

Underground Technopia

緑の島 計画

今日、地下の開発と利用は世界共通の問題であり、特に国土の狭いわが国においては真剣に取り組むべきテーマだといえるであろう。大林組プロジェクトチームが挑んだ、都市機能を地下に集約化した25万都市「アンダーグラウンド・テクノピア“緑の島”」建設の試みも、そうした視座からの提案である。

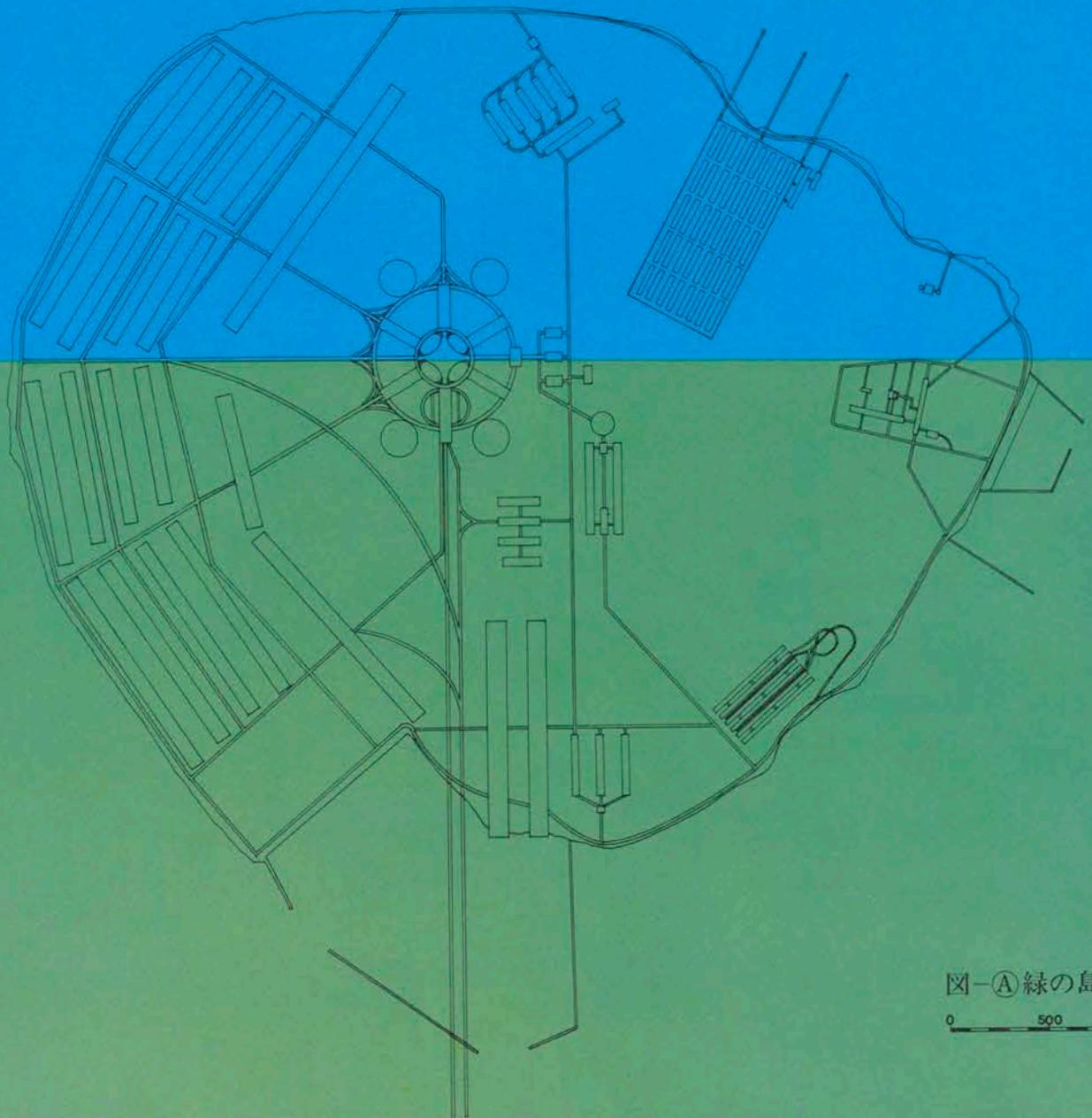


図-① 緑の島・平面図

0 500 1000^M

大林組プロジェクトチーム

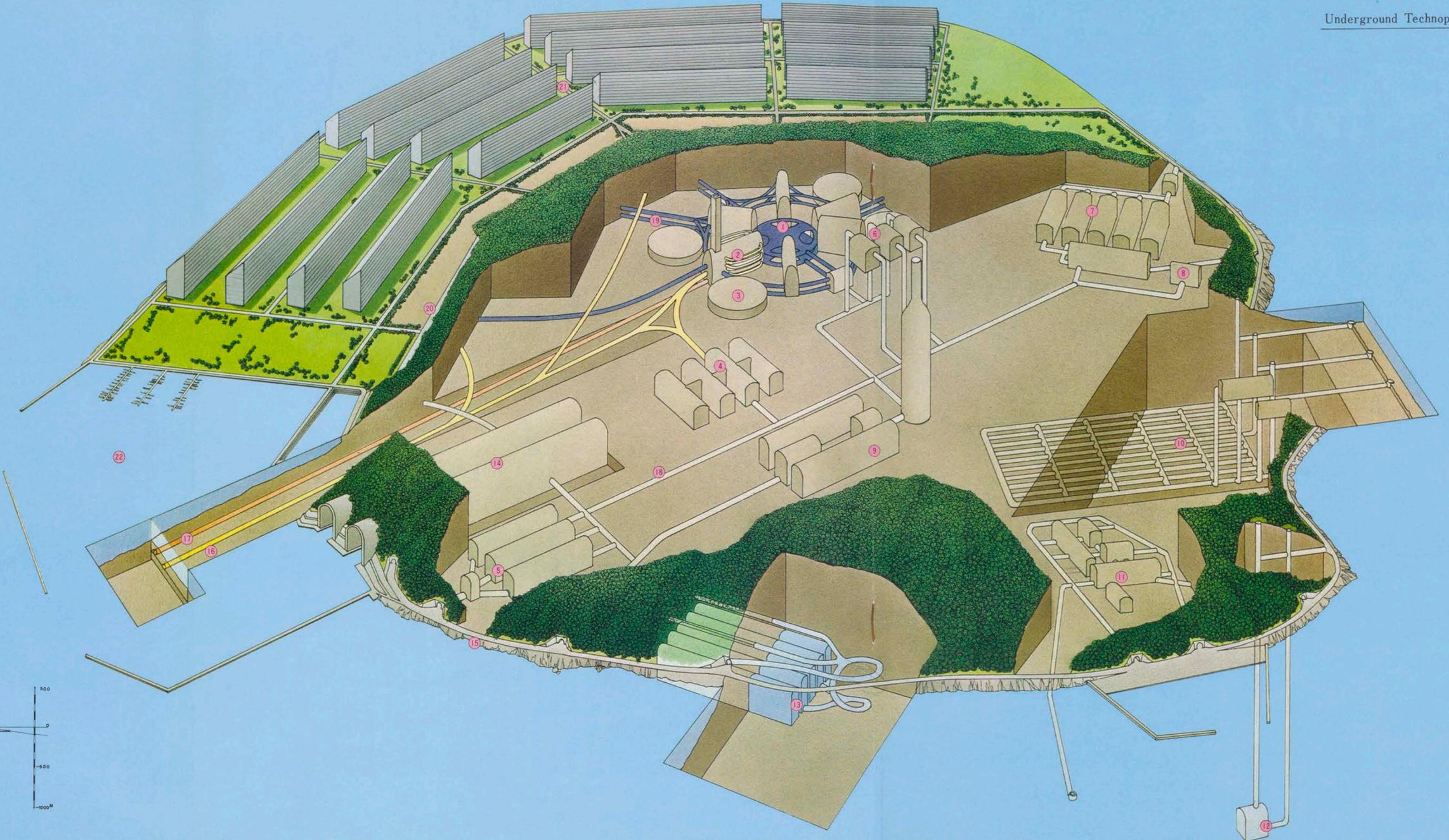


●施設名称

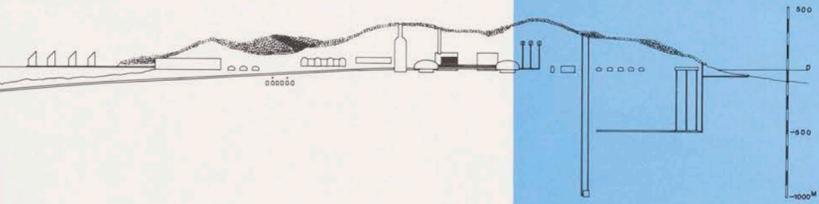
- ① 都市センター
- ② 駐車場及び駅
- ③ 多目的スタジアム
- ④ 流通センター及び食糧備蓄倉庫
- ⑤ 海水淡水化施設及び浄水場
- ⑥ 配水施設
- ⑦ 下水処理場
- ⑧ 廃棄物焼却施設
- ⑨ 集中冷暖房供給施設
- ⑩ エアタービン発電所
- ⑪ 原子力発電所
- ⑫ 放射性廃棄物処理場
- ⑬ LPG貯蔵所
- ⑭ 多目的大規模空間(例:ドック)
- ⑮ 沿岸道路
- ⑯ 海底道路トンネル
- ⑰ 海底鉄道トンネル
- ⑱ 地下連絡トンネル
- ⑲ 新交通システム
- ⑳ 学校
- ㉑ 高層住宅エリア(埋立地)
- ㉒ 一般港

Underground Technopia 緑の島鳥瞰図

図—C

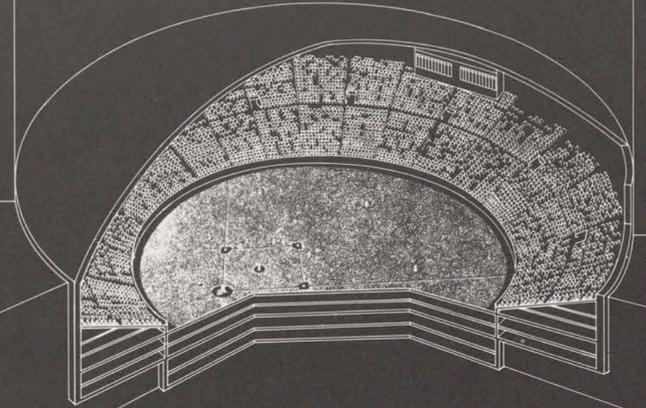


高低比較断面図—図E



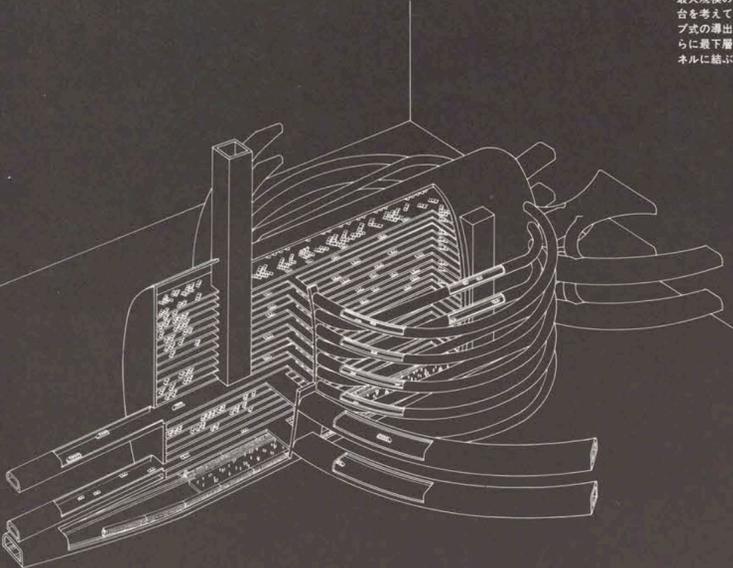
図—D
多目的スタジアム

都市センターゾーンのまわりに4カ所設ける島内居住者のための大球球場。空洞規模は直径220m、高さ65mあり、観客3万人を収容できる世界最大の空間となる。



図—E
駐車場及び駅

全高100m、幅60m、長さ300mに及ぶ最大規模の空間であり、駐車台数は8,000台を考えている。24層で、一般車はカーブ式の進出入路に導かれて運行する。さらに最下層部は本土に連絡する鉄道トンネルに結ぶ駅である。



一、地下利用の現状と展望

世界各国における地下空間

地球上の資源や土地利用に有限性が認められてきた近年、世界中のさまざまな国において、「地下」は極めて有効な、将来性の高い空間として注目されるに至った。各国における地下利用は、社会機構の形態、地質、技術的条件などにより多種多様な進展を見せている。また、地下利用をテーマとした最近の国際会議（トンネル・シンポジウムやロックストアなど）における各国間の情報交換により、技術的問題の検討ばかりでなく、最新の利用例についても次々と紹介されている。地下利用を進める際の基本思想を、世界各国の実例から判断すると、

- ① 地上空間の高密度利用の緩和、及び、地上における新增設が不可能なため、空間の多角的利用として地下へ移行する。
- ② 地下のもつさまざまな特性（耐震性、断熱性、遮音性、蓄熱性、難透気性、構造安定性、地下水保持性など）を生かすような積極的開発。
- ③ 人の目に触れないことから、心理的遮蔽効果を期待した消極的利用。

以上、三本の柱を上げることができるといわれる。

世界各国における具体的な地下利用としては、まず石油の地下備蓄がある。日本では、戦前すでに、実績があるが、その後、良質な岩盤に恵まれた北欧諸国で盛んとなり、これはのちに、西欧諸国や北アメリカで建設された、地下水圧利用による水封式貯槽の先駆けとなったものである。また、断熱特性を生かした地下空間としての食糧倉庫や、高緯度地方では冬の寒気による水の凍結防止、あるいは処理水の保温を目的とした上・下水道施設も建設されている。

地下冷凍庫の実用例においては、冷凍用エネルギーの消費が地上の約半分程度で済むことが実証されており、また冷凍機の故障による温度上昇も大幅に防げるという利点を発揮している。更に、地下における温度の安定性を利用した施設に、地下スポーツセンターがある。これは、やはり北欧諸国を中心に建設されているもので、特にプール、アイスホッケー場などは、水温や室温の維持に大幅な省エネルギー化を果たしていることが知られている。

各国における地下利用の考え方の中でも、とりわけ大きな要素を占めているものの一つにシェルターがある。地下四十五十の位置に大断面を持つ空洞を掘削し、核兵器や災害に対するコミュニティ用の避難空間として建設されるものだが、平時には、前述した貯蔵庫、スポーツセンター及び駐車場などに利用する例も多い。すでにフィンランドでは、国民の九十割を収容できるシェルターが、国内の各地に完成しているといわれる。

の手により建設され、それを契機として同様の地下貯油槽は増加の一途をたどり、その容量は全国で二百万トンにまで達したほどであった。

石油の地下備蓄は、現代においても、もともと今日のテーマとして注目されている。石油資源の九九・八割を輸入に頼っているわが国では、安定供給を目的としたエネルギー貯蔵は不可欠の問題であるが、地上貯油槽の建設が用地確保の上からも困難を窮めている現在、有効な備蓄方式として、技術的にも経済的にも積極的に取り組むべきテーマといえるであろう。

北欧諸国において実績のある水封式地下貯油槽の研究は、すでに昭和五十一年から進められ、大規模な石油備蓄地下基地の建設も考えられている。

一方、地下発電所の建設も、日本では戦前から行われてきた地下利用の一例である。昭和十八年、北海道・雨龍発電所が地下四十五メートルに設置されて以来、特に戦後は水力発電の隆盛とともに各地で地下式、又は半地下式の発電所が盛んに建設されている。

地下発電所を建設するために掘削する空洞は、揚水式発電所の増加にもともない急激に巨大なものとなった。当初の雨龍発電所（五万一千キロワット）が、高さ二十八メートル、幅十五メートル、長さ五十三メートル（掘削土量約二万立方メートル）であったのに対し、現在、日本一の規模を有する東京電力の高瀬川発電所（百二十八万キロワット）においては、空洞規模も高さ五十四・五メートル、幅二十七メートル、長さ百六十三メートル（掘削土量約二十一立方メートル）に及んでいる。また地下発電所の増加にもともない、送電用変電所や送電ケーブルなどの地下化も進み、更に都市部においては交通、防災機能、及び美観上の見地から、路上の電柱、配電線などの電力供給施設の地下埋設化も計画されている。これは水道管やガス管の地下共同溝の設置とも関係して、将来の身近な地下利用テーマとなりつつある。

石油と同様のエネルギー貯蔵の見地からは、電力用燃料のLNG（液化天然ガス）の地下備蓄も開発されている。LNGは、摂氏マイナス百六十二度という超低温のため、技術的研究によって地下タンク貯蔵が行われると同時に、最近はその冷熱を再利用して、小規模な発電装置が建設中である。LNGは、今後も、わが国におけるエネルギー地下貯蔵上、大きなウェイトを占める存在となるはずである。また、LPGも将来、年間三千三百万トン輸入される備蓄が義務づけられることとなっており、これも地下化が推進されるであろう。

近い将来、クローズアップされると考えられる施設としては、地下原子力発電所がある。エネルギー資源の乏しい日本では、安全性、心理性、地域性などの確保を図るテーマとして、開発・研究が行われている。

こうしたエネルギー開発、及び貯蔵とは別に、わが国における地下利用のもっとも進んだ形に、地下街と地下鉄がある。とりわけ普及度において世界一といわれる地下街は、大都市の高層化と共に、第二の空間として短期間に

一方、発電所の地下化も、最近のテーマとして世界各国で進められている利用法である。地下水力発電所は、すでに日本でも馴染み深い存在だが、欧州では二十年前から実績が積み、その後、原子力発電所の地下化も行われた。世界で最初の地下原子力発電所は、一九五九年にノルウェーのハイデンで稼動したのだが、安全性と近隣住民の心理性の考慮の上に、現在、欧州で五基、アメリカで七基、カナダで一基が建設され、注目を集めている。

こうした機能空間としての利用のほかに、アメリカ、フランスでは居住空間の地下化が省エネルギーの見地から試みられている。居住空間は、その性質上、半地下式施設として建設されるものが多いが、ミネソタ大学の図書館や書庫、あるいはニースの集合住宅において、冷暖房エネルギーを半分以下に節約できることが実証されている。また、早くから地下鉄の開発を進めたこと知られるパリでは、レ・ザール（中央市場）跡地に、一九七九年、地下ショッピングセンター「フォーラム・デザール」をオープンさせている。この地下街はすり鉢型の四層であり、中央広場から自然光を採り入れる設計が注目を集めている。

日本における地下利用

日本における地下の開発と利用としては、歴史上有名な、禪和尚による青の洞門の掘削や、芦の湖（箱根）の深良川隧道の建設などがあるが、近代のテーマに基づく地下空間の建設も大正時代からすでに行われてきた。大正八年、それまでの覆土式に変わり、横須賀小海に本格的な海中貯油槽が海軍



急速な拡大を遂げた。地下街の建設は、地上交通の混雑緩和、車と人の流れの分離など、新しい都市空間の構成を生み出し、元来の機能であった連絡通路的イメージを脱け出して、巨大な町並みを形成するに至ったのである。

地下の特性と展望

日本をふくめ、世界各国が今日これほど地下の開発と利用を進めている理由は、何であらうか。

各国における、エネルギー、経済、国民性などの事情により開発の方針に違いは見られるものの、ほとんど例外なく何らかの形で地下の持つ特性を開発・利用している。事実、地下には利用するに値するだけの優れた特性が数多く存在している。

断熱、遮音、蓄熱、難透水、難透気、保水、地下水圧、外力安定、耐震、接続、多角的利用、心理的遮蔽などが、地下のプラス面の特性として、ますます上げることができる。

例えば、多くの巨大地震を経験した日本のトンネルは、地下構造物の耐震性の高さを示している。また、ラスコー、アルタミラの自然洞窟のように、先史時代から崩壊もせずに存続している地下空間は他にない安定性を示している。こうした生きた実証を踏まえ、石油備蓄、冷凍庫、スポーツセンター、シェルターなどの地下利用はすべて、地下特性のいくつかが活用した形の地下構造物となっている。地下の長所を見直して、積極的な地下利用を図ろうとするのが、現代における世界各国の姿勢なのである。

一方、地下のデメリットも決して少なくはない。太陽の恩恵を受けにくいことは当然だが、施工上の問題としては、地質条件により空洞の支保が困難な場所があり、また地下水の処理も必要となってくる。更に、日本の場合のように、湿度の高い国では居住性が見地から地下室建設には特別な施工も必要となる。あるいは迷路性や暗黒的イメージも、人間心理に健康な印象を与えてはいないであろう。

しかし、こうしたメリット、デメリットのバランスを、技術的に解決し調整することによって、地下はやはり人類にとって可能性の極めて高い開発空間となり得るのである。事実、世界各国では地下の特性を生かす形の新しい開発・利用が次々と進められている。アメリカのWIPP計画、B W I P計画、ECのイスプラ計画、あるいはヨーロッパ各国でも計画中のものに見られるような、地下千メートルの深部における放射性廃棄物処理場、寒冷気候の北欧における地下熱エネルギー貯蔵システムなどは、その一例であろう。

特に、国土が狭く、エネルギー資源も豊富とはいえないわが国においては、今後、地下空間は総合的な視野から見直されるべき、重要なテーマだといえるのである。

二 「緑の島」地下空間構想

地下空間の建設

地下に、空洞あるいは構造物の施工を行う場合、その第一歩はまず掘削である。人類が道具を使って掘削を行った歴史は極めて古く、約二・三万年前ヴルム氷期中間の頃であったといわれている。人類はこの時期に、石製の武器や、木製の農具など極めて原始的なものを次々と発明したが、もっとも良質な素材はフリント（火打ち石）であった。そのためフリント採掘の必要から砂利層に坑道を掘削したのである。イギリスのグライムズ・グレイヴズ鉱山跡で発見された掘削道具は、鹿の角で作られたツルハシと牛の肩甲骨のシヨベルであり、地下十二メートルの深さに人間ひとりが入れる規模の坑道が、迷路のように掘られていた。

また日本書紀には、景行天皇が土蜘蛛と呼ばれる穴居民を討伐した折り、「椎」を使い山を穿ち、石室の中にいた土蜘蛛を襲撃した話がある。「椎」は海石榴樹から作られた掘削具であろうといわれている。

こうした掘削の歴史的背景を踏まえ、プロジェクトチームは、今回の「緑の島」構想を詳述するにあたり、まず現代における掘削技術について簡単に触れておくこととした。

地下の掘削方法としては、地質に応じて、全断面掘削方式と切掛け方式とがある。その方向には水平、斜め、縦の三種類があり、用途に応じて断面が大、中、小と分けられる。これらがさまざまに組み合わせられて、施工されるのである。

(例)

小型——地質調査、油田井戸、注入ボーリング。
 中型——道路・鉄道・水路トンネル、換気坑、作業用立坑。
 大型——地中タンク、トンネル、地下発電所、岩盤貯槽。
 各種の建設対象物の構造、用途、地質、地下水の状態により、掘削方法が決定されるが、中でもまず問題となるのは地質条件である。

地質は、大きく土砂と岩とに分けることができる。土砂の場合、日本の都市部の地下街建設やシールド・トンネル掘削に見られるように、土圧、水圧が施工方法を大きく左右する。また、岩の場合には、強度、節理断層、破碎帯の問題が浮かび上がってくる。

地質とともに考慮される必要があるのは地下水であり、これには水圧と湧水の二問題がある。地質と地下水は、掘削の際の経済性、安全性、工期などに著しく影響する基礎条件であり、建設地点選定の要因ともなるものである。地質と地下水の条件により、掘削は、手掘り、発破、機械掘削などを組み

もし埋め立て地が無ければ、ロビンソン・クルソーの舞台ともなり得る自然の小島なのである。このことは、プロジェクトチームの作業に、一つの夢を与えてくれた。「緑の島」の命名の意味も、そこにある。

一方、人間の居住空間の建設は、地下掘削の土砂を利用して島の南側に埋め立てを行い、そこに集中させた。全地下構造物施工のための掘削土量は、土量変化を加味して約五千六百万立方メートル。これは十一、大型ダンブカーにして約九百二十万台分に該当する。また、これによる埋め立て面積は約四百八十万平方メートルであり、ちょうど、中央区の区と同じ広さである。

居住人口は前述した通り二十五万人。一世帯当たり三・五人家族として、計七万一千戸分を、二十五階建て高層住宅として建設するものとした。

合わせて行われる。一般に日本での岩盤は、地質が大きく変化するが、発破による掘削が主流を占めている。その方法は、まずダイナマイト装填用の穴を穿孔機により穿ち、装薬、発破を行い、後ガスを除去する。続いてズリ（土砂）積み機械が入り、運搬機械により搬出を行い、周辺地山を支えるための作業が順を追って行われる。

以上が掘削作業の概要であるが、あらゆる地下構造物施工に共通する最も大切な作業は、地山を支えること（支保工）である。ベルギーのスピエンスに残る古代人のフリント鉱山跡からは、鹿の角のツルハシを握ったままの骨が発見されている。これは落盤事故による歴史上初の犠牲者であるといわれるが、現代においても、掘削後の支保は極めて重要な作業である。

支保の方法には、強制的に地山を支える鋼製支保工、シールド機械、また地山自体の強度を発揮させるために変形を制御する吹付けコンクリート、ロックボルトなどがある。更に、時々刻々と変化する地山変形・応力を測定し、対応するためには、コンピュータによる解析が行われているのである。

鹿の角を握り、牛の肩甲骨で土砂をすくってフリント採掘にあたった古代人の眼には、最新技術の粋を結集した現代の掘削がどう映るであろうか。彼らにとって、動物の骨による掘削の発見が革命であったように、たゆまざる技術革新の波は、地下空間をさらに大きく広げていくであろう。今回、われわれが「緑の島」構想として行った作業も、現代技術の足場の上に近未来の可能性を加味し、かつてない大地下空間を想定したものである。

衛星都市構想——緑の島

アンダーグラウンド・テクノピア「緑の島」(図①)は、その名が示す通り多様な要素を秘めた仮想の島である。まず、都市機能をできる限り地下に設定していること、次に自然環境の保全に最大限の努力を払っていること、そして埋め立てにより二十五万人分の居住空間を地上に建設したこと。以上の三点が中でも大きな要素といえるであろう。そして緑の島は、全体として、大都市機能を補う人口二十五万人の衛星都市であり、地下構想において現在考えうるもっとも理想的な形態なのである。

島の位置については、交通的に大都市に近いものとし、その規模は直径三キロ程度の円型を成している。しかも同島は独立したブロックであることを前提とし、島内は自給エネルギー体制を採ることとした。そのための機能空間を含め、都市としての機能はできる限りの地下化を試みた。これは、地下利用の未来像を探るとともに、島全体を、同規模の衛星都市における機能地下集約型のモデル空間として提案するものである。そのため、同島の地下開発は、まず景観の保全を第一義として進められた。図①Bのイラストに見るように外観からは地下の大規模空間の存在は全くといえるほど不明に等しい。

就労人口については、全人口の四十六割とし、更にその六十割は島外の大都市などへの勤労者である想定している。従って、島外への交通には、道路及び鉄道による海底トンネルを採用している。以上のことから、緑の島の概観を整理すると、地下にできる限りの都市機能を集約させ、地表は広大な緑地帯を持つ、人口二十五万人のモデル衛星都市である、といえる。

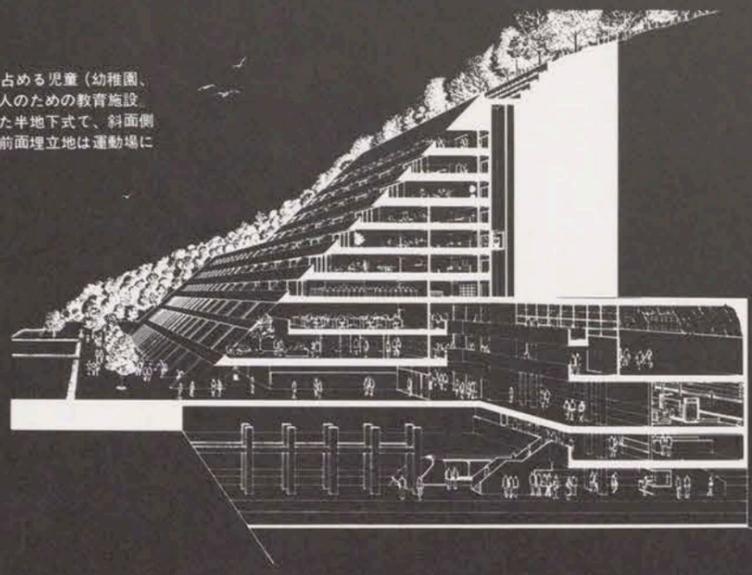
緑の島における地下構造

島内の地下構造物については、まずメリット、デメリットを優先して選定を行った。例えば医療機関のように太陽光が豊富なほうが望ましいものがあるいは教育施設のように、自然採光量が法的に定められているものに関し

G

学校

全人口の20%を占める児童（幼稚園、小、中学生）5万人のための教育施設。島の斜面を掘削した半地下式で、斜面側から外光を取り、前面埋立地は運動場になっている。

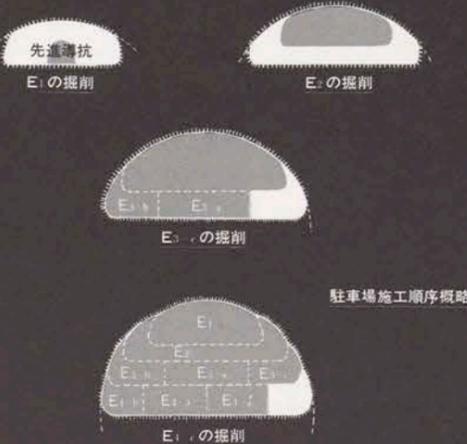


●地下構造物の規模および掘削土量

施設名	規模 (高さ)(幅)(長さ)	掘削土量(含作業用トンネル) 単位:1,000m ³
都市センター関連		
交通センター	100×50×300	1,780
業務商業区域	100×50×20(×5基)	5,400
スポーツセンター	70×200(×4基)	6,700
新交通システムトンネル	10×20×10,500	2,120
エネルギー関連		
LPGタンク	30×20×500(×6基)	1,460
原子力発電所	40×30×220(他4基)	2,000
エアタービン発電所	10×10×1,000(他2基)	3,900
地域冷暖房設備	50×50×500(×2基他2基)	3,270
上水道	20×50×300(×3基他)	1,500
下水道	20×40×200(×5基他)	1,570
ゴミ処理	38×50×100	240
流通センター・備蓄倉庫	50×50×230(×3基)	2,900
	50×50×200(×1基)	
学校	80×90×3,200	2,300
輸送機関連		
本土連絡鉄道トンネル	10×20×12,000	
本土連絡道路トンネル	10×20×14,800	6,220
各施設間連絡トンネル	5×10×14,200	
多目的大空間(ドック)	56×180×1,100(×2基)	22,750
合計		64,110

H

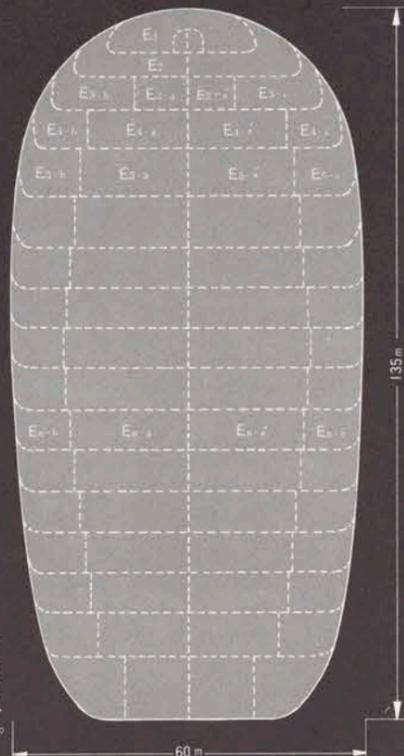
掘削順序



駐車場施工順序概略

●駐車場施工順序概略

アーチ部、及び本体とも、ベンチカット工法を主体としており、掘削に伴う過度の応力集中を避け、周辺岩盤のゆるみ領域の拡大を抑えるため、ロックボルト、ロックアンカー、コンクリート吹付けなどの支保工を早期に施工する。また、岩盤の仕上げ面はできる限り滑らかな面とする工法をとる。各ベンチカットの側壁部は、仕上げ面下の応力集中を避けるため、曲面を設けて掘削を行い、輸送関係はループ式の周辺道路、及び適当なアクセスより行う。掘削の順序については、図のようにE₁より順次、行うものである。



135m

60m

④大都市を背景にもつ人口25万人前後の都市としては、関東においては前橋市、川越市、所沢市、柏市など。関西では八尾市、寝屋川市、明石市などがある。(1979年9月時の調査数値による)

⑤現在、世界各国において新しい掘削技術が次々と開発されている。その主なものを挙げると、①原子核反応により生じる熱を利用し、コンクリート・ライニングと同様効果をもたせ掘削を行う。②電子線(エレクトロン・ビーム)を岩盤に当て、熱を加える掘削。③電磁波(マイクロウェーブ)の放射による発熱を利用する掘削。④レーザー光線による掘削。⑤高圧水により岩を切る掘削。⑥高周波電流を岩に流し、岩の内部水に熱伝導を行う掘削、などがある。

ては、半地下構造としてその特徴を生かし(図一〇)、その他の公的機能は完全な地下構造としている。

同島の地下構造物の中で、中核を成すものは、まず都市センターゾーンである。ここには公共機関、大規模商業施設、交通施設(駐車場、駅)、スタジアムなど、人間の集中性が高く、公共的性格の強い施設を配列し、全体で千三百立方メートルの掘削空間を有している。(図一〇・①)

いわば多層構造を持つ巨大な地下街ともいえるが、商店中心の現在の地下街とは異なり、未来型の地下都市を成している。最近の地下街においては、京都駅前地下街ポルタやパリのフォーラム・デザールに見られるように、地上からの自然光を採り入れることが新しい傾向となりつつある。ここでは自然環境の保全を前提としたため、そうした形態は採用しなかったが、条件によっては、自然光を採り入れた大規模な地下空間の建設も十分に可能である。

外部と島内を結ぶ交通システムとしては、前述のように鉄道、道路の二つがあり、共に海底トンネルによって結ばれている。鉄道、道路いずれの場合にも、外部からの乗り入れは原則としてすべて都市センターまでとし、島内は独自の交通システムを用いることとした。

都市センターと埋め立て地の居住空間は、この独自の交通システムによって結ばれるが、その境界となる島の傾斜地帯に、南面に開ける形で前述した教育施設(学校)を半地下構造によって設置している。これらの半地下施設及び居住空間においては、省エネルギーの観点からソーラー・システムの導入を考慮した。

また、島内居住者の生活を維持するための施設としては、まず島の東側に海水淡水化及び浄水設備を置き、自給の建前から、ここでは海水を利用した淡水化装置による給水システムを用いている。下水処理施設、及び廃棄物焼却施設は衛生的な観点から、ちょうど島の反対側の位置とし、また都市センターゾーンや居住空間とも適距離をおいて配置したものである。

下水道設備の地下掘削は、紀元前二千年頃のインダス文明の発祥地モエンジョ・ダロにおいてすでに見かけることができるが、思えば人類がもともと長きにわたりテーマとしてきた地下構造物の一つであったといえるであろう。島内需要をまかなう食糧などの備蓄には、流通センター及び食糧備蓄倉庫を設け、その位置は外部との交通システムの関係から、島の東側とした。また、冷暖房システムの施設として、高度需要を考慮して、集中冷暖房用蓄熱槽を都市センター近くに配置した。これらの施設には、地下の持つ断熱性質は極めて有効だといえる。

以上の諸施設については、外部との連絡用交通施設の一部(海底トンネル)を除いて、地下とはいえてできる限り海面より高い位置に掘削施工している。(図一〇) これにより、排水に要するエネルギーの節約を図ったものである。

現在、支保工としては、①吹付けコンクリート、②ロックボルト、③PSアンカー、④覆工コンクリート、⑤ライナープレート、⑥鋼製支保工などがあり、実際の工事ではこれらを組み合わせて施工が進められる。(図一〇)

近年はNATM(岩盤自体の支保力を利用し、空洞をコントロールすることを基本概念とする)のようなトンネル工法も採用されており、大規模な空洞掘削には、岩盤力学をフルに活用することが不可欠となっている。この考えに基づくと、大空洞においては力学的に有利な形状を採用することが重要であり、応力集中の起りやすい角形よりは、やはり円形を基本としたものが望ましいであろう。

また、掘削の現場においては、どれほど事前調査を行っていても、実際に掘ってみなければ分からない不確定要素が非常に多く存在する。従って、大規模システムティック計画により岩盤状況をたえず把握し、それを反映させながら工事を進める「計測工法」が必須であり、将来においても主流を占める方法となるであろう。

クローズアップ② 地下駐車場及び駅(図一〇・②)

緑の島地下構造物の中核である都市センターゾーンの中でも、駐車場は単一の地下空間として独自の特徴を有している。その駐車規模は約八千台にのぼり、羽田空港大駐車場の五・六倍という稀有のスケールである。

掘削する空洞の規模(断面)は、現在の日本での最大級が高さ七十メートル、幅三十メートル程度であるのに対し、アーチ上部までの全高百三十メートル、幅六十メートル、長さ三百メートルに達している。換気塔及び防災設備を完備した大駐車場である。断面の形状については、力学的に有利な卵型が理想であり、ここではほぼかに地下発電所の掘削断面も参考としながら、利用上、図のような形体とした。また、支保工としては、吹付けコンクリート、ロックボルト、ロックアンカーを主としている。こうした大断面の掘削には、もちろん良好な岩盤条件が基本となるが、更に技術的な問題もいくつかある。断面を数カ所に分割して同時作業を行うためのアブローチ、大型機械の採用、作業時の換気を十分に考慮するなど、施工性、経済性、安全性と、全般的見地からの総合的な計画が必要であろう。

なお、駐車場としての機能は、一フロアに三百四十台駐車車の二十四階建てであり、島への一般車の通行はすべてここへ集中することから、ループ式の内部構造によってスムーズな運行を図った。また一階フロアの下には鉄道用の駅を設け、外部からの交通システムをこの空間に集約化した。駐車場と駅的全空間を合わせると掘削土量は百七十万立方メートルに及び、これは甲子園球場約二杯分に相当するものである。

一方、自給エネルギー体制を支える地下施設としては、原子力発電所、エタービン発電所、LPGタンクの三つがある。

このうち原子力発電所については、居住空間から十分な距離をとり、更に他施設との関連から考えて図のような位置とした。原子力発電所への外部からの輸送には、専用の港を北側に築き、また、付帯設備として最近世界各国で注目されている放射性廃棄物処理施設を、地下千メートルの深部に設けたものである。

この地下原子力発電所は百万キロワットの出力を有するもので、島外の大都市への送電も十分に可能であるが、別に、余剰電力を島内で活用してエタービン発電所を適距離に配置してみた。これは海水導入による空気を圧縮して利用する発電で、深度五百メートルの地下に建設予定であり、海に近い地下の特徴を積極的に生かす試みとした。更に、電力以外のエネルギーとしては、今後、日本でも備蓄が期待されるLPGを導入。タンクの位置は地下百十メートル程度であり、前述した冷暖房用蓄熱槽はこのガスを利用して行う形式である。

以上がエネルギー関係の諸施設概要であるが、原子力発電所、エタービン発電所、LPGタンクを合わせ、掘削土量は約六百六十六万立方メートル。これは旧丸ビル三十五杯分に該当している。

緑の島における用途別の地下掘削については、すでに述べてきた通りであるが、最後に一つ、われわれは多目的大規模空間を、島の東側に設けた一般港の側に想定した。これは例えばドックとしても使用可能な空洞であり、高さ五十六メートル、幅百八十メートル、長さは千二百メートル。同様に二カ所設けた。

現在、世界で発見された天然空洞の最大のものは、ニューメキシコに存在する高さ百七十七メートル、幅百九十メートルのもので、長さは千二百メートル以上あるといわれている。こうした巨大な天然空洞の存在は、人工空間でも条件さえ整えば掘削可能であることを示唆しており、この多目的大規模空間はその可能性を探るものである。

掘削土量は二カ所合計で二千二百七十五万立方メートルを占め、埋め立て用に大量の土砂を供給している。

クローズアップ① 多目的スタジアム(図一〇・①)

都市センターゾーンのまわりに四カ所設置されたスタジアムは、機能的には島内居住者のための多目的球技場であるが、技術的には、容積百九十万立方メートルを有するドーム型空洞の掘削に挑戦したものである。

この空洞の規模は、直径二百二十メートル、高さ六十五メートルであり、人工のものとしては世界最大である。野球場として使用すると、センター百二十メートル、両翼九十六メートル、観客は三万人程度も収容することができ、アメリカのアストロドーム級のものが地下に誕生することになる。こうした大規模な空洞掘削にお

以上、緑の島における地下機能空間の掘削・施工、及び埋め立て地の住居ゾーンに関する概略を述べてきたが、今回、このプロジェクトに要する建設費としては、土木掘削工事費(諸設備は除く)一兆九千八百億円、住居建設費八千八百億円、学校建設費三千億円、土地造成費その他千四百億円、計三兆三千億円と見積った。また全工期は十七年間であり、着工後十年で一部供用が可能となる。



●作業を終えて

大テーマであった、というのが実感である。興味のつきない大きなテーマだった。今回の企画が登場してまる四ヶ月間、十数名のスタッフは、この未知のテーマに挑んで終始飽きることがなかった。建設業の中で土木技術者は、市場のニーズには必ずしも敏感ではないといえるが、与えられたテーマについては、それが大きければ大きいほど、困難であればあるほど、意欲を燃やすものである。

まず、都市機能のどの部分、どの範囲を地下に入れるかに悪戦し、その工事過程として、いかに大空間の安定化を図るか、掘削土砂(スリ)をいかに処理するか、に苦闘した。そして得たものが、現状技術の再確認である。それは(限界)の確認と(可能性)への展望であった。ある人々にとってはSFとしか思えないようなことを、よくここまで可能にすることができた、と思う。

それにしても時間が少なすぎた。足りない時間の中でできるだけテーマの広がりと開い、いま作業を終えた段階で、なお心に残ることもある。それは、地下掘削の宿命として、いかなる場合にも、掘ってみなければ分からない要素が大きいことである。全てが机上のプラン通り運ぶとは限らないからである。

このテーマを大きく前進させるため、私たちは「地下博覧会」の開催を夢見ている。海洋博、宇宙博が実施され、いま科学技術博覧会の計画がすすめられている。さらに地下博が開催されれば、なお未知の分野の多い大規模地下構造物の施工法や地下構造物の新しい対象が一層具体化して、岩盤力学を含めた技術面に飛躍的な進歩を見ることになるだろう。そこから生まれるだろう技術革新は、現状の大きな問題点となる建設コストを、地上構造物並みのものとするこころを期待してよい、と思う。