

新たな地下空間活用の可能性

Possibility of new underground space utilization

小林正典*・渡部與四郎**・粕谷太郎***・中田光治****

Masanori KOBAYASHI, Yoshiro WATANABE, Taro KASUYA, Koji NAKATA

The utilization of underground space is necessary to promote reorganization of city space especially in the big city.

Plans for the utilization of underground space have been continuously studied by the planning sub-committee of the Committee on Underground Space Research, Japan Society of Civil Engineers. The examination items are utilization technology on underground space, usefulness of underground space, its evaluation methods and possibility of new underground space utilization. This report summarizes on possibility of new underground space utilization.

Key Words : underground space utilization, deep underground, shallow underground

1. はじめに

高密度な市街地を形成する大都市において都市空間の再編を推進するためには、地下空間を有効に活用することが必要である。そこでは、将来への新たな空間需要を地下空間で補うばかりでなく、地上空間を開放し、21世紀にふさわしい空間作りを誘導することが期待される。「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の成立により、地下空間を活用した都市空間の再編において、地上、浅深度地下、大深度地下の組み合わせによる幅広い計画と整備が可能となってくる。

土木学会地下空間研究委員会・計画小委員会では、「地下空間計画技術に関する研究—浅深度利用から大深度利用へ—」をテーマに、総合的・一体的な地下空間利用技術の提案、地下空間利用の有用性とその評価方法、および新たな地下空間利用の可能性についての研究を目的として、平成11年度から13年度に委員会活動を行った。今回の報告は、このうち、新たな地下空間利用の可能性に関する活動成果を取りまとめたものであり、大深度地下利用における施設共同化、都市のリノベーションにおける地下空間の活用、既存地下空間再生のための新たな空間活用などの可能性について検討したものである。

キーワード：地下空間利用、大深度地下、浅深度地下

* 正会員 西松建設(株) 技術研究所

** 正会員 日本技術開発(株) 顧問

*** 正会員 鉄建建設(株) 技術部

**** 正会員 昭和(株) 総務部

2. 大深度地下利用における施設共同化の可能性

2. 1 共同化の組合せと分類

共同化の対象となる地下利用施設をその特質面から分類することで共同化の可能性について整理すると、新たな観点から追加すべきインフラも含めた共同化可能な施設の組合せは表－1のように想定される。

共同化に際しては、施設の線形、余裕断面の有無、拠点施設の有無、地上へのアクセス、人の介在（常時利用、または点検時利用）など、各施設の特徴を考慮した組合せを検討することが必要であり、各施設の特徴は表－2に整理される。

表－1 共同化の対象施設と可能性

	農業用排水路	農業用道路	電気	ガス	鉄道	通信	道路	河川	下水道	上水道	ごみ	物流	防災	緊急医療ライン	郵便	石油系燃料	熱供給管
農業用排水路		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
農業用道路			○	○	－	○	－	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
電気				◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	◎
ガス					○	◎	◎	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	◎
鉄道						◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○
通信							◎	○	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	◎
道路								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
河川									○	○	○	○	○	○	○	○	○
下水道										◎	○	○	○	○	○	○	○
上水道											◎	○	○	○	○	○	◎
ごみ												○	○	○	○	○	◎
物流													○	○	○	○	○
防災														○	○	○	○
緊急医療ライン															○	○	○
郵便																○	○
石油系燃料																	○
熱供給管																	

注1) 「大深度地下の適正かつ計画的利用に関する事業連携方策調査(H13.3, 国土交通省都市・地域整備局)」

に基づいて、一部施設（表中のごみ～熱供給管）を追加して作成

注2) 凡例 ◎：既存事例で共同化の実績有り，○：実績はないが共同化の可能性あり，

－：共同化の可能性小（大断面同時のために共同化の可能性が少ない）

2. 2 新たな大深度地下共同化の可能性

(1) 新しい共同化断面のイメージ

大深度においてはできるだけ内部空間・内部施設を共用化し、効率的に事業を実施することが重要である。現在の共同化事業における各施設の管理は、隔壁によって管理区分を明確に設けて行われている例が多いが、管理用通路、換気施設などを共有化できれば、大深度地下空間を効率的に利用でき、コスト面でも有利になる場合がある。

また、従来管理用通路が必要とされてきた地下施設においても、複合埋設管方式で施設を地下化することが可能になってきており、この傾向は維持管理の省力化の観点からもますます進むものと思われる。

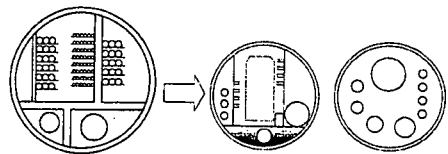
表－２ 対象施設の分類・区分

	地上への連絡 (拠点施設)	人の介在	災害時の 利用	施設の 性格	備 考
農業用排水路	○ (送配水設備等)	△	△	供/処	
農業用道路	◎ (結節点等)	◎	○	他	
電気	○ (送・変電所、分岐等)	△	◎	供	
ガス	○ (貯蔵・ガバナ、分岐等)	△	◎	供	
通信	○ (分岐・接続施設)	△	◎	供	
下水道	◎ (処理場・ポンプ場等)	△	○	処	
上水道	◎ (浄水・配水・ポンプ場等)	△	◎	供	
鉄道	◎ (駅・車両基地・換気等)	◎	○	他	
道路	◎ (インターチェンジ・結節点等)	◎	○	他	
河川	◎ (流入、貯留施設等)	△	△	他	
ごみ（廃棄物処理）	○ (収集拠点・処理場等)	△	△	処	
物流	○ (物流拠点等)	○/△	◎	供/処	静脈物流等も含む
防災（貯蔵・貯留等）	○ (防災拠点等)	◎/○	◎	他	
緊急医療ライン	○ (医療拠点等)	◎/○	◎	他	
郵便	○ (集配拠点等)	○	△	他	
石油系燃料	○ (製造所・分岐等)	△	◎	供	
熱供給	○ (供給施設、送水・分岐等)	△	○	供	

- ・地上への連絡 … ◎：連絡路の可能性あり，○：あり（拠点等で接続他），△：基本的になし
- ・人の介在 … ◎：あり（不特定多数），○：あり（特定者），△：点検等のみ
- ・災害時の利用 … ◎：最重要，○：重要，△：基本的になし
- ・施設の性格 … 供：供給系施設，処：処理系施設，他：その他

複合埋設管方式を採用する場合には、従来のように、財産区分、管理区分が明確にできないことから、事業費の配分方法、管理区分の方法をどのように考えるかという課題が発生する。

図－１に新しい共同化断面のイメージを示す。一般的な配置に対して、左側は管理用通路を共用して利用するものである。右側は電気、通信、ガス、水道、下水道等の埋設管方式が可能なものを一括して、一つのトンネルに配置するものであり、埋設管自体の点検について配慮する必要がある。



図－１ 新しい共同化断面のイメージ¹⁾

(2) 共同化の形態

共同化の技術的な可能性の検討を行う際の前提条件として、次の二つの形態に大別される。

- ① 鉄道・道路と他の事業が共同化する場合においては、鉄道と道路の余裕断面を活用する形態
- ② 鉄道・道路以外の事業との組み合わせの場合、余裕断面の活用を考慮せず、共同化により構造物の規模（断面）が大きくなる形態

(3) 共同化の留意点

共同化の可能性を模索するための留意点は以下に示すとおりである。

- ① 大深度エリアにおける官・民のルールある共同活用が必要。
- ② 効率化して複合設置にするか、最小限の断面配置による小型化とするかの検討が必要。
- ③ 高水圧と立坑構造の長大化によって増加する建設コストの縮減対策が必要。
- ④ 大深度地下の構造物は容易に更新できる施設ではないため、老朽化防止（耐久性の向上）対策が必要。
- ⑤ 共同化の対象施設と形態で示したように、新たな都市基盤として例示した施設（物流、廃棄物、熱供給等）を共同化するための規制緩和に対する解決が重要。
- ⑥ 国がインフラを整備して、管理・運用・維持は民間が行う上下分離方式等、抜本的な制度改革が必要。
- (4) 各事業における大深度地下利用施設

各々の事業施設が大深度地下を利用する動機付けとしては、次のような諸条件が必要である。

- ① 電力：送電線設備。新しいニーズがあること
- ② ガス：高圧導管。分散型発電等の普及など新しいニーズがあること
- ③ 上水道：導水施設、送水施設。浄水場間のネットワーク化
- ④ 下水道：下水管渠本管。下水処理場間のネットワーク
- ⑤ 道路：高架方式からトンネル方式への移行。トンネル構造の小型化、長大なアプローチ道路、換気塔周辺環境への分散、待機所の拡張部設置等、設計計画上の諸課題の解決
- ⑥ 物流：環境負荷の軽減、郊外から都心への輸送ルート、緊急時の物資輸送等基本計画の策定
- ⑦ 都市ゴミ：焼却灰の輸送ルート、排気ダクト、熱輸送路等基本計画の策定

3 立坑共同化の可能性

3. 1 地下空間活用に関する権利関係等の考え方

(1) 地下空間活用検討の前提事項

- ① 大深度地下空間利用においては、有人空間施設よりも、無人的空間活用により高い優先権を与える。
- ② あるべき深層利用から浅層利用へ順序正しく再配置を図るとともに、民地側での高度適正利用、壁面線指定、連動型区画整理等を踏まえ生じる「社会的空間（共有的空間）」との一体的有効活用を考える。
- ③ 地下空間の管理をよくするために、自然光等を浅深度地下空間に届くような装置改良を義務付ける。
- ④ 地形等、自然環境との調和を考えながら、出入口を歩行系に寄与する滑らかな勾配で設ける。

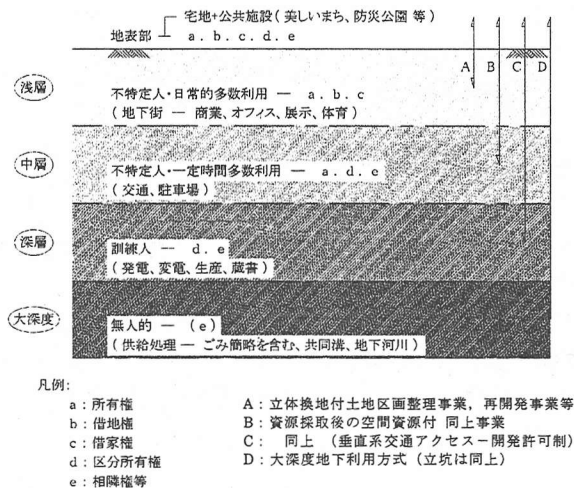


図-2 地下利用レベル

(2) 空間権利関係の調整

① 浅・中・深度地下利用レベルと空間権利調整

地下利用レベルは、図－２のように４区分レベルに分類される．しかし、在来の地下利用施設は、このあるべきレベルに合致していない場合が多い．したがって、合致させるため、社会的空間（共用地）の空地地区制度を復活させること、この社会的空間を活用しての立坑共同化とその採算性を増進させる再開発事業との一体性がすすめられることが必要となる．また、調整システムの前駆として都市空間の評価、補償方式の確立が求められる．

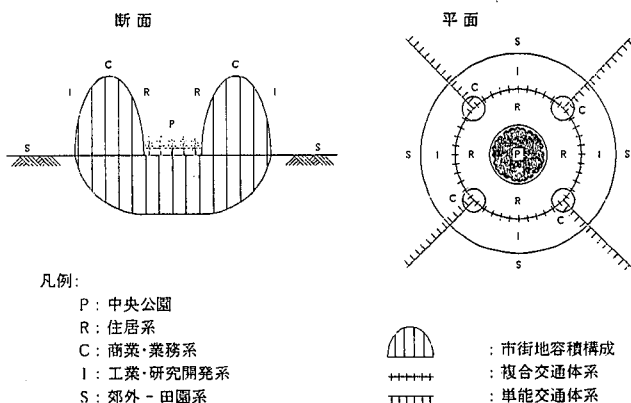
② 都市像パターンと浅・中・深度地下活用計画手順

未来の都市像は、図－３に示すような安全・安心ある生活と確実に安定成長する可能性をもつ、中心部に大規模公園を有する環状梯子型（ring-ladder type）の根幹的交通体系を有するものが望まれる．

このような理想的都市像を実現する浅・中・深度地下利用計画手順を表－３に示す．

表－３ 浅・中・深度地下利用計画手順

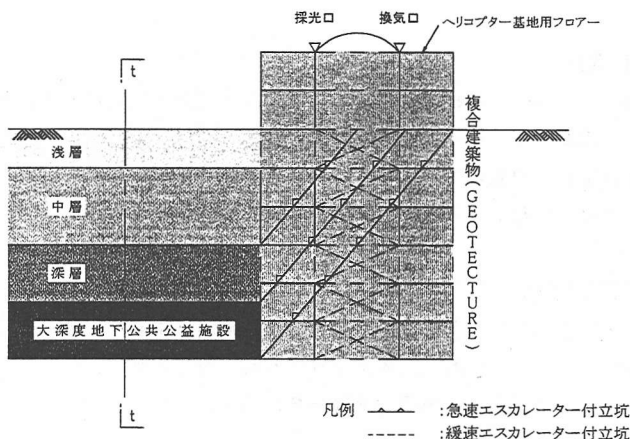
項 目	内 容
1. 調査	地下空間情報(地中地図)、地下空間創成技術(掘削等技術)、地下空間運用管理技術(換気・採光・補修改造等技術)
2. 計画	マスタープラン、地区計画等の作成
3. 調整(評価・手続)	地下利用ガイドプラン作成 (空間評価の検討、事前相談、審査＋書類審査、意見聴取、使用認可処分、告示)
4. 事業	市街地開発事業等(区画整理一連動型、共同建物建設型、再開発－1.2種、まちづくり総合支援事業等)
5. 管理(再評価)	直接、間接効果／建設・維持管理費用(費用効果分析による再評価)



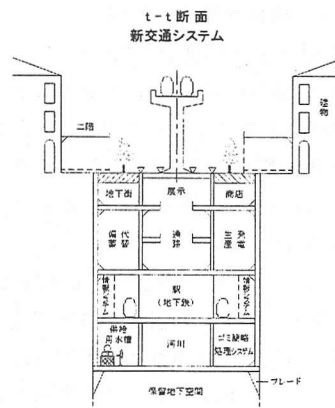
図－３ 都市像パターン

3. 2 新たな立坑共同化の可能性

平常時においては、大深度部から地表部に至る、いわゆる立坑部は採算性を保持し、かつ、地表部の更新に寄与するものであることが求められる．この更新は非常時にも対応できるレベルのものも期待され、例えば、既成市街地内に防災公園を設け、その安全・安心化に貢献することも、その可能性に含めることが望ましい．したがって、図－４のように、立坑共同化の可能性を大にするため、立坑部を含む複合建築物（geotecture）として計画し、構築することが望まれる．



図－４ 立坑部を含む複合構造物



図－５ 多目的共同溝的構築物

なお、図－５は浅・中・深・大深度にわたる「多目的共同溝的構築物」を主体とする「未来のまち」を提案している。非常時の場合、防災公園の中に設けられた複合建築物の屋上を救援用ヘリコプター基地とすること、人命救助に役立つ血清等のライフラインにつながる備蓄空間を設けること等の機能ターミナルとしての構築計画が望まれる。

ここで取り扱う立坑は単なる地上部と大深度地下空間を連絡するだけの「竪穴形式」のものではなく、一つの新しい都市の拠点と言うべき施設である。したがって、そこには大深度地下に配置される地下鉄道や高規格幹線道路を利用した人々や車が集中する交通の結節点「ターミナル」ともなる。

こうした施設の果たす役割は、単なる大深度地下へのアクセス機能だけでなく、以下のような多様な機能を有することが考えられる。

(1) 新たな中心市街地の形成

立坑が設置される地区は、交通の結節点であり、新しい地域の顔となることが可能である。そこには相当規模の業務施設、宿泊施設、医療施設などの集積があるので、それに付随する商業施設、飲食施設、サービス施設等の立地が可能である。すなわち新しい中心市街地になり、当該地域の活性化に寄与できる。

(2) 交通拠点の形成と都心居住の推進

大深度地下空間に設置される地下鉄道や高規格幹線道路の交通結節点としての役割が考えられる。また、職住近接を考慮した場合には、集合住宅の立地も考えられる。交通結節点としては、地上部の鉄道や、幹線道路へのアプローチ、バスターミナル、タクシース、駐車場、駐輪場などが考えられる。さらに、都市型住宅を考えた場合には、一般的な集合住宅のほか、高齢者向き住宅（シニア向き住宅）、多世代居住住宅等が考えられる。

(3) コンパクトなまちづくり

立坑部は、言うなれば上下移動施設を設置する空間であり、上空、地上、浅深度地下、大深度地下等立体的な土地利用がなされる高密度の都市となる。そのためにも都市の安全性が最優先されなくてはならない。また、都市型犯罪にも強い防犯性に富む「防犯まちづくり」を実現しなくてはならない。大規模な建築物と一体となった立坑であるため、防災不燃化も達成されなくてはならない。

また、高度に土地利用がなされたまちというのは、歩行距離の少ないコンパクトなまちとすることができる。すなわち、立坑部の拠点は、コンパクトなまち、安全な（防災・防犯からみて）まち、上下移動が容易なまち、適度に機械化・IT化が進んだまち、バリアフリーのまちとすることができる。

(4) 都市の防災拠点の形成

このような立坑部では、大深度地下の大量輸送機関の利用や、高層建築物に勤務する人々が安全に通過し、働き、憩うために、安全の確保が第一となる。そのためには地上部にも防災都市公園を配置したり、都市規模の火災や地震災害時のための防災備蓄倉庫、災害時の情報センターなどの機能が必要とされる。併せて、病院・診療所の救急安全施設、情報を収集し整理し発信することができる基地、大深度地下に設置された大量輸送機関を利用して安全な場所に移動することによる避難など都市の防災性の向上に寄与する拠点となる。

(5) 新たなライフラインの維持管理拠点の形成

大深度地下空間には、今後都市鉄道や高規格幹線道路等の交通施設、電気・ガス・上下水道等ライフライン、廃棄物や地域冷暖房施設などの都市インフラ施設などの利用が想定されている。これらの施設は、現状では主として都市の幹線道路の浅深度地下に埋設されているが、都市の拡大に伴う施設の大型化、新規供給処理施設導入のための空間確保、現在の埋設管等の耐久性を考慮した更新工事や補修工事実施等のための空間確保などが必要になってきている。また、大深度地下に設置される供給処理施設の中継基地的な役割、例えば中継ポンプ場、電気・通信・上下水道等の中継基地、管理用資材置き場、管理事務所などとしての利用、すなわち当該施設の維持管理拠点となる。

4. 大深度地下に移行するための浅深度地下有効利用の可能性

4. 1 浅深度地下を有効利用するために考慮すべき事項

浅深度に設置されている既存の地下構造物のうち、大深度地下の利用が望ましいあるいは移設可能な施設を特定して移設するとともに、利用可能な浅深度地下空間を整備して、浅深度に存置すべき施設の拡充を図る必要がある。浅深度地下を有効利用するために考慮すべき事項は次のとおりである。

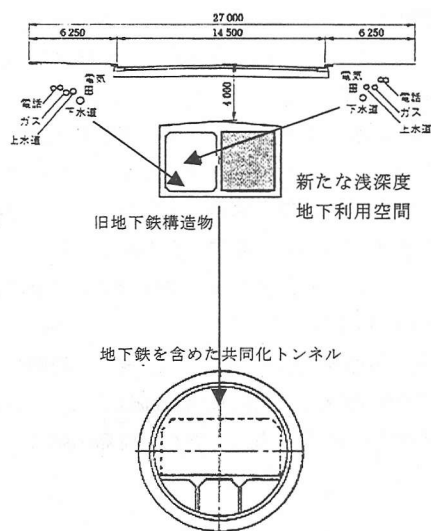
- ① 大深度に移行する施設として、どのような施設が適するか。
- ② 浅深度既存施設の空間を新たな用途で利用するとき、どのような施設が適するか。
- ③ 常時、非常時を考慮した浅深度地下空間の利用方法。
- ④ 浅深度既存施設を再利用する場合、補修・補強がどの程度必要か。
- ⑤ 大深度施設と地上あるいは浅深度施設との連絡方法。

4. 2 大深度を有効利用するための新たな浅深度地下利用の可能性

浅深度や地上部の施設を大深度および浅深度地下に次々と再配置させる手法（「地下空間ドミノ計画」）の適用例を示す。この例では、浅深度に地下鉄、種々の地下埋設物が設置されているものとする。

地下鉄や地下埋設物は老朽化が進んでいると想定し、次のような順序で施設を移動する地下利用方計画を考える。

- ① 地下鉄施設を含めた共同化施設のトンネルを深層部に構築する。
- ② 浅深度の地下鉄を深層部に移動して運行し、大深度トンネルに適切な施設を移動または新設する。
- ③ 旧地下鉄構造物の劣化調査を行い、必要に応じた補修・補強・改築（リニューアル）を行う。
- ④ 浅深度にばらばらに敷設されている地下埋設物を



図－6 ドミノ的地下利用例

旧地下鉄構造物の片方の空間に納める。

- ⑤ 旧地下鉄構造物のもう片方の空間は、これら施設のメンテナンスや、常時・非常時を考慮した用途に用いる新たな地下空間とする。

旧地下鉄構造物の空いた片側の地下空間活用について考える。開削工法で浅深度地下に構築された地下鉄構造物の片側の内寸法は、幅 3.6m×高 4.2m 程度である。この空間を必要に応じてリニューアルし、常時・非常時に活用できる浅深度地下空間とする。この地下空間の利用例および特徴を以下に示す。

- ① 常時の利用例：ミニ共同溝、物流・搬送空間、地下歩行者通路・動く歩道、地下駐輪場
- ② 非常時の利用例：ライフライン収納空間、物資搬送空間、避難空間、備蓄倉庫としての空間
- ・非常時に必要なライフライン施設を含むミニ共同溝として活用する場合、もう片側空間の施設との 2 系統インフラ施設、あるいはバックアップ施設としての機能を有する活用法である。
- ・物流・搬送のために活用する場合、この内空に収まるコンパクトな往復 2 系統の搬送システムを採用する必要がある。既存の浅深度地下鉄構造物は、物流の必要性の高い区間に構築されているため、物流システムの需要は高いと考えられる。
- ・人の移動のため動く歩道を設ける場合、「まちなかのバリアフリー化」（全国の人口集中地区内の主要な歩行ルートを概ねバリアフリー化）に寄与する活用法である。
- ・地下鉄をはじめとした駅周辺の放置自転車問題は、多くの自治体や道路管理者の共通の課題となっている。このため、東京都都部の地下鉄新駅の構築に際して、いくつかの自転車駐輪場が併設されている。地下駐輪場としての利用はこのような最近の問題を解決する有効な活用法である。

5. 今後の課題

新たな地下空間利用の可能性として、新技術（都市エネルギー、物流など）・環境から要請される新たな利用の可能性や都市のリノベーションにおける地下空間の活用、既存地下空間再生のための新たな空間活用等について研究した。今後は以下に示すような検討課題が考えられる。

- ① 大深度地下空間の共同化、高度利用
- ② 計画手法、評価手法を踏まえた大深度地下利用のフィージビリティスタディ

参考文献

- 1) 国土交通省 都市・地域整備局：大深度地下の適正かつ計画的利用に関する事業連携方策調査報告書，平成 13 年 3 月
- 2) 渡部與四郎：都市における地下空間の活用と防災，新都市 63.7(第 42 巻 7 号)，(財)都市計画協会
- 3) 渡部與四郎：街路整備とまちづくり，新都市 61.11(第 40 巻第 11 号)，(財)都市計画協会
- 4) 渡部與四郎：地下空間の適正利用，土木学会誌，昭和 62 年 3 月
- 5) 渡部與四郎：新都市空間からみた土地政策，土木学会誌，昭和 63 年 4 月
- 6) 渡部與四郎：建設省ニューフロンティア懇談会報告(地中の開発等)，建設省(渡部地中部会座長他)，昭和 62 年 5 月
- 7) 国土政策機構(渡部・熊谷編)：地下・空間利用／1987，昭和 62 年 9 月
- 8) 丸善(渡部監修，U B D 研究会訳)：地下建築物のデザイン手法，昭和 61 年 12 月
- 9) 平井堯編：地下都市は可能か，鹿島出版会，1993 年 4 月