

## 지하공간에서의 환경문제

### 1. 서언

원시시대에 인류는 산에 굴을 파고 살거나 지하에 음식을 저장하는 등 지하공간을 이용하여 왔으나 문화가 발달하면서 주생활공간이 지상으로 옮겨져 왔다. 그러나 오늘날 지상공간이 복잡해 지면서 지하철, 터널, 지하상가 등 다시 지하공간을 활용하기 시작하였다. 미국의 지하공간개발 기술을 교육전파하고 신기술개발과 정부정책건의 등 많은 역할을 하고 있는 미국의 지하공간협회[AUA(American Underground Association)]에 의하면 지하공간은 '경제적 이용이 가능한 범위내에서 지표면 하부에 자연적으로 형성되었거나, 또는 인위적으로 조성한 일정규모의 공간자원으로 규정하고 있으며 이 공간자원내에 일정목적의 시설이 첨가된 경우가 지하시설 또는 지하시설공간'이라 정의하고 있으며 인간이 개발이용 가능한 깊이를 10,000피트(약 3,000m)로 보고 3개 층으로 구분했다. (그림 1)

- 표층 지하공간(지하 10ft-100ft)
- 지표와 접근성이 있는 지하공간(지하 100ft-1,000ft)
- 심층 지하공간(지하 1,000ft-10,000ft)

표층지하공간(NEAR SURFACE SPACE, 지하 10'-100')의 범위내에서 업개건물, 건물의 지하층 개착식 지하철, 그리고 이와 비슷한 유형들이 포함된다. 다시말하면 이

한국건설기술연구원  
(설 비 연 구 실)  
김 종 필, 조 정 식

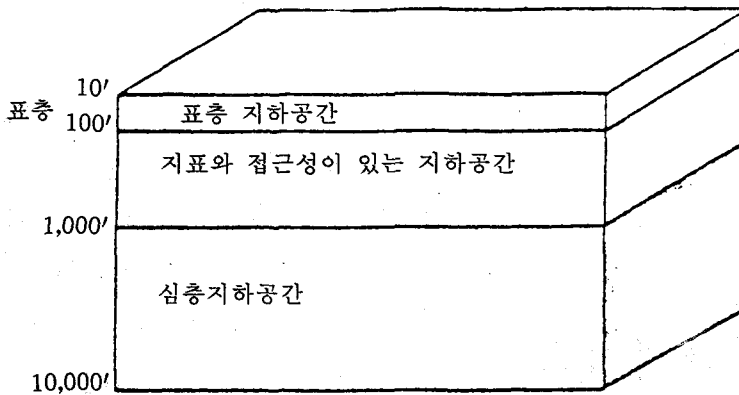


그림 1. 지하공간의 구분

층은 인위적인 지붕이나 또는 지하구조물을 필요로 하는 공간이라고 할 수 있는 것이다. 지표접근성 지하공간(SURFACE ACCESSIBLE SPACE, 지하 100'~1,000')은 암반자체가 구조물의 역할을 하는 암석공동으로 경사진 통로나 수직갱을 통해 접근할 수 있는 지하공간을 의미한다. 이와같은 시설물에는 터널형 지하철이나 지하유류저장 시설 공공기관 또는 지방자치단체, 상업적 목적등의 지하시설과 지하수력발전소의 대부분이 여기에 속한다.

심층지하공간(DEEP UNDERGROUND SPACE, 지하 1,000'~10,000')은 수직갱이나 엘리베이터, 기중기 등으로 접근할 수 없는 지하공동이 이에 속한다. 지하양수발전소 압축공기에 의한 에너지저장소, 핵, 폐기물저장소 등의 시설물이 위치하게 된다.

지하공간의 구분에는 그 이용의 기능상이

나 용도에 따라 정의해 볼 수도 있다. 즉 바닥면적을 넓히기 위한 이용, 경계(SECURITY)의 목적상 이용, 열손실의 감소 또는 냉동력 유지, 소음 및 진동, 그리고 습도의 변화로 부터의 차단효과를 얻기 위한 이용, 지하공간의 삼차원적 특성에 따라 여러시설의 배치와 증벽 또는 낙차를 이용하기 위한 것등으로 구분할 수 있다.

추가하여 공간활용면에서 구분하면 활동성 저장(LIVE STORAGE) 비활동성 저장(DEAD STORAGE), 사람의 주 활동목적, 기계설비 운영의 목적 이용으로 구분할 수 있다. 비활동성 저장은 핵폐기물 같이 영원히 저장해 두려는 것들이다.

공간구분은 어떤 분류방법에 꼭 따라야 할 필요는 없으며 우리 독자적인 연구와 편의성에 따라 분류하면 된다고 본다.

지하공간은 폐쇄적인 느낌이 들어 심리적

부담과 지상생활에 익숙한 우리 인간에게 신체적 부작용을 일으킬 수 있으나, 현대의 진보된 지하시설과 관련된 시공공법과 개선된 설계는 종래의 지하공간개념을 완전히 바꾸어 놓았다. 또한 지하공간은 지상의 시설이 갖지 못하는 여러가지 장점들을 가질 수 있다. 이러한 지상시설이 갖지 못하는 장점은 지하공간 개발의 필요성을 증대시키고 있어, 인간의 제반활동이 지상에서 이루어지고 있으며, 이 활동은 역사적 변천과 문화의 발달, 정치, 경제, 사회 및 환경 여건의 변화에 따라 다양하게 나타나고 있다. 그러나 활동기반이 되는 토지에 대한 수요가 양적으로 증가되고, 질적으로 다양화되고 있어, 이들 수요증가를 충족시킬 만큼의 토지 공급이 불가능하다는 한계성 때문에 인간이 갖는 다양한 요구증대에 따른 효율적인 공간활용의 필요성이 나타나게 되었다.

국가 및 국민의 방위, 안전 및 전략적인 목적으로 입체적, 전체 전화 되어가는 여러가지 전략무기에 대응하기 위하여 방호 및 안전을 위한 대피소로써 지하공간이 필요하게 되었다. 고도의 산업사회는 각종 산업폐기물을 처리하여야 하게 되었다. 이들 각종 폐기물의 처리시설을 지하에 설치하면 소음, 진동, 악취 등의 피해를 주거시설로부터 격리, 차단함으로써 환경오염을 방지하는 효과를 가질 수 있다. 또한 산업사회가 필

요로 하는 각종 생산시설을 지하에 설치할 경우 지상의 공기오염으로부터도 격리시킬 수 있다. 에너지 절약면에서도 지하공간은 유용하게 활용할 수 있다. 우리나라의 경우 지하 15m이하로 내려갈 경우 년중 15°C를 유지하게 된다. 따라서 지하공간은 흠이나 암석 그 자체를 보온이나 보냉제로 활용하여 계절에 따른 외부의 기온변화로 부터 큰 영향을 받지 않고 일정온도를 유지함으로써 시설의 유지관리에 들어가는 에너지를 절감할 수 있다.

이와같이 지하공간이 갖는 장점들과 지하공간 활용의 필요성에도 불구하고 과거에는 지하공간의 활용이 단편적이었고 활발하지 못하였다. 그러나 오늘날 사회적 여건의 변화와 굴착기술의 발달로 경제적인 지하공간 개발이 가능하게 되었다. 지하시설의 공사비는 기술진보에 의해 점차 감소하는 반면에 도심공간의 수요는 증가하고 있으며, 도심부의 지가는 급속히 상승하면서 지하공간 개발의 경제적 가능성이 나타나기 시작하였다.

지하공간은 지하철, 지하상가, 지하도 등을 비롯하여 식료품저장, 유류저장, 스포츠 활동을 위한 각종 체육관, 수영장, 스케이트장 등 다양하게 이용되고 있다. 그 종류를 크게 구분하면 교통시설, 저장시설, 생산시설, 단말시설, 방어시설, 엄개시설, 기타시설 등 모두 7가지로 구분할 수 있다. 이들 지

하시설은 그 특성에 따라 도시내에 많이 있는 것도 있으며 도시외곽이나 또는 도시에서 멀리 떨어진 곳에 있는 것들도 있다. 우리나라에서도 이미 알게 모르게 많은 종류의 지하시설들이 단편적으로 활용되고 있다.

외국에 비해 우리나라의 지하공간 활용은 단편적이고 소극적이었다. 지하공간의 각각의 독립건물의 지하층과 지하철 및 일부 지하철도, 지하도 및 상가, 터널, 하수도, 지하공동구, 전신공동구, 사무실, 대피소, 유통창고 등 점차 다양하게 활용되고 있다. 그러나 이와같은 지하공간의 활용들은 개별적으로, 상호 연관이 되지 못한채 이루어져 지하철에서 주변지하상가나 또는 독립건물의 지하층으로의 직접적인 연결이 결여되어 있는 경우가 대부분이다. 증가되는 도시활동과 한정된 도시공간은 지하공간의 활용을 필연적인 것으로 만들었으며, 지상공간에서의 여러가지 단점들을 해결해 주는 방법이 되어 왔다. 특히 서울을 비롯한 대도시에서의 지하상가 개발은 비록 종합적이지는 못하였다 하더라도 활발히 이루어져 1990년 현재 8,500여개의 지하상가가 지하도와 함께 개설되고 있다.

다른 천연자원이나 토지소유와 같이 하나의 중요한 공간자원이라 볼 수 있는 지하공간의 특성 및 이점, 지하환경이 갖는 특수조건 및 지하공간 개발을 위한 선결과제 등

을 살펴보면 다음과 같다.

### 1.1 지하공간의 특성

지하공간의 특성은 네가지로 분류할 수 있다.

첫째, 기후영향으로 부터의 보호이다. 즉, 지하공간은 비, 바람, 온도의 영향을 받지 않는다. 효과적인 절연체 역할을 함으로써 적은 에너지 소모로 요망하는 온도를 일정하게 유지할 수 있다.

둘째, 화재로부터의 보호효과다. 큰 재난이 닥쳤을 때의 지상건축이 안고 있는 위험요소를 지하공간은 감소시켜 주거나 거의 흡수해 버린다. 사보타지나 전쟁피해로부터 보호받을 수 있다.

셋째, 관리 및 사용의 편리성이다. 물, 연료, 전기 등을 공급하기 위한 배관시설을 지하 다용도 터널에 설치함으로써 검사, 수거 및 유지 등에 편리하고 특히 시설을 파헤쳐야만 되는 불편함을 없애준다.

넷째, 외부의 관찰 및 소음으로부터의 보호성이다. 지하공간은 지상과 차단되어 있으므로 주요시설을 두었을 때 쉽게 노출되지 않고 소리, 진동, 공해로부터 보호 받는다. 역으로 지하공간에서 생긴 소음, 공해 등이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있다.

### 1.2 지하공간의 이점

#### (1) ENERGY 절약

지하공간은 외부온도에 큰 영향을 받지

않으므로 내부온도를 조절하는데 사용하는 에너지를 줄일 수 있으며 업개주택(EARTH SHELTERED HOUSE)과 같은 난방에 사용되는 에너지를 75%까지 절약할 수 있다. 또한 지질자체의 단열성으로 인하여 한번 가열하거나 냉각시켜 놓으면 그 효과가 장기간 지속되기 때문에 항상 고온상태로 저장해야 되는 원유저장, 그리고 냉각 저장해야 되는 LNG저장에는 관리유지면에서 많은 경비를 절약할 수 있다. 그뿐만 아니라 항상 일정온도 유지해야 하는 주류저장, 풀장, 곡물저장 연구실, 전화교환소 등과 같은 시설유지에 매우 유리한 조건이 된다.

### (2) 비용절감(LOW COST)

주로 건설비용면에서 소규모 지하시설보다는 대량 유류저장 등 대규모 시설구축에서 비용이 적게 든다. 또한 지형과 지질에 따라 양질의 암석지층과 지하수 유무에 따라 오히려 지상건설 보다 유리할 수 있다. 상업적 이용면에서도 지가의 상승등 지상의 불리한 조건때문에 투자비용을 크게 감소시킬 수 있다. 특히 위험시설등의 유지에 따른 보험료는 훨씬 낮은 것이다. 일단 건설 후 시설운용상 경비는 더욱 감소될 수 있는 것이다.

### (3) 환경보호(ENVIRONMENT PROTECTION)

지상에 위치하지 않아도 될 시설들을 지

하공간으로 이전시킴으로써 지상의 쾌적한 공간확보를 할 수 있으며 또한 지상의 문화적 유물의 보존과 훼손없이 도시개발을 위하여서는 지하공간 이용은 불가피하다. 특히 공해를 일으키는 각종 시설들 즉, 악취, 소음, 화재, 시각공해를 주는 시설들을 지하공간을 이용함으로써 환경보호면에서 얻어지는 효과는 크다.

### 1.3 지하환경이 갖는 특수조건

일반적으로 지하공간이 갖는 특수조건은

- (1) 창문이 없고
- (2) 환기가 제한적이며
- (3) 인위적인 실내기후를 갖게 되고
- (4) 특수내부시설을 필요로 하며
- (5) 대부분의 경우 수직적인 출입구를

갖게 되고

- (6) 흙이나 암석으로 된 천정

을 갖게 되기 때문에 사람들이 지하에서 느끼게 되는 감정은 개인마다 차이가 있으며 주위환경, 출입회수, 활동형태, 타인과의 접촉기회 및 실제적, 경험적, 안정도에 따라 좌우된다.

### 1.4 지하공간 개발을 위한 선결과제

#### 1.4.1 기술적 과제

지하공간 개발을 위한 선결과제는 기술적, 경제적, 법적, 심리적인 면에서 검토해 볼 수 있다. 첫째 기술적인 면에서는 지질에 대한 지식, 지하구조물에 대한 자료 축적, 지하개발공법상의 기술, 지하공간 활용

상의 안전관리기술 등이 있다.

도시밀에 있는 지반과 지층에 대한 지식은 철저한 지질조사에 의해서만이 가능하다. 지질조사는 직접 지질의 표본을 떼내서 조사할 수 있으며 최근에는 초음파에 의한 조사방법도 채택되고 있다. 어느 지역이 연석 또는 경석, 파쇄지역으로 되어 있으며, 지하수위 등에 대한 지식의 축적은 지하개발 이전에 선결되어야 할 문제이다. 서울강북의 경우 지하 20m 정도는 일반적으로 경암으로 되어 있으나 심층있는 조사가 이루어져야 할 것이다. 지질조사자료 뿐만 아니라 지하에 있는 각종 지하시설물에 대한 자료도 분석되어야 한다.

지하개발의 공법으로는 크게 굴착공법과 터널공법으로 나눌 수 있다. 굴착공법은 지하 약 40m 정도까지 위에서 파내려 갈 수 있는 개착(open cut)공법을 비롯하여 지하 깊이까지 내려갈 수 있는 지하 연계벽 공법, 잠함(Pneumatic Caisson)공법, 기초지시(underpinning)공법 등이 있다. 터널공법으로는 보호막(shield)설치공법이나 최근에 소개되고 있는 나툼(NATM; New Austrian Tunneling Method) 등이 있다.

지하공간이 구축되면 운영면에서는 안전관리도 중요한 기술을 요하게 된다. 소음환경, 온도, 습도, 오염방지, 화재, 방재, 배수 등의 문제점은 경제적인 뒷받침이 이루어진다면 해결될 수 있다. 또한 지하공간은

전파의 통과가 차단됨으로 생기는 무선이용의 중계적 시설이나 태양으로부터의 자연광선의 유도 등 지하공간의 환경설비에 특별한 고려가 필요하다.

#### 1.4.2 경제적, 법적과제

우리나라에서 보유하고 있는 굴착기술로는 서울시에서 지하도로 1km를 건설하는데는 지반에 따라 달라지지만 약 300~400억원의 공사비가 필요하다. 이와같은 막대한 공사비 때문에 도시의 대부분의 시설들이 지상에 건설되어 왔다. 그러나 최근에 이르러서는 지가의 상승으로 인하여 보상비가 공사비의 10배에 이르게 되어 최근에 건설하는 고속도로의 경우 1km당 270억원의 총 공사비를 필요로 하게 되었으며 도심을 통과하는 신설도로는 막대한 공사비로 인하여 불가능하게 되었다. 물론 지하도로의 건설은 지하철 건설과 비슷한 수준의 예산이 요구되고 있으나, 이는 21세기를 향한 다변화 사회에 대비하여 종합적인 계획아래 추진되어야 한다. 앞으로 지하시설의 활성화라는 대명제를 달성하기 위해서는 적절한 토지소유권의 한계 및 범위에 따른 연구와 입법이 절실히 요청되고 있다. 지하소유권이란 토지소유자의 권한이 지하에 미치는 한계를 의미한다. 과거에는 토지소유권은 하늘끝부터 땅끝까지를 소유하였으나 시대의 변천에 따라 소유권의 한계도 다르게 되었다. 토지, 건물 등 부동산의 지분권이 인접

되면서 지상, 지하소유권이 다를 수 있게 되었으며, 지하보상문제가 대두되면서 지하권의 한계를 명시할 필요가 되었다. 미국에서는 소유권이 지하 75feet 약 22.5m까지 미치게 된다. 지하공간 개발시 뒤따르는 지하토지보상제도에 대해 최근 서울시가 발표한 입체이용저해율이란 개념을 도입, 고층시가지에서 한계심도를 40m로 결정하여 보상기준을 설정하였다.

보상에 관한 제도 이외에도 토지소유권 및 지하공간 이용에 관한 제도적 보완이 필요하다. 지하공간과 관련되는 사항으로서는 일단의 도시계획시설에 관한 사업과 지하철, 지하도, 지하상가, 지하터널 등의 활용 사례가 있으나 사업시행에 대해서는 '지하철도건설촉진법'을 제외하고는 구체적 제시가 없는 실정이다. 도시계획법 제16조 1항에서 도시계획구역안에서 도시계획시설을 지상공간 또는 지하에 설치하고자 할 때는 도시계획결정을 거쳐서 도시계획사업으로만 시행하여야 한다는 규정으로 지하공간 활용가능성을 언급하고 있을 뿐이다.

#### 1.4.3 지하공간의 적응

일반적으로 지하공간은 지상공간에 비하여 환기부족에서 오는 탄산가스(CO<sub>2</sub>)의 농도가 높아질 수 있으나 온습도의 조절과 더불어 환기설비의 보완이 가능하다. 오랜시간동안 지하공간에서 근무하게 될 때는 지상근무자와 약간의 심리적인 차이가 나타나

게 된다. 일본의 연구결과에 의하면 지하공간의 근무자는 지상근무자에 비해 약간의 불편, 불안, 폐쇄감을 느끼게 되나 소음에서의 해방과 피서 및 건강면에서 지하공간이 유리한 조건으로 나타났다. 실제로 지하공간의 환경을 적절히 조절하면 많은 경우, 특히 단시간의 경우 지하공간이라는 느낌을 갖지 못하고 지상에서의 생활과 동일한 생활을 영위할 수 있다.

지하공간은 폐쇄된 느낌이 들어 심리적 부담감과 지상생활에 익숙한 우리신체에 부작용을 일으킬 가능성이 있으며, 이 공간을 개발하기 위해서는 고도의 기술과 장비가 필요하다. 이러한 문제점으로 인하여 우리나라는 구미에 비하여 이 분야에 대한 개발이 소극적인 자세에 머무르고 있는 실정이다. 그러나 지하공간이야말로 우리에게 없어서는 안될 중요한 자원중의 하나라는 인식을 가져야 한다. 지하공간에서 보내는 시간이 인간에게 어떤 영향을 미치는가에 대한 과학적인 조사는 아직 충분치 못한 상태이다. 지하공간이 인간에게 나쁜 영향을 미친다는 결론은 없다. 또한 인간은 오래전부터 지하공간을 피난처나 주거지로 그리고 그외의 목적으로 이용하여 왔던 것이며, 주생활공간이 지하에서 지상으로 옮겨지게 된 주요원인도 지하공간이 우리에게 건강이나 심리적인 면에서 나쁜 영향을 주기 때문이 아닌 단순히 지상공간이 생활에 편리하기

때문이다.

따라서 우리는 지하공간의 환경이 인간에게 나쁜 영향을 미친다는 결론을 얻기는 힘들다. 지상공간에 익숙하더라도 인간이 필요하다면 언제든지 다시 지하공간을 삶의 터전이나 생활공간으로 이용할 수 있다. 다만 지하공간시설에서는 보안문제가 있다. 그러나 사회의 어느 구석이나 이러한 사건들은 있게 마련이며, 이의 해결을 위해서는 지하공간 주차장 등의 상가를 같이 운영하는 방안도 강구되어야 할 것이다.

본고에서는 날로 심화되고 있는 도심지 지하상가 및 지하주차장의 환경문제를 중심으로 기술하고자 한다.

## 2. 지하상가 및 지하주차장의 환경문제

### 2.1 지하상가의 환경문제

#### 2.1.1 환경관리기준

실내에서 필요한 환기량을 용도나 계절적인 변동에 따라서 상당한 차이를 보일 수가 있다.

그러나, 필요한 환기량의 기준을 정하는데 있어서 여러가지의 요인을 고려하여 용도에 따라 소기의 목적을 이루도록 최소의 환기량을 정하도록 유도하고 있다. 그러므로, 국내 건축법 시행규칙에서는 표1과 같이 최소한으로 공기조화설비의 실내 환경기준을 규정하고 있다.

그러나, 지하상가에 대해서는 특별한 환경조건에 대한 기준은 명시되어 있지 않으나, 지하상가 역시 실내활동 공간으로 간주하기 때문에 실내 환경기준을 적용하여도 무방하리라 생각되며, 지하상가의 공기오염 분포에 대한 비교, 평가도 이에 따라 실시하였다.

표 1. 실내 환경관리기준

구 분	기 준
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	1000ppm
일산화탄소(CO)	10ppm
부 유 분 진	0.15mg/m <sup>3</sup>
상 대 습 도	40~70%
기 류 속 도	0.5m/sec

(건축법 시행규칙)

#### 2.1.2 측정개요

지하상가는 다른 지하건축물에 비해 상주하거나 이용하는 인원이 현저히 많고, 지하 보도로서 이용되고 있어 지하상가내의 환경오염에 대한 문제가 크게 대두되고 있는 실정이다.

또한, 지하상가가 대로나 건축물등에 연하여 있기 때문에, 인근지역의 대기오염에 지대한 영향을 받고 있다.

따라서, 지하상가내의 공기오염 분포를 확인하기 위해서 수도권지역에 위치하고 상업용으로 지어진 24개의 순수 지하상가를 대상으로 상가내 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 농도를 측정하고 분석하였



다.

각 지하상가에서 외기의 영향을 크게 받지 않는 몇 군데 측정 값을 평균으로 취하였으며, 지하상가의 개점시간을 고려하여 시간대별로 변동상황을 개괄적으로 고찰하고자 하였다.

그림 2에 모델지하상가의 평면개도를 보이고 있다.

본 모델지하상가는 주로 "A"지역에서 화원상가, "B"지역에서는 골동품 및 장식품상가, "C"지역에서는 식음료상가, 그리고 "D"지역에서는 의류상가등이 주류를 이루고 있으며, 이들 용도의 오염특성을 분석하기 위

해 구분하여 측정을 실시하였다. 환기방식은 기계적 급·배기방식인 제1종환기시스템을 채택하고 있으며, 급기는 점포내로 디퓨저를 통해서 실시하고 지하통로를 따라서 배기구가 설치되어 있다.

상가내의 CO<sub>2</sub>와 CO의 측정은 사람이 호흡하는 높이에서 농도를 파악하고, 바닥으로부터 75~150cm의 높이에서 측정하였다.

### 2.1.3 측정결과 및 분석

수도권지역에 위치하는 24개의 지하상가에 대한 CO<sub>2</sub>의 농도분포는 그림3에서 보는 바와 같다.

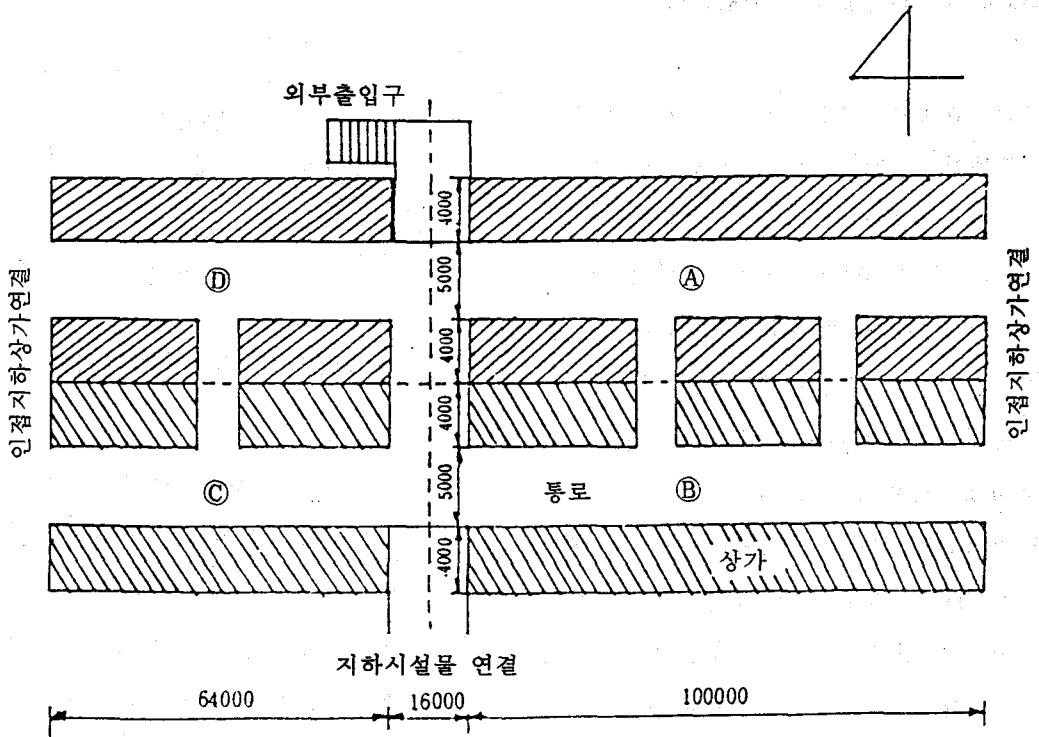


그림 2. 모델지하상가의 개도

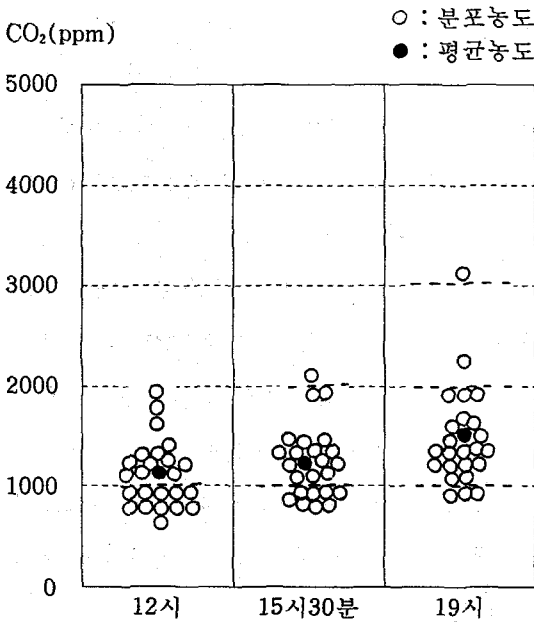


그림 3. 이산화탄소의 시간대별 농도분포

이는 실내의 허용기준치인 1000ppm을 상당부분이 초과하고 있고, 또한 실내에 다수가 계속 상주하는 경우의 허용농도인 700ppm보다 대부분이 높게 나타나 있다. 특히 19시경에는 지하상가를 이용하는 인원이 증가하기 때문에 80~90%이상이 허용기준치를 초과하고 있으며, 평균치도 1500ppm정도에 달하고 있다.

또한 CO는 그림 4에서와 같이 시간대별로 큰 차이가 없이 비슷한 양상을 보이고 있으며, 그 평균치도 8~9ppm정도를 나타내고 있다. 그러나 실내 허용농도기준이 10ppm이지만 장시간 상주하는 인원이 있는 지하상가등의 경우에는 5ppm정도의 CO농

도를 유지하는 것이 바람직하다.

그림 5에서 평일에 비해, 토요일이나 일요일과 같은 주말의 경우에는 지하상가내 CO<sub>2</sub>의 농도가 약 10%정도 높아지고 있는 것을 알 수 있다. 이는 지하상가의 이용객이 많아짐에 따라 상가내 농도분포도 더불어 상승되고 있음을 보여주고 있다.

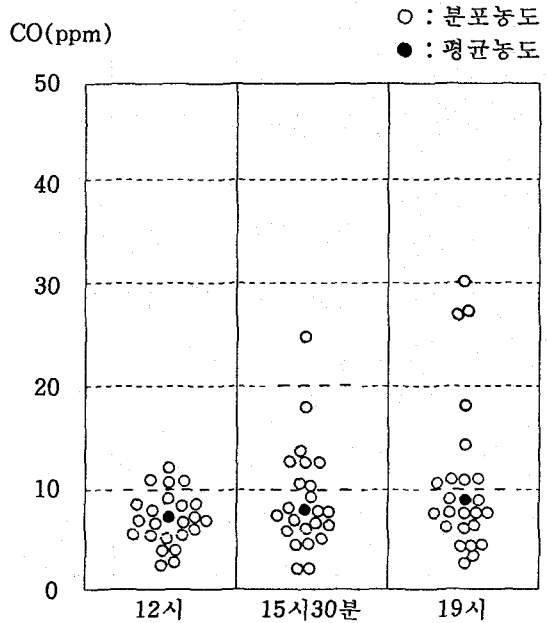


그림 4. 일산화탄소의 시간대별 농도분포

또한 그림 6은 상가내에서 취급종류에 따라서 CO<sub>2</sub>의 농도분포를 나타내는 것으로 식음료상가가 밀집된 지역에서 현저하게 CO<sub>2</sub>의 농도가 높은 것을 알 수 있다. 따라서 상가를 이용하는 특수성에 비추어 지하상가의 환기량이 부족하기 때문이며 지하상가의 특수성에 비추어 지하상가의 환기에

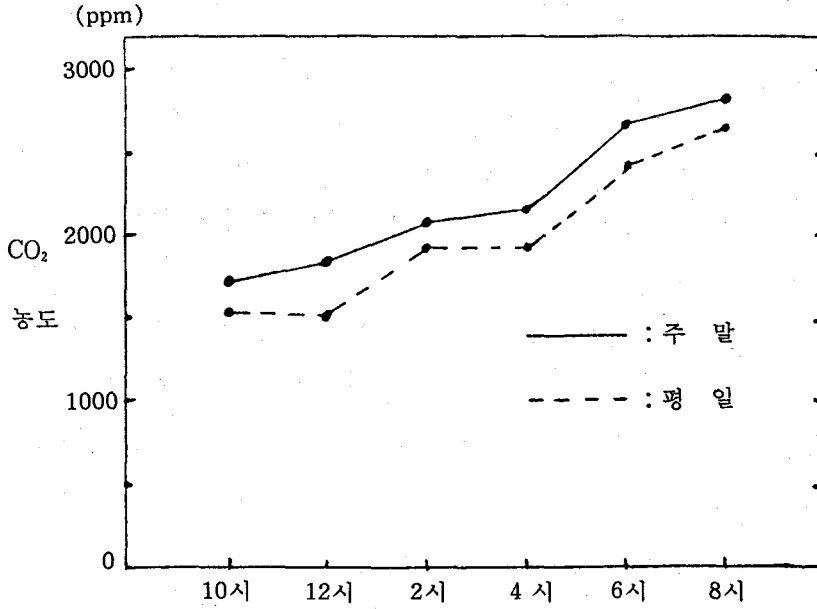


그림 5. 요일별 이산화탄소의 농도분포

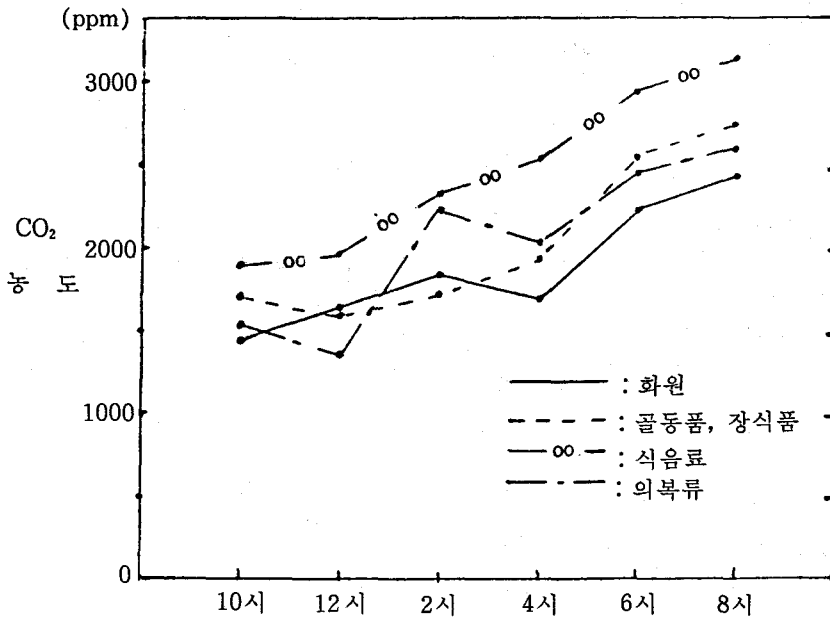


그림 6. 상가종류별 이산화탄소의 농도분포

관한 환경을 개선할 필요가 있다.

결과적으로 CO<sub>2</sub>의 농도가 기준치를 넘는다는 것은 환기량이 부족하기 때문이며 지하상가의 유지관리나 구조설비상의 원인을 들 수 있다.

유지관리상의 원인으로는 환기설비의 운전시간 부족, 외기뎀퍼의 개폐상의 문제, 설계시보다 과잉의 사용인원 그리고 송출구 및 환기구의 장애물을 들 수 있으며, 구조설비상으로는 환기설비의 용량부족, 외기흡입구의 위치불량 그리고 송출구 및 환기구의 위치불량등이다.

#### 2.1.4 환경개선방안

보다 양호한 환경은 지하상가의 구조 및 특성에 적합한 환기설비와 제어장치에 의하여 좌우된다. 한편, 가장 이상적인 환경조건은 지하상가를 이용하는 사람이 최대의 안락한 기분을 가질 수 있도록 하는 것이며, 이를 위해서는 환경특성에 맞는 허용기준을 정하여 시행하는 것이 우선이다.

이를 위해서는 크게 환기상태를 양호하게 유지하고, 공기오염의 발생원을 제거, 대체 또는 개선하여야 한다.

따라서 지하상가내 공기오염의 예방과 대책에 대해서 몇가지 사항을 제시하면 다음과 같다.

- 환기시설의 강화
- 공기오염 발생원의 제거 및 대체
- 옥내 오염방지를 위한 행정기관의 설

치

- 환경교육의 강화
- 옥내 공기오염에 대한 연구계획

## 2.2 지하주차장의 환경문제

### 2.2.1 측정개요

지하주차장의 환경을 오염시키는 각종 오염물질들 중에서 일산화탄소 및 부유분진을 대표적으로 들 수 있다. 이에 수도권 지역에 위치한 연건평 10,000평 이상의 사무소용 건물 24개소, 백화점용 건물 8개소 및 호텔용 건물 5개소, 도합 37개소의 지하주차장을 대상으로 CO가스 및 부유분진의 농도를 측정하였다.

지하주차장은 그 건물의 용도에 따라 사무소용, 백화점용 및 호텔용으로 구분하여 동일 시간대에 걸쳐 측정하였다.

지하주차장의 이용현황을 살펴보면 오전 11시부터 16시 사이에 전체의 70%를 점하고 있는 것으로 조사되었기 때문에 이들 시간대에 주로 측정을 하였으며 각 지하주차장을 층별로 구분하여 외부영향을 비교적 적게 받고 각 층을 대표할 수 있는 여러지점을 선정하여 1일 3회, 즉 10시, 13시 및 16시에 걸쳐 측정하고 평균값을 취하였다.

특히, 백화점용 건물의 지하주차장은 주말에는 이용객이 주중인 평일보다 거의 두 배정도로 증가하고 있는 점을 감안하여, 요일별로 측정하여 주중과 주말의 농도분포를 비교분석하였다.

측정은 여름철인 7, 8, 9월에 걸쳐 호흡하는 높이 즉, 바닥으로부터 75~150cm 정도 높이에서 실시하였다.

부유분진의 측정은 단위체적당 포집된 부유분진( $\text{mg}/\text{m}^3$ )이 수치(Digital)로 나타나는 압전 천칭방식인 Piezobalance분진계를 이용하였으며, 또한 CO 가스의 농도측정은 검지관을 이용한 가스채취기로서 5~50ppm을 측정할 수 있는 검지관내에 사료공기를 흡입하는 급속계 핸드 펌프를 사용하였다.

2.2.2 측정결과 및 분석

그림 7 및 그림 8은 사무소용 및 호텔용 건물의 지하주차장에 대한 CO가스의 농도

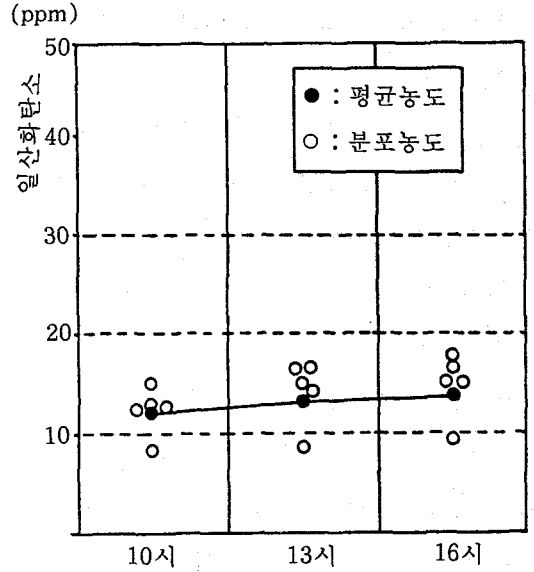


그림 8. 일산화탄소의 농도분포(사무소용 건물)

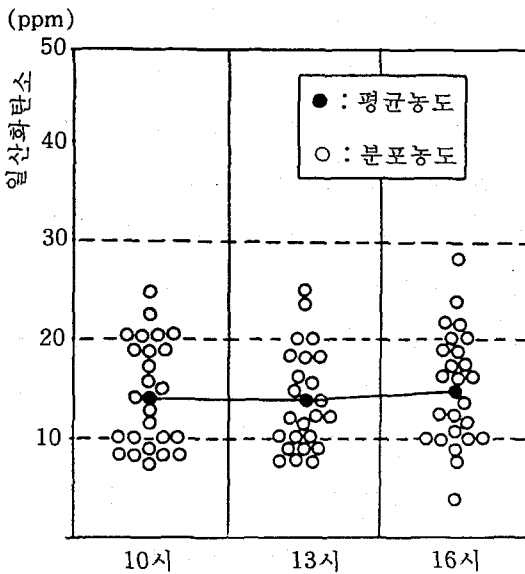


그림 7. 일산화탄소의 농도분포(사무소용 건물)

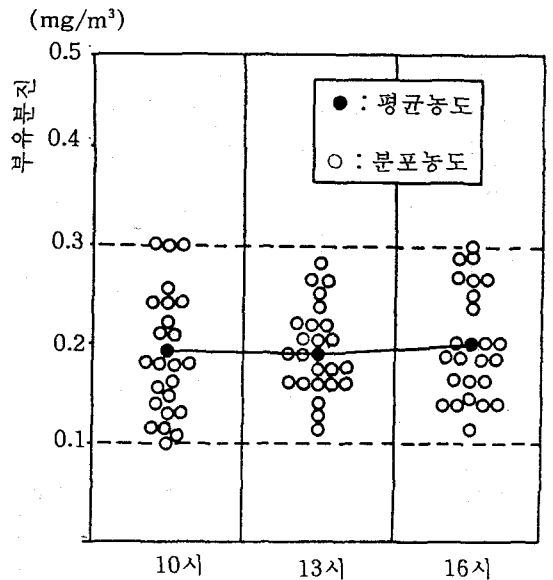


그림 9. 부유분진 농도분포(사무소용 건물)

분포로서 공히, 평균 오염농도는 15ppm이였으며, 최저는 8~10ppm정도의 저농도를 보이고 있다. 그러나 최고농도를 살펴보면 사무소용은 25ppm을 상회하고 있으나 호텔용으로는 20ppm에 못미치고 있어 사무소용에 비해 호텔용 지하주차장은 큰 폭의 변화가 없이 비교적 일정함을 보여주고 있다.

또한 1일중 시간대별 분포를 살펴보면, 사무소용 지하주차장에는 큰 변화 없이 거의 일정함을 알 수 있으나, 호텔용에서는 오전보다 오후가 되면서 약간 상승하지만 큰 차이는 보이지 않는다.

그림 9 및 그림 10은 부유분진의 농도분포를 나타내고 있다.

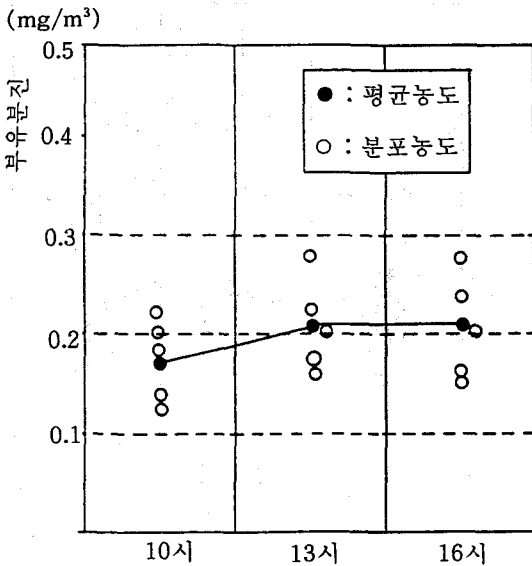


그림 10. 부유분진 농도분포(호텔용 건물)

사무소용 건물의 지하주차장에서 측정된 부유분진의 최고 농도는 0.30mg/m³이며, 평균 0.18~ 0.20mg/m³정도이다.

한편, 호텔용 지하주차장의 평균 농도는 사무소용의 경우와 거의 비슷한 값을 보이고 있으나, 시간대별 농도분포는 사무소용 지하주차장이 거의 일정한데 비해 호텔용 지하주차장은 오전보다 약간 상승하지만 호텔용이나 사무소용지하주차장의 환경오염은 용도와 관계없이 비슷함을 알 수 있다.

또한, 사무소용 및 호텔용 지하주차장의 CO가스 및 부유분진 오염도는 전체적으로 볼때 우려할 만한 수준은 아니지만 높게 나타나고 있음을 주목할 필요가 있다.

사무소용 건물이나 호텔용 건물에 비해서 백화점용 건물은 요일별로 이용객수의 변동이 심하고 또한 주차장이용율도 차이가 많이 있기 때문에 그 오염농도분포도 주중일과 주말에 큰 차이가 있다.

조사된 백화점용 건물의 지하주차장에 대한 주말과 주중의 오염 농도분포를 그림 11 및 그림 12에 나타낸다.

그림 11은 일산화탄소의 농도분포로서, 주중에는 평균 20~22ppm정도이지만, 주말에는 평균 30~35ppm정도로서 주중에 비해 약 50%정도 상승되고 있다. 특히 최고 농도분포는 40ppm정도까지 달하고 있어 백화점용 지하주차장의 환경이 다른 곳에 비해 매우 열악함을 알 수 있다. 또한, 그림

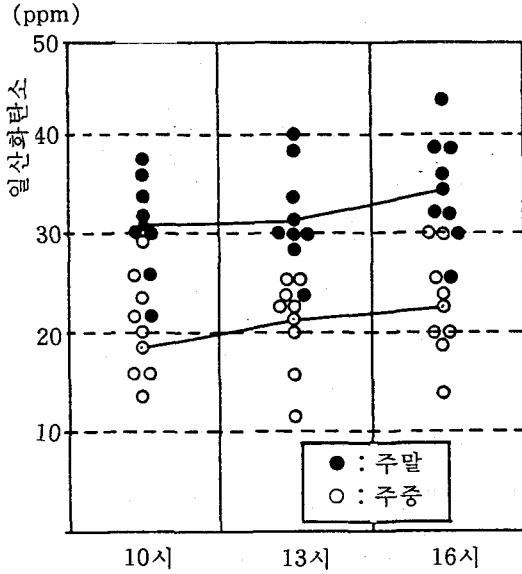


그림 11. 일산화탄소의 농도분포(백화점용 건물)

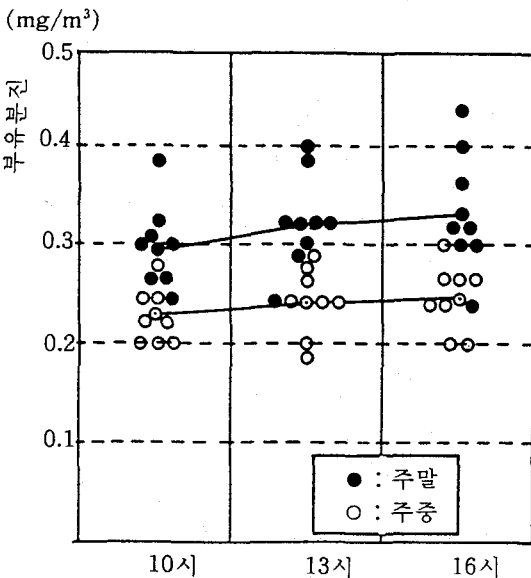


그림 12. 일산화탄소의 농도분포(백화점용 건물)

12와 같이 부유분진의 농도분포는 일산화탄소의 분포현상과 유사하다.

즉, 주중에는 0.22~0.25mg/m<sup>3</sup> 정도의 평균농도를 보이지만 주말에는 30mg/m<sup>3</sup> 이상의 농도분포를 보이고 있다.

이와같이 백화점 용도의 지하주차장의 경우에는 이용객 변화에 따라 일산화탄소나 부유분진의 농도변화도 심하게 나타나고 있어 지하환기설비의 측면에서 융통성 있는 운전이 요구된다.

### 2.2.3 환경개선 방안

환기설비의 효율적인 유지관리 측면에서 볼 때 필터에 의한 저항으로 인하여 소비동력이 커지는 경우가 많기 때문에 공조기내 필터의 적절한 선정과 교환은 매우 중요하다.

송풍기의 능력은 필터의 최종 압력손실값을 정하고, 그 값을 사용하여 결정되기 때문에 설치후 초기 단계에는 필요이상의 송풍량을 대상공간에 보내는 결과로 되던가 혹은 풍량 설계치에 맞게 조정할 때에 풍량이 부족하여 지하주차장내의 환경 목표치를 유지하지 못하게 되는 등 악영향이 있는 경우가 있다. 따라서, 적절한 필터의 선정과 주기적인 교환으로 송풍효율을 향상시키도록 하여야 한다.

한편, 보다 양호한 환경은 지하주차장의 구조 및 특성에 적합한 환기설비의 설치와 운전에 의하여 좌우된다. 또한 가장 이상적

인 환경조건은 지하주차장을 이용하는 사람에게 쾌적한 환경을 제공하는 것이며 이를 위해서는 환기상태를 양호하게 유지하고 오염물질의 발생원을 제거하여야 한다.

지하주차장내 공기오염 예방과 대책에 대해서 몇가지 사항을 제시하면 다음과 같다.

- 환기시설의 강화
- 지하주차장의 환경관리 강화
- 환경교육의 강화
- 지하공간의 최적환기설비 개발 연구

### 3. 결언

이상의 지하공간, 즉 지하상가 및 지하주차장의 환경현황과 개선방안등에 대해서 고찰하였으며 그 내용을 요약 정리하면 다음과 같다.

#### 3.1 지하상가

(1) 수도권지역에 위치하고 있는 24개의 지하상가에 대한 공기오염분포를 측정하여 본 결과 CO<sub>2</sub>에 대해서는 허용기준치인 1000ppm을 상당부분이 초과하고 있고, 특히 이용객이 많은 19시경에는 80~90%이상 허용기준치를 상회하고 있으며, 평균치도 1500ppm정도에 이르고 있어 환경개선의 여지가 많은 것으로 나타났다.

(2) 또한, CO의 농도는 시간대별로 큰 차이없이 비슷한 양상을 보이고 있으며, 평균치는 허용기준치농도에 육박하는 8~9ppm정도를 보이고 있다.

(3) 시간별로 오전 10시경보다 이용객이 많은 오후 6~8시경은 50%정도 높은 CO<sub>2</sub>의 농도분포를 보이고 있으며, 평일보다도 주말의 경우는 10%정도 상승되었다. 이는 지하상가의 이용객수에 따라 상당한 차이를 보여 주었으며, 신속성있는 환기시스템의 운전이 뒤따라야 할 것이다.

(4) 지하상가의 식음료 상가가 밀집된 지역에서는 현저하게 CO<sub>2</sub>의 농도 분포가 타용도의 점포지역보다 상승된 점으로 미루어 볼 때, 지하상가 설계시부터 오염발생원이 밀집된 지역에서는 적절한 국소배기 등을 고려한 설계로 지하상가내의 환기를 개선할 필요가 있다.

(5) 따라서, 지하상가의 종합적인 판단기준이 되는 이산화탄소의 농도가 높게 나타나고 있는 것은 환기설비의 운전시간 부족등으로 인한 유지관리상의 원인과 환기설비의 용량이 부족하던가 급기구. 환기구등의 위치가 잘못되어 있는 구조적인 원인등으로 생각된다.

#### 3.2 지하주차장

(1) 지하주차장내 환경상태를 명확하게 규정하는 구체적인 법적 기준은 아직 없으나, 기존의 지하주차장에 대한 환경은 일반 거주공간에 비해 열악하게 나타났다. 특히 주말에 백화점 용도의 지하주차장에서는 타용도의 주차장보다 2배이상의 높은 수치를 보이고 있다.



(2) 지하주차장의 환기설비에 대한 현황을 살펴보면, 조사대상의 75%정도가 하루 3~5시간 정도의 시간으로 간헐운전을 실시하고 있으며, 또한 환기설비의 설치용량이 법적기준인 10회/h에 미달하는 경우가 종종 있다.

(3) 지하주차장 환기는 자연환기에 의해 유해물질이 충분히 배출되도록 고려하여야 하며, 이것이 충분치 못할 경우에는 기계식 환기설비를 갖추도록 하고, 이때에는 실내에 국부적으로 오염물질이 정체되지 않도록 기류분포를 조정하여야 한다.

(4) 기존의 운전방식이 과학적인 운전이 되기 위해서는 실내의 환경상태에 따라 운전이 되도록 하는 자동제어 운전시스템이 설치되어 합리적으로 운전되어야 한다.

#### - 참고 문헌 -

1. 鄭裕熙, “지하공간이용”기전연구사, 1983.
2. 吉澤晋, “室內環境基準と必要換氣量”, 空氣調和, 衛生工學, 제54편, 제4호, pp. 301~307, 1980. 4.
3. J.E.Wolfert, “HVAC Systems in Shopping Centers as a Utility Business”, ASHRAE Trans, Vol.91, Part IIB, pp. 680~684, 1985.
4. 中西吉造, “地下街労働に關する實態調査等實施結果について”, 勞動衛生工學, 제14호 pp.1~8.
5. Frederick H. Kohloss, 1976, “Mechanical Ventilation System Design Features”, ASHRAE Trans., Vol. 82, Part I, pp. 1154-1159.
6. Taro Hayashi, et al., 1975, “Researches on Ventilation of Underground Parking places”, SHASE Transaction, Vol.13, pp. 69-76, 1975
7. Henry J. Mcdermott, 1976, “Handbook of Ventilation for Contaminant Control”, Ann Arbor Science.
8. ASHRAE, 1987, “Heating Ventilating, and Air-Conditioning Systtems and Applications”, ASHRAE Handbook.
9. 林太郎, 樓井寬, 1974 “地下駐車場の換氣に關する研究”, 空氣調和, 衛生工學, Vol.48, No.2, pp.1~11.
10. Dr. Alexander. R. Stankunas, et al., “Contaminant Level Control in ParkingGarages”, ASHRAE Trans., DC -83-09, No.,3, pp.584~605.