해하고 있을 때 또는 적절한 과학적 용어를 사용하나 설명이 모호할 때
대안개념을 가진 부분적 이해(PU/AC; partial understanding with alternative conception)	대안개념과 올바른 이해 또는 대안개념과 부분적 이해를 함께 진술한 경우
대안개념(AC; alternative conception)	나름대로의 설명은 하나 과학적으로 수용할 수 없는 것일 때
무이해 혹은 무응답(NU; no understanding or no response)	문항을 잘못 이해한 경우 또는 답하지 않은 경우

표 3. 대안개념 분류 기준

개념	기준	분류 기준
열	물질이나 열량으로 생각한다	· 열이 물질이라는 생각과 열이 열량이라는 생각을 구별할 수 없는 경우가 대부분이므로 구분하지 않았고 냉기도 열을 표현한 것으로 분류함
온도	열의 양을 측정한다고 생각한다	· 온도를 묻고 있는 문항에서는 뜨겁거나 차갑다는 표현이 온도를 나타낸 것으로 판단함 · 온도를 물체의 크기에 따라 결정한 응답은 열을 물체의 크기에 따라 결정한 응답과 같은 맥락에서 열과 온도를 혼동한 것으로 볼 수 있지만 지필 검사의 한계로 확실히 알 수 없으므로 온도를 열의 양을 측정한다고 생각한다는 범주에 포함.
	열과 혼동한다	· 온도가 이동한다고 한 응답이 해당됨
물질에 따른 열과 온도	온도를 물질의 특성으로 생각한다	· 어떤 물질은 원래 뜨겁거나 차가우며 환경에 따라 변하지 않고, 이들이 가지고 있는 열기나 냉기가 다른 물질의 온도에 영향을 미친다는 응답을 포함.
	열을 잘 받는다	· 열을 받고 열을 잃는 정도를 모두 언급한 경우보다는 한 가지로만 언급한 경우가 많아서 열을 받는 정도와 잃는 정도로 구분하여 분류함
	열을 잘 받지 않는다	
	열을 잘 잃는다	· 열을 잃는 정도로 분류된 응답은 열을 얻는 정도를 함께 표현한 응답을 포함.
	열을 잘 잃지 않는다	
	같은 열에도 다른 물질에 비해 온도 변화가 크다	
열의 이동을 막는다	· 물질이 열을 받지 않고 잃지 않는다는 응답과 달리 물질이 열의 이동을 막는 역할을 한다는 응답이 해당.	
보온 기능이 있다		

이해를 보이며 과학적 개념과 다른 응답은 대안개념을 가진 부분적 이해, 대안개념만을 기술한 응답은 대안개념으로 분류하였다.

대안개념을 가진 부분적 이해와 대안개념으로 분류된 개념들은 <표 3>과 같이 계통 분류들을 이용하여 분석하여 학생들의 열, 온도, 물질에 따른 열과 온도에 대한 대안개념의 사고 유형을 알아보려고 하였다.

이 연구는 초등학교 4, 5, 6학년 학생들의 열과 온도에 관한 개념이해 정도를 알아보려고 이해수준을 분류하였으며, 대안개념을 알아보려고 이해수준에 따른 내용을 계통분류들을 이용하여 응답 유형별로 분류하였다. 분류 내용에 따라 학년별 빈도를 구하였으며, 열평형, 열의 이동 방향, 전도와 단열에 관한 순서로 진술하였다. 또한, 대안개념과 교과서 내용과의 관련성을 알아보았다(본 연구의 목적이 학생들의 대안개념을 분석하는데 있으므로 이해수준 분류는 문항 1에 관한 내용만을 예시로 제시하고 나머지 문항에

IV. 연구 결과 및 논의

대해서는 대안개념 분석 내용을 중심으로 제시하고자 한다).

(1) 열평형에 관한 열과 온도 개념(문항 1, 3, 6) 열평형 개념에 관해 세 문항을 제시하였는데 <표 4>와 5에는 이 중 크기가 다른 얼음의 온도 비교 문항(문항1)에 대한 이해수준별 이유 진술의 예와 학년별 이해수준 빈도를, 표 6은 이해수준 중에서 대안개념

을 분석한 내용을 제시하였다.

<표 5>에 제시된 바와 같이 과학개념을 가진 학생은 없었고, 부분적으로 이해하고 있는 학생의 비율은 4, 5, 6학년이 비슷하였다. 학년이 증가할수록 대안개념이 있는 부분적 이해를 보인 학생의 비율은 증가하였으며 대안개념의 비율은 감소하였다. 학년이 증가할수록 대안개념은 감소하지만 부분적 이해의 비율은 변화가 적고 대안개념을 가진 부분적 이해의 비율이

표 4. 크기가 다른 얼음의 온도 비교 문항에서 이해수준별 이유 진술 예

이해수준	이유 진술 예
완전한 이해(SU)	· 냉동실과 열평형을 이루었으므로 두 얼음의 온도는 같다
부분적 이해(PU)	· 온도가 같은 냉동실에서 동시에 꺼냈으므로 두 얼음의 온도는 같다
대안개념을 가진 부분적 이해(PU/AC)	· 큰 얼음이 어는데 더 오래 걸리므로 더 많은 냉기가 필요해서 큰 얼음의 온도가 더 낮다 또는 큰 얼음이 녹는데 오래 걸리므로 온도가 더 낮다 · 작은 얼음이 더 빨리 얼기 때문에 큰 얼음이 어는 동안 계속해서 냉기를 흡수하여 작은 얼음의 온도가 더 낮다 · 크기는 달라도 같은 물질이기 때문에 두 얼음의 온도는 같다
대안개념(AC)	· 불도 큰 것이 더 뜨거우니까 얼음도 큰 것이 더 차가워서 큰 얼음의 온도가 더 낮다 · 작은 얼음은 온도가 빨리 전달되므로 큰 얼음보다 온도가 더 낮다 · 크기는 달라도 같은 물질이기 때문에 두 얼음의 온도는 같다

표 5. 크기가 다른 얼음의 온도 비교 문항에서 학년 및 이해수준별 빈도

이해수준	SU	PU	PU/AC	AC	NU	계
4학년	-	27(32.5)	20(24.1)	35(42.2)	1(1.2)	83(100)
5학년	-	28(31.8)	27(30.7)	29(33.0)	4(4.5)	88(100)
6학년	-	25(28.4)	40(45.5)	23(26.1)	-	88(100)
계	-	80(30.9)	87(33.6)	87(33.6)	5(1.9)	259(100)

* ()는 %

표 6. 크기가 다른 얼음의 온도 비교 문항에서 대안개념 분석 및 학년별 빈도

	대안개념	학년			계
		4	5	6	
열을 물질이나 열량으로 생각한다 (144)	온도를 열의 양을 측정된 것으로 생각한다	48	44	45	137
	열과 온도를 혼동한다	1	2	4	7
	온도를 얼음의 특성으로 생각한다 (22)	4	8	10	22
	기타 (8)	2	2	4	8

증가하는 이 결과는 학교 교육을 받은 후에도 대안개념이 여전히 존재함을 보여준다.

〈표 6〉에서 전체 응답자의 과반수가 넘는 137명(52.9%)이 열은 물질이나 열량으로 생각하고, 온도를 열의 양을 측정하는 것으로 이해하고 있었다. 이는 학년별로 비슷하여서 5학년과 6학년의 경우 열과 온도의 관계에 대한 수업을 받았음에도 대안개념을 계속 유지하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한, '얼음은 크거나 작거나 같은 물질이므로 온도가 같다'고 한 응답에서는 온도를 물질의 특성으로 생각하여 한 물질의 온도가 변할 수 있음을 모르는 것을 알 수 있었고 이는 열평형 개념을 이해하기 어렵게 할 것이다.

금속그릇과 담긴 물의 온도를 비교하는 3번 문항과 금속과 나무의 열평형을 묻는 6번 문항의 대안개념 분석 및 학년별 빈도는 〈표 7〉, 〈표 8〉과 같다.

〈표 7〉을 보면 가장 큰 빈도의 응답은 금속은 열을

잘 받고 잘 잃지 않는다는 것으로 학년이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 응답내용 중 '물의 열이 이동하다가 금속 그릇에 쌓여서 그릇의 온도가 더 높다'는 열을 물질로 생각함을 알 수 있다. 열을 물질적 실체로 이해하려는 이러한 경향은 Erickson(1979)과 신미라(1999)의 연구에서도 나타난다.

'금속은 따뜻한 물질이고 물을 더 뜨겁게 한다' 또는 '금속은 차가우므로 물을 식힌다'는 응답에서는 금속을 뜨겁거나 찬 물질로 생각함을 알 수 있고 이는 물질의 특성으로 온도를 생각하는 응답과 연결된다. '물에서 열이 옮겨가므로 금속은 물의 온도보다 적은 양의 열을 받아서 온도가 더 낮다'는 응답에서는 온도를 열의 양을 측정하는 것으로 생각함을 볼 수 있다.

온도와 열을 혼동하는 사례도 많았는데 '금속은 따뜻한 물의 온도를 받아서 따뜻하게 열을 받기 때문에

표 7. 금속 그릇과 담긴 물의 온도를 비교하는 문항에서 대안개념 분석 및 학년별 빈도

대안개념		학년			계						
		4	5	6							
열을 물질이나 열량으로 생각한다 (185)	온도를 열의 양을 측정하는 것으로 생각한다 (147)	물질의 특성으로 열과 온도를 설명한다 (147)	금속 (135)	물질의 종류와 상관없이 설명한다(12)		5	3	4	12		
				열을 잘 받는다		23	32	28	83		
				열을 잘 받지 않는다		1	1	1	3		
				열을 잘 잃는다		-	-	2	2		
				열을 잘 잃지 않는다		4	16	12	32		
				같은 열을 받아도 다른 물질에 비해 더 따뜻하거나 차다		1	2	3	6		
				열의 이동을 막는다		-	1	1	2		
				보온 기능이 있다		3	1	3	7		
				열과 온도를 혼동한다 (38)		물질의 종류와 상관없이 설명한다(3)		2	1	-	3
						물질의 특성으로 열과 온도를 설명한다(35)	금속 (35)	열을 잘 받는다		9	12
온도를 물질의 특성으로 생각한다 (16)		따뜻한 물질이다		5	3			2	10		
		금속 (16)		차가운 물질이다		3	1	2	6		

* ()안은 합계

표 8. 금속과 나무의 열평형을 묻는 문항에서 대안개념 분석 및 학년별 빈도

대안개념		학년			계			
		4	5	6				
물질의 종류와 상관없이 설명한다		7	9	11	27			
열을 물질이나 열량으로 생각한다 (309)	온도를 열의 양을 측정한 것으로 생각한다 (288)	물질의 특성으 로서 열과 온도를 설명한 다 (261)	열을 잘 받는다	열을 잘 받는다	18	23	23	64
			열을 잘 받지 않는다	냉기를 잘 받는다	4	3	8	15
			열을 잘 잃는다		-	1	-	1
		금속 (167)	열을 잘 잃지 않는다		7	11	19	37
			같은 열을 받아	상온에서 차다	5	12	16	33
			도 다른 물질에 비해 더 따뜻하 거나 차다	고온이나 저온에서 더 뜨겁거나 차다	1	7	4	12
	열과온도를 혼동한다 (21)	금속(16)	열을 잘 받는다		3	-	1	4
			열을 잘 받지 않는다	열을 잘 받지 않는다	8	13	12	33
			열을 잘 잃는다	냉기를 잘 받지 않는다	3	-	3	6
		나무 (75)	열을 잘 잃지 않는다		1	-	-	1
			열을 잘 잃지 않는다		2	4	10	16
			상온에서 미지근하다		3	4	8	15
온도를 물질의 특성을 생각한다 (49)	금속(17)	열을 잘 받는다		3	10	3	16	
		열을 잘 받지 않는다			3	1	4	
		열을 잘 잃지 않는다		-	-	1	1	
	나무 (32)	따뜻한 물질이다		4	-	-	4	
		차가운 물질이다		8	2	3	13	
		따뜻한 물질이다		5	1	2	8	
기타 (4)	나무 (32)	차가운 물질이다		5	-	1	6	
		일정한 온도를 유지한다		2	6	10	18	
기타 (4)			2	-	2	4		

* ()안은 합계

온도가 더 높다', '따뜻한 물의 온도가 금속 그릇에 쌓여서 그릇의 온도가 더 높다'가 그것으로 열을 온도와 같은 의미로 사용하거나 온도와 구별하지 못하고 함께 사용함을 볼 수 있다.

고온이나 저온을 가정하지 않고 응답한 학생들 대부분은 상온에서 열이 없다고 생각하는 것으로 나타났다. 그 예는 '식탁이 열을 갖고 있지 않아서 둘 다 열을 흡수하지 못했다' 또는 '식탁이 뜨겁지도 차갑

지도 않은데 온도가 바뀔 수 없다'이다. 여기서 볼 수 있듯이 대부분의 학생들은 방안의 공기 온도보다는 두 젓가락이 접촉하고 있는 식탁이라는 물체의 온도만을 고려하여 눈에 보이지 않는 공기보다는 눈에 보이는 식탁에 관심을 두고 있음을 알 수 있다. 또한 열을 뜨거운 것으로 생각함을 알 수 있다.

금속은 열을 잘 받고 나무는 열을 잘 받지 않는다는 응답이 가장 많았고, 열을 잘 받거나 잘 받지 않아

서 또는 열을 잘 잃지 않거나 잘 잃어서 온도가 높거나 낮다는 응답이 가장 많았는데 온도는 열의 양을 측정하는 것이고 열은 물질이나 열량이라는 대안개념을 가지고 있음을 알 수 있다.

나무는 충분한 시간이 지나도 쇠와 같은 온도로 식지 못하거나 더워지지 못한다는 응답과 그 반대의 응답이 있는데 물질의 열 전도율에 따라 열평형에 도달하는 시간만 다름을 이해하지 못함을 알 수 있다.

온도계로 온도를 재어 보는 활동은 단순히 온도계의 눈금을 읽는 활동이 아니라 온도계가 가리키는 눈금을 읽음으로써 열평형을 지도하는 활동이라고 할 수 있다. 그런데, 3학년 1학기 '4. 날씨'에서는 양달과 음달, 높이에 따라 온도를 재어보도록 하는 활동이 주로 열을 많이 받는 곳과 적게 받는 곳으로 나뉘어 제시되어 학생들이 온도를 열의 양을 측정하는 것으로 받아들이게 할 가능성이 있다. 또한, Erickson(1979)이 제시하고 있는 것처럼, 같은 온도의 환경에 있는 서로 다른 물질로 된 물체들의 온도를 재어보는 활동을 통해 열평형과 온도 개념을 이해하는데 도움을 줄 수 있는 활동을 3학년 온도재기 활동에서 고려해 보아야 할 것으로 생각된다.

(2) 열의 이동 방향에 관한 열과 온도 개념(문항 2, 7)

열의 이동 방향을 묻는 문항에서 학생들의 대안개념을 분석한 결과는 <표 9>와 같다. 온도를 더하거나 빼는 경우는 온도를 열의 측정치로 생각하는 유형과

온도를 열과 같은 것으로 생각하는 유형으로 나뉠 수 있겠지만 지필 검사의 한계로 확실히 알 수 없고, 이 연구에서는 온도의 이동을 표현한 경우만을 온도와 열을 혼동하는 것으로 분류하였으므로 온도를 물의 양과 관련시켜 생각하는 응답을 모두 온도를 열의 측정치로 생각하는 유형으로 가정하였다. 이러한 가정에서 볼 때 대부분의 학생은 열의 이동을 언급하지 않으며 열을 더하거나 뺄 수 있는 물질적 존재로 생각함을 알 수 있었다.

4학년 2학기 '4. 열과 물체의 변화' 중 따뜻한 물과 찬물을 섞을 때의 온도 변화 관찰을 통해 찬물 온도는 높아지고 더운물의 온도는 낮아져 중간 정도의 온도에서 평형을 이루며 더 이상 온도 변화가 없음을 다루는 내용이 있다. 그러나 이 내용에서는 물의 온도가 변하는 이유를 열과 관련지어 설명하지는데 이 활동은 열의 이동에서 다루어 고온부에서 저온부로 열의 이동방향을 알게 하는 것이 더 바람직 할 것으로 보인다.

열의 이동에 관련된 계의 구별과 온도로 계의 상태를 기술하는 가를 알아보는 문항에서 학생들의 대안개념을 분석한 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10>을 보면 방안에 놓아둔 물의 온도가 한 시간 후 어떻게 변할 것인지를 예상 위해서는 현재 방안의 공기 온도와 물의 온도를 비교하여 열의 이동 방향을 결정해야 한다. 즉, 이 문항에서는 방안의 공기와 물이라는 두 계를 구별해야 하며 계의 상태를 온도라는 매개 변수로 기술할 수 있는가를 묻고 있다.

표 9. 섞인 물의 온도를 묻는 문항에서 대안개념의 종류 및 학년별 빈도

	대안개념의 종류	학년			계
		4	5	6	
열의 이동 개념이 있다 (3)	섞인 물 내부에서의 열의 이동을 생각하지 못한다	1	1	1	3
		57	32	30	119
열의 이동 개념이 없다 (145)	온도를 더한다	5	4	7	16
	온도를 뺀다	3	3	4	10
	온도를 변하지 않는 것으로 생각한다	5	14	7	26
기타 (26)		5	14	7	26

* ()안은 합계

온도라는 용어를 쓰지 않은 응답이 33.6%로 높았다. 그 예로는 '방안'이 따뜻한지 차가운지, '햇빛을 받아 따뜻해질 것이다', '집안이 시원해서 차가워질 것 같다', '뜨거운 물이면 식어서 미지근해지고 찬물도 미지근해진다', '물이 식어서 차가워질 것이다',

'차가운 물이 따뜻해진다' 등이 있다.

(3) 전도와 단열에 관한 열과 온도 개념(문항 4, 5, 8)

단열을 묻는 문항들에서 학생들의 대안개념을 분석

표 10. 열의 이동에 관련된 계의 구별을 묻는 문항에서 대안개념의 종류 및 학년별 빈도

대안개념의 종류		학년			계		
		4	5	6			
관련된 2개의 계 중에서 하나만을 언급한다 (131)	계의 상태 기술에 온도를 사용한다 (44)	방안의 온도	8	8	13	29	
		물의 온도	6	3	6	15	
	방안의 상태만 언급	고온, 저온 모두 가정 고온을 가정한다 저온을 가정한다		6	5	9	20
				13	2	2	17
				1	4	1	6
	물의 상태만 언급	고온, 저온 모두 가정 고온을 가정한다 저온을 가정한다		7	7	4	18
				12	6	2	20
				1	1	4	6
	계의 언급이 없다 (9)			4	4	1	9

표 11. 금속과 나무의 열전도를 묻는 문항에서 대안개념의 종류 및 학년별 빈도

대안개념		학년			계				
		4	5	6					
열을 물질이 나 열량으로 생각한다 (280)	열과 온도를 혼동하지 않는다 (247)	물질의 특성으로 열과 온도를 설명한다 (280)	금속 (139)	열을 잘 받는다	50	35	38	123	
				열을 잘 받지 않는다	2	1	4	7	
				열을 잘 잃지 않는다	1	2	6	9	
	열과 온도를 혼동한다 (33)			나무 (108)	열을 잘 받는다	9	2	6	17
					열을 잘 받지 않는다	30	32	27	89
					열을 잘 잃는다	-	-	2	2
	온도를 물질의 특성을 생각한다 (11)			금속 (17)	열을 잘 받는다	7	4	5	16
					열을 잘 받지 않는다	-	1	-	1
				나무 (16)	열을 잘 받는다	-	1	-	1
				열을 잘 받지 않는다	7	4	4	15	
기타 (5)			금속 (6)	따뜻한 물질이다	2	1	2	5	
				차가운 물질이다	-	-	1	1	
			나무 (5)	따뜻한 물질이다	1	-	-	1	
			차가운 물질이다	1	1	2	4		

* ()안은 합계

한 결과는 <표 11>, <표 12>, <표 13>과 같다.

<표 11>을 보면 금속이 열을 잘 받아서 따뜻하고 나무는 열을 잘 받지 않아서 시원하다 응답이 가장 많았는데 열을 물질이나 열량으로 생각하고 있음을 알 수 있다.

쇠는 열이 더 많고, 더 딱딱해서 따뜻한 물질이고 나무는 쇠보다 약해서 차가운 물질이며 나무는 공기가 통하고 나무이기 때문에 따뜻한 물질이며 쇠는 차가운 물질이라는 응답에서 물질에 따라 고유의 온도

가 있다는 생각을 볼 수 있다. '나무보다 금속이 온도가 더 빠르게 이동해서 금속의 온도가 더 높다' 또는 '나무는 온도가 올라오므로 따뜻하다'는 응답에서 온도가 열처럼 이동한다고 설명하여 온도와 열을 혼동하고 있음을 알 수 있다.

나무보다는 금속의 특성으로 설명한 비율이 더 높았는데 이는 보온병, 그릇 등 금속과 열이 연관되는 일상의 경험이 나무에 비해 많았기 때문으로 생각된다.

표 12. 금속과 스티로폼의 열 전도율을 비교하는 문항에서 대안개념의 종류 및 학년별 빈도

대안개념의 종류			학년			계			
			4	5	6				
열과 온도 열을 물질이나 열량으로 생각한다 (156)	물질을 혼동하 지 않는다 (144) 온도를 설명한 다 (156)	금속 (189)	열을 잘 받는다	열을 잘 받는다	28	24	29	81	
				냉기를 잘 받는다	1	1	4	6	
				열을 잘 받지 않는다	1	-	-	1	
				열을 잘 잃는다	-	2	-	2	
				열을 잘 잃지 않는다	4	3	4	11	
				열의 이동을 막는다	14	12	11	37	
				보온 기능이 있다.	12	19	20	51	
			스티로폼 (55)	열을 잘 받는다	열을 잘 받는다	4	2	3	9
					냉기를 잘 받는다	-	1	-	1
					열을 잘 받지 않는다	2	3	8	13
		열을 잘 잃는다		5	1	5	11		
			열을 잘 잃지 않는다	1	-	-	1		
			열의 이동을 막는다	-	4	4	8		
			보온기능이 있다	2	5	5	12		
	금속 (9)	열을 잘 받는다	1	2	3	6			
			열의 이동을 막는다	-	1	-	1		
			보온기능이 있다	1	1	-	2		
	스티로폼 (3)	열을 잘 받는다	-	1	-	1			
			열을 잘 받지 않는다	-	-	2	2		
온도를 생각한다 (20)	물질을 특성을	금속 (17)	따뜻한 물질이다	8	1	5	14		
			차가운 물질이다	2	1	-	3		
		스티로폼 (3)	따뜻한 물질이다	-	1	-	1		
			차가운 물질이다	-	1	1	2		
기타 (11)			5	4	2	11			

* ()안은 합계

표 13. 금속과 형질의 열 전도율을 비교하는 문항에서 대안개념의 종류 및 학년별 빈도

대안개념의 종류		학년			계	
		4	5	6		
물질의 종류와 상관 없이 설명한다(55)		23	19	13	55	
열과 온도를 혼동하지 않는다 (330) 열을 물질이나 열량으로 생각한다 (340)	알루미늄 (121)	열을 잘 받는다 열을 잘 받는다	9	8	16	33
		열을 잘 받는다 냉기를 잘 받는다	2	3	-	5
		열을 잘 받지 않는다	10	13	11	34
	호일 (121)	열을 잘 잃는다	1	1	2	4
		열을 잘 잃지 않는다	4	2	2	8
		열의 이동을 막는다	7	9	14	30
	형질 (154)	보온 기능이 있다.	1	2	4	7
		감싸고 있는 물체를 따뜻하게 한다	13	14	9	26
		열을 잘 받는다 열을 잘 받는다	4	4	7	15
	호일 (154)	열을 잘 받는다 냉기를 잘 받는다	-	-	1	1
		열을 잘 받지 않는다	8	8	7	23
		열을 잘 잃는다	1	1	2	4
	호일 (154)	열을 잘 잃지 않는다	-	-	1	1
		열의 이동을 막는다	2	1	3	6
		보온기능이 있다	2	-	-	2
열과 온도를 혼동한다 (10)	알루미늄 (6)	온도를 물질로 생각 온도가 없다	-	-	1	1
		열을 잘 받는다 열을 잘 받는다	1	-	1	2
	호일 (6)	열을 잘 받는다 냉기를 잘 받는다	1	-	-	1
		열을 잘 받지 않는다	1	-	1	2
	형질 (4)	온도를 물질로 생각한다 온도가 많다	-	-	1	1
호일 (4)	열을 잘 받는다	1	-	-	1	
	열을 잘 받지 않는다	1	-	1	2	
온도를 물질의 특성을 생각한다(20)	호일(2) 차가운 물질이다	1	-	1	2	
	형질(18) 따뜻한 물질이다	3	4	11	18	
기타 (10)		5	1	4	10	

* ()안은 합계

〈표 12〉를 보면 금속은 열을 잘 받고, 열을 잘 잃지 않고, 보온기능이 있다는 응답이 많았고, 나무와 금속을 소재로 한 문항과 마찬가지로 스티로폼(61명, 23.5%)보다는 금속(215명, 83.0%)의 성질로 열과 온도를 설명한 사례가 더 많았다. 학생들은 익숙한 상황으로 문제 해결을 시도하며 개념 중심보다는 경험

중심으로 사고하기 때문으로 생각된다.

금속은 두꺼워서 열이 잘 나가지 않고 스티로폼은 물을 흡수하기 때문에 물을 뜨거운 상태로 보관하기 힘들다는 응답에서는 물질의 다른 성질과 연관시켜 열과 온도를 설명함을 볼 수 있다. 금속과 스티로폼의 보온기능을 언급한 응답도 있었는데 이는 일상 생

활에서 금속으로 만든 보온병과 찬 것을 스티로폼에 담아 운반하는 경험에서 연유한 것으로 보인다. 금속은 열이 잘 통하지 않고 스티로폼은 열이 잘 통한다는 응답은 물질에 따른 열 전도율을 잘못 이해하고 있는 것을 보여준다.

금속과 형질의 열전도율을 비교하는 문항에서의 대안개념의 종류 및 학년별 빈도는 <표 13>과 같다. <표 13>을 보면, 알루미늄 호일이 열을 잘 받는다는 응답(38, 14.7%)이 가장 많았고, 열을 잘 받지 않는다는 응답(34, 13.1%)도 많았는데, 이는 대체로 알루미늄 호일이 빛을 반사하기 때문에 열을 받지 않는다는 이유 때문이고, 학생들은 알루미늄 호일이 금속이라는 사실을 모르는 경우도 있는 것으로 생각된다.

형질은 따뜻한 물질이라는 응답이 많았는데 이는 두껍게 옷을 입는 경험에서 비롯된 것으로 생각된다. 알루미늄 호일이 금속이므로 보온기능이 있다는 응답도 볼 수 있었다.

열 전도에 관한 학생들의 응답은 금속이나 형질이 열을 잘 받고 잘 잃는다, 열을 잘 받고 잘 잃지 않는다, 열을 잘 받지 않고 잘 잃는다, 열을 잘 받지 않고 잘 잃지 않는다는 4가지 유형으로 볼 수 있는데 열을 얻는 것과 잃는 것을 함께 기술한 경우가 적어서 구체적으로는 알 수 없다.

4학년 2학기 '4. 열과 물체의 변화'의 (2)열의 이동에서는 열의 이동을 막고 온도의 변화를 관찰하는 활동을 통해 단열의 개념을 제시한다. 이 활동에서는 열의 이동을 막으면 온도변화가 느림을 학습하게 된다. 그러나 이 내용에서는 스티로폼으로 찬 비커와 싸지 않은 비커의 온도변화만을 관찰함으로써 앞서 학습한 전도와 단열을 연결하여 이해하는데 어려움을 주게 된다.

V. 결론 및 제언

열과 온도는 일상 생활과 밀접한 관련이 있고, 과학적으로도 중요하며 학생들이 이해하기 어려운 개념이다. 따라서, 이 연구에서는 열과 온도 개념에 대한 학생들의 개념이해 수준을 조사하고, 대안개념을 분석하였으며 교과서와 대안개념과의 관련성을 알아보았다.

학생들의 열과 온도에 관련된 대안개념을 분석한 결과에 따르면, 열을 물질이나 열량으로 생각하는 유형, 온도를 열의 양을 측정하는 것으로 생각하는 유형, 온도를 단순히 더하거나 빼는 수로 이해하는 유형, 열과 온도의 개념을 혼동하는 유형, 온도를 물질의 고유한 성질로 이해하는 유형 등이 분석되었다. 또한 학생들은 열의 전도나 보온, 열평형 등의 개념이 제대로 형성되어 있지 않는 것으로 나타났다.

본 설문조사에 참여한 학생 중 몇 학생들과의 면담을 통해 본자 운동과 온도의 관계를 학습한 초등학교 6학년 학생들조차도 열과 온도의 개념을 물질을 구성하는 입자 운동의 개념과 올바르게 관련짓지 못하고 있음을 알 수 있었다.

Driver 등(1985)은 아이들이 기본적 사고를 받아들이는 데 실패하면 더 심화된 것을 배우는데 실패할 수 있다고 하였다. 열의 개념은 물질의 입자 운동 관점에서 열이동이나 열평형의 관점으로 제시될 필요가 있다. Driver 등(1985), Jones 등(2000)도 열이동 개념이 열과 온도를 이해하는데 중요하다고 하였고, Linn과 Songer (1991)는 열이동 모델을 사용하여 가르쳤을 때 학생들이 열 개념을 비교 집단보다 2-4배 가량 높게 형성하였다고 주장하였다.

그러나 현재 6차 과학교육과정에서는 물질의 입자 및 입자 운동의 개념이 초등학교 6학년에 제시되어 있으며, 7차 교육과정에서는 학생들의 인지 수준을 고려하여 중학교로 올라가게 된다. 그러나 열과 온도의 개념은 여전히 초등학교에서 꾸준히 제시된다. 따라서 학생들은 연속적인 물질관을 가지고 열과 온도의 개념을 이해할 수밖에 없을 것이다. 물질의 입자 운동 관점이 없이 형성된 열과 온도의 개념은 과학사적으로 살펴볼 때 대안개념일 수밖에 없다는 점을 고려한다면 이러한 교과서의 내용 구성은 문제라고 할 수 있다.

이 연구에서는 부분적인 면담을 사용하기는 하였으나 지필검사를 이용하여 학생들의 개념을 구체적으로 이해하는 데는 한계가 있었으므로, 보다 체계적인 면담을 통하여 다양한 학생들의 사고 유형을 구체적으로 파악하고, 대안 개념을 올바른 과학 개념으로 바꾸기 위한 시도의 효과도 알아볼 필요가 있을 것이

다. 특히 이 연구에서 주장한 바와 같이 초등학교에서 물질의 입자 운동과 이의 전달 형태로 온도와 열의 개념을 이해할 수 있는 지에 대한 실험 연구가 이루어질 필요가 있다고 본다.

또한 이 연구에서는 열과 온도 개념을 중심으로 조사하였으나, 그 외에도 이와 유사한 문제를 가질 수 있는 다양한 과학 개념을 중심으로 연구가 계속될 필요가 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 교육부 (1996). *슬기로운 생활(1-2학년), 자연(3-6학년)*. 서울: 국정 교과서 주식 회사.
- 권기태 (1993). 국민학교 아동들의 열과 온도에 대한 개념 조사. *한국교원대학교 석사학위논문*.
- 김태만, 신현중, 이영재, 정복근, 조경철, 최경석, 현재경 편저 (1989). *일반물리학*. 서울: 형설출판사.
- 김현재, 김한호 (1990). 국민학교 아동의 온도개념 형성에 관한 조사. *한국과학교육학회지*, 10(1), 95-117.
- 신미라 (1999). 중학생의 열이동에 관한 개념 조사. *한국교원대학교 석사학위논문*.
- 이성호 (1997). 과학 기본 개념에 대한 초등예비교사들의 이해. *초등과학교육*, 16(2), 325-339.
- 전우수 (1993). 국민학생의 과학 오개념 조사 연구. *초등과학교육*, 12(2), 145-166.
- 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.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science education*, 66(4), 623-633.
- 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.
- Lumpe, A. T. (1995). Peer collaboration and concept development: learning about photosynthesis. *Journal of research in science teaching*, 32(1), 71-98.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (Eds.). (1988). *Teaching science for understanding: A human constructivist view*. Academic Press.
- Renner, J. W., & Abraham, M. R. (1990). Understandings and misunderstandings of eighth graders of four physics concepts found textbooks. *Journal of research in science teaching*, 27(1), 35-54.

초등학생들의 열과 온도에 대한 대안개념 조사

Sciarretta, M. R., Stilli, 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.