

放射線モニタリング・ステーションの  
建設と運転

---

1965 年 11 月

---

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

日本原子力研究所は、研究成果、調査結果の報告のため、つぎの3種の刊行物を、それぞれの通しナンバーを付して、不定期に発行しております。

- |         |                                  |                 |
|---------|----------------------------------|-----------------|
| 1. 研究報告 | まとまった研究の成果あるいはその一部における重要な結果の報告   | JAERI 1001-3999 |
| 2. 調査報告 | 総説、展望、紹介などを含め、研究の成果、調査の結果をまとめたもの | JAERI 4001-5999 |
| 3. 資料   | 研究成果の普及、開発状況の紹介、施設共同利用の手引など      | JAERI 6001-6999 |

このうち既刊分については「JAERI レポート一覧」にタイトル・要旨をまとめて掲載し、また新刊レポートは「原研びおりお」でその都度紹介しています。これらの刊行物に関する版権、複写のお問合せは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あてお申し越してください。

---

Japan Atomic Energy Research Institute publishes nonperiodical reports with the following classification numbers :

1. **JAERI 1001-3999** Research reports,
2. **JAERI 4001-5999** Survey reports and reviews,
3. **JAERI 6001-6999** Information and guiding booklets,

Any inquiries concerning the copyright and reprint of the above reports should be directed to the Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

## 放射線モニタリング・ステーションの建設と運転

## 要 旨

当所敷地および近郊の環境放射線モニタリングの1つとして計画，建設した中央監視式野外放射線モニタリング・ステーションの建設経過，装置，建物，測定法および運転結果について記した。

この装置は，空間分布  $\beta\gamma$ ,  $\gamma$  放射線，大気塵埃  $\alpha$ ,  $\beta$  放射能を敷地内外8カ所のモニタリング・ステーションで連続観測し，観測結果はテレメータにより逐次中央ステーションに伝送され，記録されるとともに，異常は可視，可聴の方法によって知ることができるものである。

こうしたモニタリング装置を建設することは，はじめての試みで完成するまでに多くの困難があった。特に建設初期は，装置の故障が多かった。現在の稼働率は，約93%で原子力施設内のモニタリングや，気象観測などの結果とあいまって，ほぼ満足な平常時の環境放射線モニタリングがおこなえるに至った。

1965年7月

日本原子力研究所 東海研究所 保健物理安全管理部  
石原豊秀，佐々木諭，片桐 浩，角川正義

# Construction and Operation of Radiological Monitoring Station

## Summary

This report describes the progress of construction, equipments, the buildings, the measuring methods and the observation results, of the radiological monitoring station at JAERI. These monitoring stations have a role as one of the measures of environmental radiation control.

Environmental radiations,  $\beta\gamma$  and  $\gamma$ , and radioactivities of dust in air,  $\alpha$  and  $\beta$ , have been continuously observed at eight monitoring stations in the site of JAERI and its neighbour. The observation results were transmitted to the central station by a specially designed telegram system. This system informs the level of radioactive contamination in the environment and in case of unusual condition operates the visible and audible alarm of the warning system.

In early days after construction of the system, there were many difficulties in operating the system. However, the percentage of the stations in operation has been increased to 93% by improving the design. The continuous monitoring by these methods made it possible to detect and estimate the environmental contaminations satisfactorily in combination with other data from monitors set in each laboratory and from meteorological observations.

July 1965

TOYOHIDE ISHIHARA, SATOSHI SASAKI  
HIROSHI KATAGIRI, MASAYOSHI TSUNOKAWA

Division of Health Physics and Safety, Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute

## 目 次

1. 序 言	1
2. 放射線モニタリング・ステーション装置	2
2.1 構 成	3
2.2 動作機構	4
2.3 各部の動作原理	4
2.3.1 検出器および結合方式	4
2.3.2 集塵装置	5
2.3.3 計数装置	5
2.3.4 テレメータ装置	5
2.3.5 搬送装置	7
2.3.6 無線装置	7
2.3.7 自動作表機	7
2.3.8 記録方式	10
2.4 諸特性	11
3. モニタリング・ステーション建物	14
4. 測定法	15
4.1 校 正	15
4.1.1 空間分布放射線	15
4.1.2 大気放射能	15
4.2 計数損失	16
4.3 測定精度と測定範囲	17
5. 観測結果および考察	18
5.1 空間分布放射線	18
5.1.1 原子力施設からの影響のないとき	18
5.1.2 原子力施設の運転による影響	20
5.2 大気放射能	20
5.3 汚染ならびに被曝の評価	22
6. 結 言	23
参考文献	23
付録 1 連続運転による故障発生状況とその対策	24
付録 2 受信障害とアラーム設定	26
付録 3 予防保全	28

## Contents

1. Introduction.....	1
2. Radiological monitoring station .....	2
2.1 Constitution.....	3
2.2 Mechanism of operation.....	4
2.3 Theory of operation.....	4
2.4 Characteristics .....	11
3. Monitoring station building .....	14
4. Measurements .....	15
4.1 Calibration .....	15
4.2 Counting loss.....	16
4.3 Accuracy and range.....	17
5. Results and discussion.....	18
5.1 Background radiation .....	18
5.2 Atmospheric radioactivity.....	20
5.3 Evaluation of contamination and dose.....	22
6. Conclusions .....	23
References .....	23
Appendix 1 Failures due to continuous operation and its countermeasures .....	24
Appendix 2 Receiving interference and alarm set.....	26
Appendix 3 Preventive maintenance.....	28

## 1. 序 言

中央監視式野外放射線モニタリング・ステーション装置を建設した目的は、第1に当所の諸施設稼動前のバックグラウンド放射線、大気放射能を測定し、その水準と、場所的、時間的変動を知り、施設稼動後の基準値を得、第2に原子力施設稼動後は、これら施設から漏洩する放射線、大気中に放出される気体、塵埃放射性物質の平常時における監視、第3にこうしたモニタリングの方式や装置のあり方についての開発であった。

環境モニタリングをいかにすべきかについては、現在なお多くの未知の問題をもっている。まして計画をおこなった1956年度においては、将来の当所の施設状況についても廃棄物処分方法についても、大気の拡散稀釈についても明らかでなく、さらに原子力施設の異常、事故の発生については、全く未経験で、ほとんど解析されていなかった。しかし人口稠密なわが国で平野部に原子力施設を設置するには、環境問題は、きわめて重要であった。

米国の Brookhaven 国立研究所がもっとも整備された野外モニタリング・ステーション装置<sup>1)</sup>を有していたので、最初、1957年度に建設した4ヵ所のステーションは、この方式に準じた。この方式は、中央監視式でなく、各ステーションで得た観測値を16mmシネフィルムにより撮影記録するものである。

ウォータ・ボイラー型原子炉 JRR-1 は、1956年すでに着工、翌年8月には臨界に達したので、本装置の建設が急がれた。したがって、この装置の試作、試験をおこない、装置について十分検討する時間的ゆとりがなく、直ちに本建設に入った。放射線モニタリング装置の製作は、国内においてはじめての経験であり、

まして連続運転をおこなう点では、未経験の問題が多かった。

第2年、1958年度テレメータ方式による中央ステーションと、3ヵ所のステーションを建設、第3年、1959年度に最後の1ステーションと、最初に建設したステーションをテレメータ方式に切替え、1960年7月より全ステーション8ヵ所が連続運転に入った。

設計当初のものは、電気回路の設計に不十分な点があったり、汙紙送りなど、機械的設計にも不備な点があった。一部の部品については、適切なものがないため、やむなく次善のもので間に合わせたり、部品撰択の誤りもあった。また一方、ステーション建家にも防塵、温度上昇防止などの点で問題があり、連続運転後の装置の故障発生率は、著しく高かった<sup>2)</sup>。

故障発生のつど応急対策をおこなうとともに、幾多の装置の改良を重ねた。1961年度末には、最初に建設したステーションの運転時間は、延35,000時間に達したので、1962年度にオーバーホールを実施した。このとき1960年8月より、1961年3月までの故障解析結果<sup>3)</sup>にもとづき、設計上の不備も根本的に改良<sup>4)</sup>し、合わせて装置の予防保全方式を確立したため現在の装置の信頼度はきわめて高く、ほぼ満足すべき状態で、環境モニタリングがおこなえるに到った\*。これらステーションは全部無人運転である。

\* No. 6, 7 モニタリング・ステーションのダストモニタは、1963年1月より連続運転から除外した。これはモニタリング・ポスト(非常用モニタ)装置の設置、バックグラウンド放射能調査の終了、地域社会からの要望の減少、その後の原子炉障害解析の進歩、装置の老化(約40,000時間運転)、輸入品のためオーバーホールの困難性などの理由による。

## 2. 放射線モニタリング・ステーション装置

中央監視式野外放射線モニタリング・ステーション装置は、8カ所のモニタリング・ステーションと、1つの中央ステーションからなり、前者は空間分布  $\beta\gamma$ 、 $\gamma$  放射線、大気塵埃  $\alpha$ 、 $\beta$  放射能の4量を常時観測し観測結果をテレメータにより逐次中央ステーションへ

伝送している。中央ステーションは、原研内の研究3棟に設置され、各モニタリング・ステーションから送られてくる計28量の観測値を自動的に処理し、記録している。これら装置の配置を Fig. 2. 1, TABLE 2. 1 に示す。また使用している機器一覧を TABLE 2. 2,

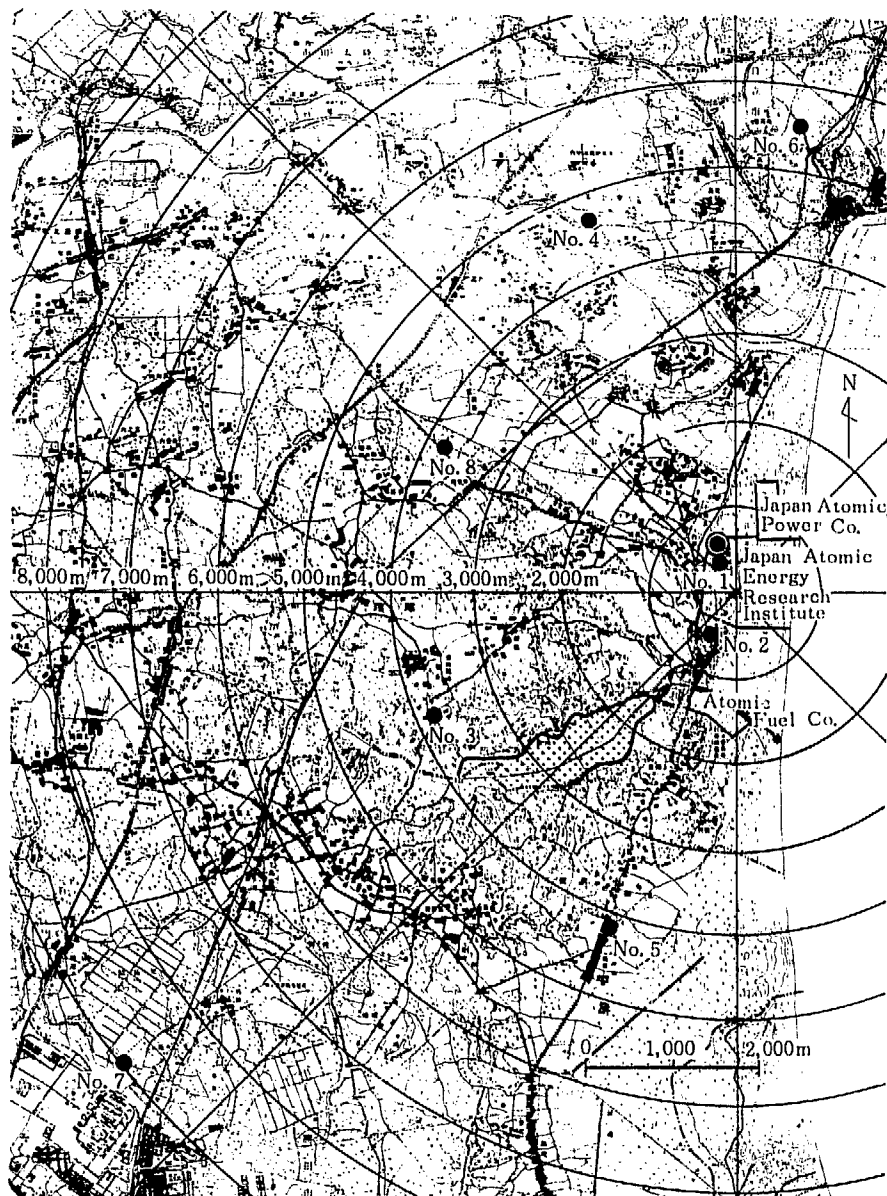


Fig. 2. 1 Map of monitoring station Center...Meteorological tower

- Monitoring station
- Central station



TABLE 2.1 Location of monitoring stations

Station No.	Distance from meteorological tower (km)	Direction from meteorological tower	Location
1	0.06	351°	JAERI site, Tokai-mura
2	0.90	192°	Kokuzo, Tokai-mura
3	3.75	244°	Suwama, Tokai-mura
4	4.20	340°	Higashiozawa elementary school, Hitachi-shi
5	4.70	198°	Nagasuna, Katsuta-shi
6	5.25	12°	Kuji middle school, Hitachi-shi
7	9.05	230°	Higashiishikawa, Katsuta-shi
8	3.52	293°	Oyamada, Tokai-mura

Directions are measured clockwise from North and North is 0°.

TABLE 2.2 Type of installations used in central station

	Logger	Telemeter	Sub-carrier	Radio	Typewriter
Central station	FALOC-50	TG	TG-1 B	GB-12 FR	Electric (Remington)

TABLE 2.3 Type of installations used in monitoring stations

	$\beta r$ probe	$r$ probe	$\alpha$ probe	$\beta r$ probe	Scaler	Dust Sampler	Telemeter	Sub-carrier	Radio
No. 1 Monitoring station	AS-1	AS-2	PS-1 B	PC-50	SA-8	DS-205	TG		
No. 2 Monitoring station	AS-1	AS-2	PS-600	PC-50	SA-23 C	DS-205	TG	TG-1 B	GB-10 F
No. 3 Monitoring station	AS-1	AS-2	PS-600	PC-50	SA-23 C	DS-205	TG	TG-1 B	GB-10 F
No. 4 Monitoring station	AS-1	AS-2	PS-1 B	PC-50	SA-8	DS-205	TG	TG-1 B	GB-10 F
No. 5 Monitoring station	AS-1	AS-2	PS-600	PC-50	SA-23 C	DS-205	TG	TG-1 B	GB-10 F
No. 6 Monitoring station	AS-1	AS-2			SA-26 Tech. Ass.		TG	TG-1 B	GB-10 F
No. 7 Monitoring station	AS-1	AS-2			SA-26 Tech. Ass.		TG	TG-1 B	GB-10 F
No. 8 Monitoring station	AS-1	AS-2	PS-600	PC-50	SA-23 C	DS-202	TG	TG-1 B	GB-10 F

### 2.3 に示す。

装置の一連の処理動作は、すべてデジタル方式によるもので、まず各モニタリング・ステーションでは中央ステーションの指示によって検出器の出力パルスを一定時間積算し提示する。この積算値は直ちに特定のパルス符号に置換され、さらに F.S. 方式に変換されて無線装置へつたえられる。無線装置ではこの信号を位相変調し、60Mc 帯の超短波によって中央ステーションへ送信している。

中央ステーションでは到来電波を復調して積算値のパルス符号を復元し、これを自動作表機へつたえる。この作表機では、その積算値と作表機前面にあらかじめ設定された基準値との間で減算をおこない、モニタリング・ステーションで観測された値が正常か異常かを判定している。正常の場合は単に黒字で記録するに留るが、異常の場合は赤字で記録すると、同時に警報を発して設定基準値以上であることを知らせる。観測値の蓄積は全モニタリング・ステーションとも同時に

開始するが、その積算値の中央ステーションへの伝送は単一周波数を使用しているため、No. 1 ステーションより No. 8 ステーションまで順次おこなわれ記録される。この積算時間は6分で処理記録時間は約3.5分であるが、10分を単位として1時間に6回繰返している。この他1時間ごとにこの6分間の蓄積値をステーション別各量別に記憶回路より取出して平均し、換算係数を乗じて必要な単位に換算し同じように記録している。この値は同時に IBM カード作成用テープにもさん孔し、のち一括してデータの処理をおこなうこともできる。

### 2.1 構成

この装置の中央ステーションは無線装置、搬送装置、テレメータ装置、自動作表機、電動タイプライタ（テープパンチャー）より構成され、モニタリング・ステーションは検出器、集塵装置、計数装置、テレメー

タ装置、搬送装置、無線装置より構成されている。  
モニタリング・ステーションにおける機器の型式は製作所、製作年月により若干異っているがその動作内容は同じものである。

## 2. 2 動作機構

毎 10 分のはじめ

ステーション	装 置	動 作 概 要
中央ステーション	自動作表機 テレメータ装置 伝送装置	時計からの信号を受け動作を開始、テレメータ装置へ指令信号を発生。 ここで蓄積開始信号を作成、符号化し時間的に並列な信号を直列に変換、搬送装置に伝える。 この信号を F. S. 方式に変換し、無線により位相変調後超短波で各モニタリング・ステーションへ送信する。
全モニタリング・ステーション	伝送装置 テレメータ装置	中央ステーションよりの高周波信号を受信、弁別後搬送で F. S. 方式に変換し、テレメータに伝える。 搬送装置からの直列信号を並列信号に変換、計数蓄積開始信号であることを解読し、直ちにゲートを入れ計数の蓄積を始める。

6 分 後

中央ステーション	自動作表機 テレメータ装置 伝送装置	正時の場合と全く同じ方法で計数停止信号を作成し搬送、無線を通して送信すると同時に電動タイプライターは動作時刻を印字し待機する。
全モニタリング・ステーション	伝送装置 テレメータ装置	正時の場合と同様に無線、搬送を経た後、計数停止信号をテレメータで解読する。その結果直ちにゲートが外される。計数蓄積器は6分間の積算計数値を提示する。

6 分 0.3 秒 後

中央ステーションより No. 1 ステーション呼出		正時の場合と同様に No. 1 ステーション呼出符号を作成。(No. 1 ステーションのみ有線で送信する。)
No. 1 ステーション応答		中央ステーションの呼出を受けると No. 1 ステーションは、直ちに送信を開始する。すなわち 5 要素 3 桁の蓄積値をテレメータ内でパルス符号に変換し有線で中央ステーションへ送信する。
中央ステーション、No. 1 ステーションよりの蓄積値を受信		No. 1 ステーションより送られてくるデータを同様の方法で受信符号確認後 1 量ごとに直列信号を並列に変換作表機に伝える。
作 表 機		この信号を受けた作表機では、各量ごとに前回の蓄積値に加算して記憶すると同時にあらかじめ作表機前面のパネルに設定された値(オフ・ノルマル)との間で減算をおこない、その差が正の場合(正常)は黒字、負の場合(異常)は赤字で印字する。負の場合は同時に警報を発生する。

6 分 23.6 秒 後

引続き中央ステーションは No. 2 ステーションの呼出をおこなう。No. 2 ステーションはこれに応じて正時より 6 分 0.3 秒と同様に 5 要素を順次無線により送信する。この一連の動作を No. 8 ステーションの送信が終るまで繰返す。

このように相互間で、短時間のうちに複雑な一連の動作をおこなっており、途中なんらかの事故で呼出し不能などが発生しても、他の機構には影響せぬよう設計されている。この他 1 時間毎に毎回の計数開始を発信してから約 30 秒後に 1 時間平均値計算をおこなう動作を開始する。この動作時間は、約 4.5 分である。

## 2. 3 各部の動作原理

モニタリング・ステーションから得られる積算値および中央ステーションから発する指令信号の送信には単一周波数 59.81 Mc を使用しているため、中央ステーションの親時計によって正確に時間的規制をうけながら 10 分間隔で同一の動作を繰返している。このときの各装置の動作概要は、次のごとくである。

### 2. 3. 1 検出器および結合方式

空間分布  $\beta r$ ,  $r$  放射線の測定には、 $30\text{mg}/\text{cm}^2$  の窓厚を有するハロゲンガス入り側壁型 GM 計数管 Anton 106 をステーション建物屋上に垂直に取付け使用している。 $r$  線測定にはその全面を 2 mm 厚の真鍮で  $\beta$  線を遮蔽し、 $\beta r$  線測定には単にその周辺に保護メッシュのみを設けている。

大気放射能は、移動式紙式集塵装置を使用して大気中の塵埃を集め、その  $\alpha$  放射能は、ZnS シンチレー

タとフォトマルチプライア RCA 6655 よりなるシンチレーション・プローブで、 $\beta$  放射能は、ハロゲンガス入り GM 計数管 GM 9321 HL でそれぞれ測定している。

GM 計数管またはフォトマルチプライアの出力は、いずれも電流結合方式によって計数回路へ接続される。放射線の入射によって発生する電荷は、ケーブルをへてそのケーブルインピーダンス ( $50\Omega$ ) と整合した低入力インピーダンスの電流増幅回路へ流入する。

### 2. 3. 2 集塵装置

大気中の塵埃は、連続移動濾紙式集塵装置を使用して集める。すなわち Fig. 2. 2 集塵装置ブロックダイアグラムに示すごとく、被測定空気は、集塵ポンプによって吸引され気密箱、濾紙、サンプリングヘッド、流量計をへて排気される。この時空気中の塵埃は、幅 75mm の長尺濾紙面に集められる。濾紙は、25mm/hr (あるいは 75mm/min) の速度で連続移動するので空気中の塵埃は、連続的に濾紙上に集められる。濾紙に付着した  $\beta$  放射能は、集塵 2.5~6.5 時間後に、 $\alpha$  放射能は、さらに 2.5 時間おくらせて測定される。集塵後測定するまでの時間は、検出器を移動することなく、サンプリングヘッドを  $0\sim 120^\circ$  回転し、集塵口の位置を変えることによって変化できる。空気吸引量は、流量計の読みと、真空計で測定したその時の圧力から求められる。

### 2. 3. 3 計数装置

計数装置は、SA-8 型, Tech. Ass. 型の真空管式を除くとすべてトランジスタ化され、電流増幅回路、弁別回路、計数回路、継電器駆動回路、電源回路よりなる。代表的計数装置として SA-23C-1 型\* のブロックダイアグラムを Fig. 2. 3 に示す。SA-26, Tech. Ass. 型, SA-8 型もほぼ同様である。

検出器の出力電流パルスは電流増幅されたのち、出力抵抗  $5\text{ k}\Omega$  によって電圧パルスに変換され次の弁別回路へ導かれる。この増幅器は負饋還方式できわめて広帯域であり、かつ安定な利得を有している。変換された電圧パルスは最適なデスクリミネーション・レベルに設定された差動増幅器によって弁別され、シュミット・トリガ回路で波形整形される。整形後のパルス波

\* SA-23C 型計数装置は空間分布  $\beta, \gamma$  放射線, 大気塵埃  $\beta$  放射能測定用の 1/8 および 1/80 進, 高圧 700V の SA-23C-1 と大気塵埃  $\alpha$  放射能測定用 1/1 および 1/10 進, 高圧 1200V の SA-23C-3 がある。

高, パルス幅はそれぞれ 2V,  $0.5\mu\text{sec}$  の一定パルスとなる。このパルスはゲート回路をへて次の 8 進回路で計数される。この回路はフリップ・フロップ回路を 3 段連続に接続した 8 進回路で、入力パルス数はネオン管表示されると同時にその出力は次の 10 進回路と継電器駆動回路へ導かれる。10 進回路はリング回路方式を用い、8 進法で計数された出力をさらに 10 進法により計数するもので、同様にネオン管表示しその出力を継電器駆動回路へつたえる。継電器駆動回路は、8 進または 80 進出力パルスを波高 16V, パルス幅 40msec の一定パルスに伸張し、テレメータ装置へつたえる。

この他 80 進出力は内蔵の 5 桁度数計を駆動し約 1 週

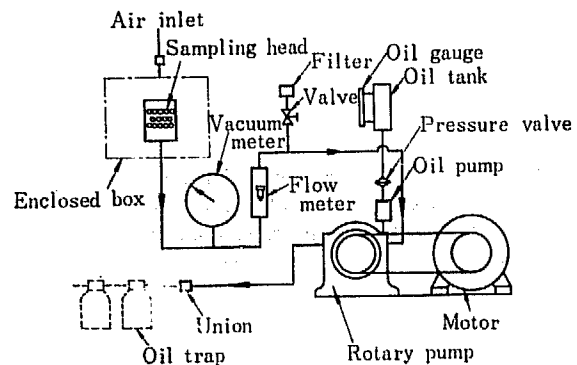


Fig. 2. 2 Block diagram of dust sampler

間の積算値を読み取ることができる。付属するスピーカ回路は、電流増幅器の出力パルスの一部を増幅し、スピーカにより入力パルスに応じたクリック音を発生させる音響的モニタ回路である。高圧電源回路は検出器への高圧を供給するためのものであり、トランスとトランジスタで弛張発振をおこしてトランスの 2 次側に高い交流電圧を発生させたのち、セレン整流器で倍電圧整流しさらに冷陰極コロナ放電管で出力を制御して安定な直流電圧を得ている。低圧電源回路は各ユニットへ供給するための安定化低圧電源回路で、安定化はゼナーダイオードとトランジスタによる直流増幅器でおこなっている。

### 2. 3. 4 テレメータ装置

この装置は 70 号継電器より構成されているが、各モニタリング・ステーションと中央ステーションではその動作が異っている。モニタリング・ステーションでは計数装置の出力パルスを正常の場合は 8 進法で、異常の場合は 80 進法で 6 分間蓄積する。蓄積限界は最大 4 桁まで可能であるが、伝送できる最大桁数は 3 桁に

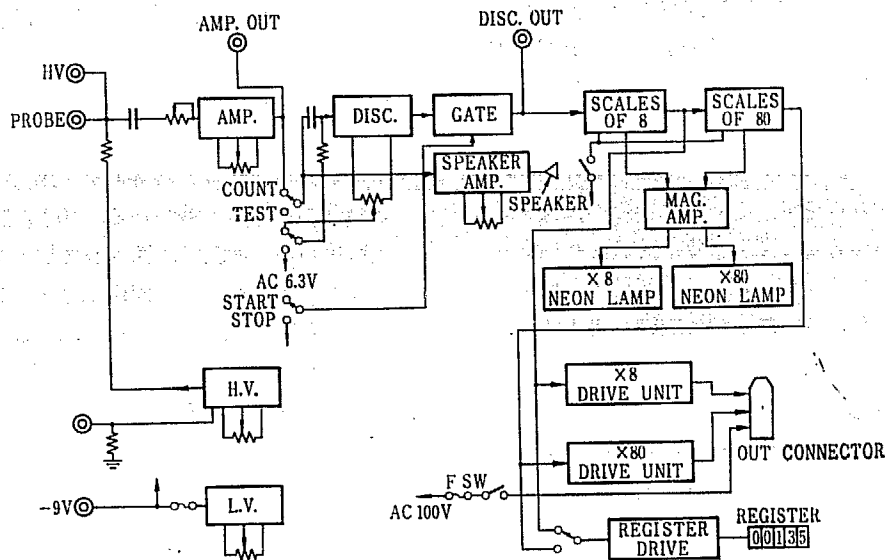


Fig. 2.3 Block diagram of scaler (SA-23 C-1)

TABLE 2.4 Two-out-of-five code for transmission of digit between central station and monitoring station (O...long pulse, others...short pulse)

Element	Digit									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A		○	○		○			○		
B		○		○		○			○	
C			○	○			○			○
D	○				○	○				
E	○						○	○	○	

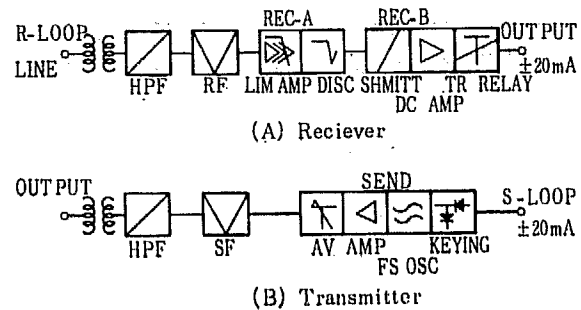


Fig. 2.4 Block diagram of sub-carrier installation

TABLE 2.5 Two-out-of-six code for instructions signal at the central station (O...long pulse, others...short pulse)

Element	Call sign	Count start	Count stop	Off normal reset	Call sign No. 1 M. S.	Call sign No. 2 M. S.	Call sign No. 3 M. S.	Call sign No. 4 M. S.	Call sign No. 5 M. S.	Call sign No. 6 M. S.	Call sign No. 7 M. S.	Call sign No. 8 M. S.
	A		○			○						○
B			○		○	○						
C				○	○		○		○			
D							○	○		○	○	
E									○	○		
F		○	○	○								○

制限されるため、正常の場合は下3桁を、異常の場合は上3桁を選択できる構造となっている。したがって正常の場合は検出値の1/8、異常の場合は1/800の値を中央ステーションで記録することとなる。異常の場合は桁上り符号“X”を数字の前に記録し、正常の場合と区別している。

これらの蓄積値は正常、異常を問わず長短パルスの

組合せからなる2 out of 5符号\* (TABLE 2.4)に変換され、時間に対し直列に次の搬送装置へ伝えられる。また計数開始、停止、局呼出しなどの信号もこの装置で解読し、必要なゲート回路を動作している。

\* 5パルスのうち2パルスを長パルス、他は短パルスとしてその配列を組合せるもので、 $C_2 = 10$ より1~10までの数字を表わしている。

中央ステーションのテレメータ装置では親時計の指令によって計数開始、停止、局呼出しなどの 2 out of 6 符号 (TABLE 2. 5) を作成し搬送、無線の送信部をへて各ステーションへいっせいに伝送している。また中央ステーションの無線、搬送の受信部を通じて各局より伝送されてくる蓄積値を一時記憶し、時間に対して並列信号に変換し自動作表機へ伝えている。

### 2. 3. 5 搬送装置

搬送装置は有線伝送の第 1 ステーションを除き全ステーションとも同一構造のトランジスタ化された送信部、受信部より構成されている。このブロックダイアグラムを Fig. 2. 4 に示す。この図に示すように送信部 SEND のゲルマニウム整流器は入力直流電信信号  $\pm 20\text{mA}$  の正負によって蓄電器を共振回路に接続あるいは分離するスイッチ的動作をし、次のハートレ型発振回路による発振周波数を MARK あるいは SPACE 周波数にシフトしている。この信号を次の緩衝増幅器により増幅し可変減衰器 AV で所要のレベルに調整して送信回路 SF へ伝え、線路回路 HPF、中継線輪をへて無線送信機の入力へあたえている。

一方無線受信機を通して伝送されてくる信号は中継線輪、線路回路 HPF、受信回路 RF を通り次の増幅回路へ伝えられる。この回路では三段増幅後振幅制限をおこない、さらに一段増幅して弁別回路へ伝える。弁別回路では 2 つの共振回路によって MARK あるいは SPACE 周波数を弁別したのち、全波整流をおこなって直流信号を次のシュミット回路へ伝えている。この回路では弁別回路の出力の搬送波分を除去し、シュミット回路で矩形波に整形増幅したのち一段増幅し、出力トランジスタよりなるトランジスタ継電器を駆動させテレメータに  $\pm 20\text{mA}$  の直流電信信号を送りだしている。

### 2. 3. 6 無線装置

中央ステーションとモニタリング・ステーションの無線装置はほぼ同一構造で真空管を使用し、送信部、受信部より構成されている。このブロックダイアグラムを Fig. 2. 5 に示す。図に示すように送信部では搬送装置の出力を低周波増幅回路 AFA で増幅し、プリアンプ回路をへて変調回路 MOD へ伝える。この場合、低周波増幅の中間には瞬時偏移制御回路 IDC (Instantaneous deviation control) があり、最大周波数偏移が  $\pm 7.5\text{kc}$  を越えぬように押えている。変調回路は二重位相変調をおこなうリアクタンス

管を使用し、そのグリッドに加わる信号電圧に応じて等価容量が変化し水晶制御発振回路 OSC よりくる基本周波電流を位相変調している。

発振回路で発生した基本波はこのようにして位相変調され次に第一 2 通倍回路 1st DOUB, 第二 2 通倍回路 2nd DOUB, 3 通倍回路 TRIP により周波数増倍をうけ、計 12 通倍される。その後電力増幅回路によって増幅され出力増幅回路 PA を駆動している。この出力は同軸ケーブルによって空中線へ導かれ、各局向に輻射される。

一方受信側では到来した電波を空中線、同軸ケーブルをへて高周波増幅回路 RFA に導き、2 段増幅する。この増幅器に低雑音、高感度とするために初段をカスコードアンプにしている。

第 1 局部発振 1st OSC は水晶制御発振回路により発振した周波数を 4 通倍したのち、第 1 混合回路に加えて高周波信号と混合して 8.7 Mc の第 1 中間周波を得ている。この中間周波は 1 段増幅 1st IFA され次の第 2 混合回路 2nd MIXER へ伝えられる。高周波部および第 1 中間周波部とも高選択性の同調回路を配し、イメージの減衰とスプリアス感度の減少を計っている。

第 2 混合回路では第 2 局部発振周波数 8.245 Mc と混合されて 455 kc の第 2 中間周波数となり、高選択性を有するブロック・フィルター BF をへて次の増幅回路 IFA により 3 段増幅される。この出力は振幅制限回路 LIM によって振幅を制限され、弁別回路 DISC へ伝えられる。この回路にはゲートド・ビーム管を使用しその第 3 グリッドは中心周波数 455 kc に共振している共振回路へ接続されている。

到来電波がこれを中心に周波数変化をすると、第 1 グリッドの位相関係が変化し陽極電流は両方とも正側に重った時のみ流れるから、その平均電流は FM された信号電流を再現することができる。その後デエンファシス回路をへて 2 段増幅され次の搬送装置に低周波出力をあたえている。

使用している周波数は 59.81 Mc, 送信出力は中央ステーションが 25 W, 各モニタリング・ステーションは 5 W である。No. 1 モニタリング・ステーションのみ距離が近いので有線方式によって伝送をおこなっているため無線装置はない。

### 2. 3. 7 自動作表機

10 分間隔で 8 カ所のモニタリング・ステーションから送られてくるデータ総数は、1 カ月当り約  $1.7 \times 10^5$

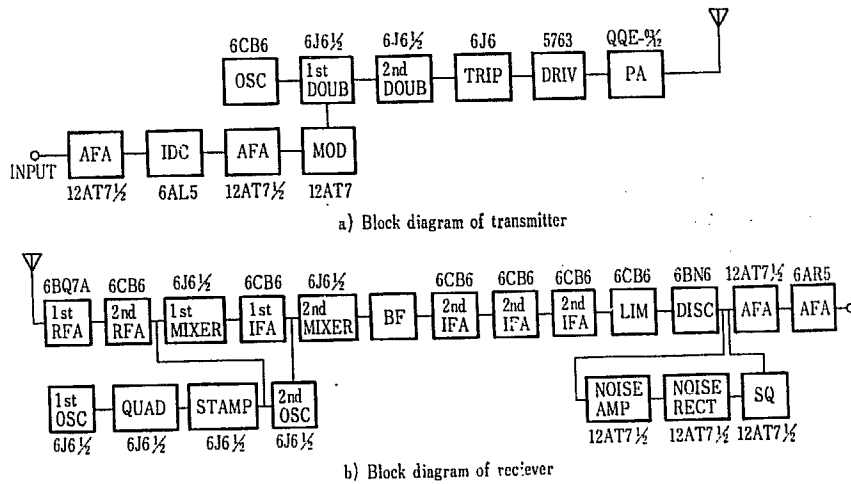


Fig. 2.5 Block diagram of radio

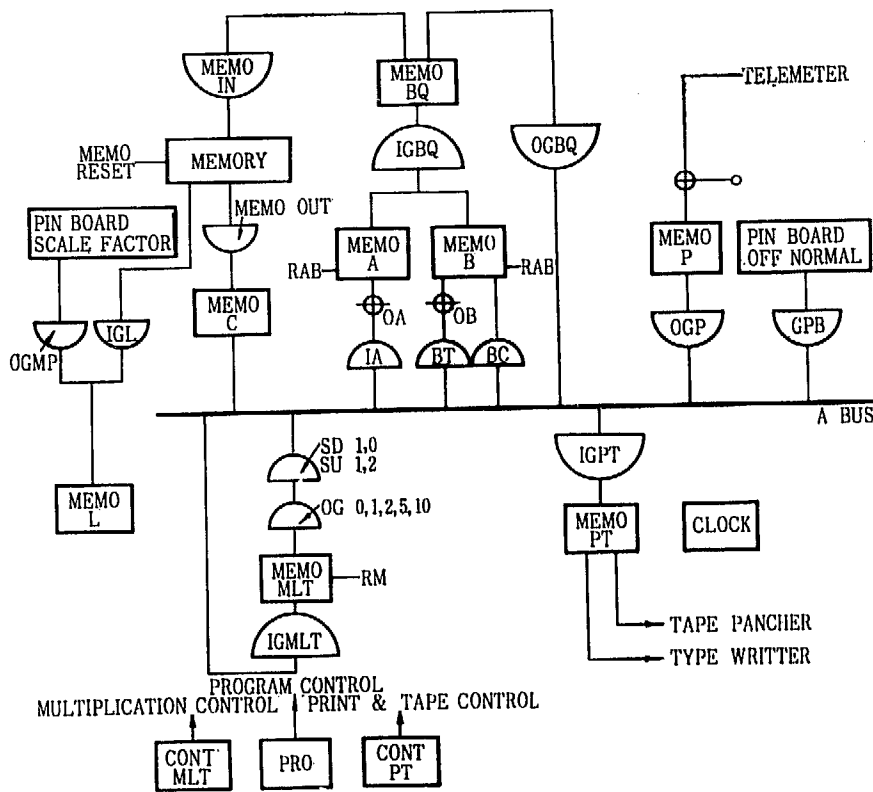


Fig. 2.6 Block diagram of logger

という相当な数量になる。このためデータ処理は、自動的に動作する作表機 (Logger) を使用して種々の演算をおこなわせ記録させている。この装置は70号継電器141型小型継電器、ワイヤースプリング継電器などおよそ2000個よりなり、Fig. 2. 6のブロックダイアグラムに示すようにその機能によっていくつかの継電器群に分類される。

この装置の毎10分の動作と、諸計算をおこなう毎時の動作は、次のごとくである。

1) 毎10分の動作

No.1モニタリング・ステーションの第1量の蓄積値 (Ch. 1)である3桁の数字がテレメータ装置から伝えられてくると、直ちに1時記憶回路 MEMO-P 内に記憶すると同時にその数字に誤りがないかどうか符号

の確認をおこなう。続いて作表機前面に2-5進法であらかじめ設定された基準値を計算母線(A-bus)に導き、入力ゲート回路IAによって被減数回路のMEMO-Aに移す。この動作が完了するとMEMO-P内に記憶された数値は、出力ゲート回路OGPの動作によってA-busをへたのち補数変換ゲート回路BCの動作によって99999に対する補数に変換され減数回路MEMO-Bに移される。MEMO-A, B内での減算は次のように加算に変換してその結果を得ている。この場合のAは被減数, Bは減数である。

$$A - B = A + (99999 - B) + 1 - 100000$$

この演算回路の最大桁数は5桁までであるため最後の項は消えて次のようになる。

$$A - B = A + (99999 - B) + 1$$

すなわちMEMO-A, B内でそのまま加算しさらに1を加えれば加算の出力回路にA-Bを得ることができる。このようにして得られた値が正の場合、すなわち正常の場合はタイプライタの黒字を、負の場合、すなわち異常の場合は赤字を選択する。この動作が終了するとMEMO-A, Bはリセットし、引続いて2 out of 5符号で構成されるCh. 1の前回迄の蓄積値(正時の場合は零となっている)を符号変換回路MEMO-Cに移して2-5進法に変換し、IAによってMEMO-Aに導く。次にMEMO-P内に記憶された値をOGP, 加算入力ゲート回路BTによってそのままMEMO-Bに導きMEMO-A, B間で加算をおこなう。この結果は入力ゲート回路IGBQによって符号変換回路MEMO-BQに導かれ再び2 out of 5符号に変換されて記憶回路のMEMORYに移される。このようにMEMORYには常に加算された値が記憶される。

この加算動作が完了するとMEMO-Pの値はOGP, A-bus, 入力ゲート回路IGPTをへて変換回路MEMO-PTに移され、2-5進法から2 out of 5符号に変換されてタイプライタで時刻印字に引続き順次記録される。計算の途中における数値の相互変換の際は必ず符号の確認をおこない、異常の際は“-”を記録して誤字の印字を防止している。

これらの一連の動作が完了するとMEMORYを除くすべての回路がリセットし引続き第1ステーションの第2量(Ch. 2)をMEMO-Pに導き以下まったく同じ処理動作をCh. 40が終るまで繰返している。

2) 毎時の動作

この動作は過去1時間分の積算値、すなわち毎10分の積算値6回分をMEMORYよりとりだし、平均、

換算、記録などをおこなうもので、テレメータ装置が計数開始信号を発信後動作を開始する。すでに述べたようにCh. 1~Ch. 40まではステーション別各量別にMEMORY内に積算記憶されているが、まず制御回路PROの指令によってCh. 1を選択し、この積算値を算積回数で除し平均値\*を求める。

すなわち出力ゲート回路MEMO-OUTの動作によって、Ch. 1をMEMO-C内に導き2-5進法に変換すると同時に符号の確認をおこない、誤りがなければA-bus, 入力ゲート回路IGMLTをへてMEMO-MLTに導く。引続き積算回数記憶回路MEMO-IIに記憶されている記憶回数は乗算制御回路CONT-MLTにその逆数とともに記憶される。ここでこの逆数の下の桁の数字はTABLE 2. 6に示すように0, 1, 2, 5, 10倍の加減算に分解されMEMO-A, B内で

TABLE 2. 6 Multiplication methods

×1	= ×0 + ×1
×2	= ×0 + ×2
×3	= ×1 + ×2
×4	= ×2 + ×2
×5	= ×0 + ×5
×6	= ×1 + ×5
×7	= ×2 + ×5
×8	= ×10 - ×2
×9	= ×10 - ×1
×0	= ×0 + ×0

加算または減算の形で除算される。MEMO-MLTの出力ゲート回路OG-0, 1, 2, 5, 10はMEMO-MLTの出力を0, 1, 2, 5, 10倍しSD-1, 0, SU-1, 2は適宜に桁のシフトをおこなって上記の目的を達成している。このようにして最終的に求めた値はMEMO-BQ内に留められ、その後CONT-MLT, MEMO-MLTをリセットしてOGBQ, A-bus, IGMLTをへてMEMO-MLTにあたえられる。

この動作と平行して作表機前面に2桁で設定されたスケールファクタ\*\*をOGMPによってMEMO-L

\* モニタリング・ステーションより送られてくる毎10分の積算値は、なんらかの原因による欠測で必ずしも1時間6回とは限らないから、除数として1~6迄用意しなければならない。本計算機構では除算を乗算に変換後処理動作をおこなわせているため、それぞれの回数の逆数を次のように決定し、あとで1/10倍している。1→10.00, 2→5.00, 3→3.34, 4→2.50, 5→2.00, 6→1.67。

\*\* 積算値は計数装置で1/8倍された6分間の値であるため、必要な単位に換算しなければならない。このためにあらかじめ作表機前面に換算係数(スケールファクタ)として1量当り2桁の数値をピンで設定している。

に導き 2-5 進法に変換後 CONT-MLT にあたえる。この動作以後は除算の場合と全く同様な方法で乗算をおこなう。このようにして得られた計算結果は MEMO-PT に記憶されるが直ちに掃引されてタイプライタにより印字される。このようにして Ch. 1 の処理動作が完了すると Ch. 2 に進み以下 Ch. 40 まで連続して同じ動作を繰返す。Ch. 1 から Ch. 40 までの動作時間は約 4.5 分である。またこの結果は印字と同時に 2 out of 6 符号で IBM カード作成用テープにもさん孔することができる。

### 2. 3. 8 記録方式

Fig. 2. 7 に電動タイプライタで記録された観測値の 1 例を示す。記録は観測を開始した時刻と観測値である。観測値は No. 1 モニタリング・ステーションより空間分布  $\beta r$  線量率,  $r$  線量率, 大気塵埃  $\alpha$  放

射能,  $\beta$  放射能の順で示されている。毎 10 分の観測値は、6 分間の計数値を正常の場合は  $1/8$ , 異常の場合は "X" 符号がついて  $1/800$  した値である\*。1 時間ごとの値は、空間分布  $r$  線量率では  $\times 10^{-2}$  すれば  $\mu R/hr$  の単位, 大気塵埃  $\alpha$  放射能,  $\beta$  放射能ではそれぞれ  $\times 10^{-15}$ ,  $\times 10^{-14}$  すれば  $\mu c/ml$  単位となる。この値には計数管などのバックグラウンドを含んでいる。

中央ステーションから発する指令が完全におこなわれなかった時は、観測値はハイフンか 0, あるいは異常な値を印字する。たとえば計数開始信号が伝達されないと観測値は 0 となり、観測値が中央ステーションに伝達されないとハイフンになる。計数停止信号が伝達されないと伝送する時刻までの積算値が記録され、見かけ上高い観測値になる。

\* 大気塵埃  $\alpha$  放射能の場合は  $1/1$  と  $1/100$





## 2. 4 諸特性

各装置の諸特性は次のごとくである。

## 1) Anton 106 GM 計数管

使用電圧	700V
プラトー傾斜 (650~750V)	4%/100V (最大 10%/100V)
始動電圧	630V
不感時間 (700V, 1 M $\Omega$ 負荷)	100 $\mu$ sec
最大計数率	10,000 count/sec
高速 $\beta$ 粒子および宇宙線に対する計数効率	85%
感光性および履歴現象	なし
動作温度範囲	-55°C~+75°C
浮遊容量	2.8 $\mu$ F
壁材質	ステンレス・スチール (Cr 28%, Fe 72%)
有効寸法	内径 1.52 cm, 長さ 9.60 cm
有効壁厚	30mg/cm <sup>2</sup> 82.5%, 174mg/cm <sup>2</sup> 17.5%

## 2) 計数装置の諸特性 (SA-23C型)

## 1) 機械的性能

本体寸法	全高 533.5 mm, 全幅 104.0 mm, 全奥行 440.0 mm
重量	約 5 kg
塗装	パネル面マンセル N 5.5/0 焼付仕上げ
取付構造	パネル面把手および下面ガイドレール上面ガイド突出部により前後スライド可能, 引出終了点において左右回転可能

## 2) 電気的性能

計数表示	8進 1, 2, 4 をネオンランプ表示 10進 0~9 をネオンランプ表示 度数計 10進, 5桁, パネル面スイッチ切換により 8進または 80進出力をうけることができる。(あるいは 1進または 10進)
分解能	電気回路分解能 ダブルパルスにて 5 $\mu$ sec 以下 度数計分解能 5 c.p.s 以上, リレー分解能 5 c.p.s 以上
入力感度	最小入力感度 5 $\mu$ A, 常用入力感度 25 $\mu$ A
最小入力電流パルス幅	0.2 $\mu$ sec 以下
入力インピーダンス	50 $\Omega$ (約 10~100 $\Omega$ の間可変)
増幅回路	利得 付属可変抵抗により 0~30 k $\Omega$ 以上連続可変, 常用利得 10 k $\Omega$ 雑音 最大電流利得にして, 出力 100 mV P-P 以下
デスクリミネータ	パネル 5 回転ヘリカルオーム (目盛 0~500) によりデスクリミネータ入力感度を約 100 mV~5 V の間可変, 通常アンプゲインを 10 k $\Omega$ に設定するのでこの場合アンプ入力感度 ( $\mu$ A) とデスクリミネータ目盛は直読となる 精度 目盛最低~300 の間 $\pm 10 \mu$ A 以内
出力定格	70 号リレー FBv 371/874 駆動に適合 出力電流 12 mA (1 k $\Omega$ 負荷) 電流継続時間 約 50 m sec (矩形波) 出力の種類 SA-23C-1, 8進出力及び 80進出力

## S A-23C-3, 1進出力及び10進出力

高圧電源	S A-23C-1	$700 \pm 30$	V	出力電流	30 $\mu$ A
	S A-23C-3	$1,200 \pm 50$	V	"	30 $\mu$ A
安定度	電源電圧 $100 \pm 10$ V 変動に対し高圧変動 $\pm 1.5\%$ 以内				
所要電源	90 ~ 110 V 50 ~ 60 $\phi$ 約 7 W				
許容外圍温度	-25°C ~ +55°C				

## 3) 集塵装置の諸特性

標準用紙	Hollingsworth & Vose Co. No. 70
使用用紙寸法	幅 76mm $\times$ 長さ約 90m
サクシオンヘッド開口面積	長さ(用紙送り方向) 50mm $\times$ 幅 32mm
最大吸引流量率	約 420 NI/min (標準状態の空気量, 用紙なしの場合)
定常吸引流量率	約 250 NI/min (標準状態の空気量) 以上 (サンプラー始動後, 定常運転時に於て3時間以上経過して通常の作業現場程度の空中塵埃を吸引して塵埃の付着に依る空気抗抵の増大が平衡状態となったときの空気量)
流量率調整範囲	0 ~ 最大流量
電動機定路	単相 100 V, 50 または 60 $\phi$ , 1 HP 反発起動型 1.3 KVA
用紙送り速度	25 mm/hr, 75 mm/min の2速度
用紙送りモータ定格	単相 100 V, シンクロナスマータ 50 または 60 $\phi$ , 15 W
定量給油装置モータ定格	単相 100 V, 50 または 60 $\phi$ , インダクションモータ, 1 W
流量計	浮子式, 40 ~ 400 l/min
真空計	警報接点付 0 ~ 760 mmHg
$\beta$ 線測定用 GM プローブマウント	シールド厚み 鉛 50 mm, 一部分 25mm 取付位置 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5 時間可変(サンプリングエリアの移動により)
$\alpha$ 線測定用シンチレーションプローブマウント	$\beta$ 線測定用 GM プローブとの距離関係は 62.5 mm (2.5時間), 一定
外形寸法	高さ 900mm $\times$ 幅 800mm $\times$ 奥行 600mm
塗装	マンセル N 4.5 焼付

## 4) 搬送装置の諸特性

線路損失	25 db 以下
通信方式	周波数偏移方式
搬送中心周波数	2210, 2550 c/s
偏移周波数	マーク信号で -60 c/s, スペース信号で +60 c/s
通信速度	50 ボー
送信出力レベル	ライン端出力にて -5 dbm 標準
直流電信路	単向, 単信の復流方式
直流電信信号電流	マーク信号 +20 mA, スペース信号 -20 mA ただし S. Loop よりみた装置の直流入力抵抗は 1000 $\Omega$ , R. Loop の負荷抵抗は 200 $\Omega$
電信歪	通信速度 50ボー, 試験符号 1:1, 1:3, 3:1 線路損失変動 $15 \pm 10$ db, 電源変動 $\pm 4\%$ , 温度変化 $20 \pm 20^\circ\text{C}$ において電信歪は $\pm 10\%$ 以下

本装置および線路濾波器の  
入出力インピーダンス  
使用トランジスタ  
消費電流/Ch 当り

600 Ω 標準

2S11 または FT 21, 11 石

	+ 50 V	- 50 V
マーク時	115 mA	54 mA
スペース時	100 mA	48 mA

子局用端子はこの外に常時電源表示ランプが +50V より 80~120 mA を消費する。

## 5) 無線装置の諸特性

## 1) 送信機特性

変調方式

二重位相変調による FM

送信出力

親局 25 W, 高圧電源+300V, 自然空冷

子局 5 W, " +190V, "

周波数通倍数

12通倍

不正電波輻射

帯域内 -80 db 以下, 帯域外 -60 db 以下

周波数偏移

± 7.5 kc, IDC 付

変調周波数特性

変調周波数 1 kc, 周波数偏移 70% を基準として

0.3 kc にて -7 ± 3 db, 2 kc にて +1.5 ± 3 db, 3 kc にて +1 ± 3 db

歪率

1 kc, 70% 偏移で -20 db 以下

出力インピーダンス

50 Ω, 不平衡負荷として負荷の歪在波比 2 以下

低周波入力インピーダンス

50 Ω または 600 Ω

## 2) 受信機特性

回路方式

二重スーパーヘテロダイン

中間周波数

第一中間周波数 8.7 Mc, 第二中間周波数 455 kc

局部発振周波数

第一局部発振 (F-8.7 Mc)/4 たゞし F は受信周波数 (Mc)

信号対雑音比

入力 0 db にて S/N 20 db 以上

入力 20 db にて S/N 40 db 以上

スケルチ調整

0 db~20 db まで調整可能

帯域幅

6 db 低下にて 20 kc 以上

選択度

± 25 kc 離調にて 75 db 以上

不正感度

-80 db 以下

感度抑圧効果

-80 db 以下

相互変調特性

65 db 以上

低周波特性

1 kc を基準として

0.3 kc にて +6 ± 3 db, 2 kc にて -1 ± 3 db, 3 kc にて -1.5 ± 3 db

低周波出力

0.5 W 以上 (歪率 -20 db 以下にて)

低周波出力インピーダンス

600 Ω

### 3. モニタリング・ステーション建物

建物は、簡単な構造でしかも防塵、防湿および温度上昇の防止をはかった。Fig. 3. 1, 3. 2 にモニタリング・ステーション建物の平面図、側面図を示す。No. 1~No. 4 モニタリング・ステーションは、将来移動させる可能性が少なかったのでブロック造りとし、No. 5~No. 8 モニタリング・ステーションは、移動し易い鉄骨スレート造りとした。建物は、密閉構造で

外部からの塵埃を極力防止している。このため入口は二重扉である。密閉に伴って生ずる室温の上昇は、1500~1800kcal/hr の能力を有する冷房装置を取付け防止した。したがって夏季でも室温は40°C以下に保たれている。トランジスタを使用した計測器を安心して使用することができる。

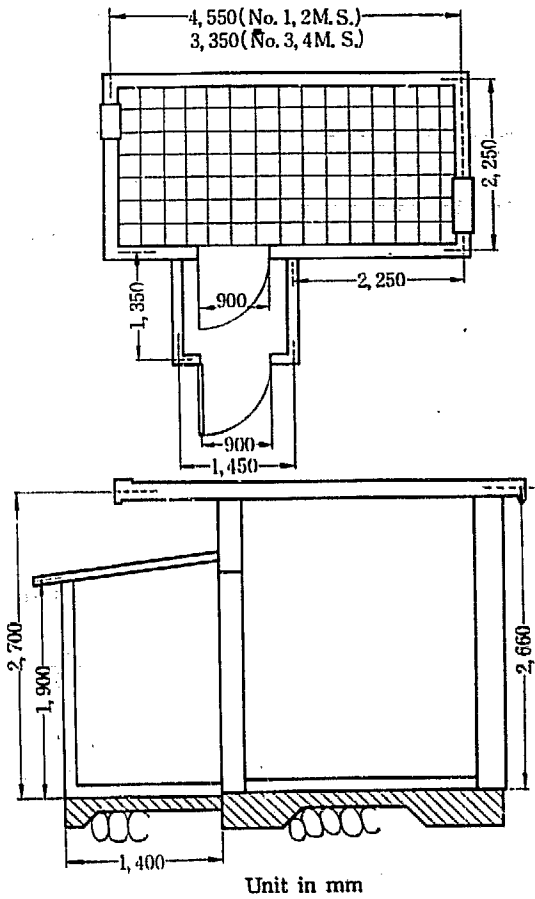


Fig. 3.1 No. 1~No. 4 monitoring station building

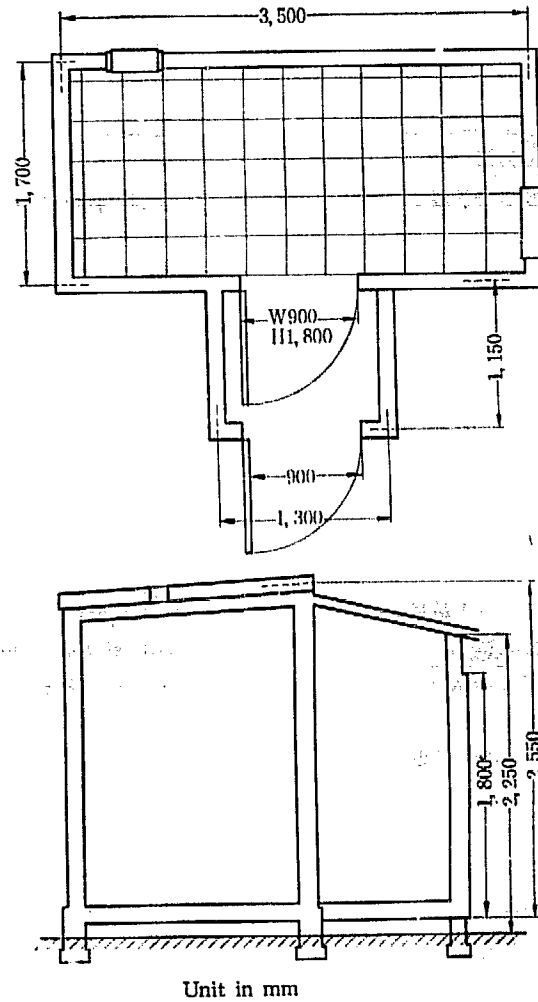


Fig. 3.2 No. 5~No. 8 monitoring station building

## 4. 測定法

### 4.1 校正

#### 4.1.1 空間分布放射線

空間分布  $\gamma$  放射線測定用検出器の校正には、0.5 mm 厚の Pt カプセルに入った 0.62 mg Ra 標準線源を使用した。校正は、周囲の床、壁などによる散乱の影響の少ない場所でおこなった。c (g) の Ra 標準点線源より d (m) の距離の線量率 R (R/hr) は

$$R = 0.830 \text{ c/d}^2 \quad (\text{R/hr}) \quad \dots(4.1)$$

で表わされる。

$\gamma$  線検出用 GM 計数管は、使用期間中に感度の変化は、ほとんどないが、3 カ月ごとにモニタリング・ステーションで 2 mc の  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  線源を使用して感度のチェックをしている。個々の GM 計数管の感度や壁材質などの汚染は、どれもほぼ一定である。1962 年入荷した GM 計数管 60 本を調査した結果、感度は、平均 0.335  $\mu\text{R/hr/cpm}$ 、そのばらつきを標準偏差で表わすと 0.037  $\mu\text{R/hr/cpm}$  であった。

壁材などの放射能汚染によるバックグラウンド計数率は、GM 計数管を水銀で遮蔽し、その外側を宇宙線用の GM 計数管でリング状に囲み、さらにその外側を 20 cm 厚の鉄で遮蔽し、リング状の計数管と逆同時計数をとって測定した。この方法はややめんどうなので日常作業としては、5 cm の鉛で GM 計数管を遮蔽した測定から求めている。GM 計数管を 5 cm の鉛で遮蔽して、バックグラウンド計数率を測定したとき得られる計数値の大部分は、GM 計数管の壁材質などの汚染と、宇宙線の硬成分の影響である。宇宙線硬成分による計数値は、常にほぼ一定とみなされる。この値は、逆同時計数を使用した実験のとき求めることができる。1962 年入荷した GM 計数管の壁材などの汚染による計数率は約 4.6 cpm (1.5  $\mu\text{R/hr}$  相当) であった。

空間分布  $\beta\gamma$  放射線量率から、大気放射能濃度や、地表面汚染濃度への換算は、計算によった<sup>5)</sup>。同じ場所に置かれた  $\beta\gamma$  線用および  $\gamma$  線用 GM 計数管の  $\beta+\gamma$  線、 $\gamma$  線による計数率をそれぞれ  $[\beta+\gamma]$  cpm、 $[\gamma]$  cpm とすると  $\beta$  線のみによる計数率  $[\beta]$  cpm

は、次式より求められる。

$$[\beta] = [\beta + \gamma] - K_{\gamma}/K_{\beta\gamma} [\gamma] \quad \dots(4.2)$$

$K_{\beta\gamma}$ 、 $K_{\gamma}$  は、それぞれ  $\beta\gamma$  および  $\gamma$  線用 GM 計数管の  $\gamma$  線に対する換算係数である。 $K_{\gamma}/K_{\beta\gamma}$  の実測値を次に示す。

線源	$K_{\gamma}/K_{\beta\gamma}$
Ra (0.5 mm Pt カプセル入り)	1.16
$^{137}\text{Cs}$	1.05
自然放射線	1.17

大気汚染と、地表面汚染が共存する時は、これらを分離して測定することは困難であるが表面汚染による計数値は、大気汚染による計数値に比べ、永く継続するから放射性雲が通りすぎてから測定することによって区別することができる。

現在使用している Anton 106 GM 計数管の場合、散乱の影響を無視すると、計数率から大気放射能濃度への換算係数は、 $^{41}\text{Ar}$  に対して  $3.7 \times 10^{-9} \mu\text{c/ml/cpm}$  混合した核分裂生成物 ( $\beta$  線平均エネルギー 0.7 MeV と仮定) に対して  $1.2 \times 10^{-8} \mu\text{c/ml/cpm}$  となる。計数率から地表面汚染への換算係数は、同じ検出器が地上 30 cm に垂直に取付けられ、 $\beta$  線平均エネルギーを 0.7 MeV とすれば  $2.8 \times 10^{-6} \mu\text{c/cm}^2/\text{cpm}$  となる。

#### 4.1.2 大気放射能

大気塵埃放射能の校正には、 $\text{U}_3\text{O}_8$  を比較線源として使用した。 $\text{U}_3\text{O}_8$  はステンレス基板の上に蒸着され、 $\alpha$  放射能校正用のものは保護薄膜、 $\beta$  放射能校正用のものは  $\alpha$  線吸収のために  $26 \text{ mg/cm}^2$  の Al 吸収板が付してある。

強度  $S \text{ dpm/cm}^2$  の、集塵口の高さと同じ幅で、検出器窓径の 1.5 倍以上の比較線源を検出器前面の汚紙の集塵面に置いたとき得られる計数率を  $n \text{ cpm}$  とすると、1 cpm あたりの大気塵埃放射能濃度は次式で示される。

$$\frac{kL}{vw} 60 \times 10^3 \times \chi_0 \frac{3.7 \times 10^4 \times 60 (1-\eta)}{n} = \frac{S}{n}$$

すなわち

$$\chi_0 = \frac{S}{n} \frac{vw \times 10^{-11}}{1.332 k (1-\eta) L} \quad (\mu\text{c/ml}) \quad (4.3)$$

$\chi_0$ : 大気塵埃放射能濃度 ( $\mu\text{c/ml}$ )  
 $L$ : 集塵装置の流量率 ( $l/\text{min}$ )

\* GM 計数管 Anton 106 の壁厚は、 $30 \text{ mg/cm}^2$  であるから 0.6 MeV の  $\beta$  線に対し透過率は約 31% である。

- $w$  : 集塵口の高さ (cm)
- $v$  : 濾紙移動速度 (cm/hr)
- $k$  : 濾紙の集塵効率
- $\eta$  : 濾紙による吸収率

濾紙の集塵効率  $k$  を 1, 濾紙による吸収率  $\eta$  を 0 と仮定したとき, 校正常数は  $\alpha$  放射能の場合  $0.12 \times 10^{-13} \mu\text{C/ml/cpm}$ ,  $\beta$  放射能の場合  $0.14 \times 10^{-12} \mu\text{C/ml/cpm}$  であった. この値は, 主として試料と検出器との幾何学的配置および集塵ポンプの空気吸引流量の変動によって変る. 流量は, 集塵ポンプの性能変化よりも, 使用する濾紙の不均一性, 空気中の塵埃量, 湿度, 温度の変化などによって変動する. 1960~1962年に入荷した濾紙26巻について濾紙の厚さと, この濾紙を使用したときの空気吸引流量率を調べた. その結果を TABLE 4. 1 および Fig. 4. 1 に示す. 空気流量率は同一集塵装置を使用して同じ条件で濾紙の違いによ

TABLE 4. 1 Flow rate distribution of filter paper using same dust sampler

Flow rate (l/min)	Frequencies
275 ~ 279	1
280 ~ 284	9
285 ~ 289	
290 ~ 294	
295 ~ 299	
300 ~ 304	6
305 ~ 309	2
310 ~ 314	4
315 ~ 319	2
320 ~ 324	2

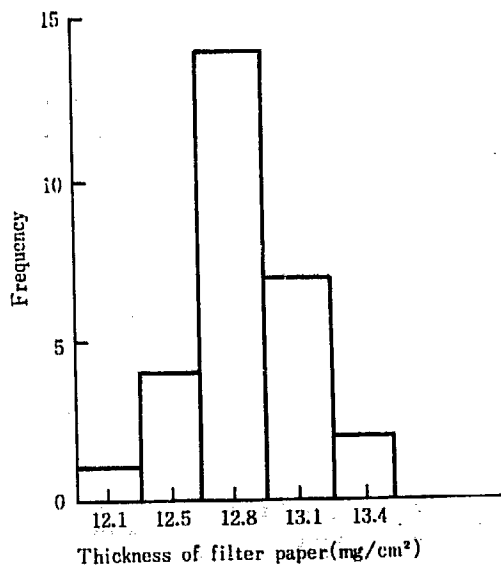


Fig. 4. 1 Thickness distribution of filter paper (Hollingsworth & Vose # 70)

る変化を調べた. また1巻 90 m の濾紙\* から 10 m おきに試験片 10 個を取り, 同様の方法で, 試験片の違いによる流量率の変化を調べた. 流量率は, 平均 285.5 l/min, ばらつきは標準偏差で 4.3 l/min であった. 1巻の濾紙は, どの部分もほぼ均一とみなすことができた. 同一ロットの濾紙もまたほぼ均一であった. 1963年1月から9月まで, No. 5 モニタリング・ステーションで, 7日ごとに測定した空気吸引流量率は, 286~316 l/min の範囲で, その平均値は 296.5 l/min であった. この変動の原因は, 主として空気中の塵埃量の差異による. 以上のことから集塵装置の吸引空気流量率は, 使用する濾紙のロットが同じときは一定とみなしても実用上さしつかえない.

検出器の感度変化は,  $\beta$  放射能測定用の GM 計数管の場合はほとんどないと考えてよいが,  $\alpha$  放射能測定用の ZnS シンチレーション検出器は, 油や塵埃でシンチレータが汚染され大きく変動することがある. 3カ月に1回の校正を実施しているが, シンチレーション検出器の場合, 校正の頻度をさらに多くする必要があると思われる.

#### 4. 2 計数損失

使用している計数管の不感時間は, 約 100  $\mu\text{sec}$ , 計数装置の分解時間は, SA-8型が約 50  $\mu\text{sec}$ , SA-23C型が約 5  $\mu\text{sec}$ , 回転度数計は, 約 100 m sec である.

GM 計数管の不感時間を 100  $\mu\text{sec}$  とすると, 計数損失が 10% になる計数率は,  $10^4$  cps ( $r$  線量率で約 20 mR/hr 相当) となる. GM 計数管の出力パルスは, 計数装置で  $1/8$ , あるいは  $1/6$  に落され回転度数計の入力となる. しかし回転度数計の分解時間は, 非常に永いため, 本測定系の計数損失は, 回転度数計によって決まってくる.

回転度数計は, 窒息型で, 分解時間以内の現象は計数できない. 回転度数計の分解時間を  $\tau$  sec とすると入力パルス  $n_0$  cps に対し実際に数えられるパルス  $n$  cps は,

$$n = n_0 e^{-n_0 \tau} \dots\dots\dots(4.4)$$

で示される.

Fig. 4. 2 は, 回転度数計の計数測失の実験結果で, 横軸は計数損失を無視できる計数装置で測定した計数率で回転度数計の入力に相当し, 縦軸はこの時本装置

\* 濾紙の移動速度が 2.5 cm/hr の集塵装置を使用すれば 150 日分の長さがある.

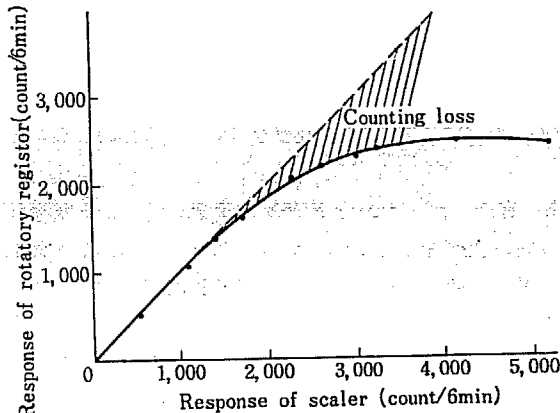


Fig. 4.2 Response of rotatory register by input pulses

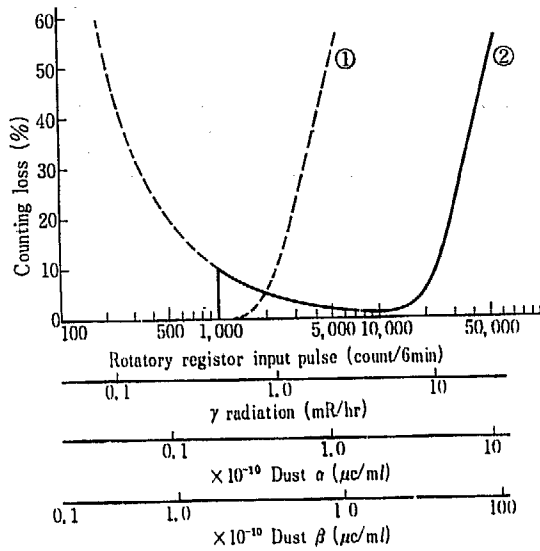


Fig. 4.3 Counting loss of rotatory register

の回転度数計が実際に計数した計数率を示す。回転度数計への入力約 1,300 count/6 min (3.6 cps) を越えるところから計数損失がめだち約 4,000 count/6min (11 cps) になるとほぼ計数限界に達する。Fig. 4.3 は、回転度数計への入力計数率と計数損失との関係を示している。入力計数率に相当する  $\gamma$  線量率、大気塵埃  $\alpha$  および  $\beta$  放射能濃度についても付記してある。回転度数計による計数損失が10%になるのはそれぞれ、

空間分布  $\gamma$  線量率 1.06 mR/hr  
 大気塵埃  $\alpha$  放射能濃度  $4.7 \times 10^{-11} \mu\text{C/ml}$   
 大気塵埃  $\beta$  放射能濃度  $4.2 \times 10^{-10} \mu\text{C/ml}$

となるが(曲線 ①)、実際には上記値が2.6分連続すると桁上する、桁上りするとテレメータは上三桁の送量をおこなう。この時は最高99パルスの計数切り捨てが起こり、この誤差が回転度数計の計数損失に加算され曲線②のようになる。計数損失が10%になるのはそれぞれ、

空間分布  $\gamma$  線量率 10.6 mR/hr  
 大気塵埃  $\alpha$  放射能濃度  $4.7 \times 10^{-10} \mu\text{C/ml}$   
 大気塵埃  $\beta$  放射能濃度  $4.2 \times 10^{-9} \mu\text{C/ml}$

となる。桁上りした後計数値が減少すると曲線②の破線で示したように上三桁送量による誤差は急増する。この場合必ずリセットし平常時観測に復起させなければならない。

#### 4.3 測定精度と測定範囲

本装置は、野外における空間分布放射線、大気放射能のモニタリングを第1の目的にしているので異常をすみやかに発見するためレスポンスをできるだけ早くしている。このことは、測定精度をある程度まで犠牲にすることになる。計数管や録数器の計数損失による誤差についてはすでに述べた。このほか測定誤差の原因として検出器のエネルギー依存性、方向依存性、電気回路の感度変化、計数の逓減による切り捨てなどがある。大気放射能測定では、濾紙の集塵効率、自己吸収(特に  $\alpha$  放射能測定において)、後方散乱、吸引空気の流量の変化などもゆるがせにできない。測定結果がその地域を代表するような検出器の取付位置についても問題がある。これらの問題については、本報ではふれなかった。

計数の統計的変動や計数損失による誤差が10%以下となる測定範囲を求めると次のごとくなる。

空間分布  $\beta r$  線 17~ $2.3 \times 10^4$  cpm  
 "  $\gamma$  線 6  $\mu\text{R/hr}$ ~10 mR/hr  
 大気塵埃  $\alpha$  放射能濃度  $2.0 \times 10^{-12}$ ~ $4.7 \times 10^{-10} \mu\text{C/ml}$   
 "  $\beta$  放射能濃度  $2.5 \times 10^{-12}$ ~ $4.2 \times 10^{-9} \mu\text{C/ml}$



### 5. 観測結果および考察

#### 5.1 空間分布放射線

##### 5.1.1 原子力施設からの影響のないとき

原子力施設や核爆発実験による放射性降下物などの影響が無視できるとき、空間分布自然  $\gamma$  線量率ほどのステーションもほぼ同じで  $8 \mu\text{R/hr}$  以下の値が観測されている。No. 1, No. 2, No. 4 モニタリング・ステーションの存在する地域は、土壌中の  $^{40}\text{K}$  が他の地域に比べいくぶん多いので空間分布  $\gamma$  線量率はやや高い。Fig. 5. 1 は、No. 5 モニタリング・ステーションで観測された空間分布放射線量率の変動を示している。毎10分観測値および1時間平均値の変動を標準偏差で表わすと、それぞれ  $\sigma=0.74 \mu\text{R/hr}$  および  $0.44 \mu\text{R/hr}$  となる。このステーションの  $\gamma$  線量率の平均は、 $8.3 \mu\text{R/hr}$  (GM 計数管自体の汚染などによる計数率  $1.5 \mu\text{R/hr}$  相当を含めた値) であるので相対標準偏差は、 $8.8\%$  および  $5.3\%$  となる。1日平均の変動は、 $2.4\%$  でさらに少い。 $\beta\gamma$  線量率についてもほぼ同様の変動を示している。

Fig. 5. 2 に1961年1月より1963年12月までの月平均  $\gamma$  線量率を示す。変動の主な原因は、核爆発実験による放射性降下物で1962年末は平常値に比べ  $3 \mu\text{R/}$

hr 高かった。この  $\gamma$  線量率の変動は後述の大気塵埃放射能濃度変化と良い相関がみられる。1963年1月の核爆発実験停止後漸次減少し平常値に近づくつある。

$\beta\gamma$  線量率は、放射性降下物特に降水による表面汚染、大気中の Rn, Tn とその崩壊生成物の影響により変動する。Fig. 5. 3 は、 $\beta\gamma$  線量率の降雨による変動の様態を示したものである。 $\beta\gamma$  線量率は、降雨により通常  $40\sim 80 \text{ cpm}$  上昇する。上昇の仕方は降り始め数時間は、単位時間当りの雨量とともに上昇するが時間が経つに従いこの関係は不明確になる。雨が降りやむと急激に減少し、ほぼ1時間で平常値に戻る。このことは降雨中に RaB, RaC などの短半減期核種が多く含まれているためと考えられる。このことを崩壊曲線によって確認した報告もある<sup>9)</sup>。この報告によると雷雨の場合は普通の雨よりも多くの放射能を含んでいることも述べられている。Fig. 5. 3 では雨が降りや

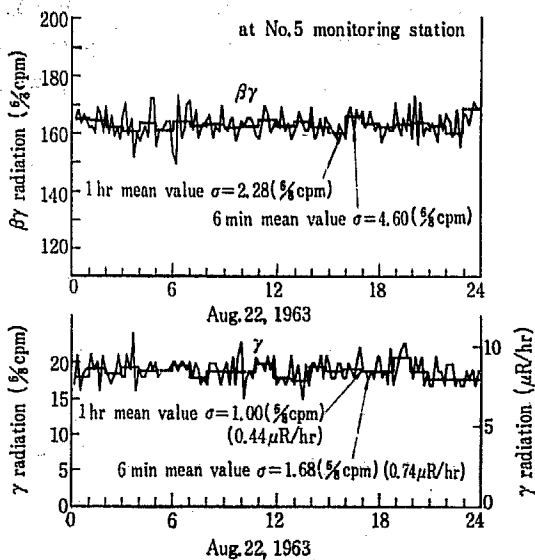


Fig. 5.1  $\beta\gamma$  and  $\gamma$  radiation

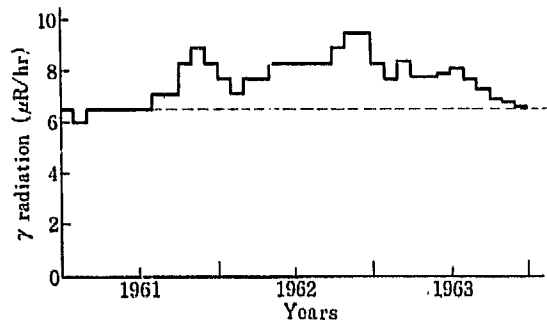


Fig. 5.2 Variation of monthly average  $\gamma$  radiation caused by fallout (Mean value of eight monitoring stations)

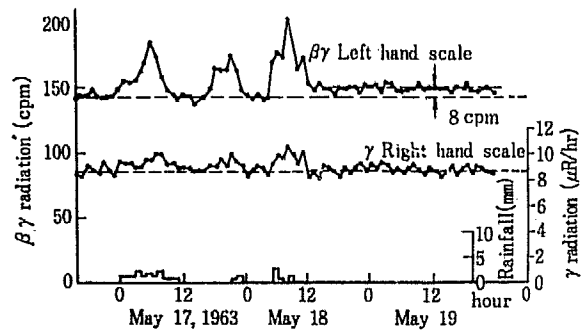


Fig. 5.3  $\beta\gamma$  and  $\gamma$  radiation affected by rain

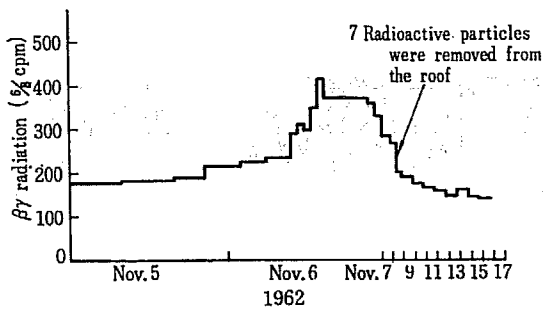


Fig. 5.4 Increment of  $\beta\gamma$  radiation by fallout (at No. 4 monitoring station)

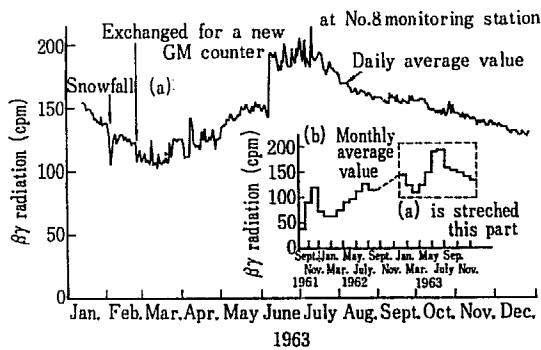


Fig. 5.5 Variation of  $\beta\gamma$  radiation caused by surface contamination

んだ後、数時間経過しても  $\beta\gamma$  計数率は降雨前に比べ 8 cpm 高い。これは降雨によりもたらされた放射性降下物の影響である。このとき雨による  $\gamma$  線量率の上昇は  $2 \mu\text{R/hr}$  程度で  $\beta\gamma$  線量率ほど顕著でない。26 cm ( $1.04 \text{ g/cm}^2$  相当) の降雪のあった、1963年2月2日、3日の観測では、 $\beta\gamma$  線量率は 50 cpm、 $\gamma$  線量率は  $1.5 \mu\text{R/hr}$  の減少を示した。

Fig. 5. 4 は 1962年11月に No. 4 モニタリング・ステーションで観測された、強放射能粒子の降下による  $\beta\gamma$  線量率の急増で、屋上の表面汚染の様相が一瞥できる。屋上の強放射能粒子を除去することにより線量率は激減している。この時の1粒子の最大放射能強度は、 $30 \text{ m}\mu\text{c}$  であった。  $10 \text{ m}\mu\text{c/particle}$  以上の放射能強度を有する粒子は約  $1 \text{ particle/m}^2$  の割合で降下していた。長期間にわたる  $\beta\gamma$  線量率の表面汚染による影響を示したのが Fig. 5. 5 である。1961年11月の核爆発実験再開以前は 40 cpm 前後だったが、再開後は漸次増加している。1963年以降の核爆発実験は停止されているが、1963年4月~7月にかけて  $\beta\gamma$  線量率の増加が見られる。この増加はスプリング・ピーク現象、梅雨などによりもたらされた多量の放射性降下物に起因していると考えられる。8月以降は沈着物の減

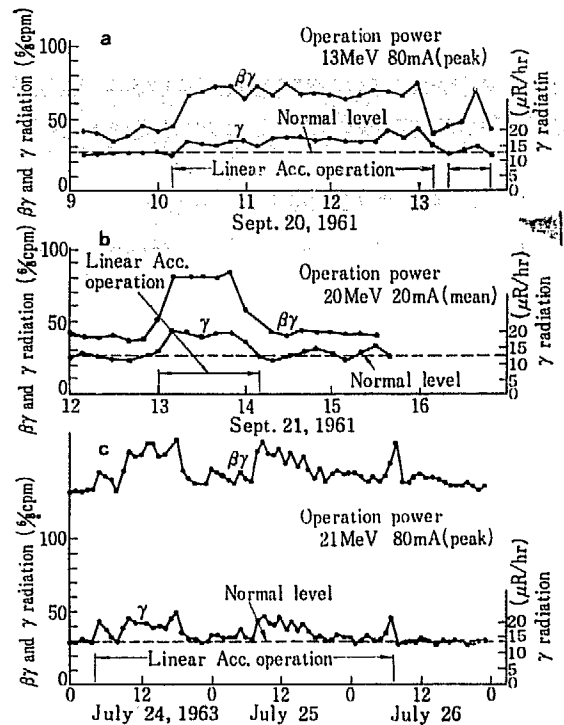


Fig. 5.6 Increment of  $\beta\gamma$  and  $\gamma$  radiation by Linear Acc. operation (at No. 1 monitoring station)

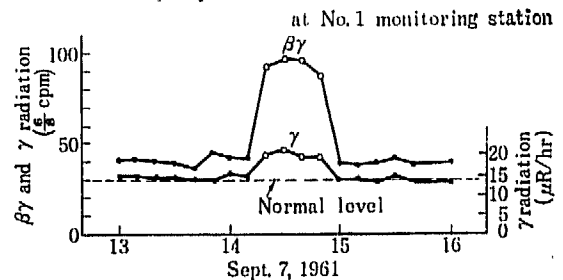


Fig. 5.7 Increment of  $\beta\gamma$  and  $\gamma$  radiation caused by  $^{60}\text{Co}$  (11, 200 C) bringing into the Irradiation Laboratory

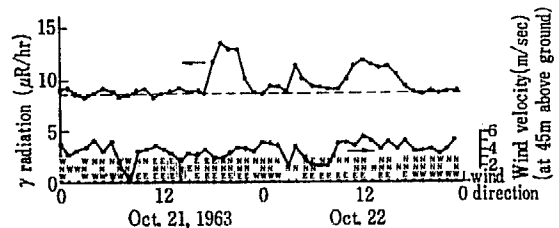


Fig. 5.8 Increment of  $\gamma$  radiation by  $^{41}\text{Ar}$  cloud released from JRR-2 reactor 5 MW operation at No. 2 monitoring station

衰、雨による流出などにより減少の傾向にある。 $\beta r$ 線量率と表面汚染の関係は、もし汚染が地表面（ここでは屋根面）に一樣であり $\beta$ 線のエネルギーが判れば、計算することができることはすでに述べた。

### 5. 1. 2 原子力施設の運転による影響

Fig. 5. 6 は線型加速装置 (Linac) 運転時に No. 1 モニタリング・ステーションで観測された空間線量率の上昇を示す。 $\gamma$ 線量率は  $4\sim 8 \mu R/hr$ 、 $\beta r$ 線量率は  $30\sim 40^*$  pulse/min の上昇である。 $^{60}Co$  (11,200キュリー) 持込み時に同モニタリング・ステーションで観測された空間線量率の上昇を Fig. 5. 7 に示す。

Fig. 5. 8 は JRR-2 の 5 MW 連続運転時に No. 2 モニタリング・ステーションで観測された $\gamma$ 線量率観測値である。風向、風速も付記した。平均の $^{41}Ar$ 放出率は1963年10月21日 2.1 c/hr, 10月22日 2.5c/hrであった。高い線量率を観測した時の平均風速は21日19時が 3 m/sec, 22日12時が 5.5 m/sec であり、風向はともに NNE であった。No. 2 モニタリング・ステーションの位置は JRR-2 の風下700mで風と直角方向の西側に 100 m ずれた点にある。そのときの大気安定度を参照して上記条件のときの $\gamma$ 線量率を算出<sup>12)</sup>すると21日19時 4.4  $\mu R/hr$ , 22日12時 2.7  $\mu R/hr$ で、図に示された実測結果とよく一致している。

## 5. 2 大気放射能

大気塵埃 $\alpha$ 放射能濃度は年間を通して、ほぼ一定であることが過去3年の調査で確認された。一方 $\beta$ 放射能濃度の変動は月間、年間共に大きく、1960年、1961年、1962年、1963年の年平均濃度は各々 4.6, 7.0, 6.3,  $9.0 \times 10^{-12} \mu c/ml$ の値を示し、核爆発実験の影響を非常に受けている。

Fig. 5. 9 は大気塵埃中の $\beta$ 放射能濃度の日変動を吸引直後、5時間減衰、72時間減衰時について示すものである。濃度レベルは各々  $10^{-10} \mu c/ml$ ,  $10^{-11} \mu c/ml$ ,  $10^{-12} \mu c/ml$ であった。

通常のモニタリングでは Rn の崩壊生成成分 (RaB, C など。RaB の半減期27分) が十分減衰する集塵4.5時間後に全 $\beta$ 放射能を測定している。この結果自然放射能の存在する中で、人工放射能を検出するとき、検出可能限界は、吸引直後の測定に比べて1桁程低くなる。

\* 1 pulse/min はテレメータにより送置されタイプライタに記録される値で 6/8 cpm に相当する。

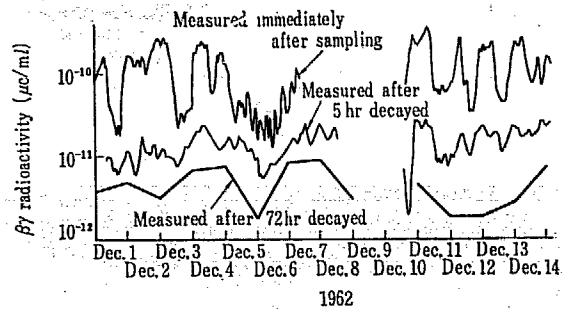


Fig. 5.9 Dust radioactivity in the air

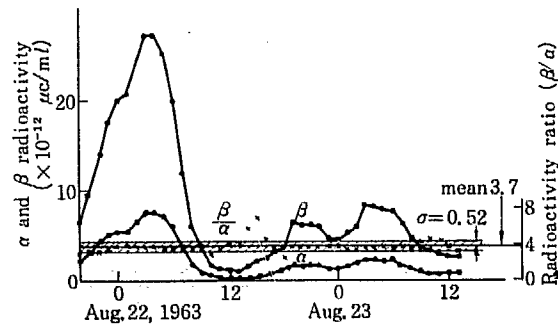


Fig. 5.10 Diurnal variation of the natural dust  $\alpha$  and  $\beta$  radioactivity in the air and its ratio

大気塵埃 $\alpha$ 放射能濃度および $\beta$ 放射能濃度の平常時における日変動の1例を Fig. 5. 10 に示す。両者とも気象その他の影響を受けてかなりの日変動があるが、 $\beta$ 放射能濃度と、 $\alpha$ 放射能濃度の比率 $\beta/\alpha$ は核爆発実験の影響がないときはほぼ一定になる。図中×印で $\beta/\alpha$ の値を示した。この測定では $\beta/\alpha$ の値は平均3.7で、そのばらつきを標準偏差で表わすと0.52であった。 $\beta/\alpha$ の値をKとすると人工放射能濃度 $\beta_{cal}$ は $\beta_{cal} = \beta_{meas} - \alpha K$ より判別できる。この方法を確めるために、算出に供したと同一試料を低バックグラウンド計数装置で測定した結果 $\beta_{meas}$ をTABLE 5. 1の最右欄に示す。 $\beta_{cal}$ と $\beta_{meas}$ はかなり良い一致をみる。Fig. 5. 11 は、各モニタリング・ステーションで集塵4.5時間後に測定した、 $\beta$ 放射能濃度の地域別変動の様態を示すものである。日変動の最高濃度時の値に多少の差違が見られるが、ほぼ同様な変動を示し場所による差異は少い。最高濃度の出現する時刻は、その日の気象状態により異なるが、大気拡散の少い時に起り、静穏の持続時間と良い相関<sup>13)</sup>がある。夏期には20~24時、冬期には4~8時頃に最高濃度になることが多い。大気塵埃中の自然 $\beta$ 放射能濃度(4.5時間減衰値)の最大値は約 $5 \times 10^{-11} \mu c/ml$ 、最低濃度は検出限界以下の値となる。

TABLE 5.1 Long lived radioactivity in air estimated from calculation and measurements

Day	Dust radioactivity unit in $\times 10^{-12} \mu\text{C/ml}$			
	$\alpha$	$\beta$	$\beta_{\text{cal}}$	$\beta_{\text{meas}}$
Apr. 1, 1963	6.54	39.50	15.3	20.2
2	0.79	14.31	11.4	18.0
3	1.11	11.40	7.3	17.5
4	4.07	23.0	7.9	9.1
5	10.0	56.4	19.0	10.7
6	9.22	47.9	13.8	6.9
7	1.90	17.3	10.3	15.8
8	1.08	10.1	6.1	10.4
9	0.95	3.9	0.4	0.4
10	1.60	7.9	2.1	1.8
11	2.02	10.9	3.4	2.9
12	7.12	38.0	11.7	7.0
13	6.49	36.1	12.0	10.3
14	6.69	37.1	12.2	12.0
June 14	0.53	12.5	10.5	11.9
15	0.22	10.4	9.6	11.6
16	4.47	21.5	5.0	2.4
17	—	—	—	1.3
18	3.17	17.3	5.6	3.9
19	0.39	9.7	8.3	11.2
20	0.44	8.9	7.3	9.2
21	0.49	7.8	6.0	9.4
22	4.73	21.2	3.7	5.9
23	2.60	16.3	6.6	3.9
24	1.66	7.3	1.2	1.3
25	2.22	15.0	6.8	5.7
July 24	0.89	8.0	4.7	3.6
25	0.94	4.2	0.7	0.8
26	1.11	5.3	1.2	0.9
27	3.13	13.0	1.4	0.8
Sept. 1	2.24	8.9	0.6	0.4
2	4.89	19.4	1.3	0.4
3	4.53	15.8	-1.0	0.6
4	2.70	11.8	1.8	2.1
5	3.96	17.6	3.0	3.3
6	3.72	14.3	0.5	1.5
7	4.90	21.1	3.0	2.6
8	4.01	14.9	0.0	1.9

$\beta_{\text{cal}}$  was calculated from  $\beta - k\alpha$ ,  $k=3.7$   
 $\beta_{\text{meas}}$  was measured by low-background counter after 72 hr decayed.

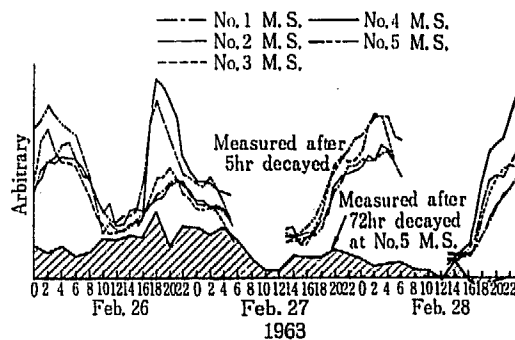


Fig. 5.11 Diurnal variation of dust  $\beta$  radioactivity in the air

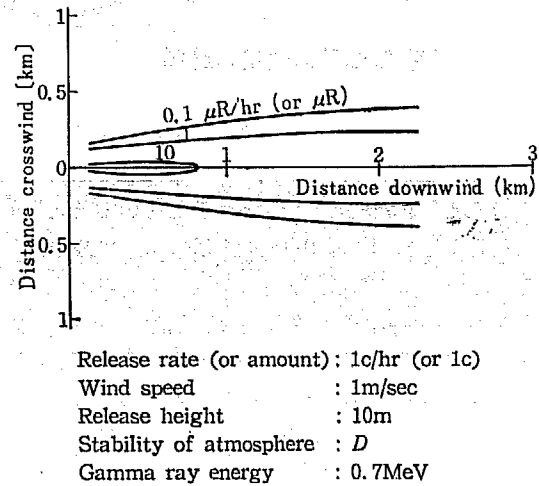


Fig. 5.12 Calculated gamma radiations from radioactive cloud at ground level

降雨の際は地中から放出される放射性核種はほとんど雨滴に捕捉されるので、大気放射能観測値は、汚紙のバックグラウンド程度に少くなる。また降雪の際は平常時の  $1/3 \sim 1/5$  に減少し、通常みられる日変動を示さない。これは浮遊塵埃粒子が雪により吸着されることと、地温の低下、地表面凍結等のため地中より放出される放射性物質が減少したためと考えられる。Fig. 5.11には長寿命放射能濃度を併記し、大気中の長寿命放射能濃度の地域差を調べるため、各モニタリング・ステーションで集塵した試料を約72時間後に、低バックグラウンド計数装置で全  $\beta$  放射能を測定した。試料は8時間ごとに採取した。各時間のステーション間の平均濃度  $\bar{x}_t$  とその標準偏差  $\sigma_{xt}$  の比  $\frac{\sigma_{xt}}{\bar{x}_t}$  を1963年5月2日0時より、5月8日24時まで平均した  $\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{\sigma_{xt}}{\bar{x}_t}$  でバラツキの度合を表わすと0.16になる。このことよりモニタリング・ステーションの設置されている地域では大気中長寿命放射能濃度はほぼ一様であることが判る。

観測結果を要約すると次のごとくなる。

モニタリング要素	平常時の B・G	天然の変動		放射性降下物	施設の稼働	
		降雨	降雪 <sup>1)</sup>		Linac <sup>2)</sup>	JRR-2 <sup>3)</sup>
空間分布 $\beta$ 線量率 (cpm)	110~170	40~80	-50	70(月平均) 250(max)	40~50 <sup>2)</sup>	<110 <sup>3)</sup>
空間分布 $\gamma$ 線量率 ( $\mu\text{R/hr}$ )	6~8	<2	-1.5	<3 (月平均)	4~8 <sup>2)</sup>	<20 <sup>3)</sup>
大気塵埃 $\alpha$ 放射能 ( $\mu\text{C/ml}$ )	検出限界以下 $\sim 10^{-11}$	< $0.5 \times 10^{-12}$	平常時の 1/5~1/3	通常なし	なし	通常なし
大気塵埃 $\beta$ 放射能 ( $\mu\text{C/ml}$ )	検出限界以下 $\sim 5 \times 10^{-11}$	< $2 \times 10^{-12}$		$5 \times 10^{-11}$ (max)	なし	通常なし

\*1 20 MeV 平均電流 20 mA 運転時  
 \*2 10 MW 運転時 \*Ar 放出率 4.5 c/hr

#1 積雪量  $1.06 \text{ g/cm}^2$  (26 cm) のとき  
 #2 No. 1 モニタリング・ステーションでの観測値  
 #3 No. 2 モニタリング・ステーションでの観測値

### 5.3 汚染ならびに被曝の評価

大氣中に放出された煙の拡散については多くの理論式がある。当所では、わが国でもっとも広く使用されまた当地域で実験的にもたしかめられている英国気象局で開発された PASQUILL の方法によって放射性汚染分布ならびに被曝の評価をおこなっている。

PASQUILL の方法<sup>10)</sup>によると、点源より気体、塵埃が連続的に排出された場合の風下における地上の濃度  $x_c(d, y, z)$  ( $c/m^3$ ) は、次式で与えられる。

$$x_c(d, y, z) = \frac{4.65 \times 10^{-2} q}{\bar{U} \theta d h} \exp \left\{ - \left( \frac{H}{h} \right)^2 \ln 10 \right\} \\ \times \exp \left\{ - \left( \frac{y}{y_0} \right)^2 \ln 10 - \left( \frac{z}{h} \right)^2 \ln 10 \right\} \dots (5.1)$$

ただし

$\bar{U}$  : 平均風速 (m/sec)

$\theta$  : 考えている地点において風向と直角水平方向の広がりガウス分布をすとして、地上風下中心濃度の10%になる Y 軸上の点を  $y_0$  とした

時、 $y_0$  を発源点ではさむ角 (度)

$h$  : 同様に、上方にもガウス分布で広がるものとして、地上風下中心濃度の10%になる高さ (m)

$d$  : 発源点から考える地点までの距離 (m)

$q$  : 放射性気体、塵埃の排出率 (c/hr)

$H$  : 放出源の地上よりの高さ (m)

$\theta, h$  は大氣の安定度によって大巾に変わる。この方法では、大氣の安定度を A, B, C, D, E, F の6つに分け、安定度別に図式的に与えられている。

塵埃モニタが、その検出範囲になる濃度地点に1カ所以上存在し、その時の気象条件と放出高が分れば、塵埃モニタの測定値から (5.1) 式により汚染分布を知り、被曝を評価することができることになる。

Fig. 5. 12 は、放射性雲からの  $r$  線量率分布<sup>7)</sup> を示すもので、 $r$  線量率の測定からも同様に汚染分布、被曝を評価することができる。

ある期間の被曝については、その期間の放射性物質の放出状態と気象条件および数地点における大氣放射能濃度観測値から評価することができる<sup>11)</sup>。

## 6. 結 言

中央監視式野外放射線モニタリング・ステーション装置は、1956年度に計画し、1957年度より建設に着手幾多の困難を克服して1962年度をもって完成した。

この装置は原子力施設稼動前からのバックグラウンド放射線ならびに放射能を測定するとともに、日常の監視を主たる目的としたもので、わずかの異常や、環境に与えた影響を、放出口におけるモニタリングの次の段階で測定監視するものである。従って検出までに要する多少の時間遅れは許せるし、きわめて低い放射線レベルを検出する点からも測定に時間を要する。

この装置を使用して、当所敷地内外のバックグラウンド放射線、大気放射能を測定し、その水準と変動を明らかにした。また原子力施設の稼動に伴う影響についても明らかにした。ただし現在までのところ粒子性の放射性廃棄物の大気中への放出はないので、その観測結果はないが、観測値から野外の汚染分布を知り、被曝を評価することは可能である。

このような固定のモニタリング装置は、設備費がかかり、十分の数を設置することが通常困難であるが、無人で連続観測することができ、移動サーベイに比べ少ない人数で効果的観測をおこない、万一異常のあった時はその経過を連続して記録できるが、影響を受ける検出器の数は比較的少い。固定観測網の間をおぎなう移動サーベイや、試料を採取、測定することも欠くことができない。

一方、ある程度以上の事故にたいしては、直ちに汚染を検出、被曝評価をおこない、十分すみやかに必要な処置をほどこす必要があるので、現在中央監視式野外放射線モニタリング・ポスト（非常用モニタ）装置を建設している。これら装置は相互に補いあい、環境放射線モニタリングを完全ならしめる計画である。

中央監視式野外放射線モニタリング・ステーション装置の稼動率は、現在約93%でこの種類の装置としてはきわめて信頼性が高い、中央監視式野外放射線モニ

タリング・ポスト装置の稼動率は、さらに高いことが予期されている。

終りに本装置の建設のために終始ご指導と、ご激励を賜った前保健物理部長青木敏男氏、保健物理安全管理部長牧野直文氏、同次長坂岸昇吉氏に、初期の建設維持、運転に従事された古川友三、大内正房、大谷暁森内茂、長岡健太郎の諸氏ならびに本装置の製作にあたられた富士電機製造KK、富士通信機製造KK、神戸工業KKの方々に深く感謝する。

## 参 考 文 献

- 1) M.M. WEISS : Area survey manual BNL 344 (T 61) (1955)
- 2) 佐々木論, 石原豊秀 : JAERI 5003, p.196 (1961)
- 3) 佐々木論, 片桐浩, 角川正義 : JAERI 5006, p.126 (1963)
- 4) 石原豊秀, 佐々木論 : JAERI 5006, p.132 (1963)
- 5) 森内茂 : JAERI 5006, p.189 (1962)
- 6) 川野実 : 科学 27, 277 (1957)
- 7) 角川正義, 青木敏男 : 日本原子力学会誌 5, 110 (1962)
- 8) 角川正義, 大内正房 : JAERI 5006, p.156 (1962)
- 9) P. J. Meade : The estimation of the distribution of concentration down wind of a source of airborne material G 11437 (1958)
- 10) 原子力気象調査会 : 東海村の煙突から出る廃棄物の放散に関する調査 (1959)
- 11) JAERI-6011 (1962)
- 12) 角川, 片桐, 石原 : JAERI-5012, p.77 (1963)

## 付録 1 連続運転による故障発生状況とその対策

中央監視式野外放射線モニタリング・ステーション装置は、1956年度に計画、翌1957年度より建設に着手した。最初に建設したものは、観測値をその場所で16 mm シネフィルムによって撮映記録する方式のもので、第1, 4ステーションは1958年1月、第2, 3ステーションは同年9月から運転を開始した。1958年度に観測値を中央で監視できるようにテレメータ方式を採用した第5, 6, 7ステーションを建設、これらは1959年3月から運転に入った。1959年度に中央ステーションの移転\*、第8ステーションの建設、第1~4ステーションのテレメータ方式への切替えをおこない全装置は、1960年7月一応完成した。

逐次連続運転に入ったモニタリング・ステーション装置は故障が頻発した。故障発生のおそれその原因を除去するための対策をほどこしてきたが、一方では、連続観測を継続する要求があったため、長期間運転を停止することができなかつたことや、ステーションが当所から最大9 km までの距離に散在している上、建家は、無人観測所として最小の面積で設計されているため、対策を実施するのに多くの制約があった。しかし装置の運転を停止してその1部を根本的に改良しなければ、障害発生率を減少できないことが分かったので、1959年12月から翌年4月に第1回の、1962年4月から翌年3月に第2回の改良をおこなった。

モニタリング・ステーション装置の故障発生状況は第1回改良終了後の1960年8月より1961年3月までの期間で毎月30件\*\*程度、1961年4月より1962年3月までの期間で毎月60件\*\*\*程度であった。第2回改良終了した1963年4月以降は、1961年8月から実施した装置の定期点検による予防保全とあいまって故障発生状況は、毎月10件程度に激減した。

次に現在までにおこなった主な改良点についてのべる。

## 1. 第1回改良

1959年3月から連続運転に入った中央監視式モニタリング・ステーション装置は、中央ステーションの自

\* 当所研究1棟より研究3棟へ

\*\* 連続して60分以上不良であった場合について

\*\*\* 連続して30分以上不良であった場合について

動作表機、テレメータ装置の障害が頻発した。このため同年12月から翌年4月までの間に次の改良、整備をおこなった。

1) メモ機構の変更：エンドレステープ式の記録方式は、長時間の連続運転に不適当なことが分かったのでリレー式記憶方式とする。このため新たに約1000個のリレーを付加する。

2) リレーの取替：151型超小型リレーは、故障が多いので大型の70号リレーに変更する。

3) 誤配線の整側：1部にあった誤配線を手直しする。

4) ピンボードの取替：

第1回改良後も現地において多少の小改良がおこなわれた。

1) アラーム方式の改良(1960年10月)

2) トランジスタ計数装置の1部回路変更(1960年12月)

3) 無線機の1部回路変更(1961年)

4) ダストサンプラーの改修(1961年)

5) 作表機ゲート回路の1部変更(1961年11月)

6) テレメータの1部リレー取替(1961年11月)

## 2. 第2回改良

この装置の製作に着手してから数年間に、こうしたモニタ装置のエレクトロニクス技術は飛躍的に進歩したし、エレクトロニクス関係部品の品質も著しく向上した。このため、この装置の信頼性、点検整側の簡易性、その他に検討の余地がみいだされた。また全ステーション連続運転に入った1960年8月より、1962年3月までの障害解析により、改良を要する個所が明らかになった。1962年度、装置の1部を根本的に改良し、装置の統一、互換性をもたせた。

今回の改良、整備の主要な点は、次のごとくである。

自動作表機、テレメータ装置関係

リレーの1部に選択の誤りがあったことと、回路構成が複雑であったため故障を生じ易く、また一度故障が発生したときにその原因の究明が困難で、復旧に時間を要していた。

1) 120号リレーの交換：120号リレーは、接触不良

による事故が多くみられた。過去の使用実績が余りなかったため、その故障率は設計当初の予想をはるかに上廻った。ゲート機構の GATE-D, GATE-COMP 機構で使用している 120 号リレーは、70 号リレーに、メモの MEMO-INGATO で使用している 120 号リレーは、ワイヤー・スプリング・リレーに変更する。

2) 111 号リレーの交換：111 号リレーは、機械的に弱く、故障発生の都度取り替える必要があった。作表機メモ機構の MEMO-P, MEMO-M1, MEMO-M2, MEMO-D1, MEMO-D2, COMP-1, COMP-2, およびテレメータの SEND, CONT, SCAN に使用している 111 号リレーは、70 号リレーに変更する。

3) 56 号リレーの交換：テレメータの MEMO に使用している 56 号リレーを 70 号リレーに変更する。

4) 153 号リレーの交換：送量架への信号伝送に使用している 153 号リレーは、接点の焼損、接触不良が多く、寿命が短いので、70 号リレーに変更する。

本装置に使用している 70 号リレーの故障率は、120 号リレーに比べ著しく少なく、また交換機などで多数使用されており、現在ではもっとも信頼度が高いといわれている。ワイヤー・スプリング・リレーは、比較的新しいものであるが、生産の際品質管理が良くおこなえるため均質な製品が得られ寿命もながい。

5) リレー動作電圧の統一：プログラム機構の PRO1, PRO2, CONT-TAPE やコントロール機構の CONT-AV I, CONT-AV II, CONT-AV III に使用している 70 号リレーは、他のリレーと異なり DC 100 V を使用しているため、テスト中短絡、焼損、断線事故を起し易いので他にそろえ DC 60 V とする。

6) 割算回路の廃止：平均値計算のため割算をおこなうが、これは 2, 3, 4, 5, 6 に限られている。これだけのために割算回路をもたせることは無駄である。平均値計算は、0.500, 0.333, 0.250, 0.200, 0.167 の各乗算とし割算回路をなくす。

7) 制御方式の変更：乗算回路、割算回路の制御方式を、将棋倒し方式からクロックパルス方式に改め、局部的事故により全動作が停止することを防ぐ。

8) セレン整流器の配置変更：データ記憶回路に使用しているセレン整流器は、1 括して狭い場所に取付けられている上、無駄な端子が出ており、接触事故が多くまた修理が困難であった。各関連個所に分散するとともに無駄な端子のない型式を使用する。

9) タイプライターの補強：記録紙の重量により、キャリッジリターンの際の衝撃が大きくなり、ストッパー

を破損する。エアダンパーを付加して衝撃を少なくするとともにストッパーを補強する。

#### モニタ装置関係

1) ハロゲン GM 計数管の採用：空間分布線量率測定は、側壁型ハロゲン GM 計数管 Anton 106 を使用していた。大気塵埃  $\beta$  放射能測定は、従来は、有機ガス入り GM 計数管であったが、ハロゲン管 GM 9321 HL を試作、採用し、使用電圧を 700V に統一、低バックグラウンド(約 10 cpm)としかつ寿命をながくする。

2) 電流結合方式の採用：電流結合式計数装置を採用する。従って検出部のプリアンプは不要となり、構造が簡単となる。

3) 計数装置の防塵と温度上昇防止：トランジスタ一式計数装置は、密閉構造として防塵を完全にし、外筐の外側は強制空冷をおこない温度上昇を防ぐ。

4) 録数器の交換：録数器 TTDK は、スプリングの劣化、カムの摩耗、回転部分の不円滑性などのため  $5 \times 10^6$  回\* の使用に耐えない。輸入品 Sodeco を採用する。

5) 真空管の定期交換：真空管不良による故障も少ない、6 カ月毎に定期交換をする。

6) 回路変更：部品とくにトランジスタ不良の原因となっていた回路不良と、温度特性の悪い回路を変更する。

7) コロナ放電管の改良：高圧電源に用いるコロナ放電管 VR-1200, VR-700 は、絶縁材料のセラミック不良により異常放電を起すことがある。材質の改善をする。

8) 点検用端子の新設：保守点検を容易にするため +B (あるいは -9 V)、入力、アンプ出力、ディスクリ出力の各点検用端子をパネル前面に設ける。

9) 汎紙送り機構の改良：集塵用汎紙が使用中はずれたり、送り速度の切替が完全にできなかった。汎紙が使用中はずれないよう、ガイド板およびガイドロールをつける。送り速度 25 mm/hr と 75 mm/min の切替は、電磁クラッチによる方法をやめ、フリーホイールを使用し、モータを正逆回転させることにより、低高速切替をおこなうようにする。また駆動は皮ベルトをやめ、チェーン式とし中間にテンションプーリを入れ完全にする。送り機構の安全装置として、出力軸にシャーペンを使用する。

10) 集塵ポンプの給油方式変更：自然落下式給油で

\* 年間の最大使用頻度



油消費量が多かった。2段式プランジャーポンプを採用、定量給油とする。給油量は調節できる。

11) 汙紙送り機構と集塵ポンプ機構の分離：汙紙送り機構と、集塵ポンプ機構を分離、修理、運搬の便をはかる。

12) 集塵口位置の移動：集塵口が0~120°の範囲で回転する構造とし、集塵から計測までの時間を $\beta$ 放射能測定では2.5~6.5時間の範囲で容易に変えられるようにする。

13) その他塵埃サンプラーについては、検出器と汙

紙との距離が一定になるよう、検出器ストッパーを付け、また長尺汙紙1スプールがそのまま取り付けられるよう汙紙供給および巻取の各スプールの直径を260mm $\phi$ とするとともに着脱が容易になるよう変更する。

#### 建物関係

装置の故障原因の1つは、塵埃と室温の上昇であった。建物を密閉構造とし塵埃の侵入を防ぐ、建物の密閉に伴う室温の上昇防止のためにクーラを設置する。

## 付録 2 受信障害とアラーム設定

中央監視式野外放射線モニタリング・ステーション装置の各ステーションで観測されたデータは、有線（第1モニタリング・ステーション）あるいは無線（第2~8モニタリング・ステーション）装置によって中央監視室に伝送される。有線伝送では電力線からの静電誘導や電磁誘導などによって、無線伝送では電波雑音などによって妨害され、時にデータを中央監視室で正しく記録することができず、欠測となることがある。こうした欠測の発生は、ある程度まではやむを得ないことであるが、同一周波数を使用している他の無線局からの電波が電離層のSporadic E層（E<sub>s</sub>層）で反射し、異常伝播することにより混信を起し、多くの欠測を生じることがあった。

これら伝送路に生ずる種々の障害は、欠測の原因となるのみならず、異常なデータを記録し、またアラーム設定上問題となる。

### 1. 受信障害による欠測

伝送路の種々の妨害にもとづく受信障害によると考えられる欠測の発生状況を Fig. 1, Fig. 2 および TABLE 1 に示す。

図は1961年4月から1962年3月までの1年間（5月を除く）の各月の1日、10日、20日について、1日間に発生した欠測回数と1日間の全測定回数に対する欠測割合を示した。調査を予定した日が、停電や保守点検などで完全なデータの得られていない時は、その前後の日についておこなった。受信障害によると考えられる欠測割合は、有線の場合平均1.3%、無線の場合平均4.1%であり、有線伝送は、無線伝送に比べ受信障害による欠測がきわめて少ない。

### 2. Sporadic E 層による電波の異常伝播と混信

60 Mc 帯前後の比較的低い超短波領域の電波は、E<sub>s</sub>層の反射によって、時に思いもよらぬ遠距離まで異常伝播する。E<sub>s</sub>層は、電離層中 E 層附近に突発的に現われる電子密度の高い、不規則な反射領域である。この層を突き抜けることができず反射されて戻

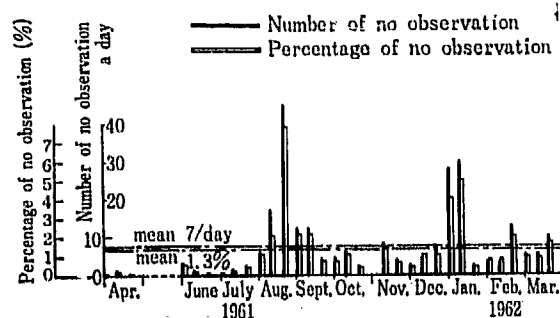


Fig. 1 No observation due to receiving interference at No. 1 monitoring station

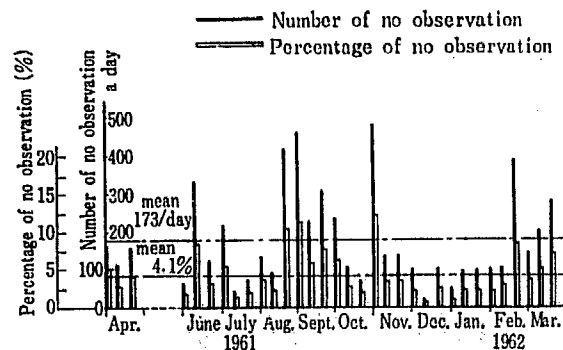


Fig. 2 No observation due to receiving interference at No. 2~8 monitoring station

TABLE 1 No observation due to receiving interference

Transmission	Monitoring station No.	Number of no observation a day			Percentage of no observation		
		Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean
Wire	1	45	0	7	7.8	0	1.3
Wireless	2 ~ 8	483	16	173	11.9	0.3	4.1

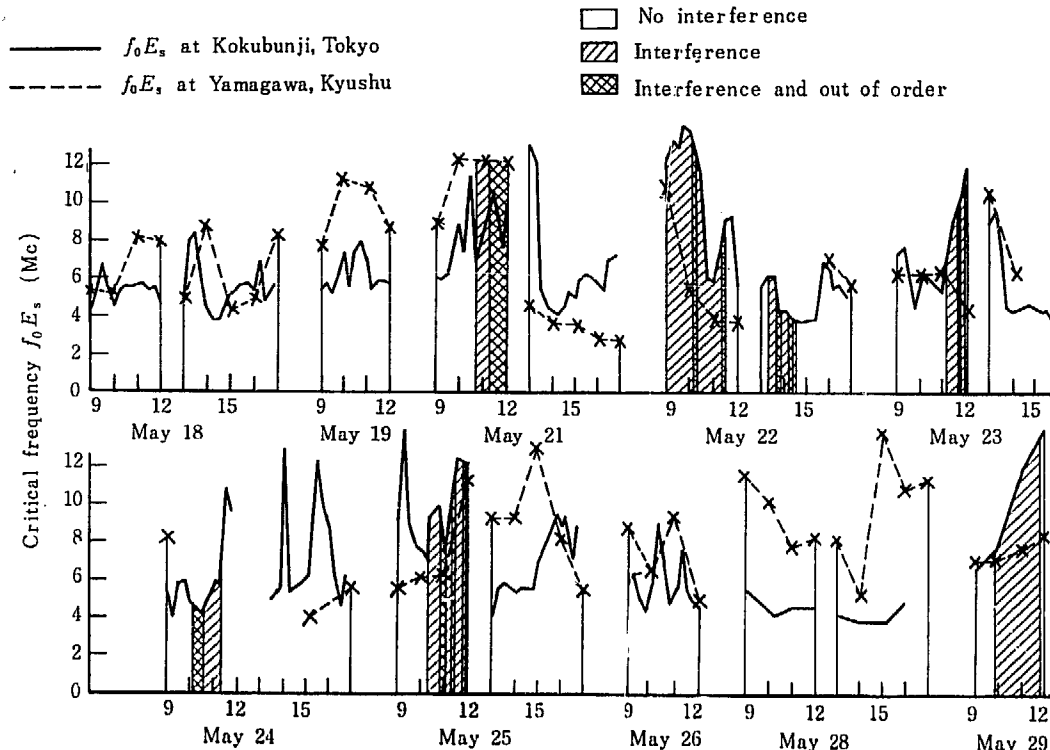


Fig. 3 Critical frequency of the sporadic E layer and the interference with a wave of Matsushima radio station located at Kyushu

てくる最高周波数  $f$  は、次式であたえられる。

$$f = fN / \cos \theta$$

ただし

$\theta$  ……電離層への入射角

$fN$  ……垂直に打上げられた電波が反射し  
うる最高周波数

モニタリング・ステーションにおける無線伝送は、59.81 Mc の超短波を使用している。本装置の特殊性から、混信による妨害が生じないよう、特別の考慮のもとに周波数割当がなされ、同一周波数を使用している無線局は、北海道、九州、東京の各1事業所があるにすぎない。

しかし松島炭鉱(株)の所有する、九州佐世保、大島、池島に所在する同一周波数の無線局\*(送信出力 25

\* 社内電話として使用しているので使用頻度はきわめて高い

W)からの送信電波が E<sub>s</sub>層によって異常伝播して混信を生じた。特に夏季5月より8月に著しく混信し、その多い日は、昼間の測定値の約20%が欠測となったこともあった。混信の特に多かった1962年5月、6月の15日間、9時から17時までの間について調査した結果では、混信の認められたのは、全調査時間の9.4%であり、混信にもとづく欠測は、全測定回数2.1%であった。E<sub>s</sub>層は、極地方以外では夏季、昼間にもっとも頻繁に現われるほかは出現頻度も反射最高周波数も夏季、昼間に現われるものに比べるかに低い。従って、夏季以外や夜間の E<sub>s</sub>層による異常伝播はまじくないと考えられる。年間を通じた、このための欠測はきわめて少く、約0.2%であった。

今 E<sub>s</sub>層の高さを 100 km、距離を 1000 km (佐世保、東京間)、 $f = 60$  Mc とすると  $fN$  は約 11Mc となる。従って E<sub>s</sub>層の臨界周波数  $f_0E_s$  が 11Mc 以上

の時は、異常伝播の可能性が生ずる。Fig. 3 に東京国分寺と九州山川で観測された臨界周波数の時間変化\*とモニタリング・ステーションの無線装置の混信状況を示す。臨界周波数観測地点が適当でないが、臨界周波数が高いとき混信することが多い。

太陽の黒点活動の盛んであった1958年における東京国分寺で観測された E<sub>s</sub> 層の臨界周波数の月別、時刻別の出限頻度調査\*によると、臨界周波数が 10 Mc 以上になったのは 5 月より 8 月までの 5 ヶ月間で、その占める時間的割合は、約 10% であった。年間を通じた割合は約 4% となる。臨界周波数が 10 Mc 以上のとき、混信を起す可能性があるとしても、実際に混信を生ずるのはその何分の 1 かであり、また混信によって時に欠測となるにすぎない。

### 3. アラーム設定

モニタリング・ステーション装置は、中央にある自動作表機内のプログラム機構によって、計数の蓄積開始、蓄積停止および蓄積したデータの伝送、リセットなどをおこなっている。計数を蓄積する時間は、正常であれば 6 分間であるが、伝送路の受信障害によって 6 分間以上の計数が蓄積されることがある。受信障害が連続して起る頻度を 1962 年 6 月、7 月に調査した。この調査では、2 回連続した頻度は 0.1%、3 回連続した頻度は 0.02%、4 回以上連続したことは無かった。

受信障害が連続して起ると測定値が蓄積され、見かけ上高い値を測定したことになる。従って、受信障害が連続して起る頻度から考え、アラーム設定はあまり低くできない。平常時の観測値の 5 倍以上にする必要があると考えられる。

\* 郵政省電波研究所の資料による。

## 付録 3 予 防 保 全

装置が壊れたら直すという事後保全のやり方は、休止時間がながくなり、モニタリング装置としては安全管理上望ましくない。装置を常時点検整備し、故障を未然に防止し、装置の稼働の能率化と、命数の維持をはかり、装置をつねに最良の状態に保ち、誤動作をなくし、測定精度をあげ、誤警報を無くすため予防保全業務を 1960 年 8 月より開始した。

装置は、ある期間使用すると必ず故障するものではなく、使用条件、環境により故障の発生率は、著しく異なる。事故を未然に防止しようと点検の頻度を多くすることは、維持費の増大をまねくし、点検実施前に故障を生じたのでは意味がない。

このためまず、第 1 年度は点検整備をおこなう時点で装置の動作状況、部品の劣化状況を調査することに重点をおき、適切な点検整備の方法と実施の頻度を決めた。必要な試験用機器、予備品の整備をおこない、第 2 年度より予防保全の体勢を整えた。

点検整備の内容については、すでに報告\* した。点検方法についての基本的考え方を次に示す。

1) 電圧変動試験：電源電圧や、B 電圧などが、ある範囲内であれば装置は正常に動作する。しかし装置の 1 部が劣化するとこの範囲内の電圧変動でも装置は正常な動作をしなくなる。電源電圧や、B 電圧を定格値の  $\pm 10\%$  変化させて、装置の動作状況を調べるこ

により、トランジスター、抵抗、コンデンサー、録数器などの不良を早期に発見できる。

2) 機械的試験：人為的な衝撃、振動、引っぱりなどにより、ハンダ付不良、接触不良を発見する。

3) 温度試験：装置の周囲温度を  $-25 \sim +55^{\circ}\text{C}$  の範囲変化させて動作状況を調べることにより、温度依存性は勿論、多くの不良を発見することができる。ただしこの試験は、日常作業としておこなうことは困難である。

4) 動作状況試験：出力パルス波形、GM 計数管プラトー特性、デスクリ電圧と計数值特性、定電圧放電管電流特性、集塵器流量と圧力降下特性などから計数装置、GM 計数管、増幅器、高圧回路、集塵ポンプなどの劣化状況を知ることができる。

5) 部品試験：特に問題となる部品、たとえば録数器、リレー、真空管などについて各部品固有の試験をおこない不良品を発見する。劣化する部品は、適当な期間を選び定期交換する。

この装置は、複雑な構成をしており、使用している部品の数もきわめて多い。連続使用しているため動作時間もながく、動作回数も多い。上述の考え方にもとづいた予防保全を実施し、劣化した部品を交換したり再生することにより、故障の種類によっては、その発生率がほとんど皆無に近くなったものもあり、全体の稼働率は著しく向上した。

\* 放射線管理マニュアル、野外管理 JAERI-meme1783(1964)