



121
I S S N 0386-5878
土木研究所資料第3152号

土木研究所資料

排水機場機械設備の設計標準化に 関する調査

—排水機場へのプログラマブルコントローラの適用—

平成4年12月

建設省土木研究所
機械施工部機械研究室

Copyright © (1992) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

排水機場機械設備の設計標準化に 関する調査

—排水機場へのプログラマブルコントローラの適用—

機械研究室 室長 杉 山 篤
竹 田 英 之¹⁾
大 城 智

¹⁾ 現 関東地方建設局霞ヶ浦導水工事事務所機械課

要 旨

排水機場機械設備の操作制御装置は、従来から有接点リレーを中心に構成されている。その一方で、制御内容の複雑化や設備の合理化を目的として、機場としては新しい機器であるプログラマブルコントローラ(ＰＣ)の使用が検討され、その数は僅かではあるが導入がされつつある。

本調査では、排水機場の操作制御装置へのＰＣの適用において、ユーザサイドに立脚した基本的な計画設計条件を明確にし、ＰＣ装置の計画設計要領(素案)としてとりまとめた。

キーワード：プログラマブルコントローラ，無接点，ノイズ対策，多重化システム，分散システム，バックアップシステム，環境条件

ま え が き

排水機場は、出水時には排水運転が確実にかつ継続して行われることが要求される非常用系設備であるため、各構成機器単体は勿論、システム全体の信頼性向上のための対策が重要となる。また、設備の維持管理などの合理化・省力化を図っていくために、分散している排水機場の集中監視や遠隔操作制御等への移行が時代の趨勢でもあり、機械設備の制御を含めたシステムの信頼性と高度化に対する関心は高まりつつある。

一方、排水機場における操作制御機器の管理は、人間が常駐して毎日使用される性格のものではないので、その保守・点検については定期的に実施されているが、設備の置かれている環境状態の詳細については余り把握されていない。運転操作方法については運転の機械が少ないことなどの点から講習会等によって補われている。従って、いざ実際に動作させるとなると不慣れな上に緊張感が伴うために、設備そのものに対する信頼性を得ることは決して容易ではない。

このような背景において、制御内容の高度化、複雑及び多様化に対応して新しい操作制御に関するシステム装置の導入がなされつつある。これらについては、実績も少なく個々に検討されているのが実状であり、長期的に考えた場合、計画・設計に係わる諸条件についてまとめ、それらを導入検討の際の検討事項として流布することは有意義なことであると考える。

排水機場の信頼性の検討結果から、「操作・制御」系による運転阻害の事例が多く、その原因が、通常ワイヤードロジック（リレー回路）であり、有接点機器の限界から接点不良、コイルの焼き付きなどのトラブルにあることや回路が複雑であるために、維持・管理の合理化が進まないことが判明している。

そこで、昭和63年度から平成3年度までの4カ年で、リレー等の有接点機器に代るものとしてプログラマブルコントローラ（P C）等の無接点機器の排水機場への導入における計画・設計・維持管理上の留意点を検討した。本報告書は、その検討結果をとりまとめたものである。

排水機場機械設備の設計標準化に関する調査
—排水機場へのプログラマブルコントローラの適用—

目 次

まえがき

1. 概 要	1
1. 1 調査の目的	1
1. 2 調査の計画	1
2. プログラマブルコントローラ装置概説	2
2. 1 プログラマブルコントローラの現状	2
2. 2 プログラマブルコントローラに関する留意点	33
2. 3 排水機場への導入と検討事項	58
3. プログラマブルコントローラ装置の計画設計要領（素案）	67
3. 1 総 則	67
3. 1. 1 一 般	67
3. 1. 2 基本方針	73
3. 2 導入計画	83
3. 2. 1 計画手順	83
3. 2. 2 留意事項	92
3. 3 設計論	97
3. 3. 1 プログラマブルコントローラ	97
3. 3. 2 機器システム	118
3. 3. 3 管 理	126
3. 4 点検管理	129
3. 4. 1 一般事項	129
3. 4. 2 保守点検	132
4. ケーススタディ	136
4. 1 概 要	136
4. 2 設計仕様の設定	137
4. 3 基本構成の設定	147
4. 4 システム構成の検討	156
4. 5 操作・制御則の整理	159
4. 6 特記仕様事項	183
4. 7 P C とリレーの比較	184

あとがき	186
------------	-----

参考文献	187
------------	-----

参考資料 排水機場における新しい制御機器	188
----------------------------	-----

—プログラマブルコントローラの利用—

土木技術資料1992年 6 月

1. 概要

1.1 調査の目的

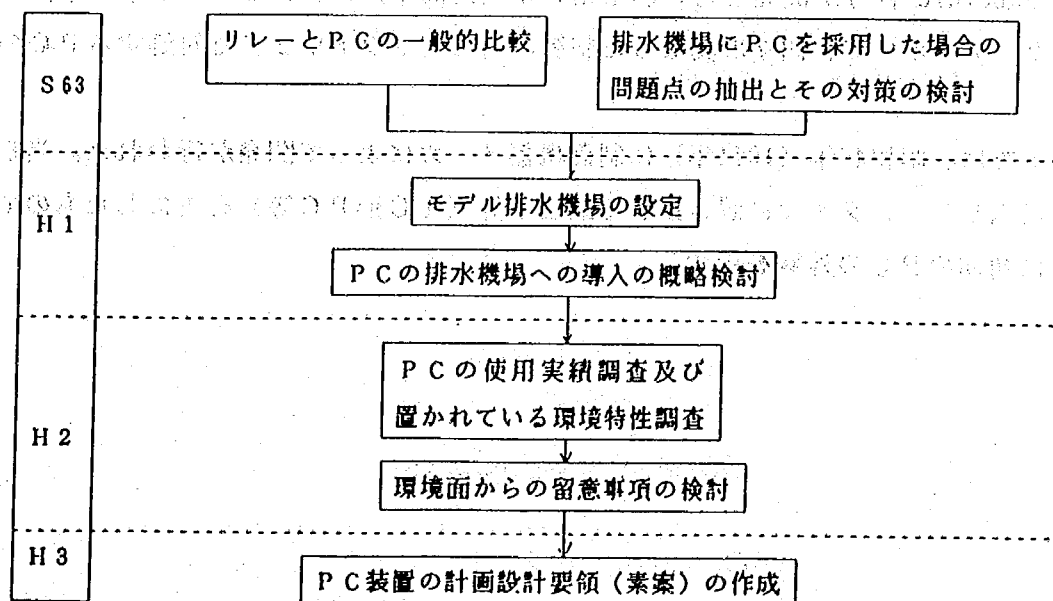
排水機場機械設備の操作制御装置は、従来から有接点リレーを構成されているが、排水機場の信頼性検討結果から、「操作・制御」系による運転阻害の事例が多く、その原因が、通常ワイヤードロジック（リレー回路）であり、有接点機器の限界から接点不良、コイルの焼き付きなどのトラブルにあることや回路が複雑であるために、維持・管理の合理化が進まないことが判明している。

こういった問題に対処するために、制御内容の複雑化や設備の合理化を目的として、排水機場としては新しい機器であるプログラマブルコントローラ（P C）の使用が検討され、僅かではあるが導入されつつある。本調査では、制御装置検討の際におけるP Cのユーザサイドに立脚した基本的な計画設計条件を明確にし、将来的な排水機場の運転管理に対応した設備に向けた装置の検討に資することを目的とする。

1.2 調査の計画

本調査は、昭和63年度から平成3年度までの4カ年で行っており、その年次計画を図—1.1に示す。

昭和63年度は、リレーとP Cの一般的比較及び排水機場にP Cを採用した場合の問題点とその対策を検討した。平成元年度は、モデル排水機場を設定し、P Cの排水機場への導入の概略検討を行った。平成2年度は、P Cの使用実績の内容及び置かれている環境特性について調査し、環境面からの留意事項の検討を行った。平成3年度は、昭和63年度から平成2年度まで調査した内容を総括するとともに、P Cを利用する場合の計画の標準化に際し、P C装置の計画設計要領を検討し、素案としてまとめた。



図—1.1 調査フローチャート

2. プログラマブルコントローラ装置概説

2.1 プログラマブルコントローラの現状

2.1.1 発展経緯

PC (Programmable Controller)の歴史は、昭和43年(1968年)、アメリカの自動車メーカーGM社 (General Motors)が、自社設備用として有接点リレーに代わる新しい制御装置の具備すべき条件を購入仕様書に明記したのがPC出現のきっかけとなったといわれている。いわゆるGM社の「10箇条の憲法」と称せられるものである。

(GM社の提示10箇条の憲法)

- (1) プログラミング及びプログラムの変更が容易であり、シーケンスの変更は現場で可能なこと。
- (2) 保守修理が容易なこと、完全なプラグイン方式が望ましい。
- (3) リレー制御盤より現場での信頼性が高いこと。
- (4) リレー制御盤より小型であること。
- (5) 上位のコンピュータと結合できる機能を持っていること。
- (6) リレー制御盤と経済的に競合できること。
- (7) AC115 Vまでの入力を受け付け得ること。
- (8) AC115 V・2 Aの出力が供給できること。
- (9) システムの変更を最小にして、基本システムを容易に拡張出来ること。
- (10) 最低4 K語まで拡張できるプログラマブルなメモリを有すること。

この要求に応じてDIGITAL EQUIPMENT 社、ALLENBRADLEY社、MODICON 社、STRUTHERS DUNN社、RELIANCE ELECTRIC 社等が開発を行い、昭和44年(1969年)コンピュータの手法を採り入れ、同一ハードウェアを用いて、個々の異なった制御に対してソフトウェアで対処するPCの原形が発表された。

一方日本では、昭和46年(1971年)に制御機器メーカーによって開発が行われた。当初の製品は従来の有接点リレー、タイマに置き換わる論理演算(IC形PC等)を主にしたものであった。

図-2.1 に初期のPCの外観を示す。

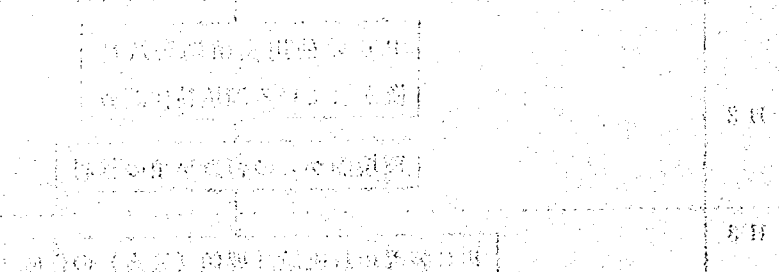
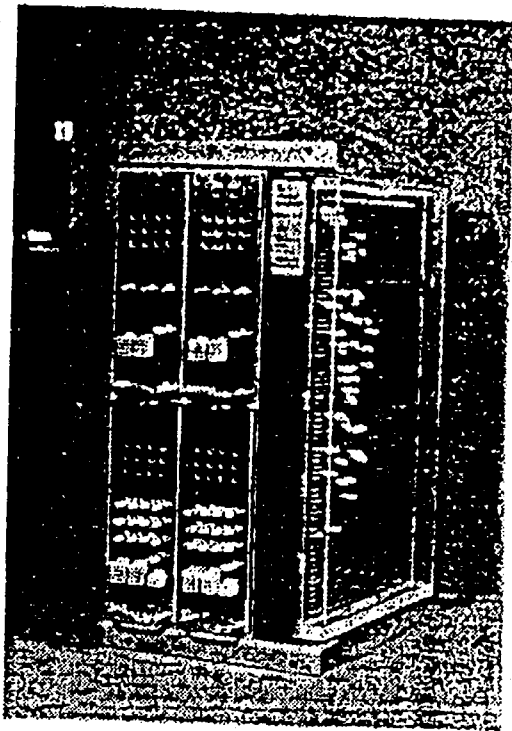


図-2.1 初期のPCの外観



(1) ダイオードピン挿入形PC



(2) 磁気コアメモリを使用したPC

図-2.1 初期(1972年頃)のPC

その後、昭和50年代にマイクロプロセッサ形P Cの出現によって算術演算、上位コンピュータとの結合等の機能が順次付加され今日に至っている。なお、図-2.2 に現在に至るまでのおおよその発展経緯を示す。

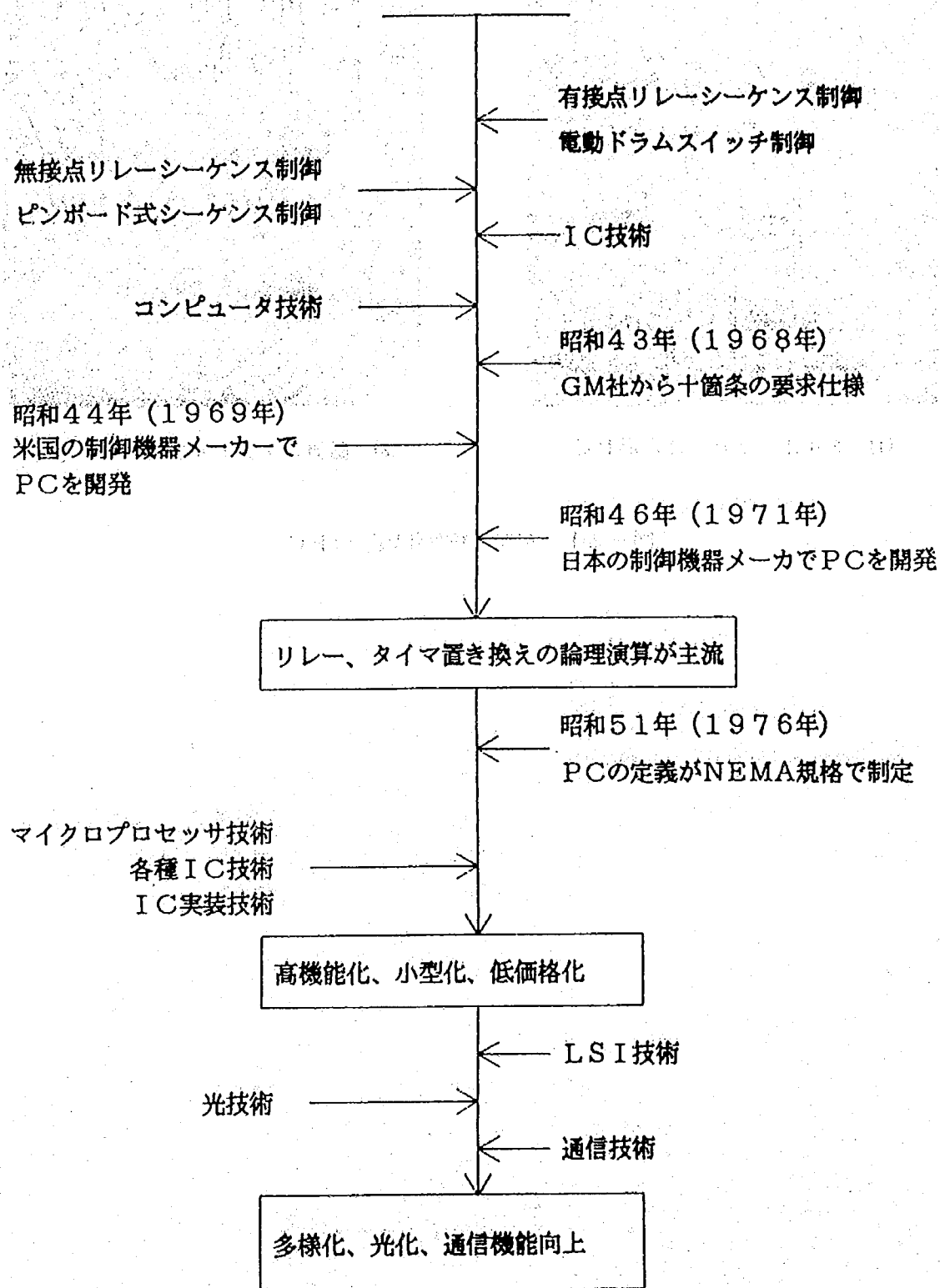


図-2.2 P C の 発 展 経 緯

2.1.2 定 義

P Cの出現当初がらしばらくの間は、動作原理、機能、用途等によってそれぞれの名称が付けられていた。

米国 : Programm(able) Controller (P C)
Programmable Logic Controller (P L C)
Sequential or Sequence Controller (S C)

等

欧州 : Programmierbares Steuersystem (西ドイツ)
Programmable Logic Controller (スウェーデン)
Automates Programmables (フランス)

等

日本 : プログラマブルコントローラ (P C)
プログラマブルロジックコントローラ (P L C)
シーケンスコントローラ (S C)

等

昭和51年(1976年)にN E M A規格(米国電機工業会規格) I C S - PART3-304 でP C (P R O - G R A M M A B L E C O N T R O L L E R S)に統一制定された。このP Cについて、N E M A (I C S 3 - 3 0 4 ・ 0 1)では、次のように定義している。

[N E M A (米国電機工業会規格) - プログラマブルコントローラの定義 -]

デジタル又はアナログ入出力装置を通して、論理演算、順序制御、タイマ、カウンタ、算術演算などを特定の命令語でメモリにプログラムし、機械やプロセスを制御するデジタル動作の電子装置。

また、これと同じ目的に使用されるデジタル計算機も、P Cの範囲内と考える。ドラム形などの機械的なシーケンスコントローラは除く。

また、一方NECA（日本電気制御機器工業会）では、表-2.1、図-2.3のような名称と概念を発表している。

表-2.1 SC, PLC, PCの定義

名 称	概 念 (定 義)
S C	SEQUENCE CONTROLLER 機械的なカムドラム方式、ピンボード方式及びストアードプログラム方式の制御装置を包含し、広義なプログラマブルメモリ（カムドラム等を含む）を有する広い範囲のデジタル式汎用制御装置を言う。しかし、PCを完全に包含しない。
P L C	PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER PCに含まれるが、PLCはその名が示すようにLOGIC（論理制御）主体のビット演算処理機能（タイマ、カウンタ等ビットによる入力指令、出力結果の機能を含む）専用のものをいう。
P C	PROGRAMMABLE CONTROLLER 通常、ストアードプログラム方式のシーケンス制御装置を言うが、論理（ビット）演算のみでなく算術（ワード）演算まで可能なものを含むものをいう。

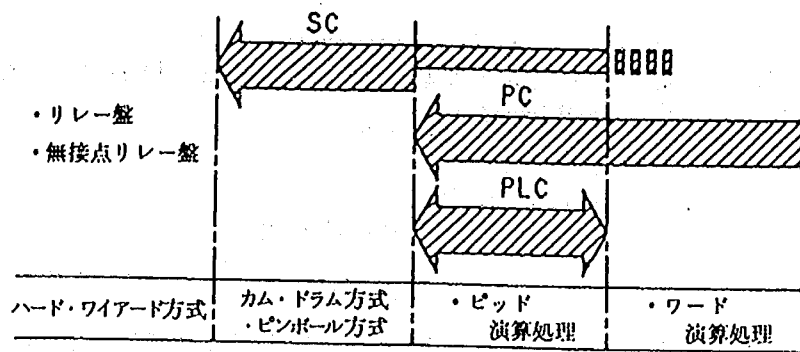


図-2.3 SC, PLC, PCの概念

PCの原形が出現してから7年の歳月を経て、PCの定義が制定されたことは、

第1世代（有接点リレーの置換（無接点化）を主眼とし、プログラムで回路変更を可能にした制御装置）

第2世代（プログラムを内蔵し論理制御を主眼として、プログラミング方式を改良した制御装置）

第3世代（算術演算、D/A入出力、データ転送等の処理に、コンピュータ技法を取り入れた制御装置）

の過程における急激な技術革新に伴い、リレー制御とコンピュータ制御の中間的な制御装置としての存在を認知する必要性が生じた事と、乱立する制御装置を統一、系統化しようとする意図から生じたものと考えられる。

2.1.3 性能

昭和63年度末現在における、各社〔メーカー数 15社、45機種（超小形4、小形13、中形10、大形18）〕の性能を調査したのでこれを表-2.2 に示す。

表-2.2 P C 性能表

1. 一般仕様

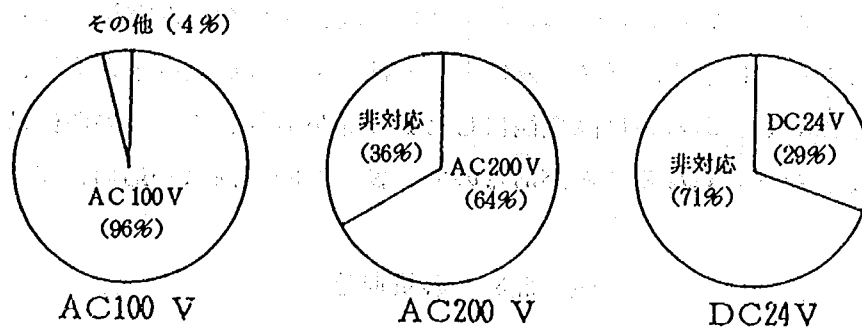
項 目	最 大	最 小	平 均	中央値	備 考
最低使用温度 (°C)	0	0	0	0	
最高使用温度 (°C)	60	40	54.22	55	
最低湿度 (%RH)	45	5	25.11	30	
最高湿度 (%RH)	95	85	89.33	90	
最低保存温度 (°C)	0	-20	-18.28	-20	
最高保存温度 (°C)	85	50	71.88	70	
耐振動 (注)	8G	1G	3.1G	3G	(=16.7Hz 3mm)
耐衝撃	3061回	1061回		1063回	
耐ノイズ	1500V1 μ S	1200V1 μ S		1300V1 μ S	
耐電圧	AC2000V	AC1500V		AC1500V	
絶縁抵抗 (M Ω)	100	2	14.6	10	

注：G 換算で大小評価した。換算は次の通り。

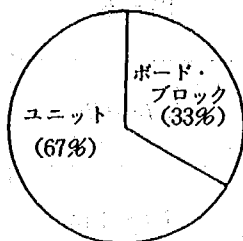
16.7Hz 3mm $\longrightarrow$ 3G 55Hz 0.75mm $\longrightarrow$ 8G
 25Hz 2mm $\longrightarrow$ 6G 55Hz 0.075mm $\longrightarrow$ 1G

2. 機能仕様

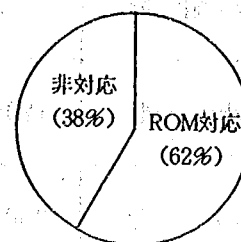
(1) 電源電圧 (全45機種)



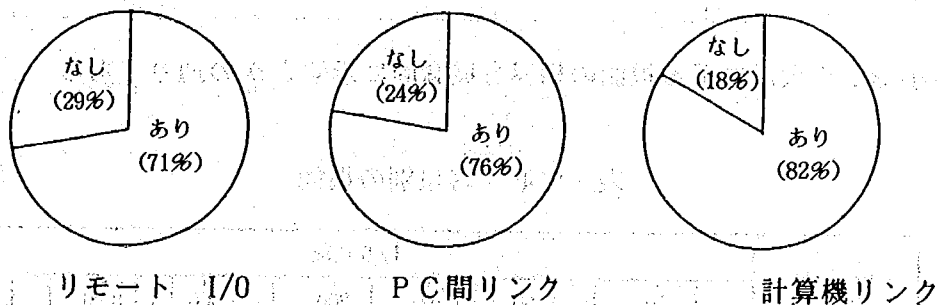
(2) 形状



(3) ROM対応



(4) リンク機能



2.1.4 分類

(1) 容量別分類

メーカーのカatalog、専門誌(2)、J E M A統計等では、ほぼ超小形、小形、中形、大形の4種に分類されている。この形名とI/O点数、プログラム容量、機能のおおよその関係を表一2.3~2.4に示す。(メーカーによっては、I/O点数は小さくし、プログラム容量を大きくしたP C、あるいは高機能にしたP C等があり、これらの関係はメーカーの開発目的によって、かなり異なることがあるので、表一2.3~2.4は一応の目安である。)

表一2.3 容量別分類

形 名	I/O点数	プログラム容量	機能(命令数)
超小形	20~84点	0.7 ~ 1KS	27~67
小 形	120~ 256点	1 ~ 4KS	37~67
中 形	360~ 512点	1 ~ 8KS	67~145
大 形	1024点以上	10 ~64KS	145以上

超小形から大形に至る機能の相異を概念的に示すと次の通りである。

表一2.4 容量別の機能

機 能	I/O 点数						
	20	50	100	200	500	1000	
計 算 機 リンク							
P C 間 リンク							
リ モ ー ト I/O							
算 術 演 算							
ア ナ ログ 入 出 力							
調 節 機 能 (PID)							
機 略 分 類	超小形 小形 中形 大形						

(2) 構造別分類

構造、外観別の名称とその特徴は、おおむね次のようになる。

図-2.4 にそれぞれの外観例を示す。

a ボード形 : 工作機械等に組込み機電一体化の目的から小形化、薄形化されている
(フラット形) 端子台は着脱式になっているPCもある。本体あるいはI/Oが故障した時は、本体ごとと交換することになる。容量別分類の超小形PCに多い。

b ブロック形 : DINレールに取付けられるPCに多い。

(パッケージ形) 増設はブロック単位で行う。本体あるいはI/Oが故障した時は、ブロック単位で交換するものが多いが、メーカーによってはI/O単位で交換可能なものもある。

容量別分類の超小形PCに多い。

メーカーによっては小形PCにも採用している。

c ユニット形 : I/Oユニットの組合せによって構成される。

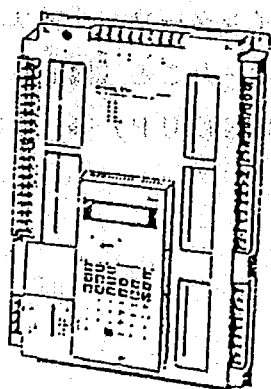
モジュール形 増設単位は4, 8, 16, 32点I/Oユニットごとに拡張できる。

ビルディング・ 組合わせの自由度が高い。

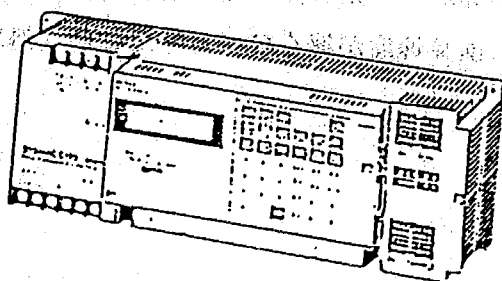
ブロック形 本体あるいはI/Oが故障した時は、ユニットごとに交換が可能である。

カード形

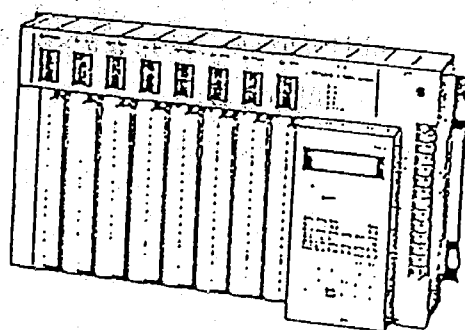
容量別分類の小形、中形、大形PCに広く採用されている。



a ボード形PC



b ブロック形PC



c ユニット形PC

図-2.4 PCの外観例

2.1.5 生産高

昭和50年（1975年）から平成2年（1990年）にかけてのPC、リレー等の生産高推移を図-1.5に示す。図-2.5の分類は、おおむね次のようになる。

制御用リレー : リレー、タイマ、カウンタ等（無接点式も含む）

操作用スイッチ : 押釦スイッチ、カムスイッチ、トルクスイッチ、キースwitch、ディップスイッチ、デジタルスイッチ等

検出用スイッチ : リミットスイッチ、光電スイッチ、近接スイッチ、ロータリエンコーダ、バーコード等

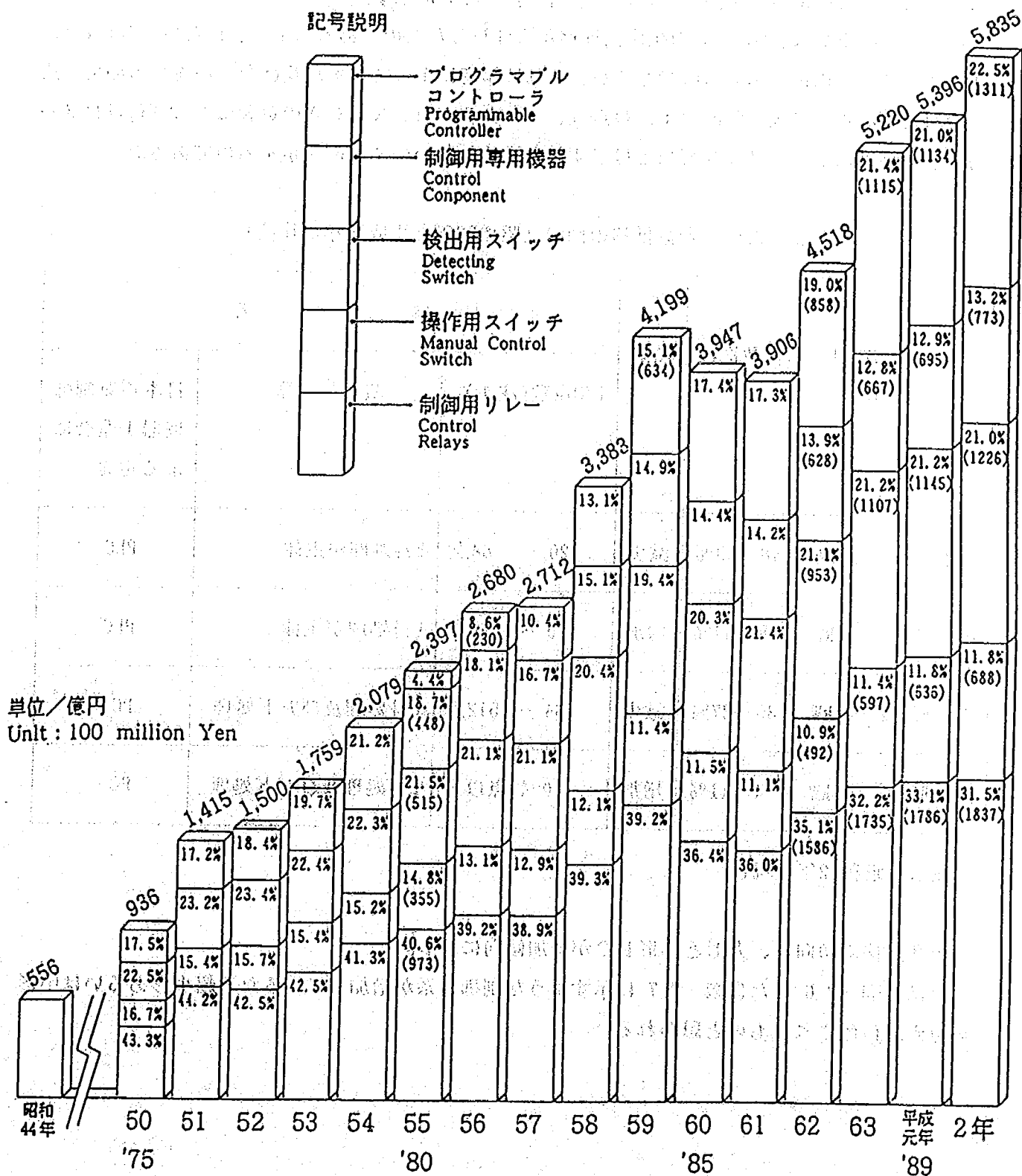
制御用専用機器 : 端子台、コネクタ、表示灯、サーキットプロテクタ、デジタル表示器等

図-2.5には昭和54年（1979年）以前のPCの生産高は記載されていない。この理由は「昭和52年（1977年）頃から4ビットマイクロプロセッサ（以下bit μ pと記す）を有するPCは出現していたが、汎用化に至っていなかったこと、価格面でリレーと対抗できる兆しが見え始めたのが昭和54年～55年頃であることによるとと思われる。（汎用化）」

PCとリレーの推移を昭和55～平成2年度の統計から見ると、PCは着実な伸び（4.4%→19%）を見せているが、リレーは横這いないしは減少傾向（40.6%→31.5%）にあり、リレー制御からPC制御へ移行しつつあることが伺える。

これは、

- ① PCの容量が大型から超小型（メモリ=0.5KW以下、I/O=20～84点）迄広範囲になってきたため、従来のPCとリレーの使い分けの分岐点が、PC側へ傾きつつあることを現していると思われる。（範囲拡大、低価格化）
- ② PCのアナログI/O、高速カウンタI/O、データI/O等のインターフェースユニットが充実してきたこと、論理演算から算術演算、通信機能が可能になったこと（機能UP）4bit μ pから16bit μ pへ移行し演算速度が速くなってきたこと（処理速度UP）等によるものと思われる。



図一2.5 制御用機器 生産高の推移
(日本電気制御機器工業会 (NECA) 資料による)

次に昭和56年（1981年）から平成元年（1989年）にかけてのP Cのメモリ容量別台数の推移（J E M A資料による）を図—2.7 に、傾向を表—2.5 に示す。

図—2.7 の金額は、図—2.5 の生産高推移から計算したものである。また、1 台当たり価格はその年度の平均価格を示すものであるが、これは年度によって容量別及び台数が異なるので一応の目安である。（表—2.5 のI / O点数、プログラム量、N E C Aの定義による割付けはメーカー別、機種別によってメモリ容量とは必ずしも一致しないので概略を示すものである。）

表—2.5 台数推移の傾向（昭和56年と平成元年の比較）

メモリ容量 (プログラム)		台数推移	傾向	参 考		
				I/O点数(注1)	演 算	日本電気制御 機器工業会に よる定義
超小形	0.5kW	48→28%	減少	20 ~ 84点	ビット処理が主体	PLC
小 形	1kW	18→34%	増加	120 ~ 256点	ビット処理が主体	PLC
中 形	2 ~ 4kW	30→27%	減少	384 ~ 512点	ビット処理及びワード処理	PC
大 形	8kW	4→11%	増加	1024 点以上	ビット処理及びワード処理	PC

(注1) 昭和62年度現在

台数推移の傾向は、大形と小形P Cが増加傾向にある。

これは、図—2.6 または図—2.7 に示すような制御体系が増加しているため超小形あるいは中形の分野が侵蝕されたものと思われる。

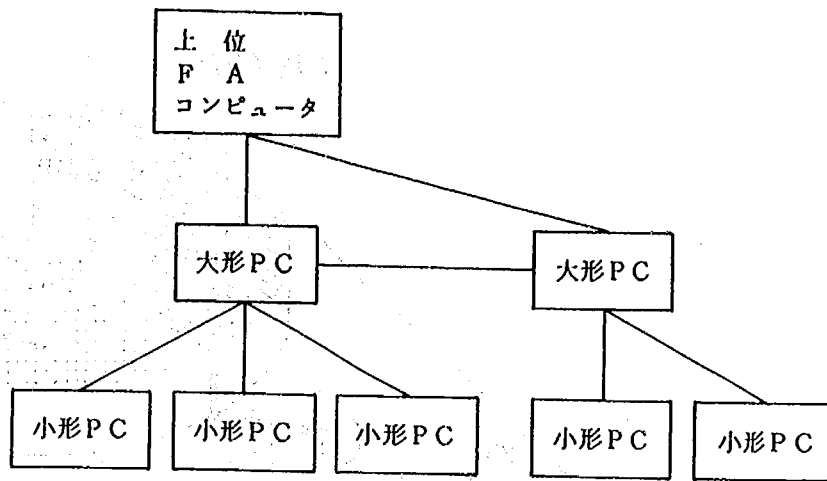


図-2.6 ローカルエリア・ネットワーク方式

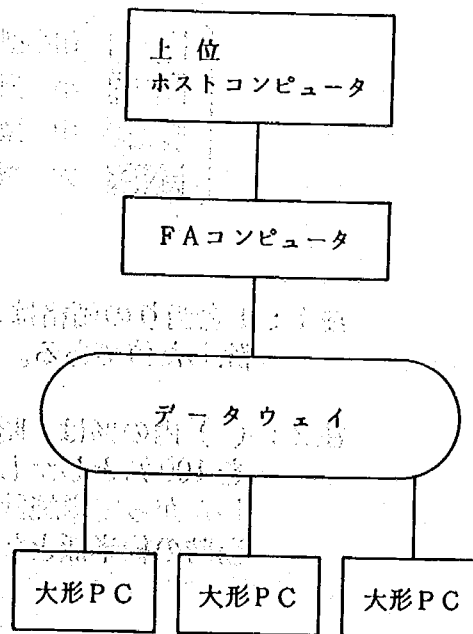
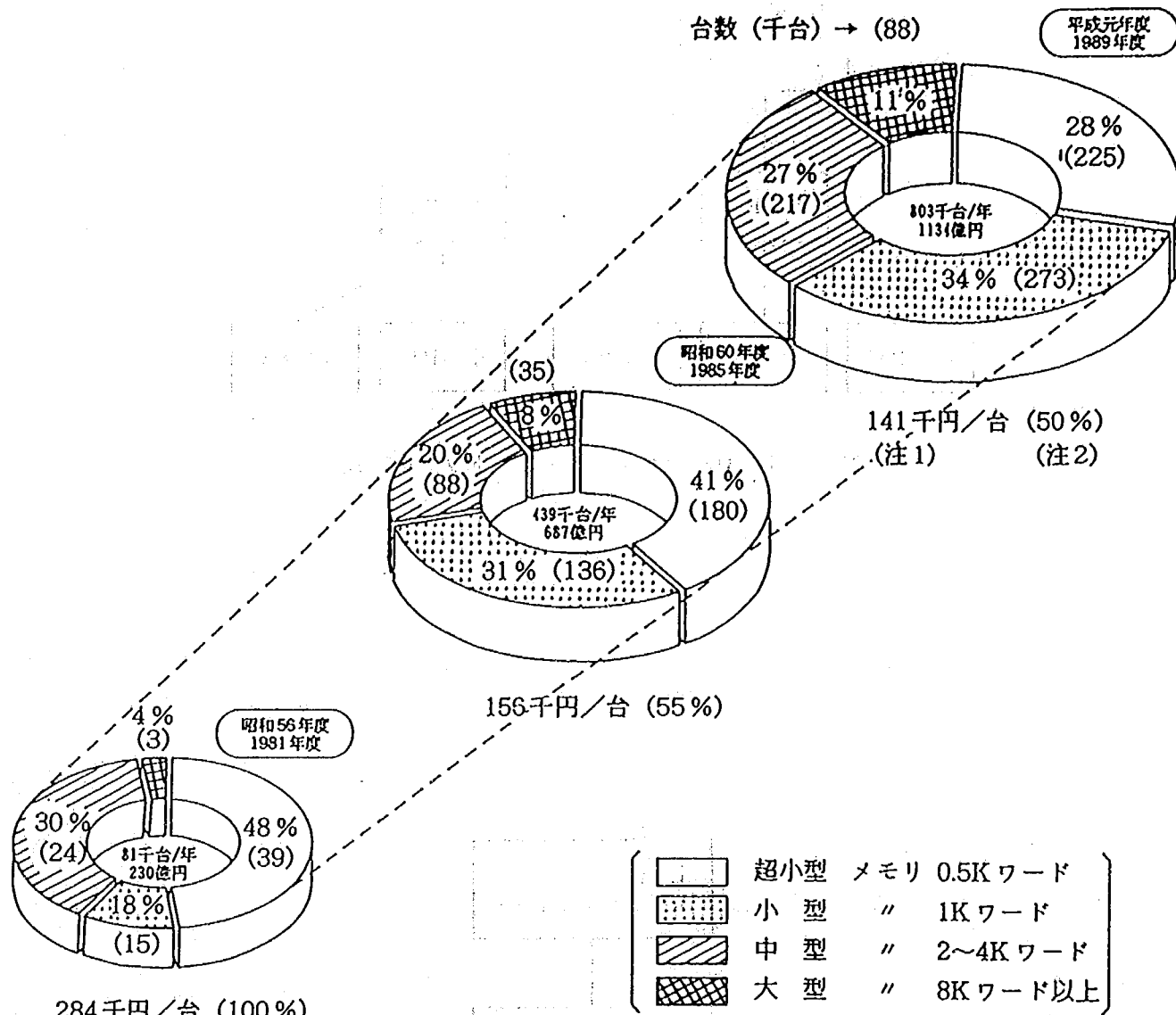


図-2.7 データ・ハイウェイ方式



注1: 1台当りの価格は、総売上高を総生産台数で除した値である。

注2: () 内の%は、昭和56年度の1台当りの価格を100%としたものである。
したがって単純計算では、平成元年度は56年当時の約半額となっている。

図一2.7 PCのメモリー容量別台数推移
(日本電機工業会 (J E M A) 資料による)

Changes in the ratio of PC types
according to Memory Capacity .

2.1.6 互換性

P Cの規格化は国内では日本電機制御機器工業会（NECA）、国際的にはIEC（International Electrotechnical Commission）で進められている。

NECAでは、「プログラマブルコントローラのラダー図記号」NECA5501-1985及び「プログラマブルコントローラのオンオフ入出力モジュール」NECA5502-1985の規格を制定している。

各メーカーのP Cは、ほぼこの規格を満足するものになっているが、各社P Cはこの規格以上の機種、機能を有しているため細部は統一されておらず、したがって互換性はない状況である。

一方IECでは1980年からTC65(Technical committee: Industrial Process Measurement and control)内にWG6をつくり表-2.6に示す規格構成に基づいて作業を進めている。

IECで進めているプログラミング言語体系を図-2.8に示す。これを受けて一部の国内メーカーからIECに準拠した言語を持つP Cが発表されているが、細部にはメーカー間で異なっているため互換性はない。

一般的にP Cの技術革新が速い上に、国内外のメーカー間の競争が激しいので規格化へ向かっての問題点が多いのが現状である。

（NECA規格はIECの規格化の進捗状況に応じて変更されていくものと思われる。）

以上の理由から統一ハード、ソフトの可能性は国際的にも、国内的にも当分の間望めそうにないと思わざるをえない。

表-2.6 IECの規格構成 (11)

Part No	タイトル	備 考
1	General Information	運用範囲、目的、用語の定義 基本的構成、信号処理の機能、センサ、アクチュエータとのインタフェース機能、 オペレータとのインタフェース機能、通信機能 用語の定義、共通要素、テキスト言語、グラフィック言語、 付録（言語仕様、例） 用語の定義、使用条件、電氣的要件、機械的的要件、メーカー供情報 用語の定義、型式テスト、ルーチンテスト
2	Programming Languages	
3	Equipment Requirement	

テキスト言語

Textual
Language

Instruction

List(IL言語)

Structured

Text(ST言語)

グラフィック言語

Graphic
Language

Basic

Graphic

Language

Ladder

Diagram(LD言語)

Function

Block

Diagram(FBD言語)

Graphic

Organization

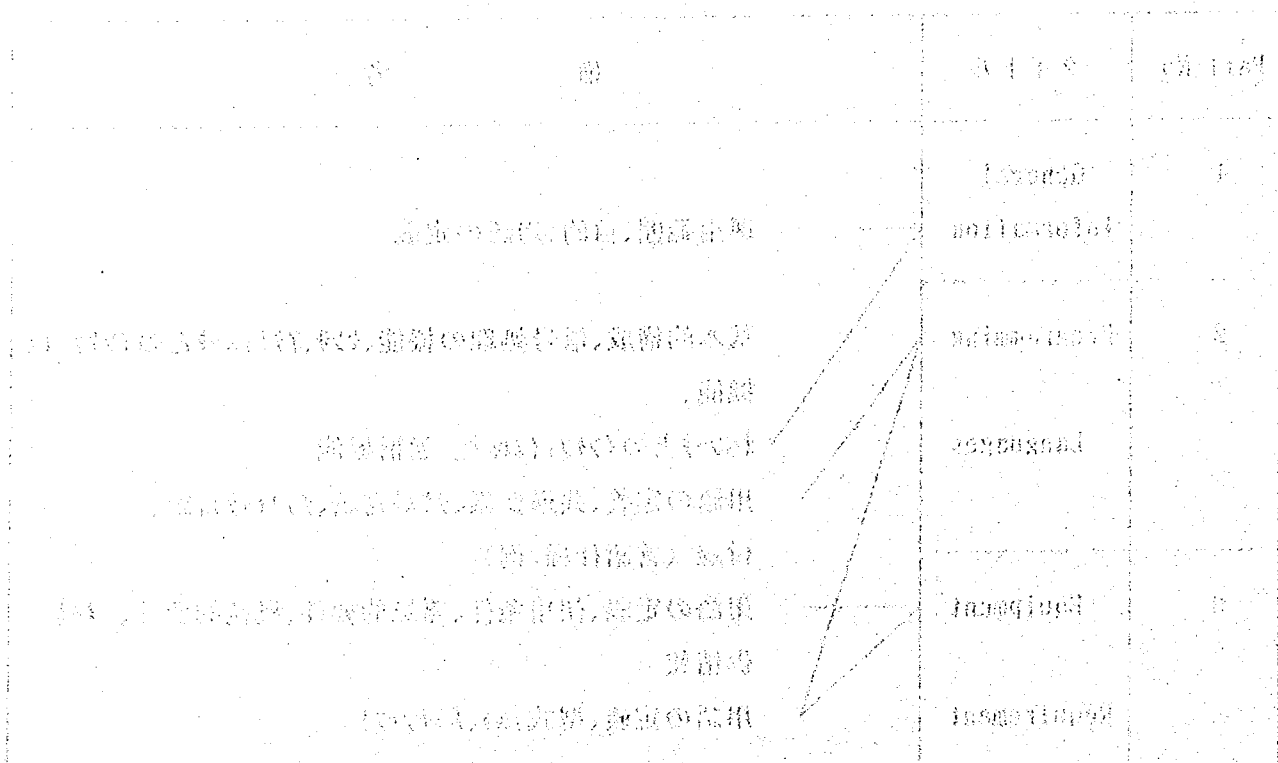
Language

Sequencial

Function

Chart(SFC言語)

図-2.8 IECのプログラミング言語の体系 (11)



2.1.7 試 験

(1) P Cメーカーにおける工場試験方法の調査

P Cメーカーのうちの5 社に対して行った試験方法に関する調査の結果より、各社に共通して言えることは、新規P Cを開発した時に行う認定試験（形式試験）と、これを製造ラインに乗せ商品として出荷する時に行う商用試験（出荷試験）に大別して実施されているということが挙げられる。

認定試験、商用試験の項目、規格、保証値（基準値）をまとめたものが表—2.7 に示した「各社試験規格と基準値一覧表」である。

(2) 品質管理

各社共に、P Cを構成する部品単体状態、部品を基板に取り付けたカード状態、さらにカードその他を組み立てた製品状態の3段階に区分して品質管理が実施されている。その一例を図—2.9 に示す。

(3) 認定試験（形式試験）

認定試験とは新製品を開発した時に行う試験であって、商品化した後の不具合発生を防止する目的で行う商用試験に比べて試験項目が多い。

試験値は保証値（カタログ記載値）と同等のメーカーが大半であるが、一部のメーカーでは保証値よりも厳しい試験を行っている場合もあった。その具体的内容については表—2.7 を参照されたい。

(4) 商用試験（出荷試験）

開発が完了したものを製造ラインに乗せ商品として出荷する時に一品毎に行なう試験である。認定試験を経て製造ラインの品質管理を厳しく行っているためか商用試験の項目は少なく、試験値も保証値（カタログ記載値）を採用しているメーカーが多い。

(5) 試験規格

大半の試験項目はメーカー独自の規格で実施されており、試験内容も各社独自の内容で行われている。

温度、湿度、振動等の試験はJ I S規格におおむね準拠しているが、完全に合致しているわけではなく、J I Sに準じた各メーカーの規格で試験されているのが現状である。表—2.8 に試験方法一覧を示す。

(6) 保証値と試験値

保証値はメーカーによって多少の相違がある。

試験値については項目によって保証値で試験しているメーカーと保証値以上で試験しているメーカーとに分かれる。これらはメーカーの試験に対する考え方の相違であるためいずれとも言い難いが、排水機場にP Cを使用する立場（ユーザ、メーカー）からは、短時間の試験ではあっても保証値以上の試験が行われていることは有意義であって、特に排水機場の設置環境が保証値と近接している場合においては環境対策をたてるに当たってその目安を得るための指標になるものとする。

(7) 工場試験調査のまとめ

① 試験方法

各社ともほぼ同じ項目で試験されており、一般的な排水機場の設置環境から考えると、これ以上の試験項目を追加する必要はないと思われるが、ガス・粉塵等の多発する地帯あるいは海岸等塩害の発生する地帯など、特殊な環境に設置される排水機場においてはP Cを収納する盤構造を含めた信頼性向上策を検討しておく必要があると考える。

② 試験内容

J I S等の規格におおむね準拠しているが、試験値、試験時間などは各社異なっている。また各社の回答書からは試験方法の詳細が不明であるため、どの程度J I S規格等と整合しているか疑問が残る。したがって、排水機場用として試験内容、試験値、試験時間等を定め、発注仕様書を標準化しておく必要があると思われる。特に、排水機場の特異性を考えると温度・湿度試験およびP C自身の特性から考えるとノイズ試験について統一されることが望ましい。

表-2.7 各社の試験規格と基準値一覧表 (1 / 4)

NO	試験項目	メーカー	規格	保証値 (参考値)	認定試験	商用試験		備考
						有	無	
1	使用周囲 温度試験	A	JIS-C0020 C0021	0 ~ 55℃	同 左	○	—	
		B	JIS-C0021 C0028	0 ~ 50℃	-10 ~ 60、3 11%	○	○	同 左
		C	JIS-C0021 C0028	0 ~ 55℃	8H -10 ~ 55、3 11%	○	○	同 左
		D	JIS-C0020 C0022	0 ~ 55℃	6H 10H -5 ~ 60、95%RH	○	○	同 左
		E	JIS-C0020 C0021	0 ~ 55℃	同 左	○	○	同 左
2	保存温度 試験	A	JIS-C0020 C0021	-20 ~ 70℃	同 左	○	—	
		B	JIS-C0021 C0028	-10 ~ 60℃	同 左 3 11%	○	—	
		C	JIS-C0020 C0021	-20 ~ 75℃	8H 同 左 3 11%	○	—	
		D	JIS-C0020 C0021	-20 ~ 85℃	12H 12H -20 ~ 85	○	—	
		E	JIS-C0020 C0021	-20 ~ 65℃	同 左	○	—	
3	使用周囲 湿度試験	A	JIS-C0022	30 ~ 90%RH	同 左	○	—	
		B	JIS-C0022	10 ~ 95%RH	同 左	○	—	
		C	JIS-C0022	10 ~ 90%RH	同 左	○	—	
		D	JIS-C0022	5 ~ 95%RH	95% 同 左 10H	○	—	
		E	JIS-C0022	35 ~ 85%RH	同 左	○	—	

表-2.7 各社の試験規格と基準値一覧表 (2 / 4)

NO	試験項目	メーカー	規格	保証値 (カタログ値)	認定試験		商用試験	備考
					有	無		
4	保存温度 試験	A	JIS-C0022	10~90%RH	同 左	○	—	
		B	—	—	—	—		
		C	JIS-C0022	10~90%RH	同 左	○	—	
		D	—	—	—	—		
		E	—	—	—	—		
5	耐ノイズ 試験	A	メーカー規格	1200VP-P 1 μ S	同 左	○	—	日本タバコ産業
		B	"	1000VP-P 1 μ S	同 左	○	—	あるいはNEMA 規格に準じている。
		C	"	1000VP-P 1 μ S	1500VP-P 1 μ S	○	—	
		D	"	1500VP-P 1 μ S	同 左	○	—	
		E	"	1000VP-P 1 μ S	同 左	○	○ 同 左	
6	耐電圧試験	A	JIS-C0704	1500V 1 分間	同 左	○	○ 同 左	
		B	"	2000, 1500V 1 分間	同 左	○	○ 同 左	
		C	"	1500V 1 分間	1800V 1 秒間	○	○ 同 左	
		D	"	1500V 1 分間	同 左	○	○ 同 左	
		E	"	1500V 1 分間	同 左	○	○ 同 左	

表一2.7 各社の試験規格と基準値一覧表 (3 / 4)

NO	試験項目	メーカー	規格	保証値 (カタログ値)	認定試験		商用試験	備考
					有	無		
7	絶縁抵抗 試験	A	JIS-C0704	DC500V 5MΩ 以上	同 左	○	○	同 左
		B	"	DC500V	同 左	○	○	同 左
		C	"	DC500V 5MΩ 以上	同 左	○	-	
		D	"	DC500V 10MΩ 以上	DC500V 100MΩ 以上	○	○	DC500V 10MΩ 以上
		E	"	DC500V 5MΩ 以上	同 左	○	○	同 左
8	電源電圧 変動試験	A	メーカー規格	AC 85~132V	同 左	○	-	
		B	"	AC 85~121V	同 左	○	○	同 左
		C	"	AC 85~132V	同 左	○	-	
		D	"	AC 85~121V	AC85~132V	○	○	同 左
		E	"	AC 85~132V	同 左	○	○	同 左
9	瞬時停電 試験	A	メーカー規格	10ms以下	同 左	○	-	
		B	"	10ms	同 左	○	-	
		C	"	20ms	同 左	○	-	
		D	"	10ms	同 左	○	-	
		E	"	10ms	同 左	○	○	同 左

表-2.7 各社の試験規格と基準値一覧表(4/4)

NO	試験項目	メーカー	規格	保証値 (加付値)	認定試験		商用試験	備考
					有	無		
10	耐振動試験	A	JIS-C0911	同 左	同 左	○	—	
		B	JIS-C0911 B 3 種, 1.5G	同 左	同 左	○	—	
		C	JIS-C0911	同 左	同 左	○	—	
		D	JIS-C0911	同 左	同 左	○	—	
		E	JIS-C0911	同 左	同 左	○	—	
11	耐衝撃試験	A	JIS-C0912	同 左	同 左	○	—	
		B	"	10 G	同 左	○	— 同 左	
		C	"	10 G	同 左	○	— 同 左	
		D	"	10 G	同 左	○	— 同 左	
		E	"	10 G	同 左	○	— 同 左	
12	機能 動作確認 試験	A	メーカー規格	同 左	同 左	○	○ 同 左	
		B	"	同 左	同 左	○	○ 同 左	
		C	"	同 左	同 左	○	○ 同 左	
		D	"	同 左	同 左	○	○ 同 左	
		E	"	同 左	同 左	○	○ 同 左	

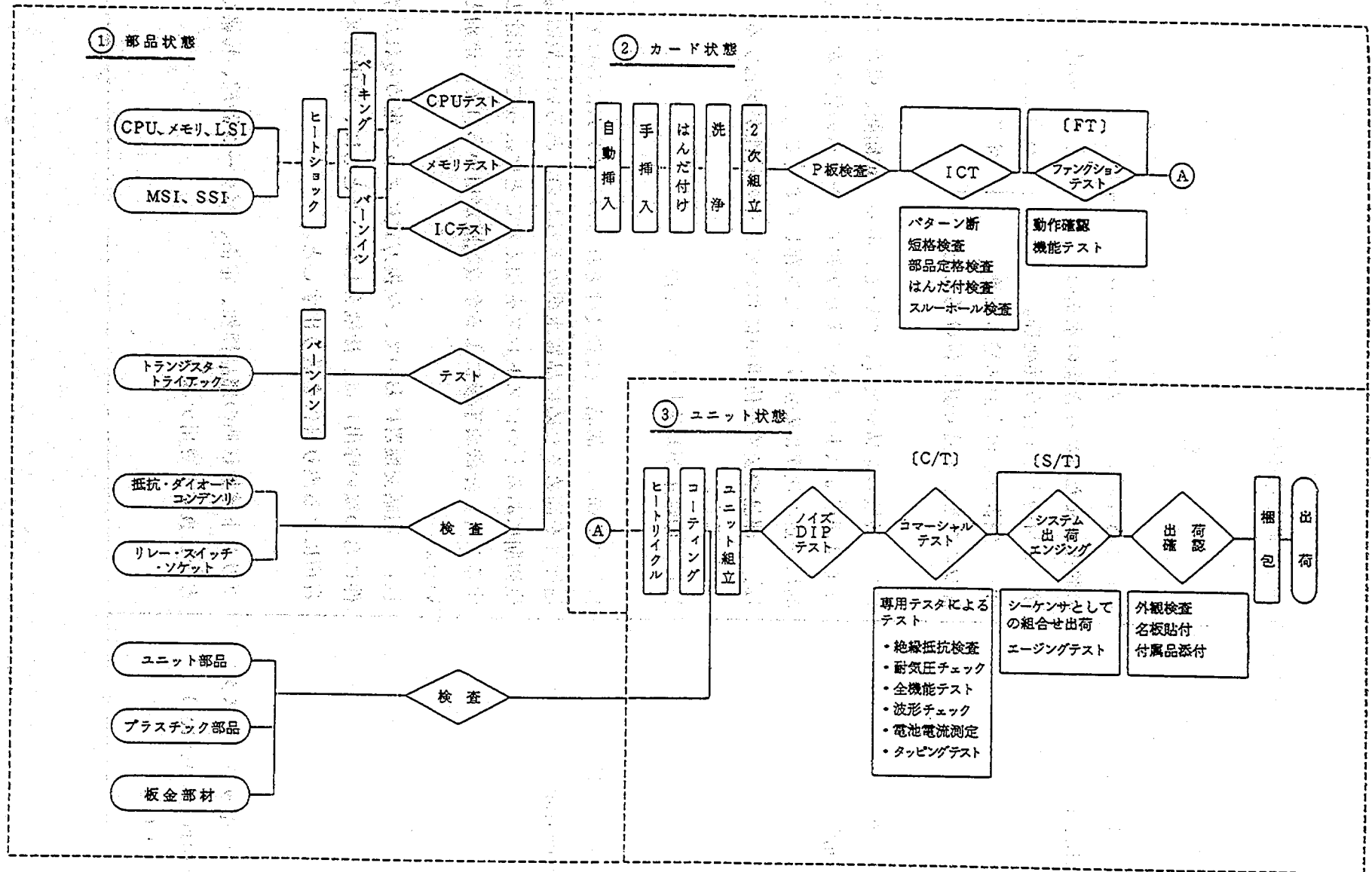


図-2.9 PCの品質管理工程図例

用語の意味

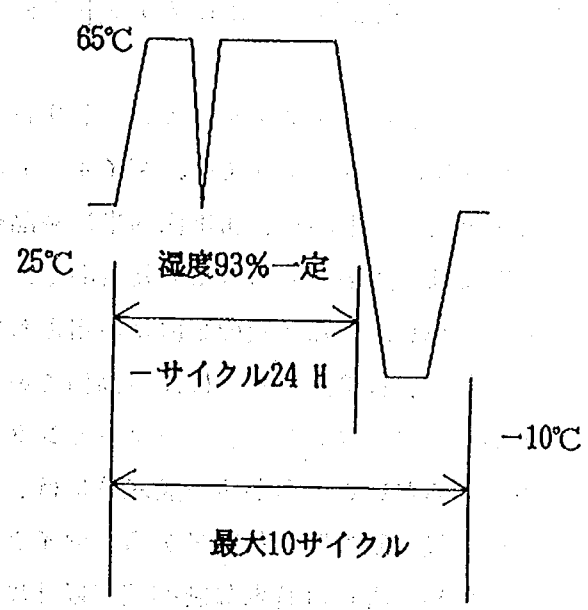
以下に図—2.9 に示した試験方法に関する用語の意味を示す。

用 語	解 説
#1 ベーキングテスト (baking test)	[1] <めっき> 素材のひずみの除去、またはめっき後の水素の除去を目的として行う熱処理。 [2] 鋼板などの表面に塗った絶縁ワニスを、高温で焼き付けること。 これらの仕上り具合をチェックすること
#2 エージング (aging)	[1] 各種の部品や装置において、ある一定期間、場合によっては適当なストレスを与えた状態で、それらの特性が本質的に一定の状態に安定するまで保存しておくこと。 [2] 部品や装置が使用中において、その特性が変化すること。 [3] 中性子が減速していく過程。
#3 スクリーニング (screening)	[1] <信頼性>部品、機器又はそれらのシステムにおいて、信頼性を高めるために品質水準の劣るもの、あるいは故障発生初期にあるものにストレスを加えることによって検出除去すること。非破壊手段による全数試験が用いられる。選別という。 [2] 電話交換器において、交換方式によって定められた条件に合わない呼出しは、接続をしないととも、話中音又は音声による誤り警告を送り出すこと。
#4 インサーキット テスタ (incircuit tester) [I C T]	プリント基板状態の部品極性、定格、パターン断線、短絡などを検査する専用テスト

用 語	解 説
#5 ファンクション テスタ (function tester) [F T]	機能、動作確認用専用テスト
#6 バーン イン (burn-in)	製造された品物の使用に先だって、その特性を安定化させ、早期故障を除去するために与えるいろいろな操作のこと。 「ならし」ともいう。
#7 S S I (Small scale integrated circuit)	小規模集積回路ともいう。 I Cのうちで集積度の低いもの。一般には1つの基板にのる回路数が100以下のものをいう。
#8 M S I (Middle scale integrated circuit)	中規模集積回路ともいう。 S S Iより大きく、L S Iより小さい集積度のもの。 回路数100～1000個程度のものをさす。
P板検査	プリント板検査
・ 部品状態とは	S S I、M S I、トランス、コンデンサ、フォトカプラなど、単体で取引きされるが、それ自体では機能しないレベルのものをいう。
・ カード状態とは	一つの基板上に部品状態の品物を取りつけ、相互に配線した状態。
・ ユニット状態とは	それ自体でP Cに要求される最低限の機能を有する状態。端的にはカタログに記載された外観を有する状態をいう。

表—2.8 試験方法一覧

規格 NO.	名 称	試 験 方 法
JIS C0010(1985)	環境試験方法 (電気・電子) 通則	測定、試験に関する基本的事項及び環境試験方法及び試験の厳しさを規定している。
JIS C0020(1987)	低温 (耐寒性) 試験方法	$-5 \sim -65 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 間のいずれかの温度内に2~96H間のいずれかの時間放置する。
JIS C0021(1987)	高温 (耐熱性) 試験方法	$30 \sim 200 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 間のいずれかの温度内に2~96H間のいずれかの時間放置する。
JIS C0022(1987)	高温高湿 (定常) 試験方法	$40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 93 ± 2 ， $-3\% \text{RH}$ の温湿度内に一定期間(4, 10, 21, 56日)放置する。
JIS C0027(1988)	温湿度サイクル (12+12時間サイクル) 試験方法	下図のサイクルを1回以上行う。

規格 NO.	名 称	試 験 方 法
JIS C0028(1988)	温湿度組合わせ (サイクル) 試験方法	 65°C 25°C 湿度93%一定 1 サイクル 24 H -10°C 最大 10 サイクル
JIS C0911(1984)	小形電気機器の 振動試験方法	掃引振動数耐久試験、定振動数耐久試験、共振試験の 3 種類を規定している。
JIS C0912(1984)	小形電気機器の 衝撃試験方法	衝撃パルスを 18 回連続して加える。
JIS C0704(1984)	制御機器の 絶縁距離 絶縁抵抗 及び耐電圧	①絶縁抵抗 500V を印加した時 5 MΩ 以上を良とする。 ②耐電圧 1500V 1 分間印加して異常のないこと。 あるいは、 1800V 1 秒間印加して異常のないこと。
日本たばこ産業 (株)	P.C 用ノイズ テスト方法	電源ノイズ : ±1500 V 1 μ s 軸射ノイズ : ± 500 V 50ns グラウンドノイズ : ±1000 V 300ns 入出力線ノイズ : ± 500 V 300ns

2.1.8 PC以外の無接点制御機器

無接点機器は一般的にソリッドステート（SS）機器と呼ばれている。

SS機器には、有接点リレーに代わるソリッドステートリレー（SSR）、動力回路に使用されている電磁接触器に代わるソリッドステートコンタクター（SSC）等がある。

(1) 無接点リレー（ソリッドステートリレーSSR）

- ① SSRは、トランジスタ、ダイオード等の出現によって有接点リレーに代わるべく、昭和30年代の後半から、40年代前半に製品化された。

当時は、無接点であるため長寿命であること、応答速度が速い消費電力が小さい等の特徴を生かした特殊な制御装置に多用されていた。

しかし、有接点リレーに比べ高価であること。プラグイン形は寸法が変わらないため盤が小形にならないこと、プログラミングによる回路設計ができないため配線工数の低減につながらないこと等から一般産業には、現在のPCほどには普及しなかったようである。

その後、昭和50年代前半から、マイクロプロセッサを使用したPCが汎用品として出現したため、現在は特殊な制御装置以外にはあまり採用されていない。

- ② SSRには、有接点リレーと同様な形状をしたプラグイン形とプリント基板に取付けるICチップ形に大別される。

Aは従来の有接点リレー制御に変わる論理回路用SSRであり、現在はPCの出現によってあまり使用されない。

Bは増幅用SSRとして、PCの出力側等に使用されている。

Cは応答速度が5～20nsと速いため、回路設計されたプリント基板に装着され論理基板として、工作機械、計量設備等の特殊な用途に使用されているが、PCの高速化に伴いその使用範囲は順次減少していくと思われる。

(2) 無接点コンタクター（ソリッドステートコンタクタSSC）

① SSCの構成

- a. 電磁接触機（MC）の主接点に相当する主素子部分にはトライアック又はサイリスタが使用され、補助接点に相当する部分はトランジスタ（DC用）あるいはサイリスタ（AC用）で構成されている。
- b. 主素子の数はRとT相のみに入れる2素子のものと、3相に全て入れる3素子のものがある。2素子のSSCは経済性を追及したものであり、S相が常時通電状態になるため保守管理を行う場合は注意を要する。
- c. 主素子保護用速断ヒューズをSSCに内蔵しているメーカーとオプションとして外付けにするメーカーがある。外付けの場合は配線用遮断器（MCB）でもよい。速断ヒューズには溶断検出信号付きのことが多い。

d. 主素子にサージ吸収回路を内蔵しているメーカーと、オプションとして外付けにするメーカーがある。

e. 放熱フィン付きを標準にしているメーカーとオプションにしているメーカーがある。

② S S C の容量

定格電圧／定格通電電流の範囲はほぼAC110V／18A ～AC110V／200A程度のものが市販されており、適用モータ出力は200 V 級モータで0.75～15 kW 程度である。

③ S S C の特徴

a. 接点部や機構部の摩耗がないため、長寿命であり信頼性が高い。

電氣的寿命 —— S S C —— 理論的には制限なし。(メーカーのカatalogには
—— MC —— 100万回 記載されていない。)

b. 無接点であるため、高頻度の開閉が可能になる。

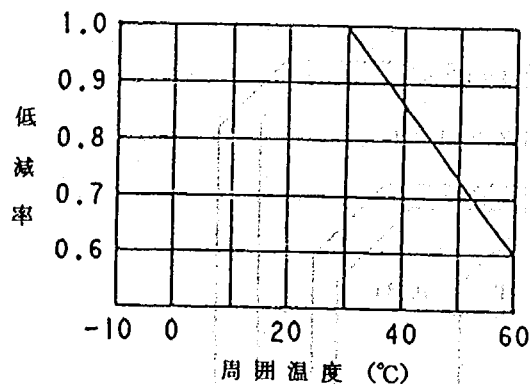
開閉頻度 —— S S C —— 1200～7200回/h
MC —— 1200回/h (MC : 電磁接触器)

(但し開閉頻度が高くなるほど、投入電流、投入時間の制限が生じる。)

c. 可動部がないため、開閉時の騒音がない。

d. S S C は熱によって、特性が大きく変化するので放熱フィンが必要であり、盤内温度 (S S C の周囲温度) が上昇する場合は、必要に応じてパネルクーラ等が必要になる。

e. S S C の周囲温度が40℃を越える場合は、定格電流よりも低減して使用する必要がある。



放熱フィン付き S S C の場合を示す。

図—2.10 S S C の定格電流

f. S S C は開路 (切) 時でも漏れ電流が流れる (約30mA) ので、S S C の電源側には機械的に開路できる配線用遮断機 (M C C B) あるいは電磁接触器 (MC) 等を設け、運転しない場合は負荷に電圧を印加しないように、これを切っておく必要がある。

g. ゼロクロス機能付きSSCであると、開閉時にノイズを発生しない。

但し開閉時間が遅くなる(約60ms)。

h. 主素子が故障した場合は、開放状態よりも短絡状態になることが多いので、異常検出ユニット等を付加して保護する必要がある。

i. 機械的可動部がないので、開閉状態の目視確認はSSCに付いてる表示灯、あるいは、テスター等で確認する必要がある。

j. 電磁接触器(MC)に比べ高価である。

200 V, 3.7kW用で比較すると次のようになる。

価格比較	SSC	850 %
	MC	100 %

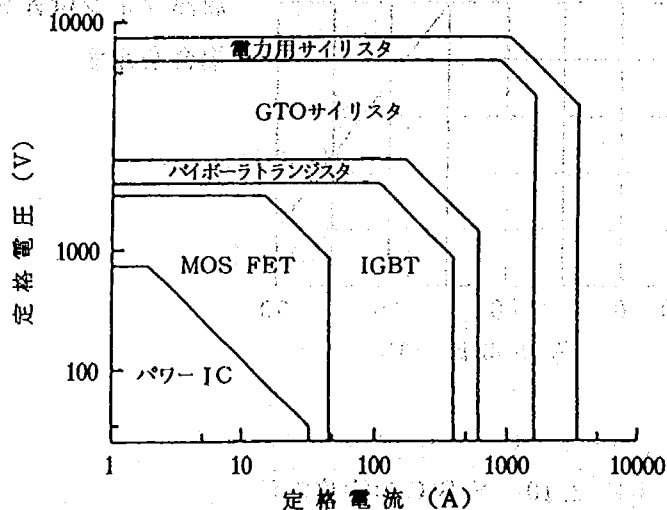
k. サイリスタ、トランジスタが、昭和30年代に出現した時から電磁接触器(MC)の無接点化が囑望されていた。

当時は、現在と比較にならないほど高価であったため付加価値の高い製品(例えば、水銀整流器をサイリスタに置換える等)から順次採用されてきたが、安価なMCにSSCが代わることはできなかった。

近年のパワーエレクトロニクスとマイクロエレクトロニクスの発展により当時よりは高容量、特性の向上、及び安価になってきているが、まだ価格面ではMCに対抗することができない状態である。

したがって、特殊用途以外の一般産業にはそれほど普及していないのが現状である。

参考として最近の電力用素子の容量を図-2.11に示す。



注:略号説明

GTO(Gate-Off)

MOS FET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)

図-2.11 最近の電力用素子の容量 (12)

2.2 プログラマブルコントローラに関する留意点

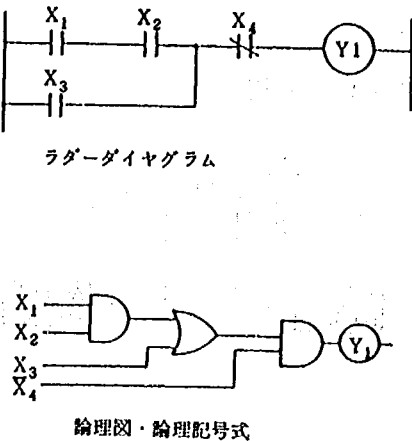
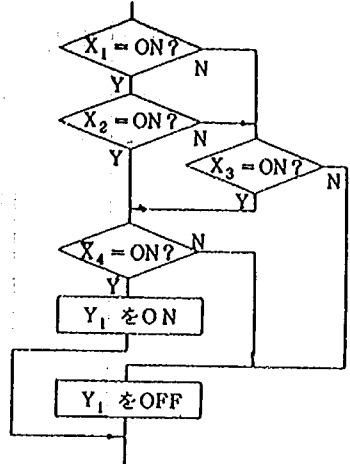
2.2.1 P Cの欠点とその対策

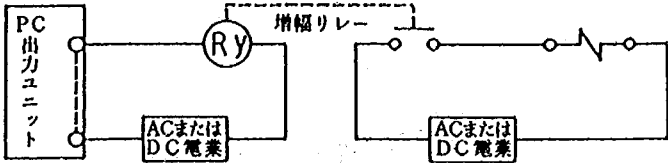
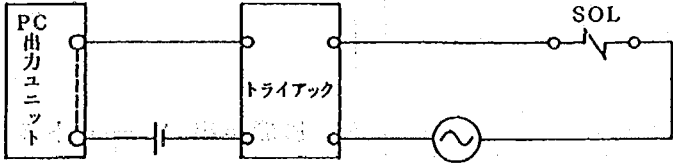
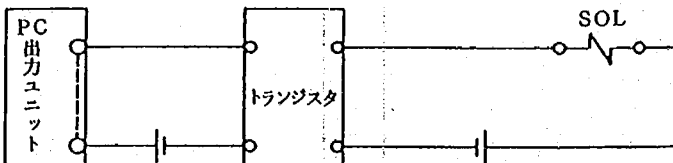
P Cを用いた排水機場の信頼性向上を図るため、リレーに比べてP Cの欠点を抽出し、これらの対策あるいは改善策を検討したので以下に述べる。

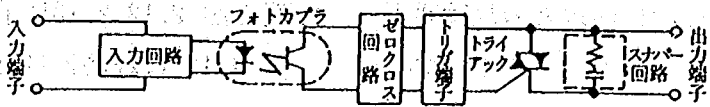
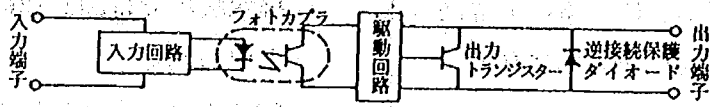
表-2.9 P C制御の問題と改善策

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
1	ハードにおけるメーカー間の互換性がない	1-1. P Cの技術革新が速い上に、メーカー間の競合があるのでメーカー間の互換性は当分の間望めないと思われる。 よって1機場には1メーカーの1シリーズを、使用せざるを得ない。 1-2. 利用状況の調査結果では機場単位でメーカー、機種を統一しているので現時点では互換性の問題は発生していない。
2	同一メーカーであってもP Cの変革が速いので製造中止になる機種がでてくる。	2-1. メーカーのベストセラーとなっているシリーズは継続生産される可能性が大きいので、これを採用することによってリスクが軽減され则认为る。 なお、ベストセラーとなった機種は製造中止後のアフターサービスも一般的に良い傾向にある。 2-2. 予備品を準備しておく 本体ユニット 1 種類の異なる入出力ユニット 各1 2-3. 製造中止後であっても、どの程度の期間、予備品が供給できるか確認の上メーカーを選定する。 2-4. 製造中止後、永い年月を経ると発注しても製造することが不可能な場合がある。このような場合は新機種のP Cに一式交換することを検討せざるをえない。 2-5. P Cが普及して十数年と歴史が浅いため現時点では上記の問題はあまり発生していないようである。

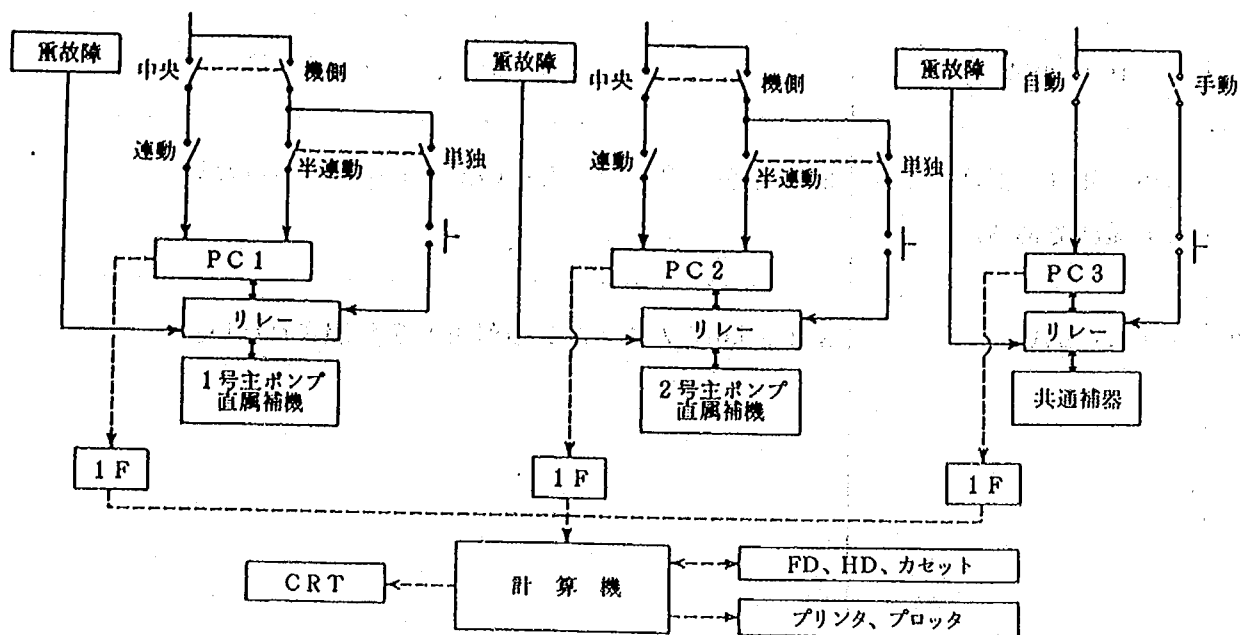
No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
3	ソフトウェアにおけるメーカー間の互換性がない。	3-1. IEC や日本電気制御機器工業会（NECA）等で統一プログラム言語の検討が進められているが、当分の間メーカー間の互換性は望めないと思われる。よって、1 機場には 1 メーカーの 1 言語を使用せざるをえない。 3-2. 利用状況の調査結果では機場単位でメーカー、言語を統一している。 3-3. PC メーカーが異なった数機場を扱う保守要員は、機場ごとに異なる PC を理解せざるをえないのが現状であるが各機場とも同じ言語（例えばラダー）を採用しておけばメーカー機種によって多少異なる程度なので比較的容易に対応できると思われる。
4	同一メーカーであってもプログラム言語の異なる機種があるので注意を要す	4-1. 現在のプログラム言語には、ラダー、フロチャート、ロジックシンボル等があり各メーカーはそれぞれの特徴を出している。 現在は有接点リレーシーケンスで育った人が多いのでラダーが主流である。ゆえに現時点での排水機場に使用する PC のプログラム言語はラダーに統一することが望ましいと思われる。但し、プログラム言語の選択は、これを扱う人の育った環境によって流動的に変化すると考えられる。例えばコンピュータから制御システムに入った人は、ラダーよりもフローチャート等の、よりコンピュータに近い言語を好む傾向にある。

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
	 ラダーダイアグラム 論理図・論理記号式	 フローチャート
5	大容量負荷については、P C の出力ユニットから直接駆動ができない	5-1. P C の出力ユニットの種類と容量は、ほぼ次の様になっている。 - 接点出力 (A C、D C 共用) - AC200V/2A (COS ϕ = 1) - AC200V/0.5A (COS ϕ = 0.4) - DC24V/2A - 無接点出力 - トライアック (A C 用) - AC200V/1A - トランジスタ (D C 用) - DC48V/0.3 ~ 1A 5-2. 大容量負荷を (電磁弁、電動弁、大容量電磁接触器等) 出力ユニットから直接駆動させると、寿命の低下あるいは破損につながるので負荷容量に見合った増幅リレーまたは電磁接触器によって駆動させることが望ましい。 5-3. 増幅リレーの種類と容量 - 有接点リレー (A C、D C 併用) - AC200V/3 ~ 7.5A (COS ϕ) - AC200V/2 ~ 7.5A (COS ϕ = 0.4) - DC24V/5A - 無接点リレー - トライアック (A C 用) - AC200V/5A ~ 10A - トランジスタ (D C 用) - DC48V/3A - DC100V/2A (注) 容量はプラグイン形のもので概略値を示す。

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
		5-4. 増幅方法 a. 有接点リレーの場合  b. トライアックの場合  c. トランジスタの場合 

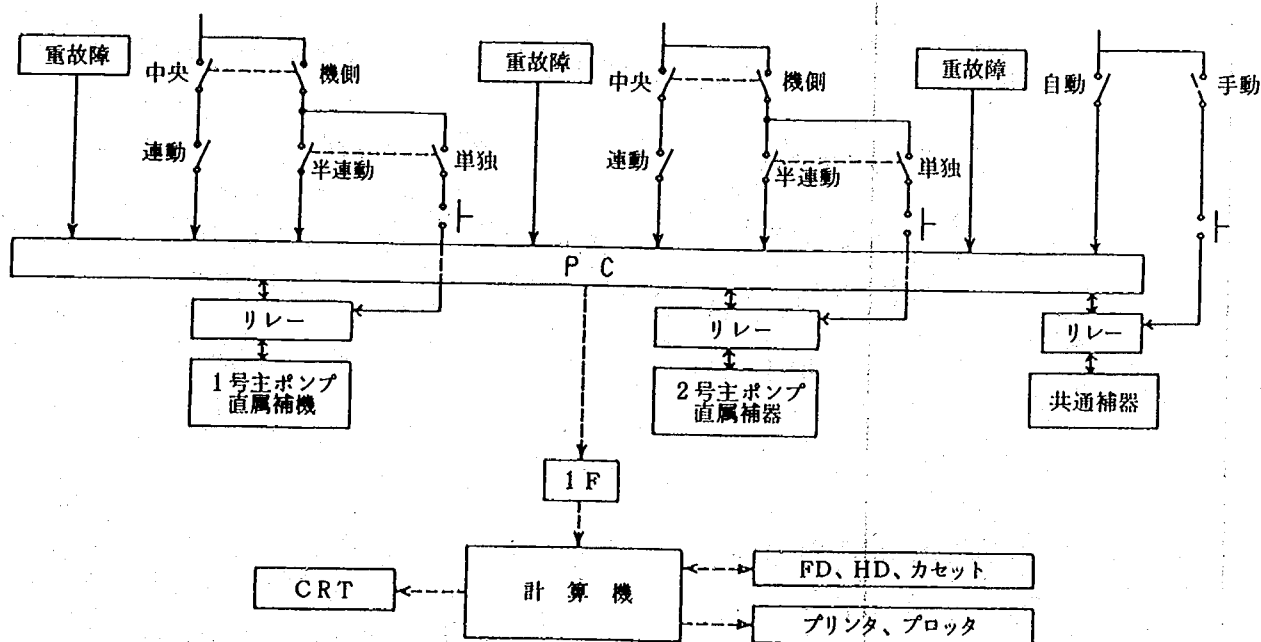
No	PCの欠点	対策、改善策																		
		5-5. 無接点リレー回路図例 a. トライアック  b. トランジスタ  c. 無接点リレーの入出力は、フォトカプラで絶縁されているものが望ましい。 d. トライアックはゼロクロス回路付が望ましい。 5-6. 増幅リレーの比較 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>有接点リレ-</th><th>無接点リレ-(SSR)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>単品価格</td><td>安 価</td><td>高 価</td></tr> <tr> <td>寿命</td><td>SSR に比べ短い</td><td>永 い</td></tr> <tr> <td>出力点数 (接点数)</td><td>2ab ~ 4ab</td><td>1a</td></tr> <tr> <td>応答速度</td><td>遅 い</td><td>速 い</td></tr> <tr> <td>ノイズ</td><td>強 い</td><td>弱 い</td></tr> </tbody> </table>		有接点リレ-	無接点リレ-(SSR)	単品価格	安 価	高 価	寿命	SSR に比べ短い	永 い	出力点数 (接点数)	2ab ~ 4ab	1a	応答速度	遅 い	速 い	ノイズ	強 い	弱 い
	有接点リレ-	無接点リレ-(SSR)																		
単品価格	安 価	高 価																		
寿命	SSR に比べ短い	永 い																		
出力点数 (接点数)	2ab ~ 4ab	1a																		
応答速度	遅 い	速 い																		
ノイズ	強 い	弱 い																		

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
6	P C は自己診断機能等のメンテ機能があるが、自己診断機能以外の故障要因であるとハードウェア内部がブラックボックス化しているので、ほぼ推定不能になるので専門技術員が必要になる。	6-1. P C を使用した回路構成は、P C に負担させる内容と仕事量によって決定される。 例を図-2.12, 2.13 に示す。 図-2.13 は経済性は良いが、危険分散、保守性、故障時の対応の面で劣る。 図-2.12 は経済性はやや悪いがその他の面で優れている。 排水機場では図2-12に相当する回路構成にすることが適当と思われる。 6-2. P C の点検、交換は比較的容易なのでユーザ側で対処可能と思われる。特にユニット形 P C は不良箇所の交換が容易なので、これを採用し、下記の予備品を準備しておくことが望ましい。 本体ユニット 1 種類の異なる入出力ユニット 各1 交換したユニットの修理は、ユーザ側ではまず不可能なのでメーカーに送って修理をするか、あるいは廃棄して新しい予備品を購入する。 6-3. P C の点検、交換がユーザ側で不可能なことを想定した場合には、全国レベルのサービスネットワークを持ったメーカーを選定することが好ましい結果につながると思われる。 この場合にも予備品は準備しておくほうが速やかに復旧できる。



- (1) PCは主機一台あたり1セットとし、別に共通補機用として1セット備える。
- (2) 重故障はPCを経由せず、直接機器を停止させる。
- (3) IF (インターフェイス)、計算機、CRT等はオプション
- (4) 単独はPCから除外する。

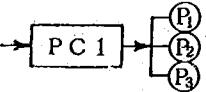
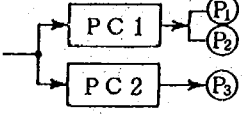
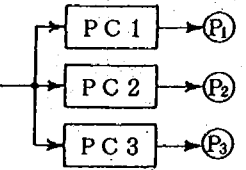
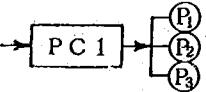
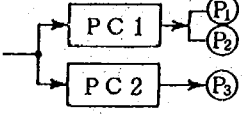
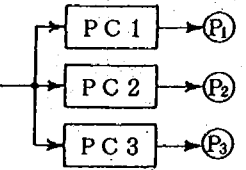
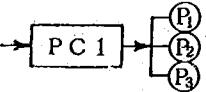
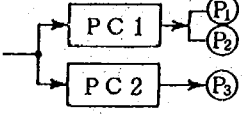
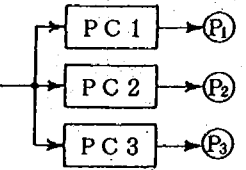
図-2.12 PCの回路構成 (第1案)



- (1) PCは大型のものを機場に1台備える。
- (2) 重故障もPCを経由して停止させる。
- (3) IF (インターフェイス)、計算器、CRT等はオプション
- (4) 単独はPCから除外する

図-2.13 PCの回路構成 (第2案)

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
7	環境条件（温湿度）に対して繊細である。	3.2.2.(2)「温・湿度とその対策」を参照されたい。
8	ノイズに弱い。	3.2.2.(3)「ノイズとその対策」を参照されたい。

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策												
9	P C の信頼性は高いが万一 P C の心臓部である電源部あるいは C P U が故障した場合はリレーに比べ故障の波及範囲が広くシステムダウンにつながる場合がある	9-1 システムの分散 分散化システムの定義は「機能を分散させておき、その1部がダウンしても、ダウン以外は正常に機能するシステム」である。 1 台の大型 P C で複数台の主ポンプを制御せず主ポンプごとに小形あるいは中型の P C を分割設置して危険分散を図った分散制御システムの採用が望ましい。但し分割を多くするほど高価になる。 ある資料では、I/O 256 点、メモリ 4K 語の P C の M T B F (平均故障間隔) は約 3.0×10^4 時間、M D T (平均故障時間) は、0.5 時間である。これを 1 台の P C で複数台のポンプを制御する場合と、分割設置した場合の M T B F は下表のように分割を多くするほど全数停止になる確率は改善される。但し、P C 1 台の M T B F は等しいものとした。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>構 成</th><th>計 算 式</th><th>M T B F (h)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  </td><td>$M T B F_1 = M T B F_0$</td><td>3.0×10^4</td></tr> <tr> <td>  </td><td>$M T B F_2 = \frac{2\lambda + \mu}{\lambda^2}$</td><td>$1.8 \times 10^9$</td></tr> <tr> <td>  </td><td>$M T B F_3 = \frac{3\lambda^2 + 3\lambda\mu + \mu^2}{\lambda^3}$</td><td>$1.1 \times 10^{14}$</td></tr> </tbody> </table> 注： $\lambda = \frac{1}{M T B F} \quad \mu = \frac{1}{M D T}$ λ (故障率) μ (修理率) P C 分割時の M T B F	構 成	計 算 式	M T B F (h)		$M T B F_1 = M T B F_0$	3.0×10^4		$M T B F_2 = \frac{2\lambda + \mu}{\lambda^2}$	1.8×10^9		$M T B F_3 = \frac{3\lambda^2 + 3\lambda\mu + \mu^2}{\lambda^3}$	1.1×10^{14}
構 成	計 算 式	M T B F (h)												
	$M T B F_1 = M T B F_0$	3.0×10^4												
	$M T B F_2 = \frac{2\lambda + \mu}{\lambda^2}$	1.8×10^9												
	$M T B F_3 = \frac{3\lambda^2 + 3\lambda\mu + \mu^2}{\lambda^3}$	1.1×10^{14}												

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
		分散化システム 排水機場への適用 →水平分散 システムの系を複数にすることにより危険分散を図る →・主ポンプを台数分割にする ・主ポンプ、発電機の号機ごとに制御システムを分散させる。 →垂直分散 システムの機能を階層化することにより危険分散を図る →・自動、連動制御の下流に単独制御、直接手動操作を設ける。 →地域分散 →・二重化したセンサ（例えば水位計）の設置場所、配線ケーブルのルートを変える

9-2 システムの多重化

多重化システムの定義は「ある機能がダウンした時に他の装置により同一の機能を果たすシステム」である。

二重化、三重化システムは、信頼性向上の有効な手段ではあるが、コストが高くなるので適用には機場単位ごとに経済評価を十分加えることが望ましい。

ただし、同じ原因のもとで故障した場合は、同時ダウンも考えられるため、動作原理の異なる装置を採用した方がよい。

多重化システム

排水機場への適用

二重化

→ ホットスタンバイ

2 台を併走させておき

一方がダウンした場合

他方へ無瞬断にて負担

させるシステム

→ 無停電電源装置

→ コールドスタンバイ

1 台を走らせておき

これがダウンしたら

他方へ切り変える

システム（予備機対応）

→ 空気圧縮機の二重化

→ 燃料移送ポンプの二重化

→ その他共通補機の二重化

→ 発電機の二重化

→ 水位計の二重化

→ 三重化多数決

3 台を併走させておき

うち 2 台以上の出力が

同一のときこれを正とする方法

→ （コストが非常に高く不適當）

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
	9-3 システムのバックアップ バックアップシステムの定義は「ある機能がダウンした時、代替装置により、レベルの低い機能を果たすシステム」である。 a. P C を介さないリレー単独回路を設ける方法 自動、連動、半連動モードは P C に負担させ、単独モードのみ、リレー回路で構成する方法である。 この方法を採用すると、機場の信頼性はより向上するが、単独モード回路を複雑にすると（インターロックを多くすると）自動、連動モードの制御内容が、比較的簡単な機場では P C の負担が軽すぎてしまうことになる。 したがって単独モード回路は単なる始動、停止（入、切）回路と必要最小限のインターロック回路で構成しリレー個数をできるだけ減らし制御の大半を P C に負担させることが、経済的であると思われる。	1 次バックアップ 2 次バックアップ (1) P C 制御 → R y 制御 → 直接手動制御（人力） (2) 自動制御 連動操作 → 単独操作 → 直接手動操作（人力） (3) 連続式水位計 → 電極式水位計 → 目視 (4) 共通補機常用・予備 → エンジン付圧縮機の場合 とも故障（空気圧縮機の場合） → 場合は直接手動操作（人力） (5) 同 上 → ウイングポンプにより （燃料移送ポンプの場合） → 直接手動操作（人力） (6) 始動条件不成立 → 人為的に成立させる （但しセンサは正常） (7) センサ不動作により故障発生 → 人為的に解除させる （但し系は正常）

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
	b. 直接手動制御システム PCの検討とは、ややかけ離れたことであると思われるが、排水機場の持つ社会的使命及び特異性から最悪のバックアップシステムが必要となると考えられるので以下に概念を記述する。 商用電源及びDC電源が消失した最悪の場合にも排水機場を運転しようとする と発電機電源だけがたよりとなる。これを「直接手動制御システム」と仮称し、 その概念を定義すると、「機場の初期電源（商用電源、DC電源）が消失及び制 御の1部が不調になった時に発電機電源だけで排水機場の最小限の機能を果たす ために、人力により機器を直接制御するシステムであり、これを操作する人の技 術力と経験及び体力、視覚、聴覚、嗅覚、触覚をよりどころとする。」 原則的には電氣的な運転監視、保護機能も動作しないので操作員の判断にたよ ることになる。 概要フロー <pre> 発電機用エンジン始動 <----- DC電源消失のため人力によるエア始動になる。 発電機の初期励磁 <----- DC電源消失のため代替えバッテリーが必要になる。 発電機電圧確立 ↓ L P C (機側操作盤) あるいは M C C (コントロールセンタ) から補機モータを運転 ↓ 主ポンプ始動条件を機付計器で目視確認 ↓ 主ポンプエンジン始動 <----- DC電源消失のため人力によるエア始動になる。 ↓ 主ポンプ運転 ↓ 吐出電動弁開 <----- L C P (機側操作盤) あるいは M C C (モ-コントロール センタ) から操作あるいは人力による直接操作になる。 </pre>	

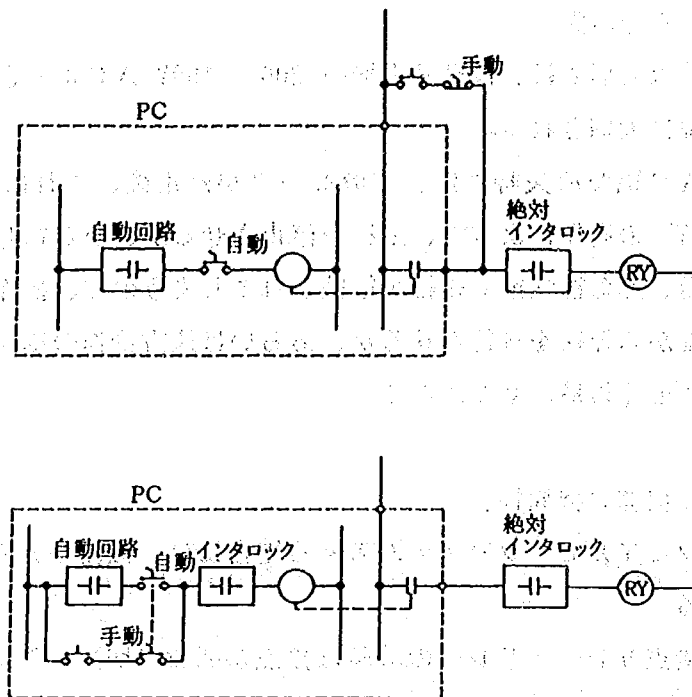
No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
		c. 予備品による対応 リレー単独回路を設けないで、P Cによる分散システムとしP C故障時には、予備品で対応しようとする方法であり本来のバックアップシステムとは意を異にするものである。予備品には、ハードとしてP C本体及び各種I / Oユニットを、ソフトとしては、フロッピーディスク、ROM、あるいはカセットテープ等を準備しておく必要がある。 この方法は安価ではあるが、復旧の間はそのシステムが停止すること、保守要員の確保と技術的対応の問題、復旧に時間がかかる等の不利な面がある。 9-4. P Cのシステム構築上の対応 機械が正常にもかかわらず、センサ等のトラブルによって始動不能あるいは停止してしまった場合等に緊急運転に対応する上で、センサの入力部にインターロック解除用スナップスイッチを盤内に設けておき、その条件を強制的に成立させ、運転させる方法が考えられる。 この場合、操作員や保守要員による判断が必要になるため、相当の技術力が要求される。 9-5. フェイルセーフシステムの構築 フェイルセーフシステムの定義は「機器や装置の異常時にシステム全体が安全側に動作するシステム」である。 a. 安全側とは 安全側とは、一般的に機器を停止させることを言うが設備によっては、必ずしも停止させることが安全側とは言えない場合がある。 例えば、排水機場の場合は、地域住民の立場からすると、運転を継続させることが安全側になるのでその設備の特異性、システム全体の信頼性及び維持管理体制を考慮してフェイルセーフシステムを構築する必要があると思われる。

No	P C の 欠 点	対 策 、 改 善 策
		b. 電源消失 排水機場では、自家発電機の 200／100V A C 電源と直流電源装置の D C 100V 電源に大別される。 A C 電源消失時には、補機モータが停止後、これに付属する保護機能（D C 100V）の動作によって、主機を停止させるが、D C 電源消失時には、無制御、無保護、無監視状態で運転が継続されてしまうので、操作員が機付計器を目視確認しながら運転を続行させるか、あるいは遠方操作の場合はエンジンが停止する方向に働く機構が必要になる。 c. 機器の特異性 フェイルセーフシステム考える場合には、機器の特異性を知っておく必要がある。 接点リレー：リレーの故障は接点が開放（切）状態になることが多い。 無接点機器：素子の故障は短絡（入）状態になることが多い。 （S S R, S S C） d. 安全対策 「絶対インターロック回路」は、P C の内外部で組むことが安全上好ましい。 「絶対インターロック」とは次のようなものがある。 d-1. 電源の入切回路 d-2. 非常停止回路 d-3. モータ保護リレー回路 d-4. 正逆インターロック回路 d-5. 電源切換インターロック回路 d-6. バルブモータ過トルク、手動操作インターロック回路 d-7. その他必要最小限の故障保護回路 絶対インターロック回路例を以下に示す。

No

P C の 欠 点

対 策 、 改 善 策



絶対インターロック回路例

2.2.2 PC選定上の留意事項

(1) 留意事項一般

「項2.2 PCの欠点とその対策」で述べたごとく、PCのハードウェア、ソフトウェアは共に大枠では共通性が有るものの、細部についてはメーカー間の互換性が無いのが現状である。従って、PCを選定するにあたっては機種ごとにメーカー、機種、言語を統一することが必須であり、PCの選定基準としては以下のような点を考慮すべきであると考えらる。

- 1) 市場占有率の高いメーカーのPCを採用する（汎用性）
- 2) メーカーのベストセラー機種を採用する（汎用性、後継機種との互換性）
- 3) モデルチェンジ後の新旧PCの互換性に対するメーカーの思想確認（互換性）
- 4) 当該PCの製造中止後、その予備品の対応と保有期間（保守）
- 5) 市場占有率の高いプログラム言語の採用（互換性）
- 6) 当該言語に対するメーカー側のフォロー（互換性）

(2) 留意事項の細目

PCを選定する際には、次の項目を考慮する必要がある。

1) PCの構造

I/Oの組合わせの自由度が高く、故障時にはユニット単位で容易に交換のできるユニット形が望ましい。

2) PCのプログラム言語

現在は、有接点リレーシーケンスで育った人が多いので、この延長であるラダー言語が現状は望ましいと思われる。

3) 入出力点数（I/O点数）

軽微な変更に対応できるように、実装の10%程度の予備I/Oを考慮することが望ましい。

4) プログラム容量

PCのプログラム容量はI/O点数によって、ほぼ決まってしまう。将来の拡張、制御内容のグレードアップ等が事前に判かっている場合には、これに見合ったプログラム容量を持ったPCを選定しておく。また、将来の変更が無い場合においても、軽微な変更が可能ないように実装の30%程度の予備プログラムを見込んでおくことが望ましい。

5) 命令語の種類

命令語の種類は、制御の内容によって考慮されるべきものである。従って、従来のリレーシーケンスによるON-OFF制御であれば、約20種類の基本命令語でプログラムが組める。

一方、水位一定制御、回転数制御、翼角度制御等の複雑な制御では、基本命令の他に四則演算、ワード処理、BCD変換、シフト、伝送等の応用命令を持ったPCが必要になる。各メーカー共に小形の上位機種（約256点以上のI/Oを持ったPC）以上のPCでは

ほぼこれらの命令語を有している。

6) 機能

停電時間が長くなる場合や、異常状態の早期発見等の見地から以下の機能を有することが望ましい。

(1) 自己診断機器 (PC異常状態表示)

- ① CPU異常
- ② I/O異常
- ③ メモリ異常
- ④ 伝送異常
- ⑤ 電池異常

(2) 入出力状態表示機能

- ① I/O 入出力表示

(3) メモリ・バックアップ機能

不測の事態によりプログラムが消えた場合に対応できるように次のいずれかの方法で、書き込まれたプログラムが復元できることが必要である。

- ① EPROM、EEPROM
- ② フロッピーディスク又はハードディスク
- ③ カセットテープ

(4) 伝送機能

伝送機能とはPC単体の入出力以外にその蓄積された情報をPC間で受け渡しを行ったり、上位コンピュータへ送り出したりする機能であって、下記のような種類がある。

- | | | |
|----------------|---|-----------|
| ① リモート I/O 伝送 | → | 工事線の節減 |
| ② PC-PC間伝送 | → | 複雑な制御への対応 |
| ③ PC-コンピュータ間伝送 | → | 管理装置等への伝送 |

上記のうち、①②は各メーカーが独自の伝送手段を用いており、メーカーが異なるとう一般的には伝送不能である。

③については、コンピュータ側で、受信可能であるインターフェース例えば、RS-232C、RS-432、GP-IB に統一し、PC側が整合をはかることになるが、このときボーレート、奇・偶パリティ、データ長、ストップビット長等を統一しておく必要がある。

また、メーカーが異なる場合には、事前にその調査を行っておく必要がある。

7) 予備品

故障時対応のためには、次のユニットを予備品にしておくことが望ましい。

- ①電源部ユニット : 1
- ②CPU部ユニット : 1
- ③入出力ユニット : 各種1

2.2.3 システム構成

(1) PCに適する制御対象

項2.1で述べたごとくPCは制御、演算、伝送等優れた機能を有しているが反面、電子機器特有の環境条件に弱い等の欠点もあわせ持っている。従って、項2.2で述べたPCの欠点を補う制御システムを構成し、PCの利点を発揮できる被制御対象に適用することが肝要である。その相関は概ね図-2.14のようになる。

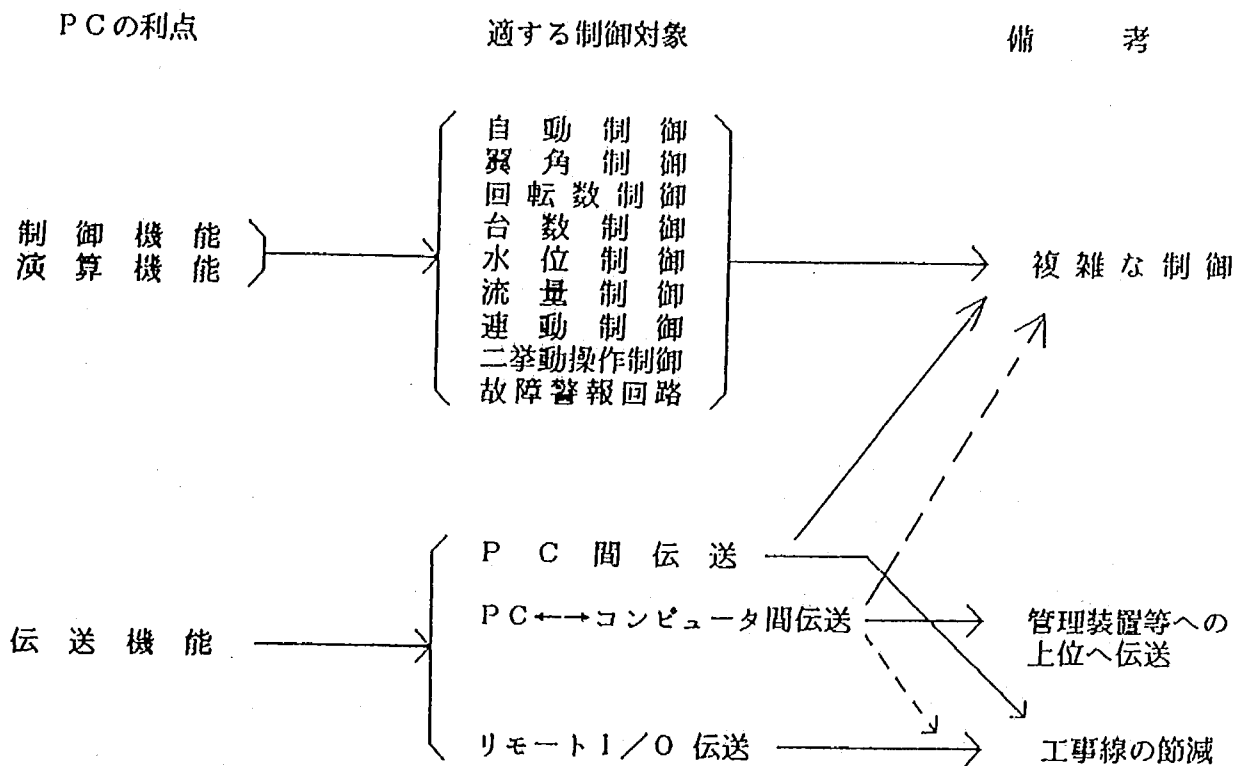


図-2.14 PCに適する制御対象

(2) 信頼性向上対策

排水機場の操作制御設備は異常状態に強いシステム（異常状態が発生した場合にも安全に排水機能を維持できるような操作制御システム）を構築する必要がある。

操作制御装置は、主機であるポンプ及び補助機械類に従属するものであるから、機場の機器構成と見合うように計画し、余り過剰なものとしなことが経済的ではあるが、その一方、操作制御設備の運転時間当たりの故障率は高い値を示している。

従って、現状の機器構成にとらわれた操作制御システムを構築することは排水機場の信頼性向上策の面で得策とはいえない。信頼性向上対策として分散化、多重化、バックアップ化システムがあり、これらの内容については項2.2.1の対策欄に示す通りである。

表一2.10に現状機器のシステム構成と操作制御装置の信頼性向上対策の評価を示す。

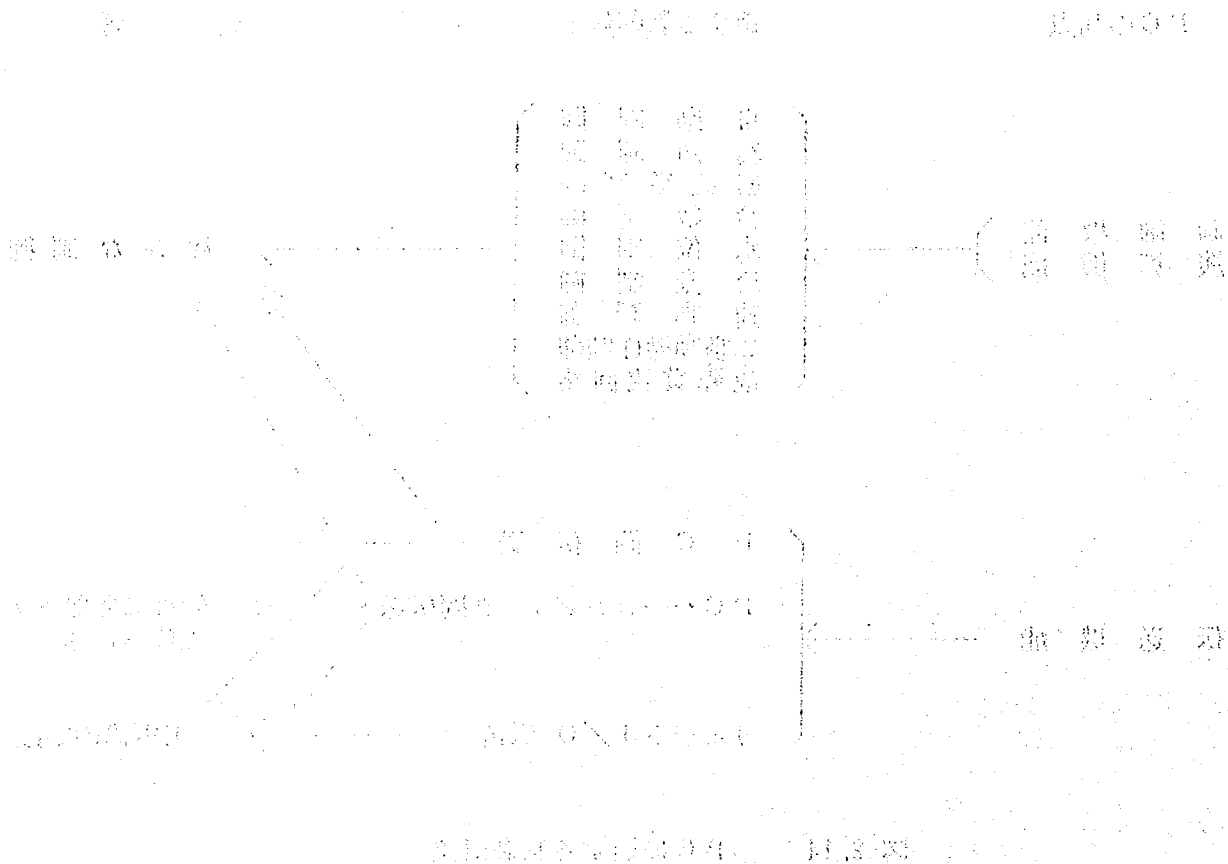


表- 2.10 操作制御の信頼性向上対策

NO	現 状 機 器 の シ ス テ ム 構 成							操 作 制 御 の 信 頼 性 向 上 対 策			
	機 器	予備機の有無	分散化	二重化	バックアップ		備 考	操作制御の相関		負 担	
					機械的 電氣的	人力的					
1	主ポンプ	×	○	×	×	×	全体排水量に対して 台数分割されている ので、ある流入量以 内ならば危険分散さ れていると言える。	自 動	-	PC	①主ポンプの号機ごとにPCを割り当て 危険分散を図る。 ②複雑な自動・連動制御はPCが負担す る。 ③単独制御はバックアップとしてRY回路 が負担する。 ④故障回路はRY受けし自動、連動、単独 のいずれの場合も保護できるようにする。
								連 動	○	PC	
								単 独	○	RY	
2	主ポンプ 直属機器								主ポン プに同 じ	主ポン プに同 じ	
	減速機	×	×	×	×	×					
	機 関	×	×	×	×	×					
	吐出弁	×	×	×	×	○					
3	主ポンプ 直属機器 の補機						同 上		主ポン プに同 じ	主ポン プに同 じ	
	G フライミングポンプ	×	×	×	×	○					
	E フライミングポンプ	×	×	×	×	○					
4	除 塵 機	×	×	×	×	×	同 上	自 動	-	PC	
								連 動	○	PC	
								単 独	○	RY	
5	共通補機						エンジン付コンプレッ サは○	自 動	○	PC	①共通補機専用のPCを設ける。 ②自動・交互運転はPCが負担する。 ③手動はバックアップとしてRYが負担 する。 ④故障はRYで負担する。
	燃料移送ポンプ	○	-	○CS	○	○		交 互	○	PC	
	コンプレッサ	○	-	○CS	○	×		手 動	○	RY	
	冷却水ポンプ	○	-	○CS	○	×					

NO	現 状 機 器 の シ ス テ ム 構 成							操 作 制 御 の 信 頼 性 向 上 対 策			
	機 器	予 備 機 の 有 無	分 散 化	二 重 化	バ ッ ク ア ッ プ		備 考	操 作 制 御 の 相 関 負 担			
					機 械 的 電 氣 的	人 力 的					
6	発 電 機	○	—	○CS	○CS	—		自 動	—	PC	①～④は主ポンプと同じにする。 ⑤発電機が二台とも故障時にも直接手動操作（人力操作）が可能な機器構成を含めた全体システムを検討する。 （管内クーラー方式等）
								運 動	○	PC	
								単 独	○	RY	
7	連 続 式 内 水 位 計	×	×	×	○HS		電極式でバックアップ	自 動	—	PC	①自動制御がある場合には二重化する。
								運 動	○	PC	
						○	目 視	単 独	○	PC	
8	連 続 式 外 水 位 計	×	×	×	×			自 動	—	PC	②共通補機のPCに入力する。
								運 動	○監視	PC	
						○	目 視	単 独	○監視	PC	
9	電 極 式 内 水 位 計	×	×	×	×			自 動	—	RY	①連続式内水位計のバックアップとして非常停止のみに使用する。
								運 動	○	RY	
						○	目 視	単 独	○	RY	
10	直 流 電 源	×	×	×	×	—					①過大設備になるので二重化はやめる。 ②直流電源の故障を想定し発電機の⑤と同様の検討をする。

NO	現 状 機 器 の シ ス テ ム 構 成							操 作 制 御 の 信 頼 性 向 上 対 策			
	機 器	予 備 機 の 有 無	分 散 化	二 重 化	バ ッ ク ア ッ プ		備 考	操 作 制 御 の 相 関		負 担	
					機 械 的 電 氣 的	人 力 的					
11	商用、自家発及び自家発号機 選択等の電源切換	×	×	×	×	×		自 動	—	PC	①自動、連動制御は共通補機のPCに 入れる。 ②単独はバックアップとしてRY回路が 負担する。 ③故障はRYが負担する。
								連 動	○	PC	
								単 独	○	RY	

(注) CSとはコールドスタンバイを示す。HSとはホットスタンバイを示す。

(3) システム構成

PCの欠点とその対策、並びに信頼性向上対策を考慮したシステム構成を要約すると次の様になる。

1) 主ポンプ、主ポンプ直屬機器、主ポンプ直屬機器の補機

主ポンプ直屬機器 : 減速機、機関、吐出弁等である。

主ポンプ直屬機器の補機 : 減速機や機関のプライミングポンプ等である。

- ① 主ポンプの号機ごとに1 台のPCを割り当て危険分散を図る。
- ② 複雑な自動・連動制御はPCに負担させる。
- ③ 単独制御はバックアップとしてRY回路とし、これに負担させる。
- ④ 故障を含めたセンサはRY回路で構成し、自動、連動、単独制御のいずれの場合もインターロックができるようにする。
- ⑤ センサの入力部にインターロック解除用スナップスイッチを盤内に設けておきセンサ自身の故障の場合には、このスイッチで条件を成立させ緊急運転ができる回路にすることが望ましい。
- ⑥ 非常停止等の絶対インターロックは、PCの外で組む。
- ⑦ 故障警報（アナンシェータ回路）は、PCに負担させる。
- ⑧ 二挙動操作制御はPCに負担させる。
- ⑨ 機側連動、機側管理運転の制御は、PCに負担させる。
- ⑩ 機側操作盤と中央監視操作卓あるいは中央制御装置との間は、リモートI/O ユニット(RIO)を採用し、工事線を節減する。
- ⑪ 号機ごとのPC間の情報交換はPCリンクユニットを介して行う。
- ⑫ 管理装置等のコンピュータを使用した装置に情報を送る場合にはPCにコンピュータリンクユニットを設け、これを介して行う。但しメーカー間あるいは機種によって伝送手順（プロトコル）の相性があるので計画時には事前に調査しておく必要がある。

2) 共通補機

共通補機 :

燃料移送ポンプ、コンプレッサ、冷却水ポンプ、取水ポンプ、所内排水ポンプ等の常用、予備機及びゲート、除塵機並びに商用と自家発そして自家発号機の電源切換等である。

- ① 共通補機用に専用PCを1 台割り当てる。
- ② 自動、連動、交互運転制御及び故障時の飛越し運転（コールドスタンバイ）等の制御はPCに負担させる。
- ③ 単独制御、手動制御はバックアップとしてRY回路とし、これに負担させる。
- ④ 故障も含めたセンサは、RY回路で構成し、自動、連動、手動制御等のいずれの場合もインターロックができるようにする。

- ⑤ 非常停止等の絶対インターロックはP Cの外で組む。
- ⑥ 故障警報（アナンシェータ回路）はP Cに負担させる。
- ⑦ 二挙動操作制御がある場合にはP Cに負担させる。
- ⑧ 機側操作盤と中央監視操作卓あるいは中央制御装置との間はリモートI/Oユニットを採用し工事線を節減する。
- ⑨ 主ポンプ用P Cとの情報交換は、P Cリンクユニットを介して行う。
- ⑩ 管理装置等への情報伝送は、主ポンプ用システム構成のNO⑩と同一にする。

3) 自家発電機

- ① 主ポンプ用システム構成と同一にする。
- ② 発電機が常用予備機2台共故障時にも直接手動操作（人力操作）が可能な機械構成を含めた全体システムを検討しておく。

4) 内、外水位計

内、外水位計：吸水槽、吐水槽に設けるフロート式水位計（4～20mA）等である。

- ① 水位計の出力信号（4～20mA等）は共通補機用P Cに入力する。
- ② 自動制御、TC/TM等による遠隔制御がある場合には水位計を二重化にする。

5) 直流電源装置（P C電源用）

- ① 過大設備になるので二重化はやめる。
- ② 直流電源の故障を想定し3)自家発電機のNO②と同様な検討をしておく。
- ③ P Cの機種、メーカーによっては、直流電源を受けつけられないP Cがある。この場合は、直流電源装置を無停電電源装置に置きかえることを検討する。

2.3 排水機場への導入と検討事項

2.3.1 排水機場への導入状況調査

(1) 調査概要

排水機場機械設備の操作制御装置は、従来から有接点リレーを中心に構成されている。その一方で、制御内容の複雑化や設備の合理化を目的として、機場としては新しい機器であるプログラマブルコントローラ（以下P Cと記す）の使用が検討され、その数は僅かではあるが導入されつつある。

しかしながら、P Cは従来の有接点リレーに比べ環境条件（温度、湿度、ノイズ、粉塵ガス、振動等）に対して繊細な面を有している。従って、P Cを広く一般の機場へ導入するにあたっては排水機場特有の環境・使用頻度等を反映し、問題点の解決と将来への対応をはかり、信頼性の一層の向上をはかるべく検討を行うことが必須である。

このような観点から、実際に排水機場の操作制御装置にP Cを導入している施設10ヶ所をランダムにピックアップし、下記項目についてアンケート形式で調査を実施した。

- 1) 機場設備概要
- 2) P Cの導入目的
- 3) P Cの導入時の時期
- 4) 制御システム構成
- 5) P C等の設置場所と環境
- 6) 環境改善対策
- 7) P Cの故障事例と故障時の対応

(2) 調査結果

① P C導入状況

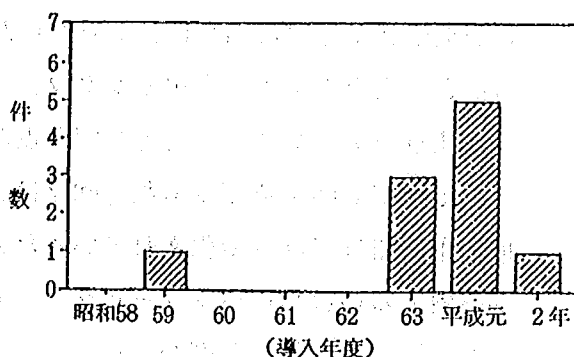
図-2.15に今回調査を行った排水機場におけるP C導入時期について示す。これを見てもわかる様に実際の導入は約6年程前からであり、ここ3年位は実績が積み重ねられつつある。8割が新設時の導入であり、他は制御内容変更に伴う改造、増設時である。調査は、P Cを導入している排水機場をランダムにピックアップしていることから、全体的な傾向もそれ程変わらないと思われる。

次に、P Cを制御装置の一部に導入した主な理由を調べた結果、現状ではほぼ以下の3点に集約される。

- 1) 操作制御機能の向上
- 2) 制御装置の小型化
- 3) 配線工事線数の削減

特に1)及び2)の優先順位が高く、これは現状における従来のリレーとP Cとの得失比較による一つの結論を示していると言える。つまり、排水機場の大小に関係なく他の同規模程度

の施設に比べて複雑な制御、例えば翼角制御や連動制御を行う場合には、リレーを使用するよりもPCの方が有効と見なされつつあるのである。3)についても、昨年度の調査結果から予測できることであるが、リモートI/Oの使用により配線数が削減されるというPCの利点を利用しているのである。この他の導入理由としては、制御内容の変更が容易、将来拡張するため、上位コンピュータとの結合を行う等があり、特殊な仕様・用途に伴う場合が多いのも特徴である。



図一2.15 PC導入状況

② 制御システムの構成

表一2.11に操作制御システム構成についての調査結果のまとめ表を示す。これより下表のように結論される。

- 1) 運転制御方式を、自動、連動、単独に分類したとき、自動回路はPCにより、単独回路はRyにより構成されている。これは技術基準(案)に示されている手法通りである。また、連動回路についてはPCによる場合が多くなっているが、Ryで構成されているものもある。

PCは、シーケンス動作のような論理演算機能はもちろん、調節制御のような算術演算機能もそなえており、また、機能の追加、変更がプログラムの変更で対応できるため、後述の自動制御回路、連動回路に適している。しかし、その反面PCのプログラム上に不具合が発生した場合には一般的にその修復に時間がかかるという問題があるため(当然ながら、Ry回路においてもバグは存在するが、この場合は工場試験、現地試運転においてデバッグされるので、初期の段階で除去される例がほとんどで、PCの場合のようにノイズその他の要因でプログラムが喪失したり書き替わってしまうということはない)、排水機場のような緊急時運転を要求される施設では、最低限の排水機能を確保するための単独運転回路はRyによって構成するのが現状一般的となっている。これは、技術基準(案)に盛られている主旨通りである。

- 2) 故障インターロック回路においては、重故障、軽故障ともほとんどRyで構成されており、PCに依存しているものはごくわずかである。故障インターロックは、自動、連動、単独すべての運転モードにおいて必要であるため、単独回路をRyで構成している関係上必然的にこのような結果になったと考える。

3) 二挙動操作回路及び故障警報回路はP Cで構成される場合が多く、特に二挙動操作回路についてはすべての機場がP Cに依存している。

4) 管理装置とのインタフェース回路はP Cによる場合とR yによる場合が混在している。

これは、P C以外に管理装置用として専用インタフェース装置が開発・市販されるているためで、P Cを経由した場合のメリットはP C～管理装置間の配線と入出力回路が簡略化される点にあるが、反面伝送手段(RS232C, GP-IB, RS422 等)の調整を要し、両者が別途施工となる場合には取り合いが明確かつ簡単であるが、配線ケーブルが多くなること、入出力が直接専用インタフェースと結合されるので配線が錯綜し、その配線設計に注意が必要であること等の問題点がある)。

5) 発電機制御回路及び受電制御回路は、ほとんどR yで構成されている。このうち発電機制御回路はほぼ定型化されているため、専用のR yユニットが多く用いられ発電機制御盤内あるいは発電機キュービクル(発電機と制御装置を一体の防音カバー内に収納したもの)内に収納した例が多い。

③ P C等の設置場所と環境

表—2.13にP C等の設置場所についての調査結果のまとめ表を示す。

これからも判る通り一概にその場所を特定することは出来ない。従って、各設置場所における温湿度を中心とした環境の特徴を把握し、それに呼応した対策を講じることが必要となってくる。

表-2.11 PC導入機場実績調査結果一覧(制御システム構成)

機 場 規 模 (注1)			大		中						小				
対 象 機 場			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
調 査 項 目	制 シ ス テ ム 構 成	御 成 御 成	PCだけ (増幅用Ry含む)												
			PC+Ry	○	○	○	○	○		○		○	○		
			PC+Ry+直接手動						○		○				
			その他												
	PCネットワーク シ ス テ ム 構 成		LAN	○											
			PC-PCリンク			○					○		な		
			PC-リモートI/Oリンク		○	○	○	○	○			○	し		
			PC-コンピュータリンク			○	○			○					
			その他												
	P C と R y の 役 割 分 担		自動回路	-	PC	PC	PC	専 用 装 置	PC		-	PC	PC		
			連動回路	PC	PC/Ry	PC/Ry	PC/Ry	Ry	PC	詳細設計中につき不明	PC	Ry	PC		
			単独回路	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry		Ry	Ry	Ry		
			重故障インターロック	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry		Ry	PC/Ry	Ry	PC/Ry	
			軽故障インターロック	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry		Ry	PC/Ry	Ry	PC/Ry	
			故障警報回路	Ry	PC/Ry	PC	PC	Ry	PC			PC	PC	PC	
			二挙動操作回路	PC	PC	PC	PC	PC	PC			PC	PC	-	
			管理装置とのインターフェース	-	PC	PC	PC	Ry	PC			PC	Ry	-	
			発電機制御回路	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry			Ry	Ry	Ry	
			受電制御回路	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry	Ry			PC/Ry	Ry	Ry	
		自 動 制 御		内水位一定	な し			○					な し		
				内水位幅					○						
				流量一定			○	○							○
			軸動力一定												
			吐出圧力一定												
			推定末端圧力一定												
			台数制御									○		○	
			回転数制御									○			
			翼角制御	○		○	○	○							
			その他								連 動 一 人				稼働 率 平 均 化
	危 険 分 散		一台のPCで機場全体を制御					○							
			PCを二重化												
			主機、発電機の号機毎及び 受電、共通				○								
			主機の号機毎及び共通	○					○	○	○				
	P C 台 数		その他		○ 注 2	○ 注 4						○ 注 3			
				16/ 144 (5)	416/ 544 (1)*	1263 (4)	1676 (4)	320 (1)*	816 (6)*		500 (3)*	192/ 184 (1)*	64 (1)*		
				16/96 (1)	480/ 752 (1)							96/ 264 (1)			
			16/ 576 (1)												
			16/ 240 (1)												
			注 6	注 6							注 6				

注1: 機場規模は総排水量10m³/s未満を「小」、10m³/s以上を30m³/s未満を「中」、30m³/s以上を「大」とする。

注2: 主機用1台、その他1台

注3: 主機一括用1台、その他1台

注4: 主機号機毎各1台、受電及び共通補機用1台

注5: PC台数欄の*は汎用のPCであることを示す。

注6: PC I/O点数はA機場はアナログ/デジタルを、B、1機場は入力/出力を示す。

P Cを排水機場に導入するにあたって、当該機場の実際環境を把握しその環境に応じた対策を検討する必要がある。

このような意図によって全国レベルで調査した機場の温・湿度について、既に昭和60年度にまとめられているが、その骨子は表-2.12 の通りである。

表-2.12 機場の温湿度

温 度 、 湿 度	温 度 (°C)		湿 度 (%RH)	
	最 高	最 低	最 高	最 低
測定場所				
操作室盤内	43	0.2	100	27.5
エンジンフロア	40	-2.3	100	22
ポンプ室	37.5	-1.4	100	12
屋外盤内	54.5	-8.5	100	7

本調査は、広範囲の地域における環境の地域性を把握するのには有効であるが、
 (1) 最高・最低の温湿度を示しているので、温度と湿度の相関が定かでないため、最高温度でかつ最高湿度の状態がはたして存在するのか、
 (2) 結露にいたるような高湿度時における急激な温度変化が起こるのかについては判定できない。

そこで、関東地方の某排水機場（以下、K機場と略称する）において、約1年間データを採取した。

K機場の概要と測定方法は、以下の通りである。

- (1) 平常は無人機場であり昼夜開口部は閉鎖状態である。
- (2) 空調機器は設置されていない。
- (3) 監視操作室は2階に位置し、床はフリーアクセスフロア（床面アルミダイカスト張り）であり、窓はほぼ東側に開口している。
- (4) 制御には有接点リレーが使用されている。
- (5) 温湿度の測定は2ペン記録計を用い、直射日光を避けた監視操作室内に設置し、つぎの期間測定を行った。

平成元年 5月18日～6月6日

6月20日～10月5日

平成2年 1月8日～1月18日

1月25日～3月18日

調査結果のまとめは、表-2.14の通りである。

④ 環境改善対策

環境改善対策については次の3.2 環境性において詳しく述べることとする。

⑤ PCの故障事例と故障時の対応

PCの故障事例は、今回調査対象となった10機場においては皆無であった。

表-2.13 制御装置の設置場所

(件数)

機器名称 機場規模 設置場所	PC本体			リモート I/O			コンピュータ			有接点リレー		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小	大	中	小
電気室	2	3	0	0	4	0	0	2	0	1	4	1
操作室	1	4	1	1	4	1	0	2	1	1	1	0
機側 (インサツ)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

注) ここで大中小は総排水量で分類しており、 $10\text{ m}^3/\text{s}$ 未満を「小」、 $30\text{ m}^3/\text{s}$ 以上を「大」としている。

表-2.14 K 機場の測定記録

測 定		月 別 集 計 時 間 (H)						最高温度 (°C)	最低温度 (°C)	最高湿度 (%RH)	最低湿度 (%RH)	温 度 の 最 大 変 化 状 況 湿度変化 / 温度変化 / 時 間 (%RH) (°C) (H)					
月	日 数	5 °C 以下	35 °C 以上	40 °C 以上	25 %RH 以下	80 %RH 以上	85 %RH 以上					上 昇			下 昇		
H1/5	14	0	0	0	0	0	0	30.5 39	17.5 70	75 20	34 27	61 ~ 75	25 ~ 21	1	60 ~ 35	20 ~ 21	3
6	17	0	0	0	0	6	0	34 40	18.5 72	83 19.5	39 30	70 ~ 83.5	22 ~ 20.5	1	72 ~ 56	18.5 ~ 25	1
7	31	0	58	1	0	12	0	40.5 39.5	19 71	82 22	56 25	64 ~ 74	22 ~ 21	1	76 ~ 60	20 ~ 26	3
8	31	0	58 + a	2	0	26	4	42.5 37.5	26.5 80	87 26.5	37.5 42.5	49 ~ 66	35 ~ 29	1	60 ~ 37.5	31 ~ 42.5	4
9	30	0	21	0.5	0	0	0	40 43	27 67	70 28	41 38	54 ~ 67	32 ~ 30	0.5	60 ~ 42	30 ~ 40	3
10	5	0	0	0	0	0	0	28.5 48.5	20 69	75 21	48 28	—	—	—	60 ~ 48	24 ~ 28	1
H2/1	18	93	0	0	0	0	0	15.5 40	2.4 —	74 9.5	40 15.5	48 ~ 62	14.5 ~ 11	1.5	67 ~ 47	9 ~ 15	4
2	28	0	0	0	0	72	13	22 48.5	6.5 77	91.5 12	40 13	63 ~ 85 ~ 91.7	7 ~ 9 ~ 12	3 ~ 8	75 ~ 48.5	11.5 ~ 22	2
3	18	0	0	0	1	7	0	21.5 25	8 48	83 11	25 21	—	—	—	41 ~ 85	10 ~ 21.5	2
合 計	192	93	137	3.5	1	123	22	42.5 37.5	2.4 —	91.5 12	25 21						

(3) 操作制御系の傾向

今回調査した10機場における制御システム構成は、単なるシーケンス制御機能だけでなくP C相互間あるいは上位コンピュータ間とのデータ伝送機能や自動制御機能を備えているものが多い。これは、従来のものでP Cとの得失比較から考えれば当然のことである。システムが複雑化あるいはその規模が大きくなるに伴い、機器相互間で取扱うデータ量が多くなるため、通信ケーブルの使用や伝送ネットワークのコンポーネントとしても使用されることになる。この様に制御装置の性能が従来に比べて飛躍的に高くなると、その機能を有効に活用しようということになり、ますますシステムの複雑化を招く傾向になりがちである。

単純明瞭な設備にも複雑で多様な制御や管理を行わせることも可能であり、従って機器やシステムの計画設計においては、設備の基本的な使用目的から、これらに適切な装置などの検討を支援する検討書的なものの提示が必要である。

将来の排水機場の状況予測に関する調査結果によれば、運転操作員の確保が現在に増して困難となるため、対応策の検討がなされつつあり、その一つの方策として遠隔監視つまり複数の排水機場を遠隔から集中監視制御するシステムの検討がなされつつある。そのようなシステムを導入する場合においては、P Cは十分その機能を発揮し、また、設備の設置環境に対する考え方も現在とは変わってくるであろう。

現在の排水機場システムに対するフォールトトレランス、つまり、異常状態が発生した場合にも安全に排水機能を維持出来る様な操作制御については、個々の部分において分散化多重化及びバックアップシステムによって対応している。分散化は、機能を分散させておくことで、その一部がダウンしてもそれ以外は何の影響も受けずに機能させるものあり、多重化システムはある機能がダウンした時に他の装置により同じ機能を実行するものそしてバックアップシステムはある機能がダウンした時に代替装置により機能を果たすものである。

今回調査した排水機場におけるP Cを用いた制御システムの危険分散方法としては多重化は見られず、P Cを主機、共通補機等の主要機器毎に設けるものが殆どであった。P Cは故障の場合、万一ではあるが、致命傷であるC P Uに異常が発生した場合が考えられ、これが起きた場合にはリレーに比べて故障が広範囲に及びシステムダウンを引き起こす恐れがあることを考慮したシステムとしておく必要があるのは言うまでもない。

2.3.2 環境性

(1) 一般

近年、ポンプに使用される制御装置に対して半導体を使用した機器類の採用が多くなりつつある。

特に、従来の有接点リレーによる制御から、管理装置の導入、遠方監視制御への移行などを背景とした高機能化へのニーズの志向を反映して、制御機能の豊富なPCによる制御へと移行していくであろうことが予想される。

しかしながら、PCは従来の有接点リレーに比べ、環境条件（温度、湿度、ノイズ、粉塵、ガス、振動等）に対して繊細な面を有している。

ポンプ場は、その性格上一般製造産業における環境とは異なり、特に湿度が高く電子機器にとっては厳しい状況下にある。

したがって、PCを採用するにあたっては、抜本的にはPC自体の耐環境性の向上が、望まれるが、市販PCのレベルアップは早急には実現困難であって、現実的方法としてはPCが置かれる周囲環境を改善することが当面の対応手段であると考える。このような観点からここでは、調査結果を基に周囲環境改善の為の対策についてまとめる。

(2) 温・湿度とその対策

今回調査したPCを導入している10機場で採られている温・湿度対策としては、PC盤設置室内若しくは、盤内の冷房・除湿・PC盤内をスペースヒータで暖める、換気口・換気ファンを設ける等の対策がある。また、10機場のうち1機場を除いて通年受電を行っており、空調・スペースヒータいずれも通年使用可能である。

今後、PCが中小機場へ浸透してゆく場合は、季節受電を行なっている機場も多くなると予想されるが、その場合、空調とスペースヒータの使い分けが必要になると思われ、小電力で対応可能なスペースヒータの採用頻度が大きくなると推定される。

しかし、密閉された室内では絶対湿度は急速に変化しないことから、除湿器、空調機を備えて室内全体の絶対湿度を低下させることは耐環境上きわめて有効な手段と考える。一方、スペースヒータ等によって局部的に温度を上昇させる方法では、その付近の相対湿度を低下させても絶対湿度自体は変化しておらず、局部（たとえば盤内）を気密状態にしないかぎりヒータを切ると直ちに相対湿度の上昇をきたすことになるので前者のほうが抜本的対策といえる。

総じて言えるのは、ふだん殆ど人が介在しない排水機場の場合には、温・湿度に関する環境の管理条件が設けられていないので、PCの導入を検討する際にはこれら排水機場の温・湿度特性を踏まえて対策及び管理方法及びその内容について示しておく必要がある。

3. プログラマブルコントローラ装置の計画設計要領（素案）

3.1 総 則

(1) 目 的

第1条 この計画設計要領（素案）は、揚排水ポンプ設備技術基準（案）解説、第10章第45条の規定に基づき、揚排水ポンプ設備の操作制御設備にプログラマブル・コントローラ（P C）を採用するにあたっての計画設計要領を定めることにより、揚排水機場の適切な運転操作並びに維持管理のための設備計画設計に資することを目的とする。

〔解 説〕

この計画設計要領は、揚排水機場の操作制御設備にプログラマブル・コントローラ（P C）を採用するにあたっての計画設計要領として、P C採用時の得失、P Cの特性と設置管理環境、信頼性等についてとりまとめたものである。

(2) 適用範囲

第2条 この計画設計要領（素案）は、揚排水ポンプ設備技術基準（案）解説、第10章第2条に規定する適用範囲の揚排水ポンプ設備の操作制御設備の計画設計に適用する。

〔解 説〕

1. この計画設計要領は、揚排水ポンプ設備技術基準（案）解説に規定するポンプ口径 400mmから 2,000mmまでの揚排水ポンプ設備の操作制御設備に、プログラマブル・コントローラ（P C）を採用するにあたっての計画設計要領について定めたものである。ただし、上記口径以外の揚排水機場に対しても適用を妨げるものではない。
2. P Cは、弱電を取り扱う半導体部品の集合体であることから、操作制御設備の設置環境が高温多湿でない場合（盤内温度55℃以下、盤内湿度90% R H以下）や入出力線や電源線などからのノイズ対策がなされるものとする。

(3) 用語の定義

第3条 この計画設計要領（素案）における各々の用語の定義は、以下のとおりとする。

1. PC programmable controller

システムを管理する制御装置において、有接点リレーを主体とせず、半導体素子を中核とし、その制御内容を実現するにあたってプログラム（ソフトウェア）で内容記述を行うことを特徴とした制御装置。

コンピュータの入出力をAC 100V、2Aという工業的に取り扱いやすい電圧・電流で直接扱えるようにした装置ということもできる。

2. I/O input/output

データの入出力のこと。一般には、CPUから見た入力、出力を指し、外部記憶装置や入力装置からCPUに向かうデータを入力、CPUからCRT、プリンタなどへ向かうデータを出力と称する。

3. アナログ入出力 analog input/output

アナログ量をPC、コンピュータに入力あるいはこれらから出力すること。PC、コンピュータから直接アナログ量を入出力させることはできないので、中間にA/DあるいはD/Aコンバータを介在させる。

4. インタフェース interface

原義は境界面のことであるが、PC、コンピュータにおいては複数の機器の境界あるいは境界で共用される部分のことである。

CPUと周辺装置では、データの扱い方、動作のタイミングが通常異なっているのもそのままだけは接続できないから、両者を調整し、データの流れを作る部分をインタフェースと称する。

コンピュータにおいては、プリンタ、ディスプレイを接続するとき、装置内部に隠れてはいるがインタフェースを介してデータのやりとりが行われている。PCにおいては、この部分をユニット化し、インタフェースユニットと称しており、プリンタ・インタフェース、カセット・インタフェースなどで周辺機器との受け渡しを行っている。

5. A/Dコンバータ analog digital converter

PC、コンピュータの入力側で、アナログデータをデジタルデータに変換する変換器。通常、PC、コンピュータ側でオプションとして取り付けが、最近のセンサではセンサ側にこれを内蔵し、直接デジタル出力するものもある。

6. MTBF mean time between failure

平均故障間隔。一度故障が発生してから次の故障が発生するまでの平均時間。
システムの故障の起こりやすさを表す数値である。

$$MTBF = \text{累計使用時間} / \text{故障件数}$$

7. 外部出力 output

PCから外部の機器へ向かって制御信号を送出すること。リレー接点出力、トランジスタ出力、トライアック出力の3種がある。いずれも見かけ上、1 a 接点出力と等価である。

このほか、LEDなどでデジタル量を出力する場合は、通常1桁4点、桁数4桁、合計16点を1組とする場合が多い。

8. サージ surge

落雷などによって短時間に激しく変化する過渡的現象。電圧の場合はサージ電圧、電流の場合はサージ電流という。

一過性の場合が多いため再現性がほとんどなく、原因不明とされることがある。

9. シーケンス・チェック sequence check

一般にはシステム内の機器類が正しく配線され、正常に機能するかどうかをチェックすることで、主としてハードウェアに関するチェックを指すが、PC、コンピュータにおいてはプログラムやデータが計画通り配列され、システムが正常に機能するかどうかをチェックすることで、ソフトウェアのチェックという意味が強い。

10. 自己診断機能 self diagnosis

PCにおいて、自己の異常を診断し、外部へ結果を報知する機能。CPU異常（ウォッチドグタイマ）、電池異常、END命令欠如、メモリ異常、I/O異常などがある。

11. CPU central processing unit

中央処理装置。PC、コンピュータは大別して（1）演算装置（加減乗除、大小比較）、（2）制御装置（命令の解読と実行）、（3）記憶装置、（4）入力装置、（5）出力装置から成っているが、このうち（1）と（2）をあわせたものをCPUと称する。

12. シールドトランス shield transformer

電源から侵入するノイズを防ぐため、静電シールド板を設けた電源変圧器。絶縁トランスと

構造は同一であるが、シールド板を接地した場合をシールドトランス、接地しない場合を絶縁トランスという。

13. ステップ step

機械語の1命令を実行すること。ワードとほぼ等しいが、1ワードで表現できない命令もあるため、およそ1ステップ = (1.0~1.2)ワード程度となる。

現在市販の中形PCでは約5000~7000ステップ程度となっている。

14. 耐ノイズ性 noise immunity

ノイズ耐量ともいう。外来ノイズに対してPCなどが正常な動作を保証するノイズの最小値。通常、ノイズのパルス幅とパルスの尖頭値(P-P)で表す。

15. 多重化システム multiple virtual storage system

同等あるいは同一の機能をもつ装置を2台以上備え、それを同時に走らせて結果を照合・出力するPC、コンピュータシステムのこと。

16. トライアック triac

ゲート端子に与える信号によって、正逆いずれの方向にも電流を通電し得るサイリスタ・スイッチ。2方向性の制御スイッチとして交流回路に使用される。

17. トランジスタ出力 transistor output

PCにおいて、リレー接点のかわりにトランジスタの出力を使用したもの。主として表示ランプ点灯用などの小電力出力に使用される。各種出力形態のなかでは、負荷の許容電流は最も小さく0.1A程度である。

18. 入出力カード input/output card

PCの入力あるいは出力回路をのせたプリント基板のこと。

ケース、コネクタなどを取り付けて製品化したときの形状によって、入出力モジュール、入出力ユニットなどと呼ばれる。

19. 入力装置 input unit

PC、コンピュータで、本体にデータを取り込むための装置。キーボード、マウス、イメージ・スキャナなど。

20. ノイズ noise

広義には雑音のことであるが、P C、コンピュータでは信号を変えてしまう有害な電氣的障害のこと。

発生を完全にゼロとすることは理論的に不可能であるとされる。

21. バックアップ・システム backup system

現在稼働中のシステムに、何かトラブルが発生した場合に備えて常にスタンバイ状態にあるシステムのこと。

22. バッテリ・バックアップ battery-backup

停電の際、R A Mの記憶が喪失しないようにバックアップする電池のこと。リチウム電池が多く用いられる。

交換の時期は機種によって異なるが、電池自体の寿命は約5年、合計7200時間までとされる。

23. P R O M programmable read only memory

R O Mのうちで、購入時は何も情報が書かれておらず、使用者が自分でデータを書き込み、保存するもの。これに対し、製造時に工場でデータを書き込んでしまうものをマスク・R O Mという。

P R O Mは、1度しか書き込めないフューズR O Mと、消去・再書き込みができるE P R O Mがあり、P Cでは一般的にE P R O Mを使用している。

24. フォトカプラ photo-coupler

二つの電気回路を光電変換器を介して光ファイバなどで結合すること。

P Cの入力回路から侵入するノイズをカットするために多く用いられている。

25. プログラム容量 program capacity

P Cで最大何ステップ（ワード）のプログラムを書き込めるかを表す量。1 Kステップは1024ステップ。増設可能のことが多い。

26. 分散システム decentralized system

データや制御の処理をひとつのP C、コンピュータに任せないで、子機である程度の処理を行い、その結果を親機へ伝送するような方式。

27. メモリ memory

データを記憶するための装置。一般にはP C、コンピュータの内部記憶装置を指す。以前は磁気コア・メモリなども使用されたが、現在はほとんどすべてROM、RAMなどの半導体メモリが使用される。

28. メモリ容量 memory capacity

使用者が利用できるメモリの最大数。P Cの場合、単位ステップまたはワード。概算は、

ここに、 S : メモリ容量 (ステップ)

R : リレー回路中のリレーコイルの数

C : " " リレー接点の数

29. ラダー図 ladder diagram

リレーシンボルで論理回路を表現したもの。

従来の強電回路で用いられているリレーシーケンスをそのまま流用し、P C用として若干の修正を施してP Cのプログラムを作成することができる母線を縦列に、接点およびコイルを横列に描いた形が梯子に似ていることからこの名がある。

30. RAM random access memory

どんな場所であっても (ランダムに) アドレスを指定することによって、データの書き込み・読み出しができるメモリ。

広義にはテープのような、常に先頭から読む必要のある記憶装置でないもの。

31. リモート I/O remote input/output

P C用語。P C本体から離れて取り付けられるI/Oユニットのこと。

リモートI/Oを設置した地点で、外部の機器の状態をある程度まとめ、これを光ファイバや同軸ケーブルで一括伝送することができるので、配線工事の合理化を図ることができる。

32. ROM read only memory

読み出すだけで、書き込みができないメモリ。電源を切っても内容が保存されるので、P C、コンピュータの立ち上げに必要なプログラム、基本動作ソフトウェアなどはここに最初から書き込まれている。

3.1.2 基本方針

(1). 2. 1 信頼性の確保

第4条 揚排水ポンプ設備の操作制御設備にP Cを採用するにあたっては、揚排水機場の特殊性とP Cの特性を関連づけ、揚排水機場の信頼性の確保を図るものとする。

[解 説]

1. 排水ポンプ設備は、出水時には排水運転が確実にかつ継続して行われることが要求される非常用系設備であるため、各構成機器単体はもちろん、システム全体の信頼性向上のための対策が一層重要となっている。

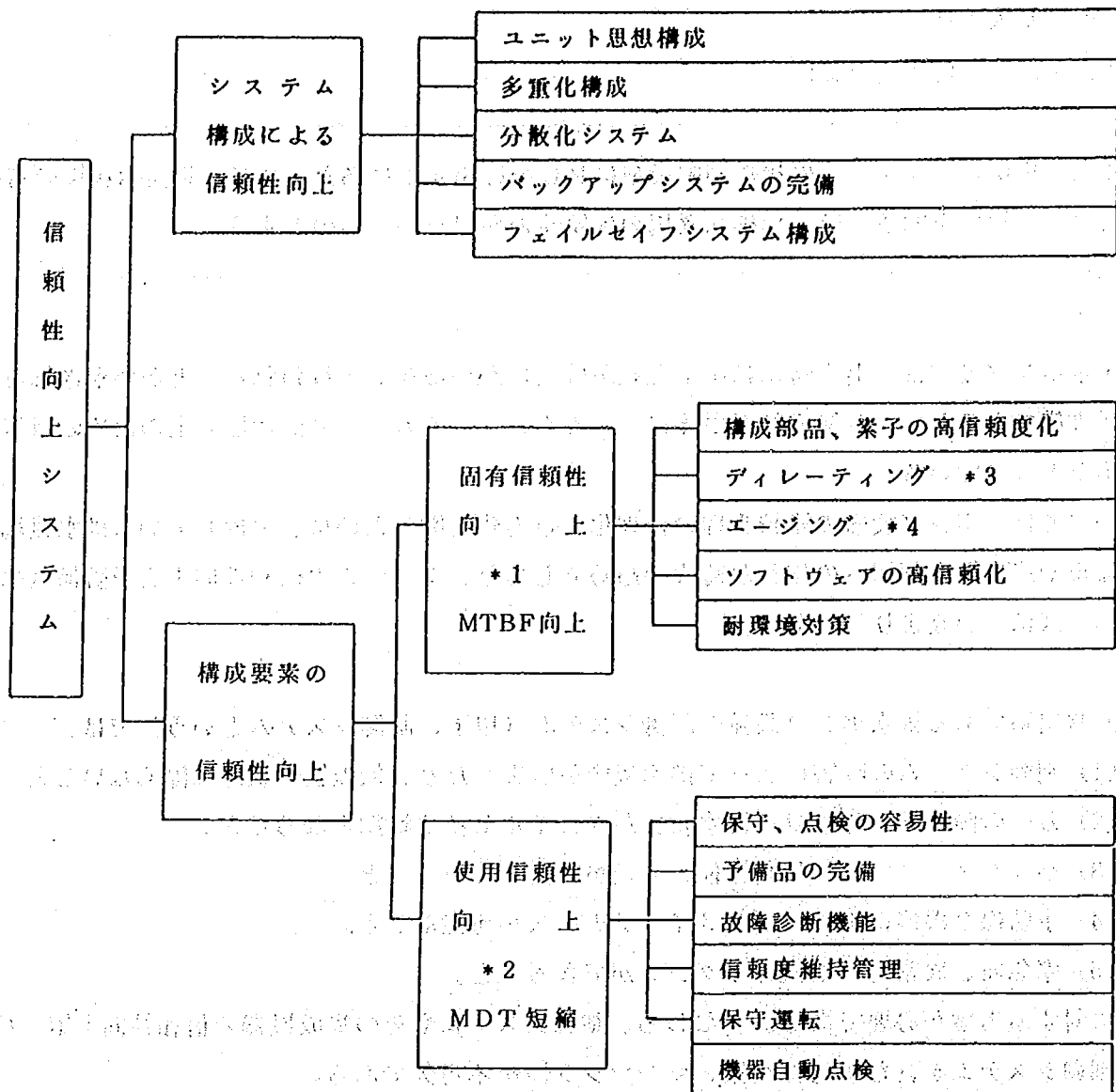
一方では、ポンプ設備の維持管理の合理化・省力化を図るために、分散している排水機場の集中監視や遠方操作制御への移行が時代の趨勢でもあり、システムの信頼性向上と予防保全に対するニーズは一層高まりつつある。

2. 非常用系である排水ポンプ設備の制御システム（以下、制御システムという）では、

- (1) 制御システムの障害によって排水機能が喪失したり、無監視の状態に陥らないこと。
- (2) 万一の障害発生時には、排水設備がフェイルセーフ状態となること。
- (3) バックアップなどの代替機能、手段が完備していること。
- (4) 予防保全機能により、プリメインテナンスが可能なこと。
- (5) 緊急時、異常時の処置ガイダンスができること。

等に対する考慮が必要である。すなわち、制御システムやその構成機器の信頼性向上策、機器及び制御システムを含む予防保全策、マンマシン性が不可欠である。

図—3.1 にシステム信頼性向上策を示す。



(注)

- *1 MTBF : Mean Time Between Failures 平均故障間隔時間
- *2 MDT : Mean Down Time 平均動作不可能時間
- *3 ディレーティング : 負担軽減、内部ストレスの軽減
- *4 エージング : 部品や装置の特性が安定するまで保存のこと
場合によってはストレスを与えた状態で保存すること

図－3.1 システムの信頼性向上策

3. 「揚排水ポンプ設備保全実態調査報告（第2報）」（昭和58年12月：建設省土木研究所機械研究室）によると、設備構成機器の中で操作制御設備の故障率は補助機器設備とともに最も高いことが報告されている（図-3.2）。

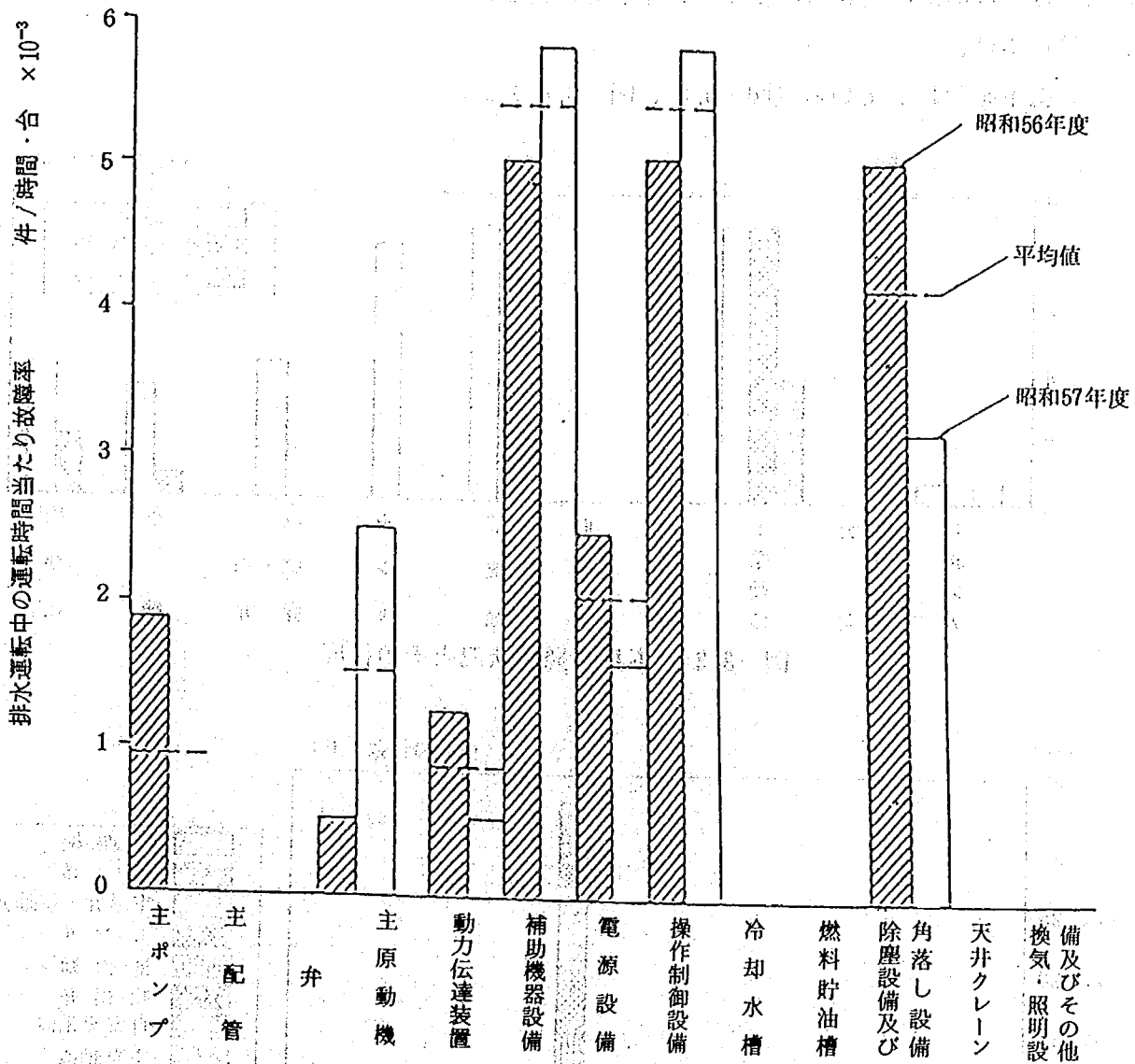


図-3.2 運転時間当り故障率

* 「揚排水ポンプ設備保全実態調査報告（第2報）」

（昭和58年12月 建設省土木研究所 機械研究室）

4. 排水ポンプの大型化や始動運転の容易化、または遠隔監視制御（将来的には自動運転や遠方監視制御）などと並行して操作制御設備も複雑・多機能化の傾向にあって、各種のセンサ、リレー、スイッチ類が数多く使用されており、排水機場特有の環境条件（多湿・温度の高低差。昭和63年度「排水ポンプ設備の設計標準化検討」報告書参照）や、低頻度の運転条件から、これらの機器のトラブルの発生原因となっている。

すなわち、長時間稼働に起因する摩耗故障ではなく、むしろ多湿（長期的には季節の変化、短期的には1日単位の昼夜の温度差）条件下での結露によって発錆あるいは塵埃付着等が生じ、これが接点不良、

絶縁低下を惹起している（図-3.3、図-3.4）。

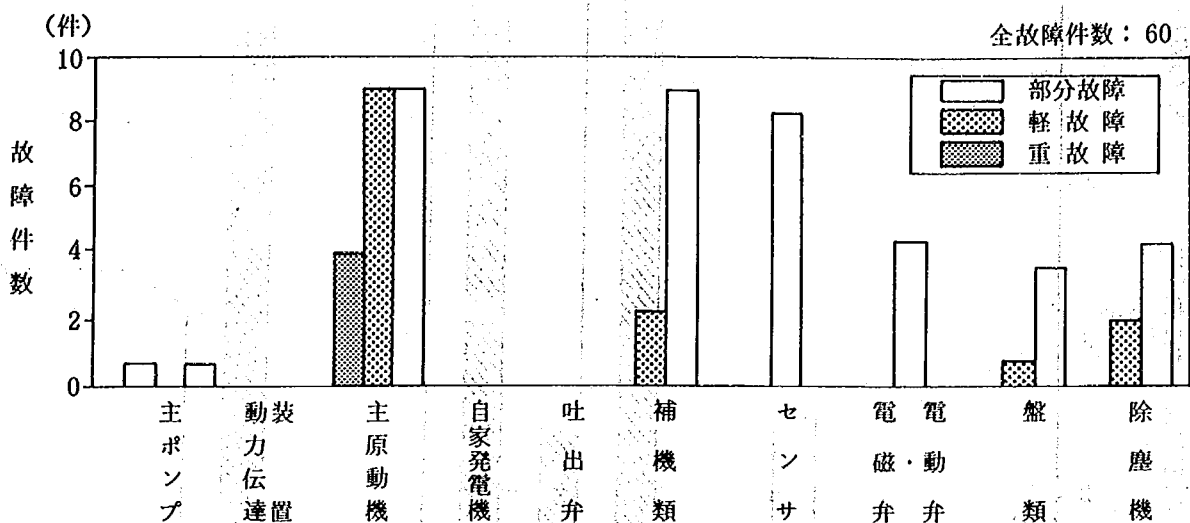


図-3.3 不具合発生状況とその程度

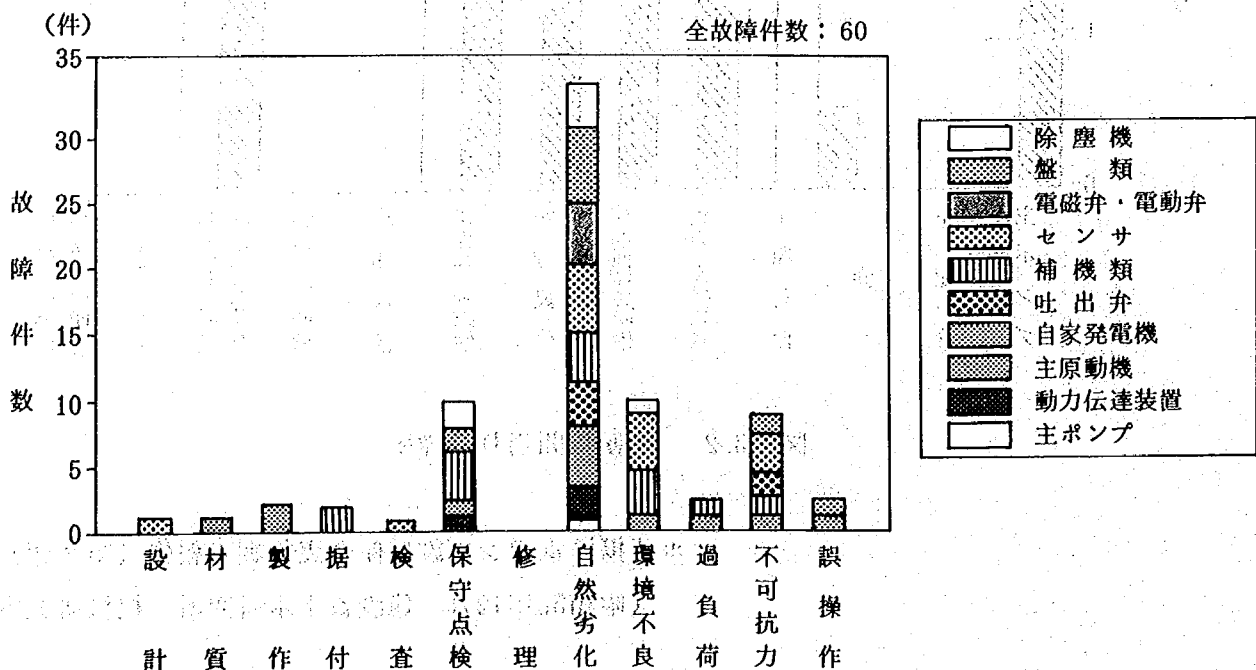


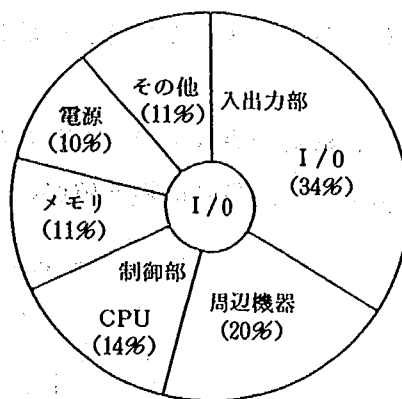
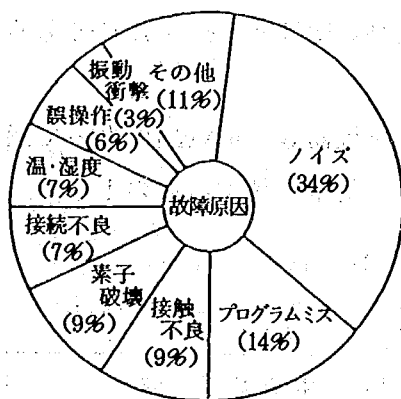
図-3.4 不具合発生の原因

5. 排水ポンプ設備の操作制御設備は、一般的にワイヤードロジック（リレー回路）が用いられている。前述のようにこの操作制御設備の故障率が高いのは、制御機器（フローリレー、水位計、電磁弁など）固有の故障発生の他に、ワイヤードロジックの場合のシーケンスの複雑さ、リレー数の多さに相関している。

ワイヤードロジック自体は、技術的にはほぼ完成されているので、固有の信頼性向上策、すなわち個々の部品の改良や改善以外の抜本的な手段はない。また、故障の現象自体は接点不良あるいはリレーの誤動作といった一見些細なものであるため、故障の原因追求がおろそかになりがちであり、トラブルを潜化させている。

6. 一方、P Cは従来の機械式接点を有するリレー回路を半導体を使用した電気回路に置き換えようとするもので、前述のような従来のリレー回路の不具合を軽減させることが納得できる。

7. しかし、日本電気制御機器工業会のP Cのトラブル調査結果によると、故障原因はノイズによる比率が最も大きく34%、故障場所では入出力が最も大きく34%になっている（図一3.5）。



図一3.5 (1) 故障原因の比率

図一3.5 (2) 故障部位の比率

図一3.5 P Cのトラブル調査結果
(NECA資料による)

8. ノイズの発生源は、交流リレーが約30%と最も多く、次いで遮断器、直流リレー、モータ等の順となっている（図一3.6 (1)）。

9. ノイズの侵入経路は、入力線からが約40%と最も多く、次いで電源線、出力線等の順となっている（図一3.6 (2)）。

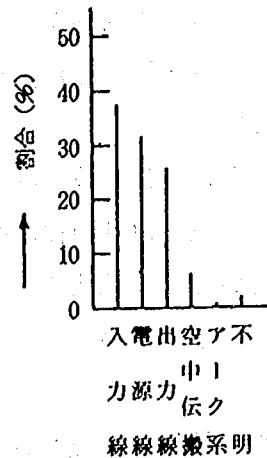


図-3.6 (2) ノイズの侵入路



図-3.7 排水機場の環境調査結果 (S/60年度 建設省)

11. 排水機場の特殊性及びP Cの特性を考慮し、操作制御装置にP Cを採用し、システムを構築するにあたっては、下記に留意する必要がある。

(1) 主機ごとに1台あてのP Cを割り付け、危険分散を図る。

(2) 故障発生時はP Cを経由せず、直接機器にアクセスするようにする。

(3) 「機側単独」モードにおいては、P Cを経由せず運転・停止が行えるものとし、機場として最低必要な機能はP C抜きでも確保できるようにする。

(4) 上位コンピュータ、遠方監視制御装置等を導入する場合は、統括用の中・大形P Cを別に設け、全体としてローカル・エリア・ネットワークを形成させる。

(5) P Cの場合は周囲環境が非常に重要であるから、既設機場においては通年にわたって設置場所の温度・湿度測定を行い、その結果、P Cの許容耐候性の範囲にあることを確認する。

許容範囲から外れる場合は、設置室あるいは設置盤内の空調を行うことを前提として計画する。

(6) 新設機場においては、類似の既設機場のフィールド、データから類推して対策を立案する。

(2) 合理化と簡素化

第5条 揚排水機場の高信頼化を図るために、操作制御設備は合理化、簡素化が図られたものとする。

[解 説]

1. 操作制御設備の合理化あるいは簡素化は、機場の高信頼化に直接影響を及ぼすもので、他の冷却水システムの合理化や簡素化、新技術の導入などとの相乗効果により、機場全体の信頼性の向上、操作性の向上、保守管理面の省力化などが図れる。

(3) 機能保全

第6条 プログラマブル・コントローラ（P C）の機能維持・信頼性を確保するために、P Cの特性を考慮した適切な維持管理を行うものとする。

[解 説]

1. プログラマブル・コントローラ（P C）は、各種部品（入出力ユニット、CPU、メモリ、電源ユニット、バッテリー、平滑コンデンサ、リレー類、ヒューズ等）から構成されており、これらの部品が正常に動作しなければ、本来の機能を発揮できない。

2. これらの構成部品は、正常な使用状態においても個々の耐用年数を経過すると、特性の変化や動作不良を起しやすくなるので、一定期間を経過するごとに部品、又はその部品を含むユニットを新品と交換し機能の維持に努める必要がある。

3. 寿命について

(1) 使用年数と故障の発生について

一般に部品の故障は図-3.8 のように、初期故障、偶発故障、摩耗故障の3段階に分けられる。初期故障及び偶発故障は機器の耐用寿命期間内において、摩耗が進行する以前に任意に起こる予期できない突発的な故障である。

摩耗故障は、劣化の過程や摩耗の結果として耐用寿命の終末付近で発生するもので、時間の経過とともに急激に増加する。ここに示す交換年数は、図-3.8 の t_b 点を指すもので、この時点で特定の部品を新品と交換することにより、予防保全を図るものである。

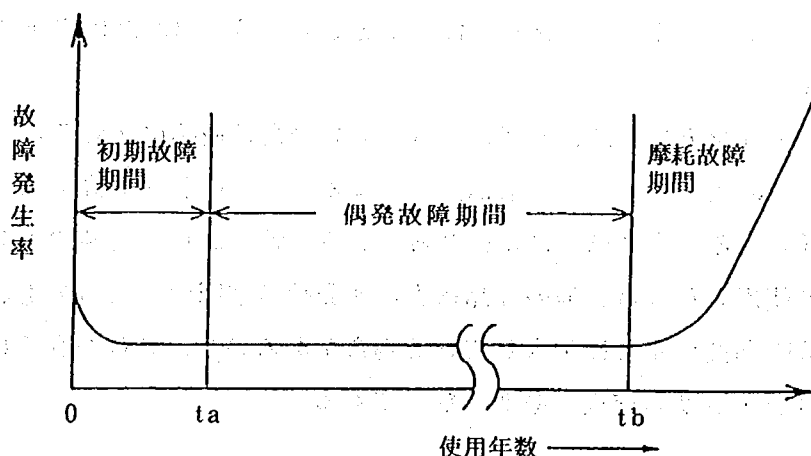


図-3.8 典型的な機器の故障率曲線

(2) 部品の耐用年数、寿命について

部品の耐用年数は、使用環境により大きく変わる。

(a) リレーは接点の荒損の程度により寿命が決まる。

したがって、接点電流値や負荷のインダクタンス分が寿命の要因となる。

図-3.9 は代表例を示しますので、詳細はメーカーの取扱説明書による。

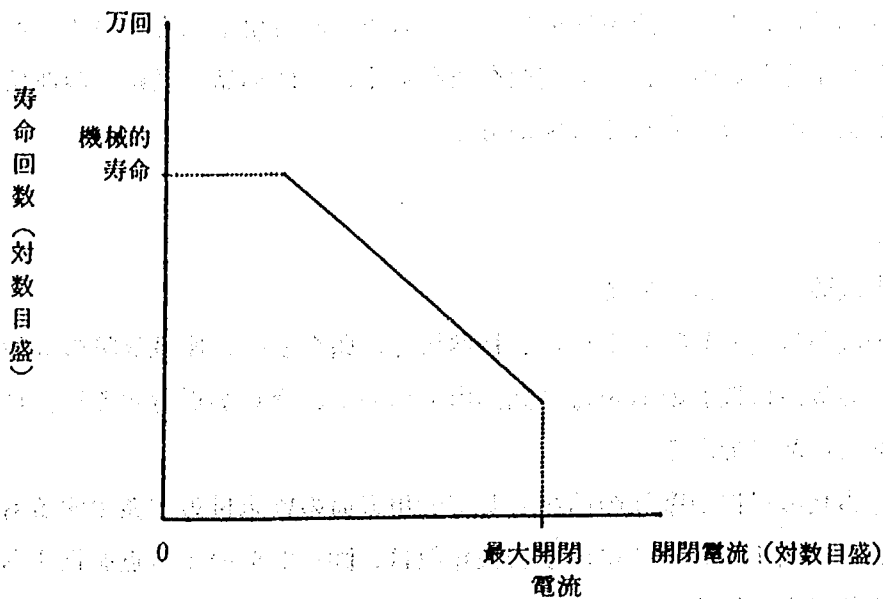


図-3.9 リレーの寿命曲線

(b) コンデンサ (アルミ電解コンデンサ) は、主として P C 電源回路内の平滑フィルタとして使用されている。

このアルミ電解コンデンサは、温度によってその寿命は極端に変わる。

「アルレニウスの法則 (10℃ 2 倍則)」によると、温度が 10℃ 高くなると寿命は $1/2$ となり、10℃ 低くなると寿命は 2 倍に伸びるという特性があり、電源の寿命を支配する。

P C を高温で使用した場合、他の部品はまだ偶発故障期間内であっても、アルミ電解コンデンサは磨耗故障期間にすでに突入している場合があるので、P C をさらに長く使用するにはアルミ電解コンデンサの交換が必要となってくる。

「アルレニウスの法則」

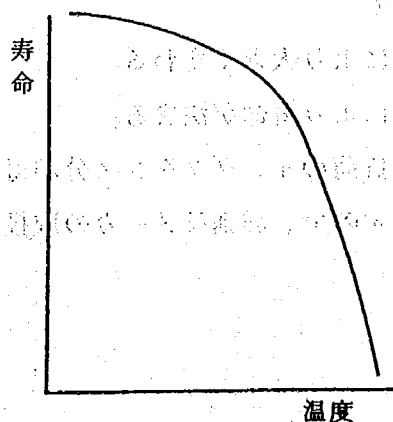


図-3.10 「アルレニウスの法則」

3.2 導入計画

3.2.1 計画手順

(1) 基本事項

(基本事項)

第7条 P.Cを導入するにあたっては、当該機場でそれを導入することによる入力側のメリット、出力側のメリットを算定し、それが十分満足されると判断されることを要する。

[解 説]

1. 入力側のメリットとは、システムが複雑であるためにそれに付随して機器及びセンサの数が多くなり、配線が錯綜して配線工事に際しつなぎ込みのミスが発生したり、配線工事費が大きなウェートを占めたりすることを指している。

したがって大規模な機場でポンプ台数・補機台数が多く、かつポンプ自体が大型であるほど、このメリットは大きくなる。

また、合理化された機場よりも従来の二次冷却方式など、複雑なシステムほどメリットは大となる。

2. 出力側のメリットとは、例えばコンピュータによる管理装置を設置する場合、あるいは遠隔監視を行う場合など、情報を一括して送出する必要があるときにP.Cを介在させると、連絡線が極度に合理化されることを指している。

また、自動制御系を構成させるときも、P.Cの具備している演算機能を用いることによって容易かつ確実に回路の構築ができることから、複雑な制御ほどP.Cを使用することのメリットは大きくなる。

(2) P.Cの得失

(P.Cの得失)

第8条 P.Cは、電子機器であることに起因する種々の特徴から、一般の有接点リレーで構成された制御装置に比して長所・短所があるので、その採用にあたっては特性を十分に考慮し、P.Cの長所が短所を補って余りあると判断された場合に採用するものとする。

[解 説]

1. P.Cと有接点リレーで構成された制御装置の得失を列記すると、表-3.2の通りである。

表—3.2 有接点リレー、P C 得失表

No	分類	項 目	リ レ ー 制 御		P C 制 御	
1	構 成	構 成 要 素	リレー、タイマ、カウンタ等	—	—	P C 本体、プログラミングパ ネル、大容量負荷用リレー
		部 品 点 数	制御量に比例して増加	△	○	制御量が増加してもそれほど 増加しない
		回 路	ハードロジック、配線結合	—	—	ソフトロジック、プログラム 要
2	機 能	速 度	遅 い	×	○	速 い
		部品の 耐久性	接点部分の接触回数に制限が ある	△	○	P C 本体は非接触のため耐久 性大
		制 御 機 能	複雑な制御には向かない	△	○	複雑な制御向き
		演 算 機 能	別に演算器が必要	△	○	通常標準装備
		上位リンク	変換器が必要	△	○	オプションで機能追加
3	製 作	設 計 期 間	制御量に比例する	△	○	リレーより短い
		製 作 期 間	組立・配線を要する	△	○	リレーより短い
		社 内 試 験	ほぼ等しい	—	—	ほぼ等しい
4	現 場 工配 事線	ケ ー ブ ル	C V V でよい	○	△	しゃへい付がよい
		渡 り 線	全数必要	△	○	リモート I / O を使用し節減 できる

No	分類	項目	リレー制御		P C 制御	
5	変更・拡張	制御内容変更	配線変更、部品追加削除	△	○	プログラムの変更
		増設等の拡張	部品追加、配線変更	△	○	P C の能力以内であれば容易
6	信頼性	故障率	回路が複雑だと大	△	○	回路の複雑さにあまり関係しない
		故障の波及度	おおむね部分的	○	△	全体に波及しやすい
		平均故障間隔 (MTBF)	約 1.7×10^4 時間以上 (リレー 600 個として)	△		約 2.6×10^4 時間以上 (I/O 点数 256 点として)
		ノイズ	強い	○	×	弱い
7	保守性	不良個所調査	時間がかかる	△	○	自己診断機能にかかれば容易
		修理工数	リレー単体であれば小	○	△	基板交換
		保守の容易さ	理解力をあまり必要としないので楽	○	△	理解力を必要とする
		電源	バックアップの必要がない	○	×	バッテリ・バックアップが必要
		互換性	多少ある	△	×	メーカーが異なると無い
		予備品	機種変更が少ないのであまり問題はない	○	×	機種変更が頻繁なので問題となる

No	分類	項 目	リ レ ー 制 御		P C 制 御	
8	寸 法	装 置 単 体	大きい	△	○	小さい
		シ ス テ ム 全 体	普 通	○	△	リレーバックアップをすると大
9	環 境 条 件	温 度	-20～ +60℃	○	△	0～ +55℃
		湿 度	35～85% R H	—	—	35～95% R H
		粉 塵	不可（ハーメチック形で対応できる）	△	×	不 可
		腐食性ガス	不可（ハーメチック形で対応できる）	△	×	不 可
		ノ イ ズ	強 い	○	×	弱 い

注：○ … 優れている。良い。

△ … 若干問題がある。

× … 悪い。

(3) 設計思想

（設計思想）

第9条 揚排水ポンプ設備は公共性のきわめて大きい設備であるから、制御装置が万一故障した場合でも、安全・確実に主ポンプが始動、運転が行えるシステムでなければならない。

〔解 説〕

1. 条文の趣旨を実現させるためには、制御装置を多重化させる方向と、制御装置を介さず直接電氣的あるいは機械的に始動・運転・停止を行う方向との2つがある。

前者は例えば、航空機における制御装置のように同種複数の制御装置を同時に走らせたり、予備をスタンバイさせておくものであって、これを揚排水ポンプ設備に採用した場合は機器に付属

したセンサの故障率が比較的多いことから、制御装置自体のバックアップは行われてもシステム全体としての機能が喪失する可能性が大きい。

したがって、揚排水機場の制御装置はその設計思想として機側単独運転あるいは手動運転であってもとにかく始動・運転が行えるようにすべきである。いわゆるフェイルセーフといわれるシステムにおいては、機械の保護を目的として些少な故障でもシステムを停止させるものも数多いが、排水機場におけるフェイルセーフとは、まず地域の安全が優先されるべきであり、何はともあれ排水を優先させられるシステムが必要であり、これを前提として設計の基本方針とされたい。

(4) 制御機器の更新

(有接点リレー制御回路の更新)

第10条 有接点リレーを使用している制御回路が更新期に達した場合、これをP Cを使用した制御回路に置き換えるか否かについては、以下の点について検討しなければならない。

- (1) 将来の拡張性
- (2) 設置スペース
- (3) 設置環境
- (4) 経済性
- (5) 既設配線ルート
- (6) 制御方式の変更・改良

[解 説]

1. 将来の拡張性とは、例えば今回あるいは今後、コンピュータを使用した管理装置や遠隔監視装置を導入する計画がある場合などは、現在使用している有接点リレーの接点点数が飽和状態になっており、新たに外部へ情報を出し得ないことがある。また、外部出力用の端子台の取付余地が無い、あるいは盤内ケーブルダクトが満杯になっているなどの物理的困難さがある場合もしばしば発生する。

これらの場合は、単にリレーを交換するのみにとどまらず、制御回路を収納した配電盤自体を改造あるいは新製する必要が生ずるので、P Cの導入を考慮したほうが良い。

2. 設置スペースとは、制御回路を更新する以外に主機あるいは補機の増設などを同時に行う計画であると、新たに別の制御装置を追加することとなるが、その追加制御装置を既設の配電盤中の収納が可能であるか、それが不可能の場合は追加制御装置を収納した新設配電盤を設置するスペースがあるかという問題が生じるので、このような場合は全数をP C制御回路に更新し省スペースを図ることを検討したほうが良い。

3. 設置環境とは、制御装置が現在置かれている環境、特に温・湿度に関して検討することを意味しており、例えば屋外配電盤、現場機側盤などに収納され、甚だしく高温・多湿の状態にある場合などは対策を考慮し（3.1.2 参照）、そのままP Cに置き換えることは避けた方が良い。

4. 経済性とは、単に有接点リレーを差し替えるだけで済む更新であれば、きわめて安価かつ容易であるが、当該リレーが生産中止となり同種同型式のリレーが入手できない場合は、収納されている配電盤の改造あるいは新製を必要とすることがある。また、収納配電盤自体が老朽化している場合は、更新というより新製と変わらない事態も考えられる。

これらの場合は、P Cとの経済性を比較することが望ましい。

5. 既設配線ルートとは、制御装置の入出力配線が他の動力線、制御線の電磁誘導、静電誘導の影響を受けていないかをチェックする必要がある。リレー回路であると、回路電圧が比較的高いため、若干の誘導障害を受けても誤動作しないことが多いが、これをP Cに置き換えると微弱な誘導障害によっても誤動作を起こす可能性があるので注意すべきである。

6. 制御方式の変更・改良とは、例えば現在機側単独操作のみで操作していたシステムを、連動以上のレベルまで引き上げるようなことをいう。この場合は制御装置自体をほとんど新設するに等しいから、リレーとP Cを同列において比較検討すべきである。

(5) 拡張・増設

(拡張)

第11条 システムの機能向上、例えば管理装置の導入、遠方監視装置の導入、自動制御の導入などを拡張と定義し、その場合のP Cの考え方は以下の通りである。

(1) 従来の制御装置が有接点リレーで構成されている場合は、

- ・制御装置自体をすべてP Cに置き換えるか
- ・一部の回路をP Cに負担させるか
- ・有接点のままシステムアップして機能向上を図るか

の3通りについて検討する。

(2) 従来の制御装置がP Cで構成されている場合は、原則としてその機種でシリーズ化されている増設ユニット、インタフェース等を現有P Cに付加して機能向上を図るものとする。

〔解 説〕

1. 有接点リレーの制御装置に管理装置、自動制御系などの機能を付加させることは、P Cの普及以前においては周知の技術としてとらえられており、現在でもこの種の制御装置は多く使用されている。また、P Cやコンピュータの内部で取り扱うデータはデジタル量であって、アナログ量、例えば水位・圧力・流量等の計測・制御を行う場合は、P C、コンピュータの入力部にA/D変換器を設けて信号をデジタル化する。したがって、単に水位、圧力などを表示するのみであれば、直接アナログ受信器を取り付けて表示させたほうが機器も少なく経済的であることが多い。したがって、管理装置、自動制御系などシステムアップを図るときにP Cは絶対不可欠なものではなく、多数の情報を視覚的、時系列的に表示させたり、複雑な演算を行わせたりするときのみP Cの能力が発揮されるから、その得失を判断してP Cの導入を検討されたい。
2. P Cは、そのハードウェアが拡張を前提として設計されており、必要数の増設・拡張ユニットを追加していくと相当量のシステム拡張に対応できるようになっている。ただしこの場合、既設の機種ユニットを追加・拡張することは極めて容易であるが、異機種を用いてシステムアップすることは不可能ではないが、極めて困難であるのが現状である。したがって、条文のごとく既設機種と同機種、あるいは同シリーズのユニット、インタフェース等を増設することを原則とした。

（増 設）

第12条 増設とは主機あるいは補機を増設する際に、制御装置も同時に増設する場合を指すものとし、考え方は次の通りとする。

- (1) 当該制御装置がP Cを主体として構成されている場合、主機1台が増設となる場合は現制御装置に新設機を制御できる余裕が残っていても、原則として別に新たにP C1台を新設するものとする。
- (2) 同様な場合で共通補機のための追加増設である場合は、既設制御装置にそれを制御できる能力が残存しているときは、それを利用してよい。

〔解 説〕

1. P Cは、原則として主機1台にP C1台を割り付けることを基本方針としているので、増設機についても同様とする。ただし、増設を見越してあらかじめ増設機用P Cを設置してあるときは、この限りではない。
2. 共通補機を追加・増設する際には、既設共通補機と何らかの制御上の関連がある場合が多い。例えば主機の増設に伴って室内排水ポンプを1台増設し、既設室内排水ポンプと同様な運転を行わせる等である。この場合は新たにP Cを増設するよりも、既設P Cの空き領域を用いた方が協調がとりやすいことが多い。

(6) 制御装置選定フロー

(制御装置の選定)

第13条 制御装置を有接点リレーを中心として構成するか、P Cを中心として構成するかを決定するにあたっては、

(1) 機場の規模

(2) 制御内容の複雑さ

(3) 管理装置、遠方監視装置の有無

(4) 自動制御系の有無

などを総合評価して定めるものとする。

[解 説]

1. 選定にあたっての概念フローを図-3.11に示す。

2. 経済性については、概略、リレー個数が100個以上になると、単体としてはリレーよりもP Cのほうが安価になるといわれる。

ただし、システム全体ではP Cに特有なノイズ障害を避けるために入力線にシールドケーブルを使用したり、バックアップリレーを設けたりすると、P Cの方が高価である場合がしばしば起こる。また、環境向上のため空調器、除湿器などを備えると、これを設備費として計上する必要がある。したがって、単純な単体同士の価格比較にとどまらず、システム全体としての経済比較を行う必要がある。

3.2.2 留意事項

(1) 設置環境

(設置環境)

第14条 P Cを導入する場合は、当該P Cの盤内温度は55℃以下、盤内湿度は90%RH以下であることを原則とする。

[解 説]

1. 現在市販されているP Cの耐環境性能は、表—3.3 の通りである。

表—3.3 P Cの耐環境性能

項 目	最 大	最 小	平 均	中 央 値	備 考
最低使用温度 (℃)	0	0	0	0	
最高使用温度 (℃)	60	40	54.22	55	
最低湿度 (%RH)	45	5	25.11	30	
最高湿度 (%RH)	95	85	89.33	90	
最低保存温度 (℃)	0	-20	-18.28	-20	
最高保存温度 (℃)	85	50	71.88	70	
耐 振 動 (註)	8G	1G	3.1G	3G	(= 16.7HZ 3mm)
耐 衝 撃	30G1回	10G1回	—	10G3回	
耐 ノ イ ズ	1500V1μs	1200V1μs	—	1300V1μs	
耐 電 圧	AC2000V	AC1500V	—	AC1500V	
絶 縁 抵 抗 (MΩ)	100	2	14.6	10	

注1：G換算で大小評価した。換算は次の通り。

16.7Hz 3mm→3G 55Hz 0.75mm→8G

25Hz 2mm→6G 55Hz 0.075mm→1G

注2：昭和63年度末における各社〔メーカー数 15社、45機種（超小形4、小形13、中形10、大型18）〕の性能を調査したものである。

これらのPCのうち、揚排水ポンプ設備に多く使用されると思われるプログラム容量 256k ステップ以上の機種においては、大部分のものが使用温度55℃以下、90%RH以下（ただし結露しないこと）という条件になっている。

したがって、PCを使用する場合はおおむねこの環境を維持することを前提とし、もしこれらが満足されないと考えられる場合には、空調器あるいは除湿器の設置を考慮したほうが良い。

2. 通常、PCの周囲温度は配電盤中に収納されるので、自己の発熱と他の機器類からの発熱によって室温から5～10℃上昇するものとして計画する。

3. 湿度については、一般的な排水機場においては吸水槽や導入水路などの影響を受けて、一般住宅等に比して概して高湿状態となっていることが多い。

したがって、既設機場へPCを導入しようとする場合には、設置する室に温・湿度計を設置し、梅雨期、台風期、融雪期などの多湿期に温湿度を測定し、規定の範囲に納まっていることを確認することが望ましい。

また、新設機場においては、同種の建家構造をもった既設機場のデータを参考とすることが望ましい。

4. 温湿度については、PC導入後1年程度は設置室の温湿度を測定し、規定範囲内にあることを確認するとともに、同種機場に対する参考資料として保管するようにされたい。

(2) 操作知識

(操作知識)

第15条 PCは、その性質上かなりの部分がブラックボックス化されやすいので、そのすべてを理解するためにはかなり高度の電気・電子的な知識を要求されるが、これを一般に求めることは困難であるから、最低以下の知識を備えるように指導されたい。

(1) 始動・停止行程に渋滞が発生した場合に、PC以外の機器あるいはセンサ等に不具合がないかをチェックできる知識を有すること

(2) プログラムがRAMに保存されている機種においては、バックアップ電池の消耗とその交換方法に関する知識を備えていること。

[解 説]

1. センサの不良は、フローリレーのごとく一見して判別できるような機種と、圧力スイッチのように外観上からは判断がつかないような機種とがあって、それらすべてを判定することはかなり熟練を要する。したがって、間接的に表示灯の点灯状態や、機側計器（圧力計、温度計など）の

状態から、不良個所の判定が行える知識を備えていることが望ましい。

2. 出力側機器、たとえば電磁弁、電動弁、補機等の不良は、発熱あるいはうなり音による通電の有無、手回しあるいは手動ハンドルなどによる可動部の固着の有無など、確認方法について習熟するようにされたい。

3. バックアップ電池に通常用いられているリチウム電池は、その寿命がおよそ5年であるからPCの使用開始時および電池交換時には、次回交換時期をメモし適当な場所に張っておくことが望ましい。

(3) 管理体制

(状況の引継)

第16条 引継は、短期引継、長期引継の2種とし、以下の通りとする。

(1) 短期引継

日あるいは週単位の引継にあたっては、以下のような事項についてその状況を後任者へ引き継ぐものとする。

① PC自体の異常の有無と処置

② センサ類の “ ”

③ 出力機器の “ ”

(2) 長期引継

半年あるいは1年単位の引継にあたっては、上記に加えて以下のような事項を引き継ぐものとする。

① PCのプログラムチェックを製造者とともにに行い、その結果を引き継ぐ。

② 状態表示灯、故障表示灯をランプチェックで確認し、その結果を引き継ぐ。

[解 説]

1. 短期引継にあたっては、異常の有無などの運転上不可欠な事項について引継を行うものとする。

2. 長期引継においては、通常ほとんど発生しない重故障などが万一発生した場合に、PCが正常に動作するかを確認するものとする。

(プログラム等の保管)

第17条 プログラム等の保管は、以下の通りとする。

- (1) プログラムを記載したコーディング用紙、記録媒体（ROM、フロッピー・ディスク、カセットテープ等）は、正副各1部を作成し、使用者側、製作者側双方が1部ずつ保管するものとする。
- (2) プログラムを改造あるいは変更した場合は、速やかに両方で保管しているコーディング用紙、記録媒体の変更・書き直しを行うものとする。

〔解 説〕

1. プログラムの改造あるいは変更は単純な入力ミスなどは別として、その変更理由、変更年月日をコーディング用紙に記入し、その来歴がわかるようにする。
2. 記録媒体は、磁力・紫外線等でプログラムが破壊されぬよう防護するものとする。
3. 操作ミス等によってプログラムが変化することのないよう、記録媒体は書き込み禁止状態として保管するものとする。

(予備ユニット等の保管)

第18条 ユニット等のハードウェアを保管する場合は、以下の通りとする。

- (1) ユニット等のハードウェアを予備として保管する場合は、当該ハードウェアを予備として保管する場合は、当該ハードウェアの保存許容温度・湿度範囲内にある室内へ保管するものとする。
- (2) 当該ハードウェアを収納している容器には、下記を記載するものとする。
 - ① 納入年月日
 - ② ハードウェアの名称
 - ③ 適用PCの機種
 - ④ 仕様

〔解 説〕

1. 保存許容温度は、通常、使用許容温度より若干裕度が大きく、 $-5 \sim +70^{\circ}\text{C}$ 程度であるが、これを明記していない機種もあるので、不明の場合は当該メーカーに確認されたい。
2. 保存する容器に納入年月日を記載するのは、当該ハードウェアにバックアップ電池等が収納されている場合その保存期間を明示するためであって、約5年以上を経過してから使用する場合は電池の有無を確認し、付属している場合は交換を行うことが望ましい。

(4) 互換性

(互換性)

第19条 納入されたP Cは、数年おきに以下の件について納入メーカーに問い合わせを行うものとする。

- (1) 当該P Cのモデルチェンジ、製造中止の可能性
- (2) 上記の可能性がある場合、その機種の子備品の在庫状況

[解 説]

1. P Cは、ベストセラー機種についてはおおむね長期にわたって製造を継続しているが、電子部品自体の性能向上もあって、5年程度のサイクルでモデルチェンジ、機種の子備合を行っているのが現状である。

したがって、交換あるいは拡張を行う場合、その機種が製造中止となっている可能性が大きい。一般的には製造を中止しても数年間は部品を保有していることが多いので、その状況について把握しておくことが望ましい。

2. ハードウェアについては上記のようにしばしばモデルチェンジが行われているが、ソフトウェアのほうは比較的新旧の互換性が保たれていることが多いので、旧機種のプログラムは引き続き保管しておくことが望ましい。

3.3 設計論

3.3.1 プログラマブル・コントローラ

(1) 一般

(一 般)

第20条 ポンプ機場の操作制御設備にプログラマブル・コントローラ（以下P Cと略す）を採用するにあたっては、

(1) システム構成

(2) 自動制御系の有無

(3) 上位システム（管理装置、遠方監視装置等）の有無

等を考慮し、操作制御設備の中でP Cにどのような機能を分担させるかを十分に検討しなければならない。

[解 説]

1. 操作制御装置にP Cを用いる場合、その機場の設備規模によりシステムの構成を考える必要があるが、

(1) 従来のリレー回路をどこまでP Cに置き換えるかを考慮する必要があるが、危険分散の意味から最低、機側単独操作はリレー回路で構成する。

(2) 複数台のポンプ、補機設備、受電設備等、種々の設備をその設備単体ごとにP Cを設置するか、あるいは全体をP C 1台で構成するかは、ポンプの容量、設備の規模等によって決定するものとするが、原則としては設備単位ごとにP Cを設置することが望ましい。

(3) 中央監視制御設備を備える機場においては、その機能をP Cに負担させることが望ましい。

2. 自動制御（表—3.4）を必要とする機場においては、P Cが具備している数値演算機能、論理演算機能を十分に活用することが望ましい。

表—3.4 自動制御の内容（例）

No	自 動 制 御 の 内 容
1	翼 角 制 御
2	流 量 一 定 制 御
3	台 数 制 御
4	内 水 位 一 定 制 御
5	内 水 位 幅 制 御
6	回 転 数 制 御

3. 最近の排水機場においては、上位システムとして機場を統轄的に監視する「管理装置」や、機場を別の管理所において監視する遠方監視装置を導入する例が見受けられるが、P Cのデータ伝送機能を利用してこれらの装置と機場の情報をリンクすることによって、入出力回路を簡略化することができる。

ただし、伝送手順（R S 2 3 2 C、G P - I B、R S 4 2 2 等）について、装置間の統一を図る必要があり、メーカーが相違する場合は注意が必要である。

なお、P Cのデータ伝送機能に表-3.5 に示すネットワークを構成する能力があるので、機場の規模に応じてその方式を採用するものとする。

表-3.5 P Cネットワークシステムの種類

No	ネットワークシステムの名称	内 容
1	L A N（ローカルエリアネットワーク）	大規模システムで複数のコンピュータとP Cにより、バス型、リング型のネットワークを構成するシステム
2	P C～P Cリンク	P Cを複数配置し、その間のデータ受け渡しを行うシステム
3	P C～リモートI/Oリンク	P C 1 台に対し、複数のリモートI/Oを配置し、その間のデータ受け渡しを行うシステム
4	P C～コンピュータリンク	上位コンピュータ 1 台と、複数のP Cを放射状に配置し、その間のデータ受け渡しを行うシステム

注：上記システム中、4. P C～コンピュータリンクは、通常P Cからコンピュータへデータを送出するのみで、コンピュータ側からP Cへ向けてデータを送出することとは行わない。

(2) 設置環境と温度・湿度対策

(設置環境と温度・湿度対策)

第21条 P C は、従来の有接点リレー回路に比して環境条件に対し繊細な面を有しており、その設置にあたっては下記の点を十分検討しなければならない。

- (1) 温 度
- (2) 湿 度
- (3) 粉 塵
- (4) 有害ガス
- (5) 振 動

[解 説]

1. 排水機場はその性格上、一般産業とは異なり高温・多湿となりやすく、電気・電子機器にとって厳しい条件下にあることが多い。また、機場によっては冬季に受電を打ち切り、環境改善が行われなために、P C が許容する温度湿度範囲を逸脱する可能性も考えられる。P C の設置にあたっては、これらの条件を十分把握したうえで各種対策を検討されたい。
2. P C 単体の耐環境性能は、項3.2.2、表-3.3を参照のこと。
3. 温度に関する影響とその対策は、以下の通りである。
 - (1) 周囲温度による影響を表-3.6に示す。

表-3.6 使用周囲温度による影響

No	項 目	高 温	低 温
1	故障率の増大と寿命の低下	○	
2	アナログ信号の精度低下	○	○
3	腐食性ガスの影響増大	○	

表-3.3 に示すように、P C の使用温度は約 0 ～ 55℃、保存温度は約 -20 ～ 70℃となっている。一方強制冷却を行わない配電盤においては、盤温度に対し盤内上部では約 10 ～ 15℃、盤内下部で

は約5～10℃上昇していることが多い。一般に、半導体製品は温度が上昇するにつれて故障率も上昇し、周囲温度が60℃の場合は40℃の場合と比較して、故障の確率は2倍になるといわれる(電気学会)。

したがって、設置場所や盤内部品の発熱量に応じた対策を構じ、P Cの許容周囲温度範囲内で、かつできるだけ余裕のある状態で使用するようにされたい。

(2) 温度に関する対策を表一3.7 に示す。

表一3.7 使用周囲温度対策

No	項 目	高温	低温	備 考	機場への適否
1	直射日光を避ける。	○			○
2	発熱量の大きい部品を別の盤に収納する。	○			○
3	P Cを盤内下部に取り付ける。	○		盤内上部は下部より5～10℃上昇していることが多い。(ただし対ノイズから上部が良い場合がある)	△
4	盤に換気扇を設ける。	○		塵埃が多い場所は不可フィルタの定期清掃要。	△
5	盤に内外セパレート式の簡易パネルクーラを設ける。	○		塵埃が多い場所に適す。 外部フィンの定期清掃要。盤周囲温度よりも若干高温。	○
6	盤に内外セパレート式の電子クーラを設ける。	○		塵埃が多い場所に適す。 外部フィンの定期清掃要。盤周囲温度より低温。5より消費電力大。	○
7	P C部分を小型電子クーラを設け局部冷却する	○		クーラ取付位置に注意。温度差による結露に注意。	△

No	項 目	高温	低温	備 考	機場への適否
8	室全体を空調する。	○		最良の方法。消費電力は大。	○
9	盤内にスペースヒータを設ける。		○	温度スイッチによる自動 ON, OFF が必要。	○
10	P Cの電源を常に入とし自己発熱させる。		○		×

表—3.7 において、

- ・ No.8 の方法が最良である。
- ・ No.5 ～ No.7 は、効果は十分であるが、盤自体が高価となる。
- ・ したがって、No.1 ～ No.4 あるいは No.8 のうちから選定するのが現実的である。

4. 湿度による影響とその対策は、以下の通りである。

(1) 周囲湿度の影響を表—3.8 に示す。

表—3.8 周囲湿度による影響

No.	項 目	高湿度または結露	きわめて低湿度
1	I Cのモールドケースとリードの間隙から水分が侵入し、内部素子の劣化が生ずる。	○	
2	絶縁破壊が生ずる。	○	
3	リーク又は短絡が生ずる。	○	
4	粉塵の付着により部品が加熱する。	○	
5	絶縁部に静電気が帯電し、放電による誤動作又は素子破壊が生ずる。		○

表一3.3 において、P Cの使用湿度は30~90% R H、結露不可となっている。P Cの内部は電子部品の集合体であり、部品間の距離、絶縁距離が極めて小さい。したがって、高湿度あるいは結露によって素子の劣化、短絡、絶縁破壊が発生し、故障率の増大、寿命の低下、致命的な故障につながる可能性が大きい。

また、逆にきわめて乾燥した雰囲気では、静電気の帯電・放電により素子が破壊される場合がある。ただし、排水機場の場合はおおむね高温・多湿の環境が多いので、主として高湿度対策を中心に検討されたい。

(2) 湿度に関する対策を表一3.9 に示す。

表一3.9 湿度対策

No	項 目	高温	低温	備 考	機場への適否
1	盤内へ吸湿剤を入れる。	○		盤を密閉構造とする。 吸湿剤を定期的に交換する。	△
2	外部の乾燥空気を盤内に吹き込む。	○			×
3	プリント基板をコーティングする。	○		過大にコーティングを行うと温度上昇することがある。	○
4	盤に電子除湿器を設ける。	○		盤を密閉構造とする。 ドレン配管が必要。	○
5	室全体を空調する	○		方法として最良。消費電力は大。	○
6	スペースヒータを設ける	○		結露対策用	○
7	入出力電圧を下げる。	○			△
8	非常に乾燥した場所には設置しない。		○		△

No	項 目	高温	低温	備 考	機場への適否
9	乾燥した状態でユニットの着脱・点検は行わない。		○	やむを得ず行う場合は人体の帯電を放電してから行う。	△

5. 雰囲気（粉塵、導電性粉末、腐食性ガス、塩分等）による影響を表-3.10に示す。

表-3.10 雰囲気の影響

No	問 題 点	対 策	機場への適否
1	粉塵と湿気が相乗作用し配線の腐食、絶縁劣化が生ずる。	建屋構造を密閉とし粉塵等の侵入を防止する。	○
2	導電性粉末による誤動作、絶縁劣化、短絡が生ずる。	盤を密閉構造とする。 温度上昇に注意を要する。	○
3	腐食性ガス、塩分によるプリント基板や部品リード線の腐食が生ずる。	プリント基板にコーティングを行う 温度上昇に注意を要する。	○
4	アンモニア分による黄銅などの応力腐食割れが生ずる。	気化性防錆剤を盤内に入れる。 (1～2年に1度交換が必要)	△

P Cは、粉塵、導電性粉末、腐食性ガス、塩分等を含んだ雰囲気中では使用不可であるが、一般にP Cが設置される排水機場の操作室、電気室は室自体が独立・密閉されている例が多いので、粉塵等が容易に侵入できるとは思われない。したがって、前記の温・湿度対策が施されておれば、粉塵等の対策も2次的に施工されていると解釈して差し支えないと思われる。ただし、海岸に近い、河口の排水機場においては塩害に注意を要する。

6. 振動、衝撃に関しては、JIS C0911（小型電気機器の振動試験法）、JIS C0912（小型電気機器の衝撃試験法）に準拠しているものが多いので、通常の電気機器並みの振動・衝撃には十分耐え得るものと考えられ、かつ2水機場においては建屋構造がおおむね堅牢であることから、特別な対策を施す必要は無いものと考えられる。ただし、同一盤内に大容量の電磁接触器等があると、その投入・遮断時の振動・衝撃が伝達され、その大きさが仮に規定値以下であっても反復印

加されると機構部のゆるみ、部品の疲労破壊、コネクタの接触不良等を誘発するので、このような場合は振動源となる機器を別盤に収納すべきである。

振動、衝撃対策を行う場合、その方法を表-3.11に示す。

表-3.11 振動、衝撃対策

No	項 目	振動源が盤外の時	振動源が盤内の時	機場への適否
1	盤を振動源から離す。	○		○
2	盤に防振ゴムを設ける。	○		×
3	盤が共振しないように構造を強化する。	○	○	○
4	振動源を別盤にする。		○	○
5	同一盤内のときは振動源から離して配置する。		○	○

(3) ノイズ

(ノイズ)

第22条 PC装置の故障原因中、比率の大きいものにノイズがあり、特に入出力部が損傷される確率が大きく、かつ原因の究明が困難であることが多いので、PCの導入にあたっては事前にその対策を考慮することが望ましい。

[解 説]

1. 排水機場における各種ノイズの発生源と、その対策を図-3.12に示す。

ノイズの発生源

- (1) 誘導雷
- (2) 電源線経由で外部から侵入
- (3) 電磁接触器等のコイル
- (4) 電磁接触器等の接点アーク
- (5) 電磁弁、電動弁のコイル
- (6) 動力ケーブルからの静電誘導
- (7) 動力ケーブルからの電磁誘導

ノイズ対策

- (1) 遮蔽トランスを設置
- (2) フィルタを設置
- (3) P C 用電源分割
- (4) ツイスト線使用
- (5) 盤内機器配置を考慮
- (6) サージキラーを設置
- (7) P C 専用接地
- (8) シールドケーブル使用
- (9) ケーブル敷設方法考慮

図一3.12 ノイズの発生源と対策

2. ノイズ対策の概要は、図一3.13に示すように、大別して4種の方法に分けられ、これらのうち数種を採用することによってノイズの防止を図ることが望ましい。

3. 具体的なノイズ対策について、以下

盤内配置

盤内配線

電源回路

接 地

入出力ユニット

入力機器

出力機器

外部配線工事

について記載する。

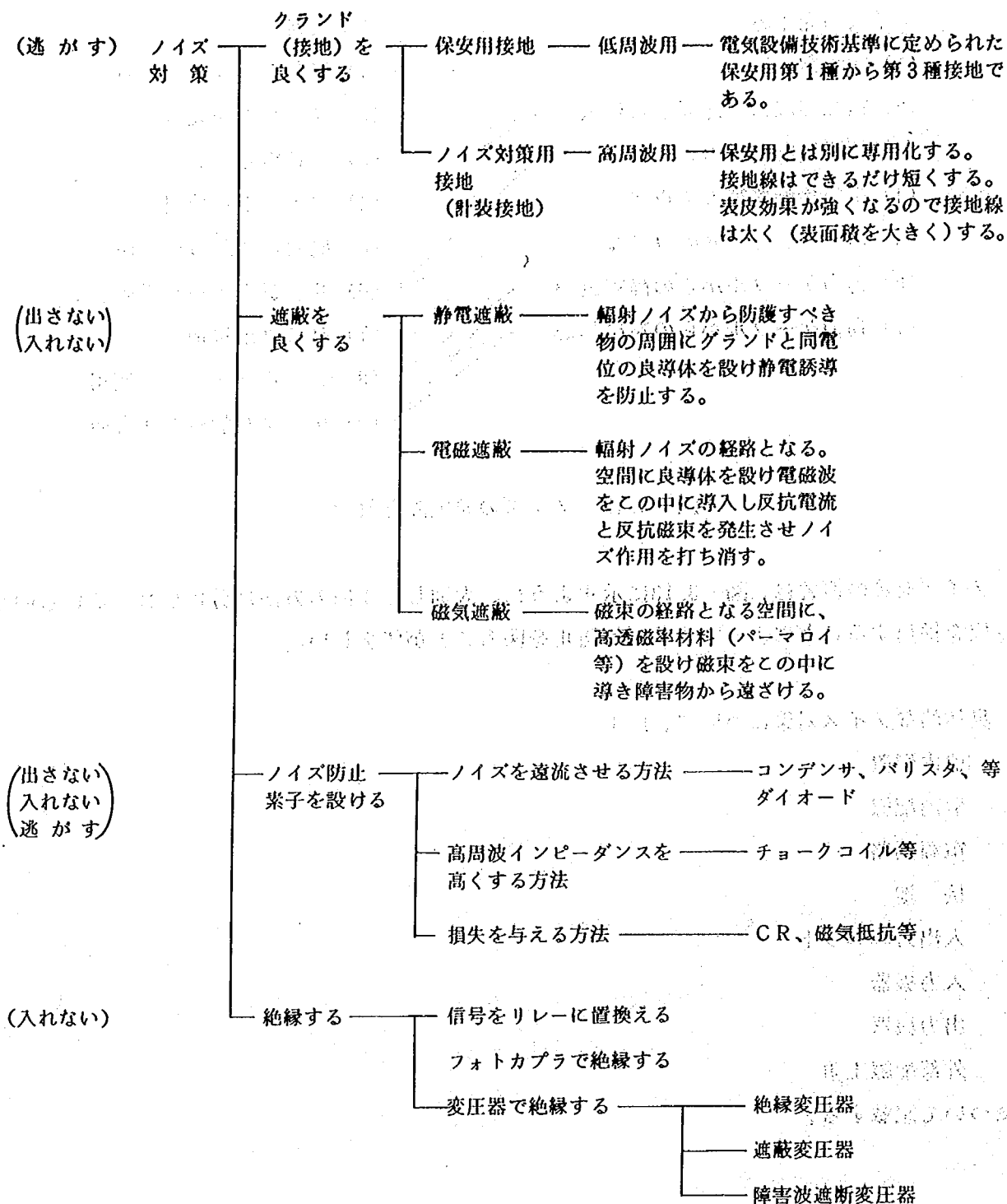


図-3.12 ノイズ対策の概要

3-1 盤内配置

PCと電磁接触器、補助リレー等が同一盤内に混在する場合は、コイルによるノイズ、接点の開閉によるアークの影響を避けるため、できるだけ位置を離し、場合によれば両者を絶縁する金属隔壁（バリア）を設けることが望ましい（図-3.13）。

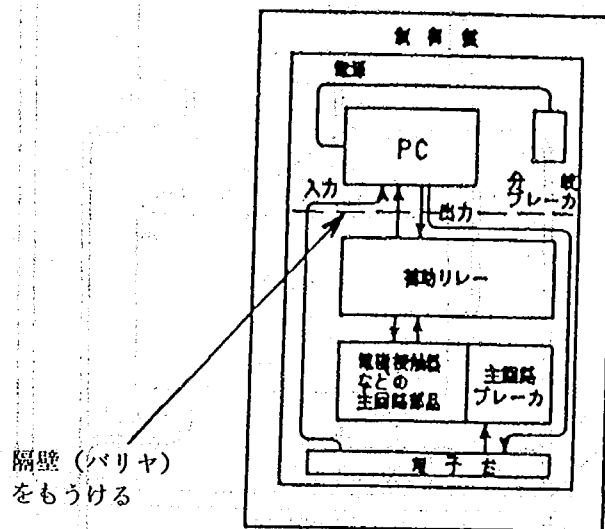
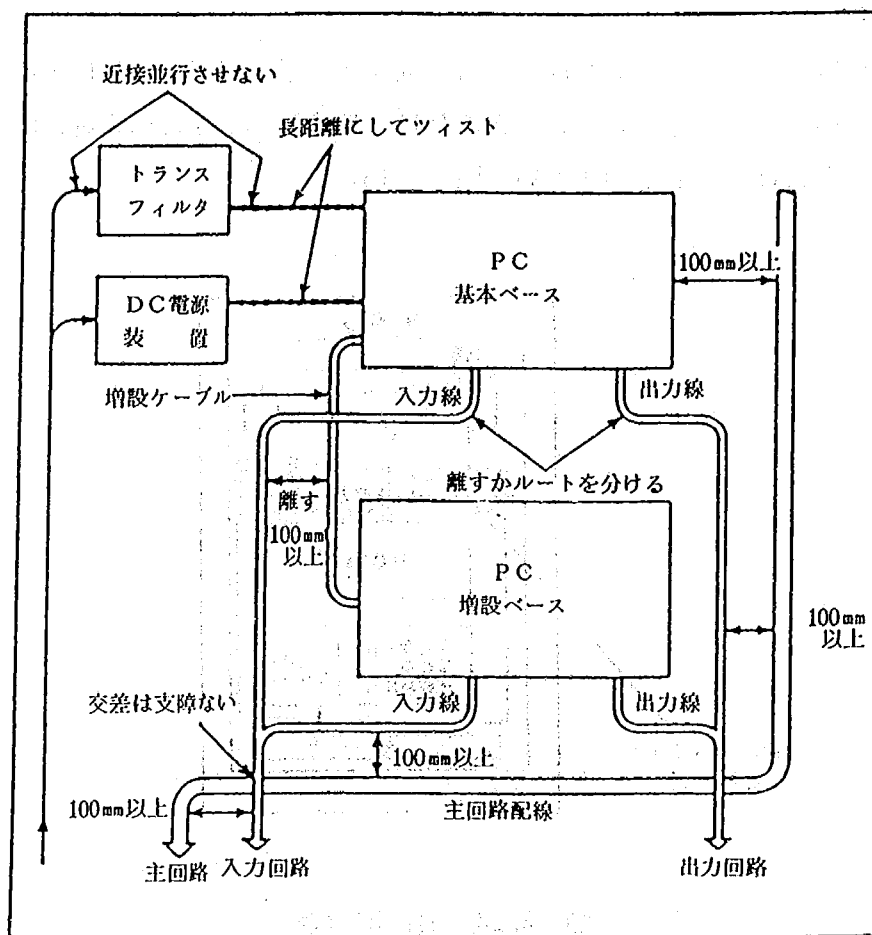


図-3.13 盤内配置例

3-2 盤内配線

図-3.14に示すように、

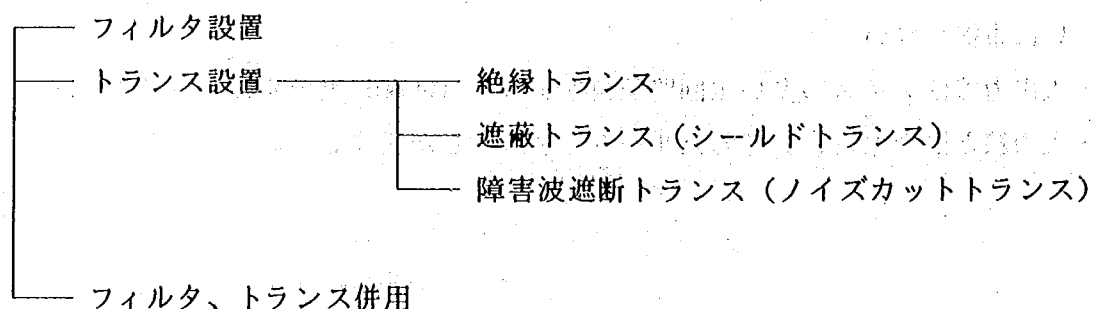
- ・直流、交流の電源線は、ツイストを密にして、他の線と近接あるいは束線させない。
- ・トランス（フィルタ）の1次、2次側を近接あるいは束線させない。
- ・PCの基本ベースと増設ベース間の配線は、他の電源・入出力・主回路等の配線と近接あるいは束線しない。
- ・入出力線はノイズの多い主回路配線等から、100mm以上離すことが望ましい。
- ・入力線と出力線は、分離したルートとすることが望ましい。



図一3.14 盤内配置例

3-3 電源回路

電源回路からのノイズをカットする方法は、大別して下記の通りである。

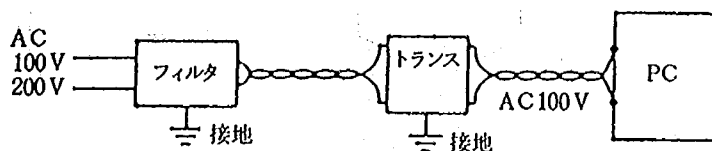


上記の特徴は次の通りである。

- ・フィルタは、トランスに比して小型・軽量・安価であるが、カットできる周波数帯が定まっているので、当該周波数以外のノイズが侵入した場合はPC側へ侵入する。したがって周波数が特定できる場合、例えば電源周波数の整数倍であるようなときは有効であるが、特定

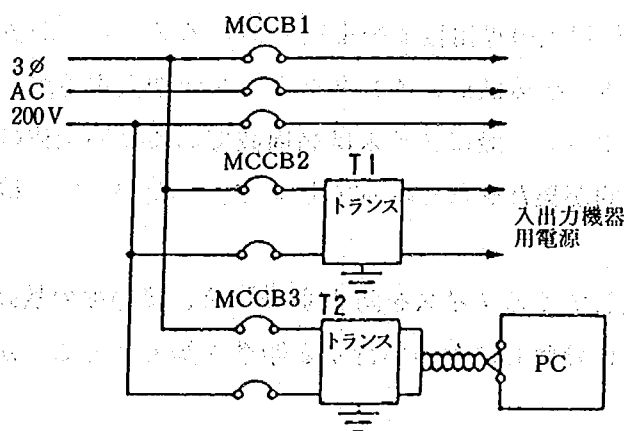
できない場合は以下のトランス方式のほうが良い。

- ・一般的にノイズカットトランスは高価であるが、効果は大きい。次にシールドトランス、絶縁トランスの順となる。
- ・トランスのノイズの減衰率は、おおむね 100kHz 以下において特性が劣ってくる。したがってこの周波数帯域に特性を合わせたフィルタを直列に接続することにより、全域にわたって特性を向上することができる（図－3.15）。



図－3.15 トランスとフィルタを設けた電源

AC200Vの動力電源から、トランスを介して制御電源を得る場合は、図－3.16に示すように動力電源、P C用電源、P C入出力回路用電源に 3 分割するのが望ましい。さらに、入出力電源、出力用電源を分離し、4 分割すると最良である。



図－3.16 電源分割例

3-4 接 地

(1) P Cの接地は、以下の目的で施工する。

- ・P Cと盤、及び大地間の電位差をなくし、電位差によるノイズ電流を減少させる。
- ・電源及び入出力線から侵入したノイズを大地へ逃がして、その影響を軽減する。
- ・漏洩電流による感電防止を行う。

(2) 接地方法は、図 3-17 に示す方法が考えられるが、このうち(a)、P C 専用接地が他からの影響を受けにくいので最良である。(b) は専用接地がとれない場合であるが、他の機器が計装機器のような弱電機器である場合はこの方法によっても良い。ただし、(c) のような共通インピーダンスをもつ接地は避けるべきで、むしろ接地を行わないほうが良い場合がある。

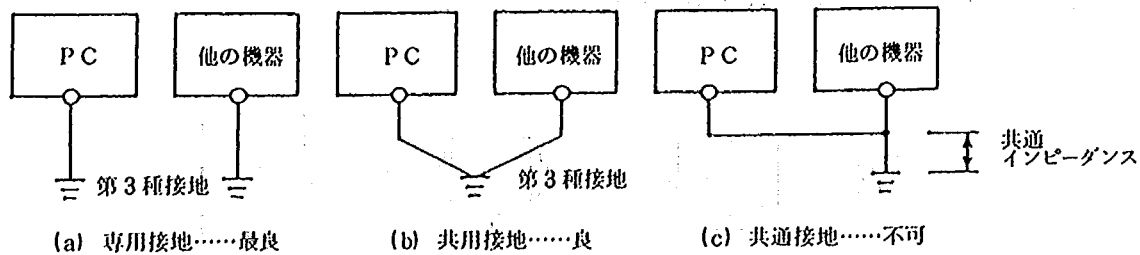


図 3-17 接地方法

(3) 接地配線工事に関する留意事項は、以下の通りである。

- ・接地抵抗は第 3 種(100Ω) 以下を推奨しているメーカーが多いが、ノイズが高周波であることを考慮すると、できるだけ低く、特別第 3 種(10Ω) 並みとしておくことが望ましい。
- ・ノイズはおおむね高周波電流であるため表皮効果が大となり、接地線の断面全体には流れず表面付近のみ流れる性質がある。したがって、接地線は太く(表面積を大きく)することが望ましい(8mm^2 以上の専用接地を推奨しているメーカーが多い)。
- ・接地線が長くなると導体抵抗、インダクタンスが増大するが、特にインダクタンスは周波数に比例して増加する。一般にノイズは高周波であるため全体のインピーダンスが上昇してしまい、接地の目的が果たせなくなってしまう。したがって、接地線はできるだけ短くするよう計画する。
- ・接地線から逆流してくるノイズを防止するため、接地線の敷設にあたっては強電回路、動力回路からできるだけ離し、かつ平行する距離を短くすることが必要である。

3-5 入出力ユニット

対ノイズの面から入出力ユニットを選定する場合は、以下の通りである。

- ・ノイズ環境の悪い場合は絶縁型ユニットを選定する。この型はノイズに弱い P C の内部回路と、入出力信号(外部信号)がフォトカプラ等で電氣的に絶縁されており、外部から侵入するノイズ耐量は大きい。
- ・外来ノイズが侵入し難い制御盤内や操作盤内に P C を収納する場合は、配線方法に留意すれば非絶縁型でもよい。
- ・入出力機器が計測器、コンピュータ等の電子機器であって、かつ P C と結合する回路に I C、トランジスタが使用されており、それらが非絶縁である場合には P C 側を絶縁型ユニットと

して相互のノイズをカットするものとする。

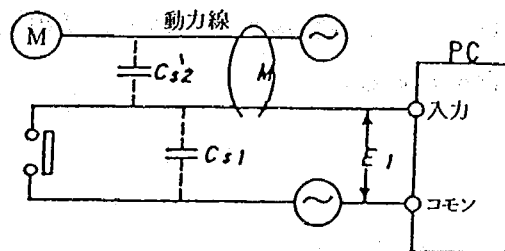
- ・入力回路はできるだけON電圧とOFF電圧の差が大きいものを採用し、かつOFF電圧自体も大きいものとしたほうがノイズの影響を受けない。
- ・入力回路の入力応答時間は、一般的に長い（遅い）ものほどノイズに強い。したがって、不必要に高速で応答する機種は避けたほうが良い。
- ・出力回路においては、負荷（出力機器）がソレノイドコイルのような誘導性の場合は、トライアック出力、トランジスタ出力のような無接点出力のほうがリレーの有接点出力に比してノイズの発生が少なく有利である。

3-6 入力機器から侵入するノイズ対策

入力機器からPCへ侵入するノイズは、当該入力配線に有害な誘導電圧が誘起されるため発生するものであって、図3-18に示す、

- ・他の動力線等、大電流の配線との電磁誘導（M）によるもの
- ・入力線間の静電結合（CS1）による静電誘導によるもの
- ・動力線と入力線間の静電結合（CS2）によるもの

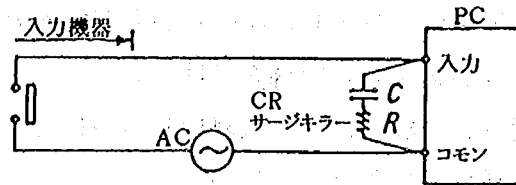
に大別される。



図—3.18 誘導電圧の発生

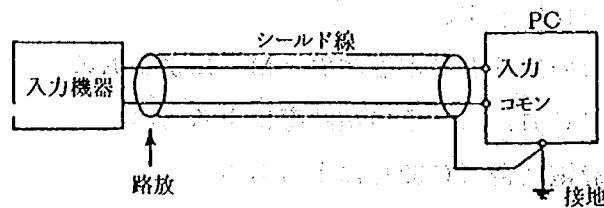
これらの誘導電圧によるノイズを防止する対策として、次のような方法がある。

- (1) 入力電源がACである場合は、DCに変更して静電結合CS1を回避するとともに、DC電圧をなるべく高くしてS/N比（信号／雑音比）を大きくする。
- (2) CR回路から成るサージキラーを設け、入力インピーダンスを下げて、誘導電圧を小さくする（図—3.19）。



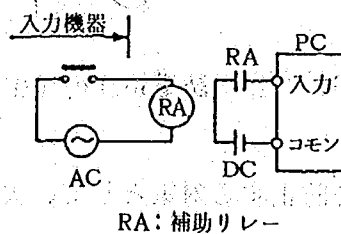
図—3.19 サージキラーを入れる

- (3) ケーブルを金属電線管に収納するか、シールドケーブルを使用して遮蔽する（図—3.20）。
 なお遮蔽体はP Cの接地端子に接続するものとし、入力機器側で接地することは不可である。



図—3.20 シールド線による対策

- (4) 入力機器の信号をいったんリレー（R A）で受け、その接点信号をP Cに入力する。
 （図—3.21）ただし、リレーのコイル容量が小さいと、誘導電圧によってリレー自体が誤動作する恐れがあるので注意を要する。



RA: 補助リレー

図—3.21 リレー中継

3-7 出力機器から侵入するノイズ対策

PCの出力ユニットに接続される出力機器は、電磁弁、電磁開閉器等の誘導負荷が多く、その突入電流や逆起電力によるノイズ障害の恐れがある。

一般には、PCの出力ユニットにサージキラーが内蔵している例が多いが、原理的には発生源である誘導負荷側で抑制することが望ましい。

対策としては以下のような方法がある。

(1) 出力電源がACである場合は、負荷と並列にサージキラーを設ける(図-3.22)。

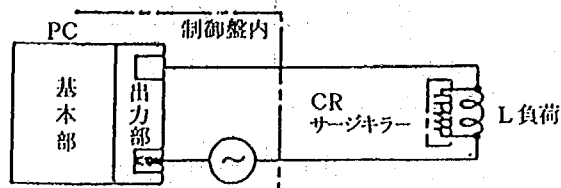


図-3.22 サージキラーを入れる

(2) 出力電源がDCである場合は、負荷と並列にフライホイールダイオードを設ける(図-3.23)。

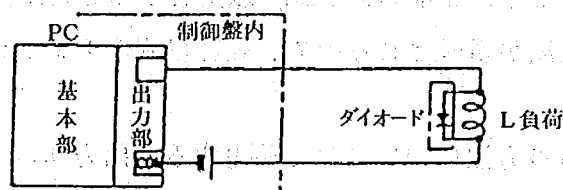


図-3.23 フライホイールダイオードを入れる

(3) PCの外部で図-3.24のように回路をスイッチLSで切るような場合には、当該スイッチLSと誘導負荷Lの双方にスパークキラーを設ける。

ただし、この場合は漏洩電流について注意を要する。

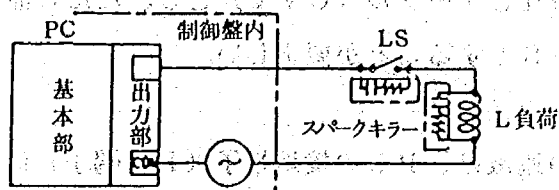


図-3.24 スパークキラーを入れる

- (4) PCの出力信号をいったんリレー(RY)で受け、その接点出力を用いて誘導負荷を開閉する。

この方式はノイズ防止とともに、大容量負荷の開閉に適しており、効果が大きい(図-3.25)。

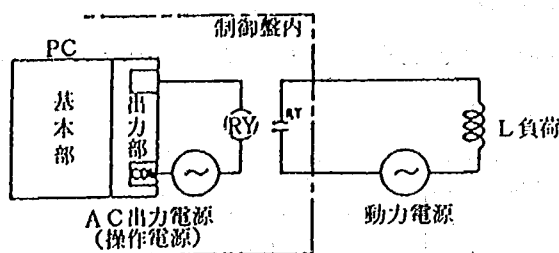


図-3.25 リレーで中継する

3-8 外部配線工事

外部配線工事で、ノイズ障害を低減する方法は、以下の通りである。

- (1) 制御用外部配線ケーブル(盤内配線は除く)のサイズは、建設省建設経済局発行、「揚排水ポンプ設備電源操作用配線工事の設計要領(案)」で最小 2mm^2 と定められている(ただし例外事項も記述されている)。PCを使用した場合もケーブルの機械的強度や入出力機器の電気仕様等を考慮すると、原則的に 2mm^2 以上とすることが望ましく、特に入出力のコモン線は数種の機器の電流が重畳されるので、許容電流のチェックを行うことが望ましい。
- (2) ケーブルの種類と敷設方法については、使用する入出力ユニットの種類(絶縁形、非絶縁形、高速形、アナログ形等)とノイズ環境によって異なるために、一義的に定めることは問題が多いがいずれにしてもいったん配線工事が完了すると改造が困難である場合が多く、また配線工事に起因するノイズの原因究明は盤内のチェック以上に多くの技術員と時間を必要とするため、当初から質の高い工事を施工することが望ましい。
- (3) 上記の事由から、PCより各機器へ至る入出力ケーブルのうち、 48V 以下の線路については原則として遮蔽付制御用ビニル絶縁ビニルシースケーブル(CVV-S)、 48V 超過の線路については遮蔽なしケーブル(CVV)とし、ただし他の動力線等と干渉する恐れが大きい場合はCVV-Sとすることが望ましい。
- (4) 上記のCVV-Sの遮蔽は、PCの接地端子(FG端子)に接続した後、一括して第3種以上の接地を行う。

(5) 動力ケーブルと平行してP Cの入出力線を敷設する場合は、原則として同一ダクト、ピット、ラック、電線管に併設させない。

ただし、

- ・やむを得ず同一ダクト、ピット内に併設する場合は、金属製のセパレータを設けるか、もしくは入出力線を電線管に収納し、セパレータ、電線管は第3種以上の接地を行うものとする。
- ・やむを得ず同一ラックに併設する場合は、入出力線を電線管に収納し、電線管は第3種以上の接地を行うものとする。

(4) シーケンス言語

(シーケンス言語)

第23条 P Cを動作させるためのソフトウェアを作成するにあたり、当該ソフトウェアを記述するシーケンス言語には多くの種類があるが、

- (1) 1 機場で用いる P Cの言語は1 種に統一する。
- (2) その言語は、ラダー、フローチャート、ロジックシンボル、ステージ等、比較的汎用性のある言語を使用する。

[解 説]

1. P Cのシーケンス言語は、現在国際電気標準会議規格 (IEC)、日本電気制御機器工業会 (NECA) で統一化の検討が進められているが、現状はいまだ統一されていない。

また、各メーカーも当分の間相互の互換性は望めないものと思われる。

したがって同一機場に複数のP Cを導入する際には、言語に関するトラブルを避けるため、同一系統の言語 (例えばラダー) に統一することが望ましい。

2. 現在は、従来の有接点リレーと記述方法がほとんど等しいラダー言語が主流となっている。したがって他の要因、例えば管理員がフローチャートに熟知しているといったような点がなければ、原則としてラダーで記述することが望ましい。

3. 図-3.26にラダー、図-3.27にフローチャートの記述例を示す。

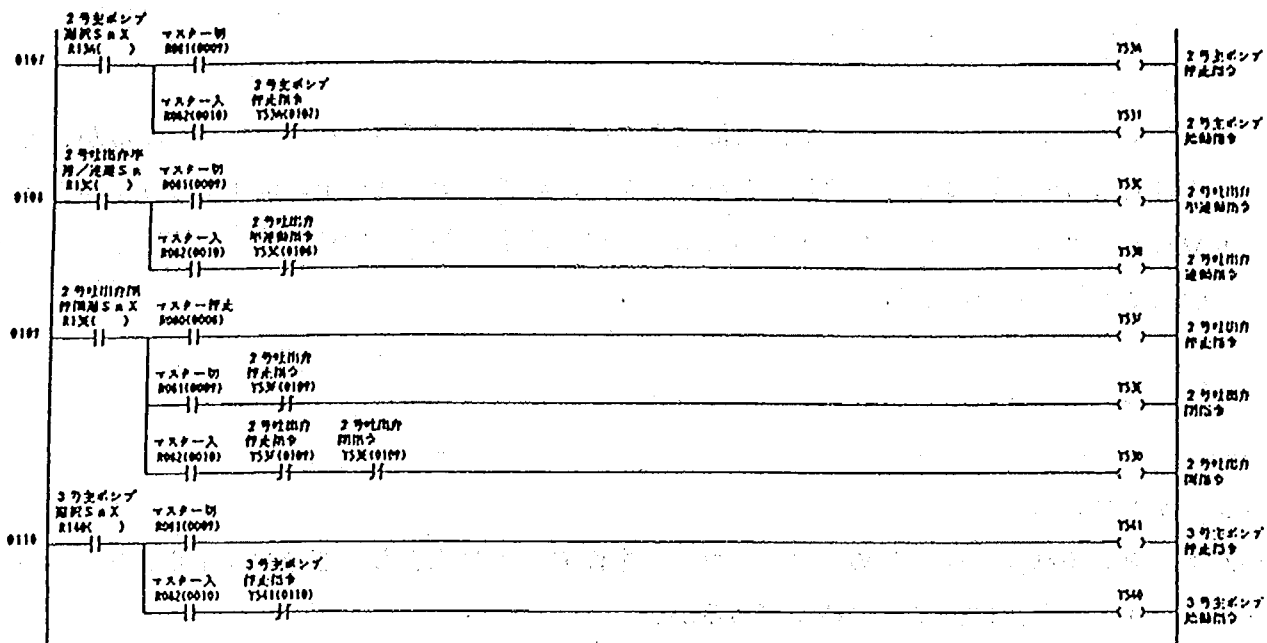


図-3.26 ラダーシーケンス (例)

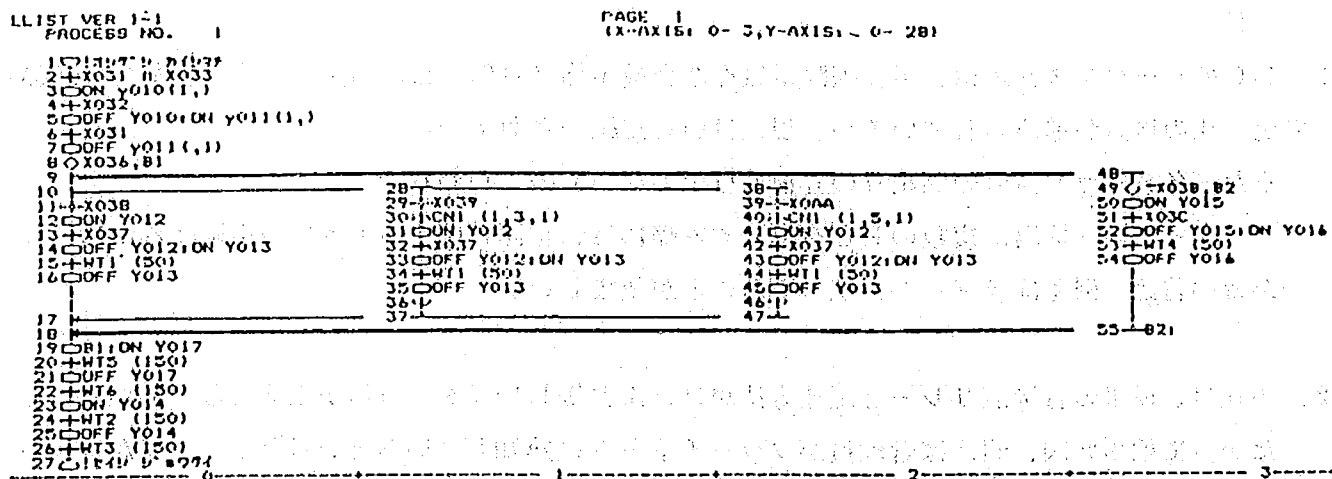


図-3.27 フローチャートシーケンス (例)

(5) 検査内容

(検査内容)

第24条 PCを導入する際に行う検査の内容は、

(1) PC単体の試験検査

(2) PCを含めた試験検査

があり、PC単体の耐環境性の試験検査のみでなく、装置全体の機能を重視した試験検査を行わなければならない。

[解説]

1. PCは、各メーカーとも新規開発の段階からPC単体としてクリアすべき認定試験（形式試験）、製造ラインに乗せ、商品として出荷する際に行う商用試験（出荷試験）があり、前者は各種耐環境性等の試験を指し、通常ロット単位、後者は絶縁抵抗、絶縁耐力等の試験で全数を出荷時に行っている。

2. PCを収納した配電盤は、以下の試験検査を工場出荷時に行うものとする。

盤の外形構造・寸法検査

絶縁抵抗測定試験

絶縁耐力試験

動作試験

なお、絶縁耐力試験を行うにあたり、当該配電盤の規定印加電圧とPCが許容する耐電圧が相違する場合は、PCの基板あるいはユニットを外して試験を行うものとする。

3. 上記の動作試験は、補機・開閉機類を臨時のランプ、スイッチ等で模擬し、行程が設計通りに進行することを確認するとともに、重・軽故障が発生した場合も正常にその故障種別に応じた動作が行われることを確認する。

3.3.2 機器システム

(1) システム構成

(システム構成)

第25条 PCを用いて制御システムを構成する場合は、排水機場の使命から危険分散、安全対策、バックアップを優先させ、原則として以下の通りとする。

1. 主ポンプ1台に対し、専用PCを各1台に割り付ける。(直属補機を含む)
2. 共通補機用として、専用PCを1台ないし数台割り付ける。
3. 発電機は1台あたり専用PCを1台割り付ける。
4. 商用受変電は、特にPCを経由する理由は認められないが、上位コンピュータ等と接続してCRTによる監視を行うような場合は、共通補機用PCと共用して良い。
5. 機側単独制御回路はPCを経由しないものとする。
6. フェイルセーフの思想を取り入れた回路構成とする。
7. 致命的な破壊につながるような絶対インターロックは、PCの内・外で回路を構成させる。
8. 多重化システムを採用する場合は、経済評価を行い重要度に応じて必要最小限に止める。
9. 複雑な自動制御等が必要な場合は、上記のような分割化した各PCの上位に専用PCを1台以上割り付け階層システムとする。
10. リモートI/Oの採用により、配線工数・配線材料の低減をはかる。

[解説]

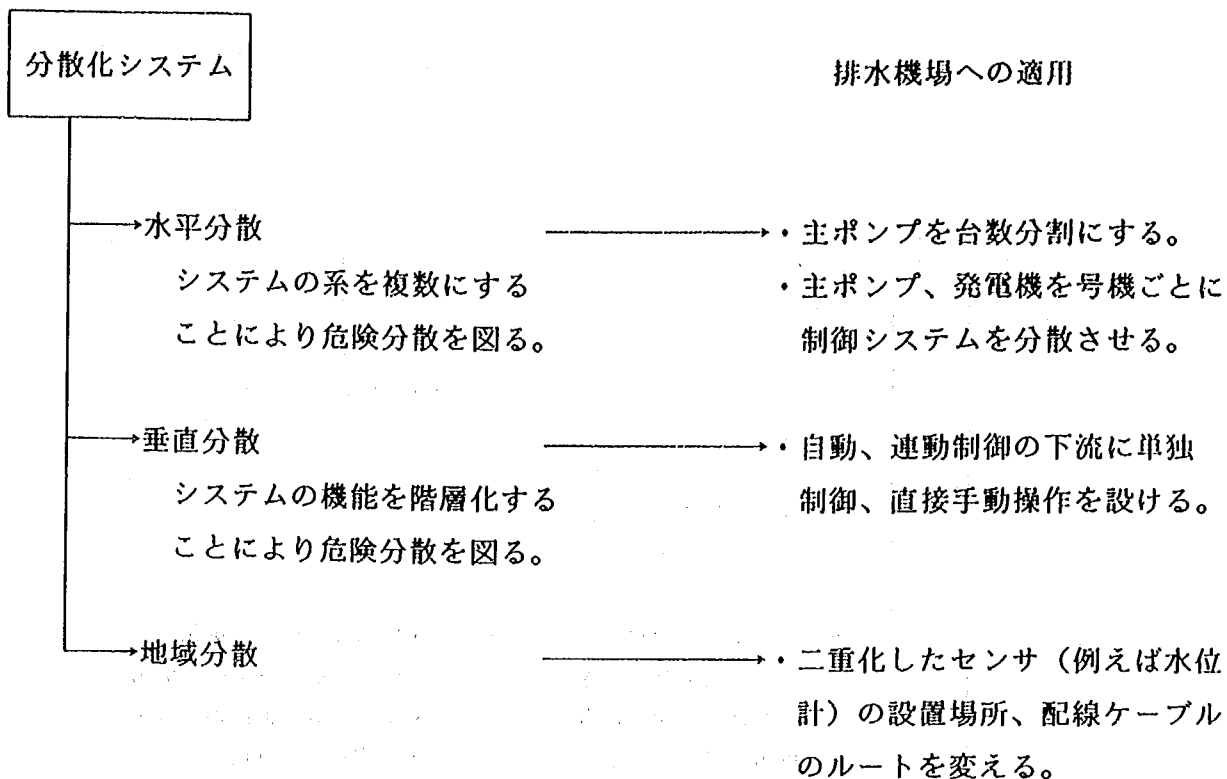
1. PCを用いて制御回路を構成した場合、PC自体は信頼性が高いが万一その電源部、CPUが故障するとリレーに比して波及範囲が大きく、システムダウンにつながる恐れがある。これを回避するための手法は、以下の通りである。

- ①システムの分散化
- ②システムの多重化
- ③システムのバックアップ

以下、これらの考え方について記載する。

1-1 システムの分散化

機能を分散させて、その一部がダウンした場合も他の部分は正常に機能するシステムで、一般的には図-3.28に示す水平分散、垂直分散、地域分散に分類される。



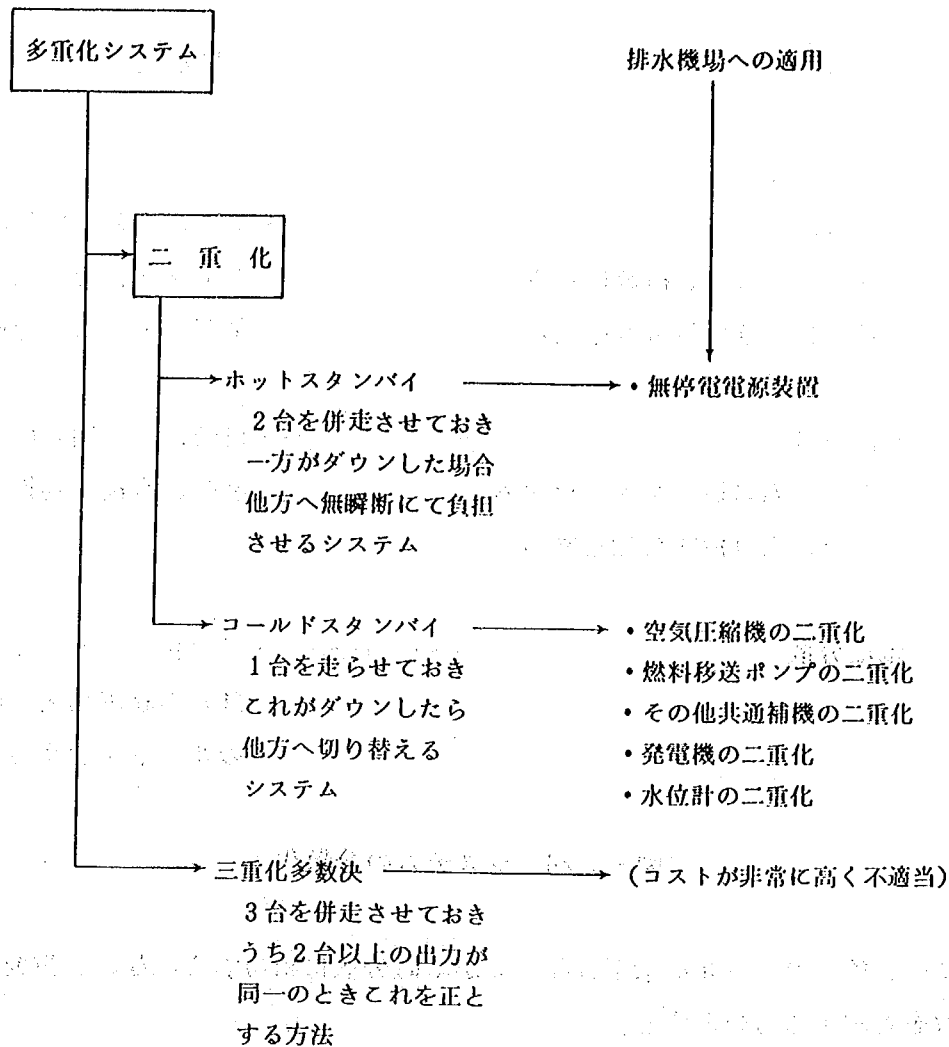
図一3.28 システムの分散化

具体的には、条文の1～3が水平分散、5が垂直分散に相当する。なお、重要な回路については地域分散を考慮するものとする。

1-2 システムの多重化

排水機場においては、通常発電機、共通補機の予備機が設置されており、広義の多重化が行われている。この考え方を制御装置についても延長すると、一般的には図一3.29の通りである。

二重化、三重化は、信頼性向上の有効な手段であり、航空機の管制装置を始め多く実用化されているが、コストの問題があり過去の故障事例から見ると、P C自体を多重化するよりも前述したセンサの地域分散のほうが有効であると思われる。したがって、多重化を検討する場合は経済評価を十分に加えることが望ましい（ただし、ハードウェアとしては二重化・ホットスタンバイの製品が市販されているので、技術的な困難さはない）。



図一.3.29 システムの分散化

①②③ システムのバックアップ

バックアップとは、P Cの機能が喪失した場合、より低レベルの方法であっても排水機能は持続させようというもので、図一.3.30に示すように主として電氣的にバックアップを行う1次バックアップ、機械的あるいは人力による2次バックアップに分類され、それぞれの考え方は以下の通りである。

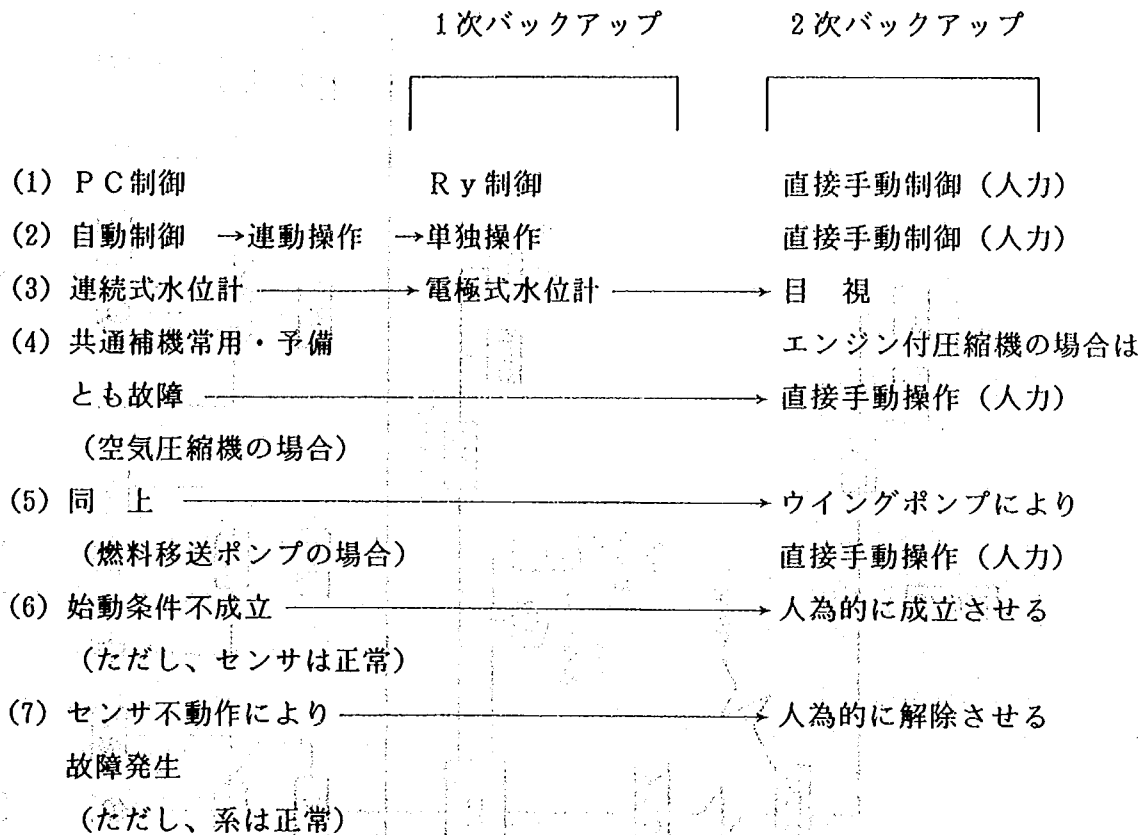
- (1) 1次バックアップは、具体的にはP Cを経由せず機側単独操作を行うもので、必要最小限のリレーで構成し、かつ故障しやすいと考えられるセンサ類を測定原理の異なる他のセンサでバックアップするもので、この場合は回路構成を極力簡易化し、信頼性の向上を図るようにする。
- (2) 2次バックアップは、最低レベルのバックアップに相当するので、通常の方法とは極度に異なることから、操作方法を失念する可能性が極めて大きい。したがって定期的に練習を行うか、手順を文書化して操作方法を習熟するように努められたい。

(2) システムの多重化

多重化システムの定義は「ある機能がダウンした時に、他の装置により同一の機能を果たすシステム」である。

2重化、3重化システムは、信頼性向上の有効な手段ではあるが、コストが高くなるので適用には機場単位ごとに経済評価を十分に加えることが望ましい。

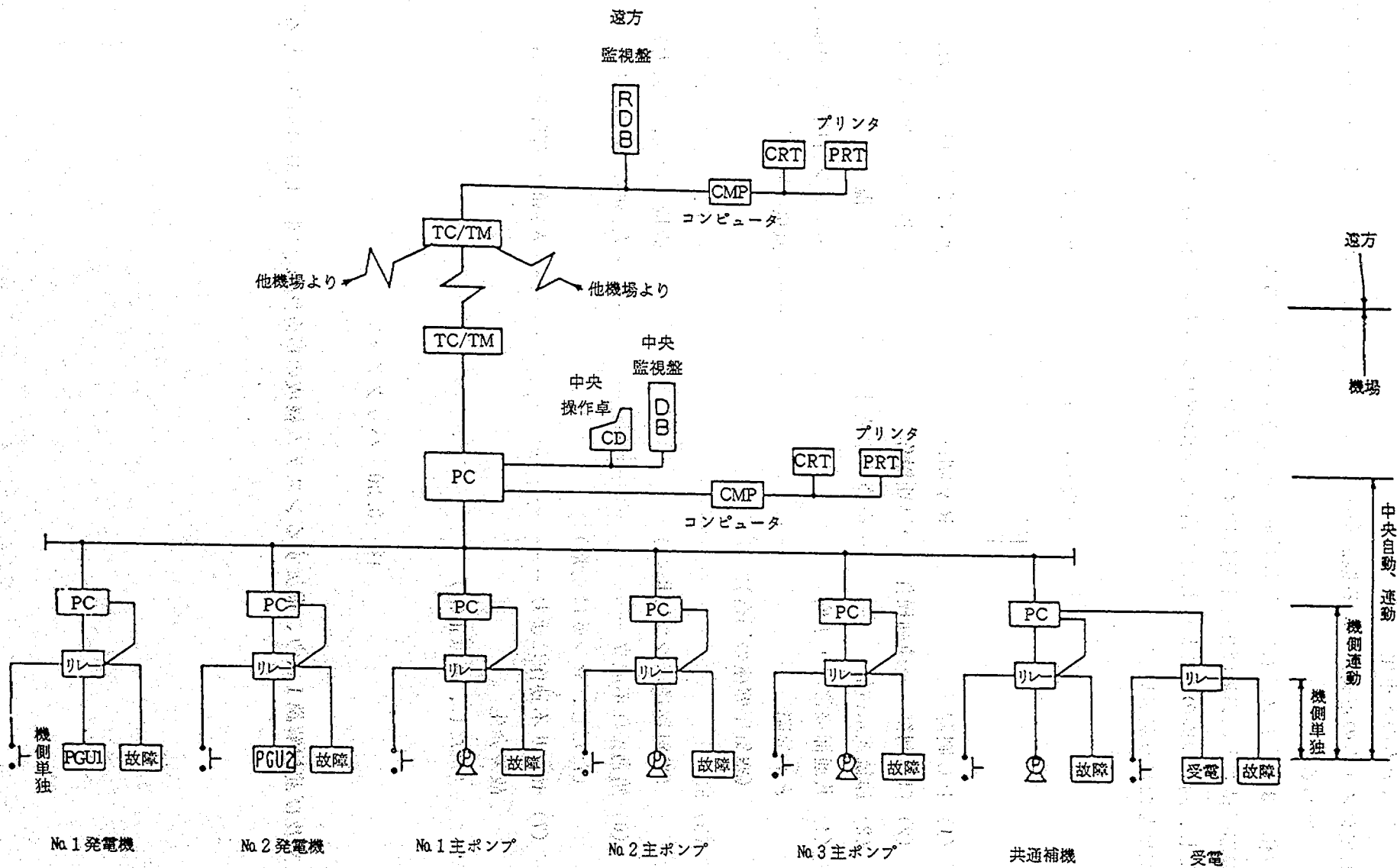
ただし、同じ原因の下で故障した場合は、同時ダウンも考えられるため、動作原理の異なる装置を採用したほうが良い。



図—3.30 バックアップ

2. 条文及び前記解説1より、推奨するシステム構成の概念図は、図—3.31の通りである。

図-3.31 システム構成 (例)



(2) データの伝送、処理

(データの伝送、処理)

第26条 PCは下記の各種伝送機能を標準として備えている機種が多いので、この機能を活用し入出力ケーブルの低減を図るとともに、ポンプ増設等に伴うデータの追加あるいは変更に対しても機能の活用を図るものとする。

- (1) コンピュータリンク
- (2) PC-PCリンク
- (3) PC-リモートI/Oリンク

[解 説]

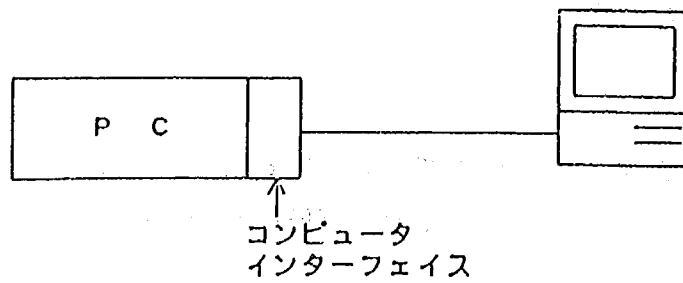
1. コンピュータリンクは機場に管理装置を導入する場合、機場の各機器の状態や水位等の情報をコンピュータが理解可能な信号に変換するよう、PCの出力側にコンピュータ・インタフェースを設け、情報の受け渡しを行うものである。

一般に、コンピュータへ情報を伝達するのは、次の3形態がある。

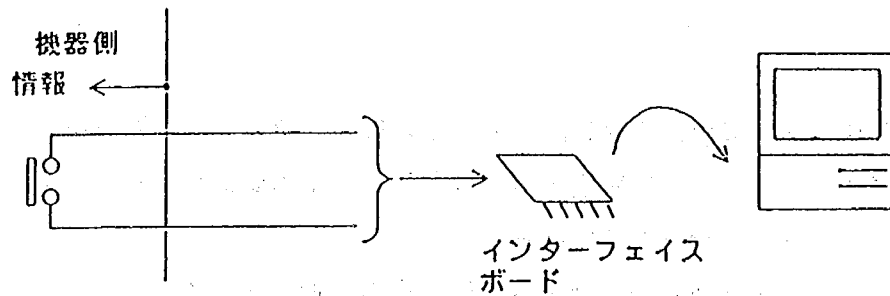
- (1) 上記のコンピュータ・インタフェースを使用する方法(図-3.32(1))。
- (2) コンピュータの拡張スロットにインタフェースボードを装着して、機器側の情報を直接取り込む方法(図-3.32(2))。
- (3) インタフェースボードを必要枚数内蔵し、これに電源装置、CPU等を組み込んだ専用インタフェースを製作し、機器側の情報を当該インタフェースに取り込み、処理を行ってコンピュータへ送出する方法(図-3.32(3))に大別される。このうち(2)は拡張スロットの数に制限があるため、大量の情報は取り込めないで大規模機場向とはいえない。

(1)と(3)は能力としてはほぼ等価であるが、計画当初から制御装置がPCを主体として構成する場合は、その延長上にあるため(1)の方法のほうが実現性は大きい。逆に、既設の有接点リレーで構成された制御装置を使用している機場であると、(3)の方法のほうが直接機器側の情報を取り込めるため有利である。

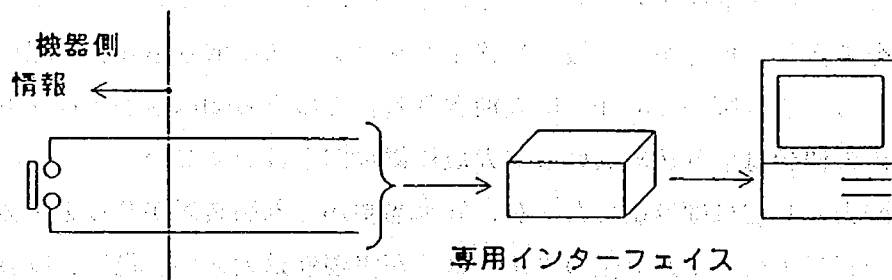
2. PC-PCリンクは前出の図-3.31に示すように、ローカルに設置された各主ポンプ用PC、発電機用PC、共通補機用PC等の複数のPCを1個の上位PCで統括するような場合に用いられる。厳密には、この接続方法を多階層PCリンクと称し、対等な複数PC同士のリンク(並列リンク)と区別している上位PCは、下位PCよりおおむね負担量が大となるから、上位・下位の機種は必ずしも同一でなくとも良い。また、下位PCの個数が多いと一順するために要する時間が長くなるので、計画上注意を要する。



(1) コンピュータ・インターフェイス使用



(2) インターフェイスボード使用



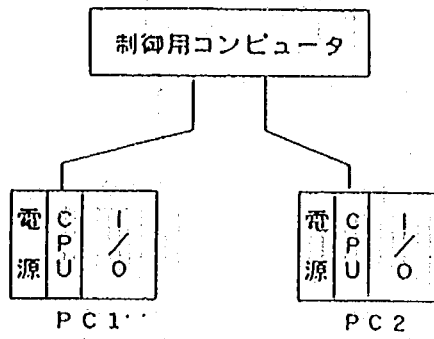
(3) 専用インターフェイス使用

図一3.32 コンピュータの信号取込形態

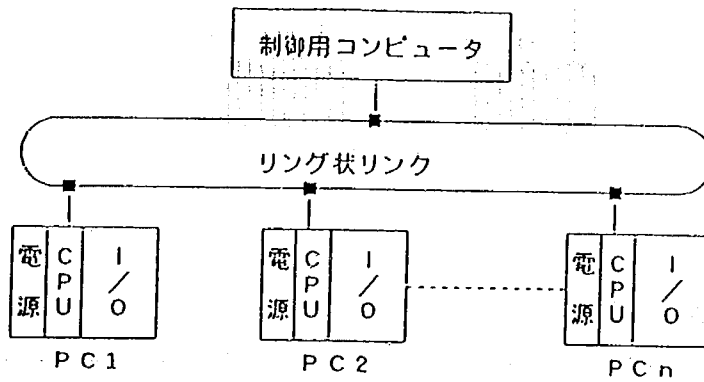
3. PC-リモートI/Oリンクは、例えば現場にリモートI/O、中央にPCを設置して、現場側である程度の情報を集積させ、それをまとめて光ケーブルあるいは多芯ケーブル等により中央のPCへ送出する場合に用いられる。この方法は、連絡配電線路が極めて簡略化されるので、配線工事の合理化、配線材料の節約に効果が大である。

4. 上記の各種リンクの模式図を図一3.33に示す。

(1)
コンピュータリンク (ツリー状リンク)



(2)
コンピュータリンク (リング状リンク)



(3)
PC-PCリンク

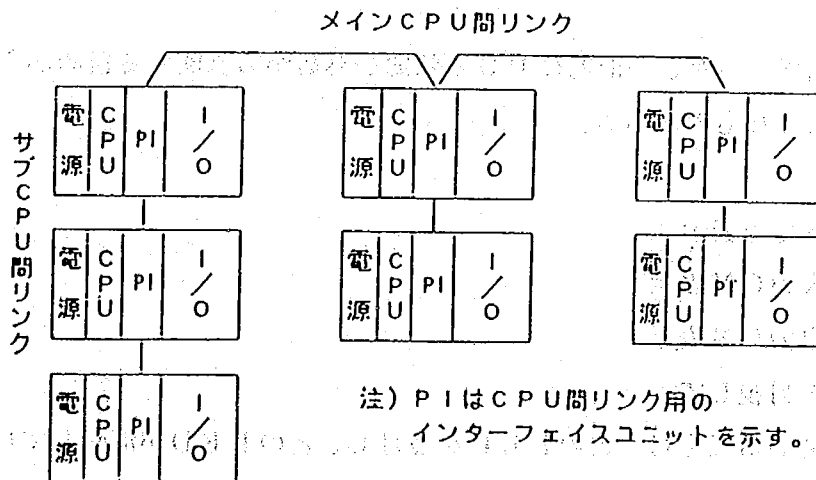
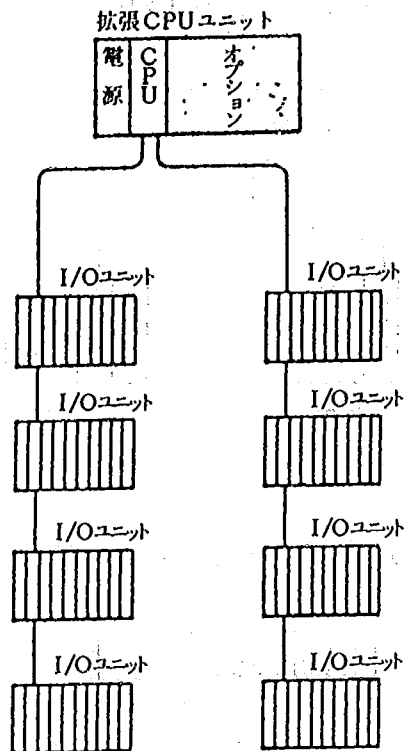


図-3.33 各種リンク模式図

システム構成



3.3.3 管 理

(1) 動作状態の把握

(動作状態の把握)

第27条 PCは、その動作状態を表わす各種表示灯が設けられているので、取扱説明書を参考とし常に正常な機能が発揮されていることを確認しなければならない。

[解 説]

1. 機種によって相異なるが、一般的にPCの状態を外観から判断する目的から各種LEDが設けられてあり、以下のようなものがある。

- ①電源投入表示
- ②I/Oユニット電源表示
- ③入力ユニット入力ON表示
- ④出力ユニット出力ON表示

これらの表示を目視して、

①正常に停止している場合は、どのLEDが点灯し、どのLEDが消灯しているか。

②正常に始動（または停止）する場合は、どのような順序で入出力ONのREDが点滅するか。

を記録しておき、診断の目安とすることが望ましい。

2. 機種によっては、CPUが動作中か、停止中かシミュレーション中かを示す表示を出すものがある。

この場合は、運転に先立って必ず「動作中」側にあることを確認する必要がある。

(2) 故障状況の把握

(故障状況の把握)

第28条 PCは一般的に自己の内部機能を自己診断し、故障の場合は外部へ通報する能力を有するので、その故障の種類に応じ、あらかじめ対応する方法を考慮するものとする。

[解 説]

1. 自己診断機能は次のようなものがあり、機種によってはそのすべてを備えているとは限らないが、可及的に機能を具備しているものが望ましい。

CPU異常（ウォッチドグタイマ）

I/Oテーブル異常

I/Oユニットオーバー

END命令欠

電池異常

サイクルタイム異常

システム異常

PCリンク異常

上位リンク異常

メモリ異常

I/Oバス異常

I/O設定異常

リモートI/O異常

2. 故障に際しての処置は、各メーカーともマニュアル化されていることが多く、表-3.12はその一例であるが、PCの場合はユニット単位で交換する場合が多く、単なる部品修理の域にとどまらないので、各種ユニットは予備として1組ずつ常備しておくことを推奨する。

表—3.12 点検マニュアルの例

・CPU装置 / I/O増設装置

No.	異常現象	推定思想	処置
1	「POWER」LEDが点灯しない	(1)電圧切替端子の設定不良	電圧切替端子を正しく設定する
		(2)t ₁ -s' 切れ	t ₁ -s' 交換
2	t ₁ -s' が何度も切れる	(1)電圧切替端子の設定不良	電圧切替端子を正しく設定する
		(2)h' 7-7短絡または焼損	CPUユニット、電源ユニット交換
3	「RUN」LEDが点灯しない	(1)プログラムなし(END命令なし)	プログラム修正
		(2)電源リレー不良	CPUユニット交換
		(3)高機能I/Oユニットの号機No.重複	高機能I/Oユニット
		(4)リモートI/O子局の電源OFF、ソフト局なし	リモートI/O子局の電源ON、ソフト局設定
4	「運転中出力」がONしない (「POWER」LEDは点灯している)	h' 7-回路不良	CPUユニット交換
5	特定のI/O番号以降が動作しない	I/Oh' s不良	h' -sユニット交換
6	特定のI/O番号の出力(入力)がONする	I/Oh' s不良	h' -sユニット交換
7	特定のユニットのすべてのI/OがONしない	I/Oh' s不良	h' -sユニット交換

・入力ユニット

No.	異常現象	推定原因	処置
1	入力すべてがONしない (動作表示LEDも消灯)	(1)外部入力電源が供給されていない	電源を供給する
		(2)外部入力電圧が低い	電源電圧を定格内にする
		(3)端子ねじのゆるみ	増締め
		(4)端子台コネクタの接続不良	端子台をきちんと挿入しロックする 端子台コネクタ交換
2	入力すべてがONしない (動作表示LEDは点灯)	入力回路不良	ユニット交換
3	入力すべてがOFFしない	入力回路不良	ユニット交換
4	特定のI/O番号の入力がONしない	(1)入力機器の不良	入力機器交換
		(2)入力配線の断線	入力配線の修正
		(3)端子ねじのゆるみ	増締め
		(4)端子台コネクタの接触不良	端子台をきちんと挿入しロックする 端子台コネクタ交換
		(5)外部入力のON時間が短い	入力機器の調整
		(6)入力回路不良	ユニット交換
		(7)プログラムのOUT命令に入力I/O番号が使われている	プログラム修正
5	特定のI/O番号の入力がOFFしない	(1)入力回路不良	ユニット交換
		(2)プログラムのOUT命令に入力I/O番号が使われている	プログラム修正
6	入力が不規則にON/OFFする	(1)外部入力電圧が低い	外部入力電圧を定格内にする
		(2)ノイズによる誤操作	ノイズ対策 ・シールドケーブル取付 ・絶縁テープ取付 ・シールドケーブル配線etc.
		(3)端子ねじのゆるみ	増締め
		(4)端子台コネクタの接触不良	端子台をきちんと挿入しロックする 端子台コネクタ交換
7	異常動作のI/O番号が8点単位になっている	(1)コネクタのねじのゆるみ	増締め
		(2)端子台コネクタの接触不良	端子台をきちんと挿入しロックする 端子台コネクタ交換
		(3)CPU不良	CPUユニット交換
8	入力動作表示LEDが点灯しない(動作は正常)	LED不良	ユニット交換

3.4 点検管理

3.4.1 一般事項

(1) 保守点検の目的

(保守点検の目的)

第29条 保守点検の目的は、盤の機能を維持し、設備の稼働率を高めることにある。機能の維持を阻害する外的要因として盤及び機器の機械的・電氣的な要因と、周囲の環境条件・人的条件などが考えられる。これらを監視し、適切な手入れや対策を行うように心掛けることが必要である。

[解 説]

1. PCは数多くの部品より構成されており、これらの部品がすべて正常に動作しなければ本来の機能を発揮することができない。このため定期的な点検により、特定の部品や装置が不具合に至る前兆をできるだけ早い時期に発見し、処置する必要がある。
2. PCの部品は無期限に継続して使用できるものではなく、正常な使用状態においても、その種類により定める年数（耐用年数）を経過すると、特性の変化や動作不良を起こしやすくなるため、一定期間を経過するごとに部品の交換を行うことにより、PCの特性の変化や故障の発生を少なくすることができる。
3. 設備の高度化に伴い、PCのより安定した運転が要請されるようになり、あらかじめ耐用年数に近い年数を経過した部品またはその部品を含むユニットを新品と交換し、故障の発生をできる限り防止しようとする、いわゆる予防保全の考えが必要となってきた。

(2) 保守点検の分類

(保守点検の分類)

第30条 PCの故障を未然に防止しPCの機能を維持するためには、計画的な保守点検作業が必要である。保守点検作業は、一般に次のように分類される。

- (1) 日常巡視点検
- (2) 定期点検
- (3) 臨時点検

[解 説]

1. 日常巡視点検

盤の機能を維持するため日常的に行う点検。機器の運転中もしくは運転の前後に、盤の外周からまたは場合によっては扉を開けて、変色・異音・異臭・発熱・雨水侵入などを主に五感で察知して、異常の有無を監視することであって、設備全般を巡視する際に併せて行う。点検期間は毎日1回以上を原則とする。

2. 定期点検

盤・設備の老朽化等による損傷の発見及び劣化防止のため、周期を定めて行う点検で作業目的により月点検、年点検に区分する。

(1) 月点検

出水期

出水期には出水に備え、設備の信頼性確保、機能維持を目的として機器の整備状況、作動確認偶発的な損傷の発見に主眼をおき、原則として出水期間中月1回実施するものとする。

非出水期

非出水期には、設備の機能維持を目的として発錆の有無、給油状況ならびに偶発的な損傷の発見に主眼をおいて、原則として2～3ヶ月に1回実施するものとする。

(2) 年点検

年点検は設備の機能回復、信頼性確保、機能維持を目的として、全体機能の確認を主眼として出水期間の1ヶ月前までに行う点検で、年1回実施する。なお、年点検を実施した月の月点検は省略できる。

3. 臨時点検

特別な状態が発生した場合、盤を正常な状態に復帰し又は正常を確認するために行う点検。日常巡視点検、定期点検により異常が発見された場合又は故障が発生した場合で、詳細な点検が必要になった場合と、盤にとって好ましくない気象条件の季節（台風、梅雨期、雷多発期、高温時、降雪期など）及び地震発生時などに臨時に行う点検であって、機器を停止し、異常の有無を確認し、必要により機器の分解手入れを行う。

(3) 保守点検の記録

（保守点検の記録）

第31条 日常巡視点検、定期点検もしくは臨時点検手入れを行った際、その点検手入れ内容の要点、故障の状況などを記録する。

〔解 説〕

1. 各点検内容の要点及び故障内容を記録し収集整理することは、合理的な保守点検を行うため、または次期の点検手入れ及び改良のための有益な資料となるため、長期にわたり保管することが望ましい。
2. 上記記録のためチェックリストの作成については、参考資料「チェックリスト（例）」を参考のうえ個々の設備内容に基づき、使用者において作成するのが望ましい。

3.4.2 保守点検

(1) 保守点検の内容

（保守点検の内容）

第32条 日常巡視点検及び定期点検の内容については、原則的に下表の項目に基づいて行うものとする。

〔解 説〕

1. 日常巡視点検及び定期点検の標準的な内容について以下に示すが、具体的な点検項目及び点検条件については、それぞれ取扱説明書等を参考に決定する必要がある。

点検項目	点 検 内 容	点 検 周 期	
		日 常	点 検
周 囲 環 境	周囲温度・湿度・塵埃・オイルミスト等を確認	○	
電 源	メーカー指定範囲内確認	○	
取 付 状 態 (配 線)	ユニット取付状態のゆるみ・ガタ	○	
	端子・ねじの締め付け確認	○	
	配線ケーブルの損傷・劣化の確認	○	
	圧着端子の近接	○	

点検項目	点 検 内 容	点 検 周 期	
		日 常	点 検
表示ランプ	動作（状態）表示器の正常動作確認	○	
バッテリ	電圧は正常か。メーカー保証期間内か （表示ランプ・モニタ等で確認）		○
リレー	動作音にビビリ音はないか		○
ヒューズ	ゆるみ・ガタはないか		○
プログラム （ソフト）	マスタープログラム（保管）と実装プログラムの内容を比較・照合し確認		○
収 納 盤	冷却ファン及びエアフィルタの清掃		○
異 物 除 去	塵埃・異物等を清掃除去		○
予 備 品	保管個数及び保管環境のチェック		○

(2) 部品交換

（部品の交換）

第33条 正常な使用条件における部品交換の目安は、以下の通りである。

〔解 説〕

1. 一般的に正常な使用条件とは、下記の周囲環境を指す。

- (1) 周囲温度 年平均 30℃以下
- (2) 年平均湿度 50%以下
- (3) 有毒ガスがないこと。

2. 部品交換の一般的な目安を以下に示すが、具体的な部品交換レベルの設定については、それぞれ取扱説明書等を参考に決定する必要がある。

部 品 名	標準交換年数	交換方法・その他	適用
バ ッ テ リ	2～3年	新品と交換（ただし、寿命はメーカ及び機種により異なる。）	○
平滑コンデンサ （電源回路）	5年	新品と交換（調査のうえ決定）	△
リ レ ー 類		開閉電流・開閉頻度により異なるので、メーカ基準により決定する。	△
ヒ ュ ー ズ	10年	新品と交換	○

注：適用欄 ○は一般的に機場操作員による部品交換を示し、△はメーカの派遣する技術員による部品交換を示す。

2. 上記に示す交換年数は偶発故障期間を示すもので、この期間を経過した時点で新品との交換を行えば磨耗故障をかなり高い確率で予防することを示す目安であり、故障発生の絶無を示すものではない。

3. 使用環境が下記の項目に適合するときは、交換年数の短縮を考慮する必要がある。

- (1) 温度、湿度の高い場所あるいはその変化の激しい場所で使用する場合
- (2) 電源（電圧、周波数、波形歪等）や負荷の変動が大きい場合
- (3) 振動、衝撃の多い場所に設置された場合
- (4) 塵埃、塩分、亜硫酸ガス及び硫化水素などの有害ガス、オイルミスト等悪い雰囲気の中で使用する場合
- (5) 使用前の保管状況が悪い場合

(3) 予備品

予備品)

第34条 PCの機能を維持すると同時に、故障の場合その修理時間を短縮するために必要な消耗品及び取替部品を保管管理する。

[解 説]

1. 予備品の種類、数量はPCの機種、用途、設備の重要性、入手の難易度、耐久性などに応じて契約時に決定する。

以下に標準的な予備品を参考までに挙げる。

品 名	数 量	備 考	適 用
電 池	1～2個	リチウム電池の、保存寿命は約5年であるが、1～2個は不測の場合に備える。	○
ヒューズ	使用数	ヒューズは、短絡や過電流のみでなく、電源ON、OFFなどの突入電流による疲労溶断もあり、多目に用意する	○
プリンタ用紙 リボン	必要数 そのつど 手配	リボンは長期保存ができないため、印字が薄くなってから手配する。	○
フロッピー ディスク	必要数	立ち上げ用のバックアップとユーザー用予備	△
カセットテープ	必要数		
入出力ユニット	各種1個	リレー出力ユニットには接点磨耗が考えられるため	△
C P U	1個	PCの中心となる部品であり、万一故障した場合にはシステム全体がダウンするため	△
メモリー	1個		
電源ユニット	1個		

注：適用欄○は一般的に機場操作員による部品交換を示し、△はメーカーの派遣する技術員による部品交換を示す。

2. 予備品は一般的に長期間放置されることが多いため、定期的に点検を行い、取替時には塵埃や絶縁劣化などの有無を確認後使用する。

3. 予備品リストを作成し、定期的に予備品の種類・数量の照合を行う。

なお、その管理体制については3.2.2 (3)管理体制 第18条予備ユニット等の保管を参照のこと。

4. プログラム入力装置（ローディングマシーン）については、機場の性格及びメーカーの対応等を考慮のうえ検討する必要がある。

4. ケーススタディ

4.1 概要

前述の

第2編 プログラマブルコントローラ装置概説

第3編 プログラマブルコントローラ装置の計画設計要領（素案）について

の内容に基づき、具体的な機場仕様を設定した上で、P C導入の場合の基本設計及びシステム構成等の設計を行い、特記仕様書（例）を作成し、上記計画設計要領案を補完するものである。

尚、本編の構成及び内容は以下の通りである。

(1) 設計仕様の設定

対象排水機場の機器構成、仕様、制御方式等の設計条件を設定する。

(2) 基本構成の設定

主ポンプ、補機類、監視制御設備及び自家発設備に対するP Cの構成、補助継電器とのバックアップの関係及び電源系統の割付等の基本構成を設定する。

更に、各P Cに対する入出力点数及び各信号の種類につき検討し、P Cの入出力容量を設定する。

(3) システム構成の検討

P Cを主体とし、補助継電器、中央監視制御設備等の周辺設備を含めた機場全体の監視制御システムの構成につき検討し、P Cの構成につき確認する。

(4) 操作・制御内容の整理

ポンプ及び補機の制御ブロック図を作成し、制御内容の詳細を明確にする。

(5) 特記仕様事項

以上の内容に基づき、特記仕様（例）を作成する。

(6) P Cとリレーの比較

参考までに、以上のケーススタディに於けるP Cとリレーの経済性及びスペース等の比較を行うものとする。

4.2 設計仕様の設定

対象排水機場の機器構成、仕様、制御方式等の設計条件を設定する。

(1) 対象排水機場の機器構成及び仕様

対象排水機場の主ポンプについては、以下の通りとする。

- 1) 主ポンプ型式：φ1500 立軸斜流 3台
- 2) 主原動機：222PS ディーゼル機関
- 3) 冷却方式：管内クーラ、セラミック軸受

尚、対象排水機場の機器構成及び仕様については、添付表—4.1 対象排水機場備構成一覧表を参照のこと。

表—4.1 対象排水機場設備構成一覧表 (1/3)

設備名称	数量	設備仕様	備考
主ポンプ	3台	φ1500 立軸斜流ポンプ 5m ³ /s × 5.2m × 222rpm × 510ps	二床式
吐出管	3台分	φ1500～φ1800 FCD40	
吐出弁	3台	φ1500 電動蝶形弁 22kW	短面間
逆流防止弁	3台	φ1800	
管内クーラ	3台	φ1500 管内クーラ	
主原動機	3台	ディーゼル機関 510ps, 1500rpm, 6cy 空気始動、集合煙突方式	
歯車減速機	3台	直交軸傘歯車、二段減速、水冷 510ps, 1500/222rpm	油圧クラッチ付
井戸ポンプ	1台	φ50 水中ポンプ 2.2kW	
膨張タンク	1基	角型合成樹脂製 1000リットル	

表一4.1 対象排水機場設備構成一覧表 (2/3)

設備名称	数量	設備仕様	備考
燃料移送ポンプ	2台	φ50 歯車ポンプ 0.75kW	内1台予備
燃料小出槽	1基	鋼板製角型 1000リットル	
空気圧縮機	1台	空冷式 30kgf/cm ² , 3.7kW	
空気圧縮機	1台	空冷式 30kgf/cm ² , 5ps + 3.7kW	
空気槽	3組	二連式 150リットル	
屋内排水ポンプ	2台	φ80 水中ポンプ 3.7kW	先発選択方式
主原動機 初期潤滑油ポンプ	2台	エアシリンダ	
歯車減速機 初期潤滑油ポンプ	3台	φ25 歯車ポンプ 1.5kW	
燃料貯油槽	1基	地下タンク式 20m ³	
スクリーン	3面	平鋼製 水路幅 4.5m	
除塵機	3台	連続式自動除塵機 3.7kW 水路幅 4.5m	
水平コンベア	1基	トラフ形ベルトコンベヤ 1.5kW	
傾斜コンベア	1基	ヒレ付ベルトコンベヤ 旋回装置付 2.2kW + 0.4kW	

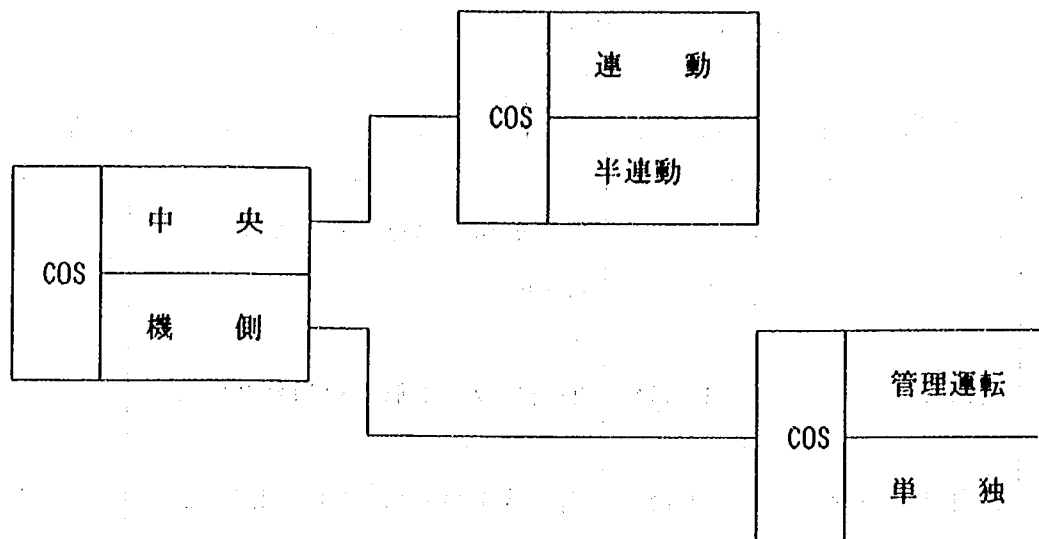
表一4.1 対象排水機場設備構成一覧表 (3/3)

設 備 名 称	数 量	設 備 仕 様	備 考
ホッパ	1 基	鋼板製角形パワーシリンダ式 5.5m ³	
角落し	1 門分	鋼製スライド形 戸当り 3 門分	
天井クレーン	1 台	電動式トロリ形 20t 14.155m 主 13kW+補 17kW+横 1.5kW +走 2.2kW×2	
発電機	2 台	交流同期開放防滴形 100kVA, 4P, 200V, 50Hz	内 1 台予備
発電機用機関	2 台	ディーゼル機関、ラジエータ 140ps, 1500rpm, 6cy 空気始動、空気槽 100リットル×2連	内 1 台予備

(2) 対象排水機場の制御方式

1) 主ポンプの運転操作方式

主ポンプ設備の運転操作方式は、中央操作による「連動運転操作」「半連動運転操作」及び機側操作による「単独運転操作」「管理運転操作」の 4 方式とする。



2) 補機の運転操作方式

補機の運転操作方式は、主ポンプ又は自家発電設備との「連動運転操作」と「単独運転操作」の二方式とし、定常的に状態保持を必要とする補機については「自動運転操作」と「単独運転操作」の二方式とする。

3) 自家発電設備の運転操作方式

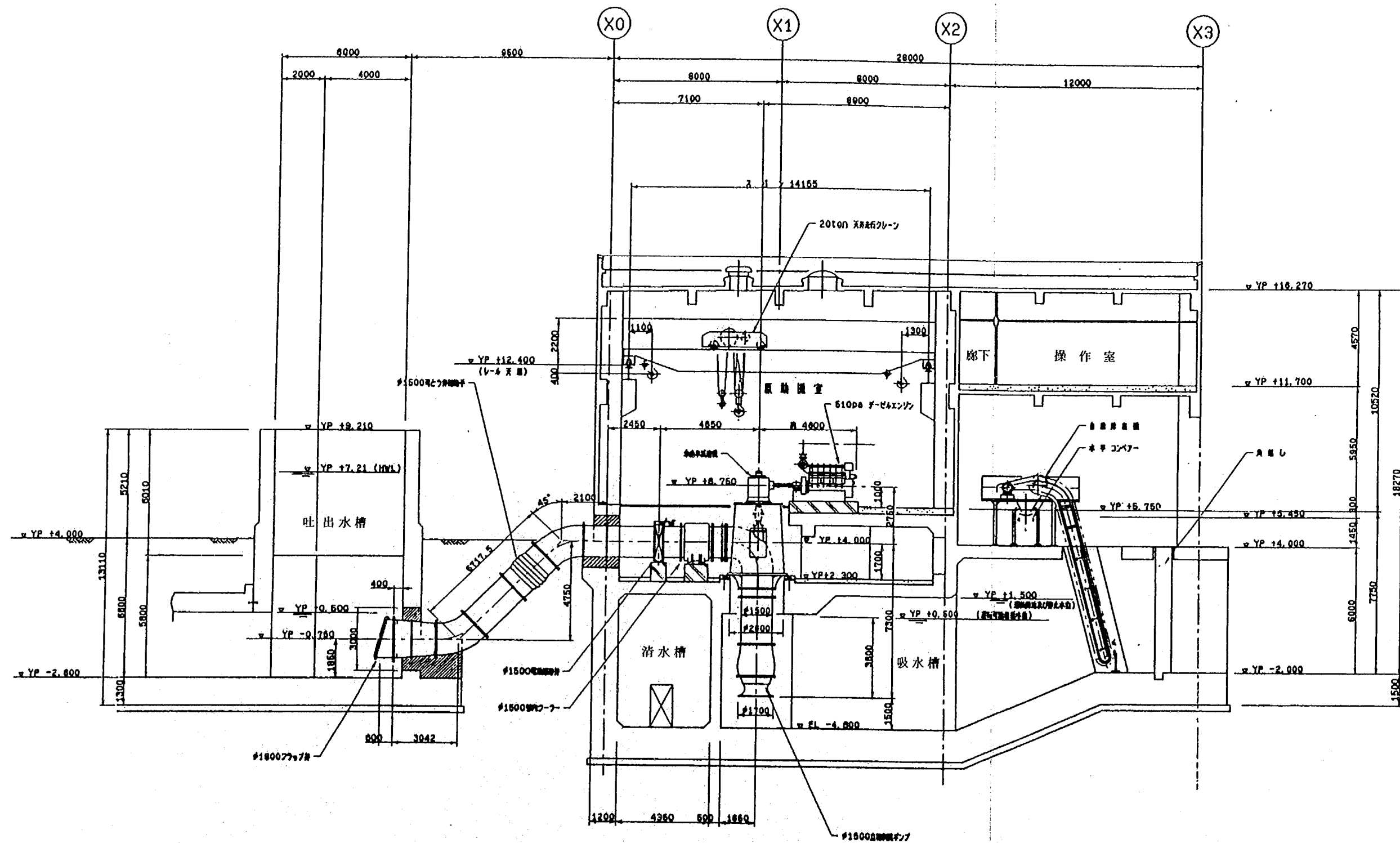
自家発電設備の運転操作方式は、中央操作による「連動運転操作」及び機側操作による「連動運転操作」、「単独運転操作」の三方式とする。

4) 除塵設備の運転操作方式

除塵設備の運転操作方式は、機側操作による「連動運転操作」、「単独運転操作」の二方式とする。

(3) 対象排水機場の機器配置

対象排水機場の機器配置については、添付図—4.1 ～図—4.3 機場平面図及び機場断面図を参照のこと。



断面 AA
(S-1:100)

4.3 基本構成の設定

主ポンプ、補機類、監視制御設備、及び自家発設備に対するP Cの構成、補助継電器とのバックアップの関係、及び電源系統の割付等の基本構成について検討する。

(1) 基本構成の考え方

計画設計要領 3.3 設計論 第25条（システム構成）より以下の通り規定されている。

（システム構成）

第25条 P Cを用いて制御システムを構成する場合は、排水機場の使命から危険分散、安全対策、バックアップを優先させ、原則として以下の通りとする。

1. 主ポンプ1台に対し、専用P Cを1台割り付ける。（直属補機を含む）
2. 共通補機用として、専用P Cを1台ないし数台割り付ける。
3. 発電機は1台あたり専用P Cを1台割り付ける。
4. 商用受変電は、特にP Cを経由する理由は認められないが、上位コンピュータ等と接続してC R Tによる監視を行うような場合は共通補機用P Cと共用して良い。
5. 機側単独制御回路はP Cを経由しないものとする。
6. フェイルセーフの思想を取り入れた回路構成とする。
7. 致命的な破壊につながるような絶対インターロックはP Cの内外で回路を構成させる。
8. 多重化システムを採用する場合は、経済評価を行い重要度に応じて必要最小限に止める。
9. 複雑な自動制御が必要な場合は、上記のように分割化した各P Cの上位に専用P Cを1台以上割り付け階層構造とする。
10. リモートI / Oの採用により配線工数・配線材料の低減をはかる。

(2) P Cの構成

前述の計画設計要領に基づき、対象排水機場の制御システム用P Cの構成を以下の通りとする。

1) 主ポンプ及び直属補機用 3台

1号主ポンプ及び直属補機：P C - P 1

2号主ポンプ及び直属補機：P C - P 2

3号主ポンプ及び直属補機：P C - P 3

直属補機とは減速機初期潤滑油ポンプと吐出弁（電動）である。

2) 共通補機 1台

共通補機： P C - A X

共通補機とは空気圧縮機、井戸ポンプ、屋内排水ポンプ及び燃料移送ポンプである。対象排水機場は合理化機場であるため比較的共通補機点数が少なく、採用P C台数は1台と

する。

尚、除塵設備については運転操作方式より、機側除塵機盤にて制御回路を構成するため特にP Cは採用しないものとする。

3) 自家発電設備……………2台

1号自家発電設備： P C - G 1

2号自家発電設備： P C - G 2

4) 監視操作設備……………1台

監視操作設備……………P C 機 C M

監視盤及び操作盤での二挙動操作及びグラフィック表示の制御用としてP Cを採用する。

(3) バックアップ

前述の計画設計要領に基づき、機側単独制御回路は各P Cを経由せず、補助継電器等にてその制御回路部分を構成するものとする。

1) 一次バックアップ

機側単独操作をリレー制御でバックアップした場合の回路例を参考までに図-4.4 に示す。

2) 二次バックアップ

人力による直接手動制御でバックアップするものである。

センサ不動作による故障等については、人為的に解除するためにインターロック解除 S W - B O X を現場操作盤に設置するものとする。

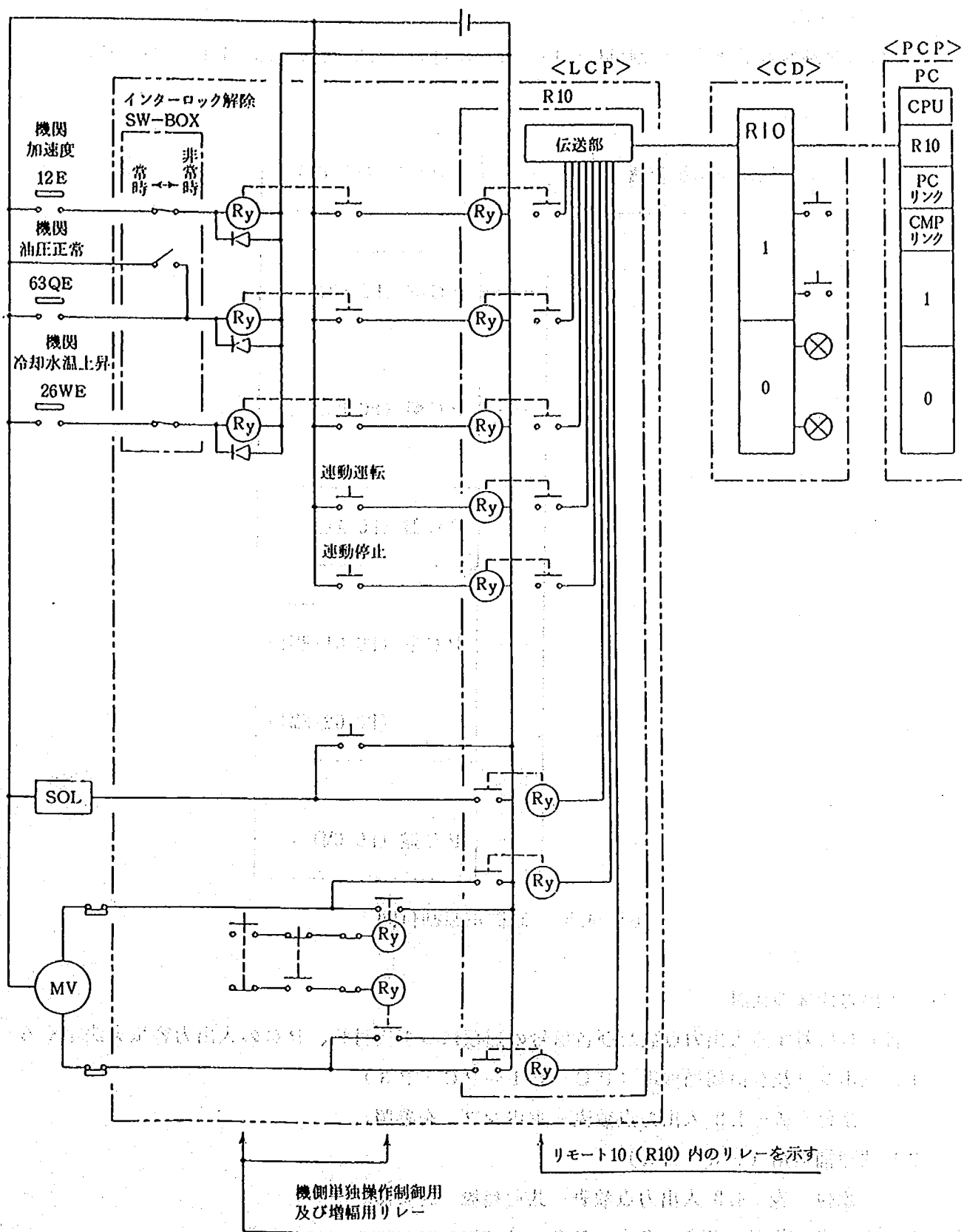
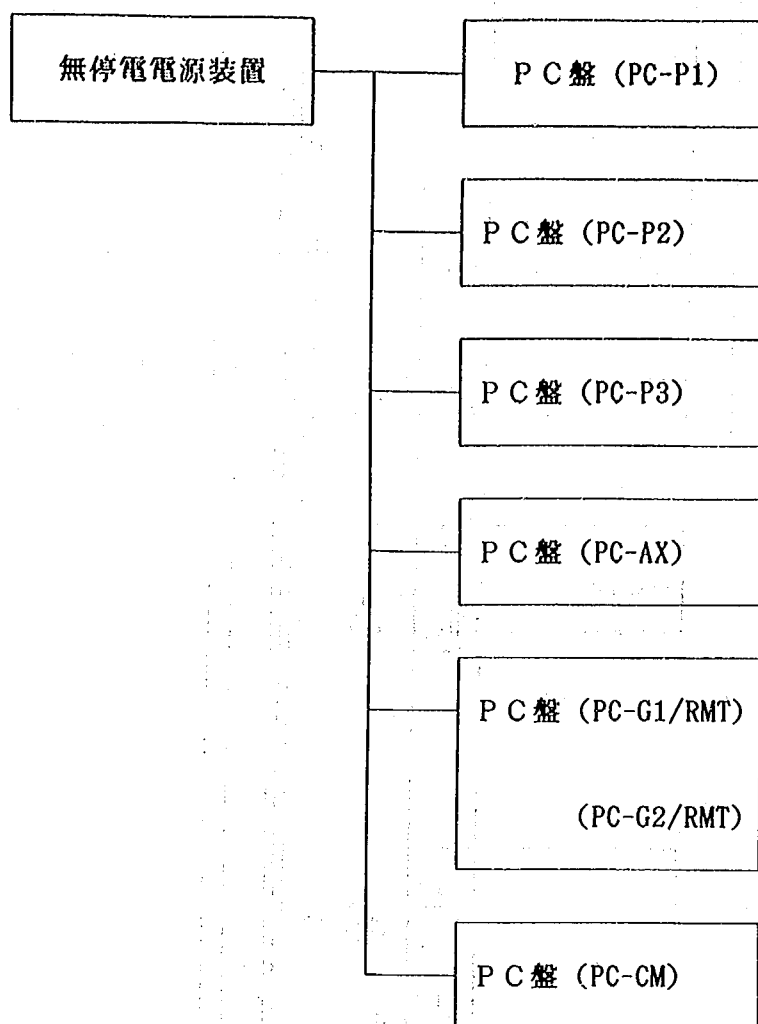


図-4.4 機側単独操作バックアップ

(4) 電源系統の割付

各制御設備への制御電源の割付については、添付図—4.5 制御電源割付図を参照のこと。



図—4.5 制御電源割付図

(5) 入出力仕様の検討

各P Cに対する入出力点数及び各信号の種類につき検討し、P Cの入出力容量を決定する。

1) 主ポンプ及び直属補機用 (P C - P 1 ~ P C - P 3)

添付 表—4.2 入出力点数表—主ポンプ を参照。

2) 共通補機用 (P C - A X)

添付 表—4.3 入出力点数表—共通補機 を参照。

3) 自家発設備用 (P C - G 1、P C - G 2)

添付 表—4.5 入出力点数表—自家発設備 を参照。

4) 監視操作設備用 (P C - C M)

添付 表—4.5 入出力点数表—監視操作設備 を参照。

表-4.2 入出力点数表-主ポンプ

PC-P1

No.	機器番号	入出力信号名称	接続箇所	入力点数	出力点数
1	63QR	潤滑油圧力上昇	減速期	1	
2	63QRL	潤滑油圧力低下	減速期	1	
3	26QR	潤滑油温度上昇	減速期	1	
4	38R	軸受温度上昇	減速期	1	
5	69WE	冷却水断	主原動機	1	
6	26WE	冷却水温度上昇	主原動機	1	
7	63QE	潤滑油圧力上昇	主原動機	1	
8	63QEL	潤滑油圧力低下	主原動機	1	
9	14E	機関低速度	主原動機	1	
10	13E	機関規定速度	主原動機	1	
11	12E	機関過速度	主原動機	1	
12	63A	空気槽圧力制御用	主原動機	2	
13	63AL	空気槽圧力低下	主原動機	1	
14	21LC	吐出弁全閉	吐出弁	1	
15	21LO	吐出弁全開	吐出弁	1	
16	21TC	吐出弁全閉過トルク	吐出弁	1	
17	21TO	吐出弁全開過トルク	吐出弁	1	
18	21IL	手動インターロック	吐出弁	1	
19	21IS	吐出弁開度	吐出弁	1	
20	33WSL	吸水槽水位低下	吸水槽	1	
21	1M2	初期潤滑油ポンプ	減速機		2
22	20A	機関始動用電磁弁	主原動機		2
23	20T	機関停止用電磁弁	主原動機		2
24	1M3	吐出弁	吐出弁		3
		合 計		21	9

PC-AX

[illegible]

PC-G 1

- 153 -

表-4.5 入出力点数表-監視操作設備 (1/2)

PC-CM

No	機器番号	入出力信号名称	接続箇所	入力点数	出力点数
1	63QR	潤滑油圧力上昇	操作盤		3
2	63QRL	潤滑油圧力低下	操作盤		3
3	26QR	潤滑油温度上昇	操作盤		3
4	28R	軸受温度上昇	操作盤		3
5	69WE	冷却水断	操作盤		3
6	26WE	冷却水温度上昇	操作盤		3
7	63QE	潤滑油圧力上昇	操作盤		3
8	63QEL	潤滑油圧力低下	操作盤		3
9	14E	機関低速度	操作盤		3
10	13E	機関規定速度	操作盤		3
11	12E	機関過速度	操作盤		3
12	63AL	空気槽圧力低下	操作盤		3
13	21LC	吐出弁全閉	操作盤		3
14	21LO	吐出弁全開	操作盤		3
15	21TC	吐出弁全閉過トルク	操作盤		3
16	21TO	吐出弁全開過トルク	操作盤		3
17	21S	吐出弁開度	操作盤		3
18	33WSL	吸水槽水位低下	操作盤		3
19	1M2	初期潤滑油ポンプ	操作盤	6	
20	20A	機関始動用電磁弁	操作盤	3	
21	20T	機関停止用電磁弁	操作盤	3	
22	1M3	吐出弁	操作盤	9	

表-4.5 入出力点数表-監視操作設備 (2/2)

PC-CM

No	機器番号	入出力信号名称	接続箇所	入力点数	出力点数
23	33 FL	液位低下	操作盤		1
24	1M4	液料移送ポンプ	操作盤	4	
25	1M11	空気圧縮機	操作盤	4	
26	33 WT	液位低下	操作盤		1
27	33 W3	水位低下	操作盤		1
28	1M9	井戸ポンプ	操作盤	2	
29	33 W4	水位検出	操作盤		1
30	1M10	屋内排水ポンプ	操作盤	4	
31	BSOT	過トルク	操作盤		3
32	5 BC	非常停止用引網	操作盤		1
33	38 G	巻線温度上昇	操作盤		2
34	26 G	軸受温度上昇	操作盤		2
35	63 QGL	潤滑油圧低下	操作盤		2
36	26 WG	冷却水温度上昇	操作盤		2
37	63 AL	空気槽圧力低下	操作盤		2
38	20 A	始動用電磁弁	操作盤		
39	20 T	停止用電磁弁	操作盤		
		合 計		39	72

4.4 システム構成の検討

PCを主体とし、補助継電器、中央監視制御設備等の周辺設備を含めた機場全体の監視制御システムの構成につき検討し、PCの構成について確認する。

システム構成については、添付図-4.6 システム構成を参照のこと。

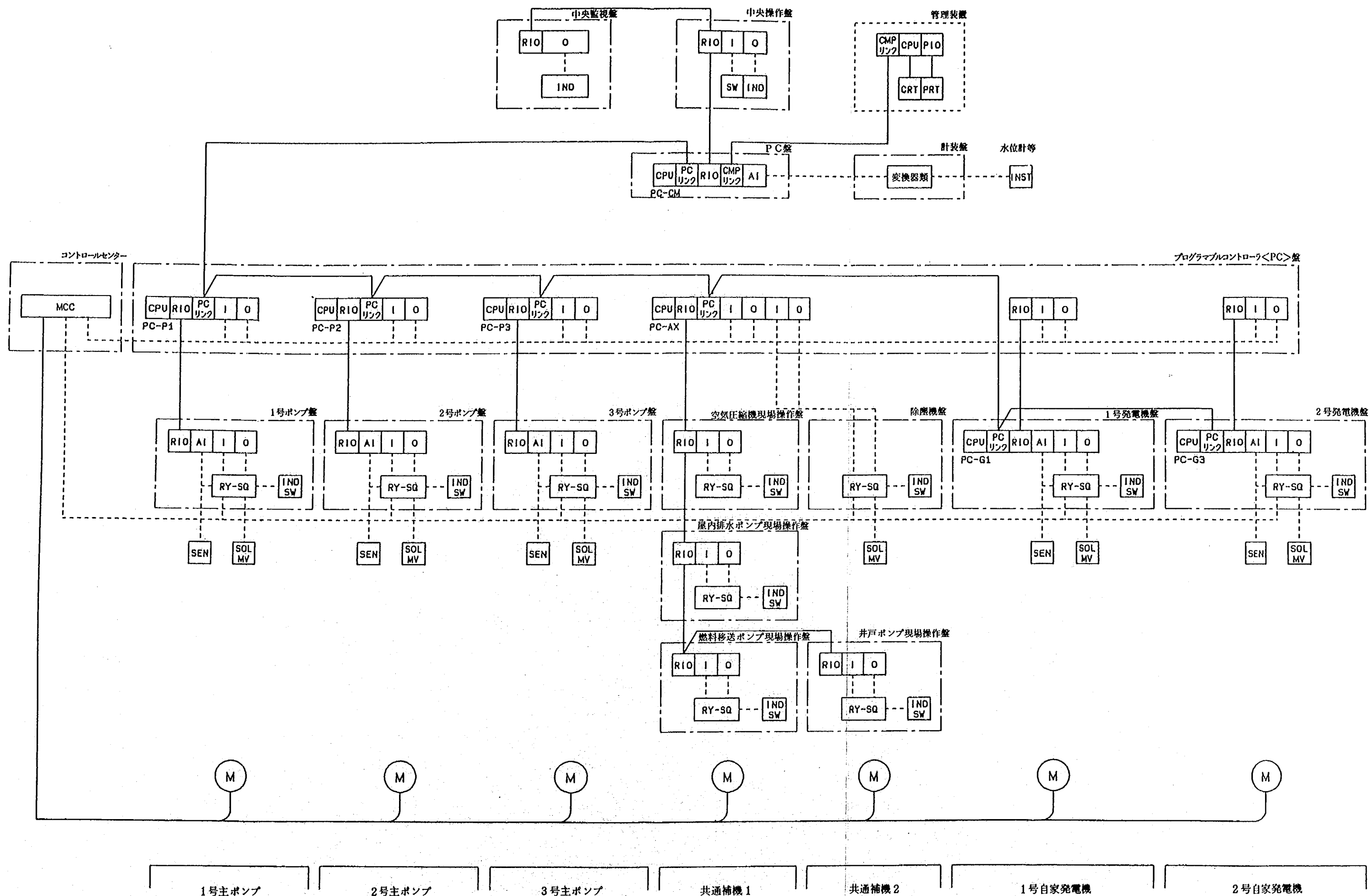
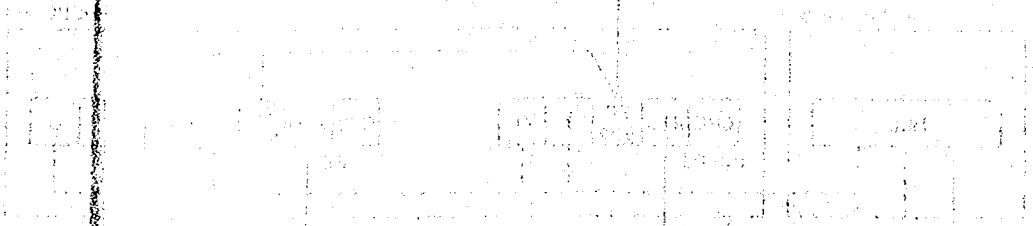


図-4.6 システム構成



UNIT 1

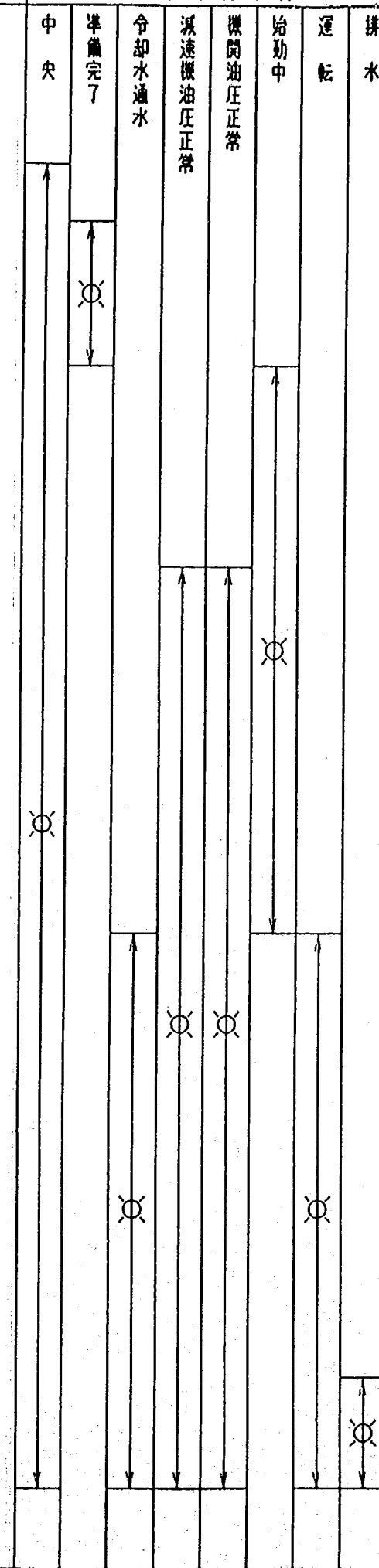
100	101
102	103
104	105
106	107
108	109
110	111
112	113
114	115
116	117
118	119
120	121
122	123
124	125
126	127
128	129
130	131
132	133
134	135
136	137
138	139
140	141
142	143
144	145
146	147
148	149
150	151
152	153
154	155
156	157
158	159
160	161
162	163
164	165
166	167
168	169
170	171
172	173
174	175
176	177
178	179
180	181
182	183
184	185
186	187
188	189
190	191
192	193
194	195
196	197
198	199
200	201
202	203
204	205
206	207
208	209
210	211
212	213
214	215
216	217
218	219
220	221
222	223
224	225
226	227
228	229
230	231
232	233
234	235
236	237
238	239
240	241
242	243
244	245
246	247
248	249
250	251
252	253
254	255
256	257
258	259
260	261
262	263
264	265
266	267
268	269
270	271
272	273
274	275
276	277
278	279
280	281
282	283
284	285
286	287
288	289
290	291
292	293
294	295
296	297
298	299
300	301
302	303
304	305
306	307
308	309
310	311
312	313
314	315
316	317
318	319
320	321
322	323
324	325
326	327
328	329
330	331
332	333
334	335
336	337
338	339
340	341
342	343
344	345
346	347
348	349
350	351
352	353
354	355
356	357
358	359
360	361
362	363
364	365
366	367
368	369
370	371
372	373
374	375
376	377
378	379
380	381
382	383
384	385
386	387
388	389
390	391
392	393
394	395
396	397
398	399
400	401
402	403
404	405
406	407
408	409
410	411
412	413
414	415
416	417
418	419
420	421
422	423
424	425
426	427
428	429
430	431
432	433
434	435
436	437
438	439
440	441
442	443
444	445
446	447
448	449
450	451
452	453
454	455
456	457
458	459
460	461
462	463
464	465
466	467
468	469
470	471
472	473
474	475
476	477
478	479
480	481
482	483
484	485
486	487
488	489
490	491
492	493
494	495
496	497
498	499
500	501
502	503
504	505
506	507
508	509
510	511
512	513
514	515
516	517
518	519
520	521
522	523
524	525
526	527
528	529
530	531
532	533
534	535
536	537
538	539
540	541
542	543
544	545
546	547
548	549
550	551
552	553
554	555
556	557
558	559
560	561
562	563
564	565
566	567
568	569
570	571
572	573
574	575
576	577
578	579
580	581
582	583
584	585
586	587
588	589
590	591
592	593
594	595
596	597
598	599
600	601
602	603
604	605
606	607
608	609
610	611
612	613
614	615
616	617
618	619
620	621
622	623
624	625
626	627
628	629
630	631
632	633
634	635
636	637
638	639
640	641
642	643
644	645
646	647
648	649
650	651
652	653
654	655
656	657
658	659
660	661
662	663
664	665
666	667
668	669
670	671
672	673
674	675
676	677
678	679
680	681
682	683
684	685
686	687
688	689
690	691
692	693
694	695
696	697
698	699
700	701
702	703
704	705
706	707
708	709
710	711
712	713
714	715
716	717
718	719
720	721
722	723
724	725
726	727
728	729
730	731
732	733
734	735
736	737
738	739
740	741
742	743
744	745
746	747
748	749
750	751
752	753
754	755
756	757
758	759
760	761
762	763
764	765
766	767
768	769
770	771
772	773
774	775
776	777
778	779
780	781
782	783
784	785
786	787
788	789
790	791
792	793
794	795
796	797
798	799
800	801
802	803
804	805
806	807
808	809
810	811
812	813
814	815
816	817
818	819
820	821
822	823
824	825
826	827
828	829
830	831
832	833
834	835
836	837
838	839
840	841
842	843
844	845
846	847
848	849
850	851
852	853
854	855
856	857
858	859
860	861
862	863
864	865
866	867
868	869
870	871
872	873
874	875
876	877
878	879
880	881
882	883
884	885
886	887
888	889
890	891
892	893
894	895
896	897
898	899
900	901
902	903
904	905
906	907
908	909
910	911
912	913
914	915
916	917
918	919
920	921
922	923
924	925
926	927
928	929
930	931
932	933
934	935
936	937
938	939
940	941
942	943
944	945
946	947
948	949
950	951
952	953
954	955
956	957
958	959
960	961
962	963
964	965
966	967
968	969
970	971
972	973
974	975
976	977
978	979
980	981
982	983
984	985
986	987
988	989
990	991
992	993
994	995
996	997
998	999
1000	1001



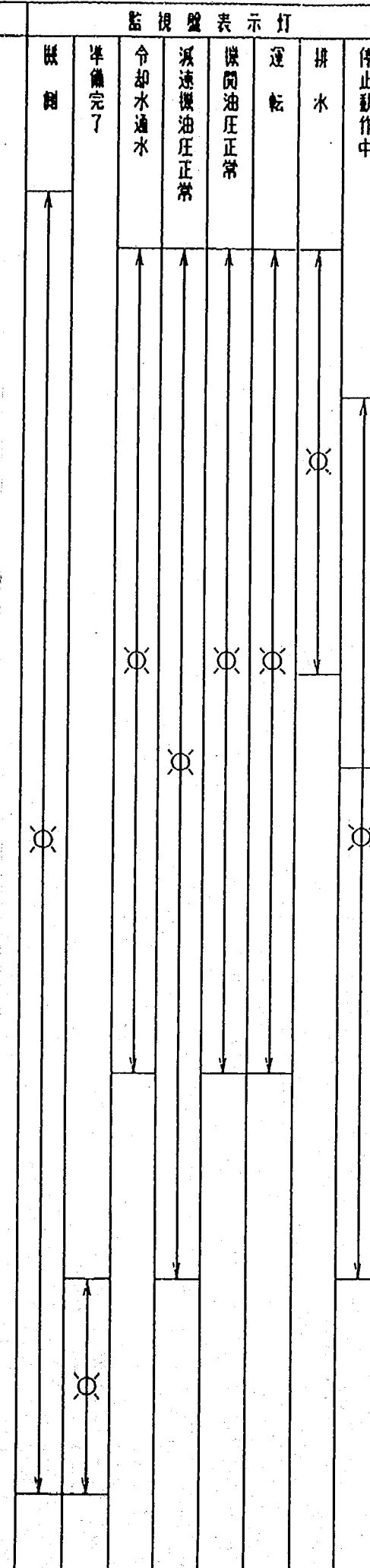
4.5 操作・制御則の整理

ポンプ及び補機の制御ブロック図を作成し、制御内容の詳細を明確にするとともに、補助継電器とのバックアップ等について検討する。

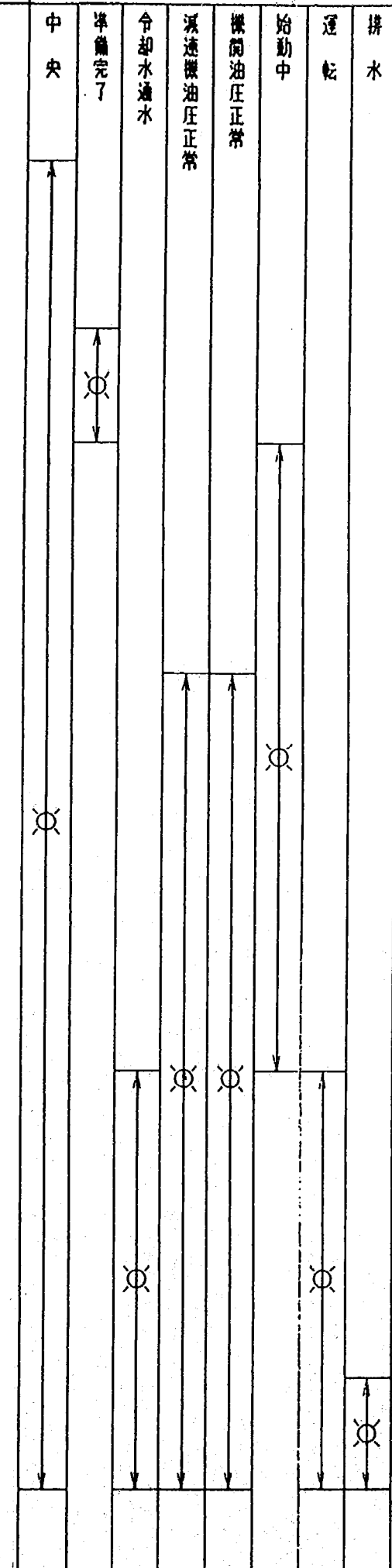
ブロック図については、添付図--4.7 制御ブロック図を参照のこと。



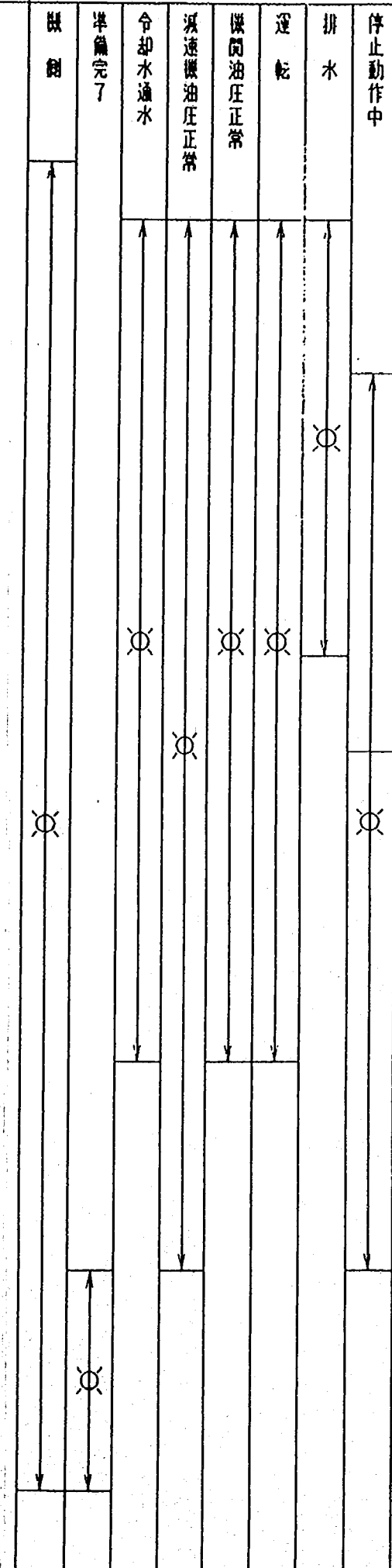
001



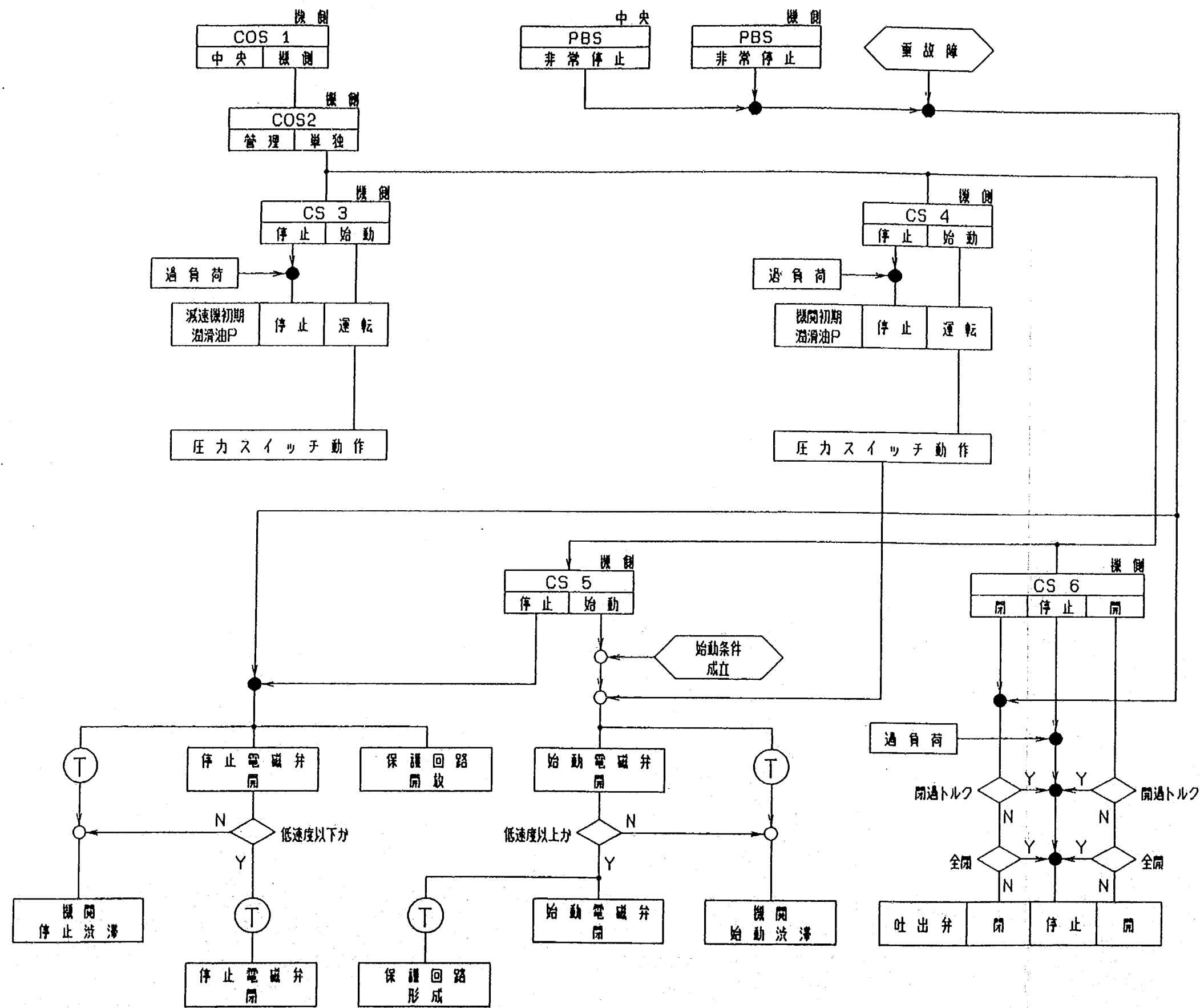
排水ポンプ
中央一連動，半連動
(停止時)
ブロック線図



003



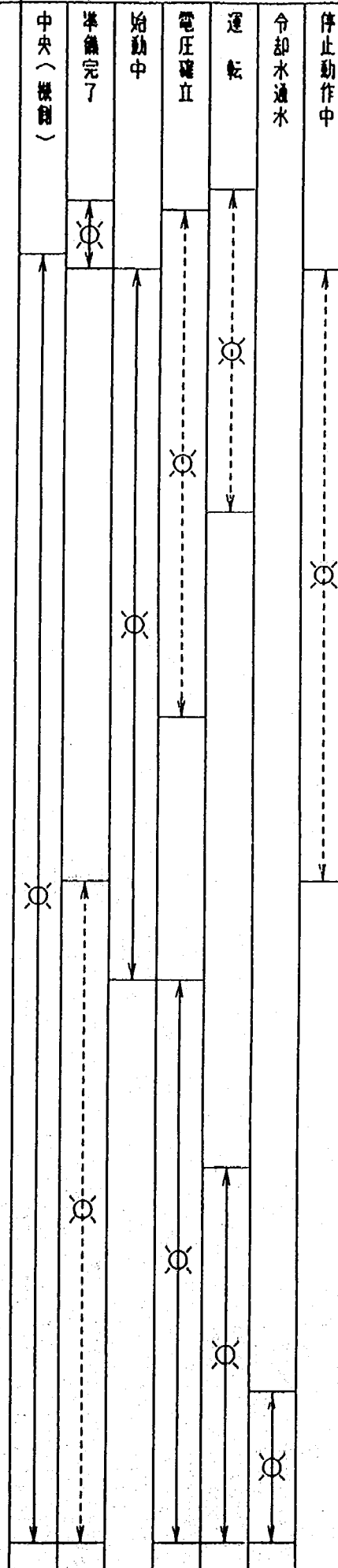
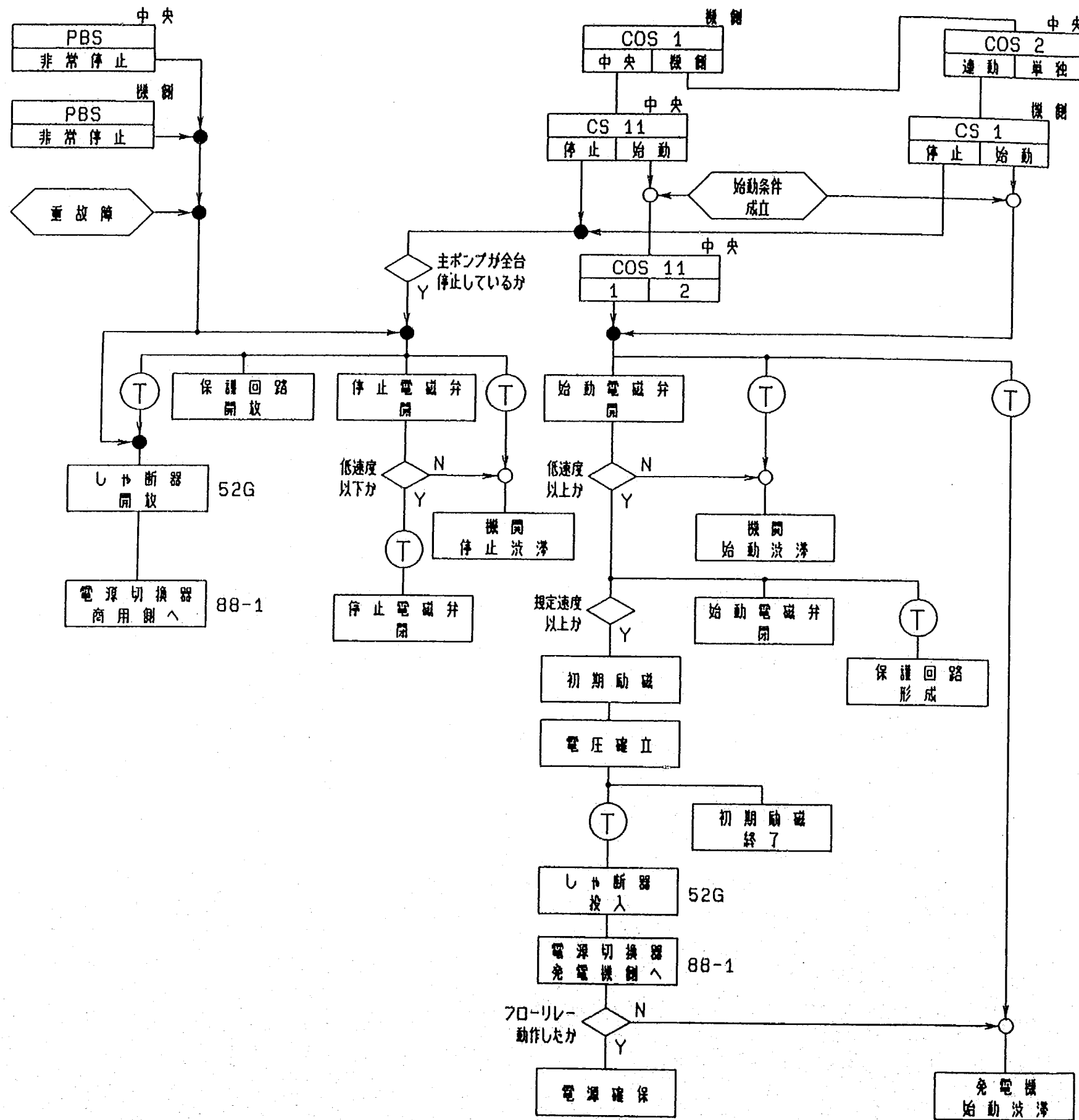
排水ポンプ
機側—管理
(停止時)
ブロック線図



005

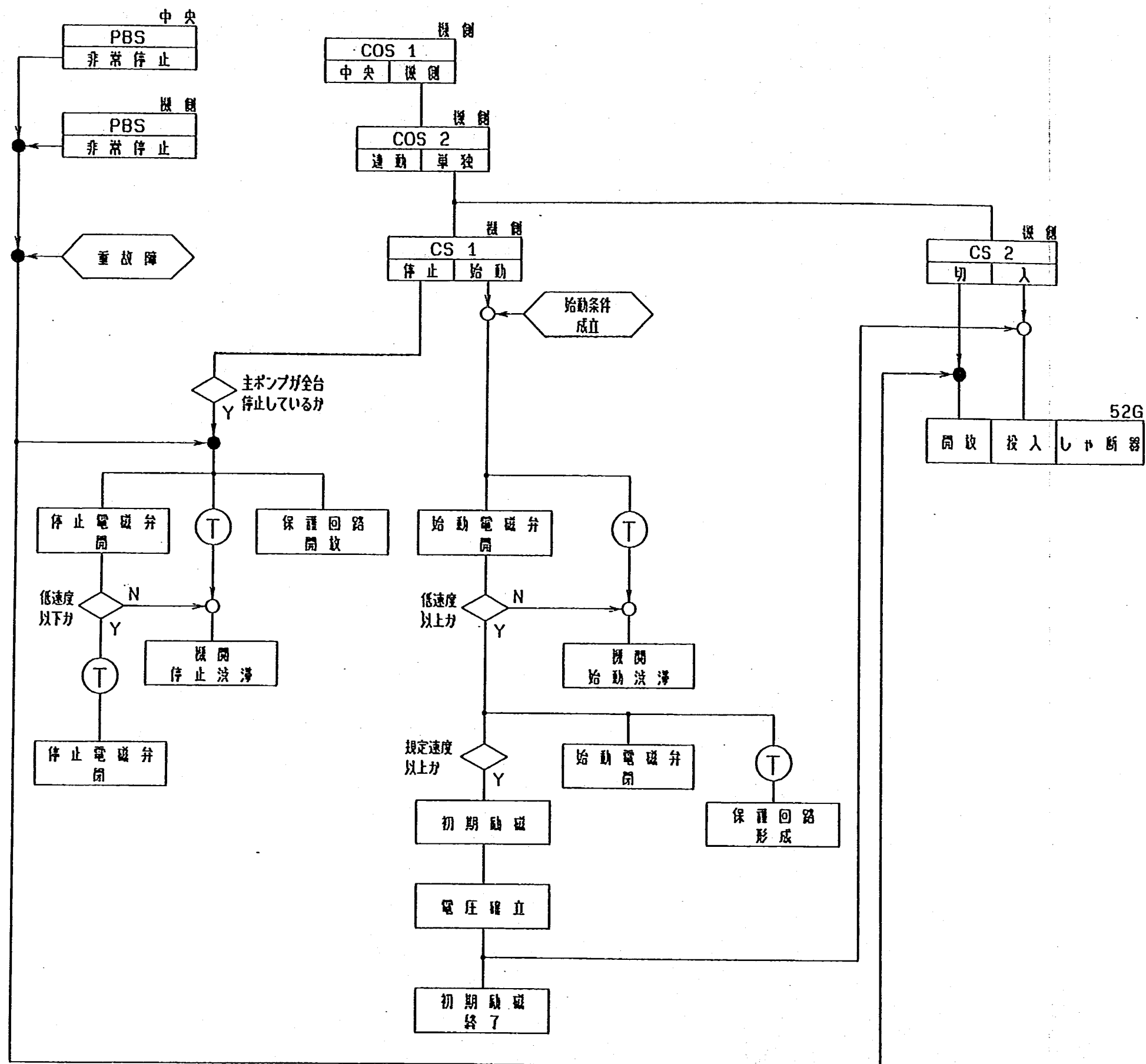
排水ポンプ
機側-単独

ブロック線図



自家発電設備
中央-連動, 機側-連動

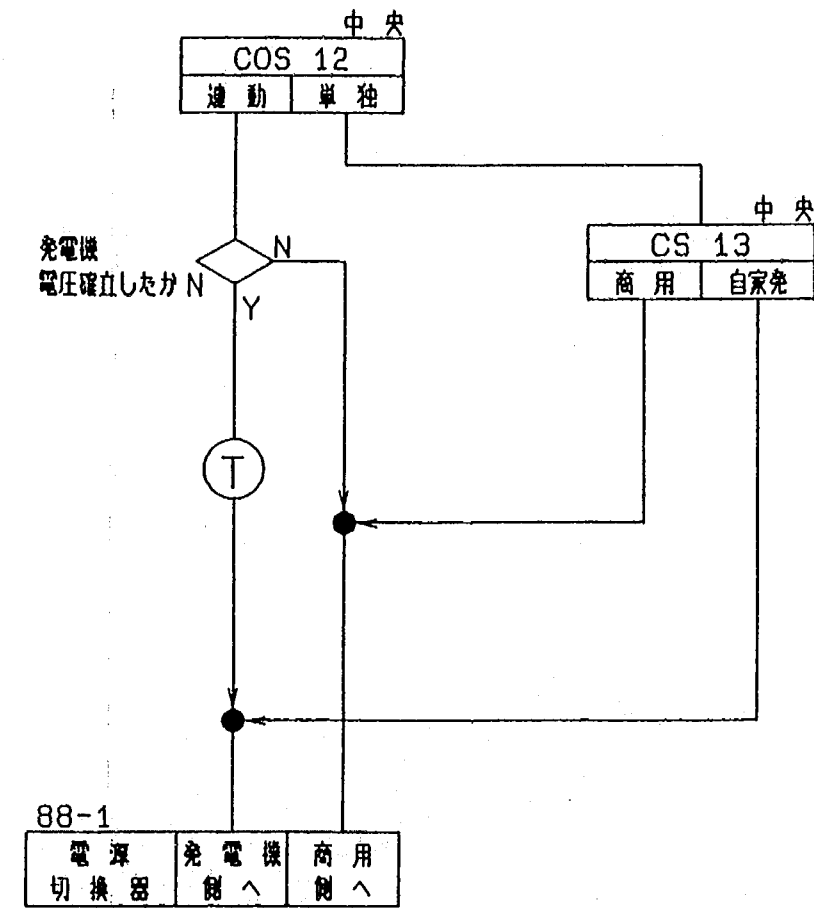
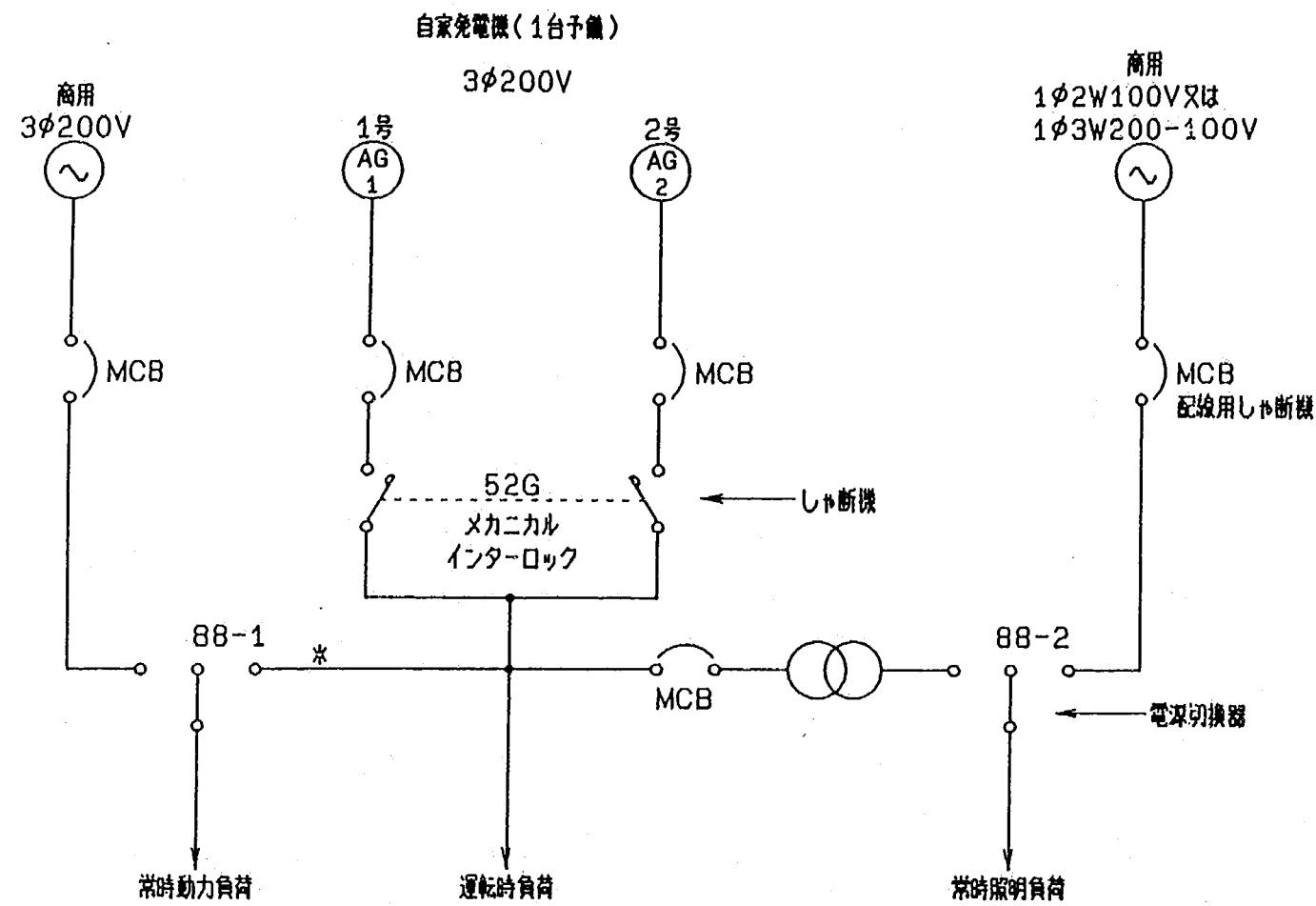
ブロック線図



007

自家発電設備
機側一単独

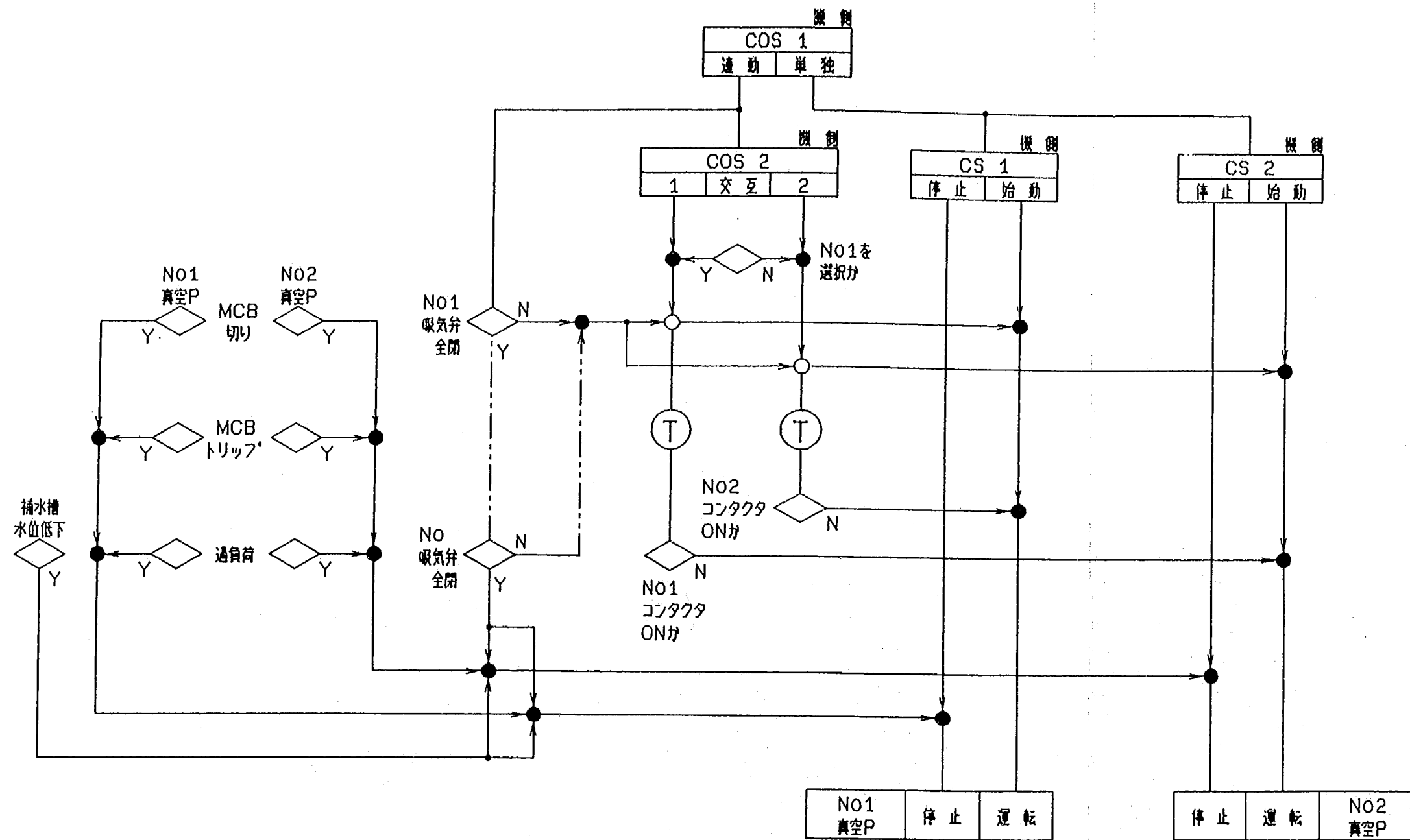
ブロック線図

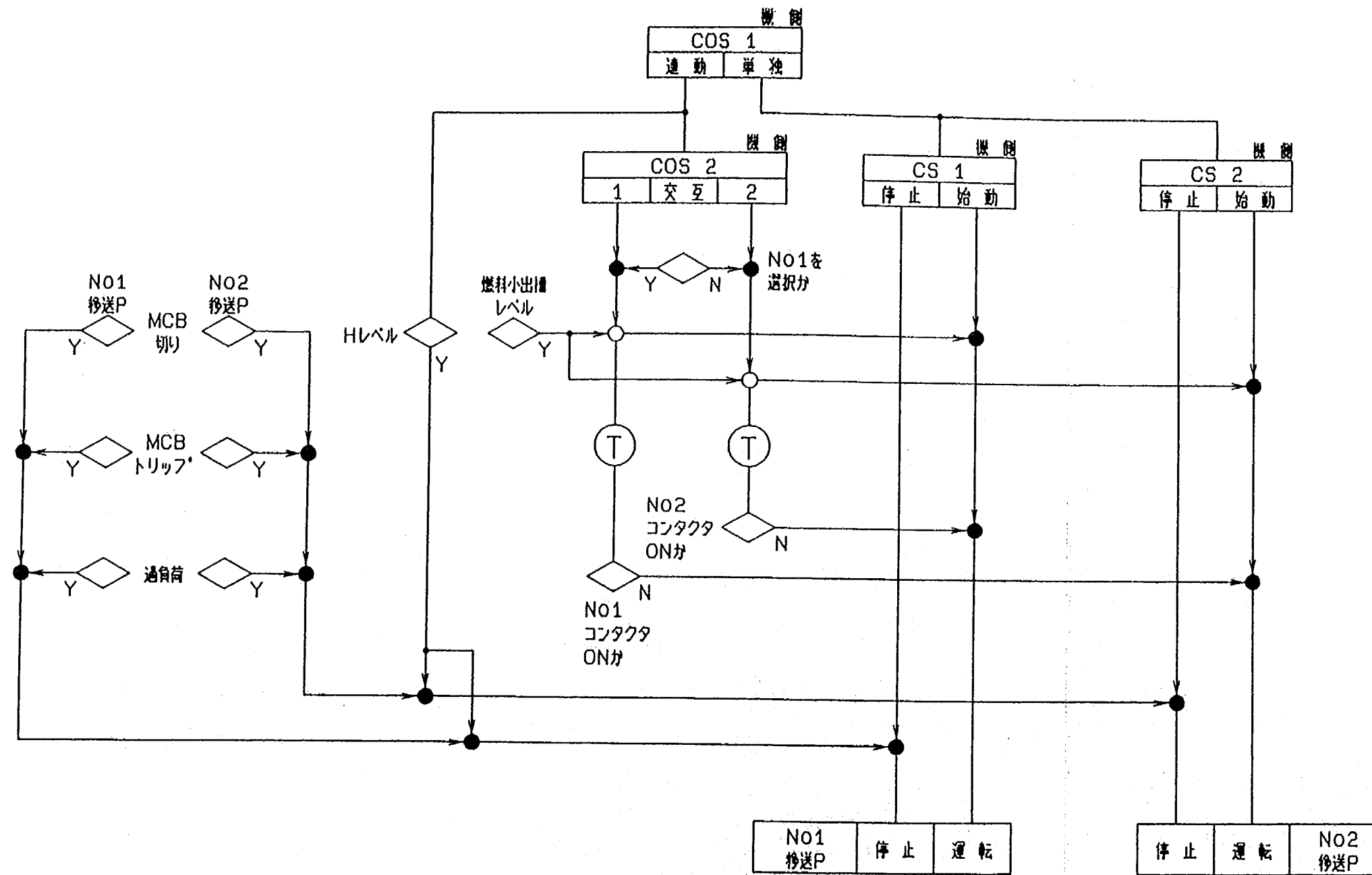


008

電源切替設備

ブロック線図

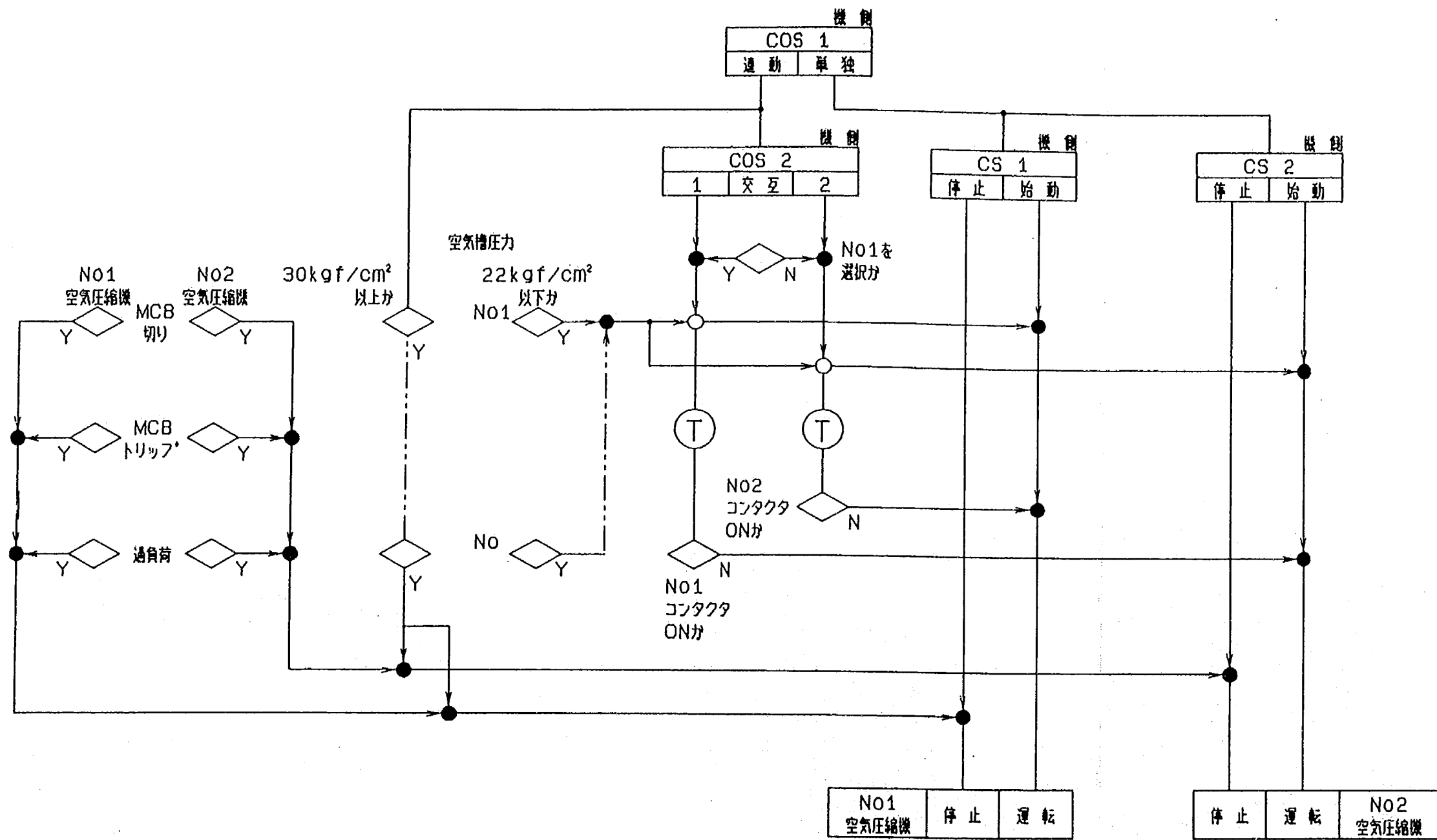




010

燃料移送ポンプ

ブロック線図



011

空気圧縮機
ブロック線図



4.6 特記仕様事項

前項までの検討に基づき、特記仕様書（例）を作成する。

(1) 一般仕様

周囲温度 0～55℃

周囲湿度 10～90%RH（結露しないこと）

電 源 AC100～120V 50Hz

耐電圧 AC150V 1分間

接 地 第3種専用接地

(2) プログラマブルコントローラ盤

形 式 屋内自立形

構 造 前面、後面扉式

数 量 主ポンプ制御用 3台（3面）

共通補機用 1台（1面）

監視制御用 1台（1面）

自家発リモート用 2組（1面）

注）自家発用PCは各発電機盤収納

装備器具

プログラマブルコントローラ

数 量	1式
プロセッサ	32ビット
メモリ素子	CMOS RAM
プログラムメモリ	64Kステップ
データメモリ	192Kワード
命令セット	ラダーダイアグラム データフロー他

プロセス入出力装置

数 量	1式
-----	----

アナログ入出力基板

デジタル入出力基板

パルス入出力基板

その他必要品

4.7 P Cとリレーの比較

参考までに、補助継電器盤採用案とP C採用案について、経済性、必要スペース及びそれぞれの特長につき比較する

(1) 経済性

ケーススタディ対象機場の電気設備費につき上記両案での概算比較は、添付表—4.6の通りである。

全体の電気設備費では両案ともほぼ同等であり、配線工事の容易さ等の観点からP C採用案の方がやや有利であるといえる。

(2) スペース

必要スペースの面では両案ともほぼ同等といえるが、P Cの分散化及び補助継電器によるバックアップ等を考慮した設計を採用しているため、ややP C採用案の方が必要スペースは大きいといえる。

必要面数のについては、添付表—4.6を参照のこと。

表-4.6 補助継電器盤採用案とP C 盤採用案の経済比較(例)

〔金額単位：千円〕

No.	補助継電器盤採用案			P C 盤採用案			備 考
	機 器 名 称	数 量	概 算 金 額	機 器 名 称	数 量	概 算 金 額	
1	動力受電盤	1 面	5,000	動力受電盤	1 面	5,000	
2	照明受電盤	1 面	5,000	照明受電盤	1 面	5,000	
3	発電機盤	2 面	12,000	発電機盤	2 面	12,000	
4	直流電源盤	1 面	8,000	直流電源盤	1 面	8,000	
5	コントロールセンタ	5 面	20,000	コントロールセンタ	5 面	20,000	
6	補助継電器盤	5 面	35,000	P C 盤	6 面	36,000	
7	計装盤	1 面	8,000	計装盤	1 面	8,000	
8	主ポンプ現場操作盤	3 面	6,000	主ポンプ現場操作盤	3 面	12,000	
9	空気圧縮機現場操作盤	1 面	800	空気圧縮機現場操作盤	1 面	800	
10	屋内排水ポンプ現場操作盤	1 面	800	屋内排水ポンプ現場操作盤	1 面	800	
11	燃料移送ポンプ現場操作盤	1 面	800	燃料移送ポンプ現場操作盤	1 面	800	
12	井戸ポンプ現場操作盤	1 面	800	井戸ポンプ現場操作盤	1 面	800	
13	除塵機盤	1 面	4,000	除塵機盤	1 面	4,000	
14	監視盤	1 面	25,000	監視盤	1 面	20,000	
15	操作盤	1 面	10,000	操作盤	1 面	7,000	
	合 計		141,200	合 計		140,200	

あ と が き

本調査は、排水機場の制御機器として過去から現在にわたって使用されている有接点レリーの欠点を改善する方法の一つとして、欠点の主要因を取り除く無接点制御機器に注目し、またその利用が排水機場であることから、プログラマブルコントローラ（略称P C）を調査・検討の対象としてとり上げた。

本報告書は、このような背景において、排水場におけるP Cの適用性を調査及び検討を行い、その結果に基づいて、P Cを用いる際の計画及び設計段階における留意点について計画設計要領（素案）としてまとめたものである。

調査の結果、従来の有接点リレー、P Cの両者とも利点・欠点を持っており、従来の機器が全てP Cにとって替わるといったことは、現在では困難であると判断された。結論としては、「排水機場全体の信頼性、制御内容、使用環境などから判断し、これまでの有接点リレーとP Cとを使い分けることより、有効な制御が実現される。」との方向性の示唆に留めるに至った。

今後、高度な制御等を行う場合にP Cを検討等される際に、本調査結果がその一助となれば幸いと考える次第である。

最後に、本調査を行うにあたり、貴重なご助言並びにご指導いただきました建設経済局建設機械課池田課長（現 東北地方建設局東北技術事務所 工作課長）及び同 渡辺係長（現 近畿地方建設局福井工事事務所 機械課長）、調査の実施に多大なご強力いただきました社団法人 河川ポンプ施設技術協会の皆様に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 揚排水ポンプ設備技術基準(案)解説 平成2年1月(社)河川ポンプ施設技術協会
- 2) 汎用プログラマブルコントローラ定期点検のすすめ 平成元年11月(社)日本電機工業会
- 3) 飛躍するプログラマブルコントローラ 1991年度版(社)日本電機工業会
- 4) 電源・操作機器の開発 昭和60年3月(社)日本建設機械化協会
- 5) 排水機場設計合理化検討業務報告書 昭和62年3月(財)国土開発技術研究センター
- 6) 電気計算 VOL.53 NO.14 1985年11月(株)電気書院
- 7) PC技術動向 II部—120号 昭和56年9月(社)電気学会
- 8) 制御機器の雑音と対策 II部—123号 昭和56年11月(社)電気学会
- 9) PCソフトウェア技術動向制御機器ノイズ試験法 I部—142号 昭和61年9月(社)電気学会
- 10) 製鉄主要プロセスにおける制御システム構成 II部—288号 昭和63年12月(社)電気学会
- 11) 制御機器の正しい使い方(PC編) 1985年10月 日本電機制御機器工業会
- 12) PC応用マニュアル 昭和58年9月三菱電機(株)
- 13) ノイズ対策最新技術 1986年7月(株)総合技術出版
- 14) ノイズトラブル相談室 昭和61年9月(株)電研精機研究所
- 15) 省力と自動化 1988年4月
- 16) 日立評論VOL.70 1988年10月(株)日立製作所

新しい技術情報

排水機場設備における新しい制御機器
—プログラマブルコントローラの利用—

排水機場の制御機器

排水機場機械設備の操作制御機器は、従来から有接点リレーを中心に構成されています。その一方で、制御内容の複雑化や設備の合理化などを目的として、排水機場における制御機器としては新しいプログラマブルコントローラ (Programmable Controller, 以下PCと記す) の導入が検討され、僅かですが利用されつつあります。平成2年1月に改正されました「揚排水ポンプ設備技術基準 (案) 解説」の第10章では、新たにPC使用における注意事項等が示されました。ここでは、これまであまり耳になかったPCの概要について紹介します。

PCとは?

排水機場の様に“あらかじめ定められた順序または条件にしたがって制御の各段階を逐次進めていく制御”をシーケンス制御と言い、リレーを用いた制御をリレーシーケンス制御と呼んでいます。PCは、デジタル又はアナログ入出力装置を通して、理論演算、順序制御、タイマ、カウンタ、算術演算などを特定の命令語でメモリにシーケンスをプログラム化したものを記憶し、機械やプロセスを制御するデジタル動作の電子装置です。

PCの発端は、1969年に米国自動車メーカであるGM社が産業用の制御装置に対して示した要求書に端を発し、1976年にはシーケンスコントローラの規格が制定され、その後最近のIC (Integrated Circuit) やLSI (Large Scale Integrated Circuit) 等を中心としたエレクトロニクス技術および制御技術の目覚ましい進歩・発展に伴って、PCも価格が安く性能も向上してきました。

PC利用の理由

図-1に一般的な排水機場設備の概要を示します。内水排除の際には、ポンプを回すエンジンの始動や水位センサからの信号、水面に浮いているゴミを取除くコンベアの作動など幾つもの機器やセンサからの信号を動作・制御する必要があります。これらの制御を行う機器として、現在使われ

ているリレーとは別にPCに目が向けられる主な理由としては、以下の事項が挙げられます。

- ①操作制御機能の向上
- ②制御装置の小型化
- ③配線工事線数の削減

すなわち、これらは先述基準 (案) 改正の基本方針である維持管理の簡素化、機場のコンパクト化にも通ずるものと考えられます。①及び②を目的として検討・導入がなされつつあることは、リレーとPCとの得失比較による一つの結論を示していると言えます。すなわち、複雑な制御で制御量が多い場合などには、リレーよりPCの活用が検討される傾向にあるということです。③についても、リモートI/O (Input/Output) と呼ばれる入出力ユニットの使用により配線数が削減されるというPCの利点を利用しているのです。この他の導入理由としては、制御内容の変更が容易、将来拡張するため、上位コンピュータとの結合を行うなど特殊な仕様・用途に対応して検討・使用されているのも特徴の一つです。また、将来的な排水機場の運転操作員不足への対応として、排水機場の運転支援などに活用されることも考えられます。

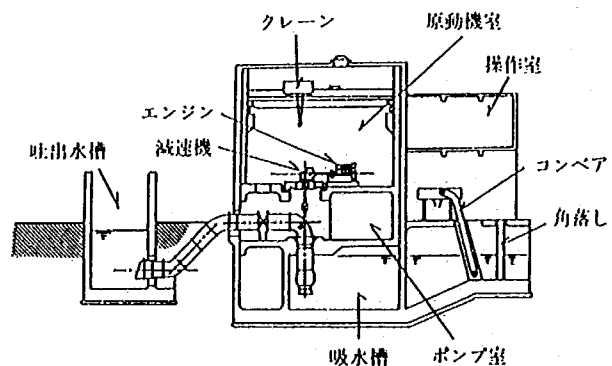


図-1 排水機場設備の概要

写真-1に従来から使用されている電磁式リレー (単体) を、また、写真-2にはPC (単体) の外観を示します。実際にはリレーは、写真にあ

様な部品が設備の制御内容によって多数個を配置し、接続されています。P Cの場合は、センサ等からの外部入力信号や各機器等への外部出力信

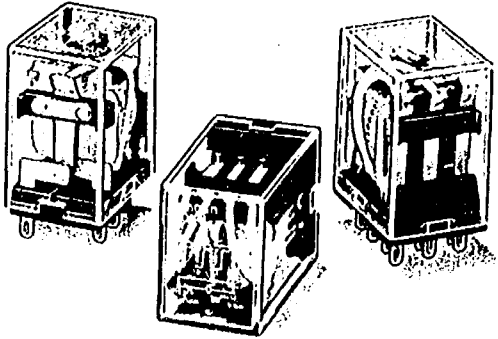


写真-1 電磁式リレー (例)

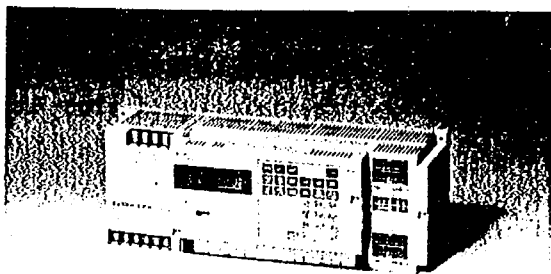


写真-2 プログラマブルコントローラ (例)

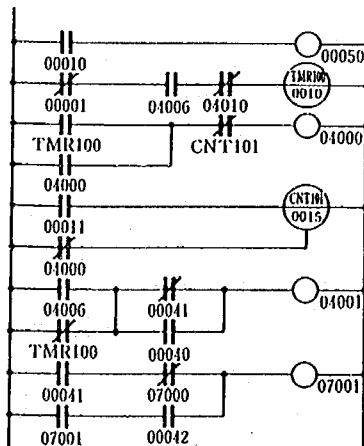


図-2 制御プログラム例 (ラダー方式)

号の数やメモリ容量などによってP C本体の大きさや数は変化しますが、制御に関する主な手順は、例えば図-2に示した様なシーケンスプログラムとしてP Cが内部に持っているメモリに記憶し格納しておき、制御を行います。現在、このプログ

ラム言語はP Cの種類により図に示したラダーの他に数種類あり、ユーザとしては統一化が望まれるところです。いずれの場合でも、実行命令が下ると、シーケンス回路やプログラムされた手順にしたがって制御を行っていくことになります。

排水機場の環境条件

排水機場の機器設置環境条件は、調査データによれば、通常人間が介在しているような一般的な工場と比較すると全般的に厳しい環境といえます。図-3にその一例として排水機場の閉め切られた密閉状態に近い環境にある部屋の温・湿度環境条件の推移状況を示します。

絶対湿度が安定していることから、相対湿度が上下することによって相対湿度も逆比例していることがわかります。厳しい雰囲気には繰り返し曝すことは部品等の経年変化を促進させ、部品の寿命を縮めたり、故障の原因にもつながります。当然のことながら排水機場で使用される機器は、このような環境条件を改善・克服していなければなりません。P Cについても、基準(案)において使用温湿度の条件が示されていますが、耐環境性と対策コストとのバランスもポイントになると思われます。

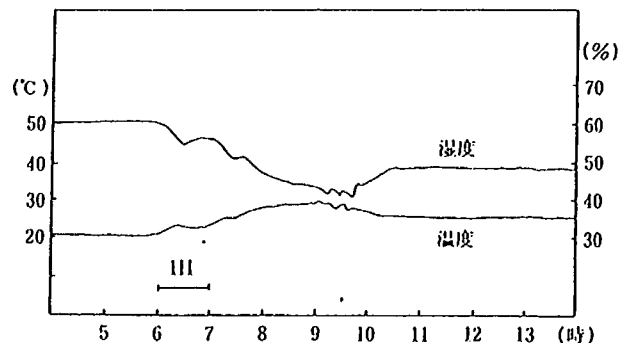


図-3 排水機場の温度湿度の変化の一例

おわりに

P Cは、装置の簡素化や合理化に道を開くものでありますが、電子装置特有の性質を有しており、リレーとは性格や得意分野が異なることから、今後、これらの得失を生かした使い方を検討しながら活用していくことになるでしょう。

建設省土木研究所機械施工部機械研究室 杉山 篤
竹田英之

排水機場機械設備の設計標準化に
関する調査

—排水機場へのプログラマブルコントローラの適用—

I S S N 0386-5878
土 研 資 料 第3152号
平成4年12月 (1992)

杉山 篤 竹田 英之
大城 智

要 旨 排水機場機械設備の操作制御装置は、従来から有接点リレーを中心に構成されている。その一方で、制御内容の複雑化や設備の合理化を目的として、機場としては新しい機器であるプログラマブルコントローラ(P C)の使用が検討され、その数は僅かではあるが導入がされつつある。

本調査では、排水機場の操作制御装置へのP Cの適用において、ユーザサイドに立脚した基本的な計画設計条件を明確にし、P C装置の計画設計要領(案)としてとりまとめた。

キーワード：プログラマブルコントローラ、無接点、ノイズ対策、多重化システム、分散システム、バックアップシステム、環境条件

郵便はがき

郵便切手を
はって下さ
い

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
機械施工部機械研究室
行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 121

No. 121

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第3152号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印