

名古屋市の地下鉄整備

The Subway Construction in Nagoya City

田中良和*・高瀬正弘**・三浦 仁***・浅井慶一郎****

Yoshikazu Tanaka, Masahiro Takase, Hitoshi Miura, Keiichirou Asai

Since the opening of 2.4 km Nagoya-Sakaemachi section in November 1957, the City of Nagoya's subway has steadily extended its operating distance. In January 2000, the No. 4 Line between Ozone and Sunada-bashi was extended and today, with 5 lines covering a distance of 78.2 km, the subway system performs a major role as an excellent means of intra-city public transportation. In the text, we review the subway construction in Nagoya City and the Shield Method as a major construction method, and mention what the subway construction should be in the future.

Key Word : loop line, cooperative construction, horizontal configuration earth pressure-balance shield method, public transportation network

1. はじめに

名古屋市の地下鉄は、道路混雑が続いていた戦後、路面電車やバスに代わる都市交通機関の一つとして、昭和32年に名古屋・栄町間2.4kmを開業して以来順次建設を進め、現在5路線78.2kmを営業し、1日平均112万人に利用され、本市の公共交通機関の中心的役割を担っている。

本市における地下鉄の整備は、平成4年に運輸省の附属機関である運輸政策審議会での答申や、名古屋市の長期総合計画である「名古屋新世紀計画2010」などに基づいて、効率的で調和のとれた総合交通体系の形成を目指して進めている。

また、地下鉄の整備は都市計画事業の一環として、土地区画整理事業や市街地整備事業などの沿線開発とも同調して行われてきた。さらに、地下駐車場やバスターミナルなどの都市基盤施設との一体整備も進められ、限られた都市空間の有効利用を積極的に進めてきた。

特に本市の交通体系は、鉄道網が発達した東京・大阪に比べて自動車等の路面交通への依存が高いことから、鉄道網の整備推進は公共交通への転換促進を図る上で重要なものである。

本文では、これまで本市が行ってきた地下鉄の建設と代表的なトンネル工法の一つであるシールド工法を振り返るとともに、今後の整備のあり方について述べる。

キーワード：環状線、同調施工、複心円シールド、公共交通ネットワーク

- | | | | | |
|------|-----|---------|------|-----------|
| * | 正会員 | 名古屋市交通局 | 技術本部 | 建設部長 |
| ** | 正会員 | 名古屋市交通局 | 技術本部 | 建設部 計画課長 |
| *** | | 名古屋市交通局 | 技術本部 | 建設部 工事課長 |
| **** | 正会員 | 名古屋市交通局 | 技術本部 | 建設部 計画課主査 |

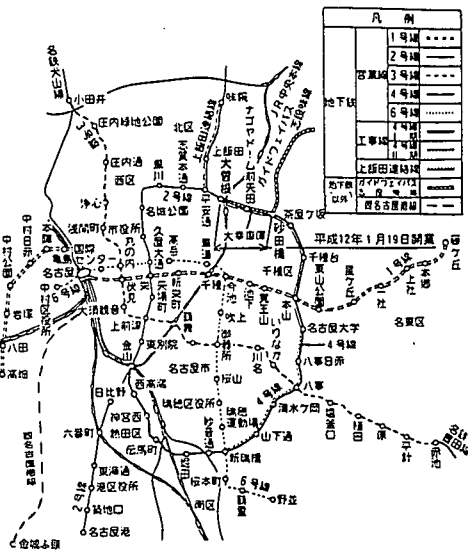


図-1 地下鉄路線網図

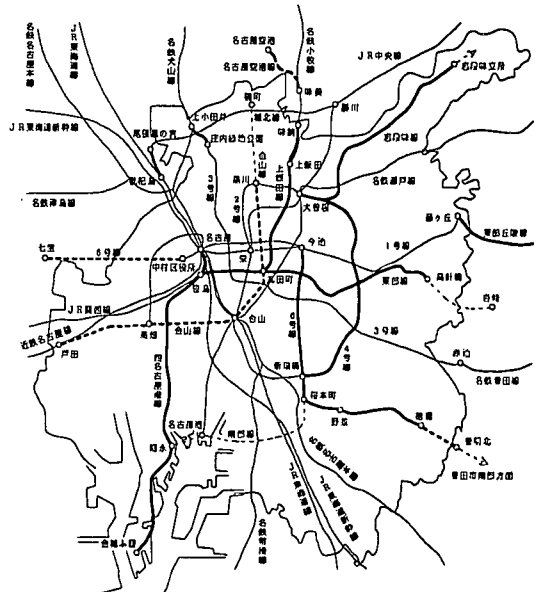


図-2 運輸政策審議会答申路線網図(名古屋市関連)

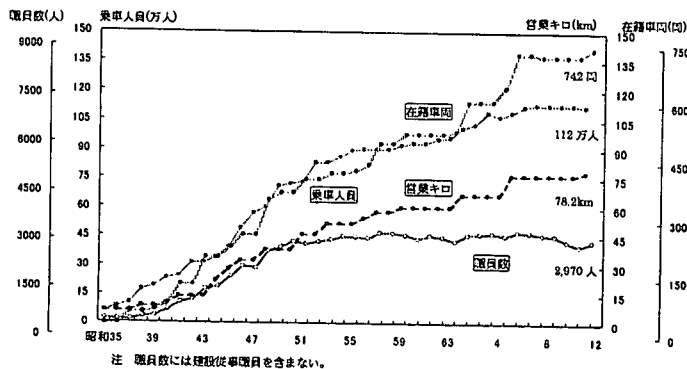


図-3 地下鉄事業の推移

2. 名古屋市の地下鉄の歴史

本市では昭和29年から地下鉄の建設を始め、昭和32年に最初の路線として1号線名古屋・栄町間(2.4 km)を開業した。当時は戦後、市域の約23%が焦土と化し人口は60万人まで落ち込んだ中、戦災復興事業の一環としての整備であった。

また、当時は巨額な資金を必要とすることから、地上にある国鉄名古屋駅東端の未利用ホームを借用して私鉄の地上駅との相互乗り入れを行うため、高架式の検討もされたが、都市の美観、騒音等の問題から現在の地下式に落ち着いた。

この区間は戦災復興土地区画整理事業としても整備され、高速度鉄道用地として確保された幅員37mの将来道路下を露天掘り工法で浅く建設することができた。

昭和40年代にはいと、モータリゼーションの進展により都心部における路面交通量が急増し、交通渋滞の影響のない地下鉄は都市交通の重要な役割を担うようになった。この頃の地下鉄建設は土留杭や路面掘工なしの、いわゆる露天掘り掘削工法から、現代では一般的である土留壁と路面掘工を併用させた開削工法

へと推移する時期でもあった。

当時の代表的な工事として、名古屋市内における観光施設の一つである、テレビ塔下での工事が挙げられる。この工事は、当時、わが国はもとより外国にも例がない近接施工であり、総重量 3,300t を支える4つの塔脚基礎を薬液注入により補強し、アースドリルを使った無振動土留工法、逆巻き工法などの当時の土木技術を結集させてテレビ塔への影響を抑えた。

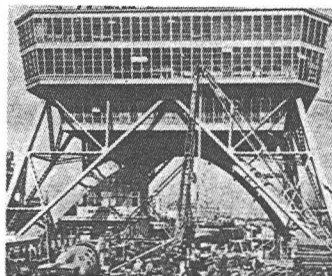
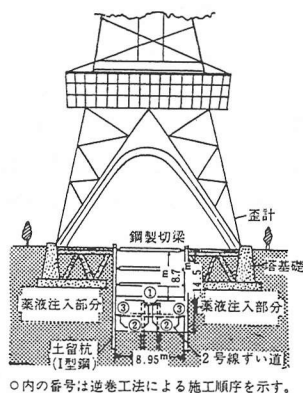


図-4 テレビ塔下の施工状況と断面図

また、この頃から地下鉄建設と並行して、地下駐車場やビル連絡通路などを施工する同調施工も行われるようになってきた。この同調施工は、個々の事業における実施時期などを調整し、地下鉄構造物の上に新たに構造物が築造されることにより、地下鉄側の埋戻しや、同調事業者側の掘削、土留め工事などが縮減できるばかりでなく、地下空間の有効活用を図るうえでも重要な施工方法である。この同調施工の取組みは、現在施工中である4号線砂田橋・新瑞橋間でも受け継がれており、建設費を抑える方策の一つとして、積極的に取り組んでいるところである。

昭和50年頃では、名古屋市周辺都市の人口の増加に伴い、周辺部からの流入交通による渋滞が深刻化するようになった。郊外私鉄路線と地下鉄との接続は、この対策の一つとしても行われている。本市の3号線では、昭和54年に東の終端駅である赤池で名鉄豊田線と、平成5年には西の終端駅である上小田井で名鉄犬山線とそれぞれ相互運転を開始した。また、この区間の東方に位置する植田、原、平針の各駅では、土地区画整理事業と一体となった地下鉄建設が進められ、土地区画整理組合からバスターミナル用地として寄付を受け、市バスとの連携を図った。

昭和60年代の建設工事は、大深度地下工事の連続であった。特に6号線名古屋駅付近の総延長 650mにも及ぶ区間には、既設のユニモールなどの地下街や鉄道の地下線（名鉄本線、地下鉄1号線）等があることから深くなるのと同時に、アンダーパニングの連続施工でもあった。なお、この名古屋駅付近における大規模アンダーパニングの施工で、平成元年度における土木学会技術賞を受賞し、土木技術の進歩と地下空間の有効利用に大きく貢献した。

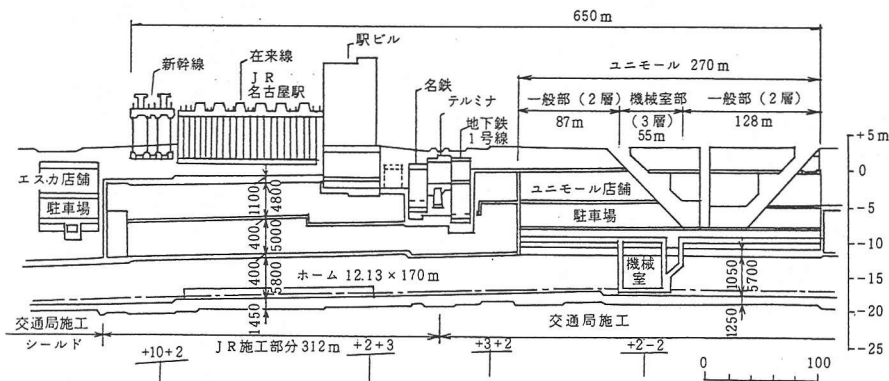


図-5 名古屋駅付近概略図

平成に入り、地価の高騰や密集した地下空間の制約などにより建設費がさらに膨れ上がった。この巨額の建設費を賄う財源には限りがあり、鉄道網の整備推進を図るため、市営地下鉄だけでなく第3セクター方式を取り入れられて進めることとなった。この方法は、従来の公営地下鉄方式による整備のみでなく、名古屋市、愛知県を初め周辺市町など関係自治体や関係鉄道事業者、さらに民間企業と連携して鉄道を整備する方法である。この第3セクター方式により現在、上飯田連絡線味鋺・平安通間、西名古屋港線名古屋・金城ふ頭間の整備を進めており、それぞれ平成14年度及び平成16年度の開業を目指している。

3. 現在建設中の4号線大曽根・新瑞橋間について

4号線は名古屋市北部のターミナルである大曽根から本山、八事、新瑞橋を経由して南の玄関口である金山に至る延長17.5kmの路線である。

この4号線は昭和49年に金山・新瑞橋間5.7km、平成12年1月に大曽根・砂田橋間1.7kmが開業しているが、残る区間が完成すれば、2号線と4号線が一体となって26.4km、50分で一周する地下鉄の環状線が実現することとなる。これは、他都市の環状線と比べると東京のJR山手線より小さいが大阪のJR環状線よりは大きく、東京都営地下鉄12号線（大江戸線）とほぼ同じ大きさである。

この4号線は、都心を貫通する環状路線であり、主要ターミナル駅である大曽根、栄、金山で私鉄と有機的に結接できることから、公共交通ネットワークを拡充強化させることとなる。

この路線の整備は2区間に分割し、第1期工事区間である大曽根・名古屋大学間（6.2km）は事業免許を平成5年4月に取得し、総建設費は約1,850億円を見込んでいる。また、第2期工事区間である名古屋大学・新瑞橋間（5.6km）の事業免許を平成8年4月に取得し、総建設費は約1,300億円を見込んでいる。

事業免許取得後、種々の行政手続きを進め、Ⅰ期工事区間は平成6年7月に大幸車庫の土木工事を、またⅡ期工事区間は平成10年2月に駅の土木工事に着手した。

この路線は、本山駅で地下鉄1号線と、八事駅では地下鉄3号線と交差連絡する。また、大曽根・砂田橋間にはガイドウェイバス志段味線の構造物が地下鉄の上に位置し、さらに、主要な駅には道路管理者（名古屋市）において地下式自転車駐車場が設置されるなど、地下鉄との同調施工を積極的に行っている。

なお、このガイドウェイバス志段味線は、全国で初めて高架専用軌道に案内装置を装備させ、平面道路も走

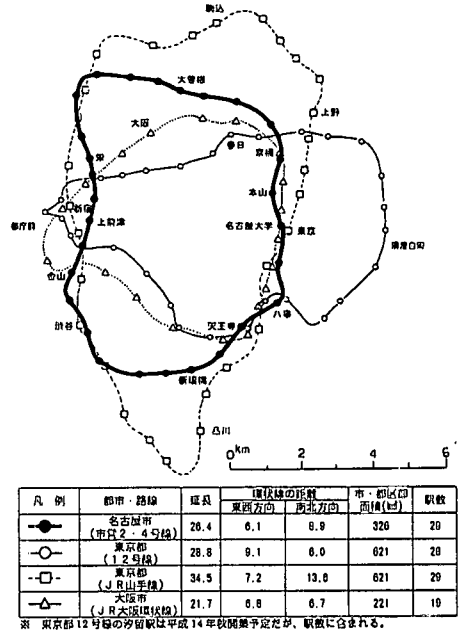


図-6 三大都市環状線の比較

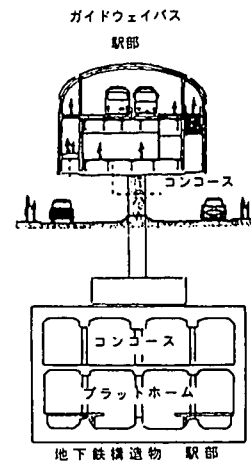


図-7 ガイドウェイバスとの同調施工

また、平成 9 年に完成したナゴヤドームの横には、名古屋で初めてとなる地下車庫（大幸車庫）を設けた。これは、31 編成の留置ができる地下 2 層式のものである。

[illegible]

4. シールド技術の進歩

シールド工法は、開削工法と比較して路面交通の阻害、地下埋設物の防護・移設を最小限とすることができ、また、騒音振動の環境影響もはるかに小さいことから、近年の都市土木におけるトンネル工事（上下水道、地下鉄、道路、共同溝等）において数多く採用されている。最近の地下鉄工事ではシールド工法が、駅間トンネル部はもちろんのこと、地上占用、地下埋設物等の諸条件から駅部にも採用事例が見られるようになっている。

—251—

地下鉄工事では、昭和 35 年（1960 年）に本市の覚王山トンネルが、現在のコンクリートセグメントを用いた円形シールドを全国で初めて採用した。この工事は、住宅の多い丘陵地帯下を 1 番線 388m、2 番線 357m の区間、それぞれ直径 6.58m、6.57m の手掘り式シールドで掘進したものである。約 30m 掘進後、湧水により圧気工法併用への変更を余儀なくされたが、1 日平均 2.5m の掘進速度で無事掘進を完了した。

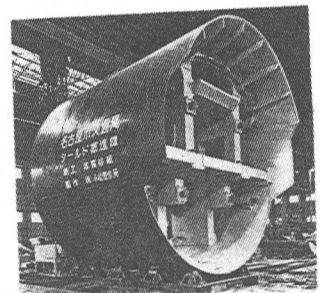
以後、本市の地下鉄建設におけるシールド工事は、圧気工法併用による手掘り式シールドでの施工を順次積み重ね、昭和 52 年には浅間町・丸の内間において初めて機械式密閉型土圧バランス式シールドを採用した。昭和 50 年代からの機械式密閉型シールド工法の開発は、切羽における地下水と地山安定の問題を解決し、手掘り式シールドでは掘進不可能とされていた地盤の掘進をも可能とした。本市も地盤の制約から開削工法での施工以外は不可能とされていた区間にも、シールド工法での可能性が見出せたことから、根本的な施工計画の見直しを行い、昭和 55 年には透水性が極めて高く自立性のほとんど見込めない玉石混じりの砂礫地盤においても、機械式密閉型加泥シールドを採用して掘進を行った。この工事には、河川幅約 800m の 1 級河川庄内川を土被 5.4m で横断する区間もあり、その悪条件から国内のみならず諸外国からも注目を集める掘進であった。以後、本市の地下鉄工事におけるシールド工法は、駅間トンネルの施工法の中心的な存在となることとなった。

昭和 60 年の 6 号線Ⅰ期工事では、泥水加圧式シールドを全面的に採用し、また、上下線 2 線をマシン 1 機で掘進する U ターン工法の施工も行った。さらに、平成 2 年の 6 号線Ⅱ期工事においては、路面沈下等の管理が地下鉄のような大断面では難しいとされていた土圧式シールドにも、発進基地スペースの縮小化の見地から積極的に取り組んだ。また、河川幅約 100m である 1 級河川天白川の横断区間では橋脚への影響を最小とするため、また、道路幅員の制約から、当時としては最大級規模の ϕ 10.48m の複線円形断面シールドでの掘進も行った。

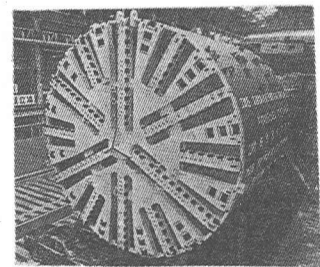
現在本市では 4 号線の建設中であるが、この建設路線における駅間トンネル部も、ガイドウェイバスと平行する区間を除きすべてシールド工法で計画されている。そして、このシールド区間の全 9 区間のうち主に民地下を通過する 7 区間において、鉄軌道としては全国 4 例目の採用事例となる複心円シールドを大々的に採用した。また、残りの道路下の 2 区間においては、掘進延長、駅施設計画、コスト面から、単線並列 U ターンシールドを採用している。

複心円シールドは、単線並列シールドと比較して地上に対する影響範囲を縮小することができ、また、複線円形シールドと比較して、トンネル断面における不要スペースの縮小が可能であり、かつ、立坑の深度も浅くできるという利点を有する。しかしながら、その断面形状からマシンの姿勢制御が円形シールドよりも困難であり、一度ローリングが発生するとその修正も容易ではないことから、掘進管理には細心の注意を払う必要がある。

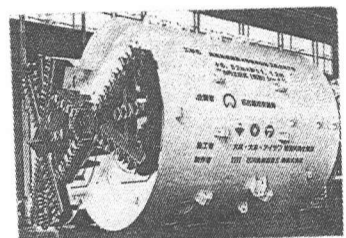
本市が採用した複心円シールドは、主に民地下を通過する 7 区間に採用し、添加材として気泡材を用いる土圧式シールドで、外径 ϕ 6.52m $\times$ W11.12m、同一平面にカッタースポークを 2 基



写真－1 手掘り式シールド機

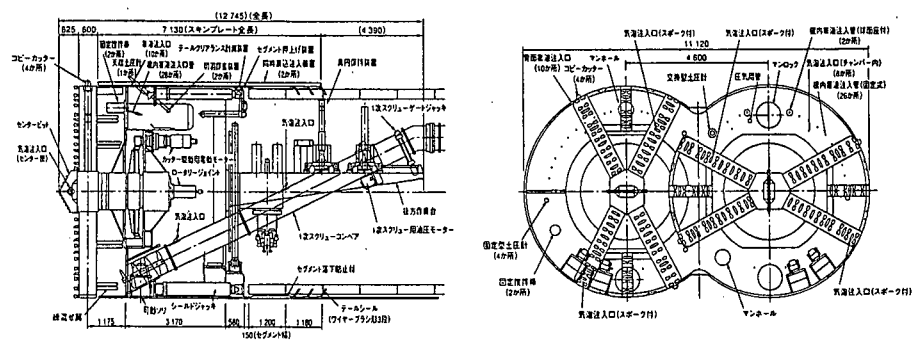


写真－2 複線円形断面シールド機



写真－3 複心円シールド機

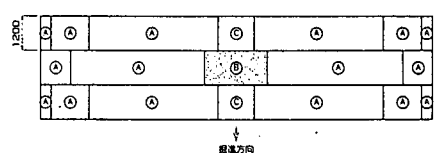
装備するものである。計 32 本のシールドジャッキにて総推進力 68,632kN を確保し、マシン両側の 12 本（片側 6 本）に関しては、ローリング修正ジャッキを採用している。その他のローリング修正対策として、可動ソリを装備するマシンもある。また、半径 200m 以下の急曲線施工となる区間のマシンには中折れ装置が装備されている。なお、地盤変状を最小限にとどめるために、裏込注入方法としては同時注入方式を採用している。



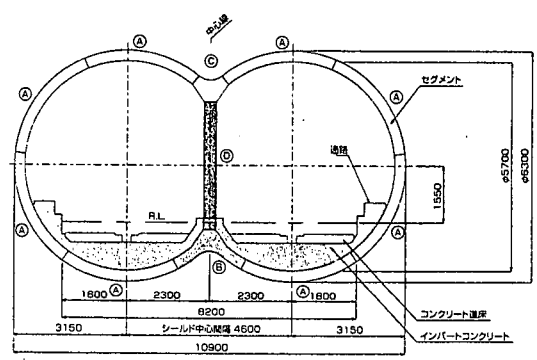
図－9 複心円シールド機概要図

セグメントは、RC セグメント（平板型）とダクタイルセグメント（コルゲート型）の 2 種類を採用している。分割数はいずれも 11 であり、円弧状のものが 8 ピース（A 型）、カモメ状のものが大小各 1 ピース（B、C 型）、柱が 1 ピース（D 型）で構成されている。組立は、下部のカモメ状ピースを組み立てた後、左右の円弧状ピースを順次組み上げ、上部のカモメ状ピースを組み立ててから最後に柱を挿入する。

平成 13 年 9 月の時点において、複心円シールド 7 区間中 4 区間が大きなトラブルもなく無事掘進を完了している。今回の本市におけるこの複心円シールドの施工実績は、今後のシールド技術の発展に寄与することであろう。



図－10 複心円シールドセグメント組立展開図



図－11 複心円シールド標準断面図

5. 今後の地下鉄整備について

名古屋市は平成 12 年 9 月に 21 世紀初頭のまちづくりの指針として「名古屋新世紀計画 2010」を策定し、「誇りと愛着の持てるまち・名古屋をめざして」さまざまな施策を展開していくこととしている。その中で、交通部門については、少子高齢化や地球環境問題などの社会状況の変化を踏まえ、交通基盤整備や交通基盤相互の連携強化、バリアフリー化などを進めるとともに、自動車利用から公共交通機関の利用への転換を促進する TDM を推進するなど、公共交通機関優先の原則に立った総合的な交通政策をすすめることが重要であるとしている。こうした施策の方向性からも地下鉄は、基幹的公共交通として整備の推進が望まれるが、新規路線については、長期的な展望のもとに、需要動向など地下鉄事業の健全な経営の視点も踏まえて整備に取り組んでいくこととしている。

現在建設中の4号線につづく次期建設路線としては、運輸政策審議会の答申A路線の中から需要の見込み、沿線の状況や財政状況などを総合的に検討し、6号線の延伸（野並・徳重間約4キロ）を決定した。この路線は沿線地域の人口の増加が著しく、大量の通勤・通学需要等に対応するとともに、沿線地域の交通渋滞の解消を図るため、その整備が緊急の課題となっている。また、終端駅となる徳重付近では、名古屋環状2号線の道路整備や土地区画整理事業と一体的に整備を進めることにより、交通広場などの交通結節拠点の形成を図り、道路交通と地下鉄との連携による効率的な交通ネットワークの形成を目指している。現在、早期整備に向け、各種行政手続きの準備、関連調査等を進めているところである。

これからの社会基盤整備は限られた予算の中ですべての人がより快適な都市生活・都市活動が営まれるよう、いかに効率的な整備・維持管理を行っていくかが重要な課題であり、都市空間を有効に活用するために地下鉄や道路、その他の都市施設を有機的に連携させた総合的・重点的な施策の展開を目指していくことが必要である。

6. おわりに

21世紀を迎え、地球規模での経済社会活動や環境問題、本格的な成熟社会の到来など、国内外とも大きな転換期を迎えている。このような時代背景の中で、特に大都市における地下空間は「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」に示されているように、適正かつ合理的な利用による新たな都市空間として期待されている。自動車交通の依存度が高い名古屋市では、今後も自動車の保有台数の増加が予想され、地下空間の有効活用や環境負荷の面からも地下鉄をはじめとした公共交通の整備を進め、その利便性を高めていく必要がある。また、誰もが安全快適に利用しやすい施設とするためには、バリアフリー、ユニバーサルデザインなどをキーワードに建設改良を進めていくことも必要である。

このような観点から見ると、今後も地下鉄整備の必要性は高いものの、建設費の確保、事業経営や自治体の財政的な面からは厳しい状況が予想される。事業者側でのさらなる経営改善やハード・ソフト両面からのコスト削減の徹底などの努力が必要であるとともに、より効果的な整備促進が行えるよう整備財源の助成の拡充を始めとした社会的な環境づくりが進められることを期待するものである。

地下鉄6号線（野並・徳重間）の整備計画の概要

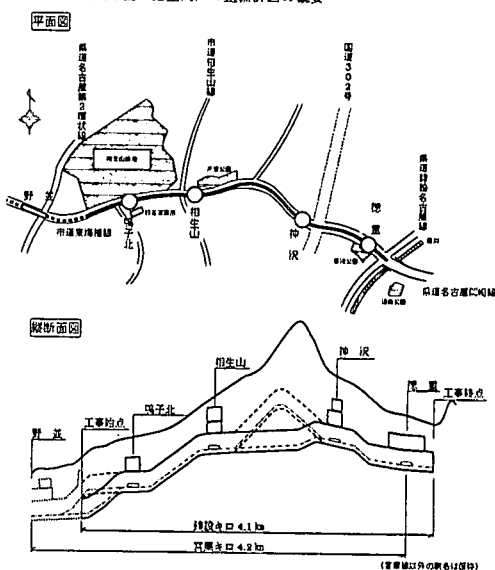


図-12 地下鉄6号線野並・徳重間概要図