

特集

都市鉄道の未来を拓く土木の底力

首都圏縦貫！長距離私鉄ネットワークが人をつなぐ。まちをつくる

日本で初めて新橋～横浜間に鉄路が敷かれて150余年。これまでにわが国の鉄道は目覚ましい進化を遂げ、人々の日常や経済を根底から支える屋台骨となった。現在、都市部における鉄道ネットワークは十分に拡充され、成熟期を迎えているようにも見える。しかし、速達性、乗り換えなどの利便性においてはいまだに進化の余地がある。すでに整備されたストックを有効活用し、連携・接続させることで、鉄道は更に高度化する可能性を大いに秘めている。

その一例が3月18日に開業した相鉄線とJR線、および東急線をつなぐ「神奈川東部方面線」だ。新たな軌道は相鉄線の羽沢横浜国大駅から新横浜駅を経由して東急線の日吉駅までの約10kmだが、これにより神奈川から埼玉まで鉄道7社局14路線をつなぐ総延長約250km、私鉄としては最長となる鉄道ネットワークが形成された。その背景には都市鉄道の未来を見据えたスキームと難工事に挑んだ都市土木の胆力があつた。起案から20年余りにわたって展開された新線整備の舞台裏に迫る。



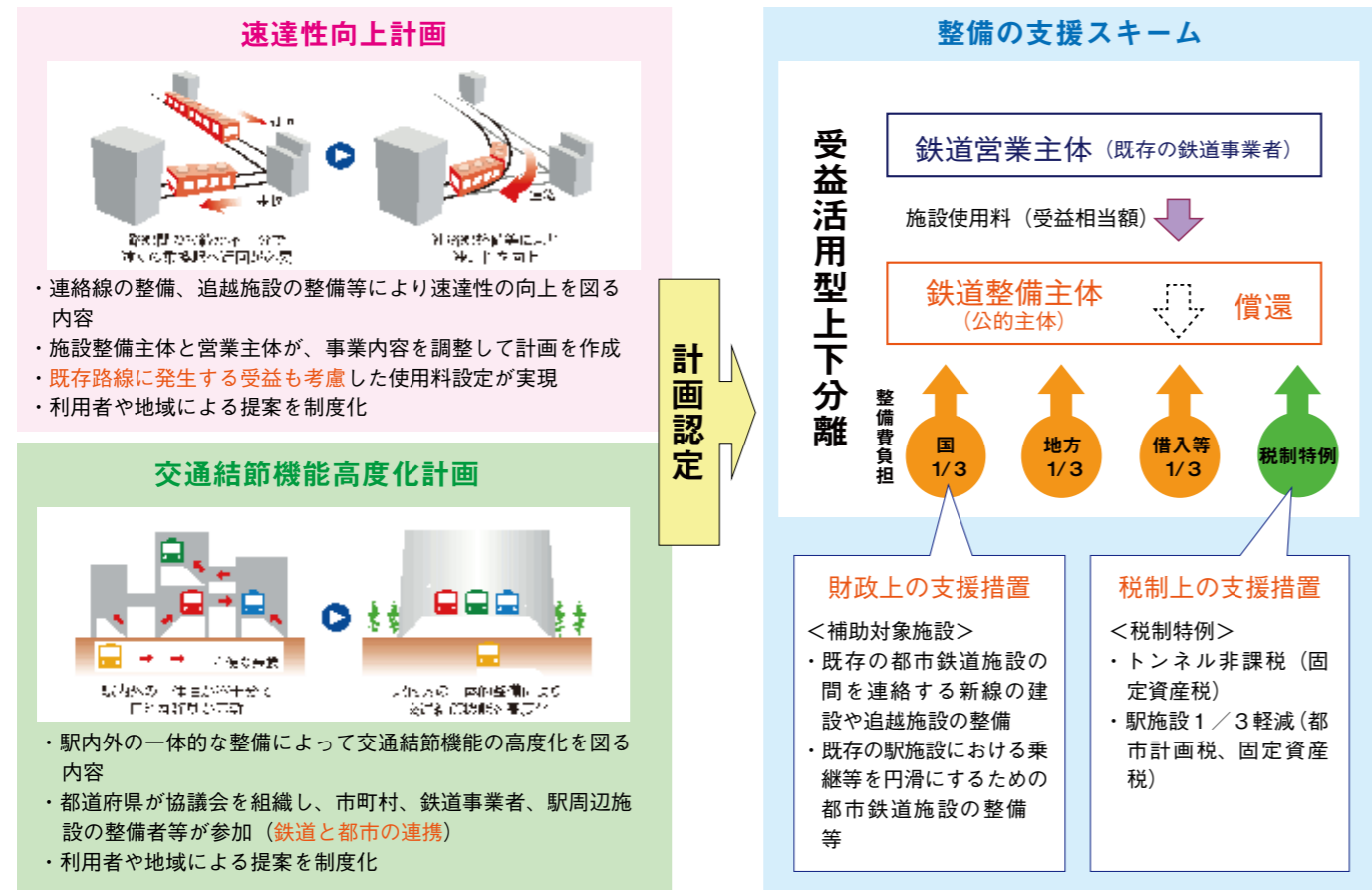
都市鉄道の可能性を広げる

相鉄本線の西谷駅からJR東海道貨物線の羽沢横浜国大駅に至る「相鉄・JR直通線」が二〇一九年十一月に開業した。二〇二三年三月十八日には相鉄線と東急線が接続する「相鉄・東急直通線」が開業。羽沢横浜国大駅から新横浜駅、新綱島駅を経由して東急東横線・目黒線の日吉駅までを結んだ。これによりフィナーレを迎えた神奈川東部方面線の整備事業は、二〇〇五年に施行された「都市鉄道等利便増進法」の嚆矢といえるプロジェクトだ。

相鉄・JR直通線、相鉄・東急直通線は、都市鉄道等利便増進法における速達性向上計画の第一号、第二号案件として認定された（のちに両計画は神奈川東部方面線の計画として統合されている）。二〇一三年二月の新横浜駅新設工事の着工からおよそ一〇年、二〇〇〇年に国の運輸政策審議会（当時）の答申で位置付けられてからは実に二〇年以上の歳月をかけた。

都市鉄道利便増進事業の概要

- 都市鉄道等利便増進法（H17.8 施行）に基づき、既存ストックを有効活用しつつ都市鉄道ネットワークの機能を高度化する施設の整備により、都市鉄道等の利便を増進
- 施設を借りて営業する主体が、施設整備主体に対し、当該施設整備による受益の範囲内で使用料を支払う「受益活用型上下分離方式」を採用



(国土交通省提供資料を基に作成)

路線の位置図と整備効果

整備効果

① 神奈川⇒東京方面への所要時間の短縮

二俣川⇒渋谷の場合

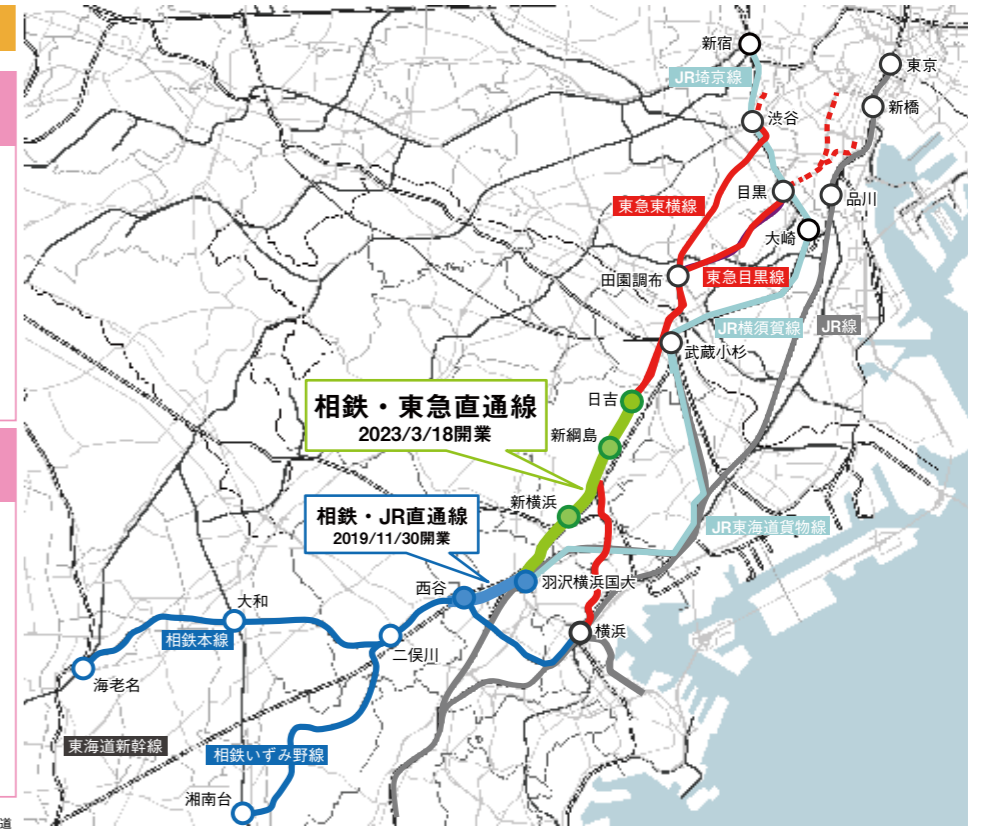
区分	着工前	相鉄・東急直通線開業後
時間	約60分	約39分 約21分短縮
乗換	1回 (横浜駅)	乗換なし
運賃	510円	630円 (うちST線加算運賃110円)

② 新幹線乗換駅である新横浜駅へのアクセス向上

湘南台⇒新横浜の場合

区分	着工前	相鉄・東急直通線開業後
時間	約44分 (横浜市交通局)	約23分 約21分短縮
乗換	乗換なし	乗換なし
運賃	430円	430円 (うちST線加算運賃40円)

※相互直通する鉄道事業者：相模鉄道、東急電鉄、東京メトロ、東武鉄道、東京都交通局、埼玉高速鉄道



(国土交通省・(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構提供資料を基に作成)

この開業により、相鉄沿線から東京都心へのアクセスは容易になり、相鉄線から東急線を経由して東京メトロ副都心線・東武東上線、都営三田線、東京メトロ南北線・埼玉高速鉄道線と神奈川県東部から埼玉県まで相互直通運転が可能となり、広大なネットワークが形成された。また、東京と大阪間の大動脈である東海道新幹線の新横浜駅に乗り換えなしでアクセス可能となる。

この新たな鉄道ネットワークを実現に導く制度設計を担ってきたのが国土交通省鉄道局。都市鉄道政策課の八木橋専門官(当時)にお話を伺った。「日本の都市鉄道は高度経済成長を背景として、新線建設や複雑線化などによる輸送力増強や混雑緩和対策を進めてきた結果、二〇〇〇年代には概成したと言われています。二〇〇〇年代に入ると、路線間の接続が悪い、目的地到達のためには迂回が必要など、都市鉄道ネットワークの機能が十分生かされていないのではないかとこの議論がされるようになりました。この問題を解決したのが、二〇〇五年に新たな制度として制定された

受益の範囲内で施設使用料を負担することから、特に「受益活用型上下分離方式」と呼ばれている。八木橋専門官はこう説明する。「鉄道整備には莫大な費用がかかります。そして、少子化による人口減少などを背景として輸送需要が頭打ちになっていくこと、また関係者も多数となり利害調整が困難なことなどから、鉄道事業者だけに任せていては、プロジェクトの進展が望めない状況でした。そこで、整備主体と営業主体を切り離す受益活用型上下分離方式を導入されました」。この方式を採用したことにより、営業主体は事業費を負担する必要がなく、受益のなから償還することで安定的な営業が可能となる。また整備主体にとつても、事業費の三分の一の負担となり、収支採算性が確保できる。このスキームが関係者の背中を押した。整備主体である鉄道・運輸機構、営業主体である相鉄・東急の間で速達性向上計画が策定され、国の認定を受け、事業が開始された。

神奈川東部方面線の工事の進捗においては、整備主体、営業主体だけでなく沿線の神奈川県や横浜市、

関係する鉄道事業者、そして国も交えて調整をしてきたという。「開業まで紆余曲折がありました。開業すれば課題をクリアすることができると。その都度関係者間で調整を進めてきました。国としては、こういった環境を整え、関係者が連携してプロジェクトを進めていくことに尽力しました」と八木橋専門官は振り返る。

現在、東京圏においては、二〇二六年の交通政策審議会の答申にて、都市鉄道が目指すべき姿を実現するうえで意義のあるプロジェクトとして二〇を超える案件が上がっており、それぞれに意義と課題が示されている。「都市鉄道等利便増進法は、都市鉄道の利便を高めるための整備スキームの一つのツールにすぎません。各プロジェクトを実現するためには、地方自治体や鉄道事業者などの地元関係者が連携して、需要の見通しや収支採算性などの具体的な事業計画の検討を行うことが必要です。国としては、地域の検討状況や踏まえつつ、必要な協力や助言を行ってまいります」。八木橋専門官はそう語ってくれた。

都市鉄道等利便増進法の実効的な手段として導入されたのが「上下分離方式」だ。国と地方自治体がそれぞれ総事業費の三分の一を補助、残る三分の一を整備主体が資金調達して鉄道施設の整備を行う。営業主体である鉄道事業者は施設使用料を整備主体に支払って営業し、整備主体はその施設使用料を原資として借入金を償還する。神奈川東部方面線は、営業主体の相鉄と東急が施設使用料を整備主体である(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構(鉄道・運輸機構)に支払うスキームが採られた。鉄道事業者が受け

た。この開業により、相鉄沿線から東京都心へのアクセスは容易になり、相鉄線から東急線を経由して東京メトロ副都心線・東武東上線、都営三田線、東京メトロ南北線・埼玉高速鉄道線と神奈川県東部から埼玉県まで相互直通運転が可能となり、広大なネットワークが形成された。また、東京と大阪間の大動脈である東海道新幹線の新横浜駅に乗り換えなしでアクセス可能となる。

この新たな鉄道ネットワークを実現に導く制度設計を担ってきたのが国土交通省鉄道局。都市鉄道政策課の八木橋専門官(当時)にお話を伺った。「日本の都市鉄道は高度経済成長を背景として、新線建設や複雑線化などによる輸送力増強や混雑緩和対策を進めてきた結果、二〇〇〇年代には概成したと言われています。二〇〇〇年代に入ると、路線間の接続が悪い、目的地到達のためには迂回が必要など、都市鉄道ネットワークの機能が十分生かされていないのではないかとこの議論がされるようになりました。この問題を解決したのが、二〇〇五年に新たな制度として制定された

関係する鉄道事業者、そして国も交えて調整をしてきたという。「開業まで紆余曲折がありました。開業すれば課題をクリアすることができると。その都度関係者間で調整を進めてきました。国としては、こういった環境を整え、関係者が連携してプロジェクトを進めていくことに尽力しました」と八木橋専門官は振り返る。

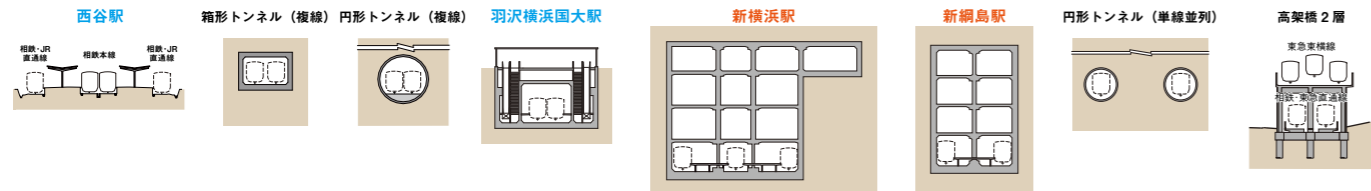
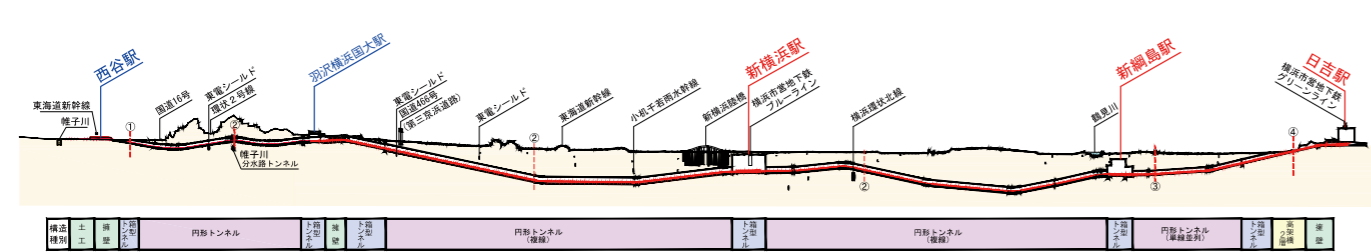
現在、東京圏においては、二〇二六年の交通政策審議会の答申にて、都市鉄道が目指すべき姿を実現するうえで意義のあるプロジェクトとして二〇を超える案件が上がっており、それぞれに意義と課題が示されている。「都市鉄道等利便増進法は、都市鉄道の利便を高めるための整備スキームの一つのツールにすぎません。各プロジェクトを実現するためには、地方自治体や鉄道事業者などの地元関係者が連携して、需要の見通しや収支採算性などの具体的な事業計画の検討を行うことが必要です。国としては、地域の検討状況や踏まえつつ、必要な協力や助言を行ってまいります」。八木橋専門官はそう語ってくれた。

都市鉄道等利便増進法でした」。

整備と運営を完全に切り離す

国土交通省 鉄道局 都市鉄道政策課 専門官(当時) 八木橋 誠 Makoto Yagihashi

相鉄・東急直通線の整備概要



(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構提供資料を基に作成



独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
東京支社長(当時)
蓼沼 慶正 Yoshimasa Tadenuma

え、都市土木の宿命ともいえる軟弱な地質に起因する問題が想定以上に頻発し対応に追われた。新たな工法を果敢に導入してハードルを乗り越えてきたが、開業二年前の時点でまだトンネルを掘っている状況だった。「予定どおり開業することは至上命題。土木、軌道、設備、電気と関係するすべての施工者に毎日のように足を運びご協力をお願いしました。とにかく私どもの意気込みをお伝えしながらこの事業の重要性を現場と共有し、ひたすら打ち合わせを繰り返す日々でした」と蓼沼支社長は話す。相鉄・東急直通線は二〇一七年に、開業予定を二〇一九年四月から二〇二二年下期に先送りする決断を余儀なくされた経緯がある。これ以上の遅延は許されない状況だった。「この

新線の開通を見越して住宅を購入した方もいらつしやるかもしれません。開業予定の再延長は通学や通勤の利便性向上を期待していた方々に対する背信行為になると考えていました。検討できることはすべて検討しました。当機構と施工者が有する技術のすべてを投入して開業を全うすることができました」と蓼沼支社長は胸をなでおろす。

現場に対する負荷はかつてないほど大きなものとなったが、それでも予定どおり開業を達成した。蓼沼支社長はこの事業に携わったすべての施工者に謝意を隠さない。「施工者と事業の意義を共有できたことに感謝しています。互いに技術と知恵を出し合うこと、受発注者の垣根を越えて意見を聞かせることが今後の建設業に求められる姿勢だと考えます。そして誠意と情熱。どんなに優れた技術があってもこの二つがなければ難事業を成功に導くことは難しいと改めて認識しました」。真摯な姿勢で熱意を持って向かい合うことで双方が大きく成長することもであると蓼沼支社長は話す。

「東京圏の都市鉄道が目指すべき姿」を実現する上で意義のあるプロジェクト

国際競争力の強化に資する鉄道ネットワークのプロジェクト

1. 都心直結線の新設 (押上～新東京～泉岳寺)
2. 羽田空港アクセス線の新設及び京葉線・りんかい線相互直通運転化 (田町駅付近・大井町駅付近・東京テレポート～東京貨物ターミナル付近～羽田空港、新木場)
3. 新空港線の新設 (矢口渡～蒲田～京急蒲田～大鳥居)
4. 京急空港線羽田空港国内線ターミナル駅引上げ線の新設
5. 常磐新線の延伸 (秋葉原～東京 (新東京))
6. 都心部・臨海地域地下鉄構想の新設及び同構想と常磐新線延伸の一体整備 (臨海部～銀座～東京)
7. 東京8号線 (有楽町線)の延伸 (豊洲～住吉)
8. 都心部・品川地下鉄構想の新設 (白金高輪～品川)

地域の成長に応じた鉄道ネットワークの充実に資するプロジェクト

9. 東西交通大宮ルートの新設 (大宮～さいたま新都心～浦和美園 (中量軌道システム))
10. 埼玉高速鉄道線の延伸 (浦和美園～岩槻～蓮田)
11. 東京12号線 (大江戸線)の延伸 (光が丘～大泉学園町～東所沢)
12. 多摩都市モノレールの延伸 (上北台～箱根ヶ崎、多摩センター～八王子、多摩センター～町田)
13. 東京8号線の延伸 (押上～野田市)
14. 東京11号線の延伸 (押上～四ツ木～松戸)
15. 総武線・京葉線接続新線の新設 (新木場～市川塩浜付近～津田沼)
16. 京葉線の中央線方面延伸及び中央線の複々線化 (東京～三鷹～立川)
17. 京王線の複々線化 (笹塚～調布)
18. 区部周辺部環状公共交通の新設 (葛西臨海公園～赤羽～田園調布)
19. 東海道貨物支線貨客併用化及び川崎アプローチ線の新設 (品川～東京テレポート～浜川崎～桜木町、浜川崎～川崎新町～川崎)
20. 小田急小田原線の複々線化及び小田急多摩線の延伸 (登戸～新百合ヶ丘、唐木田～相模原～上溝)
21. 東急田園都市線の複々線化 (溝の口～鷺沼)
22. 横浜3号線の延伸 (あざみ野～新百合ヶ丘)
23. 横浜環状鉄道の新設 (日吉～鶴見、中山～二俣川～東戸塚～上大岡～根岸～元町・中華街)
24. いずみ野線の延伸 (湘南台～倉見)

駅空間の質的進化に資するプロジェクト

◇広域的な交通ネットワークの拠点となる駅におけるプロジェクト

- [1] 成田空港駅・空港第2ビル駅
- [2] 品川駅
- [3] 浜松町駅
- [4] 大宮駅
- [5] 新横浜駅
- [6] 橋本駅

◇国際競争力の向上が求められる地域の拠点となる駅におけるプロジェクト

- [7] 新宿駅
- [8] 横浜駅

◇駅まちマネジメント (駅マネ) の取組が特に期待される駅

- ・国際競争力の強化に資する駅
日暮里駅、東京駅・大手町駅・日本橋駅 等、
渋谷駅、池袋駅、新橋駅・有楽町駅・銀座駅 等、
蒲田駅・京急蒲田駅 等
- ・地域活力の創出に資する駅
町田駅、川崎駅・京急川崎駅、千葉駅、柏駅、春日部駅 等

より質の高い東京圏の都市鉄道ネットワークを構築していくという観点から、国際競争力の強化に向けて8事業、地域の成長のためのネットワーク拡充として16事業があげられている。(国土交通省提供資料を基に作成)

都市土木の最先端を目指す

神奈川東部方面線は都市鉄道等利便増進法に基づく速達性向上事業の第一号案件であり、この制度では、整備主体と営業主体を分離し、営業主体が受益に応じて算定される施設使用料を整備主体に支払う「受益活用型上下分離方式」が採用されている。各鉄道会社が建設コストの負担を回避しつつ、路線の高度化を果たすモデルとなる事業の意義を、整備主体である鉄道・運輸機構の蓼沼慶正東京支社長(当時)はこう語る。「鉄道事業者のモ

チバージョンを高めることにより、新線が整備され速達性や利便性が向上することはもちろんですが、新たな鉄道ネットワークの形成により地域間の連携や経済の活性化が図られ、沿線全域の発展が促されることとなります。つくばエクスプレスの開通を見ても、沿線は想定以上の効果を上げつつある。新線から始まる未来にも大きな期待を寄せています」。沿線住民からは見学会やフォーラムなどで期待感や未来への夢が語られることも多かった。その期待感を直に受け止めてきたという。

工事はそのほとんどが市街地や住宅エリアで展開された。安全施工、環境保全、近隣住民への配慮といった都市土木にまつわる課題は従来にも増して多く、慎重な対応が求められた。実際の工事を担う施工者との連携もおのずと強固なものとなった。

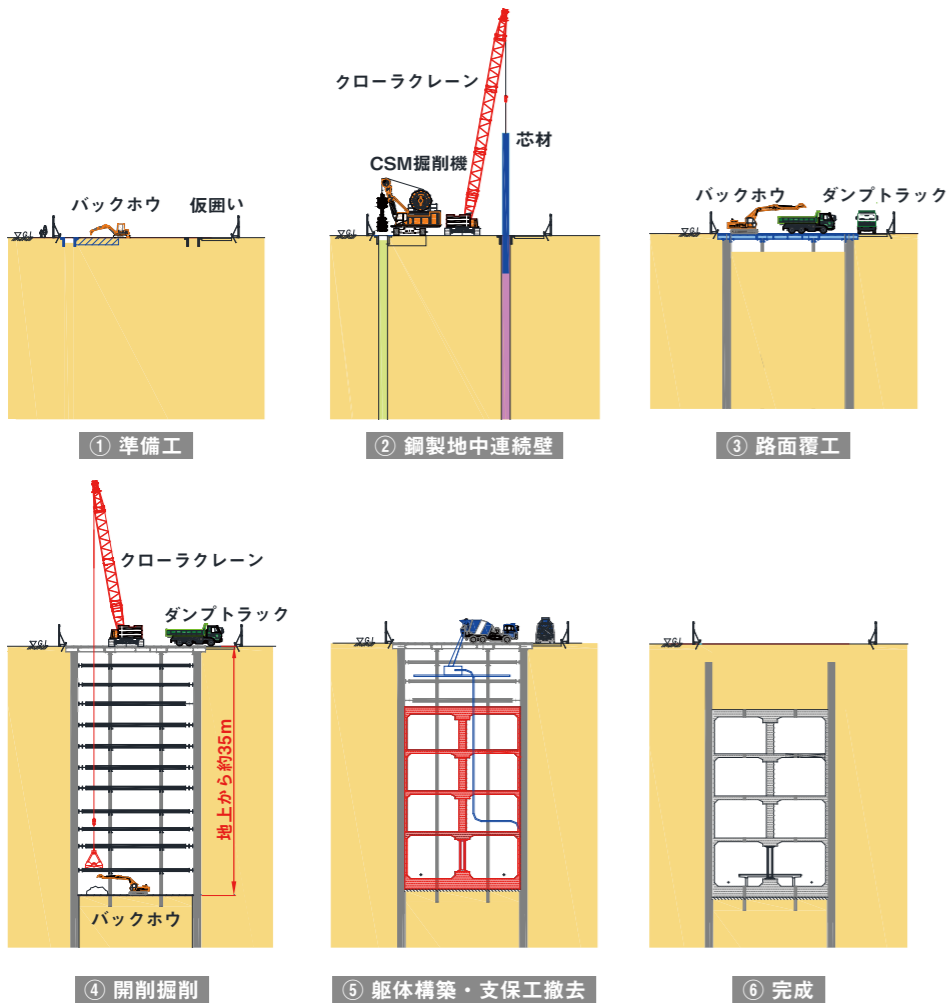
新綱島駅は大深度での構造物構築という難工事だが、資機材搬入用の開口部が限られていた。住宅街に立地する施工ヤードで長さ二五メートルのレールを地下四階の軌道階まで

一本ずつ、合計約六〇〇本を一月かけて搬入した。輻輳する土木、軌道、建築や電気といった各工事の工程調整は精緻を極めた。新横浜駅工事では環状二号線の車道部に作業ヤードを設けざるを得ず、交通に極大影響を与えないよう一週間に単位で車線規制範囲を切り替えながらの施工となった。蓼沼支社長はこう振り返る。「市街地での地下工事ならではの苦労がこれまで以上にあったように思います。受発注者の垣根を越えた一体感がなければ施工はより困難なものになったでしょう」。安全確保においても土木、軌道、建築や機械、電気といった分野、工区を横断して施工情報の共有を綿密なものとし、事故防止に取り組んだ。その結果、相鉄・東急直通線の工事では延べ労働者が一〇万人、延べ労働時間は八三〇万時間に達したにもかかわらず死亡事故ゼロを達成した。

最大の課題は工期だった。用地取得に多大な時間を要したことに加

誠意と情熱で乗り越える

最大の課題は工期だった。用地取得に多大な時間を要したことに加



吉駅へ戸田JVが掘進。北側は到達側の立坑で、単線シールドマシンが方向を一八〇度回転させて戻ってくる。現場の両側でトンネル工事が展開されているにもかかわらず駅工事などでは使える開口部は二カ所しかありません。資機材の搬入には綿密な調整が必要でした。各社が団

大深度CSM連壁の限界値に挑む

結して総力戦を展開する現場。豊田副所長の口ぶりから施工の困難さが容易に想像できた。

連壁の構築にはCSM工法が採

地域の期待を一身に集める新駅

株式会社安藤・間



地下空間に駅舎を構築する函をつくる

相鉄・東急直通線の開通に伴い新設されたのが「新網島駅」だ。東急東横線網島駅から東へ約一五〇m、ここに新たな地下鉄駅が誕生した。駅延長約二四〇mのうち二〇五mを掘削工法で整備した。幅約一三・七から二五m、深さ三五mにRC四層構造(一部二層)の駅舎を

新網島駅位置図



構築するために地上から四〇m近く地面を掘り下げた。駅が構築される巨大な函を地中につくる、大深度における構造物の土木工事を担った安藤・間JVの石田副所長と豊田純副所長にお話を伺った。石田所長は工事の特徴についてこう説明する。「鋼製地中連続壁(連壁)で土留めをし、これを残置して駅舎本体に利用します。現場は住宅エリアでヤードの確保が困難なうえ、駅の両サイドがトンネルを掘るシールドの発進立坑。二本のトンネル工事と連壁工事、これらに付随する現場で工程管理が非常に重視される現場でした」。

石田所長は工事終盤でシニア世代を迎えた豊田元所長(現副所長)から指揮官の職を引き継いだ。着工当時からこの現場を知る豊田副所長は「意地悪な現場」だったと笑う。「南側へ奥村JVが新横浜駅に向けて掘り進めて、同時に北側の日



安藤・間・不動テトラ・日本国土・奈良相鉄・東急直通線・新網島駅他特定建設工事共同企業体 新網島作業所 所長

石田 宏 Hiroshi Ishida

用された。水平多軸回転カッター(Cutter)を擁する掘削機で土(Soil)とセメント液を攪拌(Mixing)しながら掘り下げ、そこに鋼製連壁部材(NS-BOX)を接合しつつ建て込み、地中に壁体を造成する。従来の工法と比較して地下構造物の本体として活用できるほど止水性の高い高品質な壁体が構築でき、プラント設備もコンパクトで狭い現場に適している。「従来のRCによる連壁施工よりも壁厚が半分程度ですから、施工用地の確保にも有効です。更に、掘削機の高さは六mほどの低空頭なので周囲のマンションにお住まいの方への圧迫感が低減できます。精度も高く、工期も短縮できる。CSM工法の施工深度は約六〇mですが、今回は五八mまで掘りました。大深

度施工では稀有な事例になります」と豊田副所長は説明する。大掛かりな既設の地下構造物は都市土木としては比較的少なかったが、下水管などは埋設されている。これらの埋設物を避けるため垂直方向に掘削したあと、地下構造物の下に逃げるように水平方向に向きを変える透かし掘り工法が採用されることが多いが、この現場ではそのための設備を入れるスペースを確保することが難しかった。「透かし掘りのために近接する生活道路を通行止めにしたくなかったので、地上から開削して管を吊り、防護したうえで掘り下げ、構台を組んでそこに掘削機を下ろして施工しました。この現場ではそうした創意工夫が数えきれないほど施されています」と豊田副所長は話す。

もはや

令和の現場ではない

新網島駅の着工は二〇一三年十二月だ。準備工を終え連壁に着手したのは二〇一五年。豊田副所長は当初からこの現場を任された。やは



上／開業当日の新網島駅。多くの鉄道ファンが集まった。(提供：東急株)
下／困難な施工条件のもとでの尽力と多大な貢献に、鉄道・運輸機構の寺田吉道副理事長(写真左)から五味宗雄取締役副社長へ感謝状が贈呈された。

更なる受発注者の連携を目指したい

難しい現場だからこそ得られる知見も少なくなかったのではないかと。そう尋ねると豊田副所長は設計的に重要性をあげた。設計が技術的に適正かつ正確になされているかを事前に確認する設計照査は受注者が担うことが多いが、受発注者双

方がその重要性を再認識して設計段階から連携することが今後重要になるだろうとこう話す。「今回の工事は地盤や埋設物などについて想定外のことがありました。発注者側、受注者側にかかわらず建設業界の人材が減少傾向にあるなか、着工前の設計段階で両者が情報を共有し、連携して照査する。今後、そうした環境をつくることでできれば

理想的だと思えます」。

石田所長もこう振り返る。「階層のある駅舎という構造物を構築する工事は初めてでした。仮設工事は最新技術を駆使して手順を追っていけばできるものですが、発想をより柔軟にして資機材を転用する、先を読んでタイミングを見極めるといった工夫を重ねれば、更に無駄なく精度の高い仕事ができると身を

もって知ることができました。個人的にも今後の土木、施工に生かすことができます。貴重な体験になりました」。

三月十八日の開業日早朝の新網島駅は、五時十二分発の一番列車、浦和美園行の雄姿を見届けようと多くの鉄道ファンや沿線の住民が駆けつけ、さながらラッシュ時間帯の状態だったという。「かつて、ネットには予定された期日の開業に懐疑的なコメントもありました。それでも多くの皆さんが開通を祝福してくださいました。駅を構築しただけではなく、まち自体が将来に向けて発展していく、その事業の一端に携わることができたことを心から嬉しく思っています」と石田所長は話してくれた。

実は開業直後の取材時点でも新網島駅の工事は一〇〇％完工したわけではなかった。駅周辺の外構、道路などの施工が一部残っているという。その工程を終えて初めて新駅の完成となる。その時まで緊張感を保ちながら現場に立ち続けると二人は気を引き締めていた。



低空頭の掘削機で周辺への圧迫感を低減した。

り工期は想像以上に厳しかったところ回想する。「地下の駅舎を構築する器が出来上がらないと、電気や設備など次の工事が始められません。その躯体を構築する仮設工事は常に工期リミットをにらんだものになりました。シールド工事でヤードの一部を開放する必要もあった。工期はかつて経験したことがないほど厳しいものでした」。

なかつた」と豊田副所長は話す。

所長のタスキを受け取った石田所長は豊田副所長が持つ引き出しの多さに驚いたという。数々の難工事的成功に導いてきた豊田副所長

だからこそ成せる現場だったという話す。「数々の難題に対して通常では考えられないような仮設のアイデアを次々と繰り出していただきました。なるほどそうすれば現場は前へ進むよなと、何度思ったことか。ほぼ毎日、発注者である鉄道・運輸機構と激論を交わすような打ち合わせをしている姿が強烈に印象に残っています」。数々の提案の先にある検討結果さえも想定して代替策まで懐に秘めていたという。豊田副所長のその気概が発注者を含めた関係者全員に伝わっていたからこそ達成できた工事だったと、石田所長は思い返している。

豊田副所長は「もはやシステムティックな令和の現場ではなかった」と笑う。「とにかく携わる施工者が多い現場です。我々だけではなく全員が開業に向けて志を一つにしていきました。日夜、関係者が喧々諤々議論を繰り返す昭和の現場の匂いがした。懐かしかったですね」と言って破顔した。それでもこれだけの急速施工で重大な災害が起きなかつたことに、関係者に向けて心から感謝していると話した。



上／地上の狭い開口部から軌道工事の資機材を搬入する。
下／ホームのコンクリート打設の様子



安藤・間・不動テトラ・日本国土・奈良相鉄・東急直通線、新網島駅他特定建設工事共同企業体 新網島作業所 副所長

豊田 純 Jun Toyoda

世界初の ハイブリッドトンネル

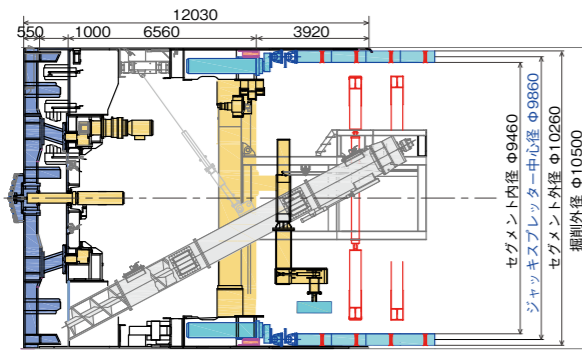
大成建設株式会社



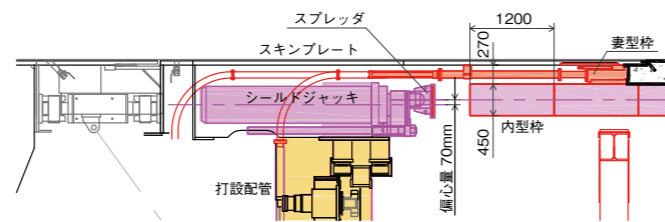
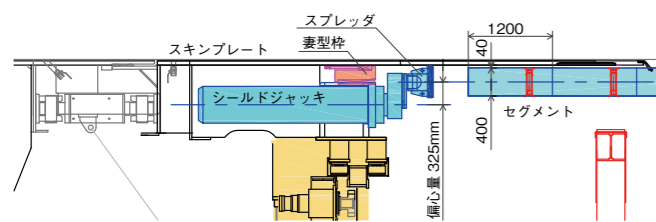
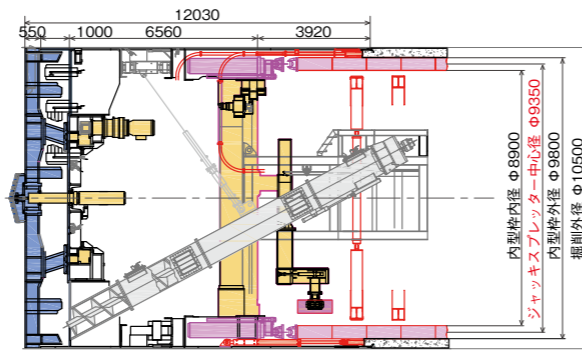
(写真提供：(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構)

セグメントとSENSの併用

羽沢シールドマシン（シールド設備）



羽沢シールドマシン（SENS設備）



シールド区間でジャッキが押すセグメントとSENS区間で用いられる内型杵では構造が異なる。内型杵はシールドジャッキの押し当て位置がセグメントよりも口径内側になるため、荷重をかけるジャッキのスプレッドも内側に移動させる必要がある。(大成建設提供資料を基に作成)

セグメントとSENSの コラボレーション

相鉄・東急直通線はその路線のほとんどが地下軌道を走る。羽沢横浜国大駅と新横浜駅間も地下トンネルで結ばれた。この羽沢トンネルの延長は約三、五〇〇㍎。開削工事による箱型トンネル一五〇㍎、シールドで掘進した円形トンネル三、三五〇㍎からなる。施工区間の特徴としてあげられるのが既設地下構造物の多さだ。環状二号线、東海道新幹線などの橋脚基礎部、水路や汚水幹線といった埋設物が縦横に交差、近接する。こうした多数のインフラ施設に影響を与えることは絶対に避けなければならない。施工は厳格な管理体制のもと慎重に進められた。

こうした現場状況を考慮して導入されたのが、セグメントを使用するシールド工法と鉄道・運輸機構が開発した*SENSの併用だった。あらかじめ工場製作されたセグメントをシールドマシン内部でリング状に組み立て土圧に対応する工法に加え、セグメントの代わりに内



大成・東急・大本・土志田
相鉄・東急直通線、羽沢トンネル他特定建設工事共同企業体 羽沢トンネル作業所
作業所長(当時)

湯上 繁信 Shigenobu Yugami

型杵を設置して掘進と同時に地山と内型杵の空隙にコンクリートを直接加圧充填する場所打ちライニング工法、SENSを切り替えながら掘り進んだ。一次覆工構築後、防水シートを施してコンクリートの二次覆工を行う。この二種類の工法を併用したのは羽沢トンネルが初の事例となる。

現場を率いた大成JVの湯上繁信所長(当時)はこう説明する。「土被りが六㍎ほどしかなく、かつ、地下構造物が多数存在する発進側と到達側を実績のあるセグメントで、土被り一八㍎以上の地盤が安定している区間は経済性が高いSENSを採用するハイブリッド工法です。理論上はSENSでも全体を掘削することは可能ですが、想定外のリスクを回避するために併用が

採用されました」。鉄道・運輸機構で検討委員会を立ち上げ、理論と技術を詳細に検討して着工したという。

地中でトランスフォームする シールドマシン

SENSによる鉄道トンネル掘削は羽沢トンネルが国内で四例目だ。三例目は先に開通した相鉄・JR直通線の西谷トンネル。これが都市土木で採用された初の事例だった。「西谷トンネルで使用したシールドマシンを解体、再整備して羽沢トンネルで再利用しました。羽沢トンネルの発注時期や施工条件を勘案し一台の掘削機で二本のトンネルを掘ること大きくコストを抑制することができました。更に、SENSとセグメントを併用した。この二点が羽沢トンネルの大きな特徴です」と解説するのは大森裕一副所長(当時)だ。

しかし、SENSとセグメントは大きく施工法が異なる。両工法を併用するためにはシールドマシンを改造する必要があった。今回は新

に開発した換装技術でこの課題をクリアした。セグメント区間では、シールドジャッキが後方に構築されたセグメントを押すことで掘進する。一方、SENS区間でジャッキが押すのはコンクリートを打設するための内型杵だ。「内型杵は地山との間にコンクリートを充填するため、その分反力をとる位置がセグメントよりも内側になります。シールドジャッキは固定したまま、荷重をかけるスプレッドだけを回転、上下させて位置を二五〇㍎ほど変えられるよう換装技術を開発しました。画期的な技術だと思えます」と大森副所長は話す。

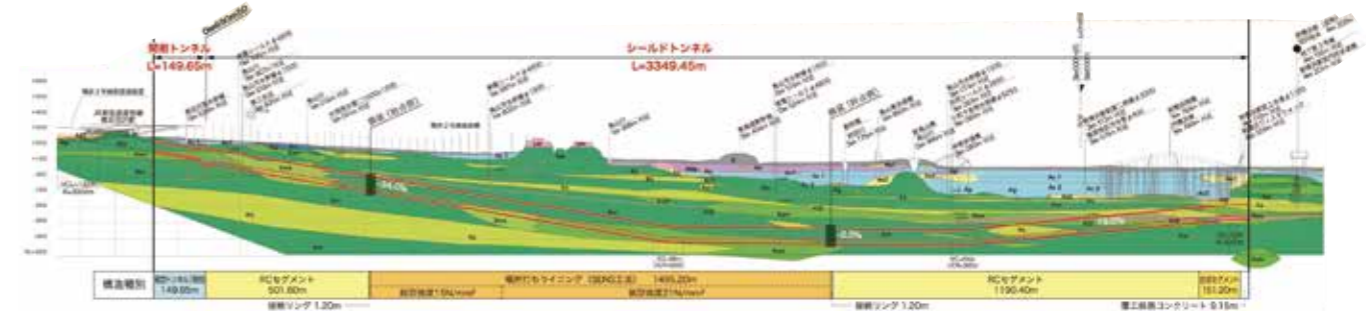
更に、セグメント区間ではシールドジャッキとスプレッドの偏心量が非常に大きくなる。「偏心が大きいとセグメントを外側に押し広げようとする力が作用し、後方のセグメントのジョイント部に力が集中してクラックの原因になります。その力をセグメントの外側のスキンプレートに預けて相殺させるために、ジャッキロッドに摺動板という装置を設置しました。とてもシンプルなアタッチメントですが今後のシールド

*SENS(センス)：シールド(S)、場所打ちライニング(E)、NATM(N)を組み合わせたシステム(S)のこと。



上／SENSからシールドへの換装地点。左の写真手前がSENS、奥がセグメントで構築されている。右は換装地点での覆工作業の様子（写真提供：大成建設株）
下／セグメント区間の施工の様子。搬入されたセグメントは切羽に運ばれ順次組み立てられていく。（左写真提供：(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構、右写真提供：大成建設株）

羽沢トンネル地質縦断面図



発進・到達側はセグメント、地盤が安定している区間はSENSを採用。自動車専用道である第三京浜の陸橋基礎、横浜市の主要幹線道路である環状二号線の高架橋基礎、東海道新幹線などと近接しながらの掘進となった。（大成建設株提供資料を基に作成）

新線沿線の 未来を拓く仕事

「ドに十分生かせる技術です」と湯上所長は解説する。
こうした創意工夫で大きく異なる二つの工法を一台のシールドマシンで全うできるようにした。換装技術の基本設計は鉄道・運輸機構と三菱重工(株)が担った。しかし施工例がなかったため詳細な仕様変更などは実際の現場状況に照らし、大成JVと三菱重工が連携して進めてきたという。



大成・東急・大本・土志田
相鉄・東急直通線、羽沢トンネル他特定建設工事共同企業体 羽沢トンネル作業所副所長(当時)

大森 裕一 Yuichi Omori

換装は、発進からシールドで五〇〇メートルほど掘り進みセグメントで躯体を構築したところで一回、そこからSENSで約一、五〇〇メートル掘進したあとに二回目をを行い、残る到

達側まで約一、三五〇メートルを再度セグメントで構築した。
SENSは施工性、経済性に優れた技術だが、新たな工法だけにセグメントに比べて現時点で施工事例が数多く蓄積されているとは言えない。また、施工には高い技術力と経験が求められる。羽沢トンネルの現場には、西谷トンネルだけではなく一例目、二例目のSENS施工に携わった技術者、技能者が参集した。「シールドマシンだけではなく西谷トンネルで得られた知見も羽沢トンネルで十分に生かされたと思います。SENSを都市土木に採用するという点にも意義がありました。鉄道の分我々の技術力が問われているという緊張感もありました。鉄道・運輸機構が有するあらゆるデータをご提供いただき検証しながら施工を進めてきた経緯があります」と大森副所長は振り返る。

一方で羽沢トンネルでは前述した通り初となる試みが多様に展開された。すべてが支障なく進捗したとは言いが切れない。工期は他の工区と同様厳しいものになった。トンネル工事は躯体の構築が完了して



完成したトンネル坑内（写真提供：大成建設株）

「鉄道・運輸機構のトンネル工事に対する真摯な姿勢に改めて心を動かされた。現場を共にできたことを嬉しく思います。一人の土木技術者として大きな糧となる経験を積むことができました」。湯上所長はボスポラス海峡トンネルをはじめ数々の地図に残るトンネルを手掛けてきた。シールド工事のベテランをしてそう言わしめる羽沢トンネル。その技術的な価値、事業の意義が言葉ににじんでいた。

「現場が一体となった綿密な掘進計画と施工管理が奏功し、すべての既設埋設物と構造物を健全に保ったまま堅牢なトンネルが貫通。相鉄・東急直通線は開通した。先に開業した相鉄・JR直通線により神奈川県、湘南台から新宿までが直結されました。私も羽沢の現場への通勤でその便利さの恩恵にあずかった一人です。今回の相鉄・東急直通線の開業で速達性、利便性は更に向上します。羽沢地区はもとより沿線全体が活性化し、未来への一歩を踏み出すお手伝いができたことを心から幸せに感じています」と湯上所長は表情を和らげる。路線バスが交通の主体だったこのエリアにおける新線の開業は沿線住民の悲願だった。これを実現に導いた達成感はとても大きいはずだ。

「湯上所長はその想いをこう語る。『鉄道・運輸機構のトンネル工事に対する真摯な姿勢に改めて心を動かされた。現場を共にできたことを嬉しく思います。一人の土木技術者として大きな糧となる経験を積むことができました』。湯上所長はボスポラス海峡トンネルをはじめ数々の地図に残るトンネルを手掛けてきた。シールド工事のベテランをしてそう言わしめる羽沢トンネル。その技術的な価値、事業の意義が言葉ににじんでいた。」

から軌道の工事が始まるのが定石だが、この現場ではいささか様相が違った。一五〇メートルの開削部では躯体の構築と軌道工事が並走する状況だった。施工の統括管理者として工程管理がかつてないほどの重責になったという。「鉄道・運輸機構と当JVはもちろん、関連する施工者全員と緊密に工程会議を繰り返しました。頻出する難題に鉄道・運輸機構の支社、本社がすべての知見を集めて解決に当たる。我々も意欲的に技術力でお応えする。そうした関係性があつたからこそ、何があってもこの現場を完遂するという共通認識を持ち続けることができたのだと感じています」と湯上所長は話す。

二度の換装をはじめ新たな試みには想定以上の時間がかかってしまった。しかし、開業日は決まっていた。遅延は許されない。決められた工期を達成するため場合によっては二四時間体制で対応したという。「掘進のデータを毎日発注者に報告し、工程調整などを提案して採用して助けていただいた局面がいくつかありました」と大森副所長は明かす。