

日本原子力研究所(東海村)周辺における
環境放射線および放射能の測定と考察
(1956~1963)

July 1965

日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

日本原子力研究所（東海村）周辺における環境放射線 および放射能の測定と考察（1956～1963）

要 旨

当所敷地が東海村に決定した 1956 年から 1963 年までの敷地内外でおこなった環境放射線および放射能の測定法，核種分析法と測定結果をのべ，その水準と変動を明らかにするとともに各環境試料放射能相互間の関係について解析した。

すなわち空間分布放射線についてはその測定，校正法を，大気，降下物，環境試料（土壌，植物，水など）の放射能については，試料の採取，調製，測定，校正および核種分析法を説明した。また測定結果とその統計的解析により各環境試料放射能相互間の関係，大気放射能日変動の性質，大気放射能の沈着速度，沈着放射能の残存期間，土壌放射能のサンプリング誤差の性質などを明らかにした。

当所諸施設からの野外への影響は，現在までのところ JRR-1 原子炉を除き，大型原子力施設がほとんど稼動しなかったため，皆無に近かった。

1965 年 3 月

日本原子力研究所 東海研究所 保健物理部

石原豊秀，角川正義，佐々木諭，笠井 篤
人見清一，森内 茂，片桐 浩，松下紘三

Measurements and Considerations of the Environmental Radiation and Radioactivities about the site of the JAERI (1956~1963)

Summary

In the reports are described the methods of environmental radiation and radioactivity measurement, radionuclide analyses, and the results of environmental monitoring, about the Japan Atomic Energy Research Institute site from 1956, when the JAERI site was selected in Tokai-mura, to 1963.

The radiations and the concentrations of radioactivity in air, fallout, soil, plants, water, etc. were measured and analyzed. The levels and fluctuations of radiation and radioactivity, the relationships in the radioactivity between environmental samples, the velocity of deposition, the sampling error, etc. were also made clear.

No unusual concentrations of radioactivity and radiation levels, due to JAERI facilities were found, as no large (radioactive) ones were operated.

March, 1965

TOYOHIDE ISHIHARA, MASAYOSHI TSUNOKAWA, SATOSHI SASAKI,
ATUSHI KASAI, SEIICHI HITOMI, SHIGERU MORIUCHI,
HIROSHI KATAGIRI, KOZO MATSUSHITA.

Division of Health Physics Takai Research Establishment, Japan
Atomic Energy Research Institute

目 次

1. 序 言	1
2. 試料採取および測定法	5
2.1 空間分布放射線	5
2.1.1 γ 放射線の測定法	5
2.1.2 β 放射線の測定法	10
2.2 大気放射能	12
2.2.1 試料採取と測定法	12
2.2.2 連続ダストモニターの校正	14
2.3 降下物放射能	15
2.3.1 降 水	16
2.3.2 降水および自然落下塵埃	16
2.3.3 自然落下塵埃	16
2.4 環境試料の放射能	16
2.4.1 土壌, 海底沈積物	16
2.4.2 植 物	17
2.4.3 農 産 物	17
2.4.4 水 産 物	17
2.4.5 畜 産 物	18
2.4.6 陸 水	18
2.4.7 海 水	18
2.5 排水放射能	19
2.6 測定値の換算	19
2.7 核種の分析法	19
2.7.1 ^{90}Sr の分析法	19
2.7.2 ^{137}Cs の分析法	19
2.7.3 ^{131}I の分析法	19
2.7.4 γ 線スペクトル分析法	20
3. 測定結果と考察	21
3.1 空間分布放射線	21
3.1.1 積雪時における線量率の減少	23
3.1.2 降雨時における線量率の増加	27
3.1.3 原子力施設運転時に漏洩する γ 放射線	27
3.1.4 原子炉から放出される ^{41}A による γ 放射線	27
3.2 大気放射能	27
3.2.1 大気放射能の日変動	34
3.2.2 大気自然 α 放射能と β 放射能の成分比	35
3.2.3 長寿命放射能	36
3.2.4 核種分析結果	36

3.3 降下物放射能	44
3.3.1 各採取法の捕捉効率の比較	45
3.3.2 沈着量の経年および季節変動	46
3.3.3 乾燥沈着における沈着速度の季節変化	46
3.3.4 雨の洗滌効果	46
3.3.5 降水放射能の地域性	46
3.3.6 核爆発実験直後における強放射性粒子の落下	47
3.4 環境試料の放射能	48
3.4.1 土 壤	48
3.4.2 植 物	48
3.4.3 井 戸 水	48
3.4.4 農 産 物	48
3.4.5 牛乳および牧草	48
3.4.6 河川水および海水	48
3.5 環境試料放射能の解析	48
3.5.1 環境試料に付着する降下物の寿命	57
3.5.2 土壤放射能のサンプリング誤差の評価	57
3.5.3 土質による観測値の相異	60
3.6 排水放射能	60
3.6.1 連続排水モニター	60
3.6.2 排水放射能	62
4. 結 言	63
参 考 文 献	64
付 録 核爆発一覧	65

Contents

1. Introduction	1
2. Sampling and analytical methods	5
2.1 Environmental radiation	5
2.2 Radioactivity in air	12
2.3 Radioactivity in fallout	15
2.4 Radioactivity in environmental samples	16
2.5 Radioactivity in drainage	19
2.6 Calibration	19
2.7 Radionuclides analysis	19
3. Results and discussion	21
3.1 Environmental radiation	21
3.2 Radioactivity in air	27
3.3 Radioactivity in fallout	44
3.4 Radioactivity in environmental samples	48
3.5 Radioactivity analysis for environmental samples	48
3.6 Radioactivity in drainage	60
4. Conclusion	63
References	64
Appendix Table of nuclear detonations	65

1. 序 言

日本原子力研究所東海研究所 (Fig. 1.1 参照) には、JRR-1, JRR-2, JRR-3, JRR-4, JPDR などの原子炉のほか、燃料再処理試験室、廃棄物処理場、高放射性物質取扱施設、 ^{60}Co 照射施設、線型加速機、臨界集合体、プルトニウム研究室、放射性廃棄物貯蔵庫など多くの原子力施設が設置されている。これら諸施設の配置は、Fig. 1.2 に示す通りである。

当所では、平常運転で、放射性廃気・廃液を環境による拡散、希釈を考慮に入れて放出しているばかりでなく、万一の事故を考えると、施設の安全性については十分の考慮のもとにその設計、建設、維持、運転がなされているが、施設内に内蔵される放射性物質の量は少なく、その潜在的危険性に対し、また敷地近郊の人口密度が比較的高く、主風向風下 15 km には人口約 14 万人の、風上 15 km には人口約 16 万人の都市が存在することなどから、施設周辺環境の放射線、

放射能問題は、きわめて重要である。

筆者らは当所敷地が茨城県那珂郡東海村に決定して以来、環境のバックグラウンド放射線、放射能の調査をおこなうとともに、施設稼働後は引き続き野外における放射線管理をおこなってきた。TABLE 1.1 に野外管理の日常業務の一覧を、TABLE 1.2 に土壌、植物、水などの環境試料の採取状況の一覧を、TABLE 1.3 に農産物試料採取状況の一覧を示す。モニタリング装置、試料採取地点などの配置については、Fig. 1.2 および Fig. 1.3 に示す。

JRR-1 原子炉は、1957 年 8 月臨界に達してから現在* までに延約 5900 時間運転されたが、その他の大型施設はまだ本格的稼働に達していない。従って現在までに施設周辺の野外に放出された放射性物質は、

* 1964 年 11 月

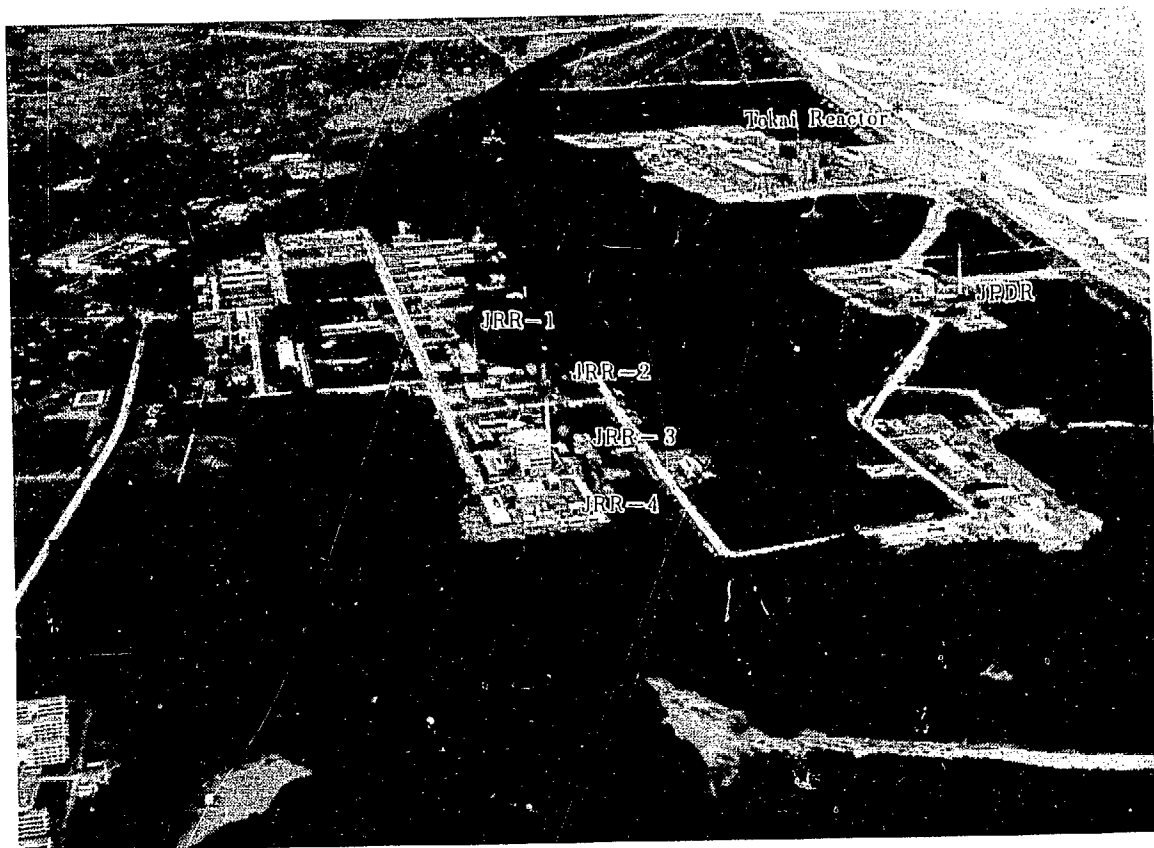
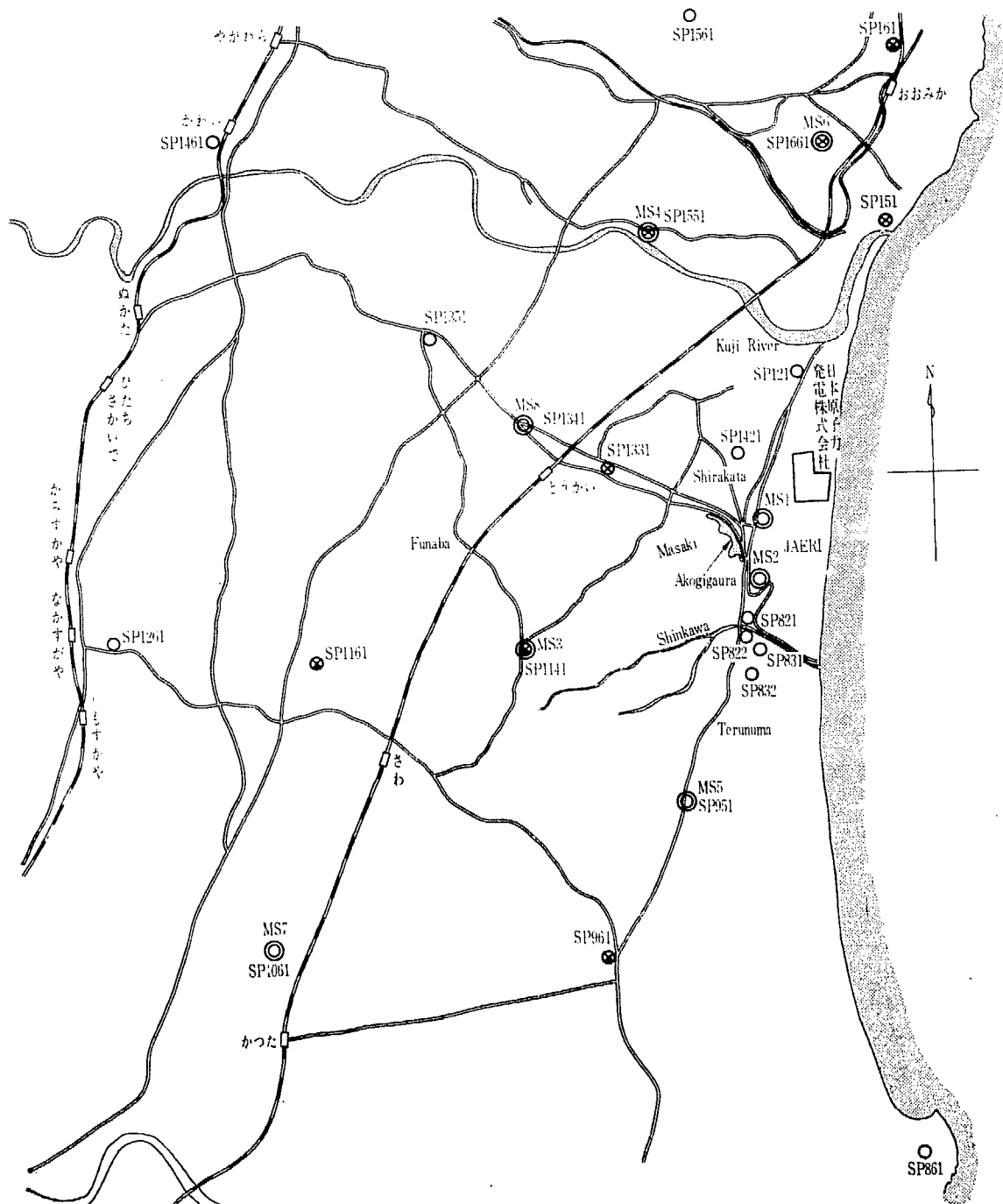


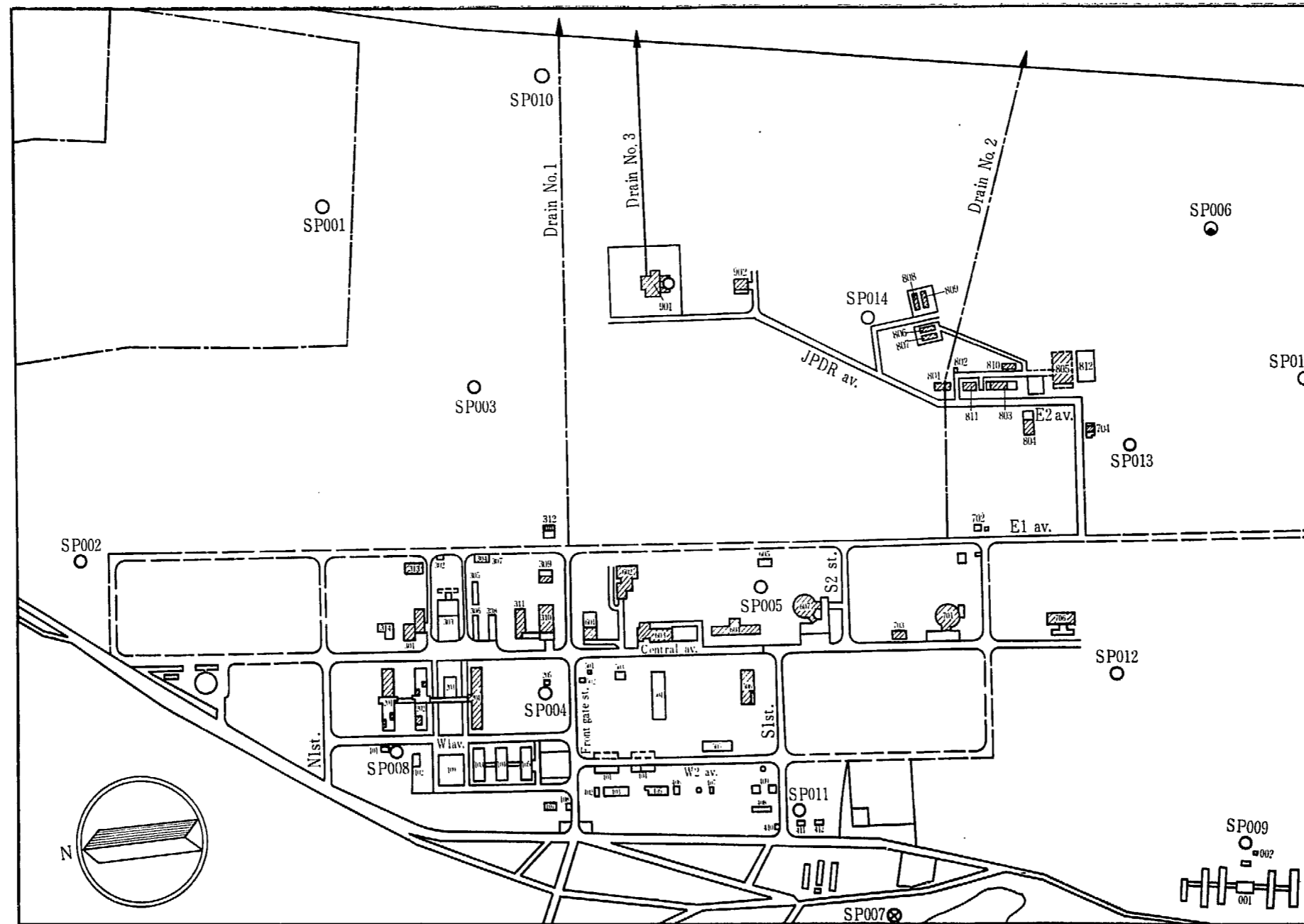
Fig. 1.1 Aerial view of Tokai Research Establishment, JAERI

* Japan Atomic Power Co.



- Monitoring station
- Sampling point; soil
- × Sampling point; water
- ⊗ Sampling point; plant

Fig. 1.3 Locations of monitoring stations and sampling points



- Radiation control area
- Sampling point; water
- Sampling point; soil
- Sampling point; plant

- 101 Sample treatment building
- 102 Garage
- 103 Dining hall
- 104, 105 Administrative buildings
- 107 Visitors' rest-room
- 108 Main gate guard-room
- 109 Auditorium
- 201, 202, 204 Laboratory buildings
- 203 Technical library
- 205 Monitoring station No. 1
- 301 Nuclear physics research building
- 303 Machine shop building
- 302, 304, 307 Chemical storage
- 305, 306, 308 Warehouses

- 309 Material testing building
- 310 Metallurgical research building
- 311 Ceramics laboratory building
- 312 Irradiation research building
- 313 Nuclear physics research building
- 314 Computing center
- 401, 404 Warehouses
- 402 Substation
- 405, 406, 407, 413, 702 Utility facilities
- 411 Air sampling station
- 501 Weather observation tower
- 502, 503 Meteorological observatory
- 504 Chemical engineering and mechanical research building

- 505 Mock-up test building
- 506 Experimental facilities building
- 601 Co-60 irradiation building
- 602 LINAC building
- 603 JRR-1 building
- 604 Hot laboratory building
- 605 Pump room
- 607 JRR-2 building
- 701 JRR-3 building
- 703 RI production facility building
- 704 Plutonium laboratory building
- 706 JRR-4 building
- 801 Decontamination shop building
- 802 Garage

- 803 Waste disposal plant
- 804 Fluorine laboratory building
- 805 Fuel reprocessing test building
- 806, 807, 808, 809 Waste storage
- 810 Radioactive storage tank yard
- 811 Liquid waste pond
- 812 Hot-cave building
- 901 JPDR building
- 902 TCA building
- 001 Dormitory
- 002 Monitoring station No. 2

Fig. 1.2 Locations of buildings, facilities and sampling points

TABLE 1.1 Routine environmental monitoring program, 1963

Category	Objects of measurement	Method	Period	Number of stations or samples
Environmental radiation	Dose rate	GM counter	continuous	9*
	Accumulated dose	GM counter, photographic dosimeter		8 (GM counter) 23 (photographic dosimeter)
	Background radiation	Ionization chamber	yearly	32
	Survey	GM counter	quarterly	56
Radioactivity in air	Total α , β activity	7.0 hr after collection (α) } Monitoring station 4.5 hr after collection (β) }	continuous	8
	Total β activity	6.0 hr after collection (α) } Immediately after collection (β) } Monitoring trailer	"	1
		72 hr after collection	daily	1
		γ spectrum, chemical analysis	monthly	1
Radioactivity in drainage	Total γ activity	NaI Scintillation counter	continuous	2
	Total β activity	Sampling (outlet of drain)	monthly	3
Radioactivity in fallout	Rain water, Total β activity			1
	Fallout, Total β activity	Gammed paper, Basin	monthly	1 (gammed paper) 1 (Basin)
Radioactivity in environmental sample	Soil Total β activity		quarterly, yearly	14 (quarterly) 10 (yearly)
	Plant "		"	6
	Agriculture products "		" yearly	
	Water "		monthly, quarterly	2 (monthly) 9 (quarterly)

* Eight monitoring stations and one monitoring trailer

TABLE 1.2 Sampling program, 1963

Location	Sampling point number	Sampling period	Location	Sampling point number	Sampling period
JAERI Site	001		JAERI Site	010	
"	002	quarterly*	"	011	
"	003		"	012	yearly *
"	004		"	013	
"	005	quarterly*	"	014	quarterly*
"	006	" **	"	015	yearly *
Akogigaura, Tokai-mura	007	" ***	A. F. C.	822	
JAERI Site	008	" *	"	831	quarterly*
"	009	" *	Shirakata, Tokai-mura	1421	
Shinkawa, Tokai-mura	821		Komezaki elementary school, Naka-machi	1351	quarterly*
Higashiozawa elementary school, Hitachi City	1551	quarterly***	Nikenchaya, Tokai-mura	1341	
Ibaraki mission school, Hitachi City	161	" ***	Isozaki, Nakaminato City	861	yearly *
Toyooka, Tokai-mura	121		Naka town	1261	" *
Suwama, Tokai-mura	1141	quarterly***	Nagasuna, Katsuta City	951	" *
Tokai middle school, Tokai-mura	1331	" ***	Oike, Katsuta City	1061	" *
Seiranso, Tokai-mura	832	yearly *	Mayumi, Ota City	1561	" *
Maewatari elementary school, Katsuta City	961	quarterly***	Sakiku elementary school, Ota City	1461	" *
Kuji elementary school, Hitachi City	151	" ***			
Minamitakano, Hitachi City	1661	" ***			
Sano middle school, Katsuta City	1161	" ***			

* soil

** plant

*** water

TABLE 1.3 Sampling program (Agriculture products)

Kind	Sampling period	Quantity	Location
Barley	Apr. (Stalk)		Masaki and Shirakata,
Wheat	July (Corn)	4 kg	Tokai-mura
Aquatic rice	Aug. (Stalk)		"
Upland rice	Oct. (Corn)	4 kg	
Sweet potato	Oct.	10 kg	Masaki, Shirakata and Terunuma,
Potato	June	10 kg	Tokai-mura
Chinese cabbage	Nov.	10 kg	
Cabbage	June	5 kg	"
Cucumber	July	10 kg	
Spinach	Jan.	4 kg	
Soybean	Oct.	4 kg	Shirakata, Tokai-mura
Plum	June	5 kg	"
Colza	June	2 kg	"
Leaf tobako	June, July	10 stub	Shiku and Shirakata, Tokai-mura
Milk	monthly	4 l	Funaba,
Grass	"	1 kg	Tokai-mura

JRR-2 原子炉の稼動により常時放出される放射性アルゴンと、年間数十mc程度の廃液にすぎない。粒子性の放射性物質が大気中に放出された量は皆無といえる。

TABLE 1.4 Sample collected and analyzed from 1956 to 1963

Species	Year							
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Rain	25	102	49	53	40	37	68	75
Soil	34	165	213	107	76	72	62	68
Plant	33	76	104	78	28	25	28	24
Fish	22	90	71	31	20	30	24	12
Vegetable		48	68	59	60	52	45	45
Water	14	51	48	36	52	47	40	40
Sea water	10	35	14	6	16	16	16	16
River water		12	16	14	12	12	12	12

本報では、1956年より1963年までの当所敷地および近郊で測定した環境放射線、放射能の測定法と測定結果をのべ、その水準と変動を明らかにした。測定されたものの大部分は自然放射線、放射能および核爆発実験による放射性降下物からのものである。現在までに観測された原子力施設からの影響についても論じた。

TABLE 1.4 に採取、測定に供した試料数について示す。巻末に核爆発一覧をつけた。

2. 試料採取および測定法

2.1 空間分布放射線

野外における空間分布放射線測定に使用されているモニタリング・ステーション装置 (Fig. 2.1, Fig. 2.2 参照), モニタリング・トレーラー装置 (Fig. 2.3 参照), 野外サーベイ機器, バックグラウンド放射線精密測定機器 (Fig. 2.4 参照) 積算線量測定装置 (Fig. 2.5 参照) の各装置についてその校正法, 測定法をのべる.

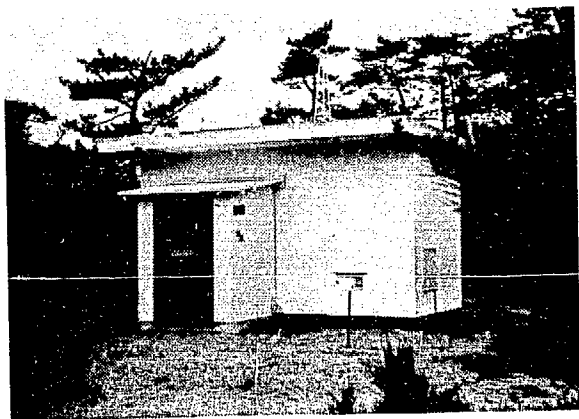


Fig. 2.1 Monitoring station

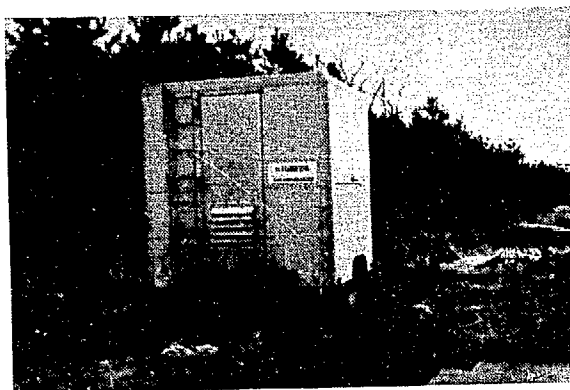


Fig. 2.3 Monitoring trailer

なおモニタリング・ステーション装置, モニタリング・トレーラー装置は多くの共通点があるので, これら連続モニタリング装置については一括して説明する.

2.1.1 γ 放射線の測定法

1) 連続モニタリング

連続モニタリングに使用する γ 線検出器はすべて GM 計数管を使用している. 測定地点の測定値の代表性を左右する因子には, たとえば検出器の特性, 検出

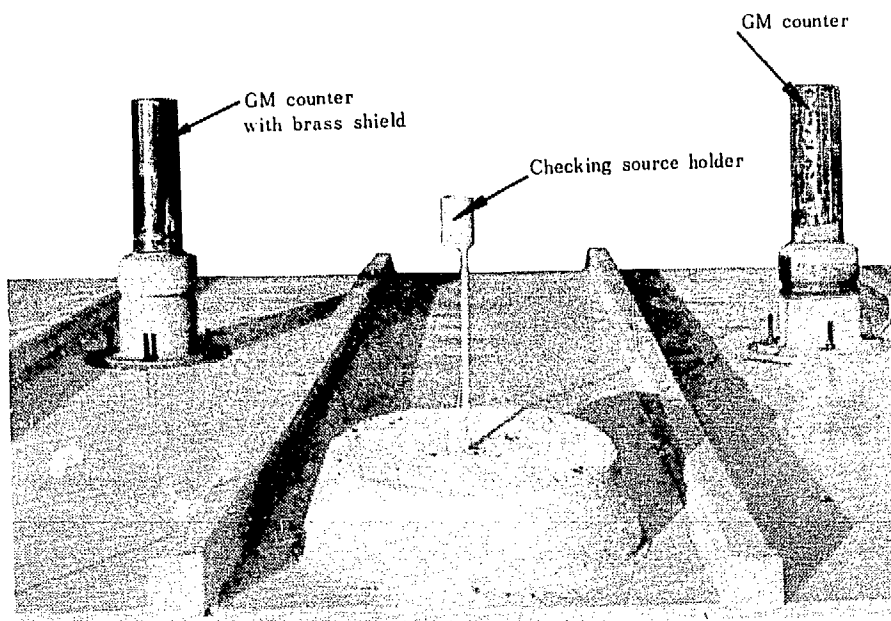


Fig. 2.2 GM counters and checking source holder on roof of monitoring station building

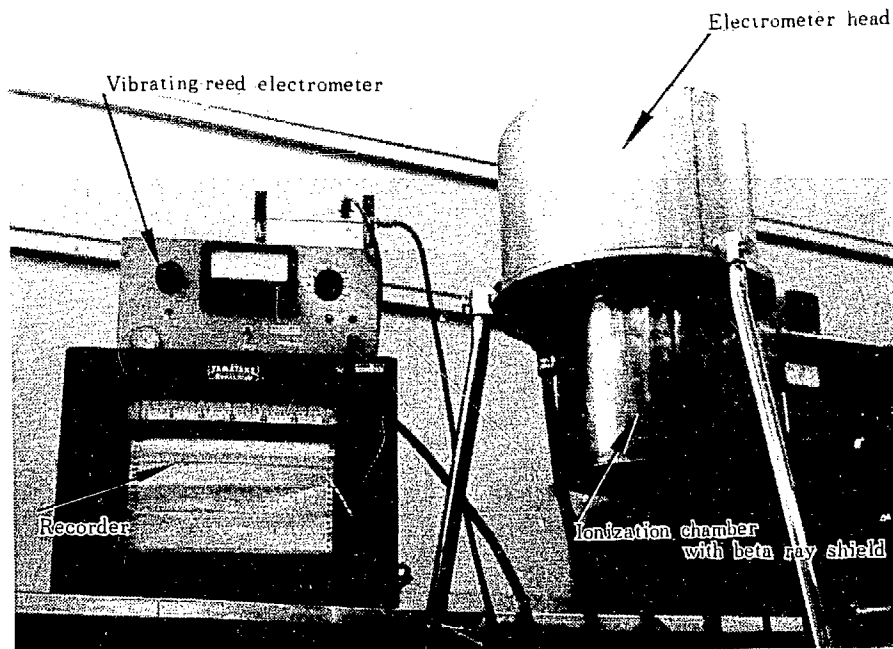


Fig. 2.4 Background gamma radiation measuring instruments



Fig. 2.5 Monitoring point (photographic dosimeter and gammad paper)

器の取付位置、検出器の取付方向などがあるが、これは各装置によって差があるばかりでなく、同じ装置間においてもひらきがある。しかしながらこのような因子は個々の装置に定ったものであって、測定値に適切な補正をおこなうことによって代表性をもたせることができるので、ここではこのような個々の装置の特有な問題についてはふれずに、もっと一般性のある測定器の校正方法、換算方法についてのべる。

a) GM 計数管 Anton 106 の規格および特性
Lionel 社の技術情報から引用した GM 計数管 Anton 106 の規格、特性を TABLE 2.1 に示す。

TABLE 2.1 Outline of GM counter Anton 106

Recommended operating voltage:700 V
Operating plateau length, at 100cps:	...100 V minimum
Relative plateau slope, averaged for interval 650—750 V, at approx. 100 cps:0.10 %/V maximum
Dead time at recommended operating voltage (Series resistor—1 MΩ):	Approx. 100 μsec
Maximum counting rate:Approx. 10,000 cps
Efficiency of detection of very fast beta particles and cosmic rays:	...Approx. 85 %
Operating temperature range:—55°C to +75°C
Effective cathode dimensions	1.52 cm inside diameter × 9.6 cm length
Effective cathode thickness:	
portion of surface	30 mg/cm ²82.5 %
portion of surface	174 mg/cm ²17.5 %

Fig. 2.6, Fig. 2.7 はそれぞれ Anton 106 の γ 線エネルギー依存性, Ra γ 線源による方向依存性である。

b) 校正方法

自然放射線などを精密に測定する場合は, Ra 標準線源を用いて校正するのがよいが, 通常の校正には, Ra 標準化をおこなった安価で取扱い易い ¹³⁷Cs 線源で十分である。GM 計数管, シンチレーション・カウンターなどは電離箱などと違ってレントゲン単位に対する γ 線エネルギー特性は平坦でないので, 検出すべき

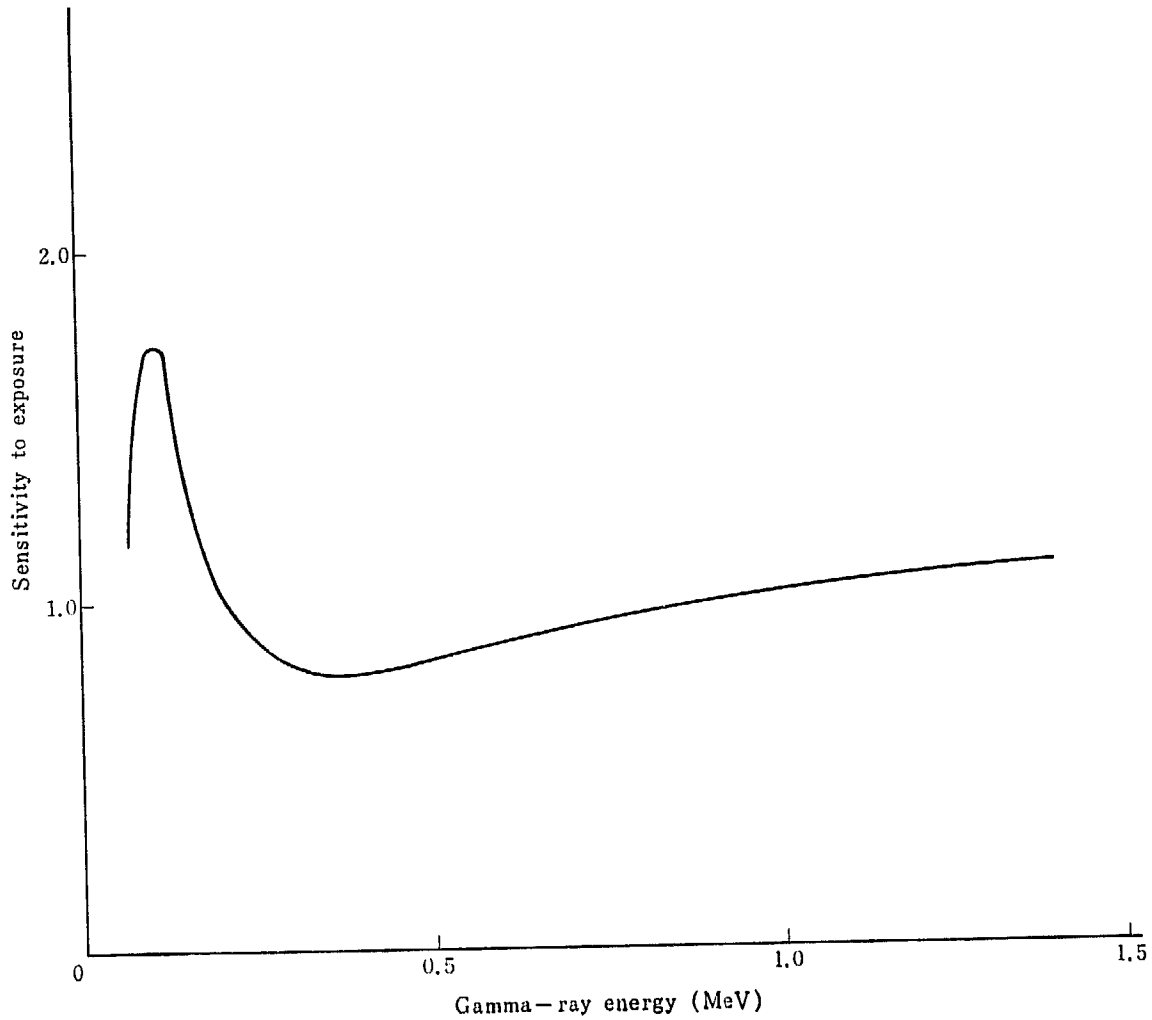


Fig. 2.6 Energy dependence of GM counter Anton 106 with 2mm brass shield

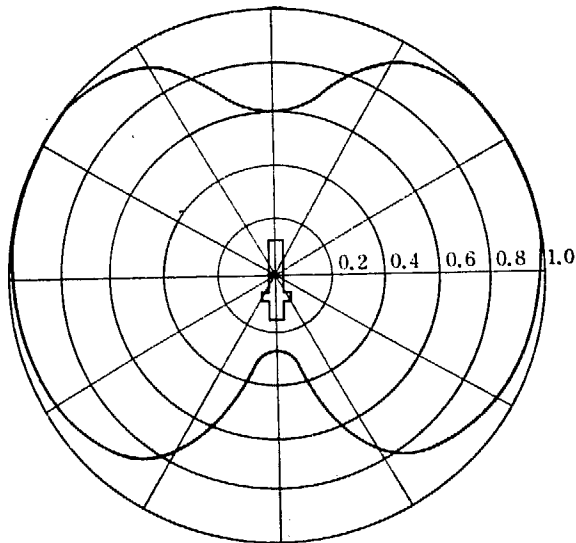


Fig. 2.7 Directional sensitivity of GM counter Anton 106

γ線エネルギーにより校正に用いる線源は変える必要がある。

上記の Cs 標準化線源は Checking 用線源としても使用できる。

計数率から線量率の単位への換算係数 k は、次式から計算することができる。

$$k = \frac{K \times C}{[(\text{cpm}) \text{ by Standard gamma source}] \times d^2} \quad (\mu\text{R} \cdot \text{hr}^{-1}/\text{cpm})$$

ここに

K : K -Factor たとえば 0.5 mm 厚の白金カプセルに入った Ra 標準線源では $K=830(\mu\text{R} \cdot \text{hr}^{-1}/\text{mg})_{d=1\text{m}}$

C : 標準線源の mc 数. Ra 標準線源では mg 数

d : 標準線源と検出器間の距離 (m)

校正上特に気をつけなければならないことは、周囲の近接物質からの散乱線に原因する誤差である。屋外の

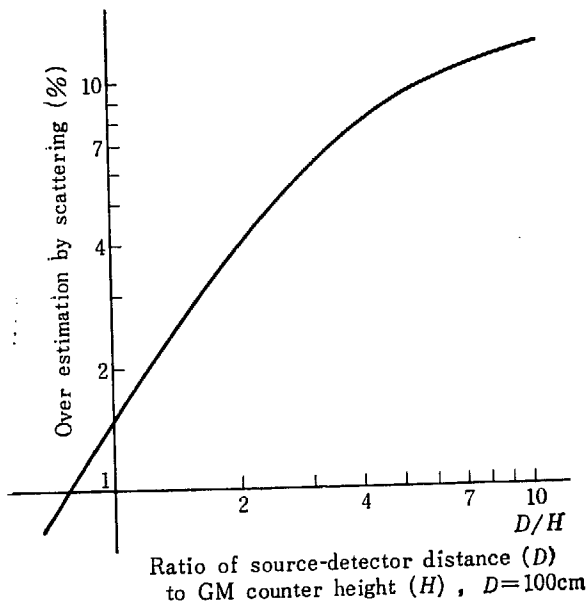


Fig. 2.8 Effect of scattered gamma-rays of radium source from concrete floor to GM counter

コンクリート面上でおこなった実験では、Fig. 2.8 のような結果が得られている。図から分るように、線源や、検出器は、周囲の地物から線源と検出器間の距離以上離すのがよい。校正は屋外でおこなうのが望ましいが、室内でも十分広い部屋を使用し、床面、壁面からの距離を上述のようにとれば、標準線源を保管室外に持出すことなく、容易に満足な校正ができる。

GM 計数管 Anton 106 の過去数年間の検査結果では、換算計数は、計数管に遮蔽をしない時は $0.31 \mu\text{R} \cdot \text{hr}^{-1}/\text{cpm}$ 、2 mm 厚の真鍮で β 線を遮蔽した時 $0.35 \mu\text{R} \cdot \text{hr}^{-1}/\text{cpm}$ を示し、lot 間の感度差はほとんど認められず、感度のバラツキも少ない。(Fig. 2.7 参照)

c) Checking の方法

当所の野外モニタリング装置には、測定結果が一定時間内の積算値で示されるデジタル方式と、計数率がレートメータ出力で示されるアナログ方式がある。モニタリング・ステーション装置は先的方式で、モニタリング・トレーラー装置は後の方式である。

デジタル方式の場合は実験室内の校正による換算係数をそのまま使用できるが、 $(\mu\text{R}/\text{hr})$ の単位で測定値が直接表示されるアナログ方式の場合は D-A 変換回路の感度校正もふくめて調整する必要がある。

モニタリング・ステーション装置、モニタリング・トレーラー装置の GM 計数管の換算係数は、実験室内でおこなった校正による値をそのまま用いている。装置に取付けてのちは、感度変化を補正するために、定期的に ^{137}Cs 線源で、一定距離で checking をとる。checking による補正された換算係数は次式で示される。

$$\begin{aligned} \text{[補正された換算係数]} &= \text{[もとの換算係数]} \\ &\times \frac{\text{[取替時の, checking 線源による計数率]}}{\text{[補正時の, checking 線源による計数率]}} \end{aligned}$$

デジタル方式、アナログ方式のいずれの場合においても、定期的に、checking 線源によって感度補正をおこなう必要があるので、全装置に共通した校正方法があれば、保守が非常に簡単になる。まえもって感度の正確にわかった GM 計数管によって checking 線源の線量率をもとめておき、この値を標準とする方法は、全装置に適用できるだけでなく、GM 計数管を取替えても、checking によって、引きつづき同じ補正を適用できる。従って、一年に一度程度標準 GM 計数管で checking 線源の線量率を確認しておけば、以後取替える GM 計数管については実験室内で校正をおこなわなくてすむ。換算係数は次式より求められる。

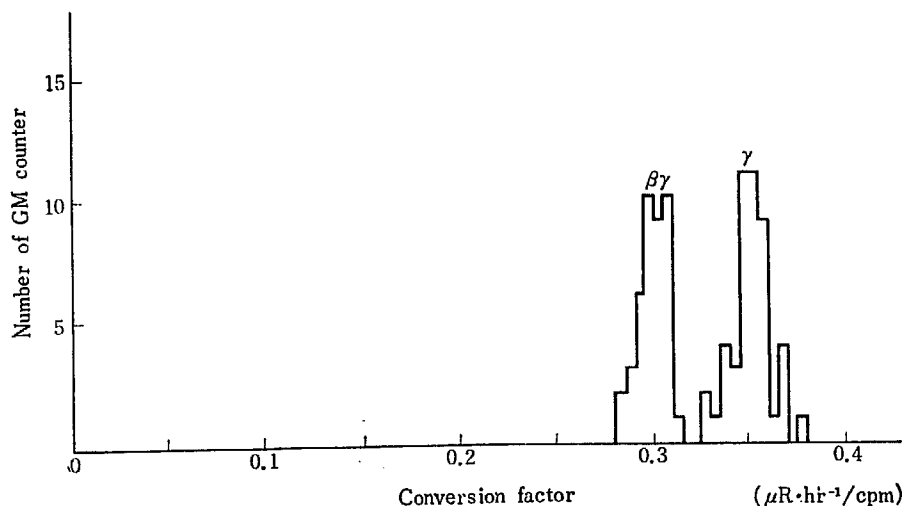


Fig. 2.9 Distribution of conversion factor of GM counter Anton 106

$$[\text{換算係数}] = [\text{標準 GM 計数管の換算係数}] \\ \times \frac{[\text{標準 GM 計数管の, checking 線源による計数率}]}{[\text{取替えた GM 計数管の, checking 線源による計数率}]}$$

d) 換算方法

換算方法は測定対象により異なる。人工放射線が測定対象である放射線モニタリングなどの場合は、バック・グラウンド放射線の値が絶対値で表わされなくても良いので、測定値に換算係数を乗じた値そのままが使用できる。

GM 計数管を交換するときは測定値の不連続性を補正するために、GM 計数管自身のバック・グラウンド計数率を調べておくことが必要である。

自然放射線まで正確に測定する場合は、GM 計数管の、 γ 線と宇宙線に対する感度の違いや GM 計数管の材質汚染などを考慮しなければならない。

TABLE 2.2 に、1960 年より 1963 年までに入荷した

TABLE 2.2 Variation of GM counter wall contamination

GM counter lot	Count rate in 50 mm Pb + 2 mm brass shield	Count rate on the sea	Over estimation
1960	20 (cpm)	23(cpm)	4.9 ($\mu\text{R/hr}$)
1961	21 (cpm)		5.2 ($\mu\text{R/hr}$)
1962	17 (cpm)		3.8 ($\mu\text{R/hr}$)
1963	11 (cpm)		1.7 ($\mu\text{R/hr}$)

GM 計数管の、入荷当時陸上屋外で 50 mm 鉛+2 mm 真鍮の遮蔽をほどこして測定した計数率と海上で 2 mm の真鍮の遮蔽のみをほどこして測定した計数率を示す。GM 計数管の軸は横水平方向である。測定された計数率の大部分は宇宙線による寄与と壁材質などの汚染による寄与の合計値であって、各年ごとの計数率の差は壁材質の汚染の違いによるものである。遮蔽によって宇宙線の一部は吸収されるから、宇宙線と壁材質の汚染による寄与の合計は陸上で 50 mm 鉛+2 mm 真鍮の遮蔽による測定値に 3 cpm を加えたものに等しいといえる。この時の線量率は、海からの影響は無視できるので、宇宙線による寄与 3.2 $\mu\text{R/hr}$ に相当する。従って先にのべたように正確な宇宙線の寄与を含む自然放射線量率を得ようとするならば、[海上測定値×換算係数]-3.2 ($\mu\text{R/hr}$) あるいは [50 mm 鉛+2 mm 真鍮遮蔽による測定値×換算係数]-2.1 ($\mu\text{R/hr}$) という過大評価分を差引かなければならない。

2) サーベイ

野外のサーベイには、検出器としては、2 mm 厚の真鍮で遮蔽した GM 計数管 Anton 106 (TABLE 2.1 参

照) を用いている。低線量率の測定はスケーラー、高線量率の測定はレートメータを使用、これらは一体となっている。

校正は原則として Ra 標準線源にて実施しているが、精度を要しない場合は ^{137}Cs 線源でおこなっている。測定した汚染個所の核種が分っている時は、同一核種または同一エネルギーの γ 線で校正するのがよい。換算方法は、2.1.1 の 1) 連続モニタリングでのべた通りである。

3) 電離箱によるバック・グラウンド放射線の測定
バック・グラウンド放射線を精密に測定するときは、電離箱と振動容量電位計を用いている。現在使用している電離箱は、内容積 15 l の球型のもものと、6.3 l の円筒型のものである。球型電離箱は、電離箱内の気体圧力の調整ができるもので標準として使用し、通常屋外使用はしていない。屋外では円筒型電離箱の方を用いている。

校正は原則として Ra 標準線源でおこなっている。方法についてはすでにのべた通りである。

a) 電離箱内壁の α 汚染の評価

通常のバック・グラウンド放射線による電離電流は、内容積 10 l 程度の電離箱では、約 10^{-14} A となる。普通の環境物質はほとんど自然放射性物質により汚染されており、電離箱の内面も例外ではない。

汚染の程度は、上に記した球型電離箱を例にとると単位内表面積あたり、 1.27×10^{-2} pulse/cm²·hr、円筒型電離箱の場合 5.5×10^{-2} pulse/cm²·hr 程度であった。

単位表面積あたりの汚染は非常に小さなものであるが、内表面積全体では 100~150 pulse/hr 程度となり、 α 汚染による電離電流の影響が無視できなくなる。

上のような理由から、低線量測定用の電離箱は、完全気密にし、空気中に含まれる Rn, Tn およびその娘核種の α 線による電離電流の影響をのぞかねばならない。内壁の α 汚染は、電離箱の電離電流の α 線による分はある程度以上の気体圧力では圧力により変化しないのに対し γ 線による分は気体圧力に比例して増加することから、電離電流対電離箱内気体圧力特性から求めている¹⁾。

α 汚染測定後は直ちに、放射線量率が一定で低い場所の絶対線量率を測定し、以後電離電流対電離箱内気体圧力特性をとるまでもなく、 α 汚染の変化の check や他の電離箱の α 汚染評価ができるようにしている。当所のヒューマン・カウンター内の線量率はほぼ一定でかつ低い。標準電離箱で測定した結果では 2.1 $\mu\text{R/hr}$ であった。従って以後の α 汚染相当分は次式で得

られる。

〔 α 汚染〕=〔試験すべき電離箱によるヒューマン・カウンター内の α 汚染相当分を含む線量率〕
-2.1 ($\mu\text{R/hr}$)

b) 測定法

測定するときの条件は次のごとくである。

- (i) 付属の測定器脚で、地面より電離箱中心までの高さを 1 m とする。
- (ii) 測定は充電法による。
- (iii) 全積算時間は、バック・グラウンド放射線の場合、30 分~60 分になるようにする。線量率の高い場合は適宜測定時間を短縮する。
- (iv) 印加電圧は 300 V とする。

偏移電位を、その経過時間で割った値に換算係数を乗じたものが、 α 汚染を含んだ Gross の測定値となる。この値から先に求めた α 汚染に相当する分を差引くと、真の放射線量率が得られる。

4) 積算線量測定

積算線量の測定は個人モニタリング用バッヂ・フィルムを使用している。フィルムは 3 枚使用、遮光、防湿をほどこしたプラスチック容器に入れ、互に直角に配列させ方向依存性を少なくしている。各フィルムは半分を厚さ 1 mm のカドミウムでつつみ、 γ 線と β 線あるいは軟 γ 線との区別ができるようにしてある。

校正は Ra 標準線源でおこなっている。換算係数は mR/unit density 単位であらわす。ただし線量率が 100 mR を越すと線量とフィルム黒化度に直線関係がなくなるので、黒化度-線量図から読みとる。

通常野外では低線量を測定するから、フィルムのかぶりによるバック・グラウンドを正確に評価することが必要である。従ってバック・グラウンド評価のためのフィルムは自然放射線の影響をさけるために厚さ 5 cm 以上の鉛の容器内に保存している。

2.1.2 β 放射線の測定法

側窓型 GM 計数管によって屋根あるいは地面などからの β 線を測定することによって屋外に露出した物質上に沈着した放射性降下物の時間的変化などを知ることができる。

しかしながら、 β 線の吸収係数はエネルギー依存性が大きいために、GM 計数管の感度もそのエネルギーに大きく左右される。従って核種の不明な場合、 β 線のエネルギーが判然としない場合、核種の混在比が不明な場合は正確な測定は望めない。

しかし核種がわかっている場合とか、原子炉事故あ

るいは核爆発実験による放射性降下物のように、各核種の比が時間的にあたえられている場合は、大体の値が概算できる。

β 線計数値から、表面汚染や気体濃度などへの換算は日常業務としてはおこなっていないが、参考のため、 β 線成分と γ 線成分の分離法、計算による表面汚染に対する感度、 ^{41}A 気体に対する感度について次にしるす。

a) β 線の分離

$\beta\gamma$ 線計数値から γ 線成分をのぞくのに、次のような方法をとっている。

$\beta\gamma$ 線用 GM 計数管および γ 線用 GM 計数管が、同じ場所におかれて、前者の計数率が $[\beta+\gamma]_{\text{cpm}}$ 、その中の β 線成分が $[\beta]_{\text{cpm}}$ 、後者の γ 線用 GM 計数管の計数率が $[\gamma]_{\text{cpm}}$ であるとする。

$\beta\gamma$ 線用 GM 計数管の γ 線に対する換算係数を $K_{\beta\gamma}$ ($\mu\text{R}\cdot\text{hr}^{-1}/\text{cpm}$)、 γ 線用 GM 計数管の換算係数を K_{γ} とすると、 β 線による計数値は次式で示される。

$$[\beta]_{\text{cpm}} = [\beta+\gamma]_{\text{cpm}} - (K_{\gamma}/K_{\beta\gamma}) \cdot [\gamma]_{\text{cpm}}$$

b) ^{41}A に対する β 線感度

^{41}A が均一に分布した空間に、垂直におかれた GM 計数管が上方 2π から受ける β 線感度は (Fig. 2.10 参照)

$$N = \int_0^{\infty} \int_0^{\pi/2} \frac{3.7 \times 10^4 \cdot B \cdot \eta \cdot S_E \cdot \chi_0 \cdot \cos \theta \cdot dv}{4\pi r^2} \\ \times \exp \left\{ - \left(\frac{m_1 \cdot \mu_E}{\cos \theta} + m_2 \cdot \mu_E \cdot r \right) \right\} \\ = \int_0^{\infty} \int_0^{\pi/2} \frac{3.7 \times 10^4 \cdot B \cdot \eta \cdot S_E \cdot \chi_0 \cdot \cos^2 \theta \cdot d\theta \cdot dr}{2} \\ \times \exp \left\{ - \left(\frac{m_1 \cdot \mu_E}{\cos \theta} + m_2 \cdot \mu_E \cdot r \right) \right\} \quad (\text{cps})$$

で表わされる。

ここに

χ_0 : ^{41}A の空気中濃度 ($\mu\text{c/ml}$)

S_E : エネルギー E_{max} (MeV) の β 線に対する GM 計数管の有効断面積 (cm^2)

B : 周囲物質からの Build up 係数

η : GM 計数管の計数効率

m_1 : GM 計数管の壁厚 (mg/cm^2)

m_2 : 空気の密度 (mg/cm^3)

μ_E : エネルギー E_{max} (MeV) の β 線の吸収係数 (cm^2/mg)

r : dv から GM 計数管までの距離 (cm)

β 線の吸収は線源から GM 計数管までの最短距離の吸収層により、吸収係数 μ_E で指数函数的に減衰する

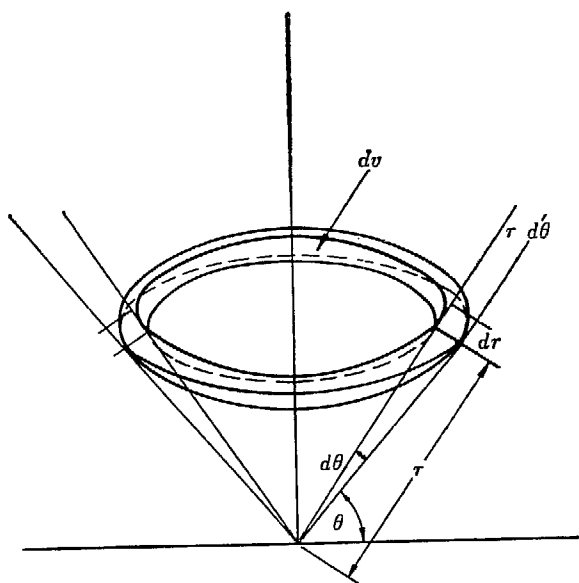


Fig. 2.10

ものとして計算した。

GM 計数管 Anton 106 の値をあてはめて計算した換算係数は次のような値になる。

$$K = 3.7 \times 10^{-9} \quad (\mu\text{c/ml/cpm})$$

Fig. 2.11 は ^{41}A の β 線に対する方向感度特性である。

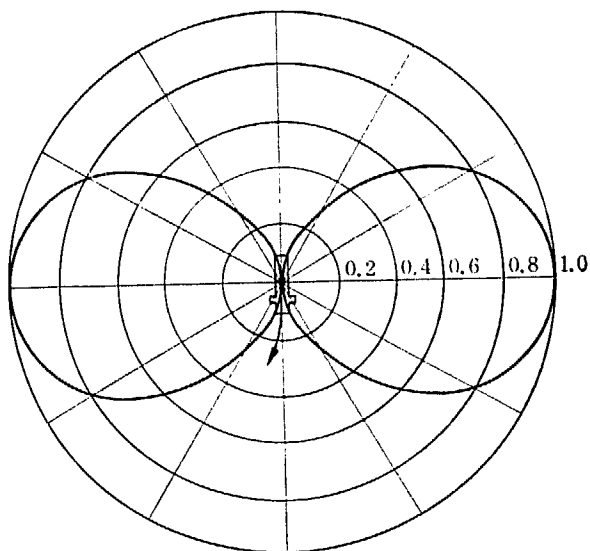


Fig. 2.11 Directional sensitivity of GM counter Anton 106 for beta-rays of Argon-41 gas diffused uniformly in air

c) 表面汚染に対する感度

β 線源が一樣に分布した平面上 $H(\text{cm})$ に GM 計数管を垂直にたてたとき、 β 線源より受ける寄与 N は次の式で示される。(Fig. 2.12 参照)

$$N = \int_{H-L/2}^{H+L/2} \int_0^\infty \frac{2\pi \cdot r \cdot B \cdot \eta \cdot S_E \cdot \sin\theta \cdot \chi_s \times 3.7 \times 10^4 dr \cdot dh}{4\pi(r^2+h^2) \cdot L}$$

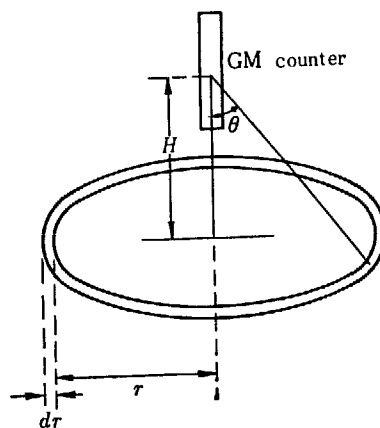


Fig. 2.12

$$\begin{aligned} & \times \exp\{-\mu_E \sqrt{r^2+h^2}(m_1/r+m_2)\} \\ & = \int_{H-L/2}^{H+L/2} \int_0^\infty \frac{3.7 \times 10^4 \cdot \chi_s \cdot B \cdot \eta \cdot S_E \cdot r^2 \cdot dr \cdot dh}{2\sqrt{r^2+h^2}(r^2+h^2) \cdot L} \\ & \times \exp\{-\mu_E \sqrt{r^2+h^2}(m_1/r+m_2)\} \quad (\text{cps}) \end{aligned}$$

χ_s : 表面汚染密度 ($\mu\text{c}/\text{cm}^2$)

L : GM 管の有効長 (cm)

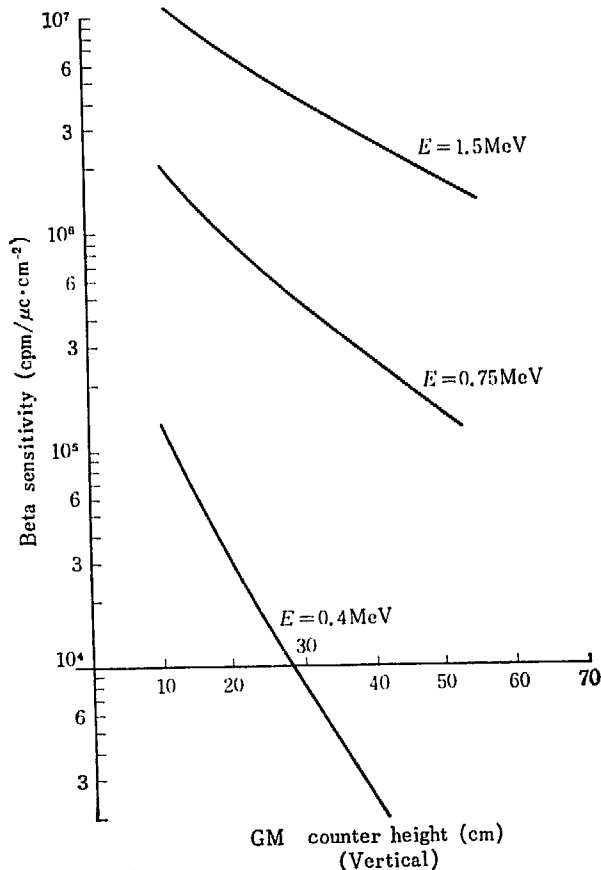


Fig. 2.13 Height dependence of beta sensitivity of GM counter Anton 106

GM 計数管 Anton 106 について計算した結果を Fig. 2.13, Fig. 2.14 に掲げる。ただし散乱の係数を便宜上1とした。

Fig. 2.15 は核爆発実験による放射性降下物の換算

係数の時間的変化である。条件は ^{235}U の熱中性子による瞬間爆発を仮定した核分裂収率, および核種比率の時間的変化を示した Hunter and Ballow のTABLE²⁾ から引用した。

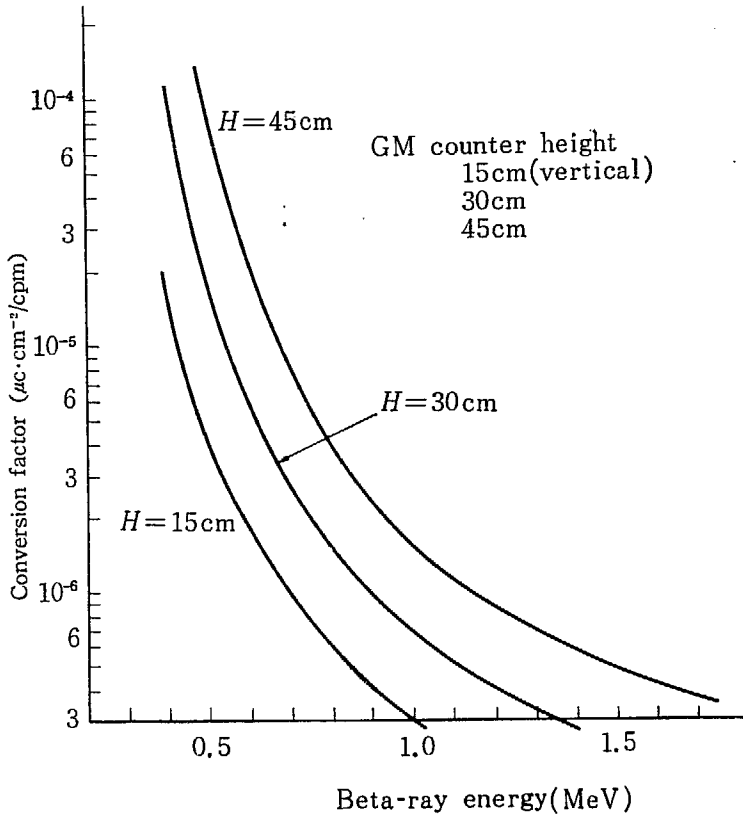


Fig. 2.14 Beta-ray energy dependence of conversion factor of GM counter Anton 106 for the surface contamination

2.2 大気放射能

2.2.1 試料採取と測定法

大気放射能観測を始めた当初 (1957年1月~12月) は, 阿漕浦湖畔の仮観測所 (Fig. 2.16 参照) において Coffee-pot 型集塵装置 (Fig. 2.17 参照) により毎日8時半~15時半の7時間集塵をおこなった。この装置は口径8cmの空気吸引口に沱紙 (Whatman #41)* を装着し, 電動ファンにより約9m³/hrの吸引速度で集塵するものである。集塵後の沱紙は, るつぼで灰化处理したのち, 醋酸ビニールで試料皿へ固定した。集塵終了約2時間および16~24時間後端窓型GM計数管により全β放射能測定をおこなった。

1958年1月からは, 前記装置に代わり, モ

* 沱紙 Whatman #41 の集塵効率は粒径0.3μ以上の粒子に対しては80%, 1μ以上のものに対しては100%近いといわれているが, 一方1~5μの鉄粉を塵埃として使った場合67%であったという報告もあり明らかでない。

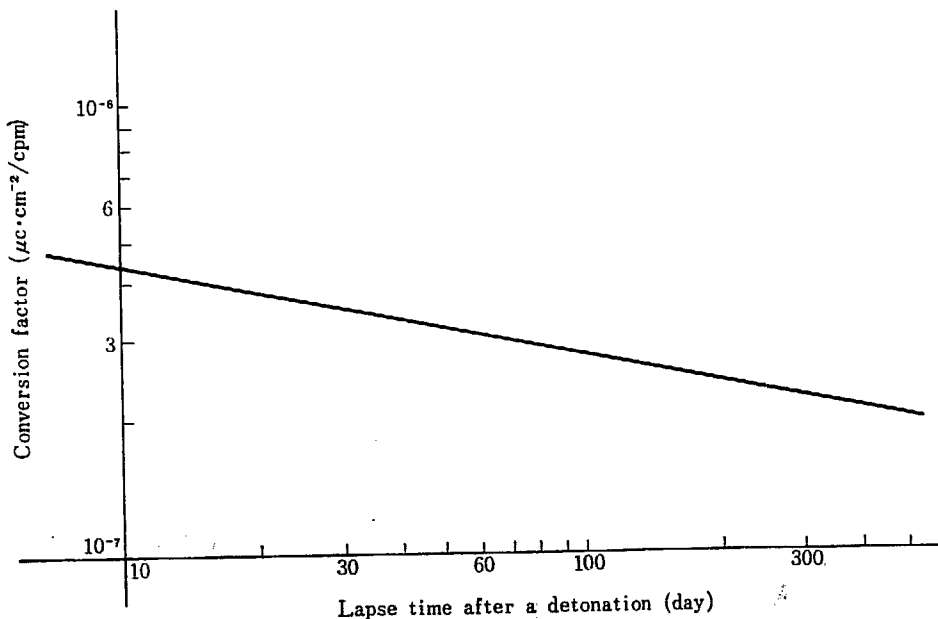


Fig. 2.15 Variation of conversion factor of GM counter Anton 106 to fallout [GM counter height 15 cm (Vertical)]

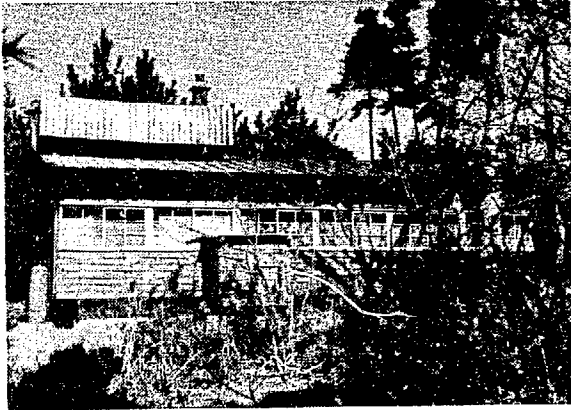


Fig. 2.16 Provisional field monitoring laboratory

ニタリング・ステーションおよびモニタリング・トレーラーの塵埃モニター装置で観測を始めた。これは縦巾約 3 cm、横巾約 5 cm の空気吸引口に連続的に移動する長尺濾紙 (Hollingsworth and Vose #70)* を装着してロータリー・ポンプにより空気を約 270 l/min

* 濾紙 Hollingsworth and Vose 社製 #70 は 0.009" 厚を使用、集塵効率は粒径 0.3μ 以上の粒子に対して 97%、 0.5μ 以上の粒子に対して 98% といわれている。

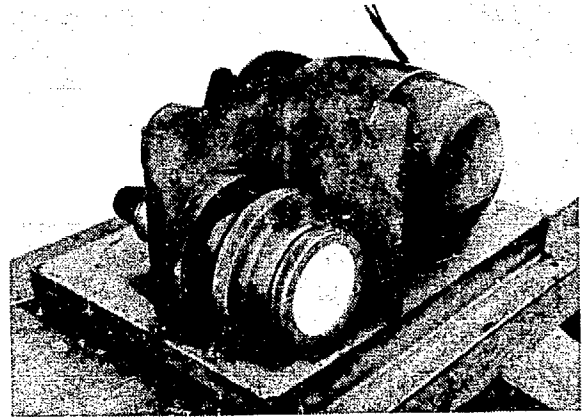


Fig. 2.17 Coffee-pot type dust sampler

($=16 \text{ m}^3/\text{hr}$) の速度で吸引し、集塵後 4.5 時間 (および 7 時間) 経ってから β (および α) 放射能を GM 計数管 (および ZnS シンチレーション・カウンタ) で自動的に測定するものである。この時間は使用目的、使用場所などにより適当に選ぶことができる。この時間を短くする程異常の発見は早くなるが検出感度は悪くなる。

また、この集塵済の濾紙はモニタリング・ステーションより定期的に回収してきて、残存する長寿命 β 放

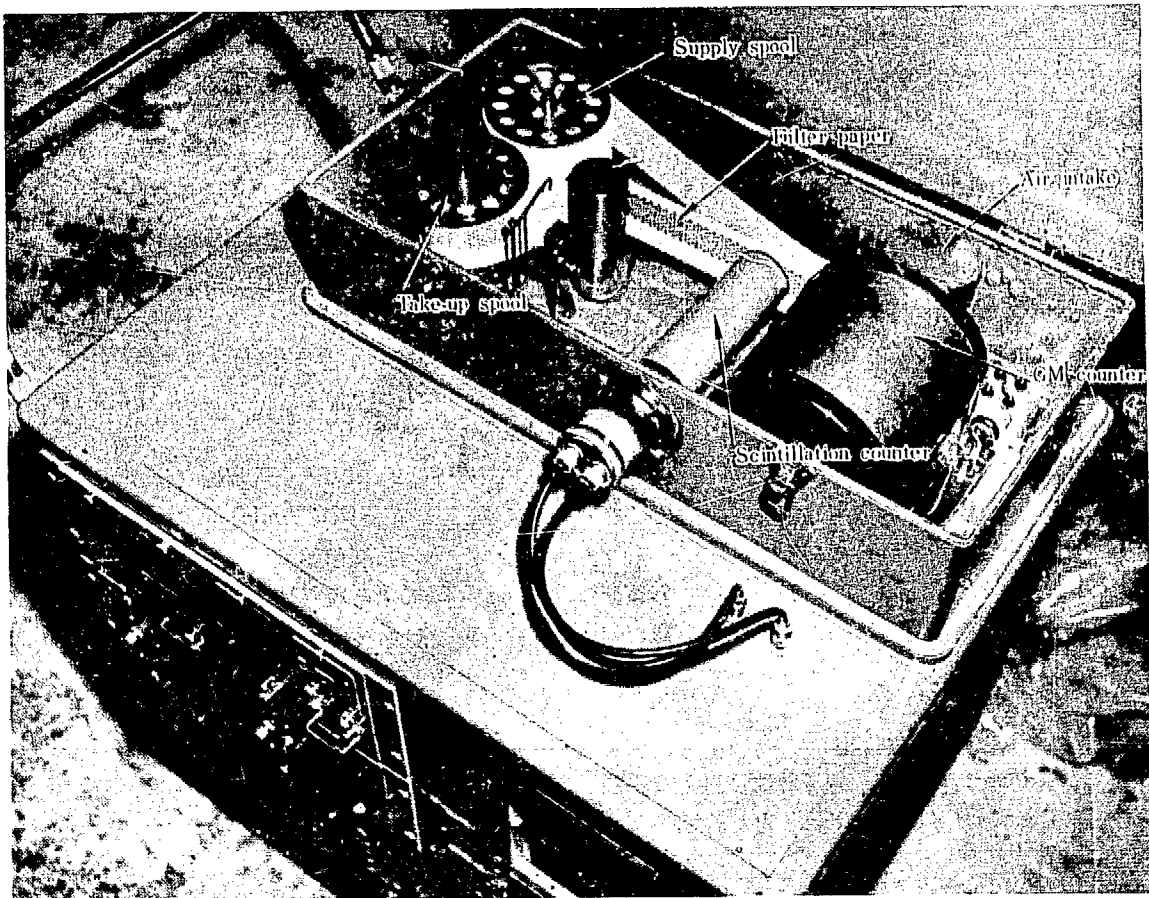


Fig. 2.18 Continuous dust monitor

射能測定や核種分析に供している。全 β 放射能測定のための β 紙の処理法および測定法には若干の変遷があった。すなわち1960年9月~1961年9月の期間は月曜日毎に過去1週間分の β 紙(総流量約3000 m^3 相当)を回収して灰化し6N塩酸で抽出したものを試料皿にとり、GM計数装置(科研製、GM計数管窓厚約2 mg/cm^2 、 ^{40}K に対する計数効率10~13%)で測定していたが、1961年10月以降は回収 β 紙の毎日0時に相当する位置を3 $\text{cm} \times 3\text{cm}$ 大(流量約20 m^3 相当)に切抜いて、それを低バック・グラウンド計数装置(Tracerlab製、 ^{40}K に対する計数効率35~40%)で測定している。これら測定値はいずれも集塵終了後72時間の値に校正している*。(72時間校正値)

2.2.2 連続ダストモニターの校正

空気中の塵埃を連続的に移動する β 紙上に集塵し、これをGM計数管あるいはシンチレーション・カウンタで連続的に測定するダスト・モニター(Fig. 2.18参照)の校正法についてのべる。

校正は集塵口と同じ高さの、幅の広い線源(少なくとも計数管の窓直径の1.5倍以上)を、計数管の前の β 紙面に固定して校正する固定校正法と、任意の幅をもった線源(高さは集塵口の高さに等しい)を β 紙面にそって移動する線源移動校正法がある。

1) 線源固定校正

この方法では、検出器が収塵口部にある場合や、半減期の短いものに対する校正はできないが、帯状の線源があれば、半減期の長い核種に対する換算係数は容易に得られる。

高さ $h(\text{cm})$ の集塵口を通して、空気を $L(\text{l}/\text{min})$ の割合で吸引するとき、1時間に β 紙上に集められる放射能 N' は次のようになる。

$$N' = k \cdot L \times 10^3 \times 60 C \times 3.7 \times 10^4 \times 60 \\ = 1.332 \times 10^{11} k \cdot L \cdot C \quad (\text{dpm})$$

ここに C は、大気中の塵埃放射能濃度($\mu\text{c}/\text{ml}$)

k は、 β 紙の集塵効率である。

集塵が連続的におこなわれているとき、 β 紙の移動速度を $v(\text{cm}/\text{hr})$ とすると β 紙1 cm^2 中の放射能 N'' は

$$N'' = \frac{1.332 \times 10^{11} k \cdot L \cdot C}{v \cdot h} \quad (\text{dpm}/\text{cm}^2)$$

強さ $N(\text{dpm}/\text{cm}^2)$ の標準線源を計数管前面の β 紙の位置に置いた時の計数率を $n(\text{cpm})$ とし β 紙による

* 72時間の崩壊により ThB は始めの0.7%に減衰する。

吸収補正係数を η とすると、1 cpm あたりの大気中塵埃濃度、すなわち換算係数 K は次のようになる。

$$\frac{1.332 \times 10^{11} k \cdot L \cdot K}{v \cdot h \cdot \eta} (\text{dpm}/\text{cm}^2) : 1(\text{cpm}) \\ = N(\text{dpm}/\text{cm}^2) : n(\text{cpm}) \\ K = \frac{N}{n} \cdot \frac{v \cdot h \cdot \eta}{1.332 k \cdot L} \times 10^{-11} (\mu\text{c}/\text{ml}/\text{cpm})$$

β 紙による吸収や散乱がなく、 β 紙の集塵効率を100%、 β 紙の移動速度2.54 cm/hr 、空気の吸引率を300 l/min とすると、

$$K = \frac{N}{n} \cdot 6.36 \times 10^{-14} h (\mu\text{c}/\text{ml}/\text{cpm})$$

ダスト・モニターの製造所別の換算係数をTABLE 2.3に示す。

TABLE 2.3 Conversion factor of dust monitors

Maker and type	Height (h) (cm)	Conversion factor ($\mu\text{c}/\text{ml}/\text{cpm}$)
Technical Associates	2.5	$N/n \cdot 1.61 \times 10^{-13}$
Kobe Kogyo MD-1	3.0	$N/n \cdot 1.91 \times 10^{-13}$
Tracer Lab. MA-1	3.8	$N/n \cdot 2.42 \times 10^{-13}$

この式は α 線、 β 線のいずれの校正にも適用できるが、 α 線、軟 β 線に関しては、 β 紙による吸収の補正が必要になる。 U_2O_8 面線源を用いた時の (N/n) は α 線については約0.6、 β 線(E_{max} 2.32 MeV)については、0.4程度の値であった。

2) 線源移動校正²⁾

普通使用する時の β 紙の移動速度と、校正の時の線源の移動速度を等しくする。測定対象の核種の壊変常数が小さければ、換算係数 K は次式で示される。

$$K = \frac{10^{-9} C_T \cdot \eta}{k \cdot L \cdot n_T} (\mu\text{c}/\text{ml}/\text{cpm})$$

C_T : 校正用標準線源の全放射能(μc)

n_T : 標準線源による全計数値(count)

L : 空気の吸引率(l/min)

k : β 紙の集塵効率

η : β 紙による吸収補正係数

ただし線源の高さは集塵口の高さに合わせておく。

線源の強さを $N_T(\text{dpm})$ とすると

$$K = \frac{N_T}{n_T} \cdot \frac{10^{-9} \eta}{2.22 k \cdot L} (\mu\text{c}/\text{ml}/\text{cpm})$$

集塵効率を100%、 β 紙による吸収、散乱がなく空気吸引率を300 l/min とすると

$$K = \frac{N_T}{n_T} \cdot 1.50 \times 10^{-12} (\mu\text{c}/\text{ml}/\text{cpm})$$

以上の方法のうち、 β 線検出器が集塵口部分にあるモニタリング・トレーラーのダスト・モニターは線源移動校正法により、モニタリング・ステーションのダスト・モニターは線源固定校正法によっている。いずれも、正確な校正後は checking によって感度を補正するだけで十分である。

一例として、Fig. 2. 19~Fig. 2. 21 にモニタリング・トレーラーのダスト・モニターの特性の一部を掲げておく。

c) 換算方法

真の大気中塵埃放射能濃度は、測定された計数率に上の方法で求めた換算係数を乗じ、バック・グラウン

ドを差引いて得る。バック・グラウンドは、集塵濾紙を移動して、検出器前面に未集塵の濾紙がくるようにして計数した値である。バック・グラウンドの測定頻度は、通常1カ月に1度程度で良いが、核爆発実験により高い大気中塵埃放射能濃度がつづくような場合は、測定頻度を多くする。特に検出器が集塵口部分にある場合は放射能汚染によりバック・グラウンドが上昇し易いので注意を要する。

2.3 降下物放射能⁴⁾

降水および自然落下塵埃の採取、全 β 放射能測定試

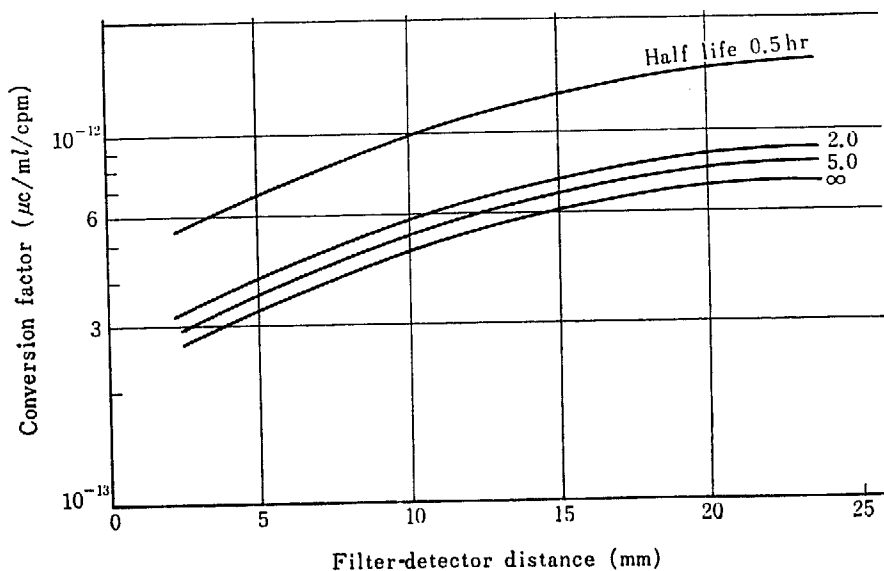


Fig. 2.19 Relationship between filter-detector distance and the sensitivity Monitoring trailer Beta-ray energy $E_{max}=0.52$ MeV (¹³⁷Cs)

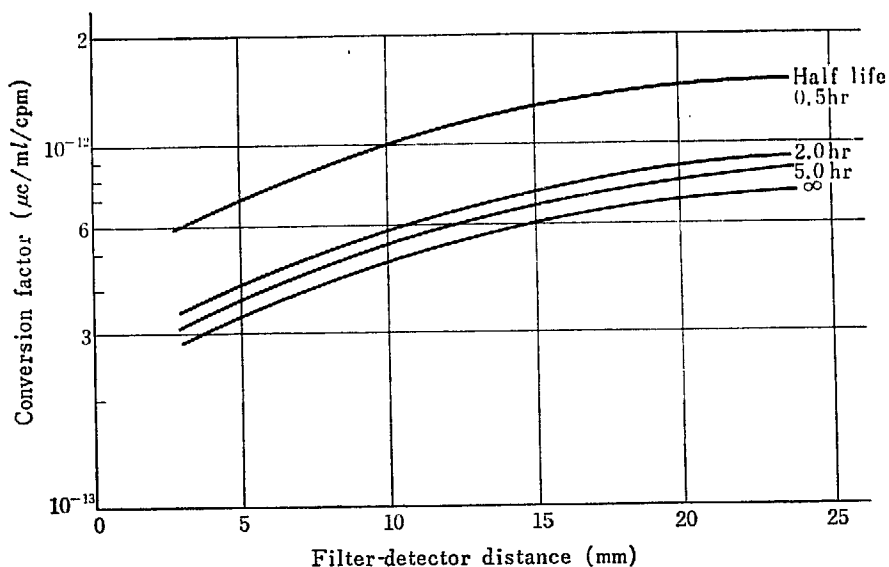


Fig. 2.20 Relationship between filter-detector distance and the sensitivity Monitoring trailer Beta-ray energy $E_{max}=0.55$ MeV, 2.26 MeV (⁹⁰Sr + ⁹⁰Y)

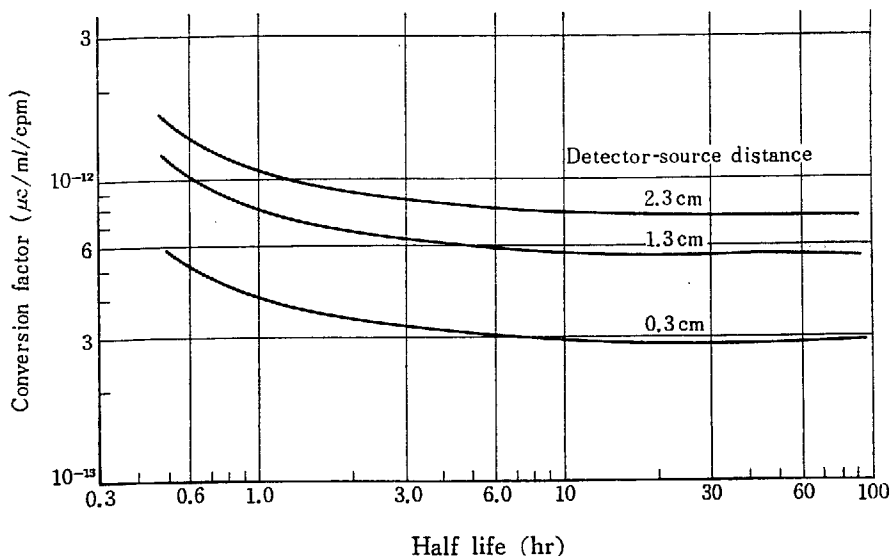


Fig. 2.21 Relationship between half-life and conversion factor Monitoring trailer Beta-ray energy $E_{\max}=0.52$ MeV (^{137}Cs)

料の調整および測定法の概要についてのべる。

2.3.1 降水

降水の採取は、定時（毎日9時）に前24時間に降ったものを採取し、その平均的な放射能を求める。採取には54A型降水採取装置*を用いている。採取装置は設置した場所からはねかえりや周囲からの飛沫が受水ルートに入らぬ場所を選んで設置している。貯水瓶中の降水の全量をメスシリンダーで量った後、よく攪拌し、その中から100mlをとり蒸発皿に移し、濃縮する。次に試料皿に少量ずつうつし、赤外線電球下で飛沫に注意しながら乾燥する。このさい、残渣が試料皿の底にできるだけ一様に広がるようにする。次に端窓型GM計数管によって全β放射能を測定する。

当地域では、降雪はきわめてまれであるので雨水採取装置を加熱することは考えていない。また降りはじめの一定量の降水採取はおこなっていない。

2.3.2 降水および自然落下塵埃

放射性降水物の化学分析のために、大型水盤を用い、降水および自然落下塵埃の大量採取をおこなっている。月始めに大型水盤に水を5l程（約1cmの深さ）入れておき、1カ月間屋外に露出して月末に採取している。採取試料全量を蒸発乾固し、残留物の一部を量取して全β放射能の測定に供している。その後、核種決定の分析をおこなう。分析法は後述する。

2.3.3 自然落下塵埃

自然落下塵埃は、 $30 \times 30 \text{ cm}^2$ の大きさのガムドペーパー*を使用し、建物屋上で1カ月間露出して試料採取をする。降水による影響を防ぐための特別な処置はほどこしていない。従って雨水中の放射能の一部が捕集されたり、また捕集されたものの一部が流れ去ることがありうる。このガムドペーパーは1カ月使用しても十分粘着力がある。試料採取の終わったガムドペーパーは、小さく折るつぼに入れて焼却炉を使用、約 500°C で1時間加熱灰化をおこなっている。灰化試料は全量試料皿にとって端窓型GM計数管によって全β放射能測定をおこなっている。

2.4 環境試料の放射能

土壌、植物、農産物、水産物、畜産物、陸水、海水など環境試料の採取、保存、全β放射能測定試料の調製および測定法の概要をのべる。

2.4.1 土壌、海底沈積物

土壌試料は毎回同じ地域より作地や歩道などをさけ、状態の変化の少ない場所で常時表面が露出しているところを選び、一定面積（ $15 \times 15 \text{ cm}^2$ ）深さ10cmの部分採取している（Fig. 2.22参照）。その中より4分割法により100gをとり $90 \sim 100^\circ\text{C}$ で乾燥後2mmの円孔篩を通し石礫を除き風乾細土とし測定試料としている。残りの試料は採取期日、場所等を記入

* 科学技術庁編，放射能測定法 p. 6 参照 (1963)

* American Rubber Co. 製品



Fig. 2.22 Soil sampling

して保存する。

海底沈積物の試料採取は適当な採泥器を用い、採取にさいし試料の損失を避けるよう留意する。採取試料を90~100°Cで乾燥し、一部を測定試料として、残りは、必要事項を記入し保存する。

測定試料は次のようにして調製する。まず風乾細土10gをピーカーに採取し、6N塩酸50mlを加え温浸し時々攪拌しながら約1時間放置し、放射性物質の抽出をおこない、抽出液の上澄液を濾過し、残渣を濾紙上に集め、0.1N塩酸で数回洗滌する。洗液と濾液を一つに集め、蒸発乾固をしてから、焼却炉で約2時間(400~500°C)灼熱し、デシケーター中で放冷後定量する。このうちより500mgを測定用試料皿に正確に採取し、アルコールで湿して先端を細くしたガラス棒で均一に拡げ赤外線ランプで乾燥後、端窓型GM計数管で全β放射能を測定している。抽出残渣量が500mg以下の場合はその全量を測定している。一般に砂は有機物がほとんど認められず風乾細土10gを用いた場合抽出残渣は500mg以下のことが多い。

2.4.2 植 物

植物試料は、毎回同じ地域より、年間を通して各時期の比較が便利なように主として松葉、杉葉を約1kg採取する(Fig. 2.23参照)。この中より生体重量で100gをとり約70°Cで乾燥後、風乾物重量を測定する。次に風乾物試料をるつぽにとり400°Cで2~3



Fig. 2.23 Plant sampling

時間加熱、灰化し、灰分を定量する。灰分試料500mgを試料皿にとり、端窓型GM計数管で全β放射能の測定をおこなう。試料は、放射能測定に供した残りも灰化し、貯蔵瓶に入れ、植物の種類、採取期日、採取場所などを記入して保存している。

2.4.3 農 産 物

農産物試料の種類を選定は、東海村およびその周辺における農産物耕作状況を参考にし、作付面積や生産高および日常の食生活との関係などを基礎にして決めた。同一種類でも代表的品種を採取し、毎年同じ地域の同一種類、同一品種のものを原則として採取している。農産物のうち、根菜類は地上部と地下部を、他は地上部を常法に従って採取し、地上部は原則として茶葉、籾殻、種実など各部分に分けて試料としている。必要に応じ試料(たとえば稲、麦、煙草)は同一種類および品種のものを生育中と収穫期に分けて採取している。土粒の附着したものは、水洗して除き、植物と同様多量に採取し、灰化して保存する。

各種農作物は先ず生体重量を測り、しかる後約70°Cで風乾した風乾物の重量を測定する。子実、籾殻、製茶などのように、すでに風乾状態にあるものはこの操作は必要ない。風乾物の一定量をるつぽにとり400~500°Cで灰化する。灰化した試料は灰分を定量し、灰分試料500mgを試料皿にとって、端窓型GM計数管で全β放射能を測定している。

2.4.4 水 産 物

水産物試料としては東海村沿岸、久慈沖、磯崎沖の魚類、プランクトン、海草などおよび久慈川、那珂川、瀬沼、阿漕浦などの淡水魚を採取している。毎回できるだけ同じ種類のものを選んで試料としているが、

魚類は所要の灰分を得るために、通常おこなっている供試量に比べて、かなり多量の試料(生体重量で約100g)を用いる必要がある。試料はできるだけ新鮮な状態で処理しているが、もし採取した試料を数日保存する場合にはポリエチレン袋に入れ、冷凍機中で $-2\sim-5^{\circ}\text{C}$ で保存する。

魚類は、生体を原則として内臓(A)、外皮(B)、筋肉(C)、骨(D)の4つの部分に分ける。1個体が大きいものは1種、1尾で処理するが、もし1個体が小さい場合は、同じ採取場所の同種類のものを各部分に分け、同一部分の一つにまとめて測定試料にしている。1個体が非常に小さく分割できない場合には、同一採取場所の同一種類のものを1つにまとめて測定している。各部分に分けた試料は蒸留水で手早く洗い、濾紙で表面の水分をぬぐい湿重量を測定した後、約 110°C で乾燥し、乾燥重量を測定している。乾燥物を大きめのつぼまたは蒸発皿に移し、焼却炉で灰化している。灰化は始め低温で焙を出さないよう時間をかけて熱し、徐々に温度をあげる。揮発性物質の散逸を少なくするため、温度は 550°C 以下に保っている。灰化が終わったらデシケーターで放冷し、灰化重量の測定をする。灰分500mgについて端窓型GM計数管を用いて全 β 放射能を測定するが、灰分が500mgにみたない場合はその全量を測定に供している。

2.4.5 畜産物

畜産物は主として家畜を対象とし、その採取は必要に応じておこない、定期的には採取していない。

牛乳は試料の採取場所を定め毎回同一の場所より供出されたものを採取している。

測定試料の調製は次のようにする。家畜の臓器および筋肉の約2gをとり $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ で恒量に達するまで乾燥し、水分を測定する。別に臓器又は筋肉の50gをるつぼにとり徐々に熱を加えて炭化する。さらに30%過酸化水素 $3\sim 5\text{ml}$ を徐々に加えて $450\sim 550^{\circ}\text{C}$ で灰化する。そのうちより500mgを試料皿にとり、端窓型GM計数管によって全 β 放射能を測定する。牛乳の場合は100mlを蒸発皿にとり、湯煎上で濃縮し、 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ で乾燥後、乾燥重量を測定する。その後 450°C 前後にて灰化し、放射能を測定する。また牛乳を採取した乳牛用の牧草類も同時に採取、放射能測定をしている。

2.4.6 陸水

井戸水、湖沼水、河川水などの陸水試料は約2lを

採取する。井戸水は、水温、ふたの有無、井戸のくみ上げの状態などについても記録する。湧水、地下水については井戸水に準ずる。湖沼水、河川水試料は毎回同一場所の同一深さから採取している。

試料中の浮遊物または沈殿物が著しくないときは、よく振りまぜて均一にした試料1lをとり6N硝酸2mlを加える。試料水を蒸発皿にうつし沸騰をさけて濃縮し約5mlとする。つぎに重量既知の試料皿に少量ずつうつし、赤外線電球下で乾燥する。蒸発皿は少量ずつの水で洗い、洗液は前記試料皿に合して完全に乾燥する。これをデシケーター中で放冷した後、重量と全 β 放射能とを測定する。潮の影響のある場所の河川水は、海水と同様の処理方法をおこなっている。

2.4.7 海水

海水試料の採取は、東海沖5kmまでの海域についておこなっている。採水量は1地点約20lである。

試料処理に必要な試薬は次のごとくである。

- 1) 塩化アンモン (NH_4Cl)
- 2) 鉄アンモン明ばん ($\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 溶液
86.3gを蒸留水で1lとする。これは1mlが10mg Feに相当する。
- 3) 塩化バリウム ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 溶液。17.8gを蒸留水で1lとする。これは1mlが10mg Baに相当する。
- 4) フェノールフタレイン溶液(1%溶液) 1gを100mlのアルコールに溶解する。
- 5) アンモニア水(1:1)
28%アンモニア水を等量の蒸留水で希釈する。
- 6) 塩酸(1:1)
12N濃塩酸を等量の蒸留水で希釈する。
- 7) 塩化アンモン溶液(2%溶液)
塩化アンモン20gを蒸留水で1lに溶解する。

海水試料は1lずつに分割する。1番目の海水1lに、担体として鉄10mgを、またバリウムは全量で10mgになるように分割された1lの海水に加える。少量の塩酸を加え微酸性とする。塩化アンモン2gを加え、 80°C 位に加熱、フェノールフタレインを指示薬として、アンモニア水を液が微かにピンク色を呈するまで滴下する。約2分間加熱煮沸した後、室温に放置して沈殿をビーカーの底にしずませる。濾過器を用いて吸引濾過する。濾紙は東洋濾紙 No.5cを用いる。濾紙上の沈殿は塩酸(1:1)20mlにできるだけとかし、なおよく濾紙をあらひ、溶液および洗液は沈殿の入ったビーカーに受ける。この溶液を次の1lの海水の

担体とする。塩化バリウム、塩化アンモンを前の場合と同量加え、同様の操作を繰返す。最後に沈澱を全部濾紙上に集め、ビーカーおよびロートは温2%塩化アンモン溶液で十分に洗滌する。濾過後もなお1~2分間吸引して濾紙上の沈澱を乾燥させる。濾紙を濾紙挟にはさみ赤外線電球下で、沈澱に亀裂を生じないように充分注意しながら乾燥する。濾紙挟みのまま端窓型GM計数管で試料の全 β 放射能を測定する。

2.5 排水放射能

排水溝における、排水および砂の試料採取場所は、海に排出する出口のところである。排水は2~5l、砂は500gを採取している。

排水は1lを蒸発乾固し、蒸発残留物を測定に供している。砂は土壌の処理方法に準じて測定をおこなっている。

2.6 測定値の換算

測定値の放射能単位への換算は、塩化カリウムを用い、試料と同一の試料皿にとり、いろいろの重量について計測し、この吸収曲線をえがき、これに対して ^{40}K の存在量からcpm/dpmの比を求めておこなっている。

試料の重量が非常に少ない降水、河川水などの場合には塩化カリウムを比較試料として用いることは放射能強度が小さい点から困難である。この時には自己吸収の影響も小さいと考えられるので、比較試料として U_3O_8 を用いている。

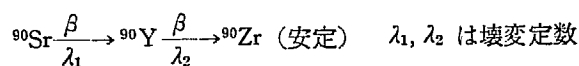
2.7 核種の分析法

環境試料中の核種分析は、主要な核種すなわち、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I などに限っており、その他の核種は必要に応じてその都度おこなっている。分析方法は、放射化学分析と γ 線スペクトル分析の両方によっている。 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I の分析法については試料によって前処理の段階で異なるのみで主要な分析法はほとんどの試料に共通している。

2.7.1 ^{90}Sr の分析法⁵⁾

未知の混合核種特に核分裂生成物が含まれている試料から ^{90}Sr を分析する場合に、 ^{89}Sr もSrフラクション中に含まれてくるので ^{90}Sr の量を決定するには

^{90}Sr の娘核種である ^{90}Y をSrフラクションから分離しその ^{90}Y 放射能より ^{90}Sr 量を決定する。すなわち ^{90}Sr と ^{90}Y が放射平衡であると、



$\lambda_1 \ll \lambda_2$ であるから ^{90}Sr 、 ^{90}Y の原子数 N_1 、 N_2 は $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$ となる。それゆえ ^{90}Y の崩壊率から ^{90}Sr の崩壊率そのままとめられる。

分析法は、試料を塩酸あるいは硝酸で抽出したのちSrフラクションは発煙硝酸または陽イオン交換樹脂によってCaから分離する。きれいになったSrフラクションは最後に炭酸塩の沈澱とし ^{90}Y の平衡を待ち(約2週間) ^{90}Y を分離する。 ^{90}Y の放射能より次式により ^{90}Sr の量(N_1)がもとめられる。

$$N_1 = \frac{A}{2.22 \eta \cdot R} \quad (\mu\mu\text{c})$$

η : ^{90}Y の計数効率

R : Srキャリアーの回収率

A : t_0 における ^{90}Y の放射能(cpm)

2.7.2 ^{137}Cs の分析法⁶⁾

^{137}Cs の分析試料のほとんどは ^{90}Sr の分析試料と同一試料でまにあうが、例外として土壌などの場合は別々の試料から分析する。

分析法は、試料の酸抽出液からSrフラクションを分離した残りの部分が ^{137}Cs 分析用になる。そしてCsは燐モリブデン酸アンモニウムで共沈させるか、あるいは陽イオン交換樹脂で分離する。最後は塩化白金酸セシウムとして沈澱させこの放射能を測定して ^{137}Cs の量を ^{90}Sr と同じ式によってもとめる。

一方 ^{137}Cs はこのような分析をせず試料のままかあるいはそれが困難である場合は、燐モリブデン酸アンモニウムで共沈させた沈澱を、 γ 線スペクトロメータで測定し、 ^{137}Cs の γ 線0.662 MeVの計数率より定量する。しかしこの場合 ^{137}Cs と共存する核種の γ 線エネルギーが0.662 MeVに近接している場合にはこの方法は適当でなく前述の塩化白金酸セシウムの沈澱を作り測定する。

2.7.3 ^{131}I の分析法⁷⁾⁸⁾

^{131}I の分析では前処理の抽出過程で酸による抽出はできない。この段階で ^{131}I の損失を最小にし、しかも完全に抽出することが必要である。このため試料により抽出方法が異なるが、大別して1)カセイソーダ溶で抽出後、硝酸酸性の四塩化炭素かクロロホルムで抽

出す方法と、2) 試料そのままに硝酸酸性の四塩化炭素かクロロホルムで抽出する方法とである。そして四塩化炭素層のIフラクションは亜硫酸によって水に逆抽出する。最後はヨウ化銀の沈澱を作りこの放射能を測定する。この ^{131}I の場合も ^{137}Cs と同様、 γ 線スペクトロメータで、 ^{131}I の0.36 MeVのホトピーク計数率より定量することができる。

2.7.4 γ 線スペクトル分析法⁹⁾¹⁰⁾

γ 線スペクトルの分析には、色々の方法があるが、ここでもちいている方法は、まず標準の線源でその γ

線スペクトルを測定してレスポンスファクターを求めておく。そして同一条件で試料を測定しその γ 線スペクトルを、レスポンスファクターによって目的とする核種のホトピークの正味の値をもとめる。このホトピークの正味の計数率を n_p とすると核種の量 N は次式から求められる。

$$N = \frac{n_p}{2.22 \eta \cdot q} \quad (\mu\mu\text{c})$$

η : ピークエフィシエンシイ

q : γ 線の放出率

3. 測定結果と考察

3.1 空間分布放射線

空間分布放射線の物理的内容には、次のものが考えられる。

原子力施設に関係なく存在するもの

- a. 宇宙線
- b. 地殻内および大気中の天然放射性物質からの放射線
- c. 核爆発実験で降下・蓄積した放射性物質からの放射線

原子力施設に起因するもの

- d. 施設建物より漏洩する直接の放射線
- e. 気体・塵埃状で大気中に放出された放射性物質 (⁴¹A など) からの放射線
- f. 放射性物質で汚染した環境からの放射線

核爆発実験や、原子力施設からの影響のないときは、空間分布放射線は、宇宙線* と地殻内の天然放射性物質からの放射線によるものが大部分である。これらは通常ほとんど変化しない。観測結果の1例を Fig. 3.1 に示す。各観測値は、それぞれ6分間計測したものであるが、時間的変動は少なく計数の統計的誤差と区別し得ない程度である。

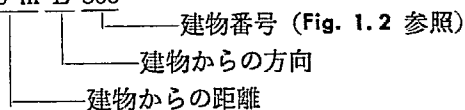
また当所敷地内外の空間分布γ線量率を電離箱を使用して精密に測定した結果を TABLE 3.1 に示す。原子力施設の影響のある場所、すなわち 10 mE 806** (固体廃棄物貯蔵庫)、10 mE 603(JRR-1 原子炉) を除くと、測定地点によるγ線量率の違いは数 μR/hr 程度以下である。しかし核爆発実験の影響のため、測定時期による変動は多少認められる。広範囲にGM計数管によってサーベイした結果を TABLE 3.2 に示す。これらの中で異常な値の観測された地点については ***印を付した。この原因は線型加速機、JRR-2 原子炉、ヴ

TABLE 3.1 Environmental gamma radiation on and around the site of JAERI, measured with an ionization chamber

Location **	Dose rate (μR/hr)		
	Nov. 1961	Mar. 1962	Feb. 1963
Drain No. 1 (the upper part)	9.4	13.4	
30 mW 901	12.3	14.3	11.0
10 mE 806	23.5	39.2	69.1
10 mS 801	11.8	7.1	11.4
10 mN 801	11.3	10.7	9.9
10 mW 701	12.0	9.7	10.3
25 mSW 607	11.7	9.0	9.1
10 mS 410	11.6	8.8	9.7
10 mE 603	28.7	10.5	11.2
25 mNW 601	14.7	9.3	14.6
50 mE 108	10.9	9.1	11.9
10 mS 108	11.9	8.7	13.2
5 mS 205	13.6	9.0	13.8
5 mS 306	13.1	8.8	12.1
20 mW 301	10.3	9.9	13.9
15 mS 101	10.1	8.3	9.5
70 mN 201	11.5	9.0	12.6
15 mS 109	11.0	7.9	12.7
700 mSSW 607	14.9		11.1
1 km N 607	10.0	9.8	9.4
1 km WNW 607	9.4	7.6	9.1
1 km SSW 607	11.0	8.6	10.2
2 km NNW 607	10.7	9.8	10.9
2 km WNW 607	9.3	8.4	9.0
2 km W 607	10.8	9.0	9.8
2 km SW 607	10.5	8.2	8.3
3.8 km SW 607	9.4	7.4	11.6
4.4 km NW 607	12.7	10.5	13.6
3.8 km S 607	9.8	9.1	10.3
4.7 km N 607	11.7	8.8	10.0
9 km SW 607	9.9	6.6	10.2
3.8 km W 607	9.4	9.0	8.9
Mean	12.2	10.2	12.9
Max.	28.7	39.2	69.1

* 宇宙線の軟組織、生殖腺に対する電離放射線の成分は、現在緯度約 70° の海面上で、28 mrad/year (3.2 μrad/hr) と評価されている¹¹⁾。

** 10 m E 806



ァン・デ・グラフ加速機などの運転および固体廃棄物の貯蔵などの影響である。これら原子力施設からの影響のある場所を除くと、γ線量率の地域による違いは、当地区で数 μR/hr 以下である。測定した時期により観測値に多少の差のあるのは、主として 1961 年秋、

TABLE 3.2 Environmental gamma radiation on and around the site of JAERI surveyed by GM counter

Location	Dose rate ($\mu\text{R/hr}$)									
	Oct. 1961*	Mar. 1962	July 1962	Sept. 1962*	Nov. 1962*	Feb. 1963	May 1963	Aug. 1963	Dec. 1963	Feb. 1964
Drain No. 1 (outlet)	9.4			10.3						
" (the upper part)	12.4	9.6	9.5		12.5	8.9	10.7	9.7	9.7	8.9
30 mW 901	10.5	9.9	9.7	10.6	9.2	8.7	10.2	11.8	9.1	10.5
Drain No. 2 (the upper part)		9.2	9.1	12.3	11.7	8.1	14.0	11.5	10.1	8.9
10 mE 806***	30.5°	31.1°	37.4°	50.1°	69.4°	76.0°	60.4°	52.7°	81.4°	92.4°
10 mS 801	8.6	7.4	12.4	11.8	12.8	9.2	12.4	10.6	10.2	10.1
10 mNE 803	12.8	8.8	10.5	11.5	11.5	9.3	12.0	10.8	11.2	9.2
10 mN 801	10.3	8.9	9.8	11.7	11.7	8.2	8.7	10.1	9.6	8.4
130 mE 801	10.5	9.4	11.1	10.5	13.2	8.5	11.8	9.4	7.9	8.1
80 mESE 607	12.4	11.7	13.5	10.9	12.1	8.7	12.3	8.0	8.9	9.0
20 mS 607	11.1	8.5	10.9	10.4	8.6	10.7	11.5	9.3	10.9	9.6
5 mNE 607***	12.9	9.2	13.4	14.5	11.6	10.2	20.5°	11.2	9.3	
10 mW 701	11.8	10.0	11.0	10.3	10.6	9.0	11.5	10.1	9.8	9.6
25 mSW 607	11.6	9.3	11.3	9.9	11.4	7.9	10.5	10.3	9.9	8.6
40 mNW 607	14.1	11.8	11.0	9.0	11.9	7.4	12.8	12.9	11.1	9.7
100 mE 410	13.9	10.1	12.6	11.8	12.9	10.0	10.7	11.0	10.8	8.7
10 mS 410	9.9	10.8	11.5	9.9	10.7	9.4	11.7	11.4	11.0	9.0
250 mSSW 607	10.2	9.2	11.7		11.3	9.9	12.1	10.1	12.2	8.7
15 mW 604***	14.2	11.6	12.5	12.2	13.2	10.9	18.5°	9.9		8.9
10 mE 604	15.1	9.9	12.5	13.2	14.8	13.6	19.9°	15.6		
10 mW 603	12.5	9.5	15.2	11.7	12.6	11.2	12.9	10.9	10.9	10.2
10 mE 603***	35.4°	12.3	13.5	9.8	11.6	10.2	22.6°		11.5	11.6
20 mW 602***	21.9°	8.2	10.5	10.0	10.6	10.3	14.5	10.0	9.7	12.4
10 mN 602	64.3°	8.5	10.8	10.5	10.8	10.2	13.4	10.8		9.6
20 mN 601***	14.1	10.0	13.1	11.9	11.8	9.0	29.2°	11.0	9.7	9.5
20 mSW 312***	10.4	12.1	14.9	10.8	13.0	12.2	21.2°	11.5	10.3	10.1
25 mNW 601***	11.0	12.1	12.0	11.3	11.7	9.7	19.1°	9.6	9.0	10.0
50 mE 108	9.2		11.1	11.7	11.1	7.9	14.1	11.4	10.2	8.6
10 mS 108	11.1	10.7	11.8	11.2	12.3	9.9	12.0	11.1	10.1	9.5
5 mS 205		10.7	9.8	11.6	13.3	9.2	16.7	10.9	11.1	12.0
5 mS 306	10.7	9.7	11.3	11.1	14.7	10.9	13.9	12.3	9.7	10.1
5 mW 204	12.9	6.8	12.2	10.9	12.4	9.9	12.3	11.6	9.3	8.2
10 mS 203	9.8	12.8	11.1	11.7	12.3	10.0	14.3	12.6	9.5	12.4
25 mSW 203	9.8	14.5	13.6	12.9	13.3	12.1	13.0	13.9	10.6	12.1
10 mS 301	10.2	9.0	11.8	11.9	11.2	9.9	11.6	12.3	10.5	9.6
20 mW 301***	13.3	11.3	11.4	12.9	11.6	13.1	14.0	68.6°	11.0	10.3
20 mNE 301***		10.0	12.7	10.6	10.4	12.6	20.8°	62.7°		
15 mS 101	11.6	9.1	10.2	11.3	9.8	8.0	12.0	10.7	9.4	9.1
70 mN 201		9.8	12.2	11.7	12.1	10.4	11.2	12.0	8.8	8.6
15 mS 109	9.7	10.9	12.3	12.5	12.3	10.8	12.6	14.9	11.7	9.7
750 mSSW 607	12.1	10.7	11.1	9.4	10.7	10.0	10.7	9.8	9.5	9.2
700 mSSW 607					11.6	9.3	13.5	8.6	9.8	8.9
1 km N 607	9.2	8.9	9.8	10.2	14.9	9.1	11.0	10.6	10.1	9.4
1 km WNW 607	11.0	10.8	10.8	10.1	10.8	9.4	11.9	8.2	8.6	8.8
1 km SW 607	10.2			9.8	9.9	6.3	9.8		6.1	7.1
1 km SSW 607	10.1	9.7	12.3	12.0	12.4	8.3	12.4	9.6	9.8	9.7
2 km NNW 607	11.0	10.3	9.7	10.3	11.1	9.4	10.6	10.2	9.8	9.0
2 km WNW 607	8.6	9.4	9.0	10.8	11.3	8.4	11.2	9.9	8.0	8.6
2 km W 607	7.9	9.5	8.5	11.1	12.6	7.9	9.6	8.5	8.3	8.7
2 km SW 607	7.7	10.0	9.7	12.0	9.5	9.2	11.7	9.3	9.9	9.5
3.8 km SW 607	9.8	8.7	9.2	9.7	10.5	8.2	11.2	10.1	9.5	9.4

Table 3.2 (Cont.)

Location	Dose rate ($\mu\text{R/hr}$)									
	Oct. 1961*	Mar. 1962	July 1962	Sept. 1962*	Nov. 1962*	Feb. 1963	May 1963	Aug. 1963	Dec. 1963	Feb. 1964
4.4 km NW 607	14.5	11.1	11.4	11.1	13.7	10.1	12.4	10.6	10.2	9.4
3.8 km S 607	8.3	8.1	8.8	8.6	9.0	5.9	9.6	9.0	7.6	7.7
4.7 km N 607	9.9	7.8	9.8	11.0	8.0	6.2	10.1	9.8	8.8	7.3
9 km SW 607	12.8	7.2	8.8	10.4	10.9	7.7	11.3	9.0	8.4	6.3
3.8 km W 607	9.6	8.7	8.1	10.1	10.5	7.2	12.1	8.5	8.9	6.3
Mean	13.4	10.3	11.7	11.8	12.7	10.6	14.2	13.5	11.3	11.2
Max.	64.3	31.1	37.4	50.1	69.4	76.0	60.9	52.7	81.4	92.4

Location 5 mE 501 5 m—Distance from building E—Direction from building 501—Building number

* Nuclear explosion tests in USSR.

° The points recording remarkable value

The difference between radiation doses of each measurements is caused by counting error (standard deviation $\pm 1.2\mu\text{R/hr}$) and the different surface contamination from fission products by nuclear explosion tests in USSR.

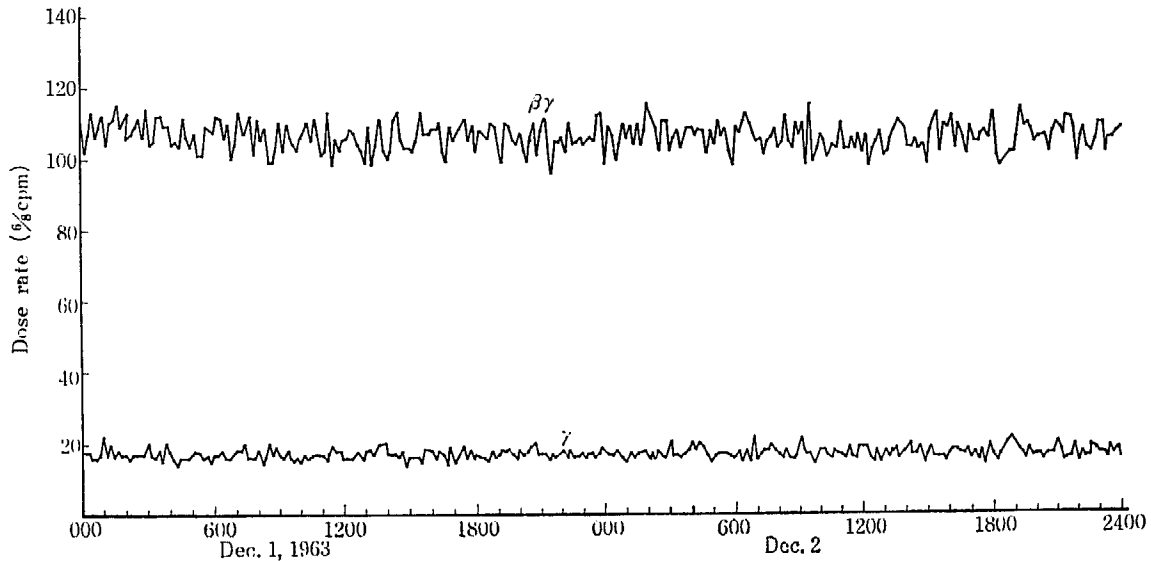


Fig. 3.1 Variation of environmental beta-gamma and gamma radiation at No. 8 monitoring station including background counts of GM counter

1962 年秋のソ連における核爆発実験に原因している。

TABLE 3.3 に各モニタリング・ステーションで GM 計数管により、連続的に観測した γ 線量率の毎月の平均値を示す。表中、空白欄は、その期間はまだそのステーションにおける観測が開始されていなかったことを意味し、ハイフン (—) 記号は、ステーション機器の修理・調整などによって観測が実施されなかったことを示す。また括弧付数字は、月間観測日数が 1 週間以内のため正確さのやや乏しいことを意味する。観測値は核爆発実験の影響などにより多少の経年変化をしている。Fig. 3.2 に 1958 年 6 月から 1964 年 6 月までのモニタリング・ステーションで観測した月平均観測値の変動を示す。短時日のスケールでは、通常空間分

布放射線量率は、ほとんど変わらないが、変動を認めた特別の場合について次にのべる。

3.1.1 積雪時における線量率の減少

1963 年 2 月 2~3 日、東海村には珍しく降雪があり、この雪は検出器を被って 26 cm の積雪 (1.04 g/cm² 厚さの水に相当) 量に達した。これから想像されるのは、積雪が地殻内の天然および核爆発実験で降下、蓄積した人工放射性物質からの放射線を吸収、遮蔽して空間分布放射線量率を減少させることである。当時の模様を Fig. 3.3 に示す。これから解るように降雪による γ 線量率の減少は数 cpm (約 1 $\mu\text{R/hr}$) にすぎなかったが、 $\beta\gamma$ 線量率は約 60 cpm (表面汚染に換

TABLE 3.3 Environmental γ radiation* at eight monitoring stations (unit: $\mu\text{R}/\text{hr}$)

Station number		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	Regional average
Date										
1958	July		—	(9.8)***						—**
	Aug.		—	9.5						—
	Sept.		—	9.1						—
	Oct.		(7.7)	8.7						8.2
	Nov.		10.4	10.2						10.3
	Dec.		9.7	9.2						9.5
1959	Jan.	8.4	8.4	9.0						8.6
	Feb.	8.4	8.3	8.8						8.5
	Mar.	8.7	8.5	9.9						9.0
	Apr.	8.9	9.1	9.3						9.1
	May	8.7	8.9	9.5	8.2					8.8
	June	—	8.3	8.5	—					8.4
	July	9.2	8.1	—	—					8.7
	Aug.	9.2	7.8	—	9.1					8.7
	Sept.	9.6	7.9	7.0	9.3					8.5
	Oct.	9.7	7.8	7.0	9.3					8.0
	Nov.	8.1	7.5	6.6	7.5					7.4
	Dec.	7.6	7.6	6.6	7.7					7.4
1960	Jan.	6.5	8.0	6.7	7.2	9.3	6.3	5.6		7.1
	Feb.	8.7	8.1	6.8	8.1	9.2	6.4	6.1		7.6
	Mar.	8.7	8.1	6.9	8.4	9.1	6.3	6.2		7.7
	Apr.	8.6	8.0	6.9	8.8	8.9	6.2	6.5		7.7
	May	8.6	8.4	7.8	9.0	8.0	5.8	6.4		7.8
	June	8.5	8.1	7.2	8.0	7.6	5.5	5.3		7.2
	July	(8.3)	(12.0)	—	—	(8.0)	(5.5)			(7.3)
	Aug.	7.6	—	—	—	7.6	5.8	5.6		6.7
	Sept.	7.6	6.4	—	—	7.5	(5.8)	5.7		6.4
	Oct.	8.5	7.9	—	8.4	7.2	5.8	5.6		7.2
	Nov.	7.8	(7.8)	7.2	7.5	5.9	5.8			7.0
	Dec.	7.6	7.5	—	7.2	7.2	5.8	5.7		6.8
1961	Jan.	7.2	—	6.2	6.1	—	6.0	5.7	5.5	6.1
	Feb.	7.9	5.8	6.0	5.5	—	—	5.4	5.2	5.9
	Mar.	7.4	6.0	6.2	7.0	6.9	6.9	5.8	5.3	6.4
	Apr.	5.5	7.4	6.7	7.6	5.6	4.9	5.8	5.7	6.0
	May	7.1	8.6	7.5	7.1	5.9	5.6	6.0	6.3	6.8
	June	8.0	6.0	7.6	7.1	5.8	5.8	6.2	5.7	6.5
	July	7.1	5.8	8.0	5.2	5.7	—	7.1	5.9	6.7
	Aug.	9.7	—	—	6.4	5.6	6.1	7.2	5.9	6.8
	Sept.	9.3	7.8	8.1	6.6	5.8	5.7	8.3	6.7	7.3
	Oct.	9.4	8.8	8.5	8.4	7.1	9.2	8.6	9.0	8.6
	Nov.	9.7	9.9	9.2	8.7	6.9	8.9	7.6	8.3	8.7
	Dec.	8.9	9.4	8.9	9.0	7.0	7.3	7.6	7.4	8.2

Note: * Instruments are calibrated with a standard source radium 0.62 mg; the listed above are the data which have obtained by subtracting the correction values for both the ionizing particles of cosmic ray and the contamination of wall material of GM counter.

** '—' indicates no observation due to the repair or overhaul of measuring equipment.

*** () measuring period was less than one week.

Table 3.3 (Cont.)

Station number		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	Regional average
1962	Jan.	9.1	8.4	7.5	9.2	7.1	7.0	6.9	8.1	7.9
	Feb.	8.9	8.1	7.9	8.9	6.7	7.1	6.6	6.2	7.6
	Mar.	9.1	7.8	8.6	9.1	7.3	7.3	6.5	6.4	7.8
	Apr.	9.4	8.1	8.8	9.1	7.1	7.7	7.3	6.3	8.0
	May	(10.0)	8.7	8.6	9.5	7.8	8.0	7.6	9.5	8.7
	June	—	8.4	8.9	—	8.4	8.7	8.6	8.1	8.5
	July	—	8.4	9.2	—	8.3	8.5	8.2	8.1	8.5
	Aug.	—	8.3	—	—	—	8.2	9.2	7.8	8.4
	Sept.	9.0	8.5	—	8.7	7.0	7.8	8.9	7.6	8.2
	Oct.	10.2	(8.3)	—	(8.7)	7.6	7.1	10.7	(7.7)	8.9
	Nov.	10.6	—	—	8.8	7.1	—	9.6	—	9.0
	Dec.	10.0	—	—	8.3	7.6	—	10.7	—	9.2
1963	Jan.	10.0	8.8	8.5	8.8	7.8	9.0	7.3	9.3	8.7
	Feb.	8.2	8.1	8.3	7.9	6.6	7.6	7.9	7.5	7.8
	Mar.	8.6	8.0	7.8	8.3	7.0	7.0	8.7	7.0	7.7
	Apr.	8.8	8.1	8.2	8.3	7.2	6.8	7.3	7.5	7.8
	May	9.1	8.1	8.0	8.3	7.5	7.0	7.4	7.2	7.8
	June	9.6	8.5	8.3	8.3	7.4	6.7	8.1	7.3	8.0
	July	9.9	8.6	8.4	8.4	7.3	7.2	7.5	7.3	8.1
	Aug.	9.2	8.0	8.0	8.3	7.0	7.0	7.0	7.2	7.7
	Sept.	8.9	7.5	7.5	8.2	6.7	7.0	6.6	7.2	7.5
	Oct.	8.8	7.5	7.2	7.8	6.4	6.2	6.3	6.9	7.1
	Nov.	8.5	7.3	6.9	7.7	6.2	6.0	6.2	6.7	6.9
	Dec.	8.5	7.1	6.7	7.7	6.0	5.9	6.0	6.5	6.8

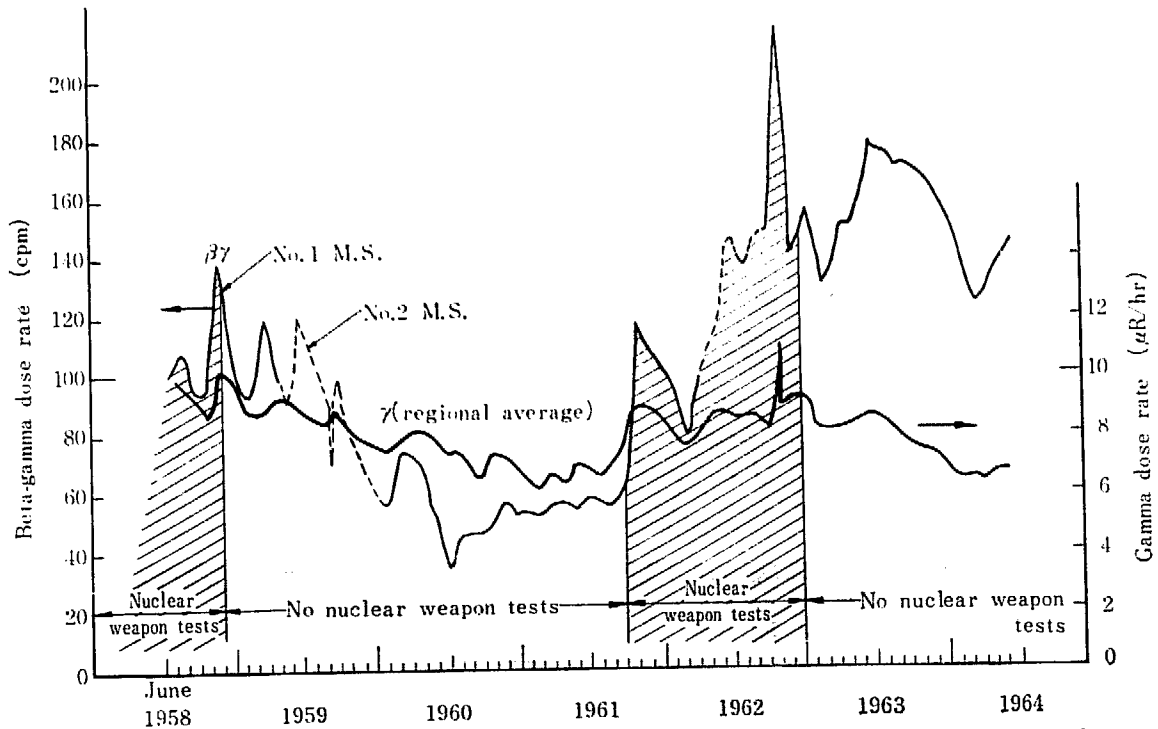


Fig. 3.2 Environmental beta-gamma and gamma radiation at monitoring station from June 1958 to June 1964

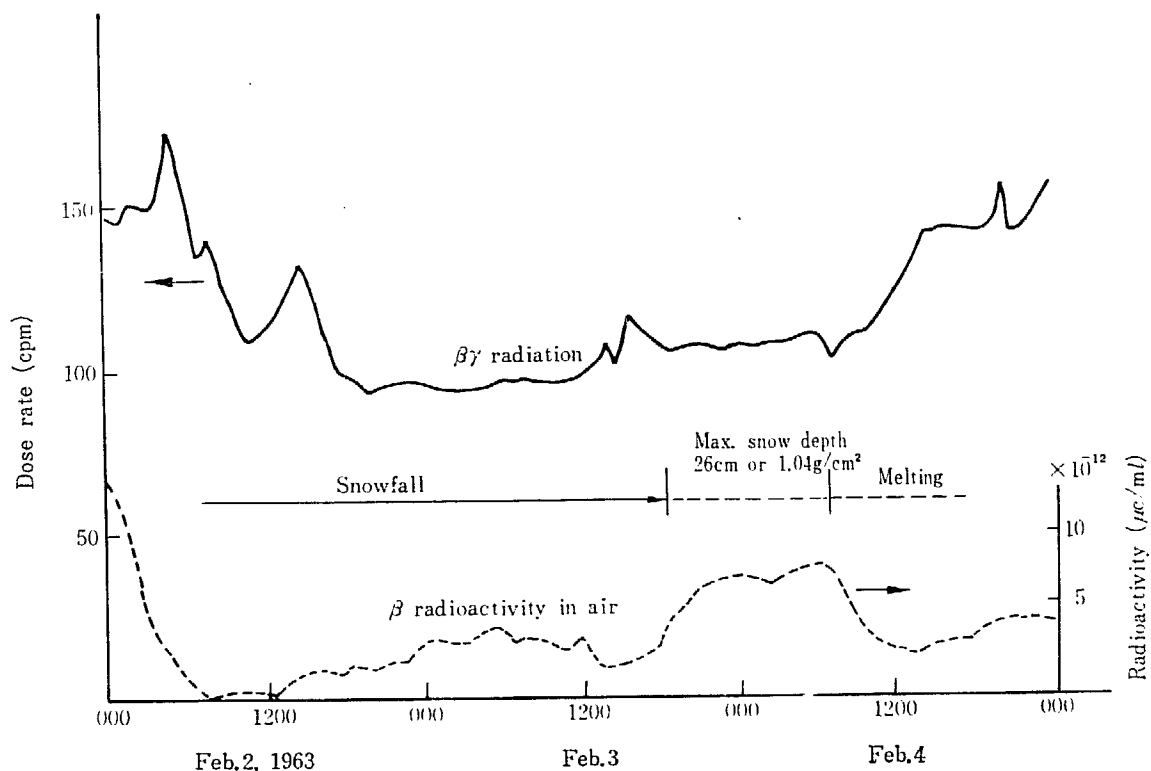


Fig. 3.3 Environmental beta-gamma radiation and beta radioactivity in air filter samples during snow fall

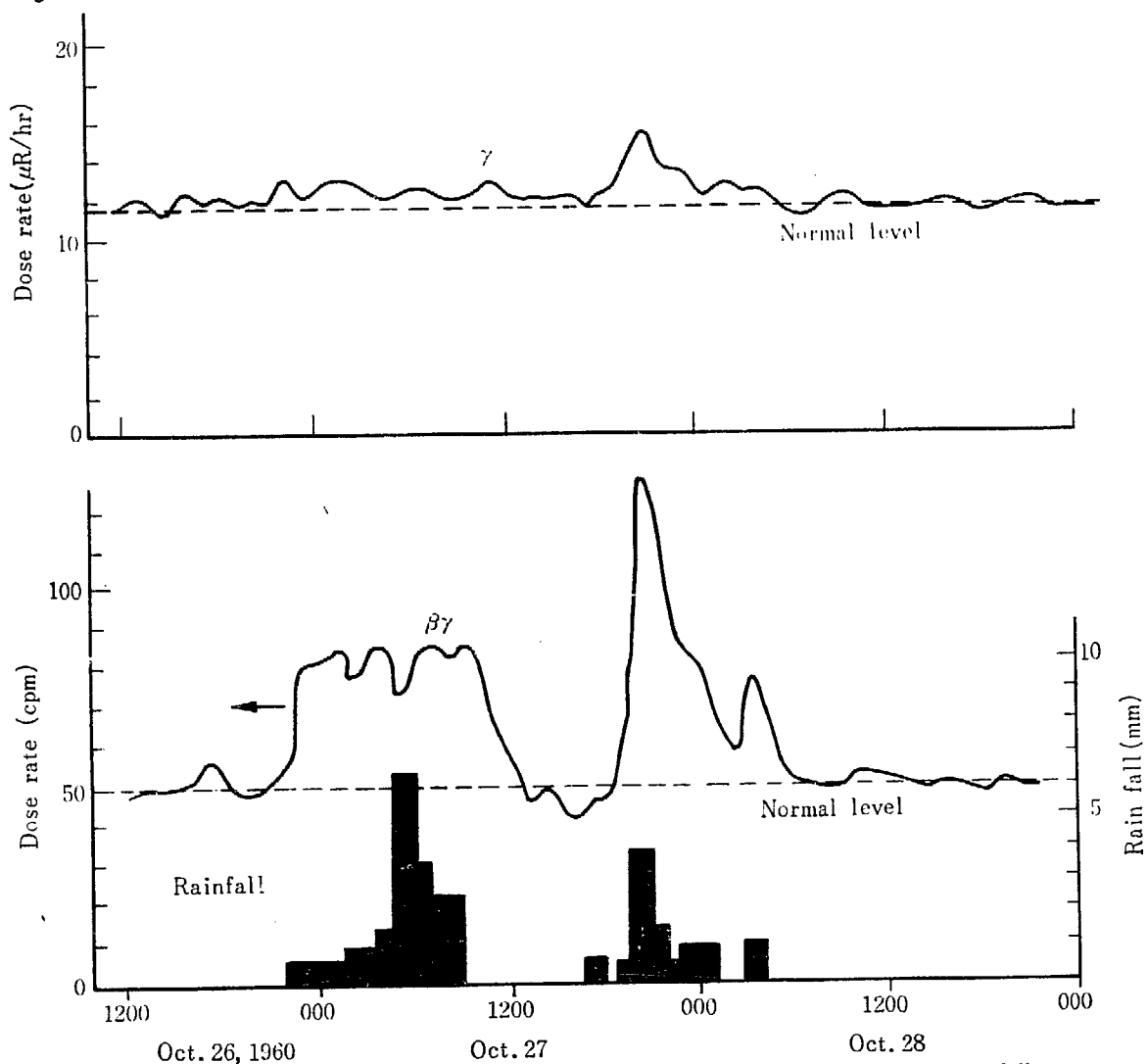


Fig. 3.4 Variation of environmental beta-gamma and gamma radiation due to rainfall
Position of measurement: on the roof of No. 1 monitoring station

算すると約 $6 \times 10^{-5} \mu\text{c}/\text{m}^2$ に相当する) の減少をみた。 β 線は物質に吸収され易いことを考えれば、この値は地表面 β 汚染量のほぼ真値を示すといえる。

3.1.2 降雨時における線量率の増加

前項とは別に、線量率の経過を短時間スケールで調べると、降雨時、特にその初期には、線量率が増加する。この現象は β 線量率に著しく、核爆発実験の影響のない時期にも現われる (Fig. 3.4 参照)。これは大気中の RaB, RaC, ThB, ThC などを含む放射性エアロゾルが雨滴に捕捉されて地上に降下するためと考えられる。この増加は、降雨強度が小さいほど著しく、ある程度降り続くと減少を始める。減少の理由としては次のことが考えられる。

- 降雨により大気中の β 放射能濃度が減少し、これに伴ない降水中の β 放射能濃度も時間とともに減少する。
- 沈着した β 放射能がその後の雨で洗い流される。
- 沈着した放射能自体の崩壊減衰。

これに対して、 γ 線量率の降雨の際の変動は比較的小さい。

3.1.3 原子力施設運転時に漏洩する γ 放射線

当所の線型加速機 (LINAC) および水均質臨界実験装置 (AHR) などは、運転中に若干の γ 線が屋外へ漏洩する。この漏洩放射線の分布を詳細に知るために、1962年5月9~10日、保健物理部員その他27名を動員して特別調査(広範囲サーベイ)がなされた。その結果を Fig. 3.5, Fig. 3.6 に示す。線量率が $60 \mu\text{R}/\text{hr}$ 以上となる地域は警戒区域として放射線管理がおこなわれている。

3.1.4 原子炉から放出される ^{41}A による γ 放射線

JRR-2 原子炉などの運転時には、被照射空気中のアルゴンが (n, γ) 反応を受けて ^{41}A に変わり、それが数 c/hr の割合で煙突から放出される。

この放射性ガス ^{41}A は空間分布放射線に寄与することとなるが、それを評価するために幾たびか特別観測がおこなわれた。その1例を Fig. 3.7 に示す。これは1962年10月8日夕刻、保健物理部員14名によって観測されたものである。これと並行して計算上の評価もおこなわれたが実測とよく一致する結果を得た¹²⁾。それによれば ^{41}A 放出率/風速 = $1 \text{ c} \cdot \text{hr}^{-1} / \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、放出高度 = 40 m のとき、最高被曝地点では約 $10 \mu\text{R}/\text{hr}$

の γ 線量率となる。

3.2 大気放射能

大気中に存在する気体・塵埃放射性物質は、次のように分類できる。

原子力施設に関係なく存在するもの

- 地殻内より放散、あるいは宇宙線によって生成される天然放射性物質 (主なものは地中から放散する Rn, Tn とその娘核種)
- 核爆発実験による放射性降下物 ($^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$, ^{90}Sr , ^{137}Cs その他の核分裂生成物)

原子力施設に起因するもの

- 平常運転時に放出される放射性気体 (^{41}A など)
- 事故時に放出される放射性気体、塵埃 (^{131}I その他の核分裂生成物)

1957年1月、モニタリング・ステーションで大気放射能の測定を開始して以来、1963年12月までの月平均観測値、および各月内の1週間平均値の最大値を TABLE 3.4, TABLE 3.5 a~c に示す。このうち1957年の値は、仮観測所において、Coffee-Pot 型集塵器で採取した試料を、集塵後2時間経過してから測定した値であり、1958年以降のものは、正規に建設されたモニタリング・ステーションの塵埃モニターによって連続移動濾紙に集塵後、自然放射能の影響を少なくするため β 放射能は4.5時間、 α 放射能は7時間経過してから測定した値である。半減期10.5時間の ThB、およびその娘核種は減衰し終らないから、TABLE 3.4, TABLE 3.5 a~c の数値は、ThB, ThC などと核爆発実験による放射性降下物の両者を含んでいると考えられる。

原子力施設から放出された粒子性の放射性物質は、現在までのところ無視し得る量であり、塵埃モニターでは検出されない。1958年11月の核爆発実験停止より2年以上経過した1960年頃から、再開された1961年9月以前の間は、放射性降下物が少なく、観測値の大部分は自然放射能のみと考えられる。

この測定では、この期間の1週間平均の大気塵埃 α 放射能濃度は、 $10^{-13} \sim 1.3 \times 10^{-11} \mu\text{c}/\text{ml}$ 、 β 放射能濃度は、 $10^{-12} \sim 1.3 \times 10^{-11} \mu\text{c}/\text{ml}$ であり、観測をおこなった全期間では、 α 放射能濃度は $10^{-13} \sim 1.3 \times 10^{-11}$

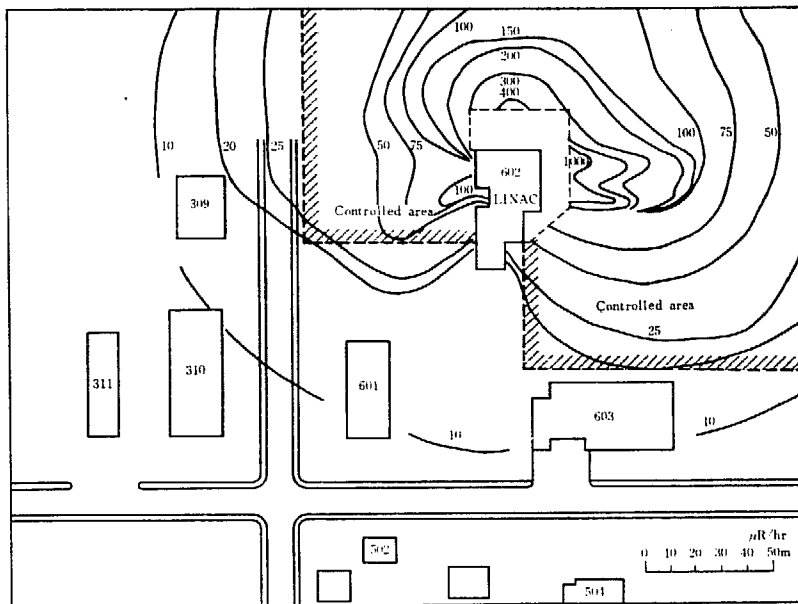


Fig. 3.5 Gamma-ray dose rate distribution around the LINAC building when the LINAC is operated

Date of measurements: May 9, 1962

Position of measurements: 70 cm above ground

Figures of the contour lines indicate gamma-dose rate, excluding background of the detector

Operating condition

Energy : 20 MeV, Pulse repetition : 150 PPS, Pulse length : 4 μs, Average current : 50 μA

309 Material testing building, 310 Metallurgical research building, 311 Ceramics laboratory building, 502 Meteorological observatory, 504 Chemical engineering and mechanical research building, 601 Co-60 irradiation building, 602 LINAC building, 603 JRR-1 building

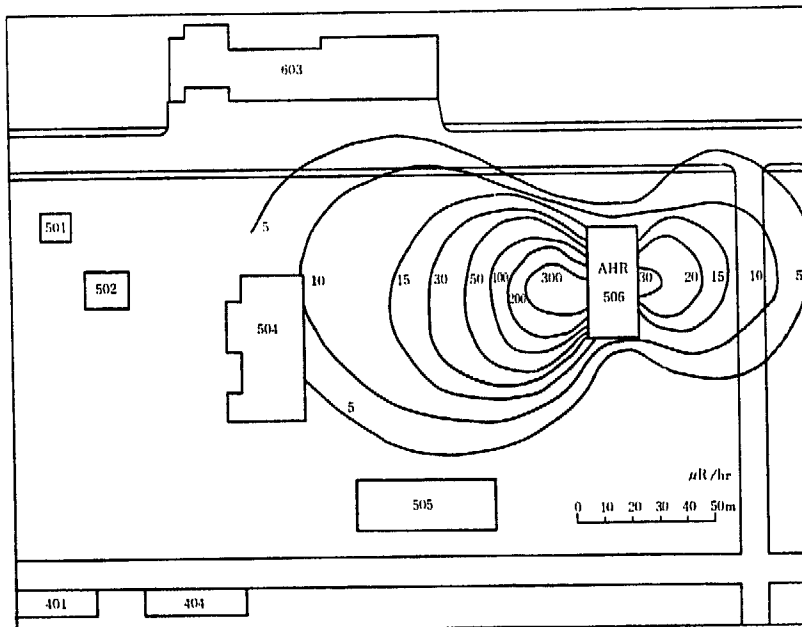


Fig. 3.6 Gamma-ray dose rate distribution around the AHR building when the AHR is operated

Date of measurements: May 10, 1962

Position of measurements: 70 cm above ground

Figures of the contour lines indicate gamma-dose rate, excluding background of the detector

AHR Power 10 W

401, 402 Warehouses, 501 Weather observation tower, 502 Meteorological observatory, 504 Chemical engineering and mechanical research building, 505 Mock-up test building, 506 Experimental facilities building, 603 JRR-1 building

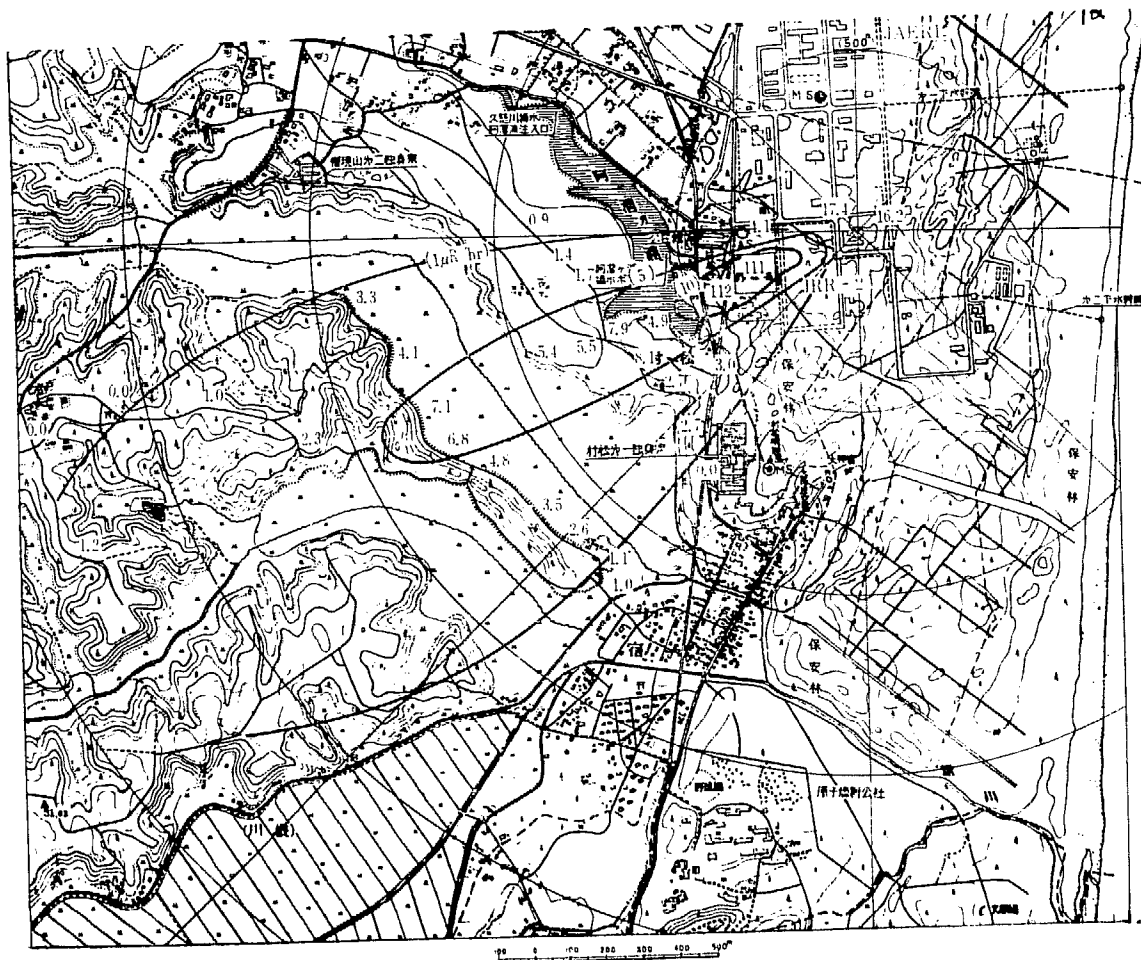


Fig. 3.7 Gamma-ray dose rate distribution due to the ^{41}A cloud released from JRR-2 reactor stack

Observation period=15.40~17.30, Oct. 8, 1962

Release rate=3.4 c/hr

Wind speed=4.2 m/sec

Stability=C

TABLE 3.4 Total beta radioactivities in air filter samples at monitoring stations from 1957 to 1960
(unit: $\times 10^{-12}$ $\mu\text{c}/\text{ml}$)

Year	Station	1957	1958		1959				1960				
		Provi- sional*	No. 1	No. 4	Regional average	No. 2	No. 3	No. 4	Regional average	No. 2	No. 3	No. 4	Regional average
Month	Value												
Jan.	Mean	4.1	7.7	8.6	8.2	3.9	5.5	—	5.1	1.3	7.0	3.7	4.2
	max**	5.2	8.7	10.8		5.1	8.8			2.0	9.0	7.1	
Feb.	Mean	4.1	2.7	5.4	4.1	5.4	(5.5)***	—	4.9	2.2	(12.4)	4.6	6.4
	max	5.0	3.6	7.1		6.1				2.8		7.1	
Mar.	Mean	2.8	10.7	15.6	13.2	3.1	—****	7.1	4.4	1.2	(7.3)	(6.0)	4.7
	max	3.7	14.8	29.2		4.8		7.9		1.6			
Apr.	Mean	3.3	14.2	13.7	14.0	3.8	(4.4)	7.8	5.2	1.0	—	5.7	3.5
	max	3.4	19.3	17.5		4.2		8.9		1.4		6.9	
May	Mean	4.0	10.0	8.1	9.1	3.0	3.0	5.9	4.2	(0.4)	—	—	1.1
	max	4.7	13.9	8.2		3.8	3.5	7.0					
June	Mean	2.1	7.8	8.4	8.1	4.5	—	3.1	3.4	(3.0)	(1.7)	—	2.4
	max	3.2	8.9	8.6		7.1		4.8					
July	Mean	2.0	10.1	10.3	10.2	—	—	—	0.3	(1.9)	—	—	1.6
	max	2.5	17.0	10.4									
Aug.	Mean	1.2	6.8	6.2	6.5	—	—	—	0.3	(3.1)	—	—	2.1
	max	2.2	8.2	7.1									
Sept.	Mean	2.1	5.2	5.2	5.2	1.7	—	5.0	3.1	1.7	—	—	1.7
	max	3.0	5.5	5.8		1.9		7.1		3.0			
Oct.	Mean	2.9	8.7	7.8	8.3	1.5	—	2.0	2.1	(1.0)	—	2.5	2.2
	max	4.2	10.2	10.9		1.8		2.8				2.7	
Nov.	Mean	2.7	17.9	20.0	19.0	1.9	—	2.5	2.8	(4.2)	—	2.7	3.1
	max	3.5	40.5	38.4		2.5		3.5				3.7	
Dec.	Mean	1.7	12.9	20.4	16.7	—	—	(6.1)	4.5	4.8	2.6	2.7	2.8
	max	2.9	14.9	25.2						9.7	4.2	3.7	
Annual	Mean	2.8	9.6	10.8	10.2	3.2	4.6	4.9	4.0	2.2	6.2	4.0	3.8
	max	5.2	40.5	38.4		7.1	8.8	8.9		9.7	9.0	7.1	

Note:

* Measured 2 hours after collection for the provisional station, and 4.5 hours for the other stations.

** "Max" means the average value within a week of maximum concentration in each month.

*** 'Parenthesis' shows that the observation is less than one week in each month.

**** '—' indicates no observation due to the repair of measuring equipment.

TABLE 3.5 a Total alpha and beta radioactivities in air filter samples at eight monitoring stations
(unit: $\times 10^{-12} \mu\text{c/ml}$) (1961)

		No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 7		No. 8		Regional average	
		α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Jan.	Mean	2.4	7.2	1.7	6.8	0.8	2.7	5.2	9.1	1.6	4.6			4.9	7.3	3.2	5.5	2.8	6.1
	Max	2.8	8.7	2.0	7.0	0.8	3.8	6.3	10.4	2.3	7.3			5.6	8.4	3.9	5.5		
Feb.	Mean	2.5	6.0	1.6	5.9	1.5	4.1	5.3	11.0	2.4	6.1			5.3	7.4	4.3	7.2	3.2	6.0
	Max	3.9	8.8	1.6	7.4	1.8	5.2	6.5	11.0	4.2	6.8			6.6	9.7	7.0	9.0		
Mar.	Mean	4.2	6.5	1.6	6.5	1.8	4.3	7.6	17.4	2.4	4.2	3.6	2.5	4.9	7.9	4.5	5.2	3.8	6.8
	Max	4.3	8.8	1.6	7.2	2.1	4.3	8.5	17.4	4.3	6.0	3.9	2.7	6.1	11.0	7.3	9.5		
Apr.	Mean	3.9	8.7			1.4	3.9	6.2	6.6	3.0	3.7	2.2	1.8	3.3	7.0	5.0	5.5	3.5	5.3
	Max	5.4	10.2			1.6	10.6	7.0	8.4	3.8	5.3	5.8	4.4	5.4	12.6	12.5	9.7		
May	Mean	2.5	6.6			0.8	2.3	1.4	4.4	5.7	5.3	—	2.1	1.8	3.7	3.5	5.2	2.6	4.2
	Max	3.3	10.2			1.5	6.4	2.2	6.4	5.9	8.6	—	2.1	1.8	4.6	4.3	5.7		
June	Mean	1.3	3.0			1.1	2.3	2.6	4.9	3.5	6.6	—	—	2.1	8.1	2.7	4.0	2.2	4.8
	Max	1.4	3.2			1.6	3.1	4.8	7.9	8.3	10.4	—	—	2.9	10.8	3.2	4.6		
July	Mean	2.0	3.4	—*	—	1.3	3.1	2.8	5.3	3.0	4.7	—	—	1.9	2.3	3.5	6.7	2.4	4.2
	Max	2.4	5.2	—	—	2.0	5.1	4.3	9.4	5.5	6.7	—	—	2.8	2.4	5.0	7.9		
Aug.	Mean	1.9	4.0	—	—	—	—	2.7	3.6	2.1	3.2	5.6	6.4	1.7	5.6	2.0	7.4	2.6	5.0
	Max	2.8	7.5	—	1.1	—	—	5.6	8.6	3.3	6.4	5.6	12.3	3.7	7.4	3.8	10.9		
Sept.	Mean	1.2	1.7	1.5	2.3	—	—	4.9	8.8	1.9	10.6	—	—	—	—	2.1	7.0	2.3	6.1
	Max	2.0	3.5	1.9	5.7	—	—	7.4	13.6	2.4	19.4	—	—	—	—	3.1	10.4		
Oct.	Mean	1.7	7.5	1.4	4.0	0.8	9.0	3.6	18.1	1.8	7.9	1.2	12.3	1.2	8.8	1.5	8.9	1.7	9.6
	Max	2.0	9.8	1.4	5.8	1.0	9.4	6.1	31.7	2.6	12.2	1.5	20.0	2.0	15.6	2.6	12.2		
Nov.	Mean	1.1	9.5	2.3	4.5	2.4	20.9	5.0	31.9	1.5	19.1	3.0	14.1	2.2	10.5	1.6	13.1	2.3	15.5
	Max	1.8	16.5	3.6	7.0	4.3	28.2	9.3	82.0	2.0	44.8	4.0	21.2	3.0	15.8	3.7	23.0		
Dec.	Mean	2.7	4.2	2.1	4.0	1.9	13.8	3.1	13.0	3.5	14.4	2.9	8.7	2.9	11.1	2.2	10.1	2.6	10.0
	Max	3.6	6.0	2.9	4.5	2.9	20.4	5.1	18.0	4.2	18.8	3.0	12.6	4.5	15.1	3.1	13.1		
Annual	Mean	2.3	5.7	1.7	4.9	1.4	6.6	4.2	11.2	2.7	7.5	3.1	6.8	2.9	7.2	3.0	7.2	2.7	7.0
	Max	5.4	16.5	3.6	7.6	4.3	28.2	9.3	82.0	8.3	44.8	5.8	21.2	6.6	15.8	12.5	23.0		

* '—' indicates no observation due to the repair of measuring equipment.

TABLE 3.5 b Total alpha and beta radioactivities in air filter samples at eight monitoring stations
(unit: $\times 10^{-12} \mu\text{C}/\text{ml}$) (1962)

		No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 7		No. 8		Regional average	
		α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Jan.	Mean	1.1	2.5	0.6	2.5	1.7	6.3	1.3	5.2	2.2	5.0	0.8	3.4	1.1	6.8	1.9	4.5	1.3	4.6
	Max	1.4	4.2	0.8	3.5	2.4	8.7	1.8	12.0	2.6	5.5	1.1	4.6	1.2	10.0	2.3	5.7		
Feb.	Mean	0.9	3.2	0.9	4.4	3.0	10.5	2.3	14.2	2.3	7.4	1.3	3.7	2.3	9.4	2.4	5.2	1.9	7.3
	Max	1.8	4.3	1.0	5.4	3.8	13.2	3.0	19.2	2.8	8.0	1.5	5.4	5.0	15.9	3.2	8.0		
Mar.	Mean	0.9	4.0	1.0	3.7	1.9	11.2	2.4	8.3	1.7	7.9	1.1	5.7	1.5	9.3	2.7	6.0	1.7	7.0
	Max	1.2	5.5	1.7	5.2	3.1	18.4	3.3	11.0	3.9	13.5	1.5	7.7	2.3	12.5	3.7	9.0		
Apr.	Mean	0.5	4.5	0.6	3.6	1.5	6.8	1.5	5.6	1.6	3.9	0.8	5.1	0.7	7.0	1.6	7.0	1.1	5.5
	Max	0.6	5.0	0.7	4.5	2.5	12.9	2.2	5.9	2.4	7.2	1.1	6.4	1.2	8.8	2.7	9.4		
May	Mean	0.3	4.0	0.8	0.4	0.9	0.7	1.0	4.6	1.3	4.0	0.7	4.3	0.7	7.8	1.3	3.4	1.0	4.9
	Max	0.3	4.0	1.2	4.0	1.0	7.2	1.0	4.6	1.6	6.4	0.8	6.5	1.0	10.3	1.6	5.6		
June	Mean	—	—	0.4	2.6	—	—	—	—	1.2	4.3	0.6	4.4	0.4	3.8	1.1	3.6	0.7	3.7
	Max	—	—	0.5	3.5	—	—	—	—	1.7	6.7	0.8	6.0	0.5	6.7	1.5	4.3		
July	Mean	—	—	0.5	1.0	0.3	2.2	—	—	0.9	2.0	0.5	3.2	0.4	3.0	0.8	2.6	0.6	2.4
	Max	—	—	0.8	1.1	0.3	2.6	—	—	1.3	2.3	0.6	3.7	0.8	4.1	1.2	4.1		
Aug.	Mean	—	—	0.9	4.4	—	—	—	—	—	—	1.0	4.1	0.2	3.0	1.7	4.7	1.0	4.1
	Max	—	—	1.3	7.5	—	—	—	—	—	—	1.5	6.8	0.2	4.8	3.0	6.7		
Sept.	Mean	1.0	4.6	0.7	3.9	—	—	—	—	—	—	0.8	5.0	0.8	3.5	1.1	6.6	0.9	4.7
	Max	1.2	6.6	1.2	6.5	—	—	—	—	—	—	1.0	6.1	1.4	4.0	2.6	10.0		
Oct.	Mean	0.8	5.4	—	—	—	—	—	—	0.4	13.7	—	—	0.3	0.8	—	—	0.5	6.6
	Max	1.1	9.0	—	—	—	—	—	—	0.5	14.0	—	—	0.4	1.1	—	—		
Nov.	Mean	0.8	7.3	—	—	—	—	—	—	0.9	18.9	—	—	1.6	4.0	—	—	1.1	10.0
	Max	0.8	7.5	—	—	—	—	—	—	1.5	27.0	—	—	1.6	4.0	—	—		
Dec.	Mean	1.2	5.5	—	—	—	—	—	—	1.5	30.5	—	—	1.3	4.1	—	—	1.3	13.4
	Max	1.4	6.9	—	—	—	—	—	—	2.0	39.2	—	—	1.7	6.4	—	—		
Annual	Mean	0.8	4.6	0.7	2.9	1.6	6.3	1.7	7.6	1.4	9.8	0.8	4.3	0.9	5.2	1.6	4.8	1.1	6.2
	Max	1.8	9.0	1.7	7.5	3.8	18.4	3.3	19.2	3.9	39.2	1.5	7.7	5.0	15.9	3.7	10.0		

TABLE 3.5 c Total alpha and beta radioactivities in air filter samples at eight monitoring stations
(unit: $\times 10^{-12} \mu\text{c/ml}$) (1963)

		No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 7		No. 8		Regional average	
		α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Jan.	Mean	1.2	10.9	1.6	13.9	1.2	10.1	0.7	14.3	2.0	9.3	—	—	0.2	16.0	—	—	1.2	11.7
	Max	1.6	16.7	2.7	23.3	1.8	18.6	1.5	18.0	2.8	15.0	—	—	0.2	21.2	—	—		
Feb.	Mean	1.4	11.4	1.9	9.7	1.7	8.9	1.5	14.8	1.5	9.8	—	—	0.5	5.6	—	—	1.5	10.0
	Max	2.3	21.6	2.7	13.0	2.4	11.3	2.1	20.0	2.2	14.0	—	—	1.3	12.1	—	—		
Mar.	Mean	1.1	10.8	1.1	11.0	1.7	11.0	1.1	14.9	1.7	12.1	0.7	2.9	1.1	9.1	1.2	9.4	1.2	11.2
	Max	1.5	17.3	1.3	12.3	2.8	13.0	1.8	18.8	2.5	13.2	0.9	3.8	1.4	15.4	1.9	12.1		
Apr.	Mean	1.2	11.4	1.4	8.8	2.4	11.9	2.5	12.3	2.0	8.1	—	—	—	—	1.0	10.8	1.8	10.6
	Max	1.6	14.0	2.4	12.4	3.1	14.1	3.5	21.8	3.0	11.9	—	—	—	—	1.4	12.9		
May	Mean	0.9	9.0	1.0	5.9	1.4	7.3	1.1	7.7	0.8	8.3	—	—	—	—	0.5	6.8	1.0	7.5
	Max	1.2	10.3	1.6	7.2	2.3	10.3	1.3	9.0	1.4	10.5	—	—	—	—	0.6	7.8		
June	Mean	1.2	10.1	1.0	7.7	1.4	5.4	1.2	7.6	0.4	7.9	—	—	—	—	0.4	5.6	0.9	7.4
	Max	1.7	12.4	2.1	11.2	2.1	8.4	1.6	9.0	0.6	10.3	—	—	—	—	0.8	8.7		
July	Mean	1.0	7.7	0.9	4.5	1.5	5.4	0.8	7.2	0.7	5.4	—	—	—	—	0.6	4.3	0.9	5.8
	Max	1.1	9.3	2.1	10.5	2.0	8.0	1.0	9.5	0.9	7.0	—	—	—	—	0.8	7.2		
Aug.	Mean	0.8	8.4	0.7	4.5	2.4	7.2	1.2	8.7	1.3	5.3	—	—	—	—	0.7	4.0	1.2	6.4
	Max	1.3	9.2	1.2	7.3	3.8	11.0	1.6	16.9	1.9	9.6	—	—	—	—	0.9	7.0		
Sept.	Mean	1.2	11.9	0.9	5.5	2.8	8.6	1.2	9.0	1.8	6.6	—	—	—	—	0.9	5.1	1.5	7.8
	Max	1.8	15.0	1.2	7.0	3.6	10.5	1.7	11.5	2.6	8.1	—	—	—	—	1.2	6.4		
Oct.	Mean	1.1	10.3	0.7	5.0	1.7	6.1	0.9	6.0	1.2	4.8	—	—	—	—	0.6	3.2	1.0	5.9
	Max	1.3	11.3	0.8	6.6	2.0	6.3	1.2	7.0	1.6	5.7	—	—	—	—	0.8	3.9		
Nov.	Mean	0.8	8.2	2.4	7.5	3.6	7.0	1.3	6.9	2.3	7.7	—	—	—	—	0.9	5.4	1.9	7.1
	Max	1.1	10.3	3.3	9.6	4.7	8.1	1.7	9.1	2.6	9.5	—	—	—	—	1.1	7.1		
Dec.	Mean	1.8	5.9	2.2	8.4	3.9	8.0	1.7	8.2	2.3	8.0	—	—	—	—	1.0	4.9	2.2	7.2
	Max	2.6	8.6	2.7	10.8	6.4	16.2	3.4	11.7	4.0	11.0	—	—	—	—	1.6	5.9		
Annual	Mean	1.1	9.7	1.3	7.7	2.1	8.1	1.3	9.8	1.5	7.8	0.7	2.9	0.6	10.2	0.8	6.0	1.4	8.2
	Max	2.6	21.6	3.3	23.3	6.4	18.6	3.5	21.8	4.0	15.0	0.9	3.8	1.4	21.2	1.9	12.9		

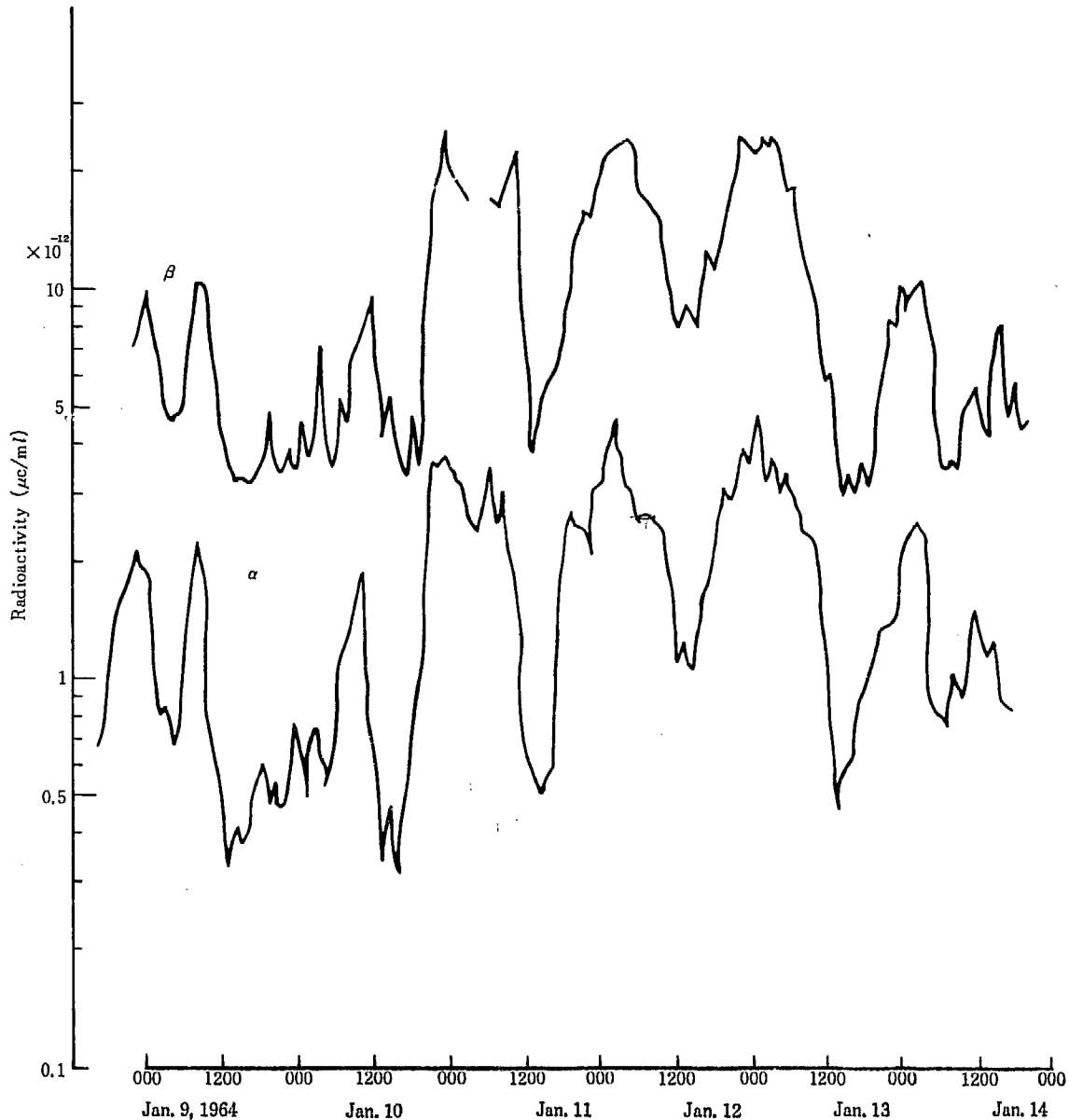


Fig. 3.8 Hourly changes of alpha and beta radioactivities in air filter samples at No. 2 monitoring station

$\mu\text{c/ml}$, β 放射能濃度は $10^{-12} \sim 8.2 \times 10^{-11} \mu\text{c/ml}$ であった。 α 放射能濃度は、核爆発実験による放射性降下物の影響を受けないが、 β 放射能濃度は時期により非常に大きな影響を受けている。

3.2.1 大気放射能の日変動

核爆発実験や原子力施設からの影響のないときは、塵埃モニターで観測される大気放射能の大部分は Rn, Tn の娘核種である。これらは地中から放散され、気象的影響を受けて顕著な日変動を呈する。すなわち風の無い夜間などは気象的拡散が微弱であるから、大気

放射能の大部分は地表面近くに滞留し接地層付近では濃度が増加する。

また昼間は気象的攪乱が強いので、接地層付近の大気放射能は上空へ拡散して濃度は減少の傾向を示す。

(Fig. 3.8 参照)

この現象の定量的な関係を知るために、核爆発実験による放射性降下物の無い期間中の大気 β 放射能について統計的方法で解析したところ次の点が明らかとなった¹³⁾。

(A) 接地層付近の大気放射能濃度は夕刻の静穏開始より 2 時間以内に増加が始まり易い。

(B) その増加は静穏の持続期間中続く。従って最高濃度はその大部分が静穏終了時前後 1 時間半以内に

* 1961 年第 46 週の第 4 モニタリング・ステーションにおける観測値

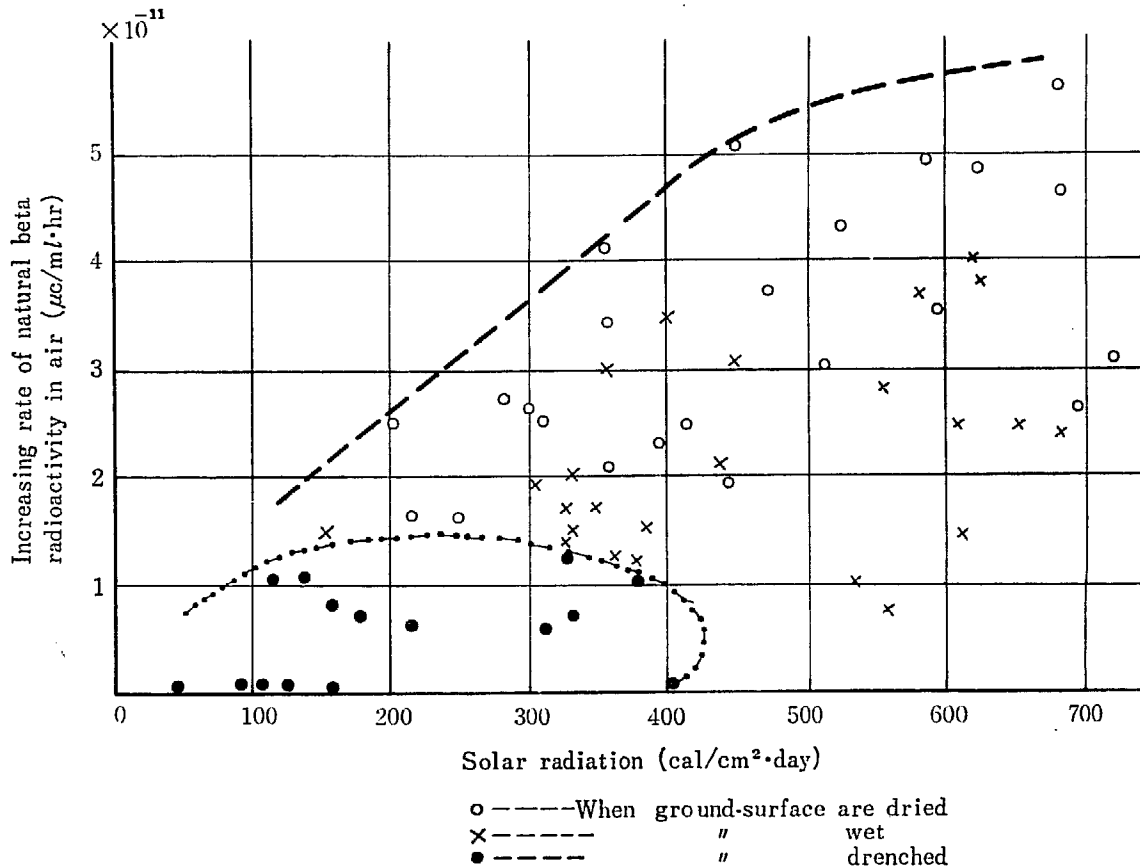


Fig. 3.9 Increase rate of natural beta radioactivity in air in relation to solar radiation and ground condition

現われる。

(C) 日射量が強く ($\geq 600 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{day}$), 地面が乾燥している場合は, 増加の開始が早くなり, また最大値出現時刻が遅れる。

これは, 日射が強く地面が乾燥して土壌の通気性が大きい時は, 地中の天然放射性物質の分子活動が大きく, また放散され易くなるので, 気象的拡散作用を打ち消して余りある分だけ濃度増加を続けるためと解釈できる。さらに

(D) その日射量は増加率の最大限の値 (Fig. 3.9 の破線) を決める。たとえば, 日射量が $400 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{day}$ であったような晩には, 大気 β 放射能増加率は $4.6 \times 10^{-11} \text{ } \mu\text{c/ml} \cdot \text{hr}$ を越えない。またこの最大値は地面乾燥時に現われる。

(E) 地面が湿ってくるに従い, 増加率は小さくなる。特に雨天で地面に水たまりのある場合には, かなりはっきりした限界 (点線の区域) 内におさまり, 大きな値はとらない。

従って, (A), …… (E) の結果を総合すれば濃度増加中の刻々の値および最大値についての予測が, ある程度まで可能となる。

なおこの解析においては, 従来一般に認められていた変動の要因, たとえば気圧変化量, 上空の逆転層の強度, 風向などは有意と判定できなかった。

3.2.2 大気自然 α 放射能と β 放射能の成分比

核爆発実験による放射性降下物の少ない期間について, 大気中の自然 α 放射能と β 放射能の時間的変動を調べると Fig. 3.8 から解るように両者の間には良い相関が認められる。この場合の回帰関数は危険率 1% で 1 次式と判定でき, 母相関係数は, 0.66~0.95 の間にあると信頼度 99% で Fisher の変換法で推定できる。(標本相関係数は 0.86)

この性質を利用すれば, いわゆる放射能管理図が作れる。すなわち平常時の自然 α 放射能と β 放射能の関係を Fig. 3.10 の黒丸のようにプロットしておいてその回帰直線の両側の管理限界幅を次式の計算で定め, その後に観測される大気中の α 放射能, β 放射能が管理限界の外に出れば何らかの異常と判定する。

(片側管理限界幅)

$$= t_{n-2}(\epsilon) \cdot \hat{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-2} \left\{ \frac{n+1}{n} + \frac{(\alpha_0 - \bar{\alpha})^2}{\sum (\alpha_i - \bar{\alpha})^2} \right\}}$$

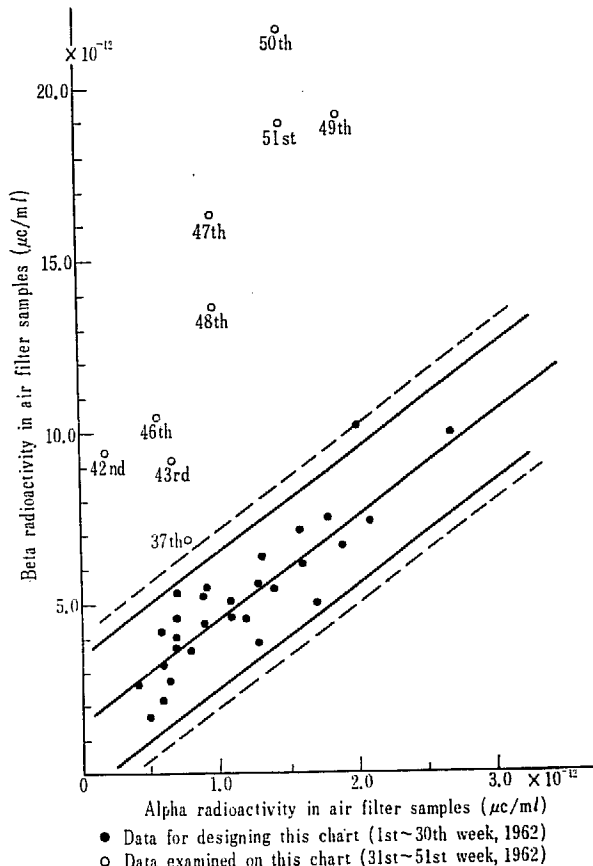


Fig. 3.10 Detecting chart for unusual radioactivities in air

- n ……管理図作成に使用したデータの個数
 $t_{n-2}(\epsilon)$ ……自由度 $n-2$ の t 分布の値 (危険率 ϵ に対応)
 $\alpha_i (i=1, 2, \dots, n)$ …… α 放射能の観測値
 $\bar{\alpha}$ …… α_i の標本平均
 σ ……標準偏差の最尤推定量
 (α_0, β_0) ……管理図で点検する対象となる α, β 放射能の組合せ

たとえば、核爆発実験の無かった 1962 年 1 月～7 月 (第 1～第 30 週) の観測値 (モニタリング・ステーションで測定した地域平均値) は Fig. 3.10 の黒丸のように、ほぼ同一管理限界内に入っていたが、9 月以降 (第 42～第 51 週) の観測値は管理限界の外に出ることがあった。これは明らかに新しく発生した核爆発実験による放射性降下物の影響と考えられる。同様に原子力施設から生ずる人工放射能の検知と評価にも、この管理図が役立つ。

3.2.3 長寿命放射能

大気中に存在する長寿命放射能測定は、次のようにおこなった。1957 年 1～12 月は Coffee-pot 型集塵器で採取した試料を集塵終了 16～24 時間後に測定した

1958 年 1 月より 1960 年 8 月までは測定を中断した。1960 年 9 月以降はモニタリング・ステーションの連続移動式紙式塵埃モニターで採集した試料を用いた。このうち 1961 年 9 月までは 1 週間分の試料をまとめて灰化处理し、10 月以降は毎日 0 時の集塵に該当する部分を切取って集塵終了約 72 時間経過した後に測定し 72 時間校正値を求めた。測定結果を Fig. 3.11 および TABLE 3.6 に示す。72 時間校正値は、集塵終了 4.5 時間後の測定値の 0.1～50% で核爆発実験の影響をよく反映している。大気放射能濃度は 1957 年の春、秋に上昇したが、その後 1961 年 9 月に核実験が再開されるまでは、ほとんど検出できないくらいであった。1961 年 9 月から 11 月にかけて極度に上昇し、最高濃度は $5.7 \times 10^{-11} \mu\text{c/ml}$ であった。その後やや減少、1962 年春は Spring peak 現象による上昇があったが、再び減少 8 月にこの期間の最少値を示し、10 月よりまた上昇した。1962 年 12 月までおこなわれた核爆発実験により、大気放射能濃度は 1963 年 7 月まで高く、その後減少した。この期間の最高濃度は $5 \times 10^{-11} \mu\text{c/ml}$ であった。7 月以降は漸次減少し 1963 年末には $10^{-13} \mu\text{c/ml}$ のオーダーになった。これら観測値は、空間分布線量率の変動傾向と一致する。

大気中の自然放射能が接地層付近の気象および地面状態に支配されるのに比し、長寿命放射能はこれと無関係に変動する (Fig. 3.12 参照)。すなわち自然放射能は早朝に極大で昼間は減少の傾向があるけれども、長寿命放射能はこれと関係なく変動している。

また季節的には、自然放射能が冬期に高く夏期には減少するのに対し、長寿命放射能はこれと逆で、いわゆる spring peak の現象がある。この理由については高層の気象状態に原因があると考えられている¹⁴⁾。

つぎに長寿命放射能は、核爆発実験直後の数十日間を除き一般に地域差が少いようである。その一例を Fig. 3.13 に示す。この場合には地域間変動係数 (= 地域間標準偏差/地域平均値) の 1 週間平均値は 0.16 程度である。この長寿命放射能には、それぞれ 0.06～1% 程度の ^{90}Sr および ^{137}Cs が含まれ、とくに 5 月前後には季節的極大値が現れている。また核爆発直後には $^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$ が著しく増加するが、詳細は次節にゆ

3.2.4 核種分析結果

1) ^{90}Sr , ^{137}Cs の空气中濃度

核爆発実験が再開される前年、すなわち 1960 年 10 月の ^{90}Sr と ^{137}Cs の空气中濃度は、TABLE 3.7 にしめ

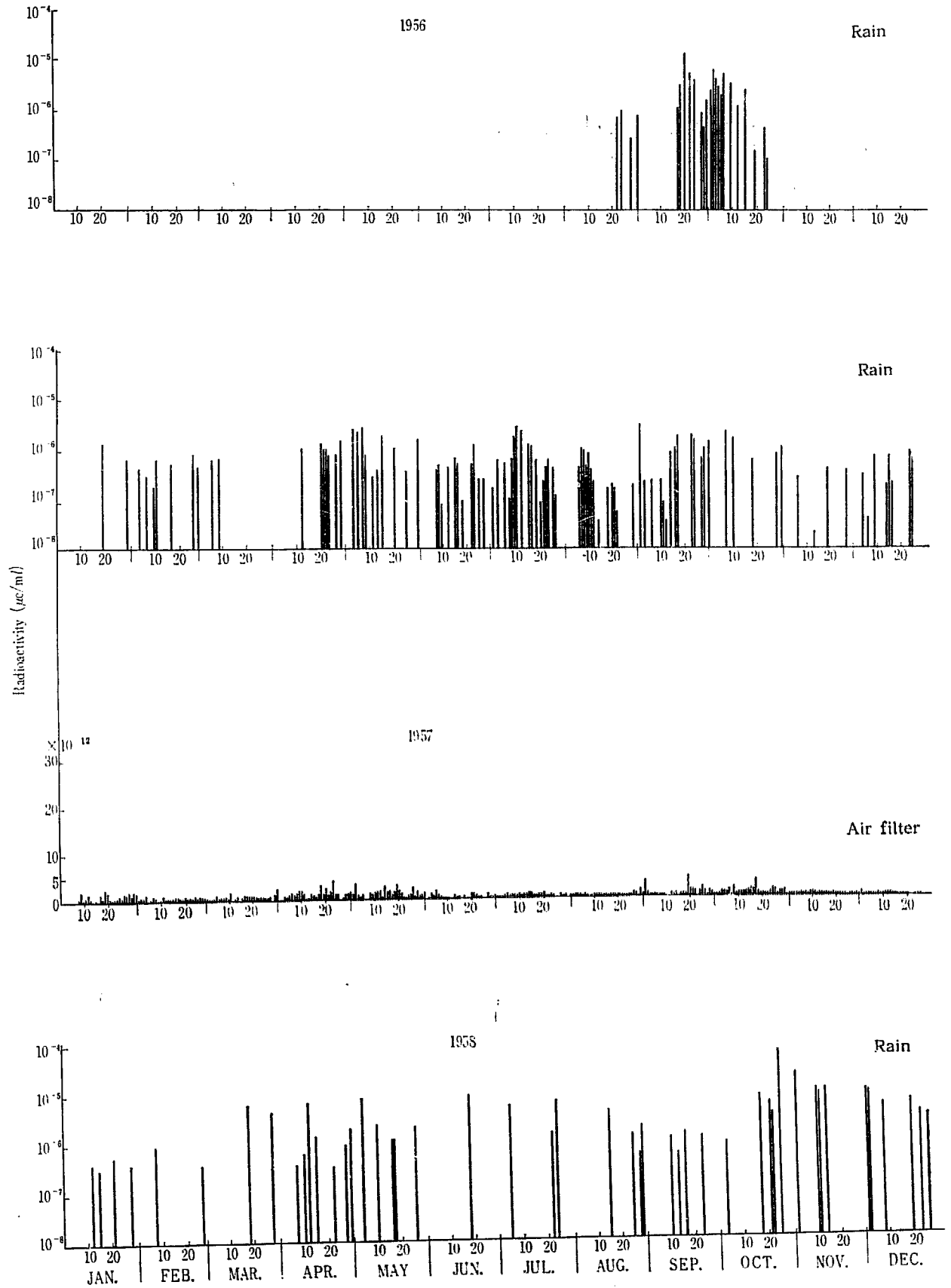


Fig. 3.11 Long lived beta radioactivity in air filter samples and rain water

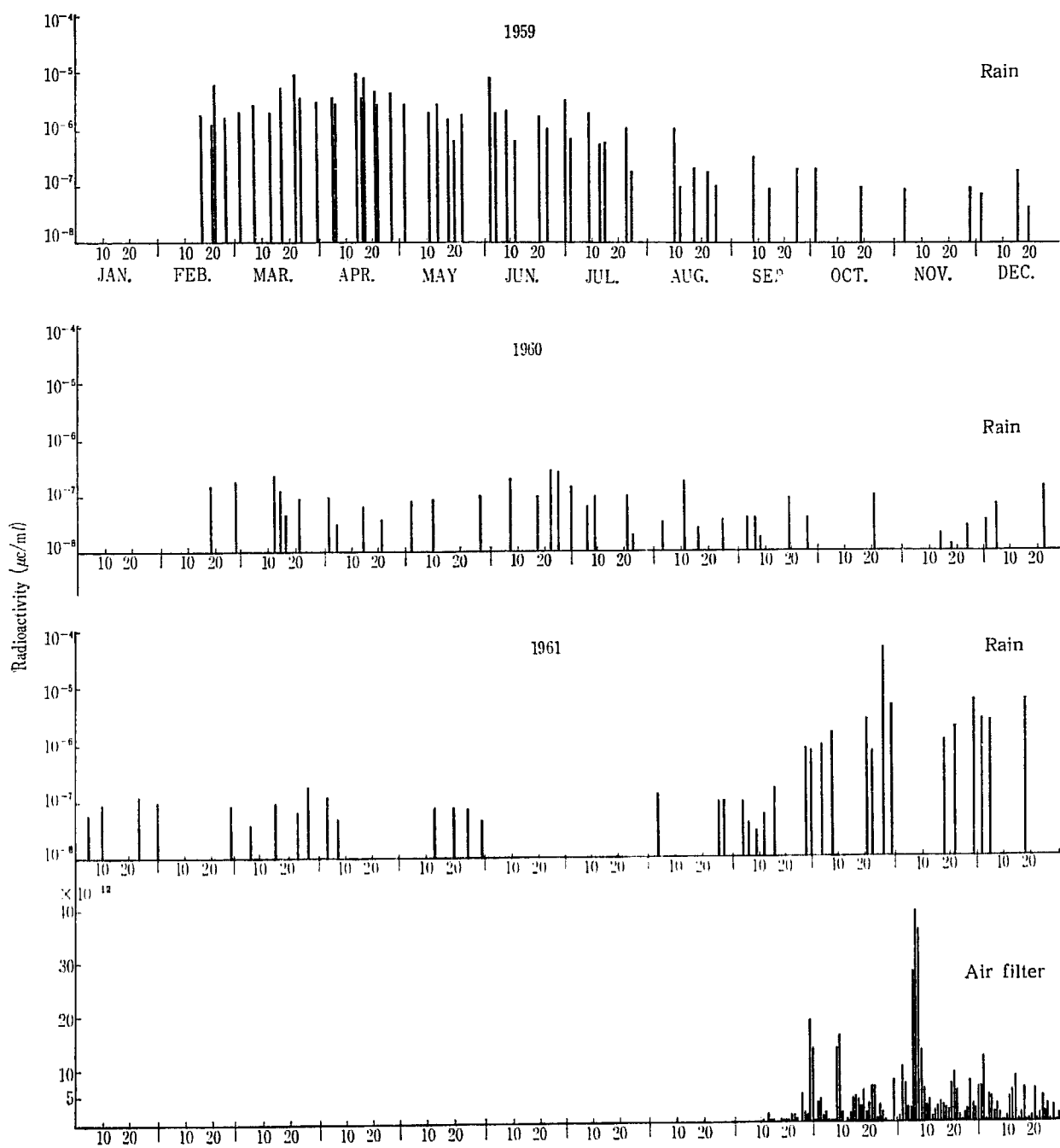


Fig. 3.11 (Cont.)

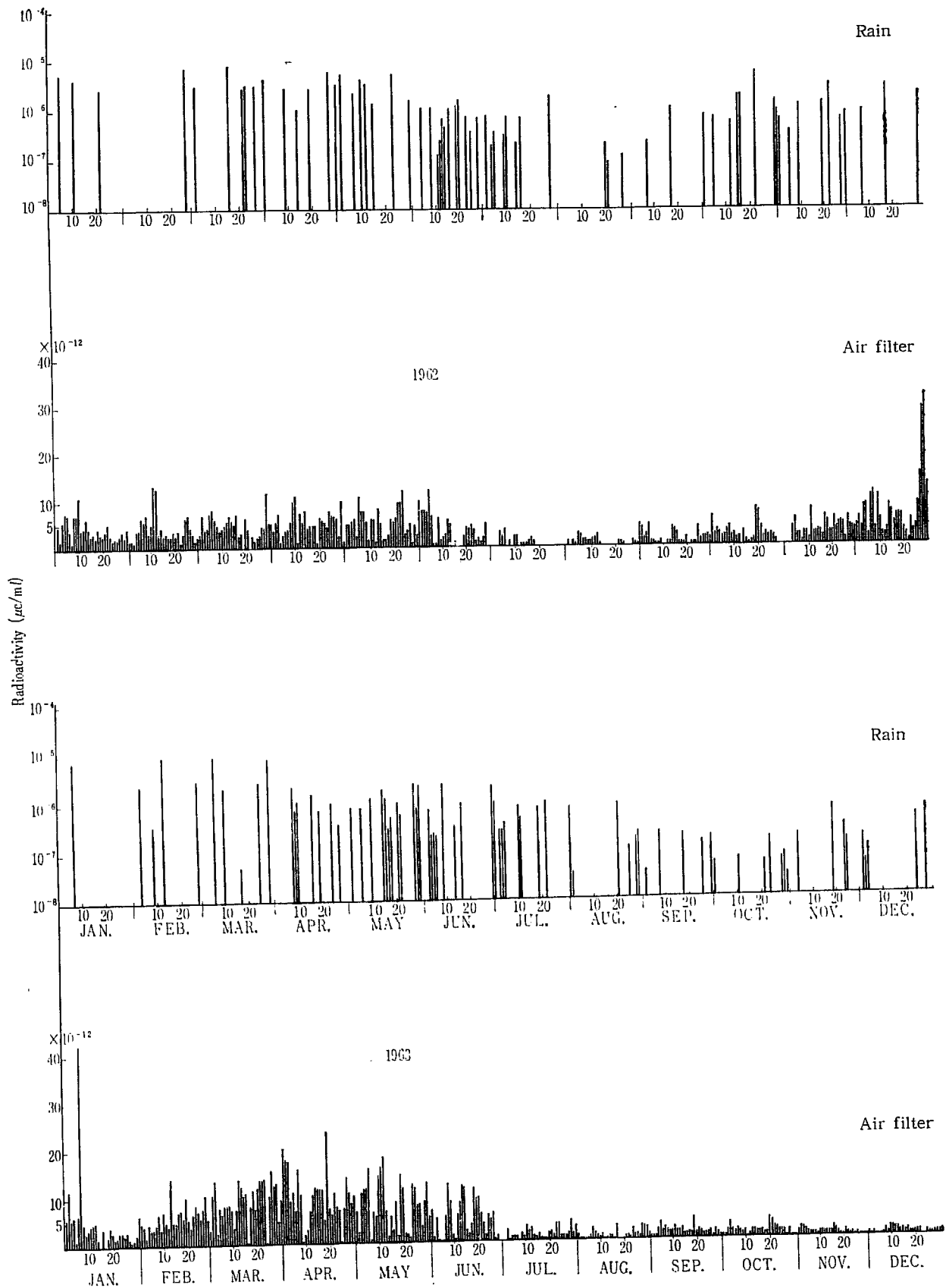


Fig. 3.11 (Cont.)

TABLE 3.6 Daily values long-lived beta radioactivities in airfilter samples from Sept. 1961 to Dec. 1963 (unit: $\times 10^{-12}$ $\mu\text{C}/\text{m}^3$)

year month day	1961												1962												1963											
	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.								
1	0.4	1.1	6.9	4.5	1.3	3.2	3.6	4.6	7.6	—	0.8	3.9	6.1	—	4.6	5.6	4.6	2.9	20.2	6.8	6.9	—	1.2	0.4	0.6	0	0.9									
2	3.9	10.6	12.3	1.3	1.0	6.8	5.2	4.9	7.7	—	0.1	1.7	2.3	—	5.9	11.6	3.9	10.4	18.0	2.3	1.2	—	0.2	0.4	0.2	1.3	0.2									
3	4.3	7.3	0.6	5.5	3.5	3.8	7.2	5.3	7.4	0.5	0.8	2.5	3.3	3.9	3.8	5.6	1.5	13.5	17.5	10.5	5.6	2.4	0.3	0.6	1.5	1.9	0.6									
4	1.2	3.2	5.2	7.3	3.6	4.1	0.7	5.9	11.8	3.2	0.3	4.6	2.7	5.5	8.4	6.7	4.2	2.4	9.1	11.3	0.4	0.1	0.1	2.1	3.1	2.0	0.3									
5	2.0	2.8	4.8	7.2	6.3	7.3	2.5	2.0	6.5	2.0	2.7	0.7	1.9	2.4	9.2	1.1	3.2	7.9	10.7	11.4	0	0.7	0.3	3.3	1.9	1.7	0									
6	0.6	28.3	2.1	3.6	5.9	7.9	3.5	10.6	0.5	3.6	2.3	0.7	2.1	2.4	2.1	6.8	3.1	6.5	6.9	15.9	0	0.8	0.7	1.5	1.4	1.1	0.1									
7	0.4	40.0	3.5	0.9	6.9	5.8	3.7	7.6	0.7	0.1	1.2	0.3	3.4	0.9	10.5	42.5	4.2	7.8	15.8	0.3	5.6	0.8	2.6	2.6	1.8	0.9	0.4									
8	0.4	36.3	1.9	7.3	3.1	4.4	5.4	7.5	6.1	1.1	1.2	0.3	4.0	2.8	11.2	4.8	6.4	8.0	10.4	6.7	12.4	—	1.6	1.9	1.5	0.8	1.4									
9	14.0	13.8	0.4	7.0	4.6	3.5	9.5	2.9	1.4	0.2	0.9	0.9	2.1	2.6	3.7	2.8	3.3	8.2	0.4	5.9	8.5	0.6	1.0	1.2	1.0	0.8	0.7									
10	0	16.2	6.7	—	10.8	8.0	4.0	10.7	1.4	2.0	2.2	1.0	—	2.4	1.3	8.1	3.1	6.9	7.3	1.8	9.2	1.6	0.8	0.5	1.6	1.4	0.5	1.9								
11	0.2	1.9	3.4	1.2	3.8	7.4	4.8	0.9	5.9	2.4	2.1	1.4	—	1.7	7.8	5.5	4.3	3.5	2.9	11.0	0.3	3.3	0.9	1.8	0.1	1.0	1.9									
12	—	0.1	4.5	4.8	4.2	3.0	5.6	7.3	5.8	5.7	0.4	1.5	0.7	2.7	2.3	4.6	3.5	7.3	7.0	12.9	5.9	2.2	0	1.9	0.7	1.2	1.6									
13	1.4	0.6	1.3	6.2	6.4	4.2	6.7	5.3	1.1	4.8	0.3	2.2	0.7	0.1	2.7	2.3	4.8	14.1	13.9	10.3	6.7	8.5	2.8	0.2	1.8	1.7	0.8	1.7								
14	0.6	2.1	2.5	8.5	4.0	2.4	5.7	7.6	8.1	1.0	0.4	0.3	3.8	3.0	3.3	2.5	4.8	12.2	2.0	1.3	11.9	1.0	0.7	2.2	1.6	1.0	0.9	0.9								
15	0.3	4.7	3.2	0.5	2.6	2.8	4.7	3.9	4.9	0.3	0.7	0.1	3.4	1.0	3.1	8.6	—	4.5	10.2	11.5	5.5	11.6	0.7	0.6	0.9	1.4	1.4	1.4								
16	0	5.0	3.9	1.6	2.8	2.3	6.8	4.5	1.4	—	1.3	0.2	2.7	0.3	2.0	7.1	3.6	6.9	10.8	11.7	2.6	2.4	1.4	0.2	1.1	1.3	1.0	0.8								
17	0.1	4.5	3.6	6.4	2.0	2.4	2.7	4.7	1.5	—	1.7	—	0.6	0.7	6.2	4.7	22.8	7.4	0.5	11.6	8.7	1.3	0.5	3.1	1.4	1.4	2.2	0.8								
18	0.7	3.2	3.0	0.3	4.1	3.3	3.0	4.5	2.4	—	0.7	—	0.2	1.4	5.0	6.5	2.0	5.6	7.5	5.4	1.4	3.9	0.3	—	1.2	0.7	1.4	1.1								
19	0.3	6.0	2.4	0.7	3.1	2.5	—	0.6	5.7	2.2	0.1	—	0.3	7.9	3.3	6.7	3.8	9.6	11.3	23.8	1.5	11.2	0	—	4.5	1.1	1.0	0.4								
20	0.6	2.0	7.5	1.0	2.5	3.5	6.2	6.3	5.5	4.1	0.1	—	1.5	7.3	3.3	6.3	2.6	5.4	7.3	7.3	11.6	9.2	1.4	—	1.3	4.2	0.6	0.4								
21	0.5	3.8	9.7	6.1	3.4	1.1	3.9	5.5	6.1	4.0	0.1	0.1	0	3.8	5.8	3.3	1.1	3.9	11.8	6.1	2.0	9.4	1.9	0.7	1.9	3.7	0.4	0.7								
22	1.5	7.0	6.2	0.4	5.1	2.9	—	5.3	9.6	4.5	0.2	0.9	0.6	2.5	3.9	2.4	1.5	6.4	13.8	10.9	1.7	5.9	1.2	0.6	1.3	2.2	1.3	1.0								
23	1.5	6.9	1.5	1.6	2.5	6.3	2.2	4.1	9.4	3.6	0.4	0.6	0.3	2.6	4.7	0.9	2.7	8.4	13.5	7.8	1.0	3.9	3.6	0.5	1.0	1.9	0.8	1.0								
24	0.6	0.8	0.7	5.0	1.6	6.6	1.6	7.7	11.8	1.5	0.1	0.3	0.7	1.9	5.0	5.2	4.1	7.0	13.8	7.1	12.3	1.3	3.6	2.2	1.1	1.5	0.4	—								
25	0.1	3.3	2.0	2.1	2.0	4.4	2.1	6.6	2.6	1.9	0.2	—	4.1	2.4	4.6	3.4	2.1	5.6	0.3	0.2	11.7	5.7	0.8	0.8	1.2	1.6	0.7	—								
26	5.4	2.1	2.6	3.6	1.6	2.7	2.5	6.4	3.5	1.0	0.4	0.1	1.4	1.9	1.4	4.1	2.6	7.6	10.0	7.5	8.0	4.7	0.9	1.2	1.6	1.8	0.2	0.8								
27	2.0	0.4	8.0	0.5	2.5	1.5	4.1	6.1	4.9	1.8	0.4	0	1.7	1.2	6.0	9.0	1.3	10.4	15.7	13.8	8.1	6.3	0.8	0.6	0.3	0.2	0.7	0.2								
28	1.4	0.1	3.7	3.1	3.4	2.2	4.2	2.2	0.6	4.7	0.2	1.1	1.6	—	4.0	15.3	0.7	5.5	12.6	10.8	3.6	0.3	1.5	3.0	1.8	1.5	0.1	0.2								
29	19.1	0.1	2.9	0.5	2.4	—	11.7	9.9	4.4	—	—	0.7	2.2	—	3.9	24.2	1.2	12.9	8.7	8.9	1.3	4.4	2.7	1.0	0	0	0.7	0.7								
30	13.6	8.1	6.9	1.8	3.7	—	5.1	1.1	2.7	—	—	0.5	1.7	—	3.9	31.9	1.8	4.7	10.2	12.7	—	1.3	2.5	0.7	0	0.2	0.9	0.9								
31	0.8	—	—	5.7	1.4	4.8	—	9.7	—	—	0.6	4.6	—	—	12.8	6.4	—	9.3	—	5.4	—	3.0	1.2	—	—	—	1.2	1.2								
mean	3.1	3.9	7.4	3.3	3.1	3.8	4.8	5.1	5.2	3.8	0.9	1.0	1.6	2.7	3.1	7.5	6.0	5.8	8.7	9.8	7.5	5.0	1.4	1.1	1.5	1.4	0.9	0.8								

Note: Samples were collected with filter paper at monitoring stations, and were measured with a low background GM counter.

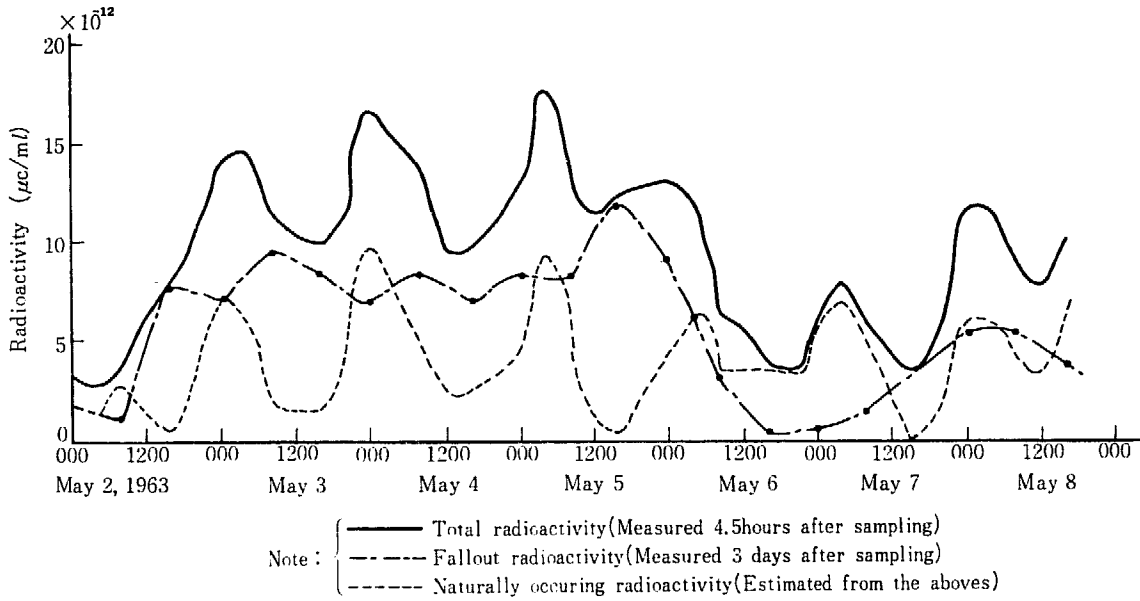


Fig. 3.12 Hourly changes of beta radioactivities in air filter samples; total, fallout, and naturally occurring activity

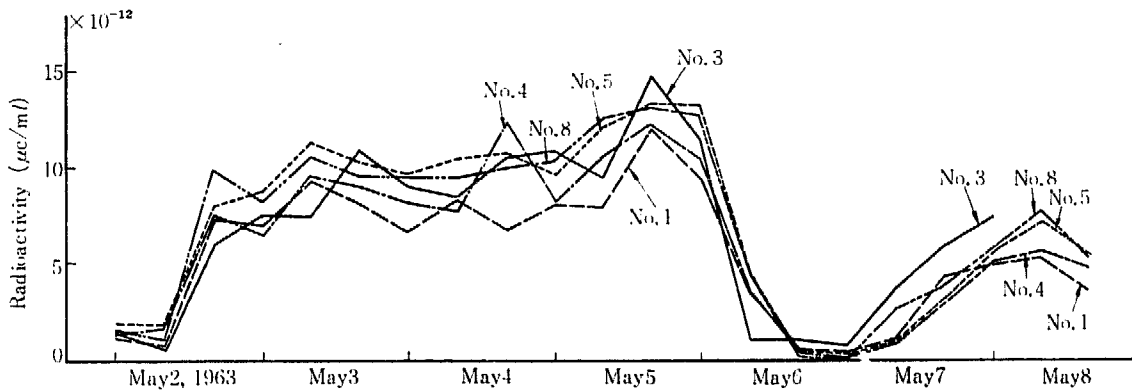


Fig. 3.13 Comparison of the long-lived beta radioactivities in air filter samples at five monitoring stations

TABLE 3.7 Concentration of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in air

Date Sampling	Volume (m ³)	⁹⁰ Sr (μμc/m ³)	¹³⁷ Cs (μμc/m ³)
Oct. 6, 1960	21000	5.9 × 10 ⁻⁴	1.2 × 10 ⁻³
Oct. 13, 1960	13100	7.3 × 10 ⁻⁴	1.0 × 10 ⁻³

すとおりの ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs とも 10⁻³ μμc/m³ の濃度となっている。この時の試料は連続して採取したものでないため、この値が平均濃度とはならない。しかし、その当時の放射性降下物による空气中濃度変化は少ないため、その値がだいたい平均値に近い値とみて大きな差はないであろう。

1961年9月には核爆発実験再開により空气中濃度が急増した。そのため連続移動ろ紙式集塵器で集めた塵埃について ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs を分析し毎月の平均濃度をもとめた。その結果は TABLE 3.8 と Fig. 3.14 に示すよ

うな濃度変化をしめしている。図からわかるとおり核爆発実験再開直後に ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs は急激な増加はしない。しかし長期間にわたってその影響が続き、しだいに増加してゆく傾向にある。特に 1962 年の 4 月 5 月 6 月にかけての増加は著しい。これは新しい核爆発によるものでなく、対流圏や成層圏に注入された核分裂生成物の季節変動による増加である。一方 ⁹⁰Sr と ¹³⁷Cs の濃度比は TABLE 3.8 のとおり 1.1~1.8 の範囲で、ほぼ一定の値となっている。これはこの試料が雨を含まない、いわゆる dry fallout であることによる。

2) ⁹⁵Zr-⁹⁵Nb の空气中濃度

⁹⁵Zr-⁹⁵Nb の空气中濃度は ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs と同じく、TABLE 3.8 と Fig. 3.14 にしめた。各月毎の平均濃度をみると、1961 年の 9 月末から 10 月にかけて 4 μμc/

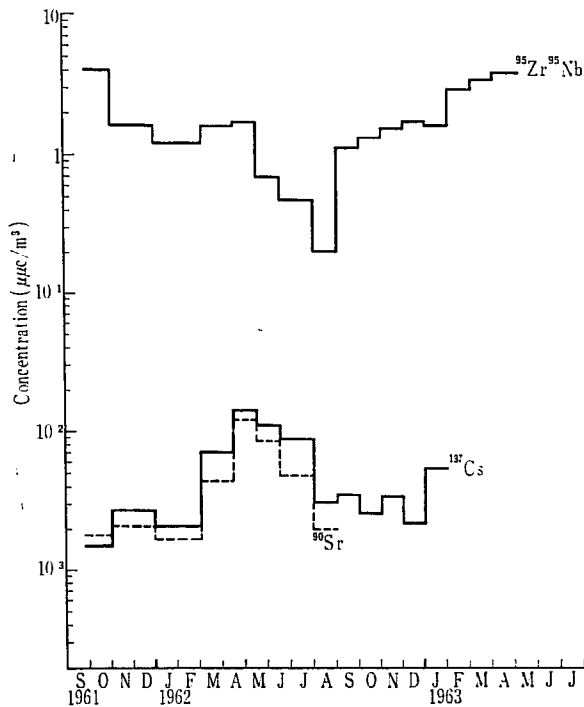


Fig. 3.14 Concentration of radionuclides in air
Sept. 1961—Apr. 1963

m³ と非常に高い濃度である。これは大型の核爆発による核分裂生成物が直接やってきたことによる。しかし ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs のこの期間の増加はそれ程ではない。これは ⁹⁵Zr-⁹⁵Nb が半減期は比較的短い、核分裂の収率が大きいため、爆発直後には急激に増加する。その後 1962 年 2 月までは減少の傾向をたどっている。いわゆる放射性降下物の“巨大粒子”が発見されたのもこの間である。そして 3 月、4 月にかけて再び上昇したが、これは ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs の場合と同様放射性降下物の季節変動によるものである。8 月には最低の濃度となったが、9 月には新しい核爆発によって再び増加している。翌 1963 年 4 月、5 月には、最も高かった 1961 年 10 月の値に近い濃度となっている。この増加もまた、放射性降下物の季節変動によるものである。

3) ¹³¹I の空气中濃度

¹³¹I の空气中濃度は、⁹⁵Zr-⁹⁵Nb, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs と異り、連続して試料を採取してないため、平均濃度や、濃度変化をもとめることはできない。試料は 1961 年 10 月 26 日と 30 日の 2 回にわたって、約 4000 m³ の空气中より採取したものである。Fig. 3.15 に、分離した ¹³¹I の γ 線スペクトルと、その濃度をしめしたが、1961 年 9 月より 11 月にかけての、¹³¹I の空气中濃度が 10⁻¹

TABLE 3.8 Concentrations of radionuclides in air

Sampling period	Concentration in air			¹³⁷ Cs/ ⁹⁰ Sr
	⁹⁵ Zr- ⁹⁵ Nb ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^3$)	¹³⁷ Cs ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^3$)	⁹⁰ Sr ($\mu\mu\text{c}/\text{m}^3$)	
1961 9. 22-10. 31	4.1	1.4×10^{-3}	1.9×10^{-3}	
11. 1-12. 31	1.6	2.7 "	2.1 "	1.3
1962 1. 1- 3. 3	1.2	2.1 "	1.7 "	1.2
3. 4- 4. 14	1.6	7.1 "	4.5 "	1.6
4. 15- 5. 14	1.7	13.9 "	12.9 "	1.1
5. 15- 6. 17	0.68	11.1 "	8.5 "	1.3
6. 18- 7. 30	0.46	8.7 "	4.8 "	1.8
8. 1- 9. 2	0.20	3.1 "	2.0 "	1.5
9. 3- 9. 30	1.1	3.5 "		
10. 1-10. 27	1.3	1.6 "		
10. 28-12. 3	1.5	3.4 "		
12. 4-12. 31	1.7	2.2 "		
1963 1. 1- 1. 29	1.6	5.4 "		
2. 5- 3. 3	2.9			
3. 4- 4. 7	3.4			
4. 8- 5. 5	3.8			

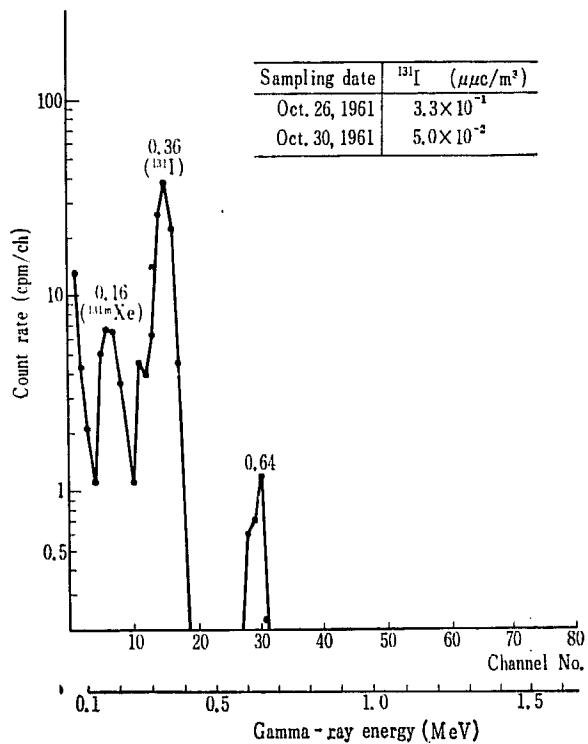


Fig. 3.15 Gamma-ray spectrum of ¹³¹I in air-borne dusts

μμc/m³ 前後であったことは明らかである。その後の試料については ¹³¹I は検出されなかった。

4) γ 線スペクトルの時間変化と平均エネルギー
空气中塵埃の γ 線スペクトルは、⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs を分析する前に同一試料について、マルチチャンネル γ 線スペクトロメータで測定した。その代表的なスペクト

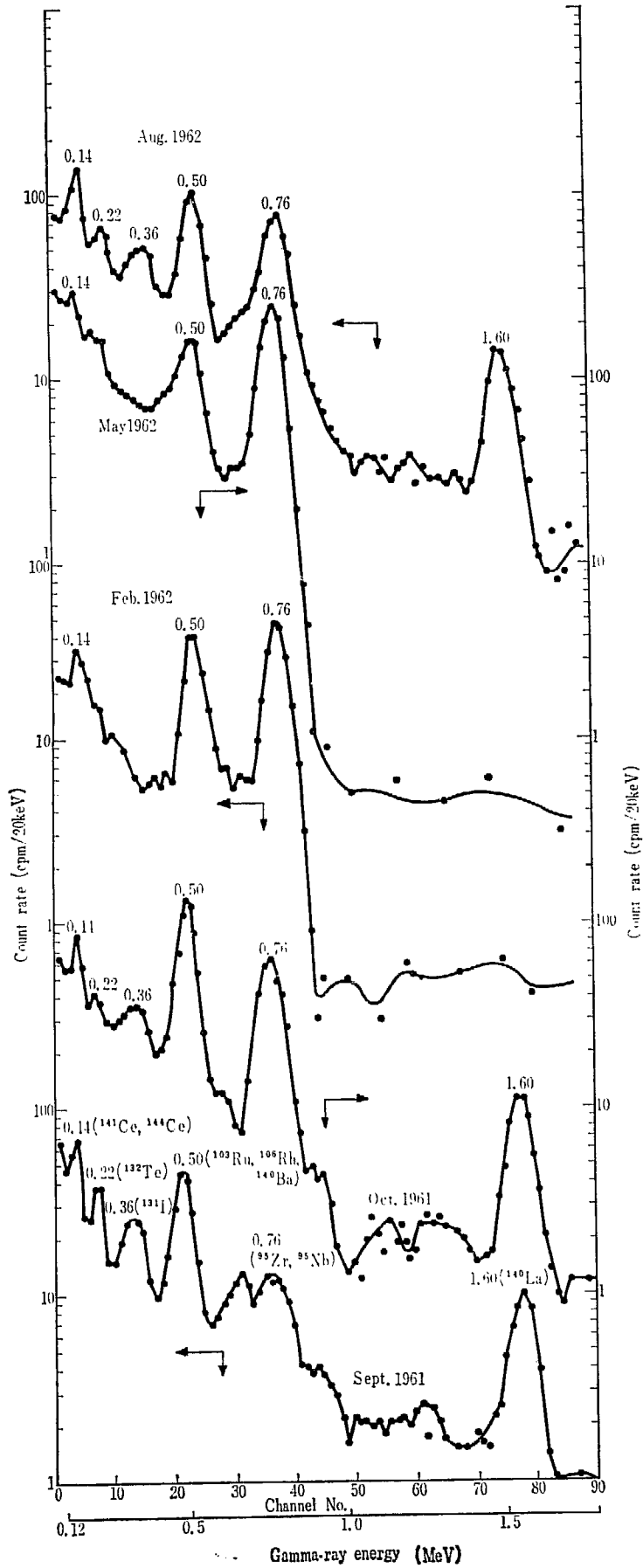


Fig. 3.16 Gamma-ray spectrum of air-borne dusts
Sept. 1961—Sept. 1962

ルと時間による変化を Fig. 3.16 にしめす. すなわち 1961年9月のスペクトルには, 核分裂生成物の短い半減期のものが多く認められ, 10月になると各々のピークの比率は変化してきている. しかし 1962 年に入ると, 短い半減期のものは認められなくなり, 0.14 MeV (^{141}Ce , ^{144}Ce), 0.5 MeV (^{103}Ru , ^{106}Rh), 0.76 MeV (^{95}Zr - ^{95}Nb) の3つのピークのみになっている. これが7月まで続いている. しかし8月に入ると再び新しい核分裂生成物の混入が認められている.

これらのスペクトルの各ホットピークがそれぞれ単一の核種であるならば, そのホットピークの正味計数率からその核種の量をもとめられる. しかし実際に放射性降下物のそれぞれのホットピークは単一核種ではなく, 2つ以上の核種が重なっているものが多いため, ホットピークのみから核種の量を決定することはできない. そこで, ここでは正味のホットピークの全計数率に NaI クリスタルのエネルギー効率の補正をして, エネルギーの占める割合としてもとめた. そして各エネルギーの占める割合が時間とともにどのように変化したかを Fig. 3.17 にしめした. これで見ると各エネルギーの占める割合がよくカーブのようになってきている. これは, この期間中の放射性降下物が一様性であり, その変化は, 経過時間に依存しているといえる. しかし 1962

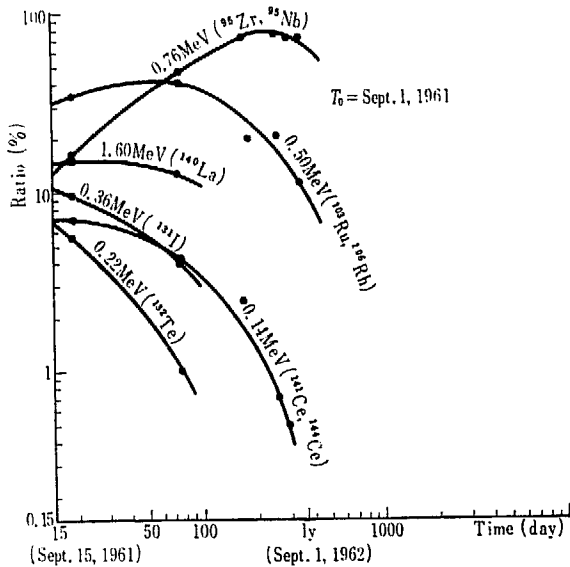


Fig. 3.17 Energy distribution in total gamma activities of airborne dusts

年8月のもはこれらのカーブから大きくずれてきている. これは新しい核分裂生成物の混入により当然であろう.

次にこれらの各 γ 線スペクトルから γ 線の平均エネ

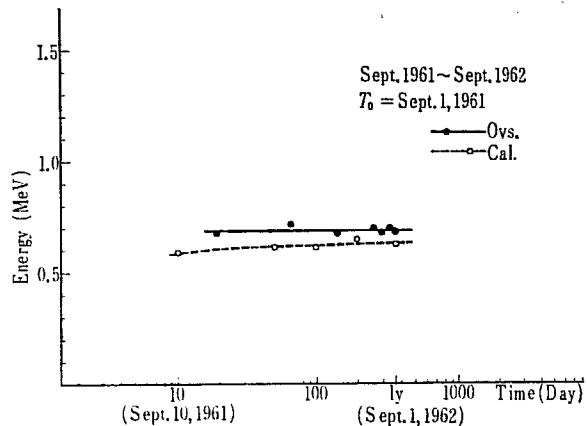


Fig. 3.18 Average gamma-ray energy of air-borne dusts

ルギーをもとめた. 計算は単なる算術平均であって次式による.

$$\bar{E}_\gamma = \frac{\sum E_i \cdot P_i / \rho}{\sum P_i / \rho}$$

P_i : ホットピーク計数率

ρ : NaI クリスタルのエネルギー効率

E_i : γ 線エネルギー (MeV)

その結果, Fig. 3.18 にしめすとおり放射性降下物の γ 線平均エネルギーは, γ 線スペクトルが変化してもほぼ一定であり約 0.7 MeV 前後である. これを Hunter, Ballou の表³⁾からもとめた平均エネルギーと比較すると図の破線でしめすとおり大差なく, しかもだいたい一定の値をしめしている. このことから放射性降下物の γ 線平均エネルギーは経過時間に関係なく 0.7 MeV とみてよいであろう.

3.3 降下物放射能

大気中に浮遊する放射性物質が地表面に沈着する原因は次の2つに大別できる.

- 乾燥沈着 (重力落下, 乱流衝突, その他の作用)
- 降水沈着 (雨滴などによる捕捉・洗滌作用)

このうち a (乾燥沈着) はガムド・ペーパー法により,

b (降水沈着) は降水採取法により, また a, b 両者

TABLE 3.9 Total beta radioactivities in fallout from 1958 to 1962

Species month \ year	Rain water ($\times 10^{-6} \mu\text{c}/\text{ml}$)						Basin (mc/km^2)			Gammed paper (mc/km^2)		
	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Jan.	0.4			0.1	3.6	6.7		0.7	26		0.4	12
Feb.	0.5	2.1	0.2	0.1	6.6	2.7		1.0	29		0.4	18
Mar.	4.7	4.1	0.1	0.1	3.8	2.9		0.5	98		0.9	23
Apr.	1.1	6.2	0.08	0.1	2.9	1.0		1.4	140		1.2	40
May	2.8	2.2	0.1	0.1	3.0	0.9	13		140	2.0	0.9	75
June	7.9	2.9	0.2		0.7	0.7	2.8		82	0.7	1.4	50
July	3.9	0.8	0.08	0.1	0.6	0.5	2.0	3.8	55	0.9	0.3	40
Aug.	2.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3		37	0.5	0.3	10
Sept.	1.0	0.3	0.09	0.3	1.3	0.2	1.3	(9.5)	15	0.7	5.9	14
Oct.	13.6	0.2	0.1	10.4	3.9	0.1	1.4	(8.0)	160	0.7	4.2	230
Nov.	9.1	0.1	0.07	3.2	1.2	0.3	1.7		130	0.4		100
Dec.	5.2	0.1	0.1	4.2	2.0	0.3	1.1	6.8	44	0.3	5.9	27

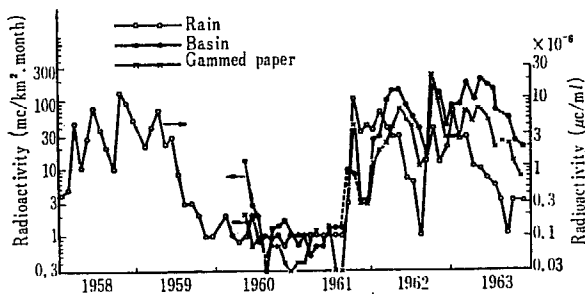


Fig. 3.19 Variations of radioactivities in fallout samples

は大型水盤法により試料を採取、放射能測定をしている。これらの測定結果を TABLE 3.9 および Fig. 3.19 に示す。観測値にはそれぞれ次の特徴がある。

3.3.1 各採取法の捕捉効率の比較

一般に降水採取装置は降水を、水盤は降水および自然落下塵埃を効率よく採取すると考えられるが、ガムド・ペーパーについて「2.3 降下物放射能」でのべたような問題がある。

各採取法を比較するために、1963年中の毎月の降下物放射能を TABLE 3.10 に掲げた。これからも解るようにガムド・ペーパー法は乾燥沈着による降下物に対し 60% 程度の捕捉効率をもっている。

また降水沈着に対しては、直ちに蒸発するような微小雨滴ならばガムド・ペーパーに捕捉されることもあるが¹⁵⁾、一般に落下雨滴はガムド・ペーパー上を流れ落ちるから、雨水沈着した全ての放射能が捕捉されるわけではない。因みに TABLE 3.10 に示したガムド・ペーパー観測値と他の観測値との相関を調べると、標本相関係数(および信頼度 95% で推定した母相関係数の存在範囲)は TABLE 3.10 下段に示したようになる。すなわ

TABLE 3.10 Comparison of the measured values, and the correlation coefficients for the different sampling methods (unit: mc/km^2)

Sampling method \ Date	I	II	III		
	Gammed paper	Basin	Rain water	II-III	
1963 Jan.	28	69	9	60	
Feb.	30	87	21	66	
Mar.	64	180	100	80	
Apr.	47	100	36	64	
May	78	190	49	141	
June	—	160	33	127	
July	50	140	53	87	
Aug.	18	62	19	34	
Sept.	22		9		
Oct.	21	51	9	42	
Nov.	12	24	13	11	
Dec.	7	20	6	14	
Total	377	1083	357	726	
Correlation of I coefficient of I and the others	Sample value		0.73	0.77	0.94
	Interval estimate for the population value (confidence coefficient) = 0.95		0.26	0.35	0.80
			0.92	0.93	0.98

ちガムド・ペーパー観測値は(水盤観測値) — (降水放射能観測値)と最も相関が良い。つまりガムド・ペーパーは(乾燥沈着量)を良く代表しているといえる。

なお、水盤観測値と降水放射能観測値の大きさを比較すれば、全沈着量の 20~60% 程度が降水沈着量ということになる。

3.3.2 沈着量の経年および季節変動

降下物放射能は核爆発実験の有無に支配されて大きく変動し、その変動範囲はガムド・ペーパー観測値では 0.3~230 mc/km²・month (1960~1963年), 降水沈着では 6~100 mc/km²・month (1963年) にわたる。

(TABLE 3.9, TABLE 3.10 参照)

また、ガムド・ペーパー観測値は核爆発実験直後を除いて冬期に少ないが5月前後には10倍程度まで増加する傾向がある。これは大気放射能自体の季節変動のほかに、沈降速度にも季節変動があるためと思われる。(次項参照)

一方、降水沈着量もほぼ同様な季節変化があるが、降水濃度の傾向はこれと一致せず、8~9月頃に濃度の極小値が現れる。

3.3.3 乾燥沈着における沈着速度の季節変化

乾燥沈着時の沈降速度の目安は次式で表わせる。

$$\text{沈降速度} = \frac{\text{ガムド・ペーパー観測値}}{\text{地表の大気放射能積算濃度観測値}}$$

$$\text{または} = \frac{\text{(水盤観測値)} - \text{(降水放射能観測値)}}{\text{地表の大気放射能積算濃度観測値}}$$

ここで分母、分子の値は同一期間中の観測値を使うこととする。また第2式の降水放射能観測値では厳密には降水前に受水器へ付着していた塵埃の混入が問題となるが、実際には補正を加えなくとも、さほどの誤差は生じないと思われる。

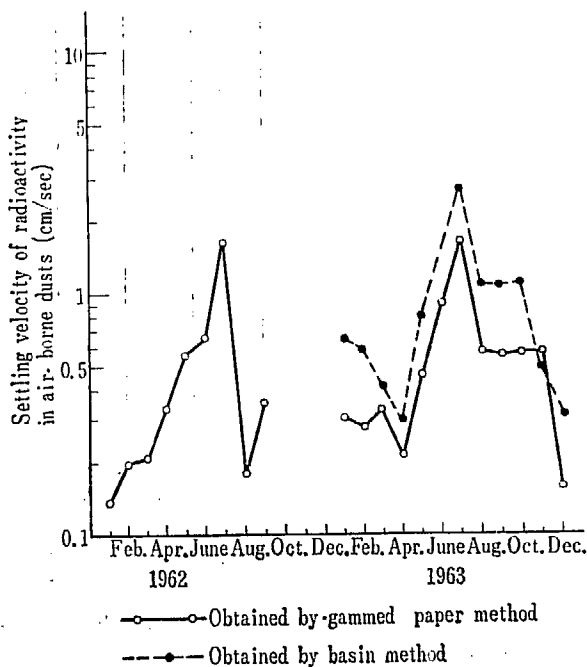


Fig. 3.20 Seasonal variation of settling velocity of beta radioactivity in air borne dusts

このようにして算出した沈降速度の値を Fig. 3.20 に示す。図の上でガムド・ペーパーに対する沈降速度が小さめになっているのは、水盤よりの捕捉効率が小さいための誤差が現れていると解釈できる。(3.3.1 参照)

しかし、両者の変動傾向は良く一致しており、その数値は他の研究者によりなされた結果¹⁶⁾とも矛盾しない範囲に現われている。そして沈着速度にも夏季に高く冬季に低いという季節変動のあることが Fig. 3.20 で明らかとなった。

3.3.4 雨の洗滌効果

大気中に浮遊する放射性物質の雨水による洗滌効果を知るために、次式で目安をたててみる。分母分子はともに同一降水期間中の平均値をとることとする。

$$\text{洗滌効果} = \frac{\text{降水放射能濃度}}{\text{大気放射能濃度}}$$

この数値を季節的に分類して、降雨量との関係を調べたものを Fig. 3.21 に示す。これから解るように洗

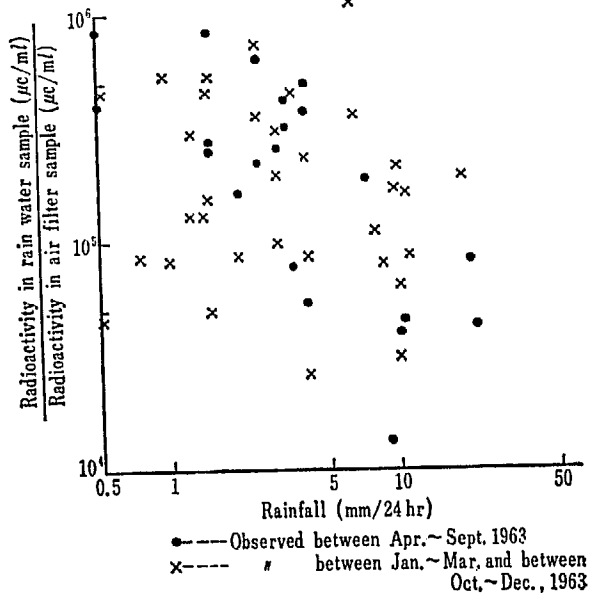


Fig. 3.21 Relationship between rainfall and removal of radioactivity of air

滌効果は 10⁴~3×10⁶ の範囲の数値となっている。

3.3.5 降水放射能の地域性

平常時(放射性降下物のある時)において当所の降水放射能観測値が地域的にどの程度の代表性があるかを知らるために、東京の観測値¹⁷⁾と比較したものを Fig. 3.22 に示す。すなわち原研、東京間のように遠く離れていても降水放射能に大差が無いのであるから、

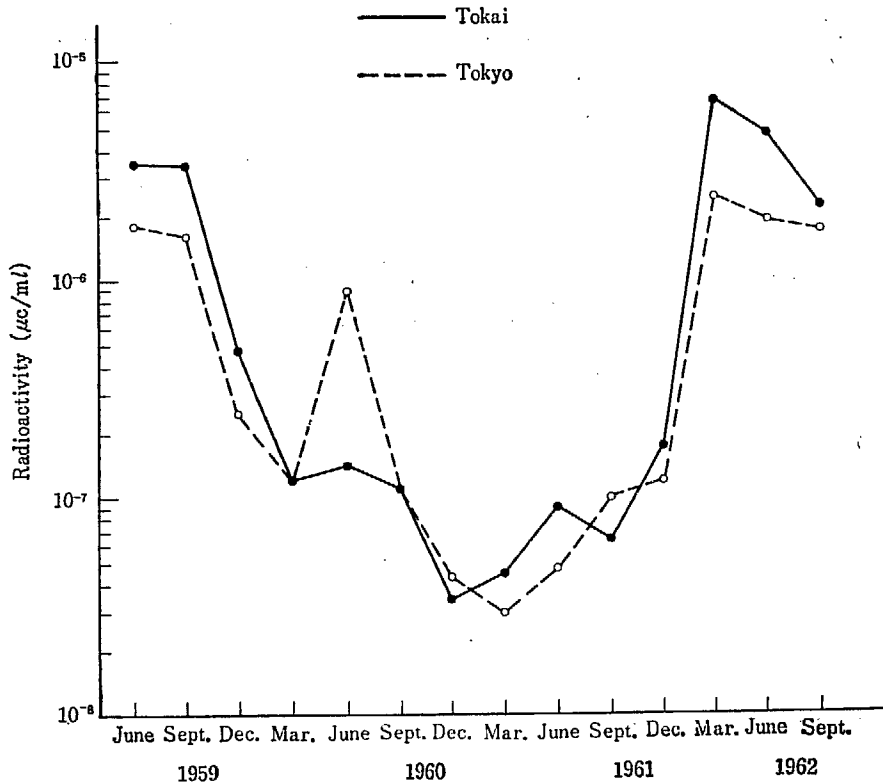


Fig. 3.22 Comparison of regional radioactivities in rain water

原研の観測値は東海村地域を良く代表し得ると考える。

3.3.6 核爆発実験直後における強放射性粒子の落下

1961年9月1日、ソ連の核爆発実験が再開されてから約2カ月間に、大気圏内実験は38回実施され、中でも10月23日には30メガトン級、10月30日には50メガトン級の爆発があった旨報じられている。

これらの大型核爆発によって、従来我々が経験しなかった非常に強い放射性粒子の沈着を観測した(TABLE 3.11参照)。観測された最大のもは、1粒子で33 mμcであった。11月7、8日におこなった測定によると、

TABLE 3.11 Data on very large radioactive particles from nuclear detonations

Date of detonation	Oct. 23, 1961	Oct. 30, 1961
Magnitude	30 Megaton	50 Megaton
Date of arrival	Oct. 25, 1961	Nov. 5~6, 1961
Time elapsed	2 days	one week
Maximum radioactivity observed	10^{-5} μc/particle	3.3×10^{-2} μc/particle
Amount of fall of the particles (> 10^{-3} μc/particle)		~1 particles/m ²

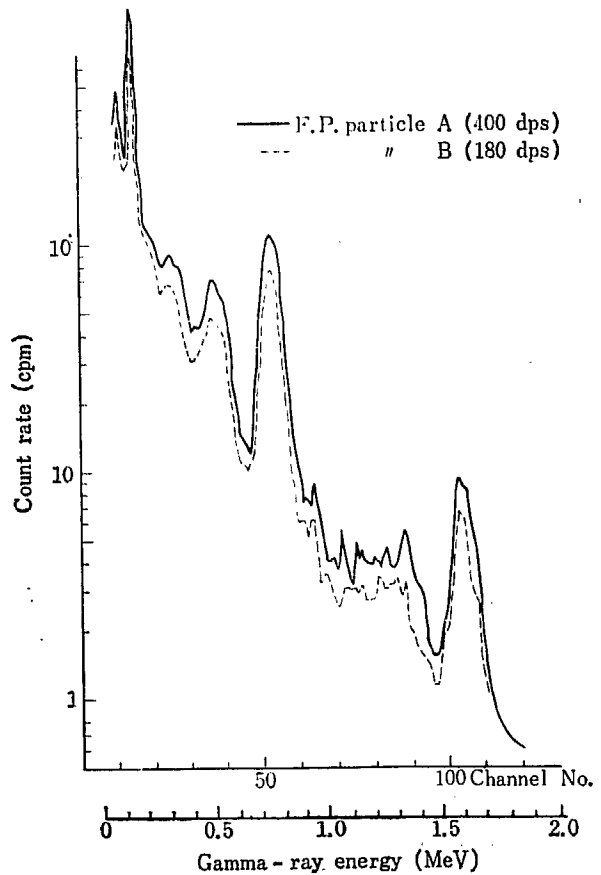


Fig. 3.23 Gamma-ray spectrum of fallout particles
Date of sampling: Nov. 7, 1961
" of measurement Nov. 14, 1961

1 粒子で $1 \mu\text{c}$ 以上のものが約 $1 \text{ 粒子}/\text{m}^2$ の割合で地表に分布していた。舗装された道路面はやや少なかったが道路わきの溝では $9 \text{ 粒子}/\text{m}^2$ であった。これら粒子について γ 線スペクトル測定をした結果の数例を Fig. 3.23 に示す。

強放射性粒子の降下により空間分布放射線も影響を受け、 γ 放射線は 10 月下旬には $2.4 \mu\text{R}/\text{hr}$ 、 β 放射線は $10\sim 40 \text{ cpm}$ の増加をみた。11, 12 月はやや減少したがその後再び増加した。(Fig. 3.2 参照)

3.4 環境試料の放射能

土壌、植物、農産物、水産物、畜産物、陸水、海水などの環境試料について 1956 年から 1963 年までにおこなった全 β 放射能測定結果をのべる。野外において α 汚染が単独に起る可能性はきわめて少ないので α 放射能の測定はおこなっていない。全 β 放射能の測定は、放射能汚染の概要を知り、どの試料を分析に供したらよいかを決めるためのものである。

3.4.1 土 壤

現在までの測定値を TABLE 3.12, Fig. 3.24 に示す。1958 年 7 月から 1959 年 7 月にかけて高い値を示している。これは 1958 年 11 月までにおこなわれた数多くの核爆発実験による核分裂生成物や誘導放射性核種が降塵や降水に含まれて地上を汚染した結果によるものである。また、1960 年から 1961 年にかけての測定値は減少しているが、これは同期間中の降塵、降水の放射能がきわめて低いことによるものである。しかしながら、1961 年 9 月からの核爆発実験再開にともない、1962 年 4 月より増加の傾向が見られた。

3.4.2 植 物

原研周辺に多い、松葉を主として調査した結果を TABLE 3.13, Fig. 3.24 に示す。前述の土壌放射能と同様の傾向を示しているが、放射性降下物の影響については、土壌よりも顕著に表われている。測定値の増減については大気中の放射能濃度の変化とよく一致している。

3.4.3 井 戸 水

井戸水(河川水、湖沼水を含む)の放射能測定値は TABLE 3.14, Fig. 3.25 に示すように一部を除き検出限界程度の低い値を示している。しかし久慈小学校、南高野および豊岡の 3 カ所は例年、他の場所より高い値

を示している。これについて調査した結果では K 含量が多かった。

3.4.4 農 産 物

1957 年から 1963 年までの測定結果を TABLE 3.15, Fig. 3.26~Fig. 3.29 に示す。これによると植物の場合と同様に放射性降下物の影響によって測定結果が増減している。一般に葉菜類が放射性降下物の影響を受けやすく、土壌中に生育する品種および豆類は影響が少ない。

3.4.5 牛乳および牧草

牛乳および牧草の測定結果を TABLE 3.16, Fig. 3.30 に示す。牛乳の測定値は $70\sim 230 \mu\text{c}/500\text{mg ash}$ 範囲にあるが、牧草については、放射性降下物の影響を大いに受け、1959 年 3 月、1962 年 3, 5 および 11 月に著しく高く、平常値の $6\sim 8$ 倍の測定値が得られている。

3.4.6 河川水および海水

河川水および海水の測定結果を TABLE 3.17, 3.18, Fig. 3.31 に示す。河川水および海水の濃度は通常 $2\times 10^{-9} \mu\text{c}/\text{ml}$ 程度もしくはそれ以下であるが、核爆発実験再開後の 1961 年 10 月の試料においては河川水および海水共に約 $5\times 10^{-9} \mu\text{c}/\text{ml}$ の測定値が記録された。

3.5 環境試料放射能の解析

大気中の放射性物質の沈着は環境の汚染をもたらす。3.3 節では、降下・沈着現象について述べたが、ここでは沈着後の蓄積現象について考える。

一般に環境試料の放射能蓄積量は次の現象により変動を受ける。

- a. 大気中の放射性物質の沈着
- b. 沈着した放射性物質の原子核崩壊による減衰
- c. 沈着した放射性物質の流出、滲透などによる移動

このうち a (沈着) は環境汚染の増加をもたらすが、時期的にかなりの変動があることをすでに述べた。b (減衰) は蓄積量の減少を意味し、沈着後の核種の構成により異なる。その 2, 3 の例を Fig. 3.32 に示す。つぎに c (移動) は主として降雨の際に現われると予想したが、実際に測定した土壌、松葉放射能の季節変動を調べてみると、降水量(月間積算値)との相関が認められなかった。したがって、実際には a

TABLE 3. 12 Total beta radioactivities in soil from May 1956 to Oct. 1963 (unit $\mu\mu\text{c}/10\text{ g dry}$)

Sampling point number	1956			1957			1958			1959			1960			1961			1962			1963				
	May	July	Oct.	Dec.	Apr.	July	Oct.	July	Oct.	Jan.	Apr.	July	Oct.	Jan.	Apr.	July	Oct.	Jan.	Apr.	July	Oct.	Jan.	Apr.	July	Oct.	
	001	20	19	24	36	23	27	32	45	34	39	120	51	29	31	16	20	9.9	10	22	24	47	14	20	26	50
002	12	13	28	18	20	25	31	44	27	50	49	27														
003	28	10	25	36	20	14	22	24	20	35	36	34														
004	30	23	20	33	9.9	18	33	26	23	84	120	32														
005	23	9	30	15	37	27	25	48	23	170	31	12	12	30	30	15	22	29	6.9	22	37	9.9	19	19	73	31
006			24	17	6.2	22	25	22	34	28	46	6.2	30	12	12	12	7.4	15	38	15	48	48	24	93	33	54
007			40	13	19	25	19	34	27	21	62	33	34	16	23	9.9	7.4	9.9	6.9	34	75	32	25	12	31	110
008			25	22	16	23	49	83	41	94	110	42	34	19	34	16	18	18	16	15	56	25	32	14	41	42
009			40	31	38	49	40	49	44	74	87	59	73	29	46	21	14	14	29	71	110	52	28	72	96	74
010																										
011																										
012																										
013																										
014																										
015																										
821																										
1551																										
161																										
121																										
1141																										
1331																										
832																										
961																										
1161																										
822																										
831																										
1421																										
1351																										
861																										
1261																										
951																										
1061																										
1561																										
1461																										
mean	15.3	15.2	32.2	26.3	26.6	33.7	39.9	41.2	39.1	69.2	72.6	45.1	40.6	25.8	39.7	26.4	23.8	25.3	25.0	40.9	60.0	34.1	34.8	48.0	64.1	72.5

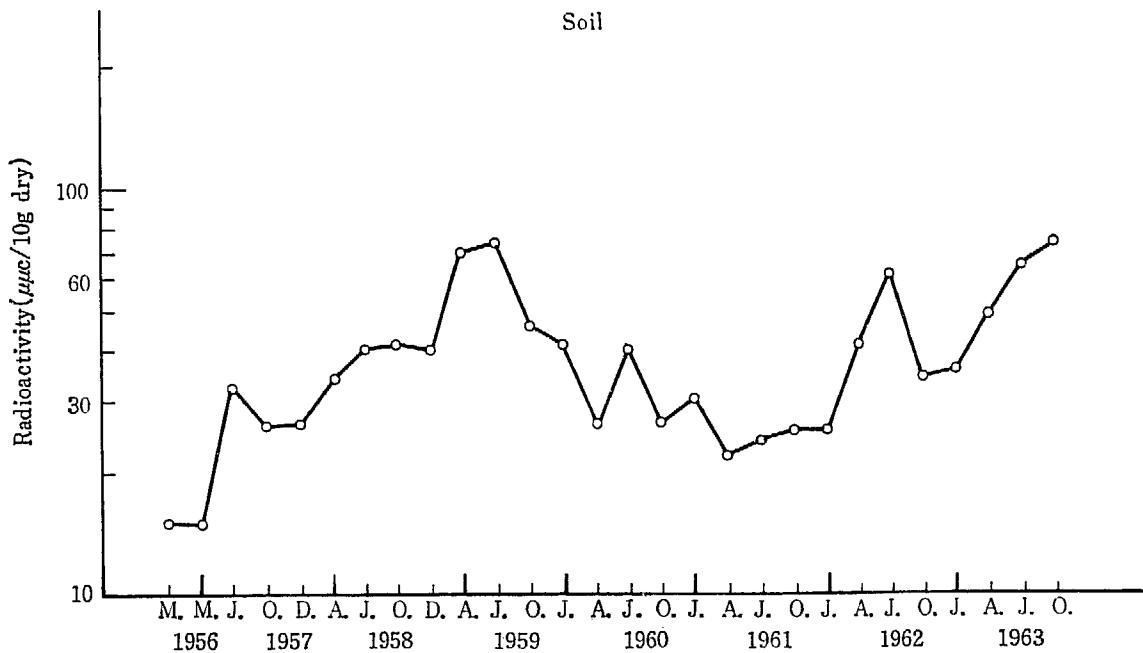
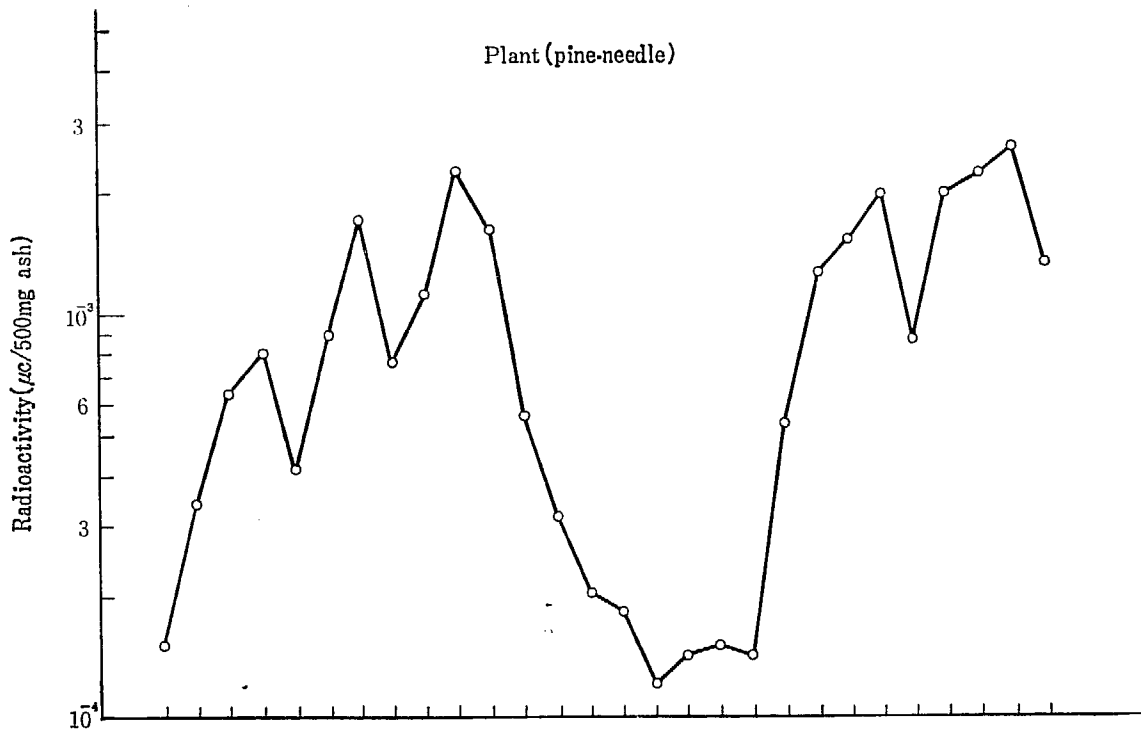


Fig. 3.24 Total beta radioactivities in soil and pine-needles from May 1956 to Oct. 1963

TABLE 3. 13 Total beta radioactivities in plant (pine-needle) from May 1956 to Oct. 1963 (unit: 10^{-4} μ c/500 mg ash)

Sampling point number	1956		1957		1958		1959		1960		1961		1962		1963																	
	May	Oct.	Mar.	July	Apr.	July	Oct.	Dec.	Apr.	July	Oct.	Jan.	July	Oct.	Jan.	July	Oct.															
001	2.2	3.4	6.0	7.2	3.8	19	17	7.4	10	7.6																						
002	3.8	2.7	7.8	14	5.2	10	18	11	11	6.7																						
003	1.1	4.2	8.6	11	4.2	11	20	12	13	3.7	1.5																					
004	1.7	5.0	7.8	9.0	4.0	8.6	19	6.8	15	4.6	1.2																					
005	1.0	4.5	7.6	9.2	4.0	9.0	13	10	8.1	5.6	1.3	1.4	1.5	1.4	8.3	9.3	18	29	14													
006			5.4	7.8	4.6	8.4	14	4.8	13	3.5																						
007			5.8	8.0	3.6	6.2	14	5.8	9.1	4.8																						
008	2.2	3.8	7.6	12	5.2	5.8	26	10	17	9.4																						
009		3.2	5.4	5.0	4.2	5.4	11	5.8	5.7	7.2																						
010	1.6				8.2	20	5.8	11	21	14																						
011	1.1				8.6	16	6.8	17	16	22																						
012					5.0	20	5.4	9.4	32	19	5.1																					
013					6.8	18	10	11	18	15	7.1																					
014					12	17	6.2	13	20	19	6.6																					
015					10	16	6.0	9.8	20	13	5.3																					
821		4.3	6.2	6.4	5.0	19	20	4.4	9.5	18	11	5.5																				
1551	0.7	1.5	3.8	3.8	2.6	3.2	7.8	3.2	5.4	13	9.3	1.1	1.1	1.7	1.7	1.4	6.2	12	18	31	8.8	19	26	29	19							
161	1.0	3.8	6.6	6.6	5.0	9.4	18	13	18	24	22	7.2	3.1	2.3	1.9	1.1	1.7	1.4	6.2	12	18	31	8.8	19	26	29	19					
121		2.3	3.6	3.6	2.0	9.2	17	7.6	9.4	30	22	6.6	2.4	1.8	2.4																	
1141	1.8	2.4	5.2	5.4	3.8	10	14	3.6	16	10	7.7	3.3	2.4	1.2	1.7	1.1	1.0	0.9	2.2	4.3	9.0	7.6	6.0	11	14	16	8.5					
1331	1.2	3.8	7.6	12	4.2	5.4	24	10	16	47	13	5.5	3.4	2.3	1.4	1.4	1.0	1.1	0.9	2.2	4.3	9.0	7.6	6.0	11	14	16	8.5				
832		4.4	6.4	7.4	4.2	8.2	19	7.2	9.3	24	22	8.2	3.7	3.7	3.7	2.5	2.5	2.3	1.5	1.1	1.0	1.2	1.0	1.9	5.0	6.5	6.9	7.7	8.2	10	11	8.2
961	0.7	1.2	4.4	6.0	4.0	3.6	8.8	5.0	9.1	25	12	3.7	2.5	2.3	1.6	1.7	1.1	1.4	1.6	1.4	5.8	15	20	35	11	20	27	15	15			
1161	0.9		8.2	8.8	4.4	7.6	20	7.4	13	34	13	3.9	3.9	1.6	1.7	1.1	1.4	1.6	1.4	5.8	15	20	35	11	20	27	15	15				
822					7.6	20	7.6	20	9.6	7.5	21	4.1	4.1	3.5	2.3	1.4	1.7	1.6	2.1	7.6	22	16	11	10	36							
831					12	14	8.8	12	21	19	19	3.9	3.9	3.5	2.3	1.4	1.7	1.6	2.1	7.6	22	16	11	10	36							
mean	1.5	3.4	6.3	8.0	4.1	8.8	17.0	7.5	10.9	22.6	16.2	5.5	3.1	2.0	1.8	1.2	1.4	1.5	1.4	5.3	12.4	15.0	19.4	8.3	19.4	21.4	24.9	13.2	13.2			

TABLE 3.14 Total beta radioactivities in well water from May 1956 to Oct. 1963 (unit: 10^{-9} $\mu\text{C}/\text{mL}$)

Sampling point number	1956			1957			1958			1959			1960			1961			1962			1963								
	May	Mar.	July	Oct.	Dec.	Apr.	July	Oct.	Dec.	Apr.	July	Oct.	Jan.	Apr.	July	Oct.	Jan.	Apr.	July	Oct.	Jan.	Apr.	July	Oct.						
007	11	4.5	6.1	5.0	1.9	8.4	18	14	8.1	23	2.7	3.9	3.2	3.4	6.3	1.8	<4.5	<4.5	<4.5	10	7.8	18	14	6.3	6.9	26	7.0	9.8		
*821			2.9	11	1.1	3.1	8.2	18	5.8	10	10	5.5	5.3	1.0	12	4.0	6.5	<4.5	4.7	14	7.1	18	13	6.5	4.4	13				
1551	0.8	0.7	—	2.3	1.4	1.6	2.1	—	3.7	2.2	0.6	3.0	3.9	2.7	2.0	3.0	<4.5	<4.5	<4.5	4.5	<4.6	<4.0	8.2	<3.5	12	6.5	7.0	<3.7		
161	—	0.9	0.9	0.5	—	0.8	—	1.9	3.2	2.2	1.9	0.7	1.8	5.9	1.6	—	<4.5	<4.5	<4.5	4.5	<4.0	<4.0	<3.5	<3.8	<3.7	<3.7	<3.7	<3.7		
121	—	2.5	17	11	13	2.6	16	25	18	26	7.9	26	3.9	19	25	28				4.5				<3.5						
1141	—	2.5	1.8	2.9	2.7	1.9	1.6	—	1.3	3.0	0.6	0.5	2.5	2.5	1.8	3.3	<4.5	<4.5	<4.5	4.5	<4.6	7.0	4.5	<3.5	<3.8	7.5	6.3	<3.7		
1331	1.4	0.5	1.4	0.5	—	3.7	1.6	1.4	1.9	2.2	—	3.0	0.2	—	1.8	2.5	<4.5	<4.5	<4.5	4.5	<4.6	<4.0	4.3	<3.5	<3.8	4.3	<3.7	<3.7		
832	—	0.7	0.3	2.0	0.5	5.2	5.0	4.3	4.0	3.5	2.5	4.4	3.0	0.8	5.6	4.5				4.5										
961	—	2.7	0.5	0.7	—	—	1.6	2.2	3.2	0.8	0.6	4.4	—	0.8	2.7	1.3	<4.5	<4.5	<4.5	4.5	<4.6	<4.0	5.2	<3.5	<3.8	4.0	<3.7	<3.7	<3.7	
151	26	32	20	11	17	32	25	24	26	35	29	31	32	29	23	28	<4.5	<4.5	13	4.5	<4.6	<4.0	7.6	14	4.4	12	5.0	5.0	5.0	
1661	39	42	35	28	14	5.8	28	27	13	18	19	15	7.6	32	33	16	16	16	27	33	<4.6	22	37	11	6.7	22	12	9.5	9.5	
1161	—	—	0.9	11	1.9	—	0.3	1.4	0.8	4.9	—	1.6	3.9	1.4	3.2	1.8	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	4.0	<4.0	<3.5	<3.8	<3.7	<3.7	<3.7	<3.7	<3.7	
1421	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0	—	1.4	1.3	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5				<3.5						
mean	8.7	7.9	7.2	6.3	4.5	5.4	9.0	10.9	7.4	10.9	6.2	8.3	5.4	7.6	9.2	7.3	<5.5	<5.7	<7.3	<7.8	<5.3	<8.9	<10.2	<5.3	<5.3	<10.1	<6.6	<5.2	<5.2	

* River water (Shinkawa)

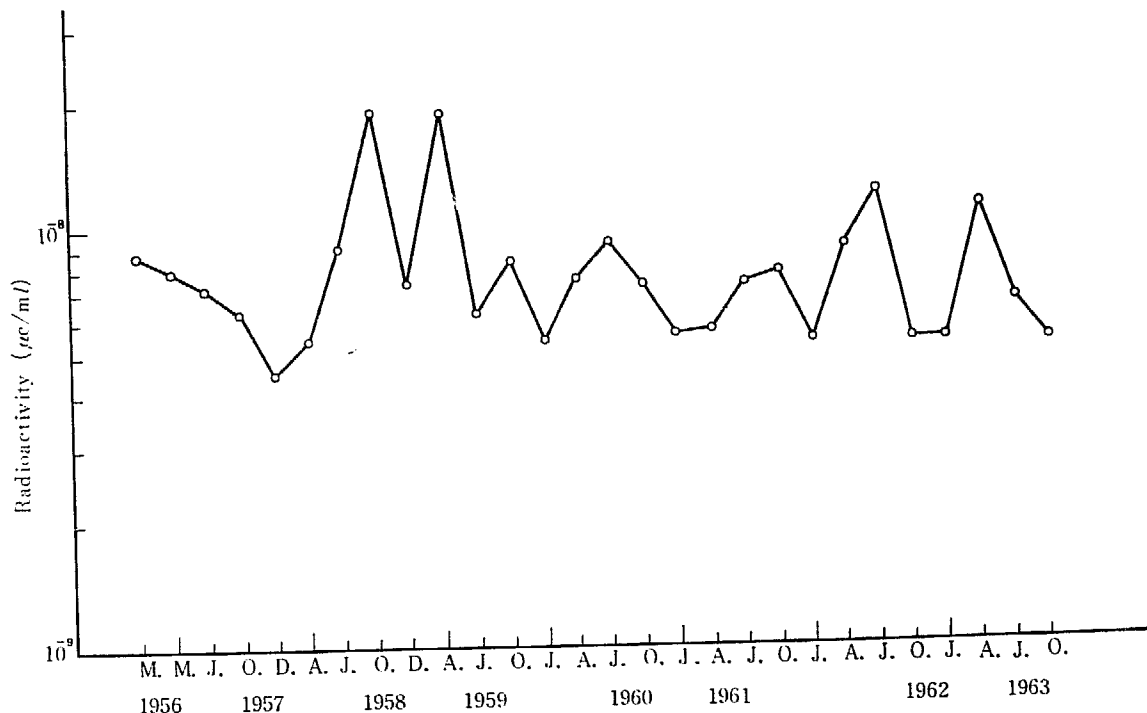


Fig. 3.25 Total beta radioactivities in well water from May 1956 to Oct. 1963

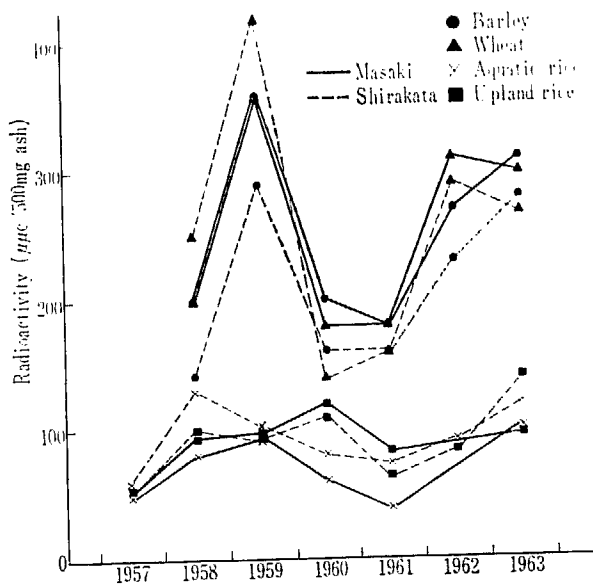


Fig. 3.26 Annual variation of radioactivities in stalk

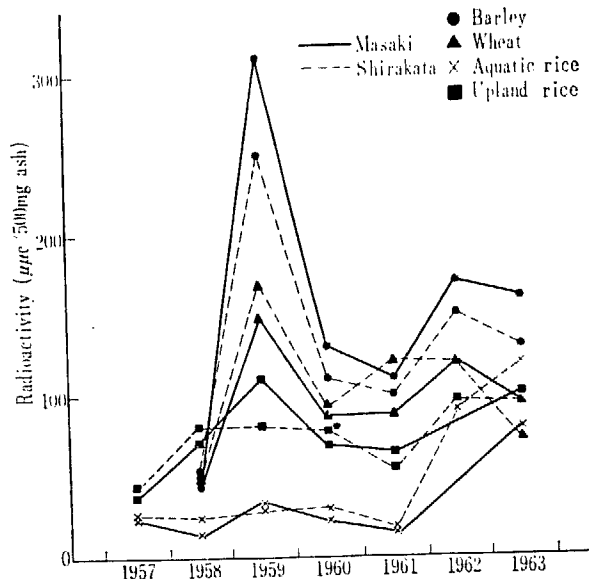


Fig. 3.27 Annual variation of radioactivities in root

TABLE 3.15 Total beta radioactivities in agriculture products from 1957 to 1963 (unit: $\mu\mu\text{c}/500\text{ mg ash}$)

Kind	1957		1958		1959		1960		1961		1962		1963	
	Masaki	Shira-kata	Masaki	Shira-kata	Masaki	Shira-kata	Masaki	Shira-kata	Masaki	Shira-kata	Masaki	Shira-kata	Masaki	Shira-kata
Barley	stalk		200	140	360	290	200	160	180	160	270	230	310	280
	root		45	53	310	250	130	110	110	100	170	150	160	130
	corn	110	160	150	210	200	210	120	120	120	190	180	220	170
Wheat	stalk		200	250	360	420	180	140	180	160	310	290	300	270
	root		48	50	150	170	88	93	89	120	120	120	96	74
	corn	130	140	200	190	200	190	150	150	160	150	150	200	190
Aquatic rice	stalk	50	83	130	100	95	100	61	80	39	73	91	100	120
	root	24	14	24	30	33	30	22	25	15	17	50	80	55
	unhulled rice		120	110	45	39	38	39	39	29	31	71	130	97
Upland rice	stalk	56	94	93	95	96	95	120	110	81	64	89	98	140
	root	38	71	80	91	110	91	69	78	64	54	96	100	98
	unhulled rice		41	49	29	44	34	34	39	34	36	64	99	
Sweet potato	Nourin			120	180	180	170	210	130	160	210		150	180
	Kanto			160	180	190	190	250	140	140	210		200	190
Potato			180		270	270			220	240			240	
Radish					150									
Welsh onion					180									
Chinese cabbage			160		180		170		140		190		190	
Cabbage				140	190									
Carrot				110										
Cucumber		200				230	210				160		200	
Soybean				150		180						150		150
Plum		240	190	190		270			200	180	310	290	290	270
Colza				94		100				94				

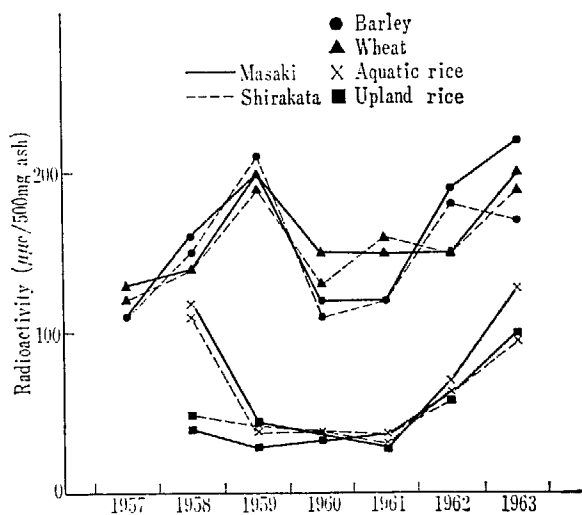


Fig. 3.28 Annual variation of radioactivities in corn and unhulled rice

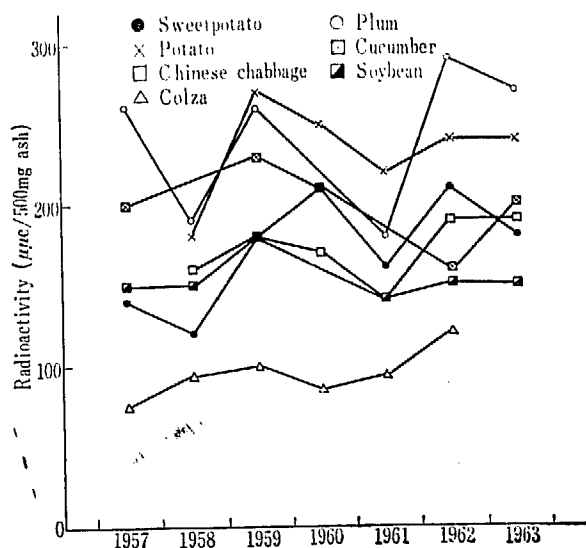


Fig. 3.29 Annual variation of radioactivities in agriculture products

TABLE 3.16 Total beta radioactivities in milk and grass from July 1957 to Nov. 1963
(unit: $\mu\mu\text{c}/500\text{ mg ash}$ * $\mu\mu\text{c}/100\text{ ml ash}$)

Location		Funaba		Terunuma	
Date	Location	Milk	Grass	Milk	Grass
year	month				
1957	July	110	360	110	300
	Oct.	110	230	120	250
	Dec.	110	250	110	240
1958	Mar.	100	140	120	250
	June	70	370	100	280
	Sept.	90	330	120	310
	Dec.	160	420	90	540
1959	Mar.	110	900		
	May	150	700		
	July	120	220		
	Aug.	130	210		
	Sept.	100	200		
	Oct.	*160	200		
	Nov.	*160	220		
	Dec.	*160	200		
1960	Jan.	*190	—		
	Feb.	*170	150		
	Mar.	*150	110		
	Apr.	*110	120		
	May	*90	90		
	June	*180	190		
	July	*160	160		
	Aug.	*150	130		
	Sept.	*130	110		
	Oct.	*230	150		
	Dec.	*120	—		
	1961	Jan.	90	—	
Mar.		110	100		
May		90	120		
June		100	160		
July		110	150		
Sept.		100	150		
Dec.		90	—		
1962	Mar.	100	—		
	May	110	890		
	June	140	900		
	July	120	500		
	Sept.	110	180		
1963	Nov.	120	1250		
	Feb.	110	—		
	May	100	560		
	Aug.	120	350		
	Oct.	120	470		
Nov.	110	770			

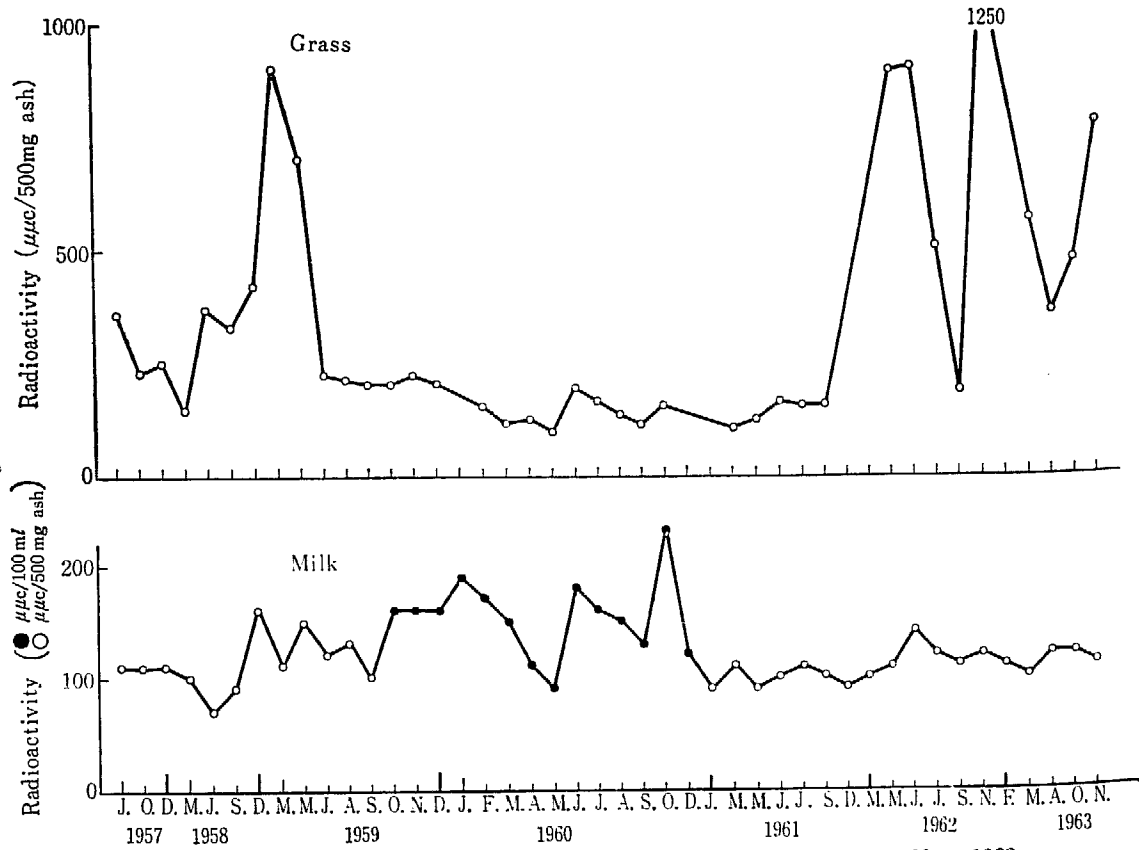


Fig. 3.30 Total beta radioactivities in milk and grass from July 1957 to Nov. 1963

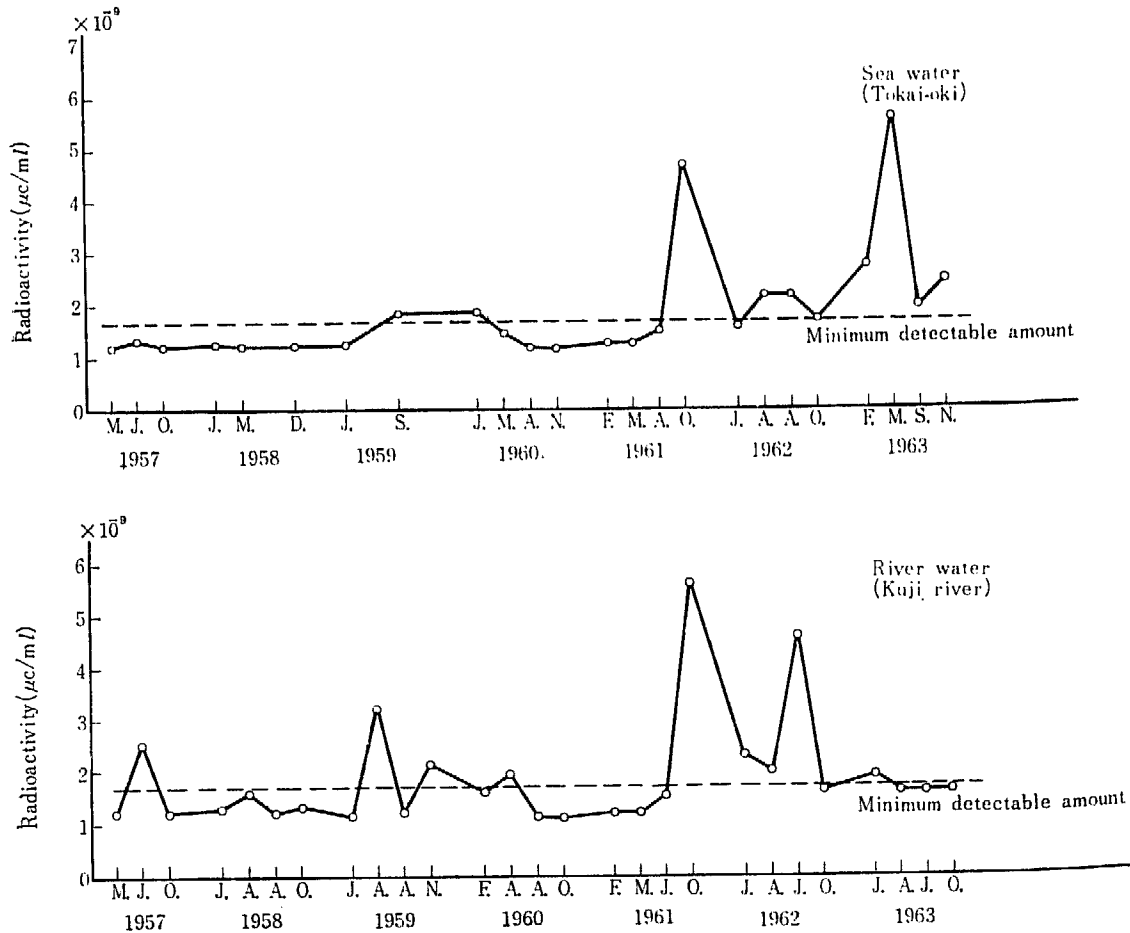


Fig. 3.31 Total beta radioactivities in sea water and river water from Mar. 1957 to Nov. 1963

TABLE 3. 17 Total beta radioactivities in sea water from Mar. 1957 to Nov. 1963 (unit: $10^{-9} \mu\text{c/ml}$)

Location		Genken-oki				
Date						
year	month	M1 500m	M2 1,000m	M3 3,000m	M4 5,000m	mean
1957	Mar.		<1.2			<1.2
	July		<1.2	<1.2	<1.5	<1.3
	Oct.			<1.2	<1.2	<1.2
1958	Jan.	<1.2	<1.2			<1.2
	Mar.	<1.2	<1.2	<1.2		<1.2
	Dec.	<1.2	<1.2			<1.2
1959	Jan.	<1.2	<1.2			<1.2
	Sept.	<1.2	1.8	<1.2		<1.4
1960	Jan.	3.1	<1.2	1.6	<1.2	<1.8
	May	1.5	1.5	<1.2	1.5	<1.4
	Aug.	1.2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.1
	Nov.	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
1961	Feb.	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	May	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	Aug.	<1.2	1.5	<1.2	1.8	<1.4
	Oct.	5.0	6.7	4.4	2.3	4.6
1962	Jan.	1.2	1.8	1.2	1.8	1.5
	Apr.	1.1	1.4	2.6	3.3	2.1
	Aug.	2.4	2.8	1.7	2.4	2.1
	Oct.	<1.6	2.0	<1.6	1.6	<1.7
1963	Feb.	2.0	<1.6	3.7	3.3	<2.7
	May	4.5	4.9	6.1	6.6	5.5
	Sept.	1.6	2.9	<1.6	1.6	<1.9
	Nov.	2.9	2.0	<1.6	2.9	<2.4

(沈着) と b (減衰) が支配的であって、c (移動) による変動は場所的偏差の原因にすぎないものと考えられる。このような観点から解析した 2, 3 の結果を次に述べる。

3.5.1 環境試料に付着する降下物の寿命

土壌や松葉にどのくらい前から沈着した放射能が残っているかを知るために、対応する月の水盤観測値およびそれらを何カ月間か遡って積算した値を Fig. 3.33 のように描いて相互の経過を比較してみる。

これから解るように、採取の月の沈着放射能のみとは相関の悪い松葉放射能も、4カ月間遡って積算した沈着放射能合計値の経過との間にかなり良い相関が出てくる事が認められた。同様に土壌の場合は6カ月遡り積算値との間に相関が出てくる。つまりそれだけ古い降下物が環境試料中に残っていることになる。ここで松葉と土壌の間に、4カ月と6カ月の差異があるのは前記c (移動) 現象の差異によるものであろう。また付着寿命の長い土壌では当然b (減衰) が影響し

TABLE 3. 18 Total beta radioactivities in river water from Mar. 1957 to Oct. 1963 (unit: $10^{-9} \mu\text{c/ml}$)

Location		Kuji-river			
Date					
year	month	W1	W2	W3	mean
1957	Mar.	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	July	<1.2	<1.2	5.2	<2.5
	Oct.	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
1958	Jan.	1.4	<1.2	<1.2	<1.3
	Apr.	<1.2	2.3	<1.2	<1.6
	Aug.	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	Oct.	1.4	<1.2	1.3	<1.3
1959	Jan.	1.1	<1.1	<1.1	<1.1
	Apr.	3.8	<1.2	4.6	<3.2
	Aug.	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	Nov.	1.1	4.1	<1.1	<2.1
1960	Feb.	2.3	<1.2	<1.2	<1.6
	Apr.	3.3	<1.2	<1.2	<1.9
	Aug.	<1.0	1.0	<1.0	<1.0
	Oct.	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
1961	Feb.	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	May	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
	July	<1.2	2.0	<1.2	<1.5
	Oct.	7.6	5.3	3.9	5.6
1962	Jan.	1.5	3.2	2.2	2.3
	Apr.	1.8	2.0	2.3	2.0
	July	4.1	4.7	5.0	4.6
	Oct.	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6
1963	Jan.	<1.6	2.5	1.6	<1.9
	Apr.	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6
	July	<1.6	<1.6	<1.6	<1.6
	Oct.	2.0	<1.6	<1.6	<1.7

てくる。

このようにして、降下物放射能は毎年5月前後に極大値が現われるのに対し、松葉や土壌では7月頃に極大値が生ずる。

3.5.2 土壌放射能のサンプリング誤差の評価

土壌放射能観測値は TABLE 3. 12 にも示したように、5~220 $\mu\mu\text{c}/10\text{g dry}$ の範囲に出現している。

これらはどれも広大な地面の一小区画のみを採取したものであるから、観測値がその地点を代表しているとは限らない。そこでこのサンプリング誤差を評価するために、比較的一様な土質で観測点の多い砂地を選び、その中の近接した6カ所 (No. 002, 005~009) は放射性降下物が一様であったと仮定して、観測値のバラツキの性質を調べてみた。

そのため各採取期について、地点間最大偏差 (=最大値-最小値) と地域平均値との関係を調べたとこ

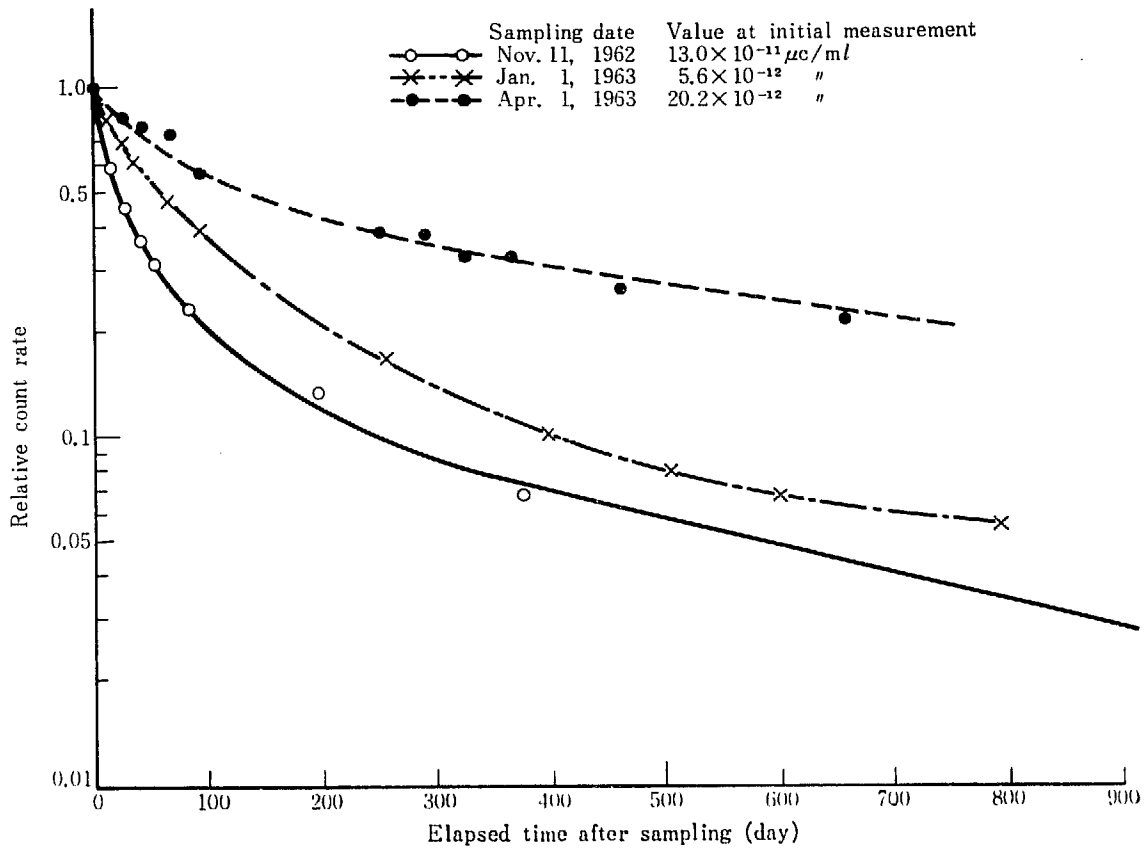


Fig. 3.32 Comparison of decay curves of samples collected by dust monitor

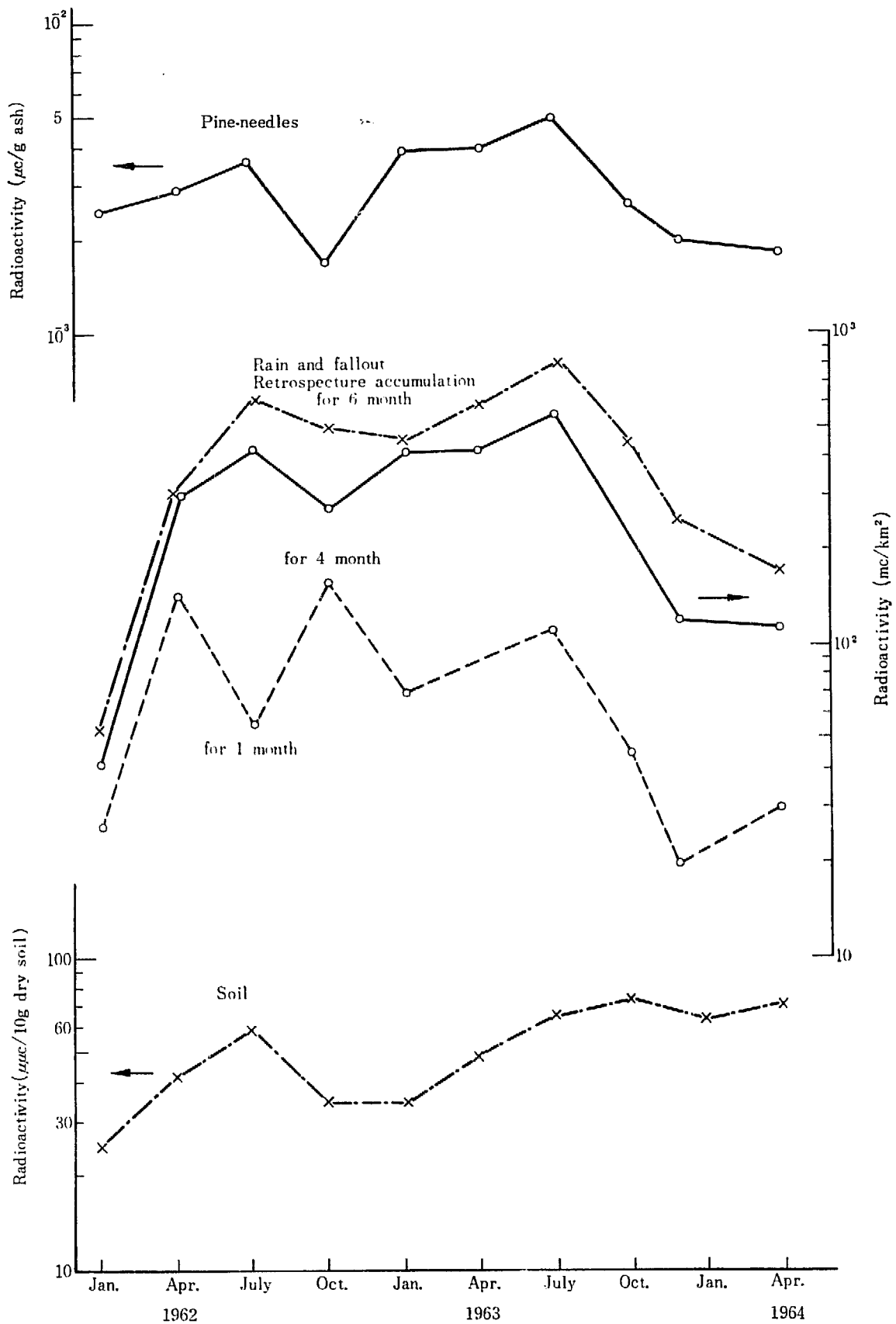


Fig. 3.33 Relationships in radioactivities between pine-needles; rain and fallout; soil

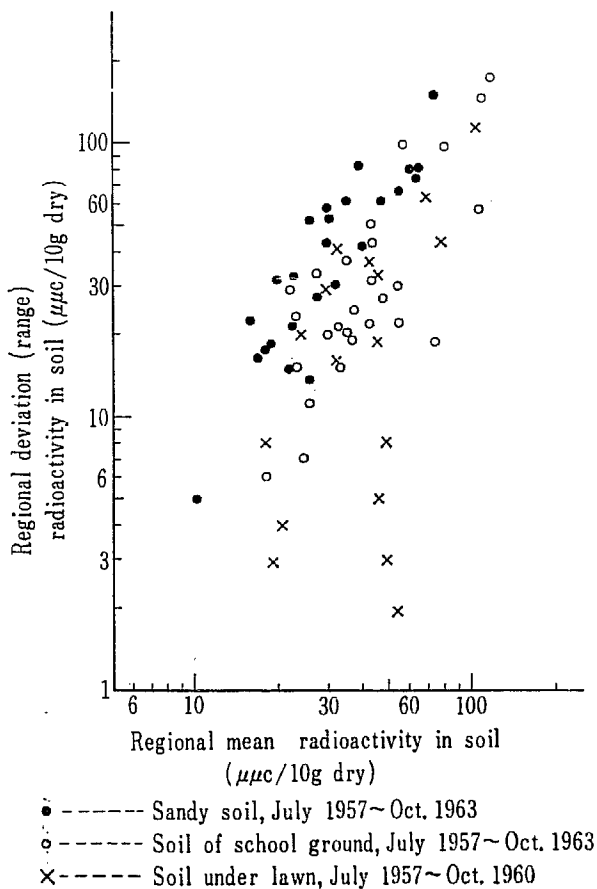


Fig. 3.34 Characteristics of regional deviation of radioactivities in soil

ろ、Fig. 3.34 に示すように、かなり良い相関関係のあることが解った。

ところで放射性降下物の量がどの地点も同じならば、地点間偏差は同一地点における観測誤差（主としてサンプリング誤差）に等しい筈である。したがって Fig. 3.34 は次のことを意味するともいえる。『観測誤差（主としてサンプリング誤差）はその観測値の大きさ（正確には地域平均値）と良い相関がある。両者の回帰関係は次式で表わされる。

$$\text{観測誤差 (最大偏差)} \approx 0.4 (\text{観測値})^{1.3}$$

ここでもし誤差の原因が測定上の変動 (Poisson 分布) のみならば、(観測誤差) \propto (観測値)^{0.5} の関係となり 1.3 乗には比例しないことに留意すべきである。1.3 乗に比例するのは測定誤差のほかにサンプリング誤差などが関与するためと考える。

3.5.3 土質による観測値の相異

土壤採取地点には砂地のほかに学校の校庭、芝生の下などがある。この場合、サンプリング誤差がどうかを調べたものを Fig. 3.34 に示す。これから解るように、校庭の土壌については

$$\text{観測誤差 (最大偏差)} \approx 1.4 (\text{観測値})^{1.8}$$

の回帰関係が成立し、砂地の場合よりも観測誤差が大きい。さらに芝生の下の場合にはもっと誤差が大きくなる。

すなわち、砂地→校庭→芝生の下となるに伴い観測誤差（主としてサンプリング誤差）は大きくなり、地域代表性が乏しくなる。

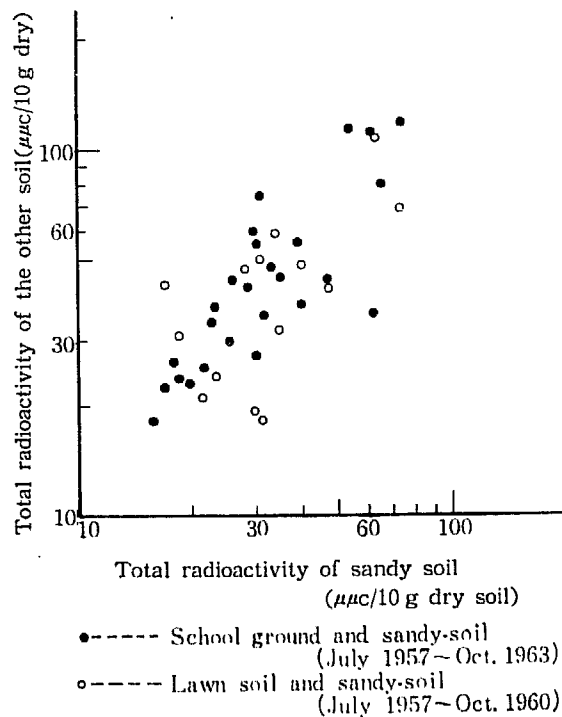


Fig. 3.35 Comparison in radioactivities between the sandy soil and others

つぎに、地域平均値を土質別に比較すると Fig. 3.35 のようになり、試料相関係数は砂地・校庭土壌間で 0.82、砂地・芝生土壌間でも同程度となる。そして砂地は他と較べてやや低目の値となるようである。

一般に沈着物の流出滲透作用は砂地が一番大きくて且つ一様性があると想像されるが、Fig. 3.34, Fig. 3.35 はこのことを裏付けていると考えられる。

3.6 排水放射能

3.6.1 連続排水モニター

第1および第2排水溝に設置した排水モニターは、排水濃度を連続モニターしている。1961年以降の排水モニターによる測定中、特に異常値を観測したものを TABLE 3.19 にしめす。その値をみると、いずれも濃度は約 $10^{-4} \mu\text{c/ml}$ 以下であり、しかもその継続時間が短く、2時間を超えるものはなかった。なお強い放射

TABLE 3.19 Record of abnormal radioactivity levels in drain water

Drain No. 1				Drain No. 2					
Date		Max. concentration ($\mu\text{c}/\text{ml}$)	Period (min)	Date		Max. concentration ($\mu\text{c}/\text{ml}$)	Period (min)		
1961	Oct.	20	7.3×10^{-5}	50	1961	June	13	7.3×10^{-5}	120
	Dec.	4	7.3×10^{-5}	150		July	11	2.6×10^{-4}	90
1962	Mar.	7	1.3×10^{-4}	10		Oct.	20	8.7×10^{-5}	100
	Mar.	15	1.9×10^{-4}	20		Nov.	22	7.3×10^{-5}	70
	Apr.	2	2.9×10^{-5}	20	1962	Feb.	23	5.2×10^{-5}	55
	Apr.	6	1.7×10^{-4}	10		Mar.	5	4.4×10^{-5}	10
	Apr.	16	1.7×10^{-4}	5		Mar.	15	1.8×10^{-4}	10
	Apr.	26	1.3×10^{-4}	50		Mar.	30	2.2×10^{-4}	5
	May	12	1.1×10^{-4}	20		Mar.	31	3.2×10^{-5}	10
	May	28	1.3×10^{-4}	60		Apr.	21	3.2×10^{-5}	5
	June	2	6.1×10^{-5}	20		Apr.	27	3.2×10^{-5}	10
	Oct.	24	1.3×10^{-4}	15		May	2	3.2×10^{-5}	15
	Dec.	15	2.6×10^{-5}	20		May	4	5.5×10^{-5}	30
1963	May	9	7.3×10^{-5}	10		May	9	8.1×10^{-5}	30
	June	28	1.7×10^{-5}	20		May	17	4.4×10^{-5}	30
	July	9	2.6×10^{-5}	60		June	2	3.8×10^{-5}	15
	July	11	7.3×10^{-5}	90		June	22	6.7×10^{-5}	25
	July	25	7.3×10^{-5}	10		June	26	5.8×10^{-5}	30
	Aug.	8	2.9×10^{-5}	60		July	16	4.6×10^{-5}	20
	Sept.	4	1.7×10^{-5}	15		July	26	7.8×10^{-5}	35
	Sept.	10	2.6×10^{-5}	20		Aug.	9	5.8×10^{-5}	55
	Sept.	13	2.5×10^{-5}	90		Aug.	18	4.9×10^{-5}	25
	Nov.	8	8.8×10^{-5}	30		Aug.	23	3.8×10^{-5}	70
						Sept.	3	4.4×10^{-5}	15
						Sept.	13	4.6×10^{-5}	60
						Sept.	17	3.8×10^{-5}	15
						Sept.	19	4.9×10^{-5}	60
						Oct.	9	7.3×10^{-5}	30
						Oct.	12	3.8×10^{-5}	55
						Nov.	13	5.8×10^{-5}	35
						Nov.	16	6.1×10^{-5}	30
						Dec.	5	1.1×10^{-4}	60
						Dec.	6	7.8×10^{-5}	60
					1963	Jan.	7	3.5×10^{-5}	25
						Jan.	31	2.9×10^{-5}	30
						Feb.	1	3.5×10^{-5}	30
						Mar.	22	6.7×10^{-5}	15
						Apr.	6	3.2×10^{-5}	20
						Apr.	11	1.4×10^{-4}	10
						June	4	4.9×10^{-5}	10
						July	11	1.1×10^{-5}	120
						Nov.	25	1.5×10^{-4}	30
						Dec.	26	5.8×10^{-5}	60

能を含んだ降雨の際には、排水モニターにも影響が現れた。また極端に排水の水位が変わると、バック・グラウンドレベルの変化によって、モニターの測定値が変化する。しかしこれらの影響と排水濃度そのものが高くなったものとは区別することができる。以上のことから、現在までに特に問題となる量は排出されていなかったと考えることができる。

3.6.2 排水放射能

定期的に排水の海への出口で試料を採水測定した結果を TABLE 3.20 に示す。測定された最大濃度は $1.1 \times$

TABLE 3.20 Total beta radioactivities in drain water from Jan. 1959 to Dec. 1963
(unit $10^{-9} \mu\text{C}/\text{ml}$)

	1959		1960		1961		1962		1963		
	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 3
Jan.	15	2.1	16	6.5	4.5	7.5	8.5	9.9	6.8	3.5	
Feb.	24	6.8	5.4	2.0	19	<3.5	16	8.7	7.3	4.3	
Mar.	15	4.1	2.7	4.3	5.8	<3.5	4.9	12	6.5	7.3	
Apr.	12	5.1	10	8.6	4.0	3.5	11	9.1	19	20	
May	20	11	10	4.7	10	6.2	19	13	19	20	
June	25	13	8.0	24	3.7	7.8	29	54	13	10	<5.9
July	9.0	5.7	4.5	16	<3.5	6.7	13	15	19	100	7.1
Aug.	3.9	8.2	1.5	7.4	<3.5	6.3	15	17	4.7	9.3	<5.9
Sept.	1.0	3.2	5.9	23	17	4.5	10	26	8.3	49	<5.9
Oct.	2.0	0	7.3	6.0	24	23	40	76	14	6.3	<5.9
Nov.	20	1.1	34	1.3	18	15	27	31	25	22	<5.9
Dec.	6.3	5.2	19	1.3	<3.5	6.4	9.0	11	7.3	18	<5.9

TABLE 3.21 Total amount of beta radioactive liquid waste disposed in the sea from Apr. 1958 to Mar. 1964

Period	Drain No.1 (μC)	Drain No.2 (μC)	Drain No.3 (μC)
1958.4~1959.3	1,277		
1959.4~1960.3	405	588	
1960.4~1961.3	2,390	1,372	
1961.4~1962.3	2,268	3,565	
1962.4~1963.3	2,582	40,656	
1963.4~1964.3	4,769	18,906	29,887

$10^{-7} \mu\text{C}/\text{ml}$ である。また参考として TABLE 3.21 に 1958 年 4 月から 1964 年 3 月までの間に海へ放出された RI 排水量を示す。放出量は年間数 10 mc 以下にすぎない。

4. 結 言

当所敷地および近郊のバック・グラウンド放射線、放射能の調査、ならびに野外における放射線管理をおこなった結果を要約すると次のようになる。

空間分布 γ 放射線量率は、原子力施設からの影響のない時、その時間による変動や、地域による違いは比較的少ない。当地域の平均値は、核爆発実験による放射性降下物の影響の多い時で $13 \mu\text{R/hr}$ 、少ない時で $10 \mu\text{R/hr}$ 程度であった。この内、宇宙線成分約 $3 \mu\text{R/hr}$ および放射性降下物による成分を除くと、当地域の地殻からの γ 放射線量率は、 $5\sim 6 \mu\text{R/hr}$ と評価される（丘砂地域を除いた関東ローム地域では $2.5\sim 3 \mu\text{R/hr}$ ）。当所の諸施設の稼動によって空間分布 γ 放射線量率の上昇する時もあったが、人の常時立入る場所では、 $60 \mu\text{R/hr}$ を越すことはなかった。空間分布 $\beta\gamma$ 放射線量率は降雨によって通常上昇する。 $\beta\gamma$ 線量率が平常時の観測値の約 2 倍となったこともある。また降雪によって平常時の観測値の $1/2$ 程度まで減少したこともある。

大気放射能濃度は、核爆発実験や原子力施設からの影響のないときでも大幅に変動している。早朝に高く午後低くなる傾向がある。この期間、原子力施設から放出された粒子性の放射性物質は、無視し得る量であり、野外に配置された塵埃モニターでは検出されない。モニタリング・ステーションの連続塵埃モニターによって全 α 放射能を集塵 7 時間後に、全 β 放射能を集塵 4.5 時間後に測定した結果によると、1 週間平均の全 α 放射能濃度は、 $10^{-13}\sim 1.3\times 10^{-11} \mu\text{c/ml}$ 、全 β 放射能濃度は核爆発実験の影響の無視できる時 $10^{-12}\sim 1.3\times 10^{-11} \mu\text{c/ml}$ 、核爆発実験の影響を受けた時の最大値は $8.2\times 10^{-11} \mu\text{c/ml}$ であった。核爆発実験の影響によって大気中の ^{90}Sr 、 ^{137}Cs の月平均最大濃度は、それぞれ $1.3\times 10^{-14} \mu\text{c/ml}$ 、 $1.4\times 10^{-14} \mu\text{c/ml}$ （1962 年 4、5 月頃）であった。大気中の ^{95}Zr – ^{95}Nb の濃度は、核爆発実験直後に急上昇し、月平均最大濃度は $4.1\times 10^{-12} \mu\text{c/ml}$ （1961 年 9、10 月頃）であった。 ^{131}I については連続して試料の採取をしなかったが 1961 年 9 月より 11 月にかけて $10^{-13} \mu\text{c/ml}$ 前後の濃度まで達したと考えられる。

地上に沈着した放射能は、核爆発実験の影響による

もので、その 20~60% は降雨によるものと考えられた。沈着量は $0.3\sim 230 \text{ mc/km}^2\cdot\text{month}$ であった。降下物放射能の中には 1 粒子が $33 \text{ m}\mu\text{c}$ のものもあった。

環境試料中の全 β 放射能は、土壌で $5\sim 170 \mu\mu\text{c}/10 \text{ g dry}$ 、植物で $1\sim 47 \mu\mu\text{c}/500 \text{ mg ash}$ 、井戸水で $0.5\sim 42\times 10^{-9} \mu\text{c/ml}$ 、農産物で $24\sim 420 \mu\mu\text{c}/500 \text{ mg ash}$ 、牛乳で $70\sim 140 \mu\mu\text{c}/500 \text{ mg ash}$ 、海水で $< 1.2\sim 6.6\times 10^{-9} \mu\text{c/ml}$ 、河川水で $< 1.2\sim 7.6\times 10^{-9} \mu\text{c/ml}$ であった。

当所の諸施設からの影響は、現在までのところ大型施設がほとんど稼動しなかったこともあり、野外では皆無に近かった。ただわずかに JRR-2 原子炉よりその稼動により常時放出される放射性アルゴン、線型加速機、水均質臨界実験装置の運転により漏洩する γ 放射線、年間数 10 mc 程度の廃液などがあるにすぎなかった。従って周辺住民に与えた被曝線量は無視し得るものであった。

今後大型施設の稼動に伴い、平常時運転において放出される放射性物質による汚染の測定、周辺住民に与える被曝の評価の重要性がますます考える。またある程度以上の被曝を与える事故については、汚染を直ちに測定、被曝を評価、適切な処置のとれるモニタリング網の整備をおこなっている。

当所では、低レベル放射性廃棄物は、環境による拡散希釈を考慮して施設外の人の常時立ち入るいかなる場所においても、被曝が法規に決められた値以上にならないよう放出、管理されている。野外放射線管理をおこなうことによって、放射性廃棄物の施設周辺野外への放出が法規に定められた限度以内であることを確認できるのみでなく、決められた放出基準でどれだけの環境汚染を生じ、またこのデータからより適切な放出基準、野外管理方式を決めることができる。

現在まで野外で検出される程の放射性廃棄物の放出は、きわめて少なかった。従って原子力施設の稼動に伴う環境汚染や、周辺住民に与える被曝について得られたデータはわずかであった。しかし当所敷地および近郊のバック・グラウンド放射線、放射能の地域による変化を知り、その水準と変動を明らかにして管理の基礎資料を得、また野外における放射線、放射能を測定

公表することによって、日本最初の原子力施設の稼動が施設周辺におよぼす影響のないことを確認、周辺社会との関係を良好に保ち、また保健物理をおこなう技術者の養成など多くの成果を得たものとする。放射性廃棄物の放出が少なかったことは、野外管理の放射能測定は、全放射能のみを測定することによって異常のないことをたしかめるに十分であった。こんごは核種分析業務の必要性が増大するものとする。野外のモニタリングは、施設の安全性、放射性廃棄物放出方法、立地条件、周辺社会の要望など多くの因子に左右される諸施設の稼動状況の変遷、安全性の向上、管理基準の変更などに即応、時宜に適したモニタリングをおこなっていくことが特に大切である。

最後に本調査研究をおこなう機会を与えられ、御指導いただいた当所保健物理部牧野直文部長、青木敏男前部長ならびに坂岸昇吉室長に厚く御礼申し上げます。また初期の観測に従事された古田悠、田村務、田岡宏、沼宮内弼雄、大内正房、亀田和久、古川友三、大谷暁、長岡健太郎および御協力いただいた多くの保健物理部の方々に感謝する。

参考文献

- 1) 森内茂, 石原豊秀: JAERI-5003, 97 (1961)
- 2) H. F. Hunter, N. E. Ballou: Nucleonics 9, 11, C-2 (1951)
- 3) 森内茂, 笠井篤: JAERI-5002, 253 (1960)
- 4) 放射能測定法, 科学技術庁 (1963)
- 5) 放射性ストロンチウム分析法, 科学技術庁 (1963)
- 6) セシウム 137 分析法, 科学技術庁 (1963)
- 7) Helge Bergh: A/conf./15, 586 (1958)
- 8) M. B. Leboeuf: HW-15743 (1950)
- 9) G. R. Hagee: Talanta Vol. 5, 36 (1960)
- 10) R. L. Heath: IDO-16784 (1962)
- 11) Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (1962)
- 12) 角川, 片桐, 石原: JAERI-5012, 77 (1963)
角川: JAERI-5013, 99 (1963)
- 13) 角川正義, 大内正房: JAERI-5006, 156 (1962)
- 14) 三宅泰雄: 天気 (日本気象学会) 9, 1, (1962)
- 15) 伊藤直次, 笠井篤, 国谷安二: JAERI-5006, 183 (1962)
- 16) 原子力気象調査会: 拡散沈着に関する総合調査報告, 59 (1961)
- 17) 気象庁: 大気放射能観測成績 (1959~1962)
- 18) 亀田和久, 人見清一: 第3回日本アイソトープ会議報文集, 502 (1959)

付録 核爆発一覽

(1945年～1963年)

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容
1945	7	16	アラモゴード	米	塔上爆発
	8	6	広 島	"	空中 (570 m) 20 kT ウラン
	8	9	長 崎	"	" (500 m) " プルトニウム
1946	7	1	ビキニ	"	空中 長崎型
	7	25	"	"	水中
1948	春		エニウエトク	"	
			"	"	
			"	"	
1949	8	ソビエト領土内	ソ	不明 (少なくとも3回?)	
1951	1	27	ネバダ	米	空 中
	1	28	"	"	"
	2	1	"	"	"
	2	2	"	"	"
	2	6	"	"	"
	4~5		エニウエトク	"	熱核兵器研究に役立つ実験
			"	"	
			"	"	
			"	"	
	10	3	ソビエト領土内	ソ	
	10	22	"	"	
	10	22	ネバダ	米	塔上
	10	28	"	"	B 29 から投下 (300 m) } 小型
	10	30	"	"	空中
11	1	"	"	塔上	
11	5	"	"	B 29 から投下 } 地下	
11	19	"	"	地上	
11	29	"	"	地下	
1952	4	1	"	米	空中
	4	15	"	"	
	4	22	"	"	空中 (1100 m) } 空中
	5	1	"	"	塔上
	5	7	"	"	
	5	25	"	"	
	6	1	"	"	
	6	5	"	"	
	10	3	オーストラリア モンテ・ペロ島	英	フリゲート艦内 おそらく広島型
	11	1	エニウエトク	米	最初の水爆 3 MT
11	—	"	"	おそらく広島型	
1953	3	17	ネバダ	米	塔上 (100 m)
	3	24	"	"	"
	3	31	"	"	"

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容		
1953	4	6	ネバダ	米	}	空中 塔上	
	4	11	"	"			
	4	18	"	"			
	4	25	"	"			
	5	8	"	"			
	5	19	"	"			
	5	29	"	"			
	6	4	"	"			
8	12	ソビエト領土内	ソ	ソビエト最初の水爆			
8	31	"	"	ネバダ級の原爆			
1954	3	1	ビキニ	米	地上 15 MT 3F 水爆		
	3	27	"	"	水面		
	4	7	"	"	地上		
	4	26	"	"	水面		
	5	5	"	"	"		
	5	14	"	"	"		
	9	15~18	日本の北西	—	雨の放射能からの推定		
	10	26	ソビエト領土内	ソ	9月より一連の実験		
10	29~31	日本北西	—	浮遊塵と雨の放射能からの推定			
1955	2	18	ネバダ	米	B 29 より投下	}	
	2	22	"	"	塔上 (100 m)		空中 地上 地下 (水爆の引き金としての) 実験
	3	1	"	"	"		
	3	7	"	"	" (150 m)		
	3	12	"	"	" (100 m)		
	3	22	"	"	" (150 m)		
	3	23	"	"	地下		
	3	29	"	"	塔上 (150 m)		
	3	29	"	"	空中 (1400 m)		
	4	6	"	"	"		
	4	9	"	"	塔上 (100 m)		
	4	15	"	"	"		
	5	5	"	"	30~35 kT		
	5	15	"	"	塔上 (150 m) 25 kT		
	5	17	アメリカ西南岸沖	"	水中 1~5 kT		
	8	4	ソビエト領土内	ソ	"		
	9	24	"	"	"		
10	15	オーストラリア	英	20 kT			
10	26	"	"	"			
11	10	ソビエト領土内	ソ	"			
11	22	バイカル湖	"	空中 MT級			
1956	1	23~2.7	シベリア	ソ	}	放射能からの推定	
	3	12~17	ソビエト領土内	"			
	3	21	中央アジア	"			
	4	2	"	"			
	5	5	エニウエトク	米			
	5	16	モンテ・ペロ島	英			
					10 kT	塔上 (水爆の引き金)	

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容
1956	5	21	エニウエトク	米	高空 (4500 m) 15 MT 以上
	5	28	"	"	
	6	19	モンテ・ペロ島	英	
	6	26	エニウエトク	米	
	7	3	"	"	
	7	9	"	"	地 上
	7	11	"	"	水 面
	7	21	"	"	"
	7	22	"	"	"
	8	24	南西シベリア	ソ	1 MT 以下
	8	30	"	"	高空 1 MT 程度
	9	2	"	"	高高度
	9	10	"	"	"
	9	27	オーストラリア マラリング	英	塔 上
	10	4	"	"	地 上
	10	11	"	"	空 中
	10	21	"	"	塔 上
11	17	南西シベリア	ソ	高空 小型	
1957	1	19	南西シベリア	ソ	
	3	8	"	"	
	4	3	"	"	
	4	6	"	"	
	4	10	"	"	
	4	12	"	"	4月16日に次ぐ大きさの爆発
	4	16	"	"	1956年8月以来最大爆発
	5	15	クリスマス島	英	高空 (3000 m) 2 MT 水爆
	5	28	ネバダ	米	塔上 10 kT
	5	31	クリスマス島	英	5 MT 水爆
	6	2	ネバダ	米	塔上 2~5 kT
	6	5	"	"	気球 (160 m) 1 kT
	—	—	"	"	
	6	19	クリスマス島	英	水 爆
	7	1	ネバダ	米	
	7	5	"	"	気球 (450 m) 60~80 kT
	7	15	"	"	10 kT
	7	19	"	"	高空 (5000 m)
	7	24	"	"	塔上 (150 m) 10 kT
	7	25	"	"	気球 (150 m) 20 kT
	8	7	"	"	気球 (500 m) 20 kT
	8	18	"	"	塔上 (150 m) 20 kT
	8	22	シベリア	ソ	
	8	23	ネバダ	米	
8	30	"	"	空中 (220 m)	
8	31	"	"	塔上 (220 m) 20 kT	
9	2	"	"	10 kT	
9	6	"	"	地上 (150 m) 10 kT	

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容
1957	9	8	ネバダ	米	
	9	8	シベリア	ソ	
	9	14	オーストラリア マラリング	英	kT 級原爆
	9	14	ネバダ	米	
	9	16	"	"	40 kT
	9	19	"	"	地下 (240 m) 1.7 kT
	9	24	北極圏	ソ	
	9	25	オーストラリア マラリング	英	塔 上
	9	—	ネバダ	米	
	9	28	"	"	気球 (450 m) 20 kT
	10	6	北極圏	ソ	水爆 (新型強力)
	10	7	ネバダ	米	気球 (150 m) 20 kT 以上
	10	9	オーストラリア マラリング	英	気球 上
	10	10	北極圏	ソ	小型爆発
	11	8	クリスマス島	英	水爆実験 (きれいな水爆?)
	12	28	シベリア	ソ	
1958	2	23	北極圏	ソ	MT 級
	2	27	ノバヤゼムリヤ	"	水爆ミサイル
	2	27	北極圏	"	
	2	28	"	"	水爆ミサイル
	3	4	ネバダ	米	
	3	14	北極圏	ソ	MT 級以下
	3	14	シベリア	"	
	3	15	"	"	
	3	20	"	"	
	3	21	北極圏	"	
	3	22	シベリア	"	
	3	25(?)	—	"	地下爆発
	4	28	クリスマス島	英	MT 級水爆
	4	28	エニウエトク	米	
	4	30	"	"	
	5	6	"	"	
	5	12	"	"	
	5	12	"	"	
	5	13	"	"	
	5	16	"	"	
	5	21	"	"	
	5	22	"	"	
	5	25	"	"	水 中
	5	26	"	"	
	5	27	"	"	水 中
	5	29	"	"	"
	5	30	"	"	
	5	31	"	"	
	6	3	"	"	
	6	9	"	"	

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容
1958	6	11	エニウエトク	米	
	6	15	ビキニ	"	
	6	15	エニウエトク	"	
	6	18	"	"	
	6	28	"	"	
	6	28	"	"	
	6	29	"	"	
	6	29	"	"	
	7	2	"	"	
	7	3	"	"	
	7	6	"	"	
	7	12	"	"	
	7	14	"	"	
	7	18	"	"	
	7	22	"	"	
	7	23	"	"	
	7	27	"	"	
	8	1	ジョンストン島	"	上空 (160 km)
	8	12	"	"	上空 (前回より高空)
	8	22	クリスマス島	英	気球上 1 kT
	9	2	クリスマス島附近	"	高 空 水爆
	9	11	クリスマス島	"	高 空
	9	19	ネバダ	米	気球上 (150 m) 数分の 1 kT
	9	23	クリスマス島	英	" 小型
	9	29	ネバダ	米	気球上 10 kT
	9	30]			
10	1]		北極圏またはシベリア	ソ	中程度またはそれ以上 (水爆?)
10	2]				
10	2]		北極圏北部	"	中程度
10	5		"	"	
10	8		ネバダ	米	蜂の巣状トンネル内(125 m)1 kT以下
10	10		北極圏北部	ソ	
10	10		ネバダ	米	(鉄) 塔上 (30 m) 1 kT 以下
10	12		北極圏北方	ソ	爆発力大
10	13		ネバダ	米	気球上 (450 m)
10	15		日本の北北西	ソ	高性能
10	15		ネバダ	米	(木) 塔上 (15 m) 1 kT 以下
10	15		"	"	地下トンネル内 (250 m) 2.5~5 kT
10	16		"	"	気球上 (152 m) 1 kT 以下
10	18		"	"	塔 上 (25 m) 1 kT 以下
10	19		北極圏シベリア北部	ソ	再開以来最大
10	19		北 極 圏	"	小規模
10	20		"	"	爆発力強
10	22		ネバダ	米	気球上 10 kT
10	22		"	"	
10	22		"	"	
10	22		北極圏シベリア北部	ソ	中位の水爆
10	24		北 極 圏	"	MT 級

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容
1958	10	25	北極圏	ソ	MT 級
	10	26	ネバダ	米	気球上 10kT
	10	26	"	"	" "
	10	28	"	"	地下
	10	29	"	"	1kT 原爆
	10	29	"	"	
	10	30	"	"	地下(800m) 20kT
	11		ソビエト南部	ソ	小型原爆(2回)
以後, 1961 年 4 月まで中止されている.					
1961	4	25	サハラ	仏	地上 3~4kT
	9	1	セミパラチンスク	ソ	大気圏内 1MT 以下
	9	4	"	"	" 低 kT
	9	5	"	"	" 低または中 kT
	9	6	スターリングラード東方	"	" 中 kT
	9	10	ノバヤゼムリヤ	"	" 数 MT
	9	10	"	"	" "
	9	12	"	"	" "
	9	13	セミパラチンスク	"	" 低または中 kT
	9	13	ノバヤゼムリヤ	"	" "
	9	14	"	"	" 数 MT
	9	15	ネバダ	米	地下 20kT 以下
	9	16	"	"	" "
	9	16	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 数 MT
	9	17	"	"	" "
	9	18	"	"	" 1MT 以上
	9	20	"	"	" "
	9	22	"	"	" 1MT 級
	10	2	"	"	" "
	10	4	"	"	" 数 MT
	10	8	"	"	" 1MT
	10	8	"	"	" 小規模
	10	10	ネバダ	米	地下 20kT 以下
	10	12	セミパラチンスク	ソ	大気圏内
	10	20	ノバヤゼムリヤ	"	" 数 MT
	10	23	"	"	" 30 MT
	10	23	"	"	水中 低威力
	10	23	ネバダ	米	地下 20kT
	10	25	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 1MT 以上
	10	27	"	"	" "
	10	30	"	"	" 55~60 MT
	10	31	"	"	" 1MT 以下
	11	2	"	"	" 20~55kT
	11	2	"	"	" 20~50kT
	11	4	"	"	" 数 MT
	12	3	ネバダ	米	地下 20kT 級
	12	17	"	"	" "
	12	22	"	"	" 20kT 以下

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容	
1962	1	9	ネバダ	米	地下	小規模
	1	18	"	"	"	"
	1	30	"	"	"	"
	2	2	セミパラチンスク	ソ	"	20 kT 以下
	2	8	ネバダ	米	"	小規模
	2	9	"	"	"	"
	2	15	"	"	"	"
	2	19	"	"	"	" (2回)
	2	23	"	"	"	小規模
	2	24	"	"	"	"
	3	1	"	英	"	"
	3	5	"	米	"	"
	3	6	"	"	"	低威力
	3	8	"	"	"	"
	3	15	"	"	"	"
	3	28	"	"	"	小規模
	3	31	"	"	"	低威力
	4	5	"	"	"	"
	4	6	"	"	"	"
	4	12	"	"	"	小規模
	4	14	"	"	"	低威力
	4	21	"	"	"	小規模
	4	25	クリスマス島	"	大気圏内	中規模 (20 kT~1 MT)
	4	27	"	"	"	"
	4	27	ネバダ	"	地下	小規模
	5	1	サハラ砂漠	仏	"	(米で探知された)
	5	2	クリスマス島	米	大気圏内	低 MT
	5	6	クリスマス島附近	"	"	ミサイル核弾頭発射実験
	5	7	—	"	地下	小規模
	5	8	クリスマス島	"	大気圏内	中規模
	5	9	"	"	"	"
	5	11	"	"	"	"
	5	11	東部太平洋	"	海中	低威力
	5	12	クリスマス島	"	大気圏内	中規模
	5	12	ネバダ	"	地下	爆発中級
	5	14	クリスマス島	"	大気圏内	中規模
	5	—	ネバダ	"	地下	低威力
	5	19	クリスマス島	"	大気圏内	中規模
	5	25	"	"	"	低威力
	5	25	ネバダ	"	地下	"
	5	27	クリスマス島	"	大気圏内	中規模
	6	1	ネバダ	"	地下	低威力
	6	6	"	"	"	"
	6	8	—	"	大気圏内	中規模
	6	9	—	"	"	"
	6	10	クリスマス島	"	"	低 MT 級
	6	12	"	"	"	中規模

核爆発年月日	場 所	実施した国	内 容
1962 6 13	ネバダ	米	地 下 低威力
6 15	クリスマス島	"	大気圏内 中規模
6 17	"	"	" "
6 19	"	"	" 小規模
6 21	ネバダ	"	地 下 "
6 22	クリスマス島	"	大気圏内 中規模
6 27	"	"	" 低 MT
6 27	ネバダ	"	地 下 中規模
6 28	"	"	" 低威力
6 30	クリスマス島	"	大気圏内 低 MT 級
6 30	ネバダ	"	地 下 小規模
7 6	"	"	" 水爆 (100 kT 以上)
7 7	"	"	大気圏内 小規模
7 8	ジョンストン島	"	超高空 (400 km, IRBM) 1.4 MT
7 10	—	"	大気圏内 中規模
7 11	クリスマス島	"	" 低 MT
7 11	ネバダ	"	地 下 小規模
7 13	"	"	" "
7 14	"	"	大気圏内 低威力
7 17	"	"	空 中 小型核兵器
7 27	"	"	地 下 小規模
8 5	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 MT 級 (30 MT?)
	米国 AEC によると数日前にシベリア中部で大気圏内小規模核実験 (複数) をおこなった兆候あり		
8 7	中央シベリア	ソ	大気圏内 低 kT
8 10	ノバヤゼムリヤ	"	" 3 MT 級
8 20	"	"	" 12 MT 程度
8 22	"	"	" 10 MT
8 24	ネバダ	米	地 下 小規模
8 25	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 数 MT
8 25	セミパラチンスク	"	" 低威力
8 27	ノバヤゼムリヤ	"	" 10 MT
9 2	"	"	" 中規模 (20 kT~1 MT)
9 8	"	"	" 8 MT
9 14	ネバダ	米	地 下 小規模
9 15	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 15 MT
9 16	"	"	" 数 MT 級
9 18	"	"	" 9 MT
9 19	"	"	" 28 MT
9 20	ネバダ	米	地 下 低威力
9 21	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 8~10 MT
9 25	"	"	" 30 MT
9 27	"	"	" 32 MT
9 29	ネバダ	米	地 下 低威力
10 2	ジョンストン島	"	高 空 20 kT~1 MT
10 5	ネバダ	"	地 下 低威力
10 6	ジョンストン島	"	大気圏内 20 kT 級

核爆発年月日			場 所	実施した国	内 容
1962	10	8	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 中規模
	10	12	ネバダ	米	地 下 低威力
	10	14	セミパラチンスク	ソ	20 kT 以下
	10	18	ジョンストン島	米	大気中 低 MT 級
	10	19	"	"	高空 (32~48 km) 小規模
	10	19	ネバダ	"	地 下 "
	10	22	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 26 MT
	10	22	中央アジア	"	高 空 数 100 kT
	10	26	ジョンストン島	米	高空 (32~48 km) MT 以下
	10	27	"	"	大気圏内 中規模
	10	27	ネバダ	"	地 下 小規模
	10	27	ノバヤゼムリヤ	ソ	大気圏内 中規模
	10	28	"	"	" "
	10	28	セミパラチンスク	"	低規模
	10	28	中央アジア	"	高 空 中規模
	10	30	ノバヤゼムリヤ	"	中規模
	10	30	ジョンストン島	米	大気圏内 数 MT
	11	1	"	"	高 空 MT 以下
	11	1	中央アジア	ソ	" 中規模
	11	1	ノバヤゼムリヤ	"	大気圏内 "
	11	3	"	"	" 4 MT
	11	3	ジョンストン島	米	高空 (32~48 km) 低規模
	11	4	セミパラチンスク	ソ	大気圏内 中規模
	11	17	"	"	小規模
	11	28	ネバダ	米	地 下 低威力
	12	7	"	英	" 小規模
	12	12	"	米	" " (2回)
	12	15	ノバヤゼムリヤ	ソ	1 MT 以下 (?)
	12	18	"	"	大気圏内 中規模 (2回)
	12	20	"	"	" 小規模
	12	22	"	"	" 中規模
	12	24	"	"	" 19, 8, 10 MT の3回
	12	25	"	"	" 11 MT
米国 AEC によると 23 日から 25 日にかけて数多くの大気圏内核実験を実施したと発表している					

この表は、科学朝日 (1958 年 10~12 月号)、原子力年鑑 (1963 年) および新聞記事などの記録をもとにして作成した。