



# 지하 공간 이용의 역사와 현황

## On the past & Present of underground utilization

粕谷太郎  
Kasuya, Taro



### 1. 서 언

일본은 국토가 좁은데다 73%가 산지, 구릉지가 차지하고 나머지 25% 정도가 저지, 垆地로 된 평야로 이루어져 있다. 이런 악조건 하에서 일본은 국제화, 정보화, 소프트화의 진전과 경제의 비약적 발전으로 국제사회의 지위가 높아져 그 중심으로서의 금융 정보 등이 집중되어 동경권은 기능의 一極 집중과 인구집중에 의해서 지가의 고등, 교통 체증을 불러일으켜 좁은 국토의 고도 유효 이용과 도시 기반의 적극적인 정리가 시급한 과제로 대두되고 있다.

위와 같은 사정으로 여태까지 미이용 공간이었던 지하 공간에 대한 관심이 높아져 사회적 요구가 높아진데다가 토목 기술의 급속한 발달과 더불어 지하 공간의 고도 이용에 대한 연구가 진행되고 있다.

국내외의 지하 공간 이용의 역사적 경위와 일본에서의 지하 공간 이용의 현황에 대하여 개관해 보고자 한다.

### 2. 지하 공간 이용의 역사적 경위

여기서 언급하고자 하는 지하의 개념은 도시 내 도로나 건물 밑의 지하뿐만 아니라 바다, 하천의 밑과 산악부의 터널, 空洞까지도 포함되는

광범위한 지하를 말한다.

〈그림 1〉에 나타난 것같이 인류는 약 50만년 전에 자연의 위협(風雪, 雨露, 嚴寒酷暑)이나 외적(外敵)으로부터 보호받기 위하여 지하의 공간을 이용하기 시작하였다.

자연 동굴은 斷熱性, 恒溫性, 恒濕性 등의 특성을 살려 食料의 저장고로도 이용되어 왔다. 중국의 鐘乳洞에서 발견된 北京 原人의 동굴 住居跡이 최고(最古)로 알려져 있으며 여기서 처음으로 불이 사용되어 인류 문명이 시작된 것이다.

이렇게 시작한 지하 공간은 나뭇대기, 짐승똥 등이 사용되기도 하고 死者를모시는 분묘 묘소들도 만들어지면서 개인 재벌의 지하 공간 이용이 있게 되었다.

BC 3,000~2,000년에는 세계 4대문명이 일어나 이집트인은 인류 최대의 건조물이라 일컬어지는 피라미드에 석실(石室)을 만들었다. 이때부터 집단생활 기능을 유지하기 위한 고대 도시가 형성되어 이 시대에 개발된 기술이 현재의 지하 공간 창출 기술의 기초를 이루고 있다고 할 수 있다.

BC 2,000년경 고대 바빌론 왕조 시대에는 유프라테스 강을 횡단하여 궁전과 사원을 연결하는 안치수 폭 2.6m×높이 4.5m의 단면적을 가진 아치형으로 연장 약 1km 벽돌 축조의 터널이 건설되기도 했다. 또한 BC 2,000년경에

는 「모헨조다로 하라파」 등의 고대 도시에서는 상하수도가 건설되었고 그 후 각지에서 지하 사이로 또는 수도용 터널 등의 건설 이용되기도 하였다. 그 외에도 구라파 문명을 만들어낸 에게 문명, 고대 그리스·로마제국에 있어서도 수도는

물론이고 지하 분묘, 주거·사원 등 여러 가지 목적으로 지하 공간이 이용되었다. 특히 로마 시대에는 굴삭·측량 기술이 급속하게 진보한 까닭에 터널 건설이 성행하였고 그 대표적인 것에는 사모스島の 터널이나 큰 하수구인 「크로아카

帝釋峽河洞窟群, 權現山洞窟群, 聖嶽鐘乳洞(2~3만년 전)		周口店鐘乳洞 북경원인(약 50만년 전) 穴居 生活(5~1만년 전) 마스터바 墳(이집트) 모헨조다로 고대도시 지하수로 가레즈(이란) 아지빅가 石窟 寺院 로마 水道 후치노 湖水路 터널
登呂遺跡 (AD100 200) 聖德太子法輪寺 三井屈削(깊이 18尺)	B C A C 500	
日本內 (지하 공간 이용 공백시대)	1,000	國外 (지하 공간 이용 공백시대)
赤穂水道 福山水道 箱根用水	1,500	
青洞門	1,600	런던 水道 란게 뚝(불) 말바스 터널(지중해)
石屋川철도 터널 票子 도로 터널 逢坂山 철도 터널 근대 수도 터널 지하철(上野·淺草) 清水 터널 地中貯水槽 共同溝 北海道 地下水力발전소 關門 터널, 지하 주차장 LPG지하 탱크(小牧) 新關門 터널(18.7km) 清水 터널, 清函 터널 지하 하천(大阪, 東京) 原油 地下 貯藏 東京灣 횡단도로	1,700 1,800 1,900	런던 지하철 램스河底 터널 런던 우편물 터널
	2,000	파리 지하철, 보스톤 지하철 베를린 지하철, 뉴욕 지하철 신프론 터널(스위스-이탈리아) 19.8km 마드리드 지하철 하드슨 河底 터널(NY) 므스크바 지하철 LPG 지하 저장(스웨덴) 原油 지하 저장(스웨덴) 지하원자력발전실협소 지하철(로마, 몬트리올, 오스트) 지하철(서울, 북경, 센브란시스코, 멕시코) 싱가폴 지하철, 압축공기저장(독일) 지하 쇼핑센터(파리), 홍콩 지하철 上海 지하철, 台北 지하철 도버 터널(영-불) 51.5km

〈그림 1〉 지하 공간 이용의 역사

·마키시마」가 있다.

한편 일본 국내에서는 2~3만년 전에 주거로 이용된 것으로 여겨지는 동굴이 여러개 발견된 바 있으며 유명한 것에는 權現山 동굴(群馬)·帝釋峽동굴군(岡山 廣島) 등이 있다.

약 2,000년 전에는 大分縣竹田 지방에 「土蜘蛛」라고 불리는 穴居民이 있었다고 한다. 그 외에 대표적인 지하 이용의 사례로서는 AD 100~200년경의 登呂遺跡이 유명하며 AD 400~600년에는 死者를 매장하기 위한 분묘(石室)가 많이 만들어졌다. 그 시대에 와서 米作의 농사법이 전래되어 定住 생활이 豎容式住居에서 영위하게 되었다.

그러나 인류가 石器나 鐵器를 사용할 정도의 掘削기술만 가지고는 지하 공간 개발에 있어서 한도가 있으며 화약의 발명과 18세기 증기기관의 발명을 계기로 하는 산업혁명까지는 과학기술 그 자체가 停滯 되었다.

이 시기의 지하 掘削 기술은 광산 개발이나 도시 건설에 수반되어 필요로 하는 지하 건설에 활용되어 왔던 정도이다.

18세기 후반에 와서 산업혁명의 진전은 여태까지의 사회 구조를 일변시킴과 동시에 지하 공간 개발에도 일대 혁명을 가져왔다. 산업혁명에 의한 사회의 공업화와 이에 따른 도시로의 급격한 인구 집중은 19세기에 와서 도시의 과밀화에 따른 여러 가지 폐해를 가져왔다. 이러한 폐해를 덜기 위하여 하수도의 정비나 지하철의 건설 등이 필요하게 되었고 도시 기능을 유지 확대하기 위해서 지하는 필요 불가결한 공간이 되었다.

19세기 初頭의 런던에서는 도로 교통의 혼잡이 극에 달해 이때에 발명된 熱氣機關車에 의한 철도가 건설되어 1837년에 “리버플”의 발전 공법에 의한 약 20m 깊이의 지하철역이 건설되었다.

1879년 독일의 「지-벤스」가 전기기관차의 발명 1890년에 세계 최초의 전기기관차를 사용한 지하철이 개통되어 이후 세계의 대도시에 보급

되기 시작했다. 템즈 강 하저(河底)를 횡단하고 있는 템즈 터널(400m)은 세계 최초로 실-드 공법에 의해 건설되었다.

1960년대 후반부터는 도시 경관을 지킨다는 관점에서 세계의 대도시에서는 지하의 유효하게 이용하고자 하는 경향이 높아져 지하에 도로, 전로(電路), 하수처리장 등을 건설하므로써 도시 경관이나 도시 환경을 개선해서 인간이 주(主)가 되는 도시 공간 건설이 진척되기 시작했다.

1994년에 완성된 도바해협 터널(51.5km)은 구라파에 있어서 금세기 최대의 것이 되었다. 일본에서의 최초의 터널은 인력(人力)에 의하여 건설되어 1670년에 완성한 하꼬네 용수 터널(약 1,300m 단면적 약 4m<sup>2</sup>)이다.

도로 터널은 耶馬溪의 청동문(185m)이 최초이고 越後の 僧神海가 약 100년에 걸쳐 파내어 1750년에 완성했다.

일본 최초의 철도 터널은 영국인 기사(技師)의 지도를 받아 1870년에 착수한 大阪-神戸間 石室川터널(61m)이다.

일본인 기술자만으로 건설한 최초의 철도 터널은 1878년에 착공한 京都-大津間 日逢坂山 터널(665m)이다. 그후 19세기 후반에 削岩機, 공기 압축기 등의 발명에 의하여 철도 터널 등에 削岩機 다이너마이트 전기 뇌관 등이 도입되어 단단한 지반에서도 掘削이 용이하게 이루어졌다.

1918년에 착공한 丹那 터널(7,804m)은 東海道線에서 3곳의 난공사 중의 하나로 國府津-沼津間인데 화산 분출물의 퇴적 지대의 다수의 단층과 용수 때문에 약 16년간의 세월을 거쳐 1933년에 관통시켰다.

소화 시대에 들어와 자동차의 발달과 더불어 국도의 정량(政良)이 진척되었는데 해저(海底) 터널인 關門도 터널이 1937년에 공사를 착공하여 전쟁중 일시 중지되었다가 1958년에 완성하였다. 그후 실드(Shield) 공법이 급속히 진전하여 금세기 최대의 프로젝트인 東京灣 횡단도로

건설 공사에 채용되어 완성이 임박해 있다.

제2차 대전 후 고속 교통망의 정비 때문에 긴 철도와 도로의 터널이 많이 건설되게 된다. 철도 터널의 대표적인 것에는 1964년에 吉岡斜坑의 掘削에 착수, 1987년에 완성한 세계 최장의 해저 터널인 青函 터널(53.85km)이 있다.

또한 수자원 개발에 의한 댐式 發電에 쓰이는 大斷面의 지하 발전소에는 1955년경의 剗根川 상류의 須田具 발전소(높이 28.3m, 폭 15.0m, 길이 543m)가 있다.

근년에는 1988년에 사용 개시한 東京電力今市 발전소의 지하 발전소(높이 51.0m, 폭 33.5m, 길이 160.0m)와 같이 양수(揚水) 발전이 대용량화한 것 때문에 지하 발전소도 대규모화하게 되었다.

에너지를 안정적으로 공급하기 위해서 대단면의 석유 배출 시설이 필요하게 되고 지하 공간도 이용하게 되었다. 석유 지하 비축은 1979년부터 愛媛縣의 菊間町에 실정 플랜트가 건설되어 각종의 조사 실험을 했으며 그후 건설 가능성이 확인된 후 愛媛縣의 菊間, 鹿兒島의 串木野, 岩手縣의 久慈의 3개소의 지하 석유 비축 지(높이 약 30m, 폭 약 20m, 길이 약 500m)가 완성되었다.

지하철 건설은 당시의 東京에서 노면전차(路面電車) 중심의 도시내 교통이 혼잡한 것을 해소하기 위하여 1925년에 開削 공법에 의하여 공사를 착공하여 1927년에 上野-淺草間이 개업한 현재의 銀座線이 최초의 것이었다. 대도시로의 인구 집중에 따라 도시 교통으로서는 지하철이 불가결(不可缺)하게 되어 지하철의 건설은 1955년부터 본격화되었다. 1932년에 개설한 東京神田이 須田町 지하철 STORT가 일본 최초의 지하 거리이다.

지하 거리의 건설은 1955년에 들어서서 본격적으로 되어 현재 札幌, 東京, 横浜, 名古屋, 大阪, 神戸, 福岡 등 19개 도시에 지하 거리가 있다.

### 3. 일본국의 지하 이용 동향과 현황

지하 이용의 현황은 건물의 지하실은 물론 석유 비축 등의 에너지와 관련 철도, 도로 터널 등의 교통 수송 관련 지하 거리 등의 도시 공공(公共) 공간을 위시하여 하천, 전력 상하수도 등 모든 분야에 이용되어 최근에는 지하 食料 大 저장고나 콘서트 홀 등에도 계획되고 있다.

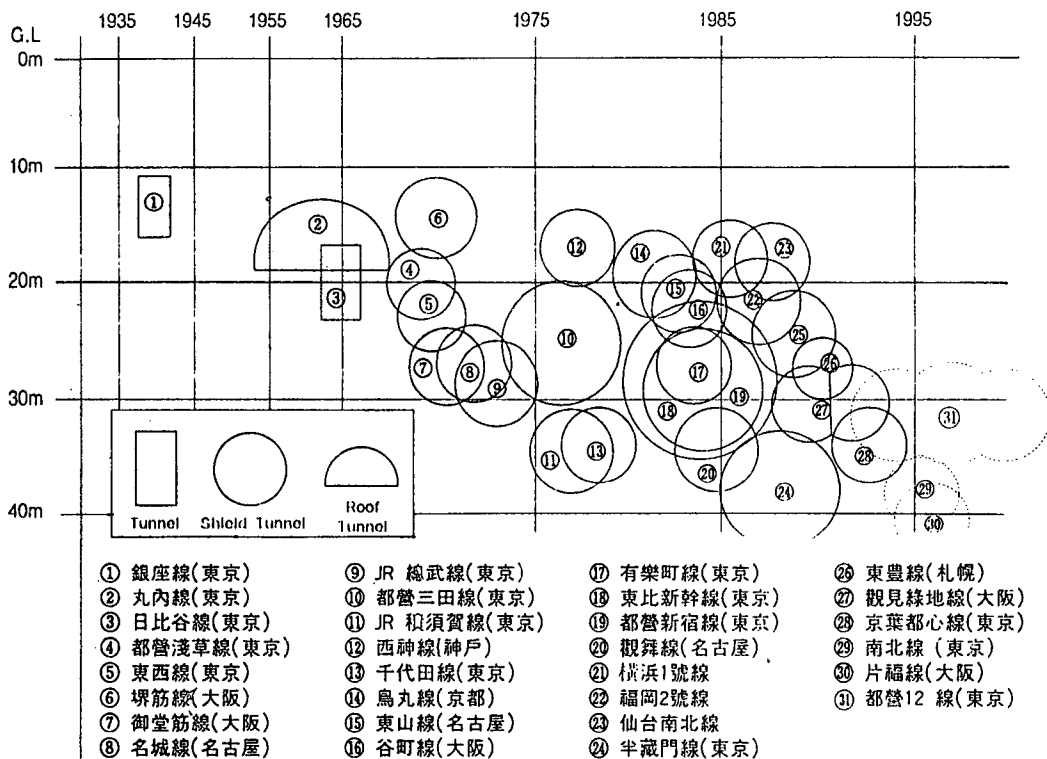
여기서 도시에서 지하 공간 이용 상황을 심도적으로 보면 빌딩의 지하는 지하 3~5층으로 깊이 20~30m의 범위가 많다. 국회 도서관이나 지하 변전소(變電所)와 같이 적극적으로 지하 공간을 이용하는 시설에서는 지하 30~40m까지 파고들어 간 것도 있다.

또한 <그림 2>에 나타낸 것 같이 지하철을 위시한 線狀 구조물은 해마다 大深度化의 경향으로 흘러 지하철 半藏門線永田町驛에서는 지하 40m까지 이용하고 있다. 요근래 완성하는 都營 12호선, 片福線에서는 하천 횡단 때문에 그 이상의 깊이까지 이용되고 있는 것도 있다.

다음과 같이 얕거나 중간 심도의 지하 이용의 과밀화에 따라 구조물은 점점 大深度化되어 가고 있다.

### 4. 결 언

지하는 어둡고 비좁다는 나쁜 인상이 남아 있으나 지금부터는 사람이 행동하기 쉽고 여유가 있는 지하공간의 연출이 필요하다. 이렇게 하기 위하여서는 지하에 空洞을 만든다는 사상이 아니라 지하 공간을 디자인한다는 감상이 필요하다. 디자인한 지하 공간에는 물이 흐르고 녹지(Green)가 있으며 태양광을 유도하고 그 빛이나 바람 소리, 향기를 조화 있게 콘트롤하므로써 사람이 안락하고 휴식을 취할 수 있는 지하는 阪神 大地震에서도 알 수 있듯이 지진에 강하고 또한 지상 기후에 좌우되지 않는다는 큰 매력 있다.



〈그림 2〉 지하철 터널의 大深度化 경향

지금부터는 인간 환경, 지구 환경을 주시하지 않고 지구적 관점에서 지하 이용의 종합적 판단을 할 필요가 있다.

지하 이용은 일본에서도 옛날부터 해 왔던 것인

데 그 자료가 불충분해서 시원스럽게 쓰지 못하고 있는 점, 양해 바라며 전국의 기술사 여러분의 정보를 얻을 수 있으면 다행이라고 생각합니다.

### 우리學會發刊叢籍

ANFO 爆劑新發破學, 東亞出版社

新火藥發破學, 機電研究社

新火藥發破學解説, 寶晋齊

서울地下鐵工事 3, 4號線發破工法. (非賣品)

岩石 力學, 機電研究社

岩石 力學解説 同上

智山許墳博士回甲記念集(非賣品)

智山許墳博士古稀記念集(非賣品)