

50MW蒸気発生器試験施設計算機応用(II)

— 運転監視システムの開発(その2) —



1982年8月

| 技術資料コード | |
|---|-------------|
| 開示区分 | レポートNo. |
| | N941 82-182 |
| <p>この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です</p> <p>動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室</p> | |

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

50MW 蒸気発生器試験施設計算機応用(Ⅱ)

— 運転監視システムの開発(その2) —

玉山清志

要 旨

近年、原子力発電プラントの安全性の確立、稼働率の向上を目的に運転監視システムの開発の必要性が高まっている。高速炉への適用を目的として50 MW蒸気発生器試験施設に於て運転監視システムが開発され適用されている。本報告書は前回報告書“50 MW蒸気発生器試験施設計算機応用Ⅰ”に引続き1979年4月から1981年8月までの間に実施された実証試験による微分警報と到達時間予測警報の開発状況を述べる。またCRT上への表示システム、データ収録システム及び解析支援システムについても報告する。これらの実証試験の結果、この度開発した技術は高速炉の運転監視に有効であるとの結論を得た。

Aug. 1982

Computer Application Techniques at 50MW Steam Generator Test Facility (II)

Development of operation surveillance (or operation monitoring)
system for FBR plant (II)

Kiyoshi Tamayama*

Abstract

Recently surveillance systems for nuclear power plants are required for the improvement of plant safety and availability.

To establish the surveillance system of the fast breeder reactor, some techniques have been developed and applied to the 50MW Steam Generator Test Facility.

Succeeding preliminary report "¹⁾Computer Application Techniques at 50MW Steam Generator Test Facility (I)", development and improvement of a differential alarm and prediction method of the time of anomalous occurrence are discussed.

Also improvement of digital and graphic outputs by cathode ray tubes, data recording system and analyze aid system are reported.

It was concluded by evaluation of the test results that those techniques are useful for the fast breeder reactor after some minor modification.

* Reactor Engineering Section, FBR Safety Engineering Division, O-arai Engineering Center, PNC.

目 次

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 1 | はじめに | 1 |
| 2 | 微分警報と到達時間予測警報 | 2 |
| 2.1 | 概 要 | 2 |
| 2.2 | 結 果 | 3 |
| 2.3 | ま と め | 3 |
| 3 | デジタル入力変化チェック（トリップシーケンス） | 8 |
| 3.1 | 機 能 | 8 |
| 3.2 | ま と め | 8 |
| 4 | 施設運転履歴調査用データの収録 | 11 |
| 4.1 | 目 的 | 11 |
| 4.2 | 機 能 | 11 |
| 4.3 | ま と め | 12 |
| 5 | タグナンバーによるデータ表示方式 | 15 |
| 5.1 | 概 要 | 15 |
| 5.2 | 実 例 | 15 |
| 5.3 | ま と め | 16 |
| 6 | 予熱温度監視 | 23 |
| 6.1 | 50 MW蒸気発生器試験施設での予熱監視 | 23 |
| 6.2 | 予熱監視方法 | 23 |
| 6.3 | ま と め | 24 |
| 7 | データ収録システム | 25 |
| 7.1 | 収録方法の一般的分類 | 25 |
| 7.2 | 50 MW蒸気発生器試験施設での収録システム | 27 |
| 8 | グラフィック ディスプレイによる運転監視 | 30 |
| 8.1 | グラフィック ディスプレイの特徴 | 30 |
| 8.2 | 機 能 | 30 |
| 8.3 | ま と め | 31 |
| 9 | 解析及び試験の支援機能 | 35 |
| 9.1 | 概 要 | 35 |
| 9.2 | 機 能 | 35 |
| 9.3 | ま と め | 36 |
| 10 | 終わりに | 41 |

| | |
|---------------------|----|
| 参考文献 | 42 |
| 付録-1 50 MW蒸気発生器試験施設 | |
| 計算機システムの概略 | 43 |
| 付録-2 オートスケール・プログラム | 43 |
| 付録-3 プラントデータ表示用変換 | 47 |
| 付録-4 計算機入力データの補正方法 | 48 |

図 目 次

| | | |
|-------|----------------------------|----|
| 図 2.1 | プラント異常診断システム | 4 |
| 図 2.2 | 原 理 | 5 |
| 図 2.3 | ラインプリンタ印字例 | 6 |
| 図 3.1 | ラインプリンタ印字例 | 10 |
| 図 5.1 | タグナンバー命名規約 | 17 |
| 図 5.2 | タグナンバー一欄表のメニュー | 19 |
| 図 5.3 | 2次ナトリウム系タグナンバー表 | 20 |
| 図 5.4 | タグナンバー略称自動表示例 | 21 |
| 図 5.5 | タグナンバー及び名称ファイル | 22 |
| 図 8.1 | 時系列グラフ表示 | 32 |
| 図 8.2 | ポンプ特性グラフィック表示 | 33 |
| 図 8.3 | 蒸気発生器内部特性表示 | 34 |
| 図 9.1 | 実験条件表(1) | 37 |
| 図 9.2 | 実験条件表(2) | 38 |
| 図 9.3 | 実験条件表(3) | 39 |
| 図 9.4 | 実験条件表(4) | 40 |
| 付図 1 | 計算機システム概要図 | 45 |
| 付図 2 | X-Yプロッター用自動AXISスケーリングプログラム | 46 |

表 目 次

| | | |
|-------|--------------------|----|
| 表 2.1 | 微分警報等警報発生状況調査一覧 | 7 |
| 表 4.1 | 運転履歴入力一覧表 | 13 |
| 表 5.1 | 計装点名称の表示方法による長所・短所 | 15 |
| 表 5.2 | タグナンバー一覧表区分 | 18 |
| 表 7.1 | 収録方法の分類 | 29 |

第1章 はじめに

近年、原子力プラントの安全性の確立、稼働率向上を目的として運転監視システムの重要性が認識され各国で開発が進められている。高速増殖炉（FBR）の開発は世界的に原型炉・実証炉の段階であり運転監視システムについても検討が始められたところであるがその重要性は軽水炉と同様である。原型炉「もんじゅ」においても運転監視についての検討が進められており何らかのものが採用されることとなると考えられる。

運転監視システムにおいてはプラント用計算機の利用技術がその中心となる。そしてその技術は運転要領の確立、制御盤及び制御室設計、マンマシンコミュニケーション、プラント機器単体異常診断、運転ガイダンス、アナンシェータシステムなどの分野と深く結びついており一部は重複している。最終的にはこれらの技術をバランスよくとり入れてオペレーション・ミス防止、機器異常の早期検出、プラント異常発生時の早期収束化、機器疲労の低減化を実現しなければならない。

第1報では50 MW蒸気発生器試験施設の計算機システムを用いた運転監視システムについてその内容と使用実績について報告した。本報は前報に引続き微分警報と到達時間予測警報の開発状況と実証試験について述べる。また監視システム開発上の問題点として、CRTへの表示システム、予熱監視について報告する。

またFBRプラントへの計算機応用での問題点としてデータ収録システム、運転履歴、解析支援システム、タグナンバーシステム、入力データの補正方式について、その考察・まとめを述べた。

第2章 微分警報と到達時間予測警報

本章では微分警報と到達時間予測警報が異常診断システム全体の中でどのような位置を占めるか、¹⁾また前報告書¹⁾に引続き行なった実証試験から得られた知見を中心に述べる。

2.1 概 要

本機能はプラントの運転状態の変化をとらえ異常を判定する原理的には簡単な異常診断の一手法である。プラント異常診断の全体概念の一例を図 2.1 に示す。レベルⅠはディシジョンテーブル方式などの様に単純な論理でプラント異常を検知するものである。レベルⅡはプラント異常の原因から結果までの現象を詳細に調査しそれに対応した原因結果トリー (CCT: Cause Consequence Tree) の手法により異常診断するもの、レベルⅢはさらに進んで定量的モデルを用いてプラント状況を監視し、その逸脱から異常を検知する手法である。レベルⅠは各種手法があり実用化されているものも多い。レベルⅡはOECDハルデン炉プロジェクトと西ドイツGRS (Gesellschaft für Reactorsicherheit) とで共同開発されたものとEPRI (Electric Power Research Institute) の委託によるCE, SCIのチームで開発されたものがあり各々130万kw実機PWR及びフルスケールPWRシミュレータへの適用試験を実施しており130万kw規模の実機PWRでの試験も計画されている。レベルⅢについては一部適用試験が行なわれているが各国とも開発途上である。本章で述べる微分警報及び到達時間予測警報はレベルⅠに属するものである。レベルⅠには多重計測系のクロスチェック, 絶対値警報, 第1警報の抽出及び連続事象発生時の不要警報の抑止, ポンプの性能などをチェックするボギー計算, 熱交換器の1次側2次側熱量比較など非常に多くの手法が含まれる。しかしプラントの特性により採用する手法や適用対象は異なり高速増殖炉においても詳細な検討や実証を実施した上でその適用手法, 適用範囲を決定していかなければならない。このため50MW蒸気発生器試験施設で本手法をとり上げ実証試験を行った。本機能の詳細は前報告書¹⁾に述べた。図 2.2 を用いて概略を述べるとまず若干のノイズ除去を施したプラントデータを30秒ごとに収集する。現在時点から2分前までのデータ5点を用いて最小自乗法により直線を算出する。その直接の傾斜 b_a を微分値としこの値が設定値を越えた時に微分警報を発生する。さらに各種のプラント量に対し, 設計条件などによって運転を制限されている値に直線を延長してその値に到達するまでの時間を到達予測時間と名づける。運転操作余裕などから決まる設定時間を定め到達予測時間がその値より小となった場合に到達時間警報を発生する。

運転員に対しては本プログラムによりCRT表示及びアナラッシュエータにて異常発生を知らせる。同時に磁気ディスク上にも異常発生を記録し, それをラインプリンタ印字させる。各系流量や蒸発器出口蒸気温度に本警報システムを適用した結果の一例を図 2.3 に示す。有効性についての詳細な検討は前報告書¹⁾で行った。ここではその後, 運転員に依頼して警報発生ごとに受

けた報告をもとに本監視方法について検討した結果を以下に述べる。1981年6～7月の運転で17回の報告があったがその一覧表を表2.1に示す。到達時間予測警報に関しては測定点の上限又は下限に対して到達予測時間が設定以下となった時である。例えば項目1では当該圧力が上限の65 Kまで251秒で到達すると予測したので警報を発生した。微分警報はそのプロセス量の変化度合（微分値）が設定以上になった時に発生する。項目9においては当該流量変化が1分間に $29 \frac{T}{H}$ ずつの割合で減少したため警報を発生した。状況の欄には運転員による警報発生理由を記した。これら発生警報を分類すると、①操作上問題があったもの1件（表2.1の項目2）、②計装設備不調1件（項目3）、③許容限界内で運転が難しい設計となっているもの（項目4、5）、④インタロック確認の試験実施によるもの（項目11、12、13）、⑤設定値が実際の運転操作よりきびしいもの（項目9、10）、⑥起動停止のために行う通常操作時の過渡変化によって起るもの（項目1、6、7、8、14、15）、⑦等温運転時にナトリウムポンプを起動停止させたために発生したもの（項目16、17）の7つに分類される。①、②、③、④、⑦には本機能が正常に動作したために発生した有効な警報である。⑤、⑥は正常状態で発生した警報であり運転基準とのつきあわせで設定値を変更するか、運転フェーズを計算機にとり入れてそのフェーズでは不要警報が発生しない様にする必要がある。蒸気発生器の起動・停止時には温度・圧力の急激な変化が多く微分値とか到達時間に関しては通常運転時での設定値により評価すると異常の警報を発生することとなる。

2.2 結 果

各系流量や運転上制限の多い蒸発器出口蒸気温度等に対して微分警報または到達時間警報を適用した。本実証試験では前報告書と同様、ミニコンピュータPFU-400（付録-1参照）に本プログラムを作成し、50 MW蒸気発生器試験施設の通水運転・通気運転（負荷運転）時に運用した。

2.3 ま と め

流量などの大きな変化はプラント負荷の変化につながり異常時以外は発生しないだろうとの想定から微分警報による監視システムの開発にとりかかった。また到達時間予測警報はプラント量の変化から設定値に対してどの程度運転操作余裕があるかを推定しその余裕時間から警報を発する従来の絶対値警報への機能追加の形で開発を進めた。前報告書¹⁾及び今回の結果から本システムは有効であることが示された。今回良好な結果が得られたのはプラントデータ入力時のデジタルフィルタが有効に動作したためと考える。フィルタなしでそのまま微分を行なうとパルス状のノイズ変化や小さきざみでも階段状の変化で誤警報を発生する。本システムに対する運転員の受けとり方（オペレータ・アクセプタンス）について以下に考察する。

まず誤情報、冗長警報は決して出してはならないということである。計算機がたびたび誤情報

を発するといざ実際の事故が発生した時役に立たないのは当然である。主として冗長警報を引き起す大きな原因として各運転フェーズに対応した基準を設定せず全てを通常運転時の設定値により判断した事があげられる。すなわち、今回は負荷運転時を想定して設計したため等温運転時（例えばナトリウム流量の急激な変化はかなり許される）や起動・停止時（温度変化が急激な事がある）には大量に警報を発生した。

第2に本システムはプラントの通常運転を想定したシステムであったが本施設では各種のデータ採取を目的とした急激な変化を生ずる試験を実施しておりその時には多くの警報を発生した。今後の高速増殖炉プラントへの適用においてもその運用方法を十分検討した上で設定値を決定することが好ましい。

第3に警報発生時には“WATCH CRT”と書いたアナウンスータ窓が点滅すると同時にCRTに1行英文で内容を表示するため1部では訳のわからない警報だとの批判の声があった。現在、漢字表示システムも実用段階に入りこれを取り入れる必要があると考える。運転員に異常診断結果を受け入れやすい形で提供し、その操作上の判断材料とする事が必要である。今後はプラント状況での警報の抑止の考察と運転員に直観的に理解できるCRT表示方式の検討を行なうべきと考えている。

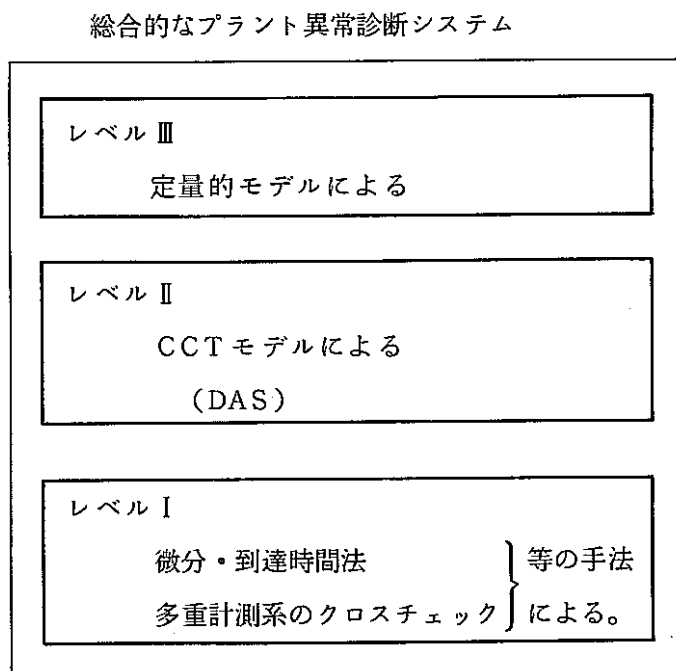


図 2.1 プラント異常診断システム

| | |
|--------|--------------------|
| 微分警報 | $b/a > \text{設定値}$ |
| 到達時間警報 | 到達予測時間 $<$ 設定値 |

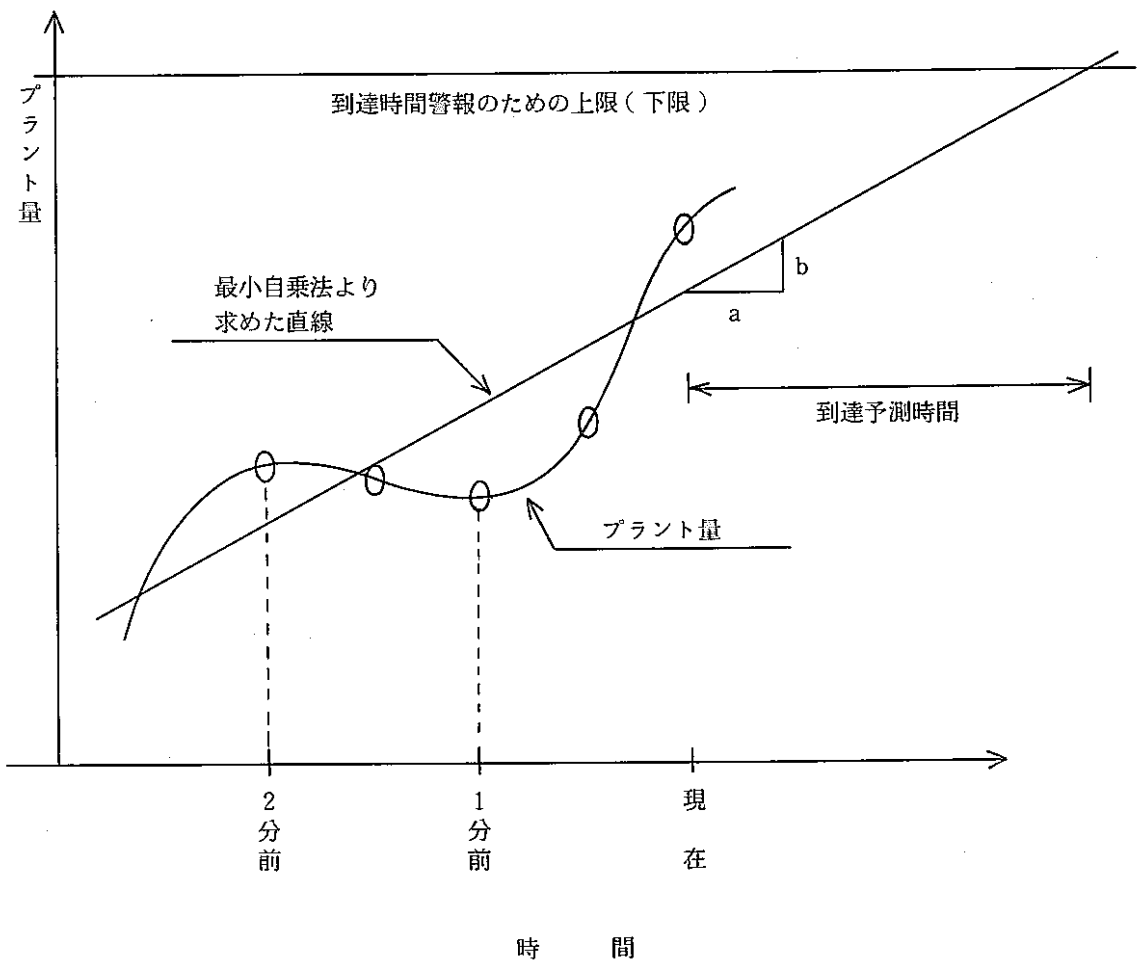


図 2.2 原 理

```

AP05      50MWSG      ** PLANT-IJO YOSOKU **      < LOG DUMP >      81.07.20 04:01:18

63 81.07.12 22:14:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING -111.6374(T/H ) PER MINUTE
64 81.07.12 22:14:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING -134.1749(T/H ) PER MINUTE
65 81.07.12 22:15:56 EV NA LEVEL (L21003) WILL REACH -400.0000(MM ) WITHIN 262.1(SEC)
66 81.07.12 22:15:56 EV OUT STM (T27002) WILL REACH 330.0000( C ) WITHIN 402.0(SEC)
67 81.07.12 22:15:56 EV OUT STM (T27002) IS CHANGING -7.1414(C ) PER MINUTE
68 81.07.12 22:15:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING -166.5560(T/H ) PER MINUTE
69 81.07.12 22:15:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING -201.3931(T/H ) PER MINUTE
70 81.07.12 22:16:56 CONDENSER PRESS (P13007) IS CHANGING 0.0991(ATA ) PER MINUTE
71 81.07.12 22:17:56 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH 20.0000(C ) WITHIN 313.8(SEC)
72 81.07.12 22:17:56 CONDENSER PRESS (P13007) IS CHANGING 0.1392(ATA ) PER MINUTE
73 81.07.12 22:18:56 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH 20.0000(C ) WITHIN 178.6(SEC)
74 81.07.12 22:18:56 CONDENSER PRESS (P13007) IS CHANGING 0.1492(ATA ) PER MINUTE
75 81.07.12 22:50:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING 69.4499(T/H ) PER MINUTE
76 81.07.12 22:50:56 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING -2.7301(C ) PER MINUTE
77 81.07.12 22:51:56 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING -16.4328(C ) PER MINUTE
78 81.07.12 22:53:56 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH -20.0000(C ) WITHIN 288.9(SEC)
79 81.07.12 22:54:56 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH -20.0000(C ) WITHIN 163.9(SEC)
80 81.07.12 22:58:56 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH 20.0000(C ) WITHIN 239.7(SEC)
81 81.07.12 23:03:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING -31.6875(T/H ) PER MINUTE
82 81.07.12 23:03:56 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING -2.7527(C ) PER MINUTE
83 81.07.12 23:23:56 EV OUT STM (T27002) WILL REACH 330.0000( C ) WITHIN 648.3(SEC)
84 81.07.12 23:24:56 EV OUT STM (T27002) WILL REACH 330.0000( C ) WITHIN 557.9(SEC)
85 81.07.12 23:24:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING -38.4373(T/H ) PER MINUTE
86 81.07.12 23:29:56 EV OUT STM (T27002) WILL REACH 330.0000( C ) WITHIN 455.9(SEC)
87 81.07.12 23:36:56 EV OUT STM (T27002) WILL REACH 330.0000( C ) WITHIN 10.6(SEC)
88 81.07.12 23:46:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING 38.5499(T/H ) PER MINUTE
89 81.07.12 23:47:56 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING -2.6852(C ) PER MINUTE
90 81.07.12 23:48:56 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING -5.0402(C ) PER MINUTE
91 81.07.12 23:55:56 DEAERATOR LEVEL (L13003) WILL REACH -250.0000(MM ) WITHIN 566.8(SEC)
92 81.07.12 23:57:56 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH 20.0000(C ) WITHIN 544.1(SEC)
93 81.07.12 23:58:56 DEAERATOR LEVEL (L13003) WILL REACH -250.0000(MM ) WITHIN 413.1(SEC)
94 81.07.13 00:00:56 DEAERATOR LEVEL (L13003) WILL REACH -250.0000(MM ) WITHIN 291.0(SEC)
95 81.07.13 00:02:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 8.5500(T/H ) PER MINUTE
96 81.07.13 00:02:56 DEAERATOR LEVEL (L13003) WILL REACH -250.0000(MM ) WITHIN 161.3(SEC)
97 81.07.13 00:03:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 24.2999(T/H ) PER MINUTE
98 81.07.13 00:03:56 DEAERATOR LEVEL (L13003) WILL REACH -250.0000(MM ) WITHIN 78.1(SEC)
99 81.07.13 00:04:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 29.7937(T/H ) PER MINUTE
100 81.07.13 00:13:56 EV IN NA (T23002) IS CHANGING -4.6008( C ) PER MINUTE
101 81.07.13 00:14:56 EV IN NA (T23002) IS CHANGING -6.2348( C ) PER MINUTE
102 81.07.13 00:15:56 DEAERATOR LEVEL (L13003) WILL REACH -250.0000(MM ) WITHIN 150.4(SEC)
103 81.07.13 01:23:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 10.7437(T/H ) PER MINUTE
104 81.07.13 01:24:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 15.8437(T/H ) PER MINUTE
105 81.07.13 01:38:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING 18.1688(T/H ) PER MINUTE
106 81.07.13 01:39:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING 26.2875(T/H ) PER MINUTE
107 81.07.13 01:40:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING 38.7375(T/H ) PER MINUTE
108 81.07.13 01:42:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 10.3313(T/H ) PER MINUTE
109 81.07.13 01:43:56 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 15.7313(T/H ) PER MINUTE
110 81.07.13 01:43:56 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING 31.8375(T/H ) PER MINUTE
111 81.07.13 10:11:57 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING -49.2186(T/H ) PER MINUTE
112 81.07.13 10:26:57 SG INLET NA (F12002) IS CHANGING 27.4124(T/H ) PER MINUTE
113 81.07.13 11:15:57 IHX INLET FLOW (F11005) IS CHANGING 12.3746(T/H ) PER MINUTE
114 81.07.13 16:56:57 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH 20.0000(C ) WITHIN 304.8(SEC)
115 81.07.13 16:57:57 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH 20.0000(C ) WITHIN 105.5(SEC)
116 81.07.13 17:01:57 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH -20.0000(C ) WITHIN 520.0(SEC)
117 81.07.13 17:02:57 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH -20.0000(C ) WITHIN 260.9(SEC)
118 81.07.13 18:12:57 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH -20.0000(C ) WITHIN 446.9(SEC)
119 81.07.13 18:14:57 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING 2.8951(C ) PER MINUTE
120 81.07.13 18:53:57 PCV-306 INLET (P13006) WILL REACH 65.0000(ATG ) WITHIN 516.4(SEC)
121 81.07.13 18:54:57 PCV-306 INLET (P13006) WILL REACH 65.0000(ATG ) WITHIN 263.5(SEC)
122 81.07.13 19:33:57 NA HTR DIF TEMP (T11091) WILL REACH -20.0000(C ) WITHIN 254.2(SEC)
123 81.07.13 19:35:57 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING 2.9172(C ) PER MINUTE
124 81.07.13 21:05:57 IHX INLET TEMP (T11007) IS CHANGING -2.8727(C ) PER MINUTE

```

図2.3 ラインプリンタ印字例

表 2.1 微分警報等警報発生状況調査一覧

| | 日 時 | 測 定 点 | 警 報 内 容 | 状 況 |
|----|-------------|--------------|--------------------|------------------------------------|
| 1 | 6月18日 14:33 | PCV 306 入口圧力 | 到達時間 65 K まで 251 秒 | SG 起動操作 主蒸気ライン暖管のため昇圧 |
| 2 | 6月19日 17:39 | EV 出口蒸気温度 | 到達時間 330℃まで 42 秒 | 給水流量 / 2 次 Na 流量アンバランスによる温度変化 |
| 3 | 6月22日 11:18 | SG 出口蒸気温度 | 到達時間 510℃まで 158 秒 | 温度測定器不良 |
| 4 | 6月30日 7:39 | Na 加熱器出口温度差 | 到達時間 -20℃まで 75 秒 | Na 加熱器のメインバーナからパイロットバーナに切替時の温度変化 |
| 5 | 7月 2日 15:00 | Na 加熱器出口温度差 | 到達時間 -20℃まで 275 秒 | Na 加熱器のパイロットバーナからメインバーナに切替時の温度変化 |
| 6 | 7月 3日 15:15 | SG 出口蒸気温度 | 到達時間 510℃まで 145 秒 | SG 起動操作 主蒸気ライン暖管のため昇圧 |
| 7 | 7月 3日 15:42 | SG 出口蒸気温度 | 到達時間 510℃まで 34 秒 | SG 起動操作 主蒸気ライン暖管のため昇圧 |
| 8 | 7月 3日 15:52 | PCV 306 入口圧力 | 到達時間 65 K まで 77 秒 | 昇圧操作による 41 → 60 kg/cm ² |
| 9 | 7月10日 20:08 | SG 入口 Na 流量 | 微 分 -29 T/H/分 | 負荷降下操作による |
| 10 | 7月12日 11:35 | コールドバイパス流量 | 微 分 28 T/H/分 | コールドバイパス流量操作による |
| 11 | 7月12日 13:25 | コールドバイパス流量 | 微 分 16 T/H/分 | 試験実施 (EFCO-0121) |
| 12 | 7月12日 13:55 | EV 出口蒸気温度 | 到達時間 330℃まで 330 秒 | 試験実施 (EFCO-0122) |
| 13 | 7月18日 18:03 | IHX 入口流量 | 微 分 -29 T/H/分 | 試験実施 |
| 14 | 7月24日 13:41 | SG 出口蒸気温度 | 到達時間 510℃まで 118 秒 | SH 隔離操作時の温度変化 |
| 15 | 7月25日 16:01 | EV 出口蒸気温度 | 到達時間 330℃まで 35 | EV 隔離のための降温操作 |
| 16 | 7月27日 15:05 | SG 入口 Na 流量 | 微 分 -30 T/H/分 | 2 次 Na ポンプ停止 |
| 17 | 7月27日 15:31 | SG 入口 Na 流量 | 微 分 25 T/H/分 | 2 次 Na ポンプ起動 |

第3章 デジタル入力変化チェック(トリップシーケンス)

本計算機システムにはバルブ開閉等のデジタル入力がありこまめにこの値が変化するごとに記録している。これはプラントの状況変化の記録・操作記録の作成や事後に事故原因及び波及事象の解析用に有効なものである。この手法については前報告書¹⁾に基本原理、入力点内容については述べているのでここではその後の改良点を中心に報告する。

3.1 機能

FACOM270-25側のデジタル入力513点についてその値が変化するごとにディスクに記録する。10秒ごとにその状況変化をチェックするのは前回と同じであるがディスクの格納形式を変更した。従来は変化があるごとに年月日時分秒のビットのアドレスと変化後の値を1レコードとして記録していたが同時にいくつかの事象が発生することが多いため、これを改良して年月日時分秒と変化後の全点の内容を記録することとした。これは10秒ごとのチェックがプラント状況変化に対して長すぎるということとハード構成上48ワードと割合少ない語数であるのでこの様な変更を行ないディスクの収納容量を増加させた。特に計装電源投入時やプラントトリップ時は多数の入力点が変わるので従来の方式では多数のレコードを必要としたが新方式では1レコードで済み記憶容量の節約となった。ディスクはサイクリックな利用法で800レコードを用意した。当施設での運用実績では1週間分の記録が可能であった。出力はラインプリンタ印字によったがその一例を図3.1に示す。内容はまず年月日時分秒が表示され次に(MPX NO.)としてハードウェア上の入力点番号が示される。(DI NAME)で示される弁や機器、接点式液位計等の項目の状況が(ON/OFF)で示される。

出力は月曜日と木曜日の午前4時に自動出力するとCRTキーボードからのデマンド指示による方法を採用した。

3.2 まとめ

本機能は異常発生時にその原因と対応操作の事後における確実な把握を可能とすることを目的に製作したものである。TMI発電所における事故時の様な事故時を想定すると本機能の有用性が理解されると考える。そういった緊急時に運転操作日誌に時刻及び操作内容が確実に記載されることを期待するのは現実的でないが、特定の弁(例えば逃し弁)が開になっていた時間とか特定の機器(例えばECCS系)の起動・停止時間を確実に知ることは、事故に対する一通りの操作を終えた後のプラント状態を把握する上で非常に有効である。この機能はトリップ時の様に発生確率の低い事象に対して役に立つ言わば縁の下の力もち的な性格であり、実際に運用したが本試験期間中には幸い有効に利用された事はなかった。

尚、本機能とは別に FACOM270-25 においてデジタル値 64 点を 64 分の 1 秒ごとにチェックしている。内容はインターロックに関する主要入力点の変化を観察しており変化すると即時タイプライタに印字するもので本機能と同様な機能がある。入力点として少数の重要項目が選択されておりスキャン間隔が非常に短いことから非常に有効に利用されている。この様に入力点の選択及びスキャン間隔の決定は重要なことであり、対応プラントの特性を把握して決定する必要があると考える。

50MMSG U-400 E012

* DI CHECK LIST *

81.07.13 11:05:06

| DATE & TIME | MPX NO. | ON/OFF | DI NAME |
|-------------------|---------|--------|------------------------|
| 81.07.06 12:15:43 | 1404 | ON | REMOTE J13237 FIC-307 |
| 81.07.06 12:34:33 | 1341 | OFF | OPEN J17134 ESV-704 |
| 81.07.06 12:34:43 | 114 | OFF | OPEN J17142 ASV-728 |
| 81.07.06 12:38:03 | 1144 | OFF | ABNORMAL WATER MAKE UP |
| 81.07.06 12:47:33 | 1340 | ON | CLOSE J17133 ESV-704 |
| 81.07.06 13:06:23 | 1311 | OFF | CLOSE J16115 ASV-601 |
| | 1312 | ON | OPEN J16116 ASV-601 |
| 81.07.06 13:20:43 | 1144 | ON | ABNORMAL WATER MAKE UP |
| 81.07.06 13:30:43 | 1144 | OFF | ABNORMAL WATER MAKE UP |
| 81.07.06 13:37:13 | 1393 | ON | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 13:51:53 | 87 | ON | EV-HNA IP HH |
| 81.07.06 14:01:53 | 87 | OFF | EV-HNA IP HH |
| 81.07.06 14:39:13 | 1337 | OFF | OPEN J17130 ESV-702 |
| 81.07.06 14:39:23 | 112 | OFF | OPEN J17138 ASV-726 |
| | 217 | ON | CLOSE J17137 ESV-706 |
| 81.07.06 14:44:33 | 1311 | ON | CLOSE J16115 ASV-601 |
| | 1312 | OFF | OPEN J16116 ASV-601 |
| 81.07.06 16:10:23 | 1393 | OFF | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 16:11:33 | 1143 | OFF | STOP 2 CT FAN |
| 81.07.06 16:31:23 | 1393 | ON | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 16:41:23 | 1393 | OFF | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 17:36:33 | 1393 | ON | MANUAL J12214 TICA-213 |
| | 1394 | OFF | MANUAL J12216 FIC-208 |
| 81.07.06 17:46:33 | 1393 | OFF | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 19:27:13 | 1393 | ON | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 19:30:03 | 1340 | OFF | CLOSE J17133 ESV-704 |
| | 1341 | ON | OPEN J17134 ESV-704 |
| 81.07.06 19:37:13 | 1393 | OFF | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 20:03:23 | 162 | OFF | MANUAL J11213 FICA-101 |
| 81.07.06 20:03:43 | 168 | OFF | MANUAL J12206 FICA-292 |
| 81.07.06 20:05:13 | 1341 | OFF | OPEN J17134 ESV-704 |
| 81.07.06 20:13:43 | 168 | ON | MANUAL J12206 FICA-292 |
| 81.07.06 20:17:43 | 1340 | ON | CLOSE J17133 ESV-704 |
| 81.07.06 20:19:03 | 141 | ON | L-4 J12309 LA-204 |
| 81.07.06 20:36:23 | 128 | ON | L-4 J11314 LA-106 |
| 81.07.06 20:38:23 | 1393 | ON | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 20:48:23 | 1393 | OFF | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 21:13:03 | 162 | ON | MANUAL J11213 FICA-101 |
| 81.07.06 21:42:13 | 1393 | ON | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.06 21:52:13 | 1393 | OFF | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.07 00:23:53 | 1337 | ON | OPEN J17130 ESV-702 |
| 81.07.07 00:24:03 | 112 | ON | OPEN J17138 ASV-726 |
| | 217 | OFF | CLOSE J17137 ESV-706 |
| 81.07.07 01:40:23 | 1144 | ON | ABNORMAL WATER MAKE UP |
| 81.07.07 01:50:13 | 112 | OFF | OPEN J17138 ASV-726 |
| 81.07.07 01:50:23 | 217 | ON | CLOSE J17137 ESV-706 |
| 81.07.07 01:50:33 | 1337 | OFF | OPEN J17130 ESV-702 |
| 81.07.07 07:16:21 | 128 | OFF | L-4 J11314 LA-106 |
| 81.07.07 07:28:31 | 1144 | OFF | ABNORMAL WATER MAKE UP |
| 81.07.07 07:34:11 | 141 | OFF | L-4 J12309 LA-204 |
| 81.07.07 08:14:51 | 114 | ON | OPEN J17142 ASV-728 |
| 81.07.07 08:15:21 | 1340 | OFF | CLOSE J17133 ESV-704 |
| | 1341 | ON | OPEN J17134 ESV-704 |
| 81.07.07 08:15:51 | 1393 | ON | MANUAL J12214 TICA-213 |
| 81.07.07 08:16:01 | 112 | ON | OPEN J17138 ASV-726 |
| | 217 | OFF | CLOSE J17137 ESV-706 |
| 81.07.07 08:25:51 | 1393 | OFF | MANUAL J12214 TICA-213 |

図 3.1 ラインプリンタ印字例

第4章 施設運転履歴調査用データの収録

施設の運転履歴、運転時間積算や熱温度発生回数等の定量的把握の調査を可能とするために長期間に渉るプラントの主要プロセス量を収録するための運転履歴調査用データの収録プログラムを作成した。これは従来は記録計記録用紙に連続記録していたものを計算機MTにて実施するものである。本データを用いて施設の運転履歴を評価する方法、その結果についてはすでに報告がある。^{3) 4)}

4.1 目的

プラントの運転履歴を評価できるように長期間に渉るデータの収録が必要である。当施設では1次系・2次系・水蒸気系の代表的な温度・圧力・流量などを記録計により記録しており、機器の運転積算時間から見た耐久性やコールドトラップ、ベーパーラップによるナトリウムあるいは不純物の捕獲量の調査など施設の状況を把握する目的で使用されている。本作業はこの記録を計算機を用いて実施しようとするものでこのデータを別途開発されている運転履歴評価プログラム^{3) 4)}にて処理することにより施設運転状態が容易に把握できる。

4.2 機能

表4.1に示す60点の計装点に対し1分ごとにA/D変換器を介してデータを収録する。MTに直接書き込む方式はとらず磁気ディスクに約5MBの領域を確保し、そこに書き込んでから後でまとめて磁気テープに複写する方法とした。長期間磁気テープ(MT)を装置にセットして1分ごとに直接MT上に記録する方法は確実性や運用上問題が多い。MT装置に手をふれるなどして停止させたりMTの位置を移動させるとデータの連続性が失われる等長期間MTを装置にセットする方式では管理上の手違いから操作ミスを引き起し易い。また運用上水リークデータ収録など他のMTを利用する作業がやりにくくなる。

60点の計装点のデータは各々4バイト浮動小数点形式で表わされるので(60×4=240バイト)1ブロックを256バイトとした。1分ごとの収録間隔なので1日に1440ブロックを使用することとなり、12.5日分としてディスク上に18000ブロック=4.6メガバイトを確保した。運転上は毎月1日、11日、21日に磁気ディスクからMTに複写することとしている。

4.3 ま と め

当施設でも有効に利用されている様にプラント運転中常時主要データを収録しておく事は原型炉など他のプラントでも必要な機能と考える。計算機は月例点検とかダウンによって連続性がなくなる事がある。それらの事態に対処できるようにディスク上にインデックスをもうける等IPL（イニシャルプログラムロード）時にデータの連続性が確保出来る様プログラム作成上の工夫をした。一旦磁気ディスクに収録し（12.5日枠であるが）10日ごとのMTへの複写の方式も支障なく運用出来た。60点と収録データ数が少ないためその選択は利用目的をなるべく明確にして決定すべきである。

表 4.1 運転履歴入力一覧表

| | | |
|----|-------------|----------------|
| 1 | T 1 1 0 0 7 | IHX 1次入口Na 温度 |
| 2 | T 1 1 0 0 8 | IHX 1次出口Na 温度 |
| 3 | T 2 3 0 0 1 | SH入口Na 温度 |
| 4 | T 2 3 0 0 2 | EV入口Na 温度 |
| 5 | T 2 3 0 0 3 | EV出口Na 温度 |
| 6 | T 2 7 0 0 4 | SH出口蒸気温度 |
| 7 | T 2 7 0 0 2 | EV出口蒸気温度 |
| 8 | T 2 7 0 0 1 | EV入口給水温度 |
| 9 | P 2 7 0 3 0 | SH出口蒸気圧力 |
| 10 | P 2 7 0 1 0 | EV入口給水圧力 |
| 11 | F 1 3 0 2 1 | 給水流量 |
| 12 | F 1 1 0 0 6 | IHX 1次側出口Na 流量 |
| 13 | F 1 2 0 0 2 | SG入口Na 流量 |
| 14 | T 2 1 1 8 8 | EV上部平板管板部 |
| 15 | T 2 1 1 8 9 | " |
| 16 | T 2 1 1 9 6 | " |
| 17 | T 2 1 1 9 8 | " |
| 18 | T 2 1 2 0 0 | " |
| 19 | T 2 1 2 0 5 | " |
| 20 | T 2 1 2 0 6 | " |
| 21 | T 2 1 2 0 7 | " |
| 22 | T 2 1 2 0 8 | " |
| 23 | T 2 1 2 1 3 | " |
| 24 | T 2 1 2 1 4 | " |
| 25 | T 2 1 2 5 4 | EV出口蒸気温度 |
| 26 | T 2 1 2 3 5 | " |
| 27 | T 2 1 2 5 0 | " |
| 28 | T 2 1 0 3 3 | EV内部Na 温度 |
| 29 | T 2 1 0 3 5 | " |
| 30 | T 2 1 0 3 8 | " |
| 31 | T 2 2 0 5 1 | SH上部平板管板部 |
| 32 | T 2 2 0 5 2 | " |

| | | |
|----|-------------|---------------------|
| 33 | T 2 2 0 5 9 | SH上部平板管板部 |
| 34 | T 2 2 0 6 1 | " |
| 35 | T 2 2 0 6 8 | " |
| 36 | T 2 2 0 7 6 | " |
| 37 | T 2 2 0 7 7 | " |
| 38 | T 2 2 0 9 2 | SH出口蒸気温度 |
| 39 | T 2 2 0 9 4 | " |
| 40 | T 2 2 0 9 6 | " |
| 41 | T 2 2 0 0 1 | SH内部 Na 温度 |
| 42 | T 2 2 0 0 6 | " |
| 43 | T 2 2 0 1 0 | " |
| 44 | あ き | |
| 45 | あ き | |
| 46 | あ き | |
| 47 | あ き | |
| 48 | あ き | |
| 49 | あ き | |
| 50 | G 2 4 0 3 1 | EV出口 Na 中水素濃度 |
| 51 | G 2 4 0 3 3 | SH " |
| 52 | G 2 4 0 3 7 | EVカバーガス中水素濃度 |
| 53 | G 2 4 0 4 1 | SH " |
| 54 | G 1 2 0 0 2 | ポンプ出口 Na 中水素濃度 |
| 55 | G 1 2 0 0 6 | CT出口 Na 中水素濃度 |
| 56 | G 1 2 0 1 0 | CT出口 Na 中酸素濃度 (原信号) |
| 57 | G 1 2 0 1 2 | " (表示信号) |
| 58 | P 2 6 0 0 4 | EVカバーガス圧力 |
| 59 | P 2 6 0 0 3 | SHカバーガス圧力 |
| 60 | T 1 2 0 1 3 | 2次CT制御温度 |

第5章 タグナンバーによるデータ表示方式

プラント状態を運転員が知るのほとんど計装機器の表示によっている。制御盤では日本語名称でその計装点を識別しているが、計算機表示上ではコード化して通常6ケタ程度のタグナンバーで区別している。その方式自体や利用上の問題点について述べる。

5.1 概 要

当施設では1ケタの英字と5ケタの数字からなるタグナンバーを用いている。その命令規約の概略を図5.1に示す。例えば“蒸気発生器入口ナトリウム流量”はF12002，“主蒸気圧力”はP13003，“主給水ポンプ回転数”はS13001と命名されている。計算機での命名と計器の計器番号とは一応関連づけられており、ループ例ではTE104はT11004，FE202はF12002，PE303はP13003の様にまたSG側ではTE11-123はT21123，T17-2はT27002になっている。

計装点の識別は、①日本語名称、②英文略称、③計器番号、④タグナンバー、⑤グラフィック表示で行なえる。各々の長所、短所について表5.1に述べる。運転監視システムに通例用いられるタグナンバーシステムは、計算機側の能力の制約から人間工学的立場を無視している。運転員にとって間違いやすく記憶しにくい非人間的なものであると考える。可能なところからマンマシンインターフェースを考慮したものにかえ運転員の負担を減少させるべきである。

5.2 実 例

タグナンバー表示の識別のための工夫として、タグナンバー一覧表表示とプラントデータ集合表示での自動略称表示を実施したので本節ではその説明をする。

表5.1 タグナンバー一覧表区分

| | |
|--------------------|---|
| 1：1次系温度 | T 1 1 × × × |
| 2：1次系流量，圧力，液位 | $\left. \begin{array}{l} F \\ P \\ L \end{array} \right\} 1 1 \times \times \times$ |
| 3：2次系温度 | T 1 2 × × × |
| 4：2次系流量，圧力，液位 | $\left. \begin{array}{l} F \\ P \\ L \end{array} \right\} 1 2 \times \times \times$ |
| 5：水・蒸気系温度 | T 1 3 × × × |
| 6：水・蒸気系圧力 | P 1 3 × × × |
| 7：水・蒸気系流量，液位 | $\left. \begin{array}{l} F \\ L \end{array} \right\} 1 3 \times \times \times$ |
| 8：その他（燃料，アルゴン，冷却系） | |

① タグナンバー一覧表

各系統ごとにタグナンバーのメニューを作成した。この区分は表 5.2 に示す様に 8 頁に分けた。また 0 頁目として 8 頁目分のメニューを作成した。0 頁目の CRT 表示例を図 5.2 に示す。運転員はまず最初にこのメニューを見て必要なタグナンバーは何頁目にあるかを確認し、その頁を CRT に表示することにより必要なタグナンバーとそれに対応する 24 文字以下の英文の略称を知ることが出来る。4 頁目の 2 次系流量・圧力・液位の表示例を図 5.3 に示す。一画面上 35 のタグナンバーまで表示することができる。

② 自動略称表示

プラントデータ集合表示は運転員がキーボードからタグナンバーを入力すると、そのタグナンバーのプラント計測値が CRT 上に表示され、その値は約 5 秒間隔で更新されていく。その際タグナンバーに対応した英文略称も自動的に表示する様に機能の追加を行った。表示例を図 5.4 に示す。

タグナンバーと英文略称は PFU-400 の磁気ディスク上に各々記録されておりその形式を図 5.5 に示す。まずキー入力されたタグナンバーをタグナンバーファイル上で検索しそれを対応するハードウェア上の順序番号である MPXNO (マルチプレクサ番号) を得る。その番号をキーに英略称をとり出す。

5.3 ま と め

タグナンバーを必要としないグラフィック表示が今後増加するのは当然として、運転要領書・運転ガイダンス・異常診断のメッセージ等に計装点を引用する必要は残る。計算機のハードウェア上からは CRT 上などに漢字表示が容易に行なえる様になって来ているのでマンマシン上からも日本語とタグナンバーを共に表示するべきと考える。ただし、正式名称を必ずしも用いる必要はなく運転員として誤解なく受け取れる略称 (例えばコールドトラップは CT) を表示してもマンマシン上は問題ない。CRT 上の表示の例としては次の様になる。

| | |
|--------------------------------|---------|
| 2 次系 CT 底部 - PL 計温度差大 (T12093) | 32.5 °C |
|--------------------------------|---------|

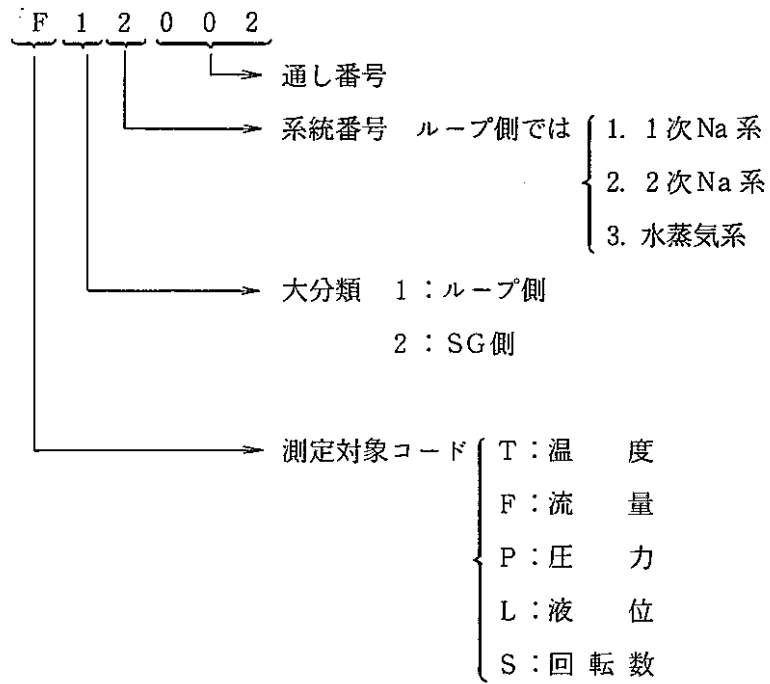


図 5.1 タグナンバー命名規約

表 5.2 計装点名称の表示方法による長所・短所

| | 日本語名称 | 英文略称 | 計器番号 | タグナンバー | グラフィック表示 (ミミック・ダイヤグラム) |
|--------|--------------------|---|-----------------------------|-------------|-------------------------------------|
| 例 | 蒸気発生器入口 ナトリウム流量 | SG INLET NA FLOW | FE202 | F12002 | — |
| 長 所 | 計装盤上などわかりやすい。 | 計算機上表示しやすい。 | 運転要領書上書きやすい。 呼称しやすい。 | 計算機に入力しやすい。 | 配管系統上での位置関係などが非常にわかりやすい。 |
| 短 所 | 長すぎるため呼称しにくい。 | 完全に運転員が理解出来るとは限らない。 (例 attemperature) | 間違いやすい。 | 間違いやすい。 | 運転要領書上書きにくい。 (特定なものを呼称しにくい。) |

T A G N O , N A M E L I S T (M E N U)

| PAGE | M E N U |
|------|-----------------------------------|
| 1 | PRIMARY LOOP TEMP |
| 2 | PRIMARY LOOP FLOW, PRESS, LEVEL |
| 3 | SECONDARY LOOP TEMP |
| 4 | SECONDARY LOOP FLOW, PRESS, LEVEL |
| 5 | WATER STEAM SYSTEM TEMP |
| 6 | WATER STEAM SYSTEM PRESSURE |
| 7 | WATER STEAM SYSTEM FLOW, LEVEL |
| 8 | FUEL, ARGON, & COOLING SYSTEM |

図 5.2 タグナンバー—欄表のメニュー

TAG NO. NAME LIST PAGE = 4

SECONDARY LOOP FLOW, PRESS, LEVEL

| MPX | TAG NO. | N A M E | MPX | TAG NO. | N A M E |
|-----|---------|--------------------------|-----|---------|---------|
| 62 | P12002 | 2NDRY NA PUMP IN PRESS | | | |
| 63 | P12001 | 2NDRY NA PUMP OUT PRESS | | | |
| 64 | F12021 | SG OUTLET NA FLOW RATE | | | |
| 65 | F12002 | SG INLET NA FLOW RATE | | | |
| 66 | F12003 | SG BYPASS NA FLOW RATE | | | |
| 67 | F12004 | 2NDRY O.EMP FLOW RATE | | | |
| 68 | L12001 | 2NDRY NA PUMP NA LEVEL | | | |
| 69 | L12003 | 2NDRY OTK NA LEVEL | | | |
| 70 | S12001 | 2NDRY NA PUMP RPM | | | |
| 116 | P12091 | 2NDRY CT DEF PRESS | | | |
| 138 | F12008 | SECONDARY ECO IN NA FLOW | | | |
| 150 | F23001 | SH BYPASS NA FLOW RATE | | | |
| 156 | P12011 | 12B TEE DEF PRESS | | | |
| 157 | P12012 | 12B MIX-TEE DEF PRESS | | | |
| 158 | P12013 | 12B VALVE DEF PRESS | | | |
| 159 | P13021 | FEED WTR FLOW-M DEF PRES | | | |
| 160 | L21001 | EV D.C. NA LEVEL | | | |
| 161 | L21003 | EV ANNULUS NA LEVEL | | | |
| 162 | L22001 | SH D.C. NA LEVEL | | | |
| 163 | L22003 | SH ANNULUS NA LEVEL | | | |

図5.3 2次ナトリウム系タグナンバー表

| 0 | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 0 | | |
|------|--|---------------------|--------|------------|--------------------------|---------|--------|------------|-------------------------|----|---|----------|--|
| % | | ----- | | | | | | | | | | % | |
| 0 | | AP03 PLANT DATA | | | | | | | | | | PAGE = 5 | |
| | | ----- | | | | | | | | | | | |
| | | (415) 2ND NAP TEST | | | | | | | | | | | |
| | | I(416) | | | | | | | | | | | |
| | | ----- | | | | | | | | | | | |
| | | (351) | F12002 | 0.0000E 00 | SG INLET NA FLOW RATE | I(383) | F17003 | 0.0577 | NO,2 NA PUMP SEAL GAS F | | | | |
| | | (352) | F12003 | 0.0000E 00 | SG BYPASS NA FLOW RATE | I(384) | T23002 | 70.3871 | SH OUT NA TEMP | | | | |
| | | (353) | P12001 | 0.1749 | 2NDRY NA PUMP OUT PRESS | I(385) | | | | | | | |
| | | (354) | P12002 | 0.0937 | 2NDRY NA PUMP IN PRESS | I(386) | | | | | | | |
| 10 - | | (355) | P26003 | 0.1324 | SH ARGON PRESS | I(387) | | | | | | | |
| | | (356) | T12005 | 29.9999 | NO,2 NA PUMP INLET TEMP | I(388) | | | | | | | |
| | | (357) | S12001 | 0.0000E 00 | 2NDRY NA PUMP RPM | I(389) | | | | | | | |
| | | (358) | F12001 | 0.0000E 00 | 6B STRAIGHT PIPE DEF PRI | I(390) | P13017 | 0.0000E 00 | FCV-301 DEF PRESS | | | | |
| | | (359) | P26004 | 0.1324 | EV ARGVN PRESS | I(391) | F13006 | | | | | | |
| | | (360) | F12002 | 0.0000E 00 | SG INLET NA FLOW RATE | I(392) | F13004 | 26.6874 | FWP INLET FLOW RATE | | | | |
| | | (361) | F12001 | 0.0000E 00 | 6B STRAIGHT PIPE DEF PRI | I(393) | T13001 | 18.7499 | HPH IN FEED WATER TEMP | | | | |
| | | (362) | F12004 | -0.1000 | 2NDRY O.EMP FLOW RATE | I(394) | S13001 | 0.0000E 00 | FWP RPM | | | | |
| | | (363) | P12012 | 9.4999 | 12B MIX-TEE DEF PRESS | I(395) | P13005 | 0.0000E 00 | PCV-305 INLET PRESS | | | | |
| 20 - | | (364) | T21116 | 63.8215 | E2-21 | I(396) | F13021 | 0.0000E 00 | SG FEED WATER FLOW RATE | | | | |
| | | (365) | T21117 | 157.4774 | E2-22 | I(397) | T27002 | 24.4836 | EV OUT STEAM TEMP | 20 | | | |
| | | (366) | T21118 | 157.4774 | E2-23 | I(398) | F12001 | 0.0000E 00 | 6B STRAIGHT PIPE DEF PR | | | | |
| | | (367) | T21119 | 155.2843 | E2-24 | I(399) | F13006 | | | | | | |
| | | (368) | T21120 | 154.6576 | E2-25 | I(400) | T13002 | 18.1874 | HPH OUT FEED WATER TEMP | | | | |
| | | (369) | T21121 | 151.8363 | E2-26 | I(401) | | | | | | | |
| | | (370) | T21264 | 158.4169 | E2-33 | I(402) | T21232 | 141.8416 | E4-4 | | | | |
| | | (371) | T21265 | 153.4038 | E2-34 | I(403) | | | | | | | |
| | | (372) | P11011 | | | | | | | | | | |
| | | (373) | | | | | | | | | | | |
| | | (374) | T12001 | 29.6249 | SECONDRY IHX IN NA TEMP | I(406) | | | | | | | |
| 30 - | | (375) | T12002 | 30.7499 | SECONDRY IHX OUT NA TEM | I(407) | | | | | | | |
| | | (376) | T12003 | 20.6249 | SG INLET NA TEMP | I(408) | | | | | | | |
| | | (377) | T12004 | 20.2499 | SG OUTLET NA TEMP | I(409) | | | | | | | |
| | | (378) | T12006 | 23.9999 | SECONDRY OTK INNER TEMP | I(410) | F12002 | 0.0000E 00 | SG INLET NA FLOW RATE | | | | |
| | | (379) | P17003 | 0.0781 | SECONDRY OTK GAS PRESS | I(411) | | | | | | | |
| | | (380) | L21003 | -549.9997 | EV ANNULUS NA LEVEL | I(412) | | | | | | | |
| | | (381) | L22003 | -578.9995 | SH ANNULUS NA LEVEL | I(413) | | | | | | | |
| | | (382) | F12008 | 0.0000E 00 | SECONDARY ECO IN NA FLOI | I(414) | | | | | | | |
| | | ----- | | | | | | | | | | | |
| % | | ----- | | | | | | | | | | % | |
| 0 | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 0 | | |

図 5.4 タグナンバー略称自動表示例

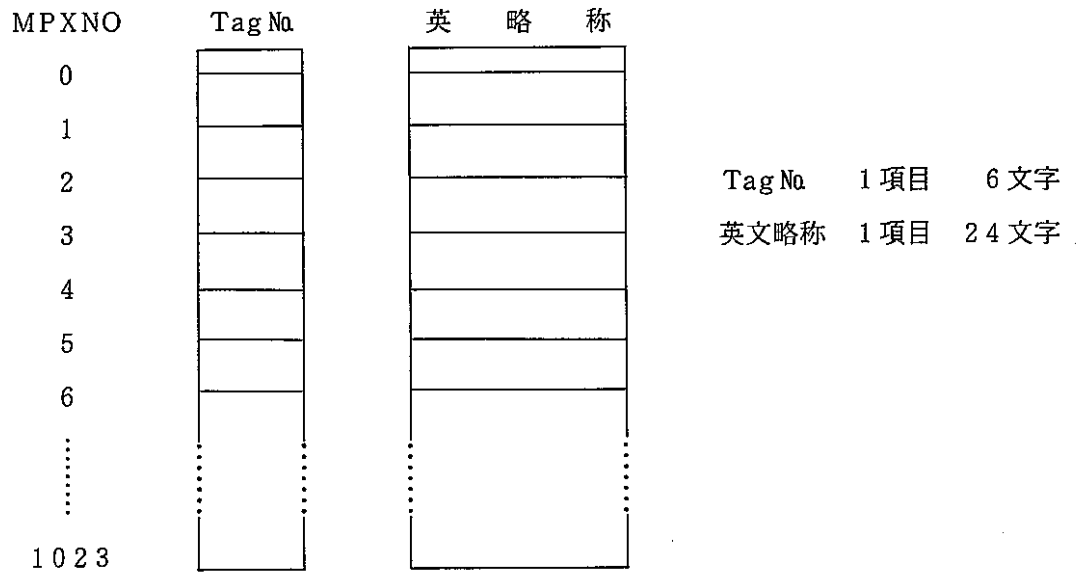


図 5.5 タグナンバー及び名称ファイル

第6章 予熱温度監視

液体ナトリウムを用いるプラントでは機器・配管の予熱設備は不可欠である。その設備の運転監視として予熱温度監視がある。本章では当施設での監視方法について述べる。

6.1 50 MW蒸気発生器試験施設での予熱温度監視

従来は計算機出力を監視するものと計装盤の計器を監視するものに分れていたが、今回全点計算機により監視する方式に変更した。このため計算機のハードウェアの都合から数多い熱電対による温度計装を分割し3つのアナログ入力装置に接続した。第1はFACOM 270-25の高速入力装置で約400点、第2はPFU-400の低速入力で88点、第3はPFU-400の高速入力装置に切替器を取りつけ入力したものの651点(31ch×21点/ch)である。第1、第2のものは1秒以下の時間で全点のデータ収集可能であるが第3のものは全点入力できるのに2分程度かかる。これは計算機メーカーとは別のメーカーで製作された切替器を使用しているためである。低速であるが安価で多量のデータを入力できる利点があるため採用している。その他予熱状況を監視出来るものとして配管系のプラント計装の温度計と蒸気発生器内部の実験計装の温度計がある。予熱設備は配管-機器等に設置されているが、系統ごとにメーカーが異なる事が多く必然的に予熱設備も統一がとれなくなる。50 MW蒸気発生器試験施設も当初はこの様なことから、予熱監視する中央制御室内の表示警報箇所が3、4ヶ所に分れていた。計算機のラインプリンタ印字のチェックによるもの、押ボタン式で系統を指定したデジタル表示器によるもの、多数並んだ温度調節指示計のメータによるものと分れていた。運転員の負担、軽減化と予熱昇温作業工程の短縮化のため、計算機で統一的に監視出来る様にした。

6.2 予熱監視方法

本節では50 MW蒸気発生器試験施設運転を通して得られた2、3の予熱監視に関する知見について紹介する。温度監視方法で一番有効なのは前報告書¹⁾にも詳しく述べたが低い温度の順に並びかえてCRT又はラインプリンタに一括して表示するものである。今回はそれに1次ナトリウム系、2次ナトリウム系各々の区分のみの表示をする機能を追加した。当施設では予熱開始時には全点を監視し1次ナトリウムチャージ前は1次系を、2次ナトリウムチャージ前には2次系を重点的に監視している。このため2分割し、監視が便利な方式とした。今後の大型プラントでは、予熱の運転監視上、1次と2次ナトリウム系、A、B、Cの各グループなどさらに細かく区分されるであろう。これはどの様な運転要領によるかにより決められるものと考え。今回はチャージ前チェックを目的として分割したため中間熱交換器と1次2次系隔離弁は両方の系統に含まれることになった。

CRT表示を利用するのは、異常温度指示点数が少なく速応性が必要な時で、速応性が必要ない場合や記録が必要な時はラインプリンタ出力を利用する。

純化系の温度は通常時120℃程度まで下がることがあるので予熱順序に表示することは不要となる。多量の不要表示が予想される場合は、その表示の停止機能をもたせるべきである。すなわち純化系が流動しており、かつコールドトラップ制御温度より低くない時は200℃をはるかに下まわっていても正常と考えるのが妥当であり異常表示の必要はない。

この様に通常200℃が基準と考えられる予熱温度に対して例外が起りうる。それをとりまとめてみると、①ベーパートラップ、コールドトラップで不純物やナトリウム捕獲のため設定値を低くするもの。②300～400℃程度までベーキングを必要とする場合。③何らかの不具合によりナトリウムが凍結してしまい、その対策として予熱温度設定をあげ溶解させる場合。④出力運転時におけるホットレグ温度の様に200℃よりはるか高温で運転される場合。運転監視上の警報では①の時には予熱低警報で不要な警報が発生し、②、③、④では高警報として不要警報が発生する。この点を考慮した警報発生方式にする必要がある。当施設では高警報は採用しておらず、温度差警報も設置されていない。今後のプラントにおいては設計時の解析結果から運転手法として高警報、その他が必要となる事も考えられる。

低温度に対する警報に関しては不要警報の発生頻度が多い事やさほどの緊急性を有していない事によりアナンシェータを鳴らす必要はない。

尚、予熱装置のハードウェアに関しては別報告書²⁾に述べているので運転監視から見た予熱装置（ハードウェア）への要求機能についてはそれを参考にされたい。

6.3 ま と め

以上をまとめると次の様になる。

- ① 予熱温度監視には低温度順に並びかえて表示する予熱順序表示が有効である。
- ② 電源系統番号（NFB, SCR関係）や制御系統番号（制御器, 表示器）及び予熱ヒータ自体と配管系の対応関係がわかりやすい名称や計器番号とする必要がある。
- ③ グループ分けと予熱特性による分類を考慮し各運転フェーズにおいて不必要な計装点を表示しない等の配慮が必要である。

第7章 データ収録システム

プラント用計算機を用いて各種の磁気テープ（MT）へのデータ収録機能を作成した。これらはその目的によって形態に違いがある。本章では収録方法の一般的分類と作成した収録システムについて述べる。

7.1 収録方法の一般的分類

主にプラントからのアナログ入力をA/D変換したものを収録するが、そのデータは性能試験結果の解析やトリップ時等の事後解析に必要となる。収録した計算機でデータチェックなどの事後処理を行うこともあるが主に計算センターの大型計算機で処理される事が多い。現在大洗の計算センターは富士通M-200計算機システムが導入されており、今後の計算機のレベルアップも富士通、日立といったシステム・アーキテクチャがIBM系の計算機でリプレースされると考えられる。収録方法の一般的分類と実際に作成した収録プログラムの関係を表7.1に示す。項目ごとの説明を以下に行う。

(1) 起動原因

試験や運転工程に合わせてMT収録を行うものは計画的に起動され、トリップや水リークのように発生時刻の予測が出来ないものは突発的に起動される。突発的なものは起動以前のデータ（10分～1時間前程度）を必要とする場合が多い。

(2) 収録時期

計算機として常時収録するものと特定の時期にのみ収録する随時収録の2つに分かれる。常時収録するものは機器の熱過渡疲労監視の様に常時データ収録を行う必要のあるものと、トリップ時の5分前からのデータを収録する過渡MTの様に突発的な起動に対しそれ以前のデータが必要な場合とがある。

(3) 起動前データの利用

トリップ時データの様に起動より前のデータが必要な事がある。この場合は必ず磁気ディスク等を用いて常時データを収納しておき起動されたらその磁気ディスクからMTに出力する。

(4) 収録形態

直接MTに書き込む場合と磁気ディスクに一担記録してからMTに収録する場合がある。起動時点より以前のデータが必要な場合は必ず後者となる。またサンプリング間隔が長く（30分以上）収録期間も長くデータ総量が数メガバイト程度の時も、後者が好ましい。直接MTへ書き込む場合、数日に渡るとその期間MT装置の異常や操作ミスが起きればデータの連続性が失われる危険性があるし、他のデータ収録や作業においてそのMT装置が利用が出来ず運用上支障をきたす可能性がある。

(5) サンプリング間隔

これはデータ収録の目的に応じて、一回起動されるごとに1回サンプリングしたプラントデータを記録する場合と起動されたら連続的に数秒ないし数時間の定周期でデータ収録を行う場合がある。

(6) データ変換方式

A/D変換された固定小数点形式のデータをそのまま記録する場合と、温度・流量・圧力をそれぞれ摂氏・Ton/hour・kg/cm²などの工業値で表わし浮動小数点形式又は文字コード形式(EBCDIC, ASCII)で記録する場合がある。可能なかぎり後者で行うべきだが動特性MTの場合はデータ数が多いため1秒ごとの工業値変換はCPU処理能力的に不可能なため前者とした。データは通常0.1%程度までの精度であるのでA/D変換では11ビット+符号ビットで十分である。よって前者ではこの補数形式の2バイト(16ビット)の整数となった。この様な形式は利用計算機のハードウェアによって決まる。また後者は浮動小数点形式か文字コード形式に分れる。当施設の様にはデータ収録用計算機と後処理用計算機の浮動小数点形式が同じならば浮動小数点形式とする。センター計算機と浮動小数点形式が異なる計算機も多く存在し、その場合カードに数値をパンチするのと同じイメージでMTにデータを記録する方法もある。この様にこれらは利用計算機の組み合わせにより決ってくる。センター計算機は全社的に共同利用する方式であり、データ収録計算機に余裕のあるかぎりセンター計算機に負担をかけない様データの加工を行うべきである。

(7) 入力点数

これは利用目的によって必然的に決まる。計算機システム設計後にも解析項目が追加される可能性がある場合には、プロセス入力点全点を記録する機能を用意するとよい。

(8) データ処理方法

1回ごとのデータをそのまま利用する方法と複数個データを収集しそれを平均化して使用する方法に分けられる。アナログ入力データには電源ノイズその他が混入しており静特性試験などでは1秒ごとにサンプリングして180回のデータを平均している。このような処理をした方がデータの精度は上がるので必要な場合は実施するとよい。

(9) ファイル

MT1本は1200フィート又は2400フィートとほぼ統一されているのでその中にデータをどの様に入れるかが問題となる。一連のデータがMT一巻の大部分を占める場合はその一連のデータを1ファイルとする。また長時間大量のデータを収録する場合で、その連続性が必要な場合は複数のMTを利用する多リール1ファイルとなる。逆に1回又は一連のデータが短い場合は1リール多ファイルとなる。なおトリップ時のデータを記録する過渡MTではトリップ起動原因が連続して起ることがありそのためには起動されるごとにデータを収録し、連続的に複数のファイルを記録することになる。

尚、1リール多ファイルの場合ファイル間にテープマークを書き込むことは意味していない。⁵⁾
すなわちIBM系計算機の場合ではテープマークではさまれたファイルごとにJCL中にDD文
を加えなければならずファイルが多数の時は対処できなくなる。

(10) MTラベル

IBM系計算機では一巻のMT及び物理的ファイルの前後に80バイトの標準ラベル(SL)
を記録するのが標準的利用法である。これら形式や記録位置は決まっており詳細は計算センタ
ーのマニュアル⁵⁾等にある。大型計算機の負荷を減らしたりJCLの中のDD文を標準的な
ものにするため可能なかぎり標準ラベル付とするのが好ましい。ここで物理的ファイルとは2
つのテープマークにはさまれた一群のデータブロックを言う。

(11) MT記録密度

これはデータ収録用計算機システムのハードウェア仕様により決定される。センター計算機
は800, 1600, 6250BPI (Byte per Inch)であり50MW蒸気発生器施設の計算
機PFU-400のは800と1600BPIである。記録密度が高いほど1巻に収録できる情報量
が多いので好ましい。その他トラック数, 記録方式, パリティ, IRG (Inter Record Gap)
等ハードウェアの互換性に関するものは確認しておく必要がある。

(12) その他

その他の考慮点としてMT起動時にMT作動不可だった場合の処理及び収録中のMT装置ダウ
ンに対するバックアップ方法がある。通常起動時にMTが作動しない場合は運転員が一番認識
しやすい場所で警報を発生することが必要である。また過渡MTの様に突発事象に対するもの
は磁気ディスク装置などにバックアップとして記録しておき収録もれのない様にすべきである。

また、収録中のMT装置故障に対して連続的に記録を行なう必要がある場合は予備機に磁気
テープをセットし収録可能としておくことが必要である。

7.2 50 MW蒸気発生器試験施設での収録システム

ここでは当施設に導入した収録システムの機能について説明する。

(1) 動特性MT

当施設計算機F270-25側アナログ入力とデジタル入力全点を1秒周期で収録する。当
初のソフトウェアを改造しアナログ入力点についてはA/D変換の生データをハードの順番の
まま全点を記録している。アナログ入力点数1024は固定的であるが実験目的により配線変更
がある。それに対しF270-25のソフト変更で工業値変換については対応出来ないため生デ
ータとした。

(2) 静特性MT

1回起動されるごとに1回分データを収録する。但し平均処理を行っていない。そのため
実際の静特性試験用には動特性MTを3分間収録してその180回のデータを平均して1回の

静特性試験のデータとしている。これは前にも述べた通りデータがランダムノイズによりバラツクのでその精度をあげるためである。よって本機能は削除した。

(3) 過渡 MT

プラントトリップ時のデータ採取を目的とし5秒ごとに64点のアナログ入力を収録している。プラントトリップ信号が入力される5分前から10分後までの間の180回のデータがMTに記録される。プラントトリップが連続して発生することもありうるので1巻のMTには複数回のデータが収録できる。また5分前からのデータが必要なことから常時データを磁気ドラムファイルに記録しておきトリップ信号が入って10分後に15分間のデータをMTに収録する方法をとっている。

(4) 予熱 MT

蒸気発生器やその他機器・配管の予熱昇温や降温時の温度変化を調査するために設けられている。収録間隔は30分と1時間で、プログラムを変更することにより任意の時間間隔に変更出来る。PFU-400で収録可能なすべての予熱計装を磁気テープに収録した。尚この収録期間は3日～1週間の長期に渉るものなので一担磁気ディスクに収録しておき実験終了時にまとめてMTに記録する方法とした。

(5) 運転履歴MT

50 MW蒸気発生器試験施設における運転履歴の定量的な積算、把握を可能にする目的で運転履歴調査プログラムが開発された。^{3) 4)} 本MTは現在の所、主にそのプログラムの入力として利用されている。今後水リーク時の事後解析といった用途にも利用が考えられる。データ数は64点で1分ごとに収録している。5 MBの磁気ディスクに一担記録してからまとめて磁気テープに収録する。ディスクが一杯になるのが12.5日ごとであるので運用上月3回磁気テープへの収録を行っている。

(6) 水リークMT

主に注水素試験及び注水試験の時の実験データ収録に用いている。また実際の水リークが発生した時にも利用出来る。水素計や2次系統、純化系のデータを採取しており2秒に1回収録している。

(7) 平均処理MT

F270-25側のアナログ入力全点を複数回サンプリングし平均処理してからMTに収録する。F270-25からPFU-400へ、アナログデータが送られるのは1秒間隔であるのでサンプリング間隔も1秒となっている。サンプリング回数はCRTのキーボードから指定でき、一回の起動で一回分のデータセットの記録がされる。

表7.1 収録方法の分類

| 項 目 | 分 類 | 適 用 | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------|-----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| | | 動特性 MT | 静特性 MT | 過渡 MT | 予熱 MT | 運転履歴 MT | 水リーク MT | 平均処理 MT |
| 1 起 動 原 因 | 計画的事象 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 突発的事象 | | | ○ | | | △ | |
| 2 収 録 時 期 | 常時収録 | | | ○ | | ○ | □ | |
| | 随時収録 | ○ | ○ | | ○ | | ○ | ○ |
| 3 起動前データの利用 | 起動時点より収録 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 起動時より前にさかのぼって収録 | | | ○ | | | □ | |
| 4 収 録 形 態 | 磁気テープに直接書き込む | ○ | ○ | | | | ○ | ○ |
| | 磁気ディスクを介して書き込む | | | ○ | ○ | ○ | □ | |
| 5 サンプルング間隔 | 一回単独 | | ○ | | | | | ○ |
| | 短（1秒, 2秒, 5秒） | ○ | | ○ | | | ○ | |
| | 中（1分） | | | | | ○ | | |
| | 長（30分, 1時間） | | | | ○ | | | |
| 6 データ変換方式 | A/D変換値 生データ | ○ | | | | | | |
| | 工業値 変換あり | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 7 入 力 点 数 | 小（100点以下） | | | ○ | | ○ | ○ | |
| | 大（100点以上） | ○ | ○ | | ○ | | | ○ |
| 8 データ処理方法 | 1回のデータのみ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 複数回収集を平均化する | | | | | | | ○ |
| 9 ファイル | 1リール 1ファイル | | | | ○ | ○ | ○ | |
| | 多リール 1ファイル | ○ | | | | | □ | |
| | 1リール 多ファイル | | ○ | ○ | | | | ○ |
| 10 MT ラベル | ラベル無し（NL） | | ○ | | ○ | | ○ | |
| | 標準ラベル（SL） | ○ | □ | ○ | □ | ○ | □ | ○ |
| 11 MT 記録密度 | 800BPI | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | 1600BPI | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 6250BPI | | | | | | | |

○ 適用されている。
 △ 現在では適用していないがすべき項目
 □ 現在では適用していないがした方がよい項目

第 8 章 グラフィック・ディスプレイによる運転監視

運転員がプラント状態を視覚でとらえる手段としてグラフィックディスプレイ装置が使われる。ここでは当施設で用いたグラフィックディスプレイの特徴の説明と作成した機能について説明する。

8.1 グラフィックディスプレイの特徴

当施設に設置したのはリフレッシュ・ランダムスキャンの白黒の CRT 装置で座標点は横 2048, 縦 1536 である。通常のキャラクタディスプレイ装置は文字パターンを発生したりその場所に特殊パターンを表示させたりする。喩えるとタイルを組み合わせて大きな図形を作成するのに似ている。本グラフィックディスプレイはランダムスキャン方式であるので画面上の任意の 2 点をハード的に直線で結びその線分の組み合わせでグラフ表示などを行なう。

またテクトロなどで知られている蓄積型の CRT と異なり装置はリフレッシュ型なので表示した画面の移動や一部分だけの消去が可能である。刻々と状況の変化するプラントデータを表示することができる。

今後はハードウェアもどんどん進歩するであろうがプラント用 CRT としてはリフレッシュ型のグラフィックディスプレイが利用されると考えている。今後は揮度が明るくカラー化した製品が容易に入手出来ると考えられる。また高速なハードコピー装置も運転監視上設置する必要が出てくると考えている。

8.2 機 能

プラント運転監視用として以下に述べるグラフィックディスプレイを用いた 5 つのソフトウェアを作成した。

(1) 時系列グラフ表示

プラントのデータが刻々と変化するのを表示する機能でペン書き記録計に相当するものである。(2)で説明する様に任意の計装点を 6 点まで選択して表示することが出来る。横軸の時間スケールはフルスケールで 15 分, 1 時間, 3 時間の 3 種を選択できる。図 8.1 にその例を示すがグラフ上にその計装点のタグナンバーと計測値が表示されわかりやすくなっている。なお本図はハードコピーがないためプログラム設計用のものである。右端までグラフが到達したらまた左端にもどって右方に書いていく。前にも書かれていた線は重ならない様に古いデータから部分的に順次消していく。縦線も 6, 7 本表示し、計算機システムとしては他のプログラムも並行動作しているので時間間隔が若干ずれる事もあるので正確な時刻を縦線のすぐ横に表示している。

(2) パラメータ設定プログラム

時系列グラフ表示において何をどの様に表示させるかを事前に指定する必要がある。これらタグナンバー、横軸（時間軸）のフルスケール、縦軸の各々のタグナンバーに対するゼロ点とフルスケール点の値をパラメータと名付けた。各種パラメータをライトペンで選択出来るプログラムを作成した。時系列グラフは9項（9画面）あり各々6本までのデータの表示が可能であり、54項目に対して、タグナンバーとゼロ点、フルスケール点を各々指定できる。時間軸としてはフルスケール15分、1時間、3時間の3つから選択することとした。本プログラムを起動したらまずTag, Min/Max, Timeの3つよりライトペンを用いて選び、次に実際のタグナンバ、フルスケール値といった詳細情報をライトペンを用いて指定する。

(3) 運転履歴グラフ表示

第4章に紹介した様にプラントの主要計装点が常時1分おきに磁気ディスク上に収録されている。そのデータを時系列グラフ表示と同様に表示する。異なる点は表示要求した時点までのデータを用いるので時間と共に変化はしない。そのかわり表示すべきデータの最大値・最小値がわかるためオートスケールプログラムが利用でき画面上一番見易いゼロ・スパンのスケールで表示することが出来る。時間は3時間固定としたため1本のグラフに対し181点のデータを用い一画面に6本表示し9画面（9頁）とした。オートスケールプログラムについては付録-2に説明する。

(4) ポンプ特性グラフィック表示

図8.2に示す様に1次と2次のナトリウム循環ポンプの特性を表示した横軸がナトリウム流量で縦軸がポンプの出入口圧力差（ヘッド）で中にポンプ回転数一定の線とFCV105/202弁開度一定の線が示されている。現在値は⊗印で表示されその横に回転数が数値で表示される。運転員は弁開度とポンプ回転数を操作することによってナトリウム流量を変更することが出来る。運転員はこの表示を見ることによってポンプがどのような状態で運転されているかがわかる。

(5) 蒸発器内部温度等表示

これは次章の解析支援機能のうちに入るもので図8.3に示す。33本ある伝熱管の出口蒸気温度やそれに対応するダウンカメラ内中間及び下端温度、伝熱管内給水流量を表示するもので、蒸気発生器内の構造による熱交換の状況が良くわかる内容となっている。

8.3 ま と め

プラント運転状況を図形イメージで表示することは状況を把握しやすいので有効なことである。特に計装点を任意に選択してプラント状況を把握するとプラントのフェーズによって組み合わせを変えられるので有効である。常に監視が必要な計装点を非常に直感的にわかる方式で表示することができる。またポンプ特性表示も運転上操作する時には必ず監視が必要なためよく利用された機能である。

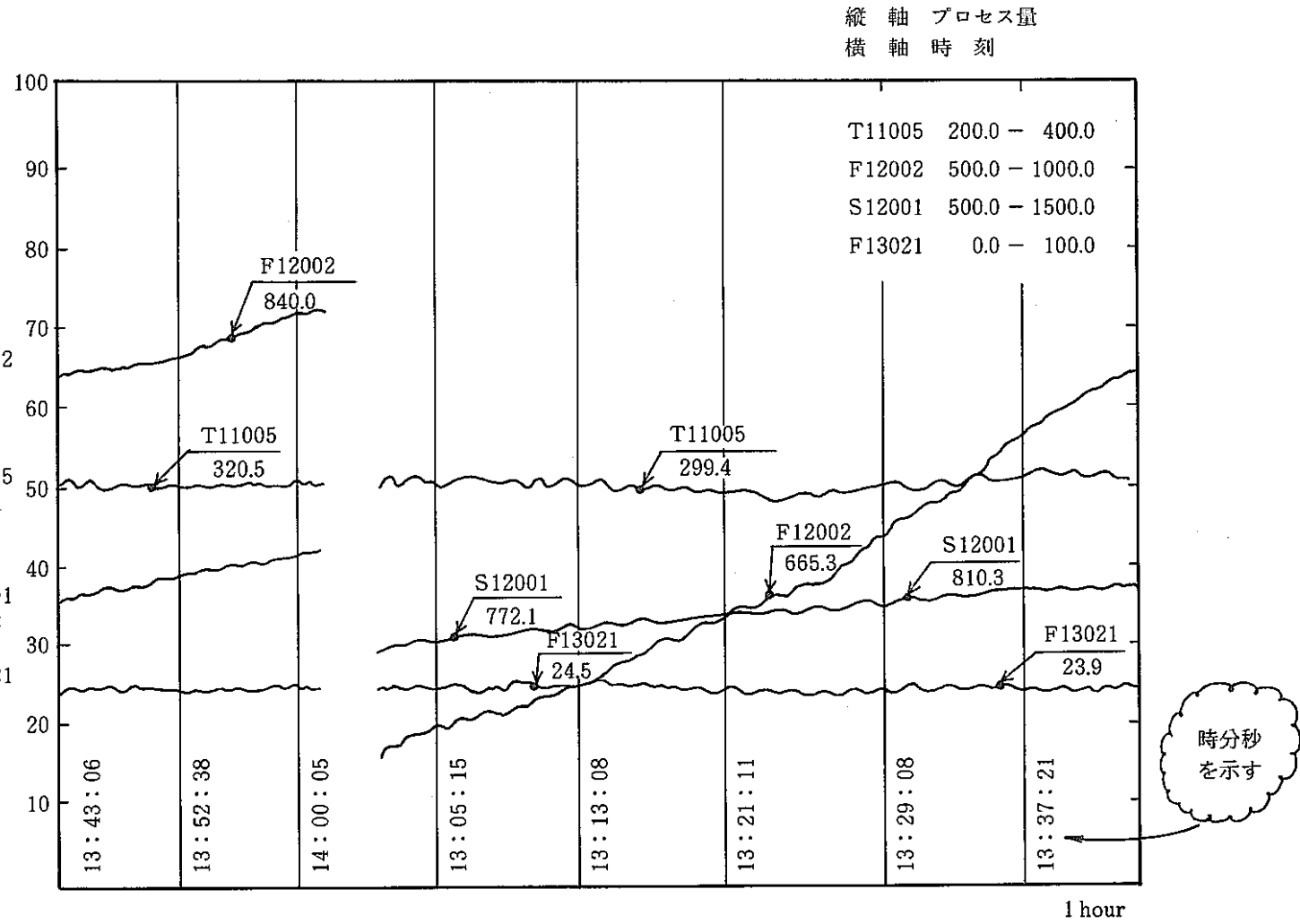


図8.1 時系列グラフ表示

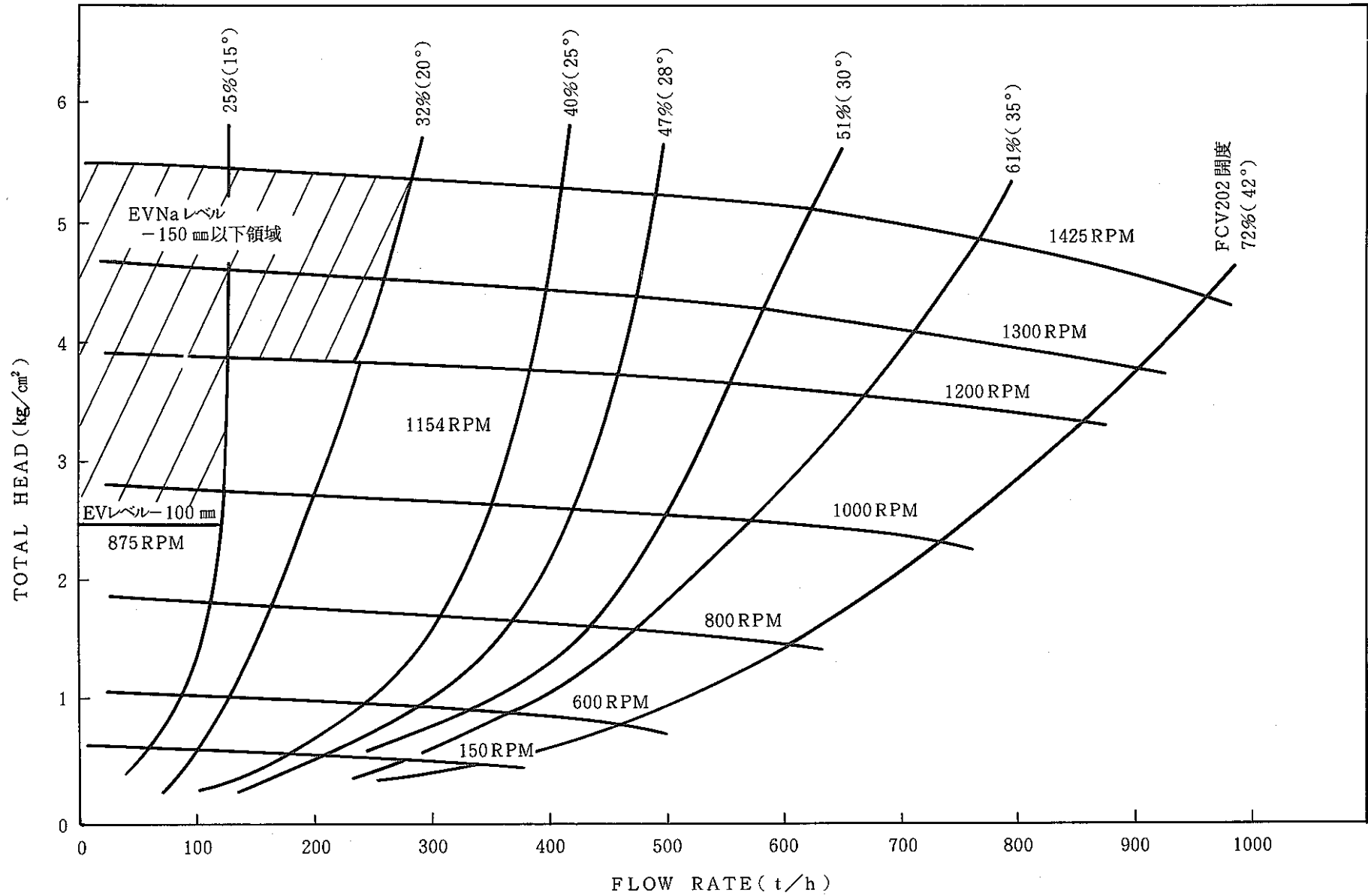


図 8.2 ポンプ特性グラフィック表示

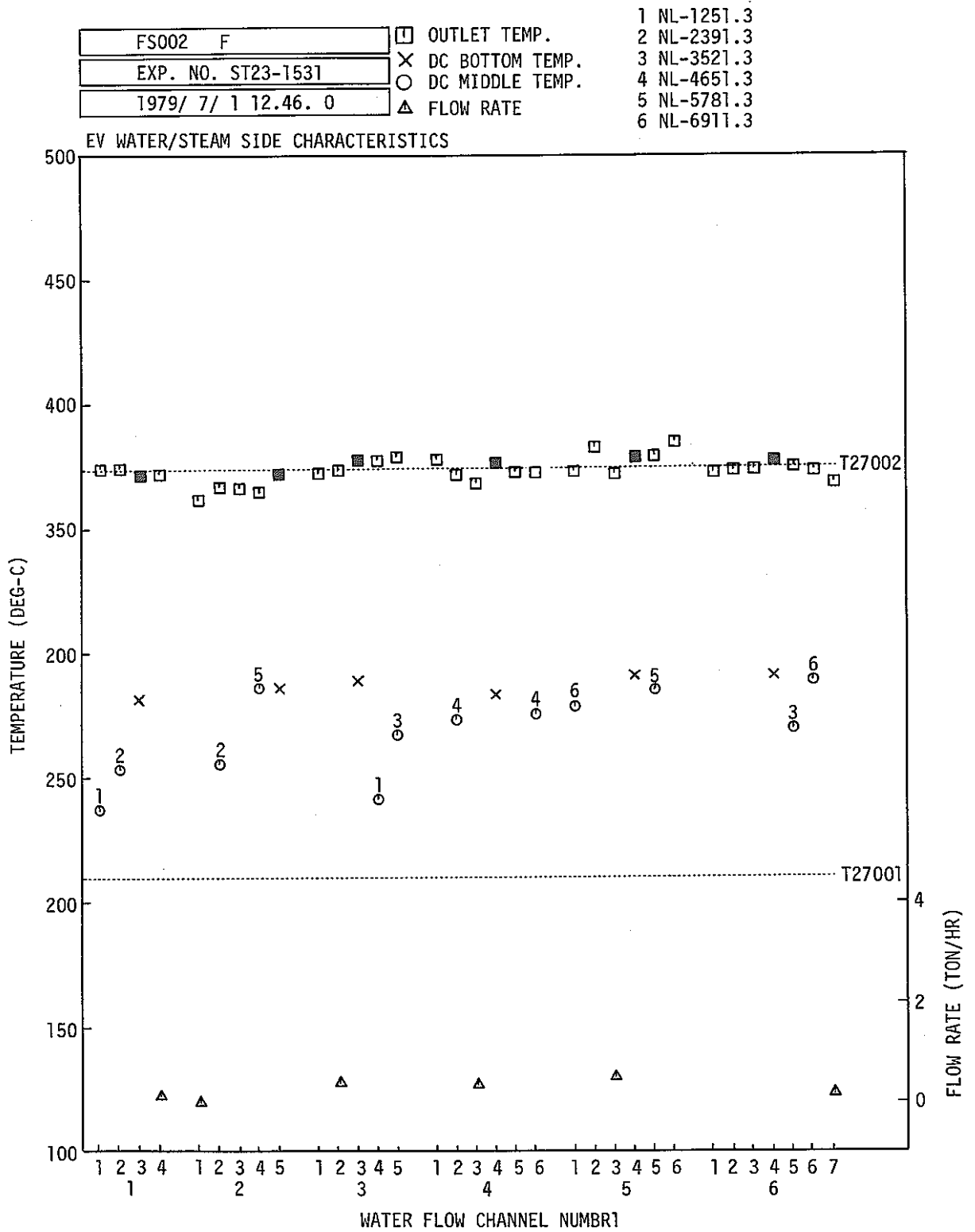


图 8.3 蒸汽发生器内部特性表示

第9章 解析及び試験の支援機能

ここでは、当施設で行っている蒸気発生器静特性、動特性や水素挙動関係の試験実施及び事後解析のために用意した機能について述べる。

9.1 概 要

当施設では“もんじゅ” R&Dの一環として蒸気発生器特性や冷却系の特性を調べるための各種試験を実施している。このため実験遂行上及び事後解析の必要性からプロセス・コンピュータに支援機能をもたせている。これらは当施設のみならず“常陽”“ふげん”にも程度の違いはあるが本機能は設備されている。“もんじゅ”においてもその後の実証炉・商用炉開発のために性能データ、実験データを多数とる必要があり、本章に述べる機能をプラント機能試験のために設置すべきと考えている。プラント用ミニコンは性能が年々良くなり浮動小数点演算やディスクベースのマルチタスクシステムは常識的となっているためかなりの作業を行なわせる事が出来る。逆に大型計算機は多数の人による共同利用方式か有料であるので各ユーザが不必要に利用しない様に心掛ける必要がある。そのため特にデータ収録システムにおいては工業値変換の様子にプロセスコンピュータで実施可能で大型計算機の負担となる処理や、磁気テープの記録形式を標準化する作業はプロセスコンピュータにて処理させた方がよい。

9.2 機 能

本章の目的に合致する機能については前報告書¹⁾や本報告中で述べた。それらについては次項でとりまとめて報告することとし、本項ではそれらの中で述べていない機能について述べる。

実験時にプラントデータを取りまとめてCRTに表示させる必要が生じた。運転員がプラント状態を指示通りの実験条件に設定する場合に多数のパラメータを同時に見て繁雑な操作をしなければならない。また試験立会者もCRTを見てプラント状態が指示通りになっていることを確認し多数の実験を能率よく行なわなければならない。このため作成したCRT画面が図9.1～4である。計測点を複数回サンプリングしたものの平均化処理結果もこの画面上に表示することが出来る。それをラインプリンタ上にコピー（ソフトコピー）を取るによりすぐに代表的データの保管整理が行なえる。

9.3 ま と め

解析及び試験の支援機能としてはその出力形態から3つに分類される。それらはMTへの出力、CRTへの表示、ラインプリンタ等への印字であり、それらを各々まとめてみる。

(1) 磁気テープ (MT) 出力

解析支援システムとしてどうしても必要な機能で詳しくは7章に述べた。主なものは動特性試験用、ナトリウム中水素挙動解析用、予熱昇温特性評価用である。当施設では頻繁に利用しており、データの整理、周波数分析や統計的解析に使用されている。またプロッター図に出力し、動特性解析コードやナトリウム中水素挙動解析コード等の検証作業に利用されている。

(2) CRT表示

CRTに取りまとめて表示するのは試験実施を確実なものとするので、可能な限り試験内容を事前に明確にし、それによく対応したソフトウェアを準備しておく事が望ましい。その例が前項の実験条件をとりまとめた表示で、より進んだ形態が8章に述べた蒸気発生器の内部特性図をグラフィックディスプレイに表示させるものである。もし実験直前になって複数の計測上のデータを一括してCRTに表示する必要がある時は、プラントデータ集合表示¹⁾を利用する。

(3) ラインプリンタ等への印字

MTによらないで簡単にデータを保存するためである。計算機によるので正確であるし、事後にデータの取り落しで再試験の必要性が出る可能性も少ない。

当施設で主に用いたのはCRTのソフトコピーとアナログ入力点の全点印字である。前者はCRT上の文字表示をそのままソフトを用いてラインプリンタに印字するもので実験データのとりまとめたものの保存用である。後者は水素計と予熱関係の一部を除いてすべてのプラント計装点を網羅しているので事後解析においてもあらゆる関連を確認することができる。両者ともに複数回サンプリングして平均化処理する機能をもうけた。

(4) ケタ数を事前に指定出来ない時のデジタル表示

CRTやLPにデジタル表示する際に生じた問題点とその対応について述べる。プラントデータ集合表示のように任意の点を表示させるとケタ数が事前に指定できない。例えばポンプ回転数ならば1450 RPMの様に4ケタであるし、Na圧力であると0.001 kg/cm²のケタまで表示させたい。(大体有効数字4ケタが一般に使いやすい。)それを越えるものもあるし、それを一般的表示すると100を1.00 E+02とする指数付表示となる。しかしこの方式は好ましくなく人間が書くものと同じの形式が望ましい。そのためにはまず第一にI変換を優先し、次にF変換を用い、どうしても表示できない時のみ指数付E変換にする。数置によりFORTRANでの表示方法の切替えを自動的に切り替える方法を考案した。詳細は付録-3を参照されたい。

| NO.1 | | DYNAMIC CHARACTERISTIC TEST | | | | DATE 81.10.31 | | TIME --08:03:50 | |
|-------------------|---------------|-----------------------------|-------|-----------------|-----|----------------|-----|-----------------|--|
| EXP.NO. CFF0-3003 | | MT.NO. #-2127 | | | | | | | |
| LOOP | PLACE | TEMPERATURE (C) | | FLOW RATE (T/H) | | PRESSURE (ATG) | | | |
| PRIMARY | IHX INLET | T11007 | 34.1 | F11005 | 0.0 | | | | |
| | COLD BYPATH | | | F11007 | 0.0 | | | | |
| | COOLER BYPATH | | | F11009 | 2.2 | | | | |
| SECONDARY | SH INLET | T23001 | 141.4 | | | | | | |
| | SH OUTLET | T23002 | 70.0 | | | | | | |
| | EV OUTLET | T23003 | 45.7 | F12001 | 0.0 | | | | |
| WAT/STM | EV INLET | T27001 | 25.1 | F13021 | 0.0 | P27010 | 0.0 | | |
| | EV OUTLET | T27002 | 26.9 | | | P27020 | 0.0 | | |
| | SH OUTLET | T27004 | 77.8 | | | P27030 | 0.0 | | |

图9.2 实验条件表 (2)

| LOOP | PLACE | TEMPERATUR (C) | FLOW RATE (T/H) | PRESSURE (ATG) | OTHERS |
|--|---------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| NO.2 DYNAMIC CHARACTERISTIC TEST DATE 81.10.31 TIME --08:12:54 | | | | | |
| TABLE FOR OPERATORS ASSISTANT | | | | | |
| PRIMARY | #1 HTR INLET | T11002 21.7 | F11002 0.0 | | |
| | #2 HTR INLET | T11003 23.2 | F11003 0.0 | | |
| | #1 HTR OUTLET | T11004 37.1 | | | |
| | #2 HTR OUTLET | T11005 36.0 | | | |
| | IHX INLET | T11007 32.6 | F11005 0.0 | | |
| | COLD BYPATH | | F11007 0.0 | | |
| | COOLER BYPATH | | F11009 2.2 | | |
| 1ST NAP | | | | S11001 0.0 | |
| SECONDARY | SH INLET | T23001 142.9 | F12002 0.0 | | |
| | SH OUTLET | T23002 69.7 | | | |
| | EV OUTLET | T23003 45.6 | F12001 0.0 | | |
| | SH ANNU,LEVEL | | | | L22003 -579.5 |
| | EV ANNU,LEVEL | | | | L21003 -550.0 |
| 2ND NAP | | | | S12001 0.0 | |
| WAT/STM | EV INLET | T27001 25.3 | F13021 0.0 | P27010 0.0 | |
| | | T21262 98.4 | F13022 0.00 | P13002 0.0 | |
| | EV TUBE | T21231 141.8 | F21001 0.0 | | |
| | | T21237 142.1 | F21002 0.0 | | |
| | | T21240 140.9 | F21003 257.5 | | |
| | | T21246 142.1 | F21004 0.0 | | |
| | | T21252 143.1 | F21005 314.1 | | |
| | T21258 140.6 | F21006 0.0 | | | |
| | EV OUTLET | T27002 26.9 | | P27020 0.0 | (SAT,TEMP) 99.0 |
| | SH OUTLET | T27004 78.7 | (SUM OF TUBE) | P27030 0.0 | |
| | PCV 305 | | 3.17 | P13005 0.0 | |
| FWP | | | | S13001 0.0 | |

图9.3 实验条件表 (3)

| NO.3 DYNAMIC CHARACTERISTIC TEST | | DATE | TIME | OTHERS | |
|----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|
| LOOP | PLACE | TEMPERATURE (C) | FLOW RATE (T/H) | PRESSURE (ATG) | |
| PRIM. | #1 HTR OUT | T11004 36.7 | F11002 0.0 | * | |
| | #2 HTR OUT | T11005 36.0 | F11003 0.0 | * | |
| | MIX.T. IN | T11006 37.5 | F11004 0.0 | * | EXP.NO. CFF0-3003 |
| | IHX IN | T11007 34.1 | F11005 0.0 | * | MT.NO. #-2127 |
| | IHX OUT | T11008 30.0 | F11006 0.0 | * | |
| | COLD BY. | * | F11007 0.0 | * | |
| | HOT BY. | * | F11008 0.0 | * | |
| | COOLER IN | T11010 20.6 | F11009 0.0 | * | |
| | COOLER OUT | T11011 18.3 | * | * | |
| | 1ST NAP | T11001 48.0 | F11001 0.0 | P11001 0.0 | S11001 0.0 |
| SECON. | IHX IN | T12001 30.0 | * | * | |
| | IHX OUT | T12002 31.1 | * | * | |
| | SH IN | T23001 141.7 | F12002 0.0 | * | |
| | | T12003 19.5 | * | * | |
| | SH ANNU. | T22005 166.4 | * | * | L22003 -579.5 |
| | SH OUT | T23002 70.0 | * | * | |
| | EV ANNU. | T21001 166.8 | * | * | L21003 -550.0 |
| | | T21006 170.8 | * | * | |
| | | T21015 154.6 | * | * | |
| | | T21020 115.3 | * | * | SH DP -87.5 |
| | EV OUT | T23003 44.4 | F12001 0.0 | * | |
| | | T12004 19.1 | * | * | |
| | 2ND NAP | * | * | P12001 0.1 | S12001 0.0 |
| WAT/S. | EV IN | T27001 24.4 | F13021 0.0 | P27010 0.0 | SH B,F -10.0 |
| | | T21262 97.4 | F13022 0.0 | P13002 0.0 | T 300.0 |
| | EV D.C. | T21264 158.0 | * | * | F 100.0 |
| | | T21127 145.4 | * | * | MT 19.1 |
| | EV TUBE | T21240 141.1 | F21003 257.5 | * | T27011 28.1 |
| | | T21246 141.1 | F21004 0.0 | P13011 | T27012 27.3 |
| | | T21258 139.9 | F21006 0.0 | P13012 | |
| | EV OUT | T27002 25.9 | * | P27020 0.0 | (SAT TEMP) 99.0 |
| | SH IN | T27003 35.2 | * | P13004 | T13009 |
| | SH OUT | T27004 77.5 | F13002 0.0 | P27030 0.0 | T27013 24.0 |
| | | T13003 77.6 | * | P13003 -6.4 | T27014 24.0 |
| | | T13005 18.3 | * | P13005 0.0 | P16008 7.2 |
| | PCV 305 | * | F13004 26.5 | P13001 3.5 | S13001 0.0 |
| | FWP | * | B10102 0.0 | B10103 0.0 | |
| DEMAND | ST 1->3 | B10101 17.6 | | | |

图9.4 实验条件表 (4)

第10章 終 わ り に

異常診断手法としての微分警報・到達時間警報の有効性を確認すると共にマンマシンシステムとしての監視・表示システムを必要なものから50 MW蒸気発生器試験施設にとり入れその評価を行った。また今後の高速炉でも必要性が高まるとされる解析支援機能やデータ収録システムや入力データの処理方法についてもその製作・利用を通じて得られた知見を述べた。

最後に本R&Dを行うにあたって50 MW蒸気発生器試験室の試験グループ・保守グループ・解析グループ等多くの方々から御支援・アドバイス等をいただきました。

ここに深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 玉山：50 MW蒸気発生器試験施設計算機応用(I) 運転監視システムの開発(その1)
PNC SN941 81-52 1981年2月
- 2) 玉山：高速増殖炉の予熱設備の合理化に関する検討
PNC N941 81-196 1981年10月
- 3) 谷田部, 村田, 久保田：50 MW蒸気発生器試験施設の運転履歴報告書
PNC ZN941 80-162 1980年9月
- 4) 谷田部, 久保田, 鎌田：50 MW蒸気発生器試験施設の運転履歴調査プログラム説明書
PNC N952 81-03 1981年2月
- 5) 大洗工学センター：計算センター利用者マニュアル
- 6) 玉山, 岡町, 土屋：50 MW蒸気発生器試験施設計算機システム ソフトウェア説明書
(PFU-400/FACOM270-25) PNC N952 80-09 1980年9月
- 7) 玉山, 土屋：50 MW蒸気発生器試験施設計算機システムソフトウェア説明書(追加・改良版)
(PFU-400/FACOM270-25) PNC N952 80-14 1980年11月
- 8) 玉山, 岡町, 土屋：50 MW蒸気発生器試験施設計算機システム プログラマーズ・ガイド
(PFU-400/FACOM270-25) PNC N952 80-07 1980年9月
- 9) 玉山, 岡町, 土屋：50 MW蒸気発生器試験施設計算機システム オペレーション・マニュアル
(PFU-400/FACOM270-25) PNC N952 80-05 1980年8月
- 10) 玉山, 土屋：50 MW蒸気発生器試験施設計算機システム オペレーション・マニュアル
(追加・改良版) (PFU-400/FACOM270-25) PNC N952 80-16
1980年11月

付録-1 FACOM 270-25/PFU-400 計算機システムの概要

50 MW 蒸気発生器試験施設における運転監視システムに用いた計算機のハードウェアの概略について紹介する。全体構成図を付図1に示す。計算機はFACOM270-25とPFU-400の2つのCPUからなりその間をCCA（チャンネル間結合装置）により結合されている。

FACOM270-25は当施設建設時に設置したもので1024点のアナログ入力等を有し、主にプラントのプロセスデータの入力及びMT収録（動特性MT、過渡MT）とPFU-400への収集したプラントデータの転送を行っている。

PFU-400では転送されたデータの受信及びその他独自のプロセス入力機能がある。それらのデータを用い、各種運転監視機能を有し、CRTへの表示、警報の発信等を行っている。2つのCPUは各々DISK/DRUM、MT、LPを周辺装置としてもっている。

詳細なハードウェア、ソフトウェア、オペレーションについてはすでに報告してあるのでそれを参照されたい。（参考文献6～10）

付録-2 オートスケール・プログラム

縦軸（プロセス量）に関して無指定でプロッター図やグラフィックディスプレイにグラフを書かせる場合がある。その軸のゼロとスパンのスケールを自動的に決定する一般的な方法はグラフの最大値と最小値を求めそれをそれぞれグラフのフルスケールとゼロ点にする。この手法であると通例中途半端な値で目盛り非常にみにくくなる。このためにきりのよい値でゼロ・スパンを決める方法が提案されておりここではそのプログラムの詳細について述べる。

プロッタ上のスパンは1, 2, 4, 8のきりのよい値を用いる。測定データは通常誤差0.5%以内といわれており、ノイズで値が細かく振動している。値があまり変動していない時に軸を拡大するとノイズで振動しているのがそのまま拡大されて非常に見づらくなる。このため計器のスケール巾を入力としてそのスケール巾の10倍を越える引き伸ばしは行なわない様にする。スケールのゼロ点はデータの最小値のスケール巾の2ケタ以下を切り捨てた値とする。例えば、計器スケールが0.0～100.0とし最小値が32.1とした場合スケールのゼロ点は30.0となる。

プログラム説明書とプログラム例を次に示す。

オートスケール（AUTOSC）プログラム説明

目的 入力要素数Nケの配列Aと計器スケール（ゼロ点をZ、フルスケールをFとする）である場合のプロッター軸のきりのよい最小値YNと最大値YMを求める。

内容 ① データ配列Aの最小値AMINと最大値AMAXを求める。ただし、ZとFの間とする。

② 計器スケール巾（F-Z）のケタ情報Lを求める。

$$1 > (F - Z) \geq 0.1 \cdots \cdots \rightarrow L = -1$$

$$10 > (F - Z) \geq 1 \cdots \cdots \rightarrow L = 0$$

$$100 > (F - Z) \geq 10 \cdots \cdots \rightarrow L = 1$$

- ③ 最小値 Y_N を計器スケール巾 $(F - Z)$ の2ケタ下以下で切り捨てる。

$$Y_N = \text{int} (A_{\text{MIN}} / 10^{L-1}) * 10^{L-1}$$

尚 $\text{int}(X)$ は、実数 X を越えない最大の整数とする。

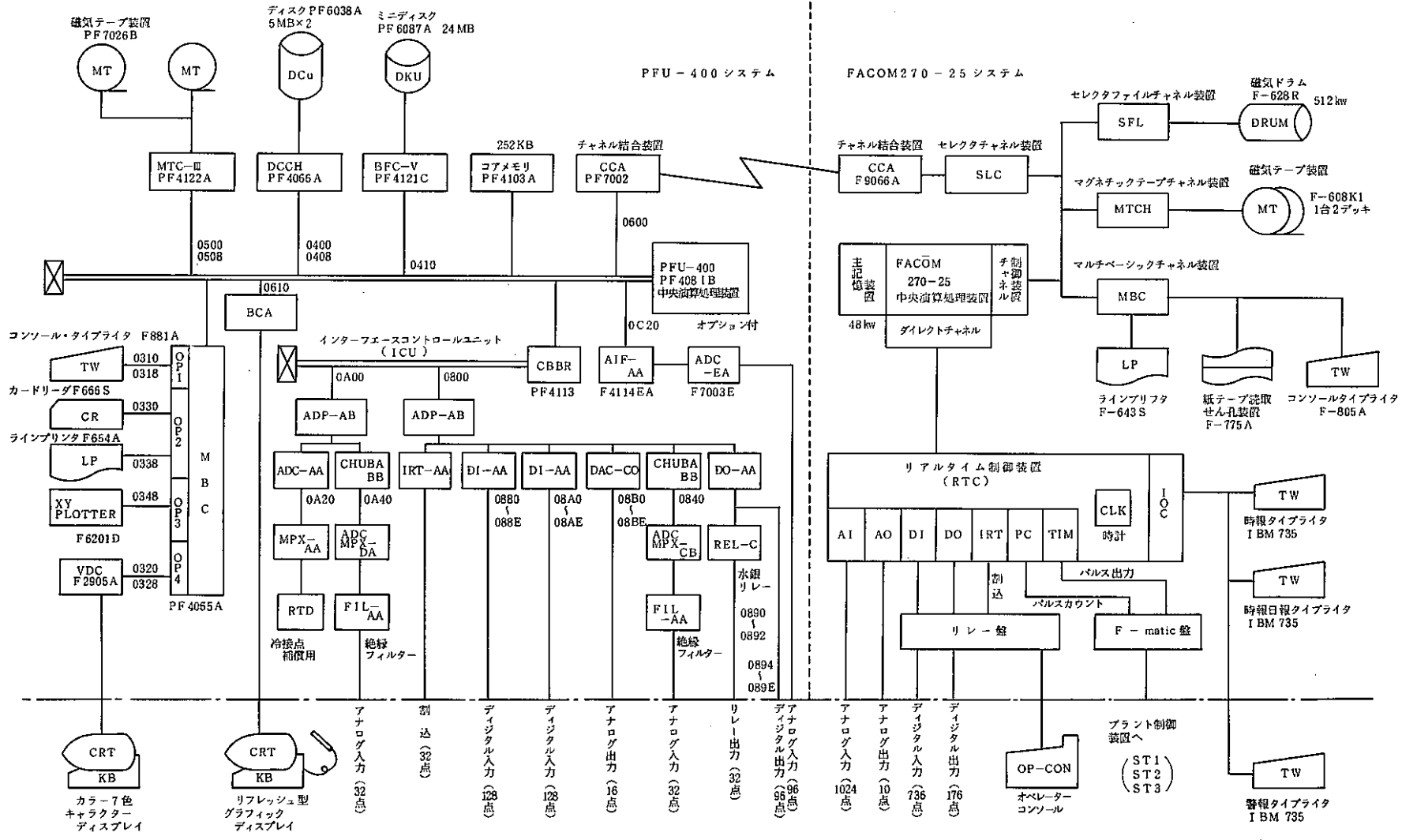
- ④ 1時記憶領域 $P(I)$ に $(F - Z)$ の1ケタ下までの範囲で1, 2, 4, 8の系列配列を作る。

例えば $(F - Z) = 90$ の時、配列 $P(I)$ は100, 80, 40, 20, 10, 8, 4, 2, 1

- ⑤ $P(I) \geq (F - Z) / 10$ であつ、 $P(I) \geq (A_{\text{MAX}} - Y_N)$ となる最小の $P(I)$ を求める。

最大値 $Y_M = P(I) + Y_N$ となる。

プログラムは付図-2に、PASCAL形式で考え方を示した。



付図 - 1 計算機システム概要図

```

procedure AUTOSC (A: array; N: integer; Z, F: real; var YN, YM: real)
  function int (var X: real)
    var A: array[1..N] of real; P: array[1..9] of real; I, L: integer;
        AMIN, AMAX, S: real;
    begin
      AMIN:=A(1);
      AMAX:=A(1);
      for I:=2 to N do
        begin
          if AMIN>A(I) then AMIN:=A(I);
          if AMAX<A(I) then AMAX:=A(I);
        end
      if AMIN<Z then AMIN:=Z;
      if AMAX>F then AMAX:=F;
      L:=int (log10 (F-Z) + 0.00001);
      YN:=int (AMIN/(10.0**(L-1)))*(10.0**(L-1));
      S:=10.0**L;
      P(1):=S*0.1;
      P(2):=S*0.2;
      P(3):=S*0.4;
      P(4):=S*0.8;
      P(5):=S;
      P(6):=S*2;
      P(7):=S*4;
      P(8):=S*8;
      P(9):=S*10;
      I:=0;
      repeat I=I+1 until P(I)≥(F-Z)/10.0;
      while P(I)<AMAX-YN do I=I+1;
      YM=P(I)+YN;
    end { AUTOSC }

```

```

procedure int (var X: real)
  var Y: real; K: integer
  begin
    Y:=X+100.0;
    K:=trunc(Y);
    int=K-100;
  end

```

付録-3 プラントデータ表示用変換

FORTRANで浮動小数点を表示するにはF変換又はE変換を用いているが、プラントデータ集合表示の様に任意の計装点の測定値をデジタル表示するのは好ましくない。

まずE変換では、運転員にとっては指数部付きのデータは読み取りにくく、マンマシンのいっても不適當といわざるをえない。またF変換では計測点に変換されると有効数字がとれなかったり逆にやたら数値が並んで繁雑になってしまう。このため図に示すようにまずI変換を優先し有効数字のケタ数を主体とした小数点位置の移動するF変換を考案した。もしどうしてもF変換で表示出来ない時はE変換で表示する。

| 値 | F 1 0.4 | 1 P E 1 0.4 | 本 方 式 (ケタ=10 有効数字=4 の場合) |
|------------------------|-----------|-------------|--------------------------------|
| 0.000001234 | 0.0000 | 1.234E-6 | 1.234E-6 |
| 0.001234 | 0.0012 | 1.234E-3 | 0.001234 |
| 12.34 | 123400 | 1.234E+1 | 12.34 |
| 1234.5678 | 1234.5678 | 1.234E+3 | 1234 |
| 12345678 | ***** | 1.234E+7 | 12345678 |
| 1.234×10^{15} | ***** | 1.234E+15 | 1.234E+15 |

本方式は、CRTでのプラントデータ集合表示や、ラインプリンタへの全計装点印字や運転リレキグラフィック表示中のデジタル表示などに有効に利用されている。

付録－４ 入力データの補正方式

本章では計算機入力されたデータを工業値変換する各種の計算方法について整理して説明する。

(1) 工業計器（リニア変換）

温度・圧力・流量・液位のうち大部分のものは工業計器からの入力でリニア特性となっている。これらの関係は次式の様になる。

$$Y = \frac{X - a}{f - a} (F - Z) + Z \quad (\text{式 付.1})$$

ここで X：入力値

a：入力のゼロ点

f：入力のフルスケール

Y：出力値

Z：出力のゼロ点

F：出力のフルスケール

これらの信号は1～5 V，4～20 mAの工業計器統一信号で入力し，A/D変換されて400～2000になるのでaが400，fが2000となる。

その他水素計の電離真空計のように0～10 mVで入力されるものもあり，計器やA/D変換器などのハードウェアの組み合わせによりa，f，Z，Fのパラメータの値が決まる。

PNC TN941 82-182

(2) 熱電対

PNC TN941 82-182

工業計器を介した温度は補正がなされるので(1)リニア変換に分類されるが熱電対がそのまま計算機に接続される場合は零接点補償とリニアリティ補償が必要となる。零接点については入力点が少ない時は零接点補償を特殊なハードで行なうが大量にある時は入力用の中継端子盤の内部温度を測温抵抗体で測定し計算機プログラムで補正する方法をとっている。ここではプログラムで補正する方法を説明する。

イ) 零接点補正

中継端子盤内は通常20℃になっているので零度より高い部分の熱起電力が発生せず少なめに入力する。そのための電圧としてプログラムで加算しそれを測定箇所の温度に対する熱起電力とする。白金測温抵抗体からの温度をT(℃)とすると相当熱起電力Vo(mV)は次の近似式で求まる。

$$V_o = 0.040628 \cdot T - 0.013711 \quad (\text{式 付.2})$$

温度に換算するための零接点補償された電圧V(mV)は入力電圧Vin(mV)とVoの和になる。

$$V = V_{in} + V_o \quad (\text{式 付3})$$

ロ) リニアリティ補正

mV単位での入力信号を区分して2次方程式で近似して補正する。0～600℃の範囲ではさほどリニアリティがずれている訳ではないので必要度と誤差の関係で本補正をしなくてもよい。例えば予熱監視専用の入力点では200℃付近が正しく算出できる簡易式を用いる。計算式は次の通り

$$T = a \cdot V^2 + b \cdot V + c \quad (\text{式 付4})$$

| | 入力信号 (mV) V の 範 囲 | a | b | c |
|---|----------------------|-------------|----------|-------------|
| 1 | 0 ~ 2.02 | -0.2423802 | 25.30289 | -0.05519028 |
| 2 | 2.02 ~ 6.13 | 0.1318889 | 23.15484 | 2.930459 |
| 3 | 6.13 ~ 10.16 | -0.05809229 | 25.80501 | -6.021476 |
| 4 | 10.16 ~ 16.40 | -0.06783138 | 25.82650 | -5.290442 |
| 5 | 16.40 ~ 22.78 | -0.023392 | 24.42058 | 5.857792 |
| 6 | 22.78 ~ 25.00 | 0.04301139 | 21.35269 | 41.37385 |

(3) 差圧計による流量算出

一般的に差圧と流量の関係は次式の通り

$$G = \alpha \sqrt{\gamma \cdot \Delta P} \quad (\text{式 付5})$$

ΔP : 差 圧

γ : 比 重 量 (kg/m^3)

α : 係 数

G : 重 量 流 量

工業計器の開平器は誤差が多くまた運転用とのことで5～10%以下の範囲ではカットされゼロにしている。解析用としては可能なかぎり状況を知りたいとの目的で計算機プログラムで式 付5を実行することがある。比重量は蒸気表から得る場合と近似式を新たに作成して温度・圧力から求める方法がある。

(4) ナトリウム流量

電磁流量計の値がそのまま体積流量で入力された場合はナトリウムの比重量で補正し重量流

量とする。

$$G = r \cdot W \quad (\text{式 付.6})$$

ここで G : 重量流量 (TON/ Hour)

r : 比重量 (TON/m³)

W : 体積流量 (m³/ Hour)

$$r = 0.9501 - 2.2976 \times 10^{-4} \cdot T - 1.460 \times 10^{-8} \cdot T^3 \quad (\text{式 付.7})$$

ここで T : Na 温度 (°C)

(5) 水素計

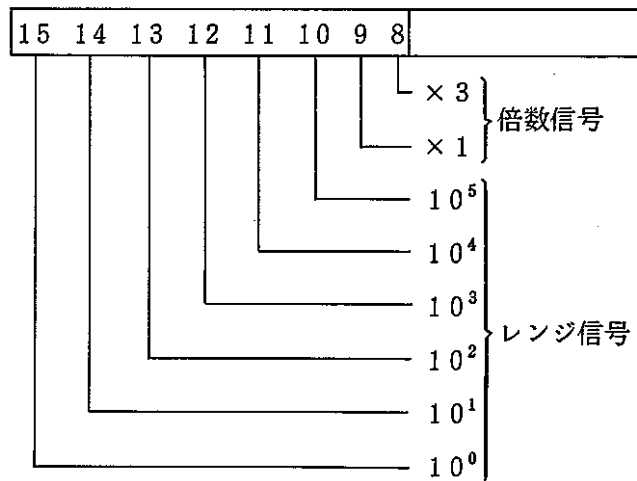
当施設のナトリウム中水素計は拡散膜式でイオンポンプ電流を用いている。アナログ入力であるイオンポンプ電流とデジタル入力であるレンジ信号を用いて水素濃度を計算している。

蒸発器出口ナトリウム中水素計 (EV-H Na・IP) の場合以下の通り。

V : 計器からの入力信号 0.01 ~ 0.05 V / 0 ~ 100 %

C : 工業値 (PPB) Na 中・水素濃度

レンジ信号 : 0880
(番地)



Nは10~15 bitのうち, ONとなっている bit 番号

$$R = 10.0 ** (15 - N)$$

8ビットがONならばR = 3.0 * Rとする。

S : イオンポンプ電流 (μA)

a, b : 水素計較正カーブのパラメータ

$$S = \frac{1000}{40} (V - 0.01) * R \quad (\text{式 付.8})$$

$$C = a \cdot S^b \quad (\text{式 付.9})$$

水素計の設計により電離真空計を用いたり、レンジ信号の出し方が変更になるが、基本的には同じ方法である。

(6) 酸素計

現在の化学電池式のナトリウム中酸素計は2つのアナログ信号を出力している。1つは原信号と称し酸素計出力（1.3～2.0 V）そのものである。もう1つは表示信号である。盤面のツマミで基準電圧設定をし、その値と原信号の差を表示信号として記録計へ出力している。計算機としては絶対値を知るために原信号、変化を細かく知るために表示信号を利用している。

〔原信号〕

V：入力（1～5 V）

Y：酸素計電圧（1.3～2.0 V）

C：Na 中酸素濃度（PPM）

a, b：酸素計校正曲線のパラメータ

$$Y = 0.175 \cdot V + 1.125 \quad (\text{式 付10})$$

$$C = 10^{a - b \cdot Y} \quad (\text{式 付11})$$

〔表示信号〕

V：入力（1～5 V）

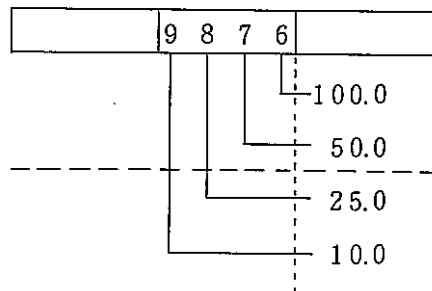
Y：酸素計表示信号電圧値（mV）

Y₁：酸素計電圧値（V）

Y₀：原信号の初期値（V）

Y_x：表示信号の初期値（mV）

レンジ信号：0BA0
（番地）



Nは6～9 bitのうちONとなっているbit番号

$$R = 2^{**} (8 - N) \cdot 25$$

但し N=9 の時は R=10.0 とする。

$$Y = (0.5 \cdot V - 1.5) \cdot R$$

$$Y_1 = Y_0 + (Y - Y_x) / 1000.0$$

$$C = 10^{a - b \cdot Y_1}$$

表示信号を用いて酸素濃度を計算するには単独では絶対値が得られない事から連続的にデータを収集しその起点の原信号を絶対値の基準としその後の表示信号の偏差を利用している。

小リーク，データ収集MTの事後処理では原信号より精度の良い基準電圧設定をツマミの目盛から読みとりカード入力して表示信号から酸素濃度の絶対値を計算している。なお今後可能なら原信号ではなくデジタル設定の基準電圧設定をそのままBCDコード等でデジタル入力出来るのが好ましい。(これは基準電圧設定の精度が表示信号の精度にほぼ等しい事を前提としている。)原信号の場合は1.3～2 Vに対して±0.1 mV位の精度(0.014%)を必要としアナログ入力では無理なためである。

(7) データのスモーシング

プラント計装点はどうしてもランダム的なノイズが入りそれに対してスモーシングを行う必要がある。現状のプラント特性を得る実験ではその静定値は180回の平均を用いている。水リーク関係のデータ収録では3回の平均で水リーク検出を行っている。現在のところそれら以外のプラントデータ表示ではスモーシングは行っていない。