

東急東横線と東京メトロ副都心線との相互直通運転に伴う 渋谷駅地下化工事 CONSTRUCTION OF UNDERGROUND SHIBUYA STATION FOR DUAL CONNECTING ROUTE FOR TOKYU TOYOKO LINE AND TOKYO SUBWAY FUKUTOSHIN LINE

犬塚 真一¹・織茂 宏彰²
Shinichi INUZUKA・Hiroaki ORIMO

The areas around Shibuya Station are key terminals for our company, where we are actively working on various projects endeavoring to enhance the magnetism of the town through redeveloping the station and its vicinity. They include developing the station area, refining the town image, and cooperative work with the community, administrative, and other bodies. All these are currently being carried out, centering around Shibuya Station, the former Tokyu Cultural Hall site, and the former premises of Toyoko Line Shibuya Station and under the “Shibuya Culture Platform Initiative” established in our mid-term business plan with the aim of creating a “Town to Attract People and Heart from around the World, Inspire Them, and Create Cultures.” It is also worthy of special mention that as part of these works, we have commissioned the architectural design of the new Shibuya Station to the world renowned architect, Mr. Tadao Ando. This paper introduces the overview of the New Shibuya Station Project as a scheme to launch the station area development.

Key Words :Toyoko line and Fukutoshin line Shibuya station, underground station space, reduce the effects on the environment, natural ventilation, radiant cooling system

1. はじめに

当社は、東横線・目黒線・田園都市線・大井町線・池上線・東急多摩川線・こどもの国線の鉄道7路線と世田谷線の軌道1路線の計8路線、営業キロ100.1kmで営業しており、2006年度は年間約10億1,849万人（1日あたり約279万人）のお客様にご利用いただいている。そのうち東横線は、渋谷～横浜間を結ぶ延長24.2kmの路線であり、年間約3億9,974万人（1日あたり約110万人）のお客様にご利用いただいております。田園都市線と並ぶ当社の基幹路線となっています。

1987年には、混雑緩和を目的として特定都市鉄道整備事業計画の認定を受け東横線複々線化工事に着手し、2000年には、目黒～武蔵小杉間の目黒線と東京メトロ南北線・都営三田線との相互直通運転を開始し、現在も、武蔵小杉～日吉間線増工事を鋭意推進している。また、2004年には、横浜エリアにおけるさらなる鉄道ネットワークの拡充を図るため、横浜～桜木町間を廃止し、みなとみらい線との相互直通運転を開始している。

この間、鉄道事業を取り巻く環境は、少子高齢化に代表される成熟型社会の到来、利用者の価値観の多様化、都心部の再編整備と副都心の多心化等の都市構造の急変といった大きな変化に直面してきている。

当社では、これらの変化に対応し、路線価値のより一層の向上を図るため、渋谷駅～代官山駅間の約1.5kmを地下化し、地下鉄副都心線との相互直通運転を行うこととした（図-1）。

キーワード：東横線・副都心線渋谷駅、地下広場空間、環境負荷低減、自然換気、放射冷房

¹東京急行電鉄(株) 鉄道事業本部 工務部 第一工事事務所

²東京急行電鉄(株) 鉄道事業本部 工務部 施設課

また、渋谷駅周辺は当社の営業活動の拠点となる地域であり、地下化後の渋谷駅（以下、「新・渋谷駅」という。）、東急文化会館跡地、さらには現東横線渋谷駅跡地を中心とした駅周辺の開発、街のブランディング、地域・行政等との連携などにより、渋谷の街の魅力を高めるべく積極的に開発に取り組んでいる。

本稿では、路線価値向上への寄与のみならず、駅周辺開発のキックオフとしても重要な役割を担っている新・渋谷駅の計画概要を紹介する。

2. 新・渋谷駅計画の推移

新・渋谷駅は「人間と自然の共生」というキャッチフレーズのもと、地下深い駅空間をお客様にいかに安全かつ快適にご利用いただける空間として創り上げるかに徹底的にこだわり、これまでの地下駅空間の常識の枠に捉われない駅空間の創出を目指している。主な施策としては、「自然換気・放射冷房システムの導入による環境負荷の低減」「開放感のある3層吹抜け楕円開口設置による視認性の確保」「地下に作られたもうひとつの建築＝‘地宙船’による地下深くに浮遊する都市文化の創造拠点の創出」など地下駅では類を見ない新たな試みであるが、これらの試みが実現に至るまでの計画の推移について、まず紹介する。

(1) 駅位置および形式

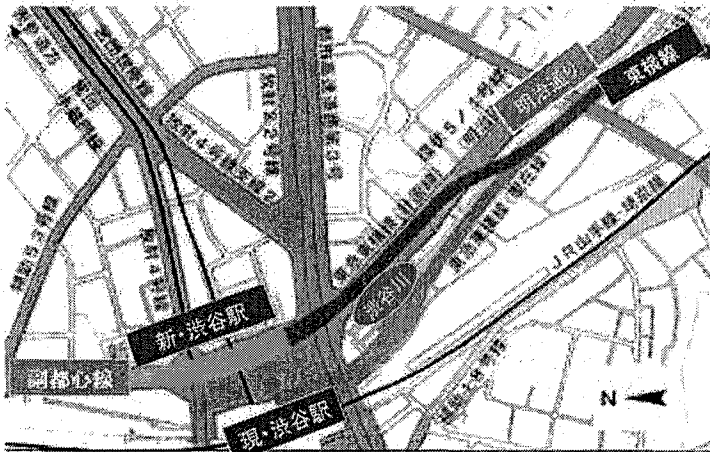


図-2 渋谷駅付近平面図

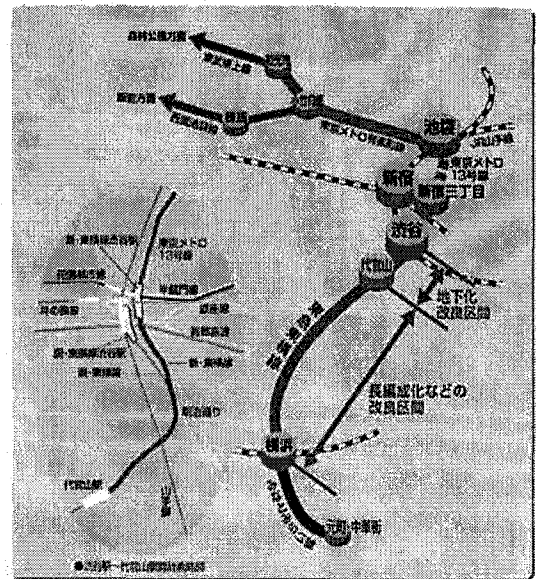


図-1 路線ネットワーク図

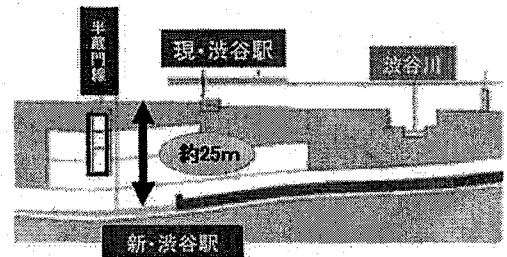


図-3 渋谷駅付近縦断面図

東京メトロ副都心線渋谷駅が明治通りの下に設置されるため、地下化後の東横線は、明治通りと現東横線の間にある渋谷川、民有地の一部と交差し、東急文化会館跡地前の明治通り下で副都心と接続する（図-2）。また、縦断的には、交差する半蔵門線の下に計画されている関係から、ホームが地上より約25mの深さとなっている（図-3）。ホーム形状は、当駅が東武東上線、西武池袋線、横浜高速みなとみらい線等5社線の相互直通運転を行う際の主要駅の一つとなることや、優等列車への対応等を総合的に考慮した結果、2面4線の島式ホームとし、開削工法を用いた3層3径間箱型トンネルの構造で計画を行った（図-4）。

なお、新・渋谷駅はホーム中心を境に東京メトロと当社で事業

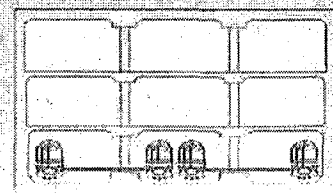


図-4 新・渋谷駅横断面

範囲が分かれており、当社事業範囲の内、ホーム中心から89mの区間については2008年6月に副都心線が開業するために必要な範囲、残りの区間が2012年度の東横線と副都心線の相互直通運転時に必要な範囲となる。

(2) 計画の推移

副都心線先行開業範囲については、上記構造で2002年4月に着手し工事を進めていたが、途中段階で、環境負荷低減を目的とし、換気ダクトを利用して機械動力により強制換気を行う一般的な機械換気方式(図-5)から、動力を使わずに自然の力(熱の自然対流など)を利用して換気を行う自然換気方式(図-6)への変更について検討を開始した。

また、同時期に、新・渋谷駅の意匠設計を委託した建築家安藤忠雄氏より、3層構造の中間スラブ2層に楕円形状の吹き抜けを設ける提案があり、あわせて、構造変更検討を開始した。

地下駅の自然換気を実現させるには、地下から地上まで十分な換気量を賄える開口が必要であるが、設計段階でのシミュレーション結果から、隣接する東急文化会館跡地に「からぼり」状の地下空間を確保することで、当社事業範囲においては十分な換気量を確保できることが確認された。しかしながら、東急文化会館跡地と接続するためには、接続部約40mの範囲で、3層3径間構造から、片側に壁のない3層4径間構造に変更する必要がある。また、3層吹き抜け楕円開口の設置については、視認性の確保が大きな目的となっているため、巨大な開口を設置しながら、極力梁や柱の構造をスリム化する検討が必要であった。

工事はこの時点で、既に土留杭・路面覆工の施工が完了し掘削工事が進捗している状況であった。副都心線開業までの限られた時間の中で、これらの計画変更を実現するためには、仮設構造に制約された本設構造の変更、および、行政協議等を含めた工程・工法の再検討が急務となった。

まず、本設構造の変更条件として、東急文化会館跡地接続部に自然換気開口を設けるため、左右の土水圧のバランスが崩れた偏荷重を受ける状態となる上、同断面に巨大な3層吹き抜け楕円開口を設置する必要がある。土留杭の施工完了により軌道階躯体厚に制約がある中、これらの影響を、通常の横断方向の骨組み構造解析、地下躯体と等価な剛体をもつ縦断方向の骨組み構造解析、はりモデルによる開口補強設計などで評価するのは困難であったため、合理的な地下躯体の設計を行うために3次元の弾性有限要素法解析を導入して評価を行った。その結果、断面ごとの偏荷重を考慮した変則的3層4径間にすることで、自然換気に必要な開口面積を確保でき、3層吹き抜け楕円開口部においては上下の楕円開口面積を変更(上層楕円開口: $22\text{m} \times 13\text{m} \cdot 205\text{m}^2$ 、下層楕円開口: $13\text{m} \times 8\text{m} \cdot 70\text{m}^2$)することで、楕円開口内に梁を必要としない2層にまたがる柱構造の実現が可能となった。

工程・工法の検討においては、土留支保工を一部切梁方式からアースアンカー方式に変更することで、文化会館跡地接続部の掘削進捗に左右されることがなく、本線部分の掘削を進捗させることとした。

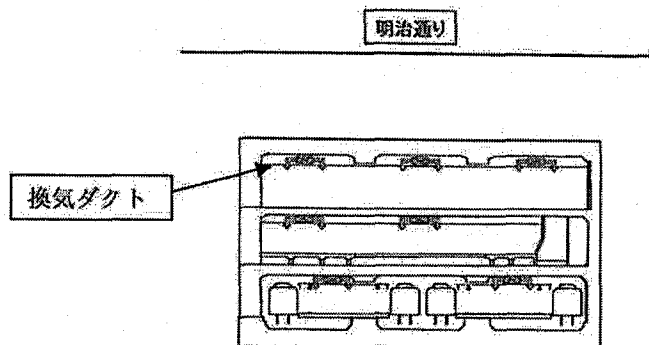


図-5 機械換気方式

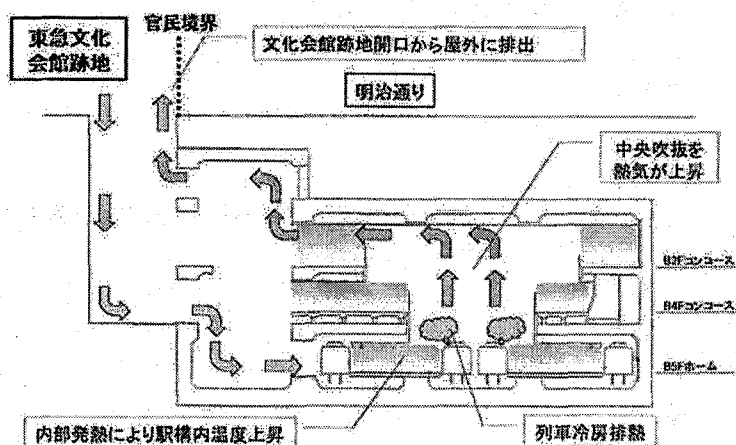


図-6 自然換気方式

その結果、本線部分の掘削を進捗させながら、文化会館跡地接続部の工法検討を行うことが可能となり、工程のロスを最小限とした（図-7、図-8）。

構造・工法が確定した段階で、道路管理者等への行政協議、および、共同使用駅となる東京メトロへの協議を行い、環境負荷低減やランニングコストの削減、駅付加価値の向上等についてのご理解と多大なるご協力をいただき、実現に至った。

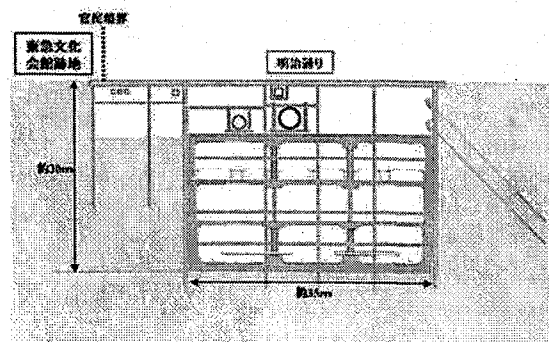


図-7 当初の仮設断面図

3. 渋谷駅計画概要

「自然換気・放射冷房システムの導入による環境負荷の低減」「開放感のある3層吹抜け楕円開口設置による視認性の確保」「地下に作られたもうひとつの建築＝‘地宙船’による地下深くに浮遊する都市文化の創造拠点の創出」等の駅空間の創出については、それぞれの試みが「建築デザインと環境対策の調和」を兼ね備えた計画としても成立している。以下、その具体的な計画について紹介する。

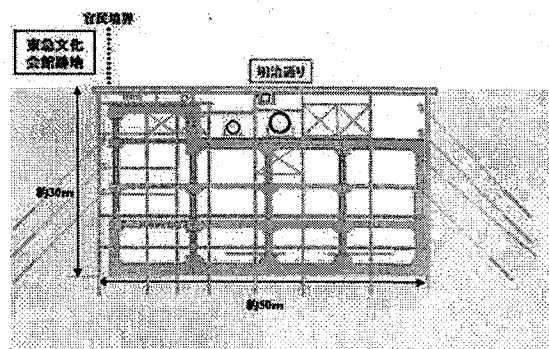


図-8 変更後の仮設断面図

(1) 自然換気および放射冷房システムによる環境負荷の低減施策

a) 自然換気システムについて

前項で記述したとおり、地下駅においては一般的に機械動力により強制換気を行うが、当計画では動力を使わずに自然の力（熱の自然対流など）を利用して換気を行うものであり、隣接する東急文化会館跡地に「からぼり」状の地下空間を確保することにより実現に至った。環境負荷低減効果として年間約1,000tのCO₂削減が可能となると試算している。

b) 放射冷房システムについて

空調計画から見た地下駅空間の特性を列記すると、1) ホーム停車時の列車から大量の排熱が放出される、2) 列車進入時/発車時の列車風による熱ロスが大きい、などが挙げられる。更に今回は自然換気を採用するため換気ダクトを持たない中で、要求される空気環境を確保しつつ使用エネルギー量を削減する手法として放射冷房の導入に踏み切った。具体的には、ホームや天井の仕上材の内側に、冷却チューブ等を配置し、冷水・冷風を流すことで部材自体を冷やす方式となっている

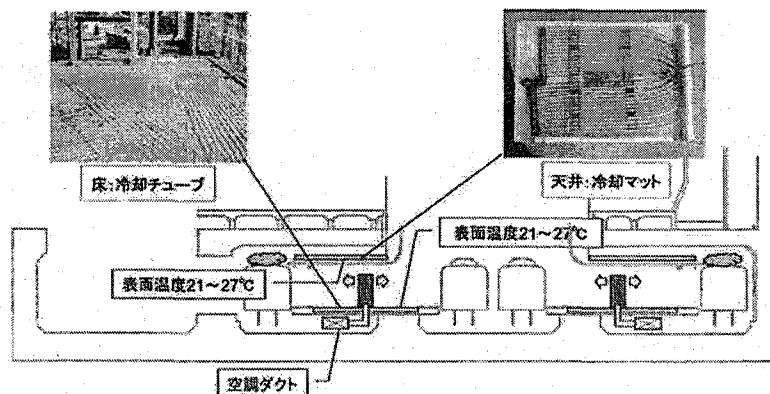


図-9 放射冷房システム

（図-9）。これまで数回にわたる実験を実施し、必要十分な空気環境を確保することを確認した。放射冷房の導入により、電力削減効果として年間100,000kWの効果が期待できる。

(2) 開放感のある3層吹き抜け楕円開口の設置

安藤氏に提案いただいた3層吹き抜け楕円開口部は、図-10の通り3層構造のうち、最下階が軌道階となり、最上階が改札階となる構造であり、吹き抜けを介してホームから改札階、改札階からホームを見渡すことが可能となっており、閉塞的な地下駅空間に安心感とともに方向性、視認性を持たせている。またこの大きな楕円の形をした吹き抜けは、意匠性に優れている点もさることながら、前述した‘対流による自然換気’を効果的に機能させるための有効な通風用開口としても存在意義を発揮している(図-14)。

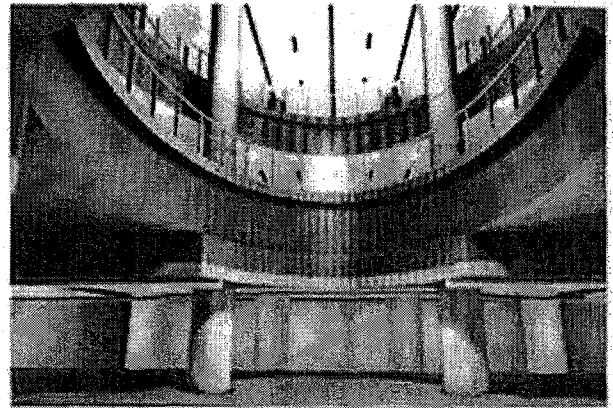


図-10 3層吹き抜け楕円開口パース

(3) ‘地宙船’による地下深くに浮遊する都市文化の創造拠点

今後の渋谷駅周辺開発計画の進捗によって、これまでのターミナルが一変していく。そのキックオフとなる今回の駅計画から推測すると、東京メトロ副都心線の乗り入れ、そして東急東横線渋谷駅の地下化により街の重心が東側へシフトすると考えられる(図-11)。

その新たな渋谷駅の地下空間を大きく2つのエリアに分節し、ひとつは‘北側コア’とし、既存の田園都市線・半蔵門線とのトランジットコアと位置付け、流動促進などを主眼に計画している。そしてもうひとつのコアとして‘南側コア’を位置付けし、渋谷の新名所として心象に残る地下広場空間の演出を主眼にデザインしている。その中で安藤氏からは『地下深くに浮遊する都市文化の創造拠点＝地宙船』を提案いただいた(図-12、図-13)。

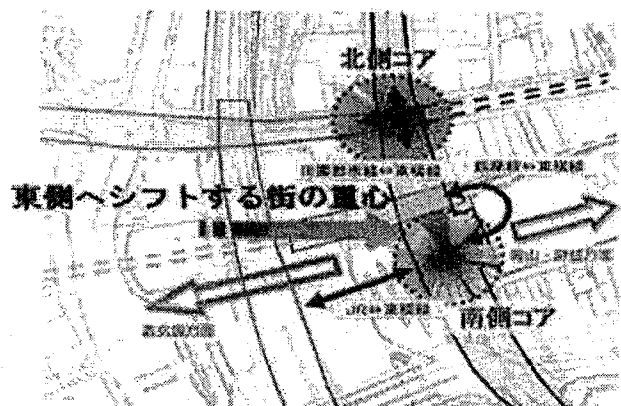


図-11 新ターミナルのエリア構成

‘地宙船’計画とは、明治通りの下を走る土木躯体に長さ約80m、幅24mの長楕円球を駅空間として挿入するものである。この地宙船は、前述の巨大な3層吹き抜けがちょうど中央に来るように設定されており、ホームにあたる最下階とダイナミックに交差する。また今後開発予定の隣接する東急文化会館跡地の新規建物とも連続する立体広場を実現する。地宙船はこの新しい都市空間の核となることが期待されるものである。

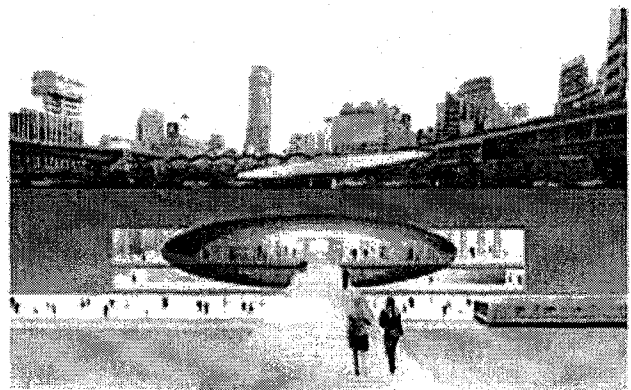


図-12 ‘地宙船’イメージパース

なお、この地宙船はガラス繊維コンクリートで構築しており、ガラス繊維コンクリートの内部を中空に出来ることから、その中空部分を空調ダクトとして活用し、前述した‘天井および壁面を冷却する放射冷房’のためのダクトとしても活用することで、意匠性に優れているばかりでなく、機能性を兼ね備えた建築物と位置づけている(図-14)。

4. おわりに

この新・渋谷駅計画においては、これまでの地下駅にはない新しい試みのひとつひとつをコラボレーションさせることによって、世界にふたつとない駅を創出することができると確信している。このような類を見ない計画を推進することが出来ているのも、前述のとおり、検討段階から様々な方にご協力・ご理解を頂いたからこそである。本事業の推進にあたってご協力いただいている皆様に本誌面をお借りして御礼申し上げます。



図-13 宇宙船パース（宇宙船外から端部を臨む）

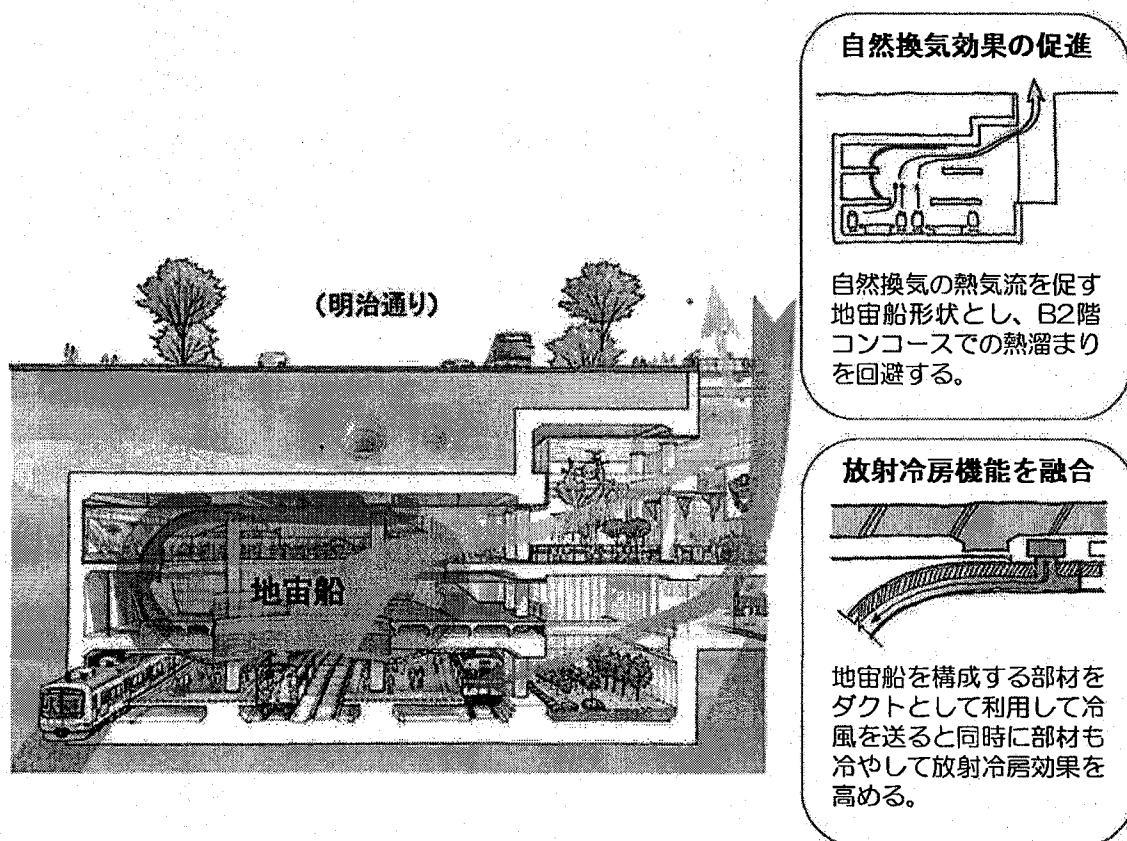


図-14 環境装置としての宇宙船（イメージ）

参考文献

- 1) 織茂宏彰：東急東横線渋谷駅地下化計画，JREA7月号，2007