

東海地域地震予知のための地下水変動データ処理・監視システム

佃 栄吉* 衣笠 善博* 杉山 雄一*

TSUKUDA, E., KINUGASA, Y. and SUGIYAMA, Y. (1980) The groundwater data processing and monitoring system for the earthquake prediction in the Tokai district, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 31(12), p. 619-634.

Abstract: Since the Tokai district was designated as an "Intensified Observation Area" by the Coordinating Committee for Earthquake Prediction in 1974, many kinds of observation for the purpose of earthquake prediction have been done by various institutes. Among them, we started to achieve the automated groundwater monitoring system in cooperation with geochemists and hydrologists of the Geological Survey of Japan (GSJ) in 1976. Main aims of the system are automated data collection and real time monitoring the changes in groundwater level and radon concentration.

The total system is illustrated in figure 15, and the distribution of the observation wells is shown in figure 1. Radon concentration is counted at eight wells, groundwater level is measured at six and pH-value and electric conductivity are measured at one. These data are transmitted from 11 satellite stations to GSJ at Tsubu about 250 kilometers apart through the public telephone lines. The sampling interval has been designed to be valuable and two minutes is selected for routine operation. The data transmitting speed is 200 bits per second.

The telemetered data are processed by on-line digital mini-computer with 128 kilobites of main internal memory and peripheral equipments. The processed data are filed into magnetic tape and disk at 10 minutes interval, and are used for weekly log and for future analyses.

Selected items of the data are simultaneously transmitted to the Japan Meteorological Agency (JMA) at two minutes interval by another telemetering system and are displayed on analog recorders installed in JMA, where various kinds of data from different institutes are monitored continuously. In addition, the weekly log is examined by the team of geochemists and hydrologists of GSJ. This examined log with comments and interpretations for the changes in groundwater data is transmitted to JMA through a facsimile line.

By the end of 1979, the construction of this system has been completed and since then it is in routine operation.

1. はじめに

駿河湾—遠州灘を震源域とする巨大地震の発生の可能性があることは、駿河湾—遠州灘に地震の空白域が存在すること、及び測地測量の結果などから、多くの地震学者により指摘されてきた。東海地域は上記のような長期的予測にたつて、1974年2月第24回地震予知連絡会において「観測強化地域」に指定され、重点的に各種観測の強化及び地震予知体制の整備が急がれるようになった。

地震の短期予知を行うためには、多くの観測機器、装置等で広域のかつ連続的に地殻変動・地下水変動などのデータを観測することだけではなく、これらのデータ

* 環境地質部

1カ所において集中的に常時監視するとともに、なんらかの異常発見に対して敏速に対応できる体制が確立されねばならない。1977年4月地震予知推進本部は東海地域の地震発生の有無を判定する「東海地域地震予知判定会」¹⁾を組織し、すべてのデータを気象庁へ集中して24時間監視体制を整備することを決定した。

地質調査所では東海地域の地震予知体制のうち、地下水変動の観測を分担することになり、1977年3月には清水市庵原中学校内に水位及びラドン・水質観測井を設置し、このうちラドン・水質観測井についてテレメータ観

1) 東海地域地震予知判定会は、大規模地震対策特別措置法の施行に伴う、地震防災対策強化地域の指定を契機として、1979年8月より「地震防災対策強化地域判定会」と改称された。以下これを「判定会」という。

測を開始した(加藤ほか, 1977). その後1978年3月には静岡市賤機南小学校内及び相良町「つくしの家」敷地内に水位観測井を設置, さらに大東町役場駐車場内に水位・ラドン観測井を設置し, 庵原中学校内の水位観測井とあわせてテレメータ化を行った. またこれらとは別に1977年に静岡県が設置した富士宮市, 蒲原町, 静岡市, 袋井市, 新居町の5つのラドン観測井のテレメータ化も行った(加藤ほか, 1979). 1979年3月には榛原町に水位観測井, 浜岡町に水位・ラドン観測井を増設しテレメータ化した.

このようにして東海地域に配置された地下水観測井は1979年10月現在合わせて12井となり, 地質調査所へデータをリアルタイムで収集するテレメータシステムとしては一応の体制が整ったと考えている.

地下水変動データ処理・監視システムのハードウェアは大きく分けて

①テレメータ・システムによる「データ収集部」

②ミニコンピュータによってデータのリアルタイム・オンライン処理とデータ集録を行う「データ集録・処理部」

③処理したデータを気象庁(「判定会」)へ集中するための「データ転送部」の3つのブロックより構成されている.

本報告ではこれらのシステムによるデータの収集・処理の概要及び地下水変動監視体制について述べる.

なお, 各観測井の地質及び立地条件については加藤ほか(1980), ラドン・水質のデータ解析は池田ほか(1980), また水位の解析結果については杉山ほか(1980)に詳細な記述があるので, 本報告とあわせて参照していただきたい.

本報告をまとめるにあたり, 田口雄作, 高橋誠の両氏にはデータ出力プログラムの改良をしていただいた. また垣見俊弘地震地質課長及び東野徳夫地震化学課長には原稿の検討をしていただいた.

2. データの収集——テレメータ・システム

2.1 テレメータ・システムの導入

地下水変動データを収集するシステムとしてテレメータ・システムを導入した. テレメータとは「ある地点のある状態あるいは変化量を電気的な信号に変換し, その情報を伝送路(有線又は無線回線)を通して, 遠方にある他の地点において再現するもの」である. 近年テレメータ・システムは気象観測や公害データの収集, 河川・道路管理, 防災システムの監視等, 広範囲な分野で使用され発展してきた. 東海地域で地震の短期的予知を目指

すにあたって, テレメータ・システムの導入は以下のよう利点をもつものと考えられる.

- 1) 無人の地下水観測井から常時連続的に観測データを収集することができる(省力化).
- 2) 東海地域に分散して配置してある各観測井からのデータを1カ所に集中して同時に観測できる(集中化).
- 3) 刻々と変動するデータをセンター(研究室)において, たちどころに検討することができ, いち早く判断し対応することができる(即応性).

2.2 観測井の配置と観測データ

1979年10月現在, テレメータ・システムにより地質調査所においてデータ収集を行っている東海地域の地下水観測井は12井であり, 位置及び観測データの種類は第1図, 第1表に示すとおりである. このうち清水市の水位観測井は150mはなれたラドン・水質観測井と私設有線で結ばれ, テレメータ送信局としては合わせて1局とし, テレメータ送信局は全部で11局である.

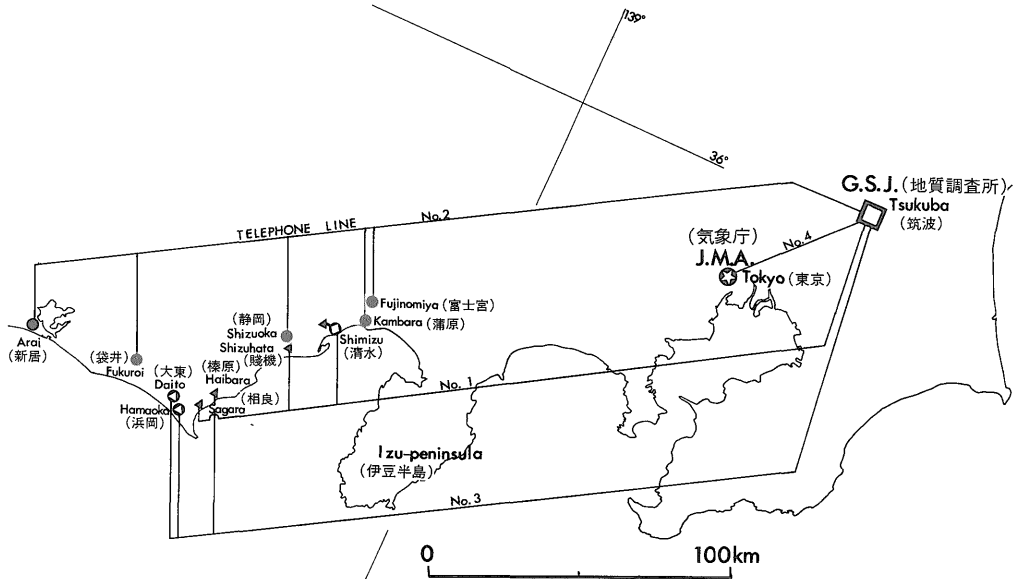
各観測井のうちラドン計数率を測定している観測井は, 富士宮市, 蒲原町, 清水市, 静岡市, 浜岡町, 大東町, 袋井市, 新居町の8井, 水質(pH, 電気伝導度)は清水市のみ, 水位は清水市, 静岡市(賤機南小), 相良町, 榛原町, 大東町, 浜岡町の6井である. ラドン観測井ではラドン計数率の測定その他, ラドン計測装置の状態監視用として, ラドン計測装置への揚水地下水の流入量及びセンサー内水温を同時に測定している. 清水市の水質観測井ではpH, 電気伝導度その他, 水温も測定している. 水位観測井では雨量, 水温, 気圧が同時に測定されている. 送信局のうち測定アナログ量が最も多いのは清水局の11量となっている. 現システムでは各観測井ともデータ送信装置のユニットの増設により, 最大12量まで送信することが可能である.

2.3 伝送路

テレメータ・システムの伝送路には日本電信電話公社が提供しているデータ通信回線を利用している. データ通信回線には大きく分けて, 専用回線を使用する専用回線形式²⁾と電話型公衆通信回線を使用し, 電々公社の交換設備を経由する交換回線形式³⁾の2通りがあるが, 本システムでは前者の形式を採用している. 交換回線形式は通常の電話回線を使用するため, 地震情報が出されたり, 判定会招集といったニュースなどで電話使用頻度が急増した場合重要な地震前のデータが連続的に収集できなくなる危険性がある. 専用回線形式は送信局が遠方に

2) 専用回線形式とは常時・固定的に接続されている通信回線であり, 専用的に使用される.

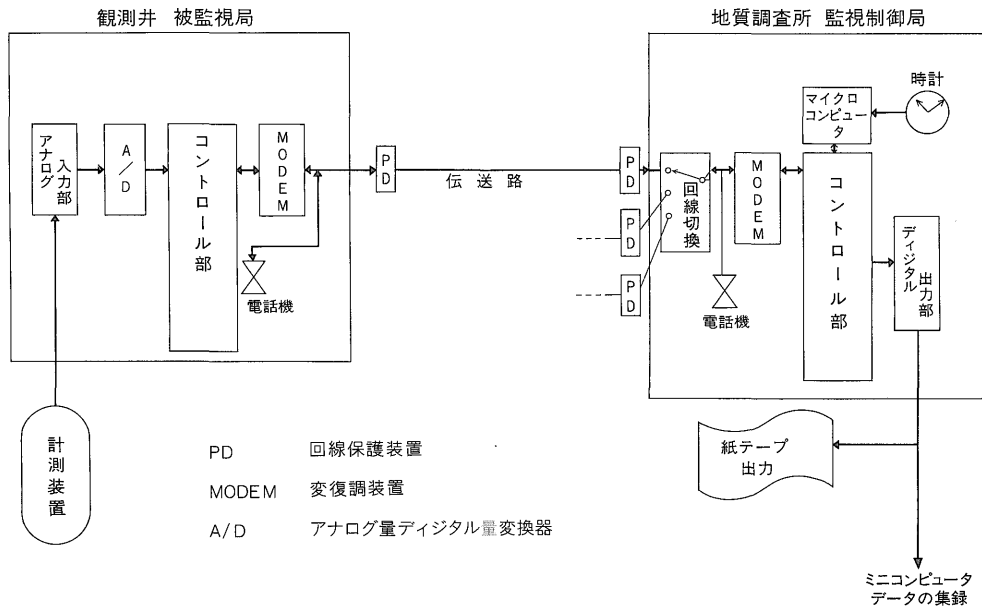
3) 交換回線形式とは, 相手の加入番号をダイヤルすることにより, 交換器を介して, 任意の相手とそのつど接続する回線.



第1図 地下水観測井の配置とテレメータ回線

Fig. 1 Location of wells and telemetered array for groundwater observation.

- radon concentration
- ▲ groundwater level
- ⊙ radon concentration and groundwater level
- ⊕ radon concentration and groundwater quality



第2図 テレメータ装置概略図

第 1 表 各 観 測 局

観測局名	測定量	テレメータアドレス****	フ ラ グ			測定レンジ
			F1	F2	F3	
清水局 〔ラドン・水質井〕 〔水位井〕	ラドン計数率	/12		レンジ切換	チェック	0~3 kcounts/min
	流量	/13		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/14			保守中	10~20°C
	pH	/15			洗浄中	7~11
	電気伝導率	/16				280~340 μS
	水温**	/17				15~19°C
	水位	/18				0~10 m
	雨量	/19				0~100 mm
	水温***	/1A				5~25°C
	気圧	/1B				930~1050 mb
湿度	/1C				0~100%	
賤機局 (静岡市) 〔水位井〕	水位	/22				0~10 m
	雨量	/23				0~100 mm
	水温***	/24				5~25°C
	気圧	/25				930~1050 mb
大東局 〔ラドン・水位井〕	ラドン計数率	/32		レンジ切換	チェック	0~3 kcounts/min
	流量	/33		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/34			保守中	10~20°C
	水位	/35				0~10 m
	雨量	/36				0~100 mm
	水温***	/37				5~25°C
気圧	/38				930~1050 mb	
相良局 〔水位井〕	水位	/42				0~10 m
	雨量	/43				0~100 mm
	水温	/44				5~25°C
	気圧	/45				930~1050 mb

* ラドン自動測定器まで揚水された地下水温。ラドン計数率の補正に用いる。
** pH 計まで揚水された地下水温。pH 値の補正に用いる。

なればなるほど回線使用料が多額になるというマイナスの面があるものの、回線を専用とする利点にはかえがたい。

採用した専用回線は 4 線式⁴⁾ D-1 規格のもので、伝送速度は 200 BPS である。テレメータ送信局の 11 局は、3 本の専用線を分岐使用することにより、地質調査所のセンター (親局) と結ばれている。分岐の仕方については回線断などのトラブルの発生によって、ある一定の地域のデータがすべて欠落することのないように考慮し、分散して配置されるよう回線分岐を行った (第 1 図)。

2.4 システムの構成

4) 4 線式とは送信・受信をそれぞれ異なった通信回線を使用し、より信頼性の高いものとなっている。

本テレメータ・システムはシステム全体を制御・監視し、データを収集する監視局 (親局) と、これに制御・監視され、データを送信する複数の被監視局 (子局) より構成される 1 対 N 方式をとっている。テレメータ装置は安立電気製の H シリーズを用いており、子局には H 300 型を用い、親局装置は H 100 型を基本としている (第 2 図)。

伝送は前述のように電々公社 4 線式 D-1 回線を用いており、以下に示す方式をとっている。

伝送方式: デジタル時分割方式

(ポーリングアドレッシング方式)

信号形式: NRZ 等調符号

変調方式: FM 変調方式

で の 測 定 量

観測局名	測定量	テレメータアドレス	フ ラ グ			測定レンジ
			F1	F2	F3	
富士宮局 〔ラドン井〕	ラドン計数率	/52		レンジ切換	チェック	0~3 kcounts/min
	流量	/53		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/54		保守中		10~20°C
蒲原局 〔ラドン井〕	ラドン計数率	/62		レンジ切換	チェック	0~10 kcounts/min
	流量	/63		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/64		保守中		10~20°C
静岡局 〔ラドン井〕	ラドン計数率	/72		レンジ切換	チェック	0~3 kcounts/min
	流量	/73		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/74		保守中		10~20°C
袋井局 〔ラドン井〕	ラドン計数率	/82		レンジ切換	チェック	0~10 kcounts/min
	流量	/83		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/84		保守中		10~20°C
新居局 〔ラドン井〕	ラドン計数率	/92		レンジ切換	チェック	0~3 kcounts/min
	流量	/93		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/94		保守中		10~20°C
榛原局 〔水位井〕	水位	/A2				0~10 m
	雨量	/A3				0~100 mm
	水温***	/A4				5~25°C
	気圧	/A5				930~1050 mb
浜岡局	ラドン計数率	/B2		レンジ切換	チェック	0~3 kcounts/min
	流量	/B3		ポンプ断	ヒューズ断	0~5 l/min
	水温*	/B4		保守中		10~20°C
	水位	/B5				0~10 m
	雨量	/B6				0~100 mm
	水温	/B7				5~25°C
	気圧	/B8				930~1050 mb

*** 各水位観測井で決められた深さでの地下水温。

**** 16進数表示。

伝送速度：200 bit/sec

変調周波数：3,000/2,400 Hz±100 Hz

同期形式：フレーム同期

これらの仕様は直流信号のデータ伝送方式としては標準的な方式である。

本システムの場合はさらに、MODEM⁵⁾の前後にローパスフィルターを入れ、伝送周波数より低域を音声通話に用いている。これは等価的にはデータ伝送系とは独立のシステムと見なすことができ、データ伝送中においても音声通話が可能であり、保守時等における連絡にきめて有効である。

子局において、各センサーのアナログ出力は4-20

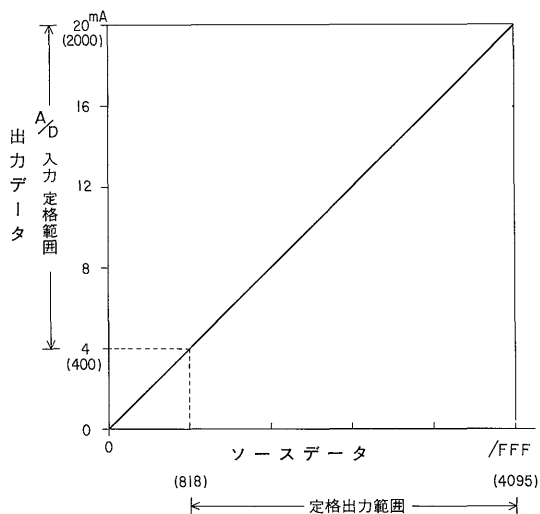
5) 変・復調回路

mAの電流値出力に統一されており、子局テレメータ装置はこれを受け、デジタル量に変換し、親局に送信する。

A/D変換には12 bitsのA/Dコンバーターを用いており、0~20 mAの範囲を10進数の0~4095に変換する。入力端子からA/Dコンバーター出力の間の精度は±0.2%-1 digit以内となっている。

センサーの定格出力を4~20 mAに統一しているため、テレメータ入力での0~4 mA、出力で0~818₁₀進の範囲の出力は平常状態ではあり得ず、この範囲の値はセンサーを含めた伝送システムの異常を示す(第3図)。

また、観測機器の電源の状態、感度の切換、自動キャリブレーション作動等の状態を監視するためそれぞれに



第3図 ソース・データ (2進) と出力データ (10進) の変換

アドレス		F ₁	F ₂	F ₃	データ (2進) (12)									P		
局 (4)	ワード (4)	(0)	(0)	(0)	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	(0)

第4図 テレメータ伝送フォーマット

1 bit の監視信号を伝送している。

伝送フォーマットは第4図に示すように、局アドレス 4 bits, ワードアドレス 4 bits, 監視信号 1 bit × 3 データ 12 bits であり、これに垂直パリティ 1 bit を加え計 24 bits であり、これを反転送照合し、伝送速度は 200 bps であるので 1 ワード、すなわち 1 局 1 センサーのデータの伝送に要する時間は 0.24 秒である。

データ収集のシーケンスは親局のマイクロコンピュータの制御下で進められる。マイクロコンピュータは時計ユニットの時刻データ及びデータ収集周期設定値の情報を読みとり、データ収集時点か否かを判別し、収集時点と判定した場合各観測局を順に呼び出し、データを収集し、紙テープパンチャー (以下 PTP と略す) 及び上位計算機 (以下 HCOMP と略す) に転送する。全観測局のデータの収集と転送が終了すると再びデータ収集時点の判別の動作をくりかえす (第5図)。データ収集周期設定は 2 分、5 分、10 分、30 分の 4 通りの選択が可能であるが、現在は通常 2 分を選択している。

PTP への転送は PTP が “Ready” の場合のみ、すなわちシステムが紙テープバックアップを必要とする場合のみなされる。

HCOMP へのデータ転送はテレメータ系から HCO-

MP に対し割込みをかけ転送を行う。この割込みには HCOMP において禁止不能割込み (中央処理装置内で発生する割込み、内部割込みとも言う) を除き最優先レベルを割りあてたので、通常の場合 HCOMP は常に “Ready” の状態にある。

しかし、計算機が何らかの原因で “Ready” でない場合、テレメータ系側にはそれを判断する機能はなく、またバックアップ用 PTP を自動的に起動するように設計されていないので、その時点のデータはすてられる。

PTP へのデータ出力型式を第6図に示す。サンプリングタイムは時分をそれぞれ 10 進 2 桁であらわし、それにつづいて第 1 局目のデータが入る。局番号は 10 進 2 桁で示し、各観測データの前に項目番号を 10 進 2 桁で示し、各種の状態監視信号及びエラー情報は 1 フレームにまとめて表わされている。観測データは 10 進 4 桁で表示される。PTP は 50 列/sec の速度で、JIS 8 単位の紙テープを用いている。

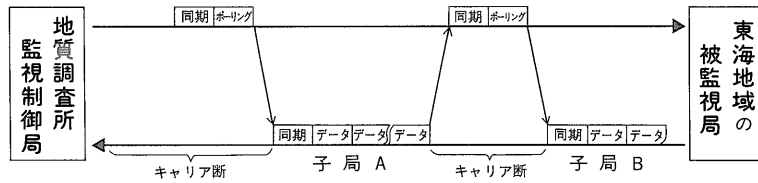
HCOMP への出力は 8 bits プラス割込み信号 1 bit を用いて行い、出力フォーマットは PTP への出力フォーマットと同一である。

3. データの集録・処理——ミニコンピュータシステム

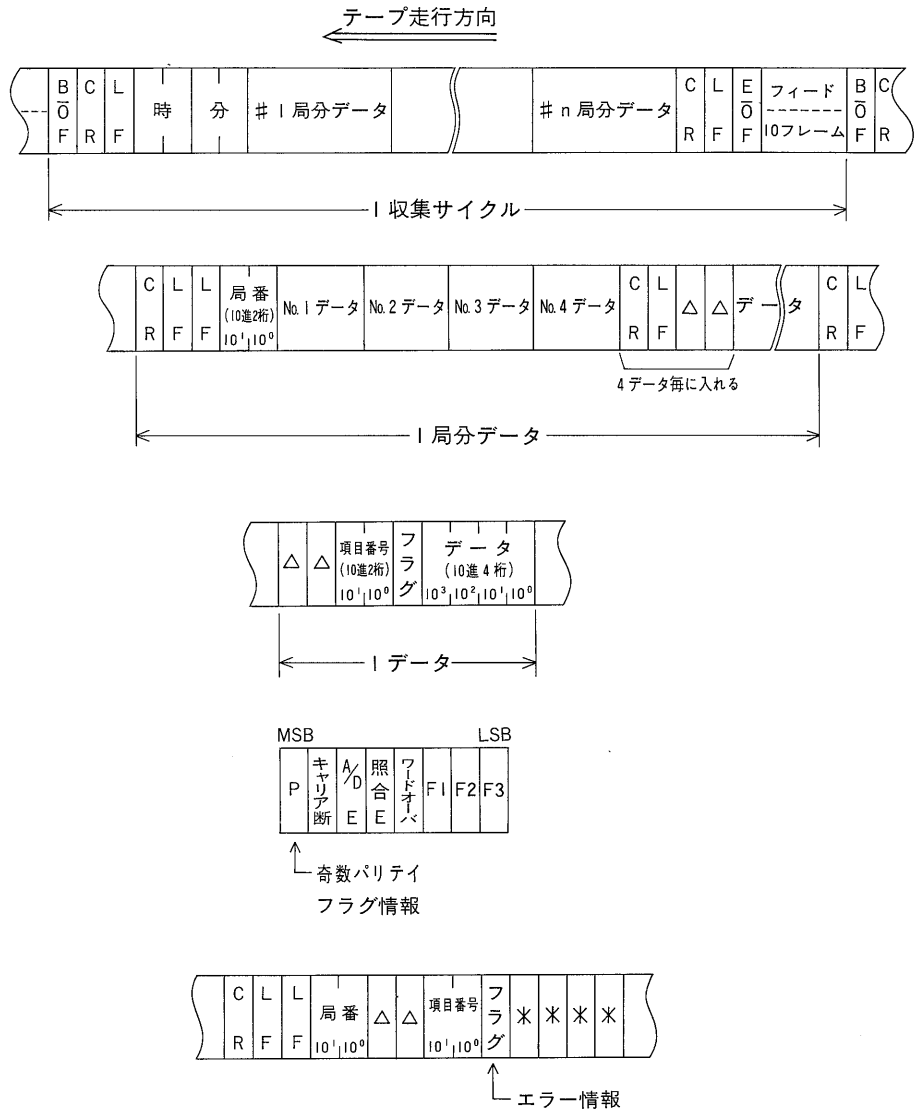
3.1 ハードウェア構成の概要

テレメータより転送されるデータを処理・解析するリアルタイム・オンラインの上位計算機として、MELCOM 70 シリーズのモデル 25 を使用している。1 ワードは 16 ビットで主記憶容量はこのモデル最大の 64 キロワードを実装している。本機はディスクベースのオペレーティングシステム (RDOS と呼ぶ) によっており、この RDOS の占有領域は 19 キロワードである。

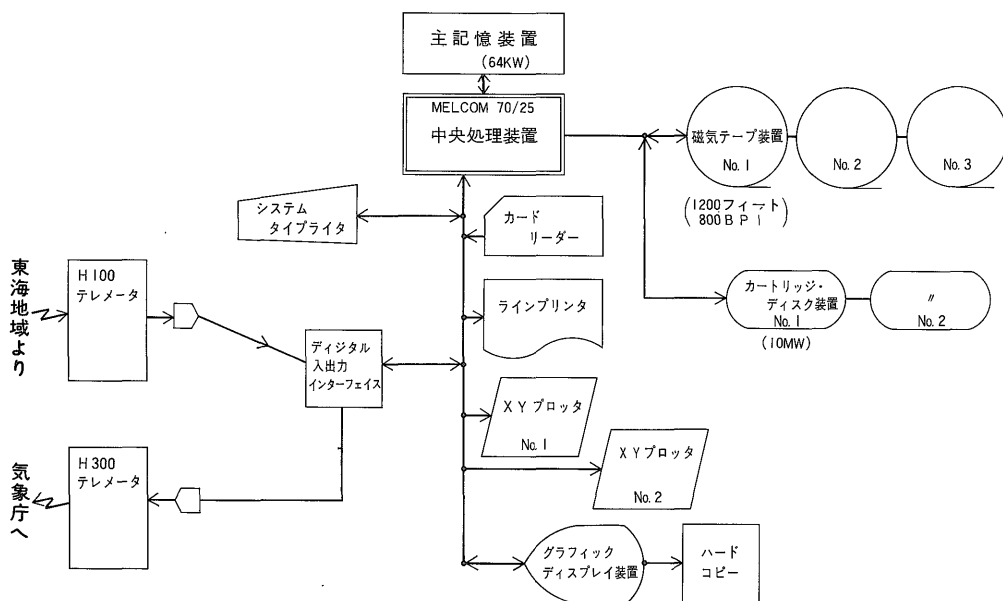
このミニコンシステムのハードウェア構成を第7図に示す。このうち補助記憶装置としては、ディスク装置 2 ユニット、磁気テープ装置 3 ユニートをそなえている。ディスク装置の各ユニットはカートリッジ部と固定部より構成され、一方のユニットの固定部 1 パック分を RDOS のために占有している。ユーザー領域は 3 パック分の約 30 メガバイトである。磁気テープ装置は 9 トラック、800 BPI、長さ最大 1200 フィートのものが装着可能である。グラフィックディスプレイ装置はシリアルラインにより接続されており、ハードコピーを備えている。画面の表示面積は 190.5 mm × 142.2 mm である。XY プロッタはドラムタイプで Y 軸が 270 mm と 750 mm の 2 台を装備しており、2 台はそれぞれ同時に独立して動作することが可能となっている。他にシステムタイプ



第5図 伝送回線上の信号の流れ



第6図 紙テープ出力フォーマット



第7図 ミニコンピュータ・システムのハードウェア構成図

NOV 19, 1979

	RADON(KC/MIN)	FLOW RATE(L/MIN)	WATER TEMP(C)		
FUJI (富士宮)	0.589	0.656	13.575		
KAMB (蒲原)	2.500	1.444	13.669		
SHIM (清水)	1.616	1.619	17.331		
SHIZ (静岡)	1.350	2.741	18.706		
HAMA (浜岡)	1.059	1.791	16.300		
DAIT (大東)	1.232	1.719	15.450		
FUKU (袋井)	5.156	1.709	11.569		
ARAI (新居)	1.121	1.891	10.000		
	PH	COND(MIC MHO/CM)	WATER TEMP(C)		
SHIM (清水)	9.100	316.075	17.188		
	WATER LEVEL(M)	RAIN(MM)	WATER TEMP(C)	ATM PRS(MB)	HUMIDITY(%)
SHIM (清水)	5.737	0.00	17.138	1012.201	41.375
SHIZ (静岡)	2.800	0.00	16.763	1011.376	
SAGA (相良)	5.263	0.00	19.475	1012.426	
HAIB (榛原)	6.225	0.00	18.050	1008.975	
HAMA (浜岡)	3.694	0.00	20.963	1012.651	
DAIT (大東)	4.912	0.00	21.300	1014.375	

第8図 日平均値

ライター、ラインプリンタ、カードリーダーを備えている。

3.2 リアルタイム・オンライン処理プログラム

MELCOM 70/25のオペレーティングシステムであるRDOSはフォアグラウンドにおけるリアルタイム処理と、バックグラウンドにおけるバッチ処理を並行して実行する機能を有している。フォアグラウンドではテレメータから入力されるデータのリアルタイム処理等ランダムに発生する処理プログラムが優先順位の高い方から実行に移される。当所のシステムでは、主記憶のユーザー領域45キロワードのうち、21キロワードをフォアグラウンド領域に、24キロワードをバックグラウンド領域にそれぞれ割り当てている。

フォアグラウンド領域におけるテレメータデータのリアルタイム処理プログラムは、下に示すように大きく分けて3つのプログラム群からなっている。

タスク1 [主プログラム]

- ・テレメータデータの入力 (アスキーコード→2進数)
- ・年月日計算
- ・ファイル形式の調整
- ・マスターファイル (磁気テープ)
- ・ディスクテンポラリーファイル1
- ・ディスクテンポラリーファイル2
- ・エラー出力

タスク2 [気象庁へのデータ出力プログラム]

タスク3 [平均値計算プログラム]

- ・平均値計算
- ・ラインプリンタ出力
- ・ディスクファイル

タスク3の平均値データは毎日のデータの把握 (第8図)、データの長期的変動を概観するためのデータベースとしている。このためのファイル容量は、およそ10年間連続してファイルできるようにとってある。

3.3 バッチ処理プログラム

リアルタイム処理プログラムによってファイルされたデータの処理、解析用のプログラムのうち、現在までルーチン化されたものについて以下に列記する。

1) データ・リスト出力プログラム (LPG)

テレメータより入力した最新のデータ・ディスク・ファイルから出力するもの。定期的には日に1度出力し、平均値データと合わせ、センサー、テレメータ回線等の機器的異常の有無をチェックするために用いる (第9図)。

2) グラフィックディスプレイ出力プログラム (GDL-1DY)

LPGで、あるデータの異常や機器的異常の可能性が見された場合、グラフィックディスプレイに1日分のデータを出力するもの。リアルタイム処理プログラムでディスクにファイルされたものから読み出すようにしており、出力時からさかのぼって24時間分がディスプレイさ

DATA FROM OBSERVATIONAL WELLS IN THE TOKAI DISTRICT

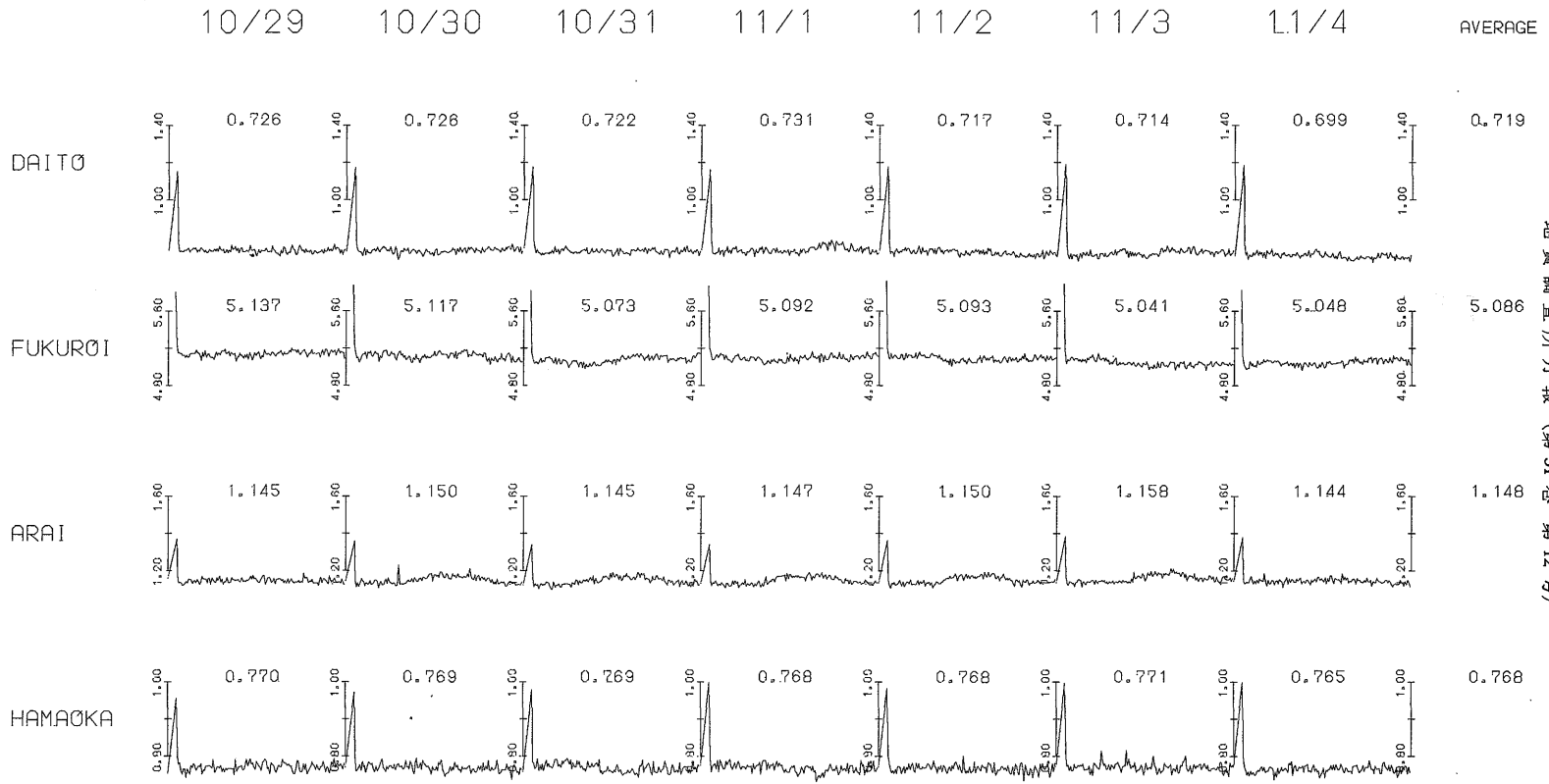
GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

OBS. STATION NO.	STATION NAME	RADON (KC/MIN)	FLOW RATE (L/MIN)	LIQUID TEMP (°C)	WATER TEMP (°C)	WATER LEVEL (M)	RAIN (MM/HR)	ATM PRESSURE (MB)	HUMIDITY (%)	PH	ELECTRIC CONDUCTIVITY (MICRO MHΩ/CM)
01	SHIMIZU	1.648 @	1.7 @	17.6 @	17.15 @					9.12 @	315.5 @
01*	(SUII)				17.2 @	5.99 @	0.0 @	1021.0 @	56. @		
02	SHIZUHATA				16.8 @	6.94 @	0.0 @	1019.9 @			
03	DAITO	1.331 @	1.8 @	15.4 @	21.3 @	4.90 @	0.0 @	1020.5 @			
04	SAGARA				19.6 @	5.27 @	0.0 @	1019.0 @			
05	FUJINOMIYA	0.574 @	0.8 @	13.7 @							
06	KAMBARA	2.800 @	1.6 @	13.6 @							
07	SHIZUOKA	1.294 @	2.8 @	18.8 @							
08	FUKUROI	5.081 @	1.8 @	20.0 @							
09	ARAI	1.166 @	1.7 @	20.0 @							
10	HAIBARA				18.1 @	6.17 @	0.0 @	1015.7 @			
11	HAMAOKA				21.0 @	3.54 @	0.0 @	1018.6 @			

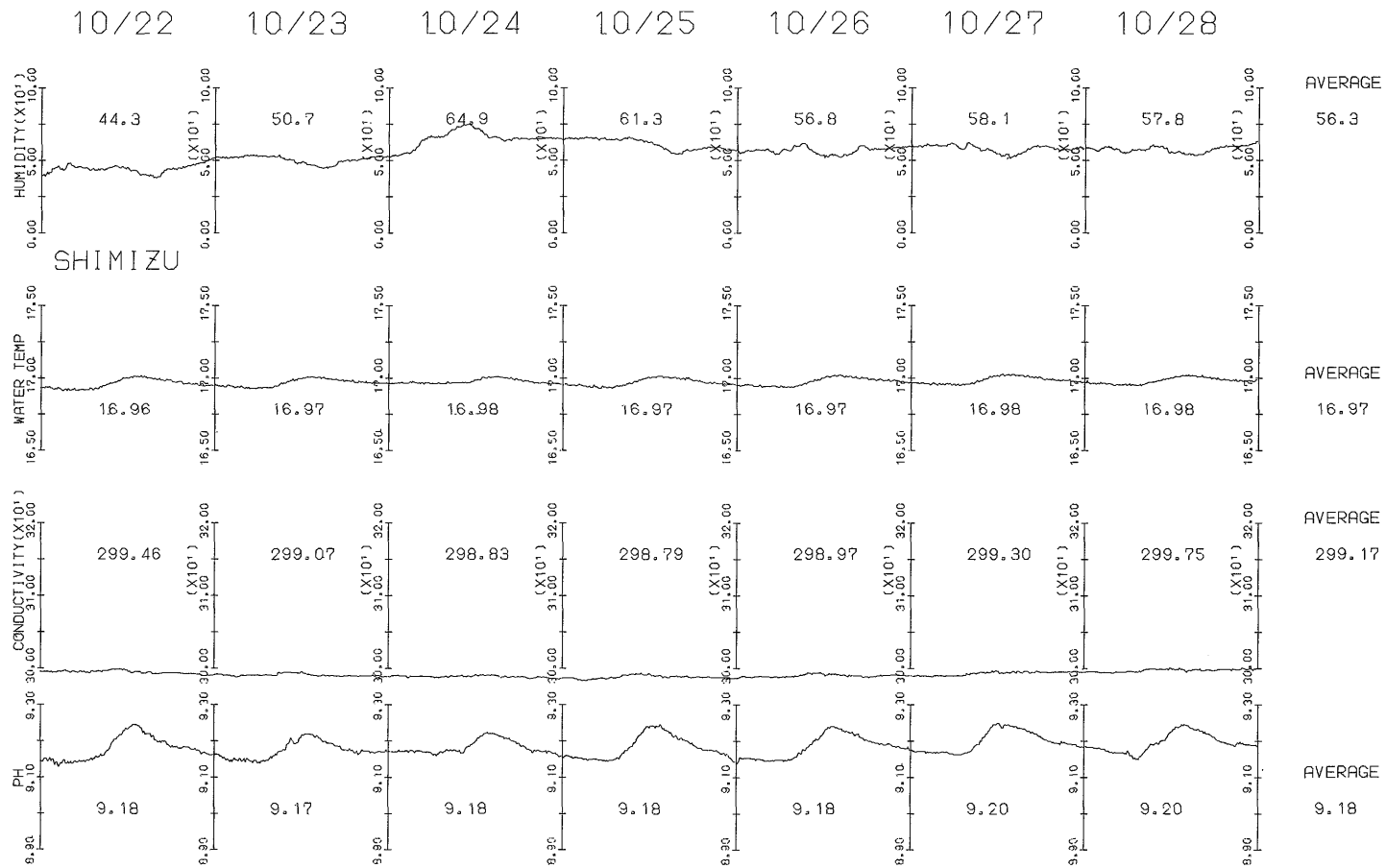
FLAG DATA : @,@,S INDICATE GOOD DATA.
 ?,@,S IN THE RAINING COLUMN INDICATE THAT DATA OBTAINED ONE HOUR BEFORE ARE UNRELIABLE.
 WHEN OTHER SYMBOLS APPEAR, SEE THE TEXT.

NOTES :

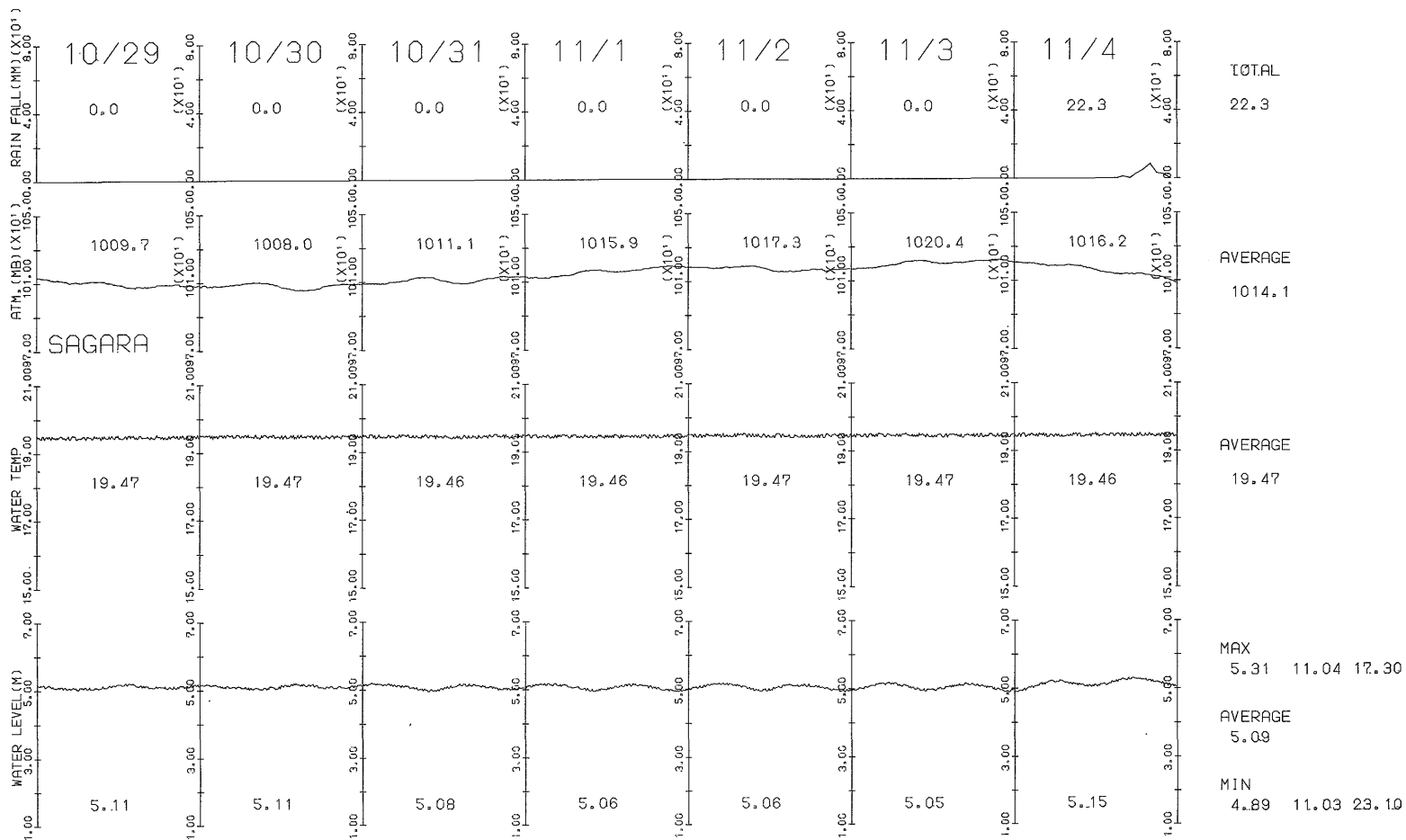
第9図 生データの出力



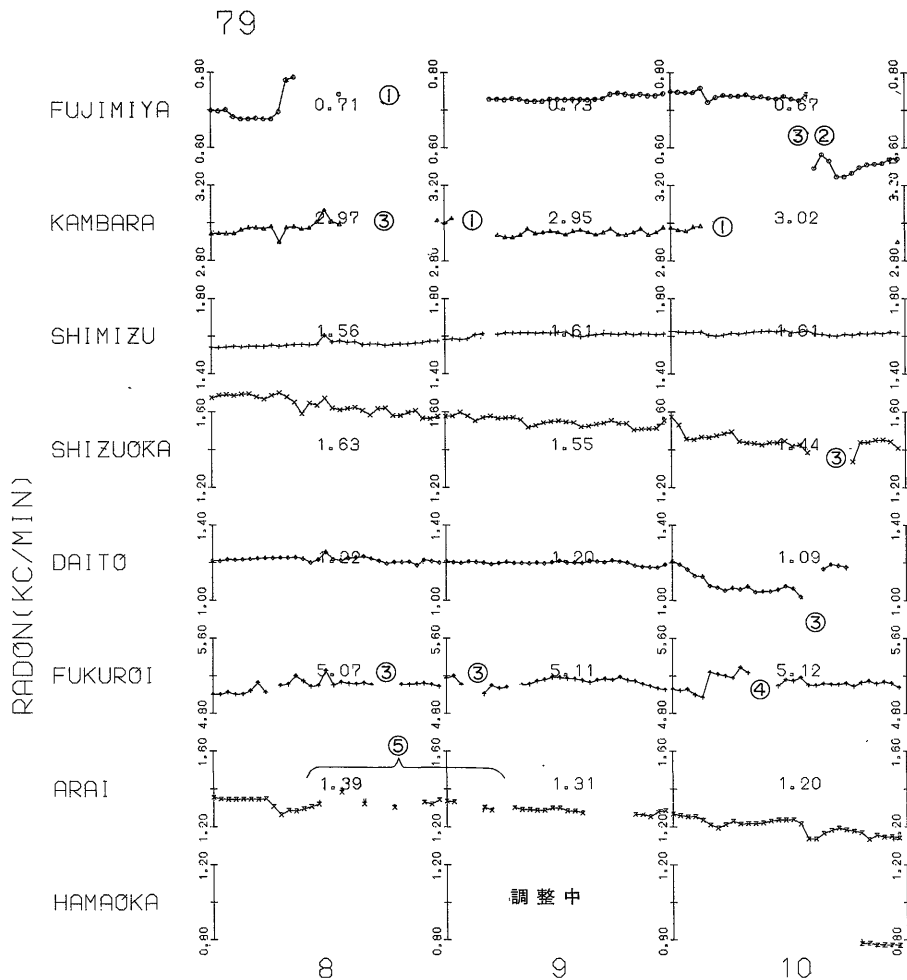
第10図 1週間分のデータ出力 (ラドン)



第11図 1週間分のデータ出力 (清水市の水質)



第12図 1週間分のデータ出力 (水位)



第13図 長期間平均値データの出力 (ラドンの日平均値)

- ① ラドン計の故障
- ② 揚水ストップあるいは不安定
- ③ 停電 (観測井)
- ④ テレメータ回線断
- ⑤ テレメータ/ラドン計インターフェースの故障

れる。

3) XYプロッタ出力プログラム (AWEEK)

ディスクのテンポラリーファイルAに集録されたほぼ1カ月分のファイルから任意の期間のデータの出力を行う。出力様式はラドンデータ2枚(第10図),ラドン計への地下水の流入量2枚,水質データ1枚(第11図),各水位観測井の水位,雨量等のデータ6枚(第12図)の計11枚である。これらによりデータの変動をみる。通常は毎週月曜日に前週の1週間分を出力し,データの検討を行っている。検討を加えたものは,ファクシミリにより気象庁へ転送され,他の地震予知情報とともに総合的に検

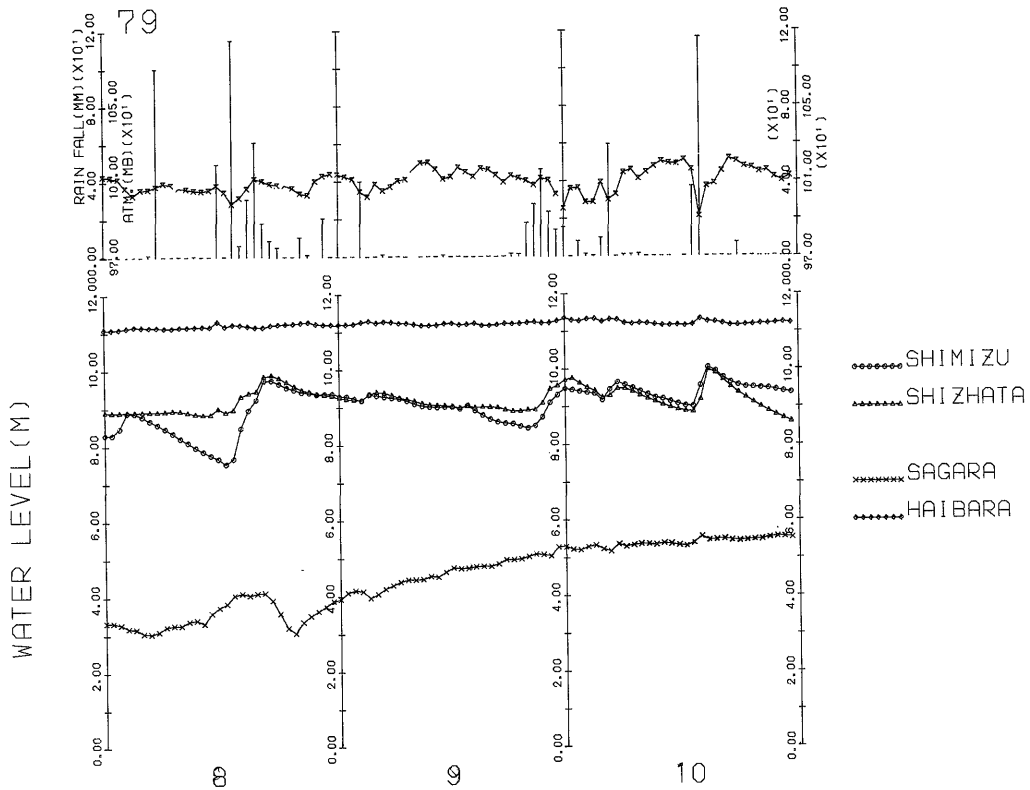
討するための資料とされる。

4) 平均値出力 (XYプロッタ) プログラム

ディスクファイルされた各データの平均値及び雨量をXYプロッタに出力する。これは1週間以上の長期的な変動を大まかに知るためのもので,定期的に1カ月から数カ月分を出力して毎月開かれる「判定会」の資料の一つとしている(第13, 14図)。

4. 気象庁への観測データの集中化と監視体制

地震の予知の確度を高めるためには多種多様の観測データを総合的に判断する必要がある。そのため気象庁の



第14図 長期間データの出力 (水位及び気圧の日平均値と降雨量)

ひずみ計及び地震計の観測データに加えて、国土地理院の検潮、国立防災科学技術センターの傾斜計及び微小地震計、地質調査所の地下水等、各機関がすでにテレメータ観測を行っている各種の観測データを気象庁にすべて集中し、常時監視体制の一層の充実を図ることになった。

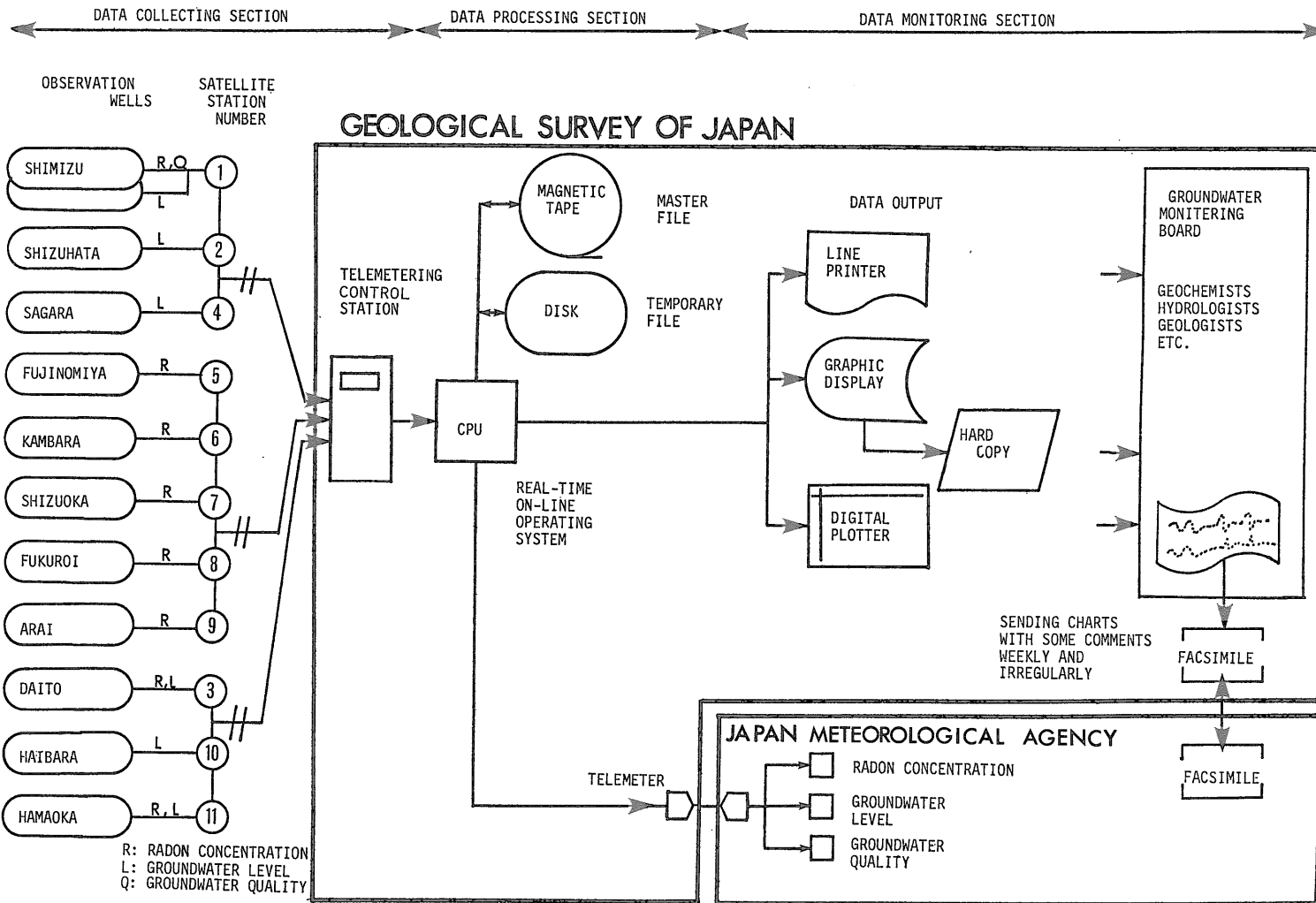
地質調査所で収集している地下水に関するデータは第1表に示す通りであるが、これをすべて気象庁へリアルタイムでデータ転送する必要性は現在の段階では認められないと思われるので、当面気象庁へはラドン計数率8地点(富士宮市、蒲原町、清水市、静岡市、浜岡町、大東町、袋井市、新居町)、清水市観測井のpH及び電気伝導度、地下水位6地点(清水市、静岡市、相良町、大東町、榛原町、浜岡町)のデータを転送している。データ転送には電々公社D-1回線を使用するテレメータシステムを基本とし、データ出力は他機関の出力と統一をとるため6成分の打点式記録計3台によるアナログ出力である(第1図)。

理想的には各データとも完全な補正を行い、高度に解析された地震予知情報として気象庁へ出力すべきであろう。しかし、現状では補正式を確立してプログラム化するまでにいたっていない。そのためのデータ、経験の蓄

積がまだ不十分である。また、気象庁への情報転送に至るまでには、①センサー(人為的、機械的)、②テレメータ装置(データ収集)、③電々公社回線、④処理コンピュータ、⑤テレメータ装置(気象庁へのデータ転送)の各段階において、さまざまなトラブルが発生する可能性があるが、それらの要因をすべて取り除くことは不可能である。また、その情報をすべて気象庁へ転送すること自体もまた現状ではできない。したがって、現段階における東海地域地震予知のためのデータ監視体制の最善の策として、次のような情報伝達の方法を合わせて行っている。すなわち、1週間に1度(通常月曜日)XYプロッタに1週間分のすべてのデータを出力し、それにテレメータシステム、地球化学、水文学、地質学の各専門家による検討を加えて、気象庁へファクシミリで転送する方法である(第15図)。気象庁ではリアルタイムデータと合わせて、判定会の資料としている。

5. データ・ファイルの保存

東海地域に配置された地下水観測井において測定されるデータは、今後のデータ解析のために整理し、永く保存する必要がある。そのために、ファイル形式等さらに



東海地域地震予知のための地下水変動データ処理・監視システム (田 栄吉・衣笠善博・杉山雄一)

第15図 地下水データ監視の系統図

Fig. 15 Outline of the groundwater data processing and monitoring system for earthquake prediction in the Tokai district. Locations of observation wells are indicated in Fig. 1

検討を加えなければならないものもあるが、とりあえず現在我々がやっているデータ・ファイルについて紹介する。

1) センサー側で記録されるアナログデータのファイル

これは各観測井において打点式記録計により記録紙に出力されたものである。この記録はテレメータ回線、テレメータ装置等が故障した時など、オンラインファイルが不可能となった場合の重要な資料となっている。記録紙は各観測井から1週間ごとに郵送されている。

2) 磁気テープファイル

テレメータより10分間隔で出力される生のデジタルデータのファイルである。現在のファイル形式では1カ月分のデータが1,200フィートの磁気テープ1本に集録されている。

3) XYプロッタ出力ファイル

週に1度、1週間分の生データを出力したもので、所内検討会において、各観測データの内容が検討され、必要なコメントが加えられている(3.3項参照)。

4) 日平均値のディスクファイル

長期的変動をおおまかに見るのに役立つもので、最大10年分のデータ・ファイルができるように容量をとってある(付図1, 2)。これは必要に応じて磁気テープに転送して保存できる。

以上4つの方法でデータの保存を行っているが、今後のデータの解析のために最も重要なものは言うまでもなく、2)の磁気テープファイルである。1978年7月以後のデータは1月分1本のデータ・ファイルとして整理されているが、解析時の便利さ、将来のファイル保管上の問題を考えると、さらにコンパクトにした磁気テープファイル形式が望ましいかもしれない。他のものも、補助的ファイルとして将来とも保存していきたい。

6. あとがき

1976年度に清水市庵原中学校のラドン水質観測井において、テレメタリングシステムを採用したのを始めとして、データの集録・処理解析のための上位計算機の導入、地下水観測井の増設、周辺装置の整備、気象庁へのデータ集中のためのデータ転送部の付加など現在の地下水変動監視システムへと発展し、緊急を要する東海地域の地震予知体制の一端を担うようになった。

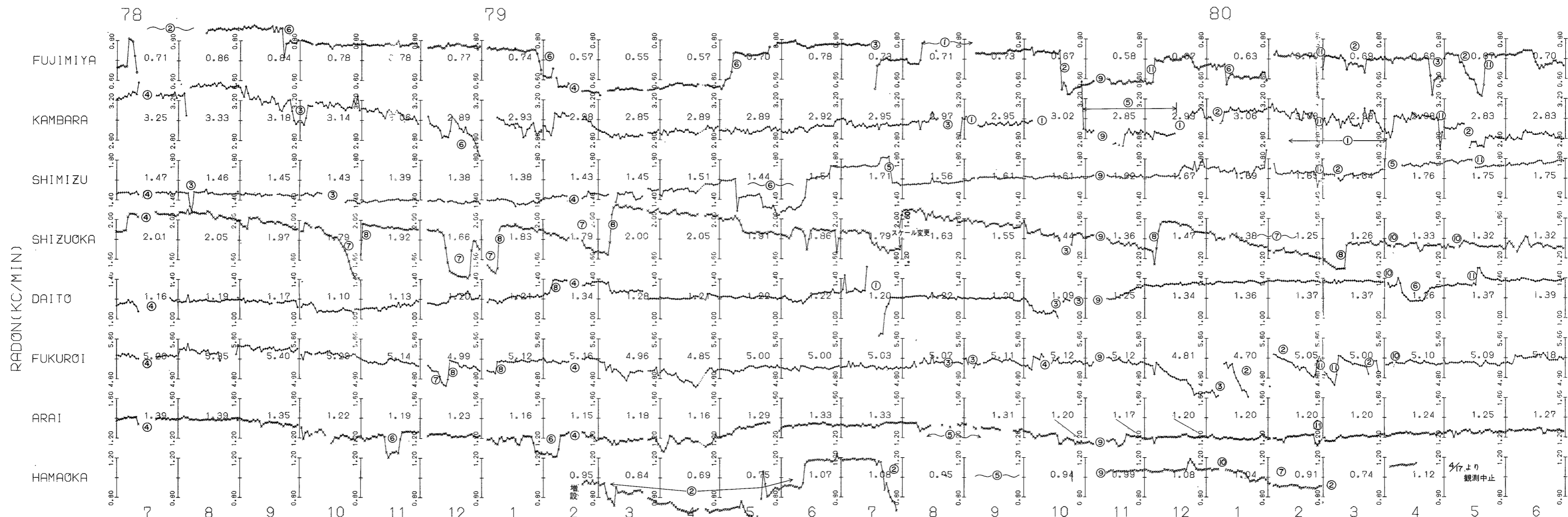
今後はより良質のデータをとぎれることなく収集できるようにシステムの維持管理体制の充実をはかるとともに、蓄積されつつある各種観測データに対する経験を深め、データ解析により一層の力をそそぐ必要がある。さらに、今後地殻変動に対してより敏感に反応する観測

井の新設・開発を進め、観測井の取捨選択を行うなかで、観測井ネットワークの再検討が重要な課題となろう。

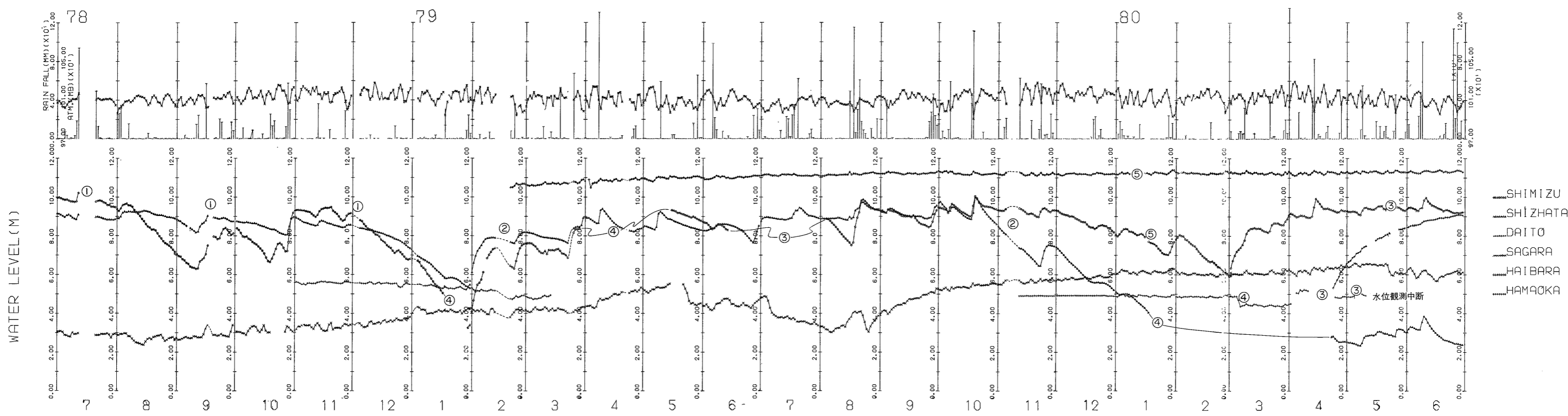
参 考 文 献

- 浅田 敏編 (1978) 地震予知の方法. 東京大学出版会, 263 p.
- 池田喜代治・村下敏夫・田口雄作・井野盛夫 (1980) 東海地方東部地域における地震予知研究—地下水中のラドン自動連続観測とその結果についての考察—. 地調月報 (投稿中).
- 加藤 完・衣笠善博・村下敏夫・垣見俊弘・池田喜代治 (1977) 静岡県清水市における地震予知のための水位及び水質観測井の設置について. 地質ニュース, no. 279, p. 14-19.
- ・佃 栄吉・村下敏夫・池田喜代治・井野盛夫 (1979) 東海地域における地震予知のための地下水観測井の増設について. 地質ニュース, no. 294, p. 16-22.
- ・池田喜代治・東野徳夫・垣見俊弘・井野盛夫 (1980) 東海地方東部地域の地震予知に関する地下水観測システム—観測井及び観測機器について. 地調月報 (投稿中).
- 岸本 兆方・尾池一夫・渡辺邦彦・佃 為成・平野憲雄・中尾節郎 (1978) 鳥取及び北陸微小地震観測所のテレメータシステムについて. 地震, 第2輯, vol. 31, p. 265-274.
- 黒磯 章夫・渡辺 晃 (1977) 阿武山地震観測所の微小地震テレメータシステムについて. 地震, 第2輯, vol. 30, p. 91-106.
- 前田 亟・本谷義信・鈴木貞臣 (1978) 北海道大学の地震・地殻変動テレメータデータ集録および処理システムについて. 地震, 第2輯, vol. 31, p. 401-413.
- 力武 常次 (1979) 地震予報・警報論. 学会出版センター, 371 p.
- 杉山 雄一・佃 栄吉・加藤 完・池田喜代治 (1980) 東海地域の地下水観測データの解析 (I)—地下水位変動の解析(その1)—. 地調月報 (投稿中).

(受付: 1980年7月29日; 受理: 1980年8月6日)



付図1 1978年以後のラドン計数率の変動
 ① ラドンの故障, ② 揚水ストップあるいは不安定状態, ③ 停電 (観測井), ④ テレメータ回線断, ⑤ テレメータ/ラドン計インターフェイスの故障, ⑥ 原因不明の減少あるいは増加, ⑦ 観測井給水系の目詰まりによる揚水量減少, ⑧ 給水系目詰まり解除による回復, ⑨ コンピュータダウン, ⑩ 保守点検・修理 (観測井), ⑪ 調整・テスト



付図2 1978年以後の水位変動
 ① テレメータ回線断, ② コンピュータダウン, ③ 水位計故障, ④ 水位計基準値の変更, ⑤ A/D コンバータ故障