

地下空間を創造する

東京工業大学理工学研究科土木工学専攻
竹村 次朗

Web:<http://www.geotech.cv.titech.ac.jp/~jtakemur/>

専門:地盤工学 (Geotechnics)

A science of making the earth more habitable: Webster
地盤材料、地盤中の構造物、地盤自体の挙動

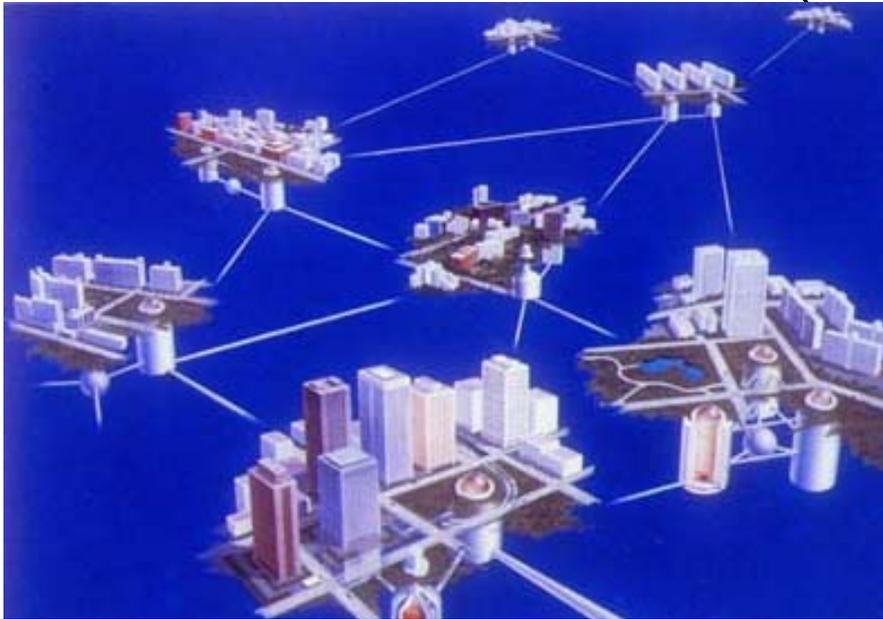
1週 . 地下の利用:

地下空間の特性(長所、短所)、目的ごとの利用例

2週 . 地下空間建設技術(地盤、トンネル、地下タンク、地下探査)

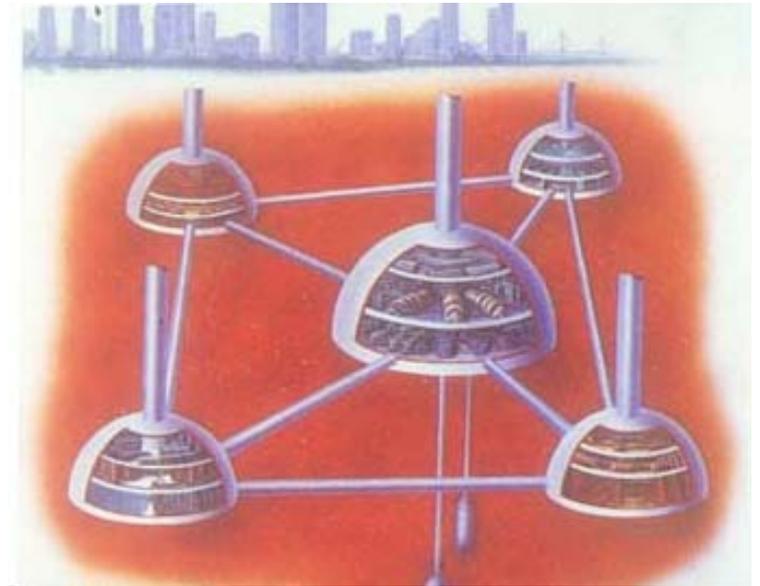
バブル期のジオフロンティア構想-未来都市

(参1)

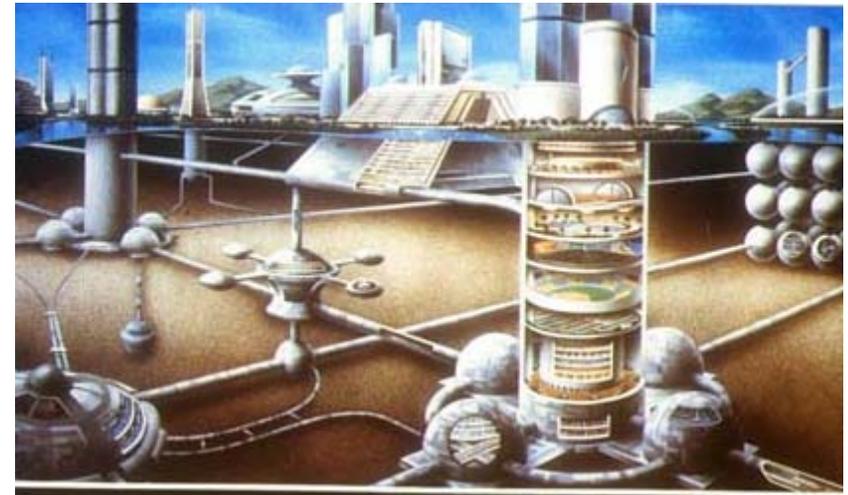


アリスシティーネットワーク構想：
大成建設、電力中央研究所

Geofront:

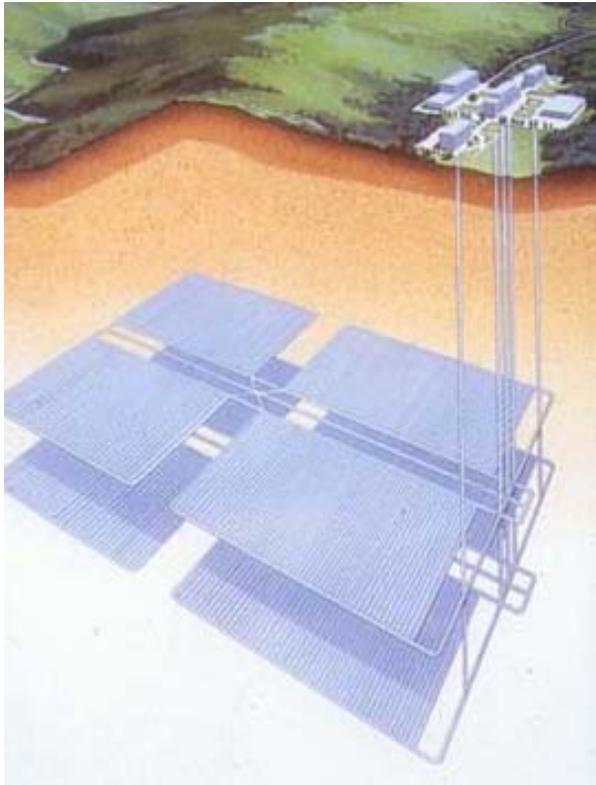


ネオアーバンインダストリアルジオドーム：
通産省



アーバンリゾーム構想：日本鋼管²

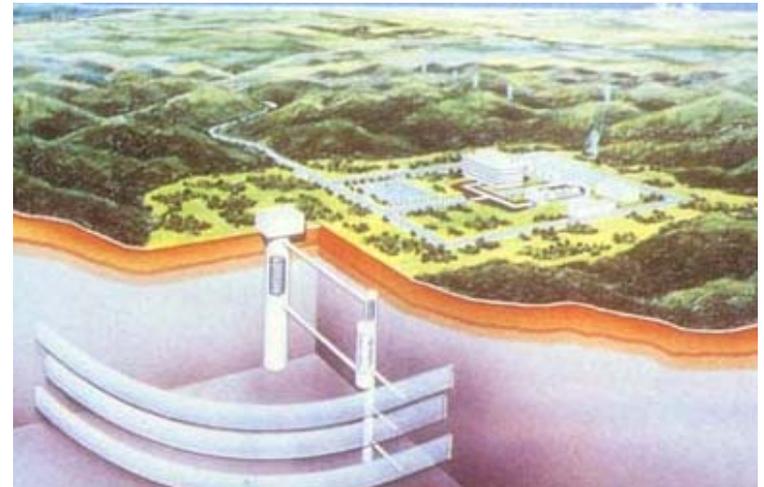
バブル期の地下利用構想 エネルギー関係 (参1)



高レベル放射性廃棄物地中処分



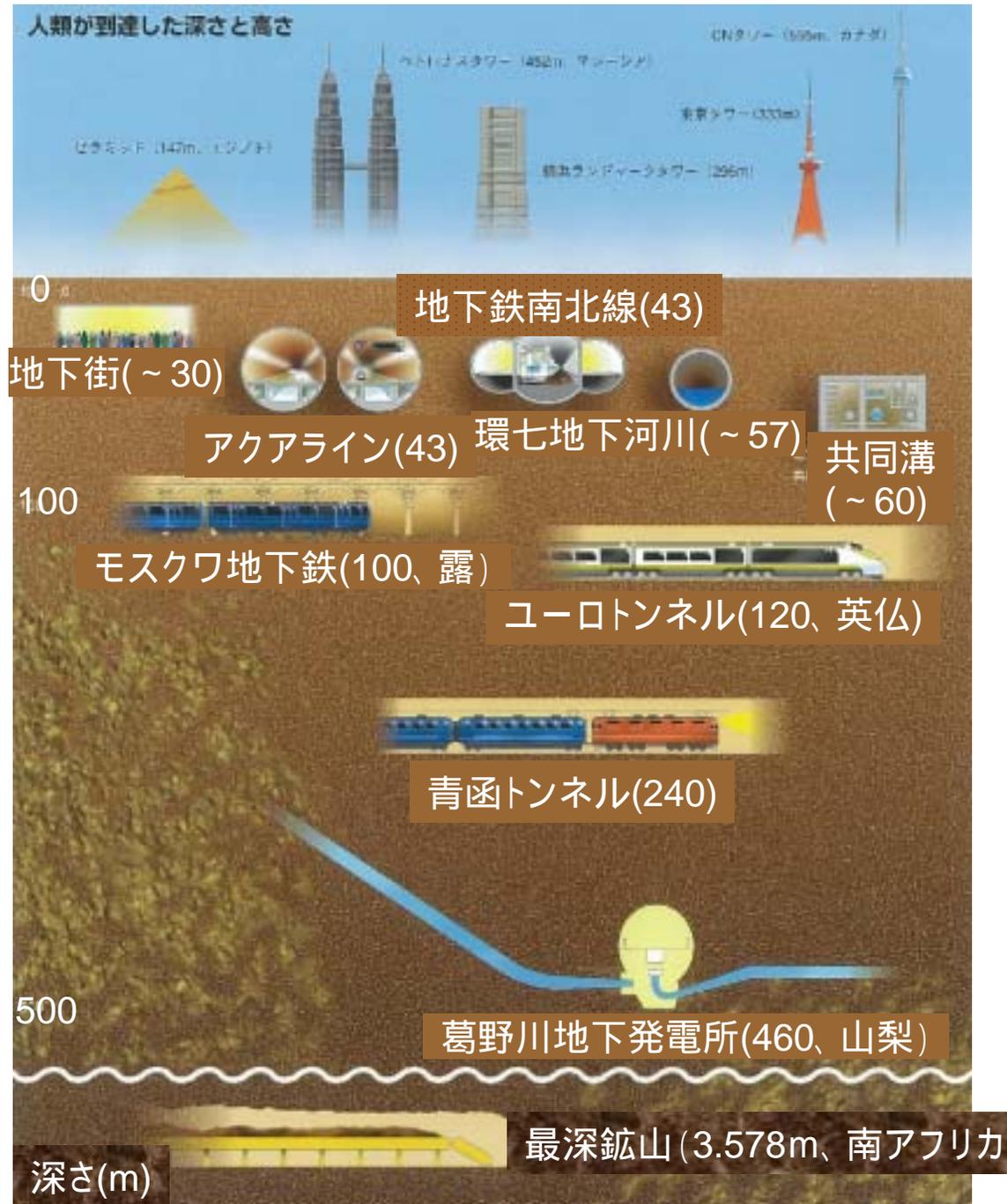
空気圧縮エネルギー貯蔵(CAES)・発電所



超伝導エネルギー貯蔵(SMES)

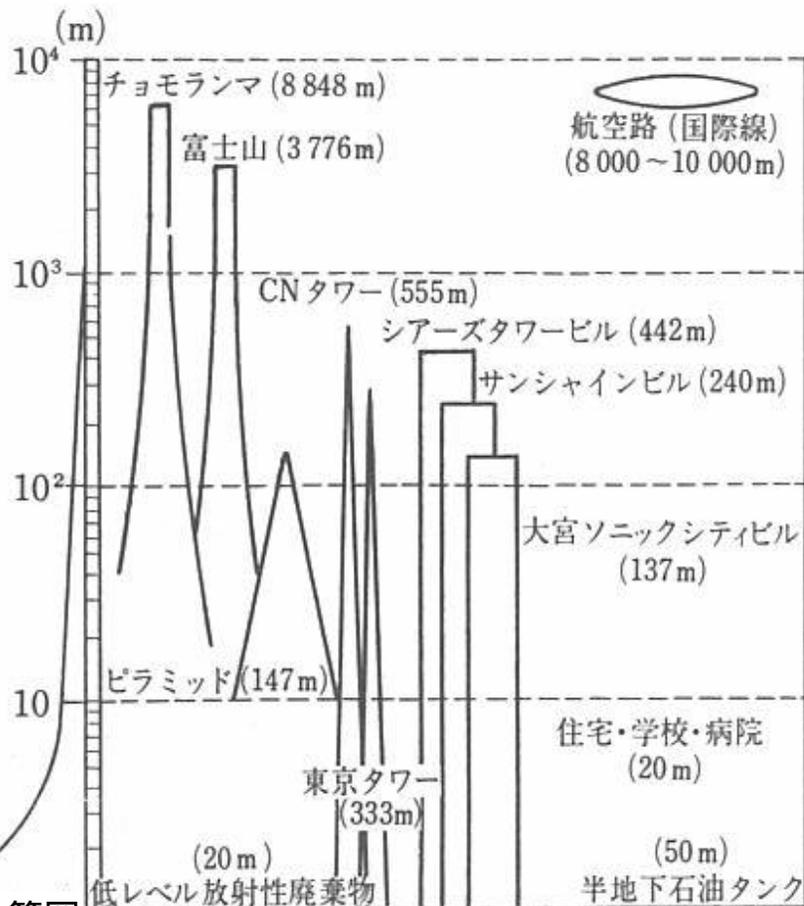
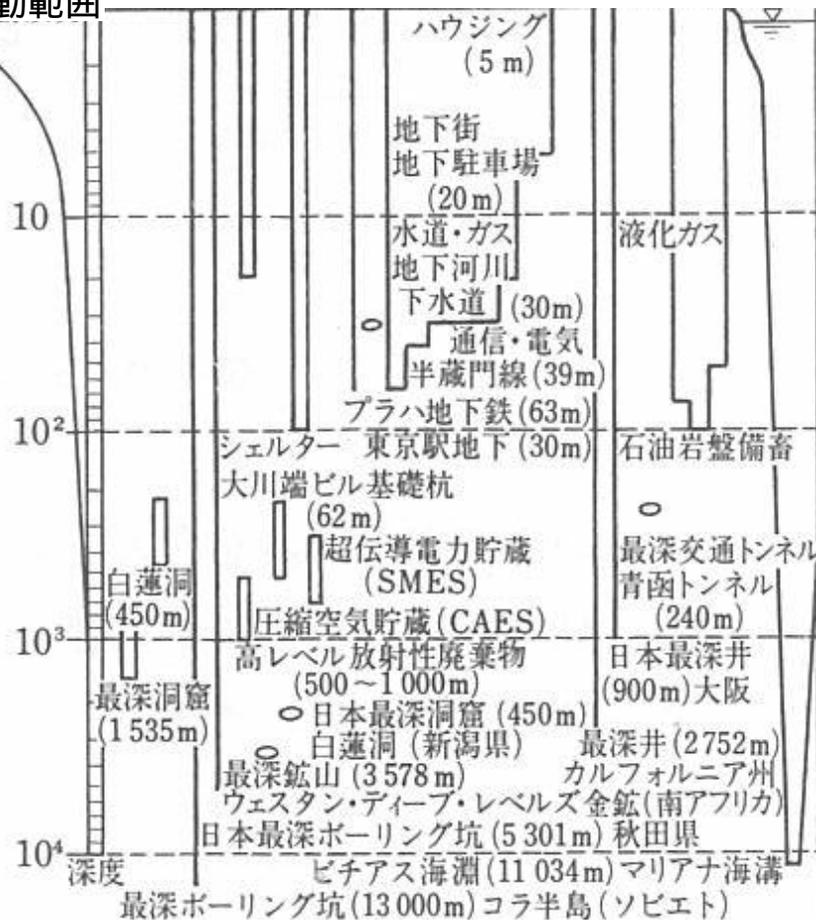
飛行体以外で人類が到達した深さと高さ 参2)

地下には無限の無限の可能性



人類が到達した深さと人工空間の鉛直利用階層 (参3)

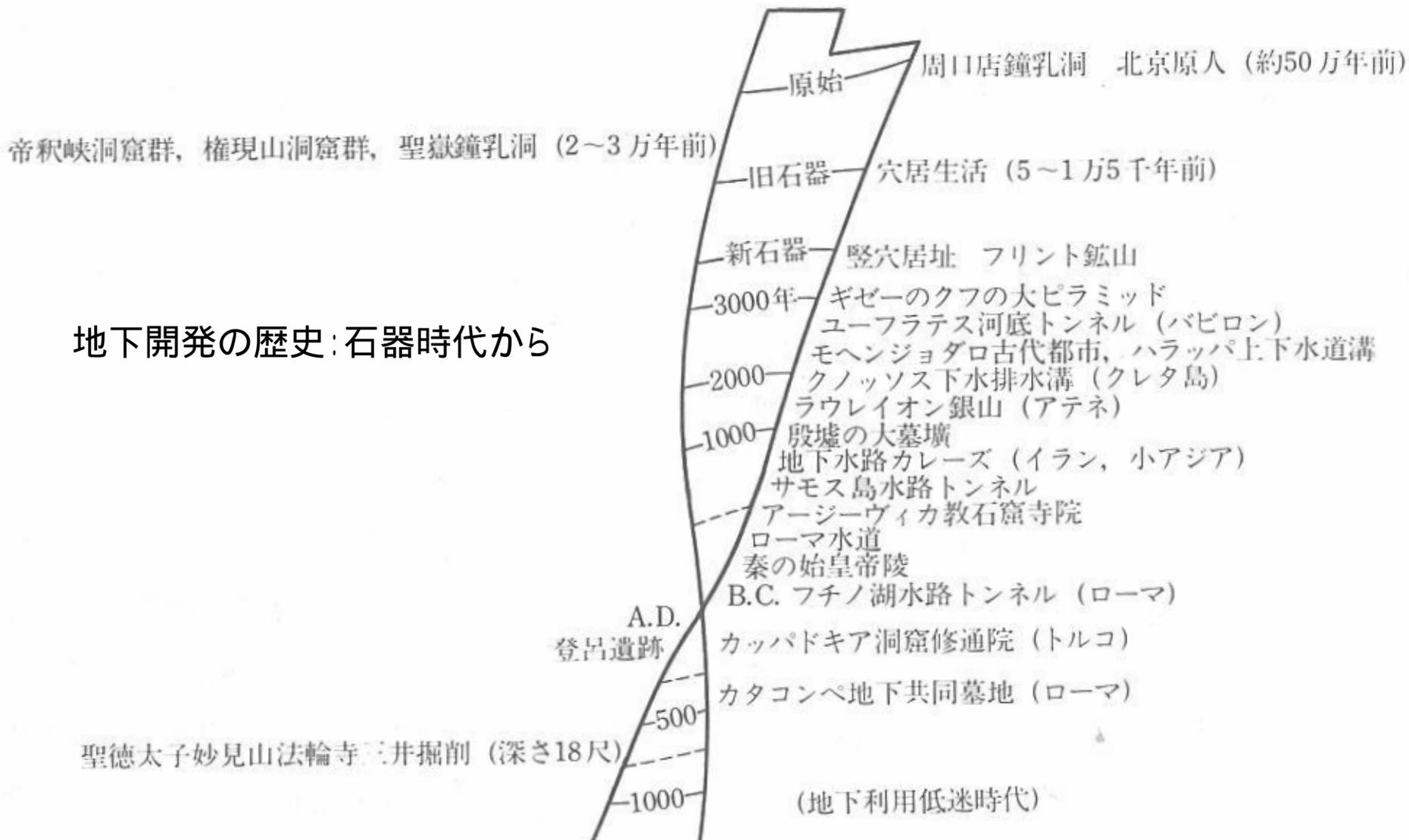
人間活動範囲



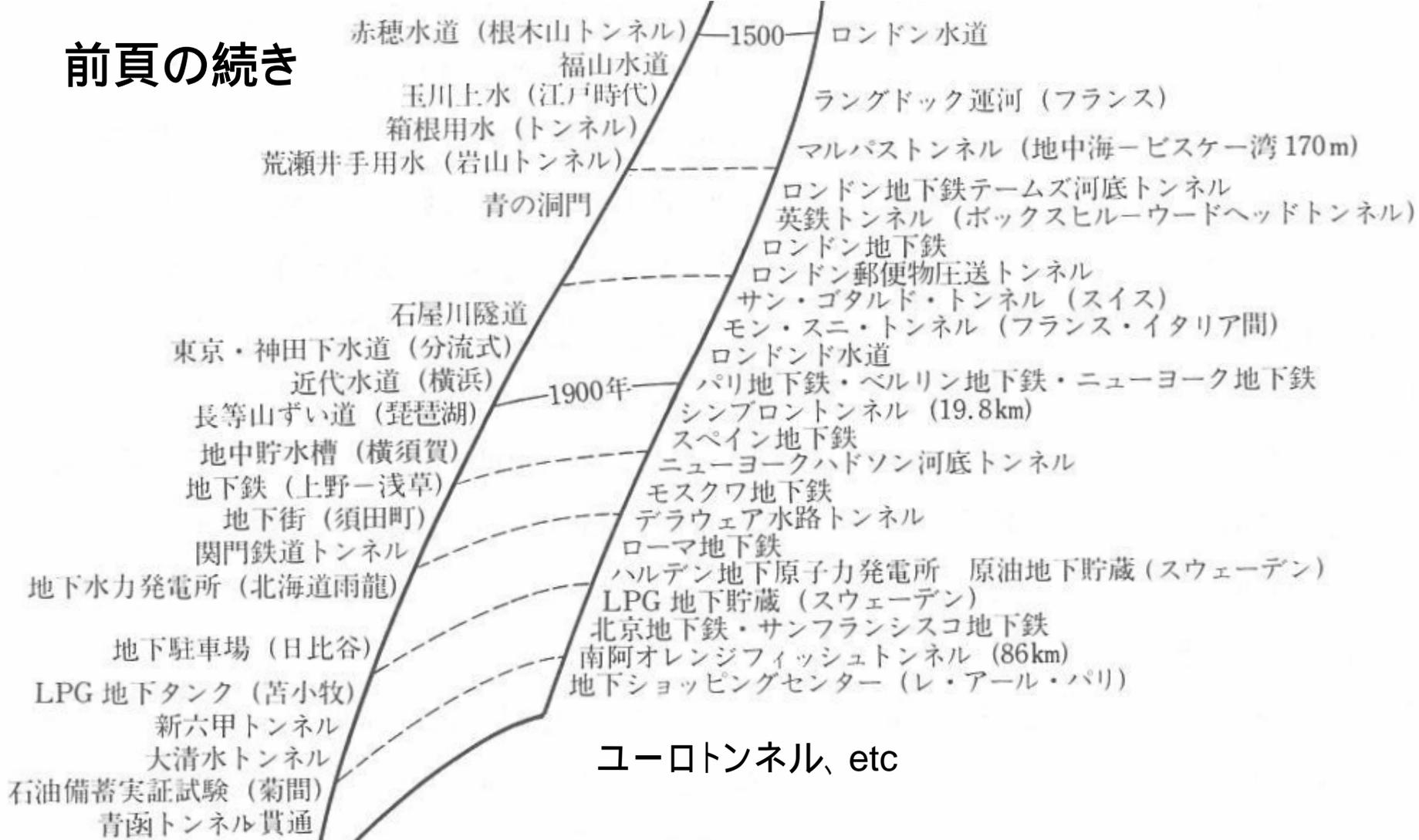
人間活動範囲

地下開発の歴史(参3)

地下開発の歴史:石器時代から



前頁の続き



ユーロトンネル、etc

- 地下街開発(アゼリア、ダイヤモンド地下街)
- LNG地下タンク
- 地下備蓄(菊間、串木野、久慈)、LPG地下備蓄
- アクアライン
- 地下河川(環七、外郭放水路)、首都環状高速、

地下の特性

長所: 遮蔽性(光、音、振動、大きな外力、熱、紫外線、景観、etc.)

恒温・恒湿性

耐震性

気密性、放射能遮断性 =>shelter , 実験施設(sカミオカンデ)

地上より障害物が少ない(あっても対応が可能な場合が多い)

地上と異なり地盤が力を支える

短所: 高コスト(建設、換気、照明)

scrap and build困難

地中埋設物が工事の妨げ(主要道路下、埋設物で一杯)

建設に伴う地下環境への影響

閉鎖性 =>防災(火災、洪水)

自然光の不足、外部眺望の不足(方向確認)

地下に対する負のイメージ

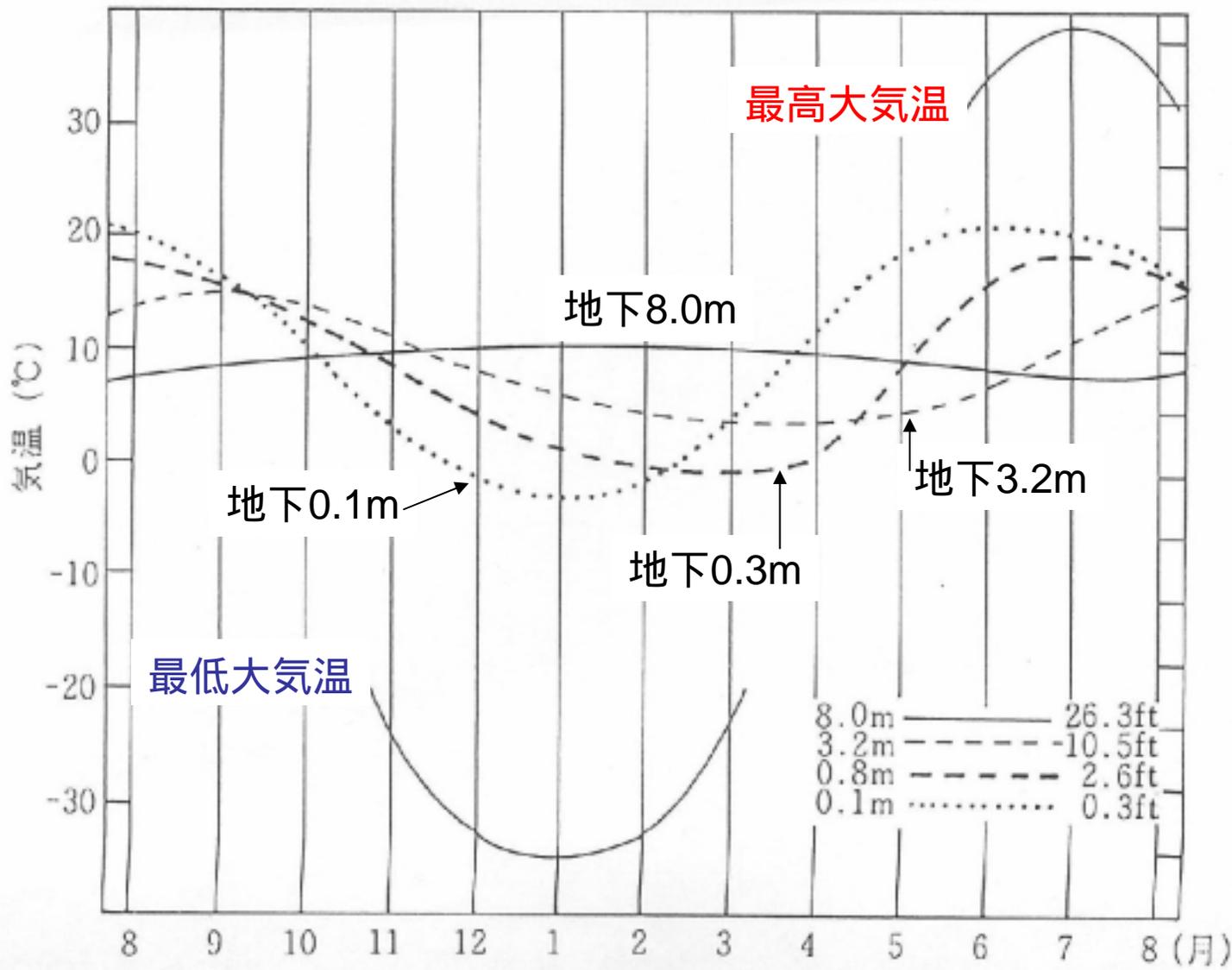
長所、短所: 深くなると大きな圧力(水圧、土圧)が構造物に作用する

地中温度の年間変動-ミネソタ州ミネアポリス (参4)

恒温性



地下住宅
地下街
地下貯蔵庫



(出典) J.カモディ & R.スターリング著, 渡部与四郎監修, UBD
研究会訳:『地下建築物のデザイン手法』丸善, 1987

ミネソタの覆土式住宅(参4)



トロントの地下街

(参4)

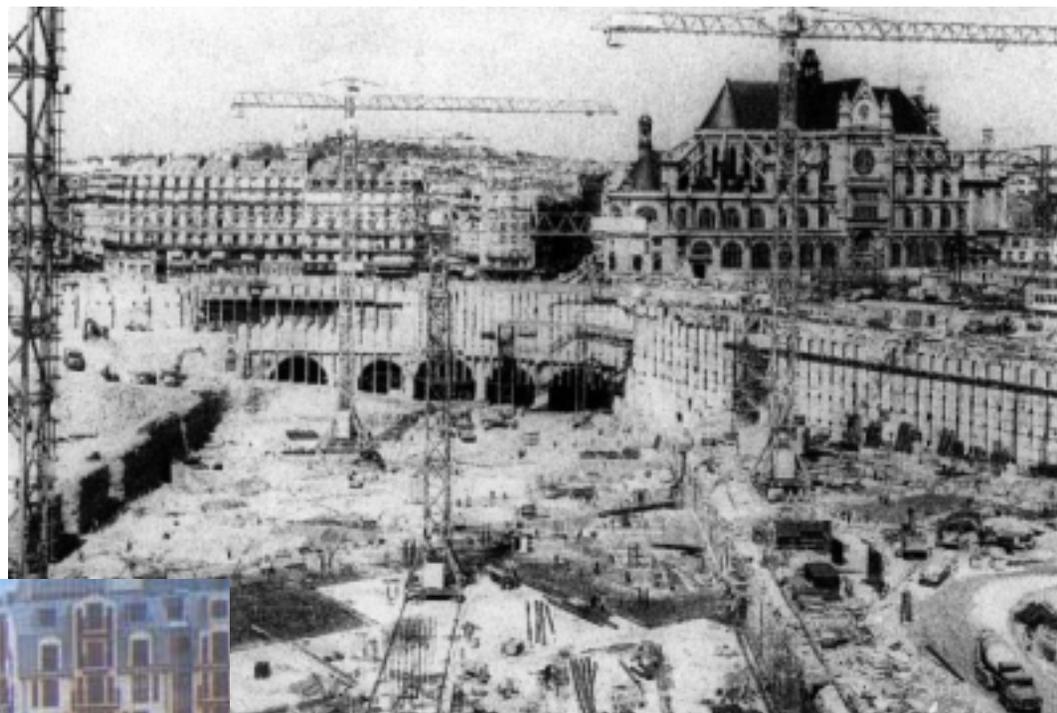


寒冷地：
地下街でネットワーク



景観上の利点 パリ・フォーラムデアー (参4)

地上からは地下施設は見えない。
パリの古い**景観**を維持。
都市機能の向上。

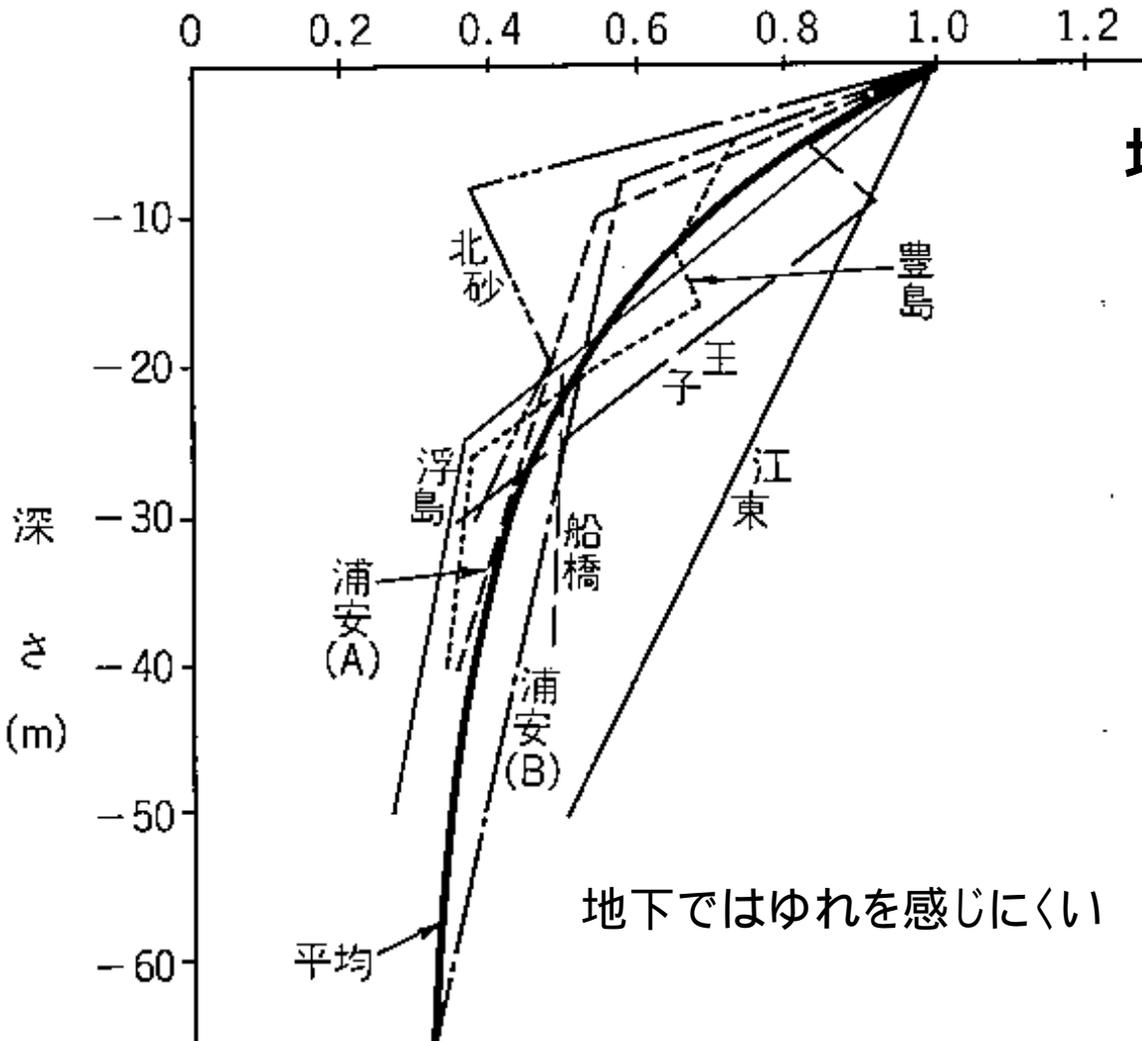


建設中



耐震性

地表を1とした各地の地盤の最大加速度比



地上に比べると加速度小



変位小



構造物が受ける力小



地上構造物
耐震性に優れる
被害例小

地下ではゆれを感じにくい

例外:

- 想定外の大きな地震
- 断層

地震時における地下の加速度(参7)

1995兵庫県南部地震における地下構造物の被害(参5) -神戸大界駅-



中柱の座屈破壊



駅舎破壊による道路の陥没

断層によるトンネルの破壊(参6)

1978伊豆大島近海地震



断層によるトンネル断面のズレ

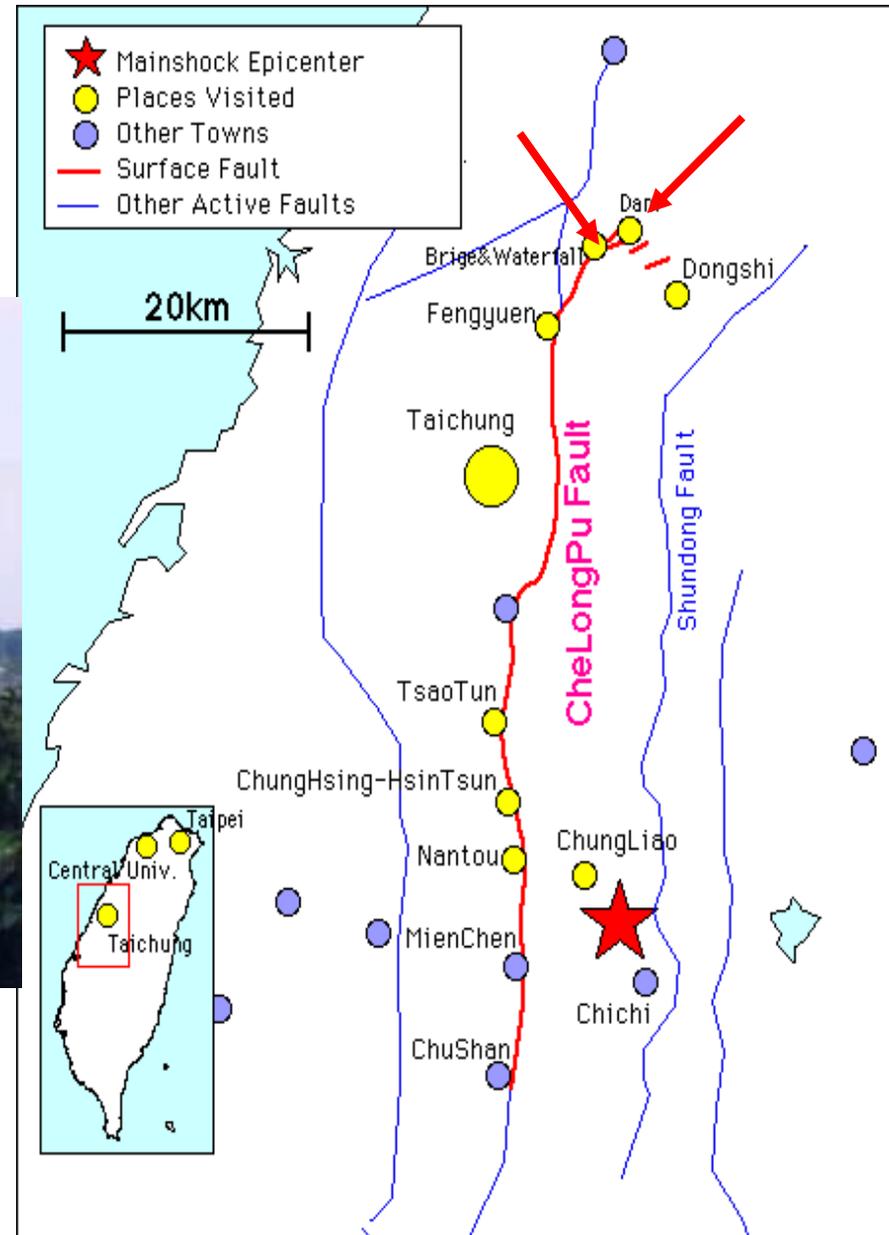


線路の湾曲

台湾チチ(Chichi)地震 (Mw 7.7)



断層(6-7mの上下のズレ)



断層による橋破壊

1999 Chichi Earthquake, Taiwan

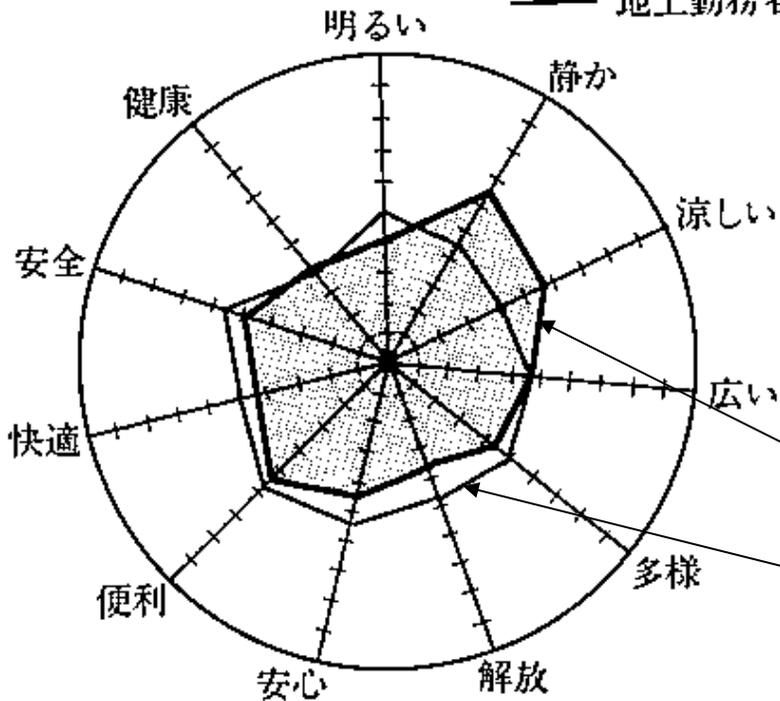


断層によって出現した滝

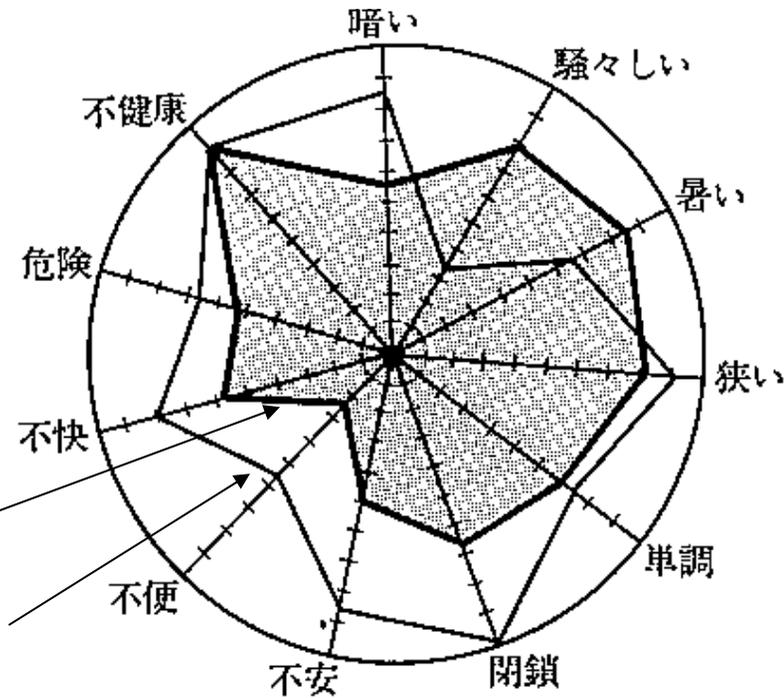
地下のイメージに関するアンケート結果

地下のよいイメージ

— 地下勤務者
— 地上勤務者



地下のわるいイメージ



地下勤務者

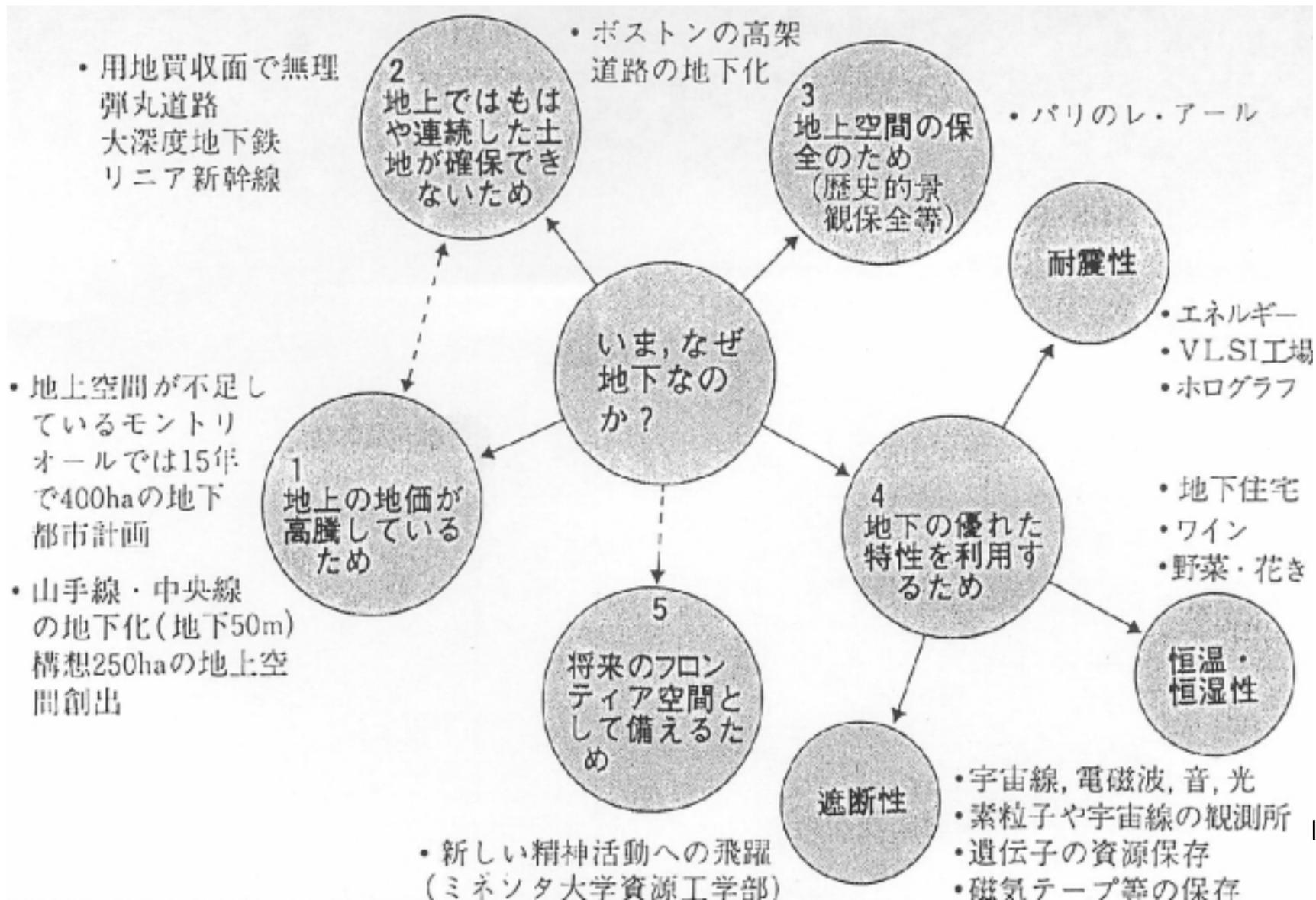
地上勤務者

→ 居住空間としては不適

悪いイメージの方が強い。

地下勤務者と地上勤務者とのイメージのズレ(想像と実際の差)

なぜ地下利用が必要なのか (参4)



地下施設の分野別一覧

浅

交通・物流施設

道路・地下鉄・地下駐車場・
地下物流・電力、ガス洞道

生活施設

住居・地下街
・下水処理場

深度

生産施設

地下発電所・地下工場

貯蔵施設

食料・石油・ガス・圧縮空気
・地下ダム・核廃棄物

防災・防衛施設

シェルター・地下河川
・地下調整池・防空壕

採掘施設

炭鉱・採油・採鉱

研究施設

スーパーカミオカンデ
・無重力実験施設

深

地下空間利用構造物の種類と概略規模(参3)

	地下構造物	空洞の概略規模 幅×高さ×奥行き (m), (容積 m ³)	地盤の種類	利用深度 (m)
市民生活関連	地下街と地下駐車場	120×2階×250, (6万)	土質	0~20
	地下鉄	9×5.3, 10(直径)	土質	10~40
	地下駅	50×30×500, (60万)	土質	0~40
	共同溝	5.6×8.9	土質	0~10
	地下貯水池	11.2(直径)×1270, (12.5万)	土質	22
交関通連	鉄道トンネル	9.6×8	軟岩~硬岩	50~
	道路トンネル	10×6	軟岩~硬岩	50~
エネルギー関連	地下発電所(揚水式)	25×50×150, (19万)	硬岩	100~500
	変電所	46×37×80, (14万)	土質	0~40
	石油備蓄 (菊間実証プラント)	15×20×112, (3.4万)	硬岩	70
	超電導電力貯蔵*	8×44×1250, (44万)	硬岩	500
	圧縮空気貯蔵*	15×20×50, 8本(12万)	硬岩	600
	原子力発電所*	30×50×230, 数個, (100万)	硬岩	100~500
	放射性廃棄物処分*	6×6×1000(150本), (540万)	硬岩	500~1000

*構想、計画

ライフライン: 電気・ガス、電話・情報伝達、上・下水道

トルコカッパドキアの石窟住宅

- ・紀元後300年から約50年前まで使用していた。
- ・最盛期には1万5千人程度が暮らしていた。
- ・最深部では、地表から約150m。



鉄道・高速道路網

都市部:

・Mass transits:

・都市高速: 首都高速道路網

人工(既存施設)の障害



地下利用(トンネル)

都市間:

・高速道路網

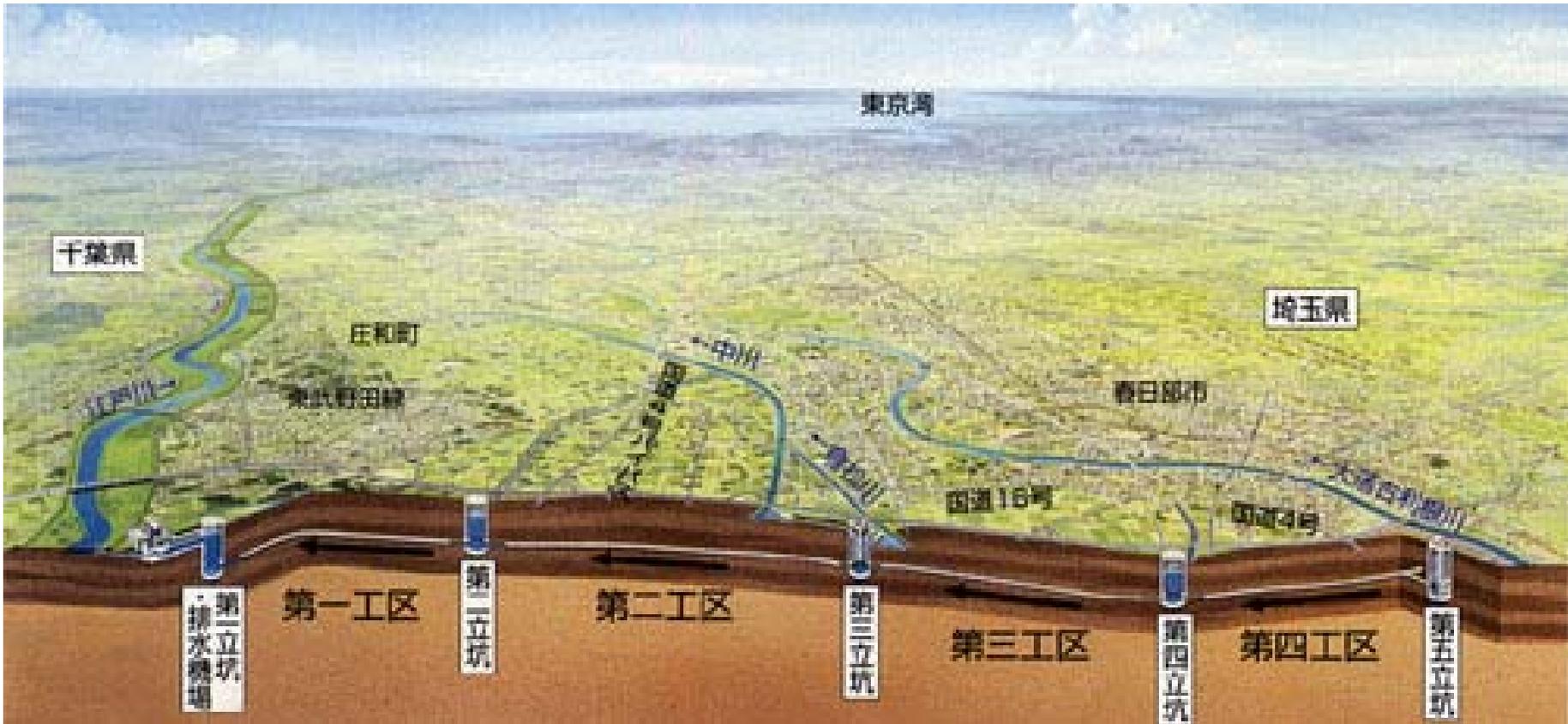
・新幹線網

自然(山、川、海)の障害



防災施設

洪水対策としての地下河川：首都圏外郭放水路

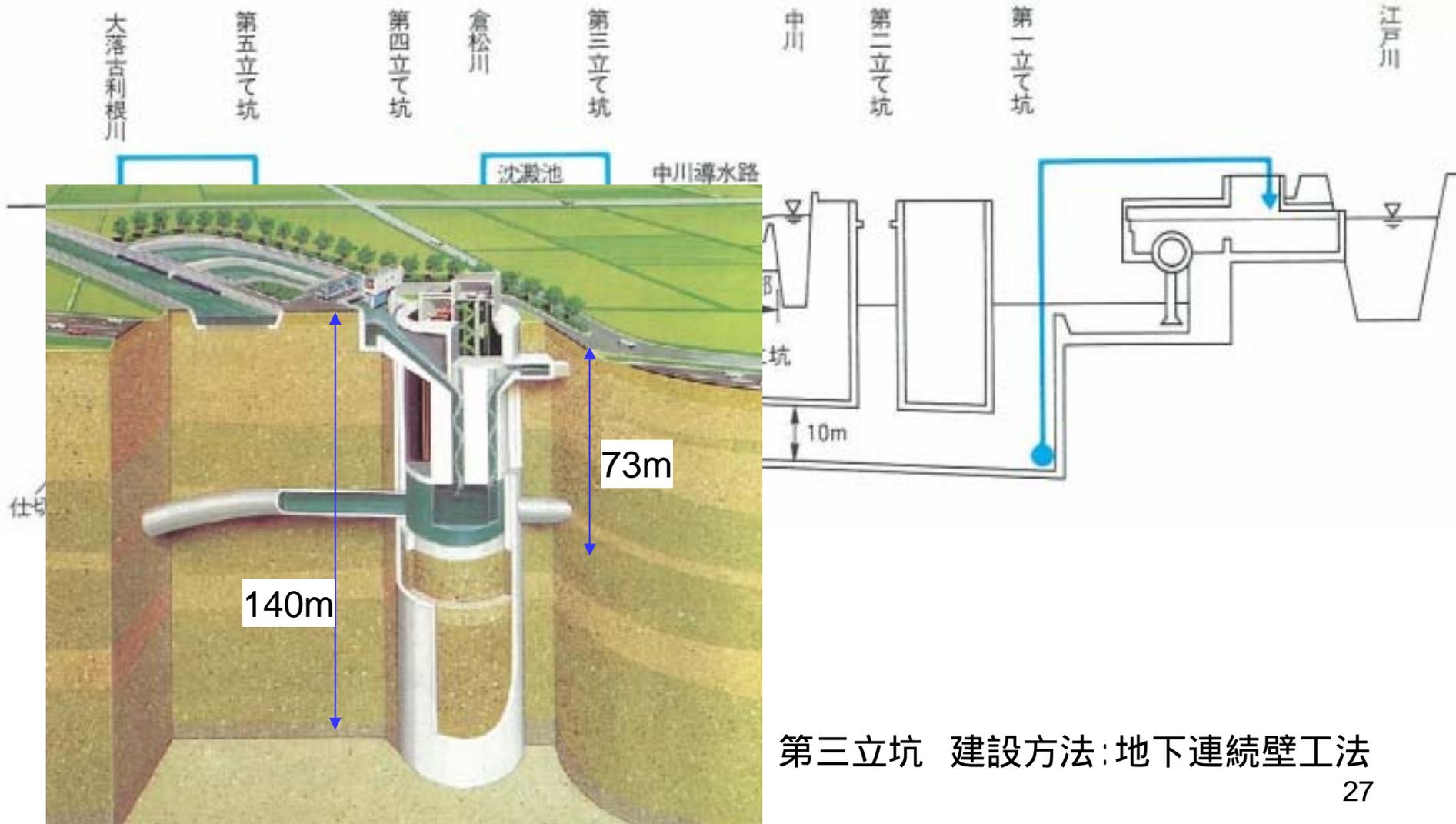


<http://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/works/saigai/sonae/gaikaku/index.html>

国道16号線下、深さ：50m、6.3kmの地下河川(トンネル内径：10m)
5つの立坑(取水4：放水1)

工法：シールド、立坑掘削

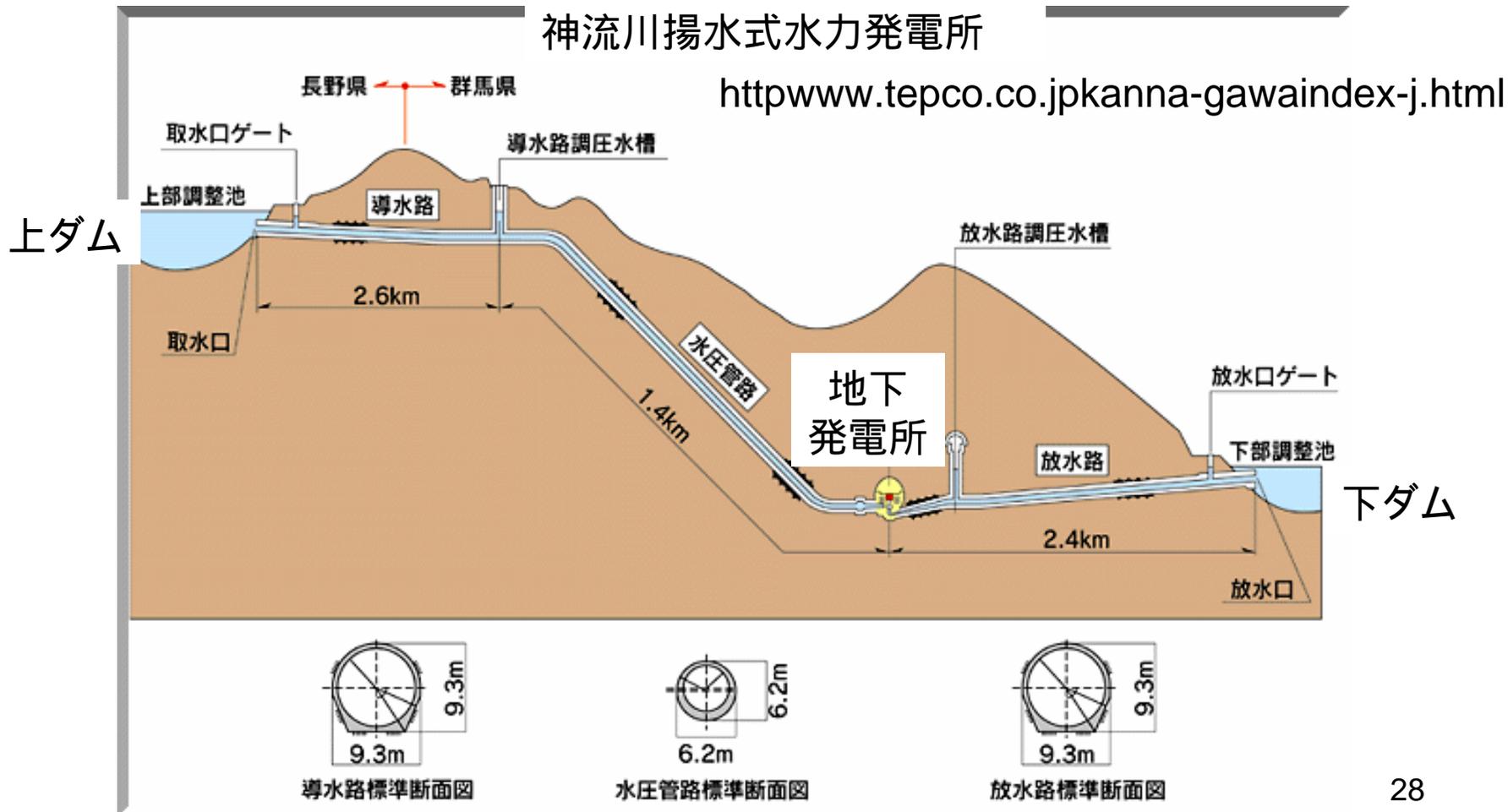
首都圏外郭放水路(参8)



エネルギー関連施設

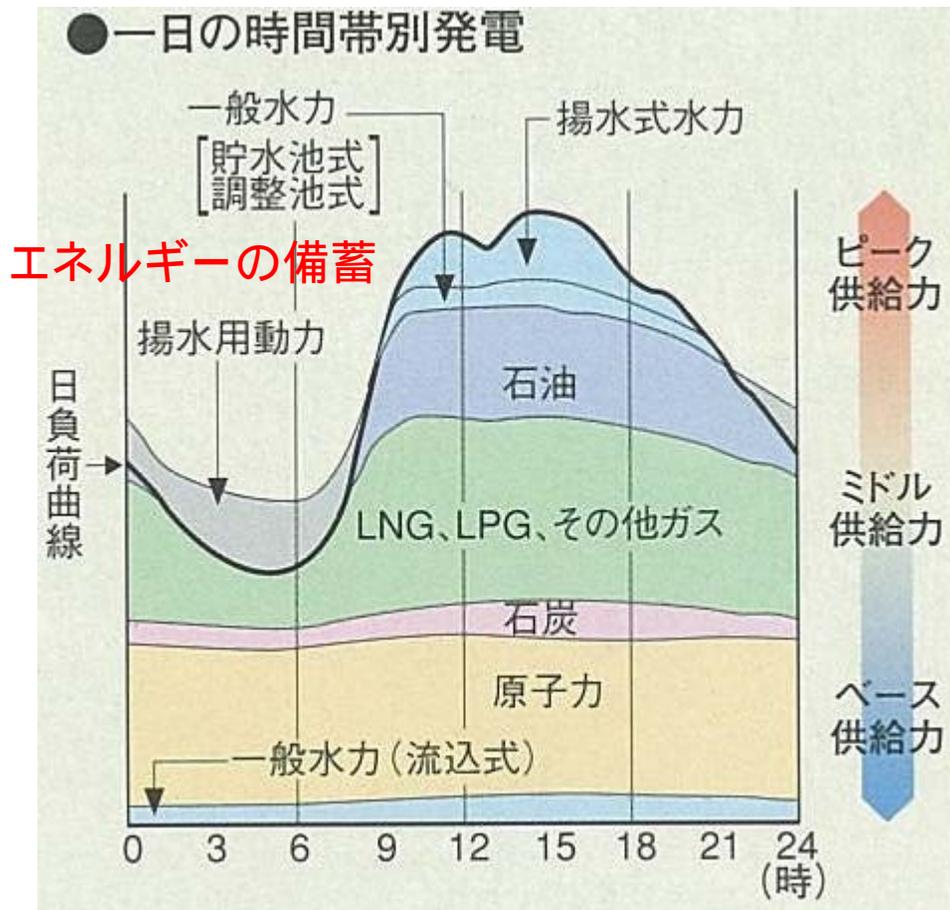
発電、変電施設:

水力式地下発電所(揚水式発電所)



揚水式発電所の必要性

- 夜間余剰エネルギーの有効利用 -



停止後の再運転に必要な時間:
水力: 数分
火力: 2 - 3時間(ただし、出力調整可)
原子力: 数日(出力調整不可)

各種エネルギーロスあり、
↓
超伝導エネルギー貯蔵(SMES)

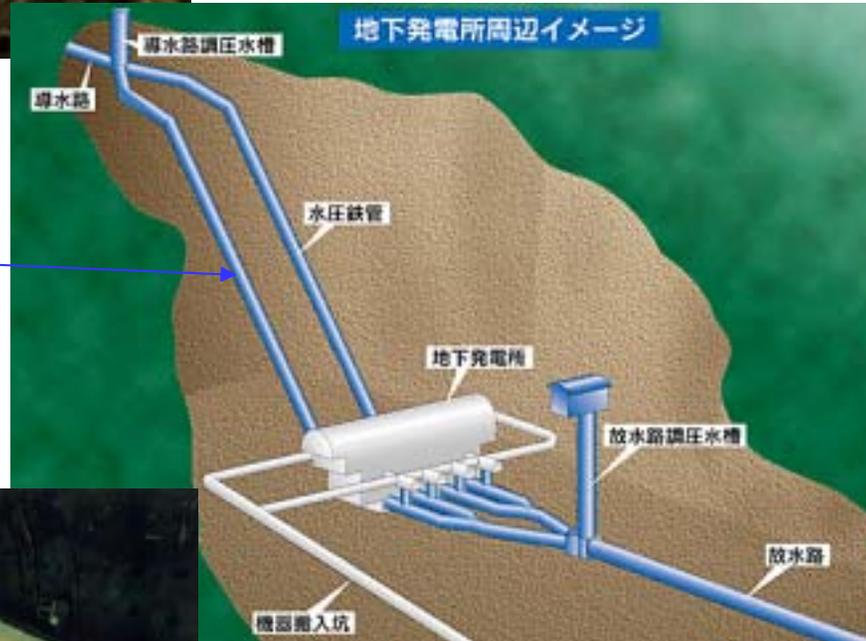
神流川揚水式発電所

<http://www.tepco.co.jp/kanna-gawaindex-j.html>

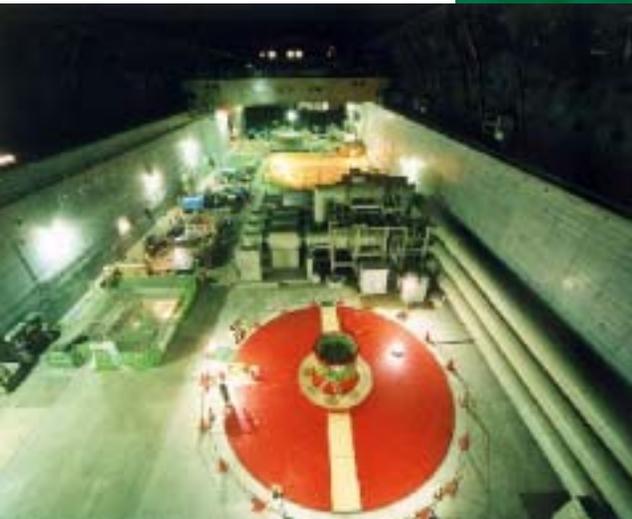


上ダム
ロックフィルダム

水圧管路
傾斜角48°
水圧:7MPa
(水深700m)



下ダム
重力式コンクリートダム

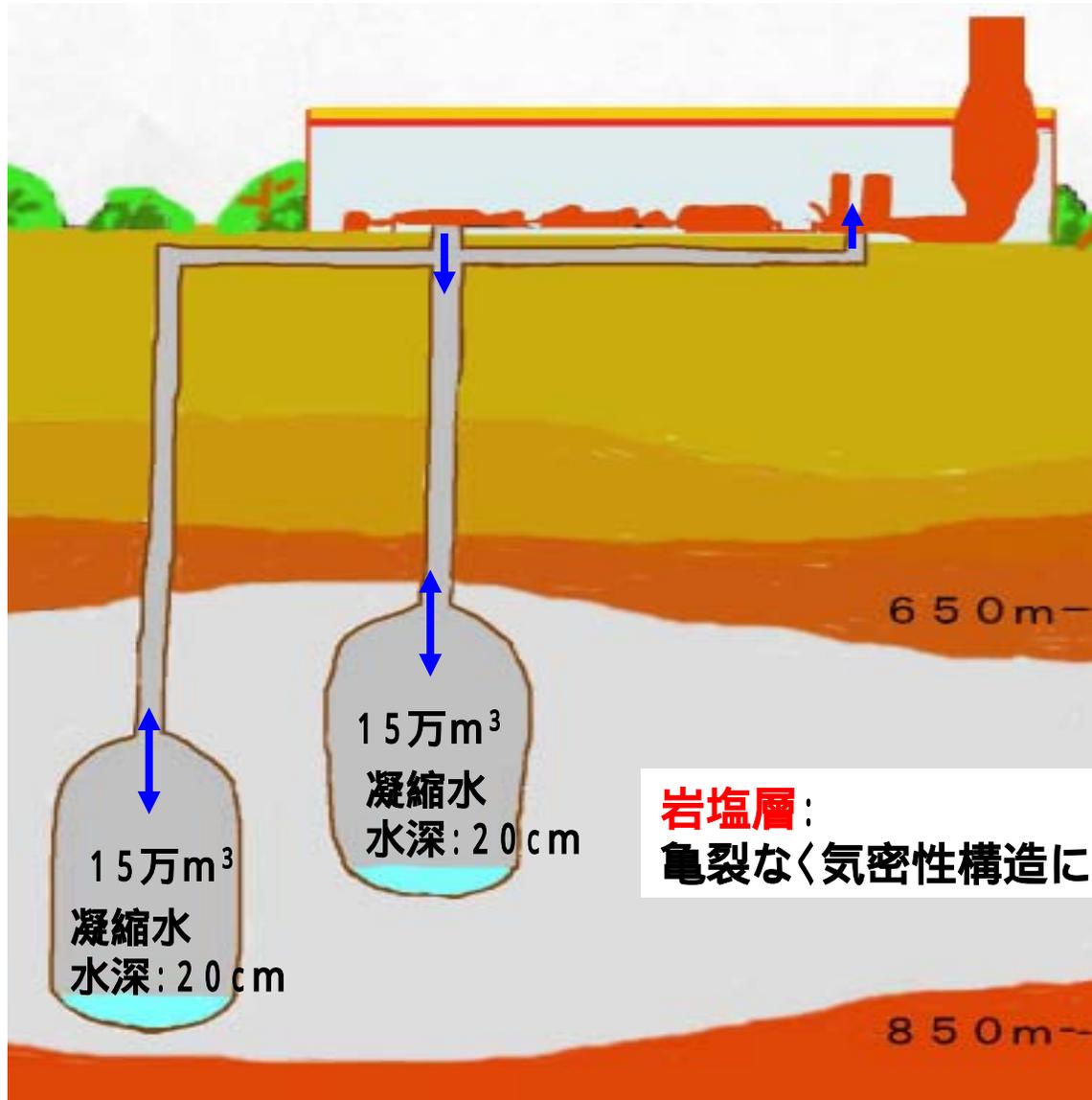


地下発電所:
地下500m
高52m、幅32m、長216m



エネルギー貯蔵

圧縮空気貯蔵ガスタービン発電 CAES - G/T (海外の事例)

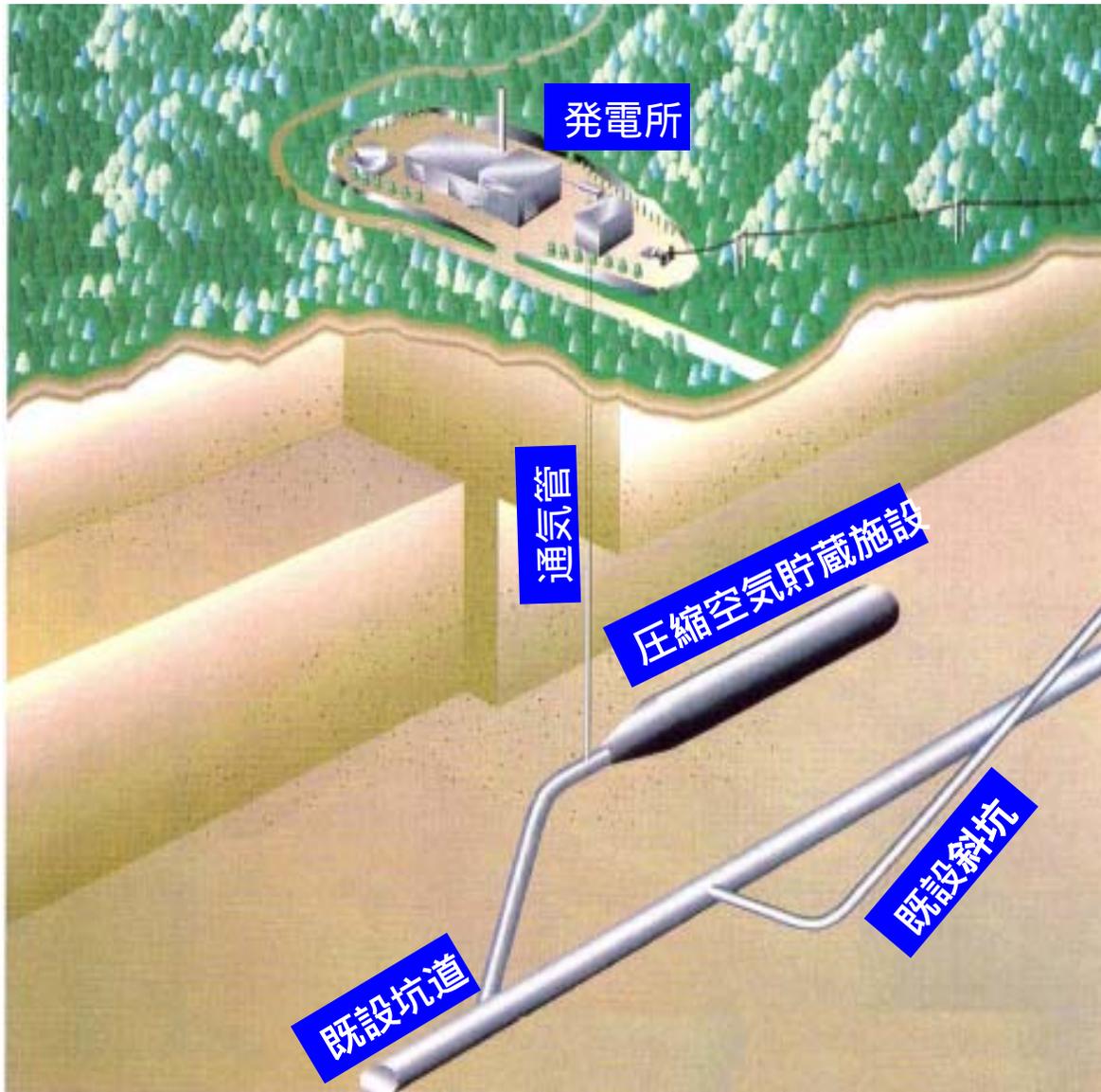


フントルフ(ドイツ)

- ・1979年7月竣工
- ・最大出力 290MW
- ・内圧: 8MPa

岩塩層:
亀裂なく気密性構造に最適

圧縮空気貯蔵ガスタービン発電 CAES - G/T (日本の事例)



北海道砂川(炭鉱跡地)

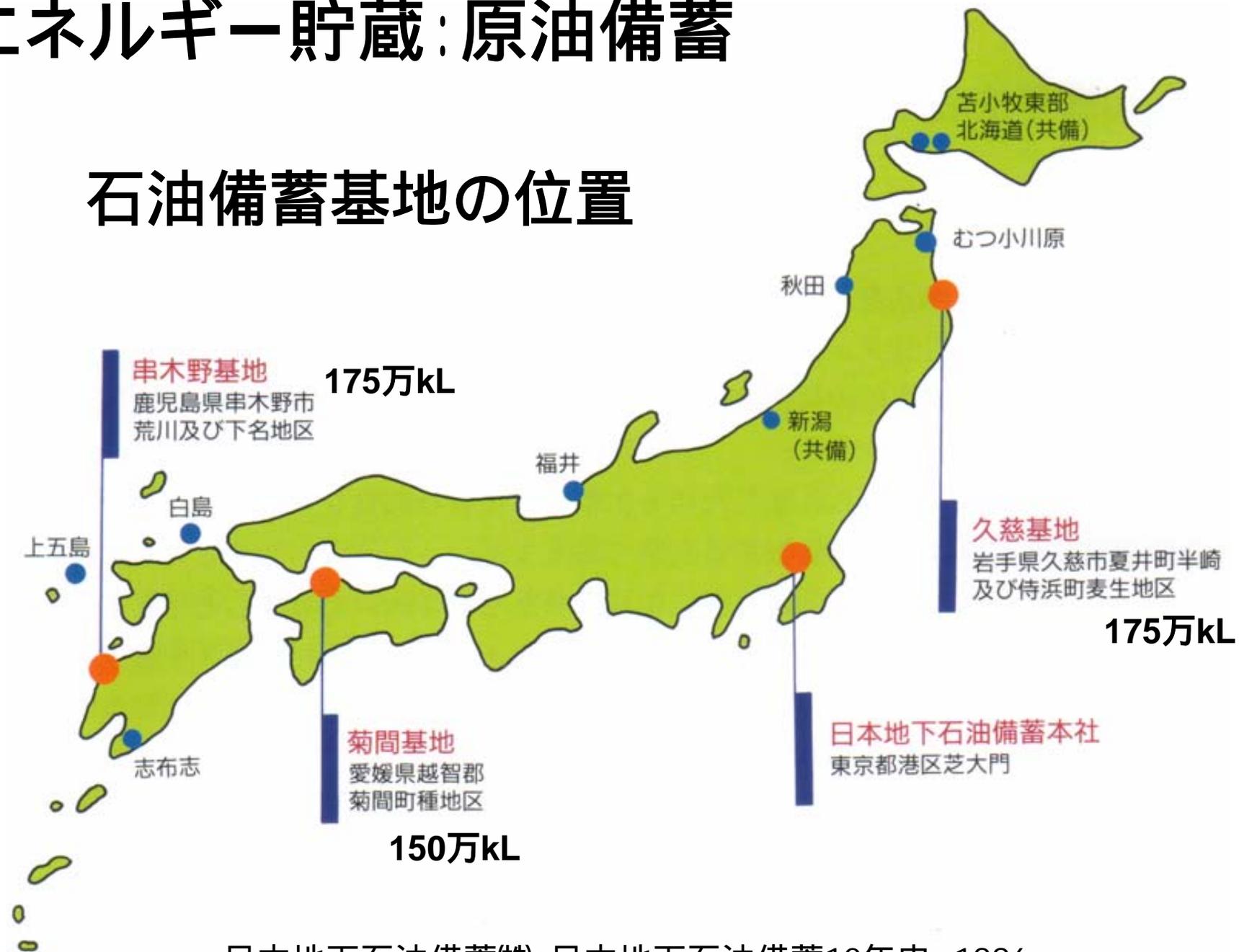
- ・2001年より試験発電開始
- ・地下500m
- ・最大出力: 2,000Kw
- ・圧力範囲: 8MPa ~ 4MPa

必ずしも機密性に優れた地盤ではない

構造物自体の機密性をあげる

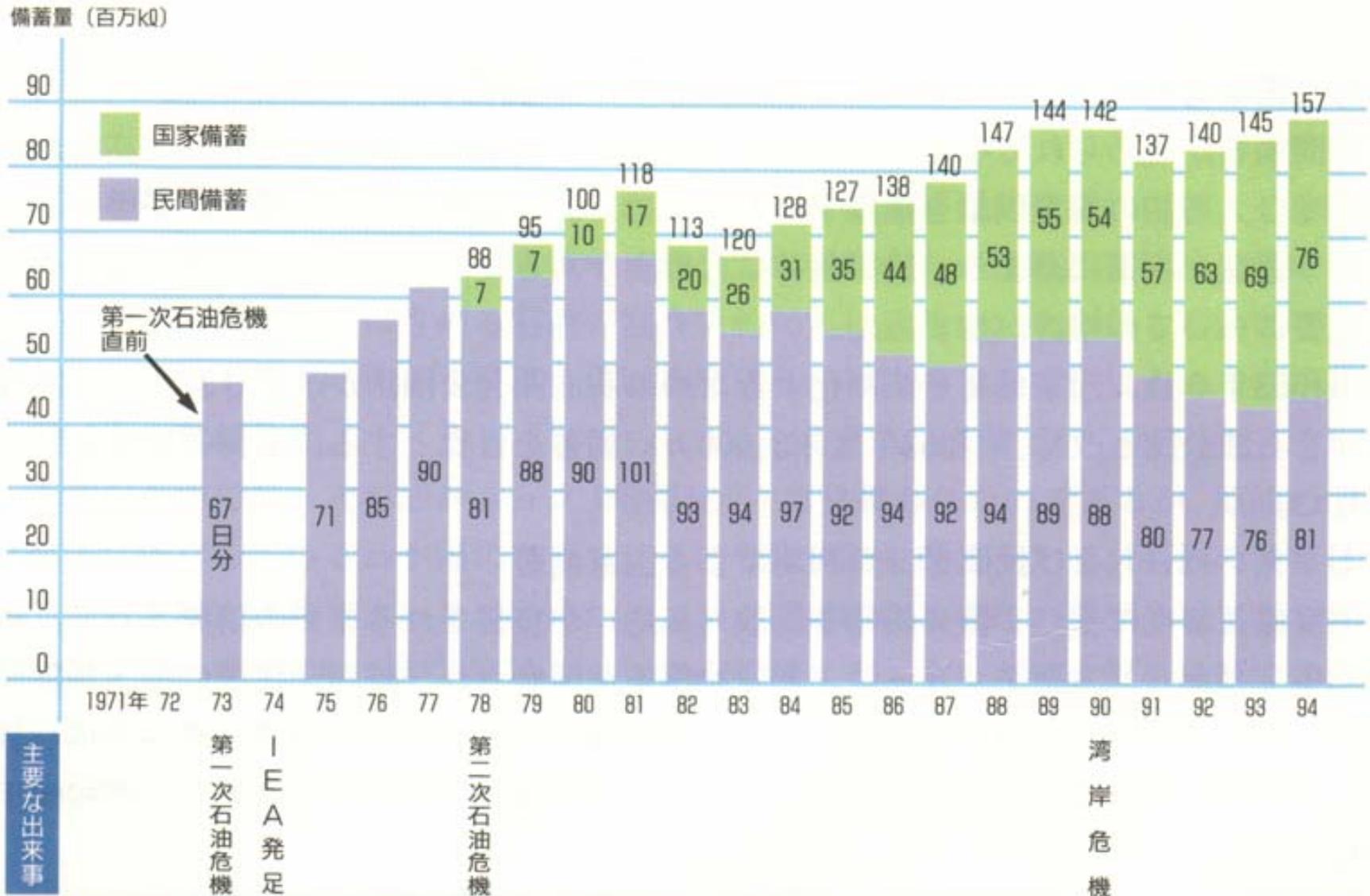
エネルギー貯蔵：原油備蓄

石油備蓄基地の位置



日本地下石油備蓄(株): 日本地下石油備蓄10年史、1996.

我が国の石油備蓄量・備蓄日数および備蓄政策の推移



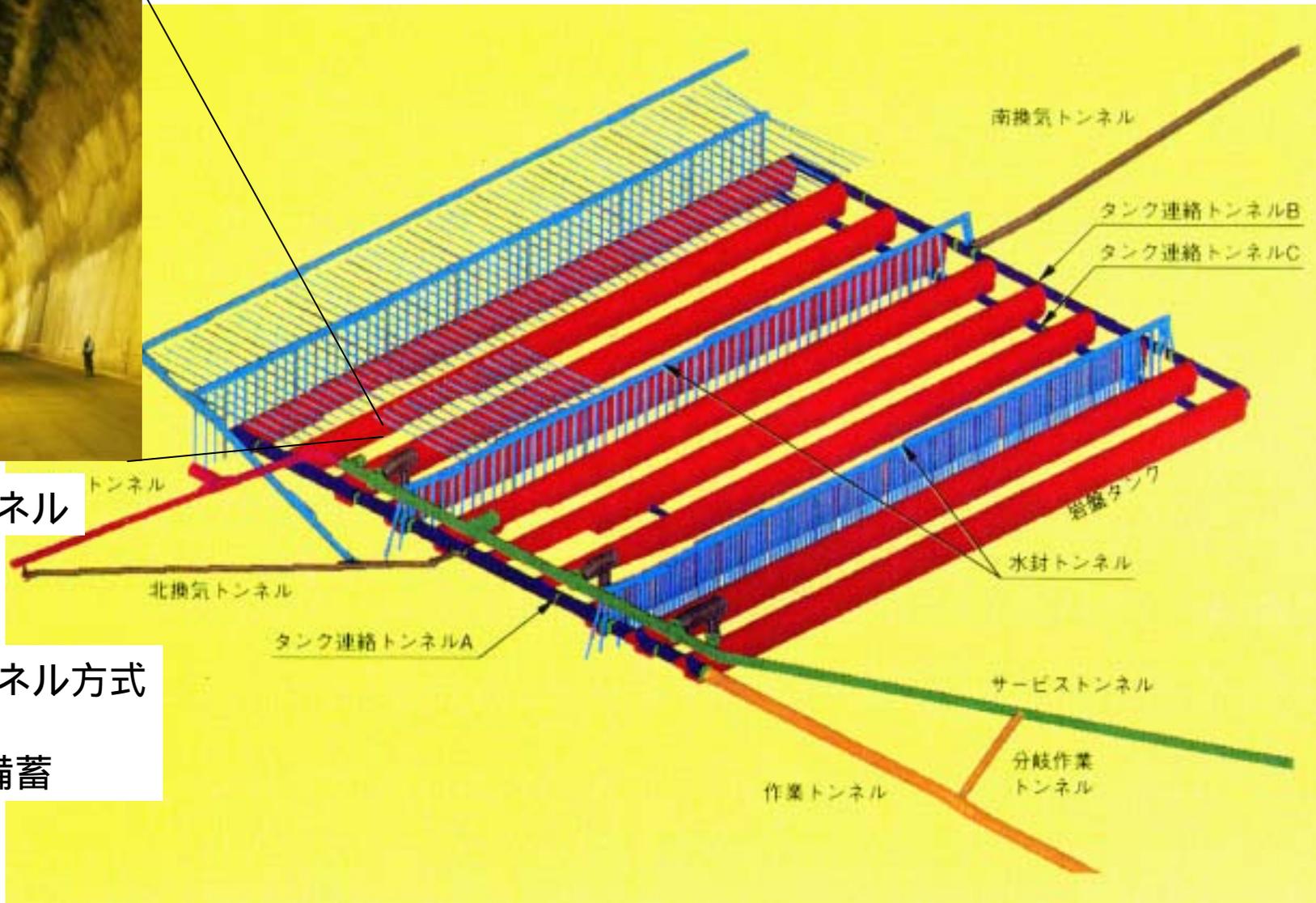
日本地下石油備蓄(株): 日本地下石油備蓄10年史、1996.

串木野石油備蓄基地全景



串木野石油備蓄基地パンフレット

串木野地下石油備蓄基地(完成時鳥瞰図)



備蓄用トンネル

山岳トンネル方式

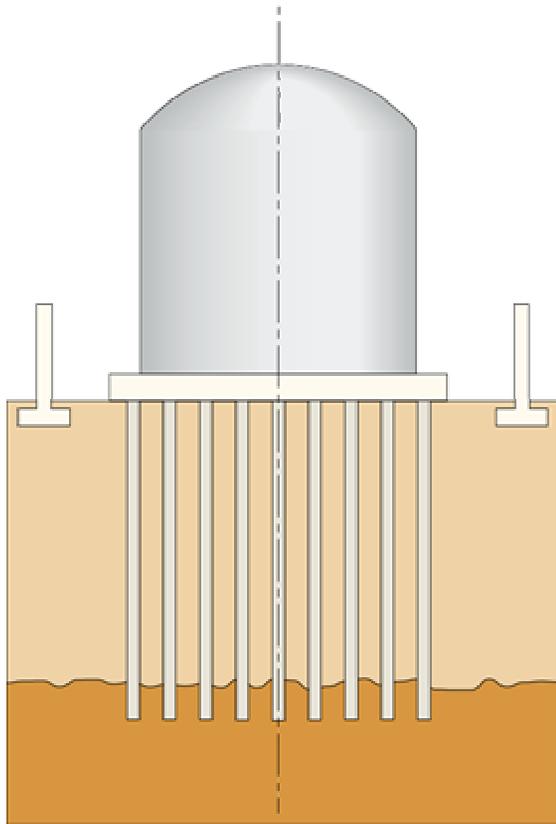
水封式備蓄

エネルギー貯蔵

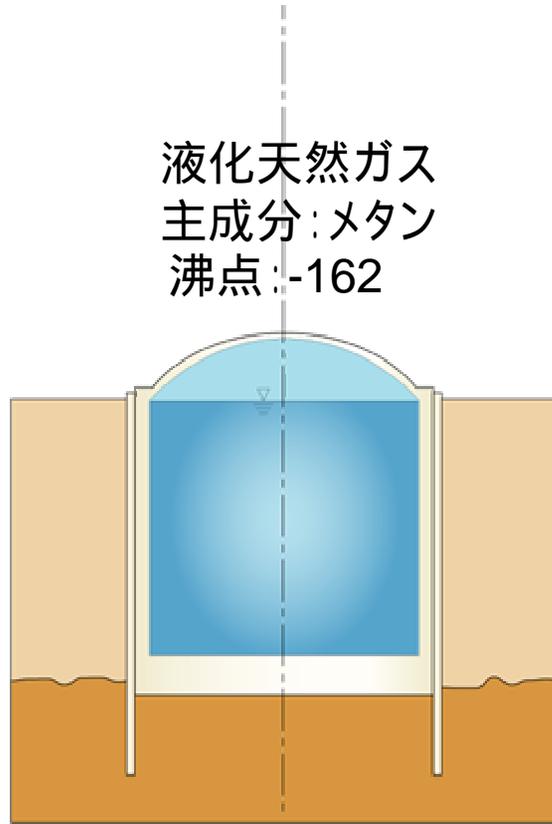
LNG地下タンク基地



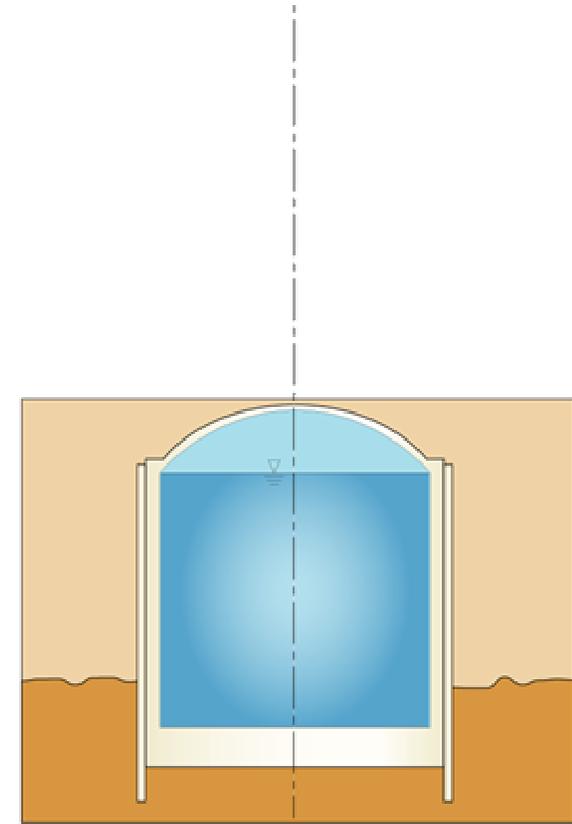
LNG貯槽形式の変遷



地上タンク



地下タンク



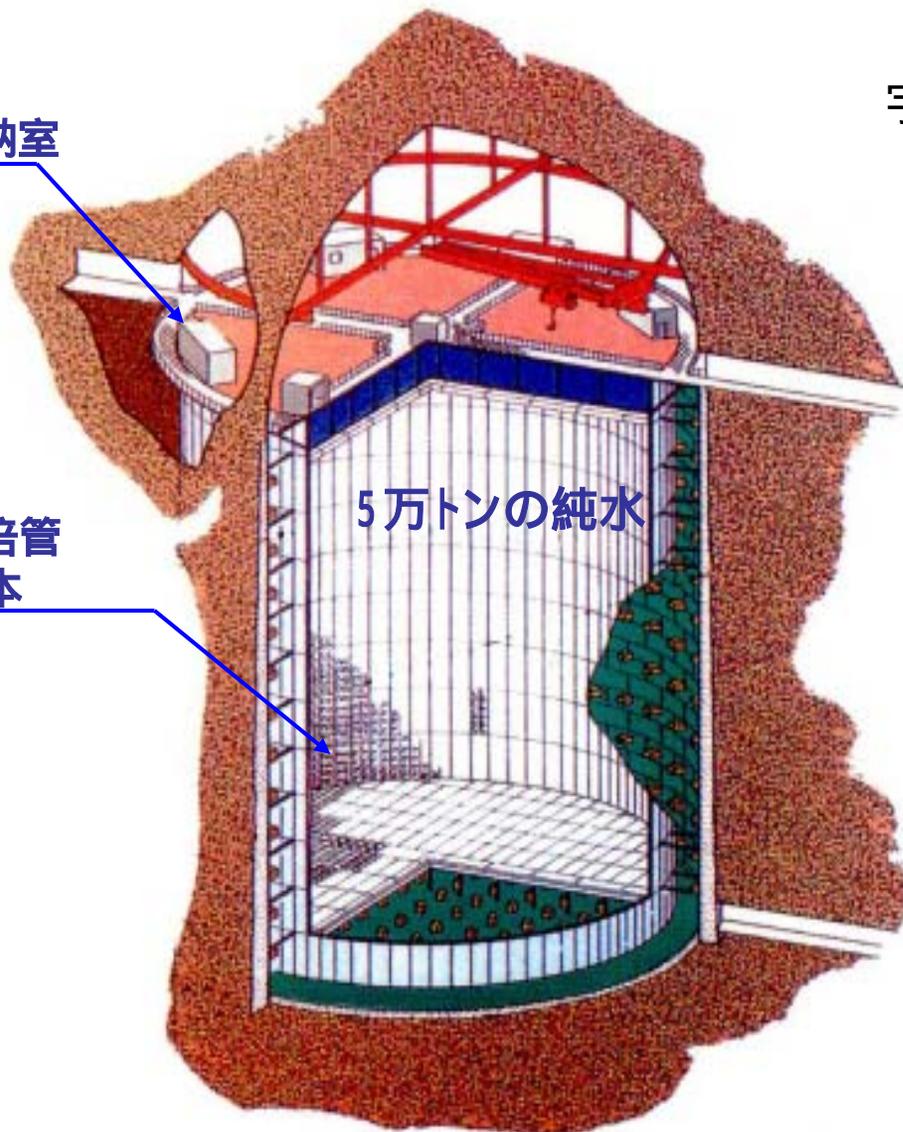
埋設タンク

研究施設

スーパーカミオカンデ

電子回路収納室

光電子増倍管
11,200本

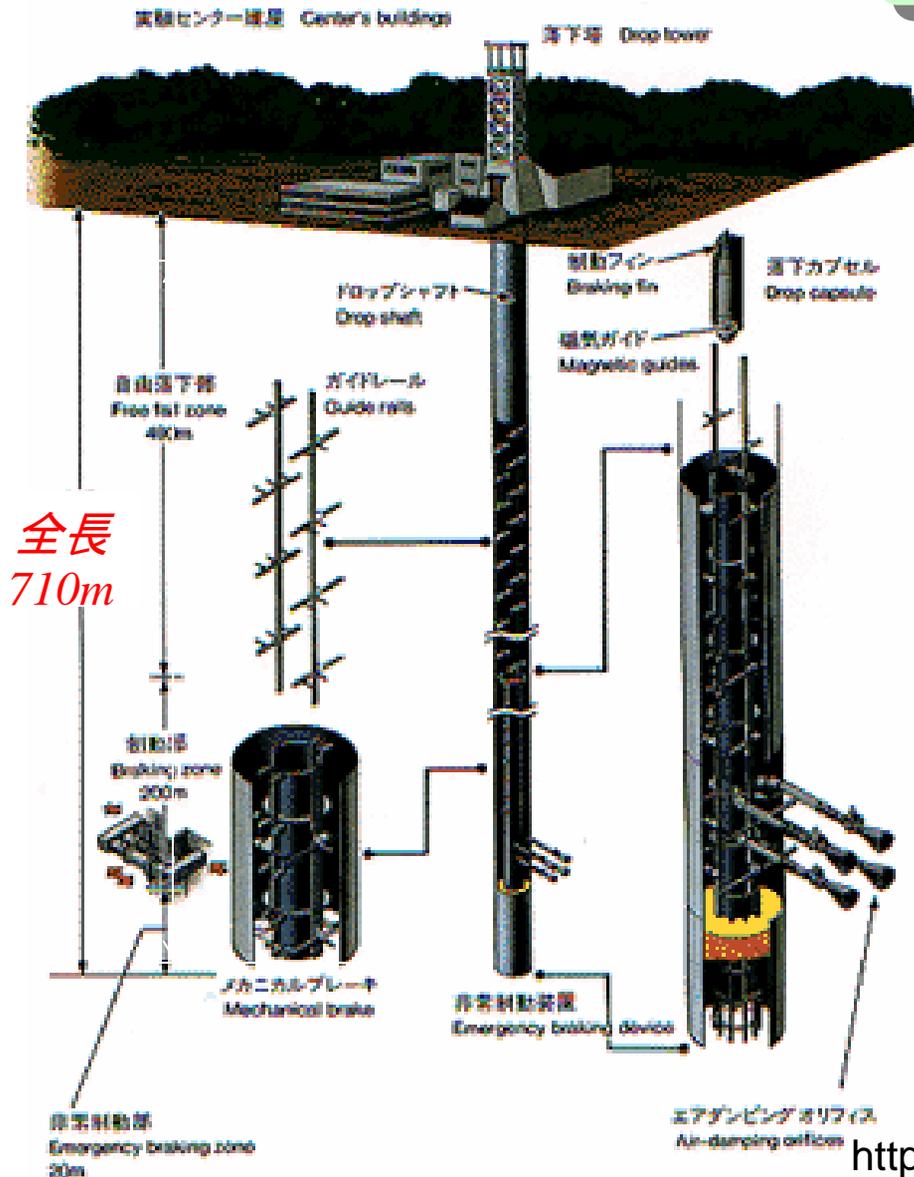


宇宙素粒子観測施設

- 神岡鉱山跡地
- 1991年～1996年建設
- 39.3m × h41.4m
- 地下1000m

研究施設

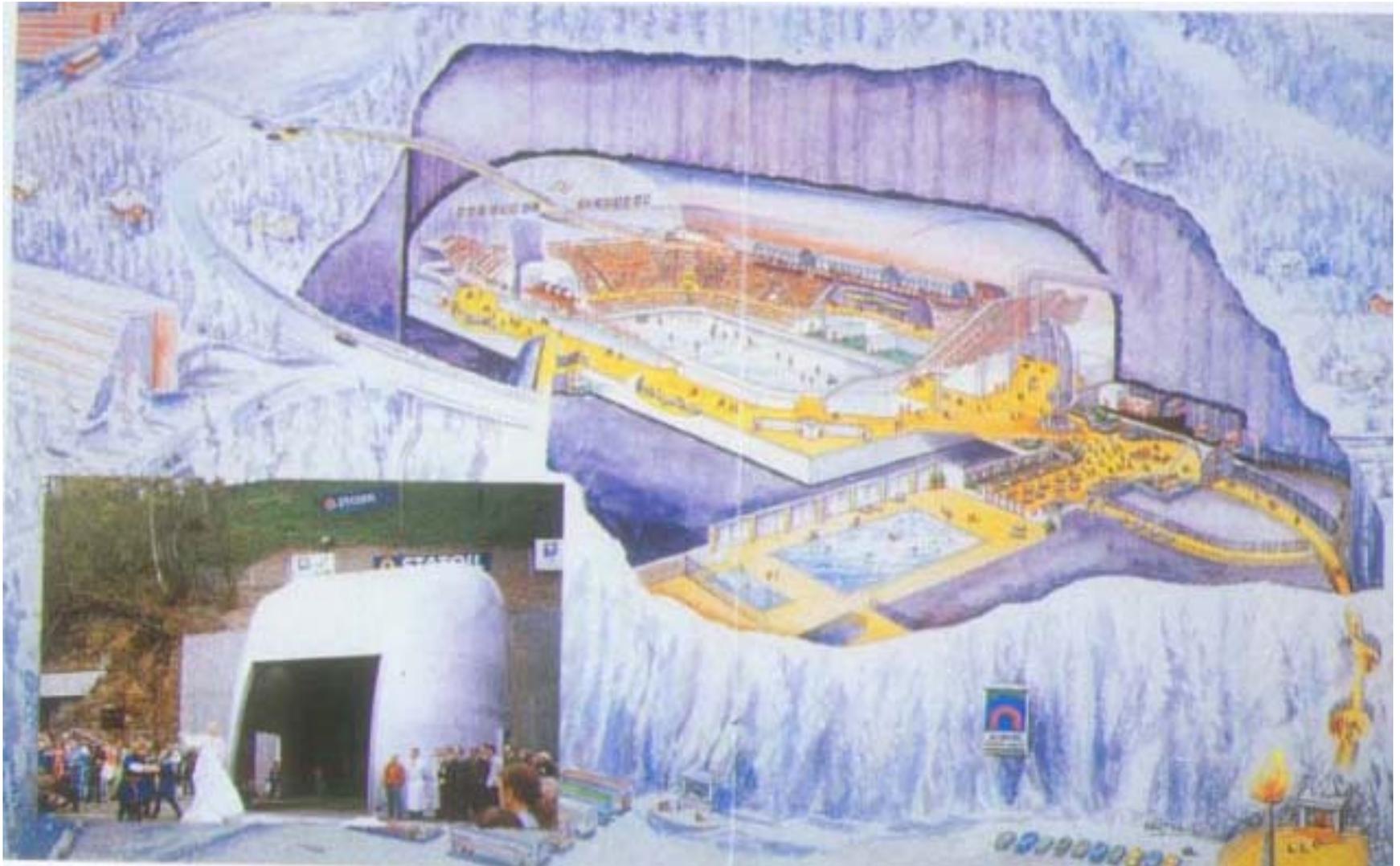
地下式無重力実験施設



- 科学技術庁「ジオトピア」計画の一環
- 北海道砂川鉱山の既存立坑利用
- 地下710m
- 100mで5秒間無重量
- 500mで10秒間無重量
- 精度の良い実験が容易に出来る
- データの回収早い
- 実験コスト安い
- 気象条件の影響ない

- 将来の宇宙ステーションにおける製造技術確立の基礎実験

地下施設の利用例(スポーツ、レジャー) ノルウェー、ヨービック市、オリンピックマウンテンホール(参4)



地下施設の利用例： コンサートホール(遮音性)

フィンランド



大深度地下の公共的使用に関する特別措置法 (平成13年4月1日施行予定)

対象地域

当面は首都圏、近畿圏、中部圏

対象事業

道路、鉄道

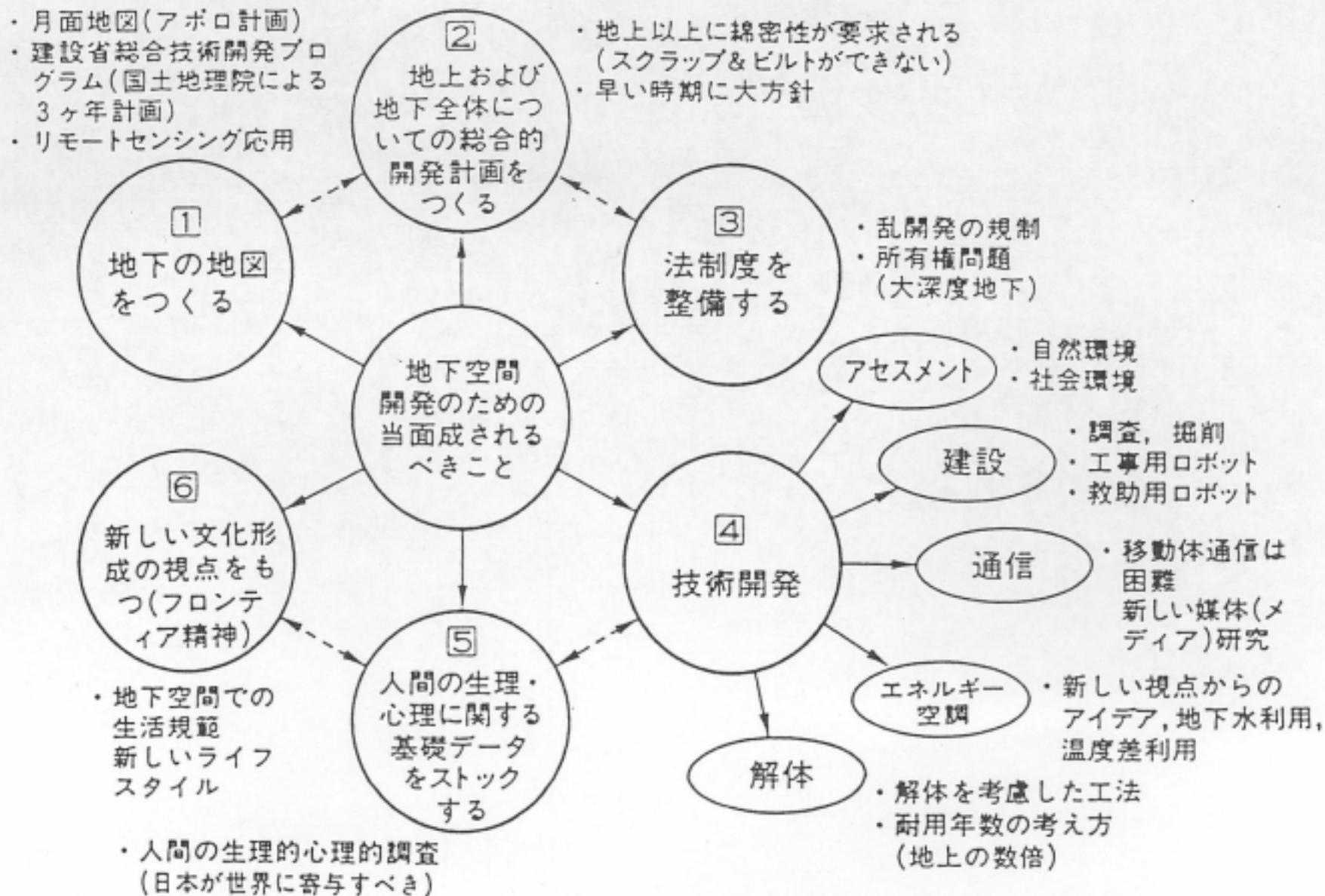
治水・利水施設(河川、水路、貯水池等)

電気、ガス、上下水道

電気通信(ケーブル)

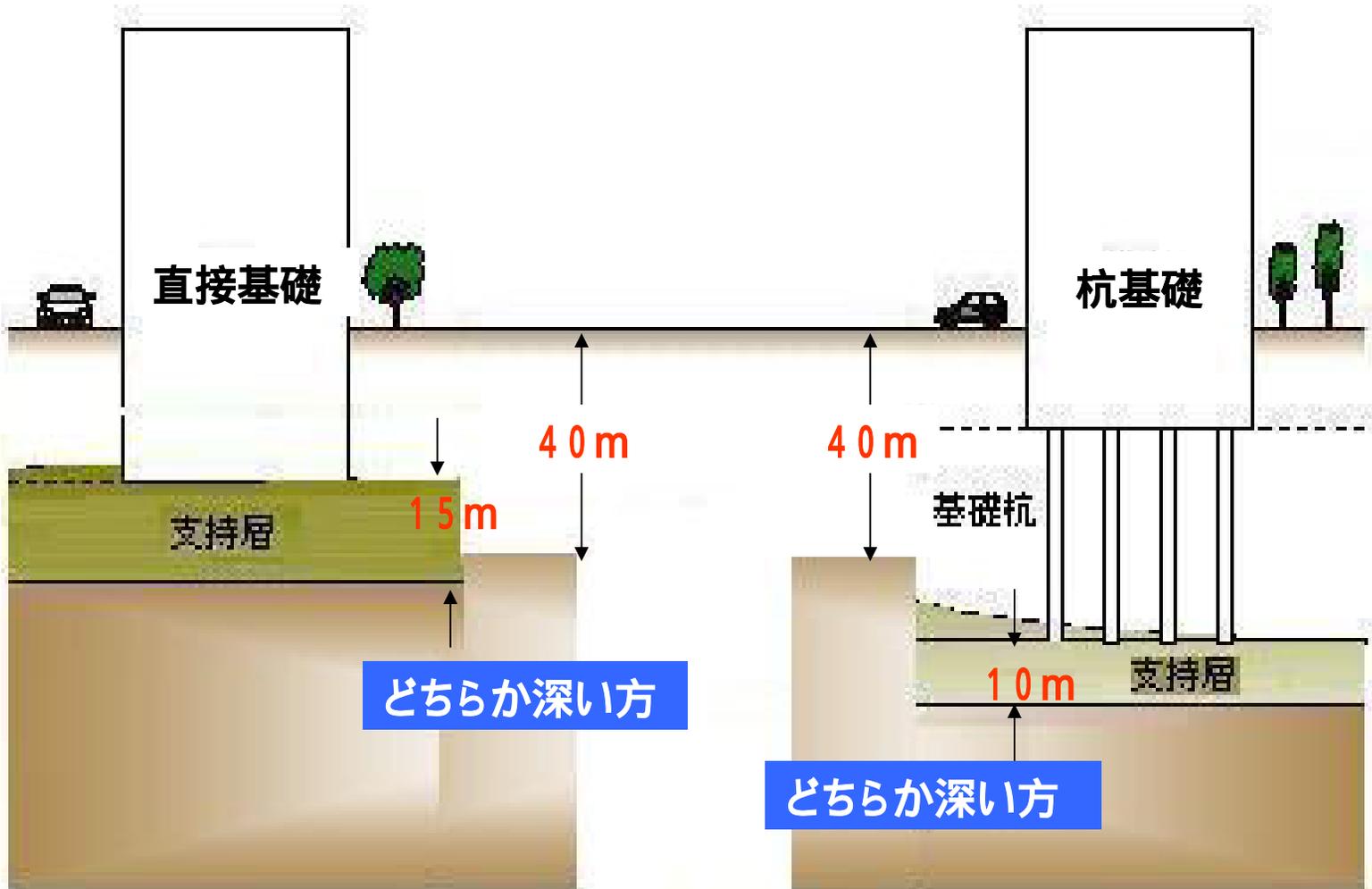
郵便は対象となっていない

地下空間利用のために当面なすべきこと(参4)



大深度地下の定義

大深度地下の公的使用に関する特別措置法(平成13年4月施行予定)



大深度法成立に伴う国の動き

国土交通省(旧国土庁)

大深度地下利用に関する技術開発ビジョンを策定

大深度地下利用に関する技術開発ビジョン検討委員会の創設

(平成12年12月～平成14年3月)

委員長:黒川 洸(東工大教授)

委員:大学関係者5名

事務局:国土交通省 都市・地域整備局 企画課 大深度地下利用企画室

今後の大深度地下利用にかかわる技術開発の在り方の検討

建設技術、垂直輸送技術、防災安全技術、環境制御技術等

大都市新生のための大深度地下利用についての検討

都市再生推進懇談会の提言等をベースとして地下空間利用が果たすべき役割について検討

今後の大深度地下利用プロジェクトの可能性の検証

JAPIC、エン振協、都市地下空間活用研究会等からの提案プロジェクトを参考として、それらの可能性を検証

次週 建設技術、関連技術

いかに安全に、経済的に地下空間を作るか
地盤の特性を知り、最新技術を使う

いかに地下空間を特性を活かし有効に利用するか

いかに地下を調べるか

参考文献

- 参1): Newton: 増刊号”21世紀はこうなる“(1989-1992)
- 参2): 「大深度地下利用」国土庁パンフレット
- 参3): ”Geofront、ニューフロンティア、地下空間“土木学会編、技報堂出版(1990)
- 参4): 地下都市 ジオ・フロントへの挑戦 [地下空間利用研究グループ](#)清文社(1989)
- 参5): Soils & Foundations, Special Issue on Hyogoken-Nanbu Eq.(1996)
- 参6): 「被害から学ぶ地震工学」伯野元彦、鹿島出版会(1992)
- 参7): 「地下都市は可能か」平井堯編著、鹿島出版会(1991)
- 参8): 「最新シールドトンネル」日経BP社(1994)

