

# 石油パイプライン用テレメータ・テレコントロールシステム

\* 島田 耕司(しまだ こうじ)・\* 黒江 潤一(くろえ じゅんいち)・\* 布田 昌宏(ふだ まさひろ)

## ① まえがき

石油類の大量内陸輸送手段として、石油パイプラインは他の輸送手段に比べて種々のメリットがあるため、海外諸国では100年以上の歴史を有している<sup>(1)</sup>。

我が国の場合、テレメータ・テレコントローラを含む制御装置を採用した本格的な石油パイプラインとしては、昭和45年に稼動した呉羽化学工業(株)のそれが最初であろう<sup>(2)</sup>。この石油パイプラインは、小名浜港から錦工場までの約16kmを8インチと4インチのパイプ2本で結び、それぞれ2油種をスフェア(仕切球)方式で輸送するものである。制御装置としては、テレコントローラ(形式:TC-100URD)と監視制御盤を富士電機が製作納入した。

富士電機はその後、昭和48年3月に稼動を開始した常磐共同火力(株)向けの燃料油送油用パイプラインにも、テレメータ・テレコントローラと監視制御盤を納入した<sup>(3)</sup>。

これらの経験をふまえて石油パイプラインにおける制御システム、漏えい検出技術、サージ、スケジューリングなどに関する見解を、本誌の第46巻第4号(昭和48年)に「パイプライン小特集」として世に問うてから既に10年を経過した。

幸いにも、その後、新東京国際公園向けの暫定パイプライン(7km)や北海道電力(株)向けの伊達火力パイプライン<sup>(8)</sup>(26km)などの実績を積み重ねて、このたび日本最大の石油パイプラインである新東京国際空港公園向けの航空燃料パイプライン(47km)用計測制御システムを昭和57年度に納入することができた。この航空燃料パイプラインは図1に示すように、千葉港頭と新空港間を14インチのパイプ2本で結ぶものであるが、計測制御システムは計算機システム、計装システム及びテレメータ・テレコントロールシステムから構成されている。また、現在、これとほぼ同一のシステムを沖縄地区に納入すべく製作中である。

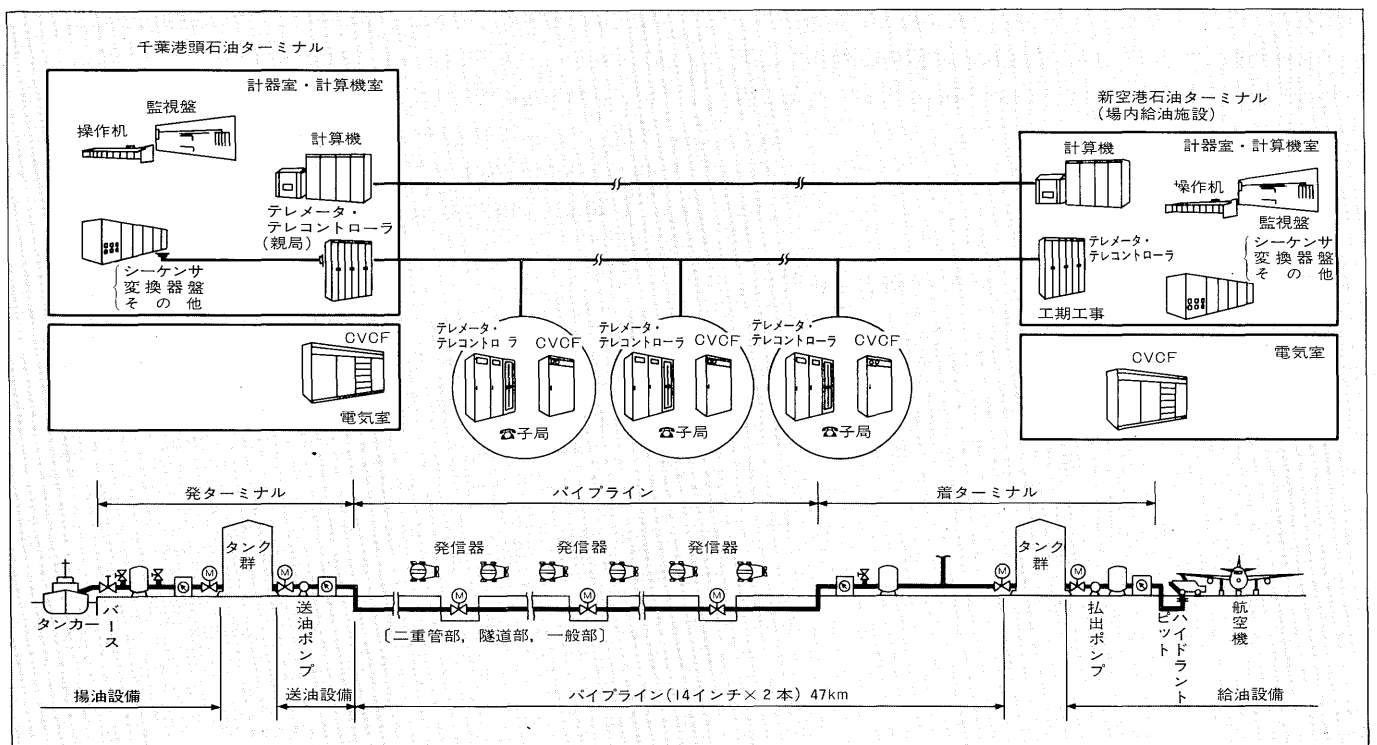
本稿では、これらの多数の実績をふまえて石油パイプラインに必要な計測制御システムの特徴を説明し、次にテレメータ・テレコントロールシステムについて紹介する。

## ② 石油パイプラインにおける計測制御システムの特徴

石油パイプラインにおける計測制御システムの特徴をあげると次のようになる。

- (1) 長距離に直列的に制御・監視点が散在する。

図1 航空燃料パイプライン計装制御システム概念図



\* 計測事業部 技術部

表1 石油パイプライン用テレメータ・テレコントロールシステム一覧表

用途		パイプラインの運転監視及び制御用			パイプラインの漏えい検知用				
システム構成方式		パイプライン用テレコントローラ			ターミナル間データ伝送用テレメータ・テレコントローラ		圧力信号伝送用テレメータ	流量パルス伝送用テレメータ	
伝送回路		1:N:1	1:N	1:N	1:1テレコントローラ	1:1テレメータ	1:1	1:1	
システム構成要図		8線式, 分岐状回線	4線式, 分岐状回線	4線式, 放射状回線	4線式	2線式	2線式	2線式	
システム構成要図									
親局の数(台)		2	1	1	1	1	1	1	
子局の数(最大)(台)		15, 30, 45, 60	15, 30, 45, 60	30	1	1	1	1	
伝送速度(bit/s)		1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	200ボー又は1,200ボー(変調速度)	
伝送方式		時分割多重化によるサイクリック伝送	時分割多重化によるサイクリック伝送	時分割多重化によるサイクリック伝送	時分割多重化によるサイクリック伝送	時分割多重化によるサイクリック伝送	時分割多重化によるサイクリック伝送	周波数分割多重伝送	
変調方式		FS変調	FS変調	FS変調	FS変調	FS変調	FS変調	FS変調	
子局伝送容量		15W (1W=16bit) (表示+計測≤15W)	15W (1W=16bit) (表示+計測≤15W)	8W (1W=12bit) (表示+計測≤8W)	60W (1W=12bit)	60W (1W=12bit)	8W (1W=16bit) (表示+計測≤8W)	3点	
子局	入出力点数	表示入力	48点(W)	48点(W)	36点(W)	288点(24W)	288点(24W)	48点(3W)	—
		制御出力	15点, 30点	15点, 30点	15点, 30点	100点	—	—	—
		計測入力(DC1-5V)	12点(12W)	12点(12W)	7点(7W) (表示+計測≤8W)	60点(60W)	60点(60W)	8点(8W)	—
		パルス入力	—	—	—	—	—	—	3点
親局	入出力点数	表示出力	MICREX-Eによる	MICREX-Eによる	432点(36W)	432点(36W)	432点(36W)	48点(3W)	—
		制御入力	1子局当たり30項目	1子局当たり30項目	1子局当たり30項目	1子局当たり30項目	1子局当たり30項目	—	—
		計測出力	(AO出力): 32点 (BCD出力): 64点	(AO): 64点	AO: 64点	AO: 64点	AO: 64点	AO: 8点	—
		パルス出力	—	—	—	—	—	—	3点
形式	親局	DISTA-1000	DISTA-1000	DISTA-1000	DISTA-1000	DISTA-1000	DISTA-200	流量パルス伝送器	
	子局	DISTA-212	DISTA-212	DISTA-222	DISTA-1000	DISTA-1000	DISTA-200	流量パルス伝送器	

石油パイプライン用テレメータ・テレコントロールシステム

発ターミナルと着ターミナルを結ぶパイプライン中間には、法律によって定められた緊急遮断弁とそれらを制御、監視する制御盤が多数設置される。そして、1か所の変化がすべての箇所に影響する。したがって、システム構成装置個々の信頼度や相互の関連動作の正確さが重要となる。

(2) 保安管理が重要であり、絶対条件となる。

輸送物体が可燃性であること、大量のものを高圧で送ることなどを考慮し、慎重に計画する必要がある。このため管路は十分な強度を持たす必要があるのは論を待たないが、万一、異常が発生した場合の早期検出と安全処理が石油パイプライン運転の前提となる。このため、各種の漏えい検知装置<sup>(5),(12)</sup>、地震検知器、緊急遮断装置などの保安装置が必要となる。

(3) 品質管理と計量管理が重要である。

プロセスが取引用プロセスであり、輸送業務の一端である場合が多い。この場合、品質の管理と計量の管理が最も重要になってくる。1本のパイプで幾つかの石油会社の油を数種類ずつ送る場合には、境界面の正確な検知、混合物(コンタミネーション)の適正な処理のために高精度の分析計、操作装置が必要である。精度において、機器精度はもちろんのこと、その応答時間、データ伝送速度、操作端駆動時間も十分考慮する必要がある。

(4) 情報量が多く、遠隔伝送が必要である。

長距離、複雑な地形に設置される石油パイプラインは必然的に制御・監視点が多くなり、(1)で述べたように制御は互いに密接な関連を持つため、集中管理が必要である。したがって、センターで扱う情報量は膨大になり、遠隔伝送技術が必要である。このため、特別な遠隔伝送制御装置(テレメータ・テレコントロールシステムなど)やデータ処理装置(計算機システムなど)が必要となる。

(5) プラントの有効利用のため、スケジューリングが重要となる。

限られた設備(貯油タンク、ポンプなど)を経費(ポンプの電力費など)最小でなるべく操作を少なくして運転するには、パイプラインの特性を考慮して、綿密な、しかも需要予測に基づく長期の運転計画をたてる必要がある。長距離のパイプラインでは送油側から受油側までの到着に数日を要することもある。また、パイプライン中の油量も貯油タンク数基を満杯にできる程度あるため、詳細なスケジューリング決定は計算機に頼るところが大きい。

以上の石油パイプラインにおける計装制御システムの特徴を勘案して、富士電機では石油パイプライン用のテレメータ・テレコントロールシステムを設計している。表1はその一覧表である。内容は次章以下で説明する。

### ③ パイプラインの運転監視・制御用テレメータ・テレコントローラ

パイプラインシステムの運転監視及び制御用テレメータ・テレコントローラに要求される機能としては、以下のことがあげられる。

- (1) 伝送系統がパイプラインにそった直列状回線である。
- (2) 中央制御局では、計算機などの情報処理装置とのインタフェースを考慮する必要がある、またオンラインリアルタイム制御が行われる場合は、情報信号の伝送速度などについて十分検討する必要がある。
- (3) 計算機あるいはシーケンサがダウンした場合、あらかじめ用意された手動スケジュールによって遠方監視制御できるものとする。したがってテレメータ・テレコントロールシステムは、計算機やシーケンサのサブシステムというよりも分散化した集中監視制御システムとして考えていかなければいけない。
- (4) パイプラインに異常圧力上昇や漏えいが生じた場合の異常処理は一時的に広範囲にわたる制御が必要となるので、正常時の制御と区別する必要がある。
- (5) 無人で監視制御されるステーションが多いため、伝送回線を含めたシステムの信頼度を高くすることが要求される。システムあるいは装置としての信頼性向上を図るためには、
  - (a) 全体又は共通部分の二重化
  - (b) 電源装置又は回線の常用、予備の二重化
  - (c) ステーションごとにシステムを独立化
 など、冗長度を増し、システム全体の信頼性を高める方式が採用される。

以下、用途別にテレメータ・テレコントロールシステムを紹介する。

#### 3.1 1:N方式パイプライン用テレコントローラ

ここでは伊達火力発電所向け燃料パイプラインシステムでの使用例を紹介する。

パイプラインの全長25.7kmにわたって直列的に監視制御する機器が散在し、かつ多量のデータを正確に伝送する必要性から1:N方式テレコントローラを採用している。伝送方式は、時分割多重化によるパルスコードサイクリック式であり、図2に示すように発ターミナルを親局とし、着ターミナル及びライン上の5か所の子局(計6局)を通信線で直列に結び(放射状回線)、各子局の情報信号をサイクリック(周期約3秒、伝送速度1,200ビット/秒)に親局に伝送しているが、緊急時の信号は優先レベルによる割込みや、全子局の機器を一斉に制御する機能及び着ターミナルの圧力調節計にリモート設定するために、設定値制御機能を持たせている。

#### 3.2 1:N:1方式パイプライン用テレコントローラ

成田一千葉間に設置した石油パイプラインシステムでの使用例を紹介する。システム構成を図3に示す。

このシステムは下記(1)、(2)、(3)の3点に特徴をもつ。

(1) 1:N:1構成

これはパイプラインのように直線状に子局配置があり、両端にて監視制御を行うときに要求される構成法である。親局が二つあるということで二重化と見なすことができるが、距離的に離れている(約47km)ので、子局呼出しのや

図2 伊達火力発電所燃料パイプラインシステム構成

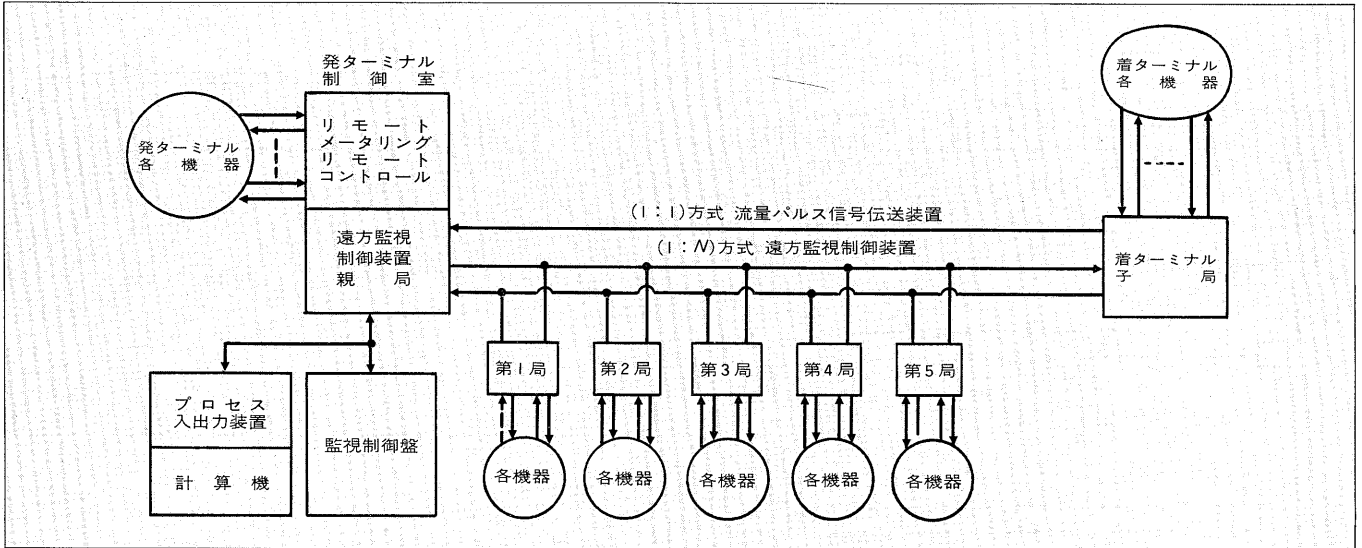
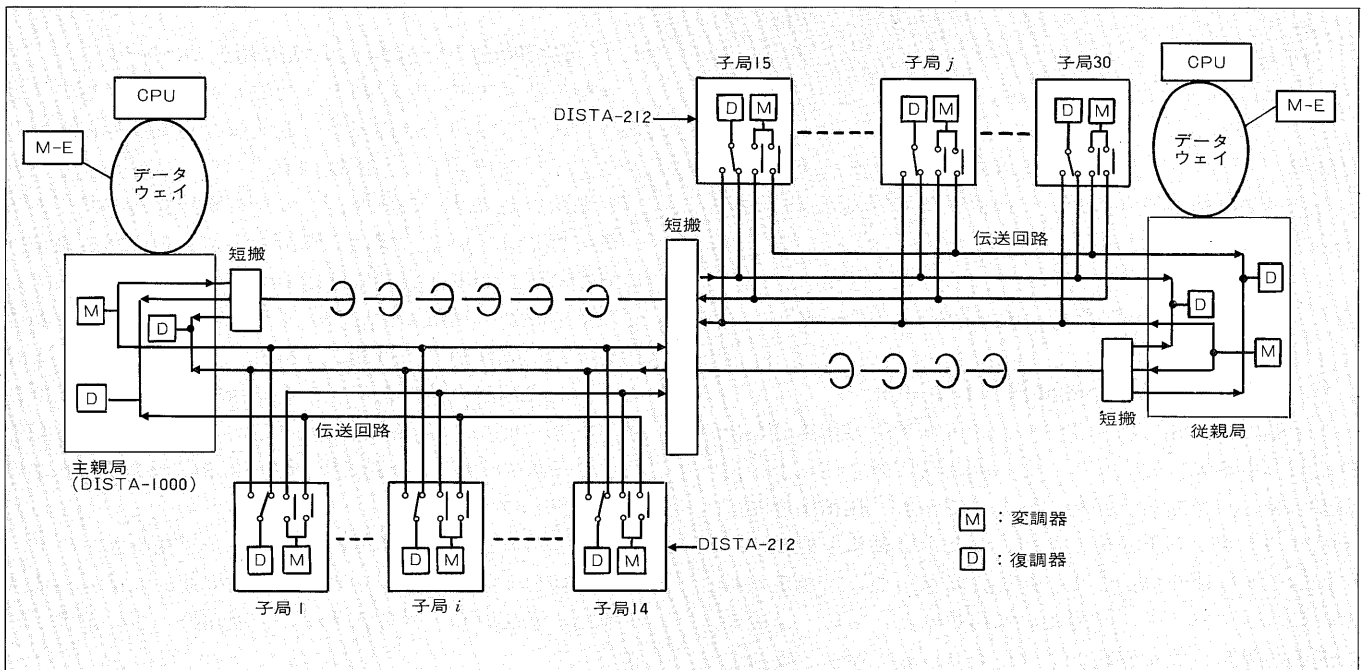


図3 1:N:1テレコントロールシステム構成



り方、両親局の動作モードの決め方、相互インタロックのとり方などの動きが単なる二重化と大きく違う点である。また子局の動きは次のとおりである。

- (a) 下り信号は、2親局からの2回線のうち一方から受信する。
- (b) 下り信号受信部に終端抵抗接続の機能をもつ。
- (c) 上り信号は、選択されたときだけ送信するが、2親局への2回線に同時に送信する。

(2) ハイインピーダンス接続による分岐状回線構成

従来の分岐状回線構成法は図4のように、ハイブリッドコイルにより分岐していた。しかしこの方法は挿入損失(約4dB:ケーブル約4km相当)が大きく、中継アンプを必要とする。今回の構成ではハイブリッドコイルは使用せず、途中の子局はハイインピーダンスで受信するように

して損失を抑え(1:1)、構成と同等の伝送距離を実現している。

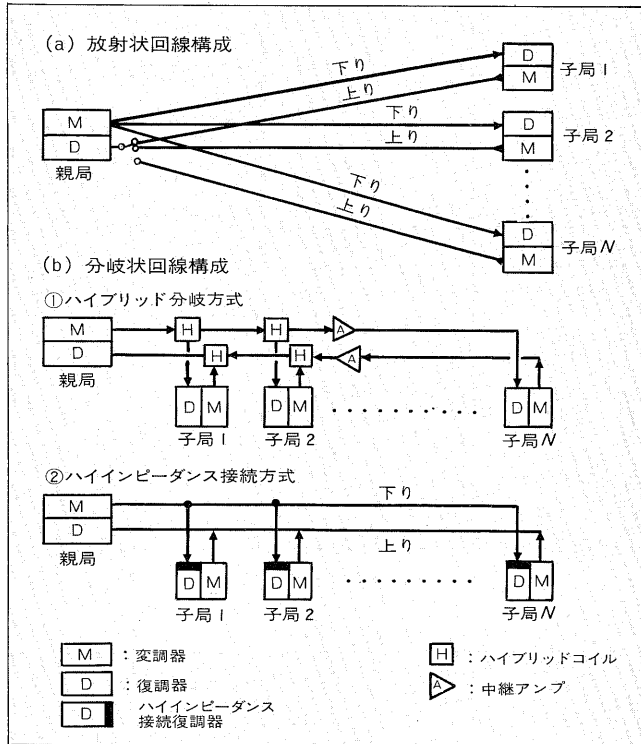
(3) 冗長化を考慮した親局

親局にはマイクロコンピュータ応用のDISTA-1000を使用し、諸機能の実現に対してソフトウェア処理の柔軟性を十分に利用している。一方の親局ダウン時や回線断時にも、できる限り監視制御が可能なよう、他方親局の状態監視、親局相互間のデータ交換、更に計算機経由による子局データ収集バックアップまで行っている。

3.3 ターミナル間のデータ伝送システム

ターミナル間の伝送すべきデータ量は膨大となる場合が多いので、通常はパイプラインのテレメータ・テレコントローラとは別のサブシステムを構成することが多い。デー

図4 1:N回線構成



タ伝送システムとして、1:1方式テレメータ・テレコントローラや計算機によるデータ通信装置（例えば、モデム伝送など）が適用される。

4 パイプラインの漏えい検知用テレメータ

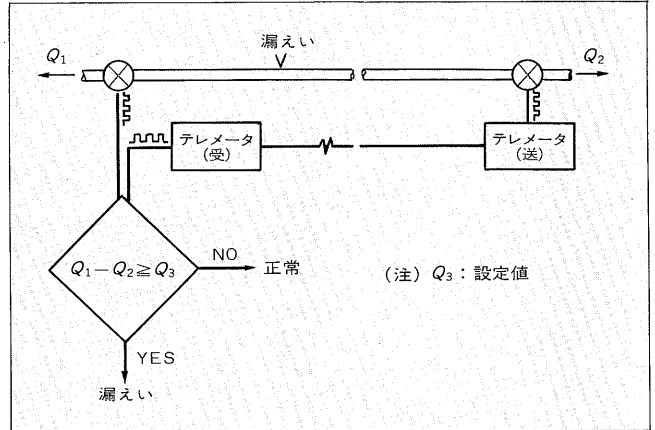
4.1 流量差方式漏えい検知用テレメータ

流量差方式とは、パイプラインの入口流量の積算値と出口流量の積算値を比較して、ある時間内に設定値以上の差が出た場合、漏えいと判断する方式である。技術基準では30秒につき80l以上の差を検知したときは警報を発生し、パイプラインを速やかに停止しなければならないと規定されている。パイプラインの漏えい検知技術としては、システム構成(図5)が比較的シンプルであり、信頼性と実績を有している。

パイプラインの流量は通常、黒油の場合には容積式流量計、白油の場合にはタービン流量計で計測されるが、これらの流量信号は時系列の連続パルス信号である。流量計のパルス信号は通常1km程度しか伝送できないので、それ以上の距離にわたって伝送する場合、テレメータが必要となる。流量パルス信号の伝送方式としては、パルス列をそのまま変調して連続パルスとして伝送する方式と、送信側で積算パルスを伝送する方式の2案が考えられるが、パイプラインでは次の理由により、前者(流量差方式漏えい検知用テレメータ)が広く採用されている。<sup>(4),(8)</sup>

- (1) 積算処理するタイミングと積算値比較のタイミングの同期を取る必要がない。
- (2) 温圧補正後の質量比較、温圧補正前の容量比較など、演算処理の容易さ、多様性がある。

図5 流量差方式漏えい検知システム構成



流量差方式漏えい検知用テレメータの特長として、高速のパルス列(最高600Hz)を伝送することができ、受信側では通常のパルス信号として処理することができる。

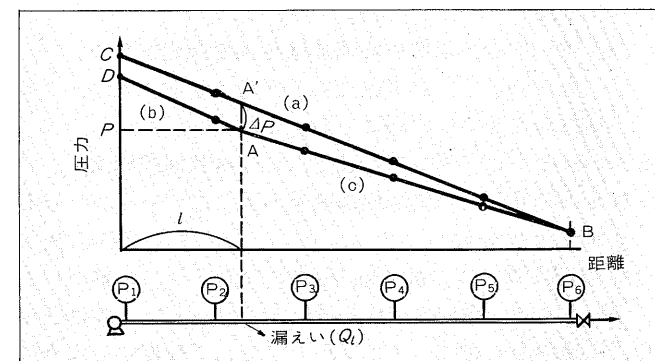
4.2 運転時圧力方式漏えい検知用テレメータ

運転時圧力方式(圧力パターン法)とは、パイプラインの入口圧力(ポンプ吐出圧力)と流量が定常状態にあれば、パイプラインの圧力こう配は固有のパターンを示すことから、漏えい時にはこのパターン変化を検知する方式である。一般に行われている方式は、図7に示すようにある測定点における圧力が漏えい時には圧力低下することを検知するものであるが、運転条件によって正常時圧力パターンが変化するので誤検知する可能性がある。この欠点を補う方式として、実測圧力値の前回値と今回値を比較する変化率方式、あるいはパイプラインの入口圧と出口圧などから配管途中の圧力を計算し、それと実測値を比較する方式などが実際に併用されている。

また、漏えいが発生すると圧力サージが発生するので、これを検出することにより漏えいの発生並びに漏えい地点を検出する圧力サージ方式も漏えい検知の一つの方式である。

いずれの方式もパイプラインの途中の圧力を中央に収集して圧力変化の演算処理をする必要があるが、これらの圧力を高速に伝送する運転時圧力方式漏えい検知用テレメータが

図6 圧力パターン方式漏えい検知の原理



必要となる。このテレメータの特長は、高速で時間遅れなく伝送できること、高精度であること、伝送点数が少ないことなどである。

5 あとがき

富士電機における石油パイプライン用テレメータ・テレコントロールシステムに関し紹介した。

石油パイプラインによる輸送効率の良さは、今後ますます認識されると思われる。石油パイプライン建設計画に当たって、本稿が参考になれば幸いである。

参考文献

(1) 世界の石油パイプライン——送油システムと保安——, 日本工業立地センタ (1972)  
 (2) 亀山重夫: 石油輸送パイプラインの実際施工例/パイプライン敷設とパイプライン輸送の計測, 安全性施工, 2, pp. VII-1~18 (1971)  
 (3) 山崎俊一ほか: 常磐共同火力納入燃料油送油用パイプライン設備制御システム, 富士時報, 47, 4, pp. 266~270 (1974)

(4) 石田紘三・島田耕司: 石油パイプラインの制御システム, 富士時報, 46, 4, pp. 332~338 (1973)  
 (5) 中村恭輔ほか: 石油パイプラインの漏洩検出技術, 富士時報, 46, 4, pp. 339~345 (1973)  
 (6) 上田庸夫・新倉祥之: 石油パイプラインにおけるサージング現象の解析, 富士時報, 46, 4, pp. 346~353 (1973)  
 (7) 永江正臣ほか: 石油パイプラインのスケジューリングとバッチトレース, 富士時報, 46, 4, pp. 354~359 (1973)  
 (8) 北村端彦ほか: 燃料受入パイプライン制御システム——北海道電力(株)伊達発電所納入例—— 富士時報, 53, 8, pp. 532~538 (1980)  
 (9) 柴田芳雄・高島稔: 新東京国際空港におけるハイドラント圧力制御システム, 計装, 増刊号, pp. 149~151 (1983)  
 (10) 石油パイプライン技術基準, 告示1号 (1973)  
 (11) 危検物の規制に関する規則, 自治省令12号 (1974)  
 (12) 島田耕司: タンク・配管における漏洩検出技術, 配管技術, 25, 5, pp. 103~111 (1983)  
 (13) 石田紘三・黒江潤一: テレメータ・テレコンの方式, 配管, 8, 3, pp. 20~26 (1973)

技術論文社外公表一覽

題 目	所 属	氏 名	発 表 機 関
磁性流体とその光学的应用	富士電機総合研究所	豊田 太郎	工業材料 31, 5 (1983) 日刊工業新聞社
部品選別ができるセンサ	メカトロ事業部	小平 俊実	電気計算 51, 8 臨時増刊(1983) 電気書院
生産現場のメカトロ化	三重工場	真喜志 昇	コンピュータ応用技術協会 工業用電子計算機技術者会議 (1983-2)
半導体技術動向と製造環境	富士電機総合研究所	佐賀 操	レーザ計測研究会 (1983-3)
活性化ポリグルタメート膜を用いるハイブリッドバイオセンサー	富士電機総合研究所 "	久保いづみ 大沢 久男	電気化学協会第50回大会 (1983-3)
センサー材料としてのセラミックスの素質評価	富士電機総合研究所	矢部 正也	日本工業新聞社先端技術材料セミナー (1983-3)
SiH <sub>4</sub> -C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 系GD a-SiC:H膜(II)	富士電機総合研究所 "	山田 克己 市村 剛重 内田 喜之	第30回応用物理学会 (1983-4)
大面積 a-Si:H 太陽電池	富士電機総合研究所 " " " "	上野 正和 神山 道也 藤沢 博文 佐藤 広喜 山田 克己 酒井 博 内田 喜之	
プラズマ CVD 法による Si 表面酸化	富士電機総合研究所 "	関 康和 佐藤 則忠 矢部 正也	
a-SiC:H と透明電極との界面の ESCA スペクトル	富士電機総合研究所	大沢 通夫	
有限要素法解析における図形処理——富士ファコム制御の事例より——	富士ファコム制御	金山 寛	
電導度法による全血, 血清中の尿素窒素の定量	富士電機病院 " 富士電機総合研究所 " "	大坪 真次 太田江美子 大沢 久男 原田 健治 黒田 昌美	第32回神奈川県臨床衛生検査学会 (1983-4)
封止材料 (太陽電池材料のうち)	富士電機総合研究所	古庄 昇	日本電子工業振興協会エネルギー関連材料専門委員会 (1983-4)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。