

JAERI 1119

放射線モニタリング

JAERI 1119

放射線モニタリング・ポストの建設と運転

1966 年 11 月

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

JAERI 1119 放射線モニタリング・ポストの建設と運転

正誤表

ページ	行 な ど	誤	正	ページ	行 な ど	誤	正
4	左, 上から	同軸ケーブ ル	同軸ケーブ ル	18	右, 下から	500 V~200 V 可 変	0 V~2000 V 可 変
4	左, 下から	同軸ケーブ ル	同軸ケーブ ル	23	Fig. 4.3 (c)	Input transfor mer couple	Input transfor mer couple
4	左, 下から	同軸ケーブ ル	同軸ケーブ ル			Trans. core	oxide core TDK 3X22
6	左, 下から	る, 受信した混 合信号	る, 受信した混 合信号			$L_1=L_2=100 \text{ t}$	turns 100 : 100
6	右, 上から	は $f_1(t)$ $= \int_{-\infty}^{\infty} F_1(j\omega) d^{m_1} d\omega$	は $f_1(t)$ $= \int_{-\infty}^{\infty} F_1(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$			$Z_0=75 \Omega$	characteristic impedance
7	右, 上から	(CPS)	(cps)			for pulse width 20 μ sec	for pulse width 20 μ sec
8	左, 上から	(2-2) 式を k 倍	(2-2) 式を k 倍	23	Fig. 4.3 (d)	2.2 msec/div 0.1 V/div	2 msec/div 0.1 V/div
9	左, 上から	同軸ケーブ ル	同軸ケーブ ル			0.2 msec/div 0.1 V/div	0.2 msec/div 0.1 V/div
10	Fig. 3.2	ⓐ Pre-amp	ⓐ Pre-amp.			5 μ sec/div 0.1 V/div	0.2 msec/div 0.1 V/div
12	Fig. 3.6	pre-amp	pre-amp.			Background at 700 V	5 μ sec/div 0.1 V/div
17	Fig. 3.20	POSI TRIG NEGA TRIG	POSI TRIG. NEGA TRIG.	29	TABLE 6.1	Background at 700 V 35 c/s	Background at 700 V 35 c/m

放射線モニタリング・ポストの建設と運転

要 旨

本論文において、非常用モニタリング・ポスト装置の原理・構成・特性および観測結果と考察を詳述した。本装置は既に日本原子力研究所において環境放射線管理のルーチン業務として運転に入っている。モニタリング・ポストは構内9カ所、構外7カ所にそれぞれ配置されている。検出器としてGM計数管が用いられ、その信号は、同軸ケーブル(1~3km)で中央監視室に伝送される。中央監視室にはレート・メータ、記録計、可視・可聴のアラーム装置などが設置されている。構外用モニタリング・ポスト装置ではあらたに簡易多重伝送方式を開発したので、ケーブル誘導雑音などに起因する障害は発生していない。一年間の運転実績における本装置の稼働率は99%以上であり、信頼性は極めて高い。

1966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, 城 谷 孝,
須 賀 新 一, 立 田 初 己

Construction and Operation of Radiological Monitoring Post

Summary

This report describes the principle, design, characteristics and the observation results of the "Monitoring Post" employed as the emergency field monitoring network system. This system is already in routine operation at the Tokai Research Establishment of the Japan Atomic Energy Research Institute.

The Monitoring Post is installed at nine monitoring points within and at seven points outside of JAERI. A GM-counter is used as the detector, and these signals are transmitted through a coaxial cable (1~3km) to the central monitoring station equipped with rate-meters, recorders and audio-visual alarm system.

For the system of monitoring posts, a simple multi-signal transmission technique was newly developed; there have so far occurred no troubles due to noises induced on the cable. The effective operation, attained in a given period, of the system is over 99 per cent and its reliability is very high.

July 1966

TOYOHIDE ISHIHARA, TAKASHI SHIROTANI,
SHINICHI SUGA, HATSUMI TATSUTA

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

目 次

1. 序 言	1	3.3.1 高周波同軸ケーブル	19
1.1 目的	1	3.3.2 CVV ケーブル	20
1.2 建設経過	1	3.3.3 ケーブルの布設	20
1.3 配 置	3	4. 信号と雑音	22
2. 原 理	4	4.1 電力線誘導雑音	22
2.1 信号伝送と電流結合方式	4	4.2 衝撃性雑音	23
2.2 多重信号伝送方式	6	5. 中央監視室	25
3. モニタリング・ポスト装置の構成と特性	9	6. 観測結果および考察	28
3.1 構内モニタリング・ポスト装置	9	6.1 校 正	28
3.1.1 検出部	9	6.2 観測結果	28
3.1.2 伝送部	12	6.2.1 バックグラウンド指示	28
3.1.3 受信部	12	6.2.2 平常時観測	30
3.2 構外モニタリングポスト装置	13	6.2.3 観測記録にあらわれた雑音の影響	33
3.2.1 検出部	14	6.2.4 アラーム設定値	37
3.2.2 伝送部	14	7. 結 言	38
3.2.3 中継部	14	参考文献	38
3.2.4 受信部	14	付録 警報・記録装置接続図	39
3.3 信号伝送線路とその布設	19		

Contents

1. Introduction	1	line and its construction	19
1.1 Objectives	1	4. Signal and noise	22
1.2 Course of construction	1	4.1 Induced noises from power line	22
1.3 Arrangement	3	4.2 Impulse noises	23
2. Theory	4	5. Central station	25
2.1 Signal transmission and current mode type	4	6. Results and discussion	28
2.2 Multi-signal transmission	6	6.1 Calibration	28
3. Monitoring post, components and characteristics	12	6.2 Results	28
3.1 On-site monitoring post	12	7. Conclusions	38
3.2 Off-site monitoring post	13	References	38
3.3 Signal transmission		Appendix : Connection diagram of alarm and recorder circuits	39

1. 序 言

1.1 目 的

原子力施設では、施設周辺野外の安全を確保するため第1に事故発生の防止を、第2に万一事故が発生してもその影響が外部におよばない処置を、第3に公衆から施設の隔離をするなど万全を期している。大型原子力施設では、居住区域と施設との間にある程度の距離を保つことが現在の各国における基準と考えられ、わが国でも原子力委員会が昭和39年5月に公表した原子炉立地指針でこれを明らかにしている。

原子力施設の距離的条件は、通常事故時に周辺住民に与える被曝から決ってくる。面積狭小なわが国で、大型原子力施設を建設するとき、その適地は具体的にはまだ究明されていないが用地問題がきわめて重要であることはすでに論ぜられ、経験したことである。大型原子力施設の立地の可能性をひろげる1手段である放射線監視機構の確立は、緊急を要する問題と考える。

原子炉事故時に放出される核分裂生成物による被曝は、その施設からある程度以上の距離では、 ^{131}I による甲状腺の内部被曝が最大の要素となることが過去の原子炉事故¹⁾²⁾や、種々の仮定にもとづいた原子炉災害解析³⁾ ⁴⁾によっても推定することができる。この内部被曝は、 ^{131}I を事故の起った直後に吸入することにもとづくものが大部分を占める。すなわち事故時には、最初の緊急処置、たとえば立退き、立入禁止などを、十分すみやかに決定し行動することが要求され、もしこの処置が遅れるときは、次にとられるであろう地表面汚染にもとづく被曝の防護措置、飲食の制限問題などをいかに完全にしても放射線防護の大半の意味を失うことになる。

このためには、放射線モニタリング装置があらかじめ設置されていなければならない⁵⁾。これなくしては、事故発生後十分すみやかに汚染規模、内容を推定し、適切な処置をとることは不可能に近い。事故後緊急サーベイを開始、そのデータにもとづき最初の緊急処置を決めたなら、その時はすでにかかなりの被曝を与えた後である。

事故のときの施設周辺野外の汚染や、それによる被曝は、放出された核種とその量、放出高およびそのときの気象条件によって決定されると考えられる。従って、もし適切なモニタリング装置があって放射性物質の放出条件と気象条件が測定できれば野外の汚染分布を知り、被曝を評価することができる。しかし放出条件を放出点で測定することが困難なことが、特に事故時において起

うる。このような場合、野外における放射線観測値と、修正された大気拡散式⁶⁾ およびその時の気象条件から放出量を推定、汚染分布、被曝を評価することが重要となる。

この問題を完全に解決するためには、多くの未知の要素がある。たとえば放出源の様相、大気の拡散、沈着時に静穏時、下層逆転層のあるとき、放射性雲からの照射線量、測定法等。しかし結局はまず γ 線量率を測定することに帰着する。

本報では、当所が施設周辺野外に緊急対策の一環として計画、建設した非常用モニタ装置、中央監視式野外放射線モニタリング・ポスト装置の中央監視方式、装置の構成、性能およびこの装置を使用した野外放射線の観測結果と考察について述べる。

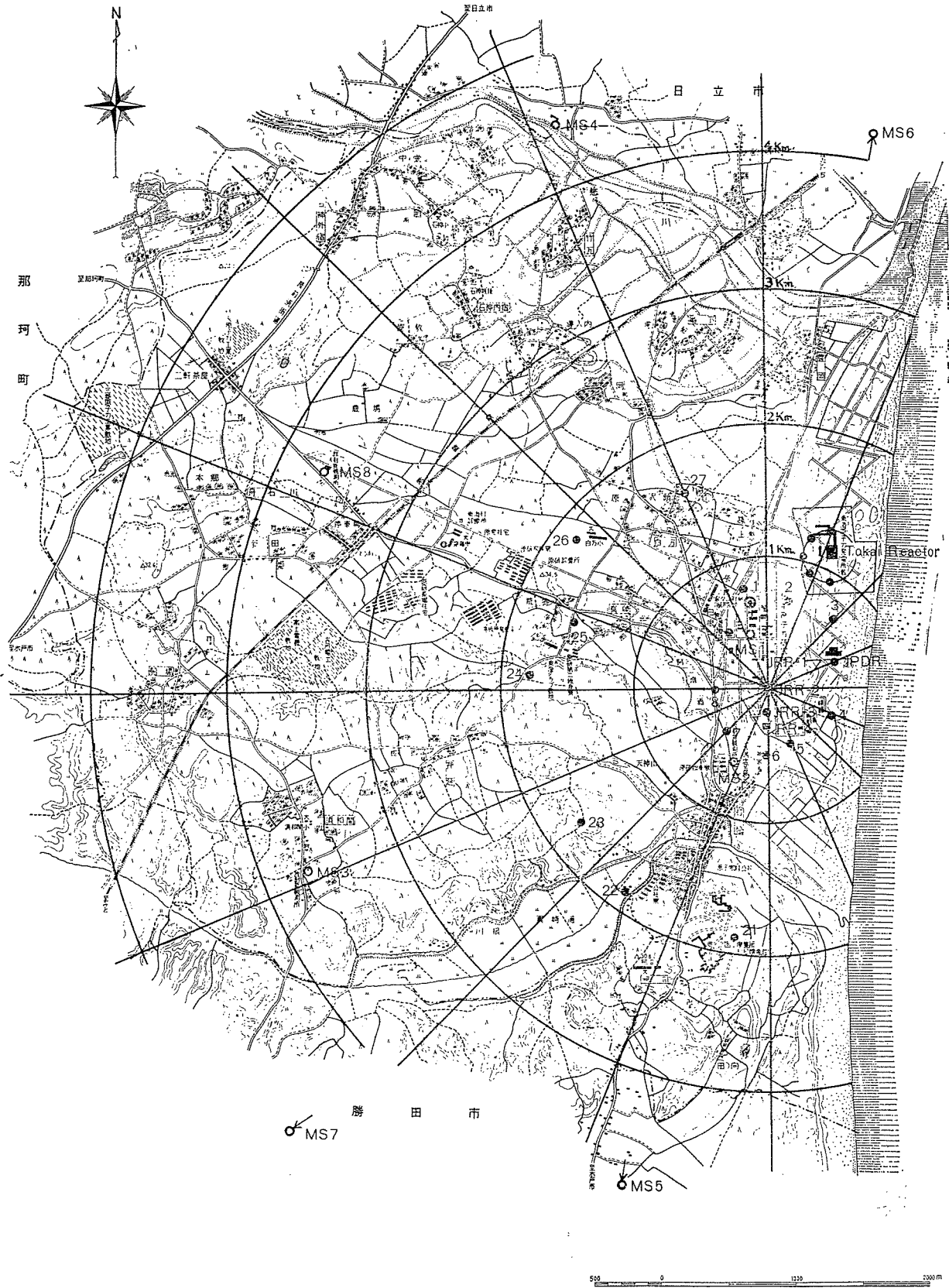
すでに建設、10年近く連続運転をおこなってきた中央監視式モニタリング・ステーション装置⁷⁾は、バックグラウンド放射線、放射能の測定と平常運転時における放射線監視を主にしたものである。モニタリング・ポスト装置の完成、大洗地区における大型原子力施設の建設などに伴い総合的、効果的な監視体制について更に検討が進められていることを付言する。

1.2 建設経過

本装置は、1961年度に計画、1962年度より試作・建設に着手、1966年度をもって一応完成されるものである。1961年度は、原子炉事故に伴う汚染気体の拡散による被曝解析⁴⁾をおこない、原子力施設周辺の放射線障害防止のためのモニタリング・システム⁵⁾と、このモニタリング・システムを建設するための方式について検討した。

原子力施設の放射線異常をすみやかに発見、適切な処置を講ずるためには、放射線観測は連続的におこなわれ、その結果は刻々中央に集められる必要がある。放射線観測データの中央監視方式について、すでにいくつかの例⁸⁾⁹⁾が報告されているが、当所の目的には必ずしもそわなかった。種々検討の結果、検出器としてはGM計数管を使用、検出器からの出力信号を同軸ケーブルにより有線伝送する方式と、電流結合方式の組み合わせが最適であると判断された。

1962年度に、GM計数管からの出力信号を同軸ケーブルにより、ケーブル長が1km以下では直接、1~2kmでは前置増巾器を使用して伝送することに成功した。直ちに構外分9ヵ所(ケーブル長170m~1,540m)の建



● Monitoring post ○ Monitoring station ⊙ Central station

Fig. 1.1 Map of Monitoring posts

TABLE 1.1 Location of the Monitoring posts

Monitoring Post	Distance(m) from the JRR-2 reactor	Directional angle clockwise from north
No. 1	740	341°
No. 2	620	15°
No. 3	640	47°
No. 4	530	112°
No. 5	550	156°
No. 6	590	180°
No. 7	430	227°
No. 8	320	270°
No. 9	480	319°
No. 21	1960	188°
No. 22	1700	211°
No. 23	1680	234°
No. 24	1870	271°
No. 25	1590	288°
No. 26	1800	307°
No. 27	1580	337°

設に入った。1963年度には、構外分として更に遠距離に使用するため多くの検出器からの出力信号をそれぞれ検出器固有の波形に成形後、1本の同軸ケーブルによって混合伝送し、同軸ケーブルを効果的に利用する多重伝送に成功した。

1964年度より構外分7ヵ所（ケーブル長1,910m～4,005m）の建設に入った。構外分の建設には、用地の確保、電力、電話用電柱との共架交渉などに多大の時間を要した。

この装置の試作・建設は、放射線管理室野外管理班で開始、保健物理業務課に引き継がれ、後更に線量計測課へ移管された。なお本装置建設のため要した費用は、試作、検査装置も含め約4,500万円である。

1.3 配置

放射線モニタリング・ポスト装置の検出器の配置と中央視監室の位置を Fig. 1.1 および TABLE 1.1 に示す。

2. 原 理

放射線検出器からの信号は、なんらかの方法で中央監視室まで伝送されなければならない。野外モニタリング・システムにおいて、テレメタリング・システムの立場から十分考慮しなければならないのは、次の諸点である。すなわち、(a)応答速度が早いこと。これは伝送される指示値が測定しようとする量に迅速に応答すること、測定量の変化に遅れなく追従することである。(b)伝送距離に影響されないこと。伝送路による減衰が誤差を与えないこと。(c)伝送路の状態により影響を受けないこと。伝送路の状態で伝送量に誤差を生ずることは系全体の信頼度を低下させることになる。(d)測定量の混合、多重化伝送が容易であること。(e)安定度が十分高いこと。(f)装置が簡単、小型軽量で故障が少ないこと。(g)他の系に障害を与えないことなどである。

昼夜連続動作をおこなう非常用モニタリング・システムでは上の諸条件はすべて満すことが望ましい。筆者らは各種伝送方式について詳細に検討した結果では、モニタリング・ポスト装置では信号は同軸ケーブルによる有線伝送方式と電流結合方式の組合せが最適であると判断した。

同軸ケーブルはその遮蔽構造を十分考慮したものは高周波の遮蔽作用はきわめて良く、低損失、広帯域、高耐圧などの秀れた特性とともに伝送線路としての安定度信頼度が高く、中距離の信号伝送線路としては最適である。特に近年の同軸ケーブルの改善は著しく、国際電信電話諮問委員会、CCITT (Comité Consultatif International des Télégraphique et Téléphonique) が検討を重ね、長距離広帯域伝送用として推奨した 1.2/4.4 細心同軸ケーブルはこの目的の伝送線路として注目してよい。

電流結合方式は最近各種の放射線測定用電子機器に採用され¹⁰⁾¹³⁾、装置の安定化、簡易化に役立っている。野外のモニタリング・システムにおいても例外でなく、電流結合方式の装置の試作開発がおこなわれ、十分な実用性が確かめられた¹⁴⁾¹⁸⁾。構内用および構外用のモニタリング・ポスト装置はすべてこの方式によった。以下に信号伝送と電流結合方式、装置の構成と特性、伝送線路とその布設などについて詳述する。

2.1 信号伝送と電流結合方式

放射線検出器は本質的に高出力インピーダンスの電流パルス発生器と考へられるので、低入力インピーダンス

電流増巾器と結合するのが理想的である (Fig. 2.1)。

このような電流増巾器に接続された検出器 (本報では GM 計数管を考へるが、他の検出器でも同様な考へでよい) 自体のレスポンスは、検出器の静電容量 C_0 (1~3

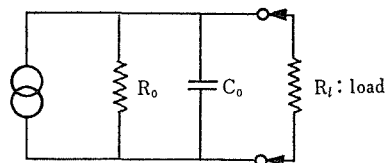


Fig. 2.1 Equivalent circuit of radiation detector (GM-tube) and current amplifier

pF) と増巾器の入力インピーダンス (またはケーブルの特性インピーダンス) との積で与えられ、きわめて早い。検出器の全出力電荷 Q は、出力電流を $I(t)$ としたとき

$$Q = \int_0^{\delta} I(t) dt$$

で与えられる。 δ は計数管内の電離現象での電荷の Collection time で決まり、きわめて小さい。各種計数管について δ 値を比較してみると TABLE 2.1 に示すような値となる。

TABLE 2.1 Typical output charge of various detectors

Detector	δ -value (μ sec)	Output charge (coulomb)	Required gain
Proportional counter (Methane)	0.80	10^{-14}	5×10^3
Proportional counter (BF_3)	0.50	10^{-13}	5×10^2
Scintillation (Plastic)	0.35	5×10^{-14}	10^3
Scintillation (NaI)	0.40	10^{-12}	5×10
Organic GM (Small size)	1 ~ 3	10^{-12}	5×10
Organic GM (Large size)	1 ~ 3	5×10^{-11}	1
Halogen GM	1 ~ 3	10^{-9}	< 1

検出器の出力電圧 $V(t)$ は

$$V(t) = \frac{Q}{C} e^{-\frac{t-\delta}{RC}} \quad t \geq \delta$$

となる。 R は負荷抵抗と回路の入力インピーダンスとの合成値、静電容量 C は検出器の静電容量 C_0 と入力容量との合成値である。電圧パルスの立上り時間は電流パルス巾できまり、立下り時間は回路の時定数できま

る。両者の相違を Fig. 2.2 に示す。

電流パルス伝送では検出器を電流パルス発生器と考へて、低インピーダンスのケーブルを直結することは可能であるが、電圧パルスではインピーダンス変換器としての前置増巾器が必要である (Fig. 2.3)。以下この直結方式について述べる。

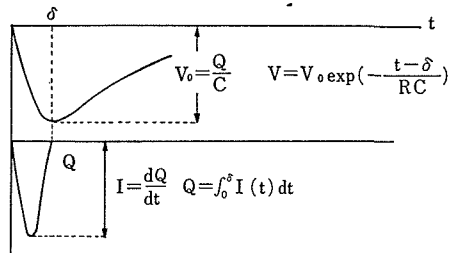


Fig. 2.2 Voltage and current mode

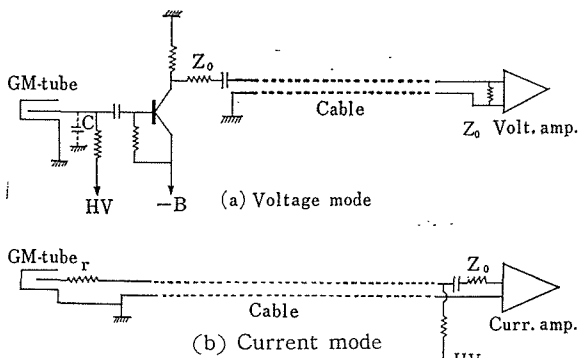


Fig. 2.3 Transmission system of voltage and current mode

検出器とケーブルを直結し、低インピーダンス負荷で受ける時、ケーブルの静電容量 C_1 が検出器の静電容量 C_0 と並列に入るが、 $C_1 \approx 50\text{nF/km}$ であり、検出器側の静電容量 C_0 を含めたレスポンスは電流パルス巾の程度となり、ケーブルの容量 C_1 の影響は無視でき、波形歪は生じない。しかし実際には計数管と直列に安定抵抗 r を挿入するため、パルス出力は減少し、電圧パルスは積分され波形歪を生ずる。これを避けるため、 r を十分高抵抗とし、 r に並列に微小容量 C_2 を挿入する。 r と C_2 の値は計数管によって異なるが、ハロゲンGM計数管では $r \approx 5\text{M}\Omega$ 、 $C_2 \leq 5\text{pF}$ 程度がよい (Fig. 2.4)。

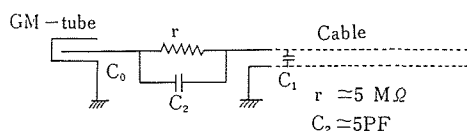


Fig. 2.4 Actual circuit in the current mode

電流増巾器の入力感度を $25\mu\text{A}$ とするとき、実用入力電流を最低 $50\mu\text{A}$ とすれば、電流パルス巾 $2\mu\text{sec}$ で

入力電荷は約 $150\mu\text{C}$ となる (Fig. 2.5)。ハロゲン計数管の出力電荷は約 $10^3\mu\text{C}$ (TABLE 2.1 参照) であるから、ケーブルの減衰量を 10db/km/1MC としても、前置増巾器なしで 2.6km の伝送が可能である。実際には計数管のパラつき、誘導雑音による S/N などが問題となるので $1\sim 1.5\text{km}$ の伝送が限度となる。

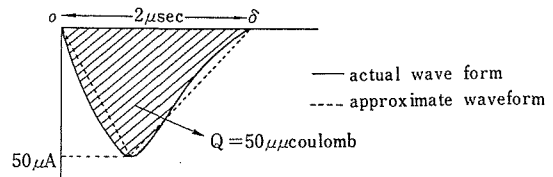


Fig. 2.5 Current and charge required in rate-meter

このように電流結合方式ではケーブルの静電容量による波形歪もなく、前置増巾器なしで、計数管とケーブルの直結のみで 1km 以上の信号伝送が可能である。更にトランジスタ電流増巾器と結合し多くの特長を持つようになる。

トランジスタは本質的に低インピーダンス電流増巾素子であり、この目的のために十分負饋選をかけた安定な低入力インピーダンス電流増巾器の設計は容易である。増巾器の入力インピーダンスを同軸ケーブルの特性インピーダンスに等しく設計することによって、入力容量 (ケーブル静電容量 C_1 も加えて) との時常数はきわめて小さくなる。従って入力電荷 (電流パルス) はそのままの形で吸収され増巾され、パルス波形は歪を生じない。電流増巾器では総体的に回路のインピーダンスは低く、トランジスタ容量、浮遊容量の影響を無視でき、バックイングなどもなく波形歪は生じない。特別の目的を除いては微分などの波形整形回路を必要とせず、高速計数が可能である。また回路のインピーダンスが低いから、静電誘導による雑音その他の障害は少なく安定な動作が期待できる。更に電圧増巾器にみられる、インピーダンス整合による損失が全くなく、入力電荷はすべて吸収されるので増巾段数は少なくすむし、直結合回路に電流制限器を用いることにより、過大入力に対してもブロッキング現象を生ぜず、良好なオーバロード特性をもった回路の設計が可能である。また温度による影響を無視できるのも大きな利点である。すなわち検出器の出力インピーダンス ($\approx 10^5\Omega$) と回路入力インピーダンス ($\approx 50\Omega$) の比は 10^{-4} 程度であり、温度によるトランジスタ回路の入力インピーダンスの変動は無視され、入力電荷は一定となる。また前置増巾器を必要としないため、その回路の温度依存性もなく、高温・多湿などの条件の悪い所でも使用可能である。また検出器の並列接続などの特殊な使用も容易にできる。

* 参考までに、他の検出器の出力電荷、必要増幅度も TABLE 2.1 に示してある。

野外での遠隔放射線測定には種々の点でこの電流結合方式は便利である。

2.2 多重信号伝送方式

モニタリング・ポスト装置の信号伝送は電流結合同軸ケーブル伝送方式とすることはすでに述べた。当所構内に設置したモニタリング・ポスト装置は前述の原理に従って、検出器の出力信号を直接同軸ケーブルで伝送する方式としたが、特に S/N が問題となる設置点では前置増巾器を使用した (Fig. 2.6)。

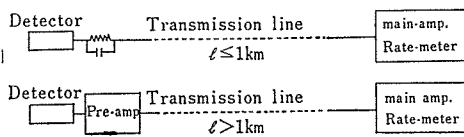


Fig. 2.6 On-site monitoring post

構外に検出器が設置される場合は、伝送線路は長く、線路の布設は私有地を通るため種々の点から困難が多い。その上に1信号当り1線路では経済的にも、線路保守の点からも無駄が多いと考へられる。また線路誘導雑音についても十分に考慮しなければならない。このような種々の問題点を緩和し、雑音障害を除くためにも新しい伝送方式の開発に迫られた。筆者らはこのため、単一の伝送線路で多種の信号を同時に伝送し得る簡易多重化伝送方式の開発をおこなった。以下はこの信号多重化伝送方式について詳述する。

単一伝送線路での n 重信号伝送の原理は n 個の検出器を並列に接続し、 n 種の random な信号を直接混合しその混合パルスを直接伝送する混合多重化方式である。受信した混合信号は信号分離回路により、各検出器ごとに n 個のチャンネル出力として取出し (Fig. 2.7)、指

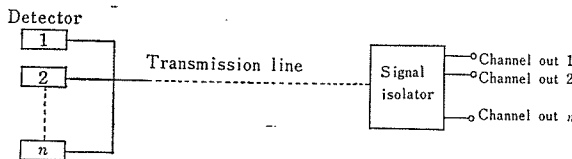


Fig. 2.7 Off-site monitoring post (simplified multi-signal transmission method)

示計を働かせる。各検出器からのパルスは分離可能にするため、それぞれ固有化し特徴づけなければならない。固有化の方式として、(a)パルス波高差、(b)パルス巾の差、(c)パルス極性の違いを利用した3方式がある。それぞれに特徴があるが、多重度を上げ易い点、安定度の高い点、誘導雑音障害を受け難い点などから、パルス巾選別方式が秀れている。多重度を上げるために極性の違い

と併用すれば簡単である。以下にこの方式の問題点を述べる。

(1) パルス巾選別方式では、信号パルスは広義の波形伝送となり、長距離伝送では伝送線路の周波数特性に起因する波形歪が問題となる。

一般に減衰量 α 、位相量 β の伝送線路の送端に波形

$$f_1(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

を加えるとき、線路長 l の受端での波形は

$$f_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(j\omega) e^{j\omega t} e^{-(\alpha + j\beta)l} d\omega$$

となる。 α, β が周波数の函数であるため、 $f_2(t)$ のスペクトル函数に歪を生ずる。しかし α が一定で、 β がどの周波数にでも比例していれば、 $\beta l = \omega \tau$ とおくことにより、

$$f_2(t) = e^{-\alpha l} \int_{-\infty}^{\infty} F_1(j\omega) e^{j\omega(t-\tau)} d\omega = e^{-\alpha l} f_1(t-\tau)$$

となり、波形は減衰のみで歪まず時間 τ の後に受端にあらわれることになる。

従って信号パルスの波形を忠実に伝送するためには、信号パルスの占有帯域の大部分が伝送線路の有効通過帯域*になければならない。矩形波の伝送の場合には、信号パルスの最小パルス巾を τ_{\min} とするとき、

$$f \tau_{\min} \geq 5$$

を満足する周波数 f 以上で、減衰量が小さく、周波数に対して平坦な特性を持つことと同時に $\left(\frac{\partial \beta}{\partial t}\right)$ が平坦な特性であるような伝送線路であることが必要である。換言すれば、矩形パルスの立上りはパルス巾の1/5程度は必要であるから、伝送線路の有効通過帯域巾はパルス巾の逆数の5倍以上は必要であるということである。伝送線路の有効通過帯域は線路長の函数と考へねばならないから、減衰定数 α/km 、位相定数 β/km の値を常に考慮に入れ、伝送距離を決めなければならない。必要な伝送距離で α, β 特性の良好な伝送線路を選定するということになる。長距離の場合は波形整形のための中継器を挿入する必要がある。

(2) 検出器の並列接続による混合多重化方式では、新たに計数損失の問題が生ずる。すなわち各検出器からの異種の random パルスの偶然重畳による計数損失が一定の確率で存在する。これは本多重化方式の本質的欠陥である。

n 本の検出器の並列接続で生ずるパルスの偶然重畳による計数損失確率は荒い近似ではあるが、 n 重同時計数値を求める式を拡張して、容易に計算式が導かれる。す

* 一定の伝送距離で、必要とする周波数での減衰が実用範囲にあること。これは使用条件で任意に設定される。この場合パルスの高調波成分をどこまで必要とするかでこの帯域がきまる。

なわち $k (2 \leq k \leq n)$ 本の検出器からの k 個のパルスが重なった場合はもちろん、密着して並んだ場合（厳密には信号分離回路の分解時間だけ間隔があってよい）も重畳と考へねばならないから、 k 本の検出器からのパルスが単位時間当りの偶然 k 重畳の平均数は、 k 重の確率を P_k として

$$\frac{\partial P_k}{\partial t} = k \cdot N_1 \cdot N_2 \cdots N_k \left(\sum_{i=1}^k \tau_i \right)^{k-1} \approx k(k\tau)^{k-1} \bar{N}^k \cdots \cdots (2 \cdot 1)$$

となる。ここに $N_i (i=1, 2, \dots, k)$ は各検出器の計数率 (CPS), $\tau_i (i=1, 2, \dots, k)$ はパルス巾, $\bar{N} \approx N_i (i=1,$

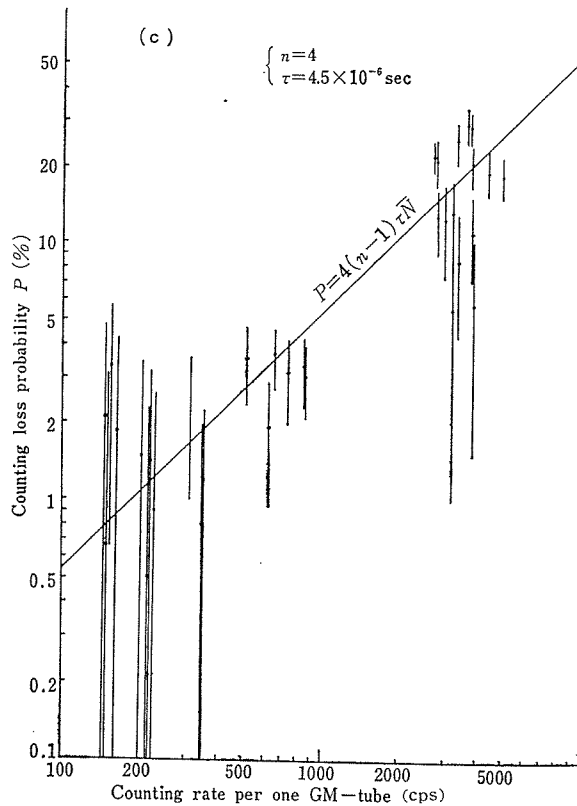
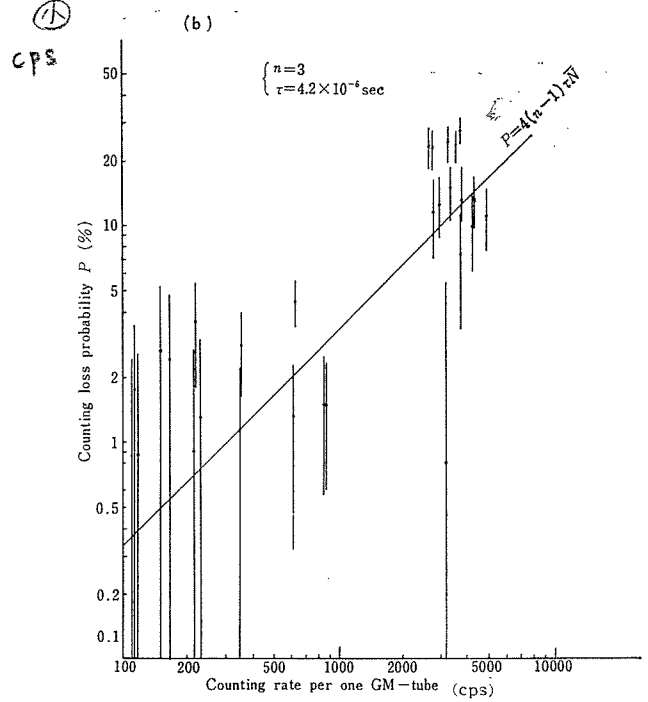
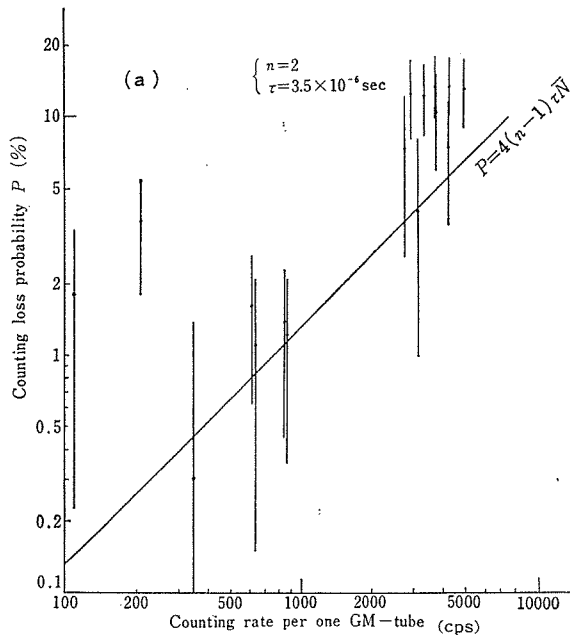


Fig. 2.8 Comparison with calculated and experimental results in counting loss probability

2, ..., k)で各検出器ほぼ等しいとした計数率, $\tau = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \tau_i$;

($i=1, 2, \dots, k$) で平均パルス巾である。よって単位時間当りに偶然重畳するすべての数は

$$N = \sum_{k=1}^n C_k \cdot k (k\tau)^{k-1} \bar{N}^k \dots\dots\dots(2 \cdot 2)$$

となる。k重でk個のパルスを落とすから、パルス損失総数は(2.2)式をk倍したものである。従って単位時間当りの計数損失確率 P は

$$(2 \cdot 2) \quad P = \frac{1}{n\bar{N}} \sum_{k=2}^n C_k \cdot k^2 (k\tau)^{k-1} \bar{N}^k \dots\dots\dots(2 \cdot 3)$$

と表わされる。τ² 項以上は無視できるほど小さいから

$$P \simeq 4(n-1)\tau\bar{N} \dots\dots\dots(2 \cdot 4)$$

と、多重度数 n と平均パルス巾 τ を parameter とした \bar{N} の1次式で近似される。各チャンネルでの計数損失確率もまた2・3式と同じ式となることは容易に証明される。

実験により2-4重信号多重化に生ずる計数損失確率を求めた。その結果を(2.4)式と比較して、Fig. 2.8に示した。低い計数率では、統計的変動、バックグラウンドの影響、測定時間の影響などが現われ、高計数率のところでは電子回路の分解時間の影響などにより計算値よりずれてくる。しかし計数損失の概略値を知るにはこの程度の荒い近似式で十分である。

3. モニタリング・ポスト装置の構成と特性

3.1 構内モニタリング・ポスト装置

当所構内には9ヵ所にモニタリング・ポスト(検出部)を設置し、その信号は2.原理において述べたごとく、同軸ケーブルで伝送され、中央監視室に集められる。

装置の構成は検出部、伝送部、受信部、警報記録部より成る。装置設計の基本的考へは、すでに述べたごとく、構造簡易で故障のないこと、保守点検が容易であること、安定度・信頼度の高いこと、耐久性が高く経済的であること、などの条件を満すことである。電流結合方式の採用によりこれらの条件の多くが満足されることになった。

本装置のブロックダイアグラムを Fig. 3.1 に示す。各部の構成、性能について述べる。

3.1.1 検出部

検出部はGM計数管、チェックンソース、前置増巾器(ケーブル長1km以上のときS/N改善のため取付ける)とそれらを収納する筐体より成る。筐体は野外に設置されるので、自然の悪条件降水、気温、塩害などに耐える構造のものでなければならない。筐体部分の構造を Fig. 3.2 に、支柱・土台の部分 Fig. 3.3 に、全体の外観と筐体内部を Fig. 3.4 (a), (b)にそれぞれ示した。筐体は外側に断熱材をつけた熱遮蔽板、内側に前置増巾器収納筐体の2重構造となっている。両者の間は空間を

作り、大気其自然対流により内部筐体の温度上昇をおさえる働きをしている。内部筐体は鑄鉄製の1体構造で接続部を作らず、フタは溝にOリングパッキングを埋め込んだ円板状で、蝶ネジ止め形となっており、ケーブル引出口はゴムパッキングの使用により塵埃湿気の混入を防止している。筐体全体は円筒状の支柱上に置かれ全高1.7mである。土台にはケーブルの余裕をもたせるスペースを作っている。筐体にはストリップペイントを塗布し、放射性降下物による汚染を防ぐと同時に防錆の役も兼ねさせている。

検出器は側壁型の Anton 106 型GM計数管を使用している。この計数管は取扱いが簡単で、故障が少ない(Anton 106 の特性は6.1較正の項を参照)が、絶縁物のステアタイトは吸湿性があり野外では湿気のため絶縁低下の現象が生ずることがあるので、その部分にシリコンオイルとパラフィン等を等量溶かしたものを塗布し高湿度下でも不良動作をすることがないように処理している。検出器にはβ線遮蔽の真鍮円筒(2mm厚)をかぶせているが、β線を測定するときは保護網円筒に取りかえることができる。

前置増巾器は2石のPNP, NPN型トランジスタ負帰還増巾器でその回路を Fig. 3.5 (a)に示す。消費電力を極力少なくするために、動作点をcut off 近くにおき、入力パルスがあったときのみ電流が流れるように設計されている。電流は約100μAで単一乾電池6個で約1年間使用できる。電流利得8倍、出力インピーダンス

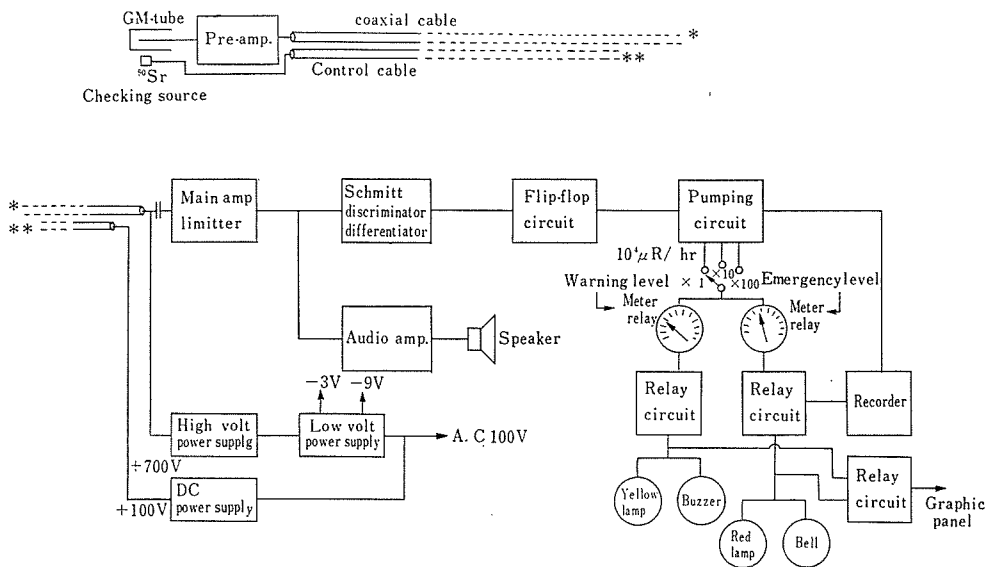


Fig. 3.1 Block diagram of on-site monitoring post

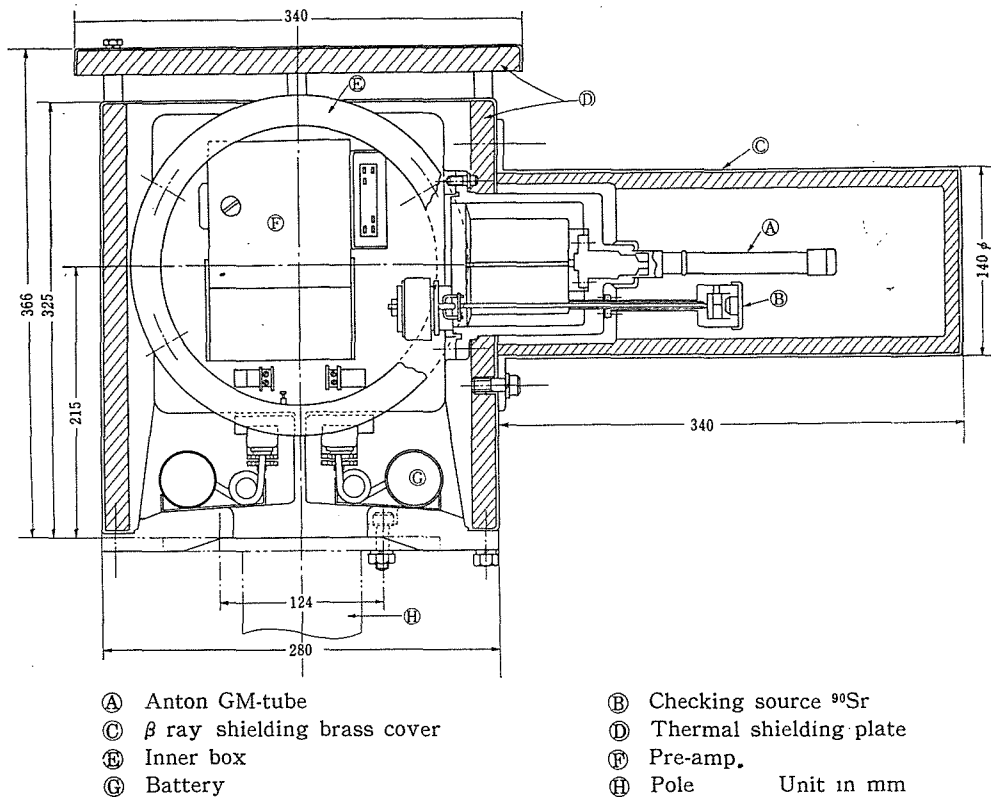


Fig. 3.2 Constration of detector box

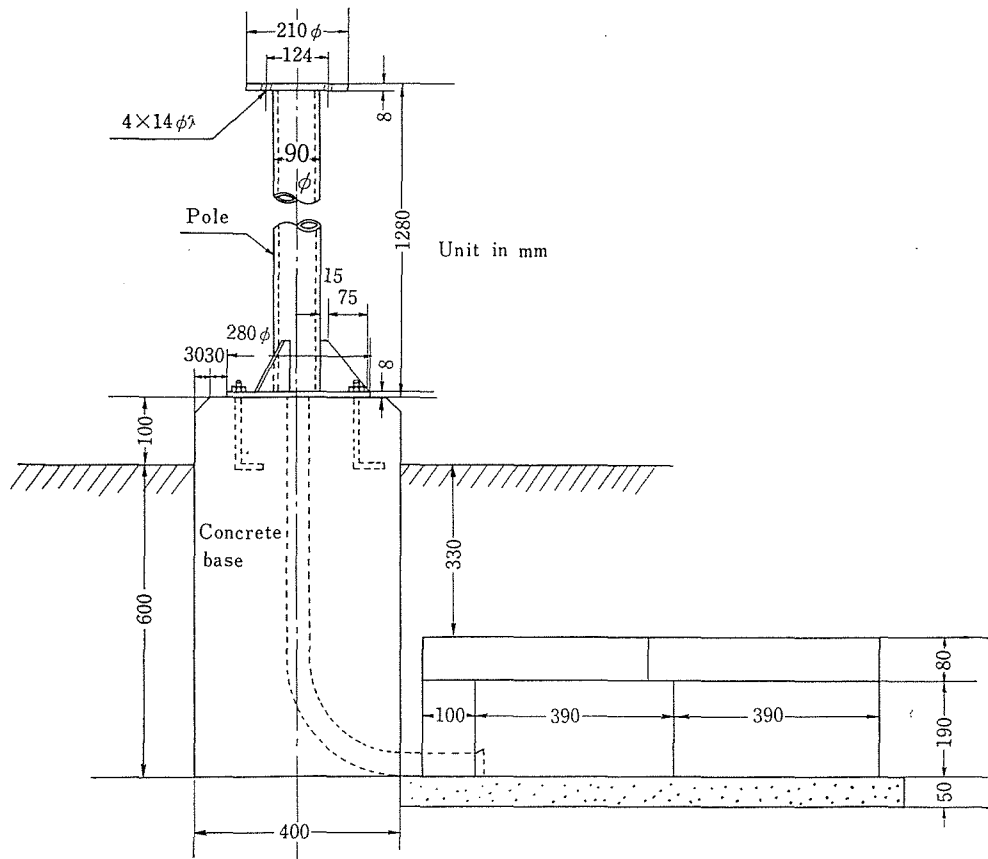
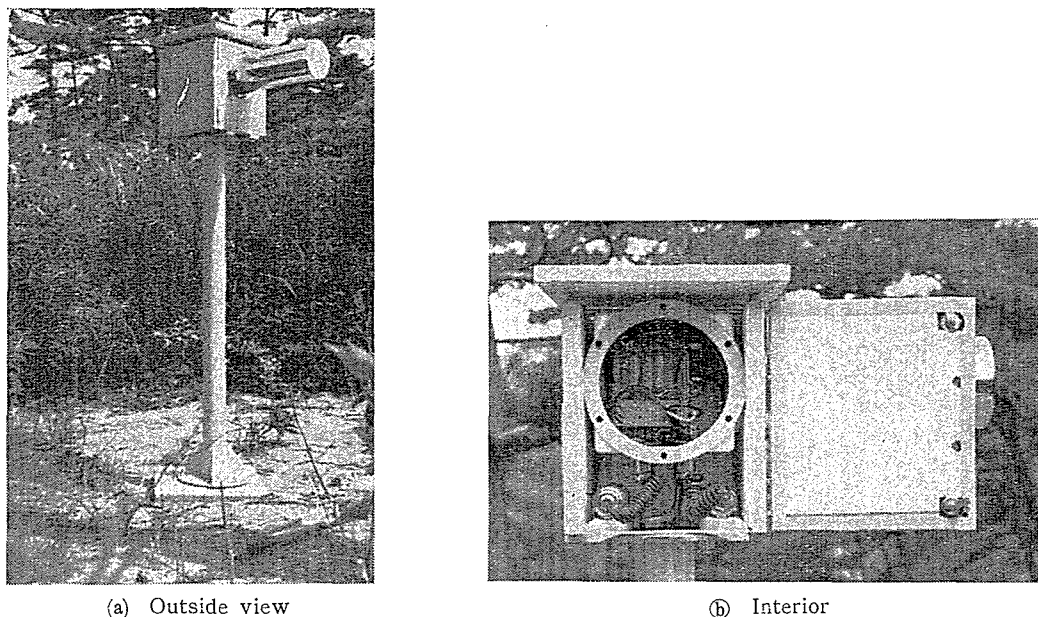
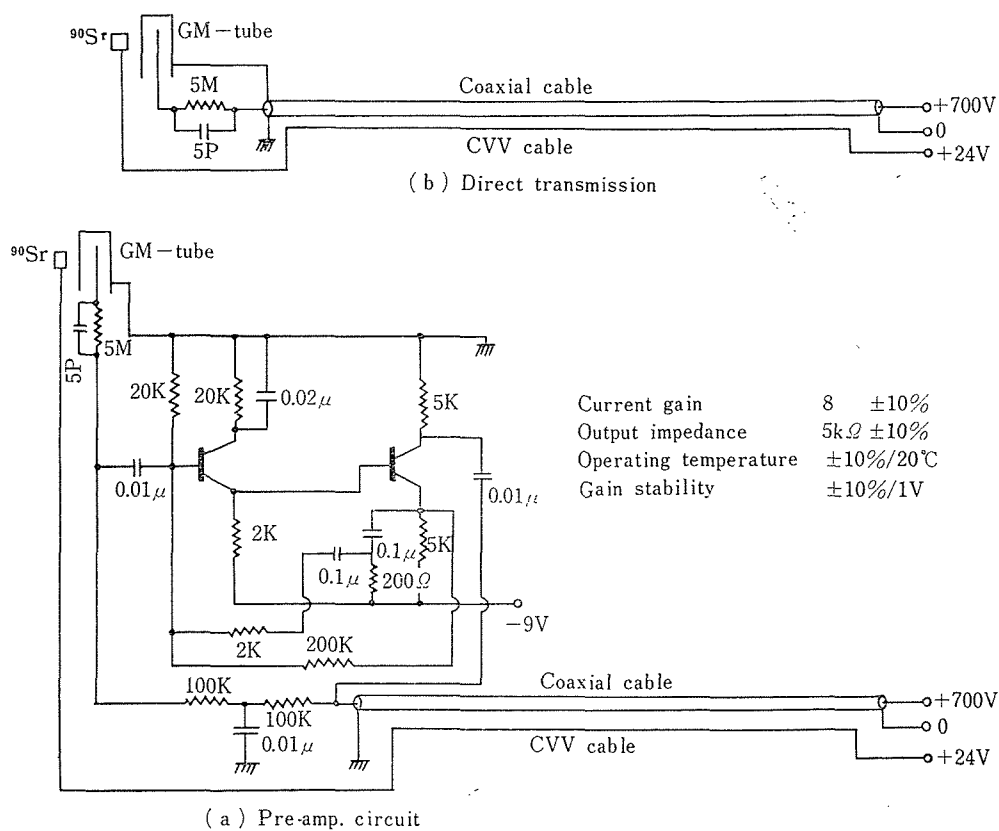


Fig. 3.3 Pedestal of the detector box



(a) Outside view (b) Interior

Fig. 3.4 Monitoring post (Detector box)



(a) Pre-amp. circuit (b) Direct transmission Fig. 3.5 Pre-amplifier

5kΩ で同軸ケーブルと直結し、インピーダンス整合は取らないでよい。この回路の温度特性、直線性を Fig. 3.6 に示す。回路部品はアクリル平板上に配置され、交換可能なユニット型となっている。前置増巾器不要の距離 (≤1km) では Fig. 3.5 (b) に示すように安全抵抗を通し

同軸ケーブルと直接結合伝送する方式となっている。チェックソースは ⁹⁰Sr の β 線を用い、GM 管の動作を確認し、ソースシャッターの開閉はマグネット開閉器を中央監視室で遠隔操作によりおこなうことができる。

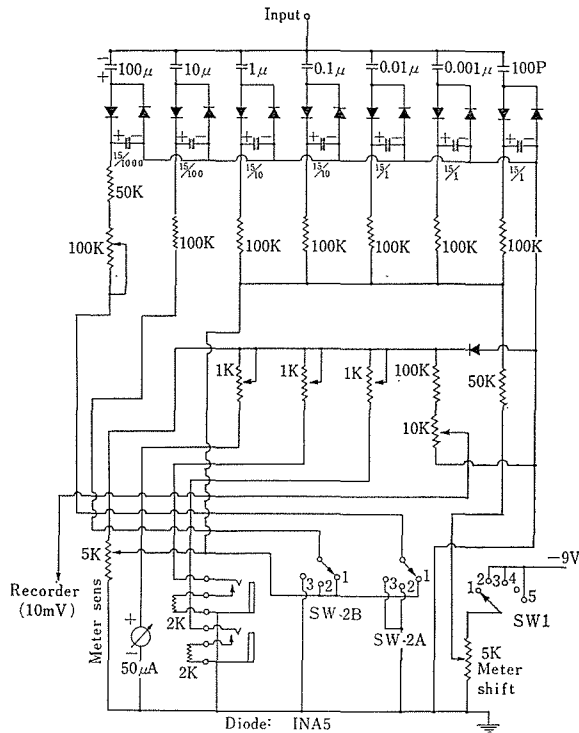


Fig. 3.10 Logarithmic pumping circuit

数管を使用する場合に必要でGM計数管では必要ではない。回路を Fig. 3.8 に示す。整形されたパルスはエミッターホローで取り出し、次段の2進回路 (Fig. 3.9) に入る。ここで一定の出力にクランプされて、COOKE YARBOROUGH 式対数ポンプ回路に入る (Fig. 3.10)。この回路は計数率範囲の異なった7個の直線ポンプ回路の出力を加算し、 $10 \sim 10^4 \mu R/hr \times 1, \times 10, \times 100$ の測定範囲をもたせてある。

電源回路の低圧はツェナーダイオードとトランジスタ直流増巾器により定電圧出力 ($-9, -3V$) を得ている。高圧はトランジスタ弛張発振回路で500Vの交流を得て、倍電圧方式により固定700Vを得ている。出力電流の制御は冷陰極コロナ放電管により制御をおこなうものである。

TABLE 3.1 Some properties of rate meter set

Main-amp. minimum input sensitivity (μA)	5
Main-Amp. minimum input pulse width (μsec)	0.2
Digital resolving power (μsec)	2
Analogue resolving power ($\mu R/hr$)	200
Discriminator linearity (%)	± 10
Precision of log. rate meter (%)	± 20
Ambient temperature ($^{\circ}C$)	$-25 \sim +55$

音声回路は音響出力を得るために挿入されたものである。以上レートメータ回路の総合特性を TABLE 3.1 に示す。

3.2 構外モニタリング・ポスト装置

構外モニタリング・ポストは、中央監視室より平均1.5kmの地点に7ヵ所配置される。信号伝送の方式は先に述べた電流結合同軸ケーブル伝送方式がその基本となるが、信号多重化をおこない多信号の単一伝送線路による伝送方式となっている。原理についてはすでに述べたので、実際の装置の回路構成、動作、性能などについて詳述する。

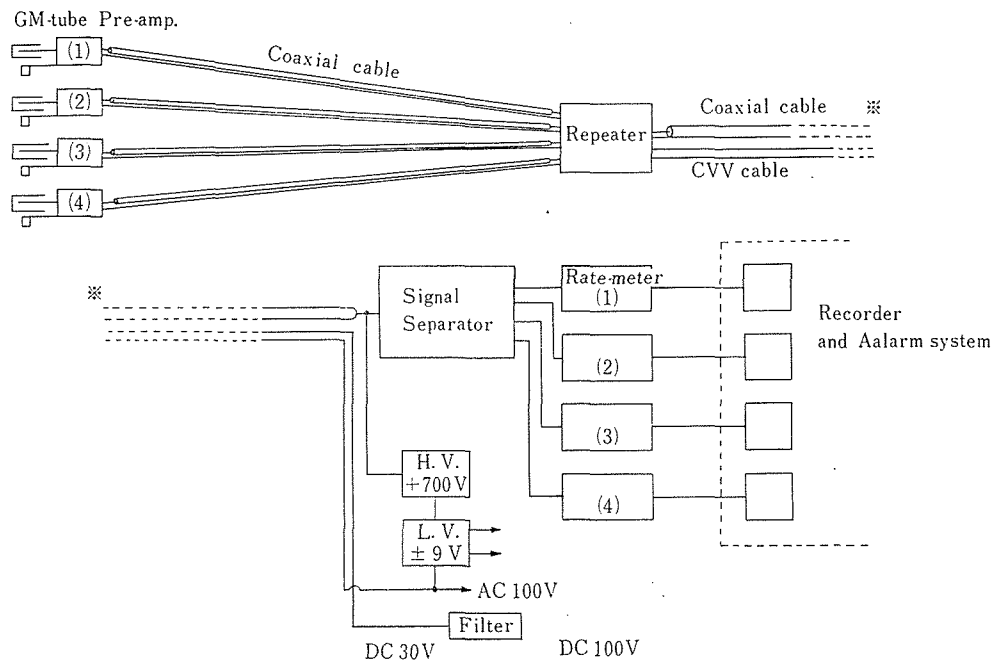


Fig. 3.11 Block diagram of simplified multi-signal transmission device (off-site monitoring post)

装置設計の基本的考へは構内モニタリング・ポスト装置の場合と同じである。多重度は実用の点から、4重信号伝送とした。その構成を Fig. 3.11 に示す。検出部は S/N を高めるため、簡単な前置増巾器を取付けた。中継器まで各検出器の信号は独立の同軸ケーブルで送られるが、ここで4種つ信号の固有化と混合がおこなわれ単一の同軸ケーブルで中央監視室まで伝送される。混合信号は信号分離回路で各検出器ごとの信号に分離され、それぞれのレートメータで線量指示をおこなう。以下各部について述べる。

3.2.1 検出部

GM計数管、筐体などについてはすべて構内モニタリング・ポストのと同仕様であるので3.11検出部を参照されたい。支持方法は前の支柱土台型のもの他に、柱上設置型でおこなっているものもある（地上2m）。柱上に設置したのは道路交通妨害にならないようにするためである。外観を Fig. 3.12 (a)(b)に示す。

前置増巾器はトランジスタ1石の簡単なもので、電源は高圧を分圧して用いるので電池は使用しないから保守の手数がかからない。回路を Fig. 3.13 に示す。電流利得15倍、温度変化 $-10^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ で出力値変動20%以内の特性をもっている。

チェックソースは前と同様に取付けてあり、中央監視室にて制御できる。

3.2.2 伝送部

伝送部は高周波同軸ケーブルによる信号伝送方式である。詳細は別に述べる。

3.2.3 中継部

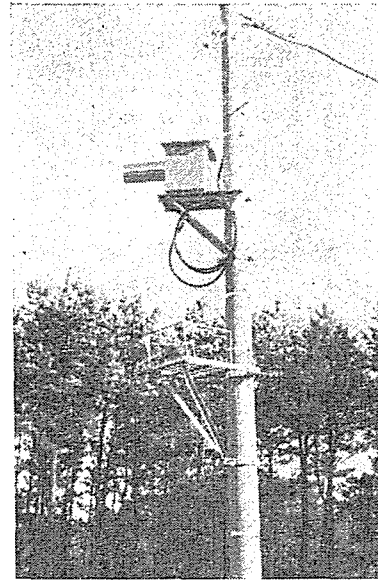
中継器では4種の入力パルスの波形整形と混合をおこなう。構成を Fig. 3.14 に、回路を Fig. 3.15 に示す。入力エミッター入力型で同軸ケーブルと直結する。入力信号は増巾後に one shot 回路で各チャンネル一定の巾 ($\pm 20\mu\text{sec}$, $\pm 5\mu\text{sec}$) に整形され混合される。ディスクリミネータ入力感度変化範囲は最小 $50\mu\text{A}$ 、最大 $500\mu\text{A}$ 。出力電圧平均 1.5V 、温度範囲 $-10^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ で出力変動10%以下、波形歪は問題とならなかった。電源回路は $\pm 9\text{V}$ 出力の安定化電源回路 (Fig. 3.16) で、中央監視室より非安定化直流 $\pm 20\text{V}$ を受けている。回路はすべてプリント基板に配線され交換容易なユニット型となっている。

中継器筐体は、検出部筐体とほぼ類似の構造であり、2重箱（熱遮蔽板と中継器収納筐体）構造であり、その支持方法も支柱土台型である。外観を Fig. 3.17 に示す。

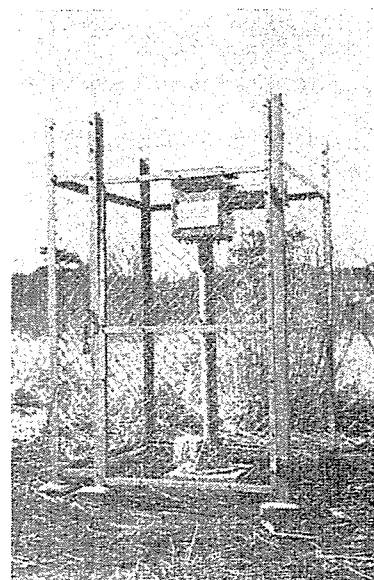
3.2.4 受信部

受信部は多重信号を各検出器ごとに分離する信号分離回路、分離した信号を表示するレートメータ回路、それに高低圧電源回路より構成される。

信号分離は Fig. 3.18 に示すごとく、極性選別回路と



(a)



(b)

(a) No. 23 post (b) No. 21 post
Fig. 3.12 Detector box of off-site monitoring post

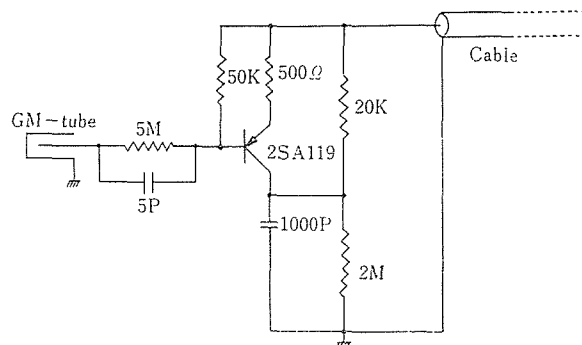


Fig. 3.13 Pre-amplifier

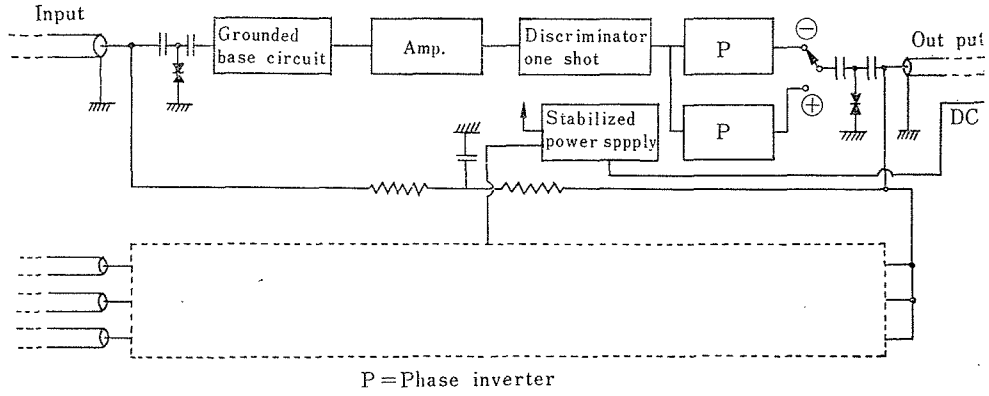


Fig. 14 Block diagram of repeater

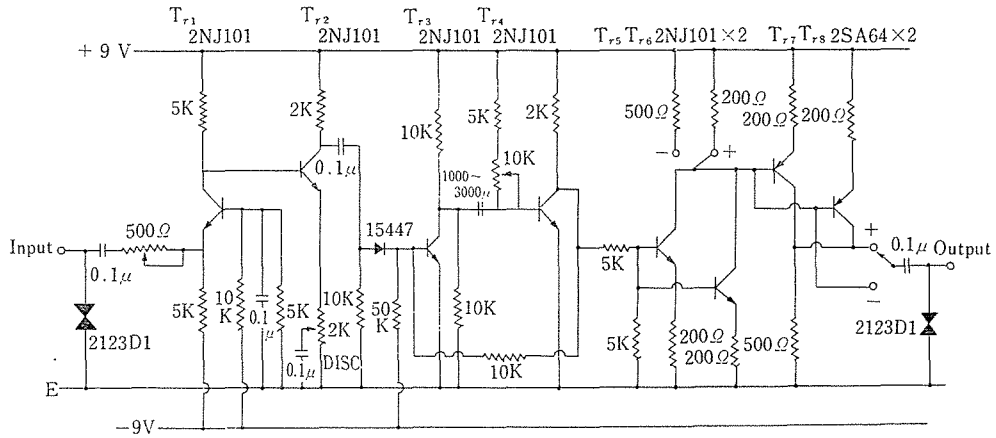


Fig. 3.15 Pulse shaping circuit of repeater

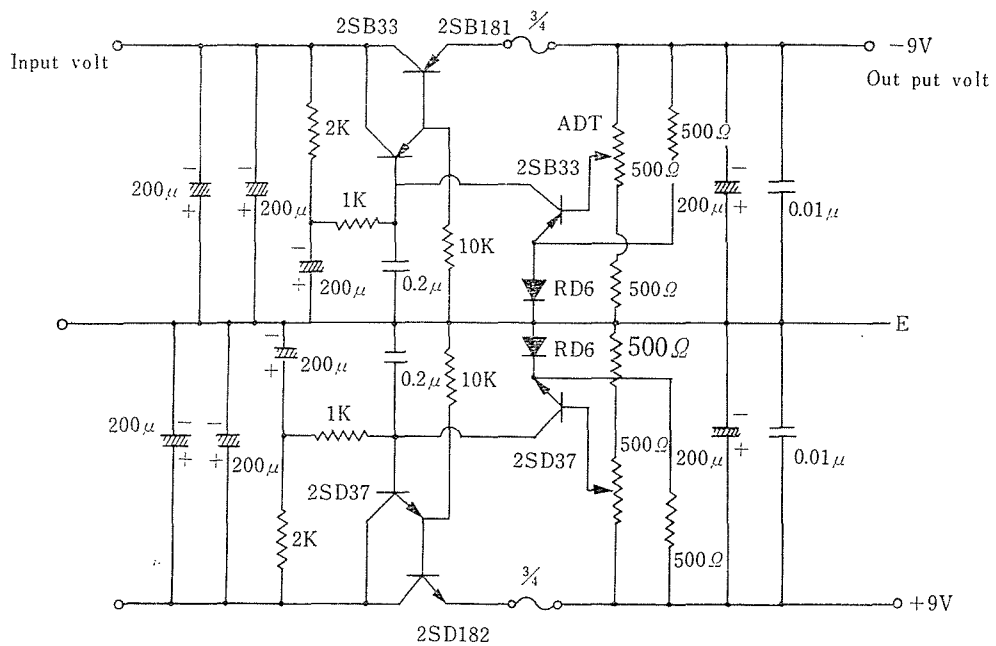
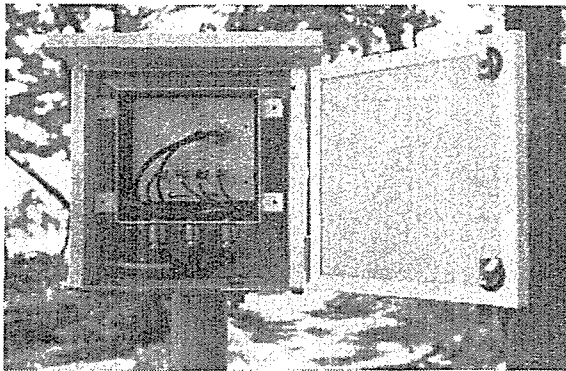


Fig. 3.16 Stabilized low voltage power supply



(a) Outside



(b) Inside

Fig. 3.17 Exterior of repeater box

パルス巾選別回路より成る。入力信号はまず極性選別回路で正負パルスに分離され、次に波形整形されパルス巾選別がおこなわれる。極性選別、波形整形回路を Fig. 3.19 に示す。この回路の初段は NPN-PNP トランジスタの並列接続で正負パルスを受け入れる(入力感度 ± 0.1 V)。エミッター入力低インピーダンス型で同軸ケーブルと直結する。次段の NPN, PNP トランジスタ(TR_3, TR_{11}) で正負パルスが分離される。正負別に Schmitt 回路で波形整形された後にパルス巾選別回路に送られる。巾選別回路を Fig. 3.20 に示す。この回路の原理は整形されたパルスを DL 微分し、delay coincidence 法により選別するものである。Fig. 3.18 にパルス巾 $5\mu\text{sec}$ の場合について、各部の動作波形と時間関係を示したので明らかであろう。すなわち Schmitt 回路で整形された波形は、DL-clipping で正負のトリガパルスを作り、負トリガパルスは位相反転して coincidence 回路の片側に送られる。正トリガパルスは出力パルス巾 $3\mu\text{sec}$ (可変) の one-shot 回路を働かせ、その出力パルスを RC-clipping し、 $3\mu\text{sec}$ 遅れた負パルスを得て、このパルスで 2 段目の one-shot 回路 ($2.5\mu\text{sec}$ 巾、可変) を働かせ、その出力パルスを前の coincidence 回路の他の片側に送り (Fig. 3.21) coincidence 出力を得る。これで $5\mu\text{sec}$ 巾のパルスは選別される。 $20\mu\text{sec}$ のパルスも同様な原理でおこなわれる。2 段の one-shot 回路の出力パルス巾はそれぞれ $17\mu\text{sec}$ と $5\mu\text{sec}$ である。

2 段目の one-shot 出力パルス巾を parameter とし、入力パルス巾を変えた場合の coincidence 出力電圧を測定すると Fig. 3.22 に示すようになる。これは

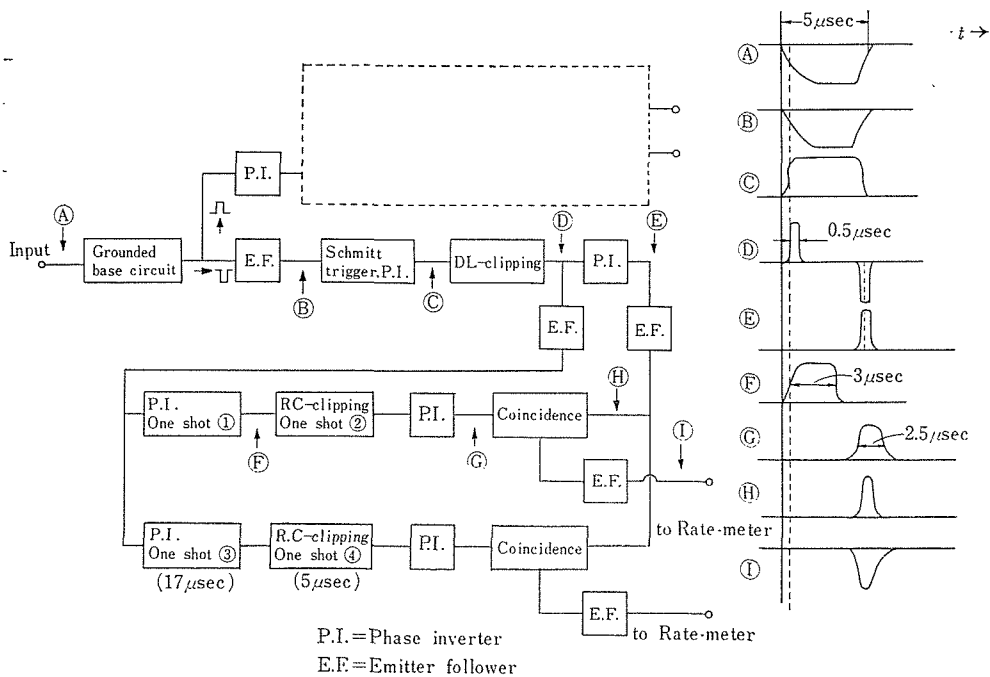


Fig. 3.18 Block diagram of signal isolator

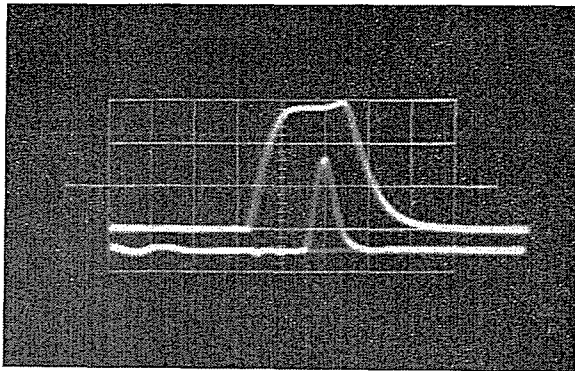


Fig. 3.21 Input wave forms of coincidence circuit

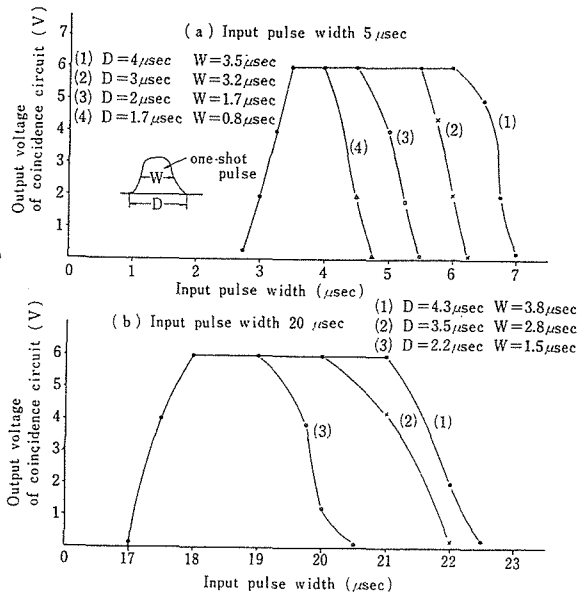


Fig. 3.22 Relation between output voltage of coincidence circuit and input and second one-shot pulse width

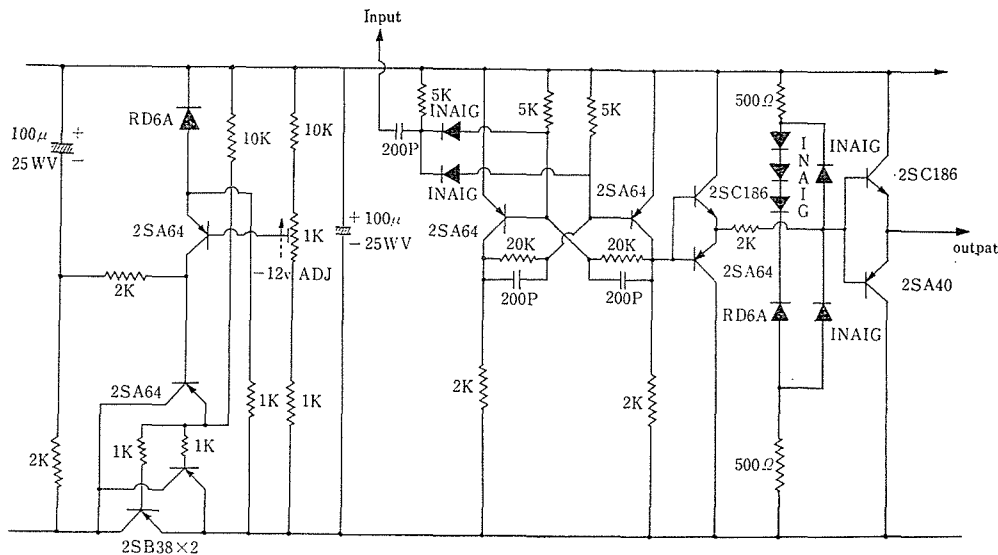


Fig. 3.23 Flip-flop, clump and low voltage power supply circuits

one-shot パルス巾の広いほど、立上り立下り時間が遅いほど broad な coincidence 出力が得られることを示している。

一般に 2 段目の one-shot 回路出力パルス巾を狭くすれば、入力パルスの選択度は高まり、任意巾のパルスは計数されなくなる。従って任意巾の雑音パルスは計数されず S/N は非常に良くなる。しかし実際には後述する理由から、むやみに巾を狭くし、選択度を上げることはできず、周囲の雑音パルス巾分布を調べた上で実験的に最適パルス巾を決めなければならない。雑音と信号の関

係については後に述べる。

レートメータ回路は 2 進回路、クランプ回路、COOKE YARBOROUGH 式対数ポンプ回路、低電圧回路より成る。2 進回路、クランプ回路、低電圧回路を Fig. 3.23 に示す。対数回路は前に示したものと同様である。

電源回路は高圧回路と分離回路用の低圧回路とより成る。またチェックソースマグネットシャッター開閉用の DC 源、中継器電源 DC 源を備えている。高圧は 4 個の GM 管と前置増巾器の使用電流を考へて、2mA の出力電流がとれる 500V~200V 可変の回路である。

3.3 信号伝送線路とその布設

信号伝送線路として高周波同軸ケーブルを用いている。またチェックソース用、中継器電源用として、CVV ケーブルを同時に布設してある。以下に各ケーブルの特性および布設について述べる。

3.3.1 高周波同軸ケーブル

信号伝送に用いた同軸ケーブルは3種類である。すな

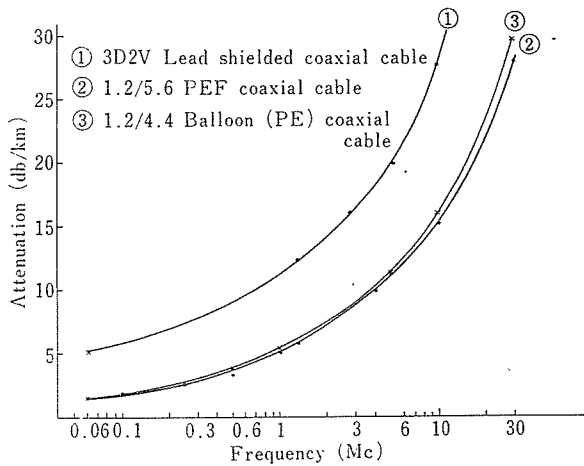


Fig. 3.24 Attenuation characteristics of coaxial cables

わち、PVC 防蝕 3D2V 相当鉛被同軸ケーブル、1.2/5.6PEF 型細心同軸ケーブル、1.2/4.4 バロン型細心同軸ケーブルである。この3種のケーブルの構造、主要な電気的特性を TABLE 3.2 に示す、また減衰特性を Fig. 3.24 に示した。

3D2V相当鉛被同軸ケーブルはポリエチレン充実型で、可撓性がよく布設工事に便利であり、化学的に安定で腐蝕に強く、耐久性が高いので野外に布設するには適している。しかし減衰が大きいこと、磁気遮蔽層がないので誘導雑音を受け易く、その使用範囲は限定される。構内モニタリング・ポスト用として初期の試作装置に使用し、現在でも1部に使用している。

1.2/5.6 PEF 型細心同軸ケーブルは電々公社規格で、超多重搬送電話用に開発されたものである。絶縁体にはPEF（発泡ポリエチレン）を用い比誘電率を低くし（ $\epsilon \doteq 2.2$ ）、減衰特性が著しく改善されている。また鉄テープ2枚を同方向に重ね巻きし、磁気遮蔽層をもたせてあり、誘導雑音を軽減している。可撓性は悪く曲率半径 25cm となっているが、野外の布設には安定で耐久性は十分にある。構内および構外モニタリング・ポストの1部に使用している。

1.2/4.4 バロン型細心同軸ケーブルは CCITT 規格で、絶縁体はポリエチレンチューブを使用した空隙バロン型で、比誘電率はPEFより低く（ $\epsilon \doteq 1.2$ ）、同一減

TABLE 3.2 Characteristics of Coaxial cables

	3D2V Lead-shielded coaxial cable	1.2/5.6 Small-diameter Coaxial cable	1.2/4.4 Small-diameter Coaxial cable
Characteristics impedance ($\Omega/1MC$)	50 \pm 3	75 \pm 3	75 \pm 1.5
Attenuation (db/km/1MC)	12.5	5.1	5.2
DC resistance (Ω/km)	29.0	15.5	15.5
Capacitance ($m\mu F/km$)	101.9	56.7	49.6
Weight (kg/km)	390	120	95

- 1. Inner conductor (copper) 0.9mm ϕ
- 2. Dielectric material (PE) 3.0mm ϕ
- 3. Outer conductor (mesh copper) 3.7mm ϕ
- 4. Vinyl 5.3mm ϕ
- 5. Lead 8.7mm ϕ
- 6. Vinyl cover 10.7mm ϕ

- 1''. Inner conductor
- 2''. Dielectric material (balloon type, PE)
- 3''. Outer conductor (Copper tap)
- 4''. Iron tapes
- 5''. Vinyl tape
- 6''. Polyethylene cover

- 1'. Inner conductor (copper) 1.2mm ϕ
- 2'. Dielectric material (PEF) 5.6mm ϕ
- 3'. Outer conductor (copper tap)
- 4'. Iron tapes
- 5'. Vinyl tape
- 6'. Polyethylene cover 9.8mm ϕ

衰量とすれば外径を細くすることができる。複合ケーブルを作る上に重要である。さらにこのケーブルでは鉄遮蔽構造が改善され結合インピーダンス特性はきわめて良好である。PEF型ケーブルとの結合インピーダンスの実測値の比較を Fig. 3.25 に示す。高周波の遮蔽特性は非常に改善されたものとなっている。可撓性は曲率半径 25cm であり、野外の布設には安定で耐久性も高い。構

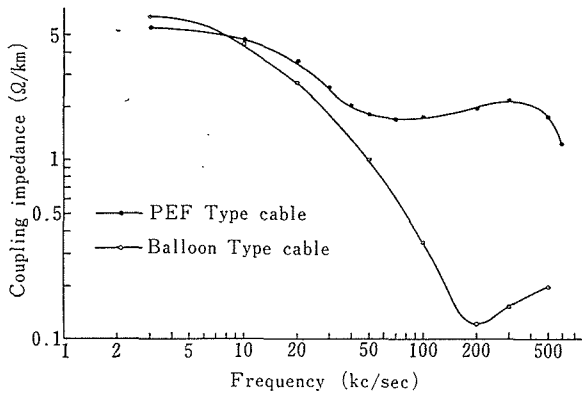
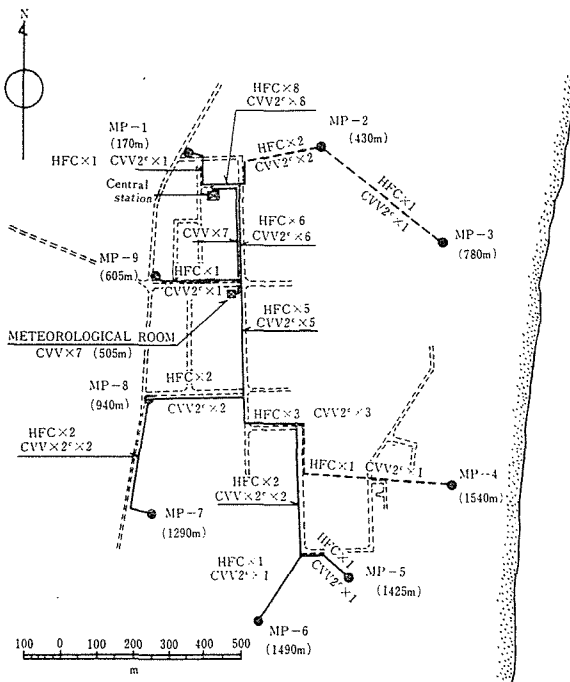


Fig. 3.25 Characteristics of coupling impedance of coaxial cables



- Symbols :
- MP : Indicates Monitoring post (detector)
 - (m) : Length of transmission line from central station (in meters)
 - HFC : High frequency coaxial cable
 - CVV : Control vinyl cable
 - C : Indicates pair
 - : Line under ground
 - - - : Line on the pole

Fig. 3.26 Transmission line diagram for the in-site Monitoring post

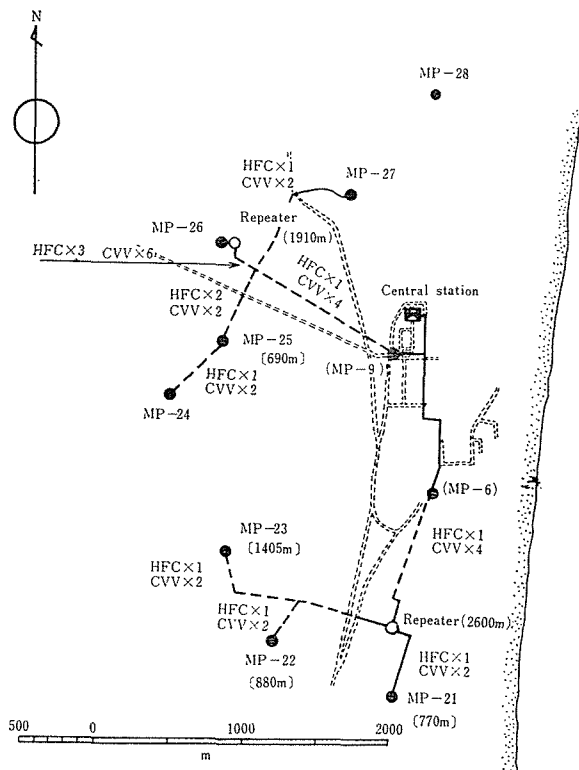
外モニタリング・ポストに使用している。

3.3.2 CVV ケーブル

チェックソースシャッター制御用、中継器電源用電線として、CVVケーブルを用いている。構造は錫メッキ軟銅線撚線 (7/0.6mm, 1.8mmφ) に塩化ビニール被覆をほどこしたものである。直流抵抗 9.54Ω/km である。

3.3.3 ケーブルの布設

同軸およびCVVケーブルは複合型とし、地中埋設、架空布設の2つの方式でおこなった。当所構内は地中埋設を主とし、1部に架空布設を、構外では架空布設が主となり、1部で地中埋設をおこなった。地中埋設は既設のピットを利用するほか、地下 60cm にコンクリートトラフを用いて埋設した。架空布設では既設の電力会社の電力柱、電々公社の電話柱への共架と、専用柱を建設しそれに架設したものとがある。同軸、CVVケーブル



- Symbols :
- MP : Indicates Monitoring post (detector)
 - (m) : Length of transmission line from the central station or post to the repeater (in meters)
 - HFC : High frequency coaxial cable
 - CVV : Control vinyl cable
 - X : Number of lines of the same kind
 - : Line under ground
 - - - : Line on the pole

Fig. 3.27 Transmission line diagram for the off-site Monitoring posts

は複合自己支持型（PEF同軸ではCVVケーブルと共に束ね、単にメッセンジャーワイヤーを巻いたもの、バロン型同軸ケーブルではCVVケーブルと共に複合構造としたヘリカルひょうたん型となっている）構成として用いている。

構内、構外のケーブルの布設方式と回線数を Fig.3.26

3.27 に示す。

ケーブルの障害点探知にはパルス探障法を用いている。すなわちパルスジェネレータからの送信パルスに対する反射パルスの時間および極性や波形から断線、短絡、絶縁不良などの判定、障害位置の発見などができる。

4. 信号と雑音

同軸ケーブルは本質的に不平衡構造であるため、表皮効果の顕著でない低周波では、外部導体にある程度電流が残るので、漏話特性が悪くなり、地電流その他の誘導障害を受け易い。従って電力柱共架布設や電力施設近傍のケーブル布設には常に電力線からの誘導障害を考慮しなければならない。また雷空電によるもの、電機々械発生雑音なども同時に考慮に入れる必要がある。その上で布設方式を十分検討しなければならない。

誘導の大きさは同軸ケーブルの外部導体を含む遮蔽層の材質と幾何学的構造に依存し、これらに遮蔽係数や結合インピーダンスなどの量で示される。次にシースや外部導体の接地方式に大きく依存する。これは同軸線の両導体の電圧分布で検討しなければならない。最後に布設方式で架空と埋設の場所や方向なども検討されなければならない。筆者らはこれらの点について詳細な検討をおこなったが、その結果は別に報告²⁰⁾*することにし、本文ではモニタリング・ポスト装置に関する部分についての記述にとどめる。

4.1 電力線誘導雑音

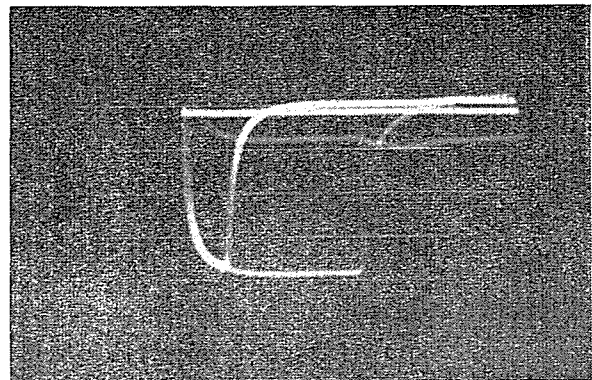
電力線誘導雑音は電力柱共架布設で問題となる。構外の電力柱共架で問題となったので、構外モニタリング・ポストに関して述べる。雑音のないときの信号は Fig. 4.1 (a) で、高調波を含んだ 50c/s の誘導雑音を受けた信号パルスは Fig. 4.1 (b) (c) に示すように上下振動する (3相電力線 3000V, 100A直下1mにPEF型同軸線共架、共架平行区間約1.5km、線路全長約2.8km) この種の雑音はディスリミネータでは除去できないので、Schmitt 回路出力パルス、DL-clipping 出力パルスはそれぞれ Fig. 4.2 に示すように横振動に変換されたものとなる。この横振動の中 η は、信号パルス、雑音パルス波高をそれぞれ E, e とし、信号の立上り立下り時間を τ_r, τ_f とするとき、

$$\eta = \frac{e}{E} (\tau_r + \tau_f) \mu \text{sec}$$

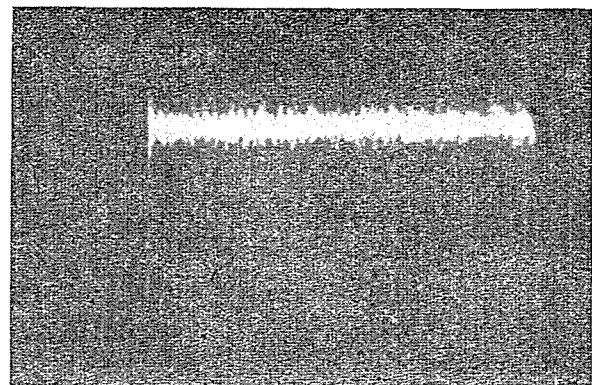
と簡単に求められる。このことから、選択度を定める2段目の one-shot 回路のパルス巾 τ_0 は $\tau_0 \geq \eta$ を満足する値でなければならない。 η を小さくするため e を小さくすることを考へる。

e を小さくするためには遮蔽特性 (結合インピーダン

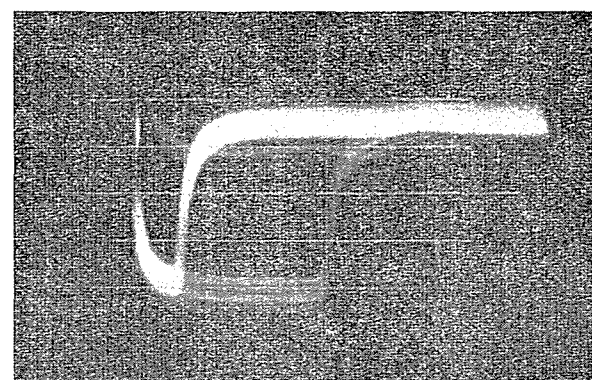
ス特性) の秀れたケーブルを使用し、シースおよび外部導体の大地に対する電氣的接続方法を検討することである。一般にシースは完全接地する。ケーブル外部導体は、両端完全接地で誘導は大きく、両端非接地で小さくなるが、過大誘導時の危険性は前者より後者が大きい。



(a) Input wave form without induced noise
5 μ sec/div 0.1V/div



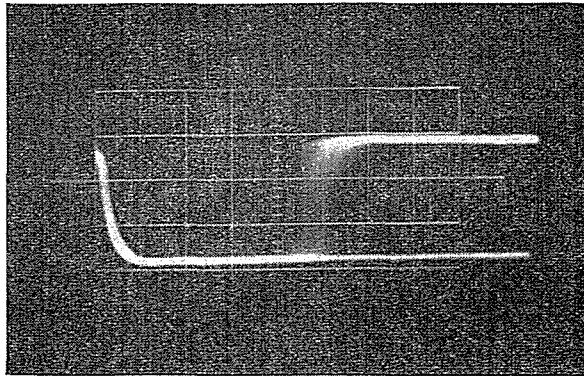
(b) Induced noise
1m sec/div 0.1V/div



(c) Pulses vibrated by induced noise
5 μ sec/div 0.1V/div

Fig. 4.1 Signal pulse and induced noise

* 1部は応用物理学会にて発表した。

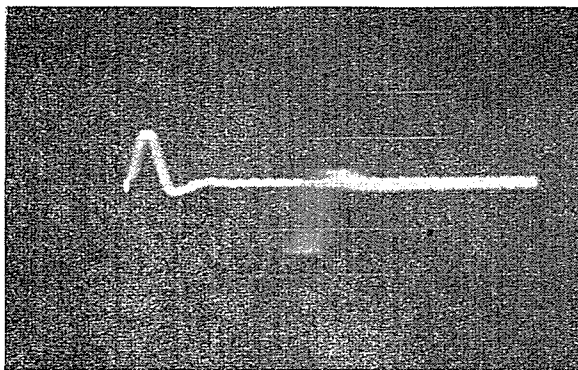


$$\text{vibrating width} : \eta = \frac{e}{E}(\tau_r + \tau_f) \mu \text{ sec}$$

τ_r : rise time, τ_f : fall time

e/E : noise to signal ratio

(a) Output wave form of SCHMITT circuit
1 μ sec/div, 0.5V/div



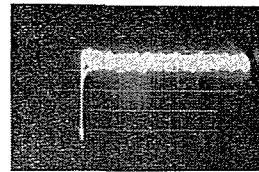
(b) Wave form after DL-clipping
1 μ sec/div, 1V/div

Fig. 4.2 Pulse shapping wave form with induced noise

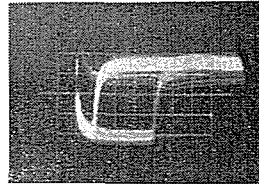
この相反性を考慮に入れなければならない。両端接地の場合の誘導は電力線からの磁界により、ケーブル自体に電磁誘導電流が生ずるが、これは小さく、大地帰路回路を鎖交するために生ずる磁界が雑音の起因となっている。従って受端は非接地とする。このとき同軸ケーブルの両導体間の雑音電位差は平衡度が上り小さくなる。また雑音は同相であるため入力回路はトランス結合とすることにより、低周波誘導雑音は平衡消去とトランスの微分効果による消去で、ほとんど無視できる程度にまで軽減することは可能である。高調波成分はトランスの1次インダクタンスの大きさにより若干残るがたいして問題とはならないが必要であればエサキダイオードで除去することが可能である (Fig. 4.3)。

4.2 衝撃性雑音

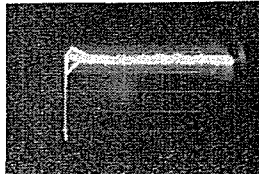
雷空電その他による衝撃性雑音の誘導 (Fig. 4.4) は疑似信号として、誤計数・誤警報の原因となり、構内モニタリング・ポストの鉛被ケーブル架空布設のところで最



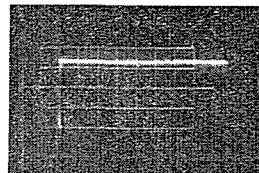
(a) Signal with induced noise
0.2m sec/div 0.1V/div



(b) Vibrating signal with induced noise
5 μ sec/div 0.1V/div



(c) Input transformer couple
for 20 μ sec pulse width
2.2 msec/div 0.1 V/div



(d) Wave form obtained by using input transformer and Esaki diode circuit
0.2m sec/div 0.1V/div
5 μ sec/div 0.1V/div

oxid core TDK 3X22
Turns 100:100
characteristic impedance

Fig. 4.3 Elimination of induced noise

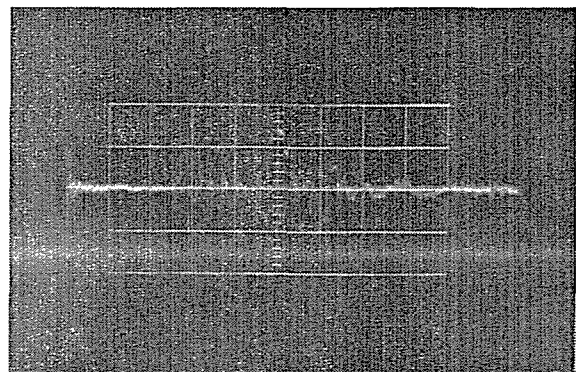


Fig. 4.4 Impulse noise (atmospherics)
0.1m sec/div, 0.2V/div

も問題となった。この種の雑音は一般に周波数が高いので先に述べた秀れた遮蔽特性のケーブルを用い、地中埋設とすること、誘導を起す箇所を避けて、必要ならば2重鋼管遮蔽をほどこすことにより、ほぼ完全に (実用に支障のない程度に) 雑音を除去することができる。

パルス巾選別回路ではこの種の雑音は除去されるので、S/N はきわめてよい。信号パルスに近い巾の雑音は計数されるが、その確率は小さい。雑音パルス巾分布を調べ、その巾から離れた信号パルス巾を選べば S/N は十分良くなる。連続した衝撃性雑音を正弦波で近似し

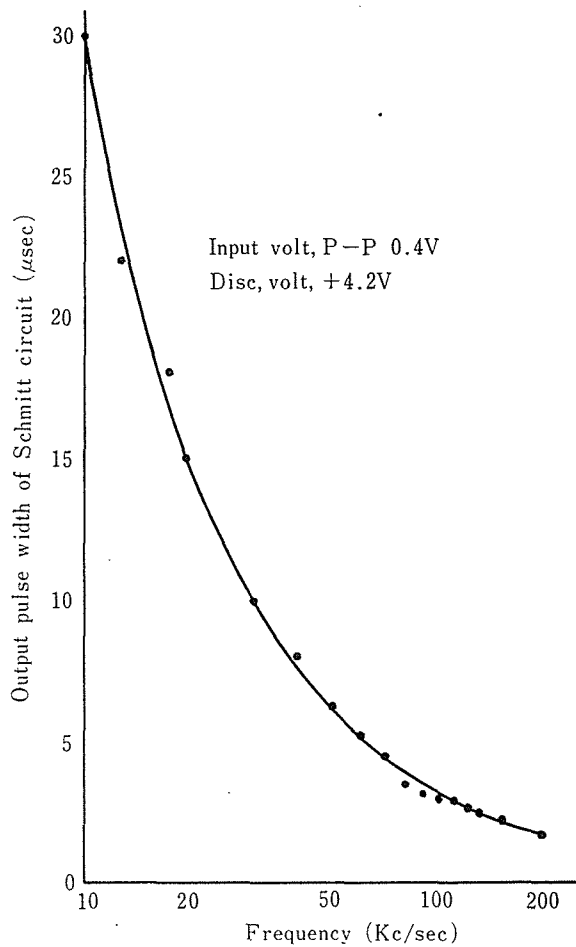


Fig. 4.5 Relation between sine wave input and pulse width of SCHMITT circuit

て、入力に正弦波を加えたときの Schmitt 回路の出力パルス巾を測定すると Fig. 4.5 に示す値が得られる。前に示した Fig. 3.22 と比較し、有害周波数の範囲が 2 段目の one-shot 出力パルス巾といかに関係があるかが分る。

検出器—中継器間は距離も近く簡易化のため巾選別方式はおこなっていないが前置増巾器による S/N の改良ケーブル布設の注意などで避けている。今までに特に問題は出ていないが雑音の多い場所では巾選別とする方が良いでしょう。

同軸ケーブル誘導雑音については未解決な点が多く、完全な解決を求めることは困難であるが、モニタ装置に使用する程度の実用性では今までに述べてきた点を注意することで十分解決され、長距離のパルス伝送も不安はないことが実証された。

5. 中央監視室

モニタリング・ポストからの信号はすべて中央監視室に集められ、線量率の表示、警報、記録はすべてこの室内でおこなわれる。中央監視室にはモニタリング・ポスト装置の受信部、警報・記録部、グラフィックパネル(地図盤)、および気象観測器械が配置されている。室内

の機器の配置を Fig. 5.1 に示す。

受信部は構内用9台 (No. 1~9) のレートメータ、構外用7台 (No. 21~27 および予備1台) のレートメータと、3台の信号分離器、2台の構外用高圧電源が大型ラックの中に配置されている (Fig. 5.2)。

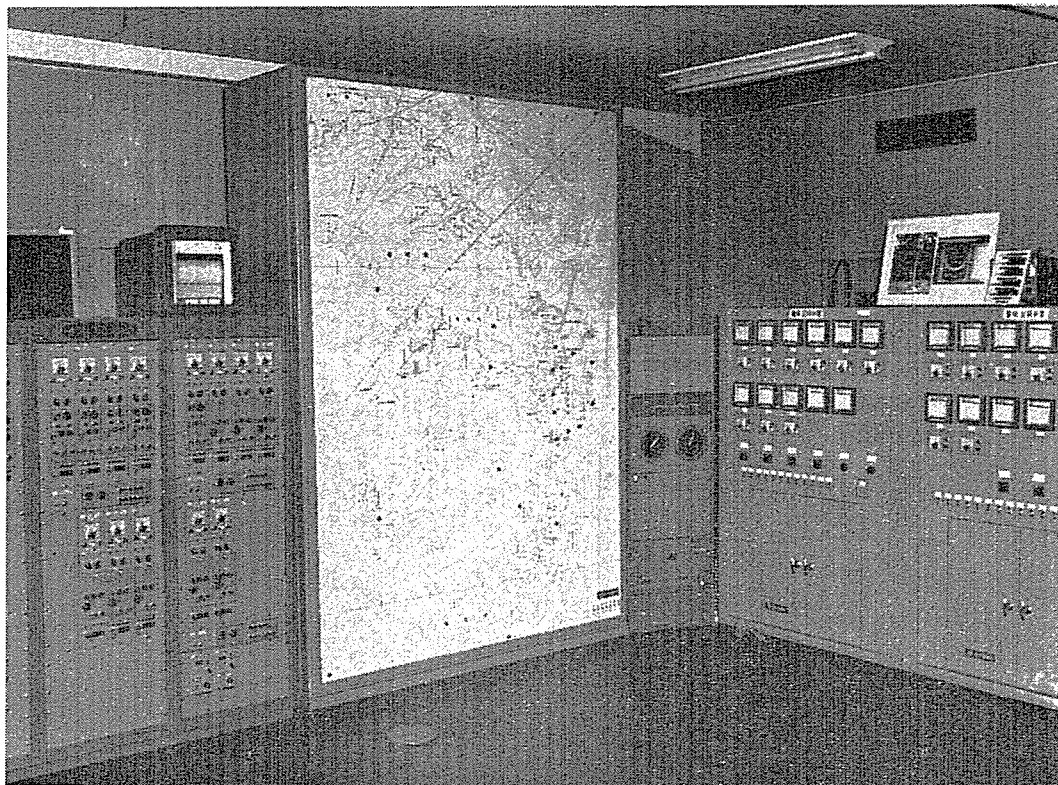


Fig. 5.1 Central monitoring station

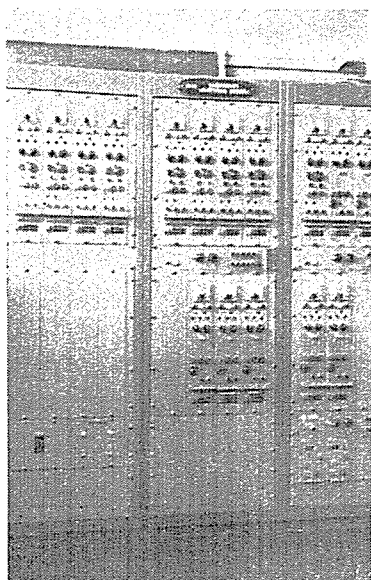


Fig. 5.2 Ratemeters, signal isolators and high voltage sets

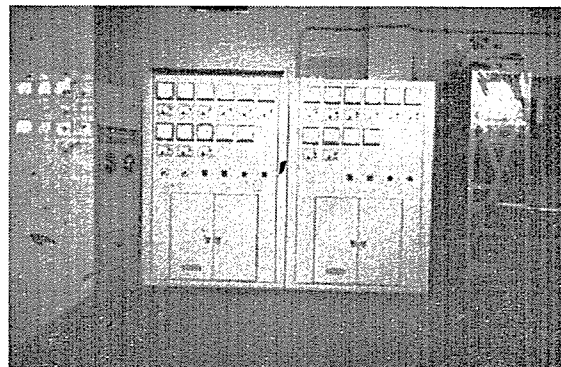


Fig. 5.3 Alarm and recorder panel (center)

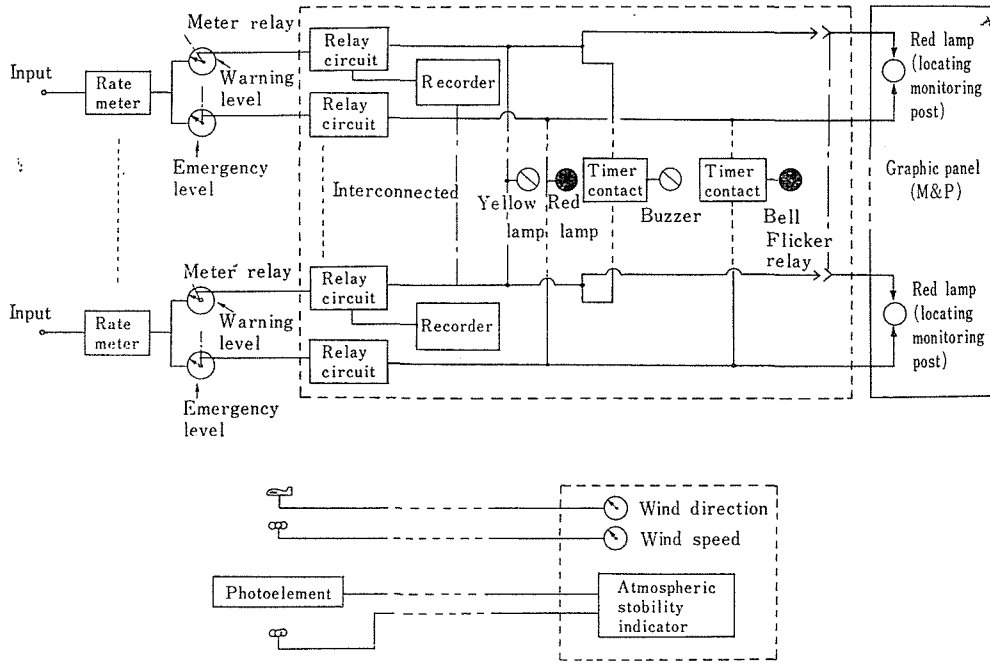


Fig. 5.4 Systematic diagram of audio and visual alarm system and meteorological instruments



Fig. 5.5 Graphic panel

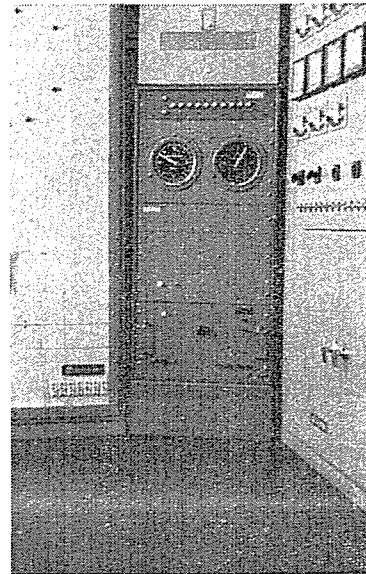


Fig. 5.6 Meteorological indicator (center)

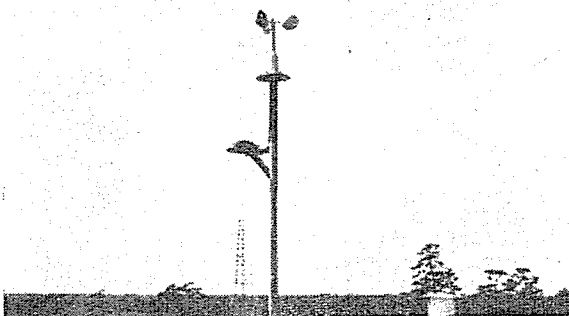


Fig. 5.7 Detector of atmospheric stability indicator (for wind speed and insolation)

警報・記録部は警報発振用リレー装置、記録計、メータ・リレー等が取付けられ、警報・記録計のすべての操作がここでおこなわれる (Fig. 5.3)。記録計は小型記録計 (富士機器 MRa 型) でインクの不要の電流焼付 10 秒間隔打点式のものであり、記録紙送り速度は 50mm/hr (25mm/hr も可能) である。警報装置の電気系統図を Fig. 5.4 に示す。その動作の概略を述べる。警報表示は "要注意 (Warning level)" と "危険 (Emergency level)" の 2 段でおこなう。受信部のレートメータにはメータ・リレーが取付けられ 50 μ R/hr で接点が on となり、"要注意" の表示がブザーの鳴響と同時に警報・記録盤上の黄色ランプが点燈する。このとき検出器位置

を赤ランプで示したグラフィックパネルで、異状を検出した点の赤ランプが点滅し、位置の確認が速やかにおこなわれる。記録も全数一斉に働き記録を開始する。これらはすべて手動リセットするまで動作を継続する。検出線量率がさらに増加し $100\mu\text{R/hr}$ となると、警報・記録盤に取付けられた2段目のメータ・リレーの接点が on となり、“危険”表示のベル鳴響、警報・記録盤上の赤ランプの点燈、グラフィックパネルの赤ランプの点滅が連続点燈に変わりその危険を示す。この“危険”信号は守衛所のアラームパネルにも伝送され、ブザー、ランプの表示で知らせることができる。なお中央監視室内のブザー、ベルは過熱による故障を防ぐため、1周期25秒(50秒も可能)のタイマーを用い、1周期中に鳴響時間を10秒(0~18秒に連続可変可能)の断続で鳴響させることにしている。アラームのリレー系統の回路図を付録に示した。

グラフィックパネル(地図盤)は $1/3000$ の原研周辺の地図に、構内・構外のモニタリング・ポストの位置を赤ランプで示した。異状を検出した点でのランプは先に述べたように、フリッカー(継続)点燈(要注意)と連続点燈(危険)のいずれかでその異状度を示す。中央監視室は白ランプで表示、モニタリング・ステーションは緑色ランプで示した(Fig. 5.5)。

気象観測機器は、非常事故検出の際の気象条件を知る

ことが野外における被ばく解析の上からきわめて重要であるので、風速計、風向計それに大気安定度を示す計器を専用ラックに取付け、常時表示をおこなっている。外觀を Fig. 5.6 に示す。風向、風速は、通常的气象観測に用いられる風車型風向風速計で、検出部は当所的气象観測塔地上 10m に設置してある。大気安定度は、英国気象局法²¹⁾に準じた TABLE 5.1 に示すような区分に従い、

TABLE 5.1 Stability classification

Wind speed (m/sec)	Insolation (cal/hr/cm ²)			Night
	>51	49~25	≤24	
< 2	A	A-B	B	F'
2~3	A-B	B	C	F
3~4	B	B-C	C	E
4~6	C	C-B	D	D
6<	C	D	D	D

3杯型ロビンソン風速計と日射計からの指示の組合せによって表示される²²⁾。検出部を Fig. 5.7 に示す。

中央監視室には先に建設されたモニタリング・ステーションも同じく設置され、モニタリング・ポストでおこなえない測定をおこない互に相おぎなって野外における観測網を形成しており、中央監視室は文字通り野外放射線観測の中央ステーションとなっている。

6. 観測結果および考察

6.1 校正

空間 γ 線量率の校正は、0.5mm 厚の Pt カプセルに入った Ra 標準線源を使用し、次の関係式でおこなった。

$$R = \frac{0.84C}{d^2}$$

ここに

C: 0.5mm¹ 厚の Pt カプセルに入った Ra の質量 (g)

d: 線源と検出器の距離 (m)

R: 検出器の位置での γ 線量率 (R/hr)

実際に用いた Ra の質量は 2.02mg であった。

野外の自然 γ 線は、エネルギー・スペクトルが Ra の γ 線に類似していると考えられるので、標準的な校正には Ra 線源を用いたが、精度を余り要しないときは安価で取り扱い易い ¹³⁷Cs, 1.88mCi の比較線源を用いた。

なお、検出部の GM 計数管の β 線遮蔽円筒内には ⁹⁰Sr のチェック・ソースが内蔵されている。その線源のシャッターは中央監視室で遠隔操作によって開閉することができる。そのとき、GM 計数管は一定の放射線量率で照射される。それ故、一度標準線源による校正をおこなえば、その後しばらくの間はいつでも簡単に校正をおこなうことができる。ただし、標準線源で校正した状態でのチェック・ソースによるレート・メータの指示値を記録し、そのときの計数率を計数器で測定しておくことが必要となる。

検出器として用いた GM 計数管 Anton 106 のいくつ

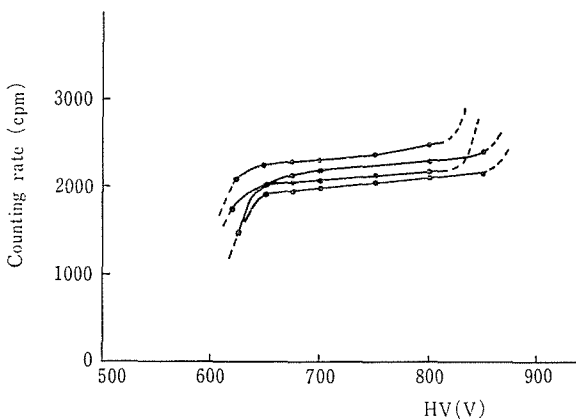


Fig. 6.1 Plateau characteristics of GM tube Anton 106

かのプラトー特性の測定例を Fig. 6.1 に示す。高圧としては普通 700V を印加し使用している。Anton 106 を現在まで使用してきた経験によれば、個々の特性のばらつきは比較的少ない。たとえば、計数率と γ 線量率との間の換算係数は、Ra 線源を用いたとき、 0.335 ± 0.037 (標準偏差) $\mu\text{R/hr/cpm}$ であった (1962 年入荷の 60 本について測定)。本装置では γ 線だけを測定しているので Anton 106 には 2mm 厚の真ちゅうをかぶせ、 β 線遮蔽をしている。そのときのエネルギー依存性は 0.3 MeV 以上 1.5MeV まで、 $\pm 20\%$ の範囲で平坦である²³⁾。 γ 線に対する感度の方向依存性は、管の中央部を基点として、管の長軸方向と 30° 以下の角度をなす方向を除けば、約 10% の変化があるに過ぎない。校正の際は、管の長軸に対して直角の感度をもっともよく、角度による感度変化が少ない方向に線源を置いた。

Anton 106 で計数率が大きくなったとき、真の γ 線量率に対して実際に指示計にあらわれる γ 線量率を測定した 1 例を Fig. 6.2 に示す。このグラフは GM 計数管の dead time から数え落しを計算した値ともよく一致した。計数落ち 10% 以下で約 50mR/hr まで直線性もっている。TABLE 6.1 に Anton 106 の特性を示す。

6.2 観測結果

6.2.1 バックグラウンド指示

モニタリング・ポストでは、計器の通常使用される指

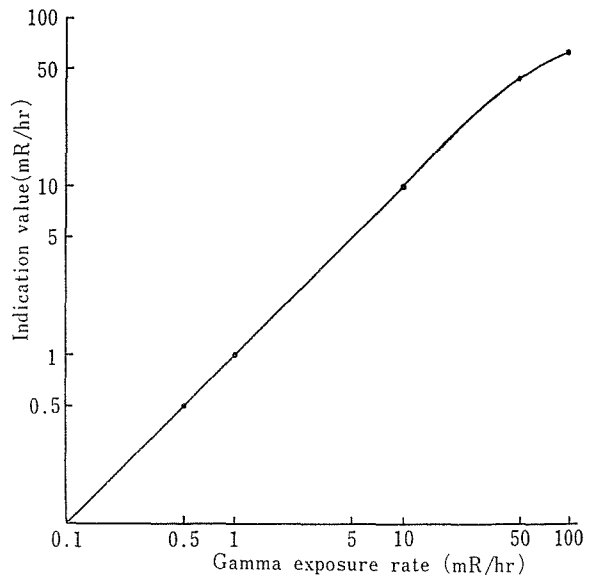


Fig. 6.2 Counting rate characteristics of GM tube Anton 106

TABLE 6.1 Characteristics of Anton 106 GM tube

Recommended Operating Voltage	700V
Operating Plateau Length, at 100 c/s	100V.Min
Relative Plateau Slope, averaged for interval 650—750V at aprox. 100c/s	0.10%/V.Max
Dead Time at Recommended Operating Voltage	100 μ sec
Maximum Counting Rate	10,000c/s
Background at 700V	35c/s
Operating Temperature Range	-55°C to +75°C
Capacity	2.8pF
Cathode Material : stainless steel	
Computed beta particle transmission for Type 106 is as follows :	
Energy of β source	Transmission
	30mg/sq.cm 174mg/sg.cm
0.154MeV..... E_{max} of ^{14}C	0.03%.....0
0.250 " E_{max} of ^{45}Ca	1.5%.....0
0.65 " E_{max} of ^{90}Sr	31.0%.....0.1%
1.712 " E_{max} of ^{32}P	72.4%.....15.5%

TABLE 6.2 Environmental gamma radiation at the On-site monitoring post, June, 1966

Location (Monitoring post)	Exposure rate* ($\mu R/hr$)	Indication of Monitoring post ($\mu R/hr$)
No. 1	8.9	14
No. 3	10.5	17
No. 4	13.4	14
No. 8	10.8	15
No. 9	9.7	14

* Exposure rates were measured by the GM tube Anton 106 for 20 minutes.

示範囲を $10\mu R/hr$ から $10mR/hr$ としている。校正は $100\mu R/hr$ 以上の線量率でおこなっている。そのため、平常のバックグラウンド線量率のように、計器の指示範囲の下限の $10\mu R/hr$ 程度のレベルは、精度の関係で正確には指示がなされない。そこで、モニタリング・ポストの設置地点での正確なバックグラウンド線量率をあらかじめ測定しておくのが望ましい。ところで、当所構内の土質は、比較的一様な砂地であるため、原子力施設からの影響のないときの、バックグラウンド γ 線量率は構内では場所による変化が少く、約 $\pm 1\mu R/hr$ のばらつき範囲内であることが、定期におこなった野外の放射線サーベイの結果から知られている。ただし構内モニタリング・ポスト No. 4 (以下 MP-4 などと略記) は廃棄物貯蔵施設の付近にあるので、その影響を常に受けている。他のモニタリング・ポストは常時は施設からの放射線の影響を受けていない。TABLE 6.2 に 1966 年 6 月におこなったいくつかのモニタリング・ポストの地点でのバックグラウンド線量率のサーベイ結果と、その時のモニタリング・ポストの指示値を示す。サーベイで用いた検出器は Anton 106 であって、測定時間は 20 分である。ただし、ここに述べるバックグラウンド線量率とは、Anton 106 自体の管壁の汚染などによる計数分(約 $1.5\mu R/hr$ 相当)を差引かなかったときの値である。9 ヶ所の構内モニタリング・ポストの位置での γ 線量率のバックグラウンドは MP-4 における $13.4\mu R/hr$ を除いては、施設から放出される ^{41}Ar の影響や、 γ 線の漏洩の影響のないときは $10\pm 1\mu R/hr$ 程度である。

この値は構内モニタリング・ポストと同じ測定条件(地上 1.5m, 横向きに Anton 106 を設置)で空間 γ

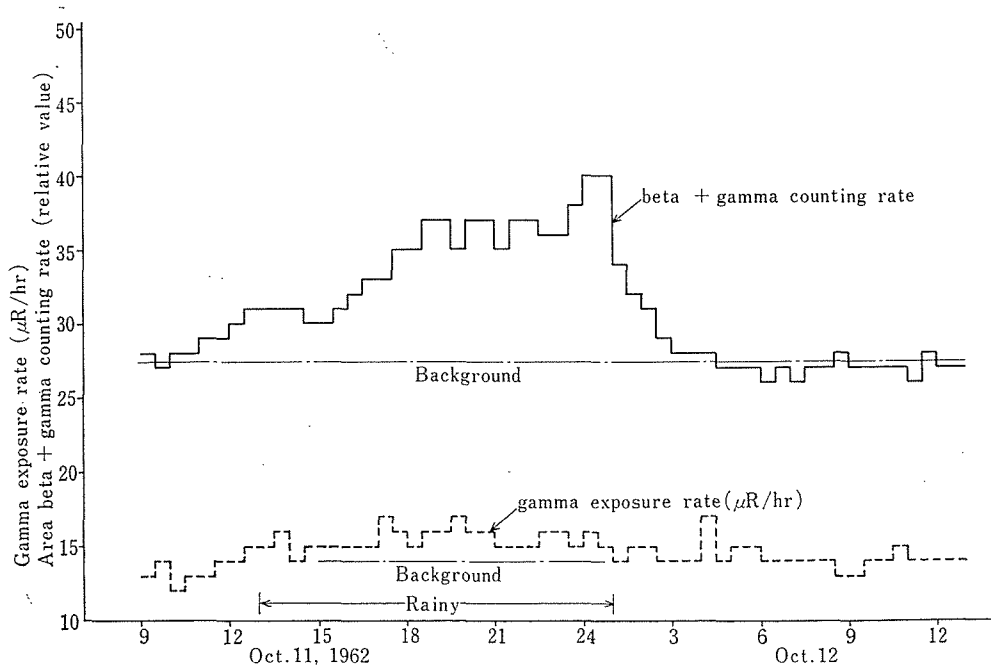


Fig. 6.3 Increase in area beta+gamma counting rate and gamma exposure rate by rain

線量率を連続測定している構内のモニタリング・ステーション⁷⁾ No. 1 での観測値, 約 $11\mu\text{R/hr}$ (1966年4月) とよく一致している。

記録は, 10秒間隔の打点式記録計によっておこなわれるので, 記録紙から指示値を容易に読み取ることができる。原子力施設からの影響のないときの各モニタリング・ポストの指示の平均値は $13\sim 18\mu\text{R/hr}$ の範囲に入っているが, それらの値は正確ではない。しかしながら, 原子力施設の平常運転時の影響によって γ 線量率の増加 ($5\sim 10\mu\text{R/hr}$ 程度) があらわれた場合には, その増加分だけを評価するときの誤差は $\pm 20\%$ 程度であって, 放射線監視用としては十分良好な精度である。

6.2.2 平常時観測²⁴⁾²⁵⁾

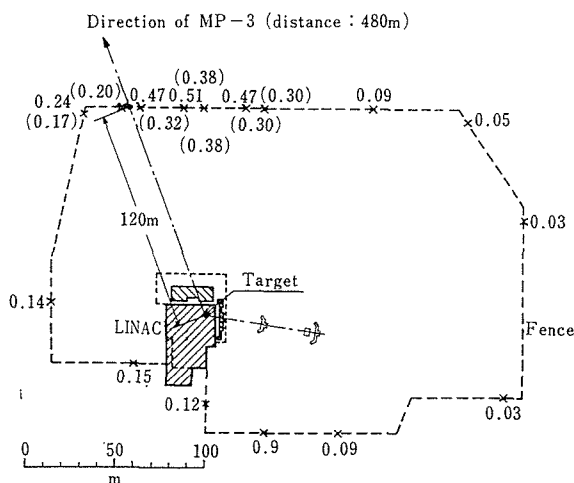


Fig. 6.4 Gamma exposure rate (mR/hr) for Pt target irradiation by the Linear Accelerator (LINAC)
Operation of the LINAC
Energy : 20MeV
Meam current : $40\sim 60\mu\text{A}$

1) $\beta+\gamma$ 線量率と γ 線量率

本装置では, 空間 γ 線量率の測定だけをおこなっている。しかし, 初期には $\beta+\gamma$ 計数率をも試験的に測定したことがある。降雨の際 $\beta+\gamma$ 計数率の上昇が生じたことが観測されたので, それを Fig. 6.3 に示す。同じ時間の γ 線の上昇はあまり大きくない。この上昇は自然放射能によるものと考えられた。 $\beta+\gamma$ 計数率を測定するよりも γ 線量率を測定の方が放射性雲の分布の評価が容易なので, γ 線量率だけを測定することに決定された。

2) 原子力施設から野外に洩れる γ 線

線型加速器 (LINAC) では加速された高エネルギーの電子ビームがターゲットに当たって阻止X線を放射し, この阻止X線がコンクリート等の遮蔽により吸収・散乱を受けながら LINAC 建家外に漏洩する。MP-3 は LINAC から 480m の距離にあって, 野外に洩れ出てくるこの放射線が強い方向にあたっている。Fig. 6.4 は LINAC が 20MeV, 平均電流 $40\sim 60\mu\text{A}$ で Pt ターゲットを用いて運転したときの警戒区域境界沿いの γ 線サーベイを, 電離箱を用いておこなった結果と MP-3 の方向とを示す。Fig. 6.5 には LINAC の運転にともなって MP-3 の γ 線量率が時間的に変化する状況を示す。 γ 線量率の上昇は通常約 $10\mu\text{R/hr}$ である。LINAC で Pb ターゲットを用いているとき, 野外へ漏洩する γ 線量率は, Pt ターゲットを用いているときよりも少ない。Pt ターゲットは厚み $2\sim 3\text{mm}$ であって, 高速電子のエネルギーを用いてラジオ・アイソトープを製造する目的に使用される。Pb ターゲットは, 同様に高速の電子を当てることによって発生した阻止X線による光核反応によって中性子を発生させるために用いられ, ターゲットの厚さは約 10cm である。野外に漏

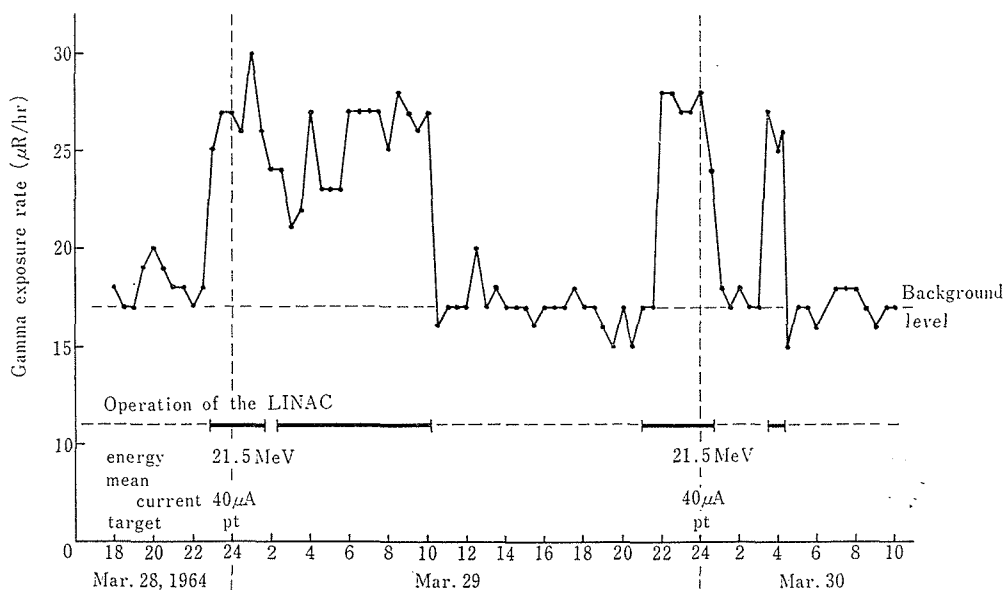


Fig. 6.5 Variation of gamma exposure rate by the operation of the LINAC at the Monitoring post No. 3

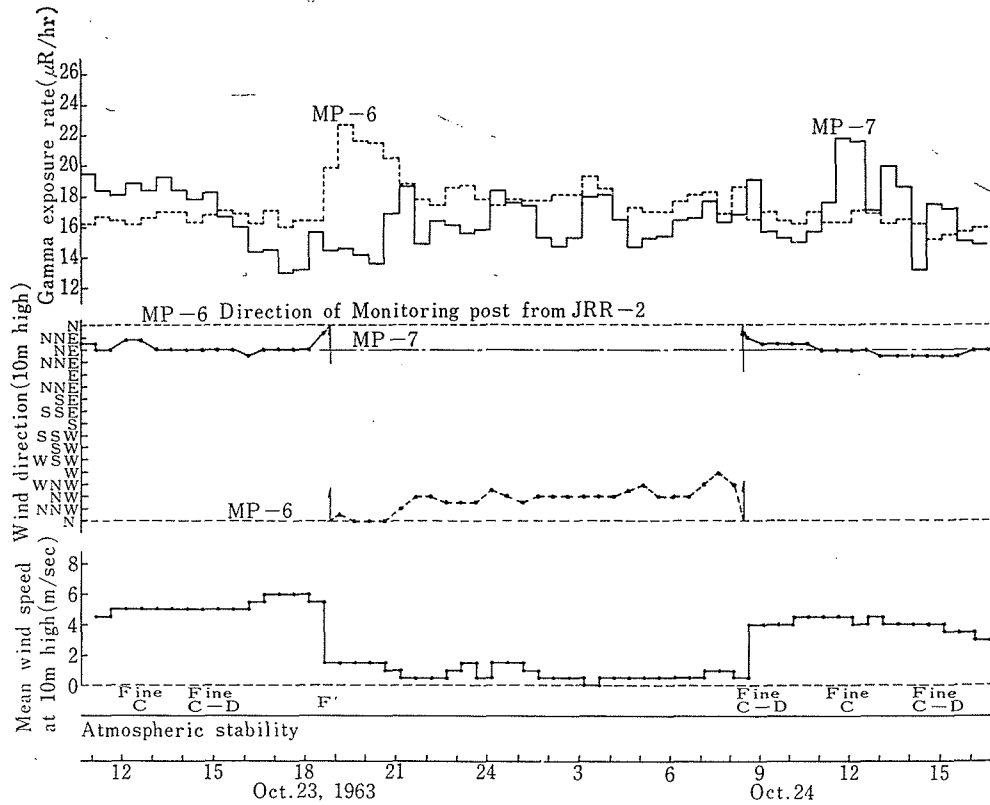


Fig. 6.6 Variation in gamma exposure rate by ⁴¹Ar cloud released from JRR-2 reactor stack
⁴¹Ar release rate : 1.4mCi/sec (reactor thermal power 5MW, release height 40m)

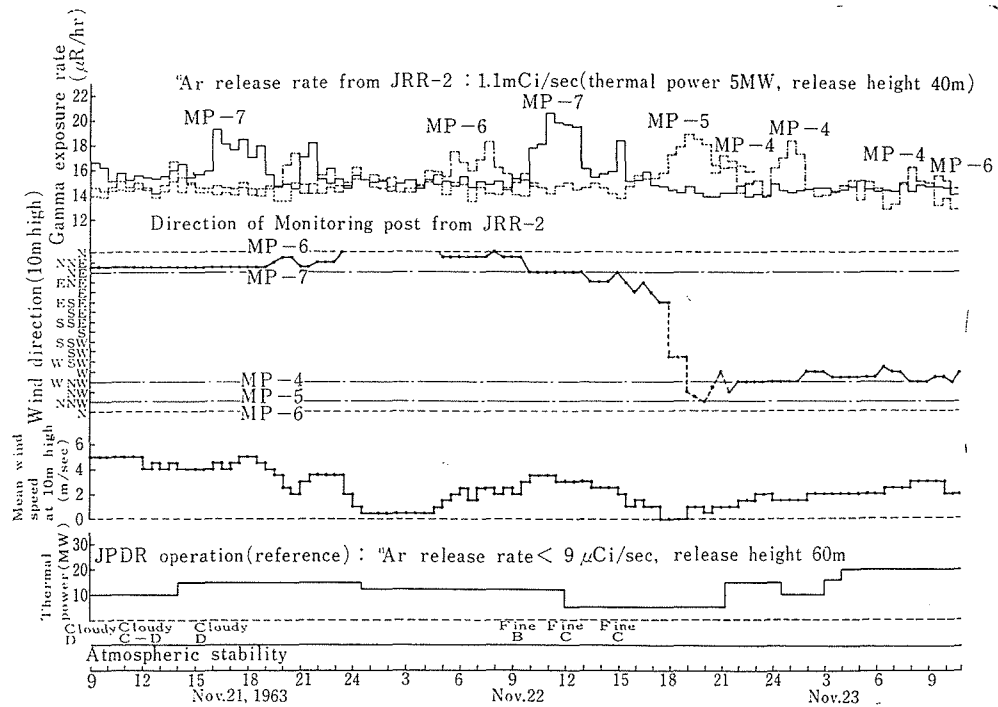


Fig. 6.7 Variation in gamma exposure rate by ⁴¹Ar cloud released from JRR-2 reactor stack

洩する γ 線 (つまりこの場合には高エネルギーの阻止 X 線) の線量率は, ターゲットが厚いほど遮蔽がよくなるため, Pb ターゲットを用いた場合の方が少ないのである。

TABLE 6.3 Typical ^{41}Ar release rate on operation time

Reactor	^{41}Ar release rate	Release height	Reactor thermal power	Date
JRR-2	640 $\mu\text{Ci}/\text{sec}$	40m	10MW	Dec. 24, 1965
JRR-3	170 $\mu\text{Ci}/\text{sec}$	40m	10MW	Mar. 1961
JPDR	<9 $\mu\text{Ci}/\text{sec}$ expected value	55m	45MW	Nov. 1963
Tokai Reactor	150 $\mu\text{Ci}/\text{sec}$	80m	200MW	Dec. 21, 1965

3) 原子炉から放出される ^{41}Ar からの γ 線

東海村地域に存在する原子炉の煙突から大気中に放出された ^{41}Ar の代表的な放出率を TABLE 6.3 に示す. 本装置では JRR-2 からの ^{41}Ar 放出による γ 線量率の上昇は判別できるが, JRR-3 や東海炉 (改良型コルダール原子炉) からの ^{41}Ar 放出による γ 線量率の上昇はバックグラウンド放射線の変動の中に隠れてしまうため, 判別できなかった. Fig. 6.6 に JRR-2 から 1.4mCi/sec の割合で ^{41}Ar が放出されているときの, MP-6, MP-7 での γ 線量率の変化と, そのときの風向・風速を示す. 風向の標示の中に JRR-2 から MP-6, MP-7 の方向も示し風下にあたるモニタリング・ポストを明らかにした. これによれば, γ 線量率の上昇は風下方向と一致したとき最大で, 風速が小さくな

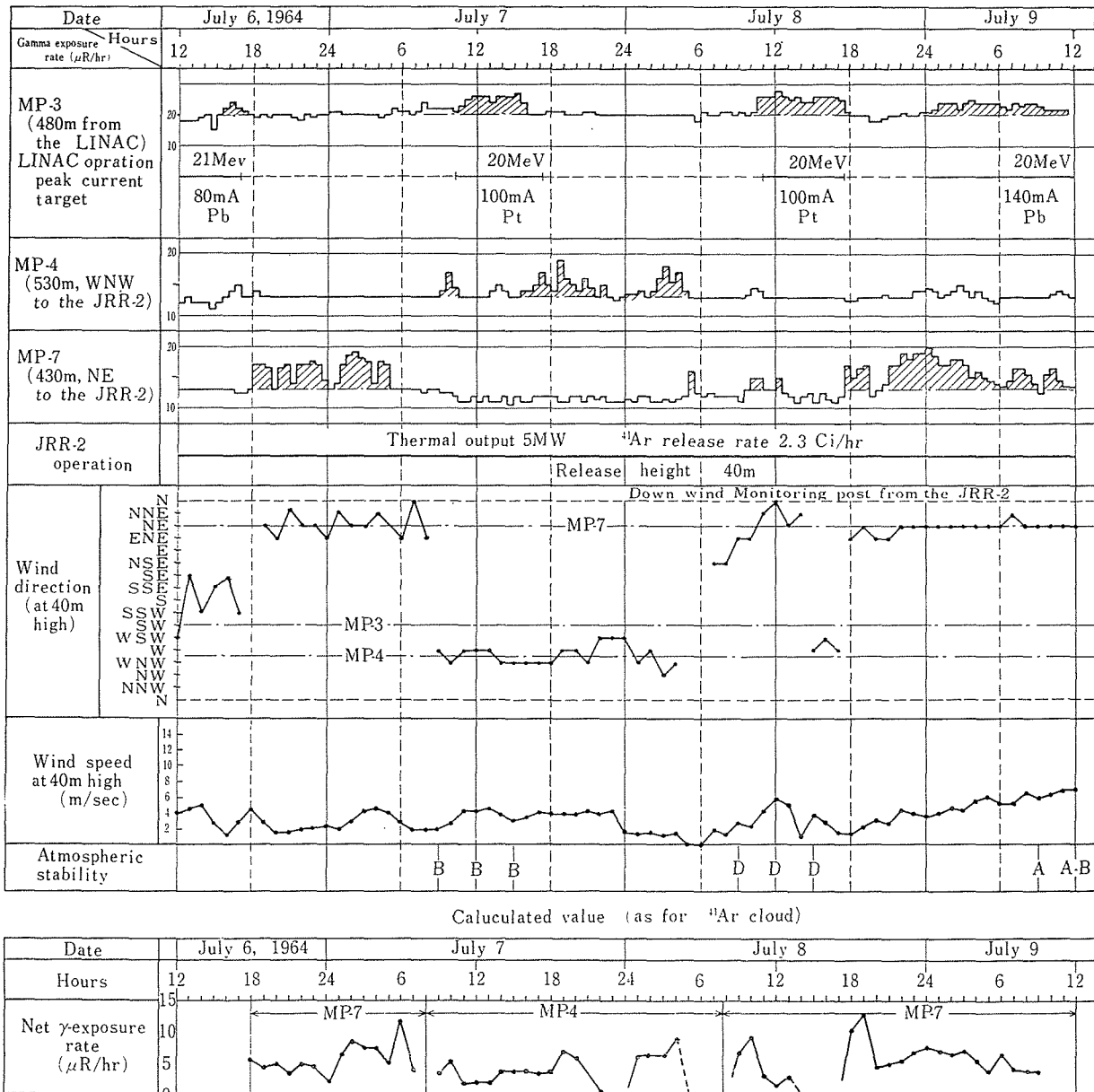


Fig. 6.8 Variation of gamma exposure rate by the operation of the JRR-2 and/or the LINAC

れば大きくなるという傾向がわかる。なお、この図の下側には、いくつかの時点における大気安定度を示した。

次に、Fig. 6.7 に、JRR-2 が 1.1mCi/sec の割合で ⁴¹Ar を大気中に放出しながら運転したときのモニタリング・ポストでの γ 線量率の変化を示す。風のあるときのモニタリング・ポストにおける γ 線量率の上昇は、Fig. 6.6 と同様な傾向を示した。各モニタリング・ポストの JRR-2 を中心としたときの位置は TABLE 1.1 のようである（観測をおこなっていたのは MP-1 から MP-9 までの構内モニタリング・ポストであった）。また、この表を図にあらわせば Fig. 1.1 のようである。Fig. 6.7 の下側の部分には、参考までに JPDR の運転状況を熱出力で示した。JPDR の ⁴¹Ar 放出による γ 線量率の上昇は検知されなかった。

次の Fig. 6.8 には LINAC と JRR-2 の双方が運転しているときの γ 線量率の変化の状況を示した。MP-3 の γ 線量率の上昇は LINAC の運転時間と一致している。MP-4, MP-7 では JRR-2 の ⁴¹Ar 放出 (2.3 Ci/hr の割合) によって γ 線量率が上昇した。この図の γ 線量率は30分間平均値である。その中では、MP-7 の 7 μ R/hr の増加がもっとも大きかった。また、この

図には、地上高 40m (⁴¹Ar 放出源の高さ) の風向・風速を示した。この風向・風速の値を用いて、大気安定度を D と仮定して、MP-4, MP-7 における ⁴¹Ar 雲からの γ 線量率の上昇を計算により求めた結果をこの図の下側の部分に示した。用いた計算は参考文献²⁶⁾によるもので参考までに引用、Fig. 6.9 に示す。ここで、MP-4 については、風向が WNW と W の中間にあるものとして計算結果を適用した。計算値と観測値はよく一致していると云えた（ここで採った観測値とは30分間平均値であり、風向、風速は1時間毎に約10分間をとって、その10分間についての平均値である）。

6.2.3 観測記録にあらわれた雑音の影響

ここで述べるのは、構内モニタリング・ポスト装置において、雑音妨害を受けた概況である。その時期は1963年からの約3年間であった。構外モニタリング・ポストは伝送方式が改善されているので、雑音妨害を受けることは、構内モニタリング・ポストよりも、はるかに少ない。

1) 継続時間の短い電氣的雑音

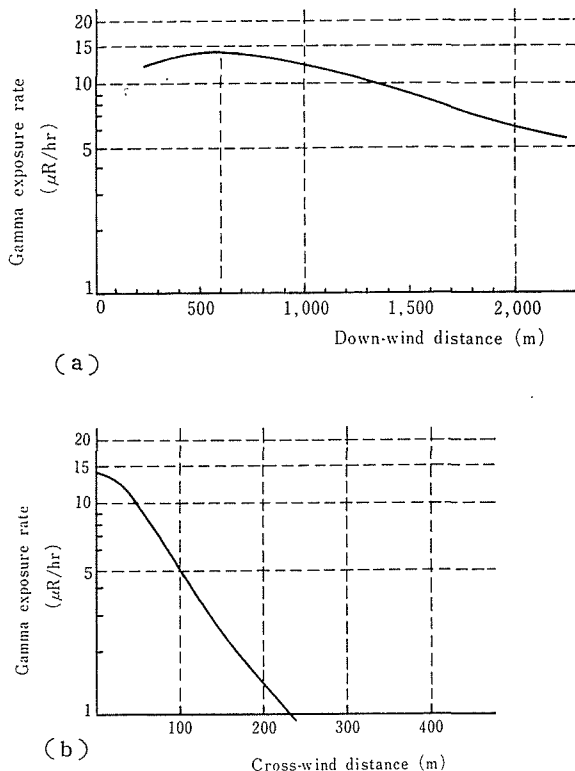
電氣的雑音として、観測記録に影響を及ぼすものには、短時間内にレート・メータの指示を大きく振らせて、誤警報（ミス・アラーム）を発生させるがすぐに雑音妨害が終わってしまうような継続時間の短いものがある。原因としては次のようなことがあった。

- a) モニタリング・ポストに用いている同軸ケーブルの近くに布設されている電力用配電線間で、短絡などの事故が起きること。短絡事故がモニタリング・ポスト用ケーブルには直接には被害を及ぼさなくとも、誘導によって妨害を与える。
- b) 短時間の停電があること。モニタリング・ポスト装置の電源が切れた際の過渡状態で、レート・メータの指示回路のコンデンサが充電されることにより指針がアラーム・レベル以上に振れ、コンデンサに充電された電荷が放電されないうちに、電源が復帰して誤警報が発生する。
- c) 建設工事用として仮配線された動力線が、モニタリング・ポスト用ケーブルの近くにあつて、かつ動力線で断続される電流が比較的大きいこと。

このような雑音によって妨害された記録の例を Fig. 6.10 に示す。妨害の発生とともにレート・メータの指示が急に上昇して、多くの場合誤警報を発生させ、その後はレート・メータの時定数に従って、正常の指示にもどって行く。

2) 継続時間の長い電氣的雑音

継続時間が20分以上にわたる場合の妨害では、空電が原因となるものが圧倒的に多かった。しかしながら空電以外にも電力系統から誘導を受けたいくつかの例もあったので、それについて述べる。原因としては、建設工事用に仮配線された動力線がモニタリング・ポスト用ケー



(a) Down-wind distribution
 (b) Cross-wind distribution at 600m
 Down-wind from release point
 Release rate 1Ci/hr/m/sec
 Release height 40m
 Atmospheric stability D

Fig. 6.9 Calculated gamma exposure from ⁴¹Ar cloud²⁶⁾

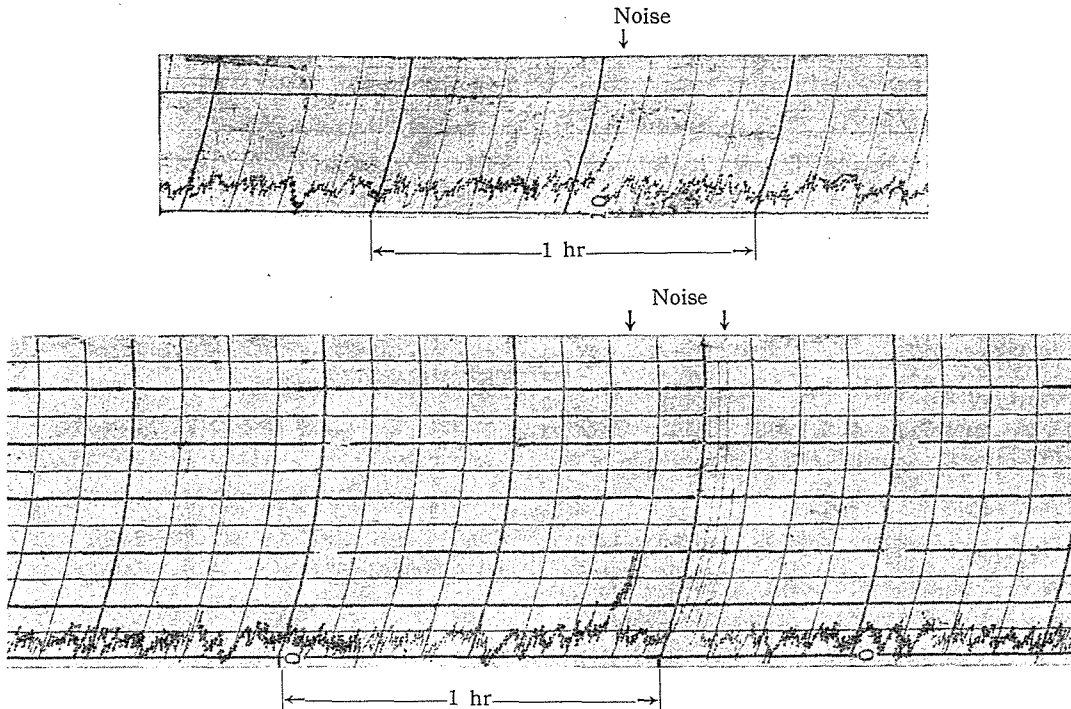


Fig. 6.10 Examples of short duration noise

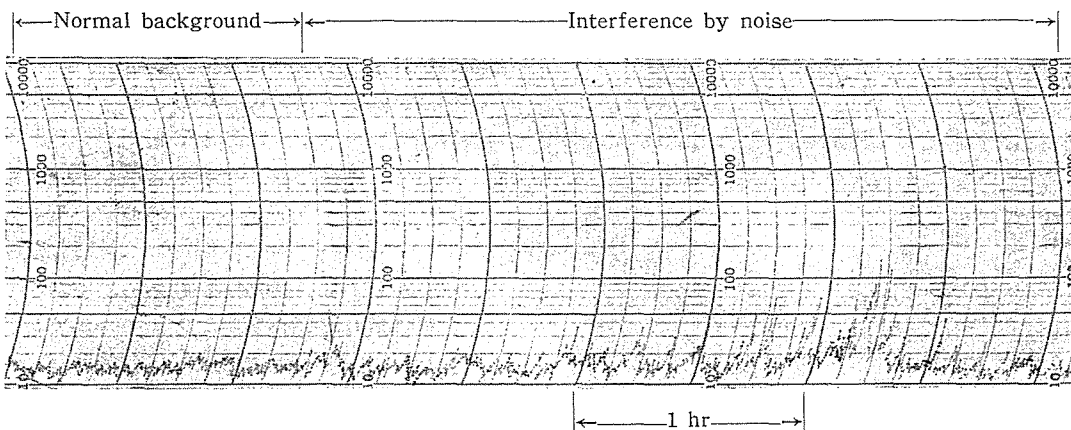


Fig. 6.11 An example of long duration noise

ブルの近くにおいて（約 10m 以内の離間距離で、平行して 50m 以上布設されていた）その動力線で、捲上機用モートルを使用していたことがあった。また、そのような動力線で電気火花を発生する機器を使用するときなども原因となることがあった。このような妨害を受けた記録の 1 例を Fig. 6.11 に示す。

3) 空電による妨害

空電による妨害は雷が近付いているときにもっとも激しくなり、測定器の機能が全く停止させられることがしばしばあった。空電による妨害の特徴は、すべてのモニタリング・ポストが同時に多少とも妨害を受けることである。そしてケーブルが長いほど、またケーブル布設線路中の架空部分が長いほど、強く妨害される。Fig. 6.12 には受信部入力回路のパルス波高選別レベルを最低（約 $20\mu\text{A}$ ）にしたときの、空電による妨害の状況を示す。

この図は、その事情をよくあらわしている。Fig. 6.13 に雷雨時の空雷によって乱された記録の例を示す。

4) 記録紙上での信号と雑音の区別

継続時間の短い電氣的雑音は、比較的数も多く、平均 4 ヶ月に 1 度程度誤警報を発生するという困った問題はあるが、記録紙上の形が決まっているので、放射線による信号の記録と区別することができる。継続時間の長い電氣的雑音では、放射線による信号の記録と比較して平均値のまわりの点のばらつきが大きい。しかしながら、時にはシンクロスコープによる波形観測をしたり、現地をサーベイしたり、原子力施設の運転状況や気象条件を照合したりする必要が生ずることもあった。空電による妨害を受けていることは、雷が近くにあることから判別できるが、この妨害は激しいものであるから、妨害を受けている間は、放射線モニタとしての動作が不能となる

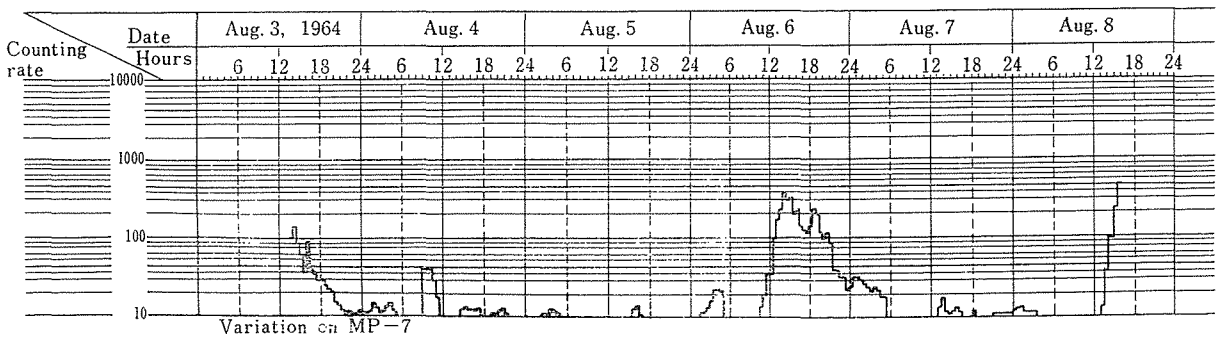
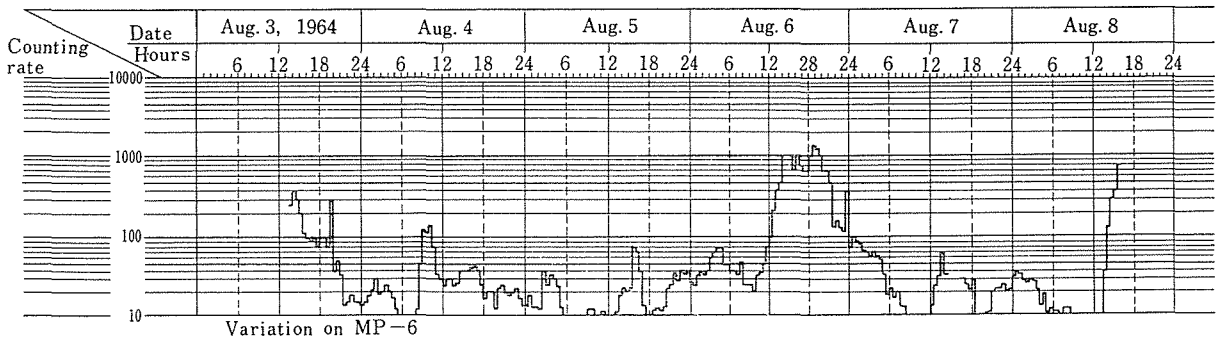
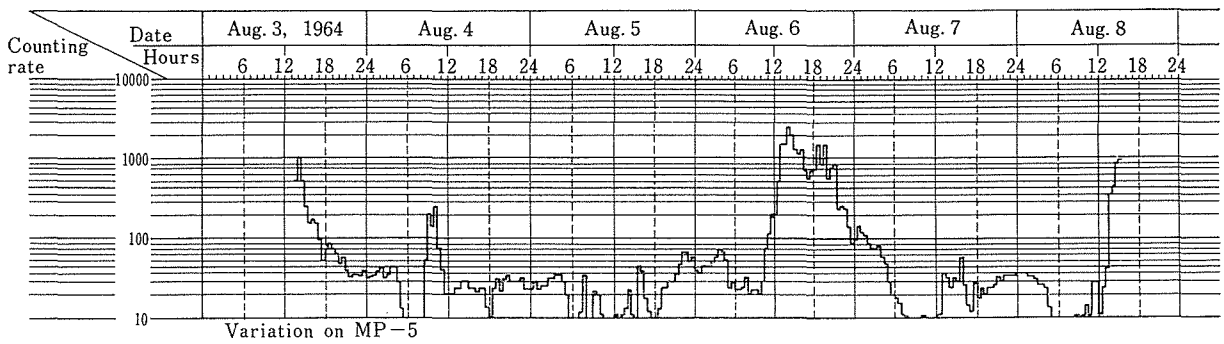
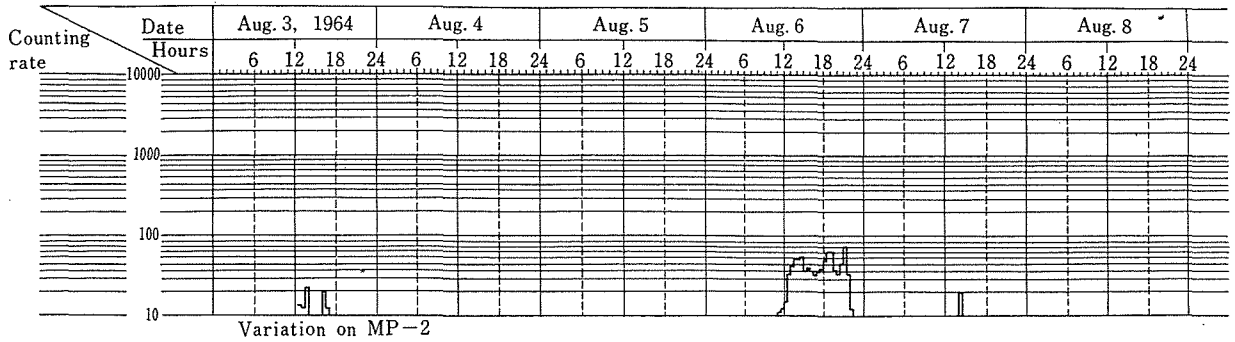


Fig. 6.12 Variation of noise level due to atmospheric (arbitrary unit)
(Discrimination level : about $20\mu A$)

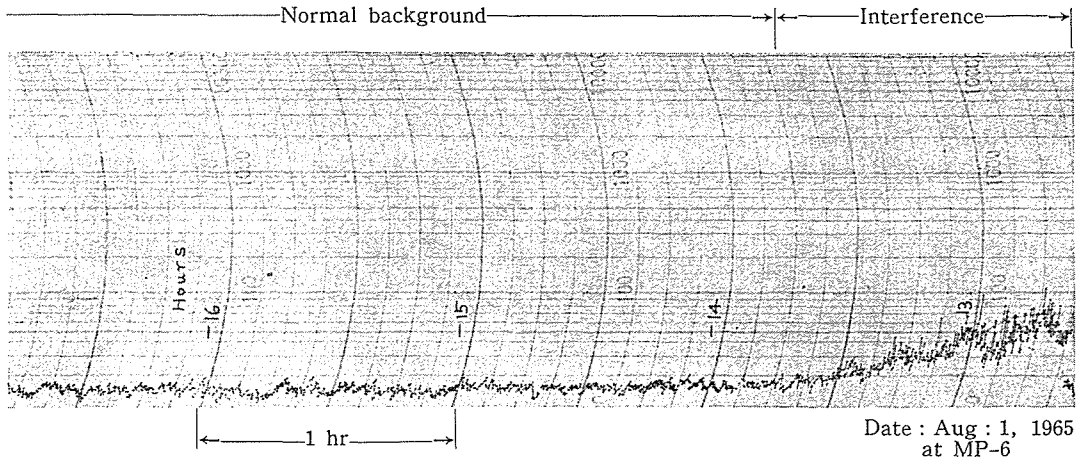


Fig. 6.13 Interference by atmospherics

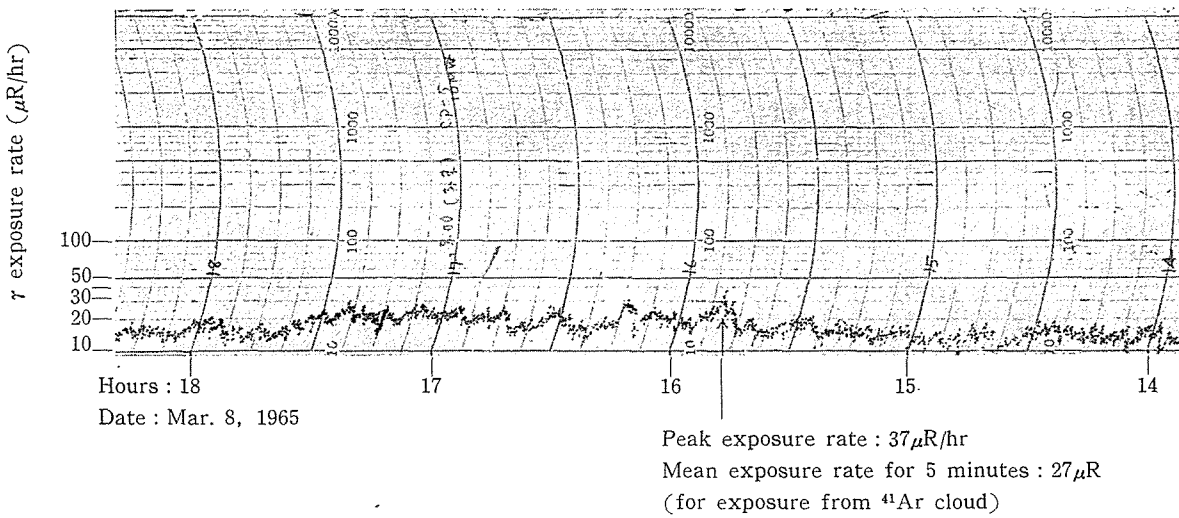


Fig. 6.14 Highest peak exposure rate observed by monitoring post

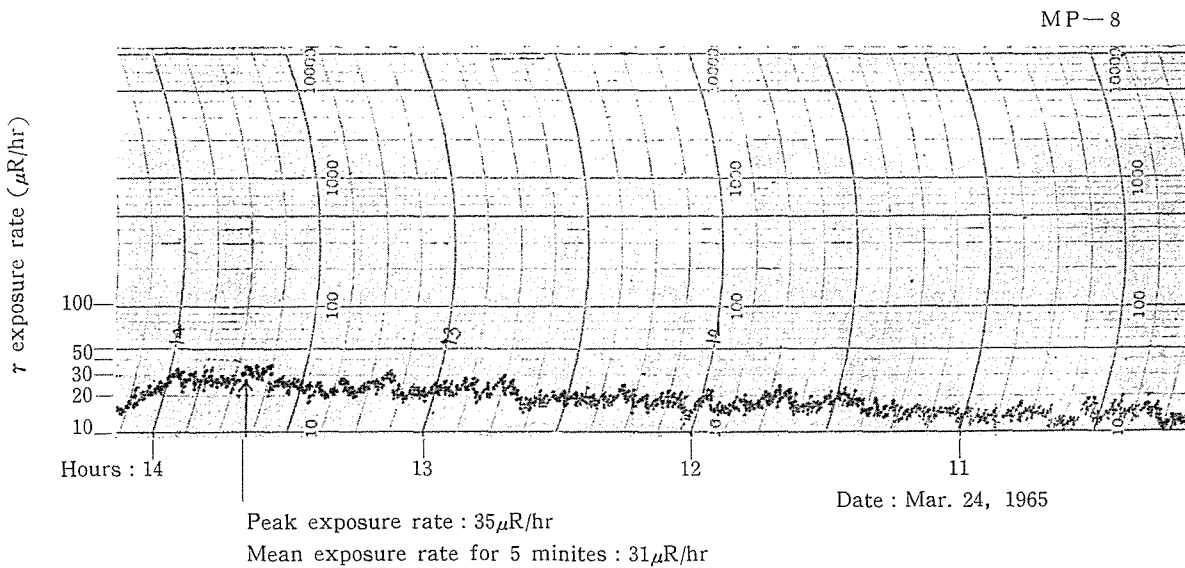


Fig. 6.15 Increase of γ exposure rate from ^{41}Ar cloud released from JRR-2

ことがしばしばあった。1965年の1年間9カ所のモニタリング・ポストで雷空電によって要注意レベル以上まで指針が振れた回数は9回であった。

6.2.4 アラーム設定値

モニタリング・ポスト装置では、空間 γ 線量率が50 $\mu\text{R/hr}$ になったときに第1段のアラーム（要注意レベル）を発生し、100 $\mu\text{R/hr}$ になったときに第2段のアラーム（危険レベル）を発生するようになっている。要注意レベルのアラームを発生するのは、50 $\mu\text{R/hr}$ 付近の指示をするときは約100秒の時定数で振れているレート・メータの指示が瞬間でも50 $\mu\text{R/hr}$ を越したときである。ところが、レート・メータの指示が瞬間的に尖頭値50 $\mu\text{R/hr}$ となっても、尖頭値が出たときのある時間内の γ 線量率の平均値は50 $\mu\text{R/hr}$ 以下である。ここでは尖頭値と、尖頭値が生じた瞬間を含む5分間の平均値を、 ^{41}Ar 雲からの γ 線量率を実測した結果から検討してみる。原子力施設の平常時運転にともなう空間 γ 線量率の上昇は、現在までのところでは、JRR-2の煙突から放出された ^{41}Ar 雲によるものが最も大きい。

Fig. 6.14 は、この ^{41}Ar 雲からの放射線によって空間 γ 線量率が上昇する状況を示している。この図にあらわれている尖頭値37 $\mu\text{R/hr}$ は、現在までに観測された尖頭値の中では最大のものであった。そのときの5分間平均値は27 $\mu\text{R/hr}$ であって、平均線量率と尖頭線量率の間には、10 $\mu\text{R/hr}$ という差がある。Fig. 6.15にも同様に ^{41}Ar 雲による空間 γ 線量率の上昇の状況を示した。この場合の尖頭値は35 $\mu\text{R/hr}$ であるが、そのときの5分間平均値は31 $\mu\text{R/hr}$ であるから、その間にはあまり差がない。このようにして観測された多くの資料の中から、尖頭線量率とそのときの5分間の平均線量率の相関関係を抽出して、図に示したものが、Fig. 6.16である。この相関図では、尖頭線量率を横軸に、そのときの5分間平均線量率を縦軸にとってある。このグラフで

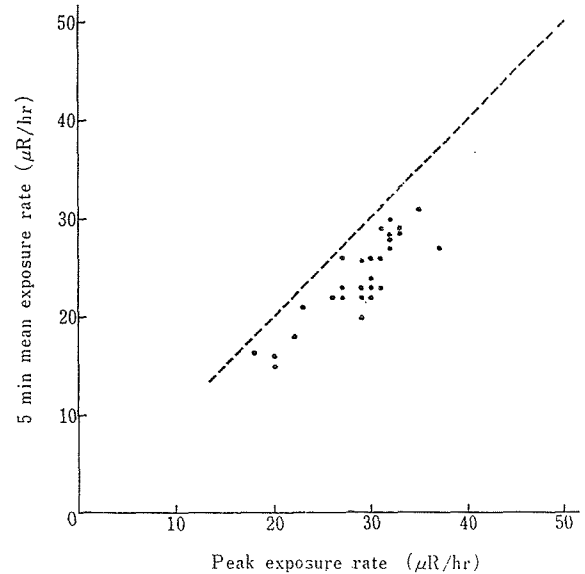


Fig. 6.16 Correlation of peak value and mean value for 5 min in the vicinity of the peak value (for exposure rate to ^{41}Ar cloud)

は、尖頭値30 $\mu\text{R/hr}$ 付近の点を多くとった。尖頭値30 $\mu\text{R/hr}$ のときの5分間平均値との間の差は平均値4.8 $\mu\text{R/hr}$ 、標準偏差 $\sigma=2.2\mu\text{R/hr}$ であった。

この結果を要注意レベル50 $\mu\text{R/hr}$ まで外挿すれば、要注意レベルのアラームは5分間平均線量率については45.2 $\mu\text{R/hr}$ ($\sigma=2.2\mu\text{R/hr}$)で発生すると考えられる。

現在までに、モニタリング・ポスト装置で観測された空間 γ 線量率の尖頭値は最大で37 $\mu\text{R/hr}$ であったから、50 $\mu\text{R/hr}$ に要注意レベルのアラームを設定しておけば、原子炉の平常運転にともなう ^{41}Ar の放出によってアラームが発生することはない。また、原子力施設周辺の住民に対する年間許容線量0.5remよりも、はるかに低い線量に ^{41}Ar 雲からの被曝をおさえることができる。

7. 結 言

中央監視式野外放射線モニタリング・ポスト装置は、1961年度に計画し、1962年度より建設に着手した。現在まで検出器からの信号の遠距離伝送技術を開発、雑音妨害除去対策を確立、土地、電柱共架などの権利問題を解決し1966年6月にはほぼ完成した。

この装置は、ある程度以上の事故に対して野外において直ちに汚染を直接検出、被曝評価をおこない、十分すみやかに必要な緊急処置をほどこすためのものである。現在まで幸いそのような事故はないのでその有用性はまだ証明されていない。しかし原子炉から平常時運転で野外に放出される⁴¹Arからの照射線量率観測値から類推すると、事故時に放出されるであろう放射性核分裂生成物雲からの照射線量率を測定することにより所期の目的は十分達することができると判断された。

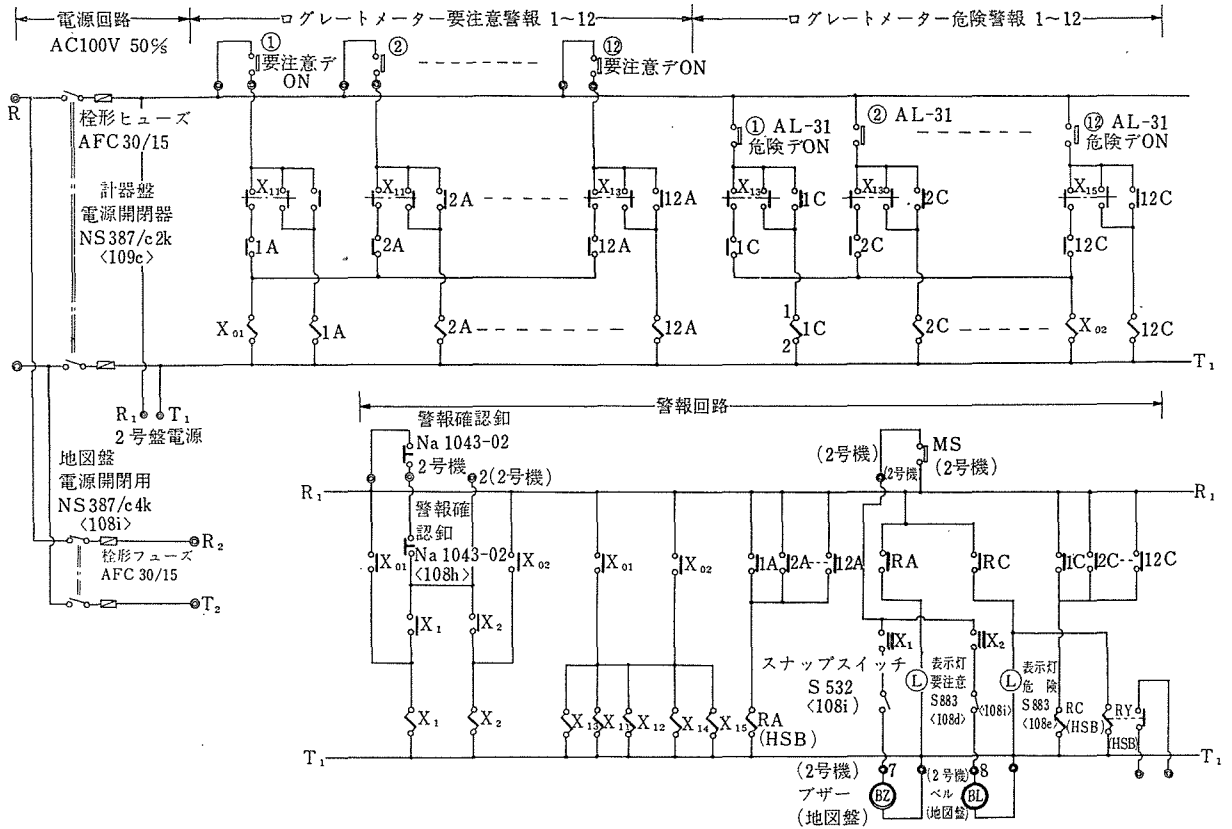
装置の稼働率は99%以上でその信頼性は十分高く、ま

た経済的にも一応満足なものと考える。原子力施設の安全性がより高まり、また確認され、このようなモニタリング装置を設置する必要のなくなる日の1日も早からんことを期待したい。

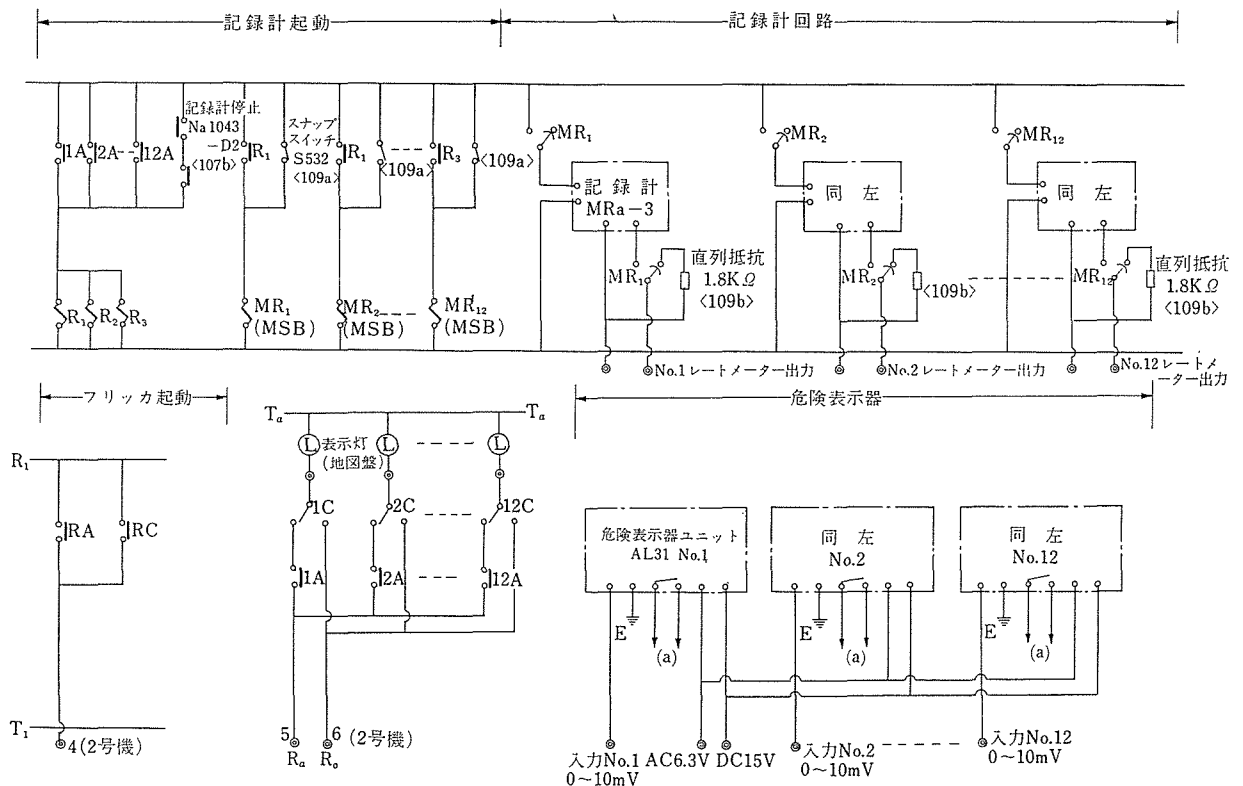
終りに本装置の建設のために終始御指導と、御激励を賜った前保健物理部長青木敏男氏、牧野直文氏、保健物理安全管理部長坂岸昇吉氏、建設業務を引継がれた線量計測課長日高丘平氏、種々御協力いただいた多くの保健物理安全管理部の方々に深く感謝する。またケーブル布設工事を担当された工務第1課木村竜治氏、富田剛司氏、用地の確保、電柱共架の交渉になみなみならぬ尽力をされた調達課、管財課の方々に厚く御礼申し上げる。更に本装置の製作にあられた富士電機製造KK、神戸工業KKの方々に御礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) J. F. LOUTIT, W. G. MARLEY and R. S. RUSSELL: The Nuclear Reactor Accident at Windscale, In Medical Research Council, The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiation (Second Report), Appendix H H.M.S.O. (1960)
- 2) Nuclear Incident at the SL-1 Reactor: IDO-19302 (1962)
- 3) J. R. BEATTIE: An Assessment of Environmental Hazards from Fission Product Releases, AHSB(S) R9 (1961)
- 4) 青木敏男, 坂岸昇吉, 宮永一郎, 石原豊秀, 伊藤直次, 角田道生: 原子炉事故に伴う汚染気体の放散による被曝解析と安全評価ならびに放射線障害防止対策について, JAERI-5003, p. 147 (1961)
- 5) 石原豊秀: 原子力施設の中央監視式野外放射線モニタリング・システム, JAERI-1090 (1965)
- 6) R. W. HENDEARSON: Source Measurement, Determining the Release from a Point Source by Remotely Located Samplers, LA-3094 (1964)
- 7) 石原豊秀, 佐々木論, 片桐浩, 角川正義: 放射線モニタリング・ステーションの建設と運転, JAERI-1098 (1965)
- 8) L. COSTRELL: Remote Radiation-Monitoring System, NBS-5471 (1957)
- 9) F. C. STREBE and W. R. KENNEDY: A Radio Telemetry System for the Measurement of Atmospheric Radioactivity UCLA-199 (1952)
- 10) J. B. S. WAUGH and R. W. NICHOLSON: *Nucleonics*, 18, 70 (1960)
- 11) H. MIWA and T. TOHYAMA: IAEA Conf. on Nuclear Electronics, 421 (1961)
- 12) H. MIWA and T. KASAI: Improvement of Radiation measuring Instruments by Current Mode Impedance Matching (1963) Personal communication
- 12) H. MIWA, T. KASAI and H. HAYASHI: Current-Sensitive Nuclear Instrument, *J. At. Energy Soc. Japan*, 2, 182 (1965)
- 14) 前田, 林, 新宅他: 応用物理学会予稿集, 173~181 (1963)
- 15) 石原, 城谷, 須賀: 原子力学会要旨集, C-17 (1963)
- 16) 石原, 城谷, 須賀: JAERI 5012, p. 59 (1963)
- 17) 石原, 城谷, 須賀: JAERI 5013, p. 93 (1964)
- 18) 石原, 城谷, 須賀: 原子力学会要旨集, F-48 (1964)
- 19) 石原, 城谷, 須賀: 原子力学会要旨集, F-59 (1965)
- 20) 城谷, 立田, 須賀: 応用物理学会予稿集, H-10 (1965)
- 21) P. J. MEADE: The Estimation of the Distribution of Concentration Down Wind of a Source of Airborne Material, G 11437 (1958)
- 22) 伊藤: JAERI 5012, p. 110 (1963)
- 23) 石原他: JAERI 1079 (1965)
- 24) 須賀, 城谷, 石原: 原子力学会要旨集, D-46 (1965)
- 25) 石原, 城谷, 須賀: JAERI 5014, p. 10 (1964)
- 26) 角川, 片桐, 石原: JAERI 5012, p. 77 (1963)

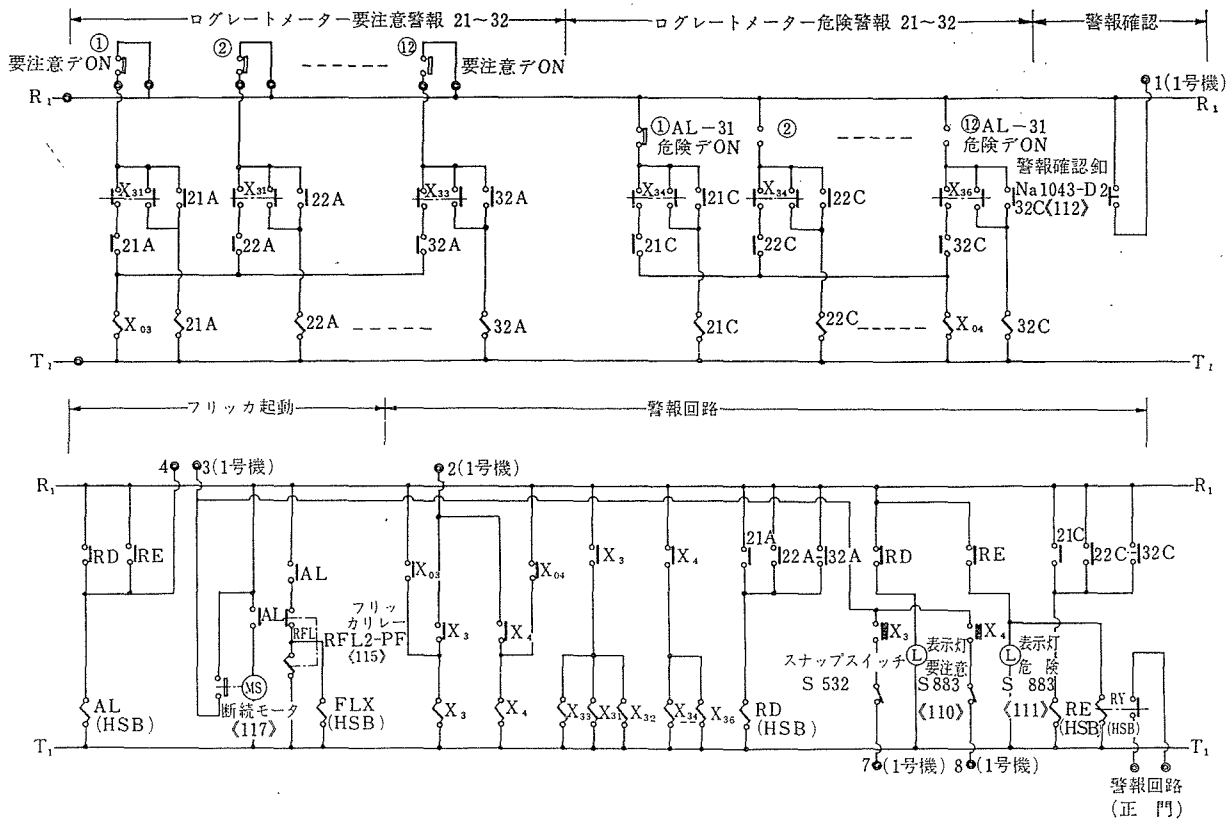


(a)

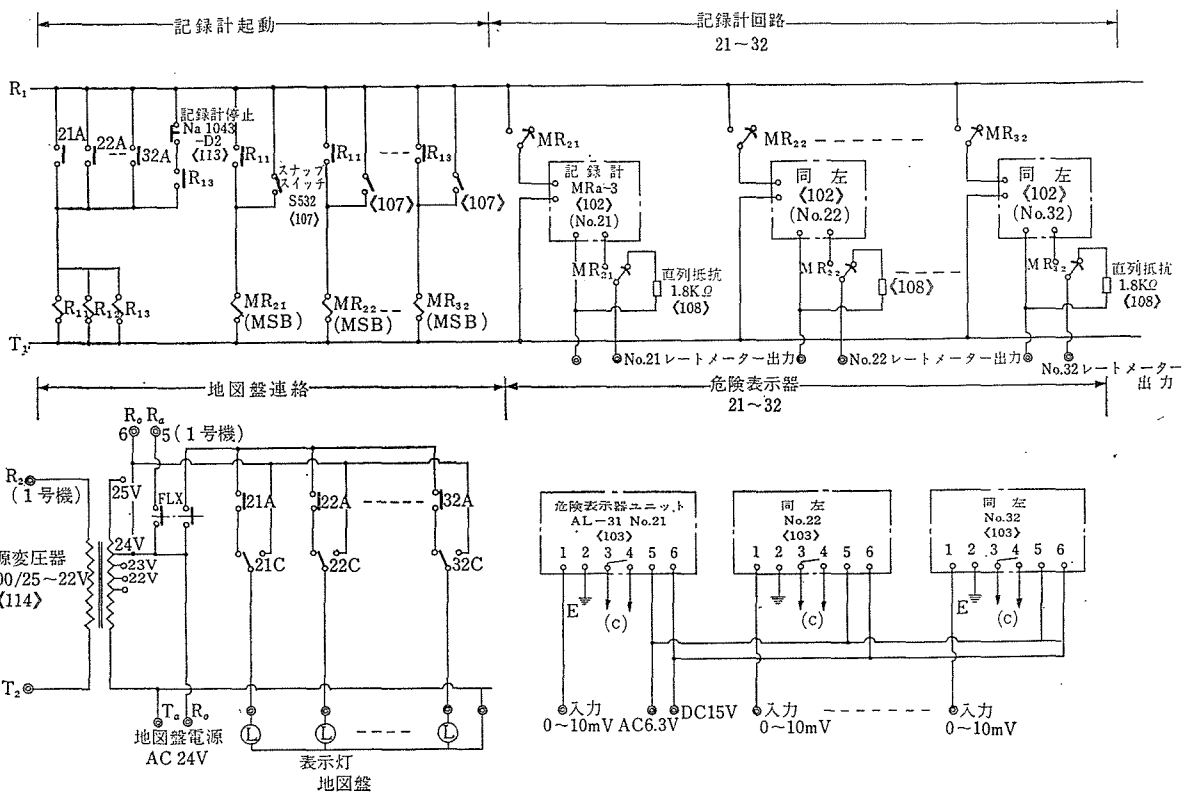


(b)

付録 警報・記録装置接続図



(c)



(d)

付録 警報・記録装置接続図