

ISM 0914-7896

# DENCHUKEN REVIEW

電中研レビュー

新しい地中配電技術

—建設コストの低減を目指して—

no.26 1990.11

**電中研レビュー第26号 ● 目次**  
**新しい地中配電技術** ——建設コストの低減を目指して——  
編集担当●横須賀研究所副所長 深川 裕正

巻頭言	通商産業省資源エネルギー庁 長官官房審議官 向 準一郎	2
はじめに	理事 横須賀研究所長 安芸 周一	5
<b>第1章 配電地中化の問題点と研究開発の現状</b>		
1-1	●配電地中化の現状と動向	9
1-2	●当研究所における研究開発の概要	14
<b>第2章 地中配電建設コスト低減技術の開発</b>		
2-1	●ケーブルの浅層埋設	19
2-2	●地中埋設機器のコンパクト化	31
2-3	●コスト評価	37
<b>第3章 都市景観等を考慮した地中配電系統の設計手法の開発</b>		
3-1	●地中配電系統の合理的設計手法	43
3-2	●街路と機器の景観設計手法	48
3-3	●景観を考慮した柱上変圧器の設置技術	55
<b>第4章 一層のコスト低減のための技術の開発</b>		
4-1	●発生土再利用技術	61
4-2	●簡易な地盤調査技術	64
4-3	●埋設物探査技術	66
4-4	●表層埋設方式	69
4-5	●大規模地下孔のセグメント化建設技術	72
4-6	●短絡電流限流器の開発	75
おわりに	理事 粕江研究所長 尾崎 勇造	80
関連する主な研究報告書		81



## かんとうげん



電力供給設備は、我が国の発展とともに増大する電力需要への供給力を確保し、我が国経済社会活動を支え、国民生活の利便性を確保するという重要な社会インフラであります。

今後、エネルギー利用における電力需要の拡大、電気利用の高度化に伴って、より信頼性の高い電力供給に対するニーズが増大するものと予想されますが、そのために

は、今後とも安定した信頼性の高い電力供給を確保するための健全な設備形成を図っていくことが必要であります。

電線を始めとした配電設備の地中化は、都市空間におけるオープンスペースの確保等により、都市景観の向上、都市空間の有効活用が図られるなどの利点を有することから、積極的に事業が推進されてきており、これまでの5年間で全国で約950kmの配電線の地中化が達成されています。しかしながら、配電線の地中化は、通常の架空線と比べ、建設費用が極めて割高となり、また電力需要の拡

---

大に伴って、掘り返し工事が必要となり、拡張工事が容易でないなどの課題があり、電気事業者においては、これらの課題を踏まえつつ計画的に配電線の地中化事業を進めていくことが重要と考えられます。

電力の安定供給に加えて供給コストの低減が、電気事業者にとって大きな課題である中で、配電線地中化のコスト低減は重要な課題であり、電力中央研究所において低コスト化のための技術開発が行なわれ、優れた成果を上げられていることは、きわめて意義深いものと考えられます。特に、地中配電機材のコンパクト化技術やコンパクト化機材の開発、配電ケーブルの浅層埋設技術の開発により、機材費及び土木工事費等の大幅な低減が可能となる目途がつけられたことは、今後の地中化事業を推進する電気事業者にとって、大きなメリットをもたらすものと期待されます。

我が国の社会資本整備の遅れが内外から指摘される中で、配電線の地中化は美しい街並作りに貢献するものであり、先進諸外国の主要都市で配電線の地中化が着実に進められている状況を踏まえると、我が国としても関係者の更なる御尽力と御協力を期待する次第であります。

通商産業省資源エネルギー庁 長官官房審議官

**向 準 一 郎**

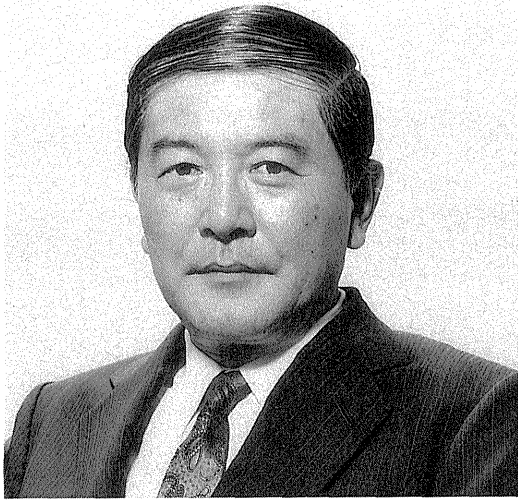
〔電力中央研究所 参与〕

配電地中化新技術研究の歩み(1978～1990)

西暦	電力中央研究所の状況	国内の状況
1978		・電気事業連合会内に9電力による「配電線地中化問題研究会」が設置された
1979		・建設省都市局と資源エネルギー庁の間で「配電線地中化問題協議会」が発足した
1980		・建設省都市局内に都市部における電気供給施設等の地下化に関する調査委員会が設置された
1981	・「大都市電気供給施設検討委員会」に参加	・資源エネルギー庁内に「大都市電気供給施設検討委員会」が設置された
1982	・大都市地中配電供給方式、機材のコンパクト化研究を開始	
1984	・配電地中化新技術担当を設置 (地中配電設備形成方法、建設コスト等を調査、コスト低減研究計画を作成) ・キャブシステムの安全性を検討	・建設省道路局に「ロードスペース懇談会」が設置された ・資源エネルギー庁と建設省道路局との間で、10年間で1000kmの配電線地中化を行う政策調整が行われた
1985	・横須賀研究所に新地中化研究室を設置 ・配電地中化新技術推進委員会を設置 (土木工事費および機材費の低減、系統計画面からのコスト低減技術の研究開発を開始)	・建設省道路局に「キャブシステム研究会」が設置された ・東京都に「架空線地中化検討委員会」が設置された
1986	・電力部門研究発表会において「配電地中化新技術に関するパネル討論」を開催 ・高圧地中電線と地中低圧・弱電流電線との離隔距離を検討	・政府の経済対策閣僚会議で電気事業に対して86、87年度にそれぞれ1000億円程度の追加投資が要請された
1987	・総合報告「配電地中化新技術（建設コストの低減）」、「配電地中化における土木建設合理化技術の開発」を作成し、全電力会社に説明 ・配電地中化新技術の実用化研究を開始	
1988	・我孫子研究所構内配電系統に配電地中化新技術を試験適用 ・横須賀研究所にコンパクト化地中配電機材実用化試験設備を設置	
1989		・日本電気協会が資源エネルギー庁に高圧地中電線と低圧地中電線の離隔距離を緩和できると報告
1990	・総合報告「配電地中化建設コストの低減技術の開発」を作成 ・電力部門研究発表会において「配電地中化新技術パネル討論」を開催	・日本電気協会が資源エネルギー庁に現行直埋式で用いる鋼管等を管路式と解釈変更することが可能との要望書を提出した ・電気事業連合会内に「地中配電新技術に関する検討会」が設置された

# はじめに

横須賀研究所長 理事 安芸 周一



わが国の配電線は明治20年（1887年）の東京電灯第2電灯局開設による架空配電以来、架空線を主体として発達して来た。すなわち、わが国特有の自然条件や地震ばかりでなく、都市の変遷、発達に迅速かつ経済的に対応可能な技術として架空配電方式が採用され、地中配電は技術的に困難等の特殊な所に採用されてきた。

一方、近年の都市の発展、成熟化に伴い大都市への電気供給方式の整備が急務となり、昭和55年頃より通産省および電力会社によってその方式が検討された。また、昭和58年頃より都市の景観や防災の観点から、配電線の地中埋設の社会的要請が高まり、昭和59年に建設省道路局と通産省資源エネルギー庁の間で、今後10年間で1000 kmの配電地中化を行うことや、その際の技術的問題について検討

する研究会を設けることが合意された。このため電気事業は、需要密度、街の成熟度および歩道幅員が一定の条件（クライテリア）を満たす地域について計画的に配電地中化を進める事とした。その後、円高差益の還元、内需拡大政策の協力のために昭和61、62年に600 kmを実施し、実質的には5年間で目標を達成する勢いにある。

しかし、配電地中化の建設コストは架空線のそれより10～15倍に達しており、そのコスト低減が強く望まれている。そこで、当研究所は電力会社の協力を得て、配電地中化の実務、実態を調査し、建設コスト低減のための研究課題を抽出した。配電技術の特徴は、設備が消費者と直接接続されており、広い範囲に面的に分布し、その数も膨大となる点にある。このため、ケーブル埋設工事や機器設置工事の数も多くなる。従って、これらの工事費や機材費の低減が配電地中化のコスト低減に有効と考えられた。

この調査結果を踏まえて、コスト半減を目標に、全所大の土木、電気、景観、植物の各分野からなる「配電地中化新技術推進委員会」を設置し、土木工事費、機材費、その付帯工事費を低減する技術および機材、また将来の都市形態を見通した合理的系統計画法および機材の設置を都市景観にマッチさせる景観設計法等を開発してきた。

当研究所は、これまでの研究成果について個々にではあるが電力会社に紹介し、ご意見をいただいて来たが、このたびより一層の実用化をめざし、これらの多岐にわたる成果を集大成し広く配電関係に関心を持つ方々の参考に供することとした。今後もクライテリアを満たす地域について計画的に配電線地中化が実施される見込みであり、当研究所においても配電の信頼性、安全性を保ちながら、一層のコスト低減のための研究開発に努め、美しい街並み作りに貢献していく所存である。





第 1 章

配電地中化の問題点と  
研究開発の現状

## 第1章 配電地中化の問題点と研究開発の現状 ● 目次

横須賀研究所 副所長 深川 裕正  
電力部 新地中化研究室長 今城 尚久

1-1	配電地中化の現状と動向 .....	9
1-2	当研究所における研究開発の概要 .....	14

# 1-1 配電地中化の現状と動向

## 1-1-1 地中配電の歴史的背景

配電設備は、電力設備の中で最も需要家に近く、かつ膨大な設備数となるため、さまざまな面で市民生活と密接なかかわりを持っている。欧米を含めた大都市を中心とした地域での地中配電線の使用状況を表1-1-1に示す。このように国によって異なっているのは電気事業の創設当初からガス事業（いずれも街路照明）との競争または電信事業の創設や都市の成熟度など歴史的背景を反映している。

日本では、アメリカと同様に電気事業より先に電信事業が起っていることから、配電は架空線を主体として発達してきた。特に、日本の場合にはイギリス、フランス、ドイツ等と異なり都市は現在でも発展しており、配電線の変更が頻繁にあるため、地中配電の実施にはこれらの都市より難しい状況にある。このため今迄は技術的、法的に架空施設が困難な個所、例えば

- ①高圧配電線が集中する変電所引出口付近
- ②高架式道路、高速道路、鉄道などの横断個所
- ③日本の顔となるような中央官庁街
- ④需要密度が高く、供給力確保が架空線のみでは技術的に困難な場所

など極めて限定された個所に地中線が施設されてきた。

しかし、昭和50年頃から大都市における人口の稠密化、交通量の増大に伴い都市防災、景観保全、ならびに安全・快適通行空間の確保から、建設省、地方自治体より既設架空配電線を地中化する要請が行われるようになり、電気事業はその対応に努めてきた。昭和59年になって資源エネルギー庁と建設省との間で、地中化計画の政策調整が行われ、

今後10年間で1000km程度を目途に地中化を行うこと、配電地中化の技術的問題、地中化地域の範囲の考え方、費用負担のあり方などを検討する研究会を設けることが合意された。

この結果を踏まえて、昭和60年4月建設省にキャブシステム(cable and box system) 研究会が設置され、地中化地域の範囲の考え方、地中化の基本計画のあり方、費用負担のあり方、ならびにキャブシステムの技術的対応の検討が行われた。また、建設省の地方ブロックに電線地中化協議会が発足し、5年間の地中化基本構想（都市名、道路名、地区名、地中化総延長など）を策定することになった。しかし61年に入り、円高差益還元、内需拡大策として4月に開かれた政府の経済対策閣僚会議で電気事業に対し、配電線地中化について既計画に加え61年度、62年度にそれぞれ1000億円程度の投資追加の要請が行われ、電気事業はこれに応じて既計画を加速し2年間で600km程度、次の3年間で400km程度を地中化することになった。その結果、現在までの実施状況は表1-1-2に示す通りである。上の一連の検討によって明らかにされた電気事業の行う配電地中化（キャブシステムを用いない）の考え方は、次の条件を満たすところとしている。

- ①電力需要密度が12万kW/km<sup>2</sup>以上の地域
- ②関連機器類を地上に設置することが可能な歩道（幅員3.5m以上）を有すること
- ③街路が成熟し、供給変更の少ない地域

## 1-1-2 各国における地中配電の現状と問題点

ヨーロッパ、アメリカおよび日本における機材の設備場

所、費用負担等の配電地中化の現状は次の通りである。

(1) ヨーロッパ

高低圧ケーブルは歩道下または道路中央グリーンベルト内などに布設される。布設方法はケーブルを直接、地中に埋設する方法（直埋）が主体である。直埋できない場合でも簡単なトラフやプラスチック製チューブに収納しているにすぎない。また、ケーブル等埋設物の位置が決められている場合が多い。ケーブルの埋設深さは表1-1-3に示した通りである。一方、変圧器などの機器は道路下の例は殆どな

く出入りの自由にできる建物内の借室または買取り室に設置するのが一般的である。建物内設置が困難な場合には緑地内などにスペースを確保し建屋を設けて地上設置するのが普通である。

(2) アメリカ

地中ケーブルはわが国と同様歩道あるいは車道下に埋設されているが、住宅地域のURD（Underground Residential Distribution）では私有地のイーズメントに直埋される。このイーズメントとは住宅地域の電力供給のため私有地の一部

表1-1-1 各国の地中化率

国名	電力会社名	地中化率(%)
アメリカ	コンソリデート・エジソン社（都市部計）	72.1
	マンハッタン地区	(100.0)
	ブロンクス、ブリックリン、クイーンズ地区	(81.2)
	ステイトン・アイランド地区、W. チェスター郡の一部	(20.8)
	ボルチモアガス・電力会社	27.5
	ヴァージニア電灯電力会社	18.2
イギリス	ロンドン配電局	100.0
	中部配電局	56.1
	イングランド・ウェールズ（計）	62.6
西ドイツ	ミュンヘン市営電力	88.3
	ボン市営電力	100.0
	ハンブルグ電力会社	95.7
	ベルリン電灯・電力会社	99.2
	西ドイツ（計）	51.3
フランス	フランス電力公社	
	パリ	100.0
	マルセイユ市街地区	高圧 97.0 低圧 52.0
日本 (1989年)	東京電力 都心部	81.0
	中部電力 名古屋市中心部	42.2
	関西電力 大阪市全体	29.8

を提供するもので米国では古くから定着している制度であり、コスト低減に大きく役立っている。ケーブルの埋設深さは電力会社によって異なり、表1-1-3の通りである。一方、変圧器などの地中配電機器の設置は公共用地では地中を原則としているが民有地では地上のパッドマウント型が多い。その他、URDの普及のために、1950年代後半よりコスト低減のための機材の標準化や新技術の開発が行われた。費用負担は次のようである。

新開発地域に地中線を布設する場合、地中線と架空線の工事費差額を開発業者が負担するのが一般的である。ただ一部の州ではケーブル埋設用の溝の掘削、および埋戻しを開発業者が行い、ケーブルの布設と機器類の設置を電気事業者が行っている。要請による既設架空線の地中化は、要請者が地中化工事費と既設架空線撤去工事費の和と撤去材料の残存価格の差を負担している。

### (3) 日本の現状と問題点

わが国では、ケーブルは古くは直埋とされていた時期もあったが、昭和20年代後半より、防護管内に布設されるようになっており、欧米と異なっている。この場合でも直埋式とみなされ、埋設深さは表1-1-4に示されるように道路法や電気設備技術基準で定められているが、その値は欧米より深い上に、実態はさらに深く埋設するように道路管理者から指導されている。

変圧器や開閉器の設置は歩道の路上を基本とされており、欧米のような民有地や地中への設置もまれに見られる。

上述のように、欧米とわが国の配電の方法はかなり異なっている。特にケーブルは欧米では直埋であり、これが成熟し供給変更のない都市の経済的な方式であると考えられる。一方、わが国では都市が常に変化し（大都市であってもビルの建替は頻繁に行われる）、供給変更を余儀なくされるためケーブル引替え時の再掘削を極力少なくし、コスト低減を図るために管路方式が普及したと考えられる。

表1-1-2 わが国における配電地中化の実施状況

年度	昭和 57年	58	59	60	61	62	63	平成 元	2
距離 (km)	12	20	32	50	236	328	173	107	117*

(\*)平成2年度は計画値

表1-1-3 諸外国における配電ケーブルの埋設深さ

(単位：cm)

国名	歩道	車道	備 考
イギリス	低圧：0.45 高圧：0.60	低圧：0.75 高圧：0.85	・直埋（ケーブル頂部までの深さ） ・歩道下での埋設物の占用位置が定められている。
西ドイツ	0.50	—	・直埋（ケーブル底部までの深さ）
フランス	0.70	1.00	
アメリカ	低圧：0.61～0.91 高圧：0.91～1.07		・直埋（ケーブル底部までの深さ。フィート表示を換算） ・歩車道の区別不明

表1-1-4 日本における配電ケーブルの埋設深さ

占用位置（路面からの深度）				備 考
道路法施行令	国道事務局 指導基準の例	東京都建設局 指導基準の例	大阪市 指導基準の例	
第11条の7項 "地下電線の頂部と路面との距離は、車道の地下にあっては0.8m以下。歩道の地下にあっては0.6m以下としないこと…。"とある。	歩道部 1.2m以上 車道部 1.5m以上	歩道部 0.9m以上 車道部 1.2m以上	歩道部 1.2m以上 車道部 1.2m以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実際には、歩道下でも0.9m～1.2m以上深となっているところが多い。</li> <li>● 電気設備技術基準 “直接埋設式により施設する場合は、埋設深さを車輛その他の重量物の圧力を受けるおそれがある場所においては1.2m以上、その他の場所においては0.6m以上とし…”とある。</li> </ul>

また、変圧器や開閉器等の機器の設置場所は、わが国では歩道上に置かれるが、欧米では民有地やビル内に設置するのがほとんどであり、これは行政の支援（例えば、アメリカのイズメントなど）と市民の理解によるところが大きい。さらに、工事においてもわが国の大都市では交通や都市活動への影響を避けるため夜間に行われることが多く、工期の長期化、コスト増大の要因となっている。欧米では、逆に夜間の工事は、住民の安眠の妨げであるほか、異常な行為として考えられ、行われぬ。これなども、人間性を重視した考えという上に、工事のコスト低減に寄与していると考えられる。

地中配電の建設にはコストがかかるというのはいずれの国でも共通の認識であり、種々の工夫や技術が開発されている。わが国でもこれまで多くの努力がなされてきたが、それでも、地中配電線の建設コストは架空線の10～15倍であり、そのコスト低減が望まれる。

地中配電線は、一般に図1-1-1に示すように、高圧・低圧ケーブル、高圧多回路開閉器、高圧キャビネット（高圧需要家へ供給するための分配器）、変圧器および低圧分岐装置（一般の需要家へ供給するための分配器）からなっている。これらによる地中配電線の実施内容は次の通りである。

- ケーブルは歩道または道路側部の地中に埋設された防護管内に布設される。その埋設深さは道路法、電気設備技

術基準により、直理の場合歩道で60 cm、車道で120 cmとなっているが実際には種々の制約から、歩道下でも90～120cmとなっている。

- 変圧器・開閉器などの機器は路上設置が標準的であるが、その外形寸法は歩道の幅員等によって規制されている場合がある。近年では景観等の面からさらに小型化が要請され、作業性が悪くなっている。
- 路上に機器を設置できない場合には地中に設けたハンドホールや地下孔内に設置している。
- 電気供給方式は高圧がループ式（ $\pi$ 供給方式）、低圧は地中または路上に設けられた低圧分岐装置等から放射状に供給する方式としている場合が多い。

一方、地中配電線では、ケーブルはすべて地中埋設となり、機器は設置場所が限定されるため集約化・小型化が要求される。このような地中配電線の問題点を列記すると次の通りである。

- ① ケーブル布設のために道路の掘削、ケーブル防護管の埋設、埋め戻し、舗装などの道路復旧など土木工事が架空の場合と比べて格段に大きい。
- ② 道路工事などに対し工事時間帯や1日当りの工事量の制約が大きく、工期が長くなる。
- ③ 他埋設物の状況を調査するための試掘が必要である。ケーブルや機器を埋設するため、電気絶縁や熱放散の点で

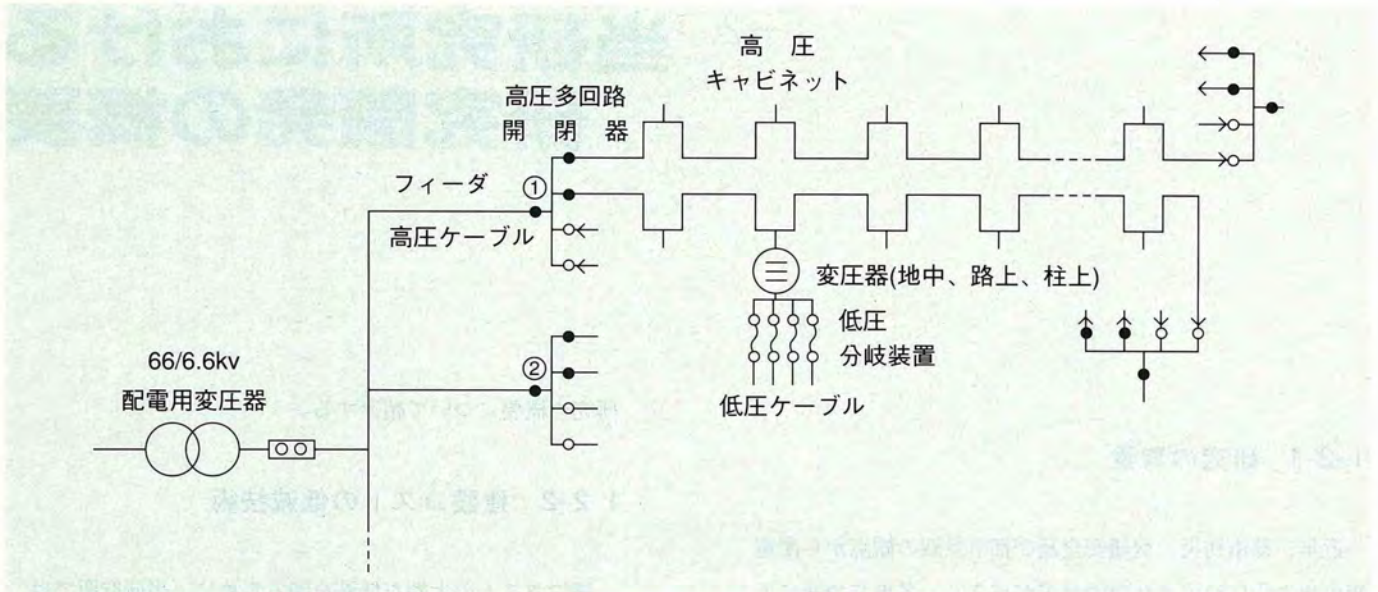


図1-1-1 地中配電系統の例

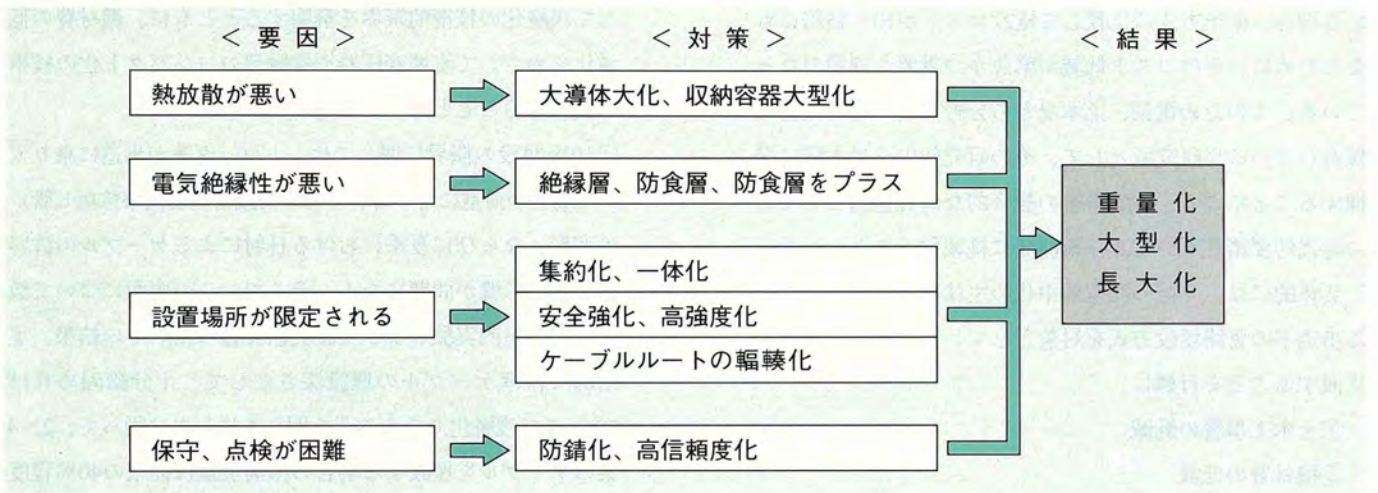


図1-1-2 地中配電設備の重厚長大化要因

架空より劣悪な環境となり、機材が大型化することと、これに伴う付帯工事が必要となる（図1-1-2参照）。

- ④万一の短絡故障時にも安全なように機器の内部支持や収納箱などの機械的強度を保つ必要がある。
- ⑤故障点探査やその復旧に長時間を要することから、ケーブルを防護管に入れたり、機器をハンドホールに入れるなどの対策が必要となる。
- ⑥今後の地中化の動向として、高低圧の需要家が混在する地域の地中化が増えてくるが、この場合都市の発展に伴う高圧需要家の増加により、将来、低圧供給設備が不要

となる。

これらの要因を考慮し、地中化の建設コストの構成を調査した結果、ケーブル防護管の布設や地中構造物（地下孔やハンドホールなど）の構築などの土木工事費が全建設コストの50～60%を占め、ケーブルや変圧器・開閉器などの機材費が40～50%であることが判明した。これより、配電地中化建設コストの低減にはケーブル埋設工事や機材の付帯工事などの土木工事費と機材費の両方の低減が重要である。

## 1-2 当研究所における 研究開発の概要

### 1-2-1 研究の背景

近年、都市防災、交通安全及び都市景観の観点から配電線の地中化に対する社会的要求が高まり、各地で急速に工事が進められている。しかし、現状技術で配電地中化を進める場合、架空方式に比較して建設コストが10～15倍にもなるために、そのコスト低減が緊急かつ重要な課題となっている。このため電気、土木などの分野に高い専門技術を保有している当研究所として、その研究能力を最大限に発揮することにより、電気事業の総合的な研究機関としての時代的要請ともいえる技術開発に挑戦することとした。

具体的には、今後の配電地中化の主体となると考えられる歩道下の管路埋設方式を対象として、その建設コストを半減することを目標に

①土木工事費の低減

②機材費の低減

③都市構造、都市景観を考慮した合理的計画手法の開発について研究を実施することとした。これらの研究の概要を表1-2-1に示す。

地中配電建設コストの大幅な低減技術として、ケーブルの浅層埋設技術や地中埋設機器のコンパクト化技術の開発を優先的に取り上げるとともに、都市構造の変遷を考慮した地中配電システムの合理的設計手法や都市景観等を考慮した柱上変圧器の設置技術を開発することとした。更により一層のコスト低減をめざして発生土再利用技術、簡易な地盤調査技術、埋設物探査技術、表層埋設技術、短絡電流限流器の開発など総合的な観点から、土木工事、電力設備に関する技術開発を進めることとした。以下にこれらの主な

研究の概要について紹介する。

### 1-2-2 建設コストの低減技術

建設コストの大幅な低減を図るために、当研究所では、現行の埋設深さ基準（歩道下60cm）を極力浅くすることとして浅層化の技術的限界を解明するとともに、機材費の低減化をめざして直埋変圧器や接続部のコンパクト化の技術を開発することとした。

①浅層埋設の限界に関しては、トラック等が歩道に乗り入れた場合の荷重に対するケーブル防護管（耐衝撃性塩ビ管）の変形、ならびに夏季における日射によるケーブルの許容電流への影響が問題になる。そこで、この両面について数値計算、室内実験および実証実験を行った。その結果、実用的な直埋ケーブルの埋設深さとして、十分締固めれば30cmまで浅層化できることを明らかにした。従って、2～4条のケーブルを埋設する場合の掘削土量は従来の40%程度に低減できることとなった。

②機材費の低減に関しては、若干の費用の増大があったとしてもコンパクト化を図り、土木工事費が大幅に低減出来るというトータルコストとしての低減化をめざすこととし、地中変圧器及び接続部のコンパクト化を図る研究開発を行うこととした。地中変圧器のコンパクト化およびそれを収納するハンドホール的小型化を目的として、ヒートパイプによる地中変圧器の熱放散改善方策を検討した。ヒートパイプの吸熱部（変圧器内）と放熱部（地中または気中）を接続する伝熱特性のよいヒートパイプコネクタを開発するとともに、地中変圧器（30+70kVA）を開発して熱放散の実証実験を行い、大きさが1/2程度にコンパクト化できるこ



表1-2-1 当研究所の研究課題の概要

目的	課題	内 容
建設コストの 低減技術	ケーブルの浅層埋設	歩道下に埋設するケーブルの浅層化技術限界を防護管の機械的強度及び夏季日射による許容電流への影響の両面から明らかにする
	地中埋設機器のコンパクト化	ヒートパイプを適用して地中変圧器の小型化を図るとともに、従来より一層小型化したケーブル接続部を開発し、ハンドホールの小型化を可能にし、コスト低減に寄与する
都市景観等を 考慮した 設計手法の 開発	地中配電システムの合理的設計手法	将来の都市構造の変遷を考慮した合理的な系統計画手法を開発し、長期的に見てトータルコストの低減に寄与する
	街路と機器の景観設計手法	街路や都市景観と調和したデザイン法を開発する
	柱上変圧器の設置技術	通常高低圧開閉器や変圧器は路上設置されるが、狹隘歩道には設置できない場合もある。このため柱上に設置する方式を開発する
一層のコスト 低減のための 技術開発	掘削残土再利用技術	掘削工事によって発生した土砂の再利用を図る方法を開発する
	簡易な地盤調査技術	ケーブル埋設地盤を調査し、地下水の有無、残土処理方法、埋戻し土の締固めをあらかじめ検討できるようにする
	埋設物探査技術	既埋設物を自動的に地表面から探査して、掘削工事を容易にする
	表層埋設新技術	U字溝を並べる様にして表層に防護管を埋設する技術を開発し、コスト低減に寄与する
	大規模地下孔のセグメント化建設技術	超過密地帯の地中化の際に必要なとする地下孔を効率的に建設するための技術を開発する
	短絡電流抑制装置の開発	短絡故障電流を1/3に抑える限流器を開発する

とを明らかにした。

次に高圧ケーブルの分岐工事の掘削土量を低減することを目的として、コンパクトな着脱式T分岐接続部および可撓ケーブルを開発することとした。もし、これを浅層埋設に適用した場合、ハンドホールが小型化できることから従来方式と比べて掘削土量を1/4に低減でき、機材および工費を半減できる見通しである。

### 1-2-3 都市景観等を考慮した地中配電系統の設計手法の開発

高圧や低圧で電力を供給してもらう需要家が混在する地

域で配電線を地中化する場合には、将来の電力需要の変化により変圧器などの機器が不要となることが考えられる。このため、長期的に見て都市構造の変遷を考慮した系統計画を作ることがトータルコストの低減に必要である。そこで、当研究所では、この様な変遷を考慮した最適系統構成プログラムを開発し、コンピュータとの対話方式によって、地中化地域の都市の電力需要と道路などに適合した最も経済的な地中化計画が立案出来るようにした。また、狹隘道路等における機器の設置方式として地中変圧器とは別に柱上設置方式を考案した。そして、この機器を景観に調和する様にデザインする手法を開発するとともに、実際に柱上変圧器を当研究所構内に設置し、技術的課題を解明した。

#### 1-2-4 一層のコスト低減のための技術開発

以上述べた技術開発により、ほぼ建設コストを半減する目標を達成出来る見通しを得たが、更に一層のコスト低減をめざして以下の研究を行った。

##### (1) 掘削残土の再利用技術

掘削工事によって発生する土砂を廃棄することは、捨て場所がないため、年々困難になっている。そこで、これを現場で埋め戻しに再利用する技術を開発すれば、コスト低減に大いに寄与するものと考えられる。実際、都内の約50ヶ所の配電地中化工事現場から発生土を採取し、分析調査するとともに粘性土には石灰などを添加して再生する方法を開発した。

##### (2) 簡易な地盤調査技術

ケーブルを埋設する地盤が地下水の有無などあらかじめわかっている場合は掘削残土の適切な処理方法の選択、防護管埋め戻し土の締固めなど埋設工事を合理的に行うことが出来る。そこで簡易に地盤を調査する方法を開発した。

##### (3) 埋設物探査技術

配電線を地中化する都市の歩道下には、沢山の既埋設物

がある。それらの位置をあらかじめ把握していれば工事に損傷することもなく、掘削も容易にできる。そこで地上から簡便に探査する方法（特にレーダー法に着目して）を開発した。

##### (4) 表層埋設新技術

浅層埋設が認められれば大いに建設コストは低減できるが、更に表層埋設できればより一層コスト低減が可能と思われる。そこで、コンクリート製U字溝を歩道表層に埋設する工法を考案し、その適用性を検討した。

##### (5) 地下孔などのセグメント化技術

超過密地域への配電地中化に対しては機器を収納する地下孔を設けねばならない。その合理的建設技術としてセグメント部材を用いる技術を開発した。

##### (6) 機材費の低減技術

機材設計に当たり、短絡電流に対する電磁力や圧力上昇を考慮せねばならない。6.6kV系では短絡故障電流は最大12.5kA 0.4秒、22kV系では25kA 0.4秒とされている。これを大幅に低減することができれば、機材はコンパクト化できると考えられる。当研究所ではアーク駆動式可変抵抗器を考案し、故障電流を1/3にする限流器を開発した。

第 2 章

地中配電建設コスト  
低減技術の開発

## 第2章 地中配電建設コスト低減技術の開発 ● 目次

我孫子研究所	原燃サイクル部	主任研究員	小林 精一
		立地部長	国生 剛治
	立地部	土質研究室 主査研究員	片岡 哲之
		土質研究室 主査研究員	田中 幸久
	生物部	陸生生物研究室 主査研究員	小林 俊光
横須賀研究所	電力部	新地中化研究室長	今城 尚久
		新地中化研究室 主査研究員	伊藤 哲夫

2-1	ケーブルの浅層埋設 .....	19
2-2	地中埋設機器のコンパクト化 .....	31
2-3	コスト評価 .....	37

## 2-1 ケーブルの浅層埋設

### 2-1-1 研究の背景

配電地中化の土木工事費のうち、半分を占める掘削関連費を低減するため、埋設深さを安全性に影響しない範囲で浅層化することはコスト低減に有効である。電気設備技術基準では、直埋式の埋設深さが車道下1.2m以深、歩道下0.6m以深と規定され、一方、管路式については輪荷重に耐え得る範囲で埋設深度に制限はない。また、道路法施工令においては車道下0.8m以深、歩道下0.6m以深と定められているが、実際はほとんどの場合1.2m以深（東京都道、歩道部では0.9m以深）に埋設されているのが現状である。

そこで、従来より直埋式として扱われてきた地中配電ケーブルは実際は堅牢なケーブル防護管の中に収納して埋設することから、技術的には歩道面下0.3m程度までの浅い位置への埋設が可能であるとの見通しの下に、配電地中化の主体と考えられる歩道下を対象として、図2-1-1の研究フローに従い、現行の埋設深さを浅くした場合の技術的な問題点を解明し、合理的な埋設深さを検討した。以下に研究成果の概略を述べる。

### 2-1-2 輪荷重に対する管の健全性に関する実験的検討

#### (1) 歩道下の埋設防護管の健全性評価

##### 1) 試験条件

試験に用いた防護管は硬質塩化ビニール管（以下SVPと称す）で写真2-1-1に示すように4条を、埋設深さ30cmと60cmに埋設した。管台は原則として2m間隔で設置して

いるが、継手を挟む個所では、1m間隔で設置した。舗装は都道の歩道舗装仕様に基づく、アスファルトの厚さ4cm、碎石の厚さ7cm、合計11cmの舗装である。通電による管内ケーブル温度の上昇を考慮して、SVPの温度は平均58℃に加熱して載荷試験を実施した。載荷は実際のダンプトラックにより行い、最大荷重はT-20（道路橋示方書で決められた荷重で後輪荷重で8トン）までとした。載荷試験状況を



写真2-1-1 ケーブル防護管の歩道下30cm浅層埋設状況

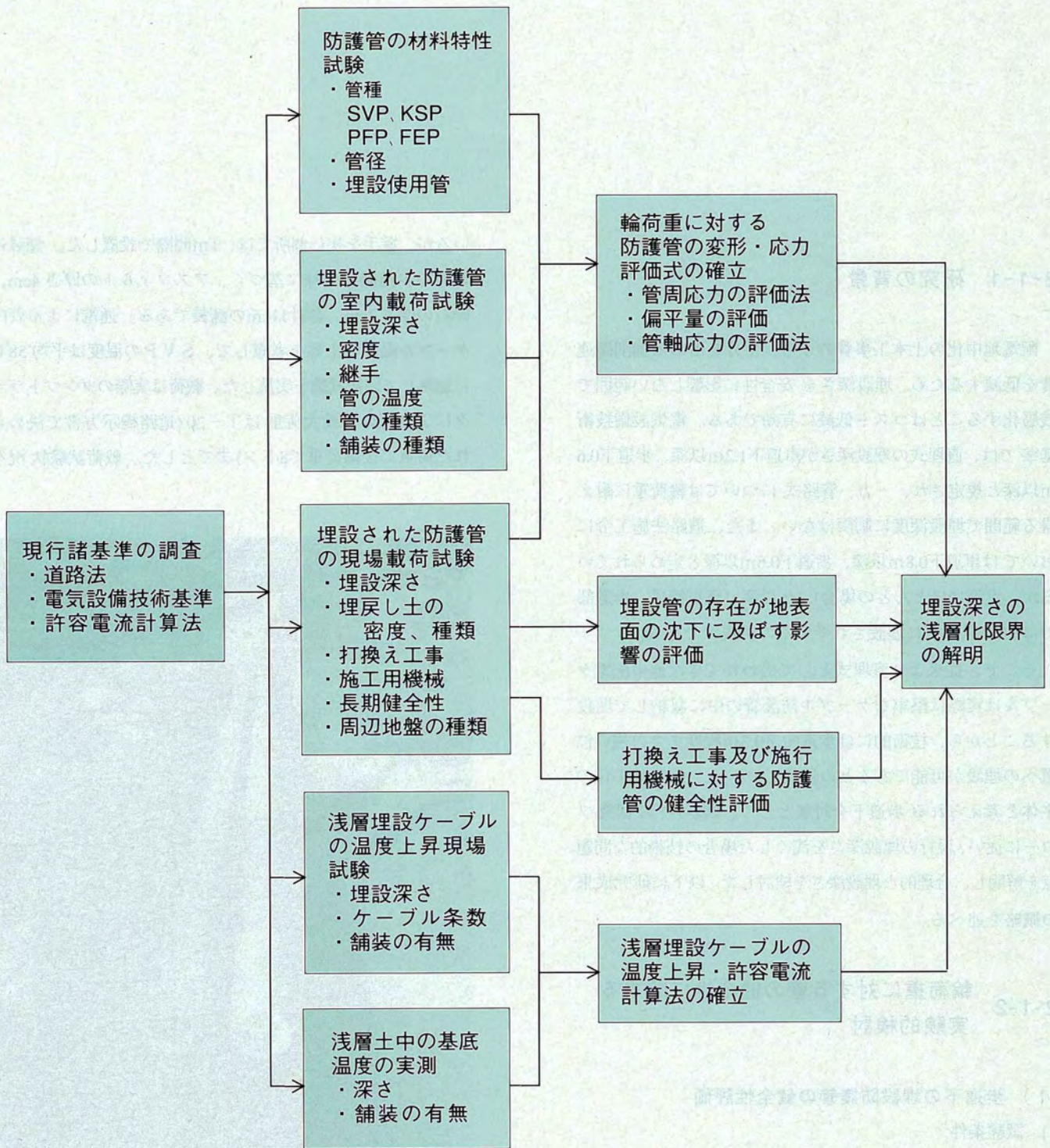


図2-1-1 浅層埋設技術の研究フロー

写真2-1-2に示す。また、埋戻し土としては、山砂の他に砂の混じった関東ロームを石灰で改良した土も用いた。

2) 主な結果

SVPの応力および偏平率に及ぼす後輪荷重、埋設深さ、埋戻し土の相対密度の関係を調べた結果を、図2-1-2に示す。この図から浅層埋設の可能性に関し次の点が指摘できる。

- ①キャブの設計で採用されている荷重T-14(後輪荷重5.6トン)を対象と考えた場合、通常の施工条件で達成できる土の密度(相対密度 $D_r=50\%$ 程度)で深さ30cmに埋設したケーブル防護管の偏平率や発生応力を許容値以内に収めることができる。管台位置における偏平率と応力の値はそれ以外の位置の値よりも大きくなる傾向があるが、管台位置における測定値に関しても以上に述べたことはあてはまる。ただし、応力に関する安全率は3とし、許容偏平率は電力会社の社内規準を参考にし、管内径の5%としている。
- ②T-20に相当する総重量が40トンのダンプトラックが歩道に乗り入れるような厳しい荷重条件を想定した場合で

も、深さ60cmの埋設で、埋戻し地盤の相対密度を50%以上に締固めれば管の健全性に全く問題はない。この密度は、足踏み程度の締固めで十分達成できる。一方、同じ荷重条件で深さ30cmに埋設する場合には、埋戻し地盤の相対密度を70%以上に締固める必要がある。

- ③埋戻し土として改良土を用いた場合も、締固めることに



写真2-1-2 ダンプトラックによる載荷試験状況

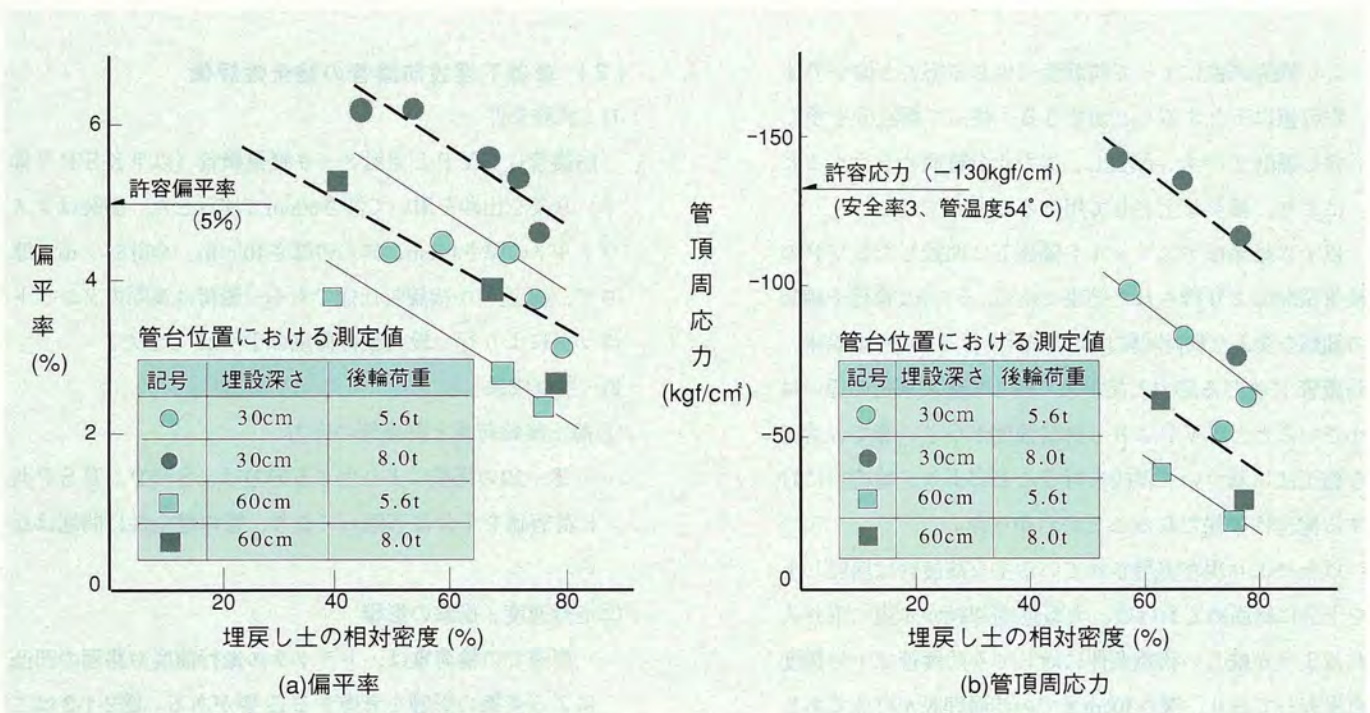


図2-1-2 歩道下埋設SVPの偏平率・周応力と埋戻し土の相対密度の関係

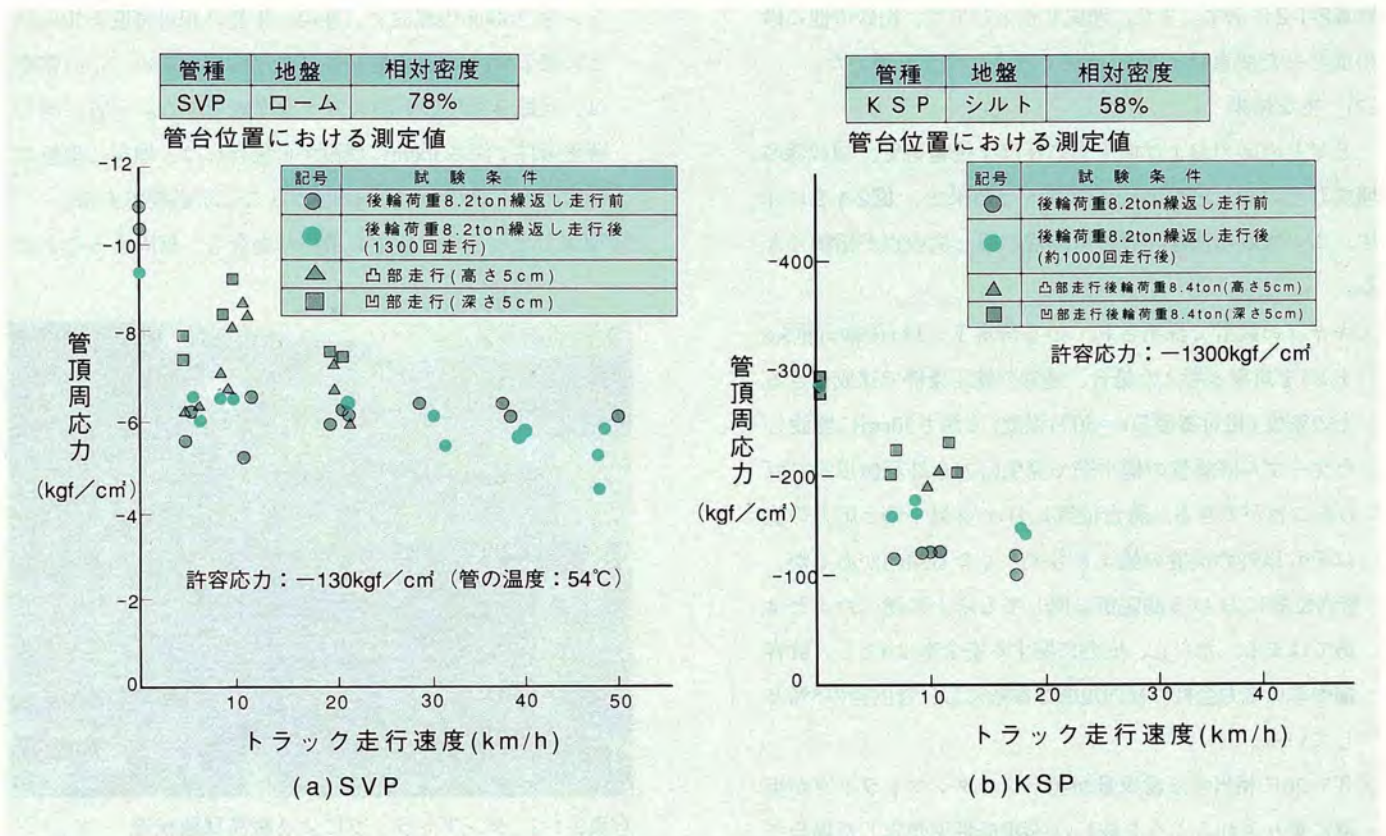


図2-1-3 トラック走行速度と管頂周応力の関係（車道下60cm埋設）

より載荷試験によって防護管に生じる応力と偏平率は許容値以下とすることができる。従って細粒分を多く含む掘削土でも、改良し、また十分締固めを行うことにより、埋戻し土として用いることができる。

以上の結果はアスファルト舗装下に埋設したSVPの載荷試験により得られた結果である。その後、管種や舗装の種類を変えた載荷試験および解析を行った。その結果、防護管に生じる応力と偏平率に関して舗装構造の違いは小さいこと、SVPよりも材料強度が小さい管でも適切な施工法に基づいて埋設を行うことにより、輪荷重に対する健全性は保たれることがわかった。

以上により現在実用されている主な防護管は埋戻し土を十分に締固めておけば、大型重量車輛が歩道に乗り入れるような厳しい荷重条件に対しても防護管は十分強度を保有しており、深さ30cmまでの浅層埋設が可能であるといえる。

## (2) 車道下埋設防護管の健全性評価

### 1) 試験条件

防護管はSVPと亜鉛メッキ軽量鋼管（以下KSPと称す）9条を山砂を用いて深さ60cmで埋設した。舗装はアスファルトの厚さ15cm、碎石の厚さ40cm、合計55cmの厚さで、都道の中級舗装仕様である。載荷は実際のダンプトラックにより行い最大載荷荷重はT-20とした。

### 2) 主な成果

#### ① 静止後輪荷重と防護管の応力

T-20の荷重により生じる応力は、SVP、KSP共に許容値を十分に下回っており、管の健全性に問題はない。

#### ② 走行速度・衝撃の影響

車道での輪荷重は、トラックの走行速度や路面の凹凸による衝撃の影響を考慮する必要がある。図2-1-3はこれらの影響を応力について検討した結果を示している。



この図より道路平坦部でトラックを走行させた時に発生する応力はいずれも静止荷重の場合に比較して小さいこと、道路面の凹凸部通過時に発生する応力は静止時に比較して特に大きくなることがわかる。

### ③ 載荷回数の影響

アスファルト舗装の使用予定期間に相当する10年分の車両走行荷重に対する防護管の健全性の実証試験を行った。動的ジャッキにより舗装面に輪荷重相当の荷重を繰り返して載荷し、車道下60cmに埋設したSVPに発生する応力に与える車両走行回数の影響を調べた。その結果、舗装設計で用いる10年間分の車両の走行回数に対応した載荷回数についてはもちろん、その後の2回の舗装打換えを考慮した30年間の載荷回数に対しても、防護管の健全性は十分確保されていることが明らかとなった。

以上の結果により、埋戻し土の密度が通常の埋戻し条件で達成できる相対密度が50%程度であれば車両の繰返し走行やそれに伴う衝撃を考慮しても、60cmの深さまでの埋設が十分可能であることが明らかとなった。

## 2-1-3 防護管の応力・変形解析と埋設限界の解明

### (1) 管軸と直角な断面内で生じる応力の評価法

SVP、KSPはもとより、波付管などの種々な管に対して適用し得る評価方法を開発した。

#### 1) 断面が円形の管に対する計算方法

##### ① 計算方法

図2-1-2における実験的検討の結果によれば、次のことがわかった。

- イ 車両走行時に埋設管に生じる応力と変形は、静止時より小さい。
- ロ 防護管に生じる応力と変形は、防護管の直上に車輪が位置する場合が最大となる。その際、隣接する車輪による影響はほとんどない。
- ハ 多条管の場合、最上段に位置する管の応力・変形が最大である。
- ニ 周辺地山の剛性が、管の応力・変形に及ぼす影響は小

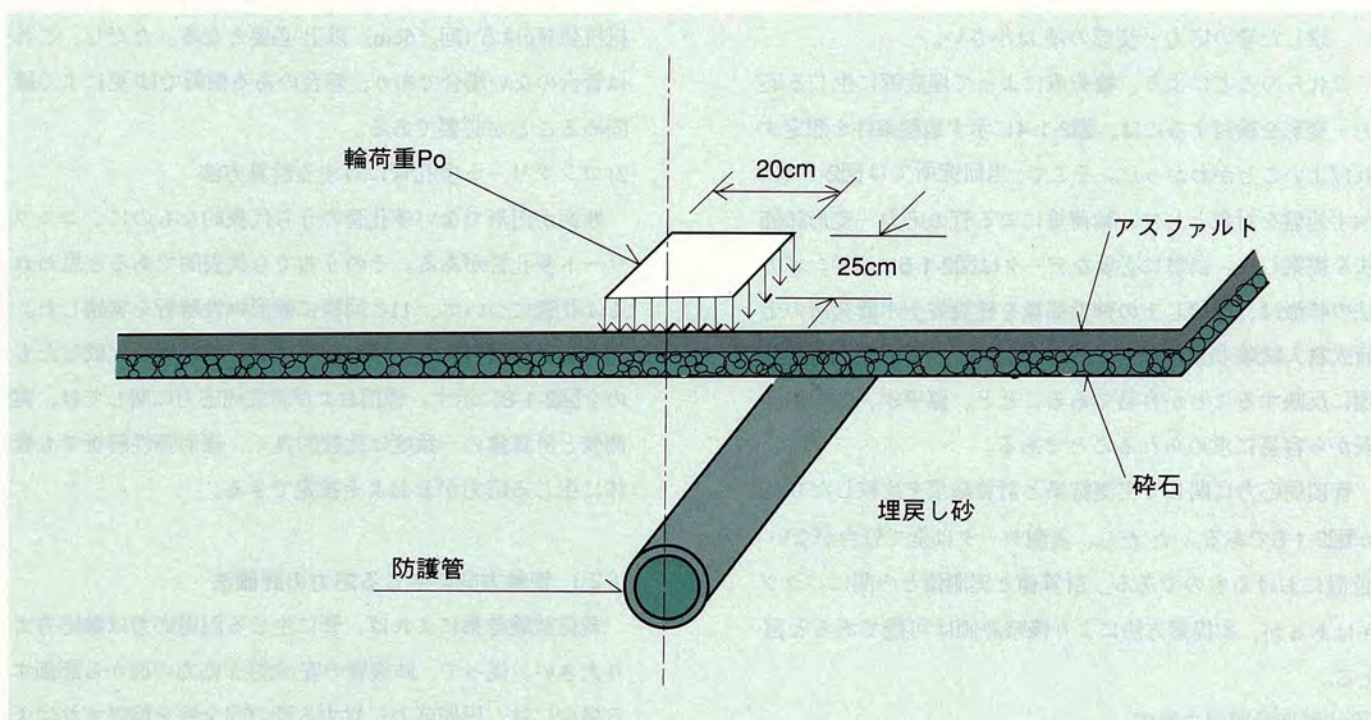


図2-1-4 管周方向応力および偏平量の計算の対象とした地盤

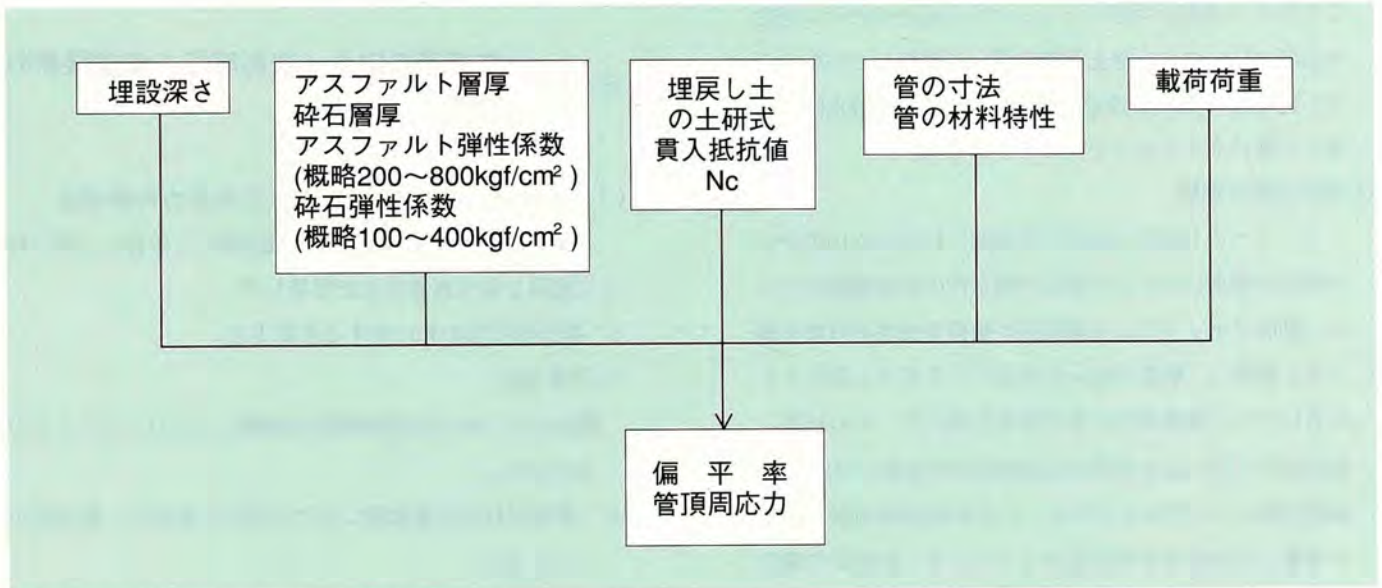


図2-1-5 管の周応力、偏平量の評価法

さい。

更に別途行われた解析的検討により次のことがわかった。

- ホ 多条管の最上段に位置する管の応力・変形と単独に埋設した管の応力・変形の差は小さい。

これらのことにより、輪荷重によって埋設管に生じる応力・変形を検討するには、図2-1-4に示す地盤条件を想定すればよいことがわかった。そこで、当研究所では図2-1-4に示す地盤を対象として、輪荷重による管の応力・変形評価法を提案した。計算に必要なデータは図2-1-5に示す。本方法の特徴は、埋戻し土の弾性係数を建設省土木研究所の土研式貫入試験抵抗値 $N_c$ から求めるため、計算結果を施工管理に反映することが容易であることと、偏平率、応力が図表から容易に求められることである。

管頂周応力に関して実測結果と計算結果を比較したものが図2-1-6である。ただし、実測データは全て管台がない位置におけるものである。計算値と実測値との間にバラツキはあるが、本提案方法により概略評価は可能であると言える。

#### ② 浅層埋設限界の解明

図2-1-5に示した方法による管台なしの個所におけるSVPの歩道下への埋設条件を図2-1-7に示す。ただし、輪荷重は8トンとしている。図2-1-7によれば、SVPを30cmに埋設する場合、管の温度を80℃に想定すると、土研式貫入抵抗値 $N_c$ は5(回/5cm)以上必要となる。ただし、これは管台のない場合であり、管台のある個所では更によく締固めることが必要である。

#### 2) コンクリート多孔管に対する計算方法

断面が円形でない多孔管のうち代表的なものに、コンクリート多孔管がある。そのうちでも代表的であると思われる4孔管について、1)と同様に線形弾性解析を実施した。電力会社で行われた土槽実験結果と計算結果を比較したものを図2-1-8に示す。管頂および管底周応力に関しては、実測値と計算値の一致度は比較的良く、線形弾性解析でも管体に生じる応力がおおよそ推定できる。

#### (2) 管軸方向に生じる応力の評価法

載荷試験結果によれば、管に生じる円周応力は軸応力より大きい。従って、防護管の安全性を応力の面から評価する場合には、円周応力に対する管の安全性を検討すればよいが、防護管の直径が著しく小さかったり、肉厚が大きい

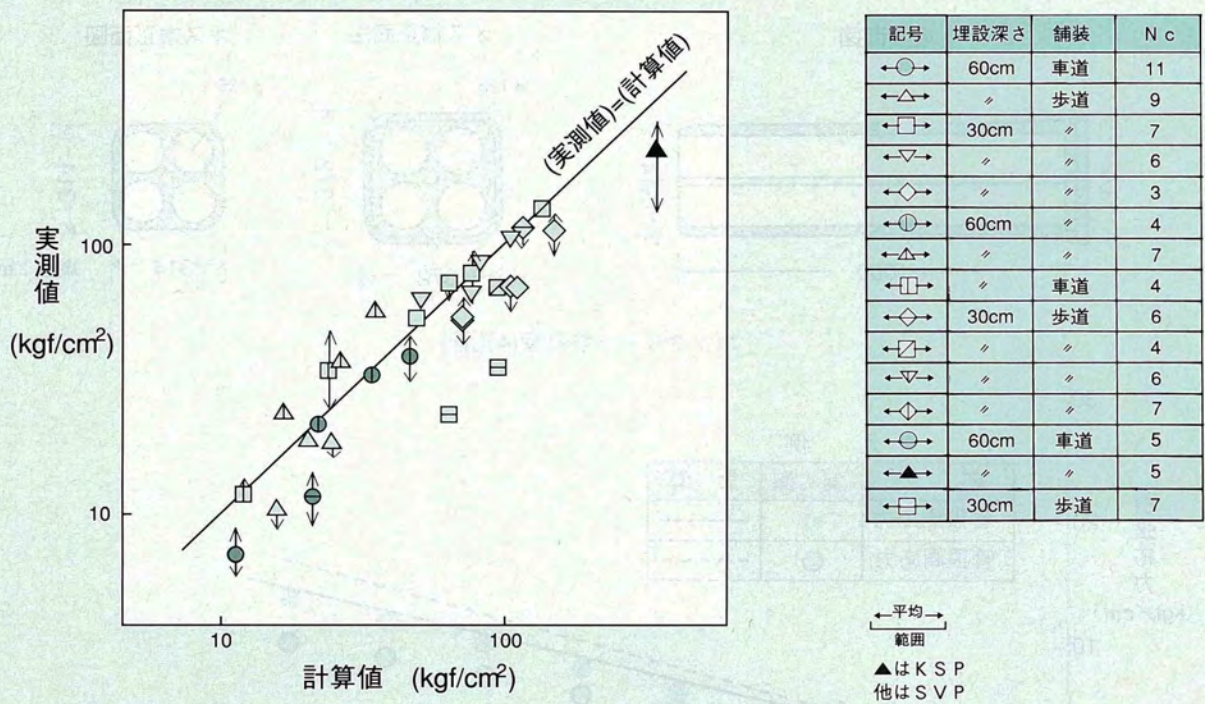


図2-1-6 断面が円形の防護管の管頂周応力（実測値と計算値の比較）

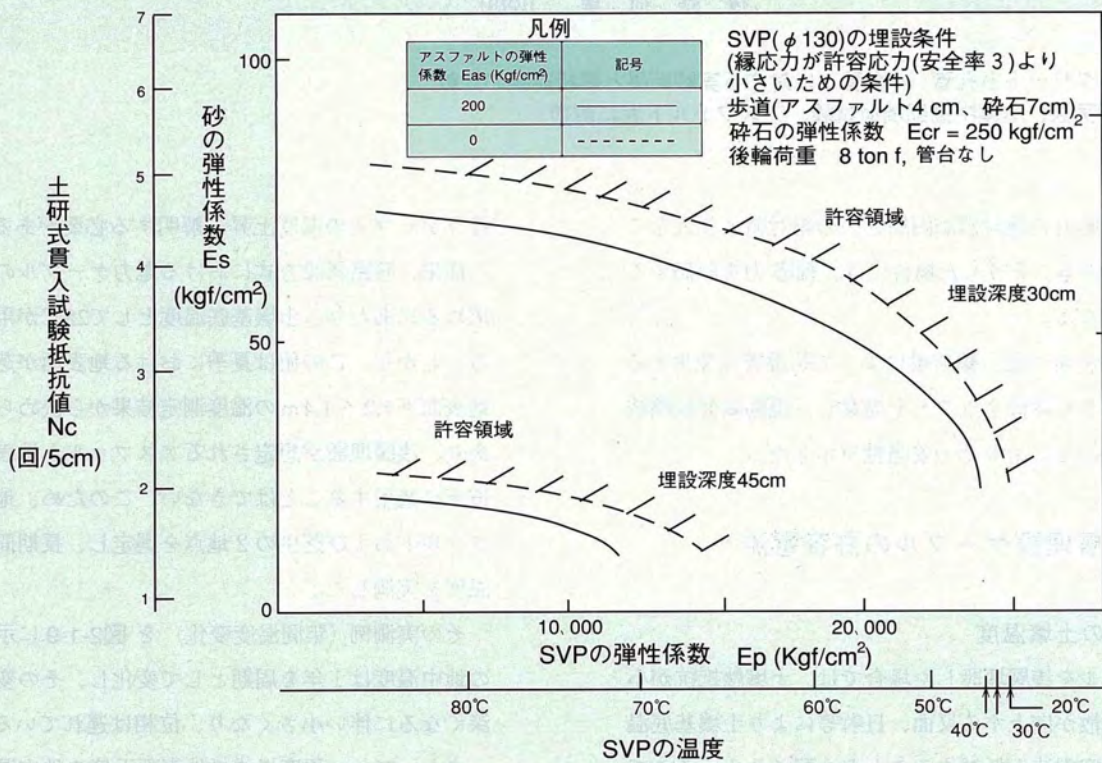


図2-1-7 SVP (φ130)の管頂周応力が許容応力以下であるための埋設条件

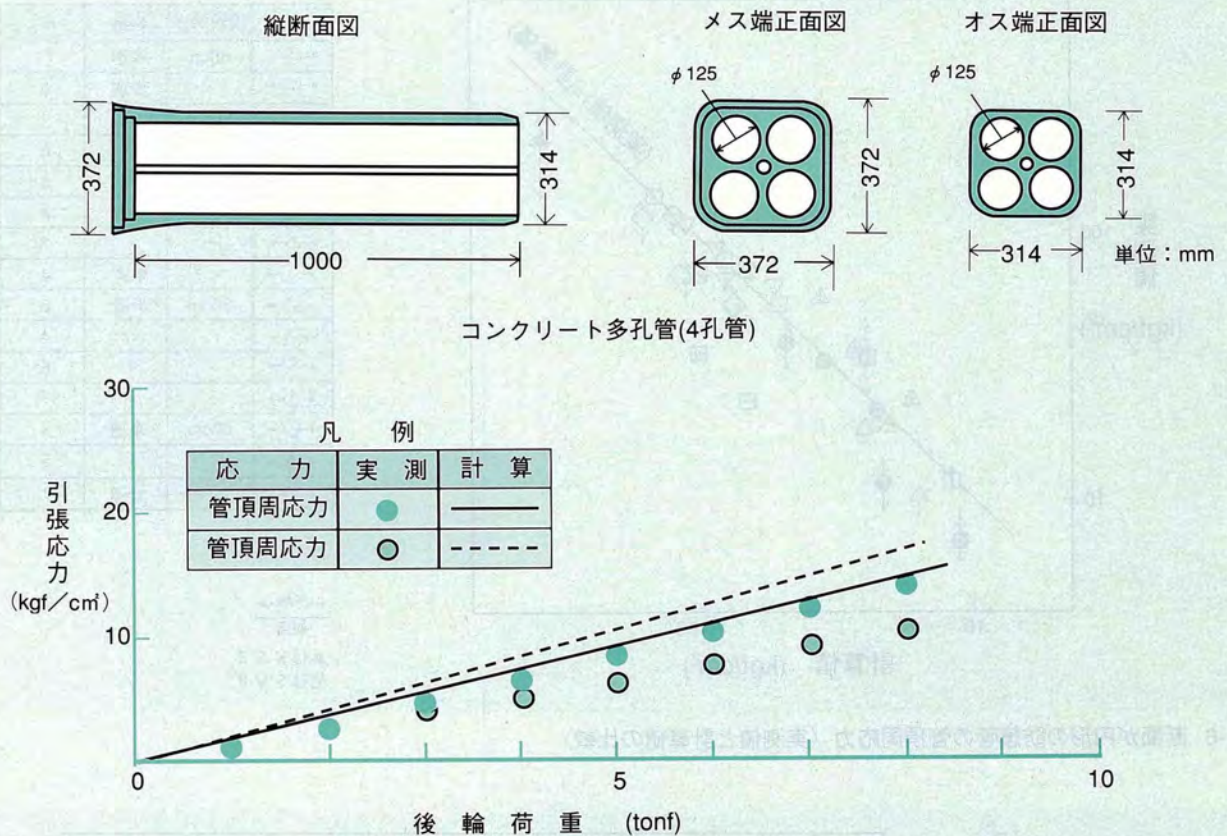


図2-1-8 コンクリート多孔管（4孔管）に対する実験結果と解析結果の比較  
（土槽実験、本体中央部載荷試験、アスファルト面に載荷）

場合には、軸応力の絶対値が円周応力の絶対値より大きくなる可能性がある。そうした場合には、軸応力を評価することが必要となる。

そこで当研究所では、輪荷重によって防護管に発生する軸応力の大きさを評価することを提案し、現場載荷試験結果と比較することによりその妥当性を示した。

#### 2-1-4 浅層埋設ケーブルの許容電流

##### (1) 浅層部の土壤温度

電力ケーブルを浅層埋設した場合では、土壤熱抵抗が小さくなり熱放散が向上する反面、日射等により土壤基底温度が上昇し許容電流が低減することが心配される。そこでアスファルト舗装下の土中温度を実測するとともに通電に

伴うケーブルの温度上昇を説明する必要がある。

従来、管路埋設方式における電力ケーブルの許容電流を求めるにあたり、土壤基底温度として25℃が用いられている。しかし、この値は夏季における地表面が芝生の場合の地表面下1.2～1.4mの温度測定結果から決められたものであり、浅層埋設が想定されるアスファルト地表面の舗装歩道下に適用することはできない。このため、地表面がアスファルトおよび芝生の2地点を選定し、長期間に亘る地中温度を実測した。

その実測例（年間温度変化）を図2-1-9に示す。各深さの地中温度は1年を周期として変化し、その変化の振幅は深くなるに伴い小さくなり、位相は遅れている。

また、30cm程度以浅の地表面近傍の地中温度は日射等の影響により日間においても変動し、地表面がアスファル

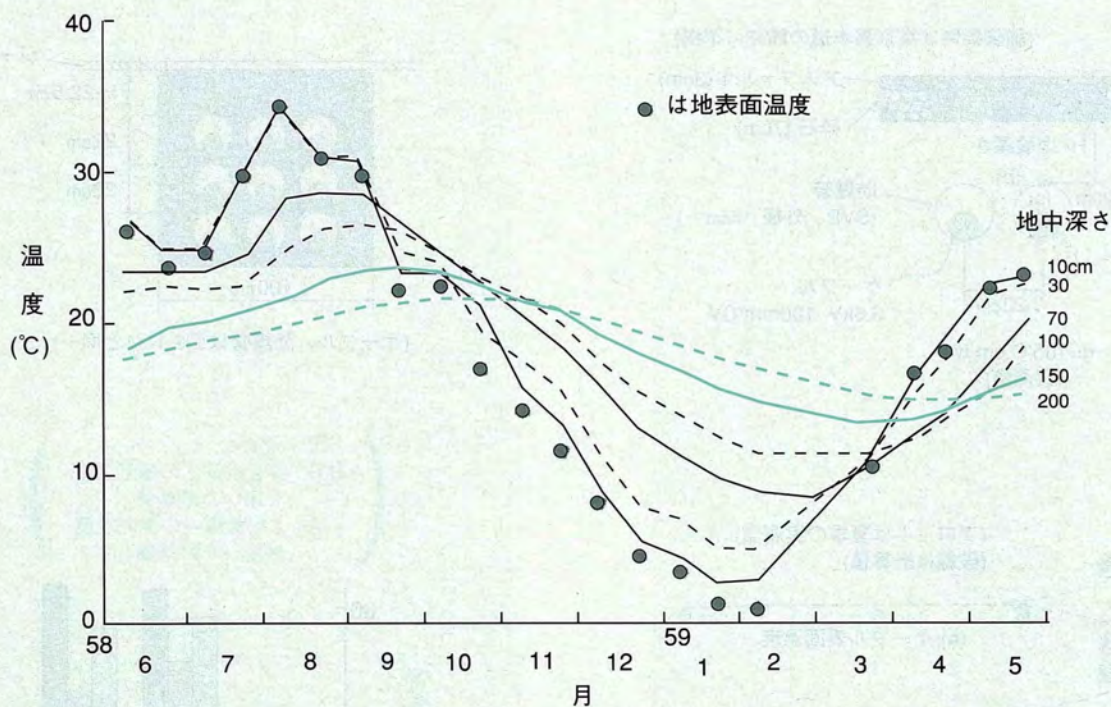


図2-1-9 地中温度の年間経時変化（アスファルト地表面）

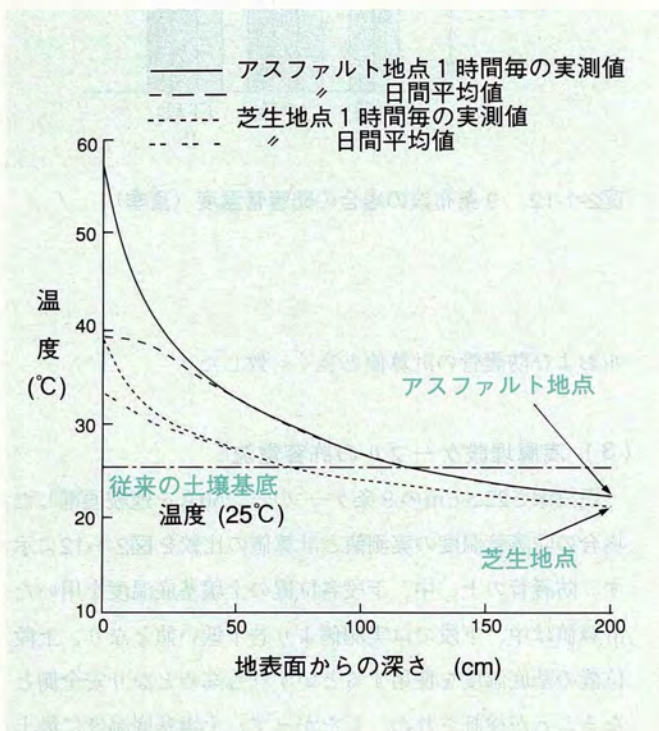


図2-1-10 地中最高温度の包絡線

トと芝生などでは、熱吸収、熱放散の度合いが異なることからその温度変動幅やピーク温度、平均温度が異なる。アスファルトおよび芝生両地点の各深さの1時間毎の実測値より得られた地中最高温度の包絡線と最高温度が得られた同日の日間平均温度を図2-1-10に示す。図のように両地点とも50 cm以深では最高温度と日間平均温度は殆ど変わらない。また、地中深さ70~30 cmの地中温度は芝生地点が25~29℃に対し、アスファルト地点では30~39℃と従来のケーブルの許容電流計算に用いられている土壤基底温度25℃と比べかなり高い温度となる。したがって、浅層埋設ケーブルの許容電流計算に用いる土壤基底温度としては、アスファルト路面の地中最高温度を基底温度として用いることが必要である。

## (2) ケーブルの温度上昇

ケーブルの通電時の温度上昇と周辺土壤温度の関係を把握するために種々の深さに管路埋設した2条および9条ケ

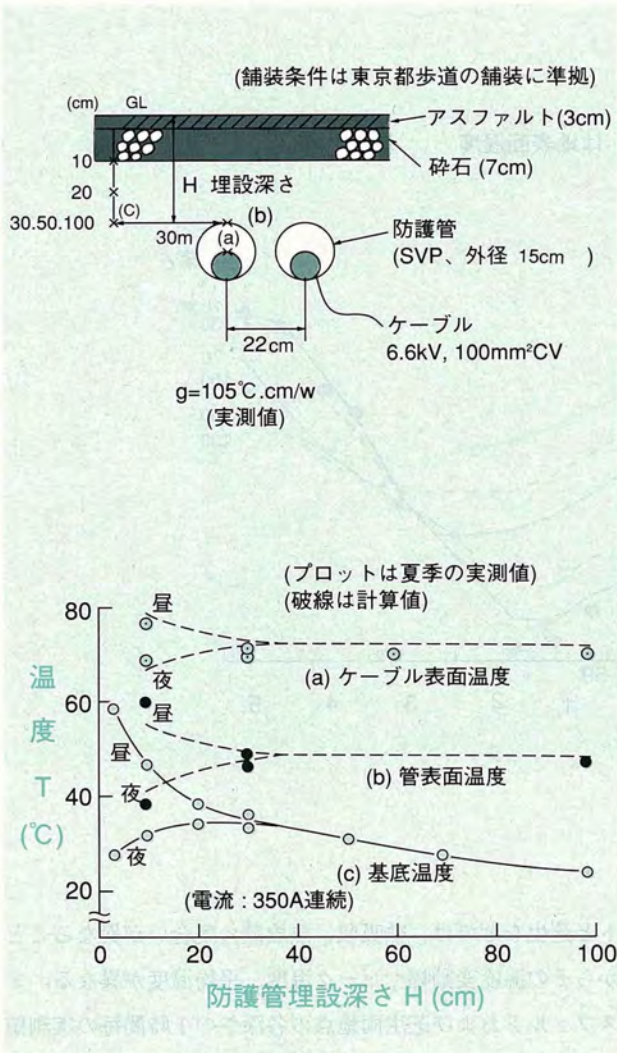


図2-1-11 浅層埋設ケーブルの温度上昇 (夏季)

ケーブルに通電し、ケーブルおよび防護管等の温度上昇を測定した。

埋設深さ10, 30, 60, 100 cmの深さに埋設したケーブル2条 (6.6kV, 100mm<sup>2</sup>CVケーブル)にそれぞれ350Aを連続通電した場合の夏季におけるケーブル、防護管、土壤基底温度の実測値を図2-1-11に示す。埋設深さ10 cmのケーブル、防護管の温度は基底温度と同様に日射の影響を強く受けて大きく日変化するが、30 cm以深では顕著な日変化はみられない。これら実測値は、各ケーブルの埋設深さの土壤基底温度の実測値を用いて従来計算法で算出したケーブ

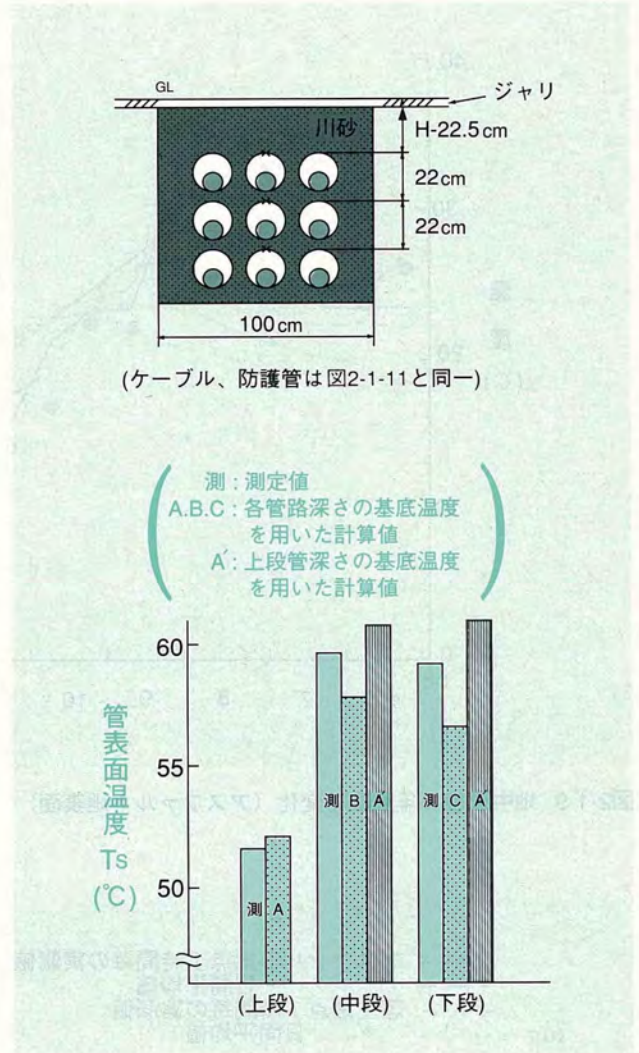


図2-1-12 9条布設の場合の防護管温度 (夏季)

ルおよび防護管の計算値と良く一致した。

### (3) 浅層埋設ケーブルの許容電流

埋設深さ22.5 cmの9条ケーブルに250Aを連続通電した場合の防護管温度の実測値と計算値の比較を図2-1-12に示す。防護管の上、中、下段各位置の土壤基底温度を用いた計算値は中、下段では実測値より若干低い値となり、上段位置の基底温度を使用するといずれも高めとなり安全側となることが検証された。したがって、土壤基底温度に最上段ケーブルと同一深さの土壤温度 (夏季) を用いれば、浅

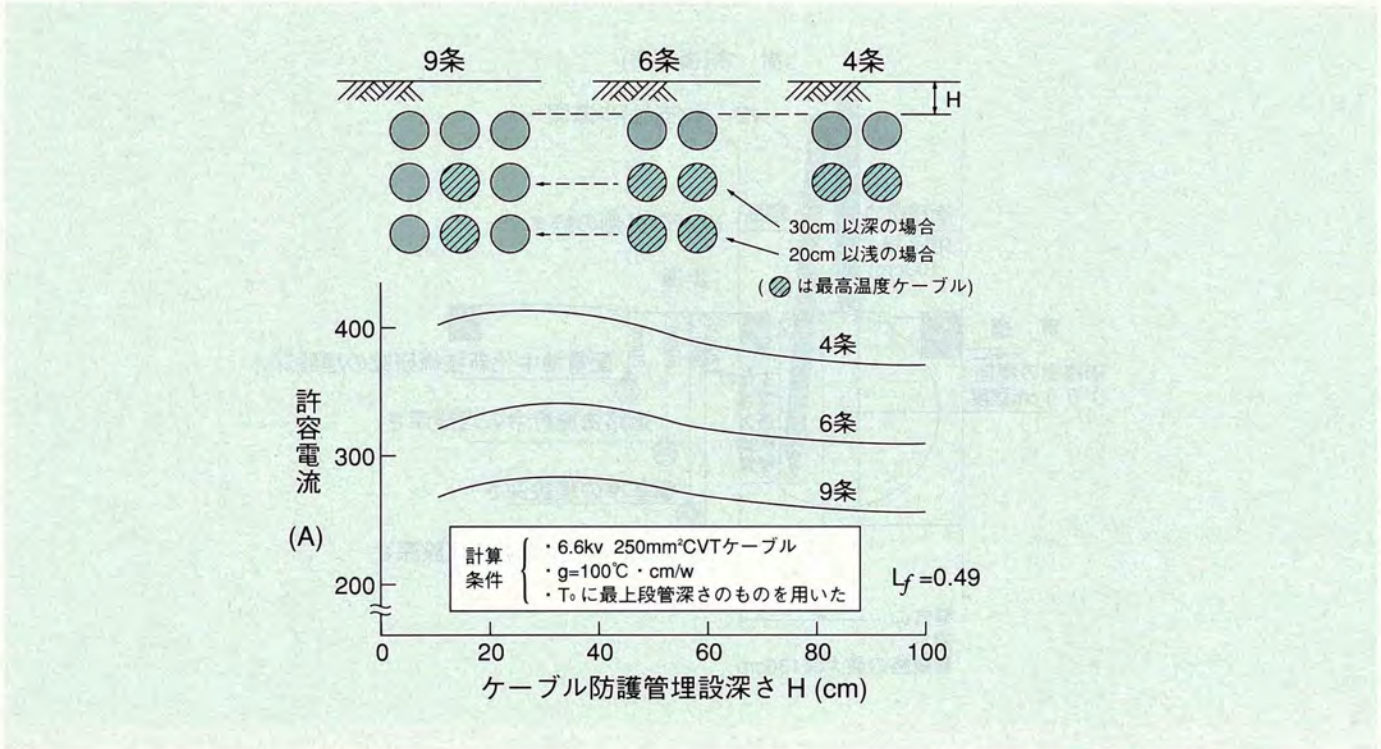


図2-1-13 浅層埋設ケーブルの許容電流（計算例）

層埋設ケーブルの温度上昇計算には従来の計算式が適用可能であることが判明した。

これらの結果をもとに4, 6, 9条を埋設した場合のケーブル許容電流の試算例を図2-1-13に示す。いずれの条数でも許容電流は埋設深さ30cm付近が最大となる。従って、許容電流の面からの最適埋設深さは30cm程度であることが明らかとなった。

## 2-1-5 合理的な埋設深さに関するその他の要因に対する検討

### (1) 周辺地盤の沈下が防護管の健全性に及ぼす影響

周辺地盤の沈下などにより、防護管が周辺地盤に対して突出した状態になると埋設管には平坦な場合より大きい土圧が作用する。この土圧による管の安全性を検討した結果、30cmに埋設されたSVP、KSPの場合には常に安全性が保たれていること、60cm埋設まで考えても、ほとんどの場合、管の安全性が保たれることがわかった。

### (2) 舗装の打換え工事における既設防護管の健全性

当研究所で行った試験結果によれば、舗装打換え工事における道路工事機械の輪荷重に対しても、防護管の安全性は保たれる。また、掘削用の機具やコンクリートブレーカーに対してもかなりの抵抗性がある。しかし、この他にパワーシャベル等の舗装はぎとり用の重機に対するすき取り厚さの適切な設定などの課題が残されている。これらの問題の解決は、各地で行われている施工方法の実態を把握し、個々に対応を考えていくべき課題であると思われる。

### (3) 過積載車両の問題

道路法上の道路を通行する車両の輪荷重については車輛制限令によって5トン以下と定められている。しかし、現実には輪荷重が5トンはおろか道路橋示方書で定めた8トンも越える過積載の車輛が存在するという報告がある。過積載車両に対して防護管を守るには、過積載車両に対する安全率を設計輪荷重に対する安全率より小さくすることがひとつの方法と考えられる。

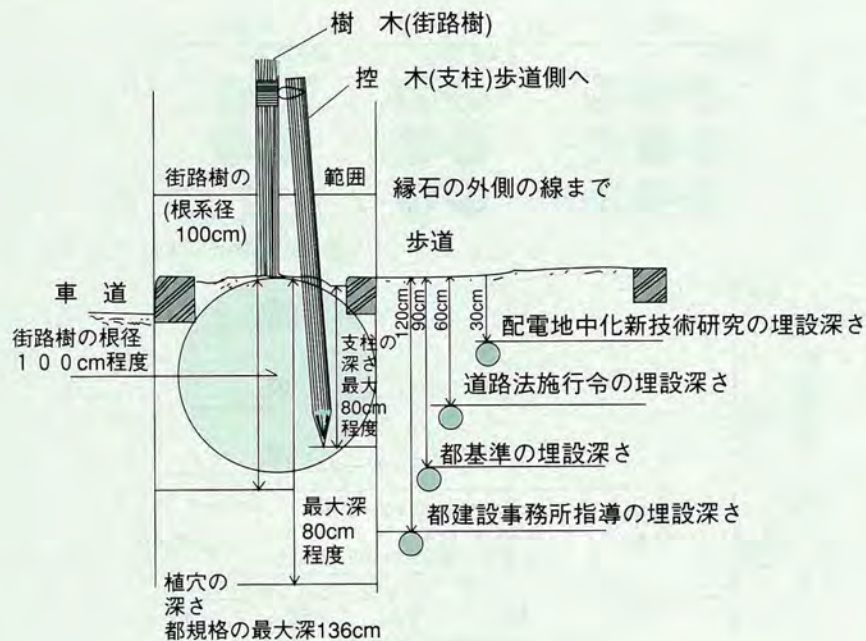


図2-1-14 植樹帯および歩道地下のケーブル埋設深さの規定の範囲

#### (4) 埋設管の存在が舗装に及ぼす影響

道路下の埋設物によって著しい舗装路面の沈下、破損が生じた場合、道路機能の低下につながり、このことが道路管理上の問題点として懸念される。

当研究所における試験結果によれば、SVPやKSPのような比較的たわみ性の大きな管の場合、埋戻し土の相対密度をある程度大きくすれば、防護管の埋設が道路面の沈下を促進することはない。しかしコンクリート管のように比較的剛な防護管が浅層に埋設された場合については埋戻し土の締め固め効果により影響がどの程度軽減されるか未解明な点がある。

#### (5) 街路樹その他の共存

街路樹が植栽される植樹帯は、道路緑化技術基準により、歩道と車道の中間に縁石によって区画される。その境界は、縁石の外側線までとされ図2-1-14に示すものとされている。植樹帯の地下スペースは根系に必要な土壌容量を確保するために、少なくとも深さ1m、直径1m以内は地下構造物を

排除することが望ましい、とされている。これは街路樹の根系の大部分がこの範囲に分布していることによっている。支柱の規格では、その最大深さが80cm程度であり、植穴の規格では最大深さが1.36mである。これらのことから防護管を植樹帯の下部に埋設する必要がある場合は、深さ1.5m以深に指導されることが多いようである。

以上のことから、配電地中化を行う歩道で植樹帯、特に街路樹と共存するためには、地中埋設物のスペースの他に1m程度の歩道幅が必要となることが分かる。また、街路樹の根系にとってはキャブのような連続したコンクリート壁より、管路式、それも極力浅層化した方がよいものと考えられる。その他、地下には種々の埋設物があり、これらとの共存を図っていく必要がある。このために、地下埋設物の埋設位置を条令等で指定している自治体もある。特に下水道管は自然勾配によって流れを確保することから、浅層埋設となった場合には従来と異なるところで競合が起ることも予想されるので現場条件を勘案し関係者で十分調整を行い進めることが重要である。



## 2-2 地中埋設機器のコンパクト化

### 2-2-1 研究の背景

地中配電機材は設置環境が架空のそれと比べ熱的、電氣的に劣ることから（図1-1-2参照）、機器およびそれを収納するハンドホールを大きくするなどの対策がとられており、コスト高となっている。このため、図2-2-1に示すような各種の手法・技術を用いて、温度上昇および電気性能面等の所要性能を考慮しつつ地中配電機材のコンパクト化を図ることは機材費ばかりでなく、その付帯工事費の低減に有効である。また、これは今後予想される歩道下など狭隘なスペースへの設置の可能性も拡大する。

熱的な面では、地中変圧器は熱放散が悪いことから、変圧器の巻線を太くするなどの発生熱を極力低減する方策やこれを設置する地下孔やハンドホールを大きくするなどの対策が行われている。今回、ヒートパイプという新技術を適用して小型地中変圧器を開発することとした。

また、高圧ケーブルの接続は導体相互を圧縮スリーブで接続する着脱不可能な直線接続のみで行われている。このため直線接続より施工性、故障点探査、事故復旧など保守・管理面で優れているケーブル接続システムとして着脱式小型高圧接続部および可とうケーブルを開発しハンドホールの小型化を図ることとした。

### 2-2-2 ヒートパイプを適用した小型地中変圧器の開発

#### (1) 地中変圧器の小型化

ヒートパイプを適用した小形地中変圧器は、都市内の電

灯、動力負荷の共用を考慮し、30+70kVAの異容量V結線タイプとして、歩道下への設置を考慮し、極力細径化することとした。

変圧器細径化の問題点として、無負荷損、負荷損および

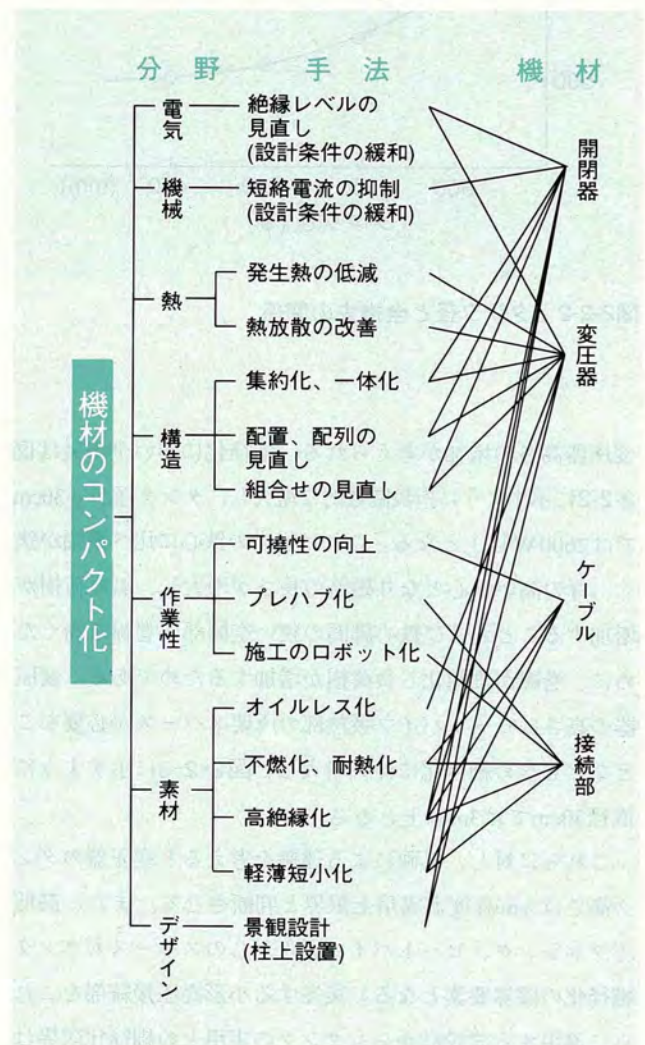


図2-2-1 地中化配電機材のコンパクト化の手法

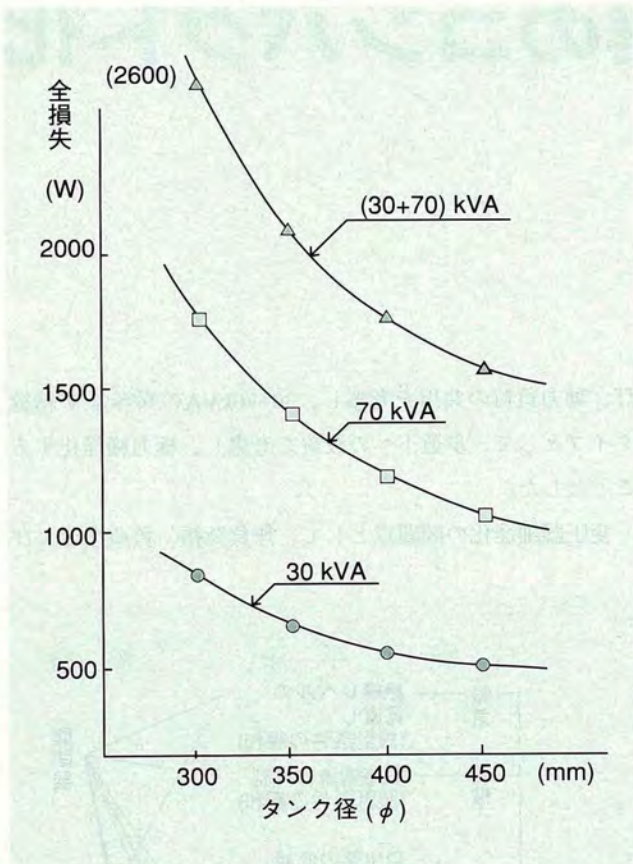


図2-2-2 タンク径と全損失の関係

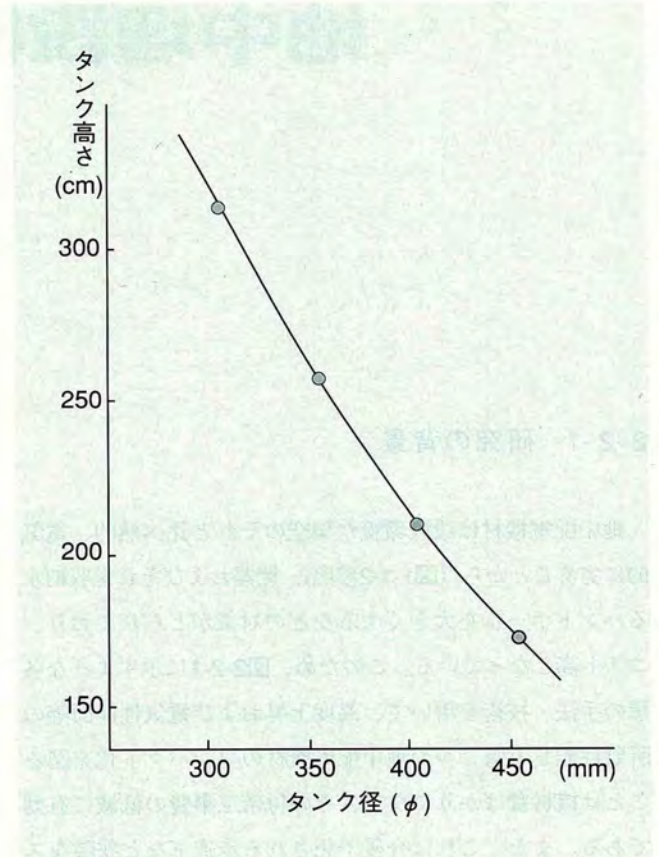


図2-2-3 タンク径とタンク高さの関係

変圧器高さの増加が考えられる。細径化に伴い全損失は図2-2-2に示すように指数関数的に増大し、タンク径が $\phi$ 30cmでは2600W以上となる。これは従来の鉄心に比べ横幅が狭く、背の高い鉄心となり磁路の長さが増大し、無負荷損が増加することおよび鉄心脚間の狭い空間部に巻線を巻くために、巻線が細線化し負荷損が増加するためである。変圧器の高さはヒートパイプ吸熱部の所要スペースが必要なことなども含め細径化に伴い増大し、図2-2-3に示すように直径30cmでは3m以上となる。

これらに対し、車両による運搬を考えると変圧器のタンク高さは3m程度が実用上限界と判断される。また、高低圧ブッシング、ヒートパイプ引きだしのスペースもタンク細径化の限界要素となる。後述する小形高压接続部をこれらに適用する試設計からもタンクの実用上の細径化限界は $\phi$ 45cm程度であることが判明した。

## (2) 小型地中変圧器の構造

小型地中変圧器の内部構造を写真2-2-1に示す。70kVAの変圧器上部に30kVAの変圧器をのせた2段積み構造のV結線構造である。ヒートパイプは吸熱部と放熱部を分離し、吸熱部ヒートパイプ( $\phi$ 2.65cm)を変圧器タンク内上部の油中にコイル状に巻いて組み込んだ(3.58m $\times$ 2条)。放熱部ヒートパイプは現地にて吸熱部とプラグインタイプのヒートパイプコネクタで接続する。

高压ブッシングは、限流ヒューズを内蔵し、ヒューズ溶断表示を付属させたコンパクト形である。また、低压ブッシングもコンパクト形として新規に開発した。これらは後述する着脱式小形L形端末により高压ケーブルに接続される。また、低压ブッシングの配置を上下二段とし、作業性の向上を図るとともに、低压ケーブル引き込みの方向に柔軟性をもたせた。

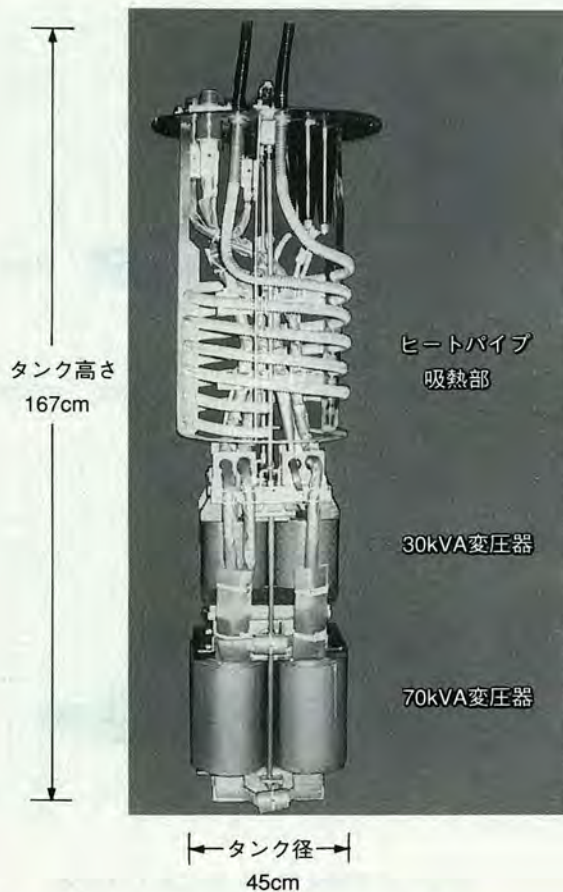


写真2-2-1 小型地中化変圧器の内部構造

### (3) 小型地中変圧器の性能

小型地中変圧器が所期の性能を有することを検証するために無負荷電流、無負荷損失、インピーダンス電圧、負荷損失などJEC-204に基づく電気的性能試験および参考試験として保護協調試験および短絡試験等を行い良好な性能を有していることを確認した。

## 2-2-3 着脱式小形高圧接続部および可とうケーブルの開発

### (1) 着脱式小形高圧接続部の小型化

#### 1) コネクタの細径化

現在6.6kV級配電用端末に適用されている着脱機能を有する接続方式としてプラグイン方式(さしこみ式)のコネク

タが挙げられる。このコネクタのコンパクト化には絶縁界面の長さの縮小のほか、コネクタの導体接触棒の直径の細径化が有効な方策である。

この細径化を実現するには導体部のほか着脱部の定格電流や短絡電流に対する健全性が要求されるが、これらは着脱部の接触子の接触面積、保持力に大きく依存する。

このためプラグイン方式のひとつであるルーバ(円形板バネ)接触方式をとりあげ、次の方策を適用して、実験的検討を行い接触抵抗の保持や接触面積を維持しつつコネクタの細径化を実現させ、導体接触棒の直径を18mmから10mm(幹線用)および8mm(分岐用)と約1/2に細径化した。

- 接続導体棒の細径化による通電接触面積の減少を防ぐために導体接続ルーバを従来の1段から2段とした。
- また、ルーバの片当りを防止するためにバネ強度を向上させた。

#### 2) 絶縁厚の低減

6.6kV端末接続部の商用周波耐電圧値、雷インパルス耐電圧値は電力会社の社内規格等では6.6kVVCVTケーブルと同等の性能が要求され、それぞれ35kV、95kVが採用されている。一方、端末絶縁材料のEPRシート(0.5~2mm)の商用周波破壊電圧は30~20kV/mmであり、接続部に成形した場合でも従来の6.6kV端末接続部を例にとれば商用周波破壊電圧、雷インパルス破壊電圧はそれぞれ50~55kV、-180~-190kV程度であることから、それぞれ7~8kV/mm、25kV/mm程度の絶縁強度を有している。

これらをもとに絶縁厚さを従来の7~8mmから5mm、絶縁界面の長さを従来の70mmから50mmに低減できるものと考え試作した。

開発した接続部の仕様および形状・寸法を表2-2-1、写真2-2-2に示す。接続部は分岐体(3分岐)およびこれに挿入するL形端末(エルボ)から構成され、エルボは150mm<sup>2</sup>(幹線用、400A定格)、60mm<sup>2</sup>(分岐用、200A定格)の6.6kVVCVTケーブルに接続される。

分岐体の導体間隔は7cmと現行の2/3に縮小し、エルボと組合せた接続部全体の仕上り形状を現行品の約3/4に縮小した。また、分岐体の形状は施工時に必要なケーブル引回

表2-2-1 着脱式小型高压接続部の基本仕様

項目	適用
形式	着脱式分岐接続部（L形接続部および3分岐体）
構造	内外半導電層、絶縁体の3層を一括成型（ゴムモールド） L形接続部は高压検電端子内蔵
電流容量(常時)	幹線側：400A（150mm <sup>2</sup> ）、分岐側：200A（60mm <sup>2</sup> ）
着脱性能	充電電流（60mA）着脱可能とする。但し、負荷開閉はしない
接続ケーブル	6.6 kV 150 mm <sup>2</sup> 、60 mm <sup>2</sup> CVTケーブル
適用箇所	多回路開閉器の負荷側（2次側）線路、変圧器、ケーブル
収納場所	ハンドホール内

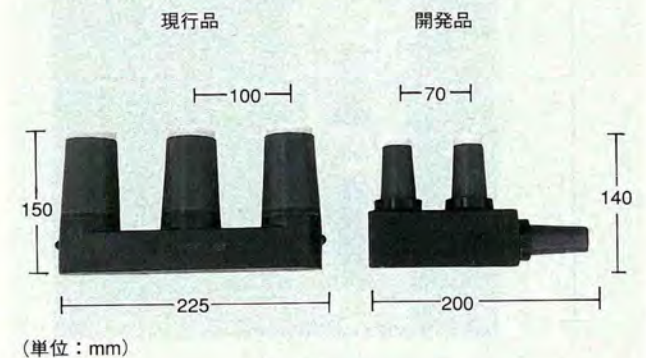
しスペースの確保を考慮し、現行の「山」形の形状から「F」形とした。

## (2) 可とうケーブル

現用配電CVケーブルの許容曲げ半径は導体等の曲げ剛性やしゃへい層に銅テープを使用していることなどから10d（dはケーブル外径）と定められており、ケーブル接続部または変圧器等機器へのケーブル引き回しはこの曲げ径以上の曲率を確保するためのスペースが必要となる。この所要スペースの低減および接続やケーブル引き回しなどの施工性を考慮し、導体にφ0.45mm細線、しゃへい層にφ0.26mm編組軟銅線を適用してケーブルの可とう性を向上させ、150mm<sup>2</sup>および250mm<sup>2</sup>、6.6kV CVTケーブルを試作した。試作したケーブルは曲げ半径5dで20往復曲げた後の解体調査の結果、導体、しゃへい層に異常は認められず、ケーブル剛性も従来ケーブルの60%程度（導体断面積250mm<sup>2</sup>）であり、150kV(AC)以上の絶縁破壊強度を有することを確認した。



(単位：mm) L型端末（150m<sup>2</sup>用）



(単位：mm)

写真2-2-2 着脱式高压接続部（L型端末と分岐体）

## (3) 小型高压接続部および、可とうケーブルの性能評価

開発した小型高压接続部および可とうケーブルを組合せた初期電気性能として部分放電特性試験（コロナ試験）、商用周波耐電圧試験、雷インパルス耐電圧試験により絶縁性能を検証するとともに短絡電流試験、定格電流温度上昇試験により通電性能を検討した。その結果、開発品の初期絶縁性能は設計値から予測された良好な性能を有していることが検証された。

また、本接続部は着脱式であることから、界面からの浸水による絶縁性能の低下が心配されるため、苛酷な実使用状態を想定した浸水下および高温・多湿条件下においてそれぞれ150サイクルのヒートサイクル試験を行ったが、試験履歴後においても開発品は所要の絶縁性能を有していることが検証された。



写真2-2-3 大口径（75cmφ）アースオーガによる掘削

## 2-2-4 小型ハンドホールの開発

### （1）ハンドホール小型化の問題点

変圧器の発生熱を効率よく放散させ、ハンドホールの小型化を図ればコスト低減が可能となるばかりでなく、ヒートパイプを短縮できる。また、歩道下への設置の可能性も拡大する。このため、小型地中変圧器を収納するハンドホールの小型化を検討した。ハンドホールの小型化を図る場合に考慮することは次の事項である。

- ①小型であること。（幅員が3～3.5mの歩道下に地中変圧器の設置を可能とすることを目標とする。）
- ②ハンドホールの建設および変圧器の設置が迅速・かつ簡易で経済的に優れていること。
- ③設置された変圧器の熱放散が良好であること。

これらを踏まえ、開発した設置方式の概要を図2-2-4に示す。変圧器は内径60cm程度の円筒形ハンドホールに収納し、変圧器の発生熱の一部は孔内空気による自然対流により放散される。地表部ハンドホールにはケーブル幹線から変圧器へ分岐する着脱式の小型高分岐装置を設置するとともに高分岐引き込みケーブルおよび低圧分岐装置と変圧器の低圧連絡ケーブルを布設する。なお、低圧分岐装置は別のハンドホールに設置する。また、ヒートパイプの接続部も地表部ハンドホールに収納する。ヒートパイプ放熱部は作動液の戻りを確保するために2～3%程度の勾配で布設した防

護管内に設置する。

### （2）小型ハンドホールの熱放散特性

ハンドホール内に設置された変圧器の熱放散を評価するため、試作した小型ハンドホールおよび地中変圧器を用いて、無対策およびヒートパイプを適用した場合の温度上昇実験を行った。これによりヒートパイプが良好な熱放散特性を有することを確認するとともにコンパクトな円筒孔においても孔内空気による自然対流による良好な熱放散効果が得られることが判明した。また、これらの温度上昇は導出した簡易な計算式による値と良く一致することを検証した（図2-2-4参照）。

### （3）小型ハンドホールの建設工法

地中変圧器タンクの収納円筒形ハンドホールの建設に、設置・施工の迅速・簡易性・経済性を考慮し、架空配電線の電柱建設用として用いられている建柱車を応用することを考案した。また、ハンドホールに市販のヒューム管(内/外径約60/75cm)を採用することとした。しかし、従来の建柱用のアースオーガ(約φ60cm)では収納ハンドホール孔径には及ばないことから、建柱車の力(トルク)と羽先の抵抗を考慮した約φ75cmの大口径アースオーガを開発し、当研究所我孫子研究所の構内系統および横須賀研究所構内の実験区域において本施工法による設置が迅速かつ簡易に行えることを検証した(写真2-2-3参照)。

### （4）ハンドホールの小型化

小形地中変圧器と前述した着脱式小型接続部、可とうケーブルを組合せた場合のハンドホールの所要寸法を求めるためケーブルの布設・接続などの作業性試験を実施した。その結果、地表部の作業用ハンドホールの寸法(内寸)は150cm×95cm×105cm(深さ)、その容積は2m<sup>3</sup>程度(下部φ60cm×150cmを含む)となり、従来の1/4～1/5に縮小が可能となった(図2-2-5参照)。このハンドホール巾は、上部ハンドホール部分を輪荷重強度T-20に耐えられるプレハブ構造とすれば外寸が110cm(壁厚7cm)程度となり、従来不可能であった歩道下に当該方式の設置が可能となる。なお、プレハブ構造化したハンドホールの重量は約1.4tである。

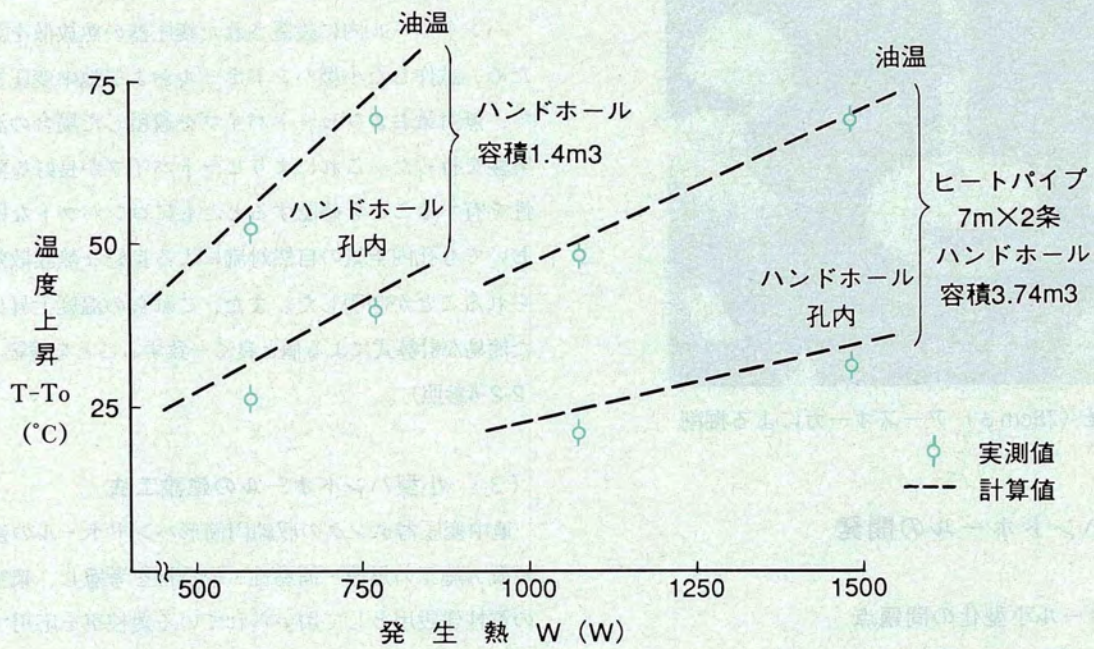


図2-2-4 変圧器温度上昇実測値と計算値の比較(一定発熱時)

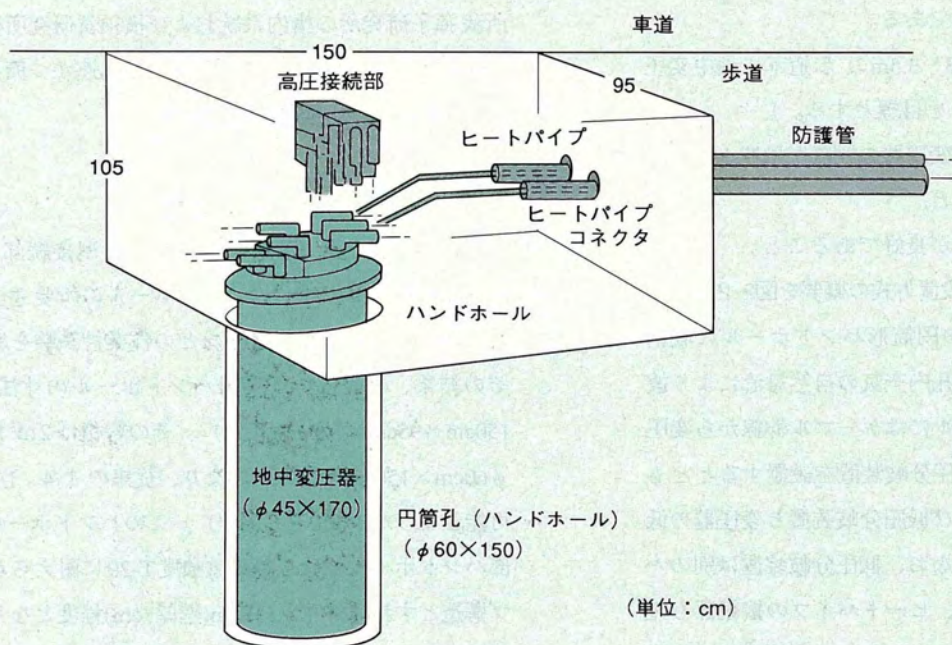


図2-2-5 小型地中変圧器の設置方式

## 2-3 コスト評価

### 2-3-1 試算モデル

前節で記したケーブル管路の浅層埋設技術、小型地中変圧器および小型高圧接続部を適用した場合の建設コスト低減への効果を試算するためにモデルシステムを設定し、コスト評価を行うこととした。

建設コストの評価を行うに当たって本研究のねらいとしている高低圧需要家が混在する地域を想定することとし、次の条件を設定した。

- ①ケーブルは歩道下管路埋設方式とし、機器は地中設置とする。
- ②ケーブルは4条とし、高圧・低圧各2回線とする。
- ③ケーブル防護管はSVPを使用する。
- ④変圧器・低圧分岐装置は50mに1ヶ所とする。
- ⑤高圧多回路開閉器は150mに1ヶ所とする。
- ⑥マンホールは300mに1ヶ所とする。

浅層埋設および地中変圧器の熱放散向上に伴うコスト低減効果を以下に示す。

### 2-3-2 建設コストの評価

#### (1) 浅層埋設による土木工事費の低減効果

ケーブル等の埋設深さを従来の基準値60cmから半分の30cm程度までに浅層化できる見通しを得た。この浅層埋設の経済的效果を現行の埋設深さ1.2mと比較検討した結果を図2-3-1に示す。同図にはケーブル布設コストの内訳を記してある。この土木工事費には埋戻しに必要な砂などの材料

費と掘削・埋戻しの工事費が含まれているが、ケーブルやその防護管などの機材費は含まれていない。土木工事費の中で舗装面の除去や復旧等の路面工事費が全体の約35%を占め、掘削・埋戻し工事費が約65%を占めている。浅層埋設によって、土留めが不要になり、また掘削・埋戻し量が低減することから、そのコストは現行の65%から約15%に低減する。一方、路面工事費は掘削中等に若干の縮小効果があるのみであり、浅層埋設となってもコストはほとんど低減しない。これらより、浅層埋設によるケーブル布設費は現行の約1/2に低減可能となる。なお、ケーブル布設費を一層コスト低減するには路面工事費を低減する技術の開発が効果的であることが指摘される。

#### (2) 地中変圧器の熱放散向上効果

地中変圧器の発生熱をヒートパイプによって効率よく外部へ放散し、地中変圧器の容積を現行の1/2以下に縮小することができる。さらに、熱放散がヒートパイプによって行われるため、変圧器を収納するハンドホールは極めて小さくすることが可能となり、現行の1/4~1/5以下の容積に縮小が可能となる。一方、逆に放熱のためのヒートパイプとそれを埋設するためのコストが必要となる。

地中埋設変圧器にヒートパイプをとりつけ熱放散を改善した場合のコストと現行コストの比較を図2-3-2に示す。図から、現行の場合は変圧器・低圧分岐装置の機器とハンドホールのコストがほぼ等しいことがわかる。これにヒートパイプを取り付ると変圧器費用は現行の1/2となるが機器全体のコストとしてはヒートパイプが加算される。なお、今回は低圧分岐装置のコストは一定とした。土木工事費はヒ

歩道現行埋設工法(4条) 歩道浅層埋設工法(4条)

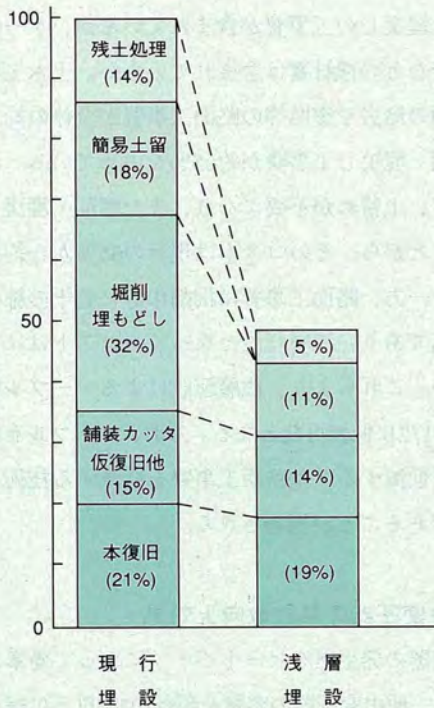
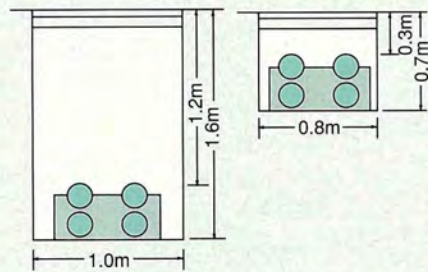


図2-3-1 ケーブル布設土木工事費の低減

ートパイプの埋設深さによって異なり、現行埋設深さの場合にはコストは約20%と見込まれるが浅層埋設では5~6%に低減されると見込まれる。この検討ではヒートパイプは単独に埋設することとしている。

なお、今回開発した小型地中変圧器のコストは路上変圧器（パッドマウント変圧器）の約1.3倍、土木工事費を含めたコストは約1.5倍と見込めることが試算された。

表2-3-1 配電地中化コスト分析表 (%)

	内訳	現行	新技術	備考
合計	計 (土木 機材)	100 (59 41)	57 (24 33)	浅層埋設の効果は全体で23%
ケーブル 布設	計 (土木 機材)	29 (20 9)	18 (9 9)	浅層埋設の効果
地下孔	計 (土木 機材)	9 (9 0)	6 (6 0)	余掘の削減効果
変圧器 低圧分 岐装置	計 (土木 機材)	54 (26 28)	25 (5 20)	コンパクト化+ヒートパイプの浅層埋設の効果 熱放散の改善によるコンパクト化
高圧多 回路開 閉器	計 (土木 機材)	8 (4 4)	8 (4 4)	

### (3) 総合コスト評価

現行の建設コストの内訳および上述した新技術適用時の建設コストを現行の合計を100として表2-3-1に示す。現行技術のコスト内訳は、土木工事費が全体の約6割、機材費が約4割である。また、ケーブル布設工事費が全体の約1/3、変圧器・低圧分岐装置建設費が約1/2となっており、低圧需要家の多い地域ではさらに変圧器関係のコスト比率が大きくなることを示している。

新技術適用時のコストは現行との差がそのままコスト低減率を表している。ケーブルの浅層埋設により土木工事費が半減し、ケーブル布設コスト全体の約2/3に低減している。また、ヒートパイプによる変圧器関係の機材費が約4/5、土木工事費が約1/5に低減している。

なお、地下孔については土留め壁を本体壁に活用することにより余掘りが削減され、地下孔コストが約20%低減することから、この分を見込んだ。また、高圧多回路開閉器は後述する短絡電流抑制装置の実用化により若干の低減が見込まれるが、ここではその効果は考慮していない。



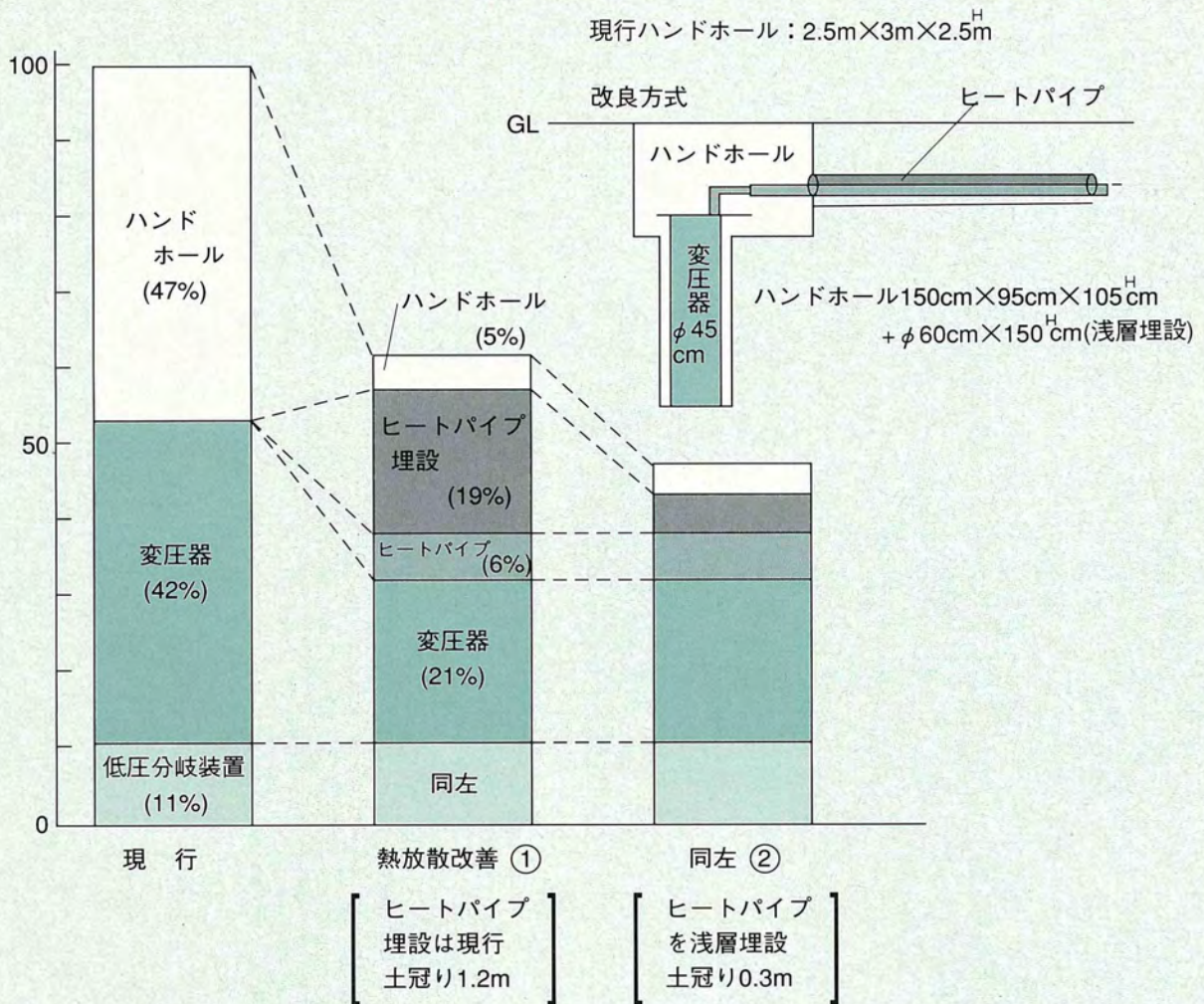


図2-3-2 地中変圧器の熱放散向上によるコスト低減

上のことから、全建設費のうち土木工事関連費用が35%低減しており、このうちケーブルおよびヒートパイプの浅層埋設による効果は約23%程度を占めており埋設深さの浅層化の効果が大きいことがわかる。その他の土木工事費低減はハンドホールの小型化によっている。

一方、機材費の低減はヒートパイプによる地中埋設変圧器の小型化によっている。これら土木工事および機材の両面からのコスト低減技術を適用することによって、配電地

中化建設コストは現行より約43%程度低減可能との見通しが得られた。なお、明確なコスト評価は難しいが、後述するU字溝（表層埋設）、短絡電流限流装置、埋設物の自動探査技術、簡易な土質調査法などの適用を考えに入ればコストはさらに低減するものと考えられる。また、配電地中化の合理的計画手法プログラムを用いれば、地中化のコスト低減のみでなく計画、設計に要する時間も短縮できるのでこの面でのコスト低減も考えられる。



第 5 章

都市景観等を考慮した  
地中配電系統の  
設計手法の開発



### 第3章 都市景観等を考慮した地中配電系統の設計手法の開発 ● 目次

粕江研究所 調査役 福留 渥  
開発部 電気利用技術研究室 主査研究員 吉光 司  
我孫子研究所 耐震部 耐震研究室長 岩楯 敞広  
横須賀研究所 電力部 新地中化研究室 主査研究員 伊藤 哲夫  
経済研究所 経済部 社会環境研究室 主査研究員 山本 公夫

3-1	地中配電系統の合理的設計手法 .....	43
3-2	街路と機器の景観設計手法 .....	48
3-3	景観を考慮した柱上変圧器の設置技術 .....	55

## 3-1 地中配電システムの合理的設計手法

### 3-1-1 研究の背景

配電システムの地中化に要する建設コストは歩道の有無など道路の状況、建物の大きさと分布の状況等によって大きく左右される。特に今後の地中化は、低圧需要が比較的多い地域にも拡大していくと予想され、地中化後の建て替え、新築など建物の変更が、建設コストに大きな影響を及ぼすことになる。

従って、地中化計画を策定するためには、個々の地域における道路、建物などの条件と、建設コストの関係を的確に把握しておく必要がある。これによってはじめて、地中化する地域や時期、最も経済的な系統構成方式等を決定できることになる。

本研究は、このような背景にあって、今後の合理的な地中化計画と系統設計に資することを目的として、地中系統の計画手法を開発した。

### 3-1-2 開発した系統計画手法の機能と特徴

#### (1) 計画手法の機能

開発した系統計画手法は、地中化を検討する地域について、道路と建物の分布状況等を電子計算機に入力すると、自動的に地中系統を設計し、予想建設コストを計算するものである。

#### (2) 計画手法の特徴

- 地中系統を設計する場合の基礎データである道路のルートや歩道の有無、幅員などの図形的情報を簡易な方法で

入力し、処理することができる。

- フィードポイントや地中化用機器の設置候補箇所など主要な設計上のパラメータを簡易な方法で図形的に入力し、処理することができる。

また、これらの入力条件を少しずつ変更することにより、設計者と計算機が対話をしながら、より低コストの解を見つけることができる。

- ケーブルルートや地中化用機器の設置箇所などは、上記で指定された条件の中から、自動的に決定することができる。
- 建物の建て替え、新築などによる需要の変更に応じた、系統のダイナミックな拡充プロセスを求めることができる。

これらの情報の大まかな情報の流れを図3-1-1に示す。ただし、同図は需要の変更を考慮しない場合の例である。

### 3-1-3 プログラムの適用

#### (1) ダイナミック計画プログラム

需要の変更を考慮して、これに応じた地中系統のダイナミックな拡充プロセスをを求める計画手法を具体化するものとして、前進型と後進型の2本のプログラムを開発した。

これらは表3-1-1のような機能と特長を有しており、目的に応じてそれぞれ単独にあるいはシリーズに（通常は後進型→前進型）適用されるべきものである。

#### ①後進型プログラムの機能

- 最終年度において必要とする地中設備の個数、設置箇所と供給エリア、地中ケーブルルート、工事費などを求める。

表3-1-1 前進型手法と後進型手法の機能分担

	ダイナミック計画手法		スタティック計画手法 (参 考)
	後進型	前進型	
目 的	長期計画全体の把握	至近年度の詳細計画	初年度の詳細計画
計算順序	最終年度 → 初年度	初年度 → 最終年度	初年度のみ
計算論理	最終年度を重要視 最終年度系統から不要 なものを削っていく	初年度を重要視 初年度系統から必要な ものを追加していく	年度間のつながりはない 初年度単独で必要とする 系統を求める
最適化手法	系統全体に対して最適 化手法を適用 開閉器、変圧器などの 機器数を最小	前年度からの変化分 に対して最適化手法を適 用 ※1 機器数は指定 系統構成変更箇所を最 小	系統全体に対して最適化手 法を適用 ※2 機器数は指定 ケーブル巨長を最小
求める解	最小限の機器数と系統 構成 再建設費（すべてを新 設と見なす）	系統構成変更箇所 増分建設費	系統構成 新設費

※1 後進型による結果に基づく。必要に応じて対話形式により変更

※2 対話形式により変更

- 上の結果を出発点として年度を逆向きに遡り、不必要な設備を省略していった時の各年度における設置量、供給エリアと工事費を求める。

②前進型プログラムの機能

- 地中化機器の個数と設置箇所を指定することにより、初年度における最適の地中ケーブルルート、供給エリア、工事費などを求める。
- 上の結果を出発点として、その後の需要増に対処するための最小限の系統拡充方法と増分工事費を求める。

③前進型と後進型の相違点

- 基本的には、前進型が系統設計の実務的な手順をできるだけ忠実にシミュレーションするのに対し、後進型は

系統計画の全体的な方針を掴むための仮想のシミュレーションである。

本プログラムが必要とする主な入力データおよびそれにより出力されるデータを表3-1-2に示す。

この計画手法における基本的な計算論理は、ケーブル布設可能なすべての候補ルートを図形的に入力し、①これをノードとブランチによるネットワークで表現して、②最短経路問題（The Shortest Path Method）を適用し、最短距離で負荷点に到達するルートを発見するものである。

(2) 適用例

ある実際の地中化対象地域について、まず後進型プログ

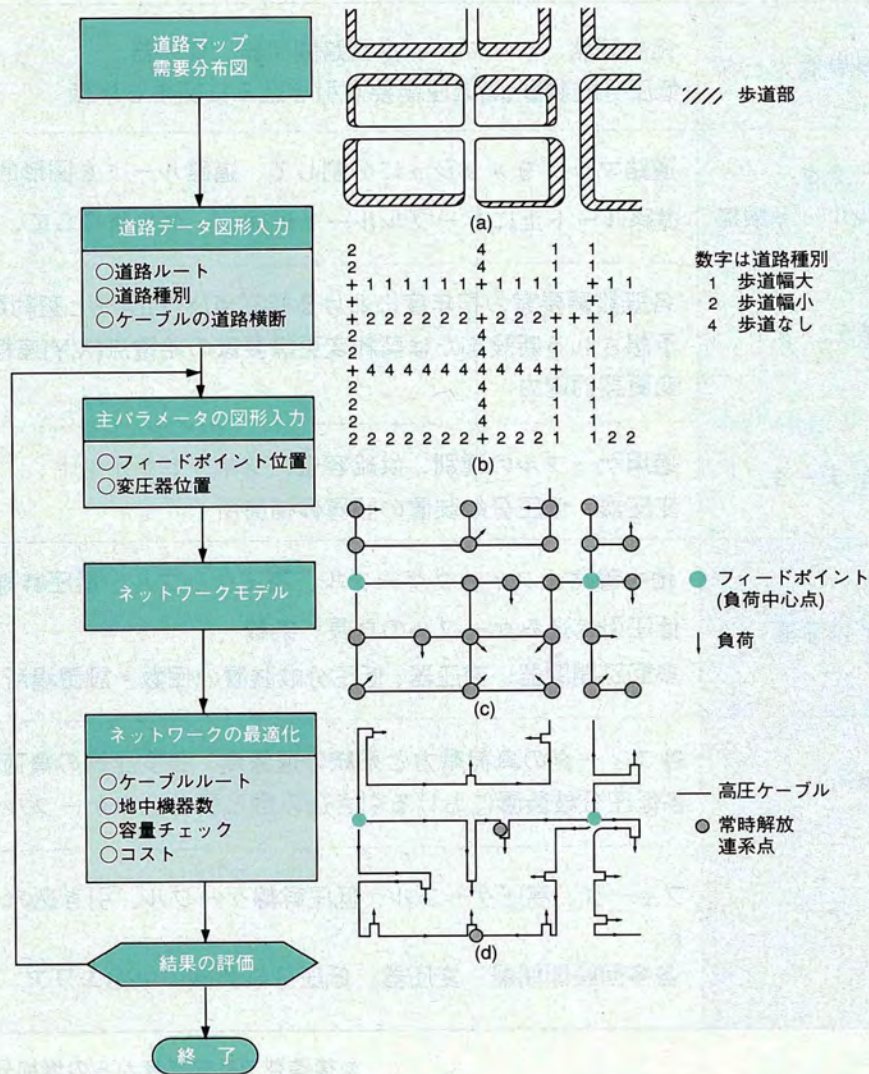


図3-1-1 計画手法の概要

ラムにより20年後を最終年度としたときの長期計画を求め、前進型プログラムによりその妥当性を詳細にチェックした。その結果、この地域に関し以下のような結果を得た。

- ①高圧系統については、10年程度先までに必要なフィーダ数を初年度に設置して、図3-1-2のように計画するのが良い。
- ②低圧系統については、後年度になると建物の建て替え等に伴って低圧需要が減少するので、可能な限り初年度の

機器数を切り詰めるのが良い。

### 3-1-4 まとめ

電子計算機は一意的に記述された問題を高速に解くことは得意であるが、系統計画のように高度な判断能力を必要とする問題にそのまま適用するには無理がある。しかしながら、もとの問題を単純化して与えてやる事ができれば、

表3-1-2 プログラムの入出力データ

入力データ	建設工事単価データ	地中管路、ケーブル、多回路開閉器、変圧器、 低圧分岐装置、高低圧需要家引き込みに関する単価
	道路ルートと ケーブルルート候補	道路マップをメッシュに分割して、道路ルートを図形的に入力 道路ルート上にケーブルルート候補データを重畳して、図形的に入力
	電力需要データ	各既設需要家の初年度における給電点(X,Y)座標と契約電力 予想される新設または契約変更需要家の給電点(X,Y)座標と 変更契約電力
	系統設計データ	適用ケーブルの種別、供給容量、フィードポイント、 変圧器、低圧分岐装置の設置候補箇所
出力データ	工事費と設備量 <sup>※</sup>	地中管路、フィーダケーブル、高圧ケーブル、低圧幹線ケーブル、 低圧引き込みケーブルの亘長・条数 多回路開閉器、変圧器、低圧分岐装置の個数・設置場所
	系統と負荷	各フィーダの負荷電力と系統の連絡点、各変圧器の負荷電力 各低圧分岐装置における引き込み数と引き込みケーブルの亘長合計
	ケーブルルート、 供給エリア	フィーダ、高圧ケーブル、低圧幹線ケーブル、引き込みケーブルのルート 各多回路開閉器、変圧器、低圧分岐装置の供給エリア

※後進型では前年度からの増加分、前進型では全量

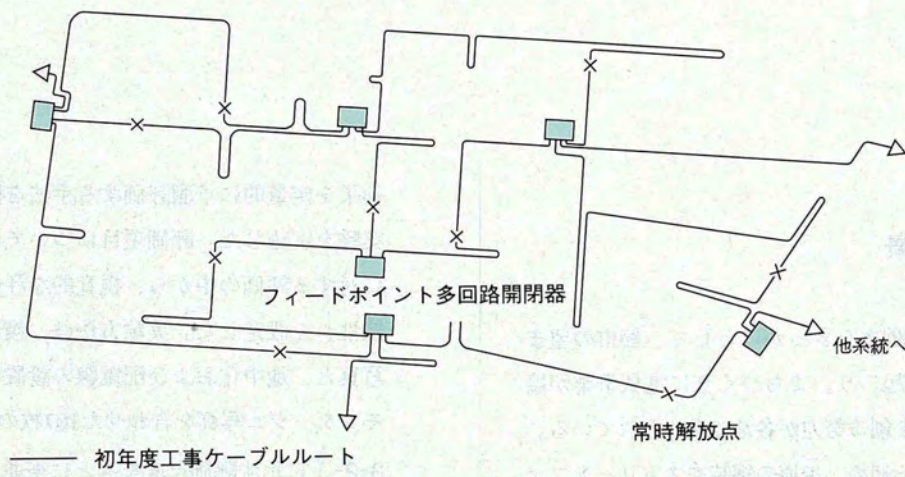
種々な条件を変えた数多くのケースを検討することができ、  
しかも誰がやっても同じ答えを得ることができる。

特に、長期計画においては、需要想定等不確定な要素が  
多いので、これらが系統設計に及ぼす影響を正しく評価し

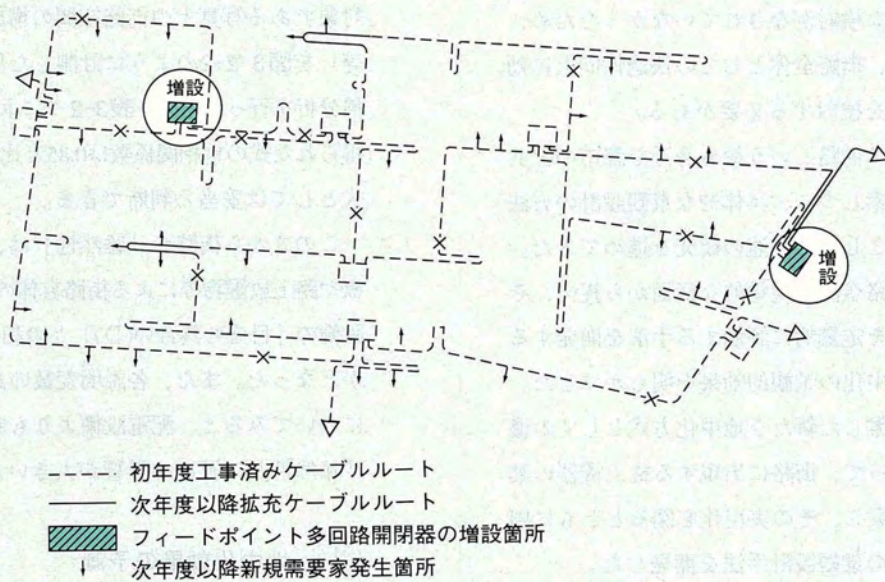
ておくことが重要である。

今回開発した手法は、系統計画問題の客観化や状況変化  
への的確な対応等、より合理的な判断を下すための一つの  
有力な材料を提供できるものである。





(a) 地中化初年度の高圧系統



(b) 最終年度(20年度)の高圧系統

図3-1-2 高圧系統の最適拡充計画計算結果

## 3-2 街路と機器の景観設計手法

### 3-2-1 研究の背景

最近、配電地中化の動きをきっかけとして、都市の望ましい姿に関する議論が起こり、まちづくりに電気事業が協力して快適な街路空間を創る努力が各地で進められている。

こうした配電地中化を初め、歩道の舗装やストリートファニチュアのデザインなどの景観設計は、街路のアメニティを高めるための効果的な方策である。しかし、従来の機器や設備については十分な検討がなされていなかったため、配電機器のデザインや、街路全体としての快適性向上に効果的な景観設計の方法を検討する必要がある。

そこで、当研究所では街路という最も身近な都市の公共空間のあるべき姿を模索しつつ、具体的な景観設計の方法を提案することを目的として、一連の研究を進めてきた。

そのために、まず街路空間を視覚的な側面から捉え、その街並みの「雑然性」を定量的に評価する手法を開発することによって、配電地中化の景観的效果を明らかにした。さらに、当研究所で考案した新たな地中化方式としての機器の柱上設置方式によって、街路に出現する柱上機器の具体的なデザイン案を提案し、その実用化を図るとともに周辺街路と調和する機器の景観設計手法を開発した。

### 3-2-2 街路の「雑然性」の評価と地中化効果の予測

#### (1) 街路の景観評価

配電設備や看板など街路空間の諸要素が都市景観に与える影響の把握と、配電地中化によって期待される景観的な

効果を定量的に予測評価する手法を開発するために、心理実験を実施した。評価項目については、街路全体の快適性に対する評価の中から、視覚的な評価として街並みの「雑然性」を設定した。実験方法は、複数の街路タイプの現況写真と、地中化および配電線の設置状況を整備した場合のモンタージュ写真を合わせた107枚の評価対象を用いて、図3-2-1に示す評価尺度をもとに街並みの「雑然性」を10段階で評価した。

実験で得た「雑然性」に対する評価値を外的基準、評価対象である写真上の街路空間の構成要素（緑、看板、電柱等）を図3-2-2のように計測した値を説明変数として重回帰分析を行った結果、表3-2-1に示す景観評価式を導いた。得られた式の重相関係数は0.85と比較的高く、心理量を扱う式としては妥当と判断できる。

この式から街路の「雑然性」は、配電設備を除去した看板や路上放置物等による街路自体の「雑然性(S)」と、配電設備の「目立ち具合(D)」との和で定義されることが明らかとなった。また、各説明変数の式に対する寄与の大きさについてみると、配電設備よりも看板や路上放置物の方が「雑然性」に及ぼす影響が大きいことが示された。

#### (2) 地中化効果の予測

地中化等配電設備の整備効果は、現状の「雑然性」(写真3-2-1)に対する整備後の「雑然性」(写真3-2-2)の比として捉えることができることを明らかとした(図3-2-3)。これにより、配電設備以外の看板や路上放置物等の要因によって現状の「雑然性」がかなり高い街路では、地中化の効果は相対的に低くなると判断できる。

以上の結果から、配電線地中化の景観的效果の定量的な

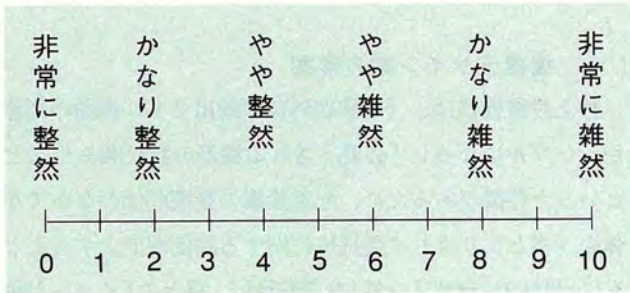


図3-2-1 街路の「雑然性」の評価尺度

表3-2-1 街路の「雑然性」の景観評価式

$$\begin{aligned}
 E &= -0.02 \times (\text{樹木量}) (\text{面積}\%) \\
 &+ 0.15 \times (\text{看板量}) (\text{面積}\%) \\
 &+ 0.16 \times (\text{路上放置物}) (\text{面積}\%) \\
 &+ 0.19 \times (\text{電柱量}) (\text{本数}) \\
 &+ 0.07 \times (\text{空を背景とした電線量}) (\text{本数}) \\
 &+ 3.56
 \end{aligned}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} S \\ \\ \\ D \end{array}$$

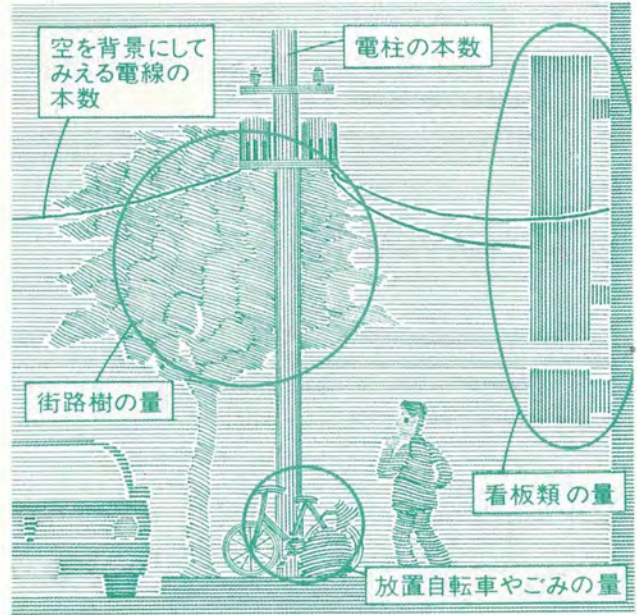


図3-2-2 街路空間の構成要素



写真3-2-1 現状の街路景観 (雑然性7点)



写真3-2-2 地中化後の街路景観 (雑然性5点)

予測が可能となり、これを用いることによって複数の街路間での地中化優先度の検討や、街路樹を増やすなどの他の空間設計の方法との効果比較に役立てることが可能となった。

### 3-2-3 柱上設置機器の景観設計手法

柱上設置機器とは、当研究所で開発した新しい配電線地

中化方式に用いる配電設備であり(図3-2-4)、この方式は今後の配電線地中化を進める際に問題となる機器の設置場所の確保に対応できるものと期待される。

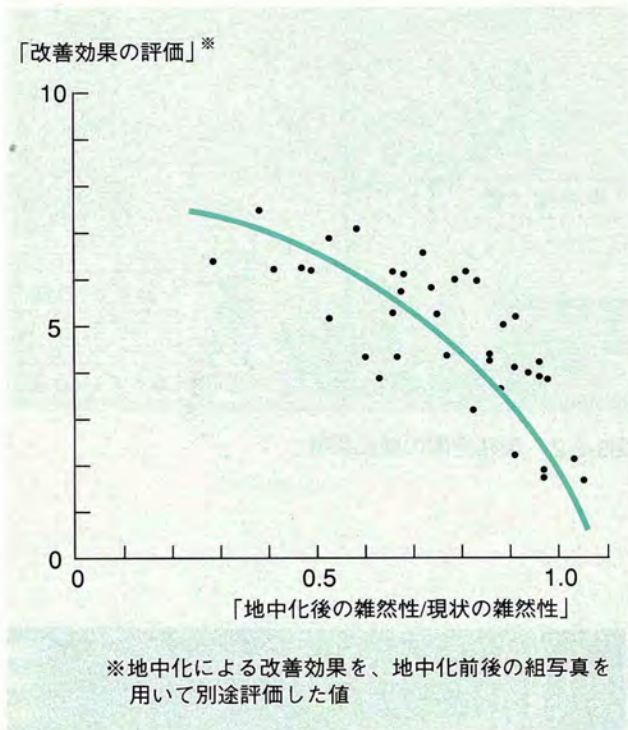


図3-2-3 地中化による景観改善効果

### (1) 機器デザイン案の考案

柱上設置機器は、「電線が外部に露出せずに機器の形態がシンプルになる」、「必要とされる機器の数が減る」、などといった特徴があるため、配電設備の景観評価のなかで単体の「まとまり性」や群構成に関する評価が向上するとともに、単体の「デザイン性」や「親近性」、場との「イメージ調和」をより高めるようにデザインを工夫することができる。

そこで、各種のストリートファニチュアのデザイン事例を参考にして、柱上設置機器の具体的なデザイン案を約50例作成した。さらに、都市街路の代表的なタイプである、繁華街とモールについてデザイン案をモニター・ジュ写真によって作成した(写真3-2-3, 3-2-4)。

### (2) 機器デザインの実用化

柱上設置機器のデザインの実用化を目指して、当研究所構内に設置した実規模モデル機器を対象にデザインの実施設計を行った。

デザインの目的については、様々なタイプの街路に適用できるように「融和」を選択した。ねらいとする景観効果は、表3-2-2に示すように「スマートな」、「軽快な」、

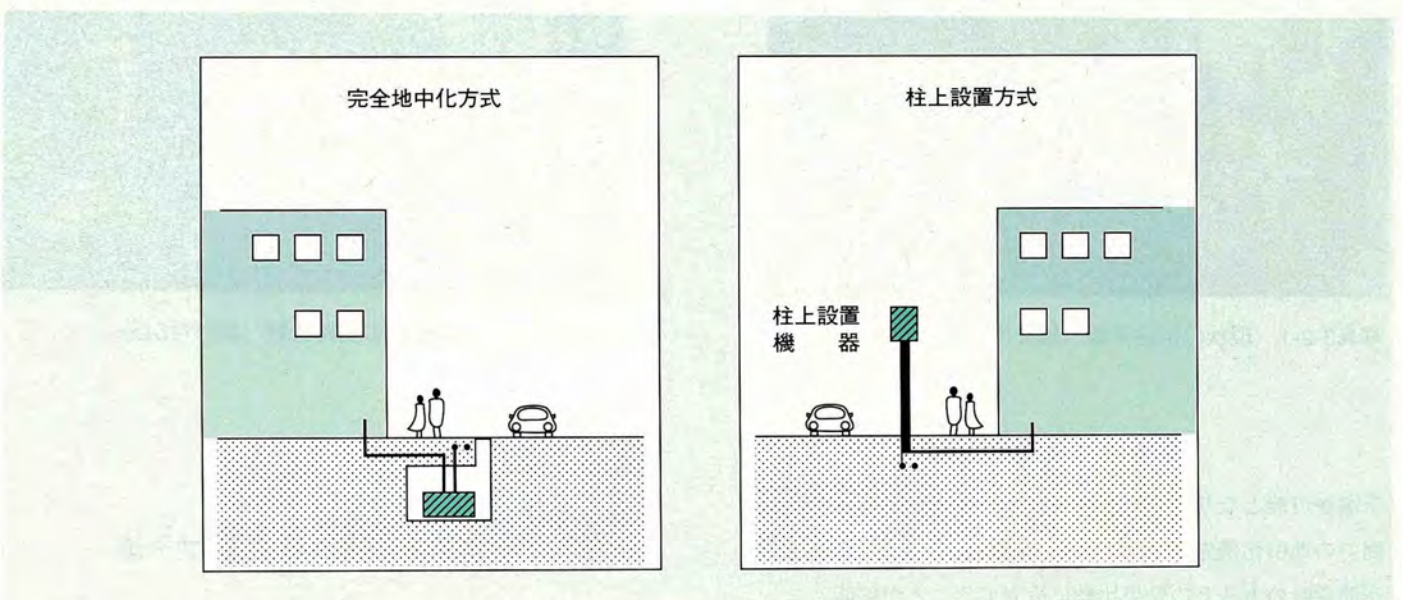


図3-2-4 柱上設置方式の概念図



写真3-2-3 繁華街でのデザイン案



写真3-2-4 モールでのデザイン案

表3-2-2 モデル機器のデザイン目的と景観効果

ねらいとする 景観効果	デザインのキーワード						
	シルエット	構造・組立て	素材・仕上げ	ボタン・図柄	装飾	付加機能	演出効果
スマートな	細長・ 幾何学形	柱 + 頂部	金属質、 鏡面仕上げ	ストライプ・縦線	x	x	白色照明
モダンな	流線形 幾何学形	一体型、トラス ・フレーム構造	金属質、 つやあり、面一	ストライプ・鋭角 斜め、流線型	x	---	白色照明 ネオン
どっしりと した	裾広がり シンメトリー	基壇	石質、金属質、 暗色	---	基壇	---	---
重厚な	シンメトリー 角型	三層構造	石質、金属質	---	オーダー	---	---
クラシックな	シンメトリー	三層構造	石質、金属質	---	古典的モチーフ、 オーダー、アイコン	---	演色照明
個性的な	有機的形態 凹凸	一体型	各種	有線の形態	各種	各種	各種照明 水、動き、音
軽快な	細長、透過性	トラス・ フレーム構造	軽金属、 鏡面仕上げ、 ペイント、明色	ストライプ、縦線	x	x	白色照明
すっきりした	幾何学形	一体型 柱 + 頂部	金属質	ストライプ、 ツートンカラー	x	x	白色照明
親しみのある	丸み、球形 屋根	柱 + 頂部	暖色	---	具象的	ベンチ、広告、 サイン、時計、 フラワーボット	動き
楽しげな	三角、球形	一体型 積木型	暖色、明色、 ペイント	カラフル、 幾何学形、丸	擬人化、ユーモア グラフィック	時計、サイン	動き、からくり 音
他のものに みせる	---	---	---	---	---	広告塔 電話ボックス ショーケース	---

x : 多くの場合対応しない    --- : 特定されない     : 試作モデルで考案した点

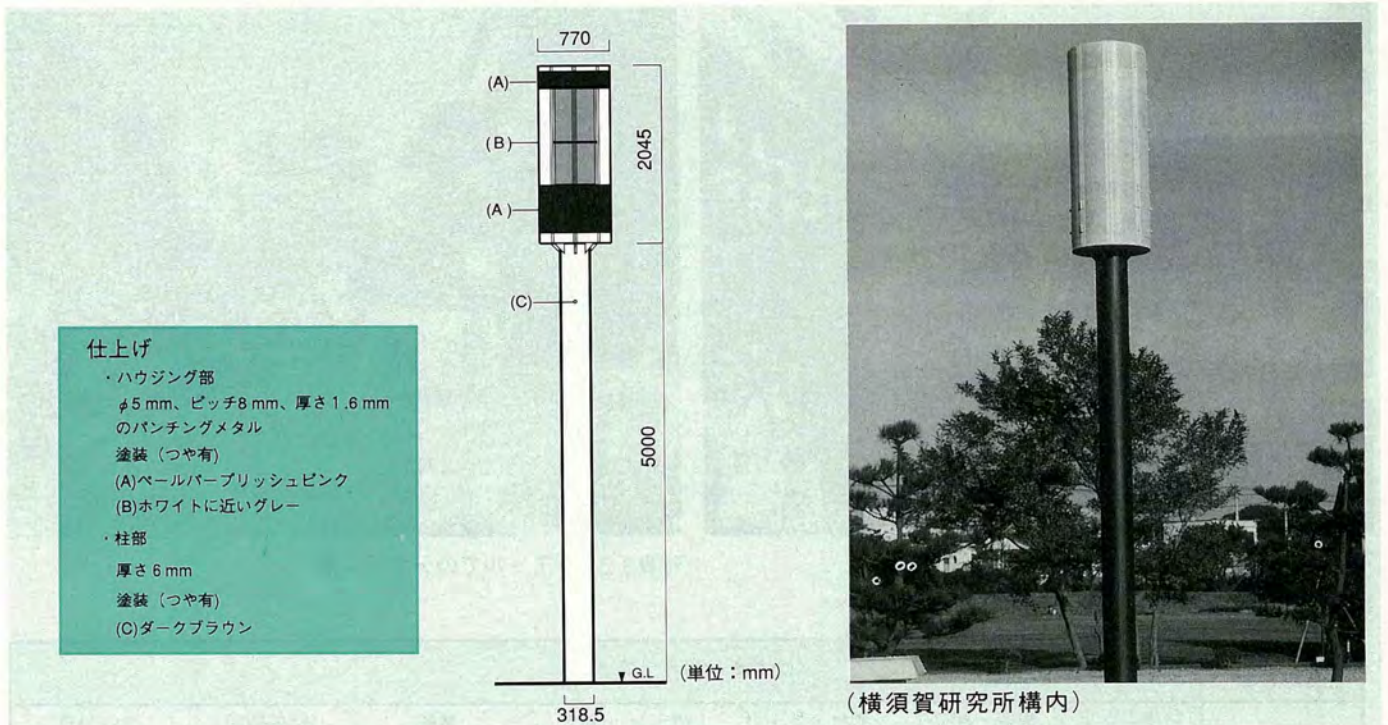


図3-2-5 モデル機器の概要

「すっきりした」とし、設置場所周辺がやや殺風景なところであるため「親しみのある」を加えた。

また、デザイン上の留意点として「ディテールの洗練」、「テクスチャの表現」、「ベースカラーとアクセントカラー」の3点を特に考慮した。

さらに、デザイン検討のうえでの機能上の制約として、

- 放熱のための必要換気面積を確保すること
- 点検用の扉を設けること
- 雨、鳥などの侵入を防ぎ、耐久性があること
- 施工性を向上すること

等が挙げられた。

上記を踏まえたうえで、様々な観点からデザイン案を検討した結果、図3-2-5に示す実施設計を得た。

作成した機器デザインには、つぎのような景観的な特徴が見られた。

- 点検用扉のおさまりや柱上部を支えるフィンなどディテールについては、比較的良好に納っており、すっきりとした

印象を与えている。

- 色彩については落ち着いた印象、安定感を与える。
- 照明機能をうまく付加する工夫が望まれる。

### (3) デザイン案の景観評価

(2)で示したモデル機器を基本型とした複数のデザイン案を、特徴の異なる街路に適用した場合の景観評価の傾向を把握するため、モンタージュ写真(スライド映写)を用いた心理実験を実施した。

その結果、柱上設置機器による地中化は、「整然感」、「落ち着き感」、「個性的」、「にぎやか感」といった評価が向上する傾向があり、新しい景観効果や魅力を街路に付加できる可能性がある。

さらに、色彩については全体的に柱部ブラウン、柱上部グレーのツートーン型の評価が高く、形状については柱上に1機をのせる基本型に比べて2機に分割し柱の両側に取りつけるタイプの方が全般に評価が高かった。

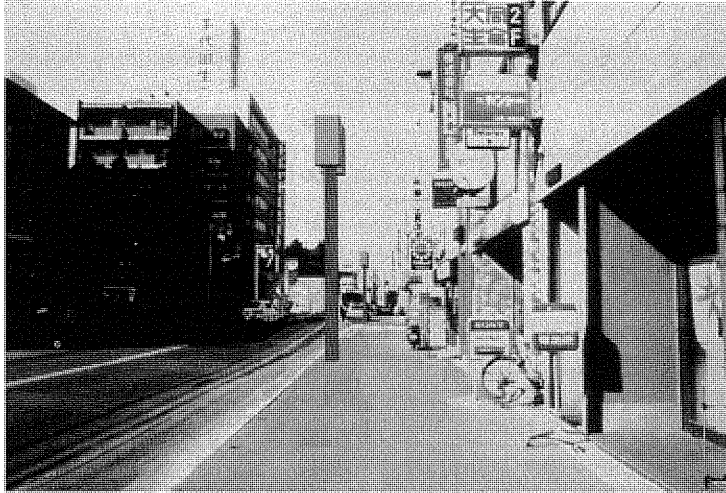


写真3-2-5 柱上設置機器の設置例（コンピュータグラフィックス）

以上により、総合的に評価の高かったデザインは機器部がグレーで柱がブラウンのツートンカラーの角型分割型であり、コンピュータグラフィックスによって実際の街路で示した例が写真3-2-5である。

#### （４） 柱上設置機器の景観設計手法

柱上設置機器モデルの景観的特徴や、それを基本型として行った心理実験による景観評価の傾向から、ほとんどの街路に適用できる標準的な柱上設置機器の実用化に際して、デザイン上考慮すべき点としてつぎのようなことが指摘できる。

- 柱の太さや柱上部の大きさについて、より一層のコンパクト化を図り、圧迫感について問題のないような大きさとする。
- 基本的な色彩としては柱部をダークな色、柱上部を明るいグレー等のツートンカラーとし、アクセントカラーについては適用する街並の基調色を考慮する。
- 街路の個性づくりに役立てられる柱上設置機器の景観効果の特徴を生かしたデザインを工夫する。
- 照明、信号、マップなどの付加機能をあらかじめ考慮したシステムデザインの方法を検討し、デザインのバリエーションを増やすとともにコストダウンを図る。

これまでは試作モデルを基本とした「融和型」の柱上設置機器のデザインについて検討したが、機器を街の雰囲気

づくりや個性を象徴するシンボルとしてデザインすることも考えられる。また、今後の街路空間デザインでは、街や地域の個性を表現することが求められている。

そこで、これまで述べてきたデザインの考え方や、試作モデルを基本としたデザインの評価傾向にもとづいて、柱上設置機器のデザインの方法を街路空間タイプごとに景観設計手法として図3-2-6に整理した。

#### 3-2-6 まとめ

今後、新たな地域への都市化の進展や都心の再開発などの中で、街の個性を尊重したより快適な都市空間を求める声はさらに高まっていくことであろう。都市の骨格を形成する街路は、同時に都市における人々の重要な活動の舞台でもある。その街路空間の快適性を高めるために、電気事業は配電設備の地中化の推進や新たなデザインの提案を通じて寄与している。しかし、既に述べたように、配電設備以外の様々な要素のデザイン、あるいは街路の使い方等、多様な主体が相互に連携・協力して空間設計を進めていくことが、街路空間のアメニティ創造には不可欠である。今後は、単に配電線の地中化を進めるだけでなく、まちづくりとしての街路空間設計を積極的に進めていくという姿勢が重要となるであろう。

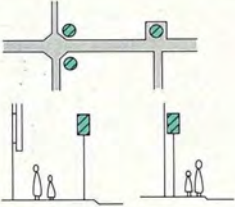
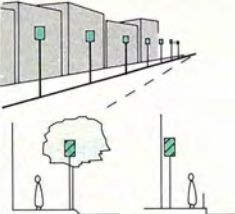

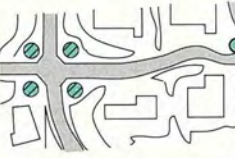
街路空間デザインのタイプ		柱上設置機器の設置場所の検討方法	設置場所の例	デザイン上配慮する点
A ショッピング モール整備	1 都市部繁華街		<ul style="list-style-type: none"> <li>●シンボル型で角地、ポケットパーク内に設置</li> <li>●2つの機器を一对のゲートとして設置</li> <li>●雰囲気づくり型で他のストリートファニチュアをまとめて設置</li> <li>●融和型、雰囲気づくり型で民地側に設置する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●モール全体のデザインモチーフに調和させる</li> <li>●様々な付加機能を考慮する</li> <li>●他のストリートファニチュアと色彩、デザインモチーフをそろえる</li> </ul>
	2 日常商店街	<p>●ポイント</p> <p>歩行者の回遊、様々な活動に邪魔にならない、あるいは印象に残りやすい場所に設置する</p>		
B 都心部街路 景観形成	1 表通り		<ul style="list-style-type: none"> <li>●融和型、雰囲気づくり型で歩車道の境に等間隔で設置</li> <li>●シンボル型で角地、広場内に設置</li> <li>●融和型で民地側、あるいは街路樹の間に設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●素材、ディテールの洗練に配慮した質の高いデザインとする</li> <li>●他のストリートファニチュアと色彩、デザインモチーフをそろえる</li> <li>●スリム化、コンパクト化をより一層はかる</li> </ul>
	2 支線、裏通り	<p>●ポイント</p> <p>街路景観の整然性を高めるような配置 歩行者に圧迫感を与えない位置に設置する</p>		
C 地区の個性 を生かした 道づくり	1 プロムナード型		<ul style="list-style-type: none"> <li>●雰囲気づくり型でプロムナード沿いに規則性を持たせて設置する</li> <li>●シンボル型で角地、広場内に設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●周辺地区の特徴を生かしたデザインモチーフを用いる</li> </ul>
	2 拠点・広場型	<p>●ポイント</p> <p>路線の連続性を感じさせる間隔(主な交差点ごとなど)に設置 広場型では他の造形要素との関係を考慮する</p>		
D 住宅地内の 街路整備	1 個建・低層 住宅地		<ul style="list-style-type: none"> <li>●シンボル型で主要な交差点、広場に設置</li> <li>●2つの機器を一对のゲートとして設置</li> <li>●雰囲気づくり型でブロック内の主要道に設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ヒューマンスケール、自然素材に近いテクスチャなどによって、親しみやすいデザインとする</li> <li>●信号やマップ計画、色彩計画の一環としてデザインする</li> </ul>
	2 中高層住宅地	<p>●ポイント</p> <p>ヒューマンスケールな屋並を阻害しないような場所に設置。 サイン計画上の要所となる交差点や広場に設置する</p>		

図3-2-6 柱上設置機器の景観設計手法



## 3-3 景観を考慮した 柱上変圧器の設置技術

### 3-3-1 研究の背景

配電地中化は需要密度が高く、かつ広い歩道幅員を有する地域で計画的に実施されているが、今後は狭隘歩道や歩車道の区別のない地域など機器の路上設置が困難な場所の地中化も要請されるものと考えられ、新たな機器設置方式が望まれている。

設置スペースを小さくでき、景観に適合する「配電機器の柱上設置方式」の景観設計手法を前節で述べたが、この

設置方式を実用化するにあたり、電気・熱・機械面などの技術的観点からの検討が必要となる。

このため、低圧需要家が多い地域で重要となる変圧器を対象として、本方式の技術課題を検討し、景観設計にもとづいた柱上変圧器およびその設置工法を開発した。

### 3-3-2 柱上設置方式の概要と検討課題

景観を考慮した柱上変圧器の概念を図3-3-1に示す。本方式では、前述した小型地中変圧器と同等以下のコストを目

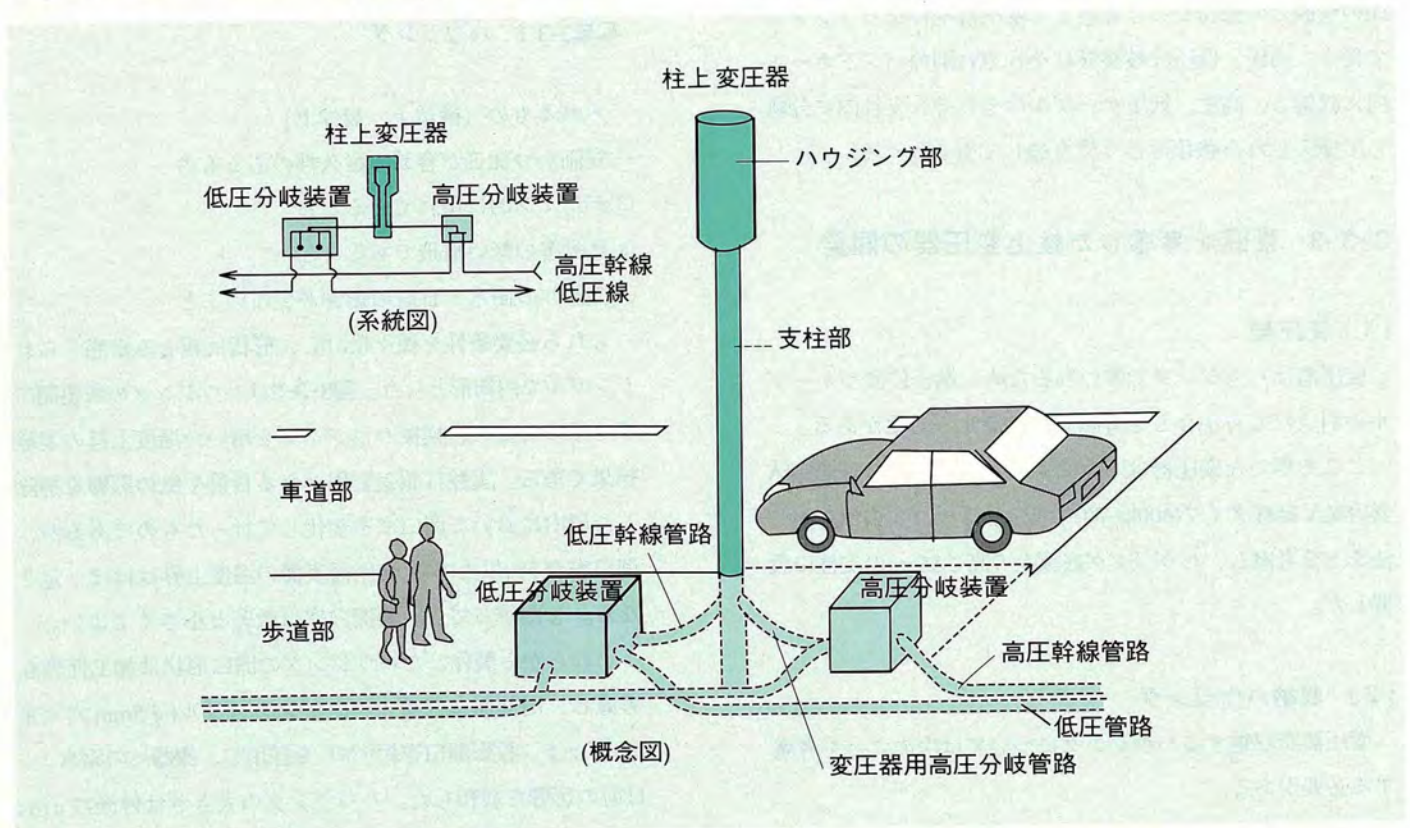


図3-3-1 柱上変圧器の概念と系統の一例

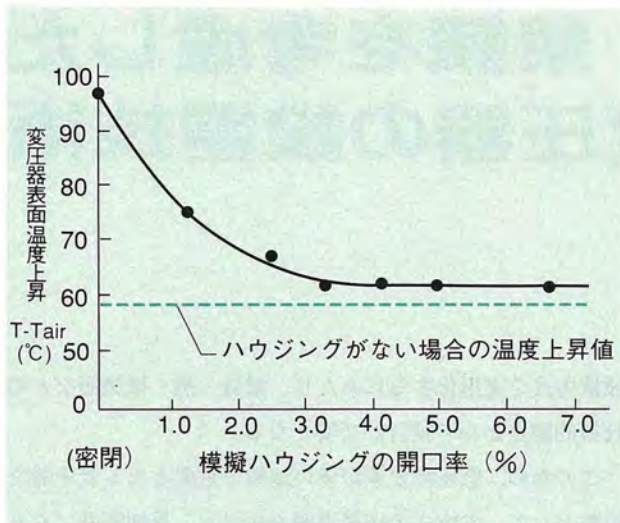


図3-3-2 模擬ハウジング開口率と定格発熱時の変圧器温度上昇

標とし、さらに比較的狭い歩道でも設置可能なように歩道上の占有面積を極力小さくするため、変圧器本体を支柱上に設置する。この場合、地上に出る変圧器および支柱は周囲の景観との融和などを考慮して変圧器本体をハウジングで覆う。高圧、低圧分岐装置はそれぞれ別のハンドホール内に収納し、高圧、低圧ケーブルはそれぞれ支柱内に分離して挿入された強化可とう管を通して引き入れる。

### 3-3-3 景観を考慮した柱上変圧器の開発

#### (1) 変圧器

変圧器はハウジングで覆われるため、端子位置やケーブルの引きだし方法などを考慮して設置する必要がある。

ここで用いた変圧器はエポキシモールド製の20+50kVA異容量V結線タイプ(600kg Wt)であり、ケーブルの引き出し法などを考慮し、ハウジング底板上の高さ55cmの支柱に設置した。

#### (2) 収納ハウジング

変圧器を収納するハウジングについては次のことを考慮する必要がある。

①変圧器の熱放散を効率的に行う所要開口面積が容易に得

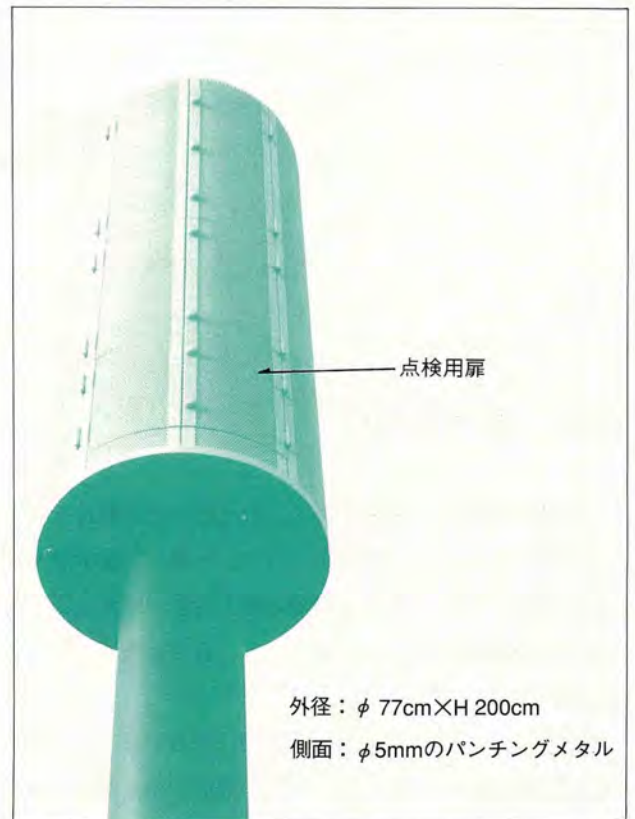


写真3-3-1 ハウジング

られるもの(構造上、製作上)

- ②安価かつ加工が容易で耐久性のあるもの
- ③デザイン的に優れていること
- ④鳥獣害の無い構造であること
- ⑤機器への雨水・日射の影響が少ないこと

これら必要条件を種々検討し、形状は親しみが感じられシンプルな円筒形とした。図3-3-2はハウジングの所要開口率を求めるため、模擬ハウジングを用いた温度上昇の実験結果である。実験は誤差要因となる日射や風の影響を排除した屋内において開口率を変化して行ったものであるが、開口率が3%以上では変圧器表面の温度上昇はほぼ一定となる。したがって、所要開口率は数%と小さくてよい。

これらから製作したハウジングの開口形状は加工性等も考慮し、円筒面に二重のパンチングメタル(φ5mm穴×8mmピッチ、投影開口率約9%)を採用し、機器への雨水・日射の影響を緩和した。ハウジングの大きさは外径77cm、高さ200cmである(写真3-3-1参照)。

このハウジング内に収納した変圧器（地上高5m;後述）について、日射および風の影響のある場合の熱放散特性を検証するために夏季における屋外での温度上昇実験を行った。その結果、自然風による熱放散効果が大きいこと、および側面を2層としたパンチングメタル式のハウジング内への日射による熱入力と比較的小さくなったことなど、から変圧器の温度上昇は屋内実験とほぼ同等の値が得られた。

### (3) 支柱

支柱については次の事項を考慮する必要がある。

- ①風圧荷重等に対し所要強度が得られること
- ②路上での占有面積が小さいこと（幅の狭い歩道や歩車道境界のない道路等でも設置が可能で歩行者・車両の通行上極力支障とならないこと）
- ③加工が容易であり、かつ安価であること
- ④景観上優れていること

支柱の太さは高圧および低圧ケーブル用防護管を挿入するためには内径30 cm程度が必要となる。一方、路上での占有面積を小さくすることが望ましいことから、構成材は肉厚が薄くできる鋼管が適切である。また、鋼管は加工面や景観上の観点からも良好と判断される。支柱の地上高は風圧荷重などによる曲げモーメントからは低い方が有利となるが、反面低い場合は景観上圧迫感を与えることや上部ハウジングの外径が支柱より大きいため大型車両等の交通の支障となるおそれがあるのでこれらを勘案して決める必要がある。試作した支柱の高さは5 mである。

また、歩道設置の場合に車道側の縁石から離れず建柱でき、極力歩行者の通行支障が生じないようにするためには、支柱基礎部が大きくなるコンクリート巻きや根かせは使用しない方式が望ましい。この方式は掘削、施工面でも簡易となる。

支柱強度および支柱の根入れは、電気設備技術基準の架空電線路の支持物に関する規程に準じて求める方法（電気協会の式）が考えられる。これにより変圧器、ハウジングを地上高5 mに設置する場合での支柱強度を計算すると安価な0.6 cm厚の市販鋼管（JIS規格品）を用いても許容曲げ応力は支柱の曲げ応力の4倍以上となる。また、種々の土

質係数や甲種風圧荷重を考慮した根入れ深さは安全率を2とすれば1.8 mと計算される。

このほか、柱上設置方式とした場合では上部荷重型の単独柱となることから、地震荷重に対する安定性も考慮する必要がある。このため常時微振動観測を行い、本柱上変圧器の動特性を把握するとともに、当研究所所有の地震応答解析プログラム(RESPI)により、これまで観測されている地震波形を用いて、変電機器の設計で想定されている加速度(200gal)に修正して支柱基礎に入力し、柱上設置変圧器の転倒に対する安定性を検討した。その結果、これらの地震に対して、支柱は応力的に十分安全であり、また、普通土質の場合には支柱の根入れを1.8m程度にすれば、地震時安定性が十分確保できることが明らかとなった。

このように、当該設置方式の支柱の安定性は電気設備技術基準の架空電線路の支持物に関する規程に準じて求めれば、良いと判断される。

### (4) 施工法

地中化工事は一般に夜間作業となることが多く、昼間に比べ作業条件が悪いことから、施工は簡易で工期が短いことが必要である。特に、狭い歩道部や歩車道境界のない狭い道路では作業スペースが限られるためこれらを考慮し、かつ経済的な施工法を開発する必要がある。工期の短縮化はコスト面からだけでなく周囲への影響面からも重要である。

本柱上変圧器の施工は、新たな機械工具・技術を用いず簡易に行うことを目的として架空配電工事で使用されている建柱車および高所作業車を用いて掘削、建柱および設置が可能となるようにした。これにより2m程度の根入れについても土留め工事が省略でき、工期の短縮、土木工事費の低減が期待される。

これら建柱車や高所作業車による掘削、支柱・機器・ハウジングの吊り込みおよび設置方法は当研究所構内実験区域において十分実用可能なことを検証した。



第 4 章

4

一層のコスト低減のための  
技術の開発

## 第4章 一層のコスト低減のための技術の開発 ● 目次

我孫子研究所 立地部 調査役 北野 晃一  
土質研究室 主任研究員 吉田 保夫  
土質研究室 主査研究員 田中 幸久  
地盤研究室 担当研究員 鈴木 浩一  
耐震部 材料研究室 主査研究員 金津 努  
横須賀研究所 電力部 大電流研究室長 稲葉 次紀  
大電流研究室 主任研究員 岡崎 正幸

4-1	発生土再利用技術	61
4-2	簡易な地盤調査技術	64
4-3	埋設物探査技術	66
4-4	表層埋設方式	69
4-5	大規模地下孔のセグメント化建設技術	72
4-6	短絡電流限流器の開発	75

## 4-1 発生土再利用技術

### 4-1-1 研究の背景

配電線の地中化工事に伴って発生する掘削残土は個々の工事での発生量は比較的少ないが、全体では膨大な量にのぼっている。従来、残土は処分場に捨土されることが多かったが、近年になって様々な社会的条件から処分場の確保が困難になってきており、その結果、処分地の遠隔化に伴う残土処分費用の高騰も招いており、新しい残土の処理・処分法の検討は、配電地中化工事の促進という意味から重要である。

ここでは、発生土の改良方法の現状調査、配電地中化工事により発生する残土に関する実態調査を行い、残土の種類に適した改良方法について検討を加え、さらに、残土の実態に合わせた改良方法の概念を提案した。

### 4-1-2 改良方法の現状調査

一般的な土質改良工法には各種のものがあるが、埋戻し土に再利用する場合には、特に次の条件が重要である。

- ①充填性に優れること
- ②再掘削性に優れること
- ③土質改良の処理が容易かつ経済的に行えること
- ④環境上の問題が生じないこと

上の諸条件を考慮して、各種の土質改良法を比較したのが表4-1-1である。同表より、粘性土に対しては石灰系の処理法がまた、砂質土に対してはセメント処理法が優れていることがわかる。これらの方法のうち、石灰系の処理方法は、既に一部の地方自治体等で使用が認められており、残

土改良プラントに使われている。

2-1で述べたように、当研究所では掘削残土を生石灰で改良した土を埋設管周辺の埋戻し土として再利用し、その地盤に対する実車両載荷試験を行い、改良土が埋戻し材料として適用できることを明らかにした。建設省で行われた実車両載荷試験結果でも同様な結論が得られている。

### 4-1-3 掘削土の実態調査

掘削残土の改良方法と対象土質を明らかにするために、現実に行われている、東京都内の配電地中化工事で発生した残土の実態調査を行った。採取場所は50ヶ所であり、試料採取地点の地図上の位置を図4-1-1に示す。採取箇所50ヶ所では全て攪乱サンプリングを行い、そのうち25ヶ所についてはブロックサンプリングを行った。また、全ての採取箇所において貫入試験を行った。採取位置は掘削幅の中央で深さ1mとし、この位置の土であれば原地盤の土、埋戻し土にかかわらず採取した。

配電地中化工事現場から採取した発生土の加積粒度曲線から判断すると、採取した発生土には埋戻し土として用いられている山砂が多く、細粒分(74 $\mu$ 以下)含有率が30%以下のものがほとんどであり、ほとんどが砂質土であることがわかった。

建設省は、道路下に各種埋設管を設置する際の埋戻し材料として発生土を用いる場合の土性判定の目安を示している。これに従って、採取した各試料を分類したのが図4-1-2(a)である。残土のうち63%が良質土である。更に目間隔50mmのふるいにより粗粒分をふるい落せば、残土中に占める良質土の割合は更に増加して86%となる(同図(b))。こ

のことは残土を簡単にふるいにかけて、大抵の場合には埋土として使用できることを意味しており、新しい簡単な

つ経済的な掘削残土改良法の可能性を示している。

表4-1-1 改良原理から見た改良工法の分類と評価

工 法 名		特 徴 等	充 填 性	再 掘 削 性	経 済 性	短 時 間 で の 処 理 可 能	環 境 問 題	総 合 評 価
化学的改良工法	石灰系	消石灰処理工法	○	○	△	○	△	○
		生石灰処理工法	○	○	△	○	△	○
	セメント系	セメント処理工法	○	△	△	○	△	△
		流動化処理工法	○	○	△	△	△	△
物理的改良工法	粒度調整工法	○	○	△	△	△	△	
	強制乾燥処理工法	△	○	△	×	×	×	
	静荷重・ソイルブロック工法	×	△	△	×	○	×	
	自然転圧・ 載荷重工法	×	○	○	×	○	×	



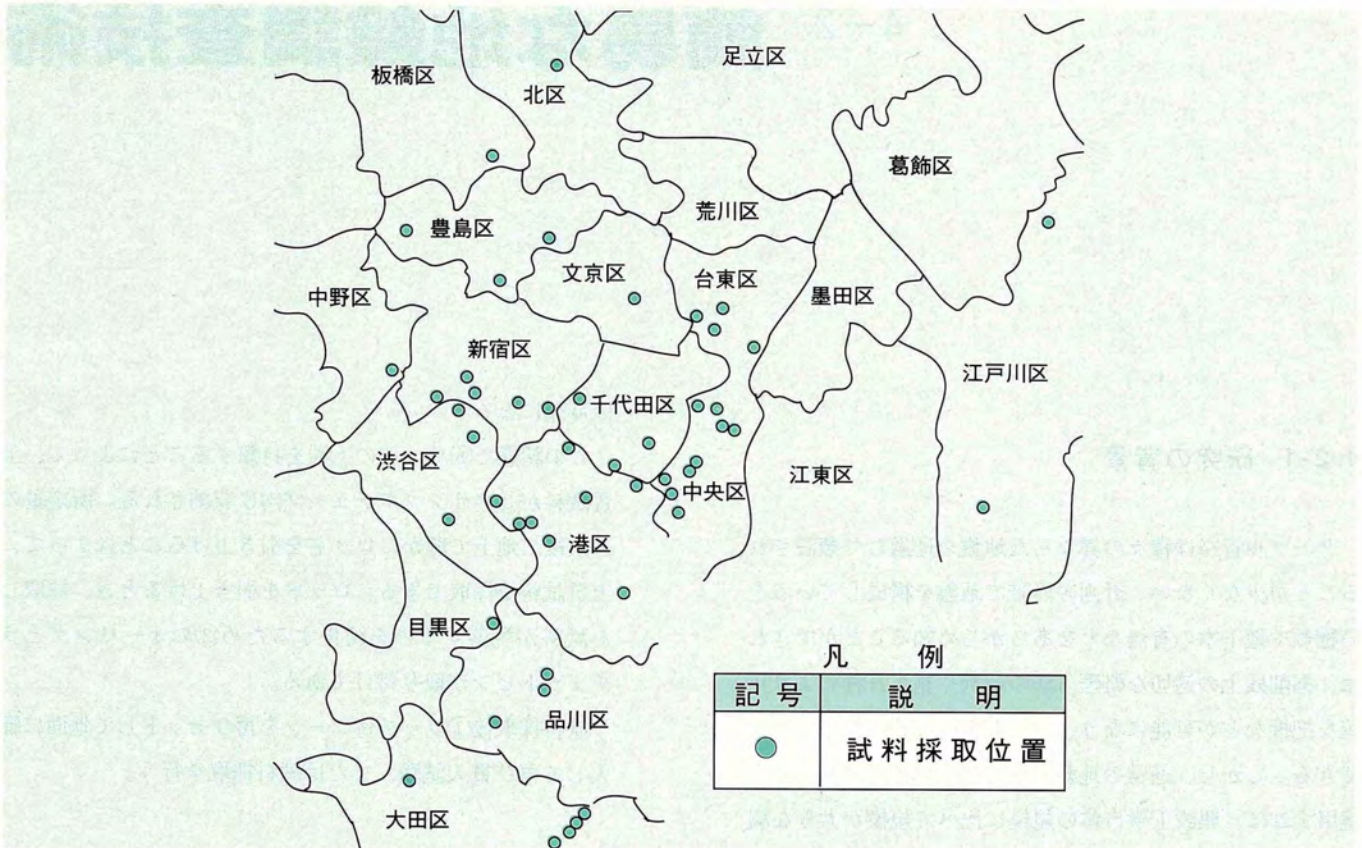


図4-1-1 試料採取地点の地図上の位置

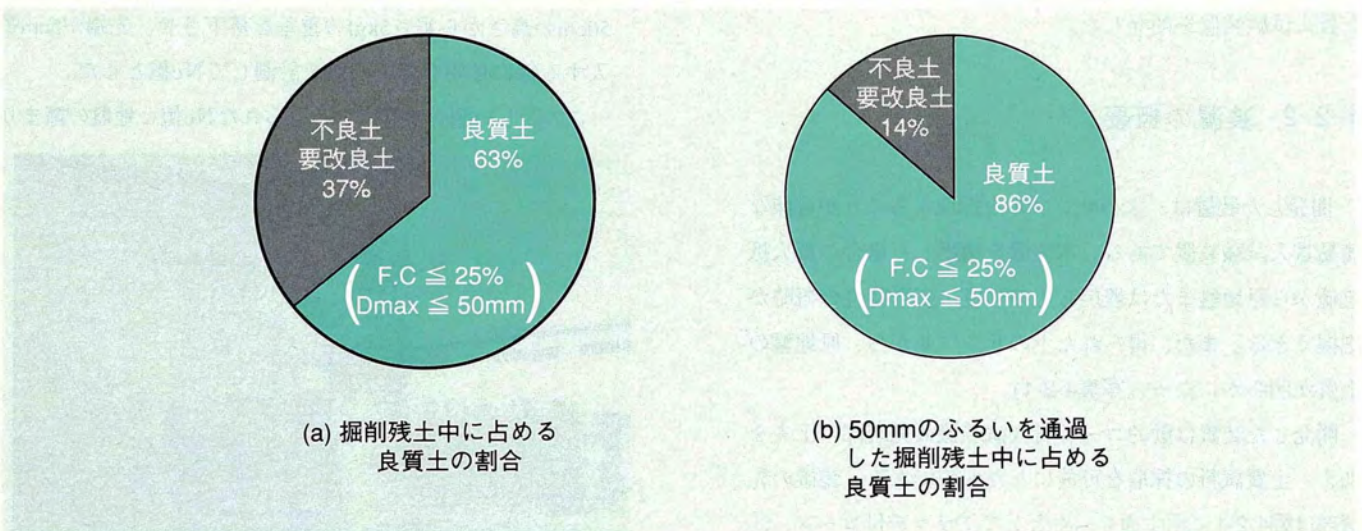


図4-1-2 掘削残土中に占める良質土の割合

## 4-2 簡易な地盤調査技術

### 4-2-1 研究の背景

ケーブル管路は種々の異なった地盤を通過して敷設されることが少なくない。計画の段階で地盤を構成している土の種類や地下水の有無などをあらかじめ知ることができれば、掘削残土の適切な処理方法の選択や施工日程のより正確な把握などが可能になり、より効率的に施工することができる。しかし、通常地盤調査方法を配電線埋設工事に適用すれば、埋設工事自体の規模に比べて規模が大きな調査になる場合も考えられ、狭隘な道路における調査は困難である。そこで当研究所では、掘削工事前の地盤調査と管路埋設後の埋戻し土の締固め程度の検査に適用できる簡易な貫入試験装置を開発した。

### 4-2-2 装置の概要

開発した装置は、土のサンプルを採取することが可能な簡易貫入試験装置である。本装置を適用した場合の貫入抵抗値から原地盤または埋戻し土の強度・変形特性の概略が把握できる。また、得られた土のサンプルから、原地盤の土質が明らかになる（写真4-2-1）。

開発した装置は動的コーン貫入試験機の先端部に工夫を加え、土質試料の採取を可能にしたものである。装置の先端部は図4-2-1に示す通り、主として①ラッチ付コーン、③サンプルチューブ、⑨カップリング、⑦ケーシングパイプで構成されている。①のラッチ付コーンは、上記の③～⑨全体を軸中心に90°回転することによって⑫のストッパーがはずれて固定されていた①が⑦のケーシング内に押し上

げ可能になる。

この状態で⑧ロッドの上端を打撃することによって、土質試料が③のサンプルチューブ内に収納される。所定量の貫入後、地上で静かにロッドを引き上げることによって、土質試料が採取できる。ロッドを引き上げるとき、採取した試料が脱落するのを防止するため②のオーリングとラケットピンが取り付けられている。

試料採取後①ラッチ付コーンを再びセットして地面に挿入して再び貫入試験、または試料採取を行う。

### 4-2-3 貫入試験

ロッドの上部に取り付けたノッキングヘッドからさらに50cmの高さから重さ5kgfの重垂を落下させ、先端が5cm貫入する毎に必要な落下回数を計測してNc値とした。

この新しい調査装置により得られたNc値と地盤の締まり



写真4-2-1 簡易な貫入試験装置

具合を表わす相対密度 (Dr) の関係を図4-2-2に示した。また、本装置は実地盤の調査にも既に適用されており、深さ10m以浅の地層構成が調べられることが明らかになっている。

この様に、新しく開発した貫入試験装置は地層の種類の確認、強度・変形特性の推定が可能であり、配電地中化工事後の埋戻し地盤の密度管理はもとよりケーブル埋設ルート地盤の事前調査に適用可能である。

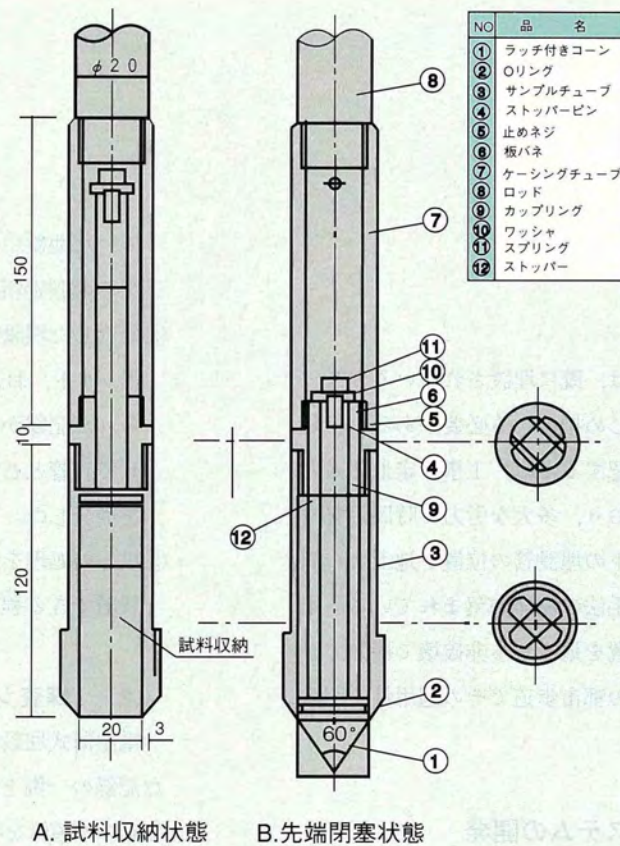


図4-2-1 土質試料採取可能簡易貫入試験機先端部構造図

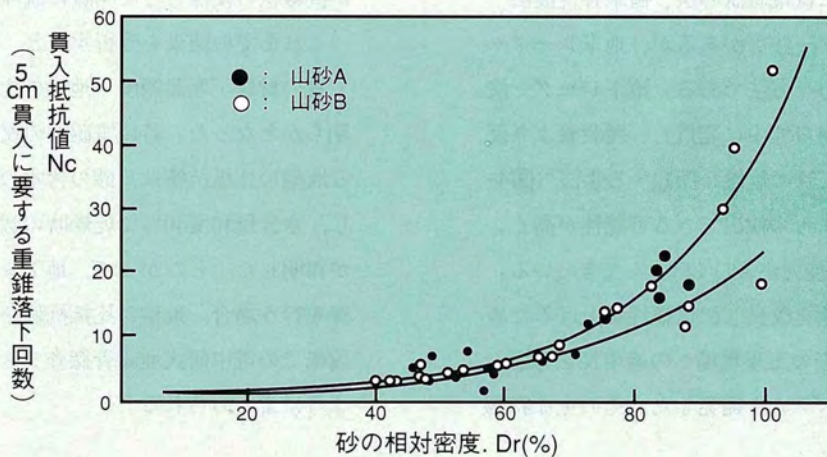


図4-2-2 砂の相対密度と貫入抵抗値の関係

## 4-3 埋設物探査技術

### 4-3-1 研究の背景

配電地中化工事を行うには、既に埋設されているガス・水道管などの位置をあらかじめ把握する必要があるが、現状では、既設管の位置を確認するため、工事予定地を人力で掘削する手法がとられており、多大な労力と時間が費やされている。そのため、地下の埋設管の位置を地上から簡便に探知できる埋設物探査手法の開発が望まれている。本研究の目的は、埋設管の位置を地表から非破壊で探知できるシステムを開発し、実際の都市歩道でその適用性を明らかにすることである。

### 4-3-2 埋設管探査システムの開発

#### (1) 探査システムの概要

現在の埋設管探査手法には電磁誘導法、衝撃弾性波法、レーザ波法、地下レーダー法等があるが、地下レーダー法が埋設管探査に最も有力な方法である。地下レーダー法は、電磁波パルスを地表から地中に発信し、埋設管より反射するパルス波を受信して管の位置を探知する手法(図4-3-1)であり、管の種類によらず検出できる可能性が高く、最近の技術開発により探査能力が著しく向上してきている。

市販の地下レーダー装置を改良し、信頼性を上げるための技術的検討を行い、実際の工事現場への適用性を考慮した電中研式埋設管探査システムを開発した。その主な特徴は次の通りである。

①分離型のアンテナを作成することによって、従来推定し

ていた地盤中の電磁波速度を測定できるようにし、埋設深さの測定精度を向上させた。

②接近した埋設管の反射記録を分離するマイグレーション処理ソフト、および3次元測定法(図4-3-2参照)により得られた記録から任意の深さにおける水平断面像を出力させて、管と石などその他の反射物とを識別できるソフトを開発した。

③以上の処理を現地で解析できるようライトバンの後ろに収納できる程度のコンパクトな探査システムとした。

#### (2) 探査システムの適用性

電中研式埋設管探査システムによる現場実験から得られた記録の一例を図4-3-2に示した。深度1.2mのガス管と同1.6mの水道管を明瞭に捉えている。また、図4-3-3は3次元測定法の測線のとり方と、これを合成して作った同じ地点の水平断面図を示したもので、深度1.2mの図では、ガス管が直線状の模様として明瞭に読み取れる。

これまでの結果を分析すると、反射記録の良否は、管径・管の材質・埋設深度・地盤の比抵抗値に依存することが明らかとなった。特に電磁波の反射率に大きな影響を与える地盤の比抵抗値は、砂の含水の程度によって大きく変化し、水分飽和度40%で乾燥時の数%にまで小さくなることが判明した。したがって、地下レーダー法により埋設管探査を行う場合、地盤の比抵抗値を考慮する必要がある。現段階での電中研式埋設管探査システム適用性は表4-3-1のようにまとめられる。

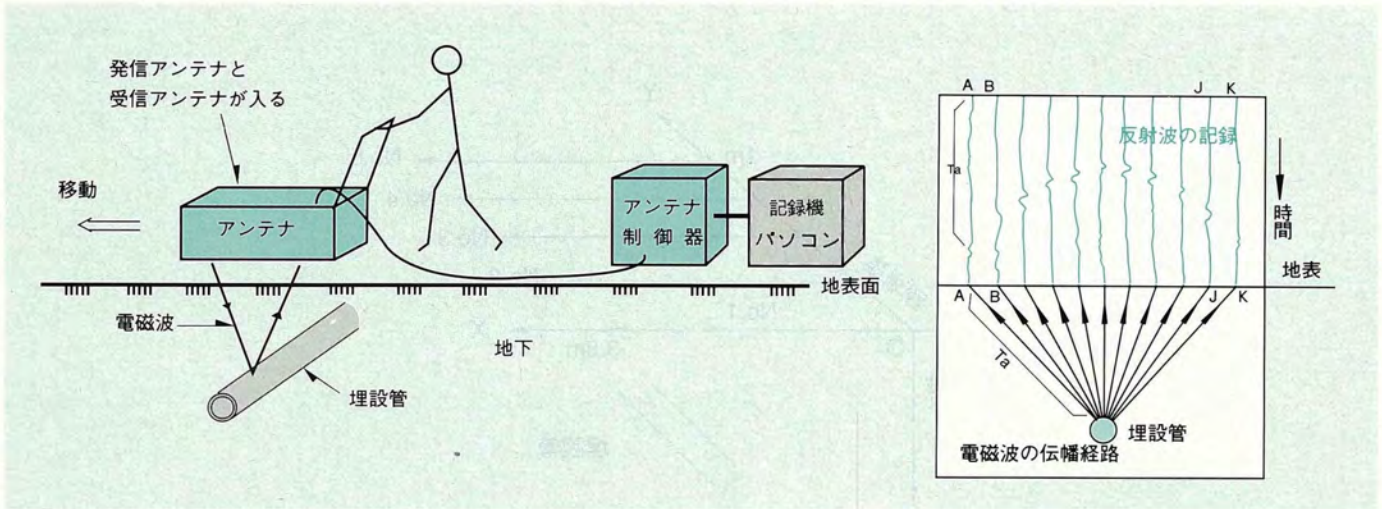


図4-3-1 地下レーダーによる測定原理

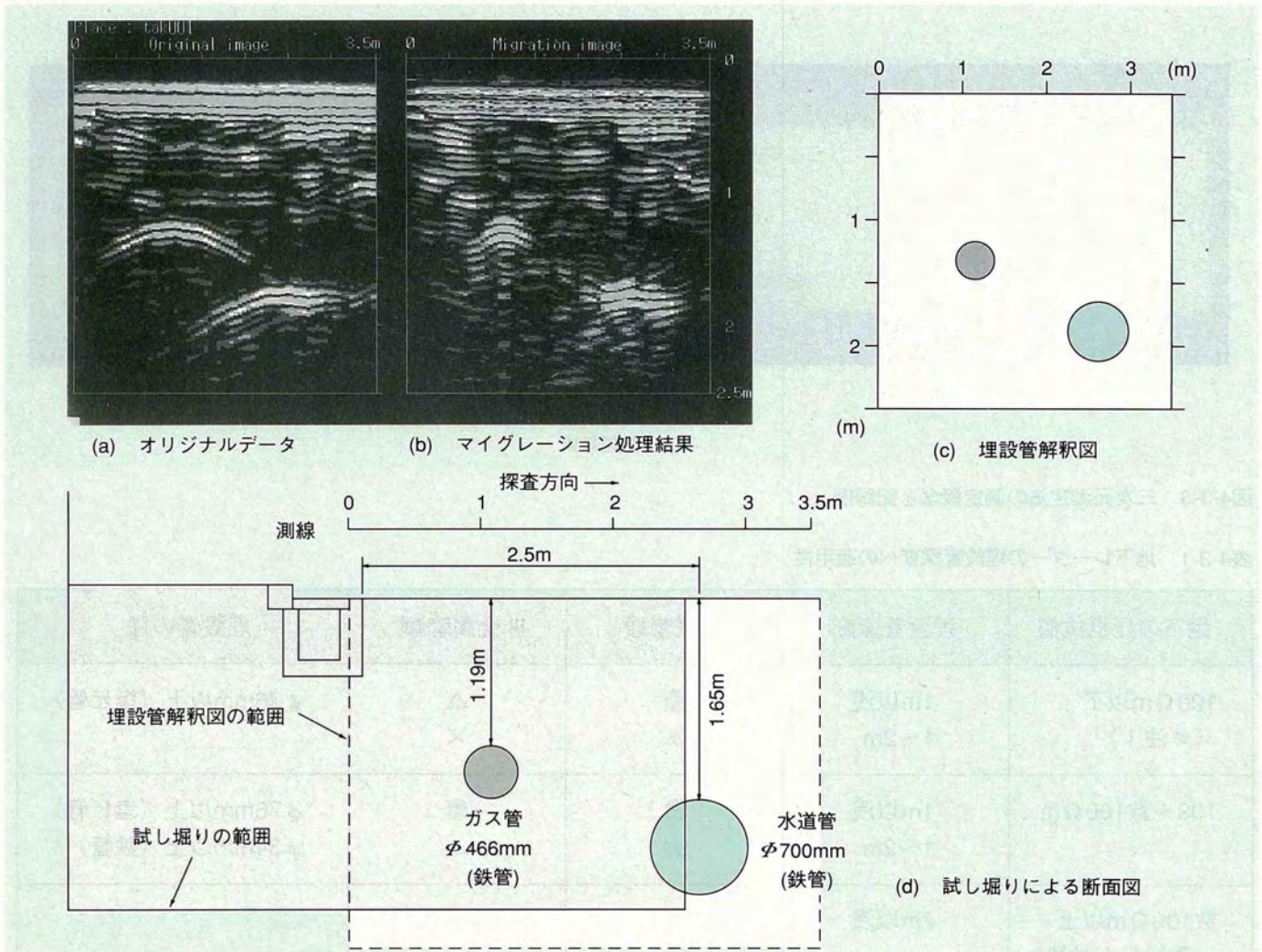
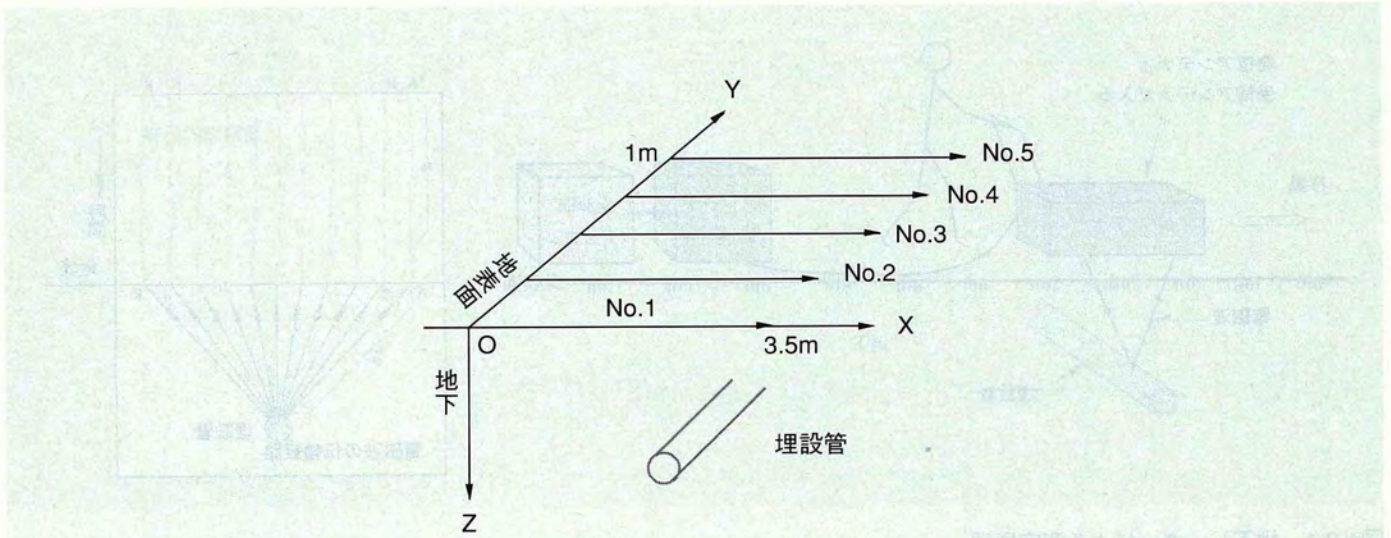
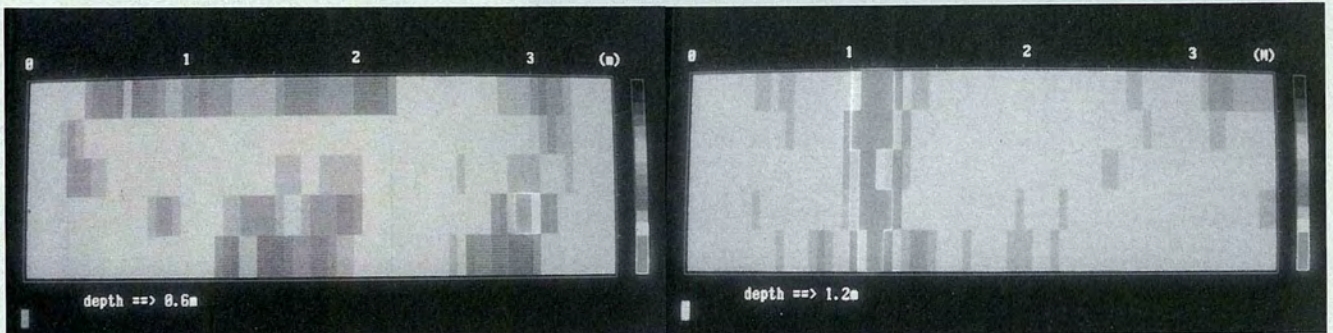


図4-3-2 地下レーダーによる埋設管探索結果



3次元測定概念図 (測線No.1~No.5を合成する)



(a) 深度0.6m

(b) 深度 1.2 m

3次元処理結果

図4-3-3 三次元測定法の測定概念と記録例

表4-3-1 地下レーダーの埋設管探査への適用性

地下の比抵抗値	埋設管深度	金属管類	非金属管類	埋設管の径
100Ωm以下 (*注1)	1m以浅	●	△	φ76mm以上 (塩ビ管)
	1~2m	△	×	
100~数100Ωm	1m以浅	●	●	φ76mm以上 (塩ビ管) φ34mm以上 (鉄管)
	1~2m	●	△	
数100Ωm以上 (乾燥した地盤)	2m以浅	●	●	

\* : ● : 適用性大    △ : 条件による    × : 適用性小    \*注1 : 地下水位以下にある埋設管は検出が困難

## 4-4 表層埋設方式

### 4-4-1 研究の背景

先に示したようにケーブル収納用の管路を浅層埋設することにより、配電地中化の土木工事費を半減できる技術を開発した。しかし、配電地中化を促進するためには、さらに施工が容易で土木工事費を合理化できる技術を開発することが必要である。このための新技術の1つとして、コンクリート製U字溝（仮称；重ねU字溝）を歩道表層部に埋設する工法の適用性について検討した。ここでは、重ねU字溝の基本構造の提案と、この工法を適用した場合の浅層埋設工法との経済性の比較結果を示すものである。

### 4-4-2 重ねU字溝の設計

#### (1) 開発の要件

重ねU字溝工法を開発するに際し、重ねU字溝に要求される条件を列記すれば次の通りである。

- ①施工が容易であること
- ②ケーブルの条数の変化に対応できるものであること
- ③ケーブルの入れ替えが容易であること
- ④長期間内部のケーブルを保護する機能を有すること
- ⑤安価で大量に供給できるものであること

以上の要件から、重ねU字溝の基本構造を図4-4-1のよう

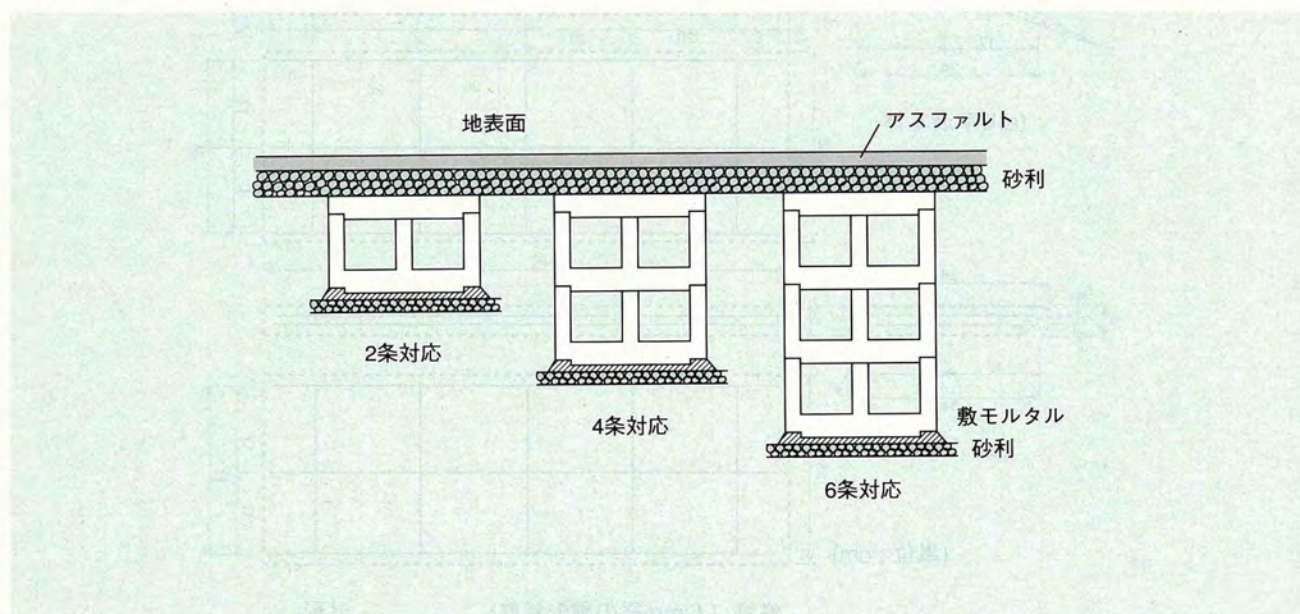


図4-4-1 重ねU字溝の基本概念

に定めた。

(2) 基本荷重に対する設計

重ねU字溝に対して作用する基本荷重として次のものを考慮し、構造解析の結果得られた断面力に対して断面設計を行い、図4-4-2に示す形状・寸法のもを重ねU字溝の基本構造として提案した。

- ①上載荷重；アスファルト舗装荷重 (2.0tf/m<sup>2</sup>)
- ②活荷重；歩道を対象としているのでT-14荷重
- ③土圧；水平土圧、鉛直土圧
- ④自重；鉄筋コンクリート重量 (2.4tf/m<sup>2</sup>)
- ⑤地盤反力

現在の管路方式のケーブル収納管の径の標準がφ13cmであることから、重ねU字溝の空間断面は13×13cmとし、長さは1mを基本とした。

(3) 許容電流の検討

重ねU字溝はかなり浅い位置での埋設方式となるため、

地表の温度との関係から収納ケーブルの許容電流について検討する必要がある。このため、重ねU字溝工法を用いた場合のケーブルの許容電流について、種々条件下で埋設深さ30cmのSVP使用の管路方式の場合と比較検討した。この結果、重ねU字溝使用の場合の許容電流は管路方式の場合とほとんど差がなく、その適用に問題のないことが確認された。

4-4-3 耐荷機能の検証

重ねU字溝の耐荷機能を検証するために、図4-4-1に示す実際の埋設条件を模擬して、設計荷重と同等の荷重載荷条件により載荷実験を実施した。この結果、重ねU字溝の破壊耐力はT-14後輪設計荷重の3倍以上の性能を有することが確認された。この実験で確認された耐荷機能は、重ねU字溝がT-20荷重に対しても十分に安全であることを示しており、歩道におけるケーブルの収納施設として十分に適用性があることが確認された。

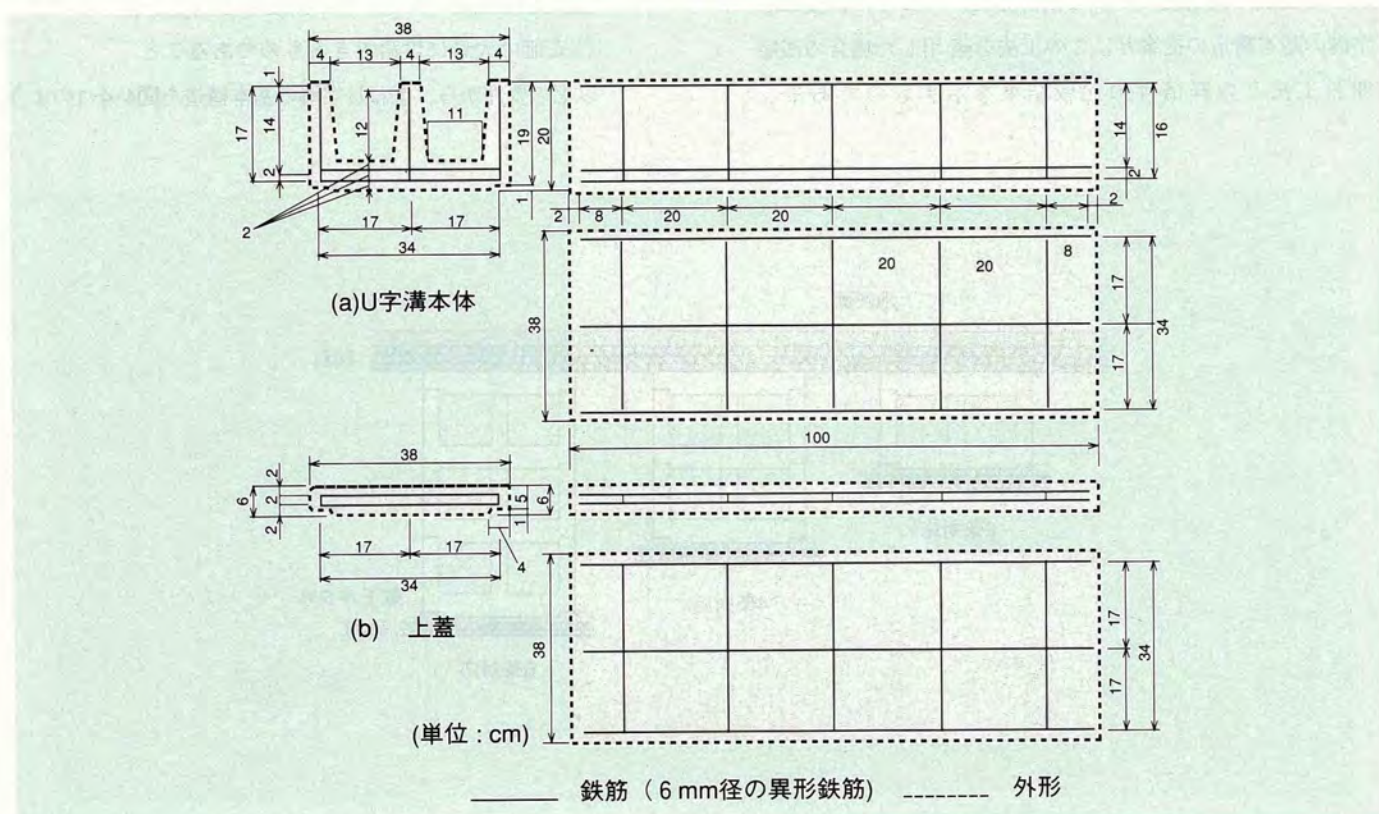


図4-4-2 重ねV字溝の形状・寸法



#### 4-4-4 土木工事費の経済性に関する検討

重ねU字溝工法の工事費に大きな割合を占めるものは、重ねU字溝本体の製作費と設置用の溝の掘削費である。このため次に示す条件により、埋設深さ30cmのSVP使用の管路方式と重ねU字溝工法との工事費の比較を行った。重ねU字溝の製作費は、一般のコンクリート製品製造会社にアンケートを実施し集計したものである。

- ①歩道下に4条埋設する。
- ②ケーブルは計算から除外し、付設後仮復旧までの工事とする。
- ③管路方式はSVPを使用する。
- ④重ねU字溝工法では、U字溝の両側25cmを作業用の余掘り空間とする。

⑤重ねU字溝本体の製作費は、大量製作によるコストの低減を考慮し、100～1000組で適当な数量を製作するものとする。

以上の条件により試算した結果を図4-4-3に示す。重ねU字溝の製作費にはばらつきはあるものの、工事費は管路方式に比較して14%～48%低減できることが確認された。

#### 4-4-5 まとめ

実際に重ねU字溝をケーブル収納施設として用いるには、ロックアウト部の設置、蓋部と本体部との接続金具の設置など、基本構造に付加すべきものがあるため、重ねU字溝の製作費が若干増加することが予想されるが、これらを考慮にいれても管路方式に比較して土木工事費がさらに合理化できるものと考えられる。

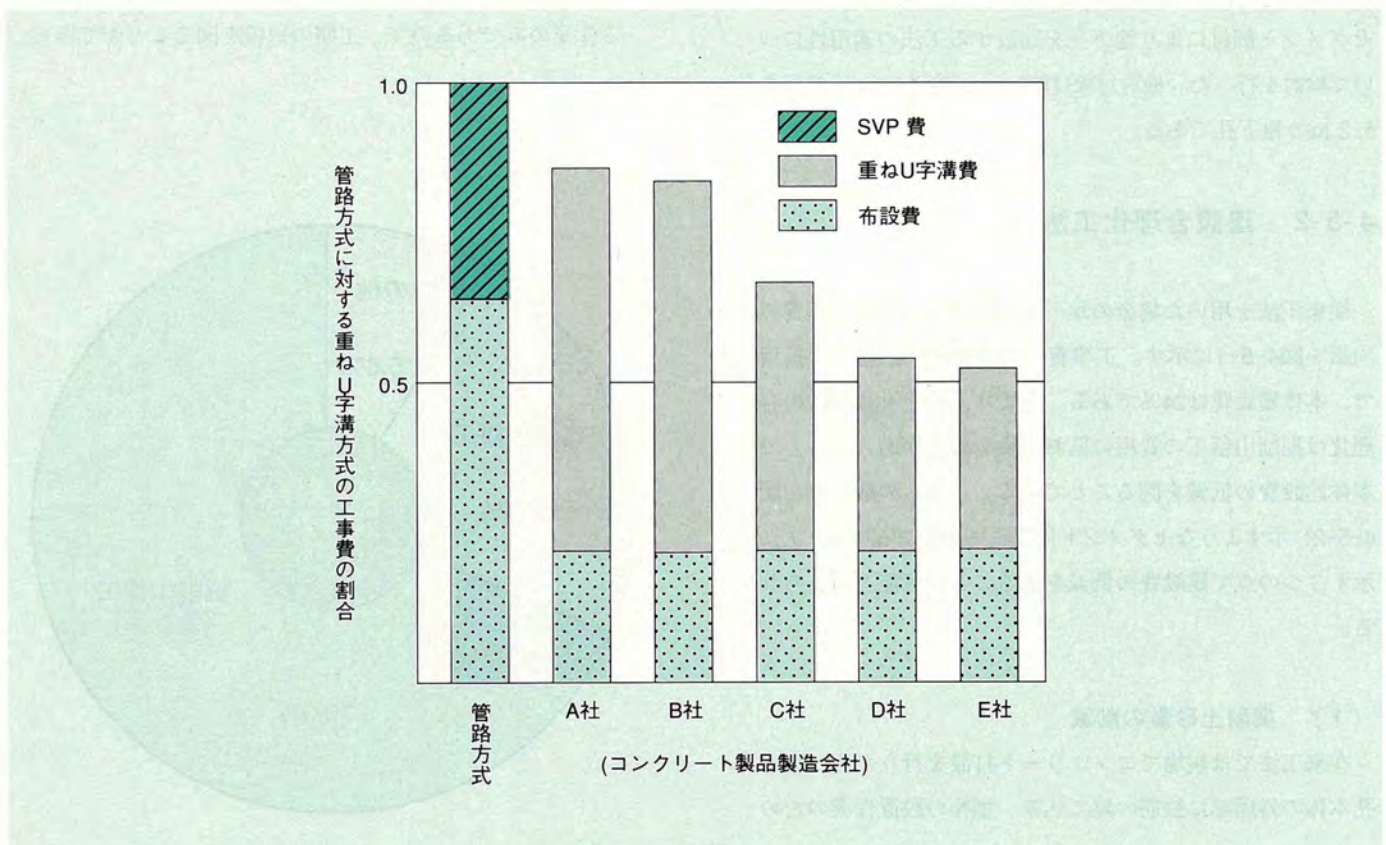


図4-4-3 重ねU字溝方式の経済性比較

## 4-5 大規模地下孔のセグメント化建設技術

### 4-5-1 研究の背景

地中配電方式により超過密地域へ電力を供給する場合、変圧器、分岐装置およびケーブルの接続部を収納する鉄筋コンクリート製の地下孔が建設される。地下孔の合理的な建設技術の開発は、配電地中化のコスト低減のためには重要な課題である。地下孔は従来、現場でのコンクリート施工により建設されている。そこで、地下孔建設工事費の低減、工期の短縮、品質の向上を図るための新技術として、セグメント部材により地下孔を建設する工法の適用性について検討を行った。検討対象は幅2.1m、高さ3.5m、奥行き5.2mの地下孔である。

### 4-5-2 建設合理化工法

従来工法を用いた場合の地下孔の建設における工事費の内訳を図4-5-1に示す。工事費の70%が掘削山留工の費用で、本体建設費は24%である。つまり、地下孔建設費の合理化は掘削山留工の費用の低減が最も効果があり、ついで本体建設費の低減を図ることである。これらの観点から図4-5-2に示すようなセグメント化工法を採用する場合、次に示す3つの点で建設費の低減を図ることが可能と考えられる。

#### (1) 掘削土砂量の削減

在来工法では現場でコンクリート打設を行うため、地下孔本体の外周部に鉄筋の建て込み、型枠の設置作業のため

の余掘空間を必要とする。セグメント化工法ではコンクリート工場製品を使用するため、地下孔の両側面、両端部における余掘空間を小さくすることができ、掘削土砂量を大幅に削減することができる。

#### (2) 工期の短縮

在来工法では、鉄筋配筋、型枠の組立、コンクリートの打ち込みおよび養生の過程でかなりの時間を要する。一方セグメント化工法では、セグメント部材を現場で組み立てる作業のみであるので、工期の短縮を図ることができる。

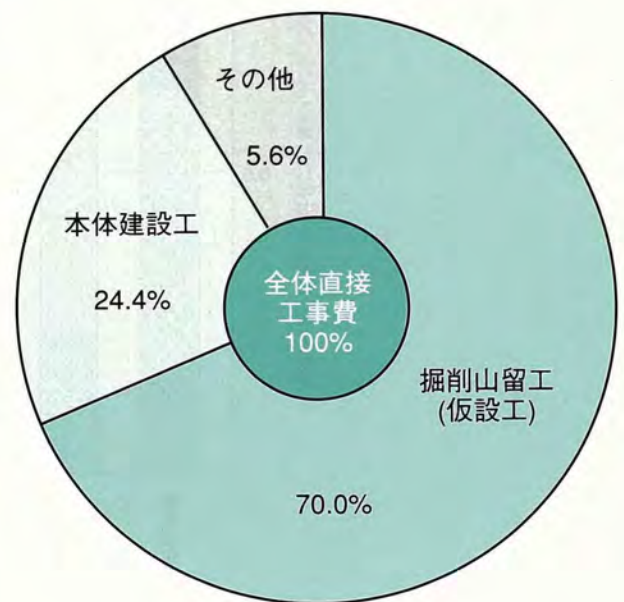


図4-5-1 在来工法による地下孔建設費の内訳

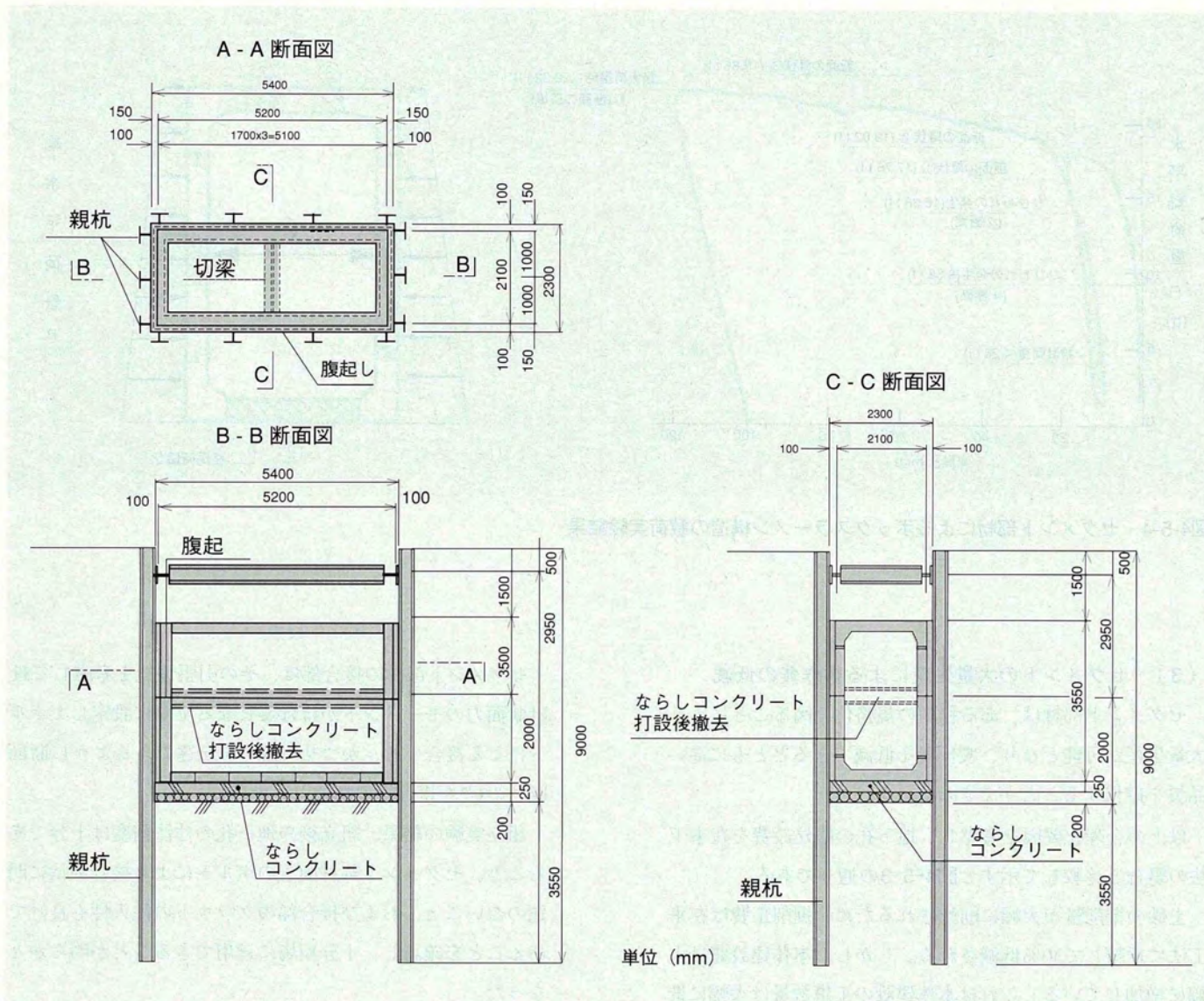


図4-5-2 セグメント加工法の概要

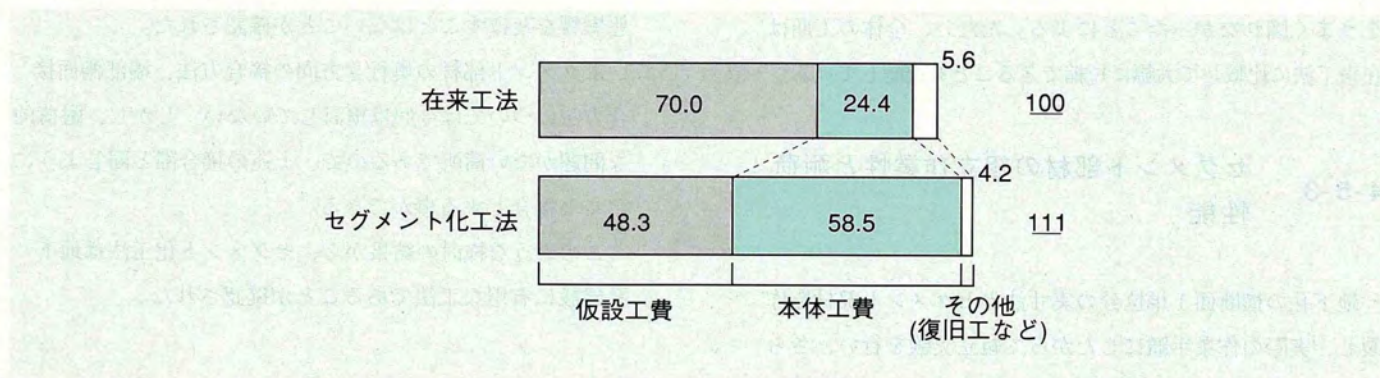


図4-5-3 在来工法とセグメント化工法の工事費の比較

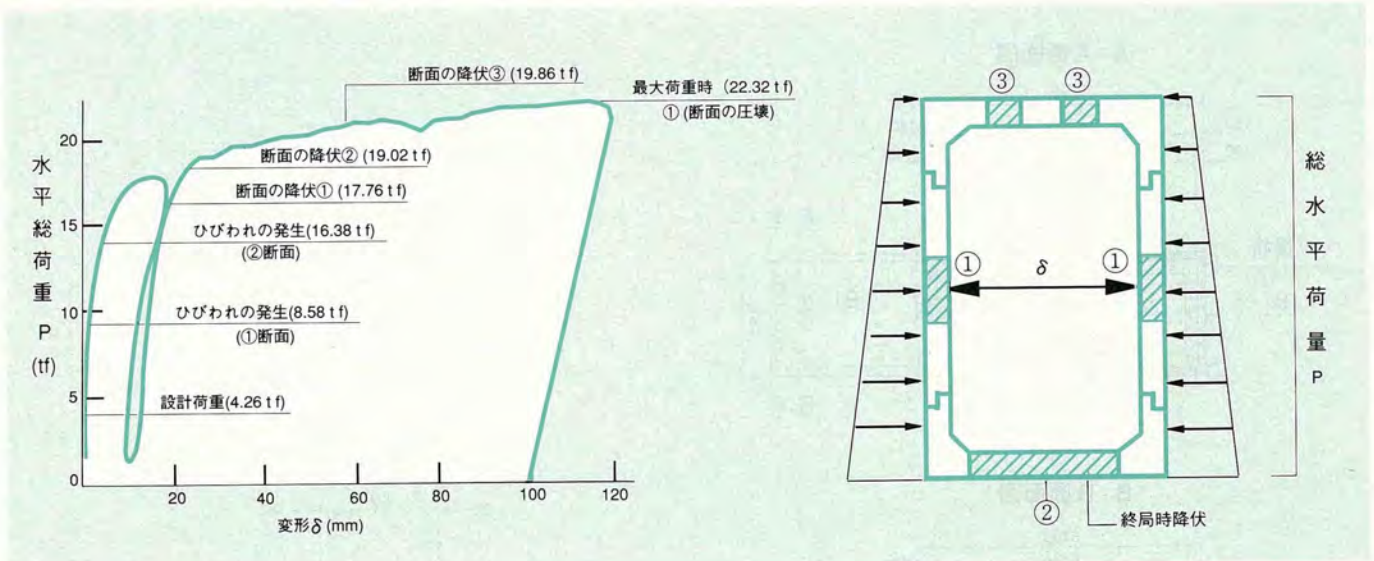


図4-5-4 セグメント部材によるボックスラーメン構造の載荷実験結果

### (3) セグメントの大量生産による製作費の低減

セグメント部材は、ある程度の規格化を図ることにより大量生産が可能となり、製作費を低減できるとともに高い品質を確保することができる。

以上の合理化要因を考慮し、地下孔の総建設費を在来工法の場合と比較して示すと図4-5-3の通りである。

土砂の掘削量が大幅に削減されるため、掘削工費は在来工法に比較して30%低減される。しかし、本体建設費は大幅に増加している。これは本体建設の工事数量は大幅に低減しているが、セグメント部材の製作費が高価になったことが原因である。今回提案のセグメント部材が特殊な形状をしているため、現状では、大量生産による製作費の低減をうまく図れなかったことによる。ただし、全体の工期は在来工法に比較して大幅に短縮できることを確認している。

### 4-5-3 セグメント部材の組立作業性と耐荷性能

地下孔の横断面1単位分の実寸法のセグメント部材を製作し、実際の作業手順にしたがって組立実験を行い、さらに設計荷重を模擬して載荷実験を実施した。

セグメント部材の接合部は、その引張性能を考慮して設計断面力のモーメントがほぼ零となる位置に設定してボルトによる接合とし、かつせん断力を伝達できるように断面厚さの1/2を掛け継ぐ構造とした。

組立実験の結果、組立後の地下孔の寸法精度は十分であること、セグメント部材同士のボルトによる接合性状に問題のないこと、および接合部のグラウトの注入性も良好であることを確認し、十分現場に適用できることが明らかとなった。

また載荷実験の結果(図4-5-4参照)から、セグメント式ボックスラーメン構造は、設計荷重の5倍で破壊するまで接合部に異状は認められず、接合部が構造系の耐荷性能に悪影響を及ぼすことはないことが確認された。

セグメント部材の奥行き方向の接合方法、端部側面接合方法については今回は検討していない。しかし、耐荷的な問題がない箇所であるので、上述の接合部と同じようにボルト接合とする事ができる。

このような検討の結果から、セグメント化工法は地下孔建設に有用な工法であることが確認された。

## 4-6 短絡電流限流器の開発

### 4-6-1 研究の背景

配電系統は低圧・高圧を含めて、一般公衆の生活空間内に入り込んでいる。このため、使用される機器機材は、感電防止対策はもとより、貼紙防止・車両衝突など、広範囲に亘る配慮が必要となり、さらに、機器機材が故障した場合でも、周囲に対する安全性が要求される。これらから、機器機材は堅固なハウジングに納められる事が多く、コストが高くなるとともにコンパクト化が難しい。ここで、機器機材自身の故障時で特に配慮すべき事項はアーク短絡故障時であり、故障の様相は短絡電流の大小により影響される。短絡電流の影響は配電線路を構成する電線、碍子およびケーブルならびに、変圧器および各種開閉器、さらにこれらを収納しているハンドホール、マンホール、各種ダクトおよび管路等におよぶ。

このことから、短絡電流の低減あるいは抑制・限流により、機材費の低減が可能なが分かる。また、付随的な効果として、短絡故障時の健全回線の電圧低下が軽減でき、最近のコンピュータなど瞬時電圧低下に弱い機器の保護も確率的に向上する。

配電系統は、短絡電流限流器の設置を考慮せずに、運用されており、保護システムも確立されている。この系統に新しい機能を持つ短絡電流限流器を付加するには、保護システムおよび運用をふくめた検討が必要となる。しかし、短絡電流限流器は未だ実用化されていないため、まず、配電系統に使用できるであろう最小限の性能を有する短絡電流限流器を開発することを目的とした。このため、系統の

設置箇所によっては限流器の性能を見直す必要も有り、また、系統の保護システムの見直しも必要になると考えられる。本研究では、設置箇所として、配電用変電所のフィータ出口を想定し、必要な性能を仮定した。

### 4-6-2 短絡電流限流器の開発

#### (1) 限流器の性能

配電系統で使用する限流器の機能として、次の各項目を目標とした。

- ①定常時の運転損失が少ないこと。
- ②短絡電流第1波高値が限流できること。
- ③限流状態から定常状態に復帰できること。
- ④消耗部品がなく、一定回数の繰り返し動作ができること。

また、限流器の性能として次の値を目標とした。

- ①定格電圧：6.9 kV
- ②定格電流：400 A
- ③限流器設置箇所の短絡電流実効値：12.5 kA
- ④限流器設置箇所の短絡電流波高値：31.5 kA
- ⑤限流器の動作インピーダンス（抵抗分）：1相あたり1  $\Omega$ （実効値を4 kAに限流する場合を想定した）
- ⑥限流波高値：10～15 kA以下

#### (2) アーク駆動式可変抵抗器

##### 1) アーク駆動式可変抵抗器の原理

当研究所で開発した限流器は、図4-6-1に示すアークの走行現象を利用したアーク駆動式可変抵抗器を使用しており、基本的に繰り返し動作が可能である。図の(a)は定常時を

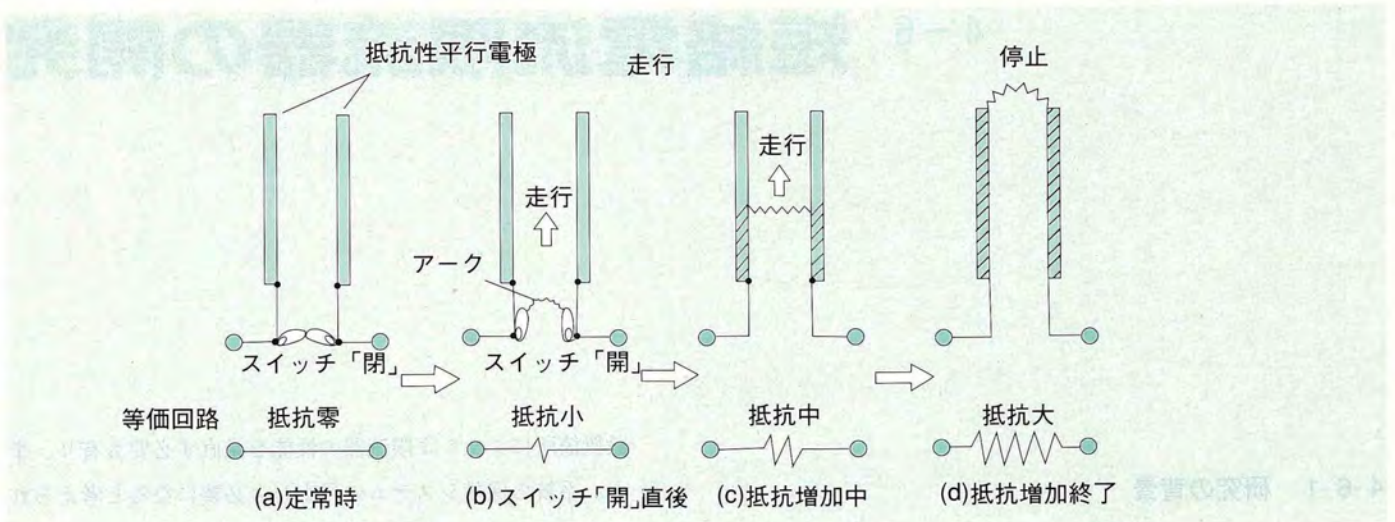


図4-6-1 アーク駆動式可変抵抗器の原理

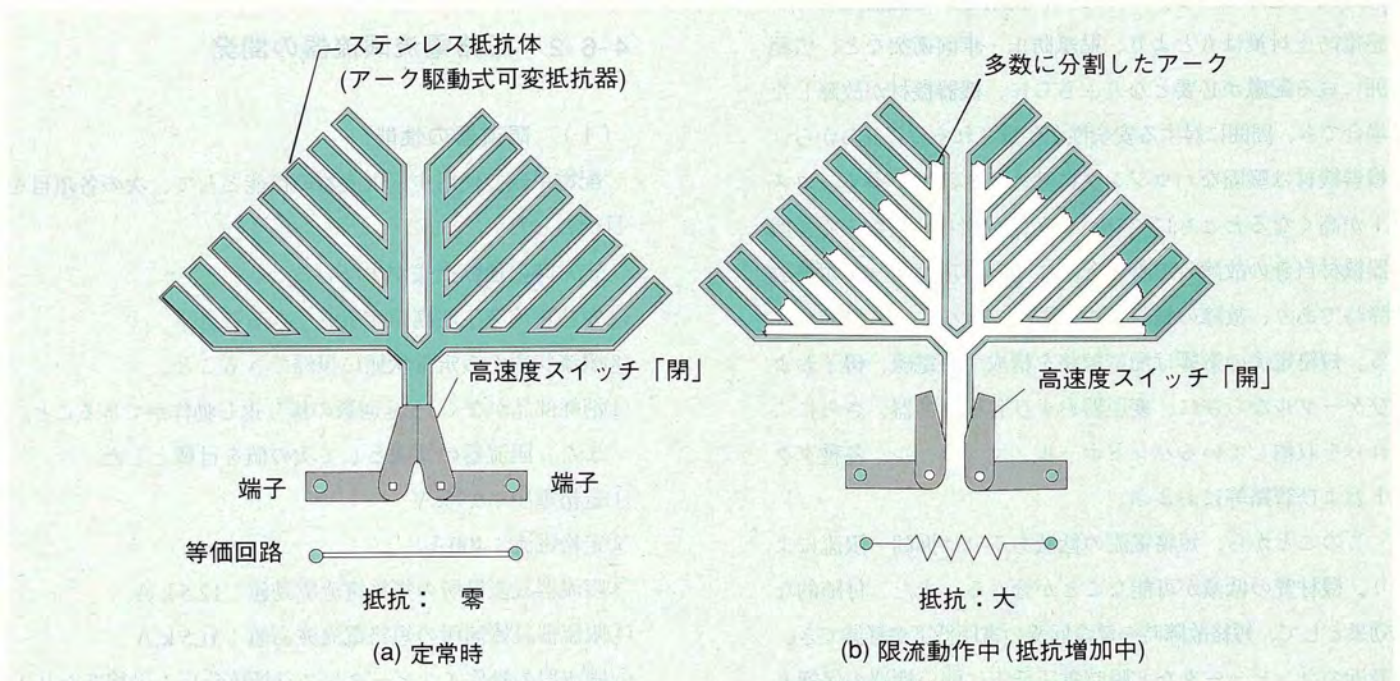


図4-6-2 新たに考案したアーク駆動式可変抵抗器

示し、スイッチが閉じており電流はスイッチを通る。限流時にはスイッチを開くとスイッチの接点間にアークが発生（発弧）する（図の（b））。このアークには、図で上向きの電磁駆動力が働き、アークは上方向に走行し（図の（c））、さらに電極の終端まで走行する（図の（d））。ここで、アークの走行する電極を抵抗体で構成すれば、等価回路のよ

うに抵抗値の増加する可変抵抗器となる。

## 2) 高抵抗化

短絡電流実効値を 4 k A に限流する場合には、限流器の動作抵抗は 1 オーム程度が必要となる。アーク駆動式可変抵抗器の抵抗体を金属抵抗とすると、抵抗体の長さが長くなり、図4-6-1の形状では実現が困難である。

そこで、図4-6-2の様に抵抗体を折り曲げ、アークの走行路を分岐・分割することを考案した。同図(a)、(b)に動作状況を示した。

### (3) アーク駆動式多段分岐形配電用限流器の開発

#### 1) 限流器の構成と動作

アーク駆動式可変抵抗器を使用する限流器の構成例を図4-6-3に示す。限流器は、定常時に電流を通電する高速度スイッチ、事故を検出する事故検出器、高速度スイッチを操作する操作機構、限流時に回路に抵抗を挿入するアーク駆動式可変抵抗器、アーク駆動式可変抵抗器により限流した電流を遮断する補助遮断器、および運用上必要な場合に接続される限流インピーダンスより構成される。

動作状況は次の通りである。

①事故のない定常運転時には、負荷電流は図4-6-3中の左側端子から事故検出器、補助遮断器および高速度スイッ

チをとり、右側端子に流れる。

通電部分は全て機械接点であり、半導体等を使用していないため、主回路部での電圧降下および損失は最小である。

②事故を検出器が検出すれば高速度スイッチおよび補助遮断器に開極指令を送る。高速度スイッチは約0.1ミリ秒で、補助遮断器は約2ミリ秒で開極する。高速度スイッチが開極することによりその極間にアークが発生する。発生したアークは、電磁力により駆動されアーク駆動式可変抵抗器の中を分割分岐しながら走り、可変抵抗器終端で消滅する。この結果、可変抵抗器の抵抗が回路に挿入され電流を限流する。

③限流された電流の零点がくれば、補助遮断器により電流は遮断され、限流インピーダンスに電流が転流する。以降限流インピーダンスにより、負荷へ電流を供給する。限流後、直ちに遮断して良い場合には、この限流インピ

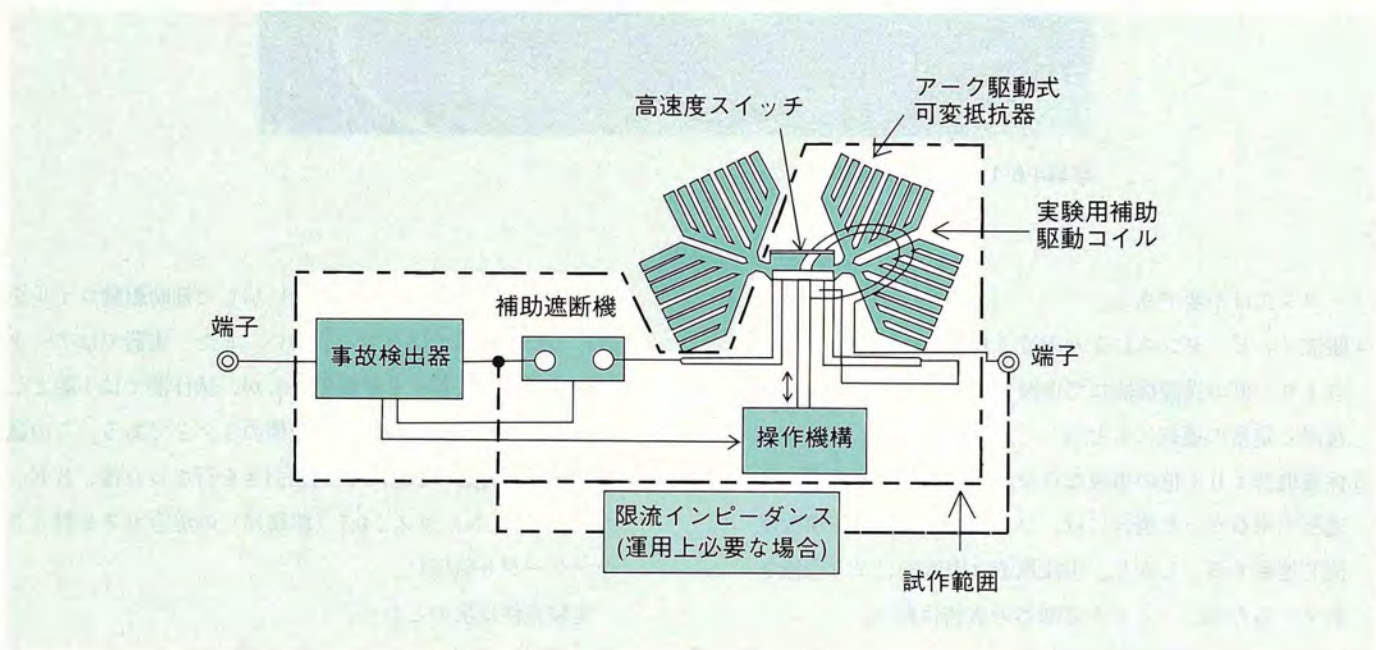


図4-6-3 アーク駆動式限流器の構成例

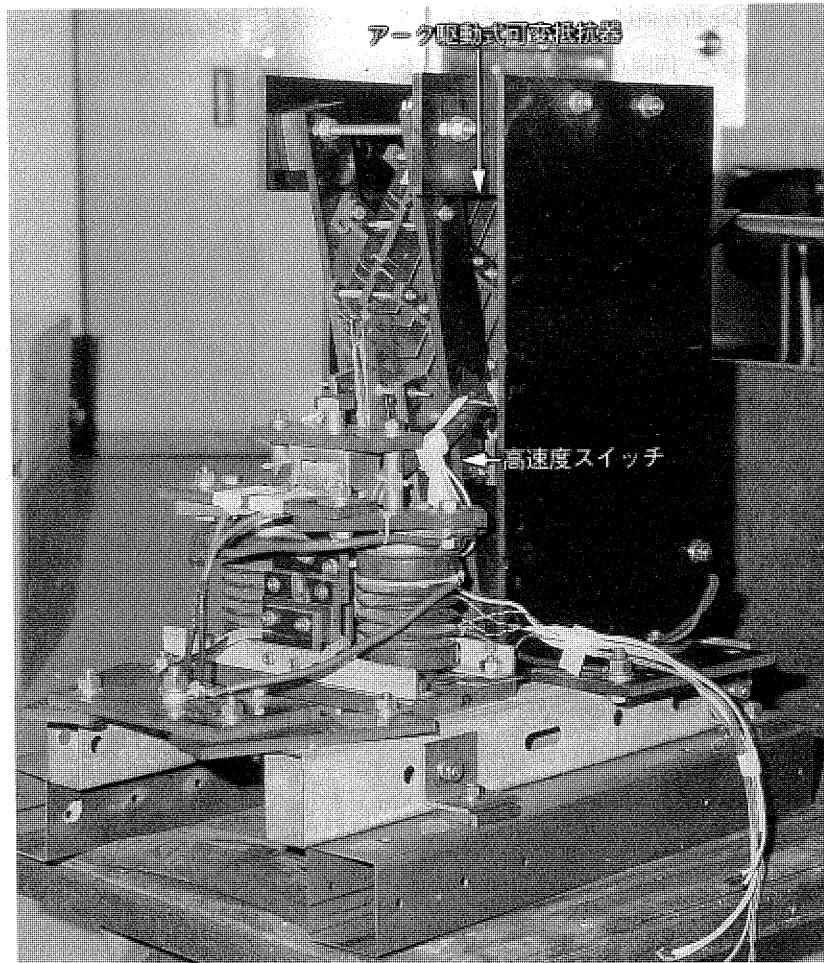


写真4-6-1 試作器主要部分

ードランスは不要である。

- ④限流インピーダンスにより限流された事故電流を、事故点より上位の保護機器にて遮断する。この後、限流器を復帰し定常の運転にもどる。
- ⑤保護機器より上位の事故ならびに保護機器で事故電流を遮断出来なかった場合には、フィーダ遮断器にて事故電流を遮断する。しかし、事故電流は限流器により限流されているため、フィーダ遮断器の責務は軽い。

## 2) 試作範囲と実用規模実験結果

図4-6-3の1点鎖線の範囲を試作した。本限流器の基本となる高速度スイッチならびにアーク駆動式可変抵抗器を組み合わせる実験を行った。試作器の外観を写真4-6-1に示す。事故検出器ならびに補助遮断器は単独で機能の確認を

行った。基礎実験のため、図に示した補助駆動コイルを設けたが、実器では不用とした。また、実器ではアーク駆動式可変抵抗器を2組使用するが、試作器では1組とした。このため、実験電圧は規定値の1/2である。この試作器を密閉容器に収納し、真空引きを行なった後、SF<sub>6</sub>ガス：0.3，N<sub>2</sub>ガス：0.7（体積比）の混合ガスを封入した（ゲージ0気圧）。

実験条件は次のとおり。

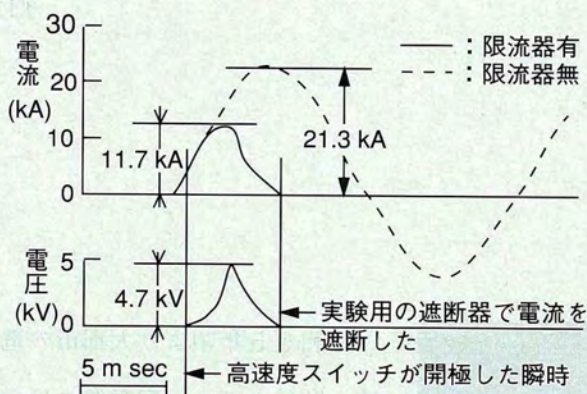
給与電圧： $7.2 \text{ kV} / \sqrt{3} \times 0.5 \approx 2 \text{ kV r. m. s.}$

短絡電流： $12.5 \text{ kA r. m. s.}$

短絡電流の直流分が最小および最大時の電流電圧波形例を、図4-6-4に示す。いずれも、限流に成功しており、その限流波高値は12kA以下である。直流分最大時の電圧波形



(1) 短絡電流の直流分が最小時



(2) 短絡電流の直流分が最大時

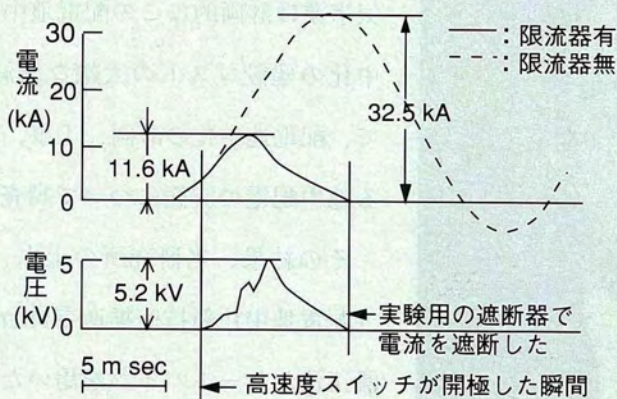


図4-6-4 限流器の有無による電流電圧波形例 (実測波形)

の乱れは、アークが可変抵抗器内を一様に走行しなかったためと思われる。限流後の電流は、図には示していない実験用の遮断器で遮断した。

限流器が無い場合の短絡電流第1波高値は、直流分最大で、32.5 kAであり、限流器が設置された場合、約1/3に限流できることが分かった。

しての基本性能を有することが分かった。今後は、事故検出器、補助遮断器などと組み合わせた全機能を有する実用器を試作し、繰り返し性能を含めた実用上の性能を確認するとともに、限流器の適用の面から、系統の保護システムおよび系統運用を含めて検討し、必要に応じて、さらに改良する予定である。

4-6-3 まとめ

アーク駆動式限流器は実現模大の実験により、限流器と

# お わ り に

狛江研究所長 理事 尾崎 勇造



昭和55年頃より大都市の電気供給方式が検討されるほか都市の景観・防災の面から配電線の地中埋設化の社会的要請が高まる中で、電気事業は計画的にこの配電地中化を進めている。当研究所は、配電地中化の建設コストの大幅な低減を図るべく、電力会社の御協力を得て、配電地中化の計画、工事、および保守・運用および諸外国における地中配電の実態について調査を行った。

その結果、当研究所の土木、電気、景観、植物の各分野からなる「配電地中化新技術推進委員会」を設置し、歩道下の管路式の浅層埋設工法、ヒートパイプを用いた小型地中変圧器、小型接続部および景観を考慮した柱上変圧器、さらに一層のコスト低減技術や機材を開発した。

この間、関係方面の暖かいご指導と関係者のたゆみない努力によって、開発は順調に進み、各技術・機材は実用に供し得るものとなったことは真に欣快にたえない。ここに、電力会社関係各位および機材開発等で御協力いただいた製造会社等の各位に深く感謝する次第である。

近年は、アメニテイや豊かな社会に対する人々の意識の高揚から、地中配電の一層の普及が望まれている。当研究所はこれまでに開発した技術の積極的な実用化を図りこれらの要望にお応えしたいと考えている。今後とも関係各位のご鞭撻を心からお願いしたい。

## 関連する主な研究報告書等

### ●1●

1. 「配電地中化新技術－建設コストの低減－」 電中研 総合報告：W 03 (1987.9)
2. 「地中配電の技術動向」 電気学会技術報告 II -343 (1990.8)
3. 「都市はいかにつくられたか」 鯖田豊之 朝日選書 (1988. 7)
4. 「ヨーロッパの地中配電線に関する調査報告」 和田道夫 関西電力 (1985.1)

### ●2●

1. 「道路浅層地下利用技術の現状と課題」 土木学会 道路地下利用技術小委員会 (1990)
2. 「下水道用硬質塩化ビニール管の道路埋設に関する研究報告書」 (財) 国土開発技術センター (1980)
3. 「Bending of Beams Resting on Lsotropic Elastic Soil」 Vesic,A (1961) Proc.ASCE,Journ.Eng.Mech.Div.,Vol.87,EM2.pp.35～51.
4. 「配電地中化における土木建設合理化技術の開発」 電中研 総合報告：U 06 (1987.12)
5. 「配電地中化新技術－建設コストの低減－」 電中研 総合報告：W 03 (1987.9)
6. 「配電地中化における車道下埋設ケーブル防護管の浅層埋設の検討」 電中研 依頼報告：U87537 (1988.11)
7. 「浅層埋設ケーブルの土壤基底温度と許容電流」 電中研 研究報告：185003 (1985.10)
8. 「浅層埋設ケーブルの許容電流」 電中研 研究報告：W86021 (1987.6)
9. 「電力ケーブルの許容電流」 (その1) JCS168D (1980) 日本電線工業会
10. 「街路樹の特性と法規にみられるその取扱い」 電中研 調査報告：U88067 (1989.3)
11. 「ヒートパイプによる直埋変圧器のコンパクト化」 電中研 研究報告：W86040 (1987.9)
12. 「ヒートパイプを用いた小型地中変圧器およびその設置方式の開発」 電中研 研究報告：W89039 (1990.6)
13. 「高圧地中ケーブル接続部のコンパクト化」 電中研 研究報告：W86041 (1987.6)
14. 「地中配電用着脱式小型高圧接続部の開発」 電中研 研究報告：W89023 (1990.2)

### ●3●

1. 「ネットワーク最適化手法による高低圧地中配電系統の計画手法」 電中研 研究報告：T86072 (1987.8)
2. 「ネットワーク最適化手法による高低圧地中配電系統の計画手法 (第2報－各種系統構成方式に適用できる汎用プログラムの開発)」 電中研 研究報告：T87090 (1988.9)
3. 「ネットワーク最適化手法による高低圧地中配電系統の計画手法 (第3報－ダイナミック拡充計画手法の開発)」 電中研 研究報告：T88077 (1989.5)
4. 「配電設備の景観設計－効果測定手法の開発－」 電中研 研究報告：Y87007 (1988.3)
5. 「配電設備の景観設計－配電地中化にともなう柱上設置機器のデザイン」 電中研 研究報告：Y87005 (1987.9)
6. 「街路空間デザインと配電設備の地中化」 電中研 研究報告：Y88017 (1989.3)
7. 「景観を考慮した柱上設置方式変圧器の技術開発」 電中研 研究報告：W88020 (1989.2)

### ●4●

1. 「建設事業への廃棄物利用技術の開発、概要報告書」 建設省 (1986)
2. 「配電用短絡電流限流器の開発」 電中研 研究報告：W86026 (1988.8)
3. 「アーク駆動式短絡電流限流器の提案」 電中研 研究報告：W87040 (1988.7)
4. 「アーク駆動式配電用短絡電流限流器の開発－多段分岐式転流素子の開発－」 電中研 研究報告：W88044 (1989.5)



## 本 部／経済研究所

東京都千代田区大手町1-6-1 ☎(03)201-6601 ☎100

我孫子研究所 千葉県我孫子市我孫子1646 ☎(0471)82-1181 ☎270-11

赤城試験センター 群馬県勢多郡宮城村苗ヶ島2567 ☎(0272)83-2721 ☎371-02

## 狛江研究所／原子力情報センター／ヒューマンファクター研究センター

東京都狛江市岩戸北2-11-1 ☎(03)480-2111 ☎201

横須賀研究所 神奈川県横須賀市長坂2-6-1 ☎(0468)56-2121 ☎240-01

UHV塩原実験場 栃木県那須郡塩原町関谷1033 ☎(0287)35-2048 ☎329-28

## 編集後記

電中研レビュー第26号「配電地中化新技術の研究—建設コストの低減を目指して—」をお届け致します。

本号では「巻頭言」を通商産業省資源エネルギー庁長官官房審議官 向 準一郎様にお願ひしました。ご多用中にもかかわらず快くご寄稿をいただき、心からお礼を申しあげます。

ここ数年、都市の景観、防災に関する社会的要請が高まり、配電線の地中化など快適な道路空間をつくる努力が各地で進められています。配電線の地中化には架空線の10～15倍のコストがかさむということが共通の認識であり、電気事業でも多くの努力がなされていますが、一層の大幅な

建設コストの低減が望まれています。

当研究所における配電地中化新技術の研究は、着手以来6年目を迎え、着実に成果を挙げ、その都度これらを報告または発表してきましたが、今回これをわかりやすく集大成しました。配電地中化の実施には、コスト低減ばかりではなく都市の景観、都市機能の向上など様々な要因も検討する必要があり、今回の研究成果を実用化するには総合的な観点から一層の努力が必要であると考えております。

当研究所における研究開発に日頃よりご協力を頂いております関係機関および諸氏にこの場をお借りしてお礼もうしあげるとともに、美しい都市づくりにあたり、電力会社をはじめ関係諸機関の皆様にも本冊子がお役に立てることが出来れば幸いに存じます。

**IR**