

## 지하공간의 환경적 특성 및 국내 지하환경의 측정사례

함흥돈, 윤동원

### 지하공간의 필요성

인구증가 및 산업의 발달에 따라 도시 기능은 점차 확장되고 있다. 이를 수용할 수 있는 도시의 가용면적은 한정되어 있어 그 대안으로 지하공간을 효율적으로 개발하고 이용하려는 관심이 증대하고 있다. 특히 도시인구의 과밀현상이 현저하게 나타나는 우리나라에서는 토지의 고밀도 이용이 불가피하다 지금까지 고층화 위주의 도심 개발의 한계를 극복하기 위한 대안으로 지하공간의 이용이 점차 증가하고 있으며, 향후 21세기에는 개발이 더욱 활성화될 것으로 전망되고 있다.

과거의 지하공간 개발은 지상공간 개발에 비해 과도한 비용이 소요됨에 따라 특수용도의 목적을 제외하고는 그 개발사례가 극히 미비하였다. 그러나 토지 수요의 팽창으로 인한 지가의 상승과 더불어 지하공간 굴착 기술의 발전에 따라 공사비가 점차 감소 추세에 있어 경제성 측면에서도 지하공간 개발의 가능성이 점차 높아지고 있다. 또한, 지하공간 개발은 자원과 에너지 절약적이라는 장점을 갖고 있어 그 개발에 대한 관심이 증가하고 있다.

따라서 지하공간의 효율적인 개발을 위하여 지하공간의 환경적 특성을 파악하고 이에 따른 적절한 제어방안에 대해 기술하고자 한다. 아울러 또한, 탄광이나 석회석 등과 같이 자원채굴을 목적으로 개발되고 있는 지하공간은 채광이 끝난 후에는 그대로 방치되게 되는데 이러한 지하공간들은 활용공간이 협소하고 연약한 지반으로 인해 많은 보강을 요하여 경제적 타당

성이 없는 장소도 있지만, 이와는 대조적으로 지반이 견고하고 공간이 방대하며 연중 환경편차가 크지 않기 때문에 저장고, 군사시설, 관광단지 및 시설작물재배 등으로 재활용 정도가 높은 공간도 존재한다. 따라서 채굴이 완료되거나 수년 내에 완료될 것으로 예상되는 경제적으로 재활용 가능성이 있는 지하공간에 대하여 동굴변형 정도, 온도, 습도 및 발생가스 등과 같은 환경인자들을 조사함으로써 향후 폐광의 재활용 방안을 수립할 수 있을 것으로 사료되어 해외의 개발 사례 및 국내의 폐광 실내환경 측정사례를 소개하고자 한다.

### 지하공간의 특성

지하공간의 장 단점과 환경적 특성을 요약하면 다음과 같다.

#### 이점/가능성

- ① 지상부분에 대한 시각적 영향을 제한할 수 있다.
- ② 지상 오픈스페이스의 보전 및 환경개선을 이룰 수 있다.
- ③ 효율적 토지 이용이 가능하다.
- ④ 동선 및 교통체계의 효율화가 가능하다. - 시설의 집중화, 지하철 등의 이용.
- ⑤ 에너지 절약 및 실내환경 조절이 용이하다.
  - 열손실과 열취득의 감소
  - 여름철 지중냉방효과의 증대
  - 실내기온 변화폭 감소

함흥돈 대원대학 건축설비학과(hamhd@daewon.ac.kr)

윤동원 경원대학교 건축설비학과(dwyoony@mail.kyungwon.ac.kr)

- 자연재해로부터의 변화 - 태풍, 지진 등
- ⑥ 안전성 - 화재의 전이가 방지되고(내부 화재시 피난의 어려움은 선결되어야 할 문제임), 고의적 파괴 및 범죄 행위로부터의 방어가 가능하다.
- ⑦ 소음, 진동으로부터의 격리가 가능하다. - 정밀성이 요구되는 실험실, 공장
- ⑧ 비용절감 및 유지관리가 용이하다. - 건물 외피 시공, 유지비가 없다.

**제약성**

- ① 시야 및 자연광의 제약이 따른다.
- ② 진입 및 동선상의 처리가 없다. - 보행자 및 차량의 수평, 수직동선
- ③ 제한된 가시성을 갖는다. - 사람들의 시선을 끌

- 어야 하는 경우(상점, 쇼윈도 등)
- ④ 부정적인 심리적 반응을 갖는다. - 죽음의 연상, 붕괴 또는 간힘에 대한 공포, 폐쇄공포증.
- ⑤ 대지 자체의 제약 조건이 따를 수 있다. - 지반 및 지하수 상태, 인접건물의 기초상태
- ⑥ 방수, 방습의 문제
- ⑦ 구조적 부하의 과중 - 과도한 수평 및 연직하중, 장스팬 또는 높은 천장고를 요하는 기능의 경우
- ⑧ 에너지 관련 제약사항 - 환기, 내부 열취득, 결로 등
- ⑨ 지반 조건 및 지하수량에 따라 비용 증가가 따를 수 있다.

**환경적 특성과 활용**

표 1은 지하공간이 지상에 비하여 유리하게 가지는

〈표 1〉 지하의 특성과 이용되는 시설과의 관계

지 하 특 성	지상에 비하여 유리한 특성	특성활용의 대표적인 시설	특성이용이 전망되는 시설
단열성 항온성 항습성 내후성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지반으로 인한 큰 열용량과 느린 열전달 속도</li> <li>• 지하 5m정도 이하이면 지표기온변화의 영향이 적고 안정된 상태의 지중온도 유지</li> <li>• 외부와의 교환이 적은 습도</li> <li>• 폐쇄된 공간으로 인한 환경제어의 용이성</li> </ul>	도서관 지하가 정밀기계공장 통신 정보시설 식료품 저장시설	문화 교육시설 스포츠시설 상업 산업시설 정보 통신시설 에너지시설
방음성 방습성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음파동에너지 파동의 투과손실이 크므로 음전달의 어려움</li> <li>• 폐쇄공간에 있기 때문에 보다 유용한 작용</li> </ul>	고속도로, 지하철도 도서관 정밀기계공장 통신 정보센터	문화 교육시설 산업시설 정보 통신시설 교통 물류시설
불연성 내화성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지반의 불연성</li> </ul>	정보 방재센터 지하변전소	정보 통신시설 환경 방재시설 에너지시설
방진성·내진성 저진동성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 깊은 지하지반의 높은 강성으로 인한 진동과 진폭의 감소</li> </ul>	정밀기계공장 정보센터	산업시설 공장 정보 통신시설
기밀성 격리성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지중을 이동하는 기체의 유량이나 유속이 대기중에서 보다 작음. 지하수가 있을 경우 더욱 작게됨</li> <li>• 지하환경의 격리성</li> </ul>	정밀기계공장 정보센터	환경 방재시설 처리 처분시설 에너지시설
방사능 차단성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지반중에 있는 방사성 물질은 암반에 흡착되어 대기중에서 보다 이동속도가 빠름</li> </ul>	방재센터 핵셀터	환경 방재시설 에너지시설
전자파 차단성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전자파는 전기전달율이 적어 암반속에서 감소</li> <li>• 주파수, 투자율의 현저한 감소</li> </ul>	정보 방재센터 우주선관측시설	정보 통신시설 환경 방재시설 연구개발시설
차공성 암묵성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지반으로 인한 도달하기 어려운 태양광선</li> <li>• 자외선의 영향이 미미</li> </ul>	식품저장시설 식품재배시설	물류저장시설 연구개발시설
화학적 안정성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 암석은 강산, 강알칼리에 대한 반응이 지연</li> </ul>	석유류 비축시설	에너지시설 저장시설
방폭성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 암석은 강산, 강알칼리에 대한 반응이 지연암석은 강산, 강알칼리에 대한 반응이 지연</li> </ul>	석유류 비축시설 폭파실험시설 방공호	에너지시설 연구개발시설

환경적인 특성들과 이러한 특성들을 활용하여 현재 사용하고 있는 대표적인 시설들, 그리고 이러한 특성들을 활용한 앞으로의 전망되는 시설들 등을 정리한 것이다.

## 해외의 지하공간 개발 및 폐광 재활용 현황

### 미국

미국의 지하공간개발은 에너지과동 후 지하공간의 에너지절약 특성이 주목된 배경 하에서 이루어진 엄개형 지하공간 개발과 자원채석 후 남은 공간의 유효하고 경제적인 활용이란 측면에서 개발이 이루어진 굴착형 지하공간 개발로 크게 구분된다. 먼저, 엄개형 지하공간의 경우 저울철 기후가 혹독한 미네소타주의 미네소타대학을 중심으로 많은 연구와 실험이 수행되었다. 또한 실제 프로젝트 건설에서 비롯된 풍부한 경험의 축적이 이루어져서, 지하공간 디자인 방법론-입구 디자인, 지하구조물과 지상과의 관계, 아트리움 설계, 자연채광 기법과 지하공간의 환경·심리적 영향, 지하공간의 용도설정 문제, 그리고 지하공간과 에너지 절약과의 관계 등이 원론적인 수준에서 실제사례에 이르기까지 분석 및 비교, 평가되었다. 엄개형 지하공간은 지상 건축의 장점들을 거의 유지하면서도 동시에 에너지 절감의 면에서 그 실효성을 크게 인정받았고, 또한 지표 근접 하부를 이용하는 것이기에 터널링 방식의 지하공간에 비하여 건설 기술 측면에서 기존의 지상 건축에 가까우며, 사용되는 설계, 환경상의 기법들도 지상 건축에 공통되는 것들이 많은 편이다. 또한 굴착형 지하공간은 엄개방식과는 다른 터널링 방식의 지하공간으로서, 미국의 경우 기 채굴된 자원 채석장을 체계적으로 이용하거나, 터널링 방식에 적합한 지질조건과 수평진입이 가능한 경사지를 이용하여 계획, 개발하는 사례로 나타나고 있다. 캔사스와 캔터키에서의 지하공간 개발은 채굴 후 공간의 유효한 활용방안을 검토하면서 자연스럽게 이루어졌다. 여기에는 오랜 채굴역사에 따른 지하개발에 대한 여러 정비된 법적 체계가 뒷받침되었고, 사후 활용을 염두에 둔 체계적인 채굴로 이어졌다. 또한 지하공간의 건설

및 운영의 측면에서 공적, 사적 영역의 참여와 연구가 활발하며, 지하공간의 안정성이라는 특징을 살려 첨단산업을 유치하기도 하였다. 따라서 엄개형 지하공간이 세부적인 계획수법에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 실제 건설되고 있다면, 미국의 굴착형 지하공간개발은 법제정비와 도시계획적인 프로세스의 연구와 적용이라는 보다 큰 방향에 초점을 맞추고 진행되고 있는 것으로 보인다.

### 캐나다

캐나다의 지하공간개발은 혹독한 기후조건에 기인하는 것으로 도심부 지상의 보행자 동선을 기후조건으로부터 보호하여 쾌적하고 안전한 보행자 공간을 조성하는데 주된 목적이 있다. 이러한 이유로 민간부문에서부터 자발적으로 선호되어 대도시를 중심으로 유기적으로 개발되었다. 이러한 민간 중심의 유기적인 지하공간의 개발은 시의 전체적인 도시발전 마스터 플랜과 결합되면서 대규모의 체계적인 지하 네트워크를 형성하게 된다. 따라서 캐나다 지하 공간에서 볼 수 있는 특징은 보행자 네트워크 구성과 관련되어 이루어진 수많은 계획수법들이다. 자연채광과 피난공간을 겸한 아트리움의 적절한 사용, 도로인지 시스템, 훼손행위(vandalism)의 방지를 위한 고려, 개별건축물과 공공 보행공간과의 네트워크화 수법 등이 있다.

### 일본

일본에서 지하공간의 이용현황은 지하상가, 지하주차장, 도시기반 시설의 공동구, 지하철도 등으로 요약될 수 있으며, 폐터널의 재이용면에서는 철광석, 석탄 등을 다 캐내고 문단은 광산을 첨단과학기술의 실험장과 관광자원으로 이용하고 있다. 지하공간은 단열, 차광, 전자파 차단 등의 특징이 있어 첨단정밀기술의 실험시설로 유리할 뿐 아니라 굴곡이 있는 갱도는 지하탐험 관광 코스로 장점을 갖고 있으며, 버섯재배 등 농업에 효과적으로 이용되기도 한다. 일본 아와테 가마이시의 광산에서는 지하 600m 갱도의 지하수를 판매하여 수입을 올리고 있으며, 이미 광산 곳곳에 대학과 기업체의 연구팀이 진출해서 지하버섯공장을 설치

하여 표고버섯 실험재배를 시작하였다. 이는 지표의 온도변화, 모래바람 등을 피해 지하공간에서 농산물을 재배한다는 계획이다. 폐광의 이용분야로 가장 주목되고, 앞으로도 유망한 것은 역시 과학기술의 실험장이다. 일본 미쓰이금속의 자회사인 신평업이 작년 에 지하이용사업을 시작했고 동경대 우주선 연구소의 양자붕괴 관측실험과 전력수요연구소의 압축공기 저장시험 등이 진행되고 있다.

**스웨덴**

스웨덴의 지하공간 개발은 항온에 의한 경제성의 배경이나 환경보호의 이유로 진행되고 있는데 열병합 발전, 수력발전, 지역난방 등의 산업시설 및 군사기지, 민방위시설 등의 군사시설, 식품, 유류, 열수 등의 저장시설, 지하철, 터널, 지하도로, 유틸리티 등의 도시 기반시설 등이 중점적으로 개발되고 있다.

**핀란드**

핀란드의 지하개발은 북유럽 다른 나라와 같이 도시 기반시설이나 산업시설이 주종을 이루며, 공공을 위한 지하시설은 방호시설을 겸한 이중용도가 대부분이다. 이중용도의 배경에 의한 시설이 꾸준히 계획되고 있는 가운데, 핀란드는 매력적으로 사용될 수 있는 지하시설의 새로운 유형 개발에도 적극적이다. 순수 공공용도만을 위한 지하시설로는 1980년대 중반 완성된 Retretti 예술센터가 있다.

**노르웨이**

인구, 지형적 특성으로 볼 때 노르웨이는 낮은 인구 밀도로 국토이용률은 낮아 우리와 같은 과밀 도시에서의 지하이용의 배경을 가진 나라와는 상이한 개발 배경을 갖는다. 국토의 70%가 경암반으로 형성되어 터널공법에 의한 지하개발이 경제성을 갖는데, 이는 지질적 특이성에 의해 표토의 깊이가 낮아 암반이 쉽게 노출되고, 험한 해안지형은 토목공사에 어려움을 주므로 더욱 그 타당성을 인정받고 있다.

노르웨이에서는 지방자치체가 법적으로 지하의 대 피시설을 건설할 의무가 있는데, 이 경우 시설 공사비

의 2/3는 정부가 보조하고 있으며, 전국민의 50%가 동시에 대피할 수 있는 지하시설을 보유하고 있다. 현재 750여 개소의 기차터널, 850여개소의 도로터널 등이 있다.

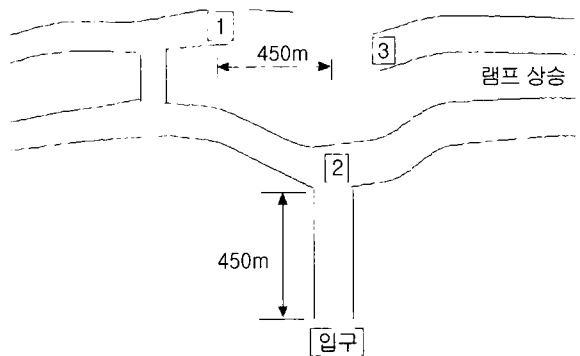
또한 1916년 이후 150여개의 수력 발전소를 건설 하였는데, 이는 전세계의 50% 이상을 차지하는 숫자 이고, 노르웨이 전력수요의 99.6%를 충당하는 양이다. 이러한 수력발전소의 건설을 위하여 굴착한 터널의 길이만도 3,500km 이상이 되고 있다.

**국내 폐광 실내환경 측정사례**

**측정개요**

측정장소는 제천시 두학동에 소재하고 있는 대성산업(주) 제천석회석 광업소의 석회석채굴 광산으로 동굴의 총 길이는 현재 5km이고, 직경은 위치에 따라 틀리지만 약 10m정도로 측정기간과 위치는 다음과 같다.

- 1차 측정: 2000.11.21 17:00-2000.11.24 16:00
- 2차 측정: 2000.11.29 12:00-2000.12.01 12:00
- 3차 측정: 2000.12.13 15:00-2000.12.13 03:00



측정위치 1 : 해발 410m, 측정위치 2 : 해발 410m  
 측정위치 3 : 해발 420m 지점

[그림 1] 지하의 특성과 이용되는 시설과의 관계

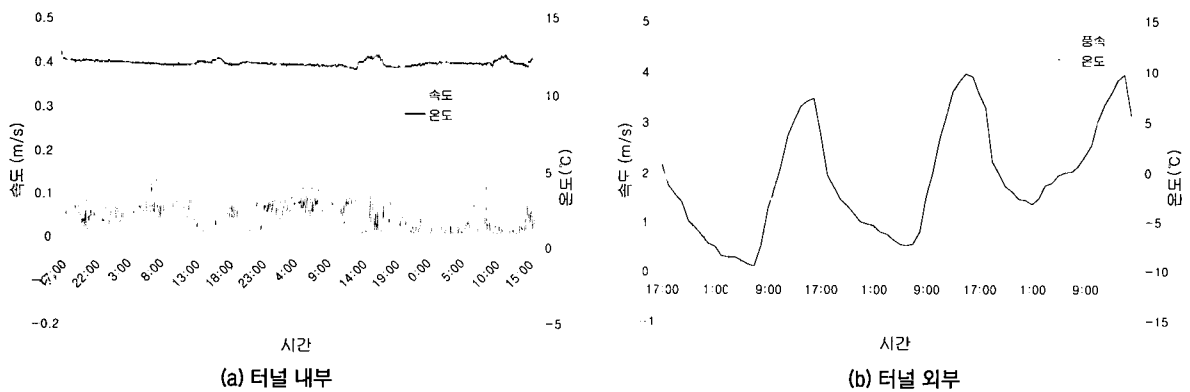
**측정결과**

그림 2, 그림 3에 나타난 바와 같이 측정결과 외기의 환경변화는 시간에 따라 변화가 심했지만, 터널내부의 기류·온도 및 습도는 시간에 따른 변화가 크지 않았으며 외기의 영향을 거의 받지 않는 터널 내부로 진입할수록 기류와 온도는 거의 일정한 값을 유지하고 있음을 알 수 있다. 이러한 일정한 환경인자는 항온·항습의 조건을 요구하는 산업 분야나 기밀성을 유지하고자 하는 군사분야 등에서 이용하면 추가의 비용을 최소화하면서 많은 경제적 이익을 창출할 수 있으리라 생각된다. 또한 이러한 조건들이 지역적으로 충족되지 못할 경우에는 일본이나 기타 외국의 사례에서와 같이 저장창고나 관광자원으로 개발하여도

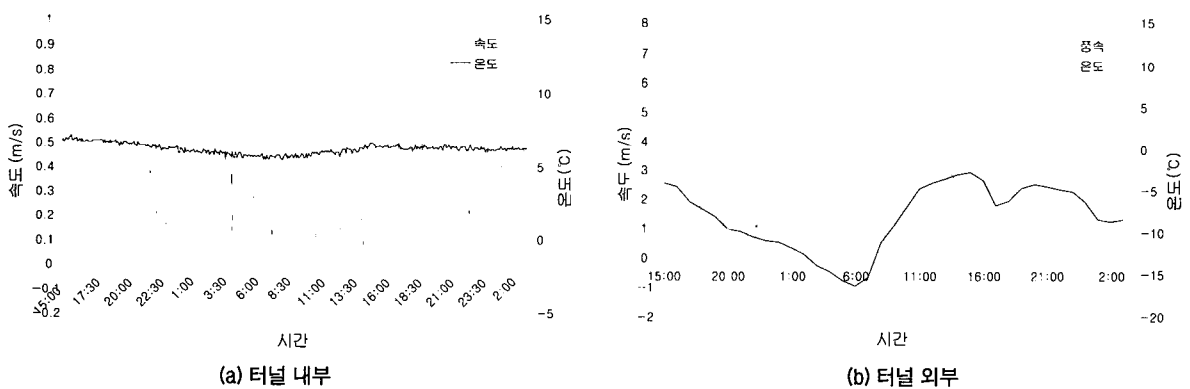
좋으리라 사료되며, 이러한 개발을 대비하여 동굴의 변형과 지하공간의 환경 등에 대한 연구가 계속되어야 하리라 사료된다.

**지하공간의 환경제어 시스템**

지하공간을 효율적으로 활용하기 위하여서는 우선 내부환경에 대하여 밀폐·폐쇄감에 의한 심리적 중압감을 해소시키기 위한 배려가 필요하며, 이를 위하여 높은 천장, 넓은 내부공간, 출입구에 대한 고려가 요구된다. 또한 지하공간으로의 진입로는 지하공간에 대한 최초의 인상을 결정하는 요소로 작용하게 되며, 지하에 들어간다는 심리적 감각을 완화할 수 있는 출



[그림 2] 1차 측정시 기류 및 온도분포



[그림 3] 3차 측정시 기류 및 온도분포

입구의 위치 및 진입/접근 계획이 필요하다.

또한 지하공간은 지상공간에 비해 열손실이 적고, 열용량이 크며, 연간을 통해서 매우 적은 양의 에너지로 쾌적한 열환경을 유지하는 것이 가능하다. 습도가 많이 발생하는 경우에 용도로 사용되는 계절에 따라 결로가 발생하기 쉬운 경우도 있으며 자연환기량이 극히 적기 때문에 지하공간에서 발생하는 수증기를 신속하게 배출할 수 있는 환기장치나 제습장치를 고려하여야 한다. 또한 단열성능을 향상시키는 것은 결로 방지대책으로 유효한 수단이므로 지하공간의 열특성을 충분히 고려한 설계가 요구된다. 지하공간의 벽면에 대하여 월별 최저온도와 외기의 노점온도의 월별 최대치를 고려하여 결로가 발생하지 않도록 건축적, 설비적 대책이 필요하다. 또한 제습을 고려하지 않은 외기도입, 특히 중간기의 자연외기 도입은 결로의 유발 가능성이 크므로 유의하여야 한다. 일조·채광등 자연광의 공급이 제한적인 공간임을 감안하여 천창 또는 고창, 드라이 에어리어, 라이트 코트, 톱라이트, 채광 집광장치 등을 통하여 자연광의 이용을 적극 고려하는 것이 바람직하다.

**공조설비 및 환기시스템**

지하공간은 열손실이나 열취득이 감소되어 부하의 변동이 안정적이며 피크부하가 감소되지만 환기를 위한 전력부하의 증가, 고밀도 공간에서의 내부발열에 의한 냉방부하의 증대, 결로 방지대책, 공기환경 등 많은 문제점을 갖고 있다. 따라서 지하공간의 환경기준은 지하의 특수성을 고려하여 시스템의 선정은 신중한 배려할 수 있도록 마련되어야 한다.

**• 미이용 에너지의 활용**

미이용에너지의 활용방안이란 낮은 레벨의 열에너지를 높은 레벨로 전환하여 이용가치를 높이는 것을 말한다. 축냉·축열장치에 의한 시스템의 개발이 진행되고 있으며, 폐열회수에 의한 미이용 에너지에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 최근에는 온습도제어 시스템으로 야간에 열을 만들어서 축열조에 축적시키고 주간에 냉방으로 이용하

는 방축열 시스템이 활용되고 있으며, 그 외에 축열밀도가 크고 냉난방온도에 적합한 잠열 축열재를 이용한 공조시스템도 개발되고 있다. 또한 지중열로부터 미이용 에너지를 활용한 열원시스템의 개발과 이를 이용한 히트펌프 방식의 개발이 활발히 진행되고 있다.

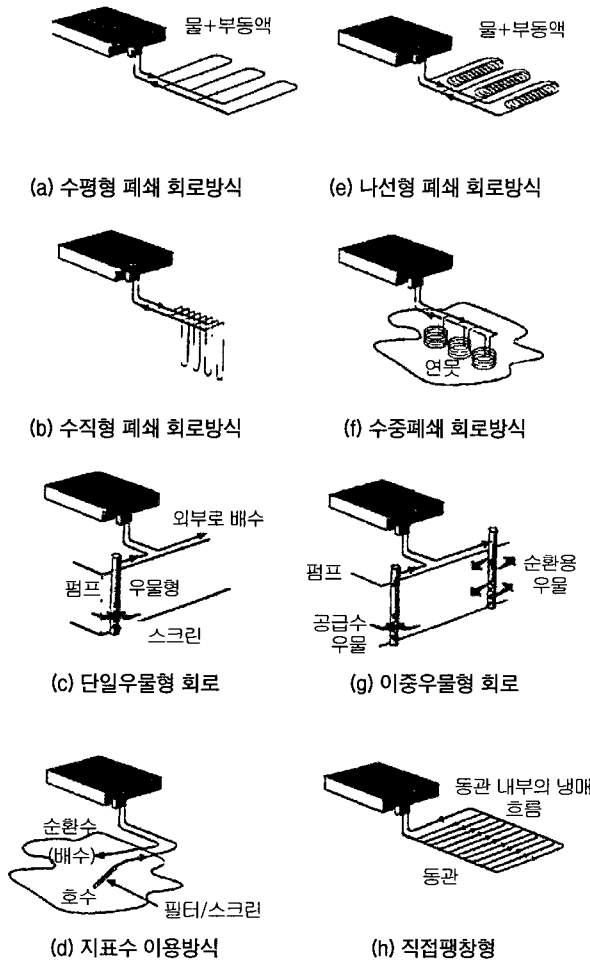
그림 4에 지중열을 이용한 시스템의 종류에 대해서 나타내었다.

**• 환기시스템**

지하공간의 환기설비는 공간의 사용목적, 심도 및 규모에 따라 결정되지만, 에너지 절약이나, 정전시

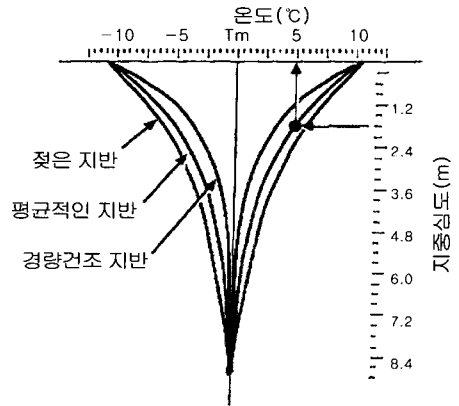
<표 1> 지하공간의 환경제어를 위한 요소기술

구 분	기술과제	요소기술의 주제
종합, 공통	에너지 절약 · 토양의 열원이용 · 열반송동력의 저감	대규모 지하공간의 열·습기부하 해석기술
		지반 이용 축열 및 열회수기술
		써머사이폰 이용기술
		히트파이프 이용기술
		지상건물과의 열에너지 수수
	자연에너지 이용	외기냉방 시스템
	고습도 대책	습기이동 해석프로그램
화재시의 배연	기류제어 기술	
열·공기	쾌적한 온열환경의 창조	쾌적 온열환경의 평가프로그램
	쾌적성의 향상	개인, 개별 공조시스템 복사 냉방기술
음·진동	쾌적한 음환경의 창조	쾌적 음환경의 평가시스템
	음향 디자인의 활용	활성 잡음제어 기술
		음환경의 쾌적성
	환경음악	
빛	쾌적한 빛환경의 창조	쾌적한 환경 평가시스템 체감영상 고연색성 램프
	자연광의 채광	인공 태양광
	유해가스의 체류 방지	기류 제어기술 부압 스위퍼
공기질	유해가스 등의 제거	저온 산화촉매
		하니카삼 흡착제
		흡착처리제 재생법
	취기의 정량평가	조류를 이용한 미량유기물 분해 항기환경의 평가시스템(기준) 취기 센서
공간	최적 공간의 창조	공간의 평가시스템(기준)
	지상환경정보의 지하전송	환경 비디오

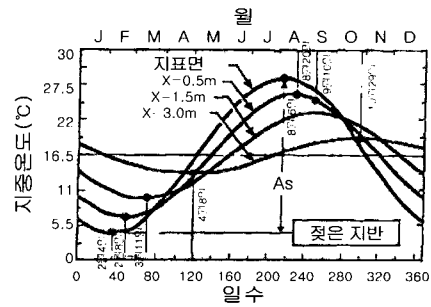


[그림 4] 각종 지중열 이용 시스템의 종류

에 대한 대응방안 등을 충분히 고려하여 가능한 자연환기가 될 수 있는 방식으로 설계되는 것이 바람직하다. 일정한 규모 이상인 지하공간에서는 기계환기가 필요하며 환기용 송풍기는 2대 이상으로 대수분리를 실시하여 고장시에도 필요환기량을 공급할 수 있도록 고려하는 것이 바람직하다. 또한 정전시에 대비하여 비상용 전원설비를 갖추어야 한다. 환기시스템에서 에너지절약을 위하여 반송동력과 환기로 야기되는 열부하를 저감시키고, 효율적인 유지관리 방안이 마련되어야 한다.



(a) 지중심도에 따른 연간 지중온도의 변화



[그림 5] 지중온도의 변화

채광 시스템

지하공간에서 활용할 수 있는 채광시스템은 설비적 수법 과 건축적 수법으로 나눌 수 있다. 설비적 수법으로는 태양광 추적시스템이나 광덕트를 이용하는 방법이 있다. 태양열 추적 시스템은 계절과 시간에 따라 변화하는 태양의 위치(방위각, 고도)를 마이크로 컴퓨터로 계산하여 자동추적하고 외부에 설치된 채광부를 움직여 채광이 필요한 장소에 태양광을 공급하는 장치이다. 거울에 직접 반사시켜 전송하는 방법과 반사율이 높은 재료를 사용한 광덕트를 통하여 건물내부로 도입하는 방법, 렌즈 등으로 집광해서 광섬유케이블로 전송하는 방법 등이 있다. 또한 태양추적장치가 없이 단순히 고반사율의 거울을 사용한 광덕트를 이용하여 채광하는 방식도 있다. 덕트의 반송부는 굽은 부분이 많거나 필요이상으로 길게 하면 전송효율

이 떨어지므로 주의하여야 한다. 건축적 수법에는 아트리움이 가장 보편적으로 활용되고 있으며, 천장부의 유리면 개구부를 이용하여 자연광을 도입할 수 있다. 아트리움을 설치하는 것은 태양광의 도입과 함께 공간감의 확대라는 심리적인 측면에서 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

### 영상정보 시스템

#### • 외부환경 표시 시스템

지하공간에서 머무르는 사람에게 심리적으로 압박을 주는 원인은 외부환경과 단절된 상태로 인하여 발생하고 있다. 이를 해소하기 위하여 필요에 따라 영상장치들을 이용하여 외부환경의 변화를 지하공간에 제공하는 효과적인 방안으로 활용되고 있다. 영상 장치에 의하여 외부환경의 변화, 즉 주야의 밝기의 정도, 기상의 변화 등을 지하공간에서 감지할 수 있도록 하여 심리적 압박감을 해소시킬 수 있다.

#### • 유사창

창이 없는 무창공간이 재실자에게 미치는 심리적 영향은 매우 중요시 취급되고 있다. 이 때문에 지하공간에서는 창 기능을 대체할 방법을 마련하여 심리적으로 안정감을 증가시킬 수 있다. 인공창 시스템에는 패널에 의한 정지그림과 프로젝트에 의한 동화상을 준비하여 지하공간의 폐쇄성을 해소시킬 수 있다.

### 음환경 제어시스템과 환경음악

지하공간은 지상공간에 비해 옥외소음의 영향을 받지 않기 때문에 옥외소음 보다는 지하공간 내부에서 발생하는 소음이 중요한 요소로 작용한다. 지하공간에서 환경음악을 활용하는 것은 지상공간에 비하여 훨씬 중요한 의미를 지닌다. 음악은 인간의 심리상태와 장소, 시간대를 고려해서 활용하여야 하며, 환경음악은 정감과 정신적 활성화에 효용이 있어 지하공간에서 심리적 격리감과 불안감을 해소시키는데 유효하다고 생각된다. 또한 환경음악을 통하여 시보(時報)

의 역할을 갖게 할수도 있으므로 시간적 감각을 얻을 수도 있다.

### 국내 폐광 실내환경 측정사례

국내의 지하공간은 지하철 역사를 중심으로 한 지하역사 및 지하상가가 대부분을 차지하고 있으며, 이들에 대하여 주로 공기환경적 측면에서 현황 파악위주의 연구가 많이 진행되었다. 지하공간은 지상공간과는 확연히 구분되는 열, 에너지 특성을 갖고 있으며 이러한 지하공간의 특성을 간과할 경우 환경, 에너지 측면에서 많은 문제를 초래할 수가 있다. 따라서 지하공간 개발이 점차 대형화, 고심도화 되는 추세와 함께 앞으로 다양한 형태의 지하공간이 개발될 것으로 전망할 수 있다. 에너지 효율적 공간으로 유도하기 위해서는 지하공간의 특성을 반영한 에너지 절약 설계 기법 및 지하 공간이 갖는 열, 에너지 특성을 이용한 효율적인 시스템의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

여기에서는 지하공간의 환경적인 특성을 요소별로 살펴보고 각종 요소기술에 대한 기술적 대응을 중심으로 살펴보았다. 또한 지하공간의 성공적인 개발의 예로 널리 알려진 미국의 미네소타 대학에 위치한 3동의 대표적인 지하공간에 대하여 개발실태와 현재까지 발생하고 있는 문제점을 중심으로 살펴보았다. 전체적으로 지하공간은 방수공사 부분이 가장 어려운 공사 항목으로 판단되며, 설계와 시공시 특별한 주의를 요구한다. 그밖의 여러가지 문제들은 반드시 지하공간이기 때문에 야기되는 것만을 아니라고 생각되지만 지하공간의 거주성과 지하공간의 계획에 따른 환경제어나, 폐쇄된 공간을 형성하지 않도록 특히 주의할 필요가 있다. 또한 자연채광을 충분히 확보하고 내장공사를 고급화하여 재실자들의 감각을 충족시켜주는 것도 지하공간의 거주성을 향상시키는데 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 밀폐된 공간이므로 특별 환기계획을 수립하고, 공기정정을 위한 설계 및 유지관리를 통하여 실내의 오염물질을 적절히 제어하는 것도 매우 중요한 요소라고 생각된다.

우리 나라의 연중 지중 온도는 9~15℃를 나타내



며 지하 5m 정도 이하에서는 지상 기온의 영향을 거의 받지 않기 때문에 이러한 지하의 항온성을 이용한 식품저장, 냉장 및 냉동 창고 등으로 활용이 높게 나타나고 있다. 그림 5(a)에 지중 심도에 따른 지중온도를 지반의 종류에 따라 그림 5(b)에는 젖은 지반에서 월별 지중온도의 변화를 지중심도에 따라 보였다. 그러나 업무·상업적 용도와 같이 인간의 거주공간으로서 지하공간은 많은 단점을 갖고 있다. 지하공간은 지중 구조의 항온성이 주는 부하저감의 장점 외에 자연 환기 및 자연채광의 한계로 인한 환기 및 조명비용의 증가, 지중의 습기에 의한 습도의 증가, 인공조명 등 축열에 의한 냉방부하의 과대 등 많은 단점을 갖고 있다. 이로 인하여 지중 온도의 항온성으로 인하여 냉난방부하저감의 효과를 기대할 수 있지만 실제의 지하

공간의 에너지 사용량은 지상공간에 비해 크게 되는 경우가 많다는 것이 국내외 지하공간 이용사례에서 밝혀지고 있다.

따라서 지하공간의 유효이용을 위하여 환경·에너지측면의 불리함을 극복할 수 있는 대안을 마련되어야 한다. 한편 지하공간은 시공이 어렵고 건설된 뒤에 변경이 쉽지 않기 때문에 설계초기부터 면밀한 검토가 필수적이며 대부분 공공적 성격이 강하기 때문에 더욱 신중한 설계가 요구되고 있다. 또한 지상공간과는 달리 환경측면의 특성으로 인하여 무조건 에너지 절약만을 요구하기 어려우며 공기환경을 적절히 유지하는 가운데 최적의 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 시스템의 선정 및 설계, 운전방안이 필요하다. ❁

### 학회 출판물 판매안내

- ▶ 공기조화설비의 시험·조정·평가(T.A.B.) 기술기준 '99년도 개정판  
- 회원 ₩5,000, 비회원 ₩7,000
- ▶ 급배수 위생설비 기술기준 '99년도 제정  
- 회원 ₩8,000, 비회원 ₩10,000
- ▶ 공기조화·냉동·위생 표준용어집  
- 회원 ₩15,000, 비회원 ₩25,000
- ▶ 학회자료 CD-ROM(4장)  
- 회원 ₩200,000, 비회원 ₩250,000

※ 구입 등 문의사항은 학회 사무국으로 하시기 바랍니다.  
※ 습기기선도(고온, 중온, 저온)를 무료배포하고 있습니다.