

平成 21 年度
都市部における架空送電線の地下化に関する調査
報 告 書

平成 22 年3月

財団法人 エンジニアリング振興協会
地 下 開 発 利 用 研 究 セ ン タ ー



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>

序

本報告書は、財団法人 J K A から機械工業振興資金の補助を受け、財団法人エンジニアリング振興協会が実施した平成 21 年度「都市部における架空送電線の地下化に関する調査」の成果を取りまとめたものであります。

本調査研究では、我が国では少子高齢化、出生率の低下に伴う人口の減少問題が顕著化してはいるが、大都市においては人口が増加する傾向にあり、都市機能の充実、災害に強い都市機能の整備、既存インフラ資源の更新等、都市の更なる基盤整備が求められている点に注目し、首都圏における架空送電線の地下化の可能性を明らかにすることを目的に調査を行いました。

平成 21 年度は、既存送電ネットワークの調査、当該地区の都市状況の調査、既存洞道、共同溝等の調査、地下化への適用に資する地下送電技術の調査およびケーススタディを実施し、地下化の可能性検討を行いました。

ケーススタディにおいては、過密する都市部地下空間の状況を勘案し、浅中深度への整備とともに大深度法の適用についても検討を行いました。

また、地下化に伴う施設整備費の上昇に対応し、都市計画（都市環境整備）の観点からの付加価値についてまとめ、併せて政策的誘導の必要について提案を行いました。

当協会は、創立以来、社会・経済の変化の様相を見定めながら、エンジニアリング及びエンジニアリング産業の新しい活躍の可能性を求め、地球環境の保全、資源エネルギーの有効利用、社会資本の充実、地域の活性化等幅広く社会開発型システム関連のテーマを選定し、産学連携のもと、当協会の研究企画委員会に技術テーマ別研究会等を設置して、調査研究を推進しております。

本調査研究は、学識経験者および関連企業の専門家からなる委員会（委員長 駒田 広也 財団法人電力中央研究所 研究顧問）ならびに作業部会を編成して実施しました。報告書の取りまとめは鹿島建設株式会社が中心となって行いました。

この事業にご協力いただいた関係各位に対し心から謝意を表するとともに、本報告書の成果が各方面で有効に活用されることを切望する次第です。

平成 22 年 3 月

財団法人エンジニアリング振興協会
会 長 増 田 信 行

はじめに

我が国では人口の減少問題が顕著化しており、将来の国のあり方に大きな影を落としております。しかしながら大都市においては、都市機能の充実、生活の利便性、情報の集中化等により人口が増加する傾向にあり、災害に強い都市機能の整備、既存インフラ資源の更新等、都市における更なる基盤整備が求められている。

電力供給については、首都圏においては遠方（原子力、水力発電所等）からの電力供給に対応し、都市部を取り囲むように送電線が整備され、変電所間を結んだ送電網を形成することでその安定供給が図られている。送電方式は、現況では、都区内の主要な送電網が地中線で整備され、一方、周辺の基幹系統については主に架空線で整備されている。

架空送電線は、地中送電線に比べ建設費が安く送電損失が少ないため経済的であるが、自然災害、人的災害の懸念、都市景観保全、都市空間の有効利用等の課題も存在し、今後、架空線の地中化の基盤整備が求められている。

本報告書は、首都圏における架空送電経路、地下インフラ、都市計画の概要、送電技術等を調査し、今後の架空送電の地下化の可能性を検討したものである。研究は2年計画であり、初年度にあたる平成21年度は、検討のモデルケースとなる路線を選定し、地下送電のケーススタディを行い、今後の検討すべき課題を抽出した。

本報告書が都市部に架空送電線の地下化への検討に資することを期待し、さらに詳細な検討に繋がることを望みたい。

最後に、調査委員会を代表し、本委員会を設置した財団法人エンジニアリング振興協会および助成いただいた財団法人日本自転車振興会に謝意を表する。

平成 22 年 3 月

都市部における架空送電線の地下化に関する調査委員会
委員長 駒 田 広 也

平成 2 1 年度
都市部における架空送電線の地下化に関する調査

— 報 告 書 目 次 —

序	
はじめに	
第 1 章 調査概要	1
1. 1 検討の背景	1
1. 2 検討の目的	1
1. 3 活動経緯	1
1. 4 成果概要	3
第 2 章 電力送電施設及び都市状況等の調査	6
2. 1 電力送電施設の現状調査	6
2. 2 首都圏架空送電線状況の調査	14
2. 3 都市状況の調査	28
2. 4 地盤状況の調査	48
第 3 章 架空線の地中化の検討	54
3. 1 検討条件の設定	54
3. 2 電力設備の検討	58
3. 3 超電導技術の適用性	73
3. 4 管路、洞道の検討	79
第 4 章 まとめと今後の検討課題	97
4. 1 調査のまとめ	97
4. 2 今後の検討課題	100
ヒヤリング調査のまとめ	104
I 住友電気工業株式会社	105
II 関西電力株式会社	107
III 中部電力株式会社	109

第 1 章 調査概要

1.1 検討の背景

近年、我が国では少子高齢化、出生率の低下に伴い人口の減少・高齢化問題が顕著化しており、将来の国あり方に大きな影を落としている。

これに対応する施策のひとつとして都市のコンパクト化の必要が論じられている。これは高度成長化において過剰に郊外へ拡大した都市域を中心部に回帰させ、効率的で暮らしやすい都市を形成しようとするものである。また、大都市圏においては国レベルでの人口の減少傾向の中、都市機能の充実、生活の利便性向上、生活の多様化への対応、情報の集中化、グローバル化等により人口の増加傾向にある。

こうした社会的背景の中、大都市圏においては更なる都市機能の充実が求められていると考えられる。また、地球温暖化による気象の凶暴化、政治的不安定性のグローバル化のなか、災害や、不測の事態に強い都市機能の整備、既存インフラ資源の更新等も求められていると考えられる。

1.2 検討の目的

都市機能の更なる充実が求められている中、残された空間資源である地下利用に一層の関心が高まってきている。

電力事情についてみると、大都市圏においては周辺からの電力を送電するため都市部を取り囲むように送電系統が張り巡らされており、変電所間を連結することで万一の災害にも安定供給が行えるように配備されている。例えば、現在首都圏では送電線系統は袖ヶ浦・富津などの東京湾岸の火力発電所のほか、首都圏外に立地する原子力発電所等から東京へ向け張り巡らされている。送電方式については、都区内では送電網の約 90%が地中化で整備され、周辺の基幹系統（275kV 以上の外輪系統および 154kV 以上の連携系統）については架空線で整備されている。

地中線は、一般的には架空線に比べ、その整備費が高く経済的側面では不利な側面を有しているが、自然災害・人的災害への対応、景観保全、都市空間の有効利用等の観点からその整備効果について評価があることも事実である。

本稿は、こうした背景に鑑み、現況で架空線により整備されている送電線の地中化による自然災害や事故・テロによる送電障害の抑止、跡地利用、景観・環境保全等の観点からその実現可能性を検討するものである。

具体的には、人口密集域であり郊外化が進んでいる首都圏を対象に架空線網の現況を調査するとともにその地中線化の可能性を検討することを目的とする。

また、検討にあたっては、都市地下空間の過密状態、用地取得の問題等を勘案し、大深度地下の利用、また超電導送電等の先端技術の適用についても合わせて検討することとする。

1.3 活動経緯

検討は、検討方針・検討内容の審議を行う委員会、および具体的な検討作業を実施する作業部会により行われた。委員会・作業部会名簿およびその活動経緯を以下の表にまとめる。

表 1.3-1 平成 21 年度 都市部における架空送電線の地下化に関する調査 委員会委員名簿

職務	氏 名	所 属
委員長	駒田 広也	(財) 電力中央研究所 研究顧問
委 員	粕谷 太郎	(財) 都市みらい推進機構 都市地下空間活用研究会 主任研究員
委 員	沢内 至武	応用地質(株) エネルギー事業部 技術参与
委 員	吉川 正	鹿島建設(株) 土木管理本部土木技術部長
委 員	植田 純一	(株)鴻池組東京本店 土木技術部長
委 員	増田 孝人	住友電気工業(株) 超電導・エネルギー技術開発部 主幹
委 員	高村 圭一	鉄建建設(株) エンジニアリング本部 副本部長
委 員	小坂田 昌幸	(株)東芝 電力流通システム事業部 電力変電技術部長
委 員	請川 誠	戸田建設(株) アーバンルネッサンス部 主管
委 員	福永 淳一	日本工営(株) 電力事業本部 プラント事業部 電気技術部課長
委 員	奥村 忠彦	(財)エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 研究理事
オブザーバー	谷利 信明	鹿島建設(株)土木管理本部土木技術部 部長
事務局	吉澤 一雄	(財)エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 技術開発第二部 研究主幹
事務局	青柳 教之	(財)エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 技術開発第一部 研究主幹

表 1.3-2 平成 21 年度 都市部における架空送電線の地下化に関する調査 作業部会名簿

職務	氏 名	所 属
部会長	谷利 信明	鹿島建設(株) 土木管理本部土木技術部 部長
部会員	沢内 至武	応用地質(株) エネルギー事業部 技術参与
部会員	植田 純一	(株)鴻池組 東京本店 土木技術部長
部会員	高村 圭一	鉄建建設(株) エンジニアリング本部 副本部長
部会員	請川 誠	戸田建設(株) アーバンルネッサンス部 主管
事務局	吉澤 一雄	(財)エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター 技術開発第二部 研究主幹

表 1.3-3 平成 21 年度 都市部における架空送電線の地下化に関する調査 委員会実績

回	実施日	議 事
第 1 回	平成 21 年 7 月 16 日(木)	・ 検討の背景、目的の確認 ・ 検討方針、検討項目の審議・確認
第 2 回	平成 21 年 11 月 13 日(金)	・ 検討の為の資料群（電力技術、都市政策等）の確認 ・ 試検討実施区域の審議・確認
第 3 回	平成 22 年 2 月 24 日(水)	・ 報告書（案）の審議

表 1.3-4 平成 21 年度 都市部における架空送電線の地下化に関する調査 作業部会実績

回	実施日	議 事
事前会議	平成 21 年 5 月 29 日	・ 業務内容の説明 ・ 検討体制の確認
第 1 回 (準備会)	平成 21 年 7 月 7 日	・ 検討方針の確認 ・ 検討工程・作業分担の検討
第 2 回	平成 21 年 8 月 6 日	・ 現地踏査場所の検討 ・ 現地踏査日程の検討・確認 ・ 試検討箇所抽出方法の検討
第 3 回	平成 21 年 9 月 7 日	・ 現地踏査 ・ 現地調査結果の分析
第 4 回	平成 21 年 9 月 18 日	・ 都市計画関連資料の検討 ・ 現地踏査結果のまとめ
第 5 回	平成 21 年 10 月 9 日	・ 送電網調査の結果の確認 ・ 現地踏査の結果の確認 ・ 試検討の選定箇所の確認 ・ その他（最近電力技術について等）
第 6 回	平成 21 年 10 月 30 日	・ 委員会資料の内容の確認 ・ 試検討の検討内容、工程の確認
第 7 回	平成 21 年 12 月 15 日	・ 報告書構成案の検討 ・ 今後の作業工程、作業分担の確認
第 8 回	平成 22 年 1 月 19 日	・ 報告書草稿の中間確認 ・ 今後の作業工程、作業分担の確認
第 9 回	平成 22 年 2 月 15 日	・ 報告書草稿の確認

表 1.3-4 ヒヤリング調査実績

	実施日	相手先、ヒヤリングテーマ
I	平成 21 年 11 月 25 日(水)	・ 住友電工ファインポリマー株式会社内、住友電工超電導ケーブル実験場 ・ 超電導ケーブルの実用化について
II	平成 21 年 11 月 26 日(木)	・ 関西電力(株) 電力システム技術センター ・ 関西電力(株)の送電線地中化の現状と今後について
III	平成 22 年 1 月 22 日(水)	・ 中部電力株式会社 川越火力発電所 ・ 伊勢湾横断ガスパイプラインの建設について

注) ヒヤリング結果は、報告書文末にまとめている。

1.4 成果概要

現況把握として、電力送電設備の現況、首都圏における架空送電網の調査を行った。これにより、東京 23 区内においては、地中線による送電が主たるものとなっているものの、区部西部地区、東部地区の一部には輻輳した架空線が存在していることが確認された。

次に都市部における地中線化の必要性、実現性を確認するために、少子高齢化が進む状況下における基本都市政策の確認および、上記、東京区部、西部地区、東部地区の現況（用途地区指定、人口、密度、都市マスタープラン）を確認調査した。これにより、都市施策の観点からも地中化促進が望まれることが確認された。また併せて同地区の地盤状況の確認を行った。

これら調査により、標記 2 地域をモデル地区とするものと判断し、架空送電線の地下化の検討を行った。

検討は、設置深度については、大深度法適用を想定したケース（変電所間を直線で連結）、中浅深度を想定したケース（既存送電経路下で地下化、道路占用で地下化）について検討を行った。

また、送電仕様（電圧、電流）についても一般的な送電施設仕様から検討条件を複数設定し、必要とされる地下管路、洞道の構造諸元を想定した。（表 1.4-1 地中化検討ケース仕様）

尚、地下化の土木施工については、矩形推進工法（管路形式）、シールド工法（洞道形式）について検討を行い、その概略施工コストを検討している。（第 3 章、表 3.4.2-1 浅・中深度における検討結果一覧、および表 3.4.3-1 大深度における検討結果一覧）

併せて、先進電力技術である、超電導送電についてもその概要を確認するとともに、標記検討ケースに対する適用性の検討を行った。

以上の検討結果を受け、地中線化推進の適用性、およびその今後の課題を検討しとりまとめた。「表 1.4-2 地中線化の適用性およびその課題」にその主たる項目を示す。

表 1.4-1 地中化検討ケース仕様

地中化検討ケース	送電仕様	経路仕様
東京区部西部	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L= 3.85km
	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L= 5.25km
	154kV×2 回線×2000A×1 系統	L= 3.85km
	154kV×2 回線×2000A×1 系統	L= 5.25km
東京区部東部	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L= 3.85km
	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L= 5.25km
	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L= 8.25km
	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L=11.25km
東京区部西部	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L= 3.5km
東京区部東部	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L= 3.5km
	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L= 7.5km

注) 3.85km、8.25km のケースは、一般的な架空線送電経路を想定
5.25km、11.25km のケースは、道路下占有経路を想定
3.5km、7.5km は、変電所間を直結する経路を想定

表 1.4-2 地中線化の適用性およびその課題

電力施設整備 関連 (地中線化)	適用性	・ 自然災害からの被害低減 ・ 人為的な被災の抑止 ・ 維持管理性の向上
	課 題	・ 建設費用の拡大 ・ 土地権原の整理・調整（上空、地下） ・ 大規模災害への対処 (重要公共インフラとしての高い整備品質の確保)
超電導送電技術 関連	適用性	・ 送電損失の低減 ・ 占用地下空間の縮減
	課 題	・ 商業運用に向けての量産化技術、低コスト製造技術 ・ 送受電設備も含む総合的なシステムの検討
都市環境整備 関連	適用性	・ 景観の向上 ・ 都市上空空間の有効利用 ・ 都市地下空間の有効利用 ・ 都市計画の柔軟化
	課 題	・ 過密都市地下空間への対応 ・ 都市計画立案と地下化とのリンク ・ 都市整備によるメリットの定量的評価 ・ 政策的誘導の実現（推進に向けて法制度の整備）

第2章 電力送電施設および都市状況等の調査

2.1 電力送電設備の現状調査

2.1.1 電力需要

我が国のエネルギー需要は、戦後から1970年代までの高度経済成長期には、国内総生産（GDP）よりも高い伸び率で増えてきた。その後は、1970年代の2度にわたる石油ショックを契機に産業部門での省エネルギー化が進むとともに、省エネルギー型製品の開発も盛んになり、エネルギー需要の伸びを抑制しつつ、経済成長を果たしてきた。

一方、1980年代後半からは石油価格の低下に加え、快適さ・利便性を求めるライフスタイル等背景に、エネルギー需要は再び増加に転じている。

このような経緯の中、図2.1.1-1に見られるよう

に、電力需要全体は石油ショックの1973年度以降着実に増加し、1981年度から2006年度にかけては2.0倍の増加となっている。

エネルギーは、原油や石炭、天然ガス等の一次エネルギーと、ガソリンや電気、都市ガス等の二次エネルギーに分けられている。経済が安定成長期に入ったといわれながらも、電力需要は衰えを見せず、我が国の2006年度の一次エネルギーに占める電力の比率は、43%を占めている（図2.1.1-2参照）。これは、コンピュータや通信などIT革新による高度情報化社会の進展により、産業、生活のあらゆる側面で電気の役割が増してきたことと、生活水準の向上によって快適な生活が求められ、冷暖房など生活における電気の役割がますます大きくなってきてきたことによるものであろう。特に、家庭での電力消費の伸びは近年著しく、この30年で約3倍の伸びとなっている（図2.1.1-3参照）。また、地球環境保全の立場から化石燃料依存からの脱却に絡み、クリーンエネルギーとしての電力に注目が集まっており、この意味からも電力需要は今後ますます増加するものと予想される。

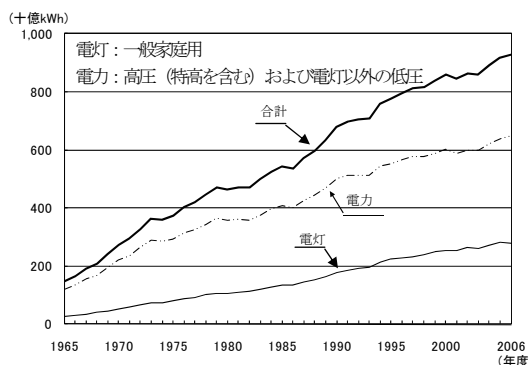


図 2.1.1-1 電灯電力使用量の推移

出典：経済産業省「電力調査統計月報」

一次エネルギーに占める電力の比率(電力化率)

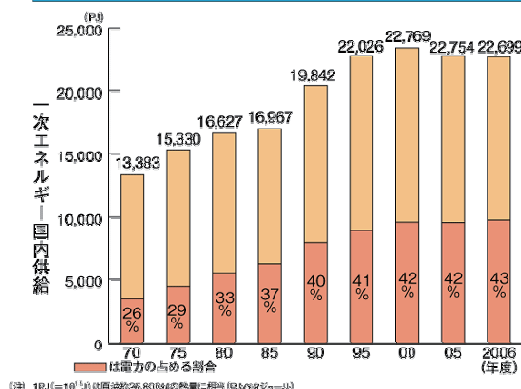


図 2.1.1-2 一次エネルギーに占める電力の比率

出典：電気事業連合会 HP

家庭用電力の伸び

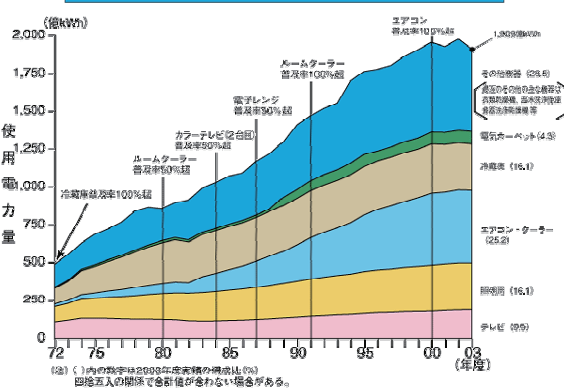


図 2.1.1-3 家庭電力の伸び

出典：電気事業連合会 HP

日本の電力のほとんどは火力（石油、LNG、石炭など）、水力、原子力発電によって賄われている。日本全国では1,300以上の発電所があり、暮らしが便利で豊かになるにつれて、電気が生活の中で果たす役割は拡大している。電気の使用量は、図2.1.1-4, 5に示すように、季節や1日の時間帯によって大きな差があり、年間では、近年冷房による夏の電気消費量の伸びが大きく、1日では、真夏の暑さがピークになる午後2時頃の値と最小値の差は、ますます大きくなる傾向にある。これは家庭用のエアコンの増加が大きく影響しているものである。

一方、電気は貯めておくことができないエネルギーであり、電気をつくる設備は需要のピーク（最大電力）に合わせて整備されている。季節や時間帯により電力需要が大きく変化すると発電設備の利用効率さが下がる。このため効率よく電気をつくるため、負荷平準化が進められている。負荷平準化とは、時間帯や季節ごとの需要格差を縮小する努力のことで、ピーク電力に対しては、電力需要への対応に優れている石油火力や揚水式水力発電によって、一方、ベース電力に対しては、発電コストや環境負荷の観点から原子力発電や水力発電によって賄われている。エネルギー自給率が4%と資源に乏しい我が国では、このように一つの電源に頼るのではなく、各発電の特性を生かすことでリスクを分散させ、資源をバランスよく組み合わせて需要に対応している（図2.1.1-6参照）。

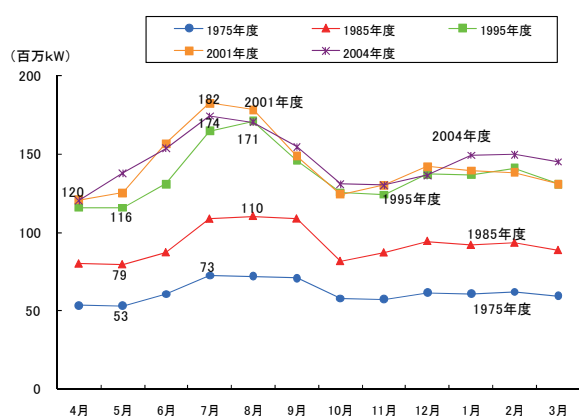


図 2.1.1-4 一年の電気の使われ方

電気事業連合会調べ

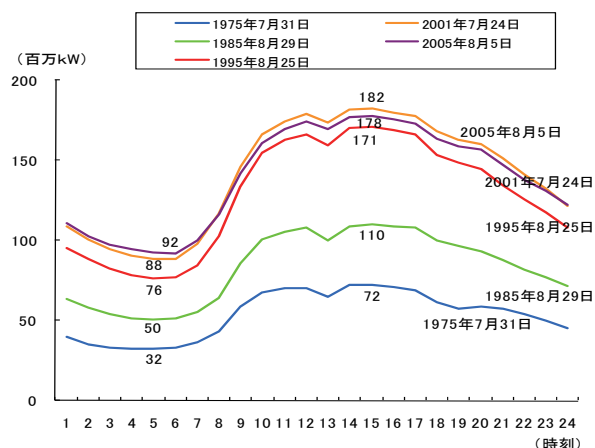


図 2.1.1-5 夏季一日の電気の使われ方電灯電力

電気事業連合会調べ

需要の変化に対応した電源の組み合わせ(ベストミックス)

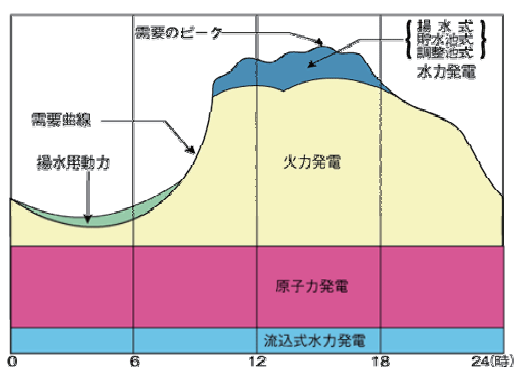


図 2.1.1-6 一日の需要変動に対応した電源の組み合わせ

出典：電気事業連合会 HP

電力需要は、表 2.1.1-1 に示すように全国で年平均 1.1%（10 年間で約 11%）の増加が見込まれている。これらの需要の伸びに対し、各電力会社では、電源設備、流通設備の拡充を図る計画で対応を図っている。

表 2.1.1-1 電力需要の見通し (単位: 億kWh)

需要見通し	平成20年	平成21年	平成22年	平成25年	平成30年	30年/20年 平均増加率(%)
電 灯	2,853	2,932	2,980	3,100	3,275	1.4
電 力	468	458	449	442	431	▲0.8
小 計	3,320	3,390	3,430	3,542	3,706	1.1
特定規模需要	5,569	5,526	5,638	5,840	6,224	1.1
合 計	8,889	8,916	9,068	9,383	9,929	1.1

出典：平成 21 年度 数表で見る東京電力

2.1.2 送電設備

我が国では、図 2.1.2-1 に示すように、北海道から九州まで電力系統はすべて送電線で繋がっている（全国基幹連携系統）。これにより、電力の融通が可能になり安定供給が確保されるとともに、発電設備の効率的な運用が図られている。我が国の電力系統は、東日本が 50Hz、西日本が 60Hz となっているが、この二大電力系統を連系するため長野県と静岡県に大電力周波数変換変電設備が設置されており、電力不足時や事故等の場合には、各電力会社間で電力の融通を行うことで、安定供給を確保し停電などのトラブルを未然に防止している。

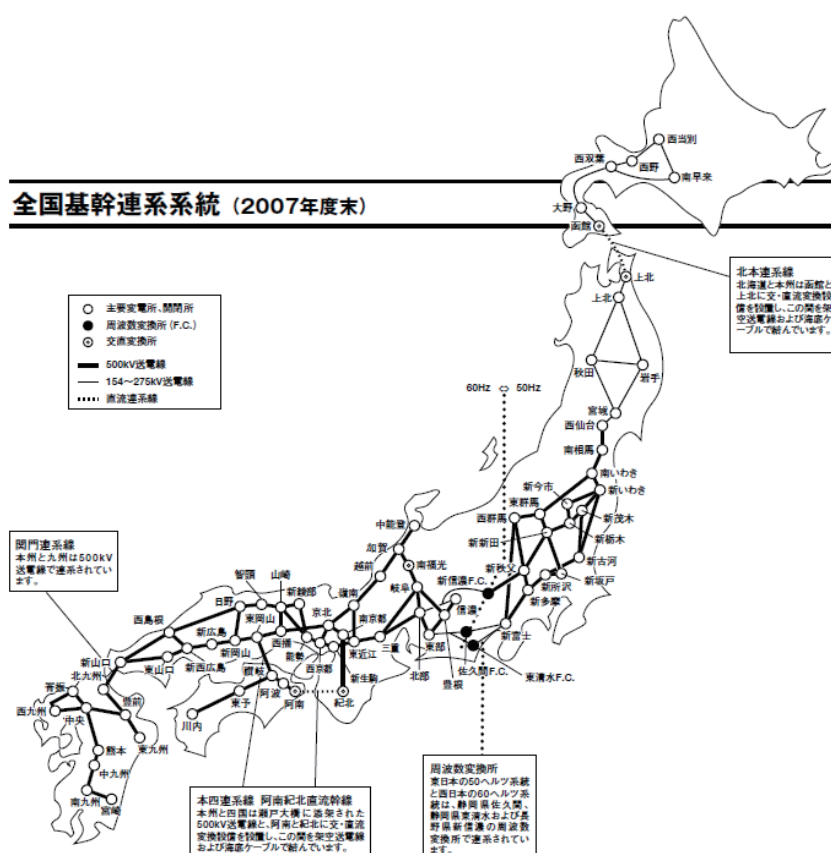
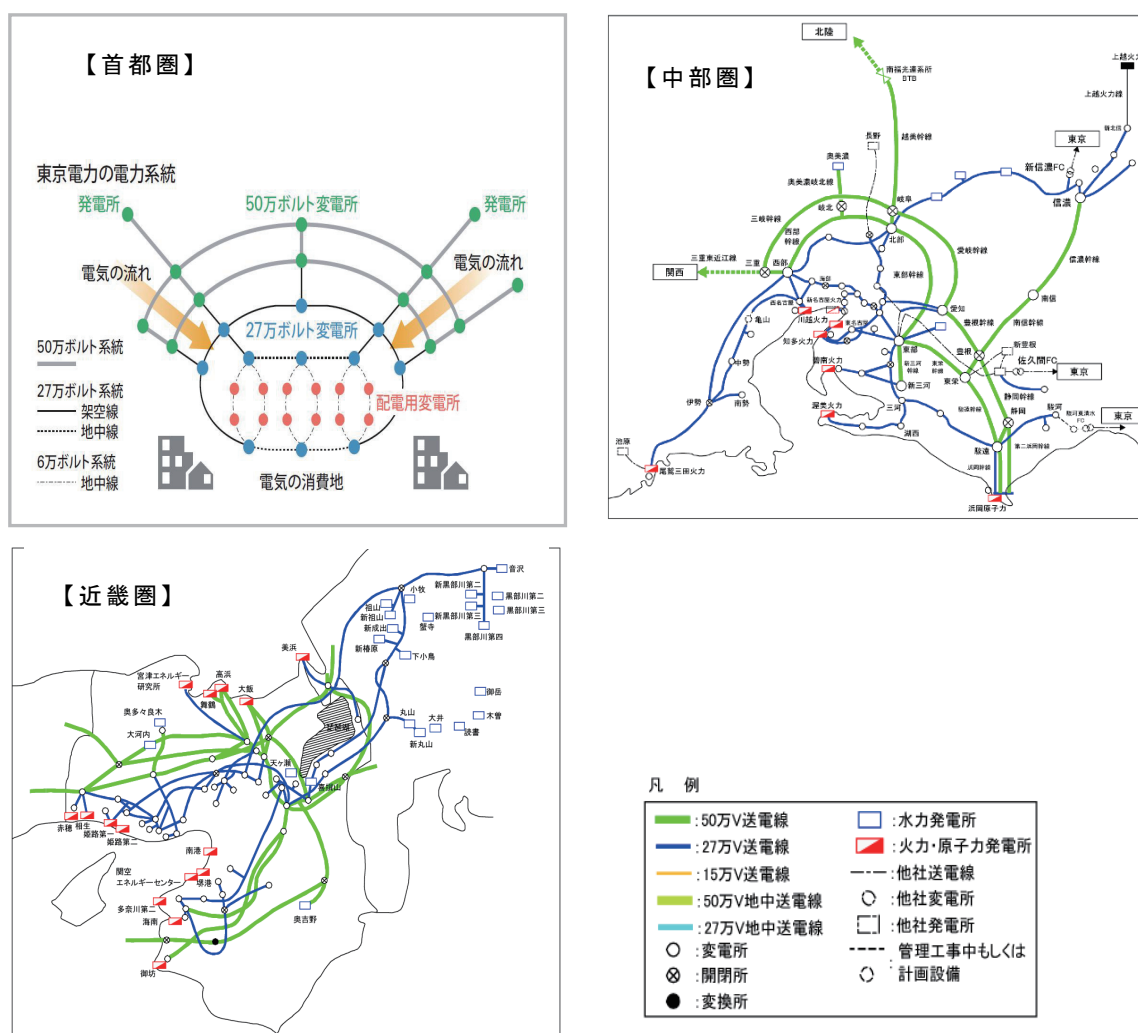


図 2.1.2-1 全国基幹連携系統網（2007 年度末）

出典：図表で語るエネルギーの基礎 2008-2009 電気事業連合会

電力事情についてみると、大都市圏においては周辺からの電力を送電するため都市部を取り囲むように送電系統が張り巡らされており、変電所間を連結することで万一の災害にも安定供給が行えるように配備されている。例えば、現在首都圏では送電線系統は袖ヶ浦・富津などの東京湾岸の火力発電所のほか、首都圏外に立地する原子力発電所等から東京へ向け張り巡らされている。送電方式については、都区内では送電網の約 90%が地中化で整備され、周辺の基幹系統（275kV 以上の外輪系統および 154kV 以上の連携系統）については架空線で整備されている。架空線を考えた場合、地中線に比べ、建設費が安く送電損失が少ないため経済的ではあるが、自然災害や人的災害に遭う確率が高いばかりではなく、近年では景観保全や電磁波対策といった環境面からの要望があるのも事実である。



出典：各電力会社の資料を基に作成

図 2.1.2-3～5 に、三大都市圏における電圧別送電線整備状況を架空線と地中線それぞれに分けて示す。

図から、送電線整備はまず架空線で進められ、その後地中線による整備が行われてきているのが判かる。また、架空線による整備はほぼ完了しており今後は既設架空線の地中化や架空線については、三圏とも 66kV～77kV での送電が、亘長、整備率とも他の電圧に比べ最も多いが、その整備状況はここ数年でピークを過ぎてきている。それに対し、近年は 500kV の基幹送電線の整備が大幅に進められており、電力需要の増加に対し大容量で効率のよい送電網の整備が進められているのが判かる。

一方、地中線については、各圏とも 66kV～77kV での送電が最も多く、次いで 55kV 以下の地域供給系統が整備されている。このことは、都市中心部順次地中線化が進められてきていることを示すものである。なお、関西圏では 1970 年代に 55kV 以下の送電網が 66kV～77kV での整備に大きく転換された。いずれの地区でも、地中線での整備は右肩上がりの状況である。

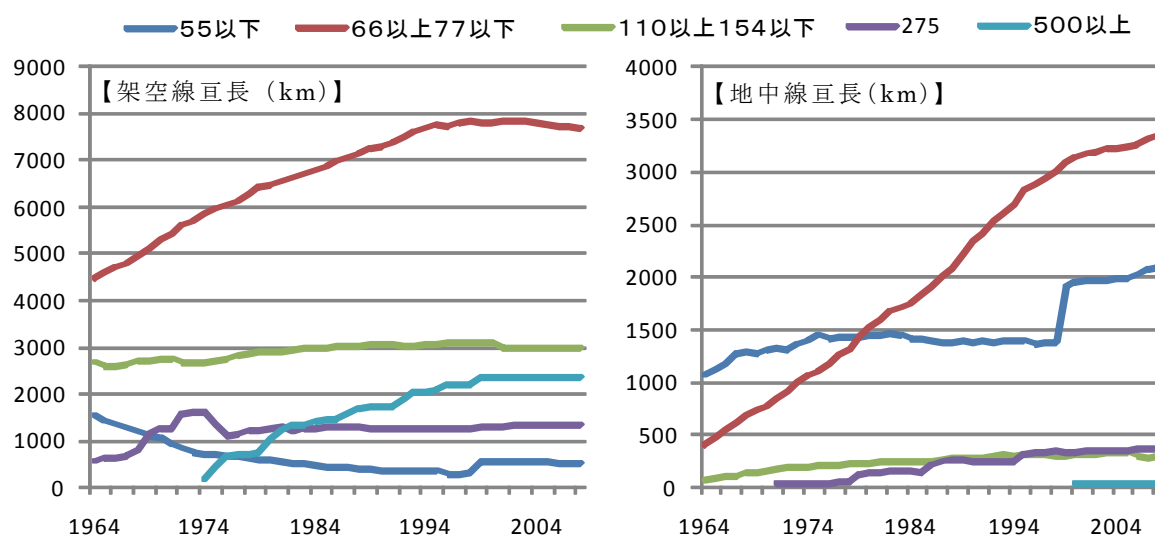


図 2.1.2-3 電圧別送電線整備状況（東京電力管内）

電気事業連合会 HP 電力統計情報より作成

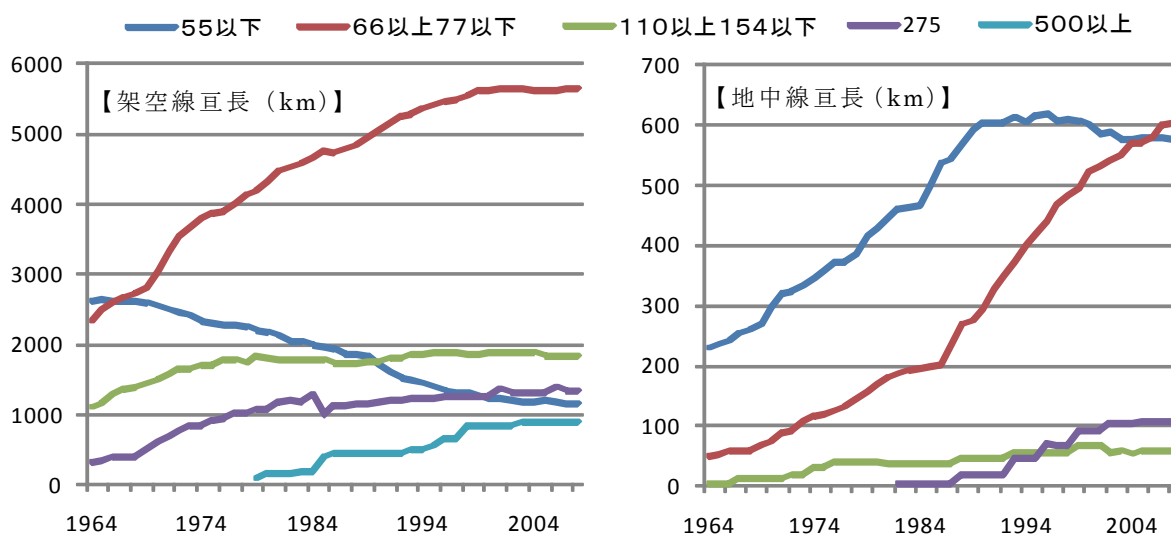


図 2.1.2-4 電圧別送電線整備状況（中部電力管内）

電気事業連合会 HP 電力統計情報より作成

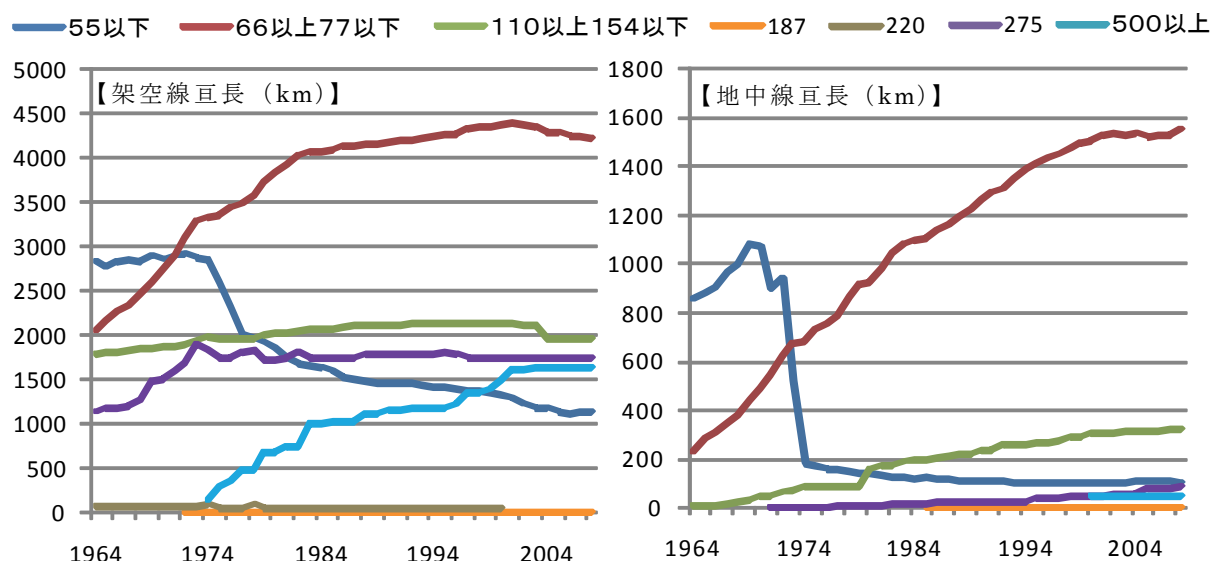


図 2.1.2-5 電圧別送電線整備状況（関西電力管内）

電気事業連合会 HP 電力統計情報より作成

表 2.1.2-2 および 3 に、三大都市圏の送電線および配電線の地中化率を示す。

送電線についてみると、各地域とも僅かではあるが年々地中化率が向上しているのがわかる。首都圏では他地域に比べ地中化率が高いが、これは都区内の地中化率が平成 20 年度で 92.2%と高いためである。なお、全国では地中化率は平成 20 年度で 12.6%となっている。

一方、配電線の地中化率の最近の変化はほとんどなく、その値は送電線に比べ低い。首都圏では都内では平成 20 年度で 45.3%（都心部で 86.7%）、全国では配電線の地中化率は 3.3%となっている。送電線と配電線の地中化率の差は、その配電網の範囲・延長によるものと考えられる。送電線については、電力需要の増大に対する対応や都市形成や土地の有効利用上から今後さらに地中線化が進められていくものとする。また、送電配電線についても、交通障害や景観等の観点から全国の中核都市の市街地や宅地造成区画等で無電柱化が推進されていく中で、引き続き地中化されていくものとする。

表 2.1.1-2 送電線地中化率

送電線地中化率	(単位: %)				
	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
首都圏	28.1	28.2	28.4	28.7	29.0
中部圏	10.7	10.8	10.8	11.0	11.0
関西圏	16.1	16.2	16.3	16.3	16.6

出典: 電気事業連合会HP 電力統計情報
H21年度 数表で見る東京電力

表 2.1.1-3 配電線地中化率

配電線地中化率	(単位: %)				
	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
首都圏	9.3	9.3	9.4	9.5	9.6
中部圏	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
関西圏	5.8	5.9	6.0	6.0	6.1

出典: 電気事業連合会HP 電力統計情報
H21年度 数表で見る東京電力

注) 地中化率は下式による。

$$\text{地中化率} = \frac{\text{地中線(回線延長)}}{\text{架空線(回線延長)} + \text{地中線(回線延長)}} \times 100(\%) \quad (\text{送電線地中化率})$$

$$\text{地中化率} = \frac{\text{地中線ケーブル延長}}{\text{架空線延長} + \text{地中線ケーブル延長}} \times 100(\%) \quad (\text{配電線地中化率})$$

2.1.3 送電障害

経済産業省 原子力安全・保安院 電力安全課では、毎年「電気保安統計」として、電気事故に対する統計値を公表している。平成 19 年度の事故発生総件数は 10,547 件で、ここ数年同様の件数となっている。事故発生箇所別では、供給支障事故件数が 9,736 件と最も多く、全体の 92.3%を占めている（表 2.1.3-1 参照）。また、設備別では高圧架空配電線路の事故件数が 8,793 件と全体の 83.4%となっている。架空配電線路事故の内訳は、約 6 割を占めるのが雷害でその他、電線への着雪による障害、強風による鉄塔の倒壊など自然災害によるもののほか、ヘリコプター、パラグライダー、熱気球、クレーン船といった人的接触災害による事故となっている。また、テロによる人的妨害に対する対応も重要な問題であると考え。さらに、カラスの営巣による鉄塔への金属ハンガーの放置が都市部において見られ、各電力会社では、電力需要が強まる夏場に対し巣立ちをまって撤去作業をしているとのことである。

事故を未然に防止することはもちろん重要ではあるが、送・配電線事故は大規模な停電や広範囲な瞬時電圧低下を引き起こす場合が多いため、停電時の被害の影響、災害時の復旧等を考えたリスク低減対策への対応を十分に備えることも重要である。

従来、地中構造物は地震被害を受けにくいといわれてきたが、先の阪神・淡路大震災では、配電系統の地中線のケーブルを納める管路のうち約半数が損傷を受けたと見られるなど、今後はその対応も必要になってくるものと思われる。また、被災地域への架空線での応急送電が早期復興に役立ったこともあり、今後の都市づくりでは壊れない施設づくりだけではなく、壊れた時の対応も念頭に置く必要があることから、架空・地中送電線のそれぞれの長所短所を十分考慮に入れて整備を進めていく必要がある。

また、低地に設置されている電力施設では、台風時の浸水による一時停電などの被害報告もあり、地下送電線特有の浸水に備えた対策も考慮する必要がある。

表 2.1.3-1 供給支障事故件数の推移

(10電力会社計)

項目 \ 年度	H11	12	13	14	15	16	17	18	19
供給支障事故数(件)	9,861	8,616	7,785	9,279	8,606	21,998	10,783	10,782	9,736
供給支障事故率(件/億kWh)	1.21	1.03	0.94	1.10	1.03	2.54	1.22	1.21	1.05
年間需要電力量(億kWh)	8,169	8,379	8,241	8,415	8,343	8,654	8,826	8,894	9,195

出典；経済産業省 原子力・保安院 電気保安統計（平成 19 年度）

2.1.4 まとめ

我が国におけるエネルギーに占める電力割合、今後の電力需要の予想、送・配電線の整備状況、送電障害等について調査した。その結果から明らかになった点を以下に記す。

- ①我が国の電力需要は、今後 10 年間で約 11%の増加（平均年 1.1%）が見込まれており、効率的かつ電源安定供給に向けた電源設備や送電設備の拡充が求められている。
- ②1960 年代後半からの大幅な電力の需要増大に対応し増強した送電設備がおおよそ 40 年超を経過しつつあり、メンテナンスとリプレースの時期を迎えているが、その際は送電網の周辺環境の変化を考慮した整備計画を立案することが重要であると考え。
- ③整備にあたっては、都市開発、土地の有効利用、生活ニーズの多様化等の状況を勘案

し進めることが重要である。その意味から、送電線の地中化率は、全国で約 12%、配電線では同 5.4%と低い状況を考えると、今後の整備に対する地下の利用の意味合いは十分あり得ると考えられる。

- ④送電線事故を考えた場合、架空送電線は自然現象の脅威を直接的に受けやすいことから、被害の発生を極力抑えるためにも、送電線の地下化は有効な手段と考える。
- ⑤地震被害を受けた時、架空線での応急送電が早期復興に役立った経験から、今後の都市づくりでは施設の安全性のみならず、復旧対応も念頭に置きながら架空・地中送電線それぞれの長所短所を十分考慮に入れた整備を進めていく必要がある。

[2.1 参考文献]

- 1) 財エンジニアリング振興協会：平成 20 年度 エコ・ヒューマン・エンジニアリングに関する調査報告書 第 5 分冊 <地下空間関連分野> 平成 21 年 3 月
- 2) 兵庫県、財 21 世紀ひょうご創造協会 阪神・淡路大震災復興誌
- 3) 電気事業連合会 HP：<http://www.fepc.or.jp/>
- 4) 電気事業連合会 HP：電力統計情報 <http://www5.fepc.or.jp/tok-bin/kensaku.cgi>
- 5) 電気事業連合会：図表で語るエネルギーの基礎 2008-2009
- 6) H21 年度数表見る東京電力

2.2 首都圏架空送電線状況の調査

2.2.1 首都圏広域基幹送電網の調査

図 2.2.1-1 は、首都圏の基幹ネットワーク概要図である。首都圏外の発電所からは 500kV の高圧架空送電線で首都圏を取り囲む変電所に送電されている。これらの変電所で 500kV から 275kV に降圧され、東京周辺の変電所を経由して、都内へ送電されている。また、500kV、275kV の架空送電線は、各変電所間を結ぶ長距離ネットワーク網が形成され、電力の安定供給が図られている。

図 2.2.1-1 に基づき、国土地理院発行の 1/50,000 の地形図を基に、さらに詳細な架空送電線ネットワーク調査を行った。調査範囲は 1/50,000 の地形図の 16 地形図（八王子、藤沢、横浜、東京西南部、川越、青梅、大宮、東京西北部、野田、龍ヶ崎、佐倉、東京東北部、東京東南部、木更津、千葉、姉ヶ崎）を対象とし、図 2.2.1-2～5 に示すように、主な変電所と架空送電線を地図上にプロットした。

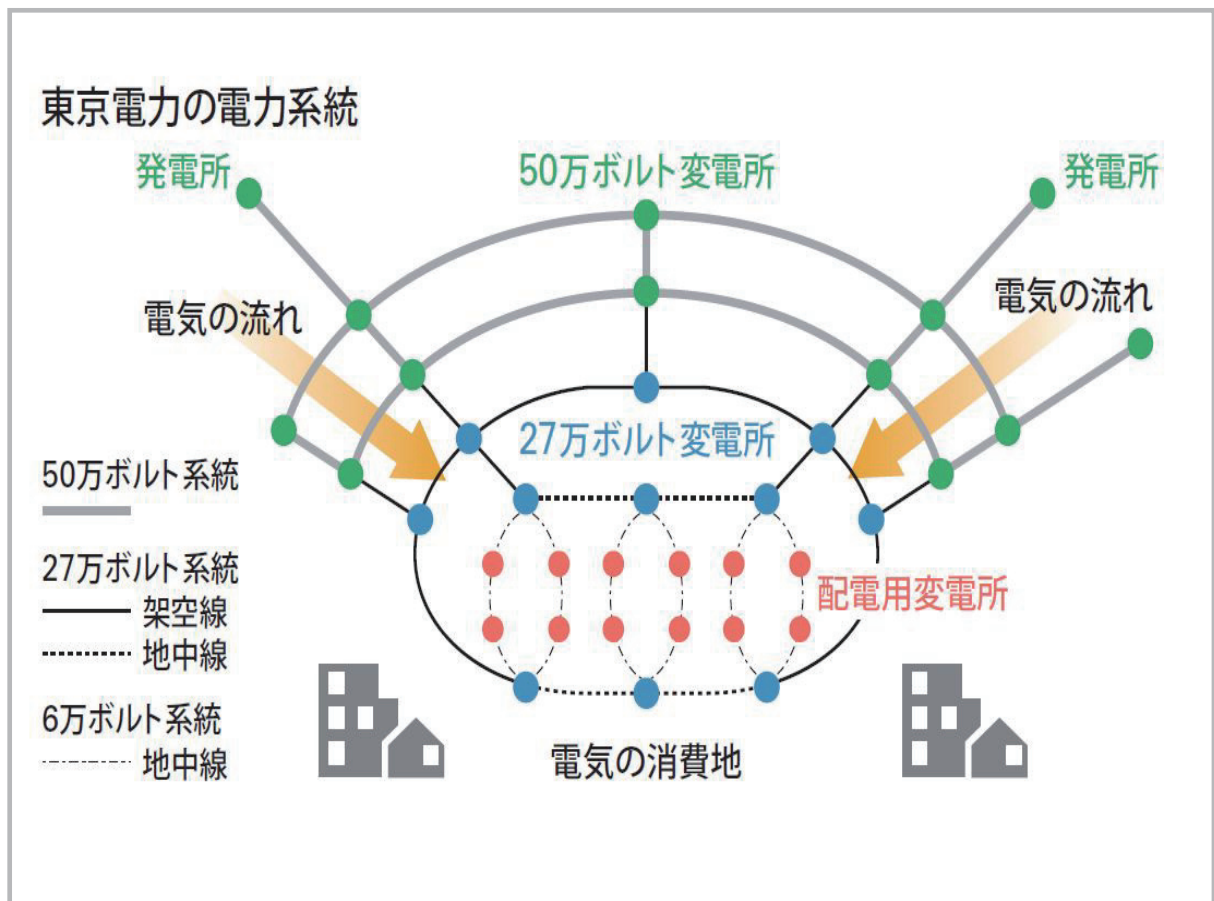


図 2.2.1-1 首都圏の基幹送電線ネットワーク概要図

出典：東京電力㈱HP

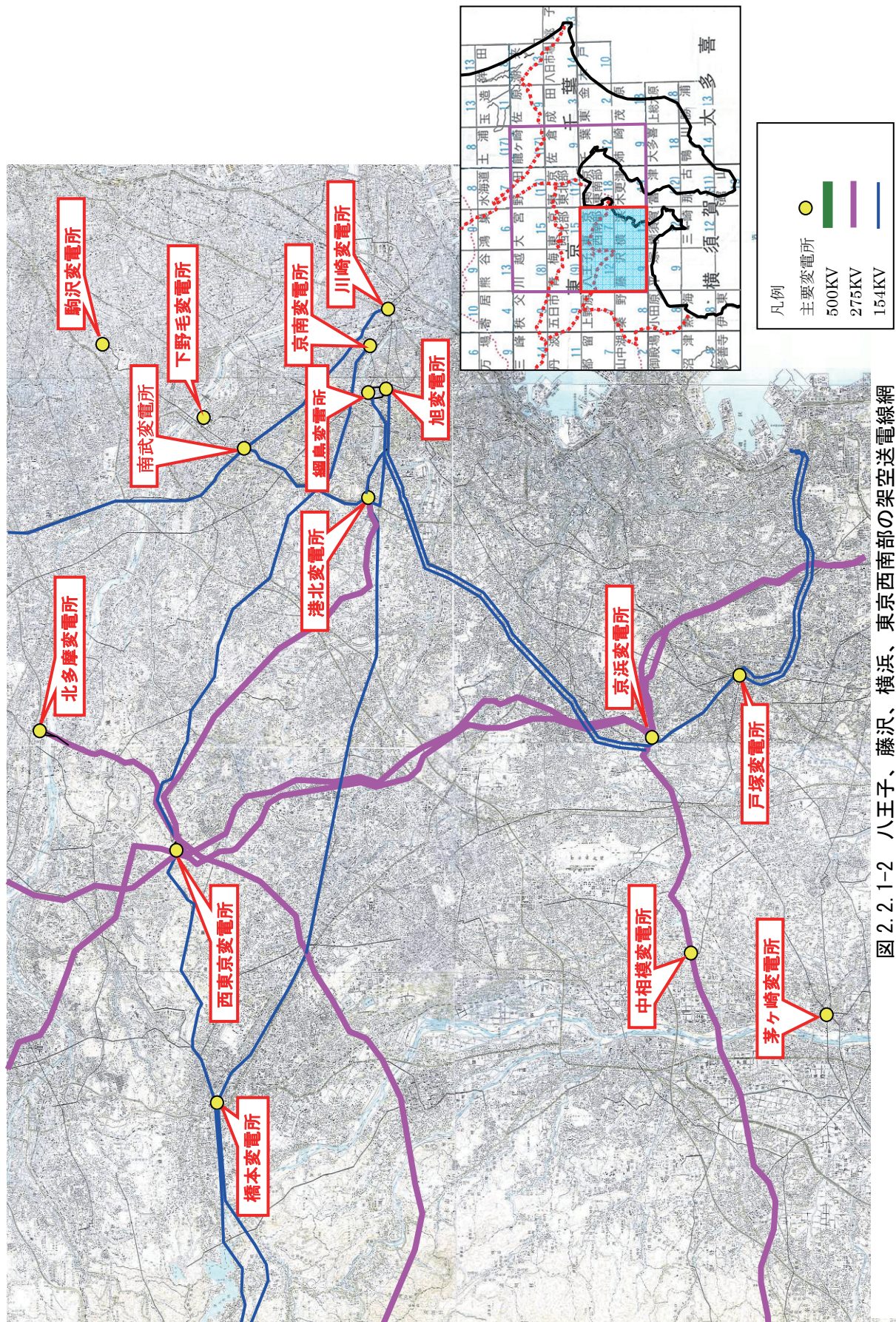


図 2.2.1-2 八王子、藤沢、横浜、東京西南部の架空送電線網

出典：国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図に変電所名等を追記した

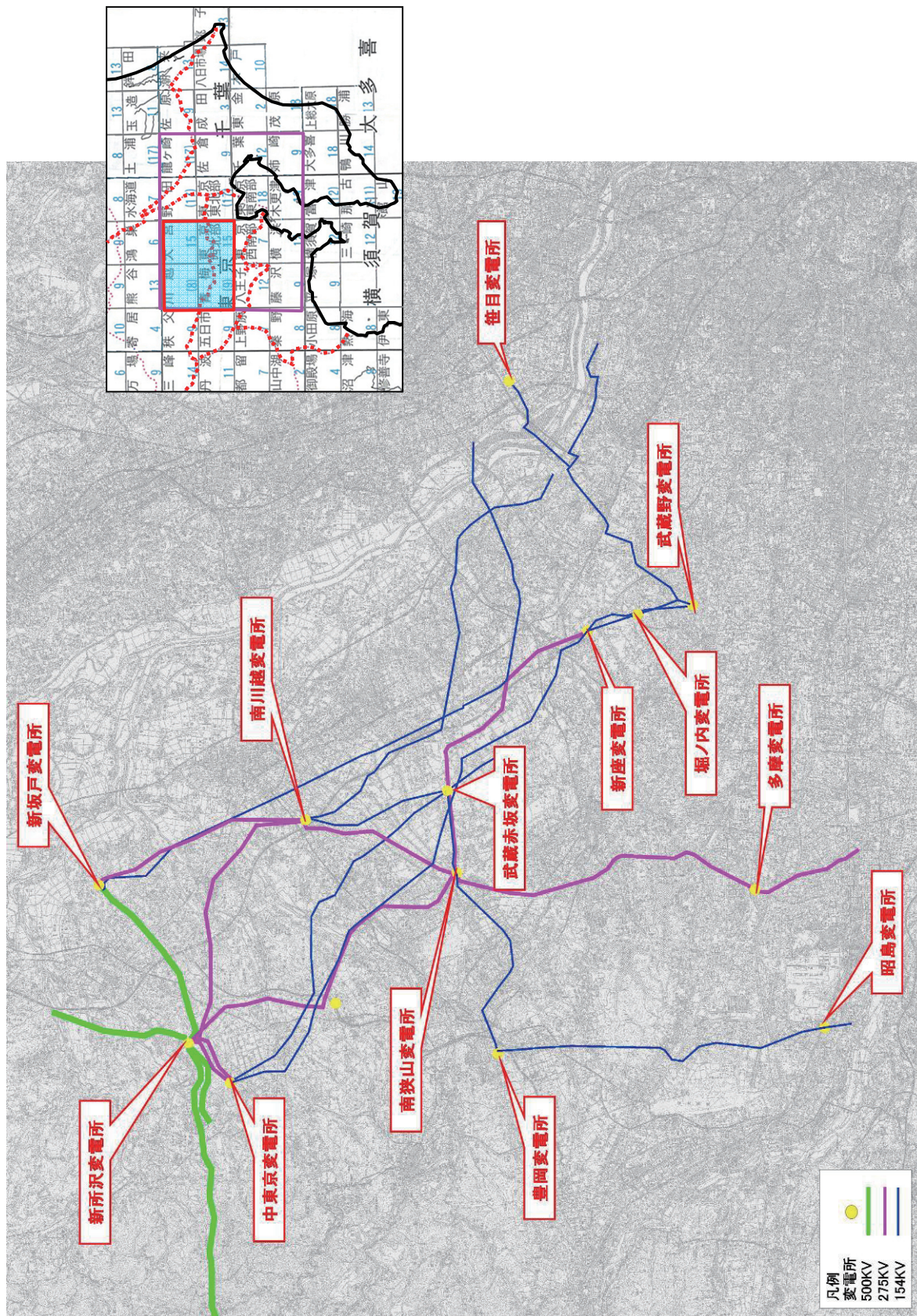


図 2.2.1-3 川越、青梅、大宮、東京西北部の架空送電線網

出典：国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図に変電所名等を追記した

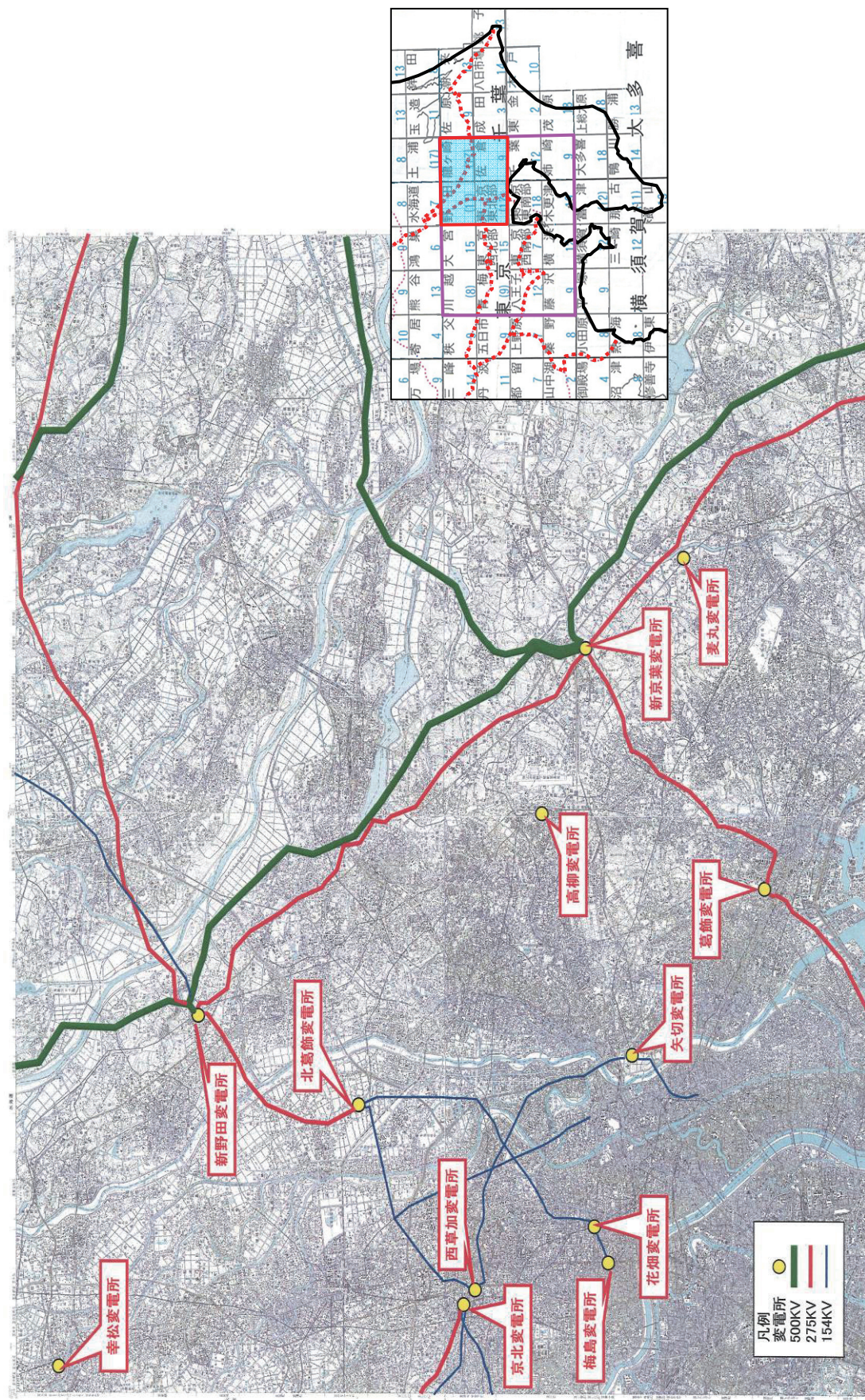


図 2.2.1-4 野田、龍ヶ崎、佐倉、東京東部の架空送電線網

出典：国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図に変電所名等を追記した

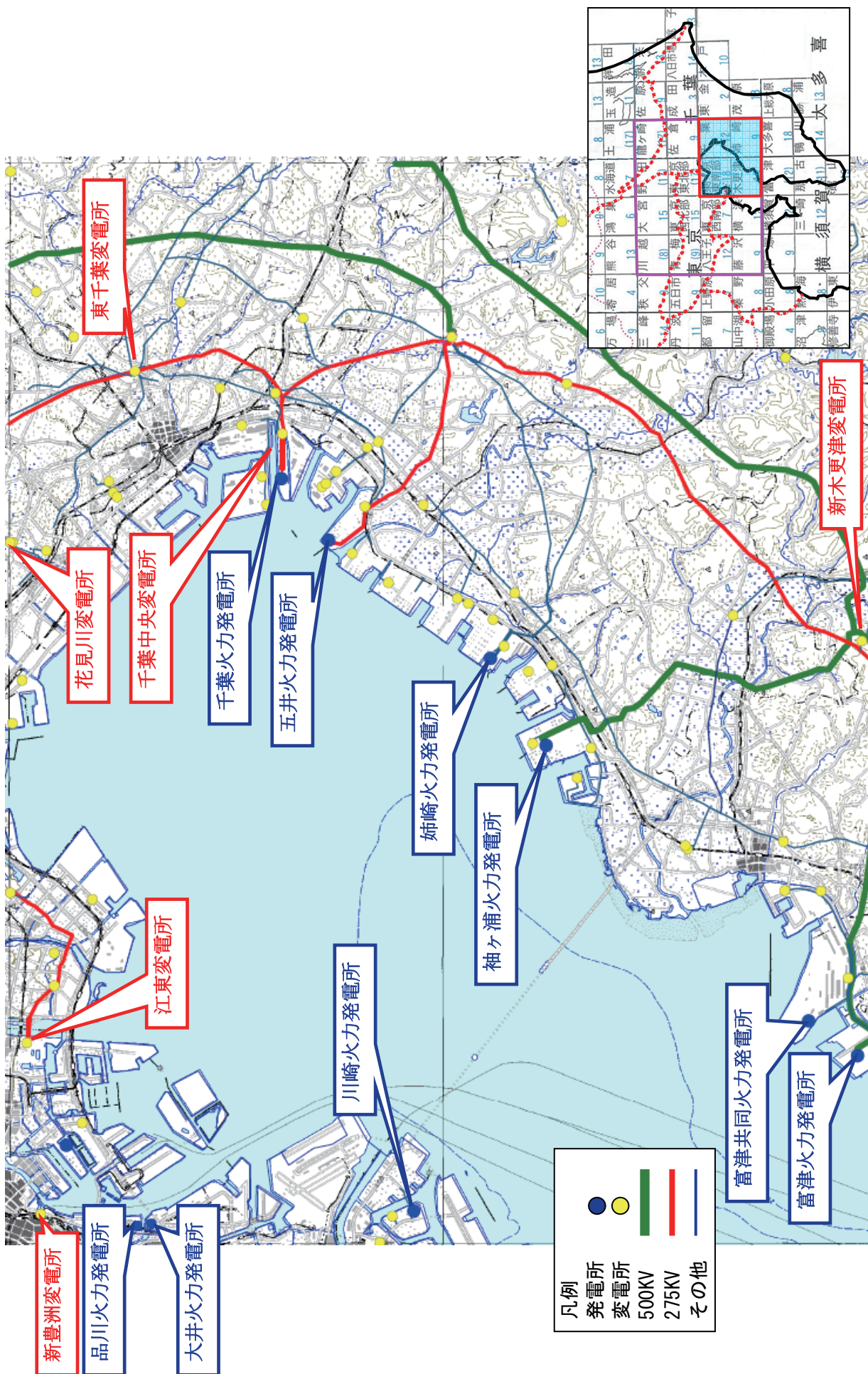


図 2.2.1-5 東京東南部、千葉、姉ヶ崎の架空送電線網

出典：国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図に変電所名等を追記した

1) 八王子、藤沢、横浜、東京西南部の架空送電線網

当地区は、東京都区西部および神奈川県に位置しており、神奈川県西部および甲信越方面からの首都圏への電力供給ルートにあたっている。西方の変電所（新多摩、新秦野）からの **275kV** 架空送電線（佐久間東線、秦浜線）が、それぞれ西東京変電所および京浜変電所に敷設され、ここから更に各変電所を経て、その多くが東京都との境である多摩川を渡ったところで地中に入り、都内の各変電所へ送電されている。また、横須賀火力発電所と京浜変電所（東京南線）、西東京変電所（京浜線）を連結することで、架空送電線網のネットワークを形成している。

神奈川県東部は、住宅地として開発が進み、その地形が丘陵地帯であるため、鉄塔の脇まで宅地造成が進み両者が共存しているところが多い。また、各方面からの架空送電線が集まる西東京変電所や京浜変電所等の中核変電所周囲には、多くの鉄塔が建設されている。

2) 川越、青梅、大宮、東京西北部の架空送電線網

当地区はおおむね平坦な地形であり、埼玉県南部および東京都北西部に位置している。甲信越方面からの首都圏への電力供給ルートにあたっており、埼玉県南部の変電所（新坂戸、新所沢）からの **275kV** 架空送電線（只見幹線、南狭山線）が新座変電所に敷設され、ここから地中送電線となり都内の各変電所へ送電されている。

東大和市、昭島市、立川市、武蔵村山市からなる東京北西部では、大半が戸建である住宅地区の上空を架空送電線が通過している。また、坂戸市、鶴ヶ島市、日高市、狭山市、入間市、川越市からなる埼玉県南部では、比較的住居地区を避けて架空送電線が通過している。

3) 野田、龍ヶ崎、佐倉、東京東北部の架空送電線網

当地区はおおむね平坦な地形であり、東京都北東部、埼玉県東部、千葉県北部および茨城県南部に位置している。関東北東部および東北地方からの首都圏への電力供給ルートとなっており、**500kV** 対応の新京葉変電所および新野田変電所に經由して都心周辺部の変電所（葛飾、京北変電所等）に送られ、そこからは地中送電線により都心部に送電されている。新京葉線、房総線、印旛線、新佐原線（**500kV** 架空送電線）や北千葉線、東京東線（**275kV** 架空送電線）などが首都圏架空送電線ネットワークの一部を担っている。

足立区や草加市、川口市周辺の埼玉県南部や船橋市、市川市などは建物が密集しており、その中を高圧の架空送電線が通過している箇所も少なくない。特に数多くの架空送電線が経由している京北変電所付近は、数多くの鉄塔、架空送電線と建物が共存している。関東北東部および東北地方の発電所からの受け皿となっている新京葉変電所、新野田変電所は、非常に数多くの鉄塔、架空送電線が乱立しているが、郊外に位置しているため建物との干渉はそれほど多くない。

4) 東京東南部、木更津、千葉、姉ヶ崎の架空送電線網

当地区は木更津市から羽田空港までの東京湾を左回りにおよそ半周の沿岸地域である。地形的には、ほぼ沿岸部全体に分布する埋立地、湾奥に河口を持つ多摩川、隅田川、荒川、江戸川などの比較的川幅の広い川の存在とそれによる沖積平野の存在が特徴とされ

る。戦後の高度経済成長を支えた京浜・京葉工業地帯の中核に位置しているが、その工業地帯や膨張する大都市東京への電力供給のため、電力送電網が整備されている。

比較的亘長が長く高電圧である 500kV の基幹系統線が 2 ルート並行して整備されている大型火力発電所が、千葉県側沿岸部では 6 箇所設備されているため、沿岸部から内部に向かうルートや比較的川幅の広い河川横断部が多く、戦後の早い時期から整備されたものが多い。また、東京都臨海部では 275kV の送電線は地中化されているなどの特徴を有している。

河川横断は、例えば荒川の河口では船堀橋付近から清砂橋までの 4km の間に 6 本の渡河架空送電線が施設されているなど、ほとんどが架空送電線で渡河されている。このため、作業船による架線切断停電事故なども起こっている。早い時期から整備されたためか、鉄塔の高さが比較的低いものがある一方、臨海部埋め立て地に立地する火力発電所から内陸に向かう架空送電線の近辺は比較的人家を避けたルートとなっている。都心に近い地域では人家の密集地帯を通過していることが多いが、都内に入ると送電線の大半は地中化されている。

2.2.2 東京都区内近傍送電線網の調査

地中線化の可能性が考えられる送電ラインを抽出するため、「2.2.1 首都圏広域基幹送電網の調査」の調査結果に基づき、東京 23 区周辺の架空送電線状況の詳細調査を実施した。詳細調査結果に基づき、地中線化の可能性のある 4 区域を抽出した。また、4 区域について踏査を実施して、都市状況及び詳細な架空送電線の敷設状況を調査し、図 2.2.2-2～4（「電子国家ポータル WEB 地図」を基に作成した）、および写真 2.2.1-1～17 に示す。

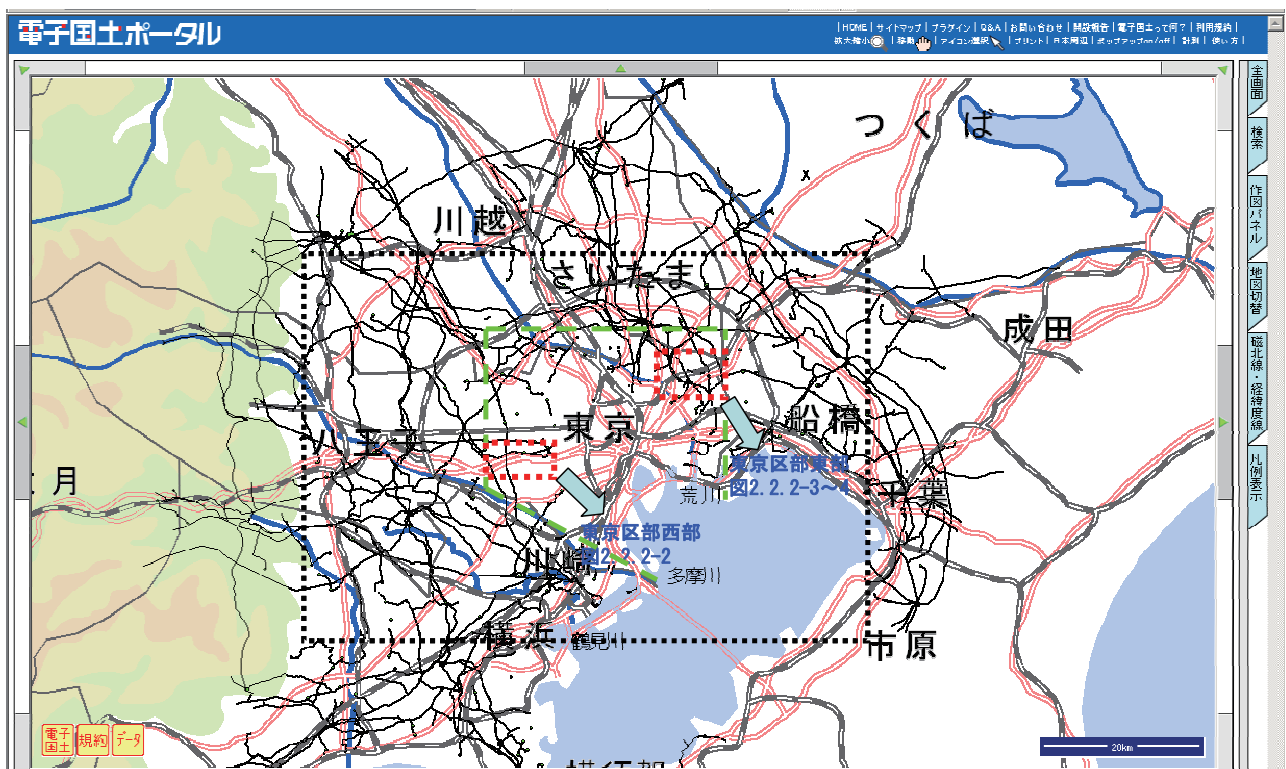


図 2.2.2-1 東京 23 区周辺の架空送電線網

1) 東京区部西部

(1) 千歳変電所～永福周辺

当地区は世田谷区の西端と杉並区の南端に位置し、千歳変電所から和田堀変電所の間に2系統の送電線がほぼ東西に通過している。2系統の送電線は千歳変電所から首都高速4号線を横断した辺りまで平行に走っている。和田堀変電所から京王井の頭線を経て上北沢付近までの地域は、古くからの住宅地であり、住宅密集地の軒をかすめるように鉄塔が存在している。また、神田川護岸に沿って架空線が設置されているところもあり、これは、公共空間を利用した架空送電線の事例と判断される。

一方、環状8号線から西は農地が数多く残っており、近年、小規模な宅地開発がスポット的に行なわれた結果、宅地1区画を占有する形で戸建住宅に囲まれた鉄塔が建っているところも見受けられる。

(2) 成城学園～千歳変電所周辺

当地区は世田谷区の西端に位置し、千歳変電所から南へ向かい小田急成城学園駅を横断する架空送電線が整備されている。成城学園駅付近は区画整理された戸建が多く、民地上空を通過している。京王線を横断し千歳変電所までの区間は、農地が残存し道路整備が遅れており、おおむね畑地の上空を通過しているが、庭先に鉄塔が建っている箇所もある。

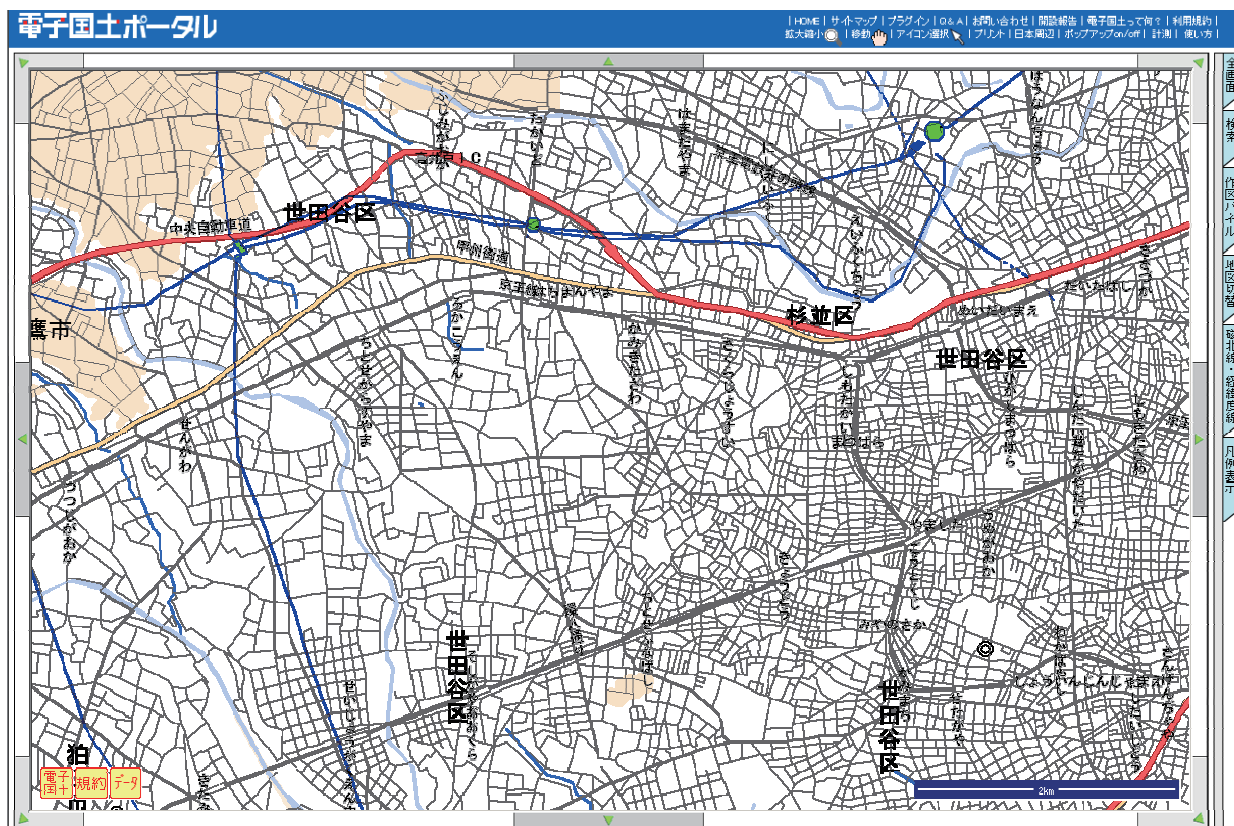


図 2.2.2-2 東京区部西部の架空送電線網



写真 2.2.2-1 住宅街の中の美化鉄塔



写真 2.2.2-2 住宅横の鉄塔



写真 2.2.2-3 河川右岸に建つ鉄塔

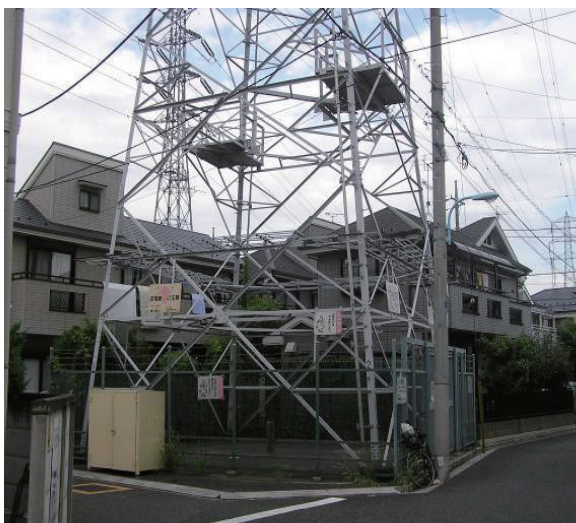


写真 2.2.2-5 区画地内の鉄塔



写真 2.2.2-4

路地（生活道路）上を通る送電線



写真 2.2.2-6 農地内を通る送電線



写真 2.2.2-7

小規模開発により戸建に囲まれた鉄塔



写真 2.2.2-7 小規模開発の1区画を占有する鉄塔



写真 2.2.2-8 住宅街に建つ美化鉄塔



写真 2.2.2-9

駅前商業地区のマンション間に建つ鉄塔

2) 東京区部東部

(1) 綾瀬・亀有周辺

当地区は足立区および葛飾区に位置し、花畑変電所、江戸川変電所間をほぼ平行に綾瀬川、JR 常磐線を横断するもの、江戸川変電所から南西へ向かい荒川を横断するもの、南東方向に JR 常磐線、中川を横断し北小岩変電所に至る送電線によって送電網が形成されている。全般に、架空送電線の通過地域は主に低層住宅が密集する中、中層の集合住宅も存在する。綾瀬駅周辺に至ると住宅・密集地に鉄塔が建設されており、宅地内や集合住宅に近接した鉄塔も存在する。この他、老人福祉施設、小学校、ホテルに近接した鉄塔も存在する。大半が民地上空を通過しているが、河川、鉄道上空の横断箇所もある。また、お花茶屋～亀有の低層・中層住宅の密集地域を通過する送電線では宅地内を通過しているものも見られ、大半が民地上空を通過している。また、北小岩変電所に向かうルートでは、主に住宅地（一部工場や車両基地）を通過しているが、密集度は高くない。宅地内に建設された鉄塔が存在する。

(2) 金町・小岩周辺

当地区は葛飾区の中川と江戸川に挟まれた地域であり、この地域をほぼ南北に架空送電線が通過している。水元から金町に至る地域は主に低層住宅地であり、一部に環境美化鉄塔への更新が確認される。金町駅から南部については大型公益施設（金町浄水場）が存在するものの、おおむね低層・中層住宅地となっている。新中川を越えて新小岩に至る経路もほぼ同様である。架空線は主に低層住宅上空を通過しており、河川、鉄道も横断している。宅地内の鉄塔や中学校校庭の鉄塔も存在する。

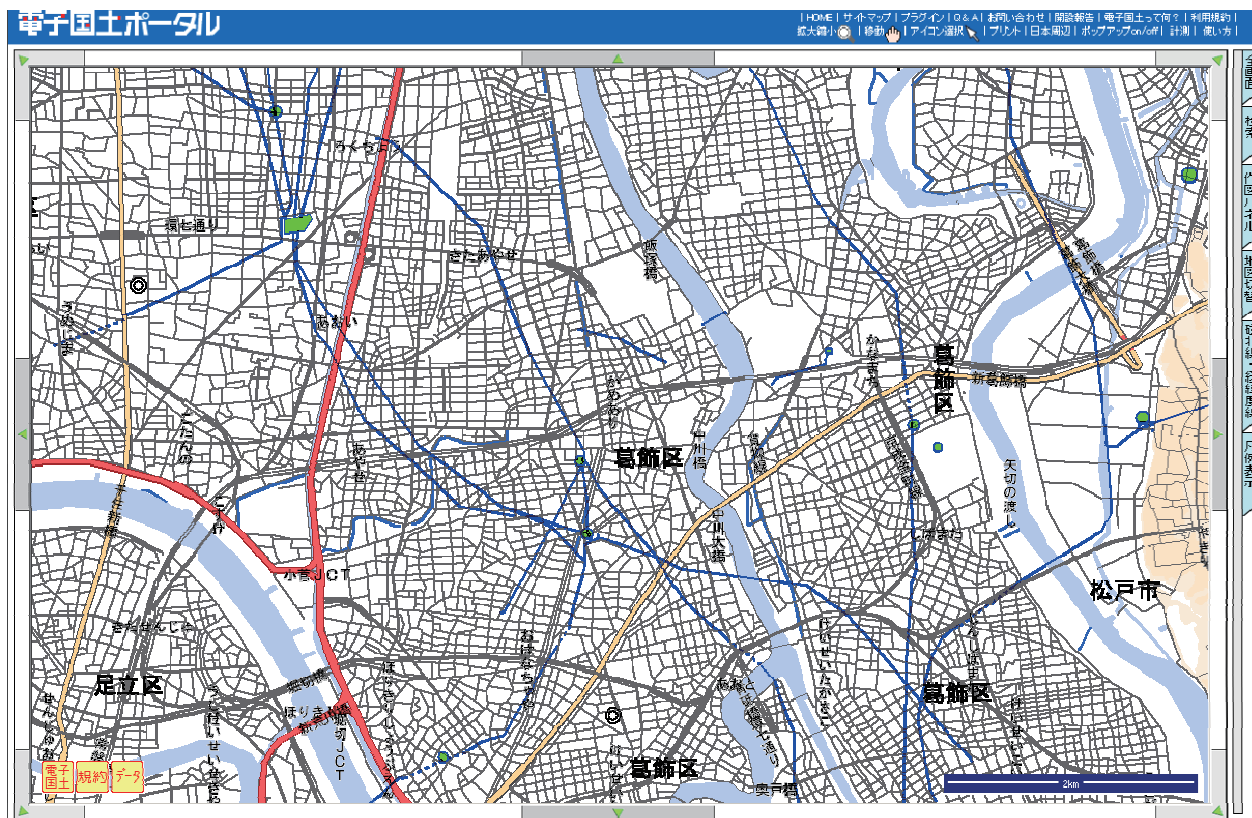


図 2.2.2-3 東京区部東部の架空送電線網

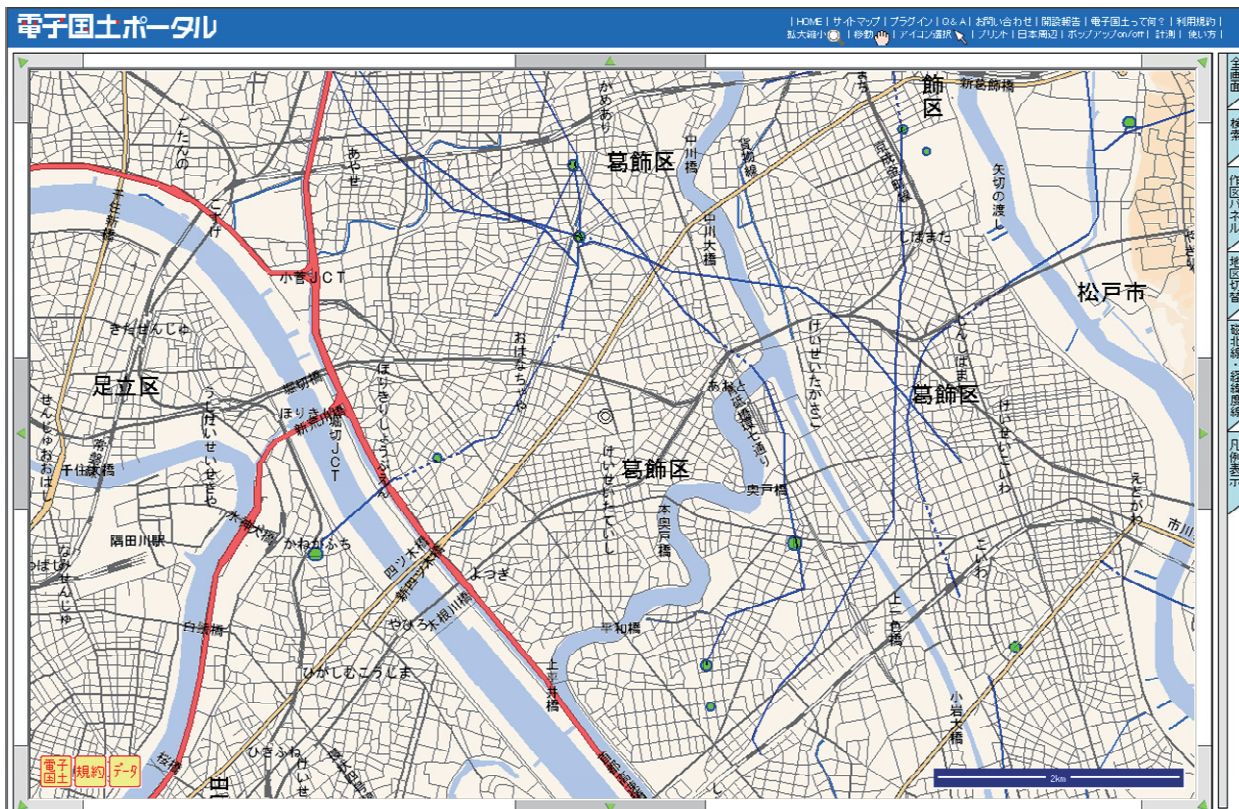


写真 2.2.2-10
駅前商店街に建つ美化鉄塔



写真 2.2.2-11 住宅街に建つ鉄塔



写真 2. 2. 2-12 住宅脇に建つ鉄塔



写真 2. 2. 2-13 住宅街に建つ鉄塔



写真 2. 2. 2-14 学校横に建つ鉄塔



写真 2. 2. 2-15 住宅街に建つ鉄塔（2 系統）



写真 2. 2. 2-16 集合住宅に囲まれた鉄塔



写真 2. 2. 2-17 住宅密集地上空の送電線

2.2.3 まとめ

東京区部西部の千歳変電所～永福周辺、東京区部東部の綾瀬・亀有周辺および金町・小岩周辺は主に低層住宅の密集地であり、送電線が民地上を通過している。また、鉄塔も宅地内や住宅等に近接しており、架空送電線の地中化の試検討をする上で妥当なモデルとなる。

1) 東京区部西部（千歳変電所～永福周辺および成城学園～千歳変電所周辺）

千歳変電所～永福地区の 2 系統は、千歳変電所と和田堀変電所間の半分以上が平行になっており、東側では古くからの住宅地を、西側では小規模な宅地開発が行なわれている地域を通過している。また、宅地内に設置された鉄塔も多く見られる。成城学園～千歳変電所地区の送電線は世田谷区西端に位置しており、成城学園駅周辺は区画整理された低層住宅が多く民地上空を通過しているが、京王線付近から千歳変電所に至る区間は農地が残存し畑地の上空を通過している。

2) 東京区部東部（綾瀬・亀有周辺および金町・小岩周辺）

綾瀬・亀有地区の 2 系統は、花畑変電所と江戸川変電所間を平行に低層住宅の密集地上空や中層集合住宅上空を通過しており、鉄塔も宅地内の他、集合住宅、老人福祉施設、小学校に近接して設置されている。金町・小岩地区の中川と江戸川に挟まれた地域にある亀戸線の送電線は、変電所間が長距離であり、低層住宅地上空を通過しており、宅地内や中学校の校庭に設置された鉄塔もある。

[2.2 参考文献]

- 1) (財)エンジニアリング振興協会：平成 19 年度 都市再生・地域活性化・生活利便性向上を目指した都市機能高度化・地下空間開発利用等関連エンジニアリングの動向と今後のあり方に関する調査報告書 第 3 分冊 平成 20 年 3 月
- 2) (財)エンジニアリング振興協会：平成 20 年度 エコ・ヒューマン・エンジニアリングに関する調査研究報告書 第 5 分冊 平成 21 年 3 月
- 3) 電子国家ポータル WEB 地図
<http://portal.cyberjapan.jp/denshi/index3.html>

2.3 都市状況の調査

都市部に於ける架空線の地中化推進の検討には、エネルギー供給インフラとしての送電網整備の観点とともに、それを包含する総合的な都市形成に関わる基本的な施策、現況の把握も必要である。以下に、都市に関わる施策等の概要をまとめる。

2.3.1 都市政策の現況

我が国の人口構成は、出生率の低下に伴い、急速な少子高齢化傾向のなかにあることが指摘されてきている。図 2.3-1、2 よれば、2010 年代に人口は減少傾向に以降し、2050 年台には人口は 1 億人を割り込むとされている。また高齢化率も上昇の一途をたどり 40% 大台に達するとされている。

現在、これに対し少子化対策、教育・福祉等において様々な施策の実施・検討がなされてきているが、都市政策においてもこれに対応した政策が検討されている。

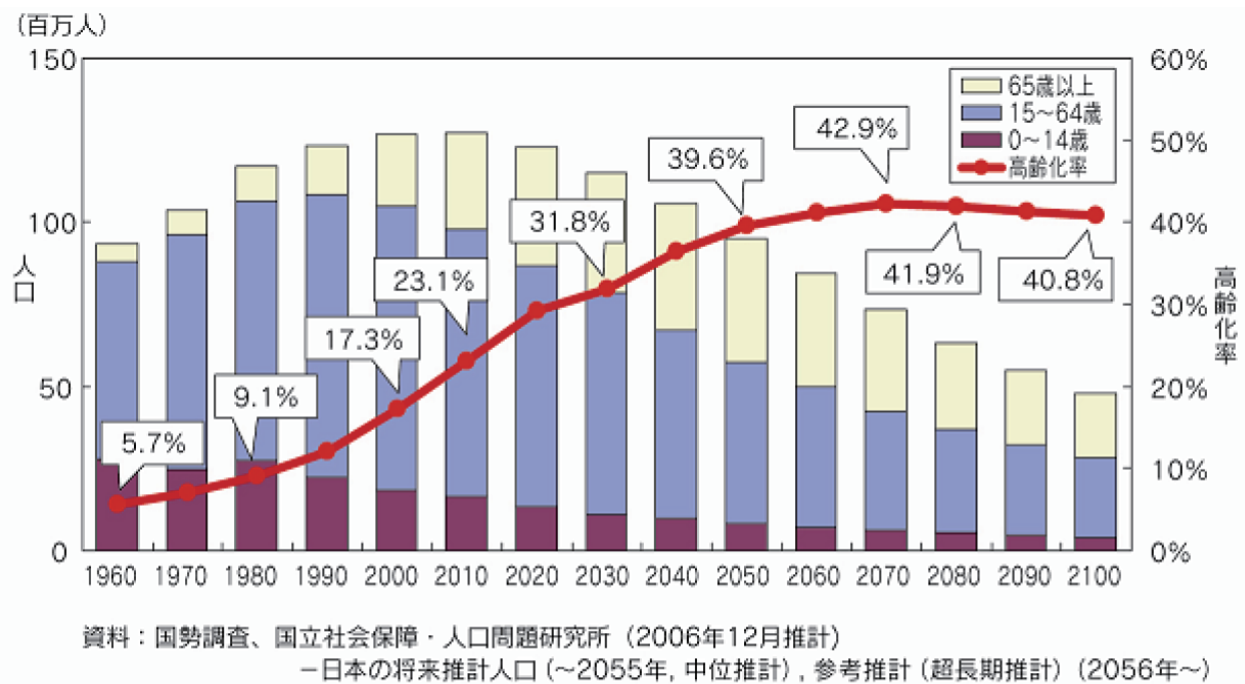


図 2.3-1 人口の推移予想

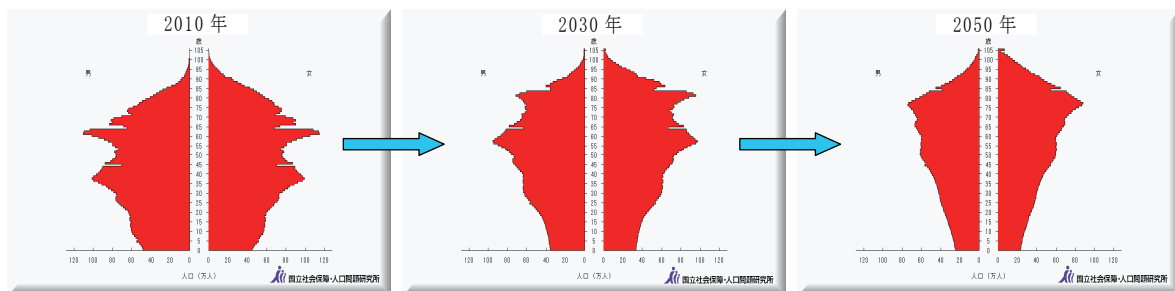


図 2.3-2 我が国の人口構成の推移予想

出典：国立社会保障・人口問題研究所 HP（2010.01.11）

現在、都市においては、「自動車社会の進展」、「交通インフラ整備による郊外部拡大」、「郊外複合商業施設の建設」、「ロードサイド型店舗の建設」等を要因として市街中心の空洞化が進んでいる。これは、地域経済の縮小のみならず、以下のような問題も有している。

- ・ 少子高齢化の進行のなかでの行政区域の拡散・拡大は行政コスト（教育・福祉対応、上下水道等の生活インフラ整備等）の上昇を招く
- ・ 都市内移動距離の拡大による地球環境への影響が拡大する。（CO₂排出量増大：右図 2.3-3 参照）

これに対応して、現在、「集約型都市構造実現」が今後の都市施策、都市のあり方として提案されている。

図2.3-4の(1)図は、かつての都市構造を示すものであり、「ピラミッド型」に集約された都市中心部が存在し、効率的な都市形成を実現していた。

これに対して同図(3)は、郊外部が拡大し、全体に拡散したと都市構造となっており、非効率的な「お盆型」のものとなっている状態を示している。同図(4)は、今後を目指すべきものとして示されているものであり、集約型都市中心部を形成するとともに、複数の準拠点的区域を形成することにより、行政、エネルギー消費において効率的な都市構造の実現を提案している。

こうした、状況、施策を背景に少子高齢化の状況

下にあっても、都市においては、都市機能の充実、生活の利便性向上、生活の多様化への対応、情報集中化等により人口の増加傾向が継続するものと考えられる。

＜我が国の諸都市における人口密度と1人当りガソリン消費量の関係＞

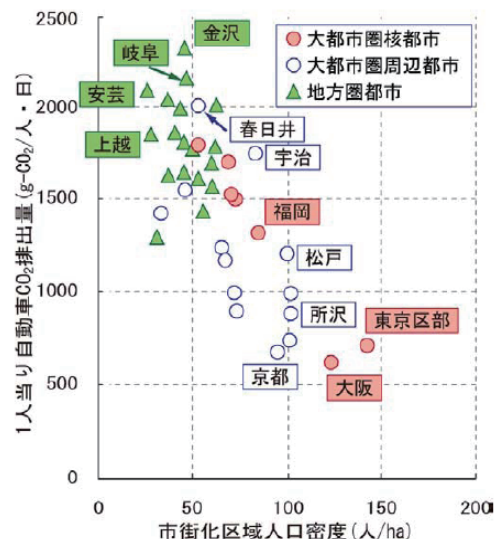


図 2.3-3 人口密度とガソリン消費量の関係

出典：社会資本整備審議会都市計画・歴史的風土分科会都市計画部会資料、都市政策の基本的な課題と方向検討小委員会報告（H21.6.29）

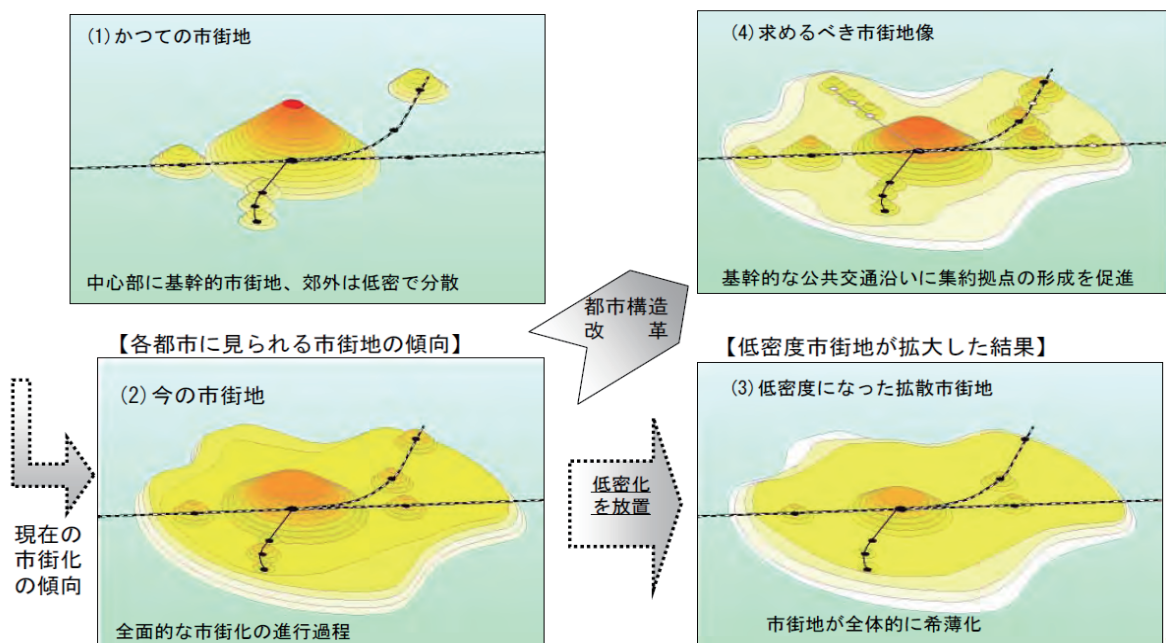


図2.3-4 拡散型から集約型都市構造への転換イメージ

出典：社会資本整備審議会都市計画・歴史的風土分科会、都市計画部会都市交通・市街地整備小委員会資料

東京区部における人口変化（増加傾向）を、図 2.3-5 に示す。同図によれば高度経済成長期に郊外部に拡大した人口増加が、現況では都心部に回帰して来ていることが確認されている。

また、図 2.3-6 に東京都における人口推移予想を示す。図によれば、全国的な人口減少傾向とは異なり、2015 年台まで人口の増加が予想されるとともに、その後の減少も比較的小さいものとされている。

本稿で検討する架空送電線の地下化は、過密した都市空間の有効利用、都市生活環境（安全・安心、景観など）の向上を実現するものでもあることから、集約化を目指す都市施策、東京における人口増加を代表地値とする都市の発展の状況に整合性し、その実現に寄与するものと考えられる。

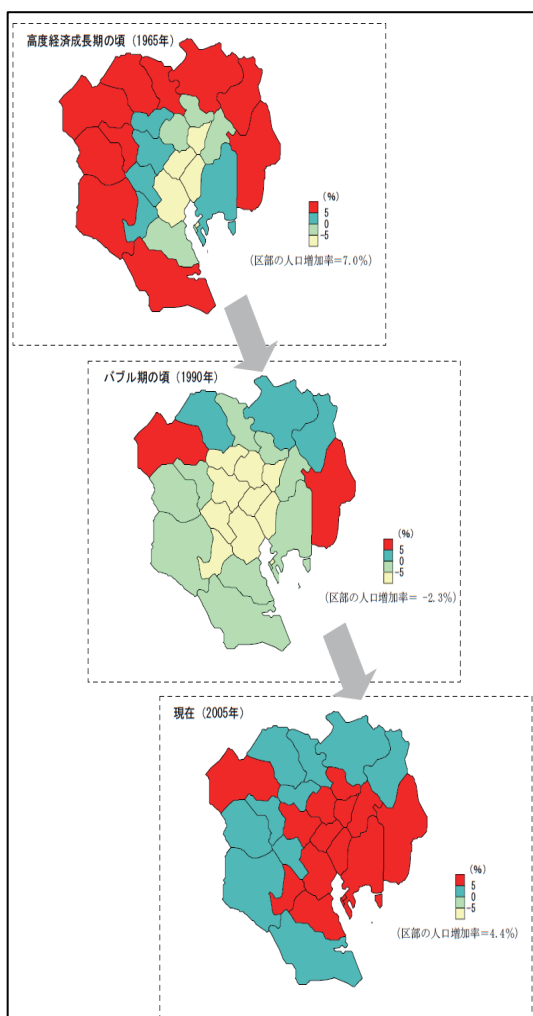


図 2.3-5 地図で見る人口の都心回帰

出典：東京都区市町村別人口の予測
(東京都総務局統計部調整課 平成19年3月)

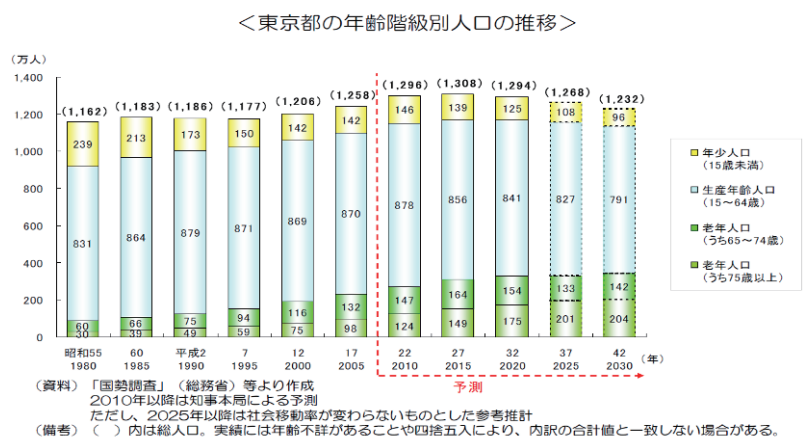


図 2.3-6 東京都の人口推移

出典：「10 年後の東京～東京が変わる～」(平成 18 年 12 月)

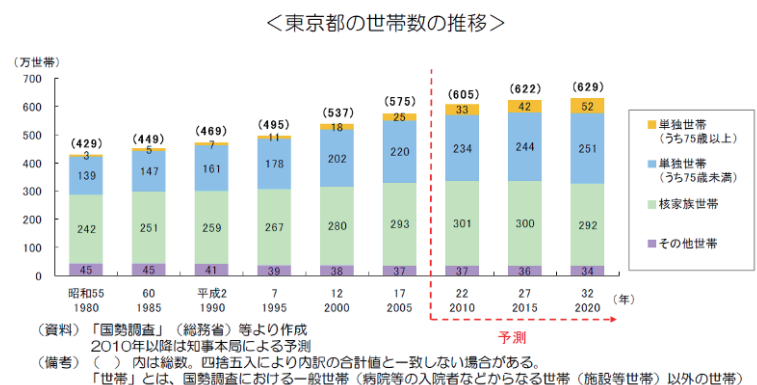


図 2.3-6 東京都の人口推計

出典：「10 年後の東京～東京が変わる～」(平成 18 年 12 月)

2.3.2 東京区部人口密度

前節「2.2 首都圏架空送電線状況の調査」で、東京区部の西部、東部地区における輻輳した架空線の存在が確認されている。これに対応し、当該区域における人口密度の情况进行を確認する。

東京区部人口密度分布を図2.3-7に、また表2.3-1にその人口・人口密度値を示す。商業地域、工業地域、公園、河川区域等の非住宅地区を除き全体に高い人口密度となっており、都市集約化の状況が確認できる。

図2.3-8、図2.3-9に西部、東部地域の人口密度状況を抜粋・拡大する。両区域とも高い人口密集状況となっており、都市空間の効率的な利用が求められる地域であり、架空線の地中化推進の試検討の対象としての要件を満たしていると判断される。

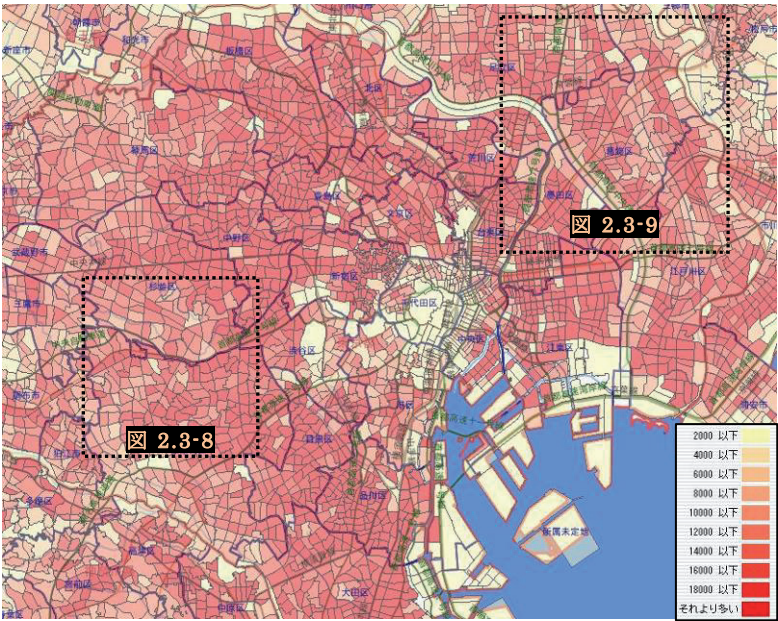


図 2.3-7 東京区部人口密度状況
出典：政府統計総合窓口より作図（H17年国勢調査）

表 2.3-1 東京区部人口密度
出典：東京都HP東京の統計

地域	人口	面積	人口密度
総数	12,907,066	2187.58	5900
区部	8,742,995	621.97	14057
千代田区	44,623	11.64	3834
中央区	112,992	10.17	11110
港区	212,667	20.34	10456
新宿区	314,956	18.23	17277
文京区	198,244	11.31	17528
台東区	172,060	10.08	17069
墨田区	241,839	13.75	17588
江東区	447,352	39.94	11201
品川区	359,319	22.72	15815
目黒区	268,750	14.7	18282
大田区	680,182	59.46	11439
世田谷区	861,977	58.08	14841
渋谷区	203,649	15.11	13478
中野区	313,714	15.59	20123
杉並区	539,179	34.02	15849
豊島区	259,320	13.01	19932
北区	334,156	20.59	16229
荒川区	199,845	10.2	19593
板橋区	533,529	32.17	16585
練馬区	709,598	48.16	14734
足立区	637,119	53.2	11976
葛飾区	430,239	34.84	12349
江戸川区	667,686	49.86	13391

平成 21 年 4 月統計値

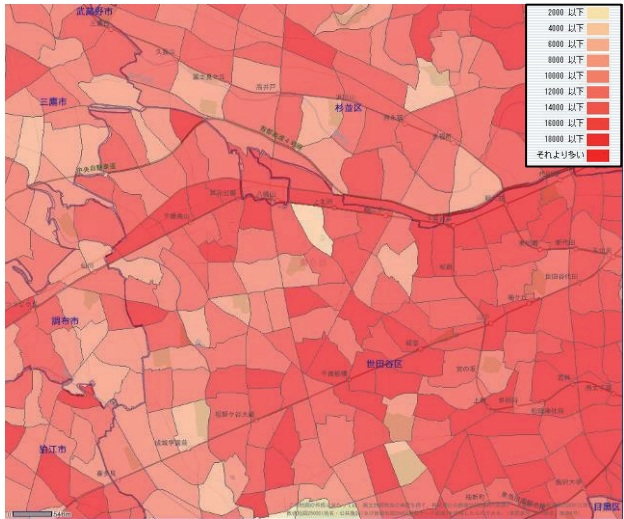


図 2.3-8 人口密度状況（西部抜粋）

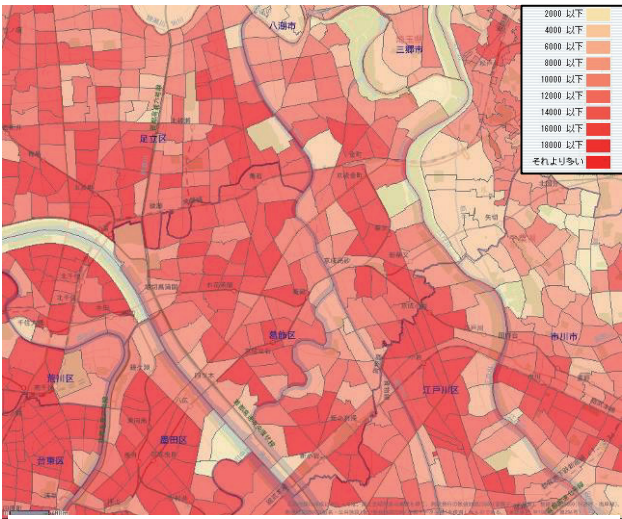


図 2.3-9 人口密度状況（西部抜粋）

2.3.3 用途地域指定の現況

都市計画区域では、無秩序な市街化を防止し、計画的な市街化を図るため、必要に応じて地域地区として、表 2.3-2 に示す用途地域を定めることとされている。（都市計画法）

架空送電線の地中化推進は、この定められた地域指定を勘案し検討をすることが求められると考えられる。事例として、西部（杉並区、世田谷区）および東部区（葛飾区、江戸川区）の用途地域指定（抜粋）を図 2.3-10～13 に示す。

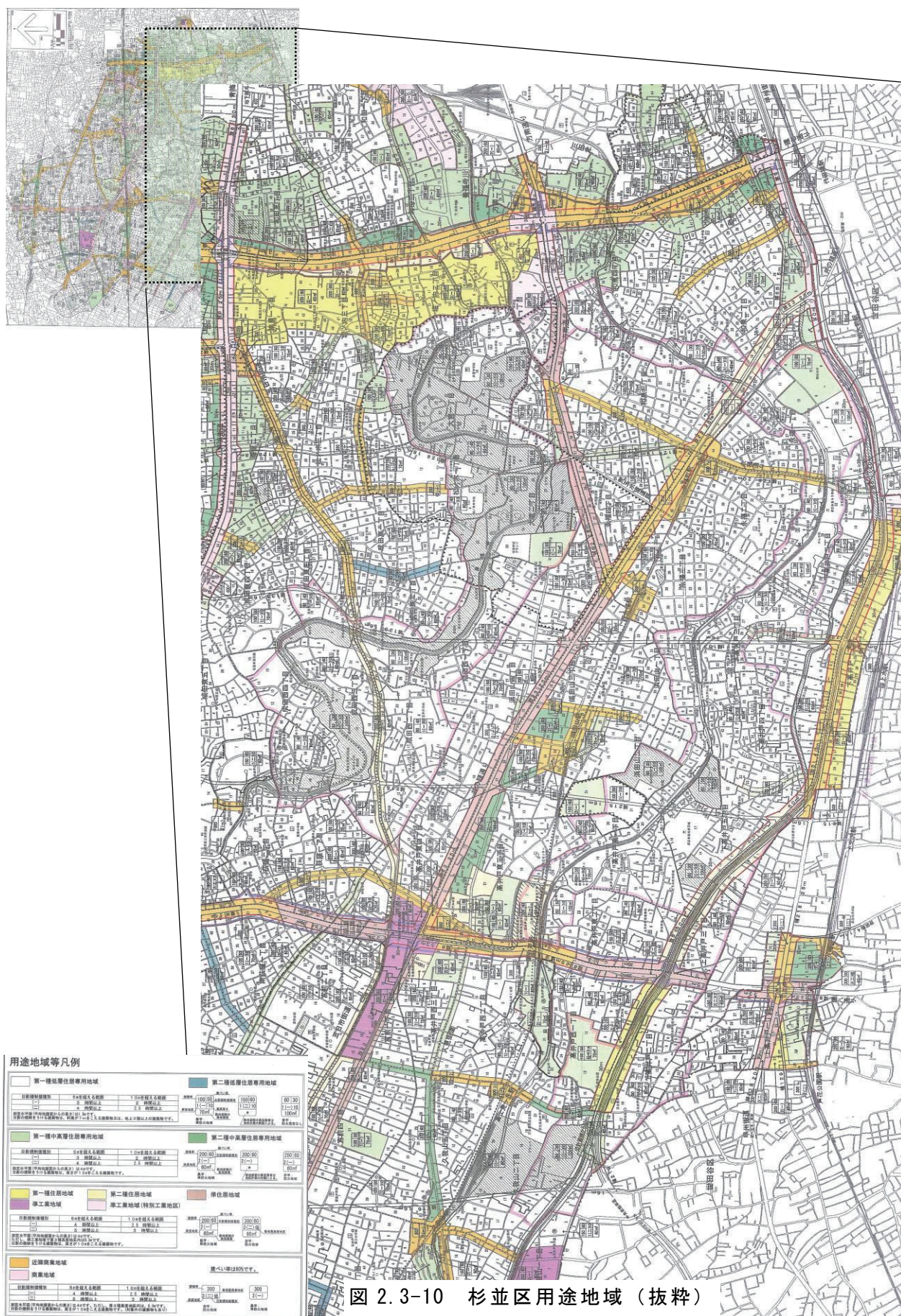
西部地区は駅周辺傍を除き全体に低層住居専用地域が広がり、住宅街として都市計画が設定されていると判断できる。

東部地域は、綾瀬、亀有周辺等の駅部に商業地域が設定されており、また 2 種を含む中高層住居専用地域が設定されている。全体としては、住居専用地域の面積が支配的であるが、繁華街、商店街を含む複合的な都市計画が設定されていると判断できる。

表 2.3-2 用途地域の規定

	用途地域	内 容	建 蔽 率 (%)	容 積 率 (%)	共 同 住 宅	店 舗
住居系地域	第一種 低層住居専用地域	低層住宅の専用地域	30・40 50・60	50・60・80 100・150・200	○	×
	第二種 低層住居専用地域	小規模な店舗の立地を認める低層住宅の専用地域			○	△
	第一種 中高層住居専用地域	中高層住宅の専用地域		100・150 200・300	○	○
	第二種 中高層住居専用地域	必要な利便施設の立地を認める中高層住宅の専用地域			○	○
	第一種住居地域	大規模な店舗・事務所の立地を制限する住宅地のための地域	60	200・300・400	○	○
	第二種住居地域	大規模な店舗・事務所の立地を一部制限する住宅地のための地域			○	○
	準住居地域	自動車関連施設沿道サービス業と住宅が調和して立地する地域			○	○
商業系地域	近隣商業地域	近隣住民のための店舗、事務所などの業務利便の増進を図る地域	80		200・300・400 500・600・700 800・900・1000	○
	商業地域	店舗、事務所などの業務利便の増進を図る地域		○		○
工業系地域	準工業地域	環境の悪化のおそれのない工業の利便の増進を図る地域	60	200・300・400	○	○
	工業地域	工業の利便の増進を図る地域			○	○
	工業専用地域	工業の利便の増進を図るための専用地域	30・40 50・60		×	×

注）建蔽率、容積率の値は示される範囲で都市計画により定められる。



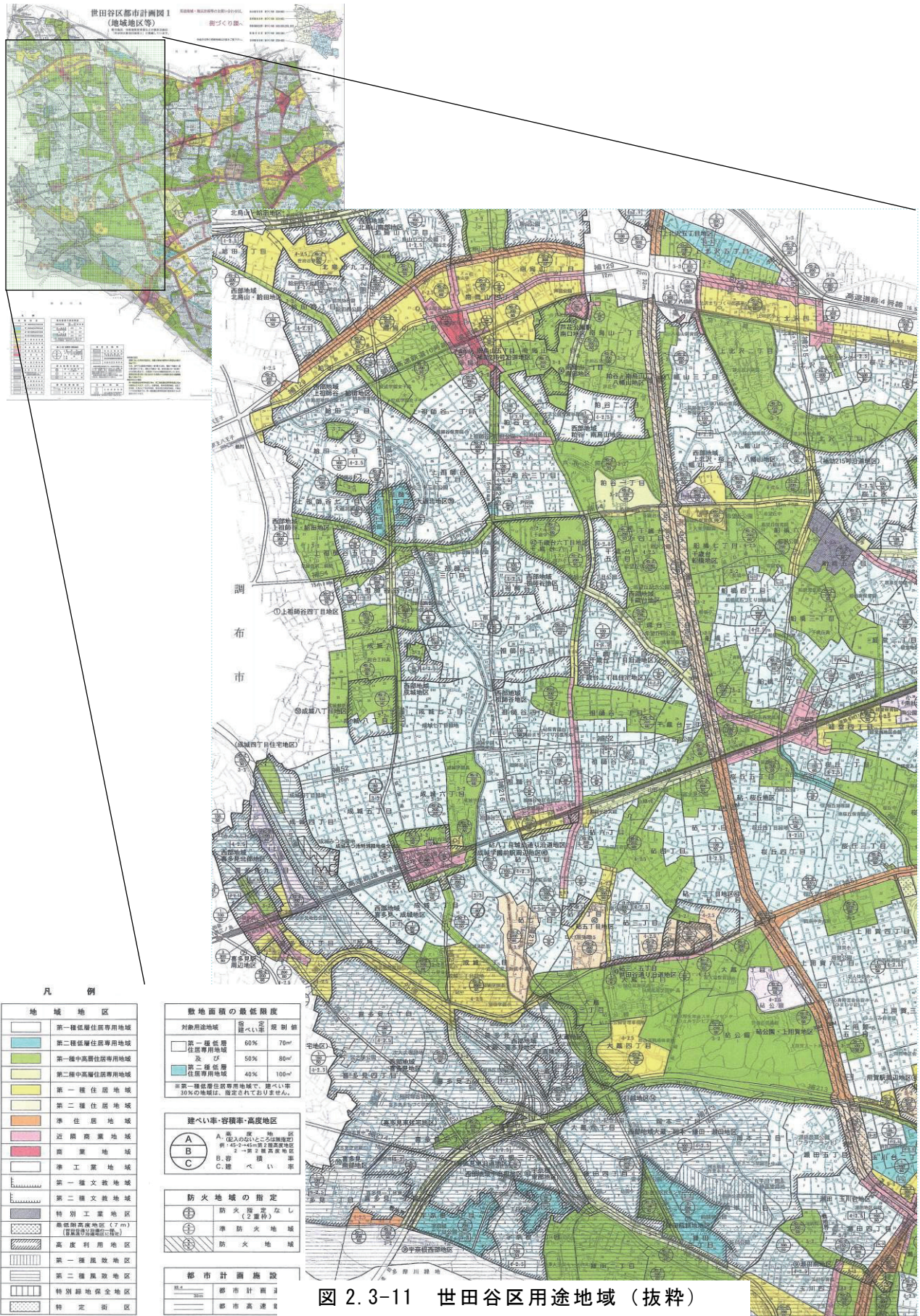
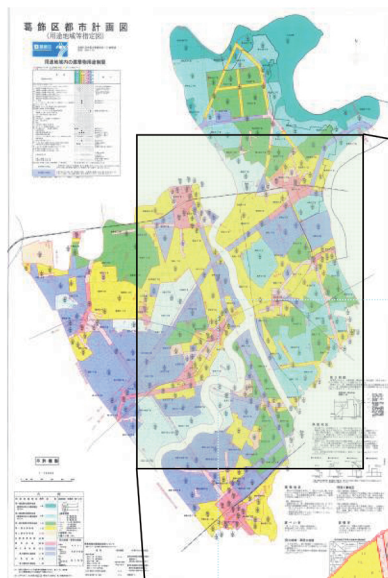


図 2.3-11 世田谷区用途地域 (抜粋)



凡	例
用途地域地区略称	高度地区・容積率・建ぺい率
第一種低層住居専用地域 (建築物の高さの最高限度は10m)	1低
第二種低層住居専用地域 (建築物の高さの最高限度は12m)	2低
第一種中高層住居専用地域	1中
第一種住居地域	1住
第二種住居地域	2住
近隣商業地域	近商
商業地域	商業
準工業地域	準工
第二種特別工業地域	2特
工業地域	工業
第一種特別工業地域	1特

①高度地区	②容積率(%)	防火地域・準防火地域
1 第一種高度地区	100%未満	指定なし
2 第二種高度地区	100%以上	準防火地域
3 第三種高度地区	200%以上	防火地域
10m/2 1.0m/2 1.0m/2		
1.6m 1.6m/2 7m		
なし 高度地区指定なし		

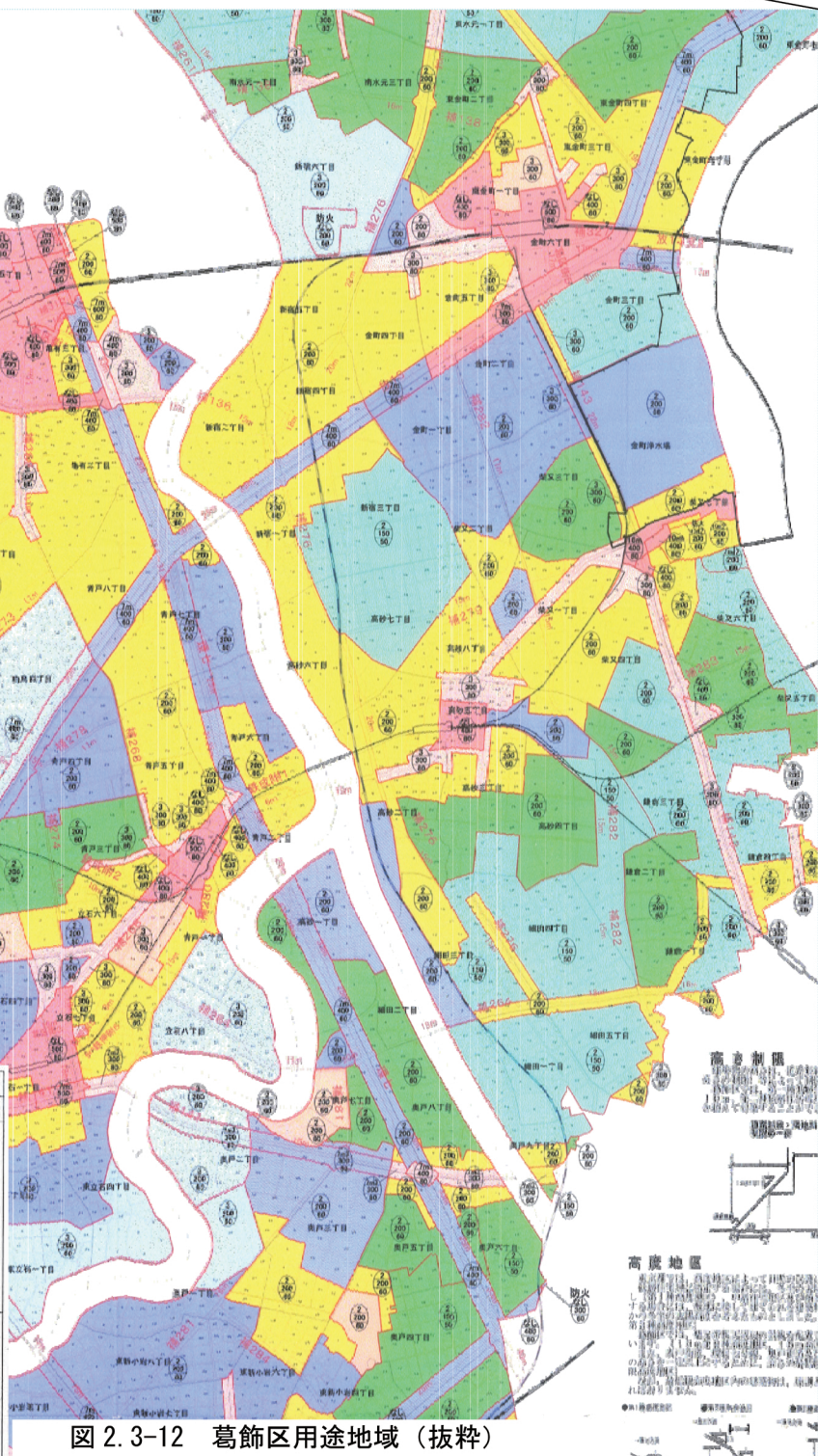
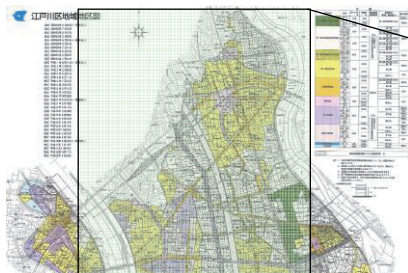


図 2.3-12 葛飾区用途地域 (抜粋)



地区図

（左見直し）

（左見直し）

（左見直し）

（左見直し）

（左見直し）



用途地域	記号	容積率 建ぺい率 %	容積率 建ぺい率 %	高度地区 (高さ・絶対高さ)	防火地域
第一種中高層住居専用地域	60-1 60-2 60-3	30% 40% 40%	60% 80% 80%	第一種 (絶対高さ10m)	指定なし 準防火
第一種中高層住居専用地域	100-1 100-2 100-3 150-1 150-2 150-3	50% 60% 60% 100% 100% 100%	150% 200% 200% 150% 200% 200%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火
第二種中高層住居専用地域	200-1 200-2 200-3	60% 60% 60%	200% 200% 200%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火
第一種住居地域	200-1 200-2 200-3 300-1 300-2 300-3	60% 60% 60% 80% 80% 80%	300% 300% 300% 400% 400% 400%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火
近隣商業地域	200-1 200-2 200-3 300-1 300-2 300-3	80% 80% 80% 100% 100% 100%	200% 200% 200% 300% 300% 300%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火
商業地域	400-1 400-2 400-3 500-1 500-2 500-3	80% 80% 80% 100% 100% 100%	400% 400% 400% 500% 500% 500%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火
準工業地域	200-1 200-2 200-3 300-1 300-2 300-3	60% 60% 60% 80% 80% 80%	200% 200% 200% 300% 300% 300%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火
特別工業地域	200-1 200-2 200-3 300-1 300-2 300-3	60% 60% 60% 80% 80% 80%	200% 200% 200% 300% 300% 300%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火
工業地域	200-1 200-2 200-3	60% 60% 60%	200% 200% 200%	第一種 (絶対高さ16m) 第二種 (絶対高さ16m) 第三種 (絶対高さ16m)	準防火 準防火 準防火

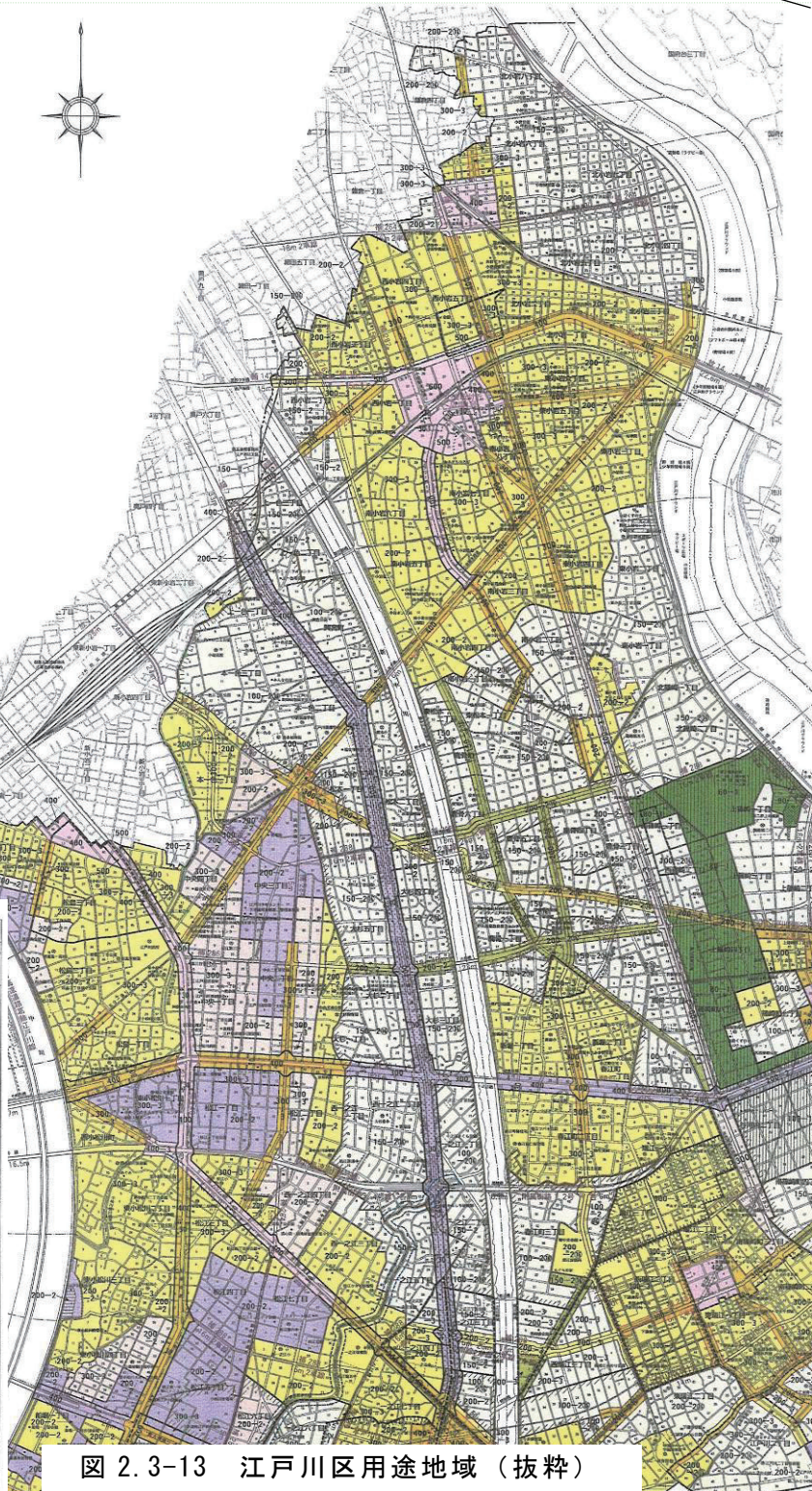


図 2.3-13 江戸川区用途地域（抜粋）

2.3.4 長期都市計画の現況

前款の用途区域の設定とともに、自治体は「市町村の都市計画に関する基本的な方針」を策定することが都市計画法により規定されている。これは「都市づくりの具体性ある将来ビジョンを確立し、個別具体の都市計画の指針として地区別の将来のあるべき姿をより具体的に明示し、地域における都市づくりの課題とこれに対応した整備等の方針を明らかにする市町村のマスタープラン」(建設省通達)に基づくものである。事例として、都区西部地区(杉並区、世田谷区)および東部地区(葛飾区、江戸川区)の現況と都市マスタープランの基本方針を以下に示す。

1) 杉並区(図 2.3-14 参照)

【現況】:本区は東京 23 区の西端に位置し、練馬区、中野区、渋谷区および世田谷区と接するとともに、西は三鷹市、武蔵野市と接している。また、地形は全般的にみて平坦で、東部から西部にかけて少しずつ高くなっており、中央部に善福寺川が、南部を神田川が、北部を妙正寺川がそれぞれ西から東へと流れている。

本区の土地利用は、宅地として利用されているものが全体の 60%以上を占め、残りは道路などの非宅地である。用途地域では、第一種低層住居専用地域の占める割合が 64.3%と最も高くなっており、住居専用地域を合わせると、全体の約 80%になる。青梅街道沿いや JR 中央線の駅周辺には商業地域が、その他幹線道路沿いの多くは近隣商業地域や準住居地域となっている。住宅市街地は、JR 中央線沿線や環状七号線沿道に広がる木造賃貸住宅などの共同住宅の多い比較的密度の高い住宅地と西部地域を主として広がる戸建住宅の多い比較的密度の低い住宅地に二分される。後者はさらに、道路基盤の整備された住宅地と道路基盤の未整備なまま市街化の進展した住宅地の二つに分けられる。

【都市マスタープランの基本方針】:区の現状を踏まえ、まちづくりの基本方針としては、「区民が創る『みどりの都市』杉並」として、「水辺をよみがえらせみどりのまちをつくろう」〜くらしと環境が調和するまち〜を目標としている。計画では、各種の広域都市計画との整合・調整を図るとともに、広域都市圏域の中での地域性を重視しながら、独自性をはっきした個性ある都市づくりを目指している。また、住宅地の占める割合が高いため、駅周辺地区の商業地区、大小の工場が集積した工業地区、幹線道路沿線のサービス機能地区などの土地利用推進しつつ、良好な住環境を形成していくことを目標としている。土地利用方針としては、幹線道路沿道を「都市活動軸」として位置づけ、都市活動を支える諸機能の誘導を図りながら中高層の都市型住宅の配置を、補助幹線道路沿道は「地域活動軸」として位置づけ、地域生活に立脚した商業・業務機能とこれと複合した都市型住宅の配置を推進していくこととしている。

2) 世田谷区(図 2.3-15 参照)

【現況】:世田谷区は都心に極めて近く交通が便利な地域でありながら、自然的環境が豊富で緑が多い住宅地である。静かな落ち着いた一戸建て住宅地をその典型とし、一方で戸建住宅と低層の集合住宅が混在する比較的高密度の活気あふれる都市的住宅地も広がっているなど、住宅都市として様々な顔を持っている。

山手線の外側一帯からの一戸建て住宅とアパートの混在地帯が環状 7 号線付近まで達

しており、その外側には一戸建て住宅と低中層の集合住宅が混在する一般住宅地が、環状8号線の外側には農地や緑地が豊富な低層の住宅地が広がっている。さらに、これらを縫うように、幹線道路沿道には沿道型商業サービス施設とともに、中高層の集合住宅（マンション）が立地している。区西部に多く残る農地も、宅地化により徐々に減少傾向を示している。

【都市マスタープランの基本方針】：おおむね市街化を終えた「住宅都市」であることを前提として、生活優先、環境との共生、地域特性の重視を基本原則とした都市形成のあり方や土地利用の将来像を描いている。基本的な骨組みは、生活の場としての5つの「地域」を基軸に、商業や区民生活の中心としての「生活拠点」、都市としての活力を育み交流をうながす軸としての「都市軸」、貴重な環境資産である「環境保全ゾーン」および「みどりの拠点」の3要素によって組み立てられている。一方、区内には大規模な土地利用転換の可能性のある土地が多く、これらの土地利用を現段階で確定することは困難であると同時に、一旦基盤未整備な小規模宅地の市街地が形成されると、その居住環境改善は容易ではないことから、よりよい街づくりにつながるよう地区計画等により対応していくもとしている。

3) 江戸川区（図 2.3-17 参照）

【現況】：本区は東京都の東に位置し、江戸川を挟んで千葉県に接している。区全体を3本の河川（西は荒川、東は江戸川、中央は中川）が南北に流れ、東京湾に流れ込んでいる。東西方向には数多くの鉄道、幹線道路が整備されており、都心通勤者のベッドタウンでもあり、千葉方面からの通勤通学の通過地域でもある。

本区では、高度経済成長期の東京への人口集中を背景にして、農地の転用による市街化が急速に進み、その結果ミニ開発が集中する木造密集市街地となっている場所もあり、近年、老朽化や建て替え等住環境上の問題が顕在化しているところもある。また、古くから住宅と工場が共存した市街地を形成してきた地区では、工場跡地にマンション等中高層住宅の建設が進みつつあり、生産の場と居住の場の調和という課題もできている。

このように、古くから都心の隣接地域として発展してきたことから、土地利用形態が複雑に絡み合った形をしており、川と海に囲まれている自然環境特性を生かして都市環境や防災性を高め、魅力ある市街地を形成するための土地利用の促進が求められている。

【都市マスタープランの基本方針】：本区では、「暮らしやすいまち江戸川、活力あふれるまち江戸川」を基本に、ふるさととして愛着の持てるまちづくりを目指し、鉄道・道路を主体とした東西方向の横軸、南北に流れる多くの河川を基軸にした縦軸を重ね合わせ活発な交流を行い、より深い連携の構築を図っている。これにより、本区の職・住・遊・学の調和した街としての魅力を高め、各地域の豊かな個性を活かした一体感ある「自立都市」づくりを推進している。土地利用方針の基本的な考え方として、現在の市街地の成り立ちを踏まえ、住宅、工業、商業、農業系それぞれの視点に立つての土地利用の方向性を検討している。

4) 葛飾区（図 2.3-16 参照）

【現況】：本区は都心の北東部に位置し、東の江戸川、西の荒川・綾瀬川、北の大場川・

小合溜に囲まれ、さらに中央部に中川、新中川が流れる、「川の手」と呼ばれる水辺空間に恵まれた土地柄である。古くから製造業を中心とした産業のまちとして発展してきており、その結果、住商工が混在するモザイク状の土地利用となっていることに加え、戦後の急速な市街地化により道路公園等の都市基盤の整備が遅れたこともあり、住工が混在した木造住宅市街地が多数存在している地域でもある。このため、住宅と工場、商業・業務施設などが共存・調和した職住近接型の複合市街地の形成が求められている。

一方、都内で唯一の水郷景観を有する水元公園があり、市街化の進展が進む中、貴重な緑のオープンスペースとして区民に親しまれている。

本区の周囲および内陸部に大規模河川を抱えた地理的立地から、河川整備にあたっては、これまでの治水・利水の観点からの課題の加え、河川環境保全や魅力ある川を実現するといった観点も求められている。

【都市マスタープランの基本方針】：本区では、区の立地特性を踏まえ「水と緑ゆたかな心ふれあう住みよいまち」をメインテーマに、安全で生き生きと暮らし続けられるまちづくりを目指しており、地域形成の歴史から将来都市構造を「分散型・多核連携型」の基本的考え方に基づき、「拠点の配置」、「連携・ネットワークの形成」、「身近な生活圏の形成」面から捉えている。「拠点の配置」として、生活拠点（広域生活拠点、地域生活拠点、行政・コミュニティ拠点）と水と緑の拠点（文化・レクリエーション拠点、水と緑の拠点）を構築し、それぞれの拠点を多核連携型として位置付けている。また、「連携・ネットワークの形成」としては、都市間・地域間の交通ネットワークや情報のコミュニケーションネットワーク（人工系）と水と緑のネットワークや緑と歴史・レクリエーションベルト（自然系）を、「身近な生活圏の形成」として分節型都市構造の形成を目指している。

各地区とも地域の現状や動向やこれまでの施策展開をふまえ、基本構想における都市構造および基本計画における土地利用方針、整備・開発・保全の方針を踏まえた「都市計画に関する基本的な方針」を、土地資源と立地特性の活用、伝統的産業や都市活力の育成強化等を考慮しながら具体的な都市計画方針図として示し、包括的な土地利用計画の類型と都市構造上の重点計画地域を設定している。各地区における共通したまちづくりの主要な課題としては次のような点があげられる。

- ① 地域の歴史・個性（特性）を生かした街づくりや生活環境づくりのより一層の展開
- ② 区民・事業者等と区が共同した街づくり
- ③ 環境にやさしい都市づくり・街づくりの重要性
- ④ 住み続けられる住宅・街づくりの総合的整備の必要性
- ⑤ 安全で安心して暮らせる都市基盤整備の推進
- ⑥ 緑の保全を基本とし、区民・事業者等と連帯した都市景観づくりの必要性
- ⑦ 区の活力を生み出し、区民生活の利便性を向上させる都市型産業・商業の発展
- ⑧ 総合的・計画的都市づくりの必要性

架空送電線の地中化については都市環境整備の将来像に関係するものであり、都市マスタープランの基本方針に基づき検討をすることが求められる。

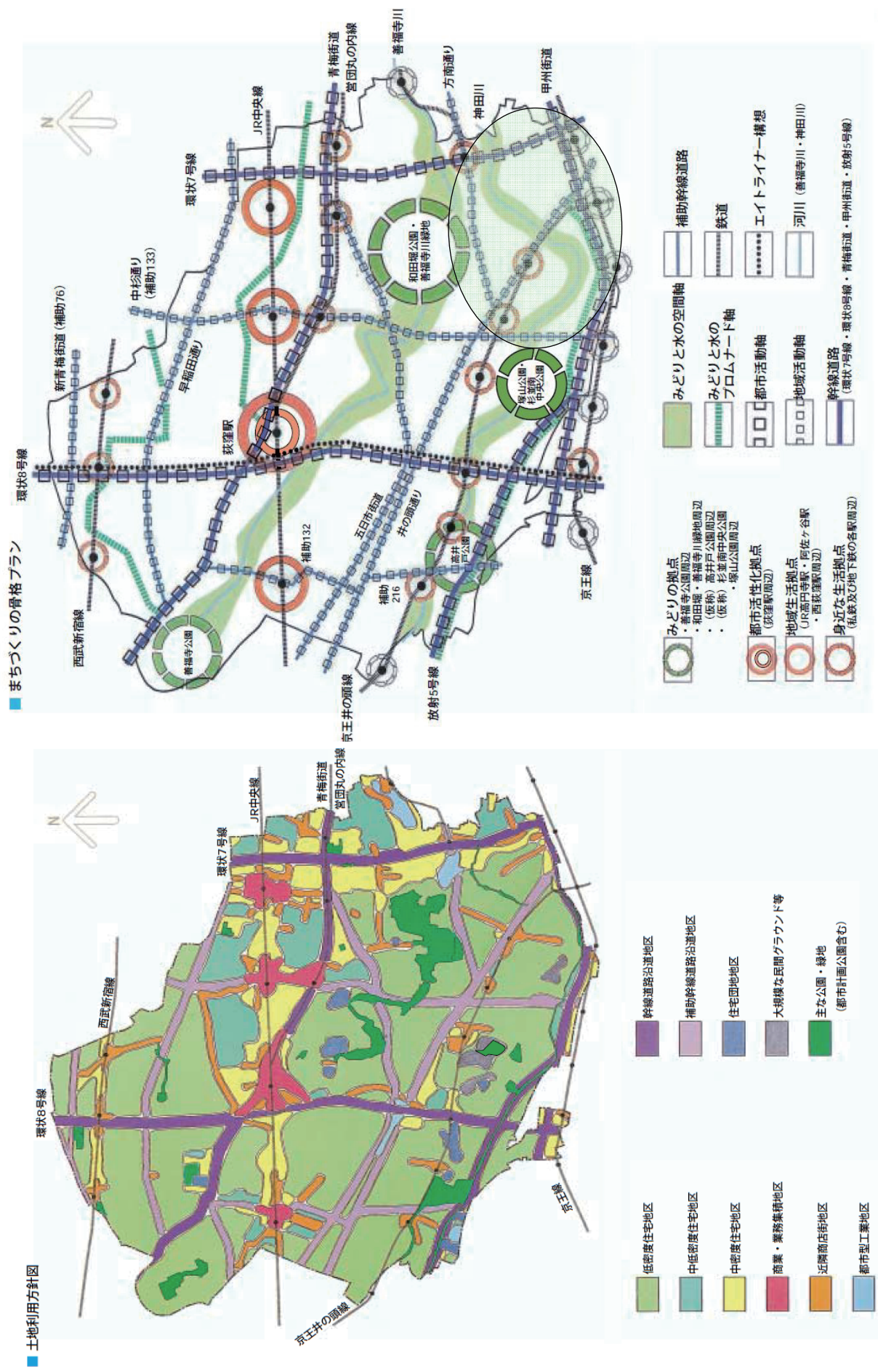
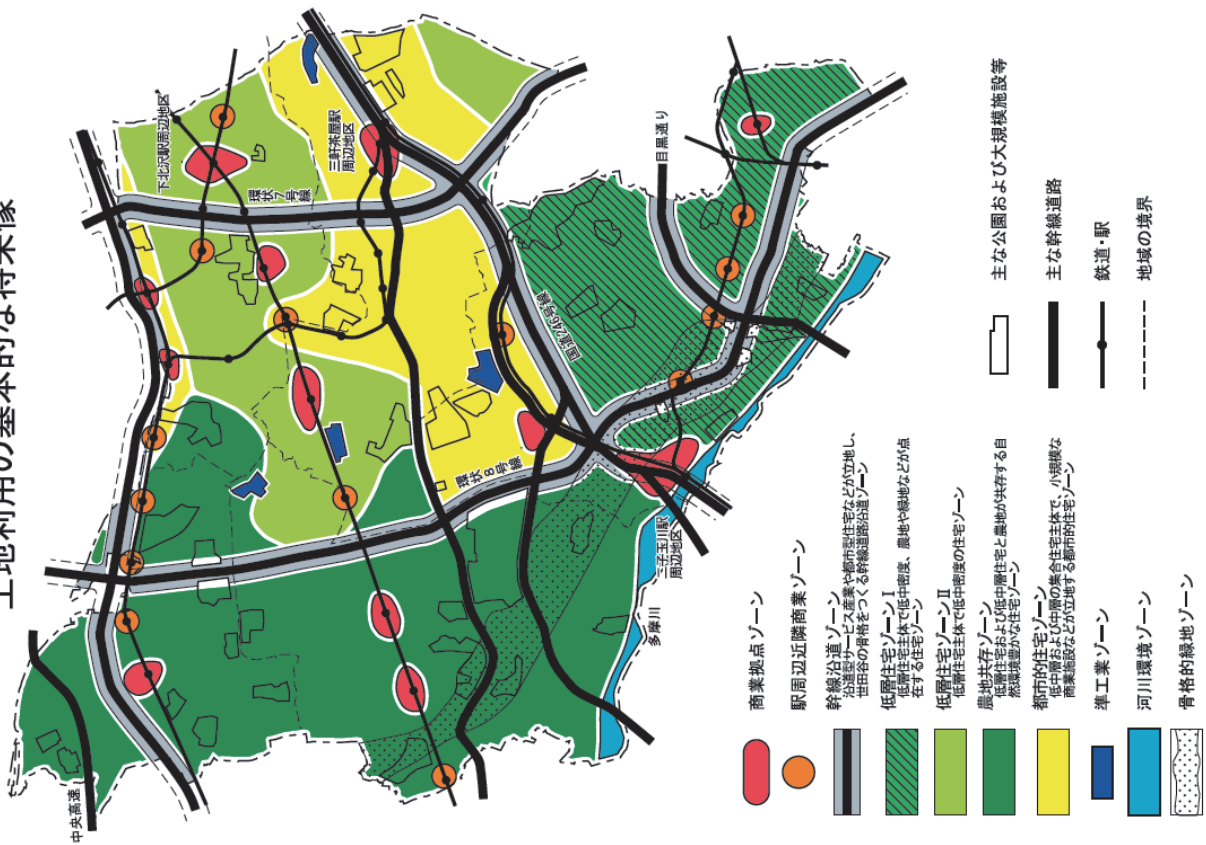


図 2.3-14 杉並区まちづくり基本方針（抜粋）

土地利用の基本的な将来像



都市づくりの骨格プラン

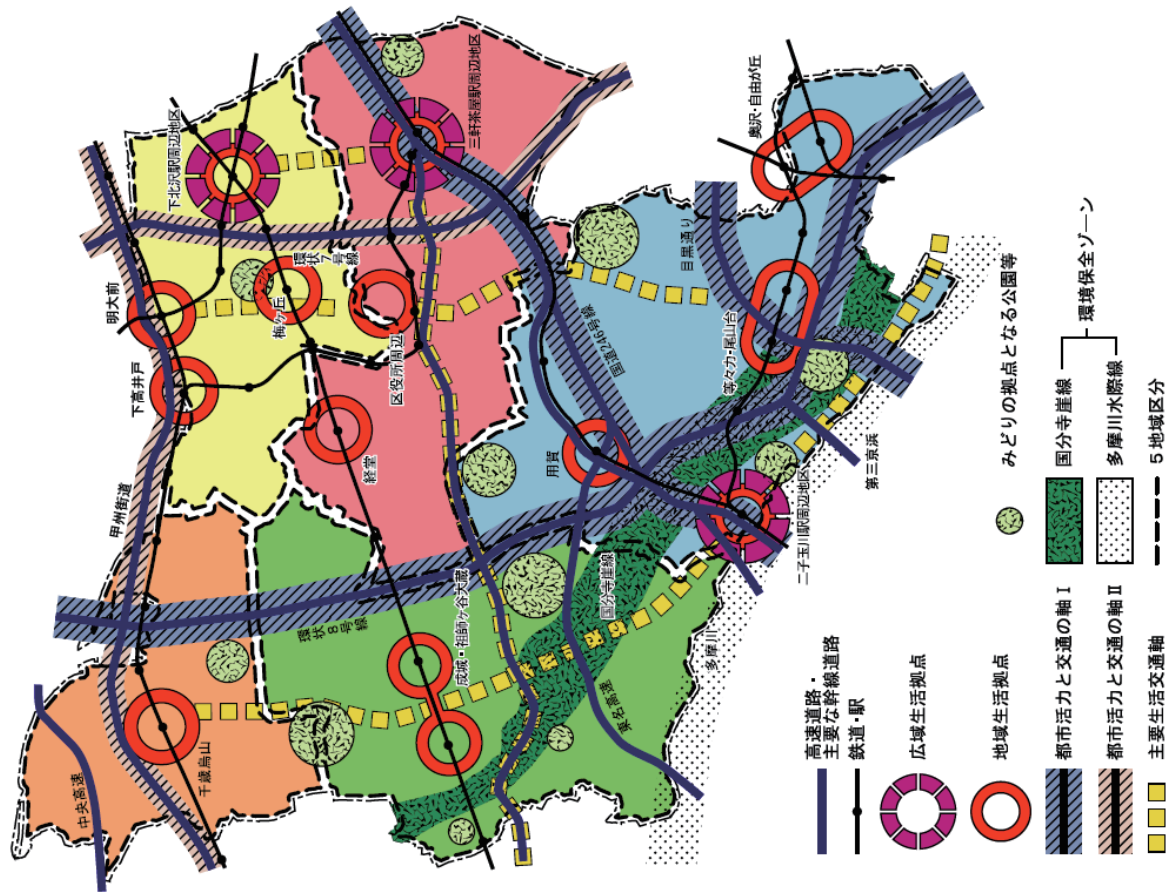
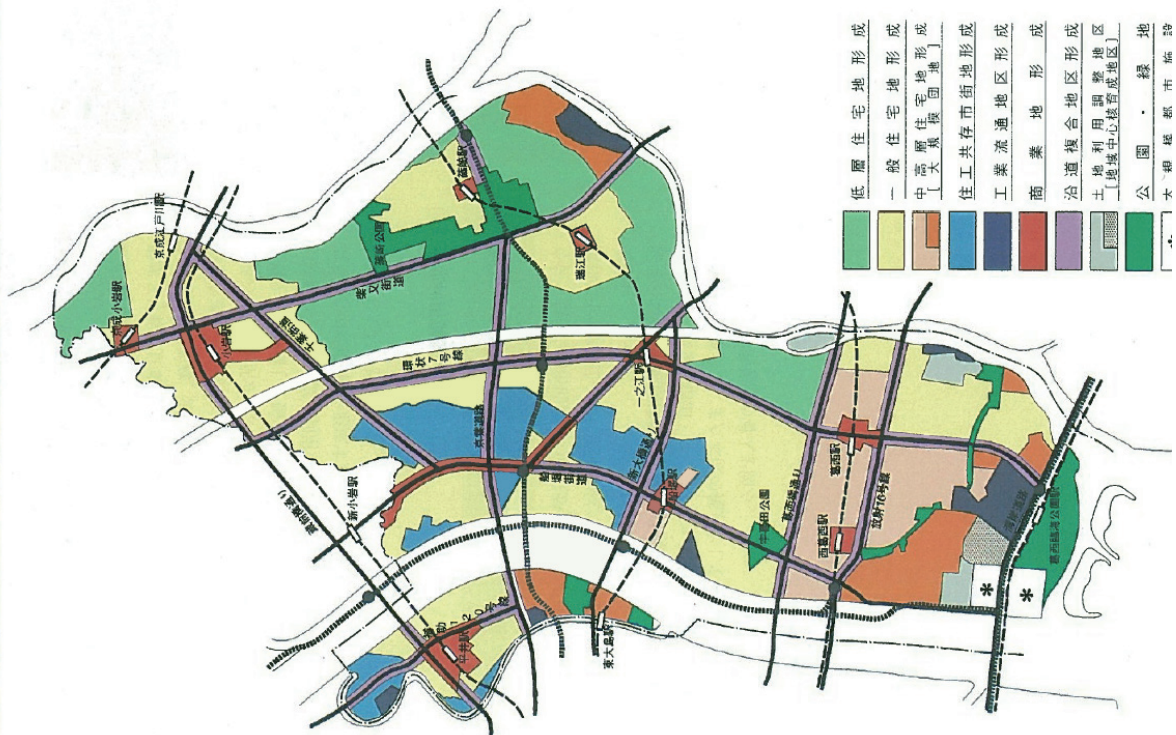


図 2.3-15 世田谷区都市整備の基本方針（抜粋）

土地利用方針図



都市構造図

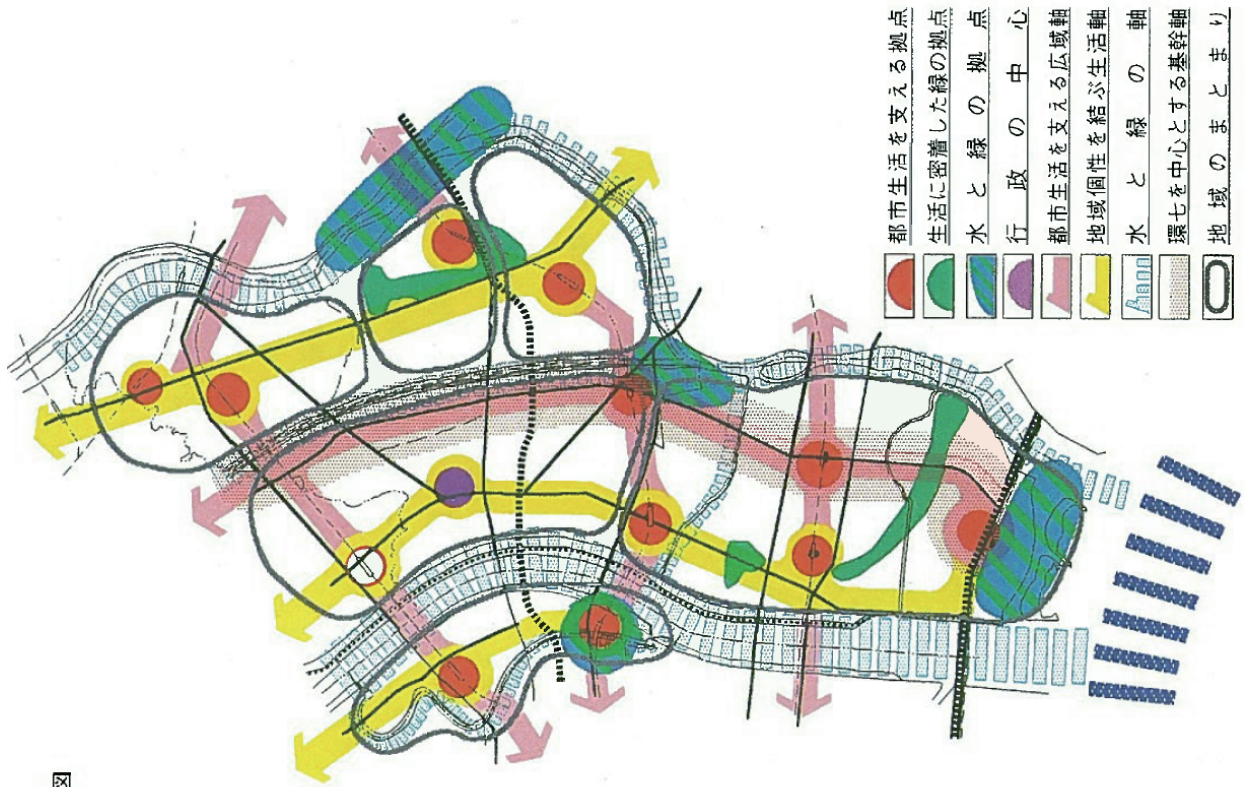


図 2.3-17 江戸川区街づくり基本プラン (抜粋)

5) まとめ

各地区とも、地域の発展、住民の利便性、生活環境等の維持・保全のために都市計画を立案し、都市構造・都市空間形成に努めている。

マスタープランでは、地域の特性に応じた建築物の用途・形態計画や、地域の課題に応じた整備すべき諸施設、緑地空間の保全・創出等を図っている。また個別整備計画として、計画的な市街地形成に向けて、土地区画整理事業、防災まちづくり事業等の種々の事業計画や地区計画等の規制・誘導施策を推進している。

今後の地域発展におけるエネルギー供給を確保するため、電力需要の伸びに対する供給システムの構築が不可欠であるが、整備に対しては既存市街地の現状、土地有効利用の観点、景観上の配慮、既設架空送電線の更新等の問題を考えると、『地下利用』が一つのキーワードとなるものと考えている。

地下は残された有効な空間資源であり、マスタープランに示されているオープンスペースや新しい道路空間、鉄道、通信、上下水道等のインフラ施設と電力施設との共有を考えた有効利用を図らなければならないことは言うまでもない。送電線の地下化を考えた場合も、地域の発展状況や利用状況、地形や地質といった項目について検討を進める必要があり、今回の地中化提言の試検討地域として、地域発展経緯、土地利用形態、地質、電力需要施設等の違い等を考慮に入れ、首都圏（東京都区）の西部地区（杉並区、世田谷区）と東部地区（葛飾区、江戸川区）を取り上げ検討区域とした。

2.3.5 地下空間利用の状況

地中線の建設にあたっては、既存施設（共同溝、とう洞等）の有効利用、および既存地下構造物との干渉を検討する必要がある。既存地下構造物としては、下水道管、地下鉄などがその代表的なものとして挙げられる。以下に共同溝・とう洞、下水道、鉄道についてその概況をまとめる。

1) 共同溝

共同溝は、「共同溝の整備等に関する特別措置法」に基づき、国土交通大臣の指定する「共同溝整備道路」に建設整備されるものであり、その建設は道路区域下に限られている。また、現況において、その整備は直轄国道下に限られており、主要地方道等への建設は進んでいない。

図 3.2-18 に共同溝整備状況を示す。平成 20 年 4 月 1 日の時点で完成延長は 69%、事業中 7%とされとおり、主要国道に関わる地中線整備は高い比率で推進されているものと推測される。なお、本稿で検討対象としている東京区部西部、東部地区内には、国道 20 号の共同溝整備が確認される。

都道等の地方道下は、企業単独あるいは、電力・通信等による企業者間共同溝で整備されているが、公安上の配慮などから、この整備状況に関する資料は現在公開されていない。参考として、図 3.2-19 に平成 10 年時点での企業単独、企業者間共同溝の整備概況を示す。地中線化の推進にあたっては、関係企業者との施設整備状況の確認・調整が不可欠と考えられる。

2) 下水道

下水道は自然流下方式による整備が原則とされている。従って民地下およびその近傍においては、地中線建設推進に大きな障害となる深度の洞道の存在は、少ないと考えられる。

ただし、流末となるポンプ場、処理場に繋がる幹線下水道については、相互干渉する深度となる可能性もあり、確認が必要である。図 3.2-20 に東京区部下水道の計画図を示す。本稿での検討区域内の施設としては、砂町処理場等が確認される。

なお、下水道敷設状況については、詳細なデータベース（一般に公開）が整備されており、確認が可能である。参考事例として、図 3.2-20 に杉並区、永福付近の下水道施設の詳細図を添付する。

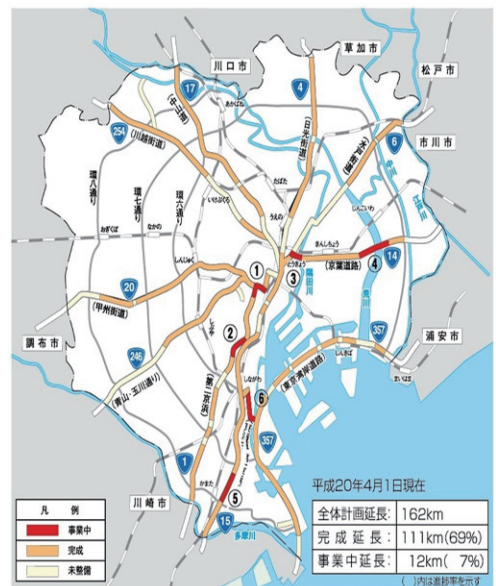


図 2.2-18 共同溝整備状況

出典：東京国道事務所 HP



図 2.2-19 とう洞整備概況

出典：NTT 技術資料館 HP

<http://www.htc.ecl.ntt.co.jp/exhibit/>

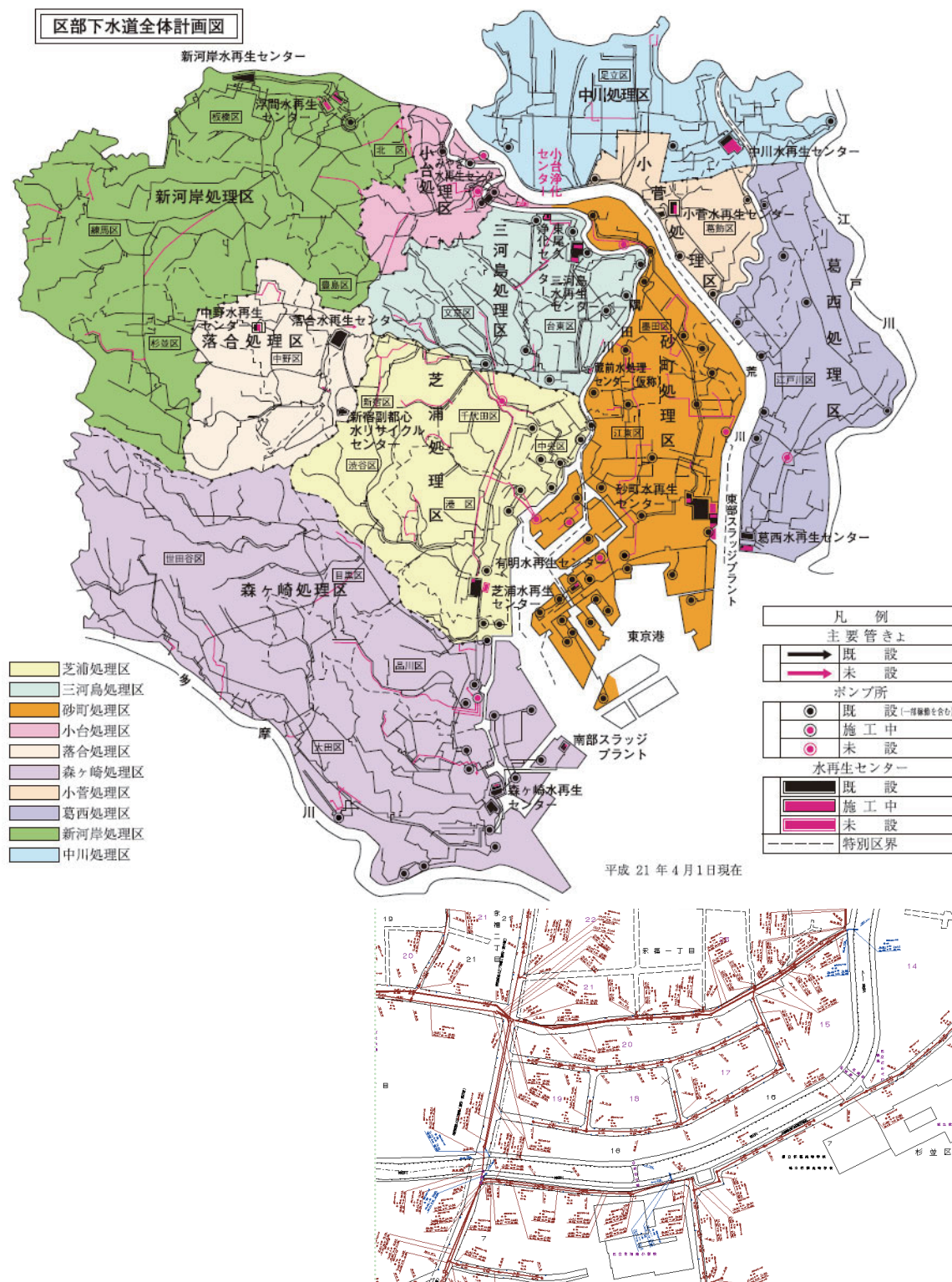


図 2.2-20 区部下水道の敷設状況

出典：東京都下水道局HP

3) 鉄 道

図 3.2-21 に東京区部を中心とした、地下鉄および私鉄の経路図を示す。都市高速鉄道（地下鉄）の他、主要駅への乗り入れにおいて、他の鉄道路線も過密した都市地上を避け地下化している。また、地下においても、地下空間の過密から、新たな路線はより大きな深度に建設される傾向にある。参考に、都営地下鉄、大江戸線の各駅の深度を図 3.2-22 に示す。架空送電の地下化の検討においては、これら既存の地下に建設される鉄道路線を調整が必要であるとともに、メンテナンスや設備の新、増設などの問題はあるが、鉄道洞道内への共架（共同化）についても検討の余地があるものと考えられる。

なお、今回、試検討区域として設定した東京東部地区においては、筑波エクスプレス線が地下路線として存在している。

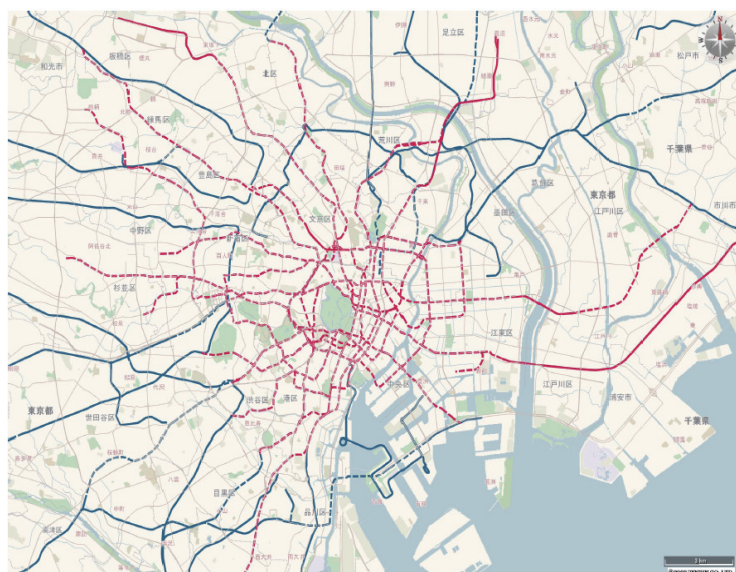


図 2.2-21 東京区部を中心とした地下鉄・私鉄路線図

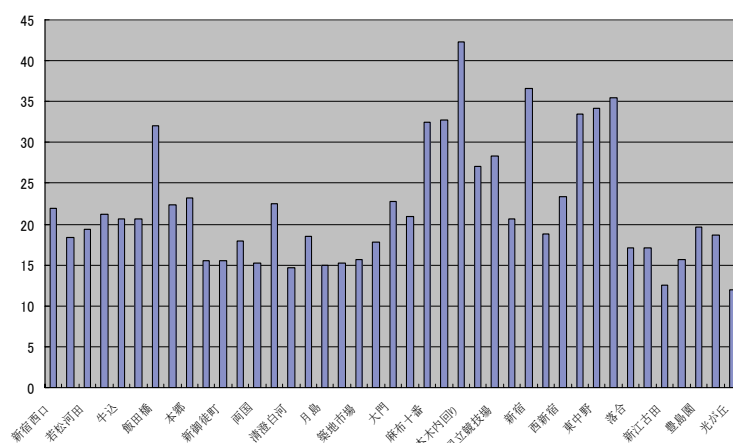


図 2.2.-22 都営大江戸線駅部深度

出典：東京都交通局 HP データを参考とし作図

2.3.6 まとめ

現都市政策は、少子高齢化する社会状況、環境対策の強化を背景に集約化した都市形成（コンパクトシティ）を目標のひとつとしている。

東京区部を中心とした地域においては、人口の増加傾向が今後も進むことを示唆するデータが示されているとともに、今回、試検討の区域として、挙げた東京西部地区、東部地区においても、良好な住環境の整備にむけて都市マスタープランを策定が策定されている。

こうした状況のなか、既存架空線の地下は、都市のアメニティー向上の位置付けにおいて、今後検討されるべき課題のひとつとして、認識されるものと考えられる。

過密下都市地下空間の状況を把握しつつ、大深度の利用も含め、合理的、効果的な架空線地下化の検討の必要であると判断される。

2.4 地盤状況の調査

2.4.1 全体概要

東京都（島部を除く）の行政区分は東西に長く、地形的には図 2.4.1-1 に示すように西部から東部へ山地、丘陵地、台地、低地の 4 つに区分され、その高低差は 2,000m にも及ぶ。今回の地盤状況の調査は東京区部が対象であり、地形的にこの地域を特徴づける台地（武蔵野台地東部）と低地（東京低地）の地盤が対象となる。

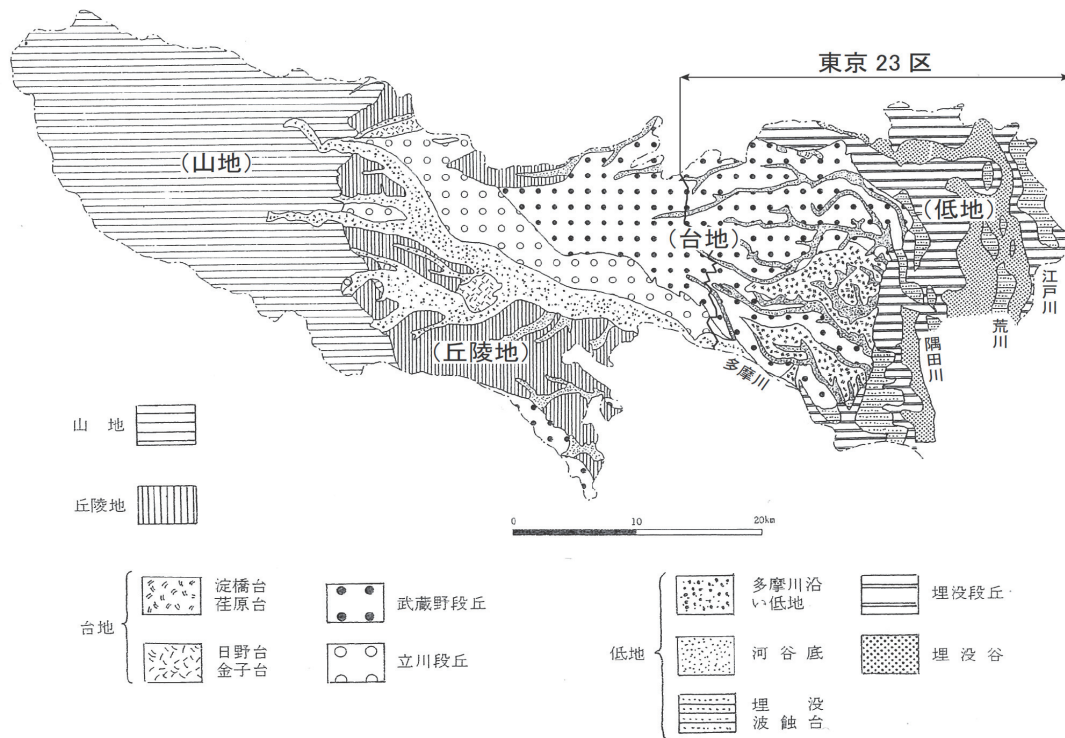


図 2.4.1-1 東京の地形概略

出展：「東京都総合地盤図(Ⅱ)東京都の地盤(2)山の手・北多摩地区」に一部加筆

図 2.4.1-2 に東京都土木技術研究所が平成 2 年 8 月に取りまとめた多摩丘陵より千葉県の下総台地のほぼ東西にわたる地層断面の概略を示し、同じく図 2.4.1-3 に平成 8 年 6 月に取りまとめた東京区部の地下地質層序を示す。これらから東京の地盤を概観すると、区部の地下地質の洪積層までの層序は、上位より下位に沖積層—洪積層（新期段丘堆積層—東京層群—上総層群）の 4 つに区分されている。

台地部はほぼ黒色腐食土層が分布している河谷底部を除き、関東ローム層が厚く堆積し、その下部には段丘礫層、場所によっては東京礫層、続いて上総層群が存在する構成となっている。東京低地部は完新世（沖積世）の有楽町層の下部に 7 号地層とその底部の足立砂礫層が堆積する埋没谷が見られ、洪積層である東京層群（高砂層など）、上総層群（江戸川層など）に続いている。

2.4.2 東京区部

図 2.4.2-1 に東京都 23 区全域（太線で示す内側地域）の地形概略を示した。ほぼ JR 東京浜東北線を境に、西側のほとんどを台地（斜線等のハッチング部分で山の手台地と呼ばれる）、東側は荒川などによって形成された沖積低地（白抜き部分で下町低地と呼ばれる）よりなる地形的特徴を示す。

地層断面の位置と断面図は、東京都土木研究所が平成 8 年 6 月にまとめた「東京都(区部)大深度地下の地盤」より、東京区部の東部と西部での台地と低地を代表して、図 2.4.2-1 に示した位置での東西および南北の地層断面を図 2.4.2-2 に示す。

断面の延長方向はそれぞれの地域の特徴を表現しえる範囲、深さ方向は土木構造物にとって考慮しておけば十分と考えられる T.P-100m 付近から地表までとした。



図 2.4.2-1 東京都区部の地形概略

出典:「東京都(区部)大深度地下地盤図 東京都(区部)大深度地下の地盤」に一部加筆

1) 東京区部西部

西側の台地は北部の荒川、南部を多摩川に囲まれた武蔵野台地の東端部に位置しており、山の手台地とも呼称されている。この山の手台地は形成時期、高低により主に2つの異なる面を形成している。おおむね神田川以北は武蔵野面（約5～8万年前に形成）の豊島台など、以南は下末吉面（約10～12万年前に形成）の淀橋台、荏原台などであり、標高は、平均的に武蔵野面は下末吉面に比べ数m低い位置となっている。

また山の手台地は、中小の河川によって形成された比較的狭小な開析谷底（谷底低地）が密度濃く樹枝状に存在している。神田川・石神井川が開析する武蔵野面の河谷では渋谷川・呑川などが開析する下末吉面の河谷に比較し支谷の発達が少ないが、これらにより山の手台地は起伏に富んだ地形となっている。

ほぼ台地全体を関東ローム層が層厚2～10mで覆っているが、台地を開析している中小河川沿いには黒色腐植土の分布が堆積している。関東ローム層の下部には段丘礫層（武蔵野礫層）、また場所によってはローム質粘土層が堆積している。設定した断面の中心部では砂礫が主体の舎人層、砂層が主体の東久留米層に続き北多摩層が見られる。

当該台地は洪積層であるため、大規模基礎をのぞいて支持力的には問題はないが、樹枝状の開析谷（谷底低地）が発達しているため、支持基盤の状況が変化する可能性があり、開析谷の分布状況などの把握が大切となる。ローム層での深い掘削やシールド工事では地下水の処理が問題となることもある。

2) 東京区部東部

荒川、中川の両低地は大宮台地南東で合流し、東京の下町一体を含む東京低地となる。東京低地は、山の手台地東縁より千葉県側の下総台地西縁にいたる広い領域を占める。低地のほぼ中央部は、中川（古利根川）が開析した大規模な埋没谷が存在し、上部より表土、有楽町層、その下部には七号地層と呼ばれる埋没谷が続く。このような状況は足立区南部と葛飾区内でのほとんどの場所で見られる。

有楽町層は東京低地全域にも広く分布、層厚は10～40mと変化し、砂層（N=5～10）が主体の上部層（Yu）と青灰色のシルト層（N=0～5）が主体の下部層（Y1）に区分される。埋没谷部には、やや硬質な七号地層が足立砂礫層を基底にシルト層（N=5～10）と砂層（N=10～30）の互層で堆積、下部と両側面部は洪積層に連続している。

すべての建設工事において、支持力や沈下、砂地盤の液状化など多くの問題を持つ。特に、シールド工事などの地下掘削工事においては、地表面の変形・沈下が問題になることも多いが、下部有楽町層と足立砂礫層の間にはメタンが滞留している可能性があり、ガスの湧出、酸欠などの特有な問題も有する。

2.4.2 まとめ

東京区部の西部と東部でのおおよその地盤概要は上記したとおり西部は沖積層のローム層、東部は沖積層が主体の地層構成となっている。この結果を踏まえ、第3章 架空線の地中化の検討においては、当該地区の代表とみなされる検討用土層断面を設定する。

[2.3 参考文献]

- 1) 国土交通省HP、審議会・委員会等
<http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/index.html>
- 2) 政府の統計窓口 <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>
- 3) 東京都：「10年後の東京～東京がかわる～」(平成18年12月)
- 4) 東京都の統計 <http://www.toukei.metro.tokyo.jp/>
- 5) 電子政府の窓口、法データ提供システム
<http://law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxsearch.cgi>
- 6) 世田谷区都市整備の基本方針
- 7) 杉並区まちづくり基本方針
- 8) 葛飾区都市計画マスタープラン
- 9) 江戸川区街づくり基本プラン
- 10) 東京国道事務所HP <http://www.ktr.mlit.go.jp/toukoku/>
- 11) NTT技術資料館HP <http://www.hct.ecl.ntt.co.jp/exhibit/>
- 12) 東京都下水道局、下水道台帳HP
<http://www.gesuijoho.metro.tokyo.jp/semiswebsystem/index.html>
- 13) 東京都交通局HP、都営地下鉄
<http://www.kotsu.metro.tokyo.jp/subway/index.html>
- 14) 東京都総合地盤図 I 東京都の地盤(1) 昭和52年6月
- 15) 東京都総合地盤図 II 東京都の地盤(2) 山の手・北多摩地区 平成2年8月
- 16) 東京都(区部)大深度地下地盤図 東京都(区部)大深度地下の地盤 平成8年6月
- 17) 東京の地盤(上記①、②、③のWeb版)
<http://doboku.metro.tokyo.jp/start/03-jyohou/geo-web/000-geo-web02.html>
- 18) 日本の地質3 関東地方 日本の地質「関東地方」編集委員会編 2007年5月

第3章 架空線の地中化の検討

3.1 検討条件の設定

第2章の調査結果から東京区部西部および東部に架空線送電線の地中化を検討する上で妥当なモデル地区があることが分かった。そこで、架空送電線の地中化を検討するに当たり、送電仕様、送電経路、地盤条件を想定し、それらをパラメーターとして、地中化検討ケースを設定する。

3.1.1 送電仕様

今回調査した東京区部の送電線網は地域供給系統であり、電圧は66kVおよび154kVとなっている。調査結果より東京区部西部および東京区部東部とも2系統平行な送電線があるため、この2系統平行送電線をパラメーターの一つとする。この時の送電線距離は一般的な変電所間の直線延長距離である3.5kmとする。さらに、東京区部東部には長距離の送電線があり、長距離施工の検討ケースとして1系統のケースを設定する。この時の送電線距離は変電所間の直線延長距離の2倍を越える7.5kmとする。ただし、東京区部西部にも東部と同様に1系統のケースを設定する。

- ・東京区部西部

- 路線Ⅰ：154kV×2回線×2000A×2系統（直線延長距離3.5km）

- 路線Ⅱ：154kV×2回戦×2000A×1系統（直線延長距離3.5km）

- ・東京区部東部

- 路線Ⅲ：66kV×2回線×1700A×2系統（直線延長距離3.5km）

- 路線Ⅳ：154kV×2回線×3100A×1系統（直線延長距離7.5km）

3.1.2 経路仕様

架空送電線の地中化の経路については、送電線が民地上および道路上を通過している一般的な経路を地下に置き換える経路、道路下のみの経路、最短の直線経路を考える。一般的な経路および道路下を占有する経路における深度については浅・中深度とし、「東京道路地下空間利用計画運用マニュアル」に示される地下利用区分を勘案して15mと設定する。最短の直線経路における深度については大深度法の適用を考え50mと設定する。一般的な経路および道路下を占有する経路における経路長（敷設距離）は、実際の送電線の敷設延長および、これを道路下のみに置き換えた場合における試算より、それぞれ、直線延長距離の1.1倍および1.5倍と仮定する。最短の直線経路における経路長は直線延長距離と同等である。

以上より、経路仕様を以下の通り設定する。

- ① 一般的経路（浅・中深度）・直線延長距離の1.1倍の経路長

- ② 道路下経路（浅・中深度）・直線延長距離の1.5倍の経路長

- ③ 最短の直線経路（大深度）・直線延長距離の1.0倍の経路長

なお、経路長と直線延長距離の関係の概念を図3.1.2-1に示す。

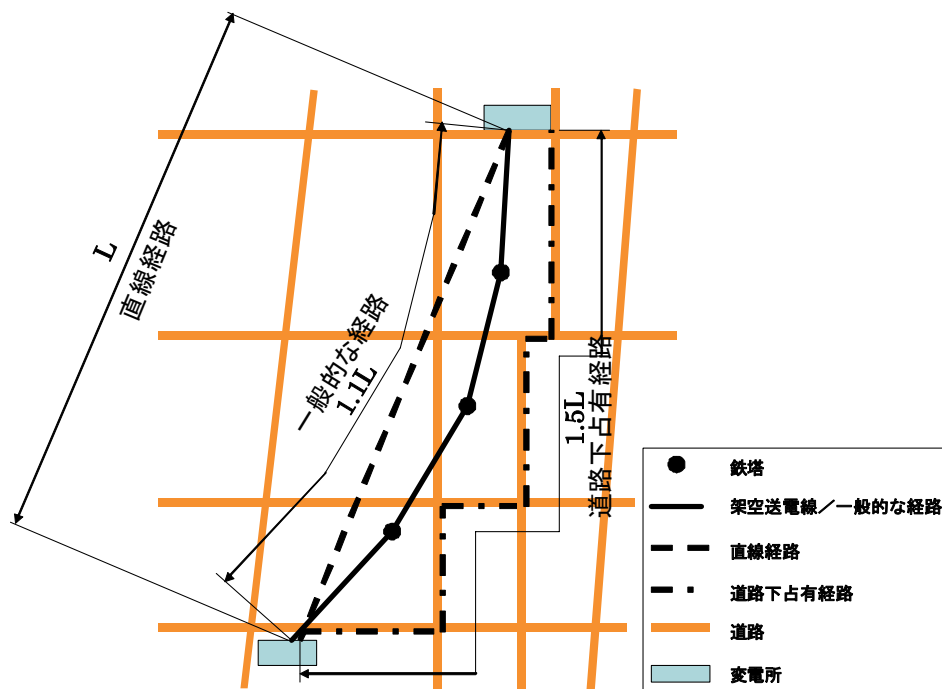


図 3.1.2-1 経路長の概念図

3.1.3 地盤条件

送電仕様を東京区部東部と東京区部西部の2地域に分けて設定してしたため、地盤条件も西部および東部について設定し、それぞれの標準的な地盤条件を想定する。

該当地域においては、公的機関により数多くのボーリング調査が実施され、結果も公表されているが、ここでは2.4節での調査結果と合わせ、検討用の想定標準柱状図を設定する。参考にしたボーリング調査位置として、①該当地域の代表的土層構成である、②調査は少なくとも50m以深まで実施されている、③N値が測定されている、を考慮し、「東京都土木技術センター 東京の地盤（WEB版）」より以下の地点を選定した。

東京区部西部（杉並区和泉二丁目付近） メッシュ 37-27 番号 17

標高 T.P.46.83m 孔内水位 GL-2.90m

東京区部東部（葛飾区亀有一丁目付近） メッシュ 27-09 番号 37

標高 T.P.0.15m 孔内水位 GL-2.30m

上記のメッシュおよび番号は、ボーリング孔に振られた認識番号である。

参考にしたボーリングの位置を図3.1.3-1に示し、想定標準柱状図を、図3.1.3-2に示す。



◎ ボーリング位置

図 3.1.3-1 参考にしたボーリング調査位置図

深度 (m)	層厚 (m)	土質 記号	土質名	平均 N 値	r (tf/m ²)	c (tf/m ²)	φ (度)	備考
GL±0=T, P46.83								
-4.4	4.4		ローム	3	1.4	2.0	0	▽ GL-2.90
-6.0	1.6		砂質ローム	12	1.4	2.0	0	
-11.9	5.9		ローム質粘土	3	1.6	3.0	0	
-12.8	0.9		粘土	2	1.7	3.0	0	
-14.0	1.2		砂質粘土	10	1.7	3.0	0	
-15.7	1.7		砂	15	1.8	0.0	35	
-17.4	1.7		粘土質砂	10	1.7	2.0	30	
-23.8	6.4		粘土質砂	40	1.9	0.0	40	
-31.2	7.4		粘土質砂	>50	1.9	0.0	40	
-50.0			礫質砂	>50	2.0	0.0	43	

深度 (m)	層厚 (m)	土質 記号	土質名	平均 N 値	r (tf/m ²)	c (tf/m ²)	φ (度)	備考
GL±0=T, P2.18								
-1.6	1.6		表土	2	1.6	2.0	0	▽ GL-1.38
-4.8	3.2		砂	2	1.7	0.0	30	
-15.7	10.9		砂質シルト	2	1.5	3.0	0	
-26.0	10.3		シルト質砂	5	1.7	0.0	30	
-29.0	3.0		砂質シルト	3	1.5	3.0	0	
-35.0	6.0		砂	15	1.9	0.0	40	
-43.1	8.1		シルト	12	1.7	4.0	0	
-47.9	4.8		砂	>50	1.9	0.0	43	
-50.0			礫	>50	2.0	0.0	45	

① 東京区部西部 (杉並区和泉二丁目付近) ② 東京区部東部 (葛飾区亀有一丁目付近)

図 3.1.3-2 東京区部の想定標準柱状図

3.1.4 検討ケース

地中化検討ケースは送電仕様、経路仕様、地盤条件の検討パラメーターを組み合わせることによって設定する。表 3.1.4-1～2 に地中化検討ケースを示す。

表 3.1.4-1 地中化検討ケース（浅・中深度）

地中化検討ケース			送電仕様	経路仕様
東京区部 西部	路線 I	(A-1)	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L=3.85km
		(A-2)	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L=5.25km
	路線 II	(A-3)	154kV×2 回線×2000A×1 系統	L=3.85km
		(A-4)	154kV×2 回線×2000A×1 系統	L=5.25km
東京区部 東部	路線 III	(A-5)	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L=3.85km
		(A-6)	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L=5.25km
	路線 IV	(A-7)	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L=8.25km
		(A-8)	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L=11.25km

注) 3.85km、8.25km のケースは、一般的な架空線送電経路を想定

5.25km、11.25km のケースは、道路下占有経路を想定

表 3.1.4-2 地中化検討ケース（大深度）

地中化検討ケース			送電仕様	経路仕様
東京区部 西部	路線 I	(B-1)	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L=3.5km
東京区部 東部	路線 III	(B-2)	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L=3.5km
	路線 IV	(B-3)	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L=7.5km

[3.1 参考文献]

- 1) 東京都総合地盤図Ⅰ 東京都の地盤 (1) 昭和 52 年 6 月
- 2) 東京都総合地盤図Ⅱ 東京都の地盤 (2) 平成 2 年 8 月
- 3) 東京都(区部)大深度地下地盤図 東京都(区部)大深度地下の地盤 平成 8 年 6 月
- 4) 東京の地盤図 (上記 1)、2)、3)の WEB 版)
- 5) 日本の地質 3 関東地方 日本の地質「関東地方」編集委員会編 2007 年 5 月

3.2 電力設備の検討

架空送電線の地中化にあたっては、地中送電線設備とともに送電側、受電側の設備への影響についても検討しておく必要がある。以下に送電、受電設備としての変電所設備について検討した。

3.2.1 変電所設備の検討

1) 首都圏における変電所設備の状況

大都市においては、変電所の用地取得が容易ではないこと、および地価上昇を背景に古くから地下への変電所設置が行われてきており、東京都心部では、22kVの地中送電網は大正から昭和初期にすでに建設されていた。送電電圧の上昇とともに、変電所の建設に必要な広い用地を確保することが難しくなり、1960年代後半頃から66kV以上の電圧についてもビルの地下などを利用した変電設備の地中化が進められてきている。具体的には、昭和20年代後半に66kV系、昭和30年代半ばに154kV系、昭和40年代半ばには275kV系までの地下化が進められ、2000年には現在の国内最高運転電圧である500kV系まで地下送電網として都心導入されてきている。

東京都心部を取り囲む電力システムの構成状況を図3.2.1-1に再掲する。

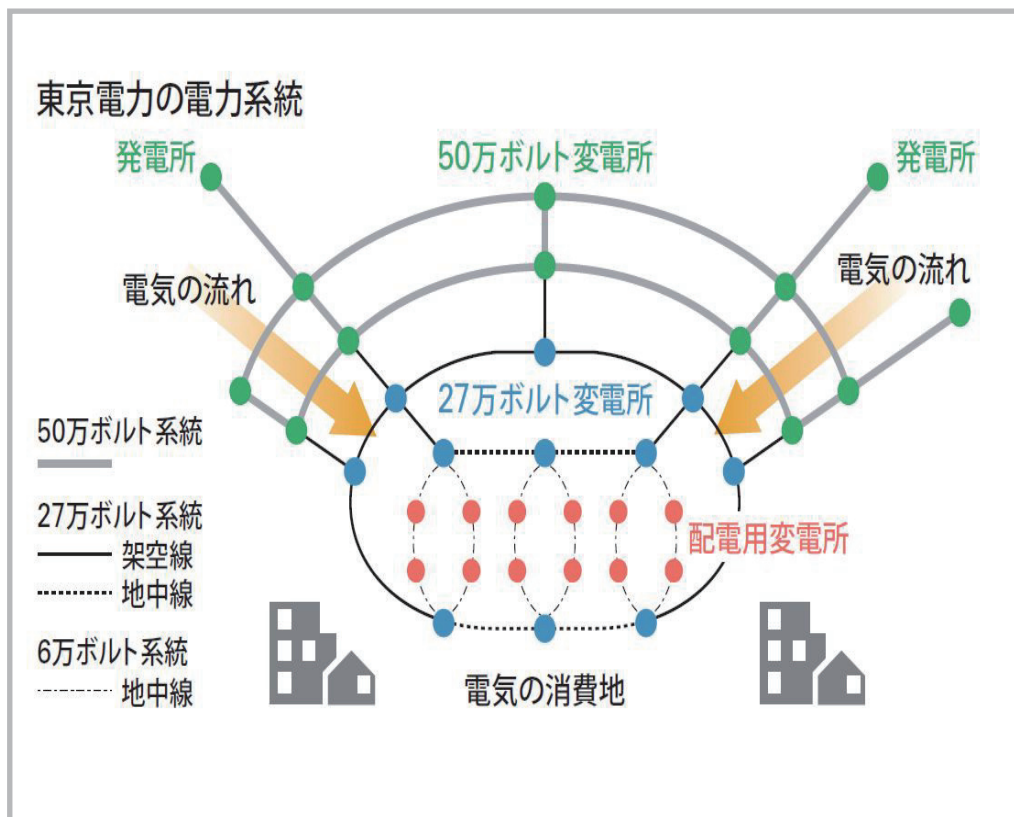


図 3.2.1-1 基幹送電線ネットワーク概要図
(図 2.2.1-1 を再掲)

都市部では、高い電力需要に対し、供給容量および供給信頼性の観点から複数の変電所から電力を供給する設備形成がなされ、内輪線や外輪線と呼ばれる需要地を円形状に囲んだ送電網が配置される。これらの送電網は都市の発達にあわせ、より高い電圧でより外側から囲むこととなり、現在首都圏では 500kV の外輪系に移行した構成となっている。この外輪系からの都心部への電力供給は、東京外郭をとりまく 9 箇所の 500kV 変電所を拠点として、都心部に向かう 275kV 送電系統によって供給されてきた。一方で最近では増加する需要にあわせ平成 12 年 11 月に世界初の地下式 500kV 変電所である新豊洲変電所が建設されこれによる 500kV 系統の都内導入が図られている。

都心部の電力網はこれらの 275kV あるいは 500kV の基幹系変電所をハブとし、そこから送電電圧を 154kV あるいは 66kV、更には 22kV に降圧しスポーク状に需要家に供給する形態がとられている。154kV 系統は比較的古い時期に導入された系統であり近年の新規設備はその多くが 275kV から直接 66kV に降圧する形態をとっている。

都内の地下変電所の多くは上部空間をビルや公園などの施設として活用されている。新豊洲変電所の上空は、地上9Fのビルが建設されデータセンターとして活用されている。寺院の地下に変電所を建設した事例も存在する。高輪変電所は、港区高輪にある大きな寺院の地下に建設された275kVの地下変電所である。地表からの深度は約36メートル、延べ床面積は19,800m²の地下7階RC構造で平成元年に建設されたものである。

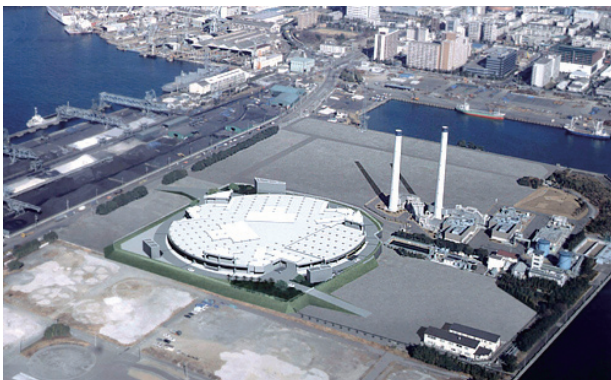


写真-1 新豊洲変電所完成当時の航空写真



写真-2 新豊洲変電所上部のデータセンター

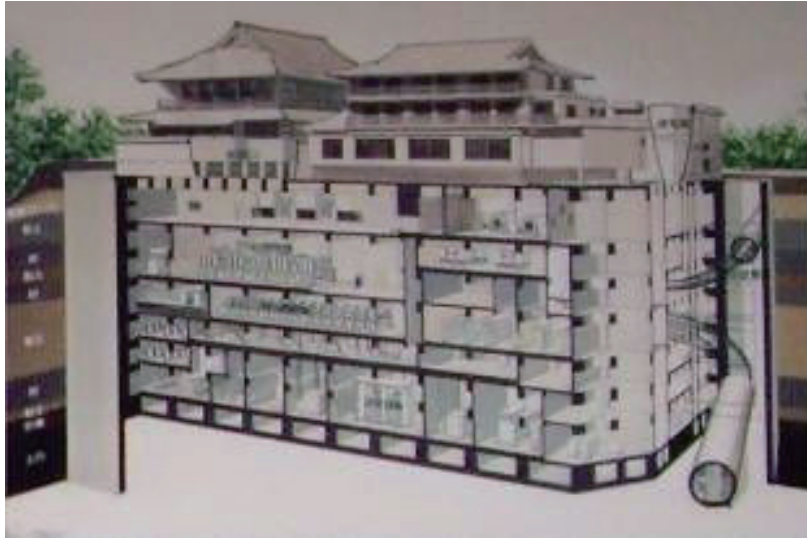


図 3.2.1-2 高輪変電所上部空間

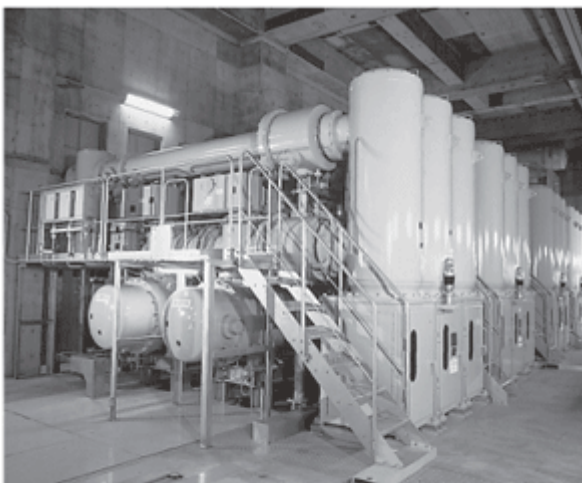
出典：東京電力パンフレットより

2) 地下変電所の主要構成設備

変電所の主要な設備は開閉装置および変圧器である。

変電所に設置される開閉装置は、1970 年代初め頃よりコンパクトなガス絶縁開閉装置（GIS：Gas Insulated Switchgear）。適用が急速に拡大し、特に縮小化が求められる地下変電所においては、ほぼ全てが GIS 化されてきている。図 3.2.1-3 に地下変電所に設置された GIS の例を、また GIS の構造例を図 3.2.1-4 に示す。

GIS は、絶縁性能が高く不活性な六フッ化硫黄（SF₆）ガスを金属ケース中に封入し、そこに遮断器や母線などの開閉装置を構成した機器であり、従来の空気絶縁の機器を用いた変電所と比較して、大幅なサイズ縮小が可能な開閉装置である。



超高圧地下変電所(水道橋変電所)

図 3.2.1-3 275kV 級地下変電所 GIS の例

出典：東京電力 H P

(HP http://www.tepco.co.jp/custom/LapLearn/teacher/document/chapter_2/31-32-j.html)

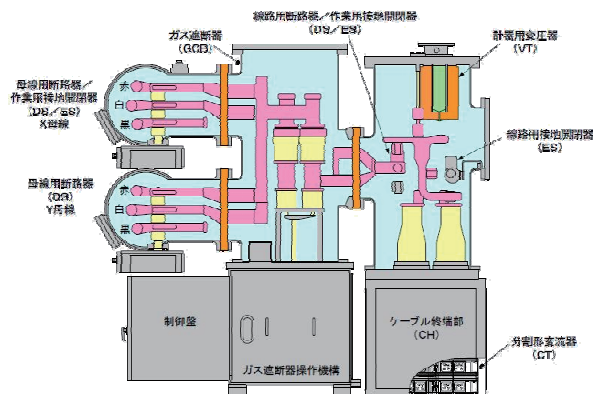


図 3.2.1-4 GIS の構造例

出典：(株)東芝の資料より作成

＜参考＞ガス絶縁開閉装置（GIS）の特徴

① 据付スペースを大幅に縮小化可能

従来の空気絶縁の変電所に対して、据付面積が 5～10%程度、容積が 2～5%程度となり、特に都市近郊等の土地が高価な場所や敷地面積に余裕がない場合、および建屋内に収納などの場合に最適である。

② 優れた安全性

充電部分のほとんど全てが、接地された金属容器内に収納されており感電の危険がなく、機器自体も外部から損傷を受けない構造である。また、SF6をはじめとして、絶縁物・構造物には不燃性材料を使用しており、火災の心配がない。

③ 高い信頼性

機器が、金属ケース内に密封されており、外部雰囲気の影響を受けないので劣化がなく、長期間に亘って高い信頼性を維持しつづける。

④ 優れた耐震性

絶縁開閉装置は、総体的に重心が低く、かつそれぞれの機器が強固に接合されているため、地震に対する強度が高い。

⑤ 低騒音

開閉装置は金属ケースの中で開閉するため、動作時の騒音が低くなる。

⑥ 保守点検の省力化が可能

安全密封形で経年変化が少なく信頼性の高い装置であり、運転・保守の省力化を図れる。

⑦ 周囲環境との調和性

充電部が密封され、高い鉄構が不要となり、全体がコンパクト化されることにより、観光地や公園、住宅地などに設置する場合でも、美観上の違和感を与えることなく、環境との調和が図れる。

⑧ 現地作業の簡素化・据付期間の短縮

工場で十分な品質管理のもとに組立てられた製品を、輸送可能なユニットに区分して現地へ送付し組立てるため、組立作業の簡素化が図れ、据付期間の短縮ができる。

GIS の一般的な構成は、金属円筒容器内に、単相または三相のパイプ状導体を内蔵し、エポキシ樹脂の絶縁スペーサ等の固体絶縁物で保持している。しゃ断器、断路器、接地装置等の開閉装置は、金属容器内に固体絶縁物で保持された接点（電極）を内蔵している。これらを変電所の結線に合わせて構成し、金属円筒容器内に SF6 ガスを圧充填し対地および相間絶縁・極間絶縁を確保している。したがって、SF6 ガスの圧力管理は、GIS の運転上重要である。封入ガス圧力は一般的に 0.3～0.6MPag である。

変圧器については、通常 66kV 以上の高電圧用では絶縁油を絶縁媒体とした油入変圧器が多く使用されているが、最近では GIS と同じく SF6 ガスを絶縁媒体としたガス絶縁変圧器（GIT : Gas Insulated Transformer）の適用が拡大している。

都市部の地下に変電所を設置するには防災性が最も重要であり、また、地下の変電所建物の階高を低減することがトータルコスト低減に効果大きい。GIT は油入変圧器に比べこれらの点で多くのメリットを有している。1993 年（平成 5 年）に 66kV 用、1995 年（平成 7 年）に 275kV 系用で適用が開始され、その後も適用が拡大している。

図 3.2.1-5 は地下変電所向けの 300MVA・275kV ガス絶縁変圧器およびその内部構造の例である。

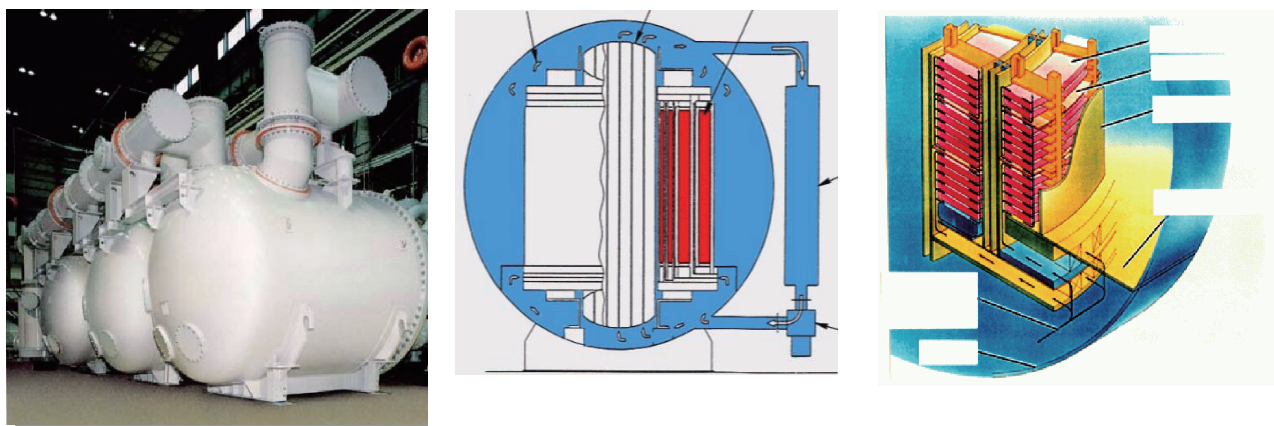


図 3.2.1-5 300MVA-275kV ガス絶縁変圧器

出典：(株)東芝の資料より作成

<参考> ガス絶縁変圧器（GIT）の特徴

① 不燃性

不燃性材料だけで構成されている。よって、特別な消火設備が不要。

② 防爆性

圧縮性ガスを封入している構造のため、油入変圧器に比べ万一の内部故障発生時の防爆性能に優れる。

③ 階高低減による建設コスト低減

油入変圧器では本体タンク上部に設けられている油面調整用のコンサベータが不要のため、変圧器の高さが低くなる。これにより地下/屋内変電所の場合階高を 2-2.5m 低くすることが可能。また、変圧器下に油槽を設ける必要が無い。これによる建設コストの低減が可能である。油漏れの心配もない。

④ 変電所レイアウトの縮小化

GIS と同等の 0.53MPag の純 SF6 ガスを封入しているため、GIS とガス絶縁母線を介して簡単な構造で直接接続可能。これにより変電所のレイアウトを縮小できる。（図 3.2.1-5 参照）

⑤ 保守性・環境調和性

絶縁油を使用しないため油漏れの心配がない。電圧を調整するための負荷時タップ切替器（OLCT：On-load Tap Changer）には、やはり SF6 ガス絶縁タンク中に真空バルブを適用したタイプが適用されるため、保守性にも優れている。

ガス絶縁変圧器は変圧器内部の絶縁と冷却を GIS と同じ SF6（六フッ化硫黄）の気体で行うものであるが、中・小容量（100MVA 程度以下）のガス絶縁変圧器では比較的低いガス圧力（0.12MPag）であることに對し、大容量ガス絶縁変圧器は絶縁および冷却能力を高めるため、高い圧力（0.53MPag）としている。内部の鉄心や巻線の構造は、従来の油入変圧器と同様のシンプルな構造である。すなわち、高ガス圧の SF6 ガスそのもので内部を絶縁すると同時に、巻線や鉄心を SF6 ガスのみで冷却する。タンク下部から取り入れた SF6 ガスは巻線および鉄心を冷却してタンク上部で集められ冷却器に戻され冷却される。巻線は円板巻線で内部のガスはガス止めカラーによりジグザグに流れる構造となっている。巻線素線絶縁には絶縁紙に比べ耐熱性に優れた PET フィルムを適用している。

図 3.2.1-6 に GIS、GIT を適用した地下変電所の構成例を示す。

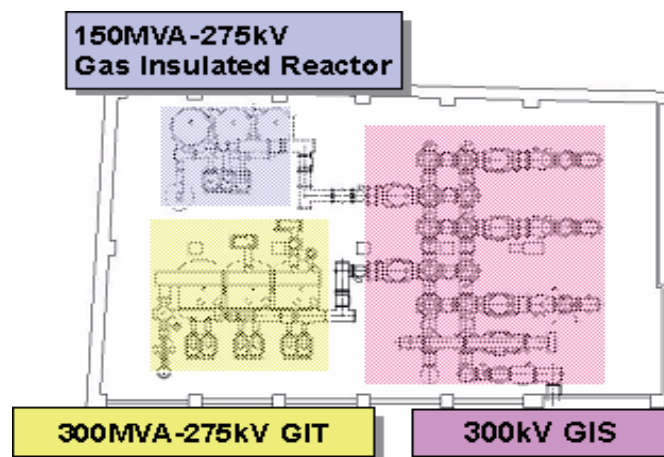


図 3.2.1-6 GIS、GIT を適用した地下変電所の構成例

出典：東芝レビュー、VOL.57, No.8, 2002

なお、典型的な 66kV 受電の地下変電所の所要スペースは大よそ以下のとおりである。

- 構成 : 地下 2 乃至 3 フロア (B2～B6F が多い)
- 平面積 : 各フロアの合計で 4500～5000m² (地上部などを除く)
- 階高 : 各フロアの合計で 15～20m 程度
- 容積 : 30,000～35,000m³ 程度
- 変電所規模(例):
 - 66kV 送電線 6～18 回線引き込み
 - 66kV 変圧器 66/22kV-60MVA 3 バンク、66/6kV-20MVA 3 バンク
 - 22kV フィーダ 40～45 回線
 - 6kV フィーダ 24～40 回線

電力ケーブルとの接続部分は、開閉装置に GIS を適用することにより、ケーブル終端接続部も SF6 ガス絶縁の構成となり、空気絶縁の部分が存在しないことから非常にコンパクトな設備形成を可能としている。図 3.2.1-7 に GIS と電力ケーブルとの接続構造例を示す。

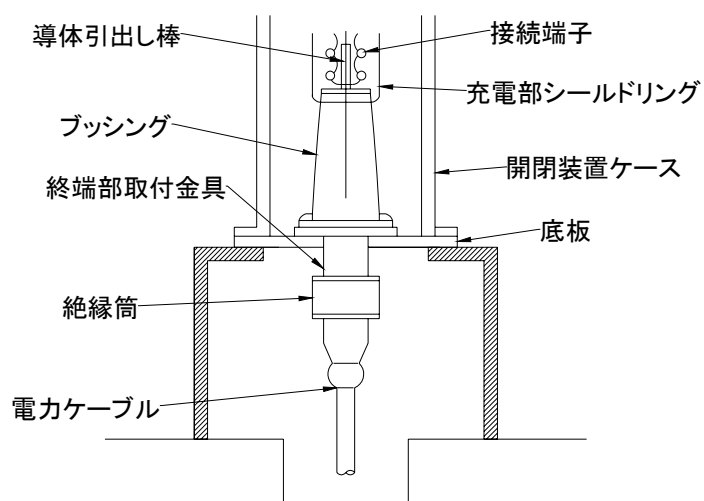


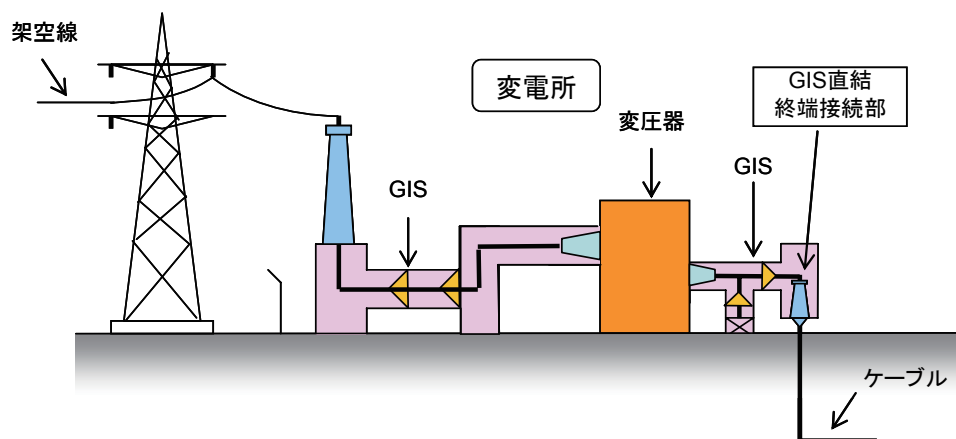
図 3.2.1-7 GIS と電力ケーブルとの接続構造例

現在の架空線を地下化する場合には主に下記 2 種の対応方法が考えられる。

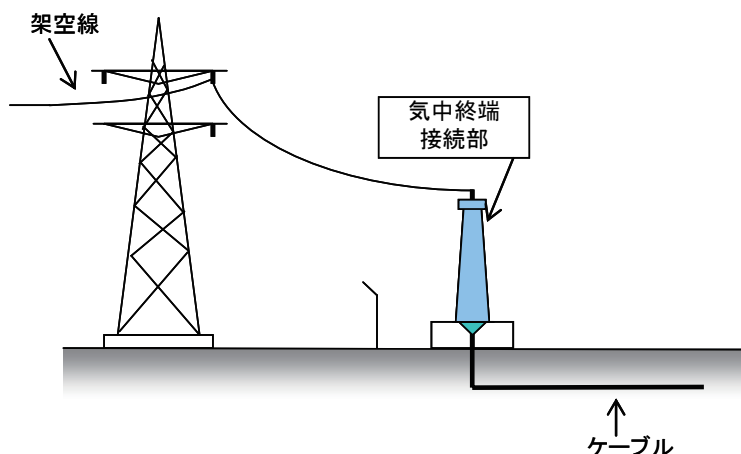
① 変電所にて架空線を引込み、地下ケーブルとして引出す。

② 架空線の途中で気中ケーブル終端接続部を介して地下ケーブルに接続。

現在多くの場合は都心周辺部にて上記①の形態による地中化を図ることが一般的である。それぞれの形態の構成例を図 3.2.1-8 に示す。



① 変電所にて架空線を引込み、地下ケーブルとして引出す形態



② 架空線の途中で気中ケーブル終端接続部を介して地下ケーブルに接続する形態

図 3.2.1-8 架空線を地下化形態

架空送電線と地中電力ケーブルでは許容できる電流値に若干差があり、冷却面での課題が比較的少ない架空線では 275kV 級では多導体化により $410\text{mm}^2 \times 2$ 導体から $810\text{mm}^2 \times 4$ 導体までが多く使用されており電流定格は 2000A～8000A まで対応可能である。地中電力ケーブルの場合は $1000 \sim 2000\text{mm}^2$ 程度が多く、電流で 2000A 以下の設計とすることが一般的である。

このため同じ電力（電流）を流すためには地中ケーブル化の場合は、ルート数が若干増加する傾向にある。

3.2.2 地中送電線の検討

1) 地中送電線の概要

電力は、発電所から変電所を経て送電線路を通り需要地に送電されている。一般に郊外では架空送電線で送られ、都市部では地下に埋設された送電線路（地中送電線）で送られている。地中送電線に使用される送電線は、ケーブルと呼ばれ、図 3.2.2-1 に示すように、主に、導体、絶縁体、遮蔽層などから構成されている。架空送電線とは異なり、遮蔽層の働きにより電界がケーブルの外側に漏洩しないことが特徴で、それ故、隣り合うケーブル同士の距離を小さくすることが可能で、必要な地下スペースを極力小さくすることができる。

このケーブルは、地中に設けられた管路あるいは洞道の中に引き込まれ布設される。管路、洞道の構造を図 3.2.2-2、図 3.2.2-3 に示す。また、ケーブルは、主に輸送の限界から、その単長に限界があり、単長以上の送電線路の場合は、途中でケーブル同士を接続するジョイント部が存在する。また、送電線路の両端は、他の電力設備・機器（変圧器、遮断器、架空送電線など）に接続されており、そのために端末が設けられている。図 3.2-2-4 参照。

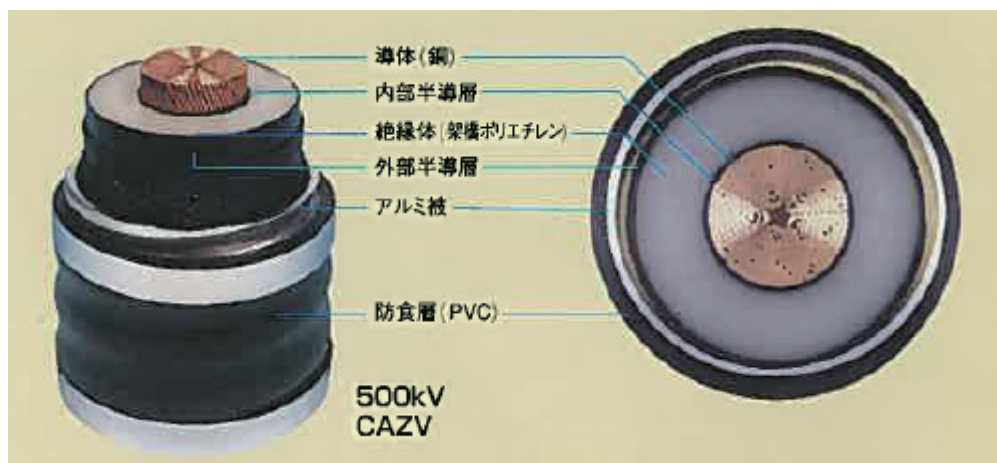


図 3.2.2-1 500kV 級 CV ケーブルの構造

出典：東京電力パンフレット「地中送電設備」

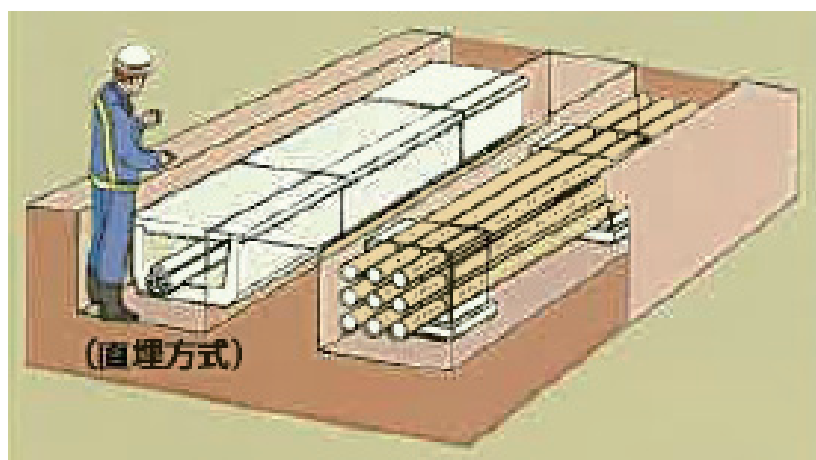


図 3.2.2-2 地下埋設管路の例

出典：東京電力パンフレット「地中送電設備」



図 3.2.2-3 地下ケーブル用洞道

出典：東京電力パンフレット「地中送電設備」

2) 電力ケーブルの仕様

今回送電線を地下ケーブルに変更する各ケースについて、電圧・電流からケーブルの構造・サイズの概略検討を行った。なお、ケーブル構造、サイズの詳細設計については、電圧、電流以外に、過電流条件、周囲の環境、高低差等、詳細な条件が必要であるが、ここでは与えられた条件から概略の検討をするにとどめた。各線路の電圧・電流とケーブルの構造を表 3.2.2-1 に示す。また、各ケーブルのサイズについて、表 3.2.2-2 に示す。

表 3.2.2-1 各ケースの電圧、電流とケーブル種

Case	電圧	想定電流	ケーブル種
CASE A-1～4	154 kV	2000A	154kV 単心 CV ケーブル、2000sq (①)
CASE A-5, 6	66 kV	1700A	66kV 単心 CV ケーブル、2000sq (②)
CASE A-7, 8	154 kV	3100A	154kV 単心 CV ケーブル、1600sq×2 (③)
CASE B-1	154 kV	2000A	154kV 単心 CV ケーブル、2000sq (①)
CASE B-2	66 kV	1700A	66kV 単心 CV ケーブル、2000sq (②)
CASE B-3	154 kV	3100A	154kV 単心 CV ケーブル、1600sq×2 (③)

表 3.2.2-2 各 CV ケーブルのサイズ

	①	②	③
電 圧(kV)	154	66	154
導体サイズ(mm ²)	2000	2000	1600
絶縁厚み(mm)	23	11	23
ケーブル外径(mm)	123	99	116

出典：住友電工(株)の資料より作成

3) 管路・洞道サイズの検討

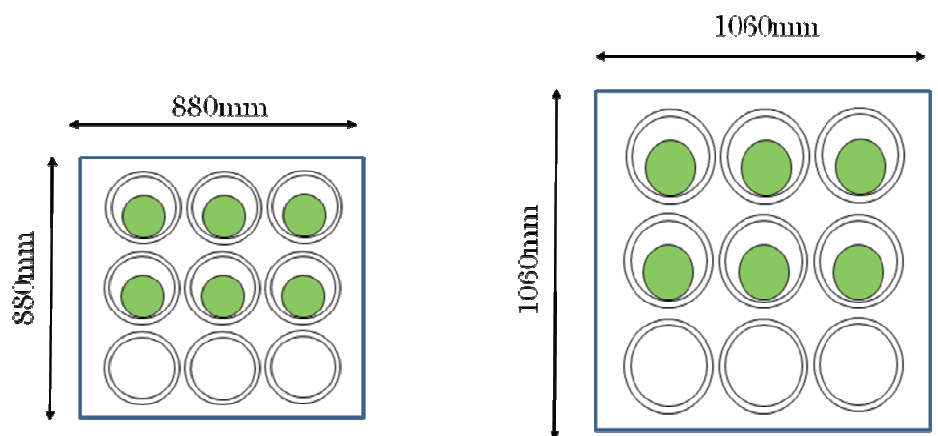
上記ケーブルサイズの検討結果をもとに、管路サイズを求めた。なお、管路のサイズは電力ケーブルで一般的に使用されている、φ150mm 9 孔管路（図 A）と φ200mm 9 孔管路（図 B）とした。また、洞道については、154kV ケーブルについてのみ適用するものとした。

表 3.2.2-3 に各線路での管路、洞道サイズを示す。

また図 3.2.2-4 の A～C 図にそれぞれの管路、洞道のサイズを示す。なお、具体的な地下化事業でのケーブル格納の建築仕様等については、より詳細な検討、検証が必要である。

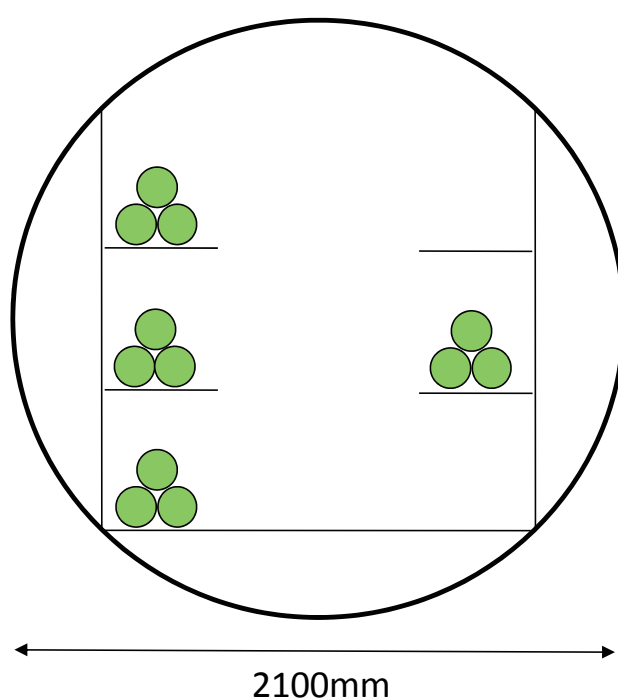
表 3.2.2-3 各線路の管路、洞道サイズ

線路名	電圧/回線数/系統	管路断面	洞道断面
CASE A-1,2	154 kV, 2 回線、2 系統	図 B×2	図 C
CASE A-3,4	154 kV, 2 回線、1 系統	図 B	—
CASE A-5,6	66 kV, 2 回線、2 系統	図 A×2	図 C
CASE A-7,8	154 kV, 2 回線、1 系統	図 B×2	図 C
CASE B-1	154 kV, 2 回線、2 系統	図 B×2	図 C
CASE B-2	66 kV, 2 回線、2 系統	図 A×2	図 C
CASE B-3	154 kV, 2 回線、1 系統	図 B×2	図 C



図A $\phi 150\text{mm}$ 9孔管路

図B $\phi 200\text{mm}$ 9孔管路



図C 洞道

図 3. 2. 2-4 管路、洞道のサイズ

4) ジョイント部の検討

ケーブルの単長には限りがあり、約 300～500m 毎にケーブル同士が図 3. 2. 2-5 に示すようなジョイントにて接続され、図 3. 2. 2-6 のようにマンホールの中に収納されている。今回検討している、66kV、154kV 級ケーブルのジョイントは技術的には確立しており、四品として実用化されている。一般的に 66kV 級の場合、幅 3m×長さ 5～7m×高さ 3m、154kV 級の場合、幅 3m×長さ 7～9m×高さ 3m のマンホールに収められているようである。

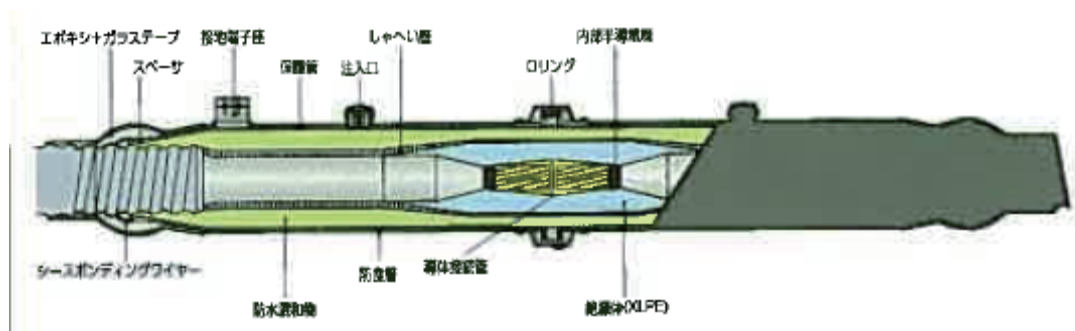


図 3.2.2-5 CV ケーブルのジョイント例

出典：東京電力パンフレット「地中送電設備」

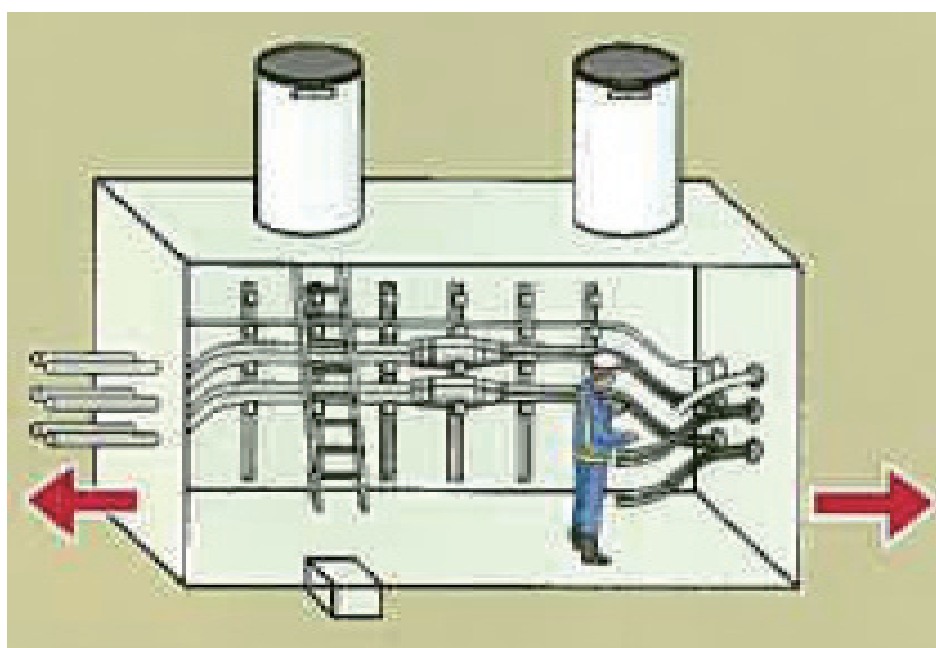


図 3.2.2-7 マンホールの構造とジョイント設置形態

出典：東京電力パンフレット「地中送電設備」

3.2.3 分岐部の検討

ケーブル部に分岐を入れる場合、ジョイント同じく、マンホールにて図 3.2.2-8 に示すような、Y 分岐接続を用いて、一つのケーブルから 2 つのケーブルに分岐する方式がとられている。この Y 分岐についても 66kV 級、154kV 級については技術的に確立しており²⁾、ジョイントの大きさ大きく変わらないため、必要なマンホールについても、大きく変わらないと考えられる。

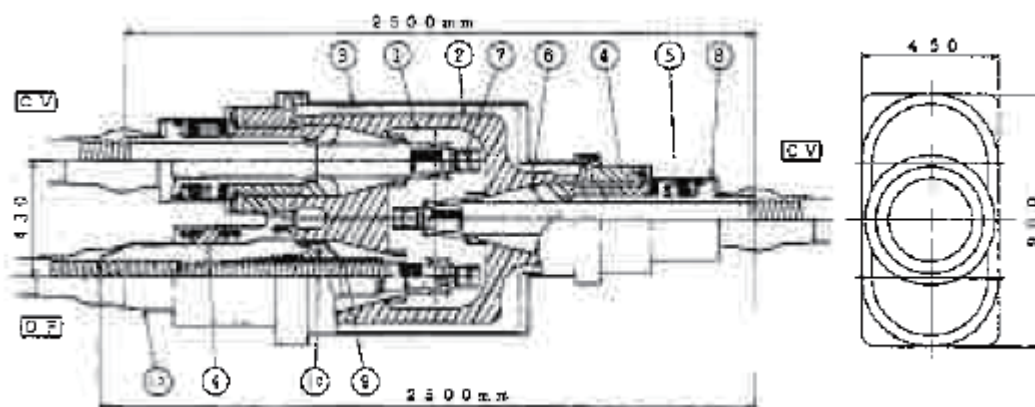


図 3.2.2-8 Y分岐例 (CV-CV、OF ケーブル)

出典：参考文献(12)

3.2.4 まとめ

- ・ 架空送電線の地中化にあたっては、地中送電線設備とともに送電側、受電側の設備への影響についても検討しておく必要があり、送電、受電設備としての変電所設備について検討した。
- ・ 首都圏における電力ネットワークは、500kVの外輪系でとり囲まれ、都心部への電力供給は、東京外郭をとりまく9箇所の500kV変電所を拠点として、275kV送電系統によって供給されている。
- ・ これらの275kVあるいは500kVの基幹系変電所をハブとし、そこから送電電圧を154kVあるいは66kV、更には22kVに降圧しスポーク状に需要家に供給する形態がとられている。
- ・ 都市部では地下に埋設された送電線路（地中送電線）で電力が送られている。地中送電線に使用される送電線は、ケーブルと呼ばれ、地中に建設された管路あるいは洞道の中に布設されている。
- ・ 送電線路の地下化について検討する、3.1節に示された各ケースについて、必要なケーブル仕様、地下に必要な管路構成、洞道構成について検討し、そのスペースについて求めた。管路の場合は、880mm×880mmの9孔管路、あるいは1060mm×1060mmの9孔管路、洞道の場合は、φ2100mmの洞道が必要であることが判った。

[3.2 参考文献]

- 1) エンジニアリング振興協会地下開発利用センターHP :
<http://www.ena.or.jp/GEC/nec/html/nyokai/sk06-11.PDF>
- 2) エンジニアリング振興協会地下開発利用センター：（平成 20 年度報告書）第Ⅳ部 大深度地下インフラ施設の可能性に関する調査 1.4 節
- 3) 東京電力HP
http://www.tepco.co.jp/custom/LapLearn/teacher/document/index-j.html#chapter_3
http://www.tepco.co.jp/custom/LapLearn/teacher/document/chapter_2/31-32-j.html
- 4) 戸田克敏、ほか：変圧器の新時代をひらくガス絶縁技術、東芝レビュー、VOL. 50, No. 5, 1995
- 5) 電気学会技術報告 第 1090 号 変圧器の不燃性・難燃性向上技術の現状と動向 2007 年 7 月
- 6) E. Takahashi, K. Tanaka, K. Toda, et al; “Development of Large Capacity Gas-Insulated Transformer”, IEEE Tr. On Power Delivery, Vol.11, No.2, April 1996
- 7) M. Meguro, et al; “Solution for Environmental Features of Underground Substation by Gas Insulated Equipment”, CIGRE Paris Session 2002 (23-101)
- 8) G. Ebb & G. Spence; “Gas Insulated Transformers for Haymarket SS”, IEEE/PES T & D Conference Yokohama, 2002
- 9) C. Fitzgerald, S. Jones, et al; “A Compact, high Capacity 330kV Substation for the Sydney Central Business District”, CIGRE Paris Session 2004, (B3-203)
- 10) 小林恒夫、ほか．世界最大容量ガス絶縁変圧器を適用した地下変電所の実現、東芝レビュー、VOL.57,No.8, 2002
- 11) 「地中送電設備」パンフレット、東京電力㈱、2009.06
- 12) 木口等：「OF ケーブルの CV ケーブル引替（リプレース）技術」、平成 21 年電気学会全国大会、7-S14-4

3.3 超電導技術の適用性

3.3.1 超電導技術の概要

超電導は、ある温度以下でその材料に電気抵抗がゼロになる現象で、その特徴を活かしてコンパクトな形状に大電流を流すことで、高電流密度の導体や、強磁場を発生するマグネットなどが開発されている。1986年に高温超電導材料が発見され、その後の開発で、超電導状態を示す温度が液体窒素温度（77K=-196℃）を超えるようになり、超電導材料を超電導状態に冷却することが容易になった。ビスマス系超電導体は臨界温度約110K(-160℃)の特性を持ち、銀材料と組み合わせることで、km オーダの長尺テープ線材（図3.3.1-1）が開発され、製品化されている。

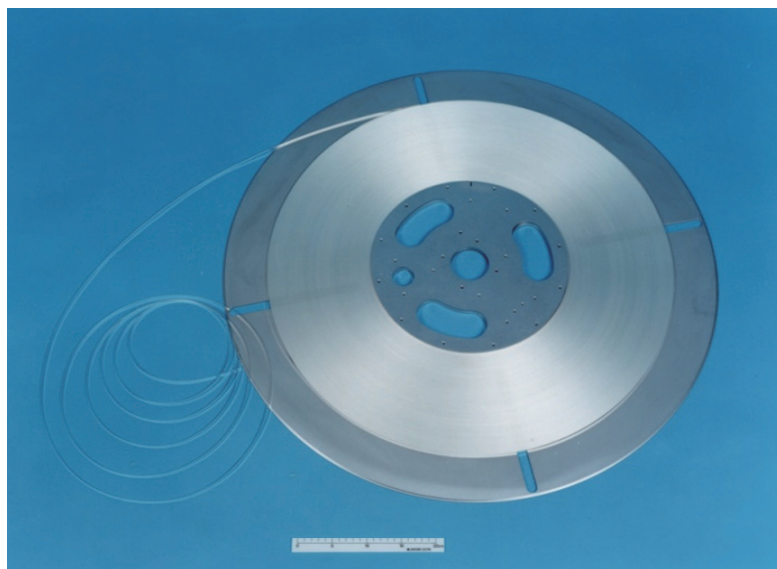


図 3.3.1-1 ビスマス系超電導線材

（線材断面 4.2mm 幅×0.24mm 厚み）

出典：参考文献 1)

超電導ケーブルは、実用化を期待されている超電導応用の一つであるが、大容量の電力をコンパクトな形状で、低損失に送電することができる。この特徴を生かして、コンパクト化による都市部での地下埋設スペースの軽減や、低電圧大容量送電による変電設備の省略化などにより、送電線路の建設コストを低減することが可能である。また、電気抵抗ゼロにより、送電損失を大幅に低減できることから、省エネルギー化や CO₂ 排出量の低減にも効果のある技術である。

図 3.3.1-2 に超電導ケーブルの構造例を示す。図は、ビスマス系高温超電導線材を使った、開発中の 66kV・3kA 級三心一括型高温超電導ケーブルである。この超電導ケーブルは同サイズの従来ケーブルの約 10 倍の電力を送電することが可能である。



図 3.3.1-2 超電導ケーブルの構造

出典：参考文献 2)

図 3.3.1-3 は、1500MVA の容量の送電線路を従来ケーブルで送電した場合と、超電導ケーブルで送電した場合の比較である³⁾。交流超電導ケーブルの場合は、従来ケーブルの場合と比べて、建設コストは 1/2、送電損失は 1/4 以下になるとの試算である。なお、超電導ケーブルについては、開発中であることから、将来的に達成可能なコスト、性能を前提として計算している。また、直流の場合は、交流損失が発生しないことから、さらなるコンパクト化、低損失化が可能である。

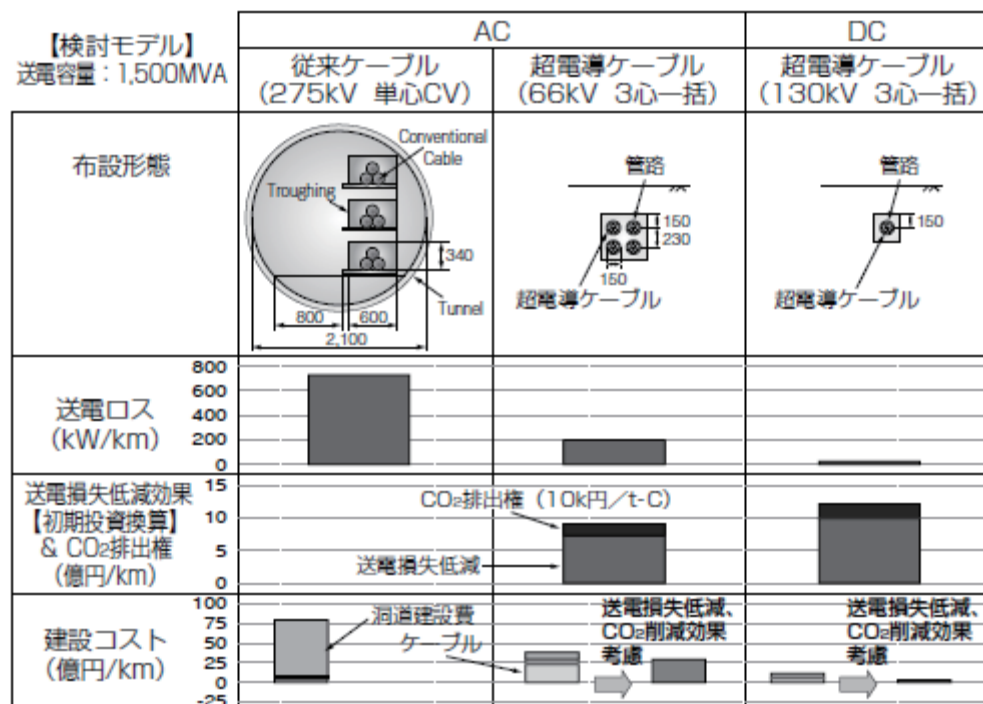


図 2.2.1-3 超電導ケーブルの経済性比較例

出典：参考文献 3)

現在、超電導ケーブルの実用化を目指して、米国、欧州、中国、韓国、日本が激しく開発競争を行っており、各国において、実系統に接続した実モデルでの実証試験が実施されている、あるいは実施が計画されている段階である。表 3.3.1-1 に各国で進められているプロジェクトのリストを示す。

日本においては、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの開発委託を受け、住友電気工業株式会社、東京電力株式会社、株式会社前川製作所が、共同で 66kV 級三心一括型超電導ケーブルシステムの開発に取り組んでおり、平成 23 年から、日本で初めて実系統に接続した実証試験を行う予定で発が進められている。

また、図 3.3.1-4 経済産業省がまとめている超電導技術分野のシナリオでは、66kV 級超電導ケーブルが 2016 年頃からの実用化が目指されており、その後、普及・拡大していくものと考えられている。

表 3.3.1-1 世界各国の超電導ケーブル開発プロジェクト（住友電工調べ）

地域	プロジェクト名	電圧(kV)	電流(A)	長さ(m)	場所	備考
日本	TEPCO-SEI	66	1000	100	電中研	
	Super-ACE	77	1000	500	電中研	
	Y系プロ(大電流)	66	5000	15	未定	予定
	Y系プロ(高電圧)	275	3000	30	未定	予定
	実証プロジェクト	66	3000	250	Grid(旭変電所)	予定
米国	Albany	34.5	800	350	Grid(送電線)	08/5終了
	OHIO	13.2	3000	200	Grid(変電所)	
	LIPA	138	2400	600	Grid(送電線)	
	New Orleans	13.8	2500	1760	Grid(送電線)	予定
	Hydra	13.8	4000	?	Grid(送電線)	予定
欧州	Denmark	30	200	30	Grid(発電所)	
	Nuon(蘭)	50	3000	6000	Grid(送電線)	予定
中国	雲南	35	2000	33.5	Grid(変電所)	
	蘭州	10.5	1500	75	工場内	
韓国	KEPCO	22.9	1250	100	試験所	
	DAPAS(1)	22.9	1250	100	試験所	
	DAPAS(2)	154	3750	100	Grid(変電所)	予定
	ソウル(仮)	22.9	1250	500	Grid(変電所)	予定

実行中
 予定

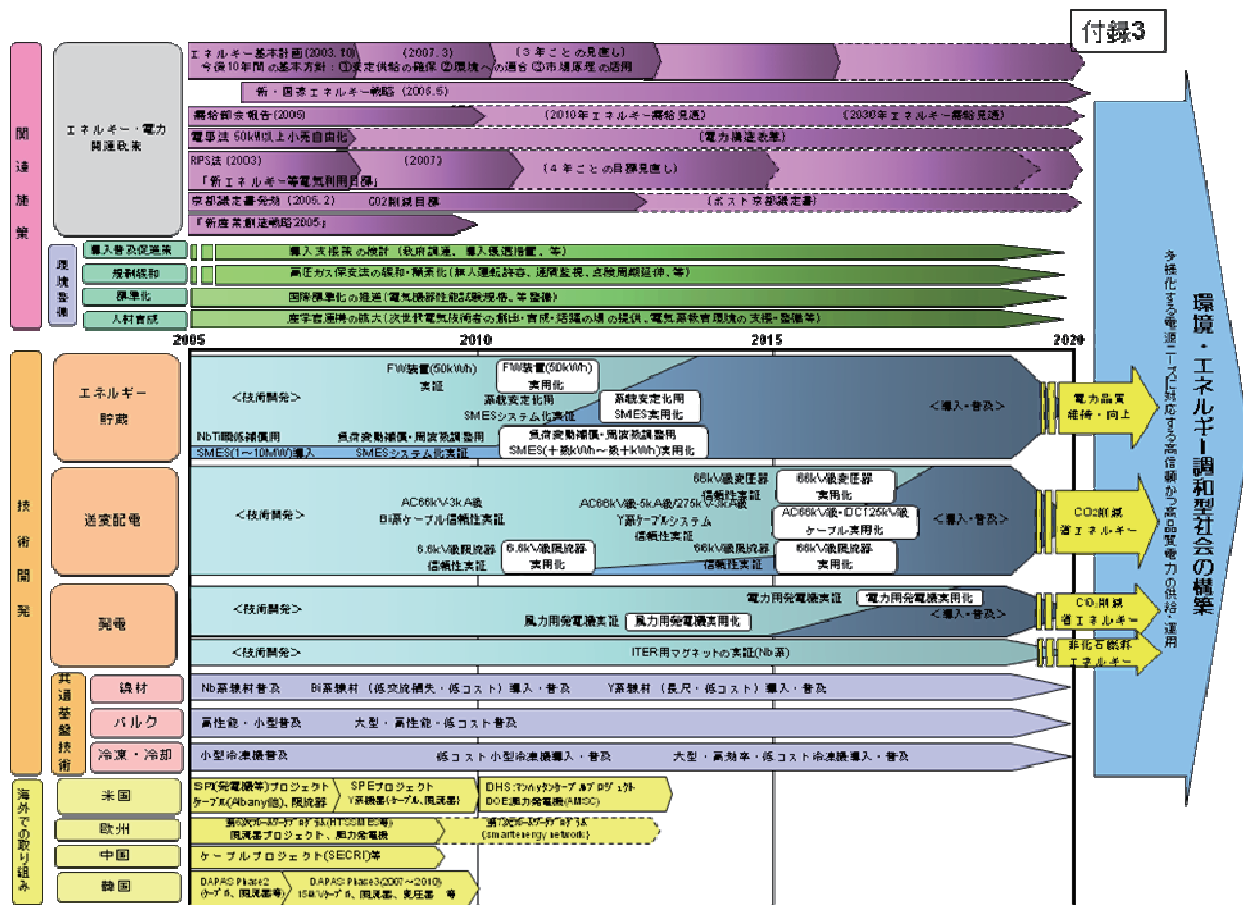


図 3.3.1-4 超電導技術分野の導入シナリオ

出典:超電導技術分野の技術戦略マップ(参考文献 4))

3.3.2 適用に向けての試検討

3.2.2 で検討した各線路へ超電導ケーブルを適用した場合の概略検討を行う。

CASE A-5,6、B-2 での 66kV 級線路においては、現在開発されている 66kV 級三心一括型超電導ケーブルの適用が考えられる。電流も最大 2000A であり、開発中の範囲の中に入っている。特に CASE A-5,6 の場合、超電導ケーブルは 1 本のケーブルで 1700A の電流を三相一括で送ることが可能であるので、1 回線あたり $\phi 150\text{mm}$ 管路 1 孔ですむ。従って、必要となる管路スペースは常電導ケーブルの 1/6 となる。図 3.3.2-1 に CASE A-5,6 の場合の常電導ケーブルと超電導ケーブルの必要管路数を示す。

なお、66kV 級超電導ケーブルのジョイントについては、現在開発中であるが、 $3\text{m} \times 3\text{m} \times 7\text{m}$ のマンホールスペースにて組立可能であることが検証されている。

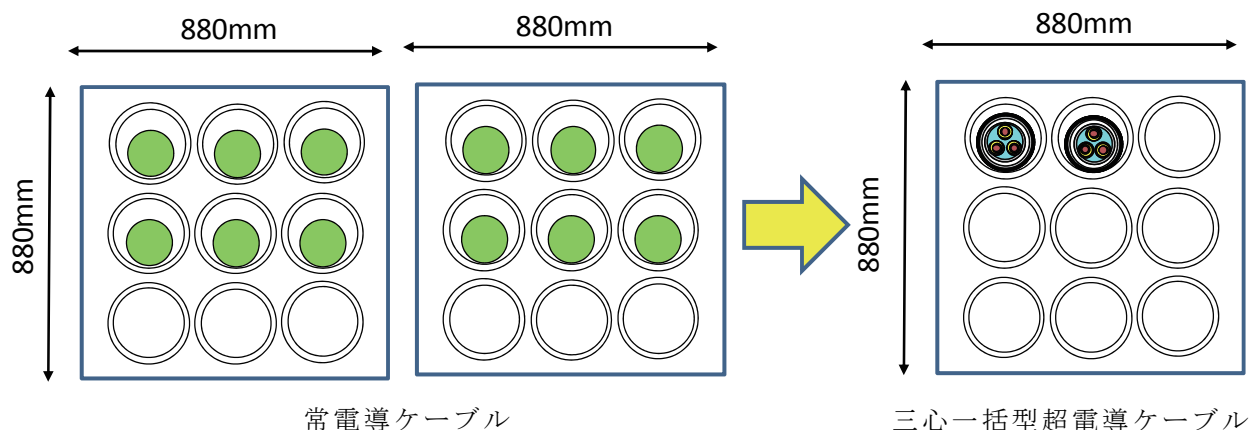


図 3.3.2-1 66kV 級送電線路の必要管路数 (CASE A-5,6)

CASE A-1,2,3,4,7,8、B-1,3 では 154kV 級線路であり、このクラスの電圧は現在、米国の LIPA プロジェクトで単心ケーブルで実現されているが、日本においては開発途中である。CASE A-7,8、B-3 では、常電導ケーブルでは 1 相あたり 2 条のケーブルが必要であるのに対し、超電導ケーブルの場合は、1 条ですむため、やはり管路数を減らすことができる。また、ケーブルサイズも小さくなることから、CASE A-7,8 の場合は管路サイズを $\phi 200\text{mm}$ から $\phi 150\text{mm}$ に低減することが可能である。CASE A-3,4 の場合は、もともと電流値が小さく、常電導ケーブル、超電導ケーブルともに必要な管路数は変わらず、スペースの観点からいえば効果がないといえる。図 3.3.2-2 に CASE A-7,8 の場合の常電導ケーブルと超電導ケーブルの必要管路数を示す。

154kV 級のジョイントについては将来の開発課題であり、従来ケーブルと同レベルのマンホール内に収納できるものが開発されることが望まれる。

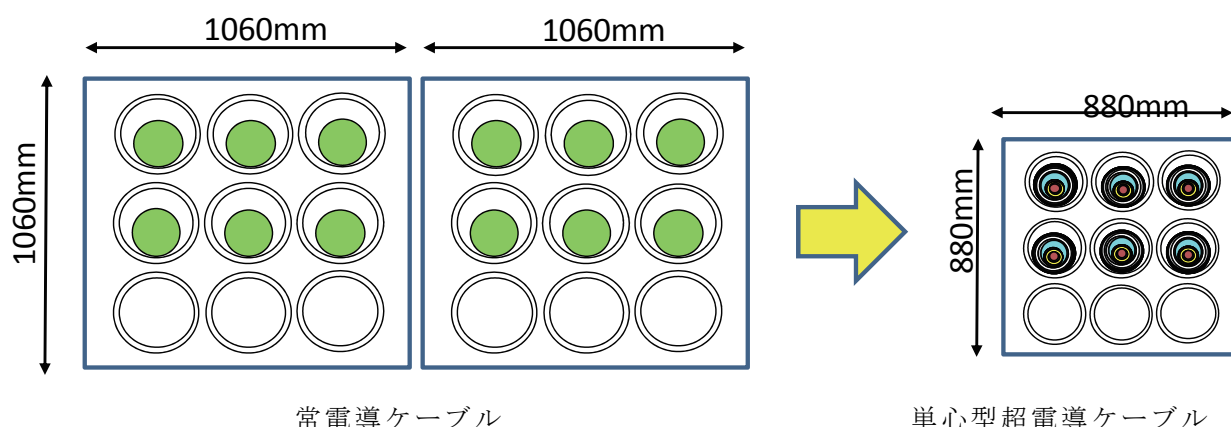


図 3.3.2-2 154kV 級送電線路の必要管路数 (CASE A-7,8)

なお、それぞれ冷却システムが必要になるが、その検討には、さらなるケーブルの詳細設計、送電線路設計が必要となるため、ここでは冷却システムの検討は省略するが、地上部に冷却システムを設置するスペースを確保する必要がある。また、超電導技術の適用に

あたっては、電力ケーブル、管路・洞道以外にも超電導ケーブルと接続する変電設備についても検討しておく必要がある。現在ほとんどの開閉器が採用している GIS（ガス絶縁開閉装置）では電気絶縁に 0.3-0.6MPa 程度の高圧力 SF6 ガスを使用しており、-20℃を越える低温では SF6 が液化し、絶縁性能を脅かす可能性があるため、電力ケーブルと開閉器の境界部において電気絶縁方式の変化とともに熱的な絶縁構造を検討する必要がある。

3.3.3 まとめ

- ・ 超電導ケーブルは、大容量の電力をコンパクトな形状で、低損失に送電することができるため、将来の大容量送電ケーブルとして、日米を中心に開発競争が行われており、実系統に接続した実証試験が実施されている段階である。
- ・ 本検討においても、従来ケーブルに比べて、地下に必要なスペースを大幅に減じることができることを確認した。
- ・ なお、実際の系統に接続するためには、従来機器と超電導ケーブルとの接続が必要になり、その場所に応じた接続機器（端末など）が必要になる。
- ・ 超電導ケーブルを冷却するために冷却システムが必要であり、3～5km 毎に設置する必要がある、そのためのスペースを確保する必要がある。
- ・ 超電導ケーブルの実用化に、冷却システムを含めた長期信頼性・安定性の実証、経済的メリットの確保（コストの低減）が必要になる。2016 年頃からの実用化を目指し、電力会社、関係メーカーにて開発が進められている。

[3.3 参考文献]

- 1) 住友電工パンフレット
- 2) Yumura, et. al., “HTS cable design and evaluation in YOKOHAMA Project” submitted to EUCAS 2009
- 3) 廣瀬等、「高温超電導直流ケーブルについて」、SEI テクニカルレビュー・第 167 号

3.4 管路、洞道の検討

架空線の地中化に際しては、その送電線を収容する地下構造物が必要となる。これらの地下構造物は、その規模・仕様により図 3.4-1 に示すように管路形式、洞道形式があり、本節では、管路、洞道の構築工法を述べるとともに、前述した東京区部西部と東京区部東部における現架空送電線を地下化する際に必要とされる管路および洞道の概算建設工事費を矩形推進工法と円形シールド工法により試算した。また、架空線の地中化に際しては、管路、洞道の分岐・接合が必要不可欠となるため、これらの構築技術に関してもまとめた。

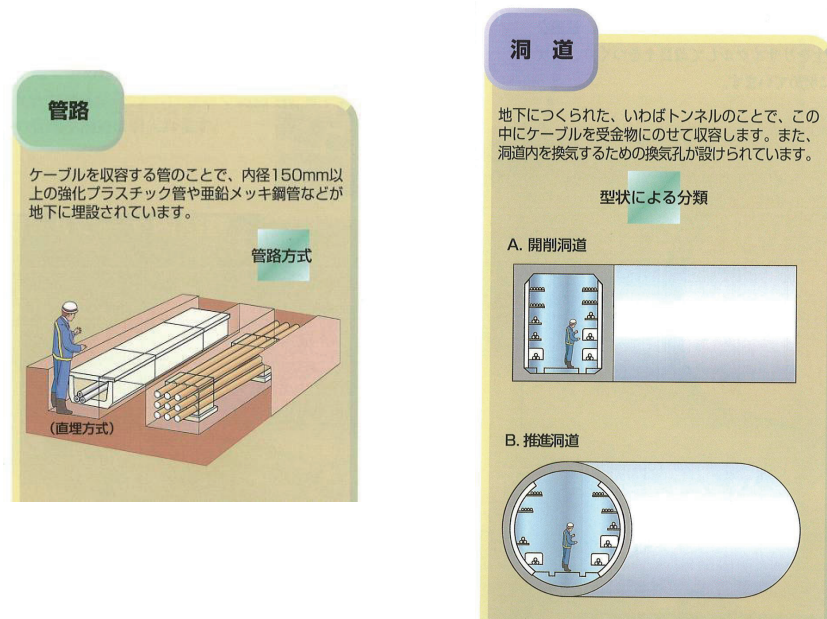


図 3.4-1 管路と洞道

（東京電力(株)パンフレット「地中送電線」より抜粋）

3.4.1 地中化の検討

1) 管路、洞道の建設方法

管路、洞道の建設を行う方法として、主に開削工法、シールド工法、推進工法等が挙げられる。開削工法は土留め壁構築後に地上部から掘削するため、比較的土被りの浅い管路、洞道に適し、全線地上部の占用を要する。また断面の形状はその構築しやすさから矩形形状としている場合が多い。推進工法およびシールド工法は、多少立坑の構築などで地上に影響を与えるものの、浅深度から大深度まで適用でき、立坑付近以外は非開削であるため地上部の占用の必要がなく、地上部に構造物がある場合でも撤去することなくトンネルを構築できる。また断面形状は主として円形であるが、輻輳する地下空間への対応として、デッドスペースのない、必要な断面で構築できる矩形形状で構築されることも少なくない。シールド工法は、ビットの摩耗等の課題はあるものの、図 3.4.1-1 に示すように長距離施工の実績も多い。推進工法は、近年様々な開発が進められ中押し装置などにより長距離化への対応が図られてはいるが、中押しが多いと施工効率がかなり低下し、工事費や工期に影響を与えるため、長距離に対しては中間立坑などを構築することが多い。表 3.4.1-1 に管路および洞道の建設方法についてまとめた。

表 3.4.1-1 管路、洞道の建設方法

	建設工法	適用土被り	地上占用	断面形状	長距離への対応
管路形式	開削工法	浅い	全線	矩形	対応できるが地上占用が難
	推進工法	問わない	立坑部のみ	円形、矩形	中間立坑により対応
洞道形式	開削工法	比較的浅い	全線	矩形	対応できるが地上占用が難
	推進工法	問わない	立坑部のみ	円形、矩形	中間立坑により対応
	シールド工法	問わない	立坑部のみ	円形、矩形	優れている

本検討では、都市過密地域上空を通過する架空線の地下化を対象としていることから、地表の状況、状態に影響を受けない非開削工法であるシールド工法と推進工法による管路と洞道の建設を検討するものとする。

推進工法は、近年様々な開発が進められており、矩形断面への適用、曲線施工や長距離施工の実現等、その適用性を高めつづけることができ、既設地下構造物との併用による工事費を試算した。図 3.4.10 推進機を示す。

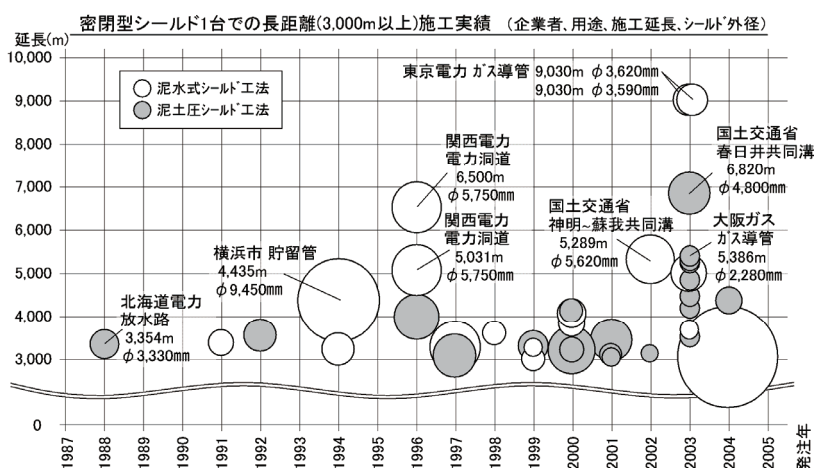


図 3.4.1-1 シールド工法による長距離施工

出典：シールド工法技術協会 工事実績

等、その適用性を高めつつあり、今回の検討ではデッドスペースがなく必要断面を構築でき、既設地下構造物との干渉回避性のよい矩形断面の管路を対象として、概算建設工事費を試算した。図 3.4.1-2 に矩形推進工法のシステム概要図を、写真 3.4.1-1 に矩形推進機を示す。

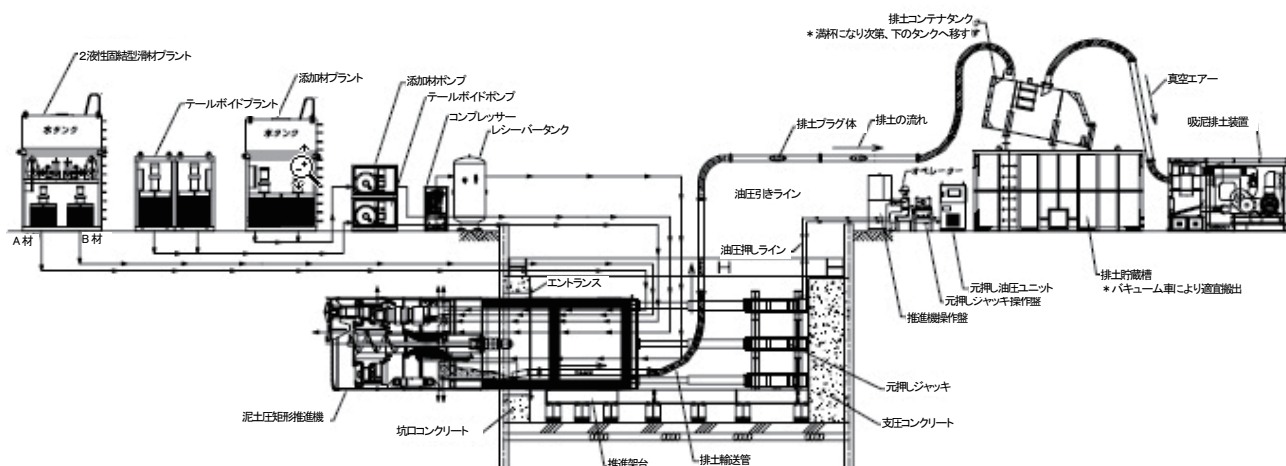
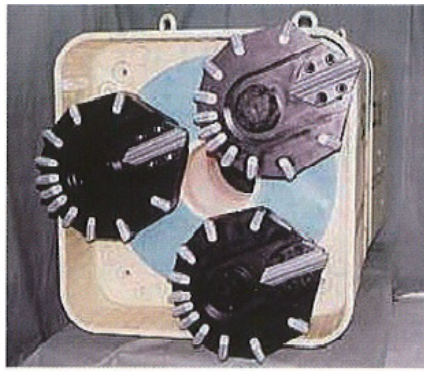
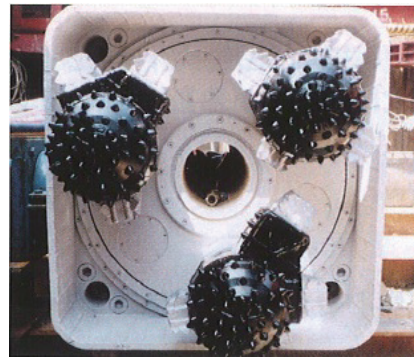


図 3.4.1-2 矩形推進工法 システム概要図

ボックスカルバート推進工法パンフレットより抜粋



砂・シルト地盤用



砂礫・玉石地盤用

写真 3.4.1-1 矩形推進機の一例

ボックスカルバート推進工法パンフレットより抜粋

また、シールド工法は、電力洞道、上下水道、道路トンネル、鉄道トンネル、共同溝等の建設で豊富な施工実績を持ち、高い適用性を有する工法であり、電力洞道への適用に技術上の問題はほとんどないと考えられる。今回の検討では、実績豊富な円形断面の洞道を対象として、概算建設工事費を試算した。

管路および洞道の建設にあたり、矩形推進工法および円形シールド工法を用いる場合の得失をそれぞれ以下にまとめた。

【矩形推進工法の得失】

- ・ 矩形形状は、円形形状と比べてデッドスペースが少なく必要最小限の断面で構築でき、輻輳した浅層の地下空間において、既設地下構造物と干渉しにくい特徴を有する。
- ・ 矩形形状は、大きな外圧に対して大きな曲げモーメントが作用する（曲げ卓越型）ため、覆工の部材厚さが厚くなり、覆工費が大きくなる傾向がある。
- ・ 長距離施工の場合、中間立坑や中押し装置を増設する必要があり、工事費が高くなる傾向になる。
- ・ 発進坑口、発進架台等の仮設備工が軽備であり、施工距離に関係なく必要となる初期コストが小さく、短距離施工においてもそれほど割高とはならない。
- ・ 施工実績が少なく、大深度施工などの高水圧下での推進機のシールや排土、坑口パッキンや中押し装置のシール等課題が残されている。
- ・ これらの理由により、矩形推進工法による管路の建設は、比較的浅深度でかつ短距離の施工に優位性があるものと考えられる。

【円形シールド工法の得失】

- ・ 円形形状は、矩形形状と比べてデッドスペースが大きくなる傾向があり、既設地下構造物との干渉や土被りの確保において問題となることがある。
- ・ 円形形状は、大きな外圧が作用しても軸力が卓越し、生じる曲げモーメントは比較的小さく、覆工の部材厚は厚くならないため、覆工費はそれほど高くない。
- ・ シールドマシン費や発進坑口、架台等の仮設備工が重装備で、初期コストが大きく、短距離施工においては割高となる。
- ・ 施工実績が豊富で、大深度施工や長距離施工においても信頼性を有する。

- ・これらの理由により、円形シールド工法による洞道の建設は、中・大深度でかつ比較的長距離施工に優位性があるものと考えられる。

2) 検討ケース

検討に際しては、

- ① 調査した地盤条件の異なる東京区部西部（硬質地盤）、東京区部東部（軟弱地盤）における4つの架空送電線（路線Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ）を対象とした。
- ② 地中線を構築する深度は、浅中深度（土被り $H=15\text{m}$ ）と大深度（土被り $H=50\text{m}$ ）の2ケースとした。
- ③ 浅中深度（土被り $H=15\text{m}$ ）における管路および洞道の建設ルートは、現架空送電線の直下に構築する場合（構築距離 $L=1.1\times L_0$ 、 L_0 ：変電所直線距離）と道路下に構築する場合（構築距離 $L=1.5\times L_0$ ）の2ケースとした。
- ④ 大深度（土被り $H=50\text{m}$ ）における管路および洞道の建設ルートは、変電所を直線で結んだルート（構築距離 $L=L_0$ ）とした。
- ⑤ 上記による表 3.1.4-1、2 の検討ケースに対して、送電線の収容される地下構造物として、管路および洞道の2ケースを行い、管路は矩形推進工法により構築するものとし、洞道は円形シールド工法により構築するものとした。
- ⑥ 管路に対しては、通常一般的に使用されている図 3.4.1-2 (A) および(B)に示す $\phi 150\text{mm}$ の9孔管路（ $\square 880\times 880\text{mm}$ ）、 $\phi 200\text{mm}$ の9孔管路（ $\square 1,060\times 1,060\text{mm}$ ）の2つの管路を対象として、調査した架空送電線の送電仕様を想定し、適合する断面と本数を設定した。
- ⑦ 洞道に対しては、図 3.4.1-2 (C) に示す $\phi 2100\text{mm}$ の洞道を対象とした。

表 3.4.1-2 に概算建設工事費の試算検討ケースの一覧をまとめた。

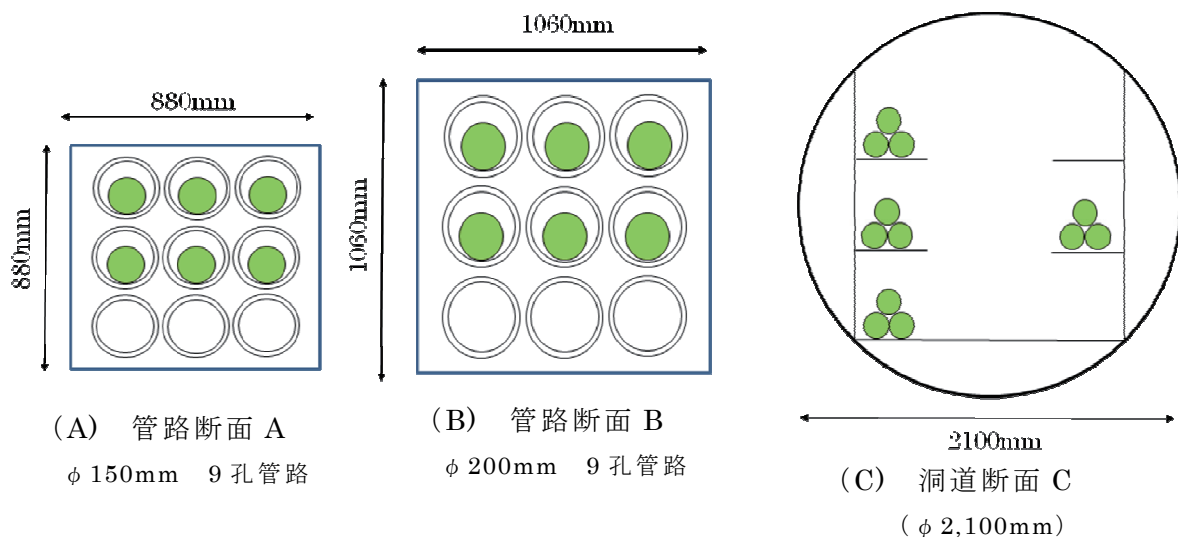


図 3.4.1-2 管路と洞道の検討断面

表 3.4.1-2 試算検討ケース一覧

検討ケース			送電仕様	土被り	建設ルート	収容構造物形状
東京区西部	路線Ⅰ	(A-1)-K	154kV×2回線× 2000A×2系統	浅・中深度 土被り 15m	現架空線直下 (L=3.85km)	□1060×2本（矩形推進工法）
		(A-1)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
		(A-2)-K			道路下 (L=5.25km)	□1060×2本（矩形推進工法）
		(A-2)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
	路線Ⅱ	(A-3)-K	154kV×2回線× 2000A×1系統	硬質地盤	現架空線直下 (L=3.85km)	□1060×1本（矩形推進工法）
		(A-3)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
		(A-4)-K			道路下 (L=5.25km)	□1060×1本（矩形推進工法）
		(A-4)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
東京区東部	路線Ⅲ	(A-5)-K	66kV×2回線× 1700A×2系統	浅・中深度 土被り 15m	現架空線直下 (L=3.85km)	□880×2本（矩形推進工法）
		(A-5)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
		(A-6)-K			道路下 (L=5.25km)	□880×2本（矩形推進工法）
		(A-6)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
	路線Ⅳ	(A-7)-K	154kV×2回線× 3100A×1系統	軟弱地盤	現架空線直下 (L=8.25km)	□1060×2本（矩形推進工法）
		(A-7)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
		(A-8)-K			道路下 (L=11.25km)	□1060×2本（矩形推進工法）
		(A-8)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
東京区西部	路線Ⅰ	(B-1)-K	154kV×2回線× 2000A×2系統	大深度 土被り 50m	変電所間直線 (L=3.5km)	□1060×2本（矩形推進工法）
		(B-1)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
東京区東部	路線Ⅲ	(B-2)-K	66kV×2回線× 1700A×2系統			□880×2本（矩形推進工法）
		(B-2)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)
東京区東部	路線Ⅳ	(B-3)-K	154kV×2回線× 3100A×1系統		変電所間直線 (L=7.5km)	□1060×2本（矩形推進工法）
		(B-3)-D				φ2100×1本(円形シールド工法)

注）表 3.1.4-1 および 2 の検討ケースに対して、収容構造物としての管路と洞道を検討
K：管路、D：洞道として表した。

3.4.2 浅・中深度への適用

1) 検討概要

浅・中深度への適用として、表 3.4.1-2 に示す路線Ⅰ～Ⅳの4つの路線のA-1～A-8までの8ケースに対して、それぞれ管路と洞道を構築する際の概算建設工事費を計16ケース算出した。(ケーブル工事費、各線撤去工事費は含まれていない。)

設置深度は、「東京都区部における総合的な地下利用計画についての基本方針(平成5年、東京都)」において、供給処理・通信系基幹管線路は原則として概ねGL-10m～-30mの深度に設置されることが記載されていることに準拠して、15mの土被りとした。

管路を構築する際の概算建設工事費算定の前提条件は、

- ・ 構築工法は、密閉型矩形推進工法により構築する。
- ・ 管路の場合、ケーブル同士をジョイントするマンホールを500m程度毎に設置する必要があること。また、矩形推進工法において、施工延長500mは、通常の土層で中押し無しで、硬質土層の場合中押し1段程度で施工可能な距離であることから、矩形推進の発進基地となり、推進後はマンホールとなる立坑を500m以内毎に配置する。

であり、また、洞道を構築する際の概算建設工事費算定の前提条件は、

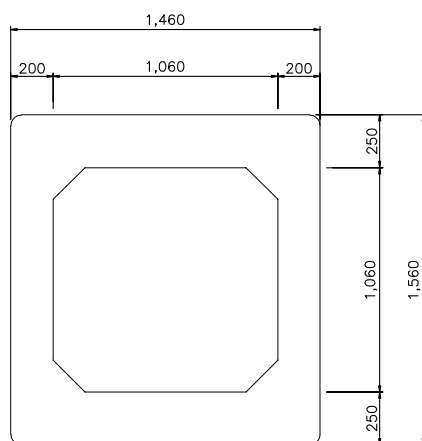
- ・ 構築方法は、密閉型円形シールド工法により構築する。
- ・ 洞道の場合、洞道内でのケーブルのジョイントが可能である他、シールド工法においては、今回対象となる5km以上の長距離も可能であることから、立坑は施工距離に係わらず、発進立坑および到達立坑の2つとする。

とする。

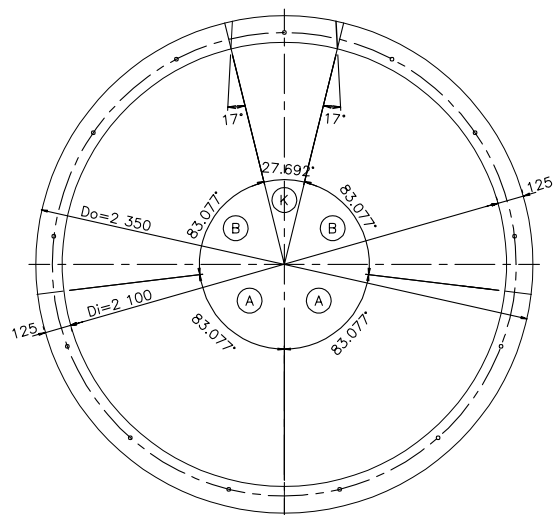
2) 検討結果

矩形推進および円形シールドの覆工形状を図 3.4.2-1 に示す。

概算工事費の試算検討結果を表 3.4.2-1 および図 3.4.2-1 にまとめた。



矩形推進



円形シールド

図 3.4.2-1 浅・中深度における矩形推進および円形シールドの覆工

表 3.4.2-1 浅・中深度における検討結果一覧

検討ケース			土被り	建設ルート	収容構造物形状	概算直接工事費 () 内はm単価	
東京区西部	路線 I	(A-1)-K	浅・中深度 土被り 15m	現架空線直下 (L=3.85km)	□1060×2 本	5,270 百万円	(1,369 千円/m)
		(A-1)-D			φ 2100×1 本	2,515 百万円	(653 千円/m)
		(A-2)-K		道路下 (L=5.25km)	□1060×2 本	7,173 百万円	(1,366 千円/m)
		(A-2)-D			φ 2100×1 本	3,282 百万円	(625 千円/m)
	路線 II	(A-3)-K	硬質地盤	現架空線直下 (L=3.85km)	□1060×1 本	2,854 百万円	(741 千円/m)
		(A-3)-D			φ 2100×1 本	2,515 百万円	(653 千円/m)
		(A-4)-K		道路下 (L=5.25km)	□1060×1 本	3,879 百万円	(739 千円/m)
		(A-4)-D			φ 2100×1 本	3,282 百万円	(625 千円/m)
東京区東部	路線 III	(A-5)-K	浅・中深度 土被り 15m	現架空線直下 (L=3.85km)	□880×2 本	3,913 百万円	(1,016 千円/m)
		(A-5)-D			φ 2100×1 本	2,497 百万円	(649 千円/m)
		(A-6)-K		道路下 (L=5.25km)	□880×2 本	5,323 百万円	(1,014 千円/m)
		(A-6)-D			φ 2100×1 本	3,266 百万円	(622 千円/m)
	路線 IV	(A-7)-K	軟弱地盤	現架空線直下 (L=8.25km)	□1060×2 本	9,388 百万円	(1,138 千円/m)
		(A-7)-D			φ 2100×1 本	4,913 百万円	(596 千円/m)
		(A-8)-K		道路下 (L=11.25km)	□1060×2 本	12,776 百万円	(1,136 千円/m)
		(A-8)-D			φ 2100×1 本	6,561 百万円	(583 千円/m)

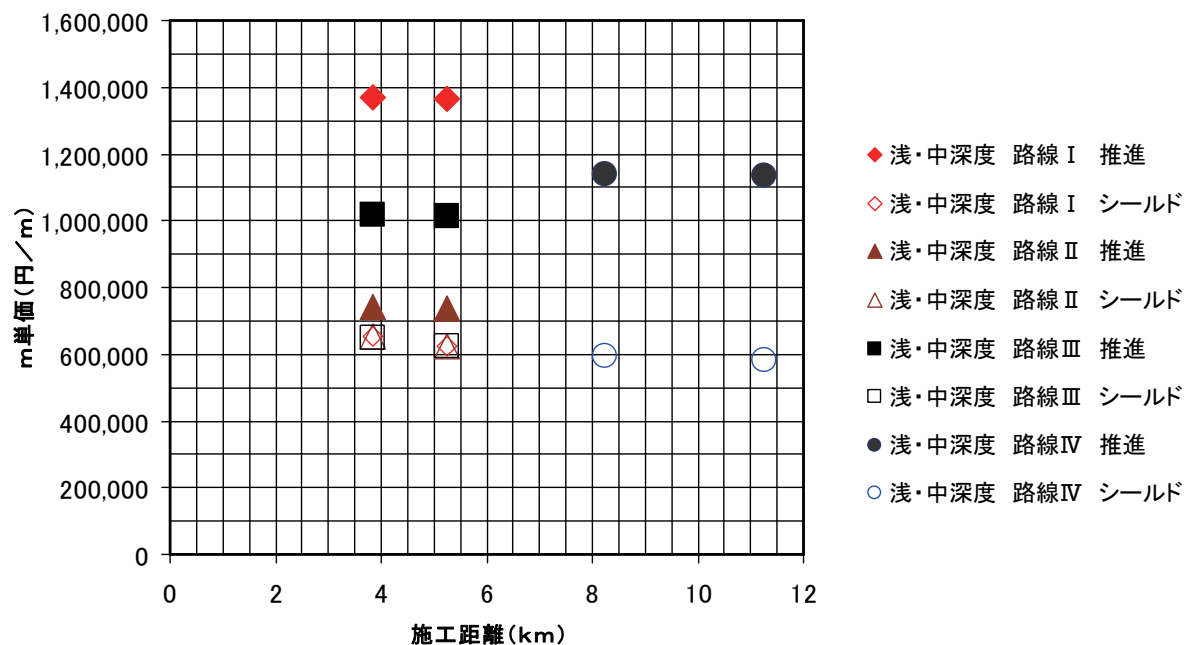


図 3.4.2-2 浅・中深度における単価と施工距離

- ・ いずれの検討ケースも、円形シールド工法による構築の方が廉価となった。その理由として、今回の検討ケースはいずれも比較的長距離であることが挙げられる。距離が長くなればなるほど、円形シールドと矩形推進の概算工事費の差が広がる傾向にある。
- ・ 距離が長くなれば、円形シールドおよび矩形推進とも単価は下がる傾向にある。しかし、円形シールドではその傾向が顕著であるが、矩形推進はわずかである。
- ・ 矩形推進工法において、軟弱地盤（東京東部）の概算工事費が硬質地盤（東京西部）のそれより廉価となる（収容構造物が同じ路線ⅠとⅣの比較）。その理由として、硬質地盤の方は必要とする推力が大きく、1 スパン 500m において中押し 1 段の施工を必要とし、施工効率が低下するためである。
- ・ 一方、円形シールドは、今回の検討においては硬質地盤、軟弱地盤の差があまりでなかった。

3.4.3 大深度への適用

1) 検討概要

大深度への適用として、表 3.4.1-2 に示す路線Ⅰ、Ⅲ、Ⅳの B-1～B-3 までの 3 ケースに対して、それぞれ管路と洞道を構築する際の概算建設工事費を計 6 ケース算出した。

設置深度は、大深度法の適用を考慮して、土被り 50m とした。

その他の管路および洞道を構築する際の概算建設工事費算定の前提条件は、前款の浅・中深度の適用と同じである。

2) 検討結果

検討結果を表 3.4.3-1 および図 3.4.3-1～3 にまとめた。

表 3.4.3-1 大深度における検討結果一覧

検討ケース			土被り	建設ルート	収容構造物 形状	概算直接工事費（ ）は m 単価	
東京 区 部 西 部	路 線 Ⅰ	(B-1)-K	大深度 土被り 50m 硬質地盤	変電所間 直線ルート (L=3.5km)	□1060×2 本	9,116 百万円	(2,605 千円／m)
		(B-1)-D			φ 2100×1 本	2,638 百万円	(754 千円／m)
東京 区 部 東 部	路 線 Ⅲ	(B-2)-K			□880×2 本	8,456 百万円	(2,416 千円／m)
		(B-2)-D			φ 2100×1 本	2,638 百万円	(754 千円／m)
	路 線 Ⅳ	(B-3)-K		変電所間 直線ルート (L=7.5km)	□1060×2 本	19,317 百万円	(2,576 千円／m)
		(B-3)-D			φ 2100×1 本	4,829 百万円	(644 千円／m)

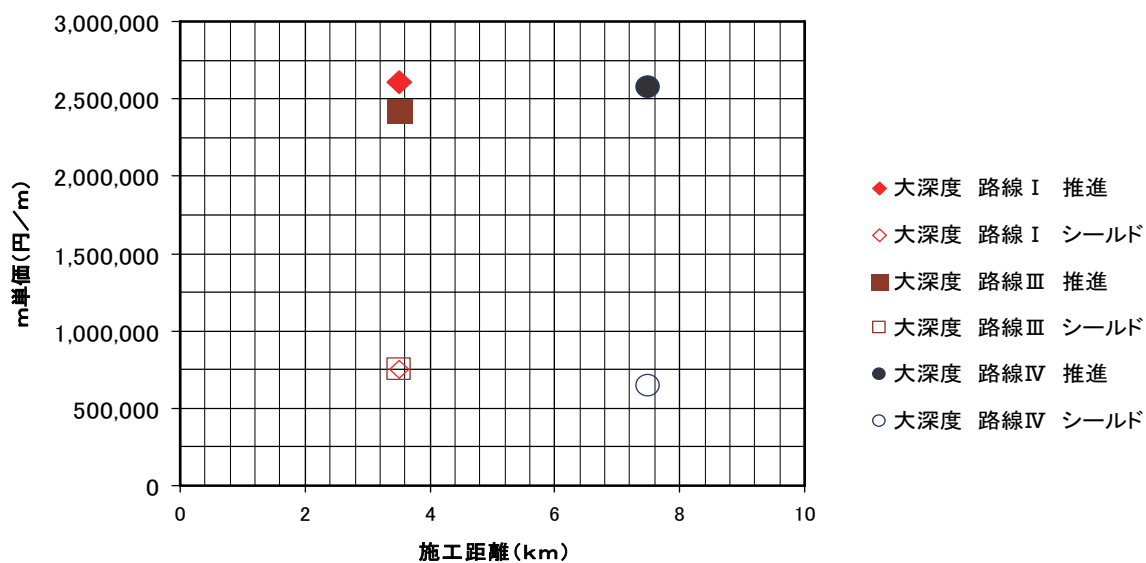


図 3.4.3-1 大深度における単価と施工距離

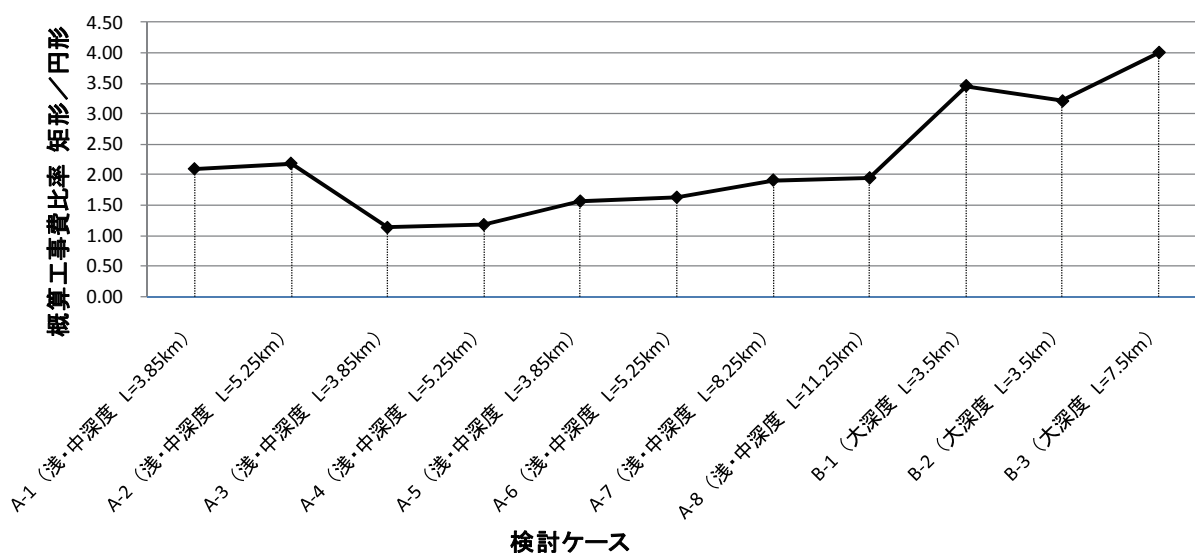


図 3.4.3-2 矩形推進と円形シールドの概算工事費比較

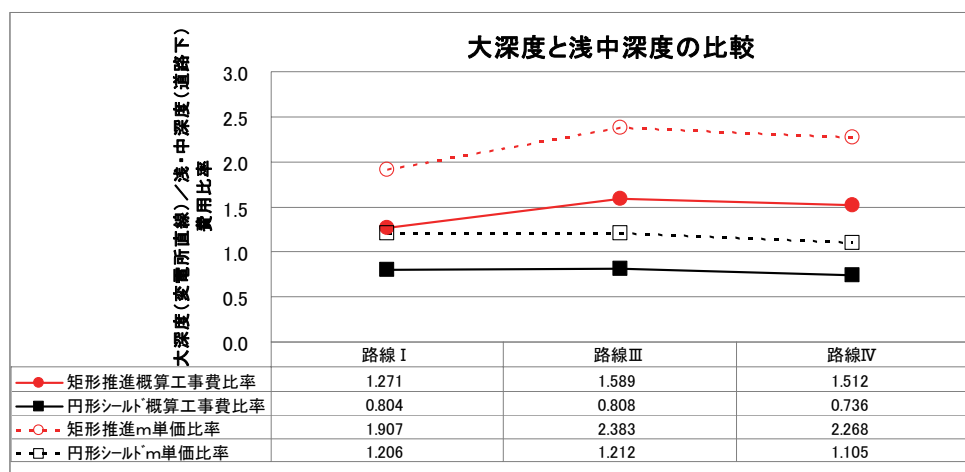


図 3.4.3-3 大深度と浅中深度の概算工事費比較

- ・ いずれの検討ケースも、円形シールド工法による構築の方が廉価となり、浅・中深度の検討ケースと比べて、その差がさらに広がる結果となった。その大きな理由として、大深度の大きな外荷重下においては、矩形形状の場合曲げモーメントが卓越し、覆工厚が厚くなる（ $\square 1,060$ 頂版底版厚：浅中深度 250mm→大深度 450mm）のに対し、円形形状はそれほど厚くならないためである。（ $\phi 2100$ 覆工厚：浅中深度 125mm→大深度 125mm）
- ・ さらに、矩形推進の場合 500m 毎に立坑を配置するが、大深度立坑となるため立坑費が高価で単価に与える影響が大きい。
- ・ 距離が長くなれば、円形シールドおよび矩形推進とも単価は下がる傾向にある。しかし、円形シールドではその傾向が顕著であるが、矩形推進はわずかであることは、浅・中深度での検討と変わらない。
- ・ 大深度と浅中深度（道路下建設）の概算工事費を比較すると、矩形推進の場合は、浅・中深度が、円形シールドの場合は、大深度が廉価となる結果となった。

3.4.4 施工距離による概算工事費比較

今回の検討では、全てのケースにおいて円形シールド工法による構築が矩形推進工法による構築より廉価となる結果が得られた。矩形推進工法は、土被りが比較的浅く、かつ短距離の場合に優位となると前述したが、円形シールド工法より概算工事費で廉価となる施工距離の算定を、以下の条件により試みた。

矩形推進工法の概算工事費算出にあたっては、発進および到達立坑と発進坑口や発進架台などの仮設備費を施工距離に影響を受けない初期コストとし、その他の工費は距離に比例するものとして、また 500m 毎に立坑費を加算して概算工事費を算出した。

一方、円形シールド工法の初期コストとして、シールドマシン費、仮設備費、発進および到達立坑費として、その他の工費は距離に比例するものとして概算工事費を算出した。

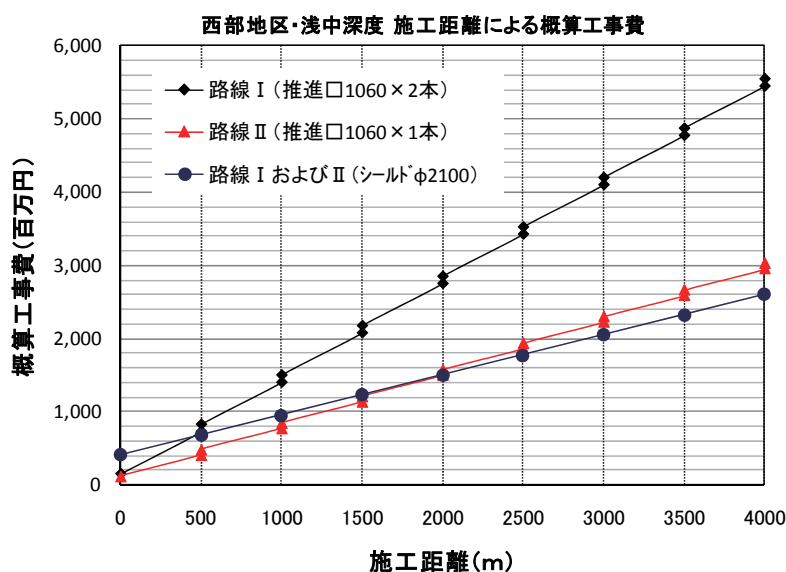


図 3.4.4-1 路線ⅠおよびⅡ（東京西部 浅中深度）
における施工距離による概算工事費

- ・ 図 3-4-4-1 が示すように、浅・中深度において、矩形推進工法による構築の方が廉価となる施工距離は、路線Ⅰでは概ね 500m 以下、路線Ⅱでは概ね 2,000m 以下となる。

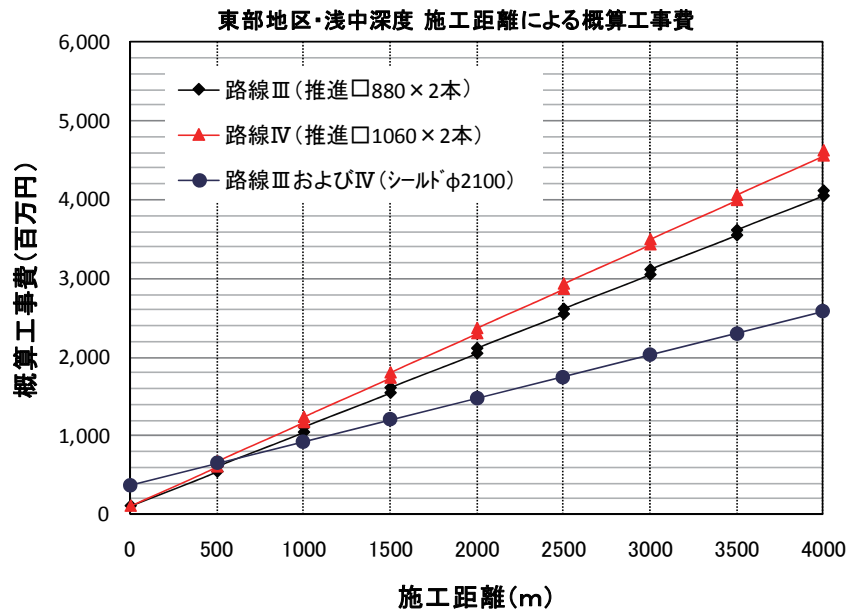


図 3.4.4-2 路線ⅢおよびⅣ（東京東部 浅中深度）
における施工距離による概算工事費

- ・ 図 3-4-4-2 が示すように浅・中深度において、矩形推進工法による構築の方が廉価となる施工距離は、路線Ⅲでは概ね 500m 以下、路線Ⅳにおいても概ね 500m 以下となる。

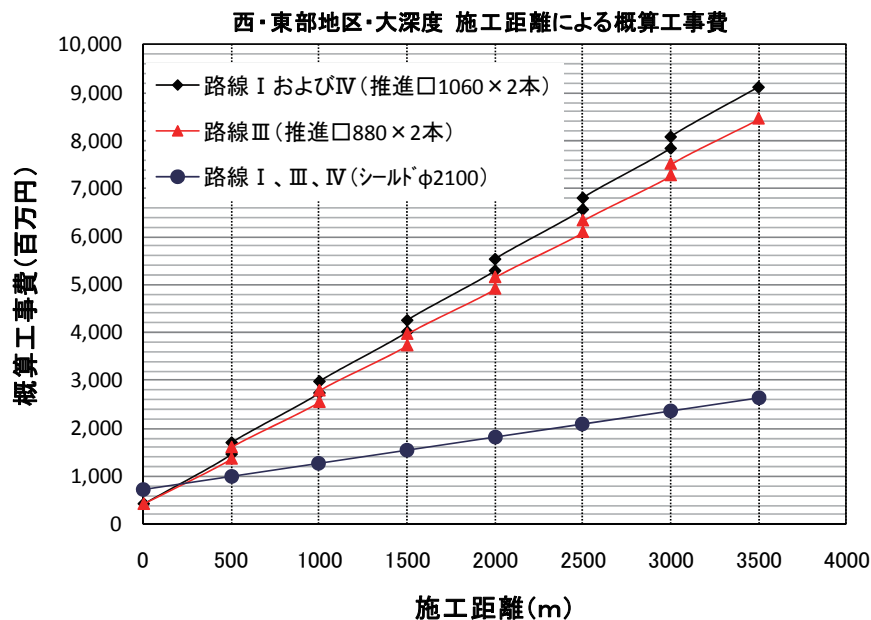


図 3.4.4-3 路線Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ（大深度）
における施工距離による概算工事費

- ・ 図 3.4.4-3 が示すように、大深度において、矩形推進工法による構築の方が廉価となる施工距離は、路線Ⅰ、Ⅲ、Ⅳでは概ね 200m 以下となる。

3.4.5 分岐・接合への対応

1) 検討概要

「2.2 首都圏広域架空送電線状況の調査」において、架空線の分岐（写真 3.4.5-1）が複数箇所確認されている。高圧送電線の分岐・接合のためには、そのための空間が必要（図 3.4.5-1）とされており、架空線の地中化に際しての課題と認識される。

基本的には、シールド工法や推進工法における発進、中間、到達立坑を分岐・接合部として利用することが理想であるが、分岐・接合位置に地上の状況などにより立坑が構築できない場合などもあり、洞道においては地中において拡幅、分岐を可能とする技術も開発、実用化されている。技術の一例として、「洞道自体を拡幅する技術」、「洞道から分岐する技術」、「地上から構築する技術」の3つに分類してまとめた。実工事においては、合理的な立坑配置やこれらの掲載した技術やその他の技術を施工条件に合わせて選択することで、地中線の分岐、接合部への対応は可能と考えられる。



写真 3.4.5-1 現地踏査で確認された
地中へ分岐する送電線

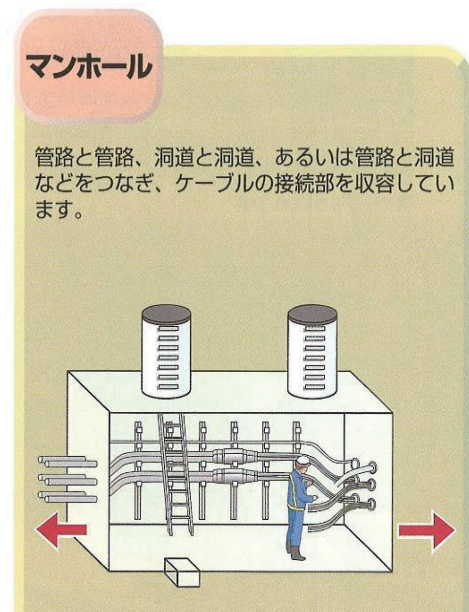


図 3.4.5-1 地中線接合部イメージ

出典：東京電力㈱パンフレット「地中送電設備」より抜粋

2) 洞道自体を拡幅する技術

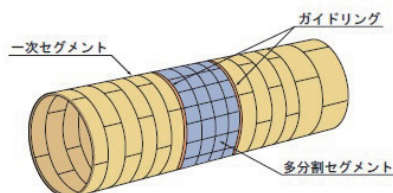
洞道トンネルは、送電線配置に対して必要最小限の断面でしか構築されないのが普通であり、分岐・接合を行うにはさらに大きな断面が必要となる。それゆえ、洞道の一部を拡幅することにより、接合に必要な空間を確保する必要がある。洞道自体を拡幅する技術の一例として、電力洞道や共同溝、下水幹線などで実績を有する「拡大シールド工法」があり、概要を以下に示す。

拡大シールド工法は、シールドトンネルの任意の位置から円周シールドを発進させ、トンネル軸方向に外周地山の掘削と覆工を行うことにより、シールドトンネルを拡大する施工法であり、任意の延長を拡大でき、非開削であるため地上部の環境に影響を与えない。図 3.4.5-2 に施工手順や接続部構築後のイメージを示す。

施工順序

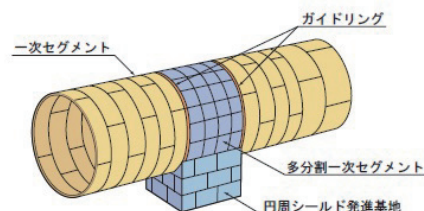
1. 一次シールド掘進

拡大予定部に円周シールド用ガイドリングや特殊セグメントを組み立てておきます。
地盤条件によっては地盤改良を行います。



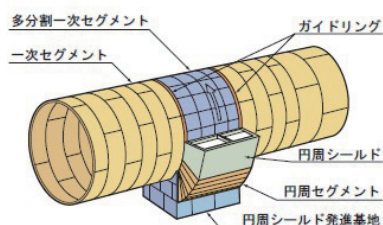
2. 円周シールド発進基地築造

インバートセグメントを取り外し、山留めを施工後に掘削して一次トンネルの下部に円周シールドの発進基地を築造します。



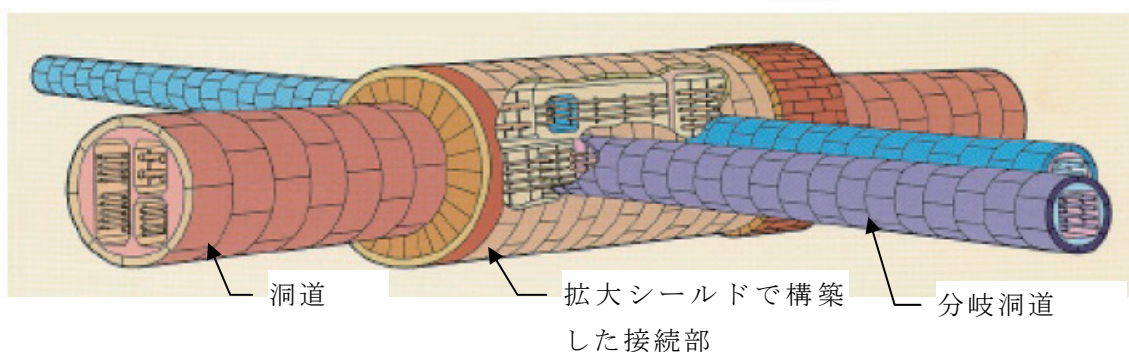
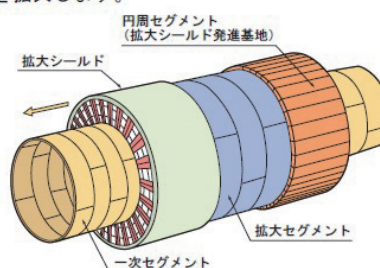
3. 円周シールド施工

発進基地内で円周シールドをガイドリングにセットし、掘進と円周セグメント組立を繰り返して拡大シールドの発進基地を築造します。



4. 拡大シールド組立・掘進

円周シールドによる発進基地内で拡大シールドを組み立てて発進させ、掘進と一次覆工を繰り返して所定の区間を拡大します。



接続部構築後の分岐部のイメージ

図 3.4.5-2 拡大シールド工法の施工手順と構築後のイメージ

出典：「拡大シールド工法」パンフレットより抜粋

3) 洞道から分岐する技術

洞道トンネルから発進し、分岐のトンネル（洞道）を構築する工法は、様々な工法が開発され実用化されている。親シールド機内に内蔵された分岐シールド機がシールド機内から発進構築する工法や、分岐のシールド機を立坑から分割運搬して、セグメント内から発進構築する工法などがあるが、ここではセグメント内から発進する「上向きシールド工法」および「多分岐シールド工法」の概要について以下に紹介する。

「上向きシールド工法」は、既設のシールドトンネル坑内などから地上に向け上向き

にシールド機を発進させ立坑などを構築する技術である（図 3.4.5-3 参照）。ビル街、繁華街、鉄道線路敷内、道路部など工事用地の長期占用が困難な場所、あるいは山頂や海洋部など工事車両のアクセスが困難で工事用地の確保ができない場所など、地上から立坑を構築困難な場所でも、地下から地上に向けてスムーズに立坑を構築することができる。上向きシールド工法の適用範囲は、図 3.4.5-4 に示すように上向きシールド掘削機径が本線シールドトンネル内径の 60% 程度以下であることを原則としている。

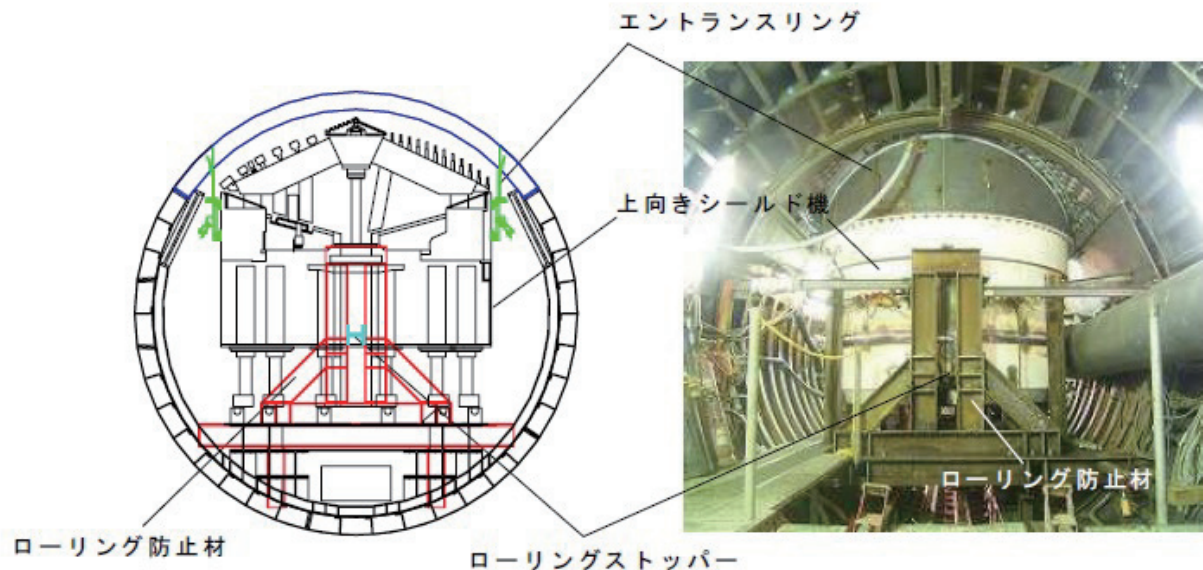


図 3.4.5-3 上向きシールド工法概要

出典；上向きシールド工法技術資料より抜粋

「多分岐シールド工法」は、一本の本線シールド坑内から、本線シールド内径の概ね 60～70% までの径の分岐シールドが発進構築でき、複数の分岐シールドトンネルを構築できる他、本線シールドのテールを利用することにより、分岐シールドの発進を地盤改良等の低減など合理化していることに特徴を有する。図 3.4.5-5 に多分岐シールド工法施工手順を示す。上向きシールド工法など他の類似技術では、それぞれ分岐シールドの発進方法に関して、地盤改良のみで対応する方法や切削可能なセグメントを配する方法などに特徴があるが、概ねマシンを搬入して発進するなど、多分岐シールドと大きな違いはない。

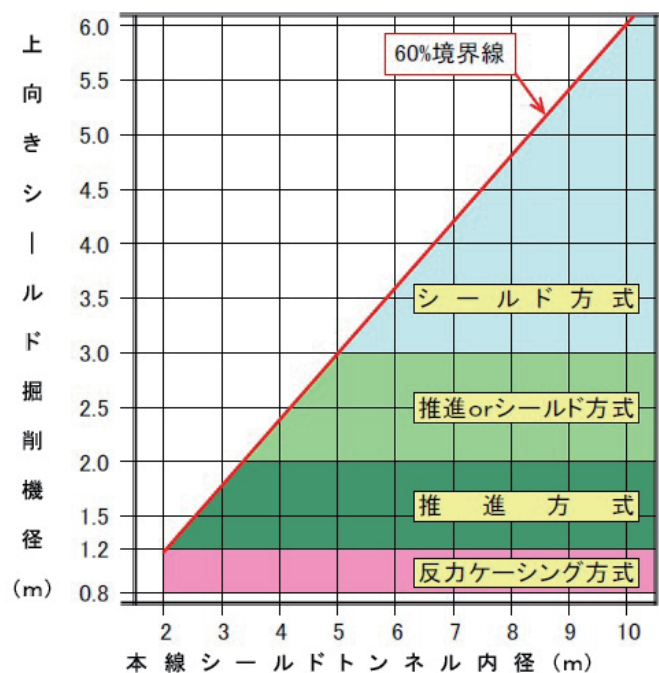


図 3.4.5-4 上向きシールド工法の適用範囲

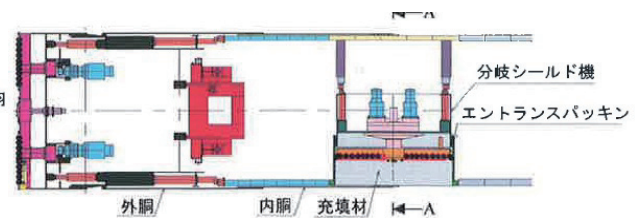
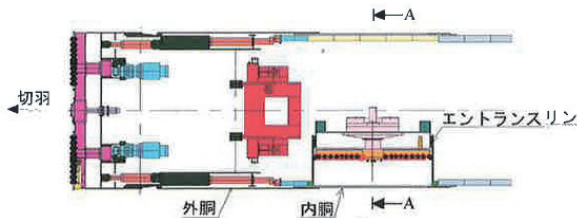
出典：上向きシールド工法技術資料より抜粋

1. 前胴搬入・組立

- ・ 分岐位置で開口セグメントを組立てながら本線シールドの内胴を伸長、
- ・ エントランスリング取付け
- ・ 前胴搬入・組立て、エントランス内前進

2. 本線シールド機前進・分岐部開口

- ・ 内胴-1 を搬入・組立、前胴に接合
- ・ エントランスパッキン作動
- ・ 反力受け設置
- ・ 充填材チャンバー内充填
- ・ 本線シールド機前進・分岐部開口



3. 分岐シールド発進

- ・ 中胴-2 を搬入・組立、中胴-1 に接合
- ・ 分岐シールド発進
- ・ 後胴を搬入・組立、中胴-2 に接合
- ・ エレクター搬入・組立
- ・ 分岐シールド初期掘進

4. 本線シールド再発進

- ・ 本線シールドの内胴を収縮・収納
- ・ 分岐作業完了
- ・ 本線シールド再発進
- ・ 分岐シールド掘進

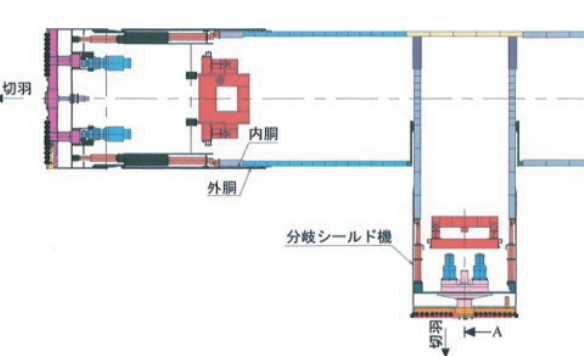
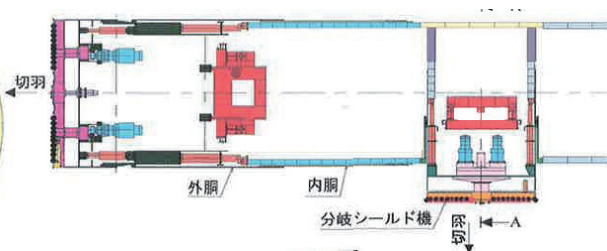


図 3.4.5-5 施工手順概要

出典：「多分岐シールド」パンフレットより抜粋

4) 地上から構築する方法

発進、到達、中間立坑等は分岐・接続部として活用できるが、地上から立坑を構築し、既設洞道と接合することで、分岐・接続部とすることができる。

立坑の構築には、仮設土留めと土留め支保工により構築する方法や、鋼製のケーシングを圧入する方法、コンクリートのプレキャスト部材を圧入する方法などがある。

(1) 仮設土留めと土留め支保工による方法

仮設土留めと土留め支保工による方法は、鋼矢板やソイルセメント壁を打設後、掘削・土留め支保工を繰り返し所定の深度まで施工後、既設洞道と接合し分岐・接続部を構築する方法である。施工に際しては比較的大きな施工ヤードを必要とするが、比較的大深度への対応や自由な形状の立坑の構築が可能で、分岐・接合部形状への対応性はよい。

(2) 鋼製ケーシングの圧入による方法

円形の鋼製ケーシングを揺動または回転しながら掘削・圧入し、所定深度まで施工後、既設洞道と接合し分岐・接続部を構築する方法である。形状が円形であることやケーシング径が 5m 程度、構築可能深度が 15m 程度までと限定されるが、比較的小さな施工ヤードで施工することができる。(写真 3.4.5-2 参照)

(3) プレキャスト部材の圧入する方法

円形のプレキャスト部材の内部を掘削しながら、グラウンドアンカーを緊張することにより所定深度まで圧入し、既設洞道と接合し分岐・接続部を構築する方法である。形状は円形であることに限定されるが、深さ 50m 以上の実績や外径 8,600mm の実績も豊富で、比較的大深度、大口径への対応も可能であり、比較的置小さな施工ヤードで施工することができる。(写真 3.4.5-3 参照)



写真 3.4.5-2 鋼製ケーシングの
圧入による方法の施工イメージ
出典：ART 工法協会 HP より転載



写真 3.4.5-3 プレキャスト部材を圧入
する方法の施工状況
出典：PC ウェル工法研究会 HP

3.4.6 まとめ

本節の検討結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 架空送電線を地中化するにあたり、管路および洞道を建設する工法を整理し、これらの工法から非開削工法であり、デッドスペースがなく最小断面での構築が可能な矩形推進工法と長距離や大深度での実績が豊富な円形シールド工法とを抽出し、現架空送電線の地中化を検討した。
- ・ 管路および洞道の建設にあたり、矩形推進工法および円形シールド工法を用いる場合の得失をまとめた。
- ・ 矩形推進工法による構築は、通常一般的に使用されている $\phi 150\text{mm}$ の 9 孔管路 ($880\text{mm}\times 880\text{mm}$) と $\phi 200\text{mm}$ の 9 孔管路 ($1,060\text{mm}\times 1,060\text{mm}$) の 2 つの管路を対象とした。また、矩形推進工法による構築に際しては、500m 毎に中間立坑を設けることとした。その理由として、ケーブルをジョイントするマンホールを 500m 程度

毎に設置する必要があること、矩形推進工法において合理的に施工できる 1 スパンが 500m 程度であること、さらに現架空送電線の鉄塔ピッチが概ね 250m 程度であり、鉄塔位置に立坑を構築することが合理的であることによる。

- ・ 円形シールド工法による構築は、 $\phi 2100\text{mm}$ の洞道を対象とした。なお、シールド工法による構築においては、かなりの長距離施工の実績を有することから中間立坑は設けないものとした。
- ・ 現架空送電線から地中化の効果が大きいと思われる 4 路線（東京区部西部 2 路線、東京区部東部 2 路線）に対して、矩形推進工法および円形シールド工法による浅・中深度での建設と大深度での建設の概算工事費を試算した。
- ・ 浅・中深度では、現架空送電線の直下を地下化する建設ルート、および道路下に建設する 2 つの建設ルートを検討した。この場合、それぞれの建設距離は、現状に合わせて、現架空送電線の直下建設ルートでは、変電所直線距離の 1.1 倍、道路下の建設においては変電所直線距離の 1.5 倍とした。
- ・ 大深度では、変電所間を直線で結ぶ建設ルートを検討した。
- ・ 概算工事費の試算の結果、今回の検討では、長距離施工を前提としたため、全てのケースで矩形推進より円形シールドでの構築が廉価となった。
- ・ 施工距離が長くなれば m 単価は下がる傾向にあるが、その傾向は円形シールド工法が顕著で、矩形推進工法では、ほとんど変わらない。
- ・ 浅・中深度において矩形推進工法では、東京区部東部の方が東京区部西部より廉価となる。主な要因として、1 スパン 500m に対して、東京区部西部では中押し 1 段の施工を必要とするため、施工効率が低下するためである。一方、円形シールドの場合はあまり差が生じなかった。
- ・ 大深度になれば、矩形推進の単価が大幅に上がるのに対して、円形シールドの単価はそれほど上がらない結果となった。矩形推進の大深度下における覆工費の増大と 500m 毎の大深度中間立坑費の増大等が主な理由としてあげられる。
- ・ 大深度で変電所間を直線ルートで構築する場合（施工距離 L_0 ）と浅・中深度で道路下を構築する場合（施工距離 $L_1 = 1.5 \times L_0$ ）の概算工事費を比較すると、矩形推進工法では道路下（浅・中深度）での構築、円形シールド工法では変電所間直線ルート（大深度）での構築が廉価であった。
- ・ 短距離施工の場合は、矩形推進による構築が円形シールド工法より廉価となることが試算によりわかった。
- ・ 架空送電線の地中化の際には、地中における分岐に対応する必要があるため、それらに対応できる技術を調査した結果、現有の技術により対応できるものと考えられる。

今後の課題として、

- ・ 今回の検討では、地中化に際しての概算工事費を試算したが、架空送電線の建設費と比べて高価であるのが現状である。架空送電線の地中化を促進する意味でも、建設費をコストダウンすることが重要となる。
- ・ 分岐拡幅部を構築する場合、中間立坑や地上から構築する方法が廉価であると考えられるが、地上用地の確保や周辺環境に与える影響を考慮すると、非開削により分岐拡

幅部を形成することを求められる場合も少なくない。この場合、地上からの構築に比べ非開削による構築は、工事費が割高になる傾向にあり、コストダウンを図れる技術開発が望まれる。

- ・ 架空送電線の地中化に伴い、地上の環境や土地の有効利用の面から、変電所も地中化することが合理的であると思われる。非常に大きな空間を要する変電所を、周辺環境に与える影響を最小限に抑制でき、かつ廉価に建設できる技術が望まれる。
- ・ 過密化した都市部の施工となるため、立坑等の用地も狭隘なヤードとなることが少なくない。このような狭隘ヤードに対応でき、周辺環境に与える影響を最小限に抑制できる工法が必要となる。
- ・ 地中化事業を速効なものとするためにも、早く建設を行い早く供用できることが必要不可欠である。建設着手から十数年も要するのであれば、地中化の促進意欲にブレーキがかかることは、容易に想像できる。早く建設できる工法はもとより、事業全体が早く供用できるための合理的な事業計画、全体計画を立案することが重要である。

[3.4 参考文献]

- 1) 「地中送電設備」パンフレット、東京電力㈱、2009.06
- 2) 「ボックスカルバート推進工法」パンフレット、ボックスカルバート推進工法研究会、2008.6
- 3) 「ボックスカルバート推進工法 設計指針(案) 積算要領(案)」、ボックスカルバート推進工法研究会、平成 19 年
- 4) 「2006 年制定 トンネル標準示方書示方書 シールド工法・同解説」、土木学会、平成 18 年 7 月
- 5) 「拡大シールド工法」パンフレット、シールド工法技術協会、平成 19 年 6 月
- 6) 「上向きシールド工法」技術資料、上向きシールド工法研究会、平成 19 年
- 7) 「多分岐シールド工法」パンフレット
- 8) 「ART 工法協会 HP」、<http://www011.upp.so-net.ne.jp/art/>
- 9) 「PC ウェル工法研究会 HP」、<http://www.pc-well.gr.jp/>
- 10) 「シールド工法技術協会 HP」、<http://www.shield-method.gr.jp/>

第4章 まとめと今後の検討課題

4.1 調査のまとめ

4.1.1 送電施設の現況

電力需要の現況、送電施設の整備状況等を調査し、以下の事項を確認した。

- ・ 電力需要は、今後10年間で約11%の増加（平均年1.1%）が見込まれており、今後も源設備や送電設備の拡充が求められている。
- ・ 1960年代後半からの需要増大に対応し、増強した送電設備郡には更新の時期を迎えているものもあり、送電網の周辺環境の変化を考慮した整備計画の立案が重要である。
- ・ 表記の整備にあたっては、都市開発、土地の有効利用、生活ニーズの多様化等の状況を勘案し進めることが重要である。
- ・ 送電線の地中化率は、全国で約12%、配電線では同5.4%と低い状況を考えると、今後の整備に対する地下の利用の意義は高いものと考えられる。
- ・ 架空送電線は自然現象の脅威を直接的に受けやすいことから、被害の発生を極力抑えるためにも、送電線の地下化は有効な手段と考える。
- ・ 地震等の被害に対し架空線は早期復旧が可能であることから、今後の都市づくりでは施設の安全性のみならず、復旧対応も念頭に置きながら架空・地中送電線それぞれの適用性を考慮に入れた整備を進めていく必要がある。

4.1.2 架空送電線の状況

東京都を中心とする広域架空送電網、および東京区部の架空送電網の整備状況の確認を行うとともに、住宅等の密集地と想定され地区について現地調査を行い以下の事項を確認した。

- ・ 東京区部の地中線化の整備は、進んでおり、区部中心部の架空線はほとんど確認できない。
- ・ 東京区部西部（杉並区、世田谷区等）には輻輳した架空線の存在が確認される。
- ・ 東京区部東部（足立区、葛飾区、江戸川区）には輻輳した架空線の存在が確認される。
- ・ 西部地区は、古くからの低層住宅の密集地であり、宅地内、住宅近傍を通過する架空送電も確認される。
- ・ 東部地区は、駅周辺に商業施設、集合住宅が存在し、また低層住宅地区も広く存在している。この地区において架空送電は、中高層建物群の近傍、宅地内や住宅等に近接したものが確認される。
- ・ 表記より東京区部、西部及び東部地区は、架空線の地中化検討のためのモデル地区として考えることができる。

4.1.3 都市状況

架空線の地中化は、都市環境の整備の側面も有することから、現況の都市政策及び、前項で確認した、東京区部、西部・東部の都市状況、都市計画の確認を行い、以下の事項を確認した。

- ・ 少子高齢化の社会状況を受け、効率的な都市住環境を持つ集約型都市の形成が求められている。

- ・ 少子高齢化の社会状況の中でも東京都の人口は区部を中心に増加傾向にあり、さらなる都市環境の向上が求められていると考えられる。
- ・ 東京区部、西部及び東部地区は、現況での都市計画（用途地区指定）、都市整備長期計画において、優れた住環境を持つ地域としての都市整備を進めている。
- ・ 地中線化の推進は、都市計画施策（都市環境整備）との整合性を持って進めることができる。

4.1.4 地下インフラ状況・地盤状況

地中線化事業の推進において考慮されるべき、都市地下インフラの状況、地盤状況について調査し以下を確認した。

＜地下インフラの状況＞

- ・ 直轄国道下においては、約 70%の共同溝整備が完了している。
- ・ 主要地方道下等においては、企業による地下洞道の整備が進められているが、その整備状況は、公表されていない。
- ・ 都下、下水道については、詳細な整備 DB が公開されている。
- ・ 鉄道については、主要駅部を中心に都市高速鉄道（地下鉄）以外の地下が進んでおり、過密とともに、大深度化が進んでいる。
- ・ 地中化事業の推進は、輻輳する都市地下空間を勘案し、地下インフラ事業者のとの協議・調整のもとに行うことが必要である。

＜地盤状況＞

- ・ 東京区部西部地区は、武蔵野台地の東端部に位置し、山の手台地も呼称されている。
- ・ 山の手台地は、比較的狭小な開析谷底が密度濃く樹枝状に存在している。
- ・ 台地全体を関東ローム層が層厚 2～10mで覆っているが、台地を開析している中小河川沿いには黒色腐植土の分布が堆積している。
- ・ 台地は洪積層であるため、大規模基礎をのぞいて支持力的には問題はないが、樹枝状の開析谷が発達しているため、支持基盤の状況が変化する可能性があり、開析谷の分布状況などの把握が大切となる。
- ・ ローム層での深い掘削やシールド工事では地下水の処理が問題となることもある。
- ・ 東京区部東部は、荒川、中川の両低地は大宮台地南東で合流し、東京の下町一体を含む東京低地となる。
- ・ 東京低地は、山の手台地東縁より千葉県側の下総台地西縁にいたる広い領域を占める。
- ・ 低地のほぼ中央部は、大規模な埋没谷が存在し、上部より表土、有楽町層、その下部には七号地層と呼ばれる埋没谷が続く。
- ・ 有楽町層は東京低地全域にも広く分布する。
- ・ 全ての建設工事において、支持力や沈下、砂地盤の液状化など多くの問題を持つ。
- ・ シールド工事などの地下掘削工事においては、地表面の変形・沈下、下部有楽町層と足立砂礫層の間のメタンがガスの湧出、酸欠などの特有な問題を有する。

4.1.5 地中線化の検討

以下の検討条件を設定し、地中線化の試検討を行った。

なお、検討の条件の設定は、前 4.1.1～4.1.4 に示した検討結果、および一般的な変電所間距離、送電仕様を勘案し設定している。（下表）

地中化検討ケース	送電仕様	経路仕様
東京区部西部 (浅中深度適用)	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L= 3.85km
	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L= 5.25km
	154kV×2 回線×2000A×1 系統	L= 3.85km
	154kV×2 回線×2000A×1 系統	L= 5.25km
東京区部東部 (浅中深度適用)	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L= 3.85km
	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L= 5.25km
	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L= 8.25km
	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L=11.25km
東京区部西部 (大深度適用)	154kV×2 回線×2000A×2 系統	L= 3.5km
東京区部東部 (大深度適用)	66kV×2 回線×1700A×2 系統	L= 3.5km
	154kV×2 回線×3100A×1 系統	L= 7.5km
・ 3.85km、8.25km のケースは、変電所間を結ぶ一般的な架空線送電経路を想定し民地下を含む浅中深度の地下（土被り 15m）の利用を想定している。 ・ 5.25km、11.25km のケースは、全線を道路下占用する経路を想定している。 ・ 3.5km、7.5km は、大深度法を適用した深度（土被り 50m）で変電所間を直結する経路を想定している。		

地中線の形式については、表記、送電仕様に沿い、「管路形式」、「洞道形式」について構造諸元を定め検討した。また、その施工法については、「矩形推進工法」、「円形シールド工法」の適用について建設コストを比較検討し、いずれのケースにおいても、円形シールド工法が有利であるとの結論を得た。

併せて、地中化に伴う送電設備の条件、送電経路の分岐合流部施工法についても、技術調査を行いまとめている。なお、今後の検討課題としては、以下を挙げている。

- ・ 用地費用を勘案した地中線の適用性検討
- ・ 積算精度を上げるためのより詳細な施工検討

4.1.6 超電導技術の適用

先端的送電技術である、超電導送電技術の概要を調査するとともに、地中線化への適用性について検討を行い、以下を確認した。

- ・ 超電導ケーブルは、大容量の電力をコンパクトな形状で、低損失に送電することができるため、将来の大容量送電ケーブルとして、日米を中心に開発競争が行われており、実系統に接続した実証試験が実施されている段階である。
- ・ 本検討においても、従来ケーブルに比べて、地下に必要なスペースを大幅に減じることができることを確認した。

- ・ なお、実際の系統に接続するためには、従来機器と超電導ケーブルとの接続が必要になり、その場所に応じた接続機器（端末など）が必要になる。
- ・ 超電導ケーブルを冷却するために冷却システムが必要であり、3～5km 毎に設置する必要がある、そのためのスペースを確保する必要がある。
- ・ 超電導ケーブルの実用化に、冷却システムを含めた長期信頼性・安定性の実証、経済的メリットの確保（コストの低減）が必要になる。2016 年頃からの実用化を目指し、電力会社、関係メーカーにて開発が進められている。

4.2 今後の検討課題

4.2.1 送電施設の地下化の推進

架空送電線の地下化によるメリットは以下のように考えられる。

- ・ 自然災害からの被害低減

台風、都市部の局地的暴風等による風水害、地震による被災の自然災害による影響を抑止することができる。

なお、災害の影響としては、直接的な送電施設被災のほか、近傍建物の倒壊からの被災、周辺被災に伴う復旧資機材の搬送障害などもその影響要素と考えられる

- ・ 人為的な被災の抑止

近傍火災、高所作業事故（クレーン等の操作ミス）、テロ等の人為的な要素による被害を抑止できると考えられる。

- ・ 維持管理性の向上

高所作業の低減による作業安全性の向上のほか、洞道タイプについては、作業時の騒音抑止、任意の時間帯での柔軟な維持管理の実施等の効果が期待できると考えられる。

一方、地中化については、以下のような課題が存在すると考えられる。

- ・ 建設費用

地中線の建設は、架空線建設に比較し、高い建設費を要することから、電力事業者に大きな経済的負担を求めることとなる。

- ・ 土地権限

地中線化にあたっては、既存架空線に設定されている空中権（地役権、地上権等）の清算処理を行うとともに、地下利用の為の新たな土地権原（区分地上権、地役権、大深度利用、道路占用など）を行う必要がある。

- ・ 大規模災害への対処

想定を上回る地震等で被害が発生した場合、地中線の復旧は、架空線に比較して復旧に多くの時間を要することとなると考えられる。また、輻輳する地下空間利用環境のなかで、大規模水害時の浸水等の懸念も存在する。地中線化にあたっては、公共インフラとしての高い品質の設計・施工が求められると考えられる。

4.2.2 都市環境整備の推進

架空送電線の地下化は、前節に記した電力施設整備としての直接的メリットのほか、都市環境整備の観点から以下のような効果を有すると考えられる。

- ・ 景観の向上

上空占用を廃することにより地域の都市景観の向上が期待できる。

- ・ 都市上空の有効利用

過密した都市の中高層住宅地区、商業地区などにおいては、より自由な上空利用が可能となり、周辺環境の向上のための空地確保が容易となる（容積率の有効利用）。

- ・ 都市地下空間の有効利用

まだ利用されていない地下空間（低層住宅地下、道路、大深度など）の利用により都市地上部空間の利用の柔軟性が拡大する。

- ・ 都市計画の柔軟化

都市形成は、都市施設計画、用途地区指定、都市マスタープランなどにより、その長期的な方向性が定められている（都市計画法）。景観形成計画、地区計画設定などで上空占用の架空線を勘案せずに進めることができるようになる。

特に建築制限が存在する超高圧線下の利用や、鉄塔跡地の利用などにおける都市計画上のメリットは大きいものと考えられる。

一方、架空線地下化による都市整備には次のような課題が存在すると考えられる。

- ・ すでに過密した地下空間利用がなされている地域については、地下インフラの再配置、共同化、大深度の利用などのより大きな視点での計画立案の検討が必要となると考えられる。

- ・ 「都市形成上のメリット（付加価値）」と「地下化の建設コスト上昇」を比較、評価し検証し、その推進の社会的妥当性を確認するための定量的評価方法の検討が必要と考えられる。

4.2.3 先進送電技術の適用推進

本稿では、先進技術として、超電導送電について調査・検討を行っている。（3.3節）

超電導送電は、送電損失の低減とともに、それを格納する地下空間の縮小による建設コストの削減という大きなメリットを有している。

超電導送電技術は、現時点では実証実験レベルにあり、その施設費用（超電導線及び冷却システムなどその付帯設備）は高価なものになっている。今後、商業運用に向けての量産化技術、低コスト製造技術などの進展が期待される。※

また、配電系を含む送電システムについては、マイクログリッド、スマートグリッド等の新しい送電ネットワークについての研究も必要と考えられる。

※ 超電導送電技術は、国の先端技術開発のひとつとして、開発が積極的に進められている。

4.2.4 地下洞道建設技術の開発

経路、送電仕様、深度（土被り）、地盤、施工法をパラメータに複数の整備ケースについて検討している。今後の検討課題としては、以下が考えられる。

- ・ 今回の検討では、地中化に際しての概算工事費を試算したが、架空送電線の建設費と比べて高価であるのが現状である。架空送電線の地中化を促進する意味でも、建設費をコストダウンすることが重要となる。

- ・分岐・合流拡幅部を構築する場合、中間立坑や地上から構築する方法が廉価であると考えられるが、地上用地の確保や周辺環境に与える影響を考慮すると、非開削により分岐・合流拡幅部を形成することを求められる場合も少なくない。この場合、地上からの構築に比べ非開削による構築は、工事費が割高になる傾向にあり、コストダウンを図れる技術開発が望まれる。
- ・架空送電線の地中化に伴い、地上の環境や土地の有効利用の面から、変電所も地中化することが合理的であると思われる。非常に大きな空間を要する変電所を、周辺環境に与える影響を最小限に抑制でき、かつ廉価に建設できる技術が望まれる。
- ・過密化した都市部の施工となるため、立坑等の用地も狭隘なヤードとなることが少なくない。このような狭隘ヤードに対応でき、周辺環境に与える影響を最小限に抑制できる工法が必要となる。
- ・地中化事業を速効なものとするためにも、早く建設を行い早く供用できることが必要不可欠である。建設着手から十数年も要するのであれば、地中化の促進意欲にブレーキがかかることは、容易に想像できる。早く建設できる工法はもとより、事業全体が早く供用できるための合理的な事業計画、全体計画を立案することが重要である。

4.2.5 政策的誘導の可能性

これまで上下水道幹線、送電線、通信線等の公共性、公益性を持つ都市インフラの地下化は、道路区域内に建設されることを前提として整備が進められて来た。従って、これらの推進は、道路関連制度として関連つけられ法整備が進められてきている。例えば、「共同溝の整備等に関する特別措置法」では、「この法律は、共同溝の建設及び管理に関する特別の措置等を定め、特定の道路について、路面の掘削を伴う地下の占用の制限と相まって共同溝の整備を行うことにより、道路の構造の保全と円滑な道路交通の確保を図ることを目的とする。」とその目的を規定している。

また、「電線共同溝の整備等に関する特別措置法」においては、「この法律は、電線共同溝の建設及び管理に関する特別の措置等を定め、特定の道路について、電線共同溝の整備等を行うことにより、当該道路の構造の保全を図りつつ、安全かつ円滑な交通の確保と景観の整備を図ることを目的とする。」とその目的を規定している。

こうした施策を受け、共同溝、電線共同溝の建設推進には、整備推進区間の指定、建設・維持管理・道路占用費等についての補助、減免措置などの政策的誘導がなされている。

しかし、こうした都市インフラ地下化を民地下に建設しようとする場合については、具体的な政策的誘導は確認できていない。関係企業者は、大きな建設費用を必要とする地下化を自己費用負担により建設することとなる。

送電線等の地下化は電力供給に関わる事項のほか、広い意味で過密した都市環境の向上の大きく寄与するものであると考えられる。こうした観点から、都市整備政策面としての政策誘導（推進施策の具体化、整備費補助）が求められると考えられる。

＜参考＞ 共同溝の整備等に関する特別措置法（抜粋）

（国の負担又は補助）

第二十二條 指定区間内の一般国道に附属する共同溝の建設若しくは改築、維持、修繕、災害復旧その他の管理又は指定区間外の一般国道に附属する共同溝の建設若しくは改築で国土交通大臣が当該道路の新設若しくは改築に伴って行うものに要する費用（第二十条第一項又は前条の規定により当該共同溝の占用予定者又は当該共同溝を占用する者が負担すべき費用を除く。）は、指定区間内の一般国道に係るものにあつては国及び都道府県又は指定市が、その他のものにあつては国及び当該道路の道路管理者である地方公共団体がそれぞれその二分の一を負担する。

2 国は、前項の場合を除くほか、共同溝の建設又は改築に要する費用（第二十条第一項又は前条の規定により当該共同溝の占用予定者又は当該共同溝を占用する者が負担すべき費用を除く。）の二分の一以内を、予算の範囲内において、政令で定めるところにより、その費用を負担する地方公共団体に対して、補助することができる。

3 共同溝の建設又は改築に要する費用については、道路法第八十五条第三項の規定は、適用しない。

＜参考＞ 電線共同溝の整備等に関する特別措置法（抜粋）

（国の負担又は補助）

第二十二條 道路法第十三条第一項 に規定する指定区間（以下「指定区間」という。）内の一般国道に附属する電線共同溝の建設（第八条の規定による増設を含む。以下この条及び次条において同じ。）又は改築、維持、修繕、災害復旧その他の管理に要する費用（第七条第一項（第八条第三項において準用する場合を含む。）、第十三条第一項又は第十九条の規定により電線共同溝の占用予定者若しくは増設に係る電線共同溝の占用予定者又は電線共同溝を占用する者が負担すべき費用（以下この条において「建設負担金等」という。）を除く。）は、政令で定めるところにより、国及び都道府県又は同法第七条第三項 に規定する指定市（以下「指定市」という。）がそれぞれ二分の一を負担する。ただし、道の区域内の指定区間内の一般国道に係る国の負担割合については、政令で、二分の一を超える特別の負担割合を定めることができる。

2 国は、前項の場合を除き、電線共同溝の建設又は改築に要する費用（建設負担金等を除く。）の二分の一以内を、政令で定めるところにより、予算の範囲内において、その費用を負担する地方公共団体に対して補助することができる。

3 前二項の規定にかかわらず、電線共同溝の建設又は改築が道路（道路の附属物を除く。以下この項において同じ。）の新設又は改築に伴うものであり、かつ、次の各号のいずれかに該当する場合においては、前二項の規定による負担又は補助は、当該各号に定める負担又は補助とする。

一 当該道路が国道である場合 当該国道の新設又は改築に要する費用を負担する者によるその負担の割合（道の区域内の指定区間内の一般国道に係る国の負担割合については、第一項ただし書の政令で定める割合を下回るときは、当該政令で定める割合）に応じた負担

二 当該道路の新設又は改築が道路法 その他の法律の規定による国の補助の対象となる都道府県道又は市町村道である場合 当該都道府県道又は市町村道の新設又は改築に要する費用に関し補助することのできる割合以内での補助

4 電線共同溝の建設又は改築に要する費用については、道路法第八十五条第三項 の規定は、適用しない。

ヒアリング調査のまとめ

I 住友電気工業株式会社

II 関西電力株式会社

III 中部電力株式会社

I. 住友電気工業㈱ヒアリング

1. 日 時：平成 21 年 11 月 25 日（水） 14：20～17：00
2. 場 所：住友電工ファインポリマー株式会社内、住友電工超電導ケーブル実験場
3. 先 方：住友電気工業㈱ 超電導・エネルギー技術開発部 ケーブル技術G 滝川 裕史 主査
4. 内 容：「超電導ケーブルの実用化に向けて」

(1) 概 要

効率のよい送電設備の整備に関して、次世代送電技術として期待され研究開発が進められている『超電導』の現状と課題についてヒアリングを実施した。

(2) 説明内容

- ・ 1911 年に超電導現象が発見されて以来、1986 年に高温超電導物質が発見されたのを機に超電導への期待は一挙に高まった。
- ・ 従来ケーブルの送電ロス $I^2 \cdot R$ で表され、ロスは熱量として放出される。
- ・ 使用電力は電流×電圧で表されるが、超電導ケーブルでは、低電圧で大電流の送電を行うことが出来る。超電導は抵抗がゼロであるので損失が小さく送電効率を改善することが出来る。
- ・ 超電導ケーブルのメリットは、大電力・大容量、コンパクト、低送電損失、変電所省略等があるが、実用化には至っていない。その理由として、コスト、実績、信頼性の問題があげられ、これらを克服する研究が各国（米国、日本、韓国、中国、欧州）で進められている。
- ・ 現在開発している実証プロジェクト用の超電導ケーブルは、ビスマス系超電導材料が用いられている。ビスマス系線材は、銀シースで覆われている。2004 年頃開発した加圧焼結方式により臨界電流値など性能が向上し、長尺線材の品質向上に成功した。



住友電工パンフレットより転載

(3) ヒアリング結果

以下の内容を確認した。

- ・ 既存ケーブルのリプレイス等への対応について、ケーブルルート・変電所用地等の確保の問題や省エネ、環境への対応等が求められることは必至で、新しい送電システムの確立が求められることになると思う。
- ・ 超電導ケーブルの適用案としては、送電ケーブル、発電機引き出し線、変電所から市内への導入、変電所から低電圧市内導入等が考えられる。
- ・ 超電導の課題として冷却システムの確立が不可欠である。技術的には一般的な冷却システムと変わりはない。冷却設備は数 km に一か所は必要と考える。
- ・ 更なる長距離化への課題として、ジョイント部の開発、冷却能力の大容量化、数 km 冷却区間長の実証（リターン管）などが考えられる。
- ・ ケーブル出荷限界は、陸送では日本の交通規制の問題と巻きドラムの大きさから、ケーブルサイズにもよるが、約 500m が限度である。



講演風景



参加者全員

Ⅱ. 関西電力(株)ヒアリング

1. 日 時：平成 21 年 11 月 26 日（木） 10:00～11:30
2. 場 所：関西電力(株) 電力システム技術センター
3. 先 方：関西電力(株) 電力システム技術センター 地中送電G
西内課長、土居副長、林田課員
4. 内 容：「関西電力(株)の送電線地中化の現状と今後」
5. 受領資料：
 - ①技術で拓く、未来のエネルギー 関西電力株式会社 電力システム技術センター
 - ②三宮変電所 関西電力株式会社 神戸電力所

(1) 概 要

関西地区に置ける送電設備および送電線の地中化の現状と今後の計画等についてヒアリングした。

(2) 説明内容

電力システム技術センター 地中送電グループの土居副長より「技術で拓く、未来のエネルギー」にそって、当センターの事業内容についての説明があり、その後に意見交換（質疑応答）が行われた。

センターは、水力、変電、制御、架空送電、地中送電の電力施設 5 部門における設備の設計、運用保全を業務としており、それらの確実な実施のため技術開発も担当している。地中送電設備に関しては、地中送電グループが担当している。

地中送電線に関しては、大規模な開発事業に伴う地中送電線建設工事などがあるが、現在は老朽化した地中線(ケーブル)の取替え工事が主なものとなっている。

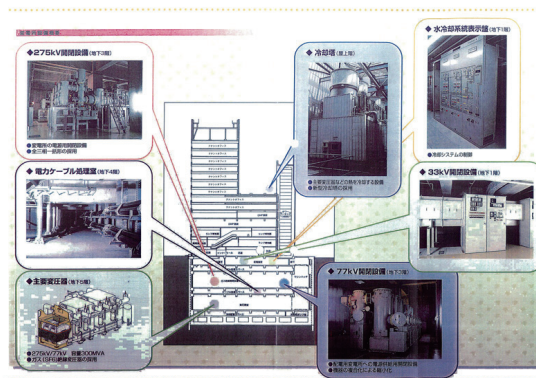
(3) ヒアリング結果

以下の内容を確認した。

- ・ 送電線の地中化が順調に推進するためには、例えば設備のコンパクト化や開削工法の合理化などによる建設コストの低減などが解決すべき課題としてあげられる。
- ・ 地中送電設備のコンパクト化の一つとして、例えば、超電導ケーブルの導入は、ケーブルコストは大きくなるもののシールド工事などの管路工事を含むトータルコストがかなり低減されれば魅力的な技術である。また、超電導ケーブルによる直流送電も考えられるが、わが国の主流である交流システムに直流システムを連系するのに大きな費用を伴う。ただ、大容量直流送電の例としては、すでに和歌山紀北変換所と四国阿南変換所間を結ぶ、紀伊水道直流連系海底送電線が完成、稼動している。
- ・ 今のところ、管路敷設は殆どが開削工法により実施している。しかし、埋設物が輻輳してい



関西電力へのヒアリング



パンフレット三宮変電所より 地下変電所概要

る市街地では開削による敷設が困難であり、仮に可能としても費用の増大は免れ得ない。このため、沈下も少なく工期も短い低廉なトンネル工法や、コントロールされたボーリングによる小口径管路の構築技術など、建設コスト削減につながる新たな工法の開発が必要となってくる。

- ・ 架空送電か地中送電かの選択は、メンテナンスが容易かどうか、コスト（補償費＋工事費＋維持費）ミニマムであるかどうかの両者の比較の上での判断となる。
- ・ 地中送電設備は都心部に多くあり、大阪市内ではＪＲ西日本大阪環状線内側の架空送電線はおおむね地中化されている。

1. 日 時：平成 22 年 1 月 22 日（水） 13：00～16：30

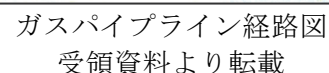
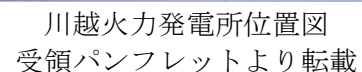
2. 場 所：中部電力株式会社 川越火力発電所

3. 先 方：中部電力(株) 川越火力発電所 奥野 嘉高 副所長
川越火力 LNG 建設所 杉戸 孝 土木工事課長

4. 内 容：「伊勢湾横断ガスパイプラインの建設について」他

電力施設関連の水底（海底）下トンネル工事の事例として、勢湾横断ガスパイプラインの建設についてヒアリングを実施した。併せて、CO₂排出の少ない LNG 火力発電所の概要についてもヒアリングを実施した。

- ・川越火力発電所は、超々臨海圧 2 段再加熱発電方式の 1,2 号系列（出力 70 万 kW 2 台、熱効率 46.3%）と、高効率コンバインドサイクル発電方式（出力 171 万 kW 2 系列、熱効率 53.9%）の発電施設である。
- ・1,2 号系列は、蒸気タービンによる発電としては、世界 1 の効率を誇っている。
- ・3.4 号系列は、その後のコンバインドサイクル発電方式の実用化に対応し、同方式を採用することとなった。
- ・コンバインドサイクル発電方式とは、ガスタービン発電とその排熱を利用した蒸気タービン発電を組み合わせた高熱効率の発電方式である。
- ・コンバインドサイクル発電方式は、休止状態から発電開始までに至る立ち上がり時間が短く、ピーク時電力供給に適用性の高い発電方式である。
- ・中部電力の電力供給に LNG 火力発電の占める割合は概 50% であり、これは他電力会社に比較して高いものとなっている。
- ・LNG 発電は石油・石炭火力等と比較した場合、CO₂ 排出が少ない環境に優しい発電方式である。
- ・発電所からの送電は、275 kV の架空線、及び地中線の 2 系列でおこなっている。
- ・伊勢湾横断ガスパイプラインは、伊勢湾対岸に位置する知多 LNG 共同基地と発電所を結ぶ海底トンネル（内径約 3m）として泥水シールド工法で建設中である。
- ・トンネル全延長は、13.3km であり、シールド工法（トンネルは、両岸から施工し、海底下で接合す



- ・同パイプラインは、近接する東邦ガス（株）四日市工場と知多 LNG 共同基地を連結する役割も担っており、事業は同社との共同事業となっている。
- ・トンネルの深度は、液状化層及び硬質岩層を避けたかたちで設定している。
- ・工場地帯でのトンネル工事であるが、発電所の工事であるため地元で工事内容等説明し工事を着工しているため、資機材の搬入、土砂搬出等に時間的な制約はあるものの問題はない。工場地域ではあるが、掘削土砂の処理施設は、静穏化対策をとり周辺環境に配慮している。

(3) ヒアリング結果

以下の内容を確認した。

- ・LNG 火力は、環境に優しい発電形式として今後も建設が期待されるものである。
- ・トンネル深度の設定は、重要公共インフラの確実な稼動を保障するため、液状化層の確認等を確認し、安定した地盤への計画を行う必要がある。
- ・トンネルの施工にあたっては、セグメント搬入、土砂搬出などの、多くの物資の搬出入が発生する。都市過密部での地中線化においては、交通状況も勘案した計画が必要である。
- ・トンネルの施工にあたっては、資機材搬出入、掘削土砂処理、坑内換気など騒音、振動の発生源となる工種が多く存在する。都市過密部での地中線化においては、周辺環境へ、配慮した施工法、施工計画の検討が必要である。
- ・海底下での長距離シールドトンネル工事であり、これは都市過密部での同工法の長距離施工の適用性を示唆するものと考えられる。



掘削土砂処理施設



トンネル坑内



広報センター（テラ 46）前

書 名 平成 21 年度都市部における架空送電線の地下化に関する調査 報告書

発 行 平成 22 年 3 月 31 日
財団法人 エンジニアリング振興協会
地下開発利用研究センター

Geo-space Engineering Center

〒105-0003 東京都港区西新橋 1 丁目 4 番 6 号

TEL 03-3502-3671 FAX 03-3502-3265

印 刷 ホクエツ印刷株式会社

TEL : 03-5245-8821

禁無断転・掲載