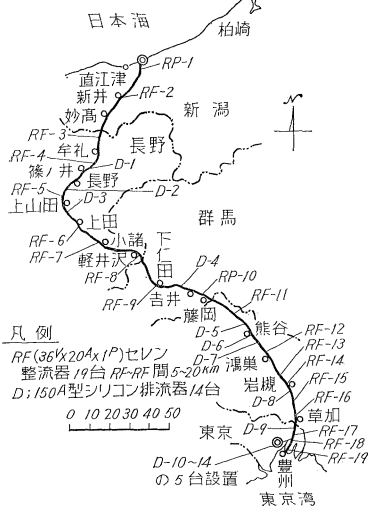


## 1. 緒言

近年新潟県下において天然ガスの探鉱開発がいちじるしく増加し、特に新潟県中頸城郡一帯および長岡市外に今日の頸城大ガス田、長岡地区ガス田が開発されたのである。これらのガス田は100気圧最後の自噴量を持つ構造性ガスで長距離高压輸送が可能であり、ガス田の開発とともにその需要も年ごとに増加しつつある。両ガス田よりの長距離輸送用として新潟県内に建設されたパイプラインはすでに約230kmにもおよんでいる。

天然ガスは石炭系ガスのようなCOやH<sub>2</sub>Sなどの人体に有害な成分をふくまず、主成分はメタン96.5%であって、10000kcal/Nm<sup>3</sup>の発熱量を有し、現在の都市ガスに比較して約2.7倍相当の熱量を持っている。東京都内のガスのカロリーアップは頸城大ガス田より送られる天然ガスが11月より全都内需要の20%を供給することになっている。この天然ガス輸送のための現在東京～新潟間において、わが国最初の長距離高压ガスパイプラインの建設工事が進行中である。当ラインは昭和

図-1 大潟～東京間ガス輸送幹線電気防食装置配置主要図



カット写真：群馬県澁川横断パイプ専用橋の例を示す。

36年11月に着工して37年10月19日に完成し、11月1日から供給開始の予定で工期は1カ年である。配管路線は図-1に示すごとく新潟県大潟町より長野・群馬・埼玉県の草加を経て東京都の豊洲に至る約335kmにわたるもの

# 東京～新潟間天然ガスパイプ ラインの電気防食

藤 堂 三 郎  
中 川 雅 夫

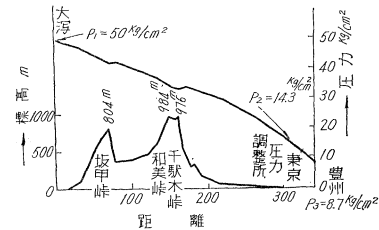
である。本報告においては東京～新潟間天然ガスパイプライン工事の概要とパイプライン外面腐食防止対策として採用した電気防食装置について述べる。

## 2. パイプライン工事概要

本工事は主として溶接、土木および電気防食工事に大別できる。

東京～新潟間天然ガスパイプライン（以後略して東京ラインと記す）は50万m<sup>3</sup>/日のガスを送るが技術的経済的な検討により、頸城大ガス田（起点：大潟町）と東京圧力調整所（草加市と東京都の境）間約307kmを高压輸送区間、東京圧力調整所～豊洲間28kmを低压輸送区間とする方法をとっている。高压輸送区間での設計圧力は50kg/cm<sup>2</sup>で東京圧力調整所到着圧力を14.3kg/cm<sup>2</sup>としている。低压輸送区間での設計圧力は9.9kg/cm<sup>2</sup>とし、豊洲到着を8.7kg/cm<sup>2</sup>と計画している。大潟町～草加の圧力調整所間の管内圧減少状況と標高との関係を図-2に示す。

図-2 大潟～東京間ガスパイプライン圧力-標高の関係



注：ただし流量45000m<sup>3</sup>/hr (1080000m<sup>3</sup>/day) 計算式はBureau of Mines (Monograph) を採用した。

東京ライン使用管種および形状は表-1のごとくである。

現地における配管工事は平地においては10m程度の長尺パイプを継ぎ合わせるのであるが、接続部分は全箇所電弧合せ溶接をしX線検査を行なうとともに、管布設後2km前後で気密または水压テストを、前者は55kg/

表-1 大潟～東京間ガスパイプライン使用管種および形状

	距離 (km)	管外径 (mm)	肉厚 (mm)	塗装	出荷対策	管名称
高压輸送地区	307	318.5	8.3~9	アスファルトガラスクロス	木製の子巻	STP-42 シムレス鋼管
低压輸送地区	28	406	6.4	"	"	5 LX-42 電綫管

cm<sup>2</sup>、後者は 70 kg/cm<sup>2</sup> で 24 時間 放置し、その間自記記録計で漏洩の有無を検査するものである。

管布設工事は地中約 1.0~1.5 m ほどの深さに手掘りまたは機械掘りをして、これにパイプを埋設してゆく。また河川の横断に対しては伏越、既設橋梁への添架およびパイプ専用橋新設方法を採用しているが伏越はともかく、ほかの 2 方法を露出することになり、温度変化による影響対策を検討する必要がある。対策としてはバンド管の使用や鉄板などで被覆し温度変化による影響を極力防止する措置をとっている。

写真-1 山間部などで規定の掘削ができない場合などはパイプの保護対策としてコルゲートパイプなどを使用している

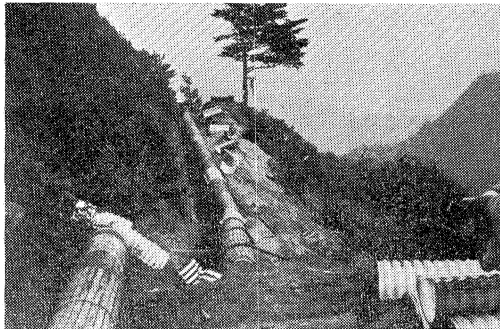
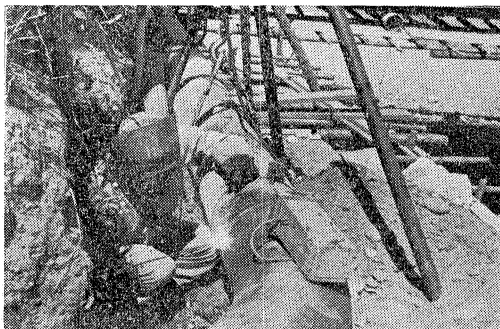


写真-2 パイプ溶接工事例



パイプ設置後、埋めもどしの際には一般に 10~20 cm の厚さに砂を入れ、パイプの保護用としているが、国道横断などの重量物が往来する部分には保護管を設けるなどの対策を立てている。また万一の事故を考え、要所に自動遮断バルブを設置している。

各県別の溶接そのほかの土木関係データを、表-2 に示す。

### 3. 電気防食の特徴と利点

管の内外面の防食の問題であるが、天然ガス中の水分はガス輸送中にその輸送効率を低めるとともに、溶存腐食成分のために内面腐食を促進する原因ともなる。そこで、ガス輸送にあたっては十分に脱水したうえで輸送をする。そのほかの腐食性成分、たとえば硫黄などは全

表-2 都県別土木工事数量表

都 県	新 潟	長 野	群 馬	埼 玉	東 京*
工 事 区 数	2	3	2	3	3
掘 削 土 量 (m <sup>3</sup> )	67 000	152 000	67 000	115 000	37 000
溶 接 手 組 数	5	9.5	6	9	7
溶 接 所 要 日 数 ( ) は 稼 働 日 数	1 265 日 (247 日)	2 988 (315)	1 442 (240)	1 407 (154)	2 106 (301)
伏 越 箇 所 数	34	45	29	15	6
伏 越 延 長 (m)	124	491	518	320	38
架 橋 箇 所 数	25	19	42	0	9
架 橋 部 延 長 (m)	407	131	621	0	360
既 設 橋 添 架 数	1	7	4	1	12
同 上 延 長 (m)	26	848	300	460	750

おもなる土木工事業者：東京通商（長野工事）、鹿島建設、日産建設、熊谷組

溶 接 工 事：日本鋼管工事

\* 東京地区のうち葛西橋~豊洲工場間は東京ガス 直営工事のため上表にふくまれていない。

く存在していないので内面腐食問題は生じない。

パイプの外面にはアスファルト ガラス マット、またはアスファルト ビニロン クロス一重の塗覆装をしてあるが、塗膜の経時変化により必ずしも長期間に対する防食効果は十分でなく、そのためパイプの保安対策として電気防食方式を併用した。

電気防食法はすでに欧米諸国では古くから行なわれていたが、ここ 10 数年来急速に発展したもので、その原理は金属の地中、水中における一般の腐食は金属表面の電気化学的作用にもとづくものであり、これに外部電極から直流の微弱な電流を流入させることによって金属表面の電気化学作用をおしとどめてやる方法であって、わが国でも鋼板岸壁や棧橋、ドルフィンなどの港湾施設はもちろん、鋼杭、船舶、地下埋設管などの防食に広く用いられている。電気防食の特徴とする点は、つぎのごとくである。

a) 安い費用で確実な防食効果が得られる防食効果は 80~100% が期待される。

b) したがって余分な腐食代をとる必要がない。

c) 構造物には電線をところどころに接続するだけであるから既設の構造物にも簡単に施工できる。

d) 腐食による設備の休止、修理取りかえ、製品の汚損、人命の危険など、間接的損害を未然に防止する。

電気防食法には外部電源方式と流電陽極方式とがあるが、本パイプラインには後述する理由によって新潟(大潟町)~東京間の全路線に対して外部電源方式(排流器併用)を採用した。なお電気防食工事費は約 8 000 万円 でパイプライン総工事費 55 億円のわずか 1.5% にすぎない。

### 4. 電気防食装置の調査および設計

#### (1) 予備調査

電気防食装置設計の基礎資料をうるために次に示す 7

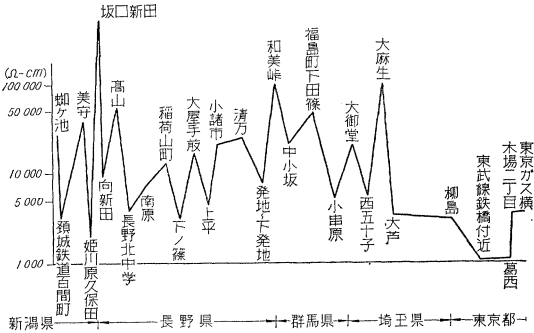
項目の調査を行なった。

- ① 路線沿いの大地比抵抗分布の測定 5~10 km<sup>2</sup>間隔
- ② 電極設置予定地の選定および比抵抗測定
- ③ 電気鉄道横断または近接箇所の軌条対地電位、電位傾度の測定、路線近傍の未電化鉄道の将来の電化計画および変電所設置の確認調査
- ④ 路線近傍の水道管、ガス管、電話ケーブルおよび高圧線の状況調査
- ⑤ 化学工場の悪性排液に関する調査
- ⑥ 電極設置予定地の電源の有無および電極埋設箇所見取図の作成
- ⑦ 妙高温泉および軽井沢付近の土壌の腐食性に関する文献調査

## (2) 調査結果

調査結果のおもなる事項をあげれば、つぎのとおりである。

図-3 大瀧~東京間ガス パイプ ライン大地比抵抗測定点



① 路線沿いの代表的地域の比抵抗測定結果を 図-3 に示した。土壌の比抵抗は金属の腐食性を左右する一因子であって、比較的大地比抵抗が低く腐食性の大であると考えられる地域はつぎのとおりである。

直江津市外、長野市内、上田~小諸間、群馬県藤岡市外、埼玉県熊谷から鴻巣間に至る荒川堤沿線、草加市、東京都足立区、千住新橋から豊洲の東京ガスへ至る区間。

② つぎに電気鉄道による電食障害の考えられる地区は 表-3 排流器設置点の 14 カ所であった。電食調査例(放電式自記記録計による軌条対地電位の測定)を 図-4,5 に示す。

③ 既設の地下埋設物に接近して布設される箇所は主として市街地であって、小諸市、上田市、篠ノ井市、長野市および東京都内において、ガス管、水道管、電話ケーブル等と交差あるいは接近することが予想された。これらの箇所には陰極干渉を排除するために絶縁テープ巻を行なう必要がある。

④ 高圧線鉄塔と 10 m 以内の距離に接近する箇所は新潟県 2、長野県 2、群馬県 1、埼玉県 8、東京都 3カ

図-4 東武日光線鐘ヶ淵変電所近傍レール対地電位

このチャートを見ると⊕⊖の変動が大きい、しかし⊖の変電が多いので電食影響ありと判断される

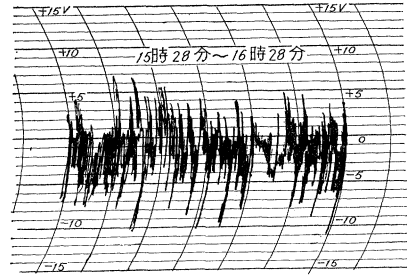
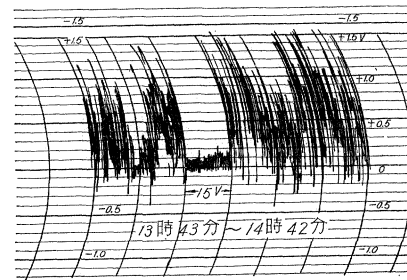


図-5 都電不動尊前一富岡町間横断部レール対地電位

レール対地電位は⊕変動が多く電食の影響なしと判断される例



所であって、このうち鉄塔の接地抵抗が規定値 10 Ω を越えるものは長野県内の 2 カ所のみであった。

⑤ 最後は妙高温泉、軽井沢地区の土壌の腐食性問題であった。軽井沢、妙高地域の土壌の pH 値は 5.0~5.9 で酸性度は比較的小さく、この程度の弱酸性ではアスファルト被覆はそれほど激しく侵されない。ところにより硫黄含有層があって、そこから地下水の流れてくるということがあっても、pH 5 程度の酸性土壌では電気防食によって十分防食可能である。アスファルトコーティングは地熱の高いところに特に砂粒度が大きい、しかも酸素の拡散の大きな条件が重なるところでは大気中で起こるきれつなどと同じような現象が起こり 1~2 年で劣化してしまう。今回の路線地帯では地下 1.5 m 前後のところではそれほど地熱が高いとは考えられず、ただ粘土が少なく 0.2~2 mm 程度の粗大な砂岩粒を多く有しているので酸素の拡散が比較的大きいのではないと思われる。以上で特にコーティングをいちじるしく劣化する原因はないと推定された。

## (3) 設計施工方針

以上の調査結果にもとづき、つぎのような設計施工方針を立案した。

約 335 km におよぶ管路は水田、原野、山林、温泉地、市街地など多種多様な地質、地形のところに埋設され、また電気鉄道と平行あるいは横断箇所があり、それらによる腐食は多種多様であるため、部分的には相当な腐食

を生ずる危険地帯もあった。高圧管路の防食対策，すなわち安全性という点からも当然電気防食は必要であり，防食方式としては，かかる長距離管路を短期間に低コストで施工するという点で外部電源方式が有利であると判定された。

すなわち，流電陽極方式においては約2000個のMg陽極を500m間隔に3個ずつ程度設置することとなり，用地問題，管理上の難易など具体的に検討しても，また設計上の安全性，経済的であることという根本的考え方に合致する点が多いことから，外部電源方式の採用が結論づけられた。

防食電流密度は調査結果による腐食条件および将来の被覆劣化を考慮して都外は最大1mA/m<sup>2</sup>，土壌比抵抗が低い都内は2mA/m<sup>2</sup>として電源容量を決める必要があった。都外の電極設置点はなるべく市街地をさけて，新潟～群馬県は20～25km間隔に10カ所，埼玉県内は11～17km間隔に6カ所，東京都内に3カ所の計19カ所に直流出力36V×20A×1Pのセレン整流器を設置し，また電鉄の電食防止対策用として新潟～埼玉間に150A型のシリコン排流器を8基，都内に6基，計14基を予定した。電源，電極，排流器およびターミナルの各県別配置を表-3に示す。

## 5. 電気防食工事施工

表-3 大瀧～東京間ガスパイプライン電気防食装置概要

記事 都県別	配管距離	RF電極設置点	電極数量	排流器設置点	Zn電池	ターミナル数
新潟県	51km (51A)	1. 上神原	Fe 304 55φ×820Z 24本		50本	0
		2. 姫川原	25本			
長野県	114km (114A)	3. 野尻	54本	長野電鉄 本郷駅	126本	4組
		4. 浅川小学校前	54本			
		5. 八幡村代	25本	上田丸子電鉄 上田橋付近		
		6. 下之篠	42本			
		7. 芝生田	62本	上田丸子電鉄 大屋交電所		
		8. 馬取堂	42本			
群馬県	51km (51A)	9. 下小板	60本	岩崎	24本	0
		10. 小串原	40本			
埼玉県	91km (91A)	11. 北堀	39本	岡部	88本	0
		12. 大芦	42本			
		13. 宮内	40本	広瀬		
		14. 原市	40本			
		15. 大門	40本	榎戸		
		16. 柳島	40本			
東京都	28km (74A)	17. 綾瀬川	Si-200 1本	西新井(東武) 常盤線 東武線 京成押上線 総武線 都電	128本	3組
		18. 中川大橋	Pb-Ag 30φ×400Z 2本			
		19. 豊洲橋	2本			
合計	335km (381A)	19カ所	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 669 Si 1 Pb-Ag 4	14カ所	416本	7組

電気防食およびそれに付帯する工事の概要はつぎのようである。

### (1) ターミナルおよびターミナルボックス設置工事

ターミナルは図-6に示すような構造のもので，用途によりつぎの3種類を使用した。

a) 計測用および整流器排流点(8mm<sup>2</sup>電線使用)  
計測用端子は5km間隔，都内豊洲～葛西橋間は約100m間隔，電鉄排流器設置点にはその前後500m間隔に5カ所ずつ。整流器排流点用は表-3に示す整流器設置点(19カ所)に2本ずつ(ただし1本は計測用)設置した。

b) 亜鉛電池接続用および高圧線鉄塔近部(14mm<sup>2</sup>電線使用)  
高圧線鉄塔近接部のものは，もし将来避雷器そのほか安全施設をとりつける場合のこと，および計測用もかねて設置したものである。

c) 電鉄排流用端子(60mm<sup>2</sup>電線使用)  
この排流用端子は前記14カ所の排流器設置予定地および，将来電化の予想される信越線横断部ならびに近接部にも設置した。

これらのターミナルは管理設前に現場において管上面に溶接し，溶接部は管と同様の被覆を行なったのち埋設された。電線は所要サイズのビニール管で保護して地上に立て上げ，地上にターミナルボックスを設置する。

写真-3にターミナル取付け状況を，また図-7に接続箱設置要領を示す。

### (2) 電極設置工事

電極設置点は表-3に示す19カ所であって，東京都を除く16カ所に使用する電極は磁性酸化鉄電極(55mmφ×820mmZ)で，その使用数量は表-3に示す。これらの電極は接地抵抗を減少し，電極効率をよくするためにバックフィル(黒鉛30%，コークス粒70%)中に収納後，あらかじめ調査決定された土地(管より50～300mm離れた地点)に深さ1m以上に埋設された。電極に付属のリード線(5.5mm<sup>2</sup>EVケーブル)は1本ずつビニール管で保護して地上へ立て上げ，地上の接続箱において数本ずつ一括して結線され電源装置の(+)端子まで配線された。なお，電極の埋設には主として写真-4に示すようなアースドリルを用いた。

図-6 電気防食用ターミナル

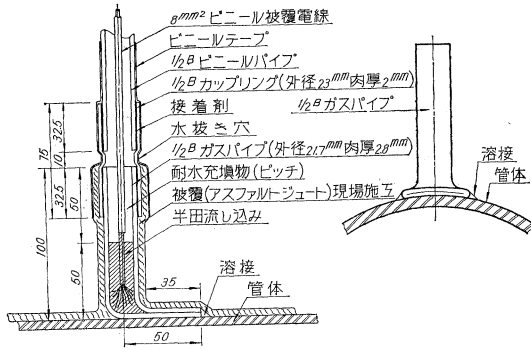
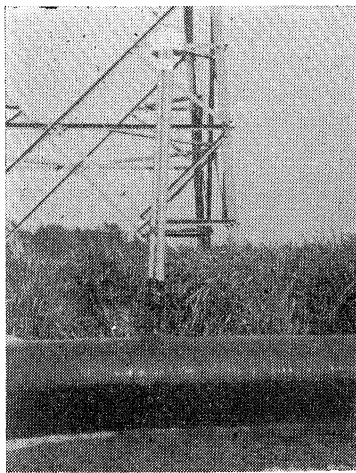


写真-3 計測用ターミナル取付け状況および他管路との干渉排除のための絶縁防食テープ巻きをしたところを示す



### (3) 直流電源装置設置工事

直流電源装置は屋外自冷却型のセレン整流器を使用した。

本器のおもなる仕様はつぎのとおりである。

交流入力: AC 100V または 200V 単相 50 または 60 c/s

最大直流出力: 36V × 20A

最大入力電力: 1.2 kVA

熱流方式: セレン単相全波整流, 自冷型

(本器は交流電圧計, 直流電圧計, 直流電流計各 1 個, 直流

図-7 測定用端子箱詳細図

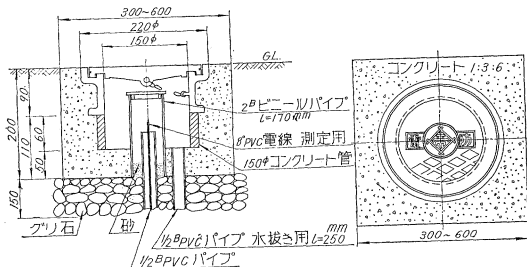


写真-4 磁性酸化鉄電極設置工事アースドリル (ボーリング機械) を使用中

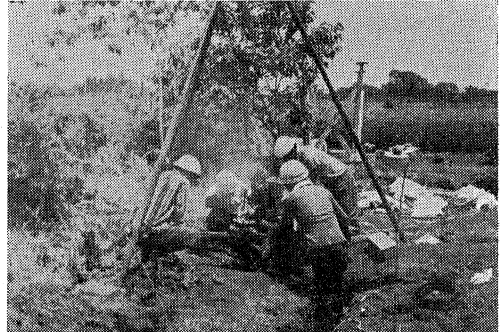
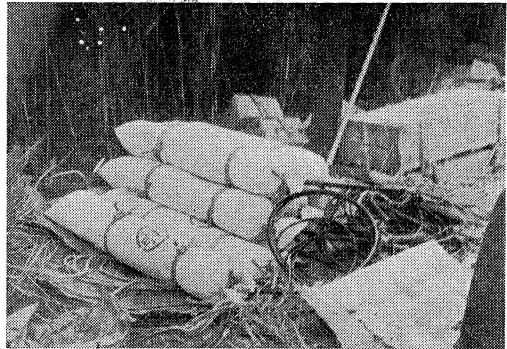


写真-5 磁性酸化鉄電極をバックフィルに収納した状態



電圧調整器 1 組, 入力・出力スイッチ およびフューズ各 1 組, 標示灯などを装備し, 正面および側面は開閉扉になっていて, 各種計器, 標示灯は外部より監視できるよう ドアにガラス窓を有している。本器は電極設置位置付近に 図-8 および 写真-6 に示すように, 高さ 1.5m の鉄塔上に設置した。

### (4) 直流側および交流側引込配線工事

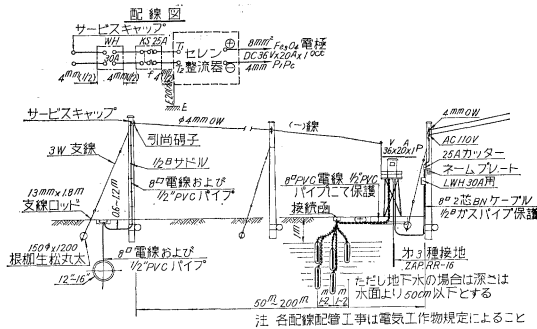
配線工事の要領は図-8 に示す。直流 (+) 側配線は前述のように電極付属のケーブルを 5 本程度ずつ接続箱内にて接続し, 8mm<sup>2</sup> ビニール電線を使用して電源装置の (+) 端子まで配線して接続した。(−) 側配線は, 管に溶接して立て上げたターミナルに接続された電線は電柱に沿って立て上げ, 直流電源装置まで 4mmφ の OW 電線で架空配線を行なった。用地の都合上, 電源装置のみをパイプライン側に設置するときは, (+) 側が架空配線となる。また, これら配線を全部地下埋設とする箇所もあった。

交流側引込配線 (100V または 200V) は電源装置付近の既設交流線から引込み, リミッターおよび積算電力計, 主開閉器を経て電源装置の入力端子に接続された。

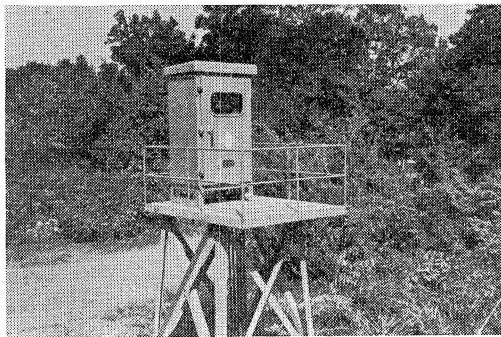
なお直流電源装置ならびに同鉄塔は防食塗料として高濃度亜鉛未塗料 (ザップコート), およびジンキーを下塗りしたのち指定色にて仕上げ塗装を行なった。また, この鉄塔の接地棒としては防食用 Zn 陽極 (ZAP-APR-16 型) を使用して第 3 種接地を施してある。

### (5) 亜鉛電池設置工事

図—8 1, 2 次側配線配管見取図



写真—6 直流電源装置設置状況



長野市、埼玉県～東京都の県境に設置される圧力調整所、および豊洲ガス工場終端にはそれぞれ絶縁継手がそう入されるので、管はこの箇所での他の区間とあるいは枝管と電気的に区分せられることになるので、雷などが発生した場合に管路相互間（絶縁継手の両側）に異常電圧が誘起されることが考えられる。このとき絶縁継手が破壊されないよう、絶縁継手の両側に接続した亜鉛電極を互いに密接して地下に埋設しておくことによって、この異常電圧の誘起を防止することができる。この目的のために絶縁継手部分に亜鉛電池を構成して埋設し、あらかじめ取り付けられたターミナルと接続箱内において結線した。

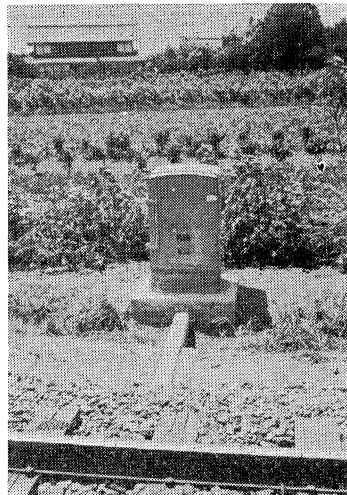
### (6) 排流施設工事

150A 型のシリコン排流器を電線軌条付近にコンクリート基礎を構築し、その上に設置した。設置箇所は表—3 に示すように長野県3カ所、群馬県1カ所、埼玉県4カ所、都内6カ所を予定しているが、管布設後の再調査により埼玉県および東京都内は若干の増減が考えられる。配線は 60 mm<sup>2</sup> のビニール ケーブルを使用して管から排流器まではコンクリート トラフ を使用して地下埋設配線、また排流器から軌条まではトラフ露出配線が行なわれた。軌条の接続は信号器のインピーダンス ボンドを利用した。排流器の設置状況を 写真—7 に示す。

### (7) 干渉防止絶縁被覆工事

非防食管路も交差する場合、電鉄軌道横断の場合およ

写真—7 排流器の設置状況



び高圧線鉄塔の接地線ときわめて近接するような場合には、その前後 5 m ずつの範囲にわたって管にライターテープ（塩酸ゴムテープ）、およびビニールテープを各半重ね巻きして絶縁処置を行なった。

### (8) 標柱設置工事

各測定端子箱および排流点、電源設置点などにはコンクリート製標柱を設置することとした。

### (9) 橋梁添架部絶縁工事

既設の鉄橋に管を添架するときは、すでに添架されている電話ケーブル、水道管、ガス管などと短絡することになり、防食電流のロスとなるので、管のハンガーあるいはサポート部分に硬質ビニールあるいはポリエチレン板をそう入して絶縁を行なっている。この処置の必要な橋は主として長野県の丹波島橋および上田橋、東京の千住新橋、豊洲橋そのほかである。

### (10) 絶縁継手設置工事

(5) で記したように、各整圧所、枝管部分および始端点には絶縁継手がそう入される。これは長大な区間を 2～3 ブロックにわけて防食装置の調整を容易にするためと、防食対象物以外の関連地下構造物に防食電流が流入して電流が不足することを防止するためである。

絶縁継手はフランジの絶縁性パッキンと、ボルトスリーブおよび絶縁ワッシャーとからなり、これらはすべてナイロンで成型された輸入品が使用された。

## 6. 結 言

東京パイプラインも昨年 11 月开工以来ちょうど 1 カ年してようやく完成した。電気防食工事についてはこれから諸装置の調整および防食効果の確認すなわち管対地電位の測定などを行なうことになっている。

電気防食の理論、応用および維持管理などの点については紙数の都合上省略したが、別の機会に稿を改めて紹介したい。

本文が諸賢のご参考の一助ともなれば幸甚である。

〔筆者：藤堂・帝国石油KK施設部長  
中川・正員 工博 中川防蝕工業KK取締役社長〕

(原稿受付：1962.10.3)