U.D.C. 628.1/.3:658.58

上下水道プラント設備の診断技術と更新

Diagnosis Technology and the Modernization of Water Plant Facilities

鈴木程久* Michihisa Suzuki
丸　三郎** Saburô Maru
佐竹貞光*** Sadamitsu Satake

われわれの生活に欠かすことのできないものに上下水道設備がある。この上下水道設備の普及率の向上とともに，これらの維持管理も重要な課題となっている。

現状の設備を常に安定した状態で稼動させ，万一のトラブル発生時にも，迅速な対応で設備停止を最小限にすることが求められている。このことを実現するには，機械・電気・計装といったおのおの設備に対する細やかな設備診断の実施と，適切な更新が必要である。

1　はじめに

上下水道設備は，われわれの日常生活に欠かすことのできないものであり，その信頼性確保は，都市機能の維持と安全にとって重要な課題である。上下水道設備は，土木・建築・機械・電気・計装・制御といった設備から構成されており，信頼性確保の上からは，それぞれの設備の診断技術と，適切な更新が必要となる。

本稿では，これらのうち機械設備としてポンプ，電気設備として受変電設備や監視制御設備の設備診断技術と更新技術，および更新事例について述べる。

2　AI技術によるポンプ設備の診断技術と更新事例

2.1　ポンプの設備診断技術

ポンプの設備診断技術が，予知保全のニーズの高まりとともに注目されつつある。信頼性の向上と保全コストの節減のため事後保全または予防保全をベースとした保全作業を改善することが重要である。

設備診断技術は，異常検出技術，診断技術および予知評価技術から成る。日立製作所では，最近のAI技術を用いた振動法による異常検出技術を主体としたポンプの自動診断システムを開発している。診断フローを**図1**に，診断画面例を**図2**に示すが，従来，専門の技術者が高度な技術と経験を生かして行っていた診断を自動化したシステムである。

上下水道用ポンプへの適用にあたっては，上下水道用ポンプとしてのデータベースの構築による診断アルゴリズムの確立が必要となるが，ユーザーと一体となっての具体化を目指している。

2.2　ポンプの更新事例

ポンプもわれわれ人間と同様に寿命があり，長期間の使用のうちに劣化し，破損への道を歩むことになる。ストックとしてのポンプ台数は年々増加しており，一方，老朽化ポンプも増加している。将来の更新費用の増大は明白であり，適切な耐用年数設定下での更新の計画的実施がますます重要となる。耐用年数設定の考え方を以下に述べる。

(1)　信頼性確保という観点からの耐用年数

劣化の進行により，あるレベル以下の故障率を維持できなくなった時点をもって耐用年数とみなす。

(2)　経済性という観点からの耐用年数

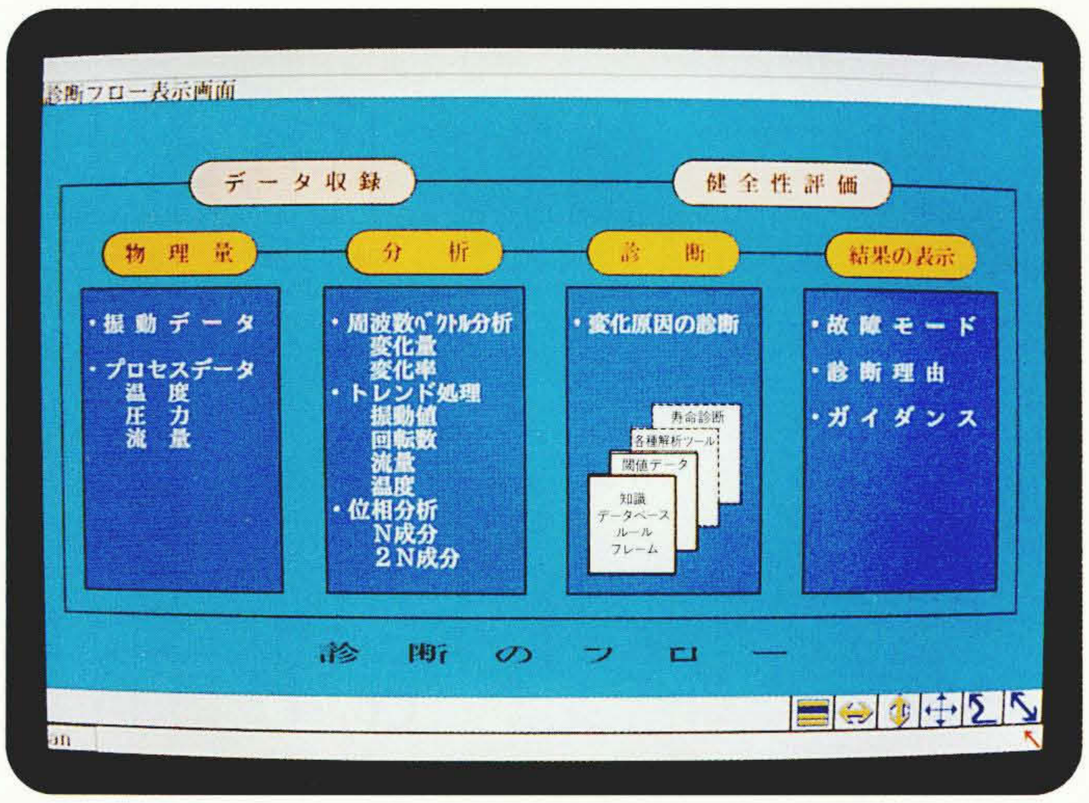


図1　ポンプ診断フロー　　自動診断システムの診断手順を示す。データ収録，分析，診断，ガイダンスの一連のフローを自動的に処置する。

* 日立製作所 大みか工場　** 日立製作所 土浦工場　*** 日立製作所 国分工場

設備のイニシャルコストと使用期間に必要な保全費の合計を年平均値として求め，年平均値が最小となる使用期間を耐用年数とみなす。

(3) 法的な減価償却年数からの耐用年数

法的な減価償却年数をもって耐用年数とみなす。

現状の更新実績例を見ると，更新時期は，法的な減価償却年数をめどに補修や改良による延命を図るよりも，更新したほうが有利であると判断された場合となっている。なお，更新に際しては，単なる既存能力の回復ということだけでなく，信頼性の向上，能力改善，省エネルギー化，維持管理の効率化などが付加される更新事例が多い。

図3は，日立製作所納入の上下水道用ポンプの更新事例であるが，更新年は20年前後で，改善含みの更新は約65%を占めている。

表1は，更新にあたっての改善内容の具体例であるが，各種の新技術，新製品も採用されている。

3 診断車による受変電設備の診断技術と更新事例

3.1 受変電設備診断技術

受変電設備の診断は，次のような診断システムを構築し，

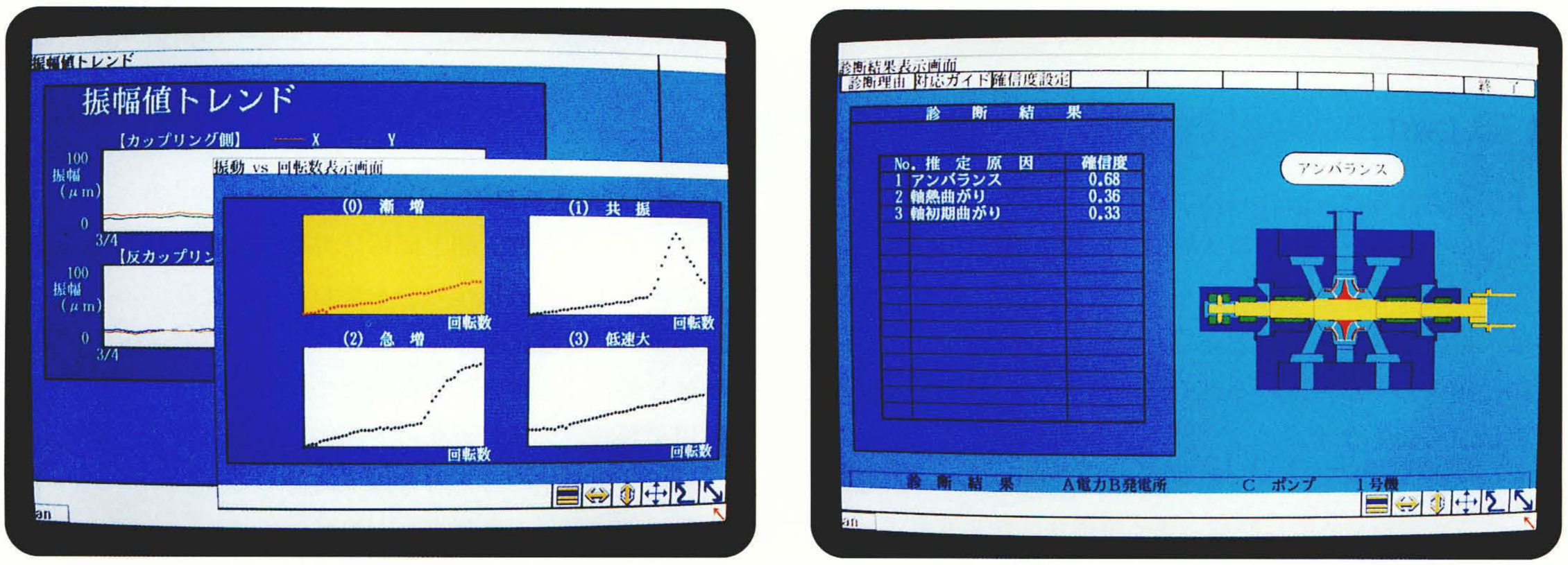


図2 ポンプ診断画面例　振動法による診断結果の画面表示例を示す。振動分析とトレンドパターン分類により，高精度の診断を可能としている。

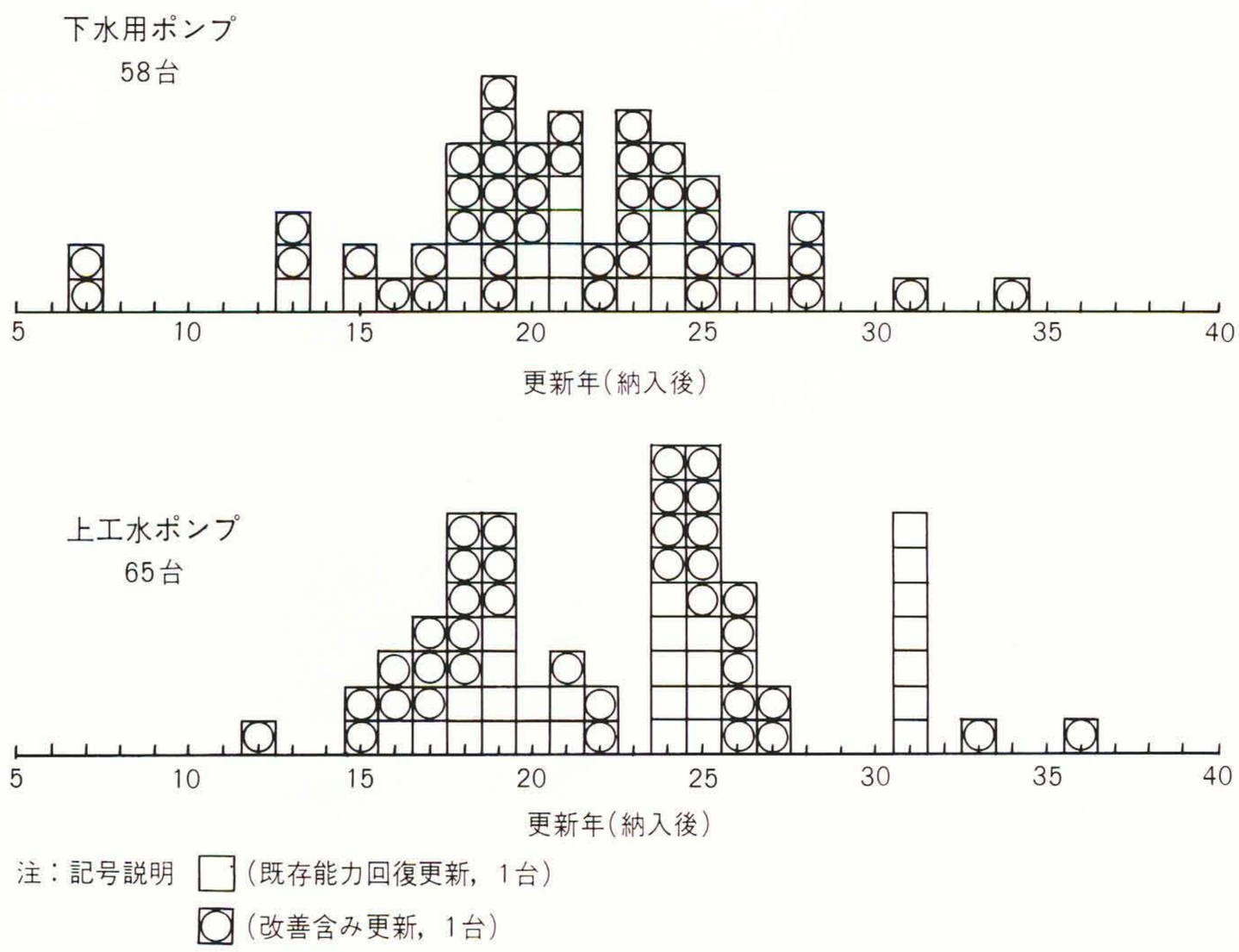


図3 ポンプの更新実績(1990年現在)　ポンプの更新実績と更新時の改善実施台数を示す。ポンプの更新は実績的にも増加している。更新年度は20年前後で，改善含みの更新が65%程度を占めている。

実施している。

(1)　受変電設備診断装置

(2)　送変電設備診断エキスパートシステム

診断システムの概要を**表 2** に示す。

診断装置は**図 4** に示す診断車(SS-LINER)に実装されており，故障進展のメカニズム，診断アルゴリズムなど経験上のノウハウと専門家や熟練者による診断が必要となるものについてはワークステーションを使ったエキスパートシステムによって処理させることにしている。

この診断システムによると，次のような効果が期待できる。

(1)　異常の前兆把握による事故の未然防止

(2)　劣化診断による劣化機器の早期改修，交換による信頼性の確保

(3)　環境および設備状況診断によるトラブルポテンシャルの早期摘出

3.2　受変電設備更新事例

受変電設備の更新事例を**図 5** に示す。

この例は老朽化による更新の例であるが，60 kVスイッチハウス内のアルミパイプ母線，ラインスイッチ，制御用遮断器などをガス絶縁開閉装置化したもので，ガス絶縁開閉装置化のモダニゼーションによって次のような効果が期待できる。

(1)　充電部が露出しないことにより，人的・物的安全性が向上する。

(2)　上下水道の環境下で，汚損に強く，保守点検性が良くなる。

(3)　設置面積が縮小化され，将来増設，保守などのスペースが確保できる。

(4)　信頼性向上が期待できる。

4　機能・性能の向上を図る監視制御設備の診断技術と更新事例

監視制御設備の更新は，既設設備の老朽化に伴う単なる「交換，置き換え」でなく，生産性向上，効率向上，維持管理費の低減など，機能の高度化を実現する手段として実施されるケースが多い。

また，監視制御設備の更新に際しては，「既設設備を稼動させながらの切換作業」を伴うケースも多く，事前に既設設備

表 1　更新時の改善内容　　更新時の改善内容の具体例を示す。信頼性向上，省エネルギー化などのため各種新技術を導入しての改善更新が顕著である。

用途	下水用ポンプ		上水用ポンプ	
項目	具体例	ねらい	具体例	ねらい
改善内容	容量変更	●能力アップ ●省エネルギー化	容量変更	●能力アップ ●省エネルギー化
	立軸ポンプ化	●信頼性向上 (始動性の改善)	立軸ポンプ化	●信頼性向上 (始動性の改善)
	高効率化	●省エネルギー化	高効率化	●省エネルギー化
	可動翼ポンプ化	●省エネルギー化 ●運転性向上	低騒音・低脈動化	●環境対策
	全水位形ポンプ化	●排水遅れ回避 (鉄砲水対応)	——	——
	ノンクログポンプ化	●詰まり防止	——	——

表 2　診断システムの概要　　受変電設備診断の一例で，診断対象ごとに，どのような項目を，どんなセンサで測定することによって何を調べるかを示している。

診断対象	診断項目	適用センサ	診断目的	備考
GIS内部	局部加熱	赤外線放射温度計	通電機能診断	——
端子・接触部		放射温度計		——
変圧器	内部異常	油中ガス分析装置	内部異常の有無・異常の部位・経年劣化の診断	エキスパートシステムにより，診断結果を評価する。
LA	漏れ電流	LA漏れ電流測定器	劣化診断	——
GIS内部	部分放電	SF_6分解ガス分析器	絶縁診断	放電電流，放電音，放射電波およびガス分析結果からエキスパートシステムによって放電部位，原因，内容を評価する。
DS	気中コロナ	スーパーホン	絶縁診断	——
環境	環境ガス	ガス探知器	環境状況診断	——
	塩分付着量	汚損測定器		——

注：略語説明　GIS(ガス絶縁開閉装置)，LA(避電器)，DS(断路器)

の問題点把握，設備停止期間，新旧設備の切換工程，および工法の検討が不可欠である。

設備更新の計画手順を**図6**に示す。

4.1 監視制御設備診断技術

監視制御設備の固有の信頼性を示す目安として，制御装置構成部品と日立製作所でのその推奨交換周期，およびこれら部品の劣化要因を**表3**に示す。

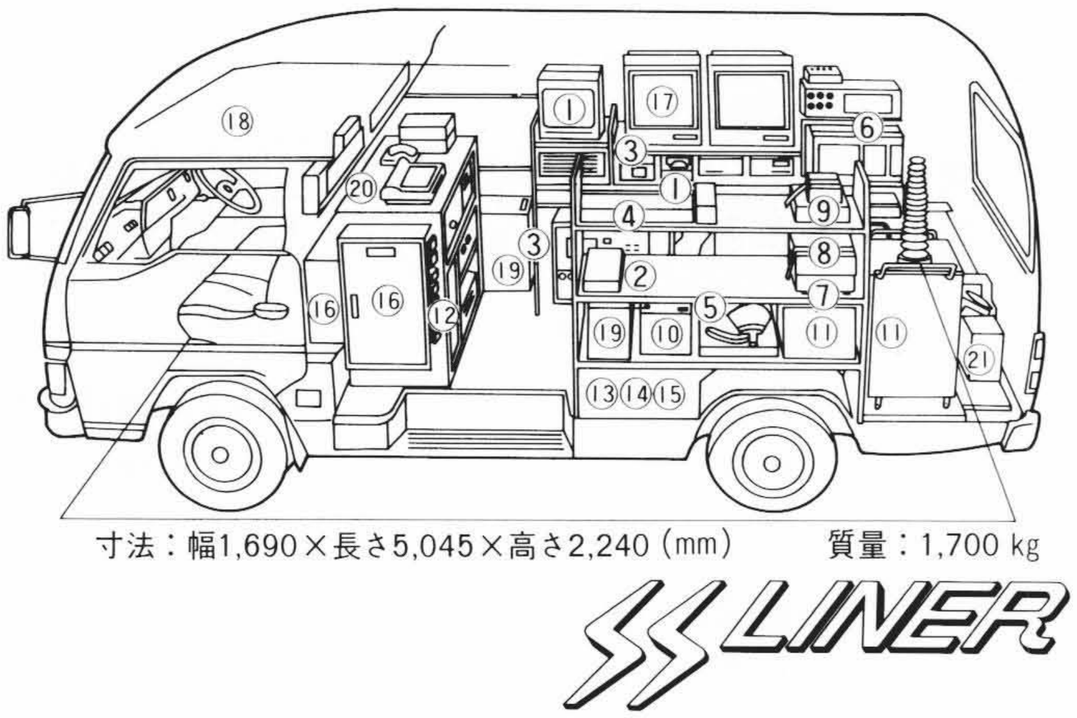
なお，実際に稼動している監視制御設備の寿命としては，設備固有の信頼性だけでは決められず，設備に使用されている部品の予備品供給能力(部品の製造中止など)や，消耗品や要交換部品から保守に人手を要するものなど，総合的な意味での製品寿命から判定されるべきである。

監視制御設備更新の要因として，「機能，性能の向上」が「老朽化対策」よりも優先されているのも，このような製品寿命に対する見方によるものと思われる。

4.2 監視制御設備更新事例

東京都水道局および大阪府水道部での監視制御設備の更新事例を**表4**に示す。

いずれも既設設備の稼動年数が長いものの，更新の目的，効果の主眼を，老朽化対策よりは機能の向上におき，新しい設備としてよみがえらせる積極的な考え方であり，リプレー



項番	名称	項番	名称	項番	名称
①	赤外線放射温度計	⑨	低抵抗計	⑯	電源盤
②	放射温度計	⑩	DC耐電圧試験装置	⑰	パーソナルコンピュータ
③	コロナ測定器	⑪	AC耐電圧試験装置	⑱	移動測定車
④	油中ガス分析装置	⑫	リレー試験装置	⑲	コードリール，ほか 保管箱
⑤	スパーホン			⑳	テレホン，ファクシミリ
⑥	LA漏れ電流測定器	⑬	ガス探知器		
		⑭	汚損測定器	㉑	リフタ
⑦	振動分析器	⑮	SF_6分解ガス分析器	—	—
⑧	騒音測定器				

図4 診断装置内蔵の診断車　受変電設備診断装置を内蔵した診断車(SS-UNER)を示す。診断装置を車搭載形としたことで機動性向上し，設備一括診断を可能とした。

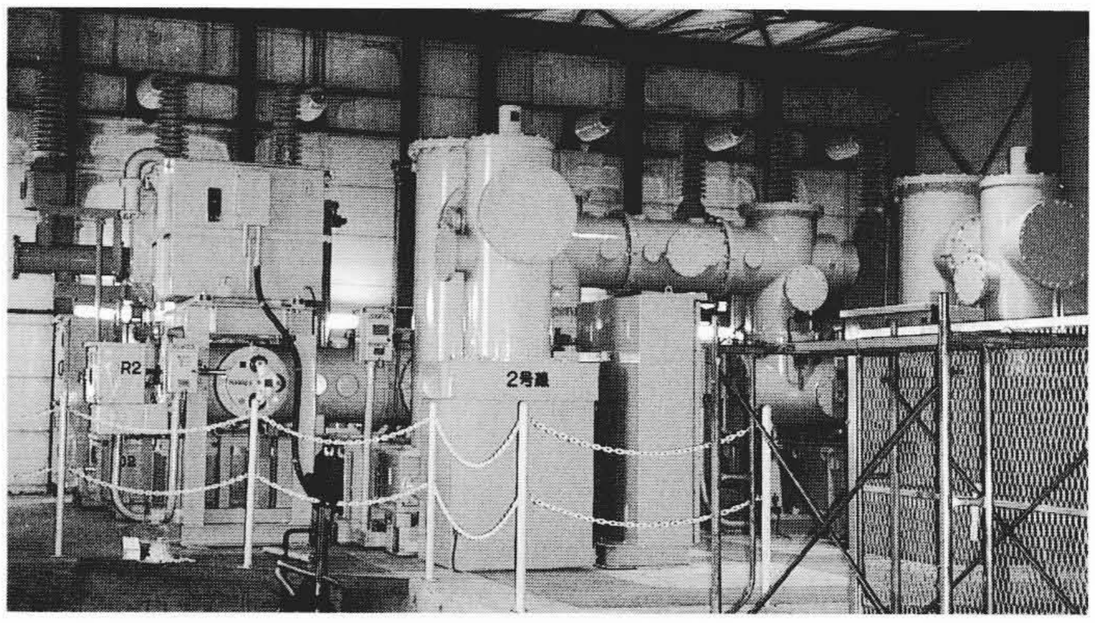
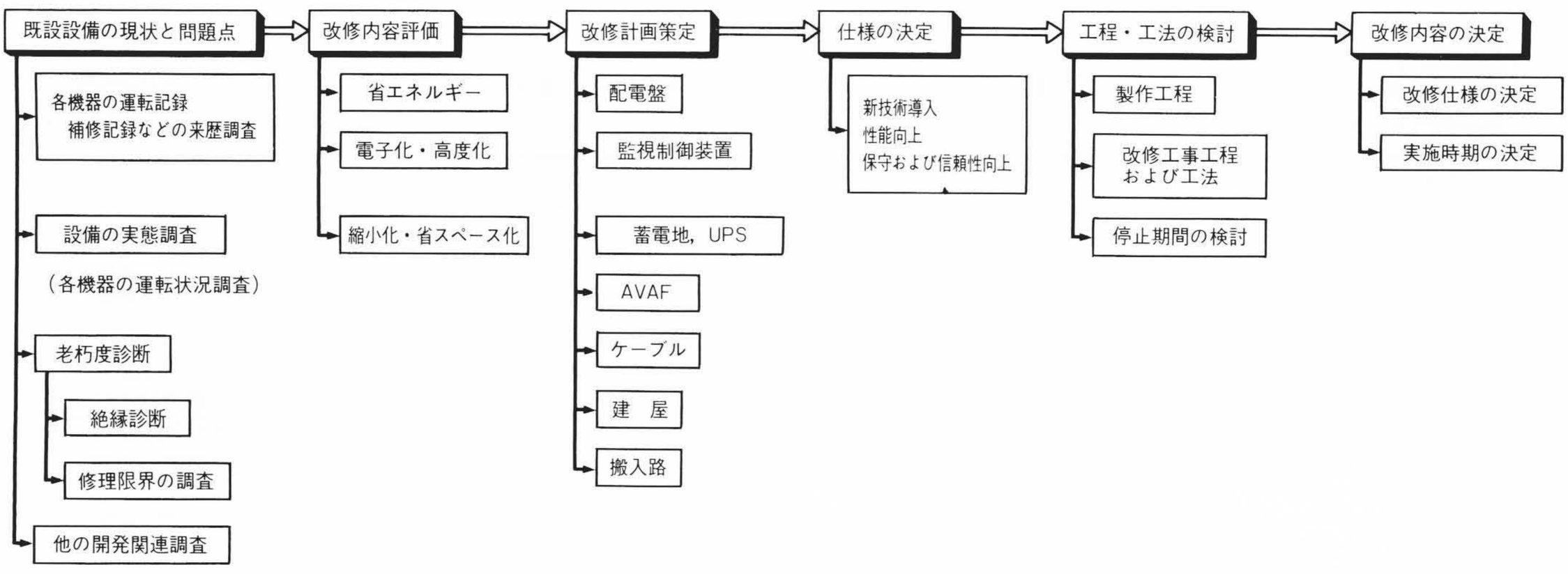


図5 更新事例　ガス絶縁変電所となった設備の外観を示す。60 kVスイッチハウス内のアルミパイプ母線使用の受変電設備を更新したものである。



注：略語説明 UPS (無停電電源装置)，AVAF (Adjustable Voltage and Adjustable Frequency)

図6 モダニゼーションの計画手順　既設設備の問題点把握，新設への切換工事工程・工法の検討がポイントとなる。

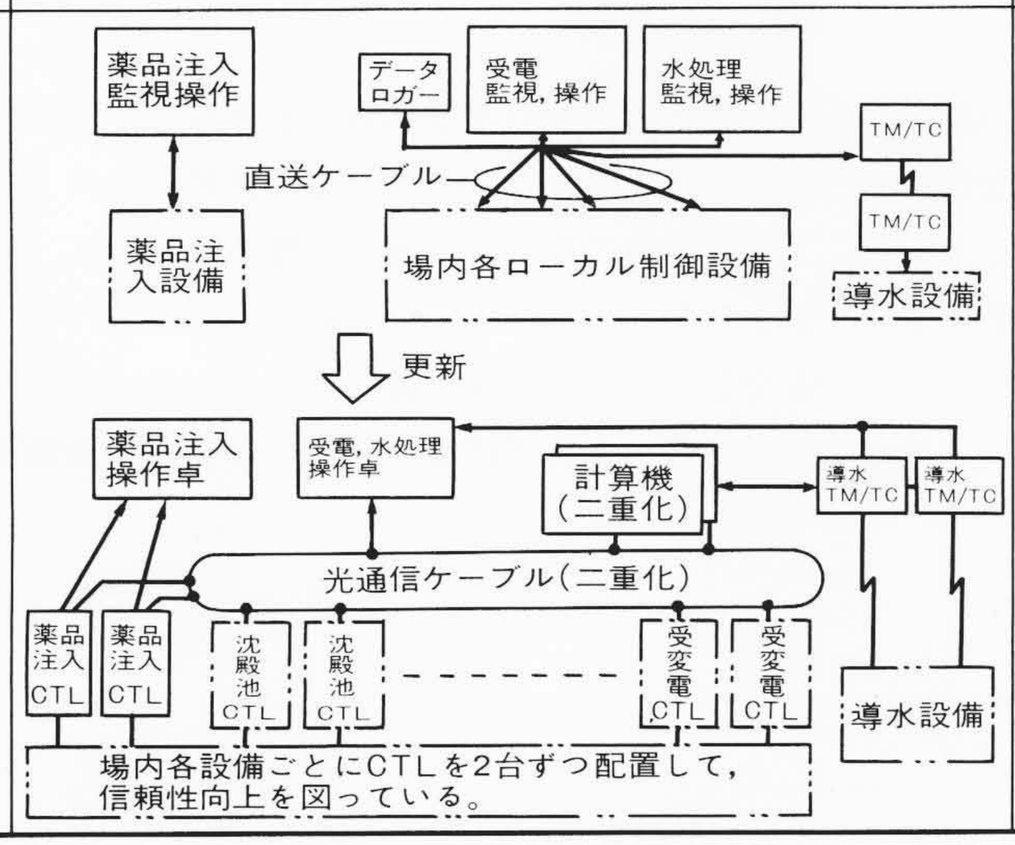
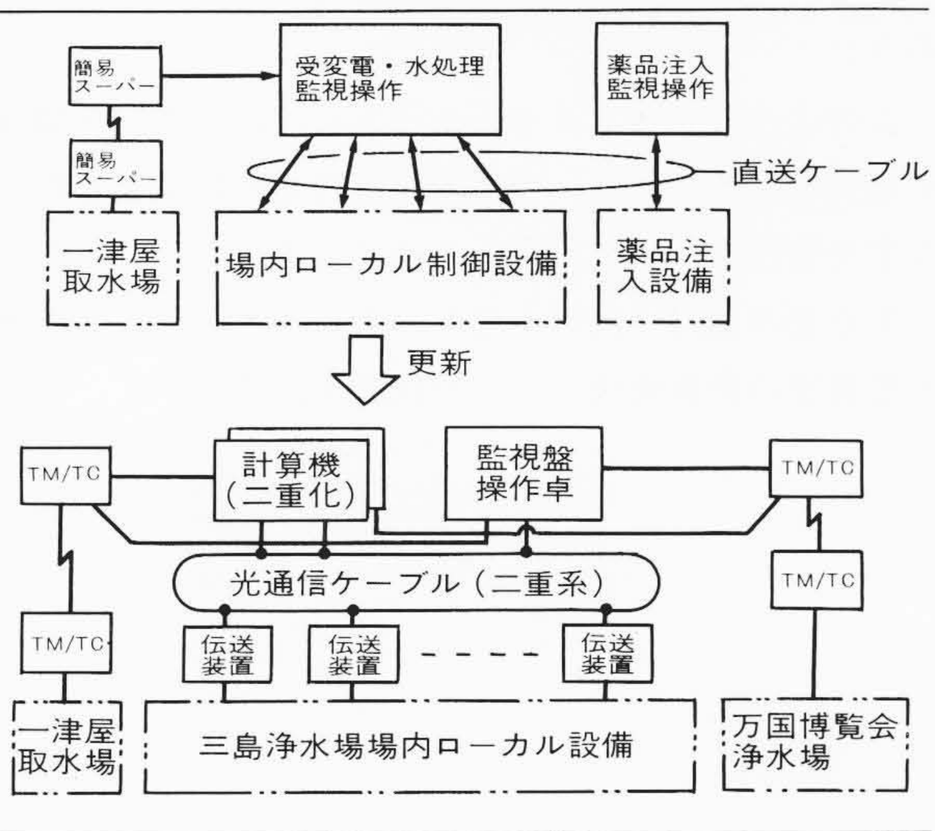
表3　制御装置構成部品と交換周期　　制御装置構成部品の劣化要因は環境条件によるところが大きい。部品の交換周期あるいは装置の寿命判断には，定期的な評価が不可欠となる。

使用条件，環境によって大きい差があるので，個別に判断する必要がある。一般的に故障が起こりやすくなるという目安である。

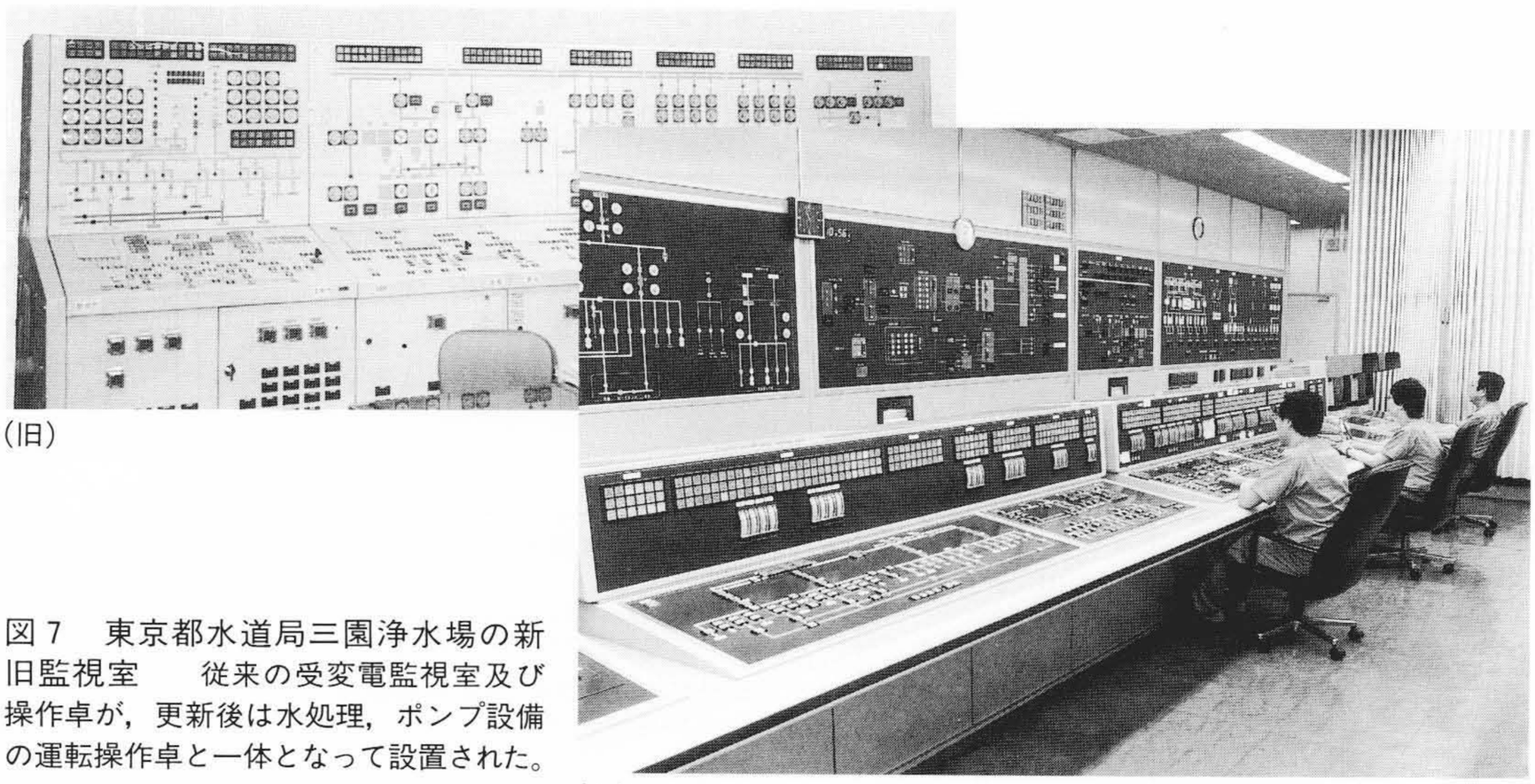
部品			推奨交換周期	劣化要因	予防保全への対応
半導体	LSI		15年	●環境条件(温度・ガスなど)による化学変化 ●外的要因(静電気・熱など)によるストレス蓄積劣化	部品別累績不良統計データ(ハザード確率)に基づき評価，部品交換時期の決定
	IC				
	シリコン	トランジスタ			
		ダイオード			
	ゲルマニウム	トランジスタ	12～15年		
		ダイオード			
抵抗器	巻線形		10～20年	●摺(しゅう)動部ばね圧力の経時減少による接触不良 ●環境条件(湿度・ガスなど)による腐食劣化	加速テストによる余寿命評価(サンプル品と新品との比較によって評価) ⇩ 部品交換周期の見直し ⇧ 部品別実機使用状態・環境条件の把握による。
	カーボン形				
	金属皮膜形				
配線器材	コネクタ		15年	●環境条件(湿度・ガス)による腐食劣化 ●接触圧力の経時減少	
	ターミナルブロック		15年		
	電線		15年		
コンデンサ	アルミ電解		5～7年	●温度上昇による劣化(10℃半減則) ●熱ストレスによる絶縁劣化	
	タンタル		15年		
	マイカ				
	セラミック				
補助リレー	汎(はん)用形		10～15年 (ただし，使用条件により異なる。)	●動作頻度 ●不純物〔塵埃(じんあい)・ガスなど〕の付着による接触抵抗増加 ●熱ストレスによる径年劣化(8℃半減則)	
	コンタクタ				
	リミットスイッチ				
	水銀リレー				
その他	ヒューズ		5～15年	●心線の細り ●遮断回数によるストレス (制限回数：6,000～10,000回)	
	ランプ		1年		
	MCCB		15年		

注：略語説明　MCCB(配線用遮断器)

表4　監視制御設備の更新事例　　どのような目的で更新がなされたかを示す。老朽化対策よりは，より積極的な意図があっての更新計画となっている。

項目＼名称	東京都水道局三園浄水場	大阪府水道部三島浄水場
稼動年数・更新時期	約15年間・1988年に更新	約20年間・1985年～1990年に更新
設備能力	600,000 m^3/d	530,000 m^3/d　(うち工水200,000 m^3/d)
設備更新の目的	(1) 安定給水確保のための設備2系統化 (2) 薬品注入制御の自動化 (3) 計装，電気一体化 (4) 光ケーブルによる制御ケーブル削減とメンテナンス性の充実 (5) CRT，操作卓の併用による監視操作機能の充実	(1) 工水設備の一部上水への転用による薬品注入設備 生物酸化設備の追加・導入 (2) 万国博覧会浄水場分を含めた一括監視と操作 (3) 沈殿，沪過，薬品注入の自動化率向上 (4) 大形グラフィックパネル，メッセージ表示器，CRTおよび操作卓による監視・操作の充実
旧設備・新設備システム構成		

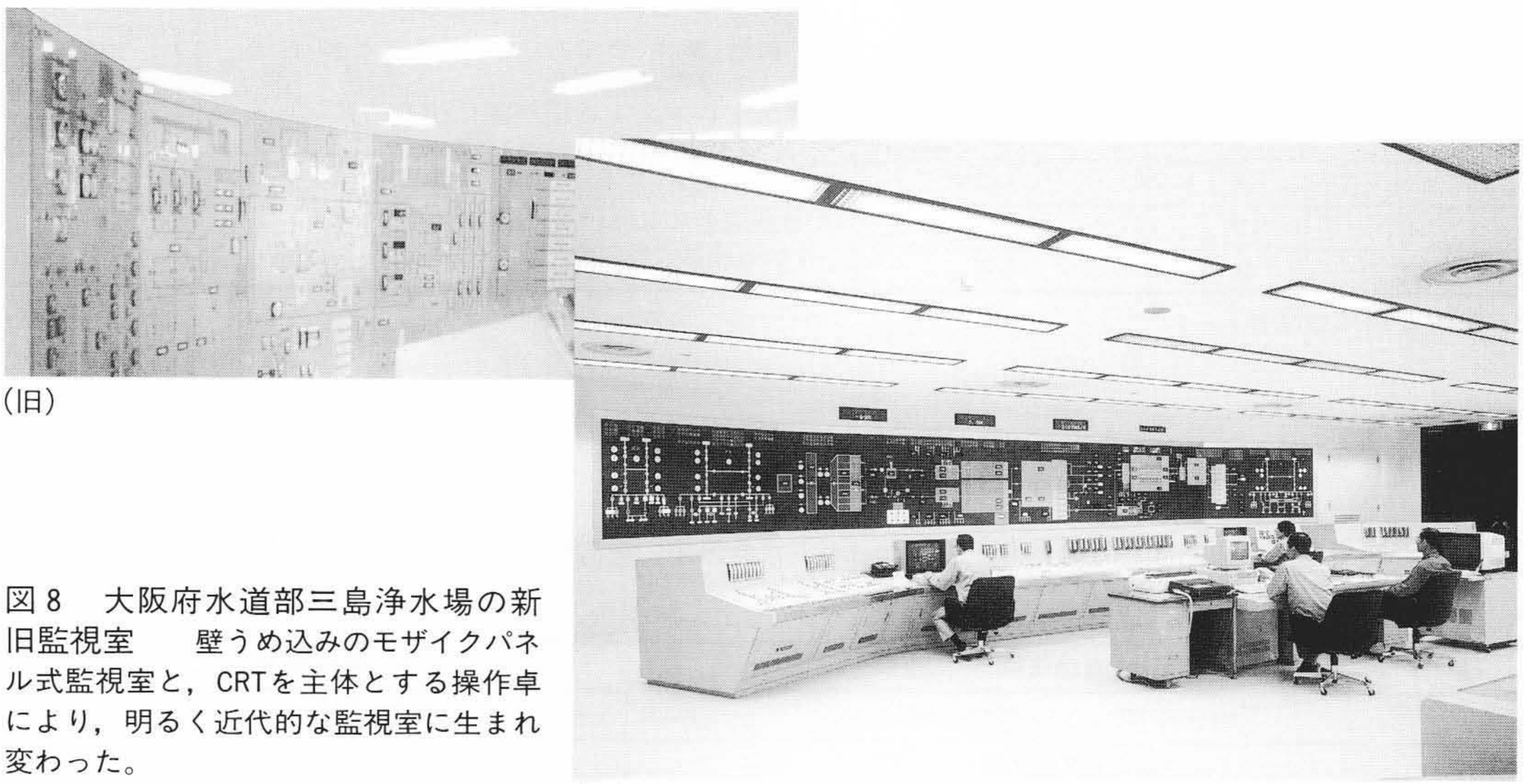
注：略語説明　CTL(コントローラ)，TM/TC(遠方監視制御装置)



(旧)

(新)

図7 東京都水道局三園浄水場の新旧監視室 従来の受変電監視室及び操作卓が，更新後は水処理，ポンプ設備の運転操作卓と一体となって設置された。



(旧)

(新)

図8 大阪府水道部三島浄水場の新旧監視室 壁うめ込みのモザイクパネル式監視室と，CRTを主体とする操作卓により，明るく近代的な監視室に生まれ変わった。

スというよりは「モダニゼーション」と呼称すべきものであろう。

このような「モダニゼーション」では，人間と環境の調和も重要な課題であり，中央監視室の意匠の刷新を行い近代的な中央監視室に生まれ変わらせている。

東京都水道局三園浄水場と，大阪府水道部三島浄水場の中央監視室の更新前後をそれぞれ**図7**，**8**に示す。

5 おわりに

上下水道設備の普及率向上とともに，既設設備の改修も今後ますます盛んになってくる。信頼性の向上とともに，トラブル発生時の対応が迅速かつ確実に行われ，ダウンタイムを少なくすることのできる設備へと更新していくことが，安定・安全な公共施設実現の鍵(かぎ)である。

ユーザーの要求にこたえられるよう，設備更新技術開発を今後とも推進していきたい。