

大深度地下トンネルによる都市環境の再生

The regeneration of the urban environment by the deep underground tunnel

河村 良之*・永田 尚人**・岩波 基***・佐々木 静郎****

Yoshiyuki KAWAMURA, Hisato NAGATA, Motoi IWANAMI and Shizuo SASAKI

This report explains the concept and construction method for a deep urban tunnel under planning which will accommodate a new physical transportation system connecting the inner Tokyo Metropolitan Area and the sea front to smoothen vehicular traffic and improve traffic environment and a new water circulation system conveying treated waste water to restore the waterfront to the original conditions.

Scheduled for completion within 10 years, the 45-km tunnel will be driven using a shield method capable of constructing long tunnels within a short period, and house an environment-friendly trunk road for physical distribution and pipes which will convey 1.5 million m³ of treated waste water per day to the upstream of the Tama.

[Key Words] deep underground, Urban Renaissance, regeneration of urban environment

1. はじめに

20世紀後半、東京を含む首都圏は一貫して拡大成長を続け、現在では3300万人を超える人口や諸機能の集積により都市活動が展開されてきている。この間、我が国の貨物輸送におけるトラックへの依存度は年々増大してきており、化石燃料の大量消費とCO₂の排出、NO_xやSPMの排出による大気汚染、騒音、重大な交通事故、大型車等の市街地内走行による幹線道路の慢性渋滞など著しい環境への負荷となってきた。

また、河川、海域の水質汚濁や水辺空間の喪失など、環境負荷の増大という20世紀の負の遺産を、来るべき21世紀には環境との共生できる都市構造へと転換していく必要が生じてきている。

21世紀の首都圏の都市構造を構築するためには、鉄道、空港、港湾などの輸送手段間の連携強化と道路交通ネットワークの強化による圏域の広域的連携を構築し、都市活力を高める機能の配置と効率的な物流機能の再配置を図る必要がある。これにより、環7～環8周辺の都市環境再生ゾーンの都市骨格再生が可能となり、魅力ある水辺空間の再生により、誰もが水際に容易にアクセスできる空間構築が可能となる。

本稿は、21世紀の首都圏のあるべき姿を念頭に置き、都市内幹線物流の大深度地下への転換による都市骨格の改造と再生水による良好な水辺空間の創造を目的として計画したものである。平常時のみならず震災時においても物資輸送および飲料水確保の観点から、災害に強い都市づくりへの一助となるものである。

2. 提案構想の概要

本構想の概要は、建設が進められている圏央道に隣接して新しい物流基地を設け、臨海部の大井埠頭地区(港湾・航空物流の拠点)とを延長約48kmの大深度トンネルで結ぶ幹線物流システムを建設するものである。

「キーワード」：環境負荷、都市再生、環境の再生、大深度地下

* 非会員 (株)熊谷組土木本部シールド技術部

** 非会員 (株)熊谷組土木本部社会システム部

*** 正会員 (株)熊谷組土木本部土木設計部

**** 正会員 (株)熊谷組技術研究所

これにより、首都圏全体の交通・物流の効率化を図るとともに、都市内交通量の減少を図ることが可能となり、都市内の交通環境の改善に寄与できるものである。トンネルは多摩川に沿ったルートとする。また、トンネルの余剰空間には送水管を設け、直接東京湾に放流されている大量の下水処理水を高度処理し、その再生水を多摩川上流に戻すことによる新たな水循環システムの構築で、多摩川水系の再生を図るものである。約48kmの大深度トンネルは、長距離・高速施工を用いたシールド工法により、10年以内に完成させ、地上の幹線道路ネットワーク機能を補完する都市内交通の効率化と都市環境再生の先駆けとなるインフラを整備するものである。

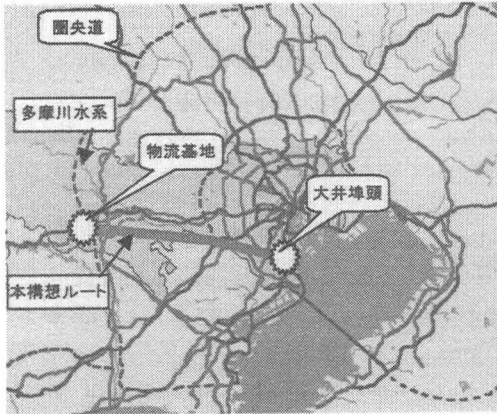


図-1 トンネルルート図

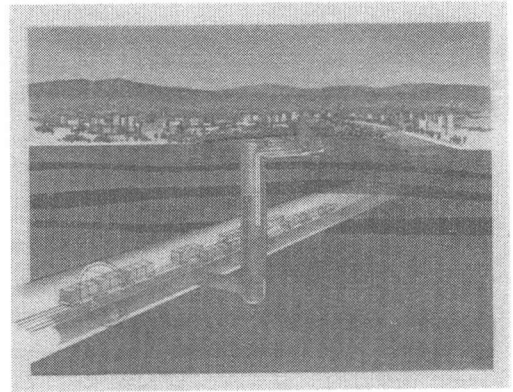


図-2 大深度トンネル概念図（物流と水循環システム）

3. 物流システム

3.1 基本コンセプト

本構想は、圏央道や第二東名などの高規格幹線道路と一体となって首都圏全体での物流ネットワークの再編を図るとともに、港湾や空港機能との連携強化も併せて図る計画とし、図-3に示すように基本コンセプトを整理する。

提案施設：大井埠頭～首都圏西部を結ぶ延長約48kmの物流システム

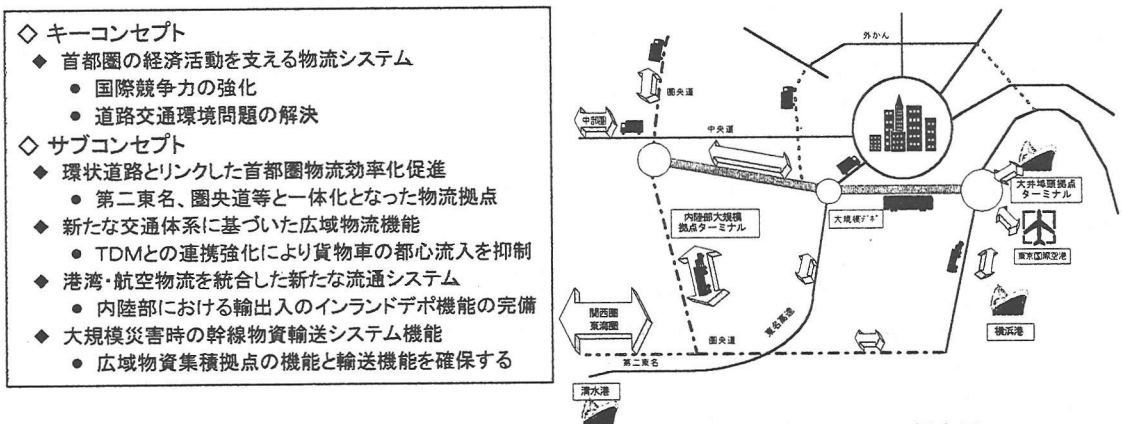


図-3 物流システムの概念図

3.2 輸送方法

本物流システムの輸送手法の特性としては、以下のようにコンセプトを定める。

- ①. 電気を動力源とし無人走行が可能なレール方式とする（平均輸送速度 80km/hr 以上で走行）
- ②. 港湾区域および内陸部拠点ターミナルでの荷役は極力少なくする
- ③. コンテナ側とトラック側に特別な設備を不要とするため、RORO が可能なフラットな荷台を持つ
（RORO；ロールオン、ロールオフ）
- ④. 都市内幹線輸送でのトラック輸送以上の輸送効率および所用時間の大幅な短縮

上記の条件を満たすために、それぞれの車輛が単独に走行できる輸送形態を本提案では採用する。物流システム系全体では、専用軌道と車輛、両端部の拠点ターミナル、中間点での大規模デポ機能、電力設備と自動運転設備、情報通信設備等により構成する。ここで、車輛は自己走行制御機能を持つ台車によって運行される方式とし、鉄道のATO（自動列車運転装置）のようなシステムとITSの要素技術であるAHS（走行支援システム）を組合わせたものを想定し、首都圏内陸部～大井埠頭間を30分程度で結ぶことを条件とする。

3.3 事業化のメリット

本物流システムの事業化のメリットとしては、以下の事項が考えられる。

- ① 都市内の幹線物流機能が無人化、省力化されることで、輸送コストの低減や一般道路の交通渋滞の緩和ひいては環境の改善を図ることができる。
- ② 本物流システムでは、国際規格の40feetコンテナを直接インランドデポまで直送するため、都市内における大型車両の通行を大幅に削減でき、一般街路での交通安全性が向上する。
- ③ 電気駆動のトンネル方式であり、エネルギー利用の効率化が進むとともに排ガスや汚染物質（CO、NO_x、SPM等）の排出が減少し、都市の沿道環境が改善される。
- ④ 内陸部に輸出入の促進を図るインランド・デポおよび隣接地に拠点ターミナルを設けることにより、環状道路の整備や新たに整備される高規格幹線道路と一体となって、広域物流拠点として活用できる。
- ⑤ IT（ITSを含む）の活用により、航空輸送のフォワーダー等に対しオンタイムにフライト情報・道路交通情報の提供を行い、無駄のない輸送の支援、物流の効率化や貨物交通の整序化が期待できる。

4. 水循環システム

4.1 基本コンセプト

提案施設；多摩川水系の水循環システム

物流システム構築のために建設した大深度トンネルの余剰空間に、送水管を設ける。この導水管（延長約30km）を利用して、直接東京湾に放流されている下水処理水を高度処理し、再生水（1,500,000m³/day）として多摩川上流に還元し、多摩川水系の平均流量を2倍にする。また、震災等の非常時には、送水管に貯留された再生水を雑用水として利用できるシステムとする。

4.2 水循環システムの導入イメージ

① 水源の確保

- ・下水再生水を河川上流に戻すことにより、水道用水、灌漑用水、工業用水等の水源を確保。
- ・多摩川沿線の都市に供給することにより、個別循環、地区循環、広域循環利用を推進。
- ・送水管に常時貯留されることにより、震災等の非常時における用水としての利用。

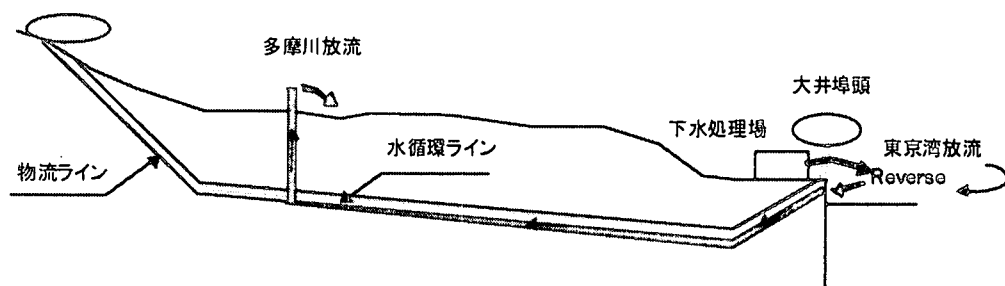
② 良好な水辺環境の形成

- ・多摩川水系の中小河川に供給することにより、親水性向上、清流復活、生態系保全に寄与。
- ・河川の平常水量を確保することにより、地下水の保全、かん養、湧水の保全、再生に効果。

③ 環境負荷の少ない都市の実現

- ・年間の温度変動が少ない下水処理水を熱源として利用することにより、地域冷暖房システムを推進。
- ・水辺空間の拡大や緑化の促進に必要な用水量を供給し、水の蒸発散機能を回復させることにより、ヒートアイランド現象を緩和。

圏央道:新物流基地



図ー４ 下水高度処理水の循環システムの概念図

4.3 水循環の方法

- ① 森ヶ崎水処理センターの処理水を3次処理（砂ろ過、オゾン処理等）し、 $1,500,000\text{m}^3/\text{day}$ を多摩川上流に戻し、支流→多摩川本流→東京湾へと水を循環させる。
- ② トンネル内に内径 2.8m の導水管を2本設置する。
- ③ 導水管延長は約 30km とし、多摩川、浅川合流地点で揚水し、多摩川とその支流に配水する。
- ④ また、必要に応じてトンネルルート周辺の都市（世田谷、調布、立川等）に、雑用水、熱エネルギーとして供給できる設備を設ける。

4.4 事業化のメリット

1) 多摩川への再生水の循環

森ヶ崎水処理センターの一日の処理能力水量をすべて多摩川に戻すことにより、 $17\text{m}^3/\text{sec}$ の流量の増加が見込まれる。この量は石原流量観測所（調布市）の6、7月の一日平均流量に匹敵する。つまり、通常の2倍の流量を確保することができる。

2) 周辺都市への雑用水の供給

落合処理場では、1日 $3,000\text{m}^3$ の処理水を新宿・中野地区の27のビルに供給している。この使用量から想定して、 $1,500,000\text{m}^3/\text{day}$ の1%以下の $10,000\text{m}^3$ を供給することにより、沿線都市の100のビルに雑用水を供給できる。

3) 震災時の活用

震災時には、送水管の中に約 $360,000\text{m}^3$ の再生水を貯留することができる。これを、沿線都市の100のビルに雑用水を供給する場合、ほぼ36日分の水量を確保することができる。

5. 建設技術

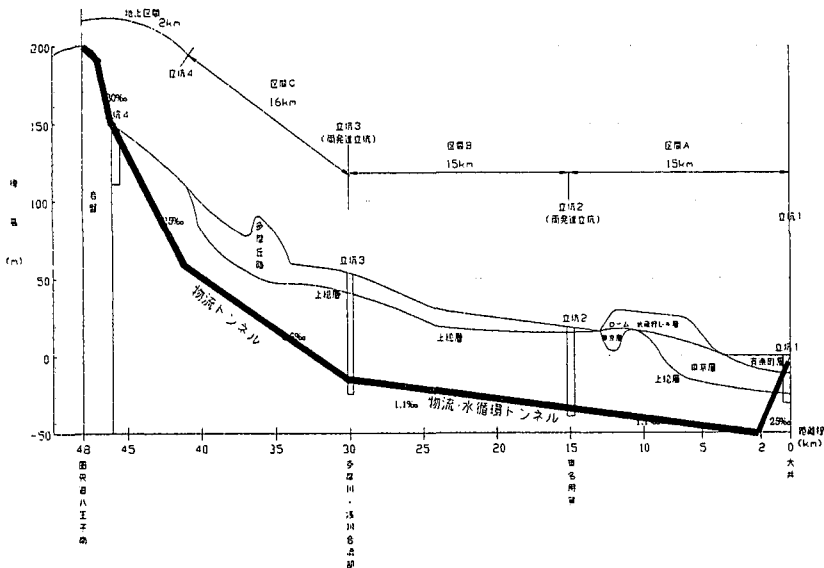
5.1 建設方法の概要

図－5に事業縦断計画図を示す。

大井埠頭から圏央道八王子物流基地までの48kmのうち、大井埠頭から多摩川・浅川合流部までの延長約30km区間は「物流システム・水循環システムトンネル」であり、多摩川・浅川合流部から八王子物流基地までの約18km間は「物流システムトンネル」である。これらのトンネルは深度40m以上の大深度地下にシールド工法を用いて構築する。

大井埠頭側では埠頭とのアクセスのため、地上部から斜路(25%)により大深度部に入る。また、八王子側でも地上物流基地とのアクセスのため、地上部を約2km利用したのち、斜路(25%)により大深度部に入る線形計画とした。この斜路部の施工は開削工法により施工する。

立坑は、大井埠頭、東名用賀付近、多摩川・浅川合流部、圏央道八王子付近の4箇所設置し、この立坑をシールドの発進基地とする。このうち、用賀立坑には物流システムと東名高速道路とがリンクするための昇降エレベータを設置する。また多摩川・浅川合流部立坑には、水循環システムの揚水基地として諸設備・点検設備を設置する。大井および八王子立坑は、斜路部の開削端部に築造する。



図－5 事業縦断計画図

5.2 シールド施工法

トンネル断面を図－6に示す。トンネル内に設置する施設は、物流空間(幅7.0m×高さ4.4m)および水循環用水路(内径φ2.8m×2本)である。

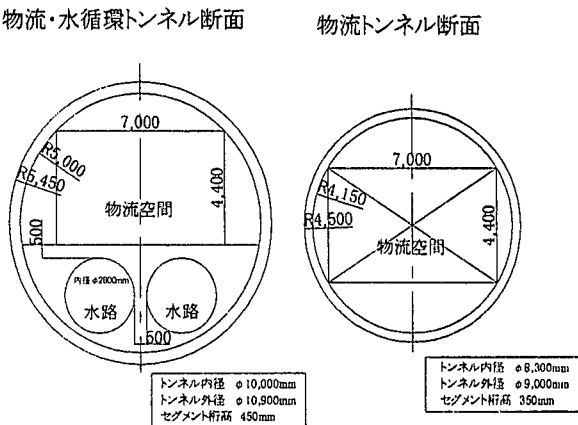
物流・水循環トンネルはセグメント外径φ10,900mm、物流トンネルはセグメント外径φ9,000mmの大断面ある。また、立坑は上述したように15kmピッチで4箇所設置することから、用賀立坑および多摩川・浅川合流部立坑を両発進立坑として、区間A、B、Cともに中間地点で地中接合(機械式地中接合法)を行うこととする。

シールド工法は、大断面・大深度・長距離シールドとなることから泥水シールド工法により施工する。

今回の施工条件である大断面・大深度・長距離シールドに対しては、これまでに蓄積されてきた技術で十分に対応可能である。

ただし、工期短縮を目的として以下に示す対策を実施する。

- ① 拡幅セグメント（幅 1500～2000mm）の採用、掘進速度の向上（50～70mm/min）、セグメント組立時間の短縮（自動エレクターの採用、組立性に優れたセグメントの継手を採用）等の技術を用い月進 300m の高速施工を実現する。
- ② 一次覆工に併行して、インバートブロック・プレキャスト中壁を設置するとともに、水循環水路用鉄管の設置、モルタル充填を行う。なお、充填材には掘削土を利用し、環境負荷の低減を図る。

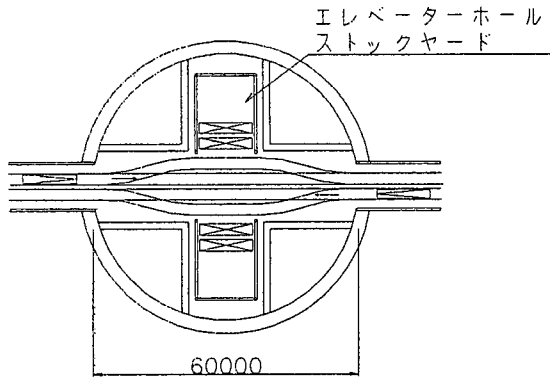


図－6 トンネル断面

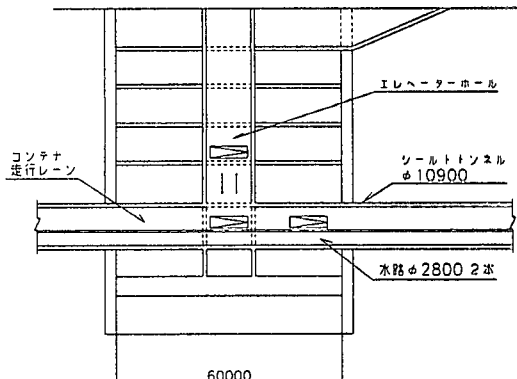
5.3 立坑施工法

大井立坑、八王子立坑は斜路部の開削端部に設置したシールド発進立坑であり、床付け 20m 程度であることから、矩形断面とし、山留め工法は SMW とする。用賀立坑は物流トンネルと東名高速道路との間で 40feet コンテナを昇降させるエレベーターを設置することから、内径 $\phi 60m$ の円形立坑が必要となり、しかも掘削深度が 70m 程度の大深度となることから RC 地中連続壁工法で施工する。

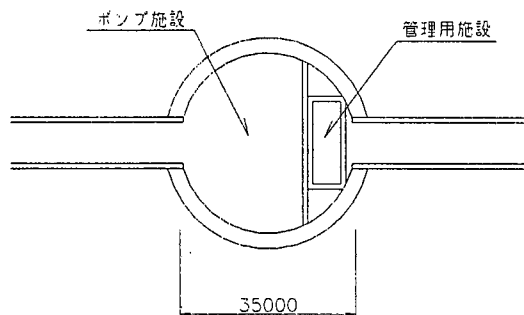
多摩川・浅川合流部立坑は、本体設備として水循環用設備等を設置することとなるが、立坑内空はシールドの発進立坑として必要な大きさで決定され、内径 $\phi 35m$ の円形立坑となる。掘削深度は同様に 70m 程度となることから、RC 地中連続壁工法で施工する。図－7～8 に用賀立坑図、図－9～10 に多摩川浅川合流部立坑図を示す。用賀立坑、多摩川・浅川合流部立坑の RC 地中連続壁は、本体利用とすることにより掘削断面の減少を図り、環境負荷の低減を図ることとする。



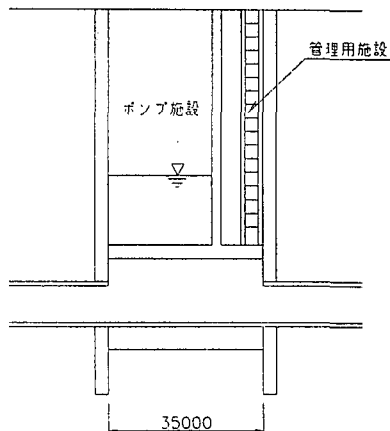
図－7 用賀立坑平面図



図－8 用賀立坑断面図



図－9 多摩川浅川合流部立坑図平面図



図－10 多摩川浅川合流部立坑図断面図

5.4 建設工期

上述したように、シールド工の急速施工および地中接合工を採用することにより、全体建設概略工期は8.5年で計画している。

6. 実現に向けての課題

1) 物流システム

現状では、無人化および省エネによる効率的な輸送システムの確立が大きな課題となる。また、圏央道八王子の物流基地周辺の自然環境への影響についても十分に配慮したシステムを考えなければいけない。

2) 水循環システム

水循環に利用する水は3次処理（砂ろ過プロセス）を経た再生水が前提となる。既設の処理場に隣接して処理施設を設ける用地が必要となる。また、再生水を多摩川および周辺都市に戻すためには、50～70mの揚程差の水を汲み上げて配水しなければならない。既存の大型ポンプを使用することにより可能であるが、消費エネルギーを低減する技術や余剰エネルギーの活用など省エネ対策が大きな課題である。

3) 建設にあたって

今回の計画に対してはこれまでの技術の延長で概ね施工可能であり、大深度という施工環境を考慮すれば、提示した工期も十分にクリアできると考える。ただし、発進基地周辺の施工環境が、立坑およびトンネルの急速施工に対応できることが前提となる。

また、トンネル工事による発生土が4,000,000m³となり、有効利用・資源化は今後の課題の一つである。

7. 参考文献

- 1) 西田 雅, 北村公大, 中村英夫: 高速幹線物流システムの提案, 運輸政策研究, vol.1 No.2, pp002-011, 1998 Autumn
- 2) 東京都: 首都圏メガロポリス構想 -21世紀の首都圏像と圏域づくり戦略-, 平成13年4月
- 3) 東京都: 東京都環境白書 2000, 平成12年5月