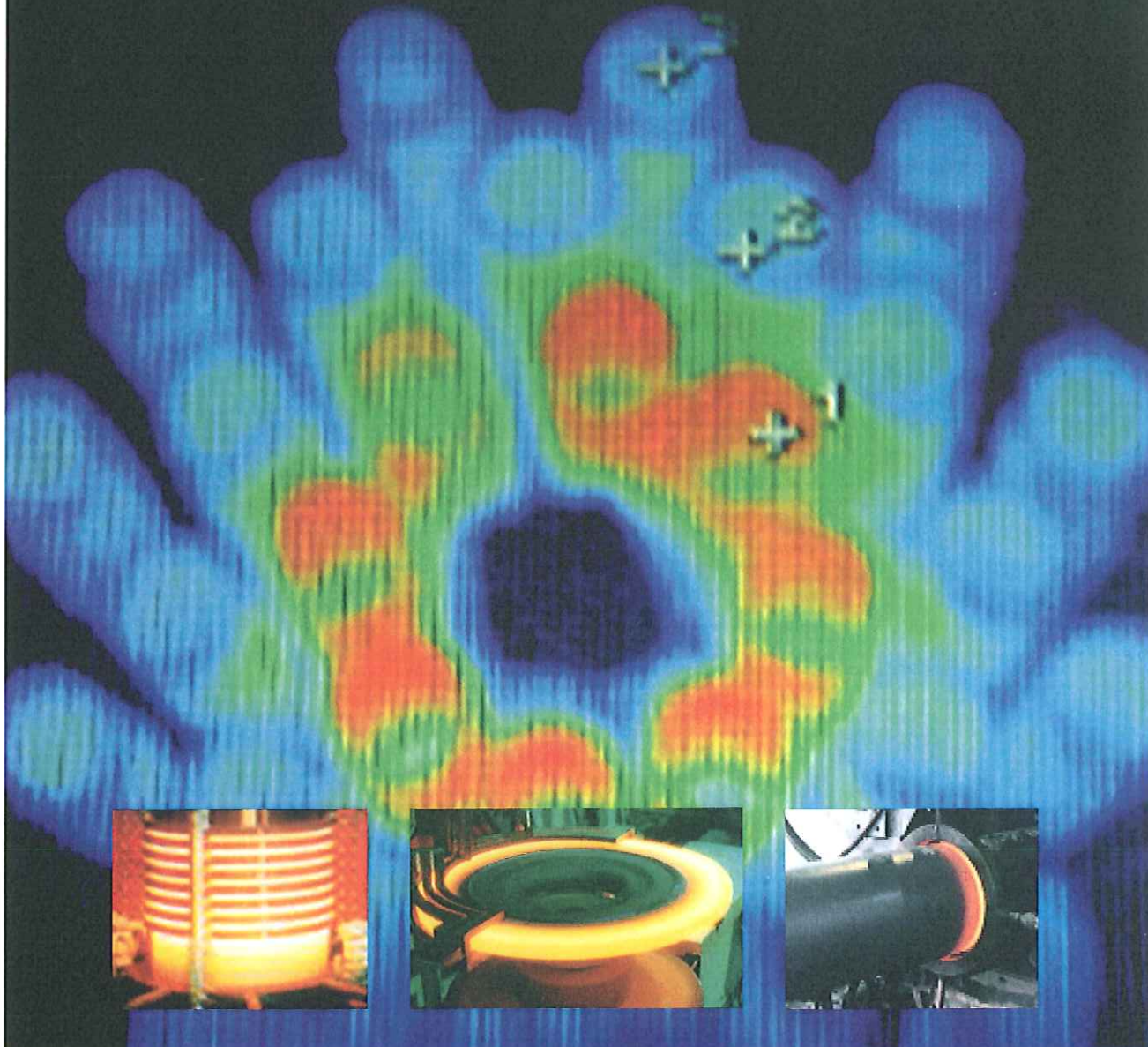


通巻700号

# 装置まわり配管設計

DHFは誘導加熱のプロ集団です  
DHF IS THE "PRO" OF INDUCTION HEATING



世界に誇る誘導加熱技術  
第一高周波工業株式会社  
DAI-ICHI HIGH FREQUENCY CO., LTD.

<http://www.dhf.co.jp>



第2表 手溶接と自動溶接の能率比較\*

	A. 手動溶接	B. 自動溶接	比率 (B/A)
1リング当りの作業時間			
配管・芯出 (分)	30	30	100%
溶接アークタイム (分)	120	80	67%
余盛Gr仕上げ (分)	30	10	33%
非破壊検査 (分)	30	30	100%
合計 (分)	210	150	71%
1日当りの施工リング数	2リング/日	3リング/日	150%

\*管径：600A、肉厚：15.1mmの場合

### 3.3 溶接検査方法の選定

埋設管の施工において、溶接作業時間と同様にその非破壊検査時間の短縮は進捗率の向上に大きく寄与する。よって、自走式X線撮影装置（内部線源方式）や、X線フィルム自動現像機搭載検査車といった埋設パイプライン特有の検査設備を考慮することも必要となる。

### 3.4 現地塗覆装の選定

現地溶接部の塗覆装は、本管と同様にポリエチレンが使用される。塗覆装材の選定には、防食上要求される絶縁性能だけでなく、長期的な耐劣化性能、鋼管との密着性能も考慮する必要がある。施工方法は、一般的にはガスバーナの手あぶりによる熱収縮であるが、火気使用が懸念される現場環境（シールド内等）や、鋼管と塗覆装間に高い密着力（接着力）が要求される設計条件下では、遠赤外線加熱による真空式自動塗覆装機（写真4）が適用されている。

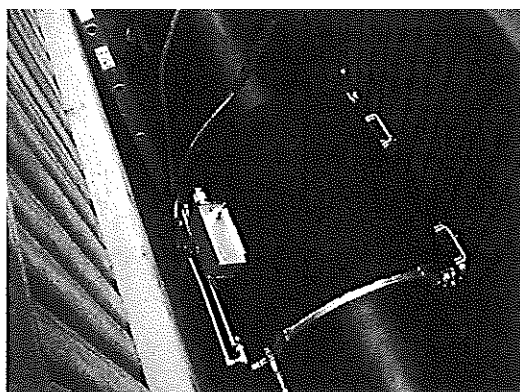


写真4 真空式自動塗覆装機による作業状況

### 3.5 電気防食設計

埋設管の土壤腐食対策としては、本管の塗覆装だけでなく、電気防食を併用する。電気防食は、当該パイプラインの規模、環境等を考慮し、外部電源法か流電陽極法のどちらかの方式を選択する。第3表は両方式の特徴を取りまとめたものである。

尚、埋設部と架空配管部との取り合い部においては、絶縁フランジ、絶縁継手等による管路の電氣的絶縁を設計上考慮しておく必要がある。

第3表 電気防食法の比較

	外部電源法	流電陽極法
原理	直流電流により防食電流を発生	犠牲陽極 (Mg等) により防食電流を発生
対象規模	大	小
他埋設物障害	干渉：考慮必要	干渉：なし
適用が有利なパイプライン	長距離パイプライン 塗覆装状況：制約無	短距離パイプライン 塗覆装状況：良好

## 4. 土木配管設計

### 4.1 ルート選定

パイプラインルートは、沿線環境・施工法・経済性・維持管理を総合的に考慮して決定する。よって、当初選定されたルートは、敷設環境、土質、既埋設物等を調査し、施工法を決定した後に、そのルートの最適性を再評価する必要がある。

### 4.2 土質調査

パイプラインの土木配管設計は土質調査から始まるが、延長が長いので地形、地質、敷設位置、深さから適切な調査を選択し、効率的に計画する必要がある。パイプライン計画時によく採用される土質調査の方法は第4表に示す通りである。

土質調査結果より、敷設ルート、敷設位置および敷設工法の選定や補助工事の要否等を検討する。

第4表 土質調査の方法

土質調査の方法	調査内容	得られる情報
既存資料の収集	地形図、地質図、土質調査結果等	断層、地すべり、液状化の有無等
現地踏査	目視により周辺地形、地質の確認	地質、地下水の想定
物理探査	地中レーダー、電磁気、弾性波探査	地質、地層区分、地下水の想定
地質ボーリング	ボーリングコアを採取して実際の土質を確認	地質、N値、室内試験による土質定数
サウンディング	N値、スウェーデン式、コーン試験	地盤の強度

一般に用いられる開削工事の工法選定（掘削、土留工法の選定）時には土の種類、地下水の有無が重要な調査項目である。埋設深さは3m程度までであり、軟弱地盤、岩盤、湧水などの発生により掘削能率が著しく低下することがある。場合によっては特殊工法の採用、補助工法の併用も必要となるため、地盤が悪いと予想される場合には調査掘りで、土質、湧水量を確認

することが望ましい。

推進工法・シールド工法および山岳トンネル工法等の非開削工事では、パイプライン敷設のための土木工事が大規模となる。よって、土木設計のための土質データが要求され、地質ボーリング、室内試験が行われる。これらの土木工事は、道路本体の建設等とは異なり、あくまで施工のための仮設構造物であり、パイプライン敷設後は、空隙を埋戻すことが多く、経済性を最重要視した構造設計が必要である。

また、この時得られる土質データは、埋設管の沈下挙動の検討や耐震設計にも使用される。

物理探査は、地表上から広範囲に土質を調査できるメリットがあるため、周辺環境から掘削できない場合や初期の工事計画段階などで行われることが多い。

### 4.3 既埋設物調査

市街地では道路下の既埋設物が輻輳しているため、設計段階での既埋設物調査は大変重要である。

既埋設物としては、上下水道、ガス、電気、電話等の管路や水路、人道等の構造物が挙げられる。その埋設深さや大きさによって、パイプラインの敷設工法が変わることもあるので、位置と形状を正確に知ることが重要である。

既埋設物の調査は、まず当該埋設物管理者からの提示資料で調査・確認する。次に現地で人孔や弁蓋、側溝を調査し、埋設物の位置を直接測定により確認する。

最近では非開削で埋設物を探査する技術も進歩しており、電磁波による地中レーダー探査が使われている。一般的には、Φ5cm以上の埋設物は、適用深度2~3m程度であれば高い確率で検知できるので、設計段階での有効な調査方法である。

しかし、資料や探査による調査では、実際の埋設物の位置を正確には把握できないので、施工段階においては、調査掘り（手掘り）による既埋設物の確認を慎重に行う必要がある。

### 4.4 敷設工法の選定

パイプラインの敷設工法は、工期が短く、経済的であり、且つ土質や地下水の変化に対応し易いことから、開削工法が最も多く使用されている。

まずはこの開削工法が適用できるルートを検討する。パイプラインの敷設場所は道路、農地、山林など様々であるが、維持管理や占用の容易さから道路下が最も多い。敷設する道路の選定は、交通量、既埋設物、周辺環境から総合的に判断する。工事に伴う通行止めや交通渋滞の発生は極力避けるように計画しなければならない。

パイプラインの埋設深さは標準で0.8~1.5m程度である。近年は規制緩和により浅埋化も進んでおり、ガスパイプラインの最低埋設深さは高压で1.2m、中圧で0.6mまで緩和されている。しかし、市街地や人家連担地区では他埋設物との離隔距離を保つために深くする必要がある場合も多い。

従来、非開削工法（推進工法、シールド工法）は巨大構造物、河川、軌条等の横断箇所のみ採用されてきた。しかし、近年非開削工法の開発（長距離化、低コスト化）が進み、開削工法で以下のような問題が発生する場合には、道路縦断線形の非開削工法も採用されるケースが増加している<sup>(4)</sup>。

- ① 著しい交通支障が生じる
- ② 既埋設物が多く占用位置が確保できない
- ③ 補助工法、付帯設備工事等が割高となる

推進工法、シールド工法の比較は第5表の通りである。

第5表 推進工法とシールド工法の比較

項目	推進工法	シールド工法
施工延長	最大1000m程度	500~3000m程度
覆工材料	ヒューム管、鋼管	セグメント（鋼製、コンクリート製）
曲線施工	原則直線 曲率半径大の単純曲線は可能	曲率半径15mR程度まで可能
工事費	推進工法 < シールド工法	

山岳地のパイプラインの敷設工法は、斜面での開削工法と横断による山岳トンネル工法を比較して決定する。山岳トンネル工法は、開削工法よりも施工単価(m当り費用)は割高であるが、施工延長を大きく削減できる場合はコスト的に有利となることが多い。

## 5. 付帯設備の設計

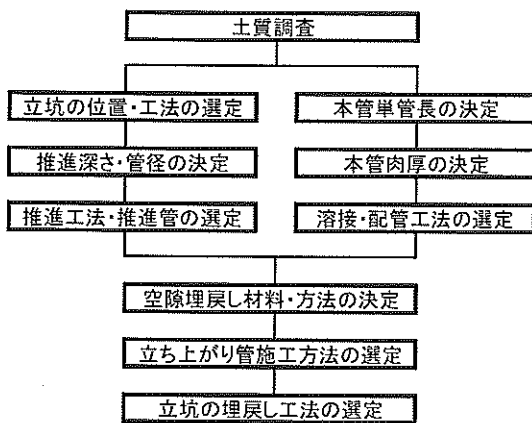
高圧ガスパイプラインでは、ルート内数10km毎に分岐・減圧のためのステーションが設置される。ステーションの配置計画と機能・システムは、将来的な供給計画をベースにPFD・P&ID段階で決定される。パイプラインの設計段階では、周辺地形、環境、および土質を調査した上で、具体的な詳細設計を行う。

## 6. 特殊部の設計

### 6.1 推進部の設計

全体の設計フローは第2図に示す通りである。推進管内へガス本管を引込むため、推進工事計画時に以下の項目を検討しておく必要がある。

- ① 立坑内で鋼管の溶接作業を行うため、溶接スペースを確保する。
- ② 本管の立坑内吊り降し方法を考慮して、立坑長さを決定する。
- ③ 推進管の口径は、本管の引込みが可能な寸法にする。
- ④ 推進管の継ぎ目部は、本管引込み時に支障が無いように段差を除去する。



第2図 推進部の設計フロー



本管の推進管への引込みは、先頭の管にワイヤーを取り付けてウィンチで引込む方法が一般的である。本管の引込みの際には、塗覆装の損傷防止対策が重要であり、最近では塗覆装損傷防止を目的とした樹脂製管台車も開発されている<sup>(5)</sup> (写真5)。

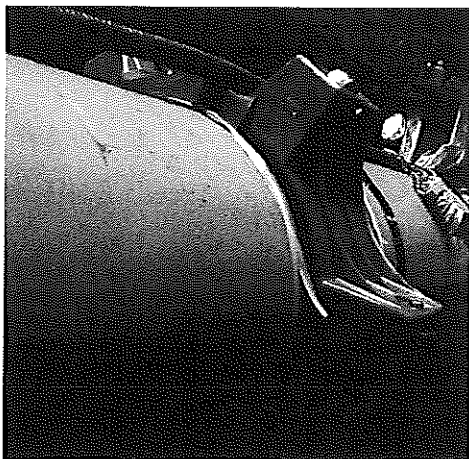


写真5 樹脂製引込み用管台車

## 6.2 シールド部の設計

シールドの設計も推進とほぼ同様の手順で行うが、

長距離施工が可能であり、且つ線形に比較的自由度が高いので、水平方向の線形設計において立坑位置を道路以外に設けられるという大きなメリットがある。縦断方向の線形設計では、掘進能率、補助工法やカッタービットの交換を有利にする土質を選定して、同じ土質の層を掘進するよう計画する。なお、シールド内配管を行った例では、水平は40mR程度まで、縦断は斜度10%程度までの施工実績がある。

道路の曲線に沿った長距離シールド部での配管設計でも、開削工事部と同様にコールドバンド管を駆使することにより、材料費の低減、発生溶接リング数の削減が可能になる。

本管の配管・溶接作業は、推進工事等とは異なり、掘削時に用いたレールを使用して本管を運搬し、シールド内部で行う。従ってシールド径は内部で配管・溶接作業が可能な最小径となる。非常に狭隘な作業環境であるため、3章に記載した自動化施工が採用されることが多い。近年では溶接・検査・現地塗覆装の高速化に加え、各作業を同時並行的 (Spread工法的) に行い、手待ち時間を無くすことにより配管能率を向上させる努力もなされている。

## 6.3 山岳トンネル部の設計

山岳トンネルの設計では、地質調査により地山の硬軟、崩壊性、地下水などを正確に把握することが重要である。既存の地質図や地形図、現地踏査により地滑り帯や断層破碎帯の情報を得て路線を選定する。さらに弾性波探査やボーリング調査によってトンネル線形、掘削方式、支保工、覆工の設計に必要な情報を得る。

パイプラインにおけるトンネルは道路や鉄道と異なりほとんどが小断面であるため、全断面掘削方式が多い。また近年、TBM工法がパイプライン分野でも採用事例を増やしつつある。

トンネル内の配管・溶接方法はシールド部とほぼ同様である。トンネルの場合、シールドと違って立坑がないので、本管の単管長を大きくすることが可能で、バックヤードが確保できる環境では、ダブルジョイント (2本継ぎ) した長尺管を引込むことにより、効率的な配管・溶接工法を採用することも可能である。

## 7. その他の設計

### 7.1 不等沈下設計

圧密や液状化によって生じる不等沈下が埋設管に過大な応力を発生させることがある。特に露出管 (固定点) から地下に入る地点や、推進やシールド立坑内の

立ち上がり配管箇所等は沈下量の推定とその対策が必要である。ガスパイプラインでは、沈下対策として伸縮管は使用せず、本管の管厚や強度を上げる方法、或いは2重管構造で鞘管内で鋼管のフレキシビリティを利用して沈下吸収する方法が採られる。埋立地等で更に大きな沈下が予想される場合には、曲管或いはループ配管を設置することも行われている。

また、沈下の大きな場所では、定期的に沈下量を測定するため、管に沈下測定棒を設置する。

### 7.2 耐震設計

我が国のパイプラインの耐震設計技術は、世界の頂点にあり、各種パイプラインでその耐震設計基準が制定・改訂されている。埋設管であることから、地盤変位との相互作用をベースとしたひずみ設計が耐震設計基準に取り入れられており、大地震の地震動による地盤変位、液状化による側方流動や地盤沈下に対して信頼性の高い安全性照査が可能である。

最近では、高グレード鋼管を対象として、材料設計、溶接設計までも考慮した耐震設計 (Strain Based Design) の研究・開発も活発に行われている<sup>(6)</sup>。

## 8. おわりに

パイプラインは、正に我々の生活と産業の維持・発展に不可欠なライフラインである。今後も関連技術開発とその現場適用を進め、パイプライン業界の発展と、社会の安心・安全に貢献し続けたいと考える。

### <参考文献>

- (1) ジルベール・ガンティエ、武井篤他訳「パイプライン」、白水社文庫クセジュ、1971.12
- (2) 竹内泉「天然ガスパイプラインと高グレードパイプラインの現状」、日本溶接協会誌、第74巻 (2005) 第7号
- (3) 柏木弘幸他「Automatic Welding System for Gas Pipelines」、Proceedings of Pipe Dreamer's Conference、2002.11
- (4) 笠井隆司、「パイプライン推進工法の現状」、配管技術、2002.2増刊号

- (5) 株式会社馬物産カタログ、技術資料
- (6) 藤田周亮他、「Strain Capacity of X80 Gr. UOE Pipe for SBD in Seismic Area」、Proceedings of X80 & HGLPS 2008

### 【筆者紹介】

#### 笠井 隆司

昭和28年6月21日兵庫県生まれ  
住友金属パイプエンジニア(株) 技術・品質本部長  
TEL: 072-241-9682 FAX: 072-241-9512  
E-Mail: tkkasai@smipe.co.jp  
〒590-0831 堺市堺区出島西町2  
工学博士

#### 石垣 洋

昭和49年5月19日神奈川県生まれ  
住友金属パイプエンジニア(株) 技術部 技術開発室  
課長代理  
TEL: 072-241-9682 FAX: 072-241-9512  
E-Mail: hishigaki@smipe.co.jp  
〒590-0831 堺市堺区出島西町2

#### 住友金属パイプエンジニア株式会社

<代表者> 柴田 敏郎 シバタトシオ  
<本社住所> 〒590-0831 堺市堺区出島西町2  
TEL: 072-241-9680 FAX: 072-247-0242  
URL: <http://www.smipe.co.jp/>  
<資本金> 2,800 (百万円)  
<年商> 26,100 (百万円)  
<従業員数> 430名  
<主要取引先> 東京ガス、大阪ガス、東邦ガス、東京電力、国際石油開発帝石、他  
<事業内容及び会社近況>  
ガス、水道、石油、その他の配管工事およびこれに付帯する設備の製作、据付および補修工事  
製鉄、LNG設備、化学その他のプラント設備の製作、据付および補修工事  
水道用途覆装鋼管の製造販売  
前各号に関する調査、設計およびこれに付帯する一切の事業

好評シリーズを33年ぶりに復活

随筆集「技術の挑戦者次代を担う技術者へ」

A5判・本文180頁・定価: 1,575円

トップエンジニアがナマの言葉でつづる「ひと」「わざ」「もの」そして「こころ」

日本工業出版(株)

フリーコール 0120-974-250 sale@nikko-pb.co.jp