

# 탐구수업 지도자료

- 학 년      중학교 1학년
- 단   원      에너지 때문에 상태가 변했어요
- 제   목      탐구의 발전
- 대표 저자   강순희(이화여자대학교)
- 공동 저자   김지영(서울 중화중학교)  
                  박은미(서울 청량고등학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



# 제 8 장

## 「상태 변화와 에너지」 관련 탐구의 발전



서울대학교  
과학교육연구소

### 탐구의 역사

#### 1) 냉장고가 없던 옛날에 우리의 조상들은 어떻게 얼음을 보관했을까?

더운 여름 시원한 얼음이 담긴 물 한 잔을 마시면 매우 시원하다. 요즘에는 냉장고가 있어 쉽게 얼음을 얼려 먹을 수 있고 음식도 신선하게 보관할 수 있다. 그러나 냉장고가 없던 옛날에는 음식이나 얼음을 어떻게 보관했을까?

옛날 우리 선조들은 지혜를 발휘하여 한 여름에도 시원한 얼음을 먹을 수 있었다. 물론 지금처럼 얼음을 만들어 내고 냉장고에 보관했던 것이 아니라, 추운 겨울철에 얼음을 모아 이를 이듬해 여름까지 보관했다. 얼음의 보관 장소로 이용된 것이 6세기 초에 만들어진 석빙고이다. 신라 시대 22대 지증왕 때에 만들어진 석빙고는 월성의 토벽 안에 있으며, 얼음 창고용으로 만들어진 것이다. 땅 속 깊이 갭을 파고 내벽을 돌로 쌓아올려 얼음이 녹는 것을 방지하는 특수한 저장 시설을 만들었고, 조선 시대에는 지금의 서울 용산구 서빙고동에 석빙고가 있었다고 한다. 이 때에는 얼음을 저장, 관리하는 관청이 있었으며, 그 얼음을 궁중과 관리들에게 공급하여 서민들은 구경하기도 힘들었다고 한다.

석빙고에서 가장 신비롭게 여겨지고 있는 것은 냉각 기술이다. 보통 땅 속의 돌은 겨울철에는 섭씨 10~15℃를 유지하는데 석빙고의 돌 벽은 0~5℃까지 내려간다.

석빙고는 여름철에는 더운 공기가 위로 올라가고 찬 공기는 아래로 내려가는 대류 현상을 최대한 활용했다. 바람이 들어오는 방향으로 입구를 내어 바람이 골고루 퍼지고 내부로 잘 들어갈 수 있도록 날개벽을 만들었다. 출입구 머리 쪽에 높이 2m정도의 벽을 만들어 위쪽에 있는 더운 공기가 들어가지 못하게 했고 내부에 5개의 요철 구조를 세워 더운 공기가 위로 올라가도록 했다. 석빙고 내부의 높은 온도의 공기를 빠져나오게 하는 곳이 통풍구이며 이 통풍구의 윗부분은 태양열에 쉽게 가열되는 돌로 만들어졌기 때문에 통풍구까지 올라온 공기가 온도 상승과 함께 쉽게 빠져나가게 된다. 이처럼 대류 현상을 적절히 이용하여 환기를 유지하는 것이 냉장 보관의 중요 요소가 된다고 한다. 석빙고는 이중벽 구조라고 하는데 바깥쪽은 단열 효과가 높은 진흙으로, 안쪽은 열전달이 잘되는 화강암으로 만들어져, 통풍구 쪽의 더운 공기가 가열된 화강암에 의해 더 빨리 빠져나가게 한다고 한다. 또한 지붕에 잔디를 심어 태양 복사열을 차단하였고, 내부 중앙에 배수로를 파서 얼음에서 녹은 물이 곧바로 빠져나가게 한 점들이 냉각 효과의 요인들로 보인다.

석빙고의 얼음들은 왕겨나 짚으로 쌓아 보관했다고 하는데, 이는 왕겨나 짚이 단열 효과



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

를 높이기도 하지만, 얼음이 약간 녹으면서 용해열로 주변 열을 흡수하게 되므로 왕겨나 짚의 안쪽이 온도가 낮아져 그만큼 얼음이 장기간 보관될 수 있도록 한 것이다. 실제로 여름철 얼음의 표면에 신문지 한 장 정도만 둘러 쌓아 놓아도 얼음을 보통 때보다 4~5배 오래 보관할 수 있다.



석빙고의 날개벽



석빙고의 내부



석빙고의 통풍구



## 2) 냉장고 기술의 변천사

냉장고의 역사는 약 2천5백 년 전 중국 전국 시대로 거슬러 올라간다. 당시 전국 시대에는 벌빙지가라 하여 겨울에 얼음을 저장했다가 여름에 내다쓰는 얼음 창고가 있었다. 벌빙지가에서 만든 얼음은 무척 귀한 것으로 전국시대 왕과 제후들만 먹을 수 있었다. 원나라 때는 궁궐에서 설탕을 녹인 과즙을 섞어 0°C 이하로 온도를 내려서 시럽을 만들었다고 하는데, 온도를 내리기 위하여 얼음이나 눈과 소금을 섞은 한제를 사용하였다고 한다. 그러나 아직 얼음이라고 할 수는 없었다. 로마 시대의 황제는 높은 산의 눈을 직접 가져오게 하여 음식을 보관할 때 사용하였다. 그 후 도시 가까운 곳에 지하에 구멍을 파고 눈이나 얼음을 저장하였다가 사용하였다.

현대적인 의미의 냉장고는 산업 혁명 이후 영국에서 등장했다. 1784년 영국 글래스고 대학의 윌리엄 켈린이 에틸에테르를 반 진공 상태에서 기화시켜 냉동시키는 기술을 개발, 인공 냉동 기술의 시대를 열게 되었다. 이후 꾸준한 냉동 기술의 발전으로 1862년 냉장고의 아버지로 불리는 영국의 제임스 해디슨이 최초의 냉장고를 만들었다. 오늘날과 같은 형태를 갖춘 최초의 냉장고는 1913년 미국 시카고에서 만들어진 호르메야로 목재 캐비닛 위에 냉각 설비가 놓여져 있는 형태였다. 가정용 냉장고는 1918년 미국 캘비네이터사에서 개발한 제품이 처음이라 할 수 있다. 우리나라에서는 32년 전인 1965년 LG전자가 국산 냉장고 1호를 생산했다. 최근 들어 냉장고 내 온도 조절을 위한 디지털화에 이어 인공 지능 기능이 있는 마이크로화(퍼지 기능)가 진전되고 있다. 최근 냉장고 기술의 가장 큰 이슈는 대체 냉매 냉장고 개발이다.



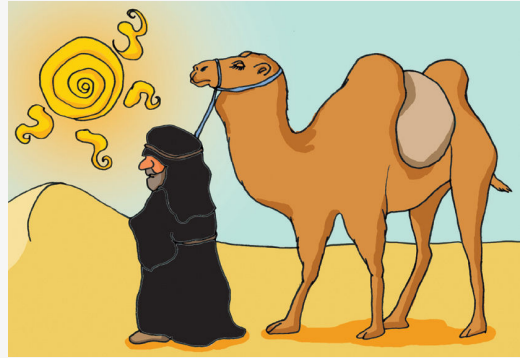
## 우리 생활

### 1) 사막에 사는 사람들이 검은 옷을 입는 이유

사막에 사는 사람들은 사시사철 폭폭 찌는 날씨에도 불구하고 검은 천으로 짠 헐렁한 옷을 입고 다닌다. 왜 더운 사막에서 햇빛을 잘 흡수하는 검은색의 옷을 입는 것일까?

이것은 바로 땀을 흘릴 때 바람이 불어주면 시원함을 느끼는 원리를 이용한 것이다. 검은색 옷을 입으면 흰색 옷을 입었을 때보다 옷 안의 온도가 6℃ 가량 상승한다고 한다. 그렇게 온도가 높아진 옷 안의 공기는 온도차에 의한 대류 현상으로 헐렁한 옷의 윗부분으로 빠져나간다. 이 때 옷 안의 공기보다 차가운 바깥의 공기가 옷 안으로 스며들어 오게 된다. 이러한 방법으로 옷 내부와 외부의 공기 순환이 자연스럽게 일어나기 때문에 몸 주위에 항상 바람이 부는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 공기 소통이 원활하게 될 뿐 아니라 몸에서 난 땀의 증발이 활발하게 일어나게 되며, 증발시 기화열을 흡수하게 되므로 시원하게 된다. 이러한 원리로 사막에서 헐렁한 검은 옷을 입으면 몸이 시원하게 되는 것이다.

또한 사막을 횡단하는 사람들은 양가축 물통을 사용하는데 더운 사막에서 양가축 물통을 매달고 다니면 물을 시원한 상태로 유지할 수 있다고 한다. 양가축 물통에는 작은 구멍이 많이 있는데 이 구멍을 통해 물이 증발하여 공기 중으로 나가면서 열을 흡수하기 때문에 물이 시원하게 된다.



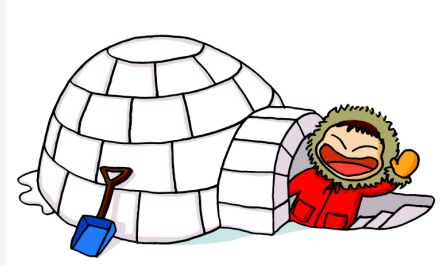
서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

### 2) 이글루 속은 춥지 않을까?

이글루 속은 냉장고 속처럼 공기가 차가운 것이 아니다. 오히려 그 속은 훈훈하다. 에스키모들은 이글루의 출입문이 되는 얼음 문을 꼭 닫고, 그 안에 짐승 가죽이며 털을 깔고 산다. 물론 이글루 속에서 불을 피우려 고래 기름 따위로 등잔불도 켜다. 에스키모들은 주로 사냥을 할 때에 이런 이글루를 만들고 그 안에서 생활한다. 눈과 얼음으로 지은 이글루는 열을 전달하는 것을 막아주는 역할을 한다. 그러나 시간이 지나면 얼음이 승화하여 두께가 점점 얇아진다. 이 때 물을 뿌려주는데 이것은 얼음의 두께를 유지시켜 주기 위한 것뿐만 아니라, 물이 얼면서 많은 양의 열을 방출하기 때문에 난방의 한 방법이 되기도 하다.



서울대학교  
과학교육연구소



### 3) 뜨거운 물이 찬물보다 빨리 언다???

물이 얼려면 물의 온도가 0℃ 이하로 내려가야 한다. 차가운 물과 뜨거운 물을 비교하면 차가운 물이 0℃에 더 가깝기 때문에 차가운 물이 빨리 언다고 생각하기 쉽다. 그러나 차가운 물보다 뜨거운 물이 빨리 어는데, 실제로 이러한 현상은 추운 겨울날 뜨거운 물이 더 빨리 어는 것에서 관찰할 수 있다. 실제로 그러한지 알아보기 위해서는 다음과 같은 실험을 할 수 있다.

소량의 물을 끓여 뚜껑이 없는 플라스틱 용기에 담는다. 그리고 실온의 물을 비슷한 용기에 같은 양을 담고 두 용기를 냉장고의 냉동실에 넣고 관찰한다. 놀랍게도 차가운 물 쪽보다 뜨거운 물이 빨리 어는 것을 관찰할 수 있다. 그렇다면 왜 뜨거운 물이 빨리 어는 것일까? 물이 빨리 얼었다는 것은 물의 온도가 0℃ 이하로 빨리 떨어졌다는 것이다. 그럼 뜨거운 물이 찬 물보다 더 빨리 떨어졌다는 것이고, 뜨거운 물이 찬물보다 더 빨리 열을 잃어야만 한다. 실제로 어떤 물체를 냉각시키는 속도는 그 물체의 비열, 온도차, 질량과 관련이 있다. 그러나 위의 두 경우는 다른 조건은 같고 온도만 다르다. 온도차가 클수록 식는 속도가 빠르겠지만 내려가야 할 온도 차이 또한 크기 때문에 온도차가 크다는 것만으로 뜨거운 물 쪽이 빨리 언다고 쉽게 결정내릴 수 없다. 그렇다면 뜨거운 물 쪽에서 온도가 빨리 떨어질 수 있는 다른 조건이 있어야 한다. 그것은 바로 증발인데, 찬 물에서보다 뜨거운 물에서 증발이 많이 일어난다. 증발이 많이 일어나기 때문에 증발 시 열을 흡수하여 많은 열에너지를 잃게 된다. 즉 물의 표면에서 분자들이 빠르게 떨어져 나가면서 물이 가지고 있던 열에너지를 쉽게 잃어버리게 되는 것이다. 그래서 뜨거운 물의 온도가 급격히 떨어지면서 빨리 식게 되는 것이다. 그리고 증발하면서 뜨거운 물의 질량도 작아지는데 이것도 뜨거운 물이 빨리 얼게 되는 한 요인이다.

아파트 수도관의 경우 온수관이 동파하는 경우가 냉수관의 경우보다 많은 것을 볼 수 있는데 그 이유도 뜨거운 물이 더 빨리 어는 이유 때문이다. 온수관이 얼어터지는 것은 온수관의 높은 온도가 차가운 바깥 공기에 의해 식혀지는 속도가 냉수관보다 커서 좀더 빨리 열을 잃고 먼저 얼게 되기 때문으로 볼 수 있다.

### 4) 생물체의 체온 조절

#### (1) 사람의 체온 조절

우리 몸이 열을 외부로 발산하는 방식에는 크게 두 가지가 있다. 첫째는 몸 속의 열을 상대적으로 온도가 낮은 부위인 피부로 이동해 발산하는 방식이다. 피부는 공기와 직접 접촉하고 있어 몸 속보다 온도가 낮다. 이 과정을 통해 발산되는 열의 양은 전체의 15~20% 정도다.

둘째는 인체에 존재하는 2백~3백만 개의 땀샘에서 분비된 땀을 공기 중에 수증기로 확산시킴으로써 열을 발산하는 방법이 있다. 몸에서 발산되는 열량의 80% 정도가 이 방식을 통해 발산된다. 특히 주변의 온도가 피부 온도보다 높을 경우 피부를 통한 열의 발산이 이뤄질 수 없기 때문에 땀이 체온을 떨어뜨리는 중요한 역할을 한다. 이처럼 땀은 과열된 체



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

온을 억제하는 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

사람이 흘리는 땀의 양은 얼마나 될까. 신체 활동의 정도와 계절에 따라 다르지만 사람은 보통 하루에 5백~7백mL 정도의 땀을 흘린다.

그렇다면 다른 동물들도 땀을 흘릴까? 동물들은 종류에 따라 땀을 흘리는 것도 있으며 그렇지 않은 것도 있다. 말과 소는 사람처럼 땀을 흘리지만, 사람들이 애완용으로 많이 기르는 개나, 농촌에서 기르는 토끼나 돼지 등은 땀을 흘리지 않는다. 땀을 흘리는 동물 중에 땀 색깔이 이상한 동물이 있는데 그 동물은 하마로 땀 색은 분홍색이다. 하마의 피부는 보기와는 달리 매우 부드럽기 때문에 항상 젖어 있어야 하며, 마르게 되면 피부가 터지기 때문으로 흔히 이것을 피땀이라고 한다.



### (2) 공룡 뼈의 공기 주머니

거구에 목이 긴 초식 공룡에 속하는 용각류는 조류처럼 뼈에 수많은 구멍이 뚫려 있다. 조류에 있는 구멍은 기낭이라 불리 우는 공기 주머니로 체중을 가볍게 하여 날아다닐 때 날개의 힘을 덜어주는 역할을 한다. 그러나 공룡들의 뼈에 빼곡하게 들어찬 공기 주머니의 주 역할은 체온 조절용의 냉각 장치였던 것으로 학자들은 추측한다. 공기 주머니는 습기가 많은 막으로 되어 있기 때문에 체온이 올라가면 공기 주머니 안의 습기가



기화하면서 기화열을 흡수하기 때문에 체온이 지나치게 높아지는 것을 예방했다는 뜻이다. 거구의 용각류가 피부만으로 체내의 열을 방출하기가 쉽지 않아 뱃속의 기낭을 통한 체온 조절이 단단히 한 몫을 했던 것으로 보인다. 공룡 뼈의 공기 주머니는 이처럼 체중을 가볍게 하는 것을 비롯해 호흡 보조, 체온 냉각시스템 등 세 가지 역할을 동시에 해낸 것이다.



### (3) 진흙탕을 구르는 돼지

소나 양, 염소와는 달리 돼지의 조상은 물이 많고 그늘진 숲 골짜기와 강둑에서 살았다. 또 체온을 조절하는 능력이 없으므로 물에 몸을 적서 열기를 식혔다. 흔히 돼지가 시궁창에서 뒹굴기를 좋아하는 더러운 짐승이라 얘기하는데 이는 진흙에서 뒹굴면서 진흙속의 수분이 기화할 때 열을 흡수하는 원리로 체온을 낮추려는 본능적인 행위로 보아야 한다. 그래서 돼지를 기르기 위해서는 인공적인 그늘을 만들어 주고 따로 물을 대주어야 한다.

### (4) 혀를 내미는 개

여름 더위에 혀를 내밀고 “헤헤” 하고 있는 개를 자주 보는데 이것은 개의 체온 조절을 위한 행동이다. 인간은 땀을 흘려 체온을 내리지만 개나 고양이는 땀샘이 오로지 발바닥에만 존재하기 때문에 덥거나 흥분하면 체온이 올라가 개는 입을 벌리고 “헤헤”함으로써 체온을 내리는 것이다. 그래도 체온이 내려가지 않을 때는 물을 많이 마셔 체온을 내리려고 한다. 그렇기 때문에 항상 수분 보충을 할 수 있도록 신선한 물을 많이 준비해 주는 것이 중요하다.



## 연구의 현황과 전망

### 1) 동결 건조

수용액이나 다량의 수분을 함유한 재료를 동결시키고 감압(減壓)함으로써 얼음을 승화시켜 수분을 제거하여 건조물을 얻는 방법을 동결 건조라고 한다. 이 방법은 식품 공업에서 장기 보존하려는 인스턴트 식품을 제조할 때나 육류·어류·야채·과즙 등을 건조시킬 때 주로 사용된다. 쇠고기·새우·야채 등을 원형 그대로 건조시키거나 수프 원료, 주스 등 건조품을 분말로 하는 것을 이 방법으로 건조시키면 향기·맛 등이 남고, 천연품에 가까운 상태의 인스턴트 식품을 얻을 수 있게 된다.

냉동 건조 커피는 대표적인 동결 건조 식품 중 하나이다. 인스턴트 커피 가루는 뜨거운 물로 열매에서 커피액을 추출한 뒤 건조시킨 것이다. 물론 커피 추출액을 그대로 펄펄 끓여서 증발시키면 건조한 커피 가루를 얻을 수 있다. 하지만 이렇게 하면 물이 증발하면서 동시에 커피의 독특한 향과 맛을 내는 분자도 함께 날아가 버려 맛없는 커피가 되는 것이다. 이를 막기 위해 쓰는 방법이 냉동 건조다. 커피 추출액을  $-40^{\circ}\text{C}$ 로 냉동시킨 뒤 공기를 없앤 진공 상태에 놓아둔다. 얼어붙은 커피액에 들어 있던 물(얼음)은 수증기로 직접 승화되어 날아간다. 커피의 향미를 내는 분자는 얼어서 날아가지 못하고 또 열에 파괴되지도 않아 커피 그대로의 맛과 향을 유지할 수 있다.



### 2) 빙축열 냉방

생활 수준이 향상되고 가정용 에어컨 보급이 늘어나면서 여름철 냉방 전력의 수요가 급증하고 있다. 그러나 부족한 전력을 공급하기 위한 발전소 건설은 장기적이고 건설 비용도 만만치 않다. 따라서 이에 대한 대안으로 빙축열 냉방 설비의 이용이 각광받고 있다. 이 방법은 값싼 심야 전력을 이용하여 야간에 냉동기를 가동하여 얼음을 얼려 놓았다가 주

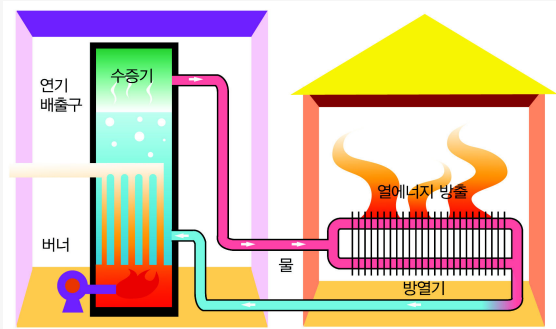


간에 얼음을 녹여 냉방하는 시스템이다. 가장 소비 전력이 많은 낮 시간대에 이 얼음에 바람을 통과시켜 시원한 바람을 얻는 방식이므로 경제적인 냉방은 물론, 주간 전력 부하를 감소시킬 수 있다. 특히 쾌적한 냉방이 이루어지기 때문에 업무용 빌딩 등에서 이 방식을 많이 채택하고 있다. 이러한 설비를 이용해 여름철 낮 시간대에 발생하는 최대 수용 전력을 다른 시간대로 이전하면 발전소 건설 비용을 줄일 수 있을 뿐 아니라, 발전소 건설에 따른 환경 문제에도 도움이 된다.



### 3) 스팀 난방

물은 얼음으로 변할 때 많은 열을 방출하고 수증기로 변할 때는 많은 열을 흡수한다. 많은 물질이 상태를 바꿀 때에는 열을 방출하거나 흡수한다. 이때의 열을 「숨은 열」이라 부른다. 물의 경우에는 그 열량이 매우 크다는 게 특징이다.



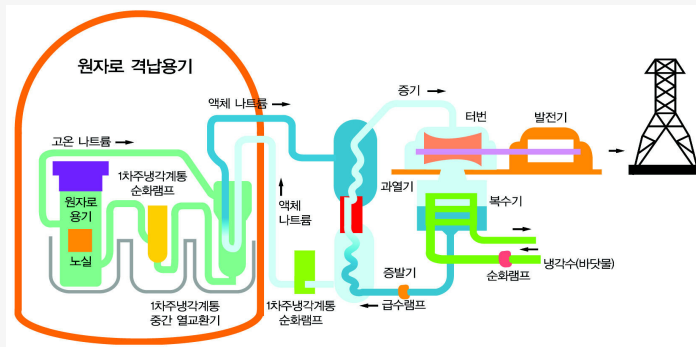
이 대형 건물의 난방 방법으로 자주 쓰인다.

이와 같은 물의 숨은열 원리를 우리는 생활 곳곳에서 이용하고 있는데 겨울철 난방의 대표적인 방법인 스팀, 즉 수증기 난방도 이를 이용한 것이다. 물을 수증기 상태로 가열하여 관을 통해 각 방에 보내고 방 열판을 지나가게 하면 점차 식어진 수증기가 물로 응축할 때 매우 큰 열량을 낸다. 이 방법은 일반 가정에서 물을 데워 난방하는 방법보다 더 많은 열량을 전달할 수 있



### 4) 원자로

원자력 발전은 무거운 핵이 핵에너지를 방출하면서 두 개의 중간 크기의 핵으로 갈라지는 핵분열이 일어날 때 발생하는 열을 이용하여 전기를 생산하는 설비이다. 즉, 물을 끓여서 증기를 만들고 이 증기로서 터빈을 돌려 화력 발전을 하는데 원자력 발전은 화력 발전소의 보일러 역할을 원자로로 바꾼 것이다. 원자로는 핵연료, 감속재, 냉각재의 3요소로 구성되어 있다. 핵연료로는 천연 우라늄이나 농축 우라늄, 또는 토륨이나 플루토늄이 사용



되며 감속재로는 흑연 같은 고체, 또는 중수나 경수 같은 액체가 사용된다. 그리고 냉각재로는 물을 사용하지만, 이산화탄소나 헬륨 같은 기체가 사용되는 경우도 있다. 현재 전 세계에 가장 많이 있는 원자로로는 보통 물을 감속재와 냉각재로 사용하는 가압경수로 (PWR:pressurized water reactor)이다. 가압 경수로는 용기에 높은 압력을 가해 핵연료와 직접 접촉하는 물은 끓지 않도록 하는 대신 이 물이 증기 발생기를 통과하면서 증기 발생기 속의 물을 수증기로 만드는 형태이다.

