

전북 진안 풍혈의 여름철 냉풍 및 겨울철 온풍 발생 연구

김영일¹, 신영기², 서정아², 최영돈³, 송태호⁴, 강채동⁵, 김성실⁶, 노정선¹, 정시영⁷, 김용찬³

서울산업대 건축학부¹, 세종대 기계공학과², 고려대 기계공학과³, 한국과학기술원 기계공학과⁴,
전북대 기계공학과⁵, HP시스템테크⁶, 서강대 기계공학과⁷

Study of occurrence of cool air in summer and warm air in winter of Chonbuk Jinan Poonghyeol

Youngil Kim¹, Younggy Shin², Jeong Ah Seo², Yong Don Choi³, Tae-Ho Song⁴, Chaedong Kang⁵, Seong-sil Kim⁶, Jeong Sun Rho¹, Siyoung Jeong⁷, Yong Chan Kim³

¹School of Architecture, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

²Department of Mechanical Engineering, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

³Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

⁴Department of Mechanical Engineering, KAIST, Taejon 305-701, Korea

⁵Department of Mechanical Engineering, Chonbuk University, Jeonju 561-756, Korea

⁶HP System Tech Co., Ltd., Seoul 137-130, Korea

⁷Department of Mechanical Engineering, Sogang University, Seoul 121-742, Korea

ABSTRACT: Jinan Poonghyeol in Chonbuk province is famous for emitting cool air in summer and warm air in winter. Cause for these phenomena is studied by measuring temperature, humidity and air velocity of several locations around Jinan Poonghyeol. Temperature variations under the ground are also measured. Analyzing data compiled from July 21, 2005 through May 26, 2006, it is presumed that storage effect of rocks and soil in this area and buoyancy effect are the main causes for this mysterious natural air-conditioning phenomena.

Key words: Cool air(냉풍), Warm air(온풍), Buoyancy(부력), Heat storage(축열), Measurement(측정), Temperature(온도), Humidity(습도), Underground(지중)

1. 서 론

공조란 특정한 공간의 온도 및 습도를 원하는 조건으로 제어하는 과정을 말한다. 실내 열환경은 외기 조건에 큰 영향을 받으며 실내의 열환경 조건을 원하는 상태로 유지하기 위해서는 공기를 가열, 냉각, 가습, 제습하는 공조 과정이 필요하다. 여름철의 외기는 고온, 다습하므로 냉각 및 제습이 필요하고, 겨울철에는 외기가 저온, 건조하므로 실내를 쾌적하게 만들기 위해서는 가열 및 가습이 요구된다.

2005년 국내의 에너지 사용량은 연간 68 조원으로 이중 공조에 사용되는 에너지는 전체의 약 15%인 10 조원이다. 우리 나라가 공조용 에너지

가 많은 이유는 봄, 여름, 가을 겨울의 4 계절이 뚜렷하여 냉방, 난방, 제습 및 가습에 소요되는 에너지가 많이 요구되고 있기 때문이다. 일반적인 국내 건물의 에너지 소비량 비율을 보면 공조 47%, 조명 24%, 기타 29%로 공조 시스템의 에너지 사용 비율이 대단히 높음을 알 수 있다. 에너지 지원의 97% 이상을 수입하는 국내 실정으로는 에너지 절약이 국가의 경쟁력 강화를 위하여 무엇보다도 시급한 과제가 되고 있다.

자연공조는 자연적인 현상을 이용하여 공조를 수행하므로 에너지 자원이 빈약한 국내의 실정으로는 큰 관심의 대상이 되고 있지만 아직 많은 경우 그 자세한 원리는 명확하게 밝혀지지 않고

있다. 본고에서는 무더운 여름철에는 찬 바람을, 한겨울에는 따뜻한 바람을 내뿜는 전북 진안 풍혈의 과학적인 원리 규명 연구에 대하여 소개하고자 한다.

2. 자연식공기조화 전문위원회

자연공조 현상을 보다 과학적으로 연구하기 위하여 자연식공기조화 전문위원회가 대한설비공학회와 한 전문위원회로 2000년에 설립되었다. 본 전문위원회는 쾌적하고 생산에 적합한 실내 열환경을 구현하기 위하여 자연에서 일어나는 자연공조 현상을 연구하고 이를 활용하여 에너지를 사용하지 않거나 또는 가급적 적게 사용하는 여러 가지 방안을 제시하는 것을 목표로 한다. 이를 위하여 국내에서 자연 냉방과 환기로 잘 알려진 여러 곳의 얼음골, 해인사, 석굴암, 석빙고 등에 대한 자료를 수집하고 탐사하여 자연공조 효과가 일어나는 조건을 규명하고 효율적인 자연공조 방법을 연구한다. 또한 소중한 문화재를 손상없이 오래동안 보존하기 위한 공조 방식도 연구한다. 아울러 문화재에 대한 공조 실태를 파악하여 문제점이 있다면 해결을 위한 노력을 한다. 본 연구회에서는 자연 공조 관련 우리 조상의 지혜와 우수성을 세상에 널리 알리는 일도 하고 있다. 본 전문위원회는 현재 산학연 전문가 34명으로 구성되어 있으며 자연공조 현상에 관심이 있고 같이 활동하고자 하는 회원은 언제든지 가입을 환영하는 바이다.

진안군청에서는 전북 진안의 풍혈 원리를 규명하고자 자연식공기조화 전문위원회에 연구용역을 의뢰하였고, 이 연구는 2004년 12월 31일에 시작하여 2006년 11월에 완료될 예정이다. 진안 풍혈 연구를 위해서 자연공조의 전문가로 이루어진 연구팀이 별도로 구성되었다.

3. 전북 진안 풍혈

전북 진안군 성수면 좌포리 양화부락 23-1에는 풍혈이란 곳이 있는데, 여기는 한여름에도 4℃ 이하의 찬 바람이 바위 틈에서 계속 나와 무더위 속에서도 추위를 느낄 수 있는 신기한 곳이다. Fig. 1은 진안 풍혈 주변의 전경, Fig. 2는 풍혈

입구 사진이다. 풍혈에서는 외기의 조건에 따라 공기가 밖으로 나오기도 하고 반대로 안으로 유입되기도 한다. 여름철에는 공기가 축냉된 지층을 통과하면서 냉각되어지고, 겨울철에는 반대로 상대적으로 축열된 지층을 통과하면서 공기가 가열되어진다. 실제로 2004년 12월에는 외기 온도가 -1℃이었을 때, 산 중턱에서 상대적으로 온풍인 13℃의 공기가 배출되는 것이 측정되었다. 풍혈과 산중턱의 동굴들은 안산암으로 구성된 지반으로서로 연결되어 있고, 계절에 따라 각기 다른 특성으로 연동한다. 풍혈의 경우에는 한겨울의 냉열이 현열과 잠열 형태로 암석에 저장되어져 있다가 여름이 되면 찬 공기가 음의 부력을 받아 하부의 바위틈 사이로 세어 나오고, 이와 반대로 풍혈보다 높은 곳에 위치한 소동굴에서는 한 여름의 따뜻한 열이 암석에 저장되어져 있다가 겨울이 되면 양의 부력을 받아 소동굴을 통하여 대기로 나온다. 풍혈의 원리를 Fig. 3(여름)과 4(겨울)에 나타내었다.

최근 원불교에서 풍혈 부근의 산 10만평을 매입하였다. 따라서 현재 진안의 풍혈과 냉천 지역은 원불교 소유로 되어 있다. 진안군청과 원불교에서는 풍혈의 원리 규명을 위하여 계측기 설치를 비롯하여 각종 편의를 제공하고 있다. 이러한 편리함 때문에 진안 풍혈을 연구 대상으로 하였다. 다른 자연공조 사례(밀양, 의성, 제천, 포천 등)는 국유지이므로 계측기 설치시 승인 절차가 복잡하리라 판단된다.

여름에도 찬 바람을 내뿜는 지형에는 진안 풍혈 외에도 여러 곳이 있는데 일반적으로 다음과 같은 공통점이 있다. 이러한 지형은 대체로 양 옆이 산으로 둘러 쌓여 있고, 북을 향하고 있어 일사량에 의한 부하가 최소가 된다. 이러한 지형은 잘려지기 쉬운 유사한 크기의 안산암으로 덮여 있다. 잘려진 안산암은 다공성 축열조 역할을 하며 냉열 저장 및 공기의 통로가 된다. 차가워진 공기는 부력에 의해 하부로 이동한다. 냉열 저장은 잠열 및 현열의 두 형태라고 추정된다. 이러한 현상은 거대한 지형적인 특성이 요구되므로 이 자연 현상을 실제 응용하기는 어렵다고 본다. Fig. 5는 밀양 얼음골이 위치한 천황산의 사진으로 잘려진 안산암으로 덮인 모습을 보여 주고 있

다. Fig. 6은 안산암의 여러 종류를 보여 주고 있다.

Fig. 7의 지형도 등고선을 살펴보면 가파르던 산이 무너져 흘러내린 것이라고 추정할 수 있다. 이 지역의 지반은 안산암계열의 화산암으로 구성되어 있으며 이 화산암이 무너져 흘러내리면서 우측 Fig. 8과 같은 지반을 형성한 것으로 추정된다. 이 그림에서 ③과 ④번 지층도는 원래의 지층단면을 가정한 것이며, ①과 ②번 지층도는 현재의 지층단면이다. 이 두 지층단면을 조합하면 Fig. 9와 10과 같은 지층도가 있는데, 두 단면이 겹치지 않은 부분이 풍혈에 관련된 지대를 형성한 것으로 판단된다. 이 지대는 안산암이 차곡차곡 쌓여 현열과 잠열을 축열하며, 동시에 공기가 열 및 물질 교환을 하면서 통과할 수 있는 통로가 되기도 한다.

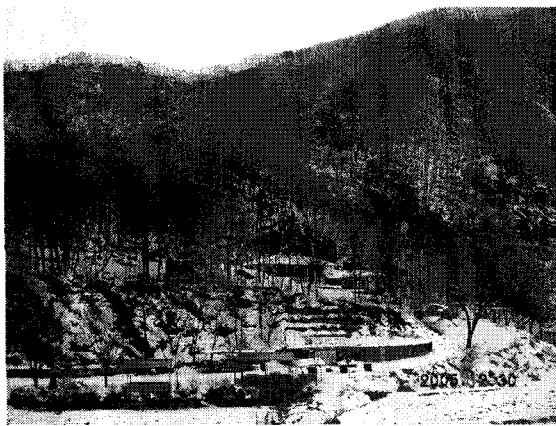


Fig. 1 View of Jinan Poonghyeol



Fig. 2 Entrance of Jinan Poonghyeol

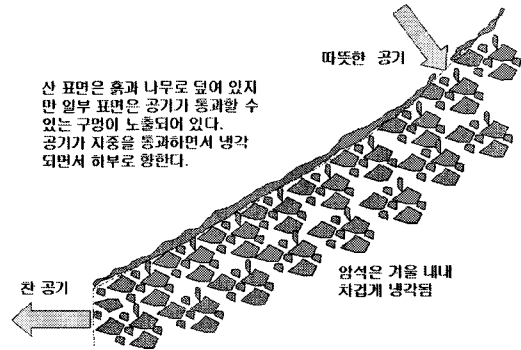


Fig. 3 Cool air moving downward (summer)

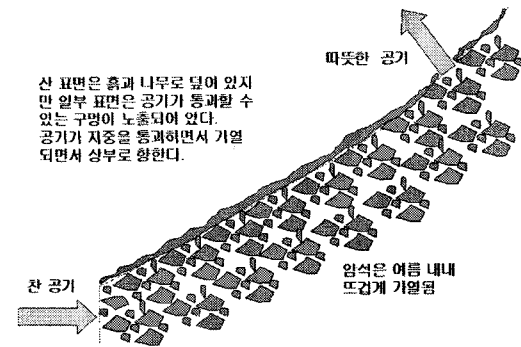


Fig. 4 Warm air moving upward (winter)



Fig. 5 Mountain piled up with andesite

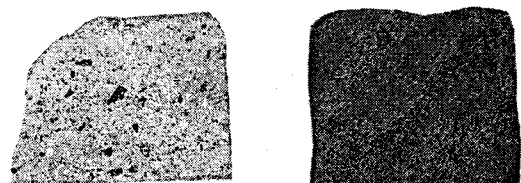


Fig. 6 Andesite

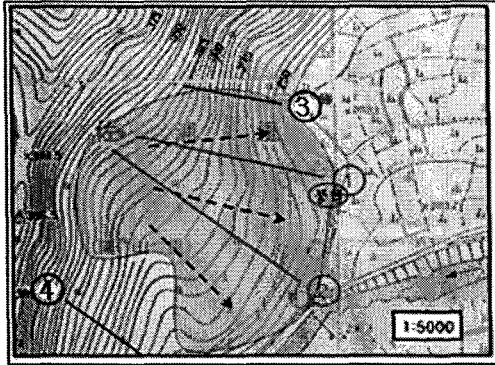


Fig. 7 Contour map

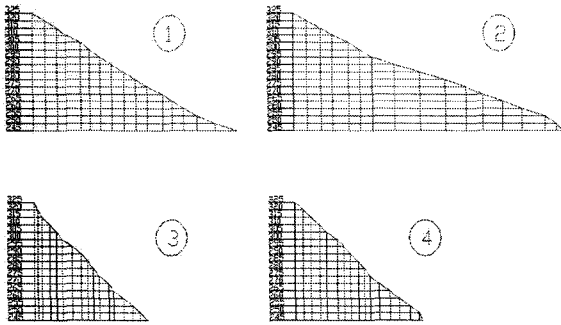


Fig. 8 Side view

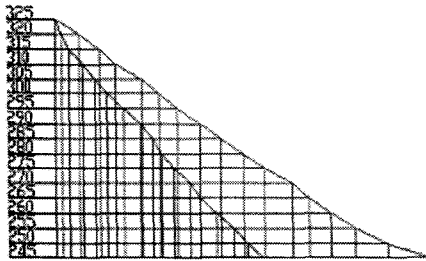


Fig. 9 Superpositon of ① and ③

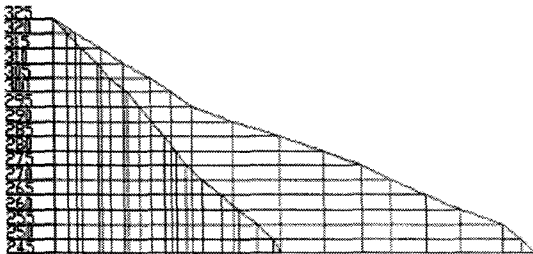
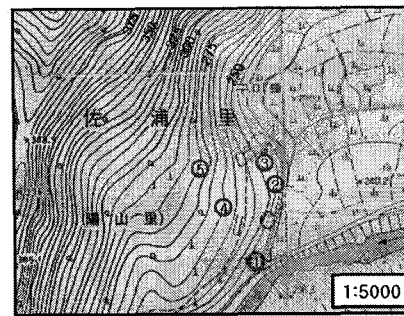


Fig. 10 Superpositon of ② and ④

4. 측정 시스템

전북 진안군 성수면 좌포리의 풍혈 및 냉천의 주변 외기와 여러 지점의 온도 및 습도를 3년 이상 장기간 측정하기 위하여 측정 시스템을 설치

하였다. 각 지점에는 데이터로거가 있어 각종 센서의 신호를 받아 본부에 설치된 컴퓨터로 전송한다. 컴퓨터에 저장된 데이터는 인터넷으로 타 지역에서도 열람이 가능하다. Fig. 11에 측정 시스템의 설치 위치를 나타내었다. 민박집 ①은 본부이며 여기에 컴퓨터가 설치되어 있다. Table 1은 위치별 측정 시스템에 대한 요약이다.



- ① : 민박집
- ② : 풍혈
- ③ : 지중
- ④ : 중동굴
- ⑤ : 소동굴

Fig. 11 Locations of measurement

Table 1 Measurement system

	1	2	3	4	5
	민박집	풍혈	지중	중동굴	소동굴
T (온도)		4	6	6	2
H (습도)		4		6	2
V (풍속)		2		1	1
AD unit		1	1	1	1
간이 data logger	1	3	1	1	1
컴퓨터	1				
전원 (220V)	1	1	1	1	1

5. 측정 결과

측정 시스템은 2005년 7월 20일에 설치되었지만 그 후 여러 보완이 이루어졌고 실제 의미있는 데이터는 2005년 9월부터 수집되었다.

공기의 부력 효과를 확인하기 위하여 Fig. 12에서는 소동굴에서 소동굴과 외기의 온도차와 풍속을 비교하였다. 온도차가 클수록 소동굴에서 나오는 풍속이 커지고 있어 부력 효과가 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 13은 2005년 8월 29일부터 2006년 1월 27일까지의 풍혈, 풍혈 뒤 지중 6 m 그리고 외기의

온도 변화이다. 여름철에는 외기가 높아도 풍혈에서는 4~5℃의 냉풍이 나오며 축냉된 냉열이 소진하면서 온도는 서서히 상승한다. 12월부터는 외기가 더 낮아짐에 따라 외기가 풍혈 안으로 이동하면서 풍혈 주변의 암석을 냉각한다.

Fig. 14는 풍혈 뒤 지중 2, 4, 6, 8, 10 m의 온도 변화이다. 지중 6, 8 m에서 가장 잘 냉열이 저장되며 이 지대가 풍혈의 온도에 큰 영향을 미친다. Fig. 15는 소동굴에서의 온도 변화이다. 여름에는 외기가 소동굴로 유입되므로 둘의 온도가 유사하게 변한다. 겨울이 되면 소동굴에서 따뜻한 바람이 나온다. 외기가 -10℃일 때 15℃의 온풍이 나오는 경우도 있다. 이는 지중에 현열 및 잠열 형태로 저장된 열이 부력에 의하여 소동굴로 나오는 것이다.

6. 결론

본고에서는 국내의 자연공조 사례인 전북 진안 풍혈 연구에 대하여 소개하였다. 계절적인 자연공조는 신비스러운 현상이기는 하나 과학적으로

규명될 수 없는 것은 아니다. 다만 해석을 위해서는 자연현상 자료를 수집하여야 하는데 대부분 규모가 크고 또한 장기간에 걸친 측정이 필요한 어려운 점이 있다. 측정 결과 암석층의 축열과 공기의 부력에 의해 여름철 냉풍과 겨울철 온풍이 발생한다고 판단된다. 자연공조 현상을 과학적으로 규명할 수 있다면 그동안 신비하게 생각되어 온 자연공조 효과를 활용하여 에너지를 사용하지 않거나 극도로 적은 에너지를 사용하는 자연공조 시스템을 제안, 개발할 수 있을 것이다.

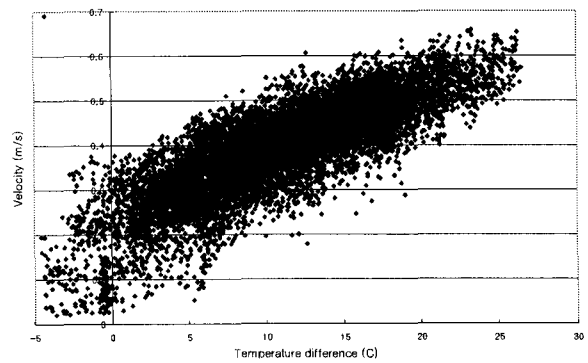


Fig. 12 Buoyance effect

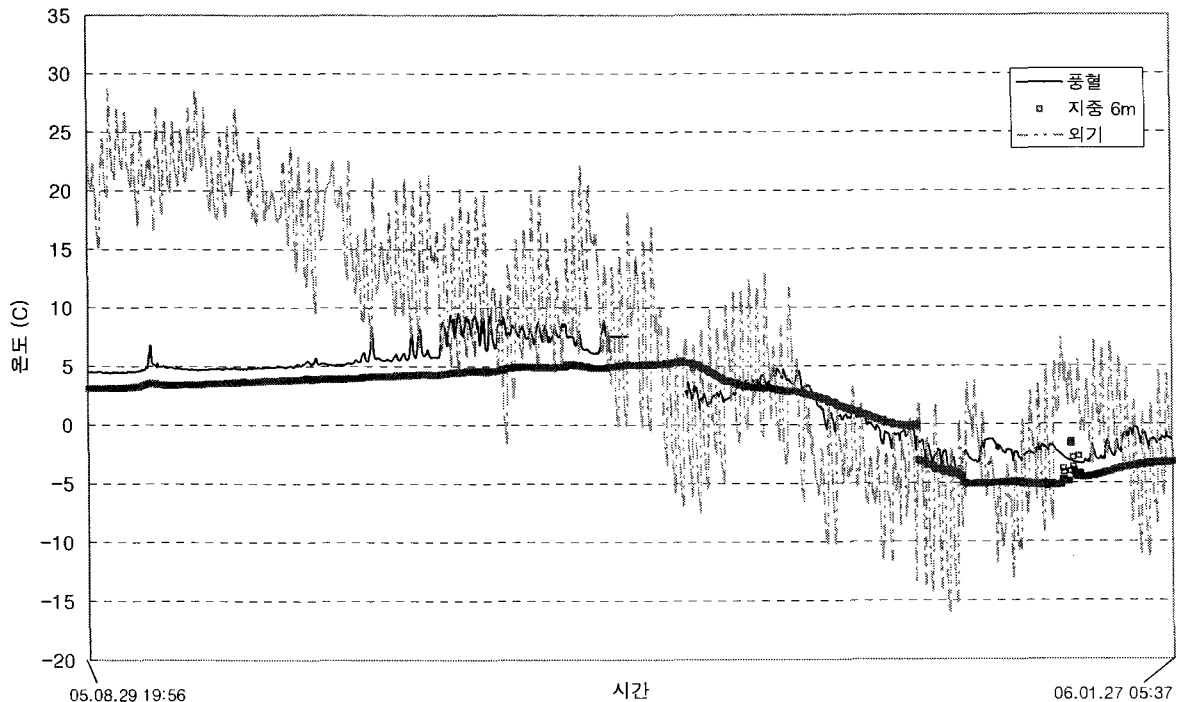


Fig. 13 Temperature variation of Poonghyeol vicinity

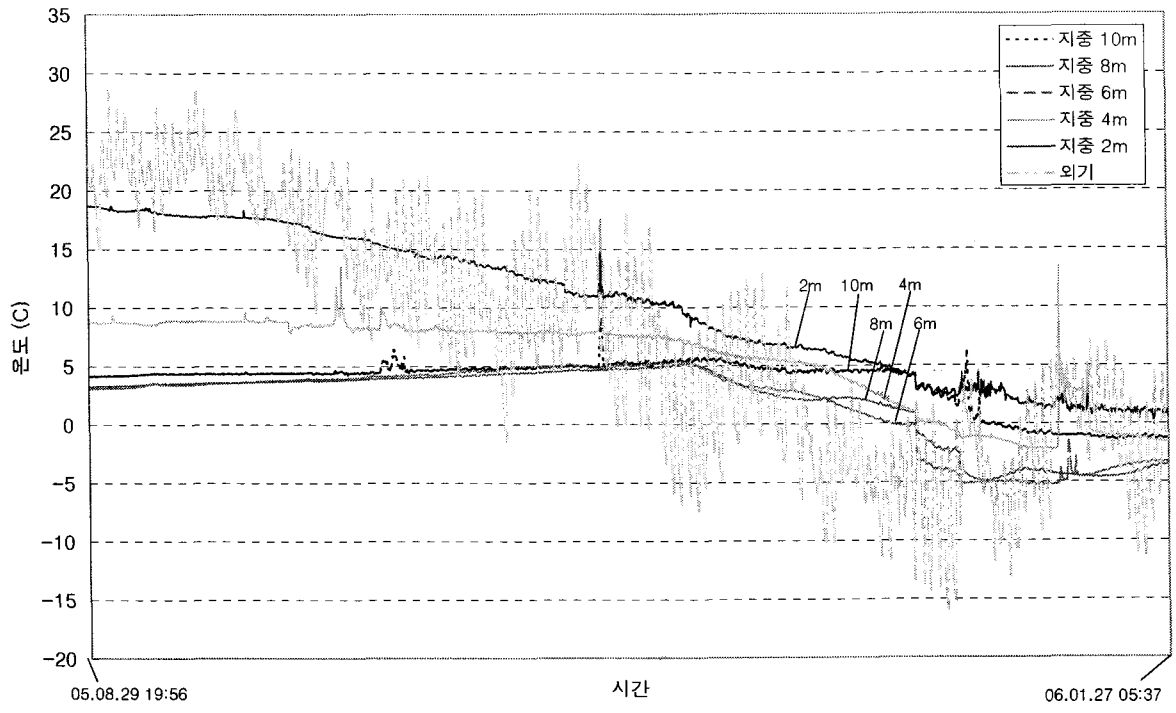


Fig. 14 Underground temperature variation

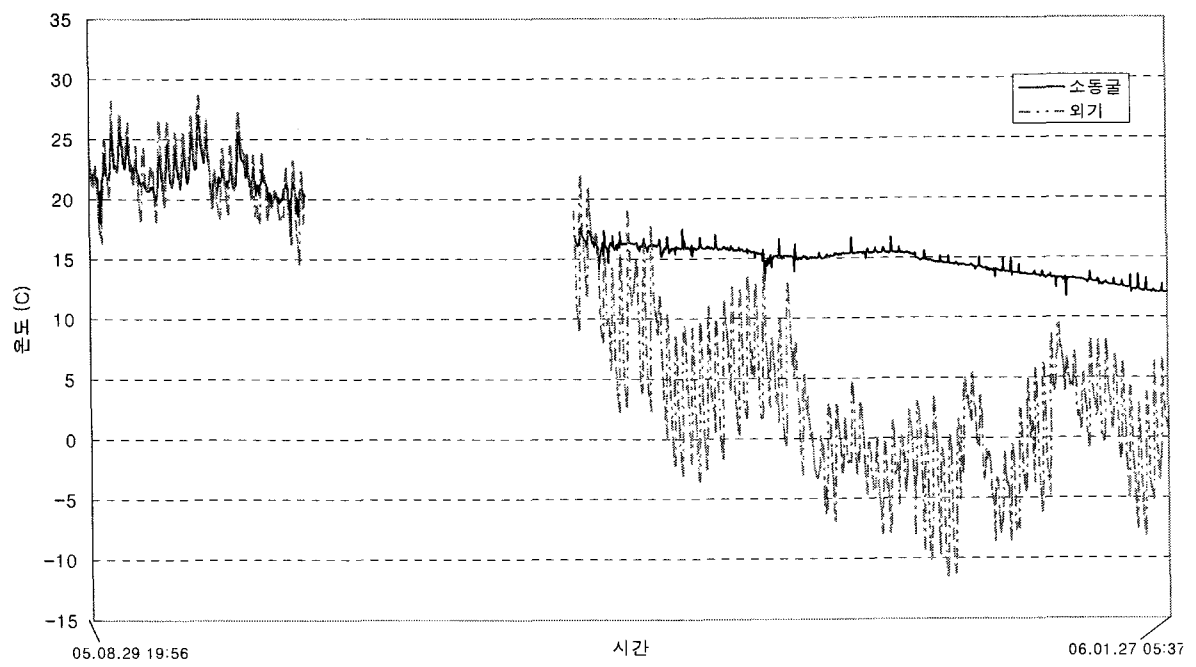


Fig. 15 Temperature variation of small cave