

放医研 図書室



8 0 1 9 9 4 0 1 7

NIRS-R-28

放射能調査研究報告書

(平成5年度)



平成6年11月

放射線医学総合研究所

序

当研究所では、科学技術庁の放射能調査研究の一環として、昭和34年度より核爆発実験に伴う放射性降下物及び原子力施設等から放出される放射性物質による環境放射能レベル調査、並びにこれらの安全解析について調査研究を行ってまいりました。

現今では、原子力の平和利用の著しい発展に伴い、環境放射能についての国民の関心はとみに高まりつつあります。したがって、原子力利用の安全研究の重要性は社会の強い要請の下にあって、環境及び人への影響の基盤をなす放射能調査研究の重要性は、益々大きくなると考えられます。

このような状況の中で、平成5年度は、放射能調査研究費総額 124,005千円の予算を計上し「環境・食品・人体の放射能レベル及び線量調査」、「原子力施設周辺のレベル調査」、「放射能データセンター業務」、「放射能調査結果の評価に関する基礎調査」、「環境放射能モニタリング技術者の研修」及び「緊急被ばく測定・対策に関する調査研究」を実施しました。

ここに、これらの結果を報告するとともに、関係各位に対し、なお一層のご指導とご鞭撻をお願いする次第であります。

平成6年4月

放射線医学総合研究所長

平尾泰男

放射能調査研究報告書

(平成5年度)

目次

I. 環境・食品・人体の放射能レベル及び線量調査	
1. 大気浮遊塵中の放射性核種濃度	3
2. 環境中の ^{14}C の濃度調査	7
3. 外洋の解析調査	10
4. 日本海の放射能調査	15
5. 人体の放射性核種濃度及び線量の解析調査	19
6. 環境中の空間ガンマ線線量調査	23
7. 自然放射線の擬似実効エネルギー調査	28
8. 陸上試料の調査研究	37
9. 屋内・外のラドン等による被ばく線量調査	41
II. 原子力施設周辺のレベル調査	
1. 沿岸海域の解析調査	53
2. 環境中のトリチウムの測定調査	60
3. 人体臓器中の $^{239}\cdot^{240}\text{Pu}$ 濃度	66
4. 原子力施設周辺住民の放射性 及び安定元素摂取量に関する調査研究	70
III. 放射能データセンター業務	77
IV. 放射能調査結果の評価に関する基礎研究	81
V. 環境放射線モニタリング技術の研修	87
VI. 緊急被ばく測定・対策に関する調査研究等	
概要	95
1. 緊急時被ばく線量評価法に関する研究	96
2. 放射能迅速評価システム	122
3. 緊急被ばく医療体制の整備に関する調査研究	128
4. 緊急被ばく救護訓練課程	130
5. 緊急モニタリング体制	133
6. 緊急医療体制	138

I . 環境・食品・人体の放射能

レベル及び線量調査

1. 大気浮遊塵中の放射性核種濃度

本郷昭三、湯川雅枝、田中千枝子、佐藤愛子
(環境衛生研究部)

1. 目的

核爆発実験や原子力平和利用により、大気中に放出された放射性核種による環境レベルを把握し、国民の被曝線量評価に資することを目的として大気浮遊塵中の放射性核種の濃度を調査する。

2. 方法

(1) 試料採取

千葉市穴川にある放医研構内の地上1～1.5mの外気浮遊塵を採取した。ハイボリュウムエアサンプラーにより捕集効率が0.955以上のグラスファイバー濾紙(20.3cm×25.4cm)に連続集塵するが、流量はマイクロコンピュータによって一定量を保つように制御されている。濾紙の目づまりは約2か月程度の集塵ではおこらなかったが、目づまりを生じて流量が下がった場合でも、積算流量は正しく表示されるように設計されている。

(2) 分析測定

浮遊塵を捕集したグラスファイバー濾紙は、所定の大きさに折りたたんで、Ge(Li)検出器によるガンマスペクトロメトリを行った。ガンマ線放出核種定量後、NaOHとHClによりストロンチウムを抽出し、発煙硝酸法で精製した。ストロンチウム-90はマイクロコンピュータによる自動解析装置付きの低バックグラウンドベータ線スペクトロメータにより定量を行った。

3. 結果

昨年に引き続き、浮遊塵試料の採取及び分析を継続中であるが、今回は1992年5月1日から1993年4月15日までの採取試料についての結果を報告する。表-1にセシウム-137の定量値を示した。また、表-2に1986年から1988年に採取された浮遊塵についてのストロンチウム-90の分析結果について示した。

4. 過去の調査研究経過

放射性核種の分析測定を昭和40年10月より実施してきた。昭和56年3月までは電気式連続集塵器を用いて試料採取を行ったが、同年4月からは本研究所で開発試作した集塵器による採取を継続している。また、1993年4月6日にロシアのトムスクでおきた核兵器工場事故の際には、緊急時としてのモニタリング体制をとったが、浮遊塵への影響はみられなかった。

5. 今後の調査研究計画

大気浮遊塵中の放射性核種濃度変動を経時的に観測する上でさらに詳細なデータを得るために、放射能の自動モニタリング装置の開発を行い試運転を開始した。今後、浮遊塵の放射能の通常値からの変動を認めた時点で、その浮遊塵サンプルに関して詳細な分析測定を行うなど異常時対応研究のために、放射能レベルの非常に低い浮遊塵に関する分析方法の再検討を行う。

6. 平成5年度の研究発表

- (1) 本郷昭三、湯川雅枝、田中千枝子、佐藤愛子：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集。21-22, 1993.

表-1 大気浮遊塵中のセシウム-137濃度

大気浮遊塵 採取期間	通風量 m ³ (×10 ³)	放射性核種濃度 (×10 ⁻⁶ Bq/m ³)
		¹³⁷ Cs
1992 5/ 1～ 5/29	31.1	1.5
5/29～ 6/29	34.0	1.4
6/29～ 7/31	31.5	—
7/31～ 8/27	21.0	5.7
8/27～ 9/25	21.1	—
9/25～ 10/25	25.9	2.3
10/25～ 11/27	19.7	—
11/27～ 12/25	20.2	—
12/25～ 1993 1/29	28.2	2.0
1/29～ 2/26	27.6	—
2/26～ 3/26	24.8	2.4
3/26～ 4/ 9	16.0	5.4
4/ 9～ 4/15	15.8	4.1

— 検出限界以下

表-2 大気浮遊塵中のストロンチウム-90濃度

大気浮遊塵 採取期間	通風量 m ³ (×10 ³)	放射性核種濃度 (×10 ⁻⁶ Bq/m ³)
		⁹⁰ Sr
1986 5/14～ 5/16	2.64	—
5/16～ 5/26	13.6	—
12/12～ 1987 1/23	18.1	0.902
1987 3/19～ 4/ 2	11.6	—
4/30～ 5/14	11.9	—
5/14～ 5/24	10.2	—
6/ 8～ 6/11	8.92	—
6/11～ 6/25	9.24	—
6/25～ 7/ 9	8.18	—
7/ 9～ 7/23	7.43	—
1988 1/14～ 2/12	14.0	—

— 検出限界以下

2. 環境中の ^{14}C の濃度調査

井上義和、鈴木登美子（環境衛生研究部）

1. 目的

核燃料サイクルに関連して環境に放出される ^{14}C は、その半減期（5730年）の長さで放出量が相対的に多い故に集団線量預託への寄与は大きい。施設から放出される ^{14}C の影響を実測により評価するためには、施設からの影響の無い一般環境および施設運用開始前後の施設周辺環境における ^{14}C レベルの長期間の時間推移と変動および地域分布などに関するデータが不可欠である。このため1960年代初頭より現在に至るまで、一般環境で採取した主に植物精油と発酵アルコールを測定試料として ^{14}C 濃度（比放射能、 dpm/gC ）を測定してきた。植物では、ある年に生育した部分の炭素中の ^{14}C 濃度は、その年の大気中の二酸化炭素中の ^{14}C 濃度を良く反映すると考えられるので、測定値は、飲食物の摂取を通じて人体に摂取される ^{14}C 濃度を推定し、線量評価を行う際の有用なデータとして使用出来ると考えられる。

2. 方法

今年度測定した試料は、1993年に日本で収穫されたブドウを原料として発酵醸造されたワインである。蒸留精製し、約96-99%のアルコールを調製した。比重を測定して正確なアルコール濃度を決定後、その10mlをトルエンシンチレータ10mlと混合し、液体シンチレーションカウンター Packard社製 TRICARB 2250CAで測定した。バックグラウンド（B. G）計測試料は、同量の合成アルコールを用いて調製した。この測定法では、1試料に導入できる炭素量は約4gであり、測定効率約62%、B. G計数率は、約5.4cpmであった。

3. 結果

測定結果を表に示す。比放射能で表した日本の各地の ^{14}C 濃度は、 $15.0 \pm 0.1 \text{ dpm/gC} \sim 15.7 \pm 0.1 \text{ dpm/gC}$ の範囲であった。平均値は、 $15.3 \pm 0.2 \text{ dpm/gC}$ であった。測定誤差を考慮すると、原料のぶどうの生産地を対象とする限り、 ^{14}C 濃度の地域差は認められず、日本の ^{14}C 濃度は工業地帯を除いてほぼ均一に分布していると考えられる。

1980年から1989年までの10年間の ^{14}C の比放射能は、年減少率約

0. 20 d p m / g C で低下してきた。その後、1989年から1991年の最近3年間は、15.6 d p m / g C 前後の一定レベルで推移していたが、1993年には、僅かに下降傾向を示した。

表

日本の1993年産ワインの¹⁴Cの比放射能

試料 #	ブドウの産地 と銘柄 (記号)	¹⁴ C 比放射能 (d p m / g C)	± 1 S D
1	北海道余市 a	15.34	± 0.14
2	北海道余市 b	15.01	± 0.13
3	北海道浦臼	15.31	± 0.14
4	山形県	15.09	± 0.14
5	山梨県 a	15.21	± 0.14
6	山梨県 b	15.20	± 0.14
7	山梨県 c	15.37	± 0.14
8	山梨県 d	15.54	± 0.14
9	千葉県鎌谷*	15.75	± 0.14

	平均値	15.31	± 0.21

*原料は、梨。

4. 過去の調査研究経過・経緯

本調査研究により今までに蓄積された¹⁴C濃度の時系列から以下のことが分かった。1940年代の試料から日本の自然生成レベルが、約13.7 d p m / g Cであったが、大気圏核実験の開始に伴い、その影響が1950年代以降の試料に認められ、¹⁴C濃度は急激に増大し始め、1963年には最大値約25 d p m / g Cに達した。その後、1980年代まで、濃度は波状的に急速に低下したが、この間特に1970年前後の日本の濃度は、北半球大気対流圏の予測濃度より最大十数%の低下を示した。これは、日本の急速な工業化に伴う化石燃料の大量消費の結果、大気中の炭酸ガス濃度が急激に増加し、比放射能が低

下したと推定される（Suess効果）。1980～1990年の間、 ^{14}C 濃度はゆるやかな減少傾向を示した。また、対流圏予測濃度と良い一致を示した。

5. 今後の調査研究計画・方針

大気圏核実験起源の ^{14}C 濃度が、波状的に減少する傾向は過去にもあった。最近数年間も同様の現象が認められたが、このような現象の解明のため本測定調査を継続し、データを蓄積するとともに、植生や海洋が果たしている炭酸ガスのリザーバーとしての容量の変化と化石燃料の消費に基づく ^{14}C を含まない炭酸ガスの大気中濃度の増加による希釈効果の両者の影響について解析する予定である。この解析結果は、近年問題となっている地球温暖化の原因解明に役立つであろう。一方、放射性廃棄物の土中埋設処分や核燃料サイクル施設の運転に伴う ^{14}C が環境に放出され、局地的に環境濃度を上昇させる可能性があるので、今後は、施設周辺の環境試料を定期的に採取し、その ^{14}C 濃度を測定し、経年変化に関するデータを集積する予定である。

6. 平成5年度の研究発表

- (1) 井上、岩倉：環境中の ^{14}C 濃度調査、第35回環境放射能調査研究成果論文集、23-24、科学技術庁、平成5年12月。
- (2) 井上、岩倉：環境中の ^{14}C 濃度調査、放射能調査研究報告書、55-64、放射線医学総合研究所、平成5年11月。
- (3) Inoue, Y. and Iwakura, T.: The long-term trend of carbon-14 level in Japan, 332-335, Proc. Asia Congr. Radiation Protection, Beijing, China, Oct., 1993.

3. 外洋の解析調査

山田正俊、長屋 裕、青野辰雄、中村 清
(海洋放射生態学研究所)

1. 目的

外洋の海水・懸濁粒子・海底堆積物の放射性核種濃度を明らかにするとともに、その経年変化と水平及び鉛直方向の分布の様相から、海洋におけるこれら核種の挙動の解明に資するデータを得ることを目的としている。今年度は相模湾の海水及び海底堆積物について ^{137}Cs 、 $^{239, 240}\text{Pu}$ を分析した。

2. 方法

海水試料は東京大学海洋研究所「淡青丸」KT-92-4次航海に際し、Stn. 3(34° 57.3' N 139° 24.6' E, 水深1501m)において大量採水器を用いて採取した。採水量は1層 240リットル程度である。海底堆積物試料は同じく「淡青丸」KT-91-3次航海に際し、Stn. 6(34° 55.6' N 139° 24.8' E, 水深1474m)と Stn. 7(35° 15.2' N 139° 21.1' E, 水深717m)においてボックスコーラーを用いて採取した。分析は陰イオン交換法、AMP法等を用い、分離・精製し、測定用試料とした。

3. 結果 (当該年度の結果)

図-1に海水中の $^{239, 240}\text{Pu}$ 、 ^{137}Cs の鉛直分布を、図-2及び図-3にStn. 6及びStn. 7における堆積物中の鉛直分布を示す。

海水中の $^{239, 240}\text{Pu}$ は表層で1.3mBq/100Lであり、中層で3.9mBq/100Lと極大となり、底層で1.9mBq/100Lとなる鉛直分布を示した。またStn. 6の堆積物ではPuとCsとも表層で高く、深さとともに8cmまで減少するという分布であった。一方Stn. 7は深さ20cmくらいまでほぼ一定であり、その後減少するという鉛直分布であった。堆積物中での全存在量はStn. 6に較べPuで4.7倍、Csで4.9倍Stn. 7の方が大きかった。Pu/Cs比はStn. 6で0.75, Stn. 7で0.73であり、他の海域と比較して大きく、Puの顕著な堆積が認められる。

4. 過去の調査研究経過・経緯

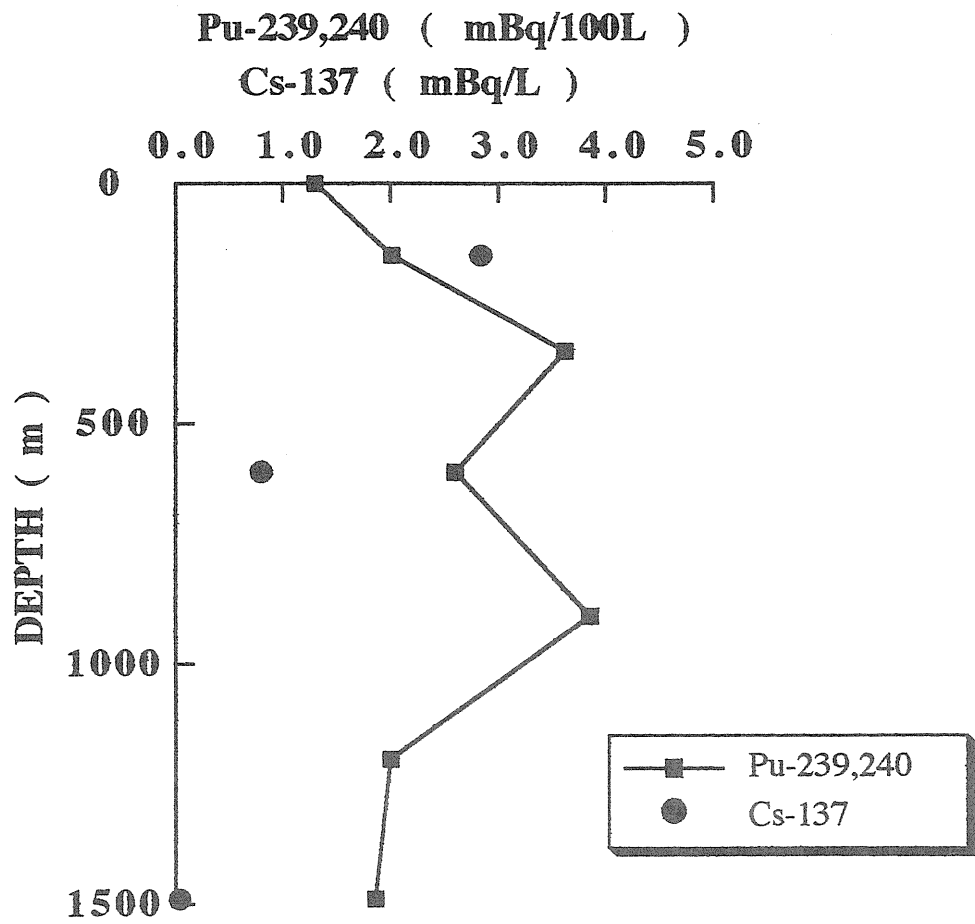
これまで日本周辺海域や北太平洋等でサンプリングの機会を得て、海水や海底堆積物中の放射性核種濃度を測定し、データの蓄積を図ってきた。

5. 今後の調査研究計画

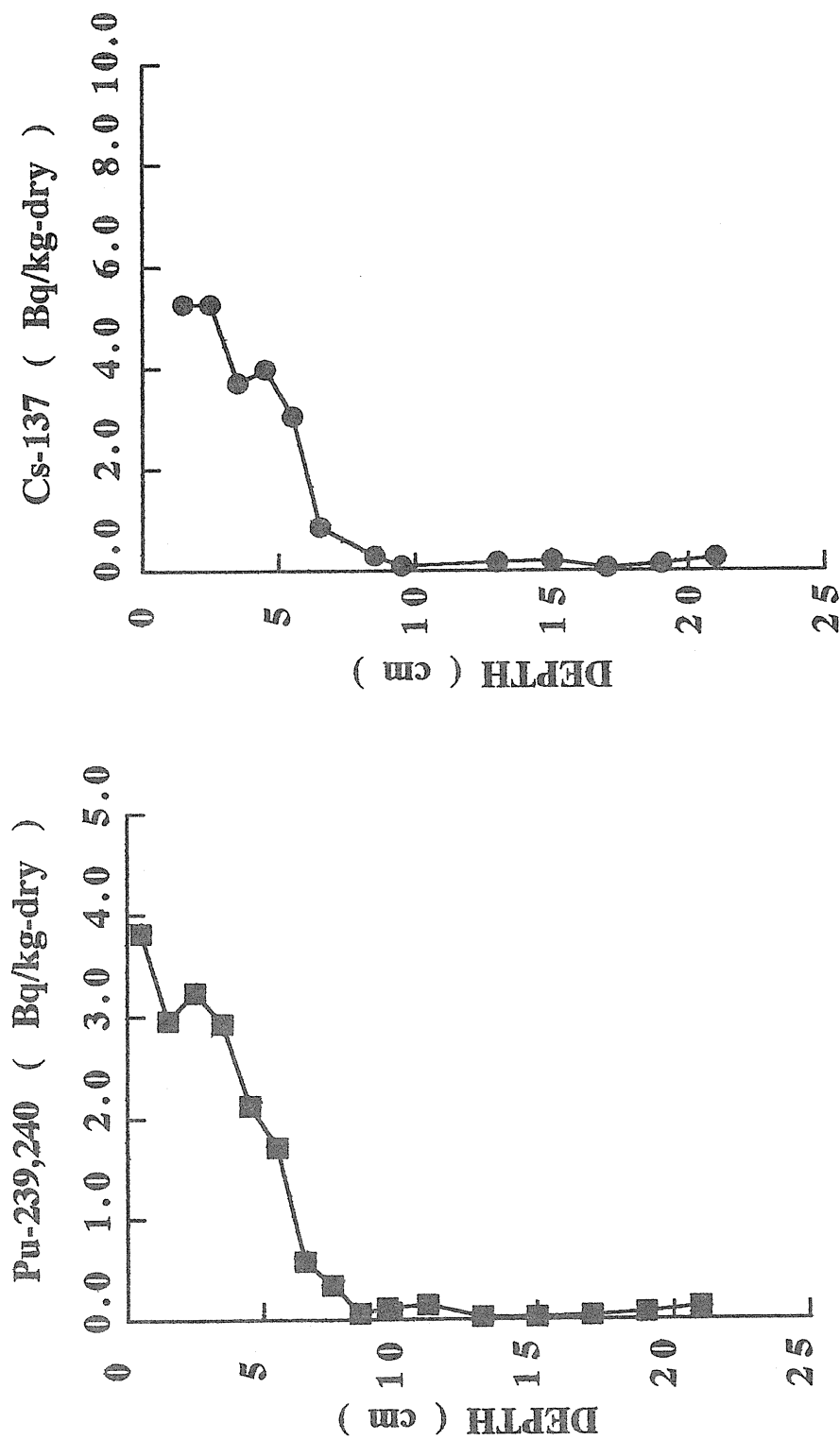
次年度も引き続き、外洋において海洋試料を採取し、放射性核種濃度を測定して、海洋における挙動の解明のための基礎データの蓄積及び経年変化等を把握する。

6. 平成5年度の研究発表

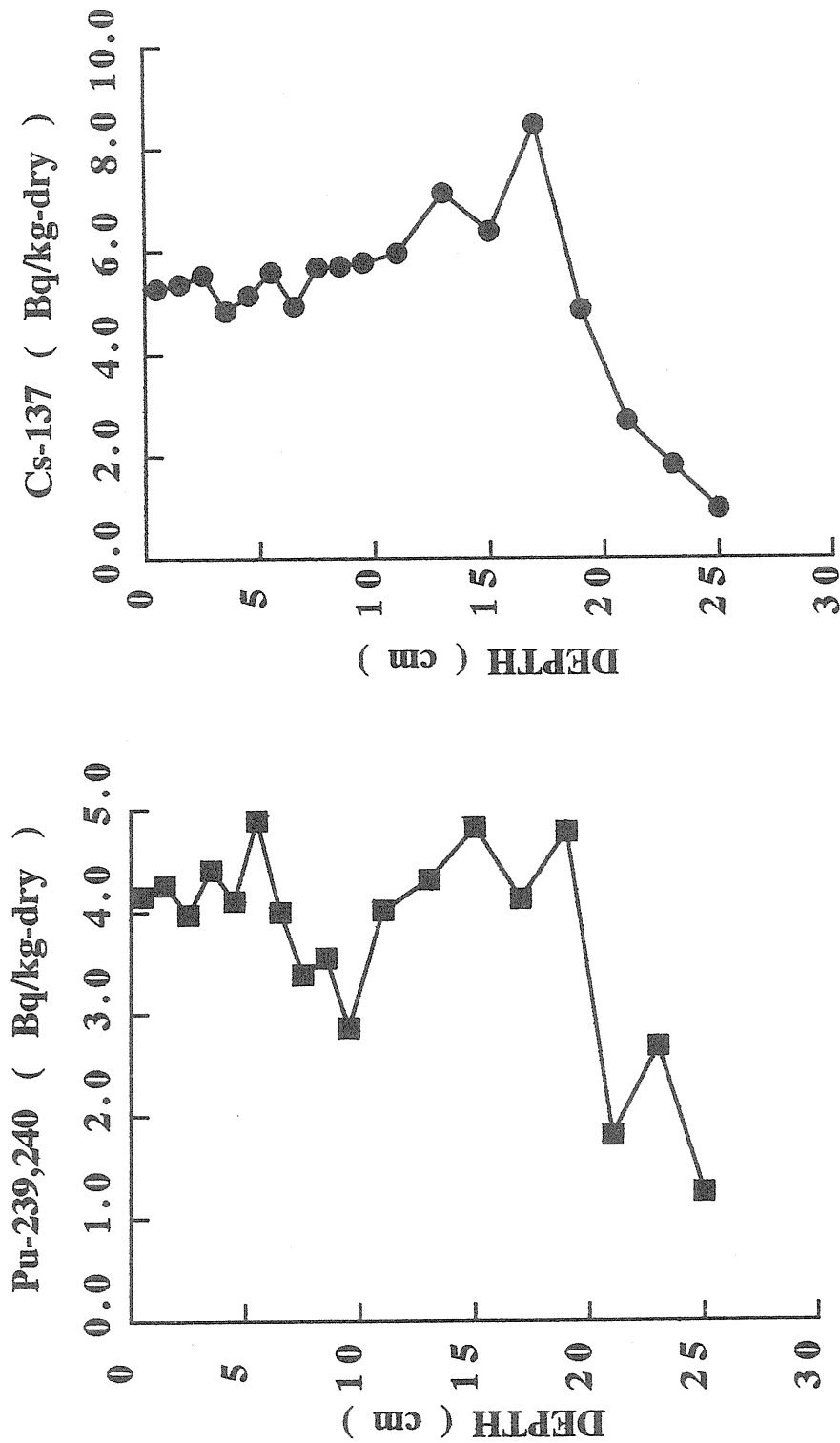
- (1) 山田、長屋、青野、中村（清）：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集、65-66, 1993.



図一1 相模湾海水中的の²³⁹⁺²⁴⁰Puと¹³⁷Csの鉛直分布



图—2 相模湾 Stn.6 の堆積物中の²³⁹⁺²⁴⁰Puと¹³⁷Csの鉛直分布



図—3 相模湾 Stn.7 の堆積物中の²³⁹⁺²⁴⁰Puと¹³⁷Csの鉛直分布

4. 日本海の放射能調査

平野茂樹、山田正俊、青野辰雄、中村 清
(海洋放射生態学研究部)

1. 目的

ロシア政府の報告によると旧ソ連時代の1959-91年に北極海や極東海域などで放射性物質の投棄が日常化されており、日本海を含む極東海域には685兆ベクレルが投棄されたと見積もられている。日本沿岸におけるこの放射性廃棄物の動向を知るために日本海の海水および沿岸各地の海産生物の放射能を測定した。

2. 試料の採取および分析方法

日本海の中央部の2点において海水を表層から海底近くまで12層、200~250L採取し ^{137}Cs 、 $^{239, 240}\text{Pu}$ を測定した。また日本海沿岸の3地点、島根県、新潟県および青森県において各種魚介藻類を採取、或いは購入して ^{99}Tc 、 ^{137}Cs 、 $^{239, 240}\text{Pu}$ を測定した。試料は各部位に分け、乾燥し、450℃で灰化後硝酸で溶解した。陰イオン交換法、AMP法、溶媒抽出法等により ^{99}Tc 、 ^{137}Cs および $^{239, 240}\text{Pu}$ を分析測定した。

3. 結果

表1、2に日本海中部の2点における ^{137}Cs および $^{239, 240}\text{Pu}$ 濃度を示す。 ^{137}Cs は0.3~4mBq/L、 $^{239, 240}\text{Pu}$ は0.7~4mBq/100Lの範囲にあり、太平洋岸の値と比較しても特に異常な値は認められない。

表3、4、5に日本海沿岸の3地点で採取した魚介藻類の測定結果を示す。 ^{137}Cs および $^{239, 240}\text{Pu}$ 濃度も特に異常と思われる値は認められなかった。また今回新たに海藻中の ^{99}Tc の測定を行ったが、これらも太平洋岸と比較して異常な値は認められなかった。

4. 調査研究経過・経緯

旧ソ連による放射性廃棄物の影響と見られる異常値は今回の調査では認められなかったが、ロシア政府は液状の放射性廃棄物は今後も投棄する予定であると発表している点に鑑みて、また既に投棄された廃棄物もまだ容器に留まって

いる事も考えられるので次年度も引き続き調査を行う。

5. 今後の調査研究計画・方針

平成5年度は臨時のテーマとして旧ソ連の放射性物質の日本海投棄事件に対処したが、平成6年度以降は「外洋の解析調査」を拡大し、新たに「日本周辺海域の放射能の解析調査」なるテーマを起こし、旧ソ連およびロシアによる放射能の海洋投棄の放射能調査を行う。

6. 研究発表

平野茂樹、山田正俊、青野辰雄、中村 清：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集、平成5年12月

表1. 日本海の放射能濃度

38° 18' N, 135° 29' E, 水深2937m

Depth(m)	$^{239+240}\text{Pu}$ (mBq/100ℓ)	^{137}Cs (mBq/ℓ)
11	0.73 ± 0.03	—
101	0.81 ± 0.03	—
201	2.31 ± 0.06	0.62 ± 0.02
302	3.41 ± 0.08	—
503	3.86 ± 0.10	3.95 ± 0.34
753	3.57 ± 0.08	1.03 ± 2.02
1001	3.52 ± 0.07	—
1400	3.19 ± 0.10	0.27 ± 0.03
1703	3.65 ± 0.59	—
2201	2.71 ± 0.14	—
2503	2.94 ± 0.38	—
2914	2.89 ± 0.38	—

- — 印はデータなし
- 誤差は計数誤差のみ

表2. 日本海の放射能濃度

38° 41' N, 132° 48' E, 水深2825 m

Depth(m)	$^{239+240}\text{Pu}$ (mBq/100ℓ)	^{137}Cs (mBq/ℓ)
9	1.02 ± 0.14	—
101	1.65 ± 0.14	3.09 ± 0.07
199	2.42 ± 0.22	—
300	2.96 ± 0.19	—
499	3.64 ± 0.11	2.18 ± 0.05
753	3.72 ± 0.12	1.99 ± 0.06
1002	3.72 ± 0.10	—
1400	3.53 ± 0.15	1.00 ± 0.04
1699	3.02 ± 0.10	—
2203	2.53 ± 0.11	—
2502	2.64 ± 0.09	—
2798	2.58 ± 0.09	—

- — 印はデータなし
- 誤差は計数誤差のみ

表3. 島根県浜田の魚介藻類の放射能濃度

試料名		$^{239+240}\text{Pu}$	^{137}Cs	^{99}Tc
ハタハタ	筋肉	N. D.	0.10 ± 0.009	—
	内臓	0.0071 ± 0.00057	0.12 ± 0.010	—
	骨	N. D.	—	—
アジ	筋肉	N. D.	0.27 ± 0.016	—
	内臓	0.0010 ± 0.00020	0.22 ± 0.020	—
	骨	N. D.	—	—
イカ	筋肉	N. D.	0.065 ± 0.087	—
	内臓	0.0026 ± 0.00044	0.051 ± 0.0085	—
ウミトラノオ		0.023 ± 0.0012	0.11 ± 0.027	0.0165 ± 0.0055
ヒジキ		0.015 ± 0.0011	0.057 ± 0.011	—

表4. 新潟県佐渡の魚介藻類の放射能濃度

試料名		$^{239+240}\text{Pu}$	^{137}Cs	^{99}Tc
飛魚	筋肉	N. D.	0.16 ± 0.015	—
	内臓	N. D.	0.15 ± 0.012	—
	骨	N. D.	—	—
さざえ	筋肉	0.12 ± 0.004	0.034 ± 0.010	—
	内臓	0.083 ± 0.0031	0.038 ± 0.010	—
	貝殻	N. D.	—	—
イカ	筋肉	N. D.	0.054 ± 0.010	—
	内臓	0.0030 ± 0.00034	0.041 ± 0.012	—
ホンダワラ		0.0080 ± 0.00065	0.024 ± 0.0064	—
ツルアラメ		0.0051 ± 0.00059	0.067 ± 0.017	—
ウミトラノオ		—	—	0.0257 ± 0.00865

表5. 青森県鮭ヶ沢の魚介藻類の放射能濃度

試料名		$^{239+240}\text{Pu}$	^{137}Cs	^{99}Tc
アイナメ	筋肉	N. D.	0.32 ± 0.018	—
	内臓	0.0015 ± 0.00018	0.12 ± 0.011	—
	骨	N. D.	—	—
ひらめ	筋肉	N. D.	0.21 ± 0.011	—
	内臓	N. D.	0.11 ± 0.011	—
	骨	N. D.	—	—
イカ	筋肉	N. D.	0.030 ± 0.0090	—
	内臓	0.0016 ± 0.00026	0.046 ± 0.0086	—
ハハキモク		0.023 ± 0.0014	0.12 ± 0.023	—
アカモク		0.015 ± 0.00097	0.076 ± 0.018	—
ウミトラノオ		—	—	0.0362 ± 0.0053

・単位は Bq/kg・生

5. 人体の放射性核種濃度及び線量の解析調査

河村日佐男、白石久二雄
(環境放射生態学研究部)

1. 目的

環境に放出された放射能とくにフォールアウトに由来する人体の放射性核種の濃度の測定を行い、体内の濃度に影響する因子について解析し、被曝線量の推定を行うことを目的とする。併せて緊急時における一般人の体内放射能と線量の動向の検討にも資する。

2. 方法

本年度は主として平成3年及び4年の死亡例の一部につき報告する。骨試料は、東京及び北海道地区から国立病院、国公立研究機関など協力を得て収集し、常法に従って ^{90}Sr 放射能等の分析測定を行った。年度途中で低バックグラウンド・ベータカウンタの更新を行い、新機種は、テネレックス/オックスフォード製LB4100型(12検出器)とし、多試料の同時測定と緊急時への対応に配慮した。

3. 結果および考察

得られた ^{90}Sr 濃度の分析結果を表1に示す。平成4年(1992年)死亡者の平均骨中 ^{90}Sr 濃度は、0~4才群、5~19才群および成人群において、それぞれ 37 ± 2 、 17 ± 8.4 および $14 \pm 3.2 \text{mBq } ^{90}\text{Sr/g Ca}$ であった。平成5年(1993年)死亡例については未測定であり、次回にまとめて報告したい。骨中 ^{90}Sr 濃度の減少は極く緩慢であり、近年の年齢群間の骨中濃度の比較では、0~4才群を除き、5~19才群と成人群の年齢による差異は小さくなっている。

骨線量については、UNSCEARの線量係数を日本人に適用して、骨中の ^{90}Sr およびその娘核種 ^{90}Y から赤色骨髄及び骨表面細胞の受ける吸収線量を推定した。1992年においては赤色骨髄および骨表面に対してそれぞれ約6および $14 \mu\text{Gya}^{-1}$ であった(表2)。

また、フォールアウト核種による骨線量と自然放射性核種による線量との比較を行うことは興味ある課題である。そのため、骨中の ^{226}Ra 自身の(娘核種

の寄与を含まない)、アルファ線による赤色骨髄および骨表面の吸収線量を求めたところ、それぞれ3.9および53 $\mu\text{Gy a}^{-1}$ と推定された(表3)。

4. 過去の調査研究経過

本調査研究は、フォールアウトによる人体影響の解明の一環として、ベータ線による白血病、骨腫瘍の誘発などの観点から開始・継続されているものである。すなわち、日本人の骨中に含まれる ^{90}Sr 濃度のレベルにつき、その年次別、年齢別、地域別の解析を中心とし、骨線量の推定を加え、緊急時における甲状腺の ^{131}I による線量等についても検討を行ってきた。

その中で、日本人の骨中 ^{90}Sr 濃度レベルの世界各国における位置づけ、食餌から骨へのSrの移行係数の欧米人データとの比較、 ^{90}Sr 骨内の分布状態の年次変化、骨の部位別の代謝速度との関連などについて原子スペクトル分析を併用して明かにしてきた。

線量算定法については、ICRP法を用いて、標準日本人の骨組織重量等のパラメータを、骨表面および赤色骨髄にたいする年線量を検討した。現在、同様の方法論を用いて、骨中の自然放射性核種にとくにアルファ核種の線量をも検討に加えてある。

チェルノブイリ事故など、緊急時被曝の可能性のある時は、その都度、甲状腺、尿、牛乳、飲料水などの分析測定を行い、被曝線量の推定につき検討を行ってきた。

近年日本においては、骨中の ^{90}Sr の放射能レベルそれ自体は、直接、放射線リスクを考慮するようなレベルではないが、環境に放出された人工放射能の現時点での人体におけるバックグラウンド(またはベースライン)の正確な把握および人体への移行・線量算定モデルの検証・確立に欠くことができないとの観点から、調査・研究を行っている。

なお、本調査研究は、国公立の病院・試験研究機関の研究者を始めとする関係者の継続的な協力のもとに実施していることを付記する。

5. 今後の予定等

人骨中の ^{90}Sr は、環境中に放出された放射性核種からの体内被曝線量推定上の指標核種として重要であるとともに、超ウラン元素の環境から人体への移行機作の解明のための参照核種としても重要性を持っている。

従って、移行・線量算定モデルの確立および集団線量の観点から調査研究をすすめるとともにアルファ核種をも併せて考慮していきたい。

6. 研究発表

- (1) 河村、白石：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集（平成4年度），
104-105, 1993.

表 1 年齢別人骨中の⁹⁰Sr濃度

死亡年	mBq ⁹⁰ Sr/gCa		
	0~4yr	5~19yr	20yr~
分析数*	2(9)	11	40
1992 平均値	37	17	14
標準偏差	2	8.4	3.2
最小値	35	6.3	7.8
最大値	38	31	22

*)合併後の試料数に相当する。括弧内は合併前の試料数

表 2 骨組織における⁹⁰Srからの年吸収線量 (成人)

死亡年	吸収線量 ($\mu\text{Gy a}^{-1}$)	
	赤色骨髄	骨表面
1990	7 \pm 2	15 \pm 4
1991	7 \pm 2	15 \pm 4
1992	6 \pm 1	14 \pm 3

表 3 成人の骨中²²⁶Raおよび娘核種からのアルファ線による年線量当量 ($\mu\text{Sv a}^{-1}$)

²²⁶ Ra		²²⁶ Raおよび娘核種	
赤色骨髄	骨表面	赤色骨髄	骨表面
3.9	53	10	145

6. 環境中の空間ガンマ線線量調査

藤高和信、古川雅英、松本雅紀

(環境衛生研究部)

岡野眞治 (特別研究員)

1. 目的

自然条件の変化によって環境放射線レベルがどれだけ変動するかを明らかにすることを目的としている。平成4年度より火山噴火がバックグラウンド放射線レベルに与える影響を調査しているが、平成5年度も引き続き火山影響を取り上げて桜島と伊豆大島(三原山)の空間放射線調査を行なった。また日本の地殻ガンマ線分布の規定要因の一つである中央構造線に沿う地域を集中的に測定してバックグラウンド・レベル分布図を精密化する作業の一部として、今年度は三重県と奈良県の一部で測定を行った。また広島県の未測定地を測定してデータを補充し、さらに岐阜県(富山県の一部を含む)で車走行サーベイによる空間ガンマ線共同測定に参加して、計測手法を比較検討した。従来は電離箱を用いる全線量値算定を基本としたが、ここではスペクトロメトリ法を介して宇宙線寄与とガンマ線寄与を分離する方法をとっている。

2. 方法

桜島では昨年度の雲仙普賢岳調査同様1"φx2"NaI(Tl)スペクトロサーベイメータ(μSv/h表示)とポータブルの3"φx3"NaI(Tl)スペクトロメータ(上限7.2 MeV、240チャンネル)を用いて核種寄与スペクトルを入手した。伊豆大島では球型3"φ NaI(Tl)スペクトロメータ(3MeV以上を開放)も併せて用いた。また両方の火山の測定地点から土壌・火山灰試料を採取して元素・核種分析に備えた。三重県、奈良県、広島県では1"φx2"NaI(Tl)スペクトロサーベイメータのみを用い、岐阜県の車走行サーベイでは上記1"φx2"NaI(Tl)スペクトロサーベイメータ、3"φx3"NaI(Tl)スペクトロメータに加えて半導体式ポケット線量計および1"φx1"NaI(Tl)サーベイメータも併せて用いた。

3. 結果

桜島の測定では3"φx3"NaI(Tl)スペクトロメータが不調だったが、4地点でスペクトル測定を行い、また1"φx2"NaI(Tl)スペクトロサーベイメータによる線量率測定を行った。伊豆大島では8地点(各地点内5ヶ所でスペクトロサー

ベイメータによる測定)で測定を行い、同各地点内1ヶ所で球型スペクトロメータの測定と土壌試料採取を行った。表1に桜島および伊豆大島における結果の例を示す。

三重県では名張市(4地点)、上野市(4地点)、亀山市(4地点)、奈良県では桜井市(5地点)、大和高田市(4地点)、広島県では安芸郡江田島町(4地点)、佐伯郡大柿町(4地点)、呉市(4地点)で各1ヶ所ずつ測定し、さらに広島市では1地点内の32ヶ所でデータを得た。

岐阜県では3日間車走行サーベイを行い、3分間測定を繰り返して34市町村を通過した。このサーベイには岐阜医療技術短期大学、名古屋工業技術研究所の共同研究者と同乗し、球型3"φNaI(Tl)スペクトロメータによる1分毎のデータ、および1"φx2"NaI(Tl)スペクトロサーベイメータによる1分毎のデータを得た。前者では3MeV以上を宇宙線寄与とみなし、3MeV以下をガンマ線寄与とみなして全体を評価している。後者ではサーベイメータ計測値はガンマ線成分とみなし、宇宙線寄与は別途に気圧計データから計算で求め、合算して全体を評価している。図1に各計器の時系列データの例を示すが、計測機器による系統的な差異が認められる。この差異の原因は機器性能、評価手法、線量換算係数などの諸要因が影響しているらしいことが後の解析によって推定された。この岐阜県で得た分布図等は差異の原因をさらに検討して明らかにした後に発表する予定である。

4. 過去の調査研究の経過・経緯

火山が環境中のバックグラウンド放射線レベルに与える影響の大きさは、マグマや火山灰といった噴出物に含まれる放射性核種の濃度に依存する。雲仙地域のバックグラウンド放射線レベルの調査は昭和68年に一度実施している。近年に限れば、今回の調査まで大規模な噴火は無かったため、噴火影響を調べるには最適なケースであった。環境放射線の見地から火山噴火を調べた例は他に見あたらず、当研究で得られる情報は貴重である。

5. 今後の調査研究の計画・方針

火山が環境放射線に及ぼす影響を定量的に明らかにするには同一火山地域の時系列変動を調べるだけでなく、同一カテゴリーに属する火山群をグループとして比較するのが有効である。そのため、さらに多くの火山を調査する必要がある。そのため今後、普賢岳・桜島と類似する浅間山や有珠山と、三原山と類

似する三宅島等についても同様の測定調査を行う計画である。また岐阜県の車走行サーベイの結果の解釈は機器チェックの結果に依存するため、再校正実験を予定している。

6. 研究発表

- (1) 藤高、古川、松本：日本保健物理学会、福岡、1993. 5.
- (2) 藤高、古川、松本：第35回環境放射能調査研究成果発表会、千葉、1993. 12
- (3) 藤高、岡野、下、湊：日本保健物理学会、敦賀、1994. 5.

表1. 大島三原山周辺の測定値

測定月日	場所	測定点数	指示値(μ Sv/h)	
平成6年3月11日	伊豆大島	大島南高校	5	36.39 \pm 2.00
		国民宿舎	5	25.33 \pm 2.40
		波浮港近傍	5	15.05 \pm 0.62
		砂漠スコリア流	5	17.32 \pm 1.10
		椿見本公園	5	15.77 \pm 0.60
		三原山外輪山内の溶岩流	5	17.98 \pm 0.27
		大島高校	5	17.05 \pm 0.50
		岡田ゲートボール場	5	16.59 \pm 0.80
平成5年5月22日	桜島	桜島港近傍	5	46.35 \pm 2.81
		湯の平展望所	5	47.61 \pm 3.38
		有村溶岩展望所	5	57.65 \pm 1.51

1"φx2"Nal/半導体ポケットnSv/h
 1"φx1"NalサーベイメータnGy/h
 球型3"Nal/3"φx3"Nal評価値nGy/h

93.8.10

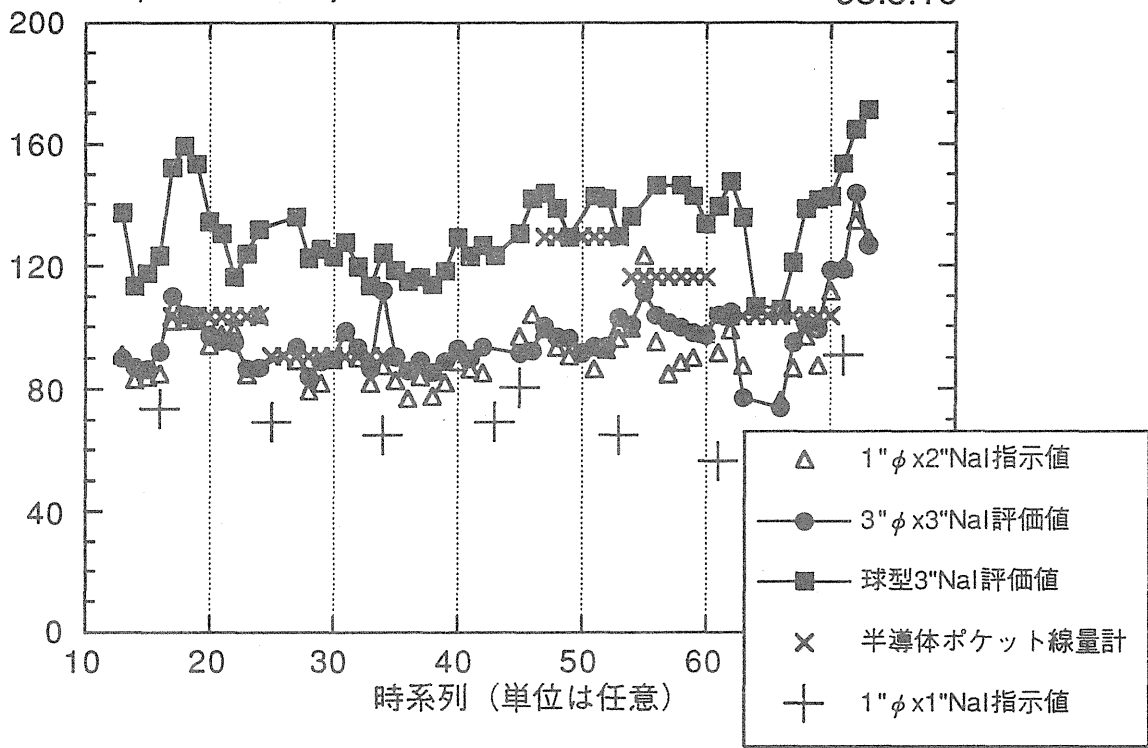


図1. 各種機器の時系列計測結果

7. 自然放射線の擬似実効エネルギー調査

中島敏行（環境放射生態学研究部）

神山孝吉、藤井理行、本山秀明（国立極地研究所）

江角周一（島根県立衛生研究所）

1. 目的

自然放射線にはエネルギーおよび線量率などの物理情報も含まれている。しかし、これらの情報は地域における地質学的、地理学的な条件などによって変わる。自然放射線の線量率と擬似実効エネルギーの間には、双曲線関数で表せることが示されている（Nakajima et al, 1989）。この関係式から、大地からの自然放射線の擬似実効エネルギーの最小値と緯度、海拔高度で定まる宇宙線線量率の最小値が推定できた。しかし、宇宙線の擬似実効エネルギーの最大値と大地の自然放射性核種による線量率の最大値とは推測するのみで、その根拠となるデータは全くなかった。特に、前者を実測するには大地及び海水中の自然放射性核種による放射線の影響がない場を選ぶ必要がある。

地表上における宇宙線線量率は地磁気緯度（以下緯度とする）、高度により変動することは良く知られている。O'Brien は1973年にモンテ・カルロ法により宇宙線線量率の緯度、高度依存性を計算している。また、Wang Qiliang は電離箱で自然放射線を測定し、それらから宇宙成分の高度依存性を求めている。しかし、大地と宇宙からの各自然放射線成分の弁別測定については不明確であった。

宇宙線線量率または強度の高度依存性を実験的に求めるには、大地及び海水からの自然放射線の影響を受けない条件下で測定する必要がある。そのためには、10m以上の厚い氷で広く覆われた地域を測定の間として選ぶ必要がある。例えば、南極大陸の氷原では、海水および大地からの ^{40}K 、U、Thなどの自然放射性核種による放射線被曝の影響を殆ど受けない、地球上の特殊環境地域の一つであるといえる。

このような大地および海水からの放射線の影響を受けない南極大陸に、Thermoluminescent dosimeter (TLD) を設置し、長期にわたる宇宙線の被曝から、宇宙線線量率の高度依存性と宇宙線の擬似実効エネルギー分布を求めてき

た。この結果から、自然放射線の線量率と擬似実効エネルギーとの相関関係における宇宙線の擬似実効エネルギーを推定もできた。

本報告では、南極大陸における宇宙線の線量率と擬似実効エネルギーの高度分布の実測結果から、南極大陸での自然放射線は宇宙線が主体であることも証したることについて報告する。なお、本報告をもって、本調査の最終報告とする。

2. 方法

南極大陸のモニタリング地点に長時間滞在し、放射線測定して渡り歩くことは厳しい自然環境条件および電源設備などの不備からして困難である。そのため、長期間放置でき、放射線被曝効果が長期間、厳しい温度条件下でも持続でき、電源設備が不要な線量計が有用である。そのためには小型、高感度で、取り扱いが容易、しかも、多くの線量率計が一度に使用でき、長期間被曝の平均値が得られる積算型の測定器が必要である。TLD はこれらの特徴をよく満たす線量計の一つである。

本実験では、 ^{40}K freeガラス（外径約3mm、長さ約12mm）に $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ -発光体を封入した TLDを使用し、南極の昭和基地をベースとし、各モニタリング地点に15から24個のTLD を設置した。

南極でのモニタリング地点を選定するにあたって、次のことを配慮した。

- 1) モニタリング期間中夏期でも、氷の厚さは10m以下にはならない地点。
- 2) 高度が数100mから約4000m以上の範囲にある地点。

TLD の設置にあたって次の準備をした。

- 1) これらの $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ -TLD はモニタリング地点に配置する直前、昭和基地で445℃、5分間の熱処理をし、日本から南極大陸のモニタリング地点配置までの期間にTLD の放射線の被曝履歴を消去した。熱処理したTLD の一部はBack ground用とし、純銅で裏打ちした壁厚5cmの鉛容器に入れ、南極昭和基地に保管し、基地におけるBack ground (BG) 放射線線量率を求めるのに使用した。
- 2) 設置用TLD は内径10mm、長さ50mmのlucite容器と外径20mm、長さ50mmの鉛容器に入れ、モニタリング地点に運んだ。モニタリング地点では、氷に深さ10cmの穴をあけTLD を設置した。
- 3) モニタリング終了後、回収した TLDは壁厚5cmの鉛容器に入れ、南極越冬隊の帰国まで、基地に保管した。昭和基地を離れる日に、保管していたBG用TLD の半分を熱処理し、離岸日からTLD 測定までのBGの放射線線量を求めるのに使用した。

4) TLD の設置、回収の期間の影響を少なくするため、モニタリング期間を約 500 日間とした。

5) 熱処理後、TLD 設置、回収までの期間に被曝した線量は昭和基地で被曝した 1 日当たりの BG とそれらの期間の積で近似した。

図-1 は TLD のモニタリング地点への設置、回収、測定までの時間的経緯と TLD 発光量が表す被曝状況である。

TLD 設置点の緯度、経度、高度を表-1 に示した。これをもとにモニタリング地点の被曝線量率を次のようにして求めた。

1) モニタリング地点への TLD 配置から TLD 測定までの全 BG 線量による TLD 発光量 (BG-A) を求める。

2) 昭和基地での 2 回目の熱処理から TLD 測定までの BG 線量による TLD 発光量 (BG-B) を求める。

3) 1 日当たりの昭和基地の BG 線量による TLD 発光量

$$\text{BG-rate} = [(BG-A) - (BG-B)] / (l_1 + r + l_2) \text{ を求める。}$$

4) モニタリング地点の設置した TLD の発光量 A を求める。

5) モニタリング地点での年間線量率、

$$X = 1.2 \times \delta [365 [A - (BG-B) - (BG-Rate) \times (l_1 + l_2)]] / r \text{ を求める。}$$

ここで δ は TL 光量から線量に換算する換算係数、1.2 は宇宙線に対する TLD の密度効果 (density effect) の係数、 l_1 は TLD 設置前の熱処理から配置までの期間、 r はモニタリング地点に TLD を設置していた期間、 l_2 は TLD の回収から昭和基地離岸日までの期間である。

宇宙線は中性子などの非電離放射線と電離放射線とから成る。殆どの TLD 発光体は中性子には不感である。従って、本実験では電離放射線線量とその放射線の擬似実効エネルギーを求めた。なお、本実験では、TLD 発光量は宇宙線の擬似実効エネルギーにより近く、よく利用されている ^{60}Co の γ 線で校正した。従って、線量は ^{60}Co γ 線相当の線量である。

擬似実効エネルギーを次のように定義する。電子線など種々の放射線種から成る放射線が単色ガンマ線と同様な半価層を持つとき、その放射線は単色ガンマ線と同様なエネルギーの擬似実効エネルギーを持つとし、そのエネルギーを擬似実効エネルギーと定義する。この擬似実効エネルギーの単位はエネルギー単位の末尾に q を添えて表示する。南極における自然放射線の擬似実効エネルギーは pair filter 法より求めた (Nakajiam, 1987)。

3. 結 果

図-2は南極における自然放射線の擬似実効エネルギーの海拔高度依存性を示す。

大地からの自然放射線は主として、 ^{40}K , U , Th であり、宇宙線に比して低エネルギー放射線から成っている。その線量率は大地を形成している元素組成中の自然放射性核種の割合によって変化する。しかも、自然放射線の擬似実効エネルギーは宇宙線と大地からの放射線線量比で大きく変わる。此のため、自然放射線の擬似実効エネルギーは宇宙線の擬似実効エネルギー以上の値にはならない、また、モニタリング地点の地質学的、地理学的条件によって変化する事が示されている。

しかし、一方、宇宙線の擬似実効エネルギーはその起源からして高度の変動によってで変化しないことが推定できる。

図-2に示された結果は厚い氷で、広く覆われた南極大陸の自然放射線の擬似実効エネルギーは高度に依存しない事を示している。而も、その値の平均値は 10.1 ± 1.02 MeVqであった。この結果は厚い氷で、広く覆われた地域では、自然放射線は宇宙線成分のみと推定できる。また、南極大陸の自然放射線の擬似実効エネルギーがモニタリング地点で変動しないことから、氷中にあるfall-out 核種など人工放射性核種による γ 線被曝線量は宇宙線線量に比して無視しうる程度であると思われた。

表2にモニタリング地点における密度効果補正した年間宇宙線線量率も示した。

表2が示すように、年間宇宙線線量率は明らかに海拔高度の増加と共に増加している。その増加傾向を図-3に示した。TLD は暴風により飛ばないようにするため、氷原の表面から10cmに配置したが、約500日間後の回収時には表2に示すような深さの雪に覆われていた。積雪期間が不明確のため、この雪による宇宙線の遮蔽効果 t は線量決定にあたり、無視した。

図-3は緯度 25° における宇宙線の電離成分の線量をO'BrienのMonte Carlo法で計算し求めた値(藤高、1994)と緯度 69° から 77° までの宇宙線の電離成分線量の実測値を示した。

図-3が示すように、Monte Carlo法で計算した結果と実測した本結果は共に、線量率は高度と共に増加する傾向を示めた。しかし、高緯度では低緯度と異なり、線量率の増加率は高度の増加と共に急激に増加した。

例えば、藤高およびGrasty(1987)の結果からも、低緯度では、高度2000m上昇毎に線量率2倍増が近似的に示されている。しかし、緯度が約 70° から 80° の高緯度では、高度差2000mの増加で、線量率の増加は2倍の経験則

に合わず、寧ろ、それより大きい倍率であった。これは高緯度域では、地磁気の影響で宇宙線の線量が増加することによるものと考えられる。

本研究における擬似実効エネルギーの高度非依存性と自然放射線線量率の強い高度依存性の結果から、南極大陸の氷原での自然放射線はほとんど宇宙線のみと結論した。また、自然放射線の線量率と擬似実効エネルギーとの関係を示す双曲線関数において、擬似実効エネルギーの上限値は約10 MeV_qと推定、評価した。

積算型の線量率計であるTLDによる南極大陸の自然放射線線量率と擬似実効エネルギーを測定し、次の結果を得た。

- 1) 高緯度域では、宇宙線線量率と高度との相関は2倍則の経験則は適用できず、寧ろ、3倍則に近かった。それらの関係は2次関数で近似でき、その係数は磁気緯度の関数と考えられる。
 - 2) 南極大陸での自然放射線の擬似実効エネルギーは約10 MeVであり、その値は観測点の海拔高度に依存せず、この値は宇宙線の擬似実効エネルギーとみなせた。
 - 3) これらの結果から、南極大陸の氷原での自然放射線はほとんどが宇宙線である。
 - 4) 10 m以上の氷で広く覆われた地域の自然放射線は宇宙線成分とみなせた。
4. 過去の調査研究経過・経緯

自然放射線にはエネルギーおよび線量などの物理的な因子が含まれている。しかし、これらは地域における地学的な条件の違いによって変わる。前年度までは自然放射線の線量率と擬似実効エネルギーを測定する方法を開発し、その応用として各県にある衛生研究所、公害研究所などが管理している野外のモニタリングポイントにおける自然放射線の線量率と擬似実効エネルギーを測定してきた。また、それらの間には相関関係があることを理論的にも、また実験的にも証明し、さらに、得られた実験式（双曲線関数）の係数の物理的意味につ論じ、その必然性を明らかにした。即ち、日本における自然放射線の照射線量率と擬似実効エネルギーとの相関関係式は

$$\dot{X}_q = 2.58 [4.60 + 4.27 / (E_q - 0.679)] \text{ nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1} \quad (1)$$

で表せた。一昨年度は我々が導出した実験式（1）において、物理的因子である全国768ヶ所のモニタリングポイントの自然放射線の擬似実効エネルギーを求めてきた。

5. 今後の調査研究計画・方針

本調査研究は此処に平成6年度結果を含め報告し、最終報告とする。なお、

平成6年度内に、最終報告書としての関係論文を含んだ論文集を作成する予定である。

6. 当該年度の研究発表

1. 第35回環境放射能調査研究成果発表会、平成5年12月、千葉。
2. T. Nakajima et al: Altitude Distribution of Natural Radiation Dose in Antarctica Zone over the Latitude Range of 69 ° S and 77° S, (投稿中)。

表-1 1992年、TLDを設置した南極大陸の
地理的条件

monitarining points	Altitude (m)	Latitude (南緯)	経度 (東経)
S-20	720	69° 01.11'	40° 12.32'
H-192	147	69° 37.79'	42° 06.04'
Z-42	2040	70° 20.07'	43° 41.08'
MD-44	2360	71° 08.91'	44° 07.20'
MD-144	2680	72° 02.57'	43° 48.88'
MD-254	3040	73° 01.55'	43° 25.27'
MD-364	3340	74° 00.48'	42° 59.80'
MD-472	3510	74° 58.97'	42° 14.05'
MD-568	3680	75° 50.12'	41° 21.63'
MD-664	3750	76° 41.73'	40° 23.75'
DF-80	3810	77° 23.39'	39° 36.99'

表-2 各モニタリング地点のTLD設置期間、
TLD回収時の雪の深さと年間宇宙線量率

Point	Period (day)	Snow (cm)	Annual Exposure ($\times 2.58 \times 10^{-7}$ C/y)
S-20	491	93	38.0 \pm 1.7
H-192	487	51	57.6 \pm 1.8
Z-42	481	1	69.4 \pm 7.1
MD-44	475	30	74.0 \pm 7.9
MD-144	470	19	82.9 \pm 7.5
MD-254	465	49	89.5 \pm 3.6
MD-364	457	9	118.3 \pm 6.7
MD-472	451	13	152.3 \pm 5.8
MD-568	446	6	169.4 \pm 5.1
MD-664	442	24	161.8 \pm 14.3
DF-80	430	21	180.7 \pm 9.6

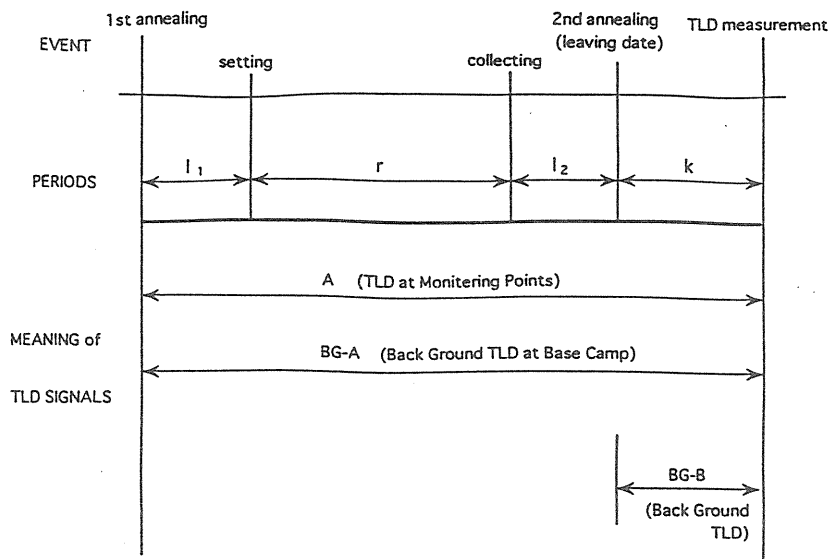


図-1 TLDの熱処理、配置、回収と測定の時間的経過状況

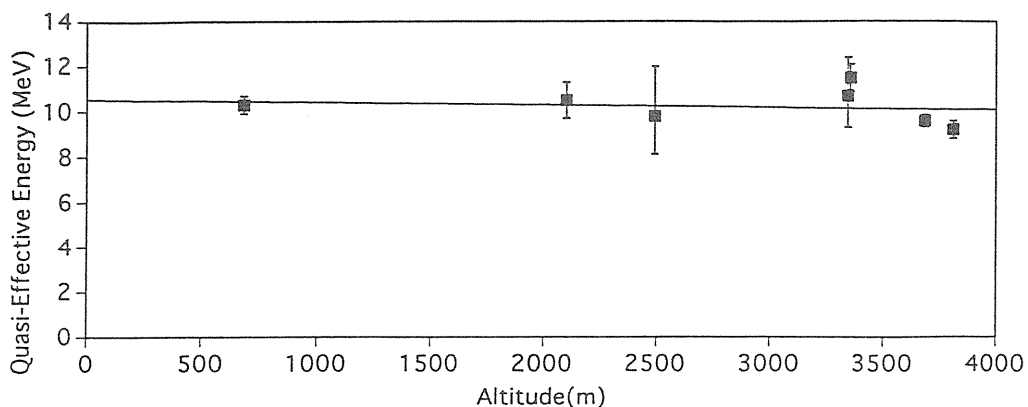


図-2 南極大陸における擬似実効エネルギーの高度依存性

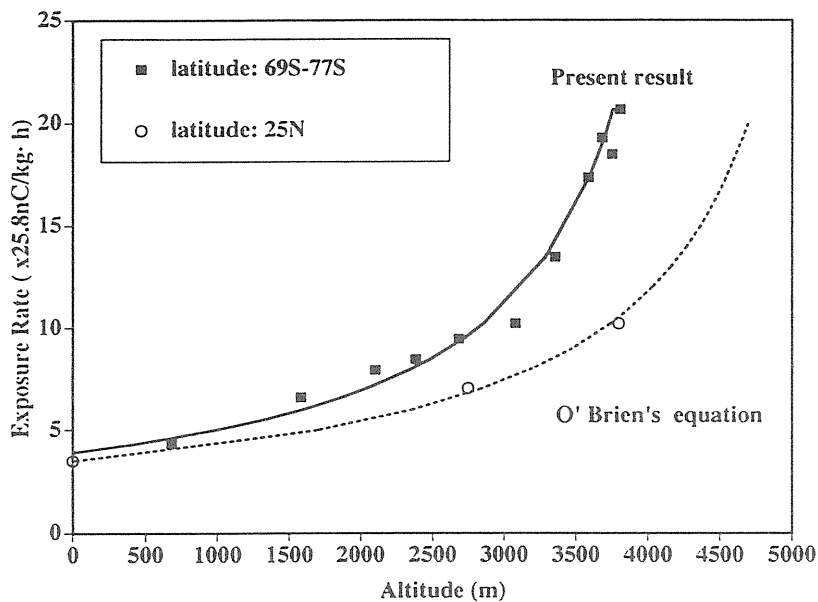


図-3 緯度69°Sから77°S間の南極大陸における宇宙線線量率の高度依存性と中緯度における同依存性のO'Brienの式の計算結果。

8. 陸上試料の調査研究

—環境中におけるテクネチウム等長半減期核種の挙動に関する研究—

田上恵子、内田滋夫、横須賀節子
(環境放射生態学研究部)

1. 目的

本調査研究は、日本の主要な地域におけるテクネチウム等長半減期核種の放射能レベルを調査研究し、その蓄積状況を把握すること、さらに、得られたデータを放射生態学的に解析し、人体被曝線量の算定に資することを目的とする。

テクネチウム-99は物理学的半減期が 2.1×10^5 年と長く、原子燃料サイクル施設からの放出や ^{99m}Tc (^{99m}Tc [$T_{1/2}=6.01\text{h}$] \rightarrow ^{99}Tc) の医学利用に伴い、環境中へ移行・蓄積されていく可能性のある核種として重要である。そのため、この核種に着目して調査研究を実施している。

2. 方法

平成5年度も前年度に引き続き、土壌試料中の ^{99}Tc 分析測定法に関し、各分析操作について検討を行った。すなわち、

- 1) 風乾後、直径2mmのふるいを通した土壌試料を、電気炉で450℃で8時間加熱し、土壌中に含まれる有機物を分解する。
- 2) 燃焼装置を用いて、灰化した土壌からTcを揮散させ、捕集溶液中（希炭酸カリウム溶液を使用）に回収する。
- 3) 捕集溶液中のTcを溶媒抽出法（溶媒にイオン会合系の抽出剤であるシクロヘキサノンを使用）により分離する。
- 4) 有機相の誘電率を変えるために四塩化炭素を加えてTcを純水中へ逆抽出する。
- 5) 得られた水溶液を用いて ^{99}Tc の定量を行う。

という一連の分析操作について検討している。

上記の分析法において、3)の溶媒抽出に関し、昨年度は炭酸カリウム(K_2CO_3)溶液とシクロヘキサノン(cyclohexanone)を用いた系におけるTcの抽出条件の検討を行った。 K_2CO_3 solution-cyclohexanone系では、水溶液中の K_2CO_3 濃度が0.5M以上であれば、容積比が水相：有機相=4：1、振とう時間3分という条件で、ほぼ100%のTcを有機溶媒中に抽出できる結果が得られた。しかし、捕集溶液中に土壌から揮散した種々の元素（例えばヨウ素など）が存在する場

合は、必ずしも100%のTcの抽出率が得られるとは限らないことが予想される。そこで今年度は、土壌を燃焼して得られた捕集溶液を用いて、Tc抽出のための最適条件及びその抽出率についての検討を行った。

3. 結果

土壌試料を燃焼し、揮散したTcを捕集した溶液中には、Tc以外の元素も混入しているため、前年度の溶媒抽出実験で用いたような、 K_2CO_3 溶液（純水使用）に比べ、Tc抽出の際に抽出率の低下等が考えられる。また、前年度の実験において、トレーサーとして使用した ^{95m}Tc は TcO_4^- の化学形で添加されているため、燃焼装置で揮散させた捕集溶液中のTcの化学形との相違についても検討を行う必要がある。そこで、 ^{95m}Tc を添加した土壌を供して、燃焼装置を用いてTcを揮散させて得られた捕集溶液からのTcの抽出率の検討を行った。溶液の K_2CO_3 濃度を1Mに設定し、前回のトレーサー実験で得られた容積比で抽出を行った。

結果を表-1に示す。有機溶媒へのTcの抽出率は、土壌を燃焼して得られた捕集溶液に対して、試薬を添加せず、加熱も行わない場合には、66%と低かった。この理由として、捕集溶液中にはTcの抽出を妨害する元素が存在していること、前述した様に、土壌に添加したTcを燃焼装置により揮散して得られた溶液であるため、捕集溶液中のTcの一部が、有機溶媒に効率良く抽出される時の化学形(TcO_4^-)ではないこと等が考えられた。そこで、同様に得られた捕集溶液に、過酸化水素水を数滴加え、ホットプレート上で90℃で3~4時間加熱後、溶媒抽出実験を行った。この操作を行うことにより、前年度の実験における純水中に TcO_4^- を添加した結果と同様に、高いTcの抽出率（約98%）が得られた。

現在検討している分析法における回収率は、今回は52-64%であった。これは、これまで報告されている方法と比べ、同程度の値である。しかし、本分析法は酸抽出法と比べると操作が簡便であり、また回収率の安定性もよいという利点がある。

4. 過去の調査研究経過・経緯

^{99}Tc を測定するためには、分離濃縮後の測定試料中における他の元素の混入の程度が極めて低いことが要求される。我が国のように ^{99}Tc の汚染レベルの極めて低い環境試料では、定量を行うために多量の試料が用いられる。試料量が多い場合であっても、この条件を満たすことのできる分析法が必要である。これまでの調査研究により、土壌試料に関しては、燃焼装置を用いることにより、より妨害元素の混入を非常に低減できること、また、実験で使用した溶媒抽出法は、Tcに対する選択性が高くかつ迅速にTcを分離できることがわかった。

5. 今後の調査研究計画・方針

テクネチウムは、その主要な化学形の性質から、陸圏環境中において移動しやすく、植物に吸収され易いことが指摘されている。したがって長半減期核種である ^{99}Tc は、放射生態学的にも重要な核種の一つであるといえる。我が国特有の環境条件下で、テクネチウムが食物連鎖を含む物質循環の過程において、どのように移動するか明らかにすることは、原子燃料サイクルの安全評価を行なう上で重要なことである。今後の調査研究では、このような観点から、安全評価上問題となる種々の環境試料について ^{99}Tc の分析を試み、我が国のバックグラウンドレベルの情報を得ることを目的としている。

6. 平成5年度の研究発表

- (1) 田上、内田：第37回放射化学討論会、金沢、1993. 10.
- (2) 田上、内田、横須賀：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集、121-122、1993.
- (3) K. Tagami and S. Uchida: *Radiochim. Acta*, 63, 69-72, 1993.

表-1 捕集溶液からシクロヘキサノンへの^{95m}Tcの抽出率

	Extractability (%)
No addition of H ₂ O ₂ nor heating	65.6±0.2
	66.2±0.2
	66.0±0.2
average	65.9±0.5
Addition of H ₂ O ₂ and heating for	98.1±0.2
3 to 4 hours	97.8±0.2
	98.4±0.2
average	98.1±0.5

(Note) Three samples were used in each experiment.

±: Counting error or standard deviation for average value.

9. 屋内・外のラドン等による 被ばく線量調査(1)

－居住環境中のラドン濃度の調査－

藤高和信、古川雅英、松本雅紀
(環境衛生研究部)
土居雅広(総括安全解析研究官付)

1. 目的

公衆にとって最大の被曝源であるラドンの日本における濃度を推定することを目的とする。ここで行う屋内ラドン濃度調査は全国水準調査の一環であり、科学技術庁、日本分析センターおよび各道府県との共同事業であって、当面一般家屋を対象とする。またこのプロジェクトと並んで、放医研は測定手法の検討や実験的測定を主体的に行う。この全国調査は13道県において平成4年度から開始しているが、平成5年度はその測定調査を継続するとともに、将来実施すべき作業内容について検討を重ねた。また限定した地域ながら、学校内ラドン濃度の調査を行い、予備的な結果を得た。

2. 方法

全国水準調査は総括安全解析研究官付が開発したプラスチック製のラドントロン弁別モニタを使用している。水準調査自体は日本分析センターが各自治体と協力して実施するが、機器を含む技術水準の整合性を維持するため放医研と日本分析センターでクロスチェックを行っている。すなわち、両者は各道県内で1軒の家屋を選び、そこに各々が保有するラドントロン弁別モニタを1個づつ持ち込み、計測済みフィルムのエッチング処理等は各自が持ち帰って行うという方式でチェックした。さらに放医研はこのプラスチック製ラドントロン弁別モニタとそのプロトタイプであるステンレススチール製のラドントロン弁別モニタ(数多くの技術試験がしてある)1台を上記モニタ群と並置して測定し、プロトタイプと量産型の整合性をチェックした。さらに放医研は比較リファレンスとして、従来から用いている静電型ラドンモニタ1台を上記モニタ群と並置し、エッチング等の処理も当グループで行い、その結果を他種モニタの結果と比較検討した。また名古屋大学のラドンチェンバー等でこれらの校正実験を実施した。なおモニタの設置期間は当初原則として2ヶ月だったが、実務上の

都合で途中から3ヶ月に変更した。

一方、学校のラドン濃度測定は平成4年度から開始したもので、石川県内の高等学校10校の保健室等において、ステンレススチール製ラドントロン弁別モニタ1台ずつを用いて測定し、そのうち2校では静電型モニタ1台ずつによる測定も併せて行った。なお、ラドントロン弁別モニタについては、平成5年度途中からプラスチック製モニタに変更した。

3. 結果

平成5年度に測定したのは北海道、青森、福島、茨城、新潟、福井、石川、静岡、島根、岡山、愛媛、佐賀、鹿児島 の13道県である。日本分析センター主体の全国水準調査では各自治体内19軒ずつの民家を対象にし、放医研主体の比較測定ではそれら自治体内1軒ずつの民家を対象にした。比較測定を各地の現場で実施したのは気象影響等によって機器性能に地域差が生じるかもしれない点を考慮したためであるが、結果的に地域差は認められず、そこで現場での比較測定はこれで打ち切ることにした。しかし放医研と日本分析センターの技術照合のための比較測定は今後も放医研近傍の濃度レベルが分かっている場所で引き続き実施する。またプラスチック製ラドントロンモニタの性能確認が進んだため、それとステンレス製モニタとの照合試験も平成5年度で終了することにした。

平成5年度に進行中の学校内のラドン濃度測定は石川県の一部の高等学校に限定されるため、その結果が校内ラドン濃度を代表するものとは考えられない。図1に静電型モニタで得られた結果の例を示す。2つの学校の測定期間には若干の差があるが、図中には一校の月日のみを示してある。一般的にはラドン濃度は冬に高く、夏に低い傾向が世界的に認められるが、国連科学委員会報告に記載されたニュージャージー州チェスターと並んで石川県のラドン濃度の季節変化は他の場所と逆の変化を示すことが知られている。確かにこの図でも夏に高濃度、冬に低濃度という傾向が認められる。

4. 過去の調査研究の経過・経緯

日本におけるラドン濃度全国調査は、放医研が独自に昭和60年度から2年程度かけて実施したことがある。現在進行中の調査はその最初の調査で得たノウハウを基に機器や処理法を改善し、他機関と連携して実施しているものである。

5. 今後の調査研究の計画・方針

平成5年度は13道県の民家の屋内ラドン濃度調査を実施したが、平成6年度は新たに17県の民家屋内で同様の調査を実施する予定である。これも日本分析センターが実作業を担う全国水準調査の一環であり、当グループはその技術的バックアップをすると共に、独自に各種の環境中のラドンに関わる測定を行う予定である。なお平成6年度からは、将来の職業環境のラドン濃度調査に必要な機器と処理法の確立を図る作業を開始する予定である。学校内濃度等の測定も協力者があれば随時実施する。

6. 研究発表

- (1) 藤高、古川、松本：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集、1992. 12.
- (2) 児島、藤高、松本：日本保健物理学会、敦賀、1994. 5.

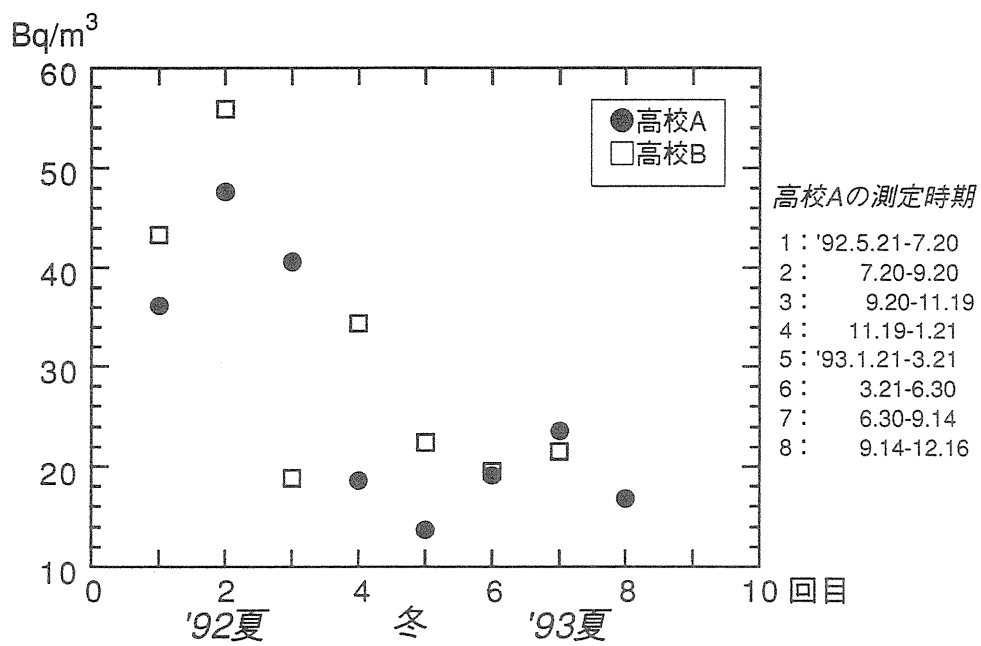


図1.学校におけるラドン濃度測定例

屋内・外のラドン等による 被ばく線量調査(2)

—地下鉄駅構内におけるラドン・トリウム濃度測定調査—

小林定喜、土居雅広、藤元憲三、
(総括安全解析研究官付)

藤高和信、古川雅英、松本雅紀、
(環境衛生研究部)

1. 緒言

空気中のラドン及びその娘核種は、自然放射線被曝源のなかで最も線量寄与が大きく、近年、特に注目されている放射性物質である。空気中ラドン濃度及び娘核種濃度の実態は、全国家屋内ラドン濃度調査等により、一般居住家屋に関しては判明しつつあるが、公共施設等の屋内環境に関しては、これまで十分な調査研究が行われていないのが実情である。このため、科学技術庁原子力安全局防災環境対策室では、全国ラドン濃度調査の一環として公共施設・オフィス等の屋内環境に於ける濃度測定調査の実施を計画しており、その実施手順の確立が望まれている。そこで、既に全国家屋内ラドン濃度調査で使用されているパッシブ型ラドン・トリウム濃度弁別測定器（R-T弁別測定器）を用い、公共施設として東京都内の地下鉄駅構内のラドン濃度及びトリウム濃度を測定調査した。R-T弁別測定器は、放医研で開発した「積算方式パッシブ型」測定器であり、ラドン濃度及びトリウム濃度を弁別して同時測定することができる。測定器本体は、ポリカーボネートプラスチックに炭素を混練した導電性素材である。検出部は、円盤状のポリカーボネートフィルム（厚さ0.3mm、直径50mm）である（三菱ガス化学（株）製Iupilon®）。測定器内部に導入されたラドン、トリウム及び測定器内で生成された娘核種から放出されるそれぞれエネルギーの異なる α 線が、ポリカーボネートフィルムに照射される際に生じる微小な傷（トラック）を電気化学エッチングによって拡大・可視化する固体飛跡検出法（SSNTD）を応用した測定器である。検出下限は、ラドン濃度で4.2 Bq m⁻³、トリウム濃度で6.4 Bq m⁻³であり（測定期間 3ヶ月）、検出下限を下回る濃度を測定する場合には測定器を同一地点に複数個設置し、その平均値を以て測定結果とする必要がある。R-T弁別測定器の外観（写真）を図1に、測定器内部の構造図を図2に示す。

2. 調査研究の概要

調査は、東京都内の地下鉄駅構内に於いて、プラットフォーム下（列車の進入側の端、中央、列車の離出側の端）、配線室及び駅務室にそれぞれ、2個ずつR-T弁別測定器を設置した。調査した駅は、地下3階構造であり、プラットフォームは最下階に、配線室及び駅務室は地下二階にある。プラットフォームは、長さ210 m、幅8 m、深度25.4 mであり、両側に発着する「島」式ホームである。駅構内には冷房設備はないが、配線室、駅務室には冷房装置が設置されている。測定期間は、1993年12月から1993年3月までの99日間である。調査では、R-T弁別測定器による調査期間中のラドン平均濃度測定に加え、ラドン娘核種濃度連続測定装置（WLM-200 Plus, 独Tracer Lab. 社製）を用い、ラドン娘核種の平衡等価ラドン濃度（EEC）を測定した。測定は、1993年12月16日午後2時より12月17日午後

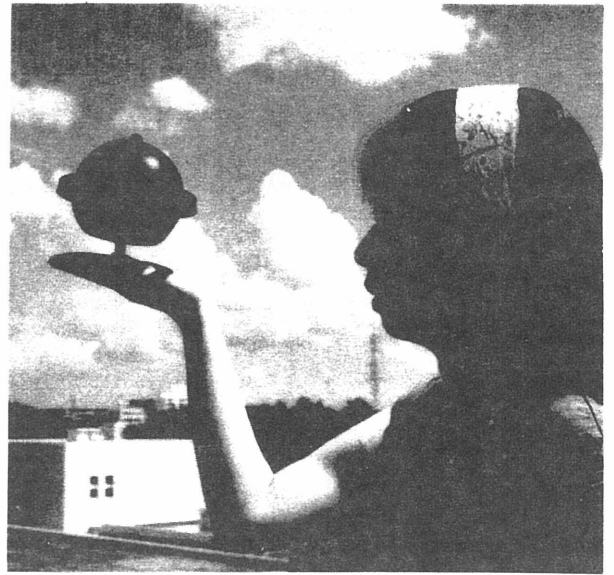


図1 ラドン・トロン濃度弁別測定器

2時まで駅務室に於いて、1993年12月17日午後2時より午後5時まで列車進入側端ホームに於いてそれぞれ実施した。

調査は、当研究所（千葉市稲毛区）敷地内の平坦な空き地（6 m×10 m）において、1992年6月から1993年6月まで3ヵ月毎の測定を4回実施した。調査では、ラドン及びトロン濃度の垂直分布を調べるため、R-T弁別測定器を、0.04 m, 0.15 m, 0.25 m, 0.70 m及び1.0 mの高さに固定した（図-2）。

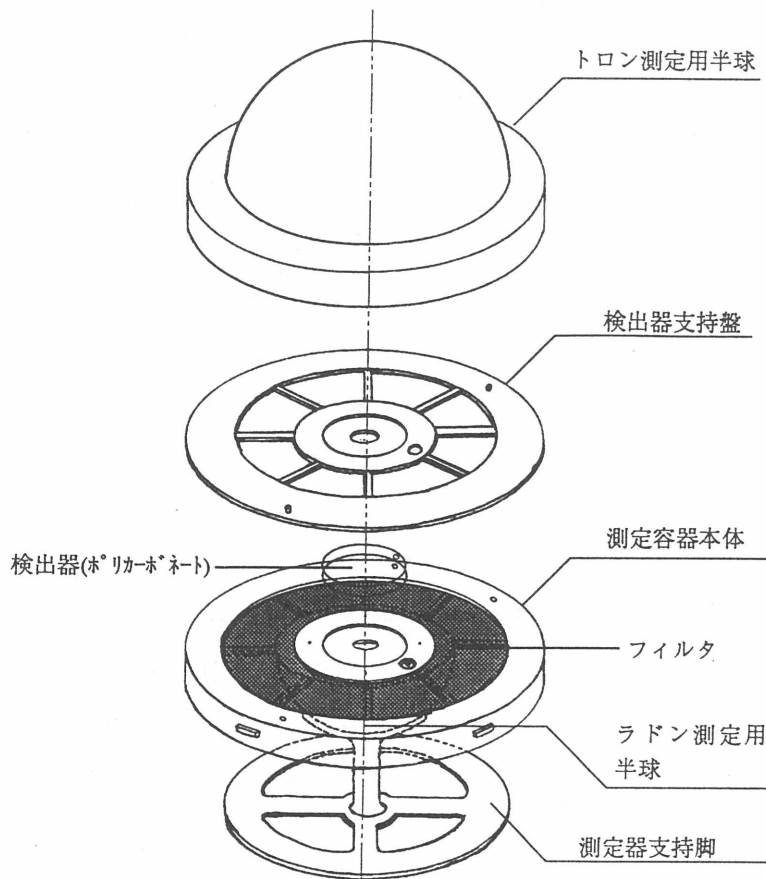


図2 ラドン・トロン濃度弁別測定器の構造図

3. 結 果

R-T弁別測定器による調査期間中の各測定点に於けるラドン平均濃度を表1に示す。表中のラドン濃度値は、各測定地点に設置された二個の測定器により得られた値の平均値である。トロン濃度は、いずれの測定点に於いても検出下限以下であった。

配線室は駅務室に隣接しているが、ラドン濃度は他の測定点と比較して相対的に高い値を示している。配線室は、駅務室と比較して人の出入りが少ないことも、主な原因の一つであると考えられる。プラットホーム下でラドン濃度が低くなっている原因は、駅構内での換気量が充分であるためと考えられる。プラットホーム中央には、昇降用階段とエスカレータを通じて、地下二階と空気が交換しており、又、プラットホーム両端には、列車の到着・出発により空気が交換している等の事由により、ホーム中央に於けるラドン濃度が、相対的に高くなっていると推察される。今回の調査は冬季に実施したため、冷房設備の有無は結果に影響していないが、夏季には冷房設備のある駅では、冷房効率を高めるために、冷房設備のない駅に比べて駅構内で循環させる空気量を増加させる措置を講じるため、夏季に於ける駅構内の空気中ラドン濃度は、冷房設備の有無によって影響を受ける可能性がある。

表1 東京都内地下鉄駅構内に於ける平均ラドン濃度（測定期間：1993年12月から1993年3月までの99日間）

測定地点	空気中ラドン濃度 (Bq m ⁻³)
地下鉄駅構内（地下三階）	
プラットホーム	
列車進入側端	9.3 ± 2.8
中 央	12.8 ± 3.3
列車離出側端	7.3 ± 2.5
地下鉄駅配線室（地下二階）	20.6 ± 4.4
地下鉄駅駅務室（地下二階）	12.3 ± 3.2

駅務室で終日連続測定した平衡等価ラドン濃度（EEC）の日変動を図3に示す。駅務室の平衡等価ラドン濃度（EEC）の日平均値は、6.8 ± 1.0 Bqm-3（EEC）であり、同一地点に於ける平均ラドン濃度（12.3 ± 3.2 Bqm-3）（表1参照）との平衡比は、0.55 ± 0.16であった。1993年12月17日午後2時より午後5時まで一時間毎の、列車進入側端ホームに於ける平衡等価ラドン濃度（EEC）は、各々2.7 ± 1.3, 3.7 ± 0.6, 3.7 ± 0.4 Bq m-3（EEC）であった。

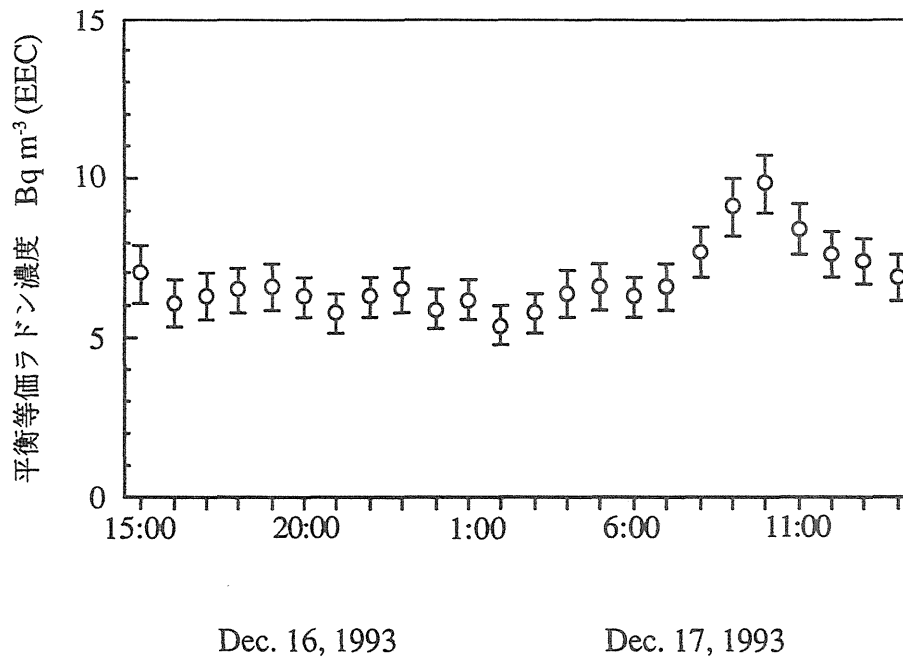


図3 駅務室に於ける平衡等価ラドン濃度 (EEC) の日変動
測定期間：1993年12月16日午後2時より12月17日午後2時まで

今後の課題としては、測定対象駅を数多く選び、プラットホームやコンコース等、一般旅客の通過する地点を重点的に測定調査を実施する必要がある。その際、地下鉄駅の換気条件、特に夏季の測定では、冷房設備の有無について考慮する必要がある。エアロゾル密度や粒径の測定を含めた総合調査研究を実施することにより、地下閉鎖空間である地下鉄駅構内の換気特性を多角的な情報を基に把握できることが期待される。又、簡易型測定器による平均ラドン濃度測定調査に加え、ラドン及びラドン娘核種濃度の連続測定調査を実施することが、各濃度の日変動特性を把握するために不可欠である。

既に、韓国では主要な地下鉄路線、駅を網羅したラドン濃度調査結果が公表されており、わが国に於いても、東京都以外の他の主要な都市の地下鉄駅構内の測定調査を計画・実施することが必要である。

参考文献

- 1) Doi, M. Kobayashi, S. Fujimoto, K. A passive measurement technique for characterization of high-risk houses in JAPAN due to enhanced levels of indoor radon and thoron concentrations. Radiation Protection dosimetry. 45:425-430; 1992.

- 2) Doi, M. Kobayashi, S. The passive radon-thoron discriminative dosimeter for practical use. Hoken-butsumi, 29: 155-166; 1994.
- 3) Kim, D.S. Kim, Y.S. Distribution of airborne radon concentrations in Seoul Metropolitan subway stations. Health Physics, 65: 12-16; 1994.

Ⅱ．原子力施設周辺のレベル調査

1. 沿岸海域試料の解析調査(1)

山田正俊、青野辰雄、平野茂樹、中村 清
(海洋放射生態学研究部)

1. 目的

沿岸海域、特に原子力施設周辺の海産生物、海水、海底堆積物等の放射性核種濃度を測定して、日本沿岸における放射性物質の動向を知り、放射性核種の分布の経時変化調査を行うと共に、試料相互間の汚染の関連を解析し、将来の汚染を予測するためのデータを得ることを目的とする。

2. 方法

茨城県沿岸及び青森県沿岸より海産生物（魚類・軟体類・海藻等）を採取し、試料とした。試料を各部位に分け、乾燥し、450℃で灰化後、硝酸で溶解した。陰イオン交換法、AMP法等により $^{239, 240}\text{Pu}$ 、 ^{137}Cs を分離・精製し、測定用試料とした。

3. 結果

表-1に1992年3月採取の茨城県沿岸産魚類の $^{239, 240}\text{Pu}$ 、 ^{137}Cs 濃度を、表-2に軟体類の濃度を、また表-3には1992年5月採取の海藻の濃度を示す。魚類筋肉中の ^{137}Cs は150~230mBq/kg生、軟体類は40~80、海藻は70~150の範囲であった。一方、 $^{239, 240}\text{Pu}$ 濃度は魚類筋肉で低く、軟体類で1mBq/kg生前後、海藻で2~22の範囲と前年度と同様の傾向であった。

また表-4に茨城県沿岸及び青森県沿岸より採取した同一種の $^{239, 240}\text{Pu}$ を示す。採取した場所の違いによる $^{239, 240}\text{Pu}$ 濃度の差は特に認められない。

4. 過去の調査研究経過・経緯

これまで茨城県沿岸産の海産生物や海水中の放射性核種濃度を測定し、データの蓄積を図ってきた。

5. 今後の調査研究計画・方針

次年度も引き続き、沿岸海域特に原子力施設周辺海域において海洋試料を採取し、放射性核種濃度を測定して、汚染予測のための基礎データの蓄積及び経年変動を把握する。

6. 平成5年度の研究発表

- (1) 山田、中村（清）：第30回理工学における同位元素研究発表会、1993. 7.
- (2) 山田、青野、平野、中村（清）：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集、67-68, 1993.

表-1 茨城県沿岸魚類の $^{239, 240}\text{Pu}$ 、 ^{137}Cs 濃度

魚種	部位	$^{239, 240}\text{Pu}$	^{137}Cs
クロメバル	筋肉	0.10 ± 0.01	223 ± 6
ニベ	〃	* *	229 ± 7
マトウダイ	〃	0.08 ± 0.01	191 ± 5
マフゲ	〃	0.35 ± 0.04	145 ± 5
アカシタビラメ	全身	0.69 ± 0.07	108 ± 7
アカエイ	内臓	1.6 ± 0.08	151 ± 6

(単位 ; mBq/kg-wet * * ; 検出限界以下)

表-2 茨城県沿岸軟体類の $^{239, 240}\text{Pu}$ 、 ^{137}Cs 濃度

種類	部位	$^{239, 240}\text{Pu}$	^{137}Cs
マダコ	外套	0.80 ± 0.07	76 ± 4
イイダコ	〃	1.4 ± 0.17	39 ± 4
〃	内臓	* *	77 ± 5
コタマガイ	軟体部	1.2 ± 0.07	47 ± 3
チョウセンハマグリ	〃	0.84 ± 0.05	54 ± 3

(単位 ; mBq/kg-wet * * ; 検出限界以下)

表-3 茨城県沿岸海藻類の $^{239, 240}\text{Pu}$ 、 ^{137}Cs 濃度

種 類	$^{239, 240}\text{Pu}$	^{137}Cs
アオサ	7.8 ± 0.25	93 ± 7
ワカメ	1.8 ± 0.12	68 ± 5
ハハキモク	11.4 ± 0.32	145 ± 9
ベニスナゴ	1.7 ± 0.11	87 ± 7
フクロフノリ	22.0 ± 0.74	138 ± 12
ツノマタ	10.0 ± 0.49	131 ± 9

(単位 ; mBq/kg-wet ** ; 検出限界以下)

表-4 茨城県沿岸、青森県沿岸の魚類・軟体類の $^{239, 240}\text{Pu}$ 濃度

魚 種	雌 雄	部 位	茨城県沿岸	青森県沿岸
サケ	オス	内臓	2.8 ± 0.18	0.95 ± 0.08
〃	〃	エラ	0.74 ± 0.10	0.44 ± 0.07
〃	〃	骨	4.4 ± 0.49	0.31 ± 0.09
サケ	メス	内臓	1.3 ± 0.10	1.0 ± 0.10
〃	〃	エラ	0.46 ± 0.08	0.40 ± 0.08
〃	〃	骨	2.6 ± 0.21	2.0 ± 0.29
イナダ		内臓	0.68 ± 0.06	0.12 ± 0.02
〃		骨	**	**
マコガレイ		内臓	—	1.0 ± 0.18
〃		骨	—	**
ホッキガイ		軟体部	1.6 ± 0.06	2.0 ± 0.07
〃		殻	**	**
スルメイカ		内臓	—	2.4 ± 0.10

(単位 ; mBq/kg-wet ** ; 検出限界以下)

沿岸海域試料の解析調査(2)

中村良一、中原元和、石井紀明、松葉満江
(海洋放射生態学研究部)

1. 目的

原子力施設から沿岸海域に放出される放射性物質による海産生物の汚染機構を解明し、汚染の程度を予測する為の情報を得るのを目的とする。

2. 方法

今年度は食物連鎖を通じての海洋生態系における放射性核種の移行を推定する為に必要な情報を得る目的で、海産魚による放射性核種の消化管吸収について検討した。海産魚としてはクロソイ (*Sebastes schlegelii*) 36尾 (平均体重 44.1g) を、放射性核種は⁵⁴Mn, ⁵⁷Co, ⁶⁵Zn, ⁸⁵Sr, ^{95m}Tc, ¹⁰³Ru, ¹³⁷Cs, ¹⁴¹Ce の8核種を用いた。これらの8核種を同時に取り込ませたクロアワビの内臓部分をクロソイの体重の1%見当で36尾に経口投与し、経時的に2尾ずつ解剖して消化管内の投与餌の消化の状況と放射性核種の各部位の濃度変化を観察した。またこれとは別に残りの9個体は連続測定用として汚染餌1回投与後の全身の放射能の変化を200日以上追った。飼育水温は15℃に調整し、汚染餌投与後48時間目から非汚染の人工餌料(ペレット)を適宜与えた。

3. 結果

投与した餌は、投与後3時間目にはまだ胃内にほぼ原形を残したまま存在したが、7.5時間目には大半はかゆ状になっており、一部は胃から腸にも移動していた。24時間目には胃から腸に大部分が移り、48時間目までには肛門から体外に排泄されるのが観察された。一方、放射性核種は投与後3時間目には既に体内の各部位に分布しているのが観察された。表1に⁵⁷Coの体内各部位の濃度変化を各解剖時の血中濃度を基準として経時的に示した。胃や腸は未消化の消化管内容物を取り除いて測定した。投与後、初期の時点で消化吸収の部位である胃及び腸の放射能濃度が高いのは当然と考えられるが、投与後7.5時間から13時間目にかけて鰓の放射性核種濃度がピークに達し、その後急に減少するのが見られ、鰓からの放射性核種の排出が示唆された。

一方、汚染餌1回投与後の連続測定の結果のうち¹³⁷Csと⁵⁷Coについて図1に示した。汚染餌投与直後の魚全身の放射能を100%として表わしたものであ

る。投与後2～3日間で放射能が急激に減少するが、これは解剖による汚染餌の消化の観察からも推定されるように、胃や腸で吸収されなかった核種が排泄物と共に魚体から排出されたものと考えられる。また、その後の比較的ゆっくりとした減少は、消化管から吸収された核種の魚の代謝の流れにのっての排出を示していると思われる。

4. 過去の調査研究経過・経緯

沿岸海域に生息する海産生物の放射性核種濃縮機構の解明の為に、RIトレーサー法、安定元素分析法等で生物濃縮パラメータを求め、その蓄積に努めてきた。

5. 今後の調査研究計画・方針

さらに実際の沿岸海域の生態系を想定しながら種々の因子について実験を組立て、今後もデータを蓄積する。

6. 平成5年度の研究発表

(1) 中原、中村(良)：日本放射線影響学会第36回大会、広島市、1993.10.

(2) 中村(良)、中原、石井、松葉：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集、69-70, 1993.12.

表1 Concentration of ^{57}Co in tissues of Sebastes schlegeli following a single oral dose (normalized to concentration in blood)

	3 hours	7.5 hours	13 hours	24 hours	48 hours	72 hours	5 days
Gill	6.83	28.3	43.7	1.86	0.61	0.73	0.48
Fin	0.40	1.77	4.46	1.53	0.52	0.64	0.39
Muscle	0.07	0.35	0.28	0.21	0.09	0.05	0.05
Liver	0.92	1.98	4.07	2.26	0.23	0.29	0.21
Stomach	95.6	42.4	43.9	19.7	1.41	1.00	0.64
Intestine	38.1	36.9	58.7	59.3	12.5	8.84	7.98
Kidney	1.80	3.95	1.68	2.83	0.85	1.15	0.80
Blood	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

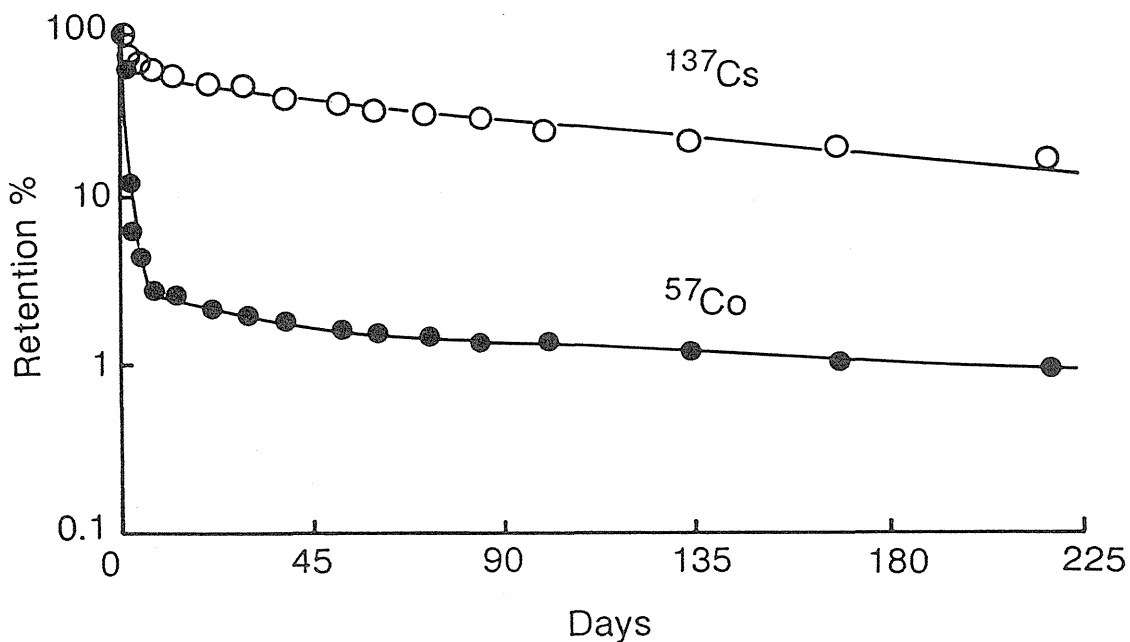


图1 Loss of radionuclides from Sebastes schlegeli after single feeding (at 15°C)

2. 環境中のトリチウムの測定調査

井上義和、宮本霧子、鈴木登美子
(環境衛生研究部)

1. 目的

自然環境および原子力施設周辺環境における環境試料中の ^3H 濃度を長期間継続的に測定し、分布と時間変化に関するデータを集積する。これらのデータを解析することにより、 ^3H の施設周辺での環境動態を明かにし、モニタリング法や線量評価法の改善に役立てる。特に本世紀末の稼働が予定されている青森県六ヶ所村の再処理施設については、放出が予測される ^3H の環境への影響評価に備えるため、稼働前に地域の核実験および自然生成起源のいわゆるバックグラウンドレベルの分布と時間変動を把握しておくとともに、レベルの変動に大きな影響を及ぼす水圏の水文学的パラメータの地域固有値を推定するための基礎データを収集する。

2. 方法

測定方法については、水試料を蒸留後、40gを100mlのテフロンバイアルまたは石英バイアルに入れ、液体シンチレータ AQUASOL-2 (NEN) 60mlを加え、十分混合し、冷暗室で1日以上放置後、液体シンチレーションカウンター (LSC) Aloka LB1またはLB3で1試料当たり、500~1000分計測した。低濃度試料については、25倍程度電解濃縮後、Packard社製 LSC Tricarb 2250CAで測定した。

3. 結果

種々の原子力施設が稼働する茨城県東海村とその周辺地域については、1993年には3回、河川水、湖沼水、井戸水および沿岸海水を採取し ^3H 濃度を測定した。青森県六ヶ所村についても1993年は3回、河川水、湖沼水および地下水を採取し ^3H 濃度を測定した。また対照地点としての千葉市においては毎月、降水と水道水を採取し ^3H 濃度を測定した。

表1に示すように、1993年の千葉市の降水の ^3H 濃度の年平均値は、0.5 Bq/lで、昨年の0.6 Bq/lから少し低下傾向を示し、従来と同様に春から夏に高く、秋から冬に低い季節変化を示した。日本より1桁高いレベルを

維持している中国大陸の地表水中の ^3H が蒸発し、日本の ^3H 濃度の季節変化などの影響を及ぼしていると考えられる。表2に示すように、茨城県的那珂川と久慈川の ^3H 濃度の1993年の平均値は、昨年と同様の 0.85Bq/l であった。降水の濃度より50%ほど高く、年々僅かな減少傾向が認められた。このことは、滞留時間の長い地下水中の ^3H が河川の濃度に対し今なお影響を及ぼしていることを示唆している。一方、東海村の新川の濃度は、久慈川や那珂川より50%以上高いレベルであった。

表3に那珂町と東海村の1993年の地下水の濃度を示す。

当地域では内陸の地下水の濃度が、那珂川や久慈川などの河川と同じであるのに対し、海岸に存在する東海村の施設周辺の地下水（井戸水）は、内陸の地下水よりも最大数倍高い状態で推移して来た。1993年にも同様の傾向が確認された。地下水の濃度の地域分布が、降水の濃度のそれと一致することと地下水の濃度の時系列が数年遅れで、降水の濃度の時系列とパターンが一致することから、東海村の施設から中に大気放出された ^3H が、降雨により洗浄沈着し、地下水に移行していると考えられる。

表4に示すように、1993年に東海村および鹿島郡大洋村で採取した沿岸海水の濃度については、4月の観測値は海水の平常レベルを示したが、10月の観測値は平常レベルより高かった。青森県六カ所村の汽水湖の対照として選択した茨城県濁沼の1992年および1993年の ^3H 濃度を表5と表6にそれぞれ示した。年平均値は、茨城県内の河川と同じであった。

表7に示すように、青森県六カ所村の河川水の1993年の平均値は、 $0.9\sim 1.4\text{Bq/l}$ の範囲であり、茨城県より少し高く、内陸部ほど高い傾向を示し、また河川の規模が大きいほど高い傾向を示した。これらの現象は、フォールアウト ^3H に関する緯度効果（北ほど高い）と地下水の滞留時間の長さによって説明できる。また、汽水湖を含む湖沼水の年平均値は、 $0.6\sim 1.1\text{Bq/l}$ の範囲を示した。汽水湖と供給水源の河川水の ^3H 濃度の比は、尾駱沼／二又川および鷹架沼／後川の両者とも昨年と同様約0.6であり、低濃度の海水が湖沼に混入し、湖沼の ^3H 濃度を低下させていると考えられる。

4. 過去の調査研究経過・経緯

過去の調査研究経過・経緯については、全国の発電所周辺の陸水、海水の第1次調査（1969～1980）により、全国における ^3H の分布と時間変化に関するデータを得た。その結果、 ^3H の起源の主体が核実験であり、陸水の濃度が緯度効果を示すことおよび数年のみかけの半減期で減少する事実を見出した。一方、茨城県東海村の種々の環境試料中の ^3H を測定した第2次調査

(1981～1992)では、施設から大気中に放出される³Hの陸環境における地域分布と時間変化に関するデータを得た。大気、水蒸気、降雨、土壌、植物、地下水における³Hの挙動を解析した結果、各環境媒体間の移行比や地域固有の土壌浸透速度および地下水の滞留時間と流動方向などが明らかになった。また、第1次、2次調査を通じて継続している千葉市の月間降水と茨城県的那珂川と久慈川の³H濃度(B. Gレベル)に関する時系列データは、わが国の水文学の分野で利用され大変役立っている。

5. 今後の調査研究計画・方針

観測された全ての³H濃度は、規制値(6×10^4 Bq/l)に比べて約4桁低く、安全上全く問題が無かった。今後の調査研究計画・方針は、i)日本全国の³Hのバックグラウンドレベルの代表としての性格を有する千葉市の月間降水および、茨城県の那珂川、久慈川の³H濃度測定を継続すること、ii)茨城県東海村の地下水の高い³H濃度の推移を見守ること、iii)青森県六ヶ所村の環境水の³H濃度の分布と時間変動に関するデータを蓄積することなどである。

6. 平成5年度の研究発表

- (1) 井上、宮本、岩倉、工藤、梶谷：第35回放射能調査研究成果論文抄録集、29-30、平成5年12月。
- (2) 井上、宮本、岩倉、工藤、梶谷：放射能調査研究報告書、NIRS-R-23、55-64、平成5年11月。

表 1 千葉市における 1993 年の月間降雨のトリチウム濃度と沈着量

採取月日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均	沈着量 合計
降水量(mm)	Feb.1 123.90	Mar.1 62.74	Apr.1 65.93	Apr.30 30.58	May31 57.65	Jul.1 210.21	Jul.27 259.90	Aug.31 282.19	Sep.28 97.78	Nov.1 130.59	Nov.30 162.75	Jan.5 67.84	Bq/l	kBq/m ²
濃度(Bq/l)	0.59	0.35	0.72	0.94	0.62	0.92	0.33	0.34	0.49	0.38	0.27	0.47	0.54	
誤差 1SD(Bq/l)	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.22	
沈着量(kBq/m ²)	0.07	0.02	0.05	0.03	0.04	0.19	0.09	0.10	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.76

表 2 1993 年に茨城県で採取した河川水のトリチウム濃度、Bq/l

採取地点	採取日	2月 2日	4月 27日	10月 18日	データ数	平均値
久慈川 榊橋	濃度	0.78	0.85	0.81	3	0.81
	誤差 2SD	0.07	0.07	0.07		0.03
那珂川 水戸大橋	濃度	0.93	0.89*	0.81	3	0.88
	誤差 2SD	0.07	0.07	0.07		0.05
新川 機関場	濃度	1.37	1.41	1.22	3	1.33
	誤差 2SD	0.07	0.07	0.07		0.08
阿漕浦	濃度	0.85	0.96	0.96	3	0.93
	誤差 2SD	0.07	0.07	0.07		0.05

* 千歳大橋で採取

表 3

茨城県那珂町および東海村の施設周辺地域で1993年に採取した地下水のトリチウム濃度、Bq/l

採取地点 *1	採取日	2月 2日	4月 27日	10月 18日	データ 数	平均値
那珂町 G0	濃度	N. S. *2	0.89	0.81	2	0.85
	誤差 2SD		0.07	0.07		
東海村 G1	濃度	1.41	1.41	1.44	3	1.42
	誤差 2SD	0.07	0.07	0.07		
東海村 G2	濃度	2.6	2.2	5.9	3	3.6
	誤差 2SD	0.4	0.5	0.3		
東海村 G4b	濃度	5.3	3.8	3.4	3	4.2
	誤差 2SD	0.7	0.5	0.3		
東海村 G5	濃度	3.3	2.9	2.8	3	3.0
	誤差 2SD	0.7	0.4	0.3		
東海村 G7	濃度	3.0	3.9	2.9	3	3.3
	誤差 2SD	0.6	0.4	0.3		
東海村 G9	濃度	1.41	1.48	1.44	3	1.44
	誤差 2SD	0.07	0.07	0.07		

*1; 年度報告書、NIRS-R-22, p.60に地点図記載。

*2; N.S.: 試料なし

表 4 1993年に茨城県で採取した海水のトリチウム濃度、Bq/l

採取地点	採取日	4月 27日	10月 18日
東海村 動燃前海岸	濃度	0.33	2.00
	誤差2SD	0.11	0.11
大洋村海岸	濃度	0.26	1.00
	誤差2SD	0.07	0.11

表5

1992年に採取した茨城県涸沼松川のトリチウム濃度、Bq/l

採取月日	4月 27日	7月 31日	12月 1日	データ数	平均値
濃度	0.85	0.86	0.99	3	0.90
誤差、2SD	0.07	0.07	0.07		0.07

表6

1993年に採取した茨城県涸沼松川のトリチウム濃度、Bq/l

採取月日	2月 2日	4月 27日	10月 18日	データ数	平均値
濃度	0.89	0.78	0.70	3	0.79
誤差、2SD	0.04	0.04	0.04		0.08

表7

1993年に採取した青森県六ヶ所村地表水の

トリチウム濃度、

Bq/l \pm 0.1 Bq/l (2SD)

採取日	10月 7日	11月 9日	12月 7日	平均値
老部川	1.0	N.S.*	0.9	1.0
二又川	0.9	0.9	0.9	0.9
室ノ久保川	1.1	1.1	1.0	1.1
後川	1.5	1.5	1.3	1.4
平沼川	1.3	1.3	N.S.	1.3
尾駮沼 (汽水湖)	0.6	N.S.	N.S.	0.6
鷹架沼 (汽水湖)	0.9	N.S.	N.S.	0.9
市柳沼	0.9	N.S.	0.9	0.9
田面木沼	1.0	N.S.	1.1	1.1
小川原湖	1.0	1.1	1.1	1.1

*N.S.:採取せず。

3. 人体臓器中の ^{239}Pu ・ ^{240}Pu 濃度

湯川雅枝・田中千枝子・佐藤愛子
(環境衛生研究部)

阿部 享・滝澤行雄
(秋田大学)

1. 目的

核爆発実験等によって生成したプルトニウム等の超ウラン元素は広範囲に大気圏内に拡散し、徐々に地球上に降下蓄積されている。また、原子力平和利用の進展に伴い、環境中の超ウラン元素濃度が増加するおそれがある。国民の健康安全の面から環境試料、人体臓器中のプルトニウム等の超ウラン元素濃度を測定し、その循環の機構を把握し、影響を評価するため環境試料、人体臓器中のプルトニウム等の超ウラン元素濃度を測定する。

2. 方法

(1) 試料採取

フォールアウト降下量の比較的多かった日本海側に居住して亡くなった人々の、肝臓、腎臓、脾臓、膵臓、肺、筋肉及び骨等主要臓器が秋田大学医学部の協力により、提供された。

(2) 試料の前処理

人体臓器試料を湿式灰化する前に、灰化時に使用する硝酸量の低減と作業時間の短縮を目的として試料の凍結乾燥を行っている。この際、乾燥の前後に試料の重量を測定し、臓器中の水分含有量を求めておく。

(3) プルトニウムの分離定量

^{239}Pu ・ ^{240}Pu は科学技術庁編の「プルトニウム分析法」に従って、灰化試料から陰イオン交換樹脂 (Dowex 1×8) を用いて分離し、ステンレス板上に電着した。プルトニウム量の定量は α 線スペクトロメーターにより実施した。

3. 結果

今年度は昨年に引き続き、4体分の人体主要臓器についてプルトニウムの定

量を行った。結果を表-1に示す。臓器中のプルトニウム濃度は、試料の保存時や解凍時に失われる組織水を考慮して乾燥重量当りとした。また、湿重量当りへの換算を可能にするために水分含有量も併せて表示した。

4. 過去の調査研究経過

環境中に放出されたプルトニウム等の超ウラン元素は大気、食品などを通じて人体内に取り込まれている。国民被曝線量評価の上で、人体臓器中のプルトニウムなど超ウラン元素の濃度レベルを知り、これらの元素の環境、生体間の循環を把握することは重要である。このような見地から、環境試料及び人体臓器中のプルトニウム等の超ウラン元素の濃度測定を継続実施している。

5. 今後の調査研究計画

人体臓器中のプルトニウム等の超ウラン元素の濃度測定を継続し、内部被曝線量評価に役立てる。また、環境から生体への超ウラン元素の移行を把握するために、大気浮遊塵、食品等の濃度分析と、他元素との相関関係などについても検討していく。

6. 平成5年度の研究発表

- (1) 湯川雅枝、田中千枝子、佐藤愛子、阿部享、滝澤行雄：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集。106-107. 1993.

表-1 人体臓器中のプルトニウム濃度

検体；女 73才				採取日：1984. 12. 19
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239} \cdot ^{240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	133.5	32.9	75.3	$*7.04 \times 10^{-5}$
肝臓	223.9	68.8	69.3	11.7×10^{-5}
腎臓	41.0	9.09	77.8	9.37×10^{-5}
膵臓	28.2	13.0	53.8	11.3×10^{-5}
脾臓	34.8	9.10	73.9	6.84×10^{-5}
筋肉	99.5	43.7	56.1	2.95×10^{-5}
骨	47.3			未処理
生殖器	9.30	2.74	70.5	25.1×10^{-5}
検体；男 67才				採取日：不明
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239} \cdot ^{240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	1234.4	29.2	76.3	未処理
肝臓	200.8	56.3	72.0	7.86×10^{-5}
腎臓	80.4	15.6	80.6	5.00×10^{-5}
膵臓	28.4	不明	不明	(88.5×10^{-5})
脾臓	38.2	9.76	74.5	7.76×10^{-5}
筋肉	56.2	12.4	77.9	$*7.32 \times 10^{-5}$
骨	62.5			未処理
生殖器	16.2	不明	不明	—

—；検出限界以下 ()；湿重量当り *；追加報告分

表-1 (続き)

検体 ; 男 72才		採取日 : 不明		
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239}\text{Pu} \cdot ^{240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	212.9	65.6	69.2	未処理
肝臓	194.7	58.5	70.0	11.1×10^{-5}
腎臓	50.9	8.59	83.1	21.1×10^{-5}
膵臓	18.2	不明	不明	(7.84×10^{-5})
脾臓	16.9	不明	不明	(2.41×10^{-5})
筋肉	132.7	23.2	82.5	—
骨	104.3			未処理
生殖器	16.8	不明	不明	—
胆のう	5.3	不明	不明	(23.9×10^{-5})
検体 ; 女 58才		採取日 : 1989. 2. 1		
	湿重量(g)	乾重量(g)	水分(%)	$^{239}\text{Pu} \cdot ^{240}\text{Pu}$ Bq/g·dry
肺	61.44	不明	不明	(1.02×10^{-5})
肝臓	109.1	不明	不明	(3.12×10^{-5})
腎臓	29.57	不明	不明	(5.49×10^{-5})
膵臓	16.51	不明	不明	(4.62×10^{-5})
脾臓	14.56	不明	不明	計測中
筋肉	25.44	不明	不明	計測中
骨	19.18	不明	不明	計測中

— ; 検出限界以下 () ; 湿重量当り * ; 追加報告分

4. 原子力施設周辺住民の放射性及び安定元素摂取量に関する調査研究

村松康行、柳沢 啓、坂内忠明
(環境放射生態学研究部)

1. 目的

原子力施設から環境中に放射性物質が放出された場合、その経口摂取量を予測することが必要である。そのためには、地域住民の食品摂取量及び食品に含まれる放射性核種及び安定元素濃度を把握しておくことが大切である。われわれは、以前より茨城県沿岸住民を中心に、食品消費量に関する実態調査を行ってきた。また、食品に含まれるCs-137、K-40、I-129などの放射性核種やSr、Zn、Mn、Co、Fe、Rb、Cs、Iなどの安定元素の分析を実施した。前年度は、Cs-137を濃縮する傾向にあるキノコに着目して分析を行った。今年度は、種々の安定元素について今までに得られたデータをまとめ、新たに分析値を加え、各食品群ごとの元素濃度の代表値を設定することを目的として調査研究を行った。放射性物質のみでなく安定元素も調べる理由は主として次の2点である。つまり、現在のところ食品中の放射性物質の濃度が低く、多くの場合検出限界以下であるため、安定元素を調べることにより放射性核種の食品への濃縮を予測することが必要である。また、体内における放射性核種の挙動や吸収は、共存する安定元素の量に影響されるため、食品中の安定元素濃度を把握しておくことが重要である。

2. 方法

食品試料は、東海村、那珂湊を中心に市場や農家で購入したり、一部の農作物については放医研東海施設（又は東海圃場）で栽培した。それらを凍結乾燥した後ミキサーで粉碎し分析試料とした。

用いた分析法および分析対象元素は以下の通りである。

中性子放射化分析法 (NAA) : As, Br, Co, Cs, Fe, Hg, K, Rb, Se, Zn;

ICP発光分析法 (ICP-AES) : Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, P, Sr, Zn;

アノード・ストリッピング・ボルタメトリー (ASV) : Cd, Cu, Pb, Zn。

分析結果の一部は以前の放射能調査報告書で報告した。今回は、これらの値

と新たに得られた分析値および文献値ををもとに、国民栄養の現状（厚生省）の食品群に従って分析値をまとめ、各食品群別に元素の代表的な濃度を設定した。

3. 結果（平成5年度）

食品群ごとの種々の元素濃度の代表値について得られたデータを表-1に示す。（ただし、CoやCsなど分析したが検出限界以下の値が多い元素は除いてある。）この表より明らかになった食品群別の元素濃度の特徴は以下の通りである。Asは海藻に非常に多く含まれている。Caは海藻、牛乳および緑黄色野菜に多い。Cd、Cu、Mnは海藻や米に多い傾向にある。Fe、Mg、K、Pbも海藻に多いが、そのうちKは他の食品群にも多く含まれている元素である。Pは、豆、海藻、卵に多い。Seは魚介類および卵に高い値が見られた。

これらの値に、各食品群の消費量をかけ合わせることで、それぞれの元素の経口摂取量を推定することが可能となる。

これらの値は、放射性核種のクリティカル経路になる可能性のある食品を同定する上で役に立つ。また、放射性核種の体内での挙動は共存元素の量とも関係するので、これらのデータが参考になる。

4. 過去の調査研究経過・経緯

過去に実施した調査研究は以下の通りである。

- イ) 那珂湊、大洗、久慈浜等の漁業世帯を中心に食品消費実態調査を行った。
- ロ) 東海村を中心に、農作物消費実態調査を行った。
- ハ) ヨウ素-129の分析法を確立した。
- ニ) 各種食品中の放射性核種（Cs-137、K-40等）及び安定元素（Zn、Mn、Co、Sr、Cs、Rb等）の定量を行った。
- ホ) 各種キノコ中に含まれるCs-137、Cs-134、K-40の定量を行いキノコを食べることによる被曝線量を算定した。

5. 今後の調査研究計画・方針

食品の分析データをさらに増しデータベースとしてまとめ、被曝線量評価に結び付け解析する予定である。また、食品の消費実態調査のデータも増やし（年齢別調査等）、放射性核種及び安定元素の経口摂取量を算定する。

6. 平成5年度の研究発表

- (1) 坂内、吉田、村松：理工学における同位元素研究発表会、東京、1993.7.

(2) 村松、吉田、坂内、柳沢：第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集、
108-109、 1993.

表一 食品群別食品中の代表的な元素濃度 (ppm)

食品群**	As	Ca	Cd	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	P	Pb	Se	Zn
穀類 (乾)													
米類	0.08	100	0.1	2.2	3.9	0.005	810	370	10	1000	0.05	0.02	18
小麦およびその他	0.01	130	0.01	1.5	10	0.005	1300	290	4.2	950	0.05	0.1	4.3
いも類	0.01	150	0.01	1.3	5.1	0.003	4000	200	2.7	400	0.05	0.03	3
豆類	0.02	100	0.03	4	40	0.02	5000	800	9	3000	0.01	0.03	30
野菜類													
緑黄色野菜	0.01	1300	0.05	1	15	0.01	4000	500	5	590	0.1	0.02	8
その他	0.001	500	0.01	0.4	4	0.003	3000	130	1.5	500	0.06	0.03	2.5
果実類	0.005	100	0.005	0.6	3.5	<0.01	1900	130	1.3	180	0.05	0.001	0.6
海藻類 (乾)	35	5000	0.25	15	250	<0.01	10000	2500	20	750	1	0.1	40
魚介類	2	200	0.01	0.7	10	0.15	3900	360	0.2	2500	0.2	0.6	5
肉類	0.05	60	0.01	1	20	0.005	2500	150	0.4	1400	0.1	0.3	20
卵類	0.05	600	0.01	0.9	30	<0.01	1300	100	0.3	2000	0.1	0.5	20
牛乳および乳製品	0.003	1100	0.001	0.1	1.0	0.001	1500	100	0.05	1000	0.05	0.02	3

[注] 元素濃度のデータは本研究で得られた分析値を主とし文献値 [寺岡他(1981)、田中他(1974)、細貝他(1980)] を参考にして設定した。

* 重さは断りのない限り湿重量で示す。「乾」は乾燥重量。

** それぞれの食品群の代表食品として以下のものを選んだ。いも類:じゃがいも及びさつまいも、豆類:大豆および豆腐、緑黄色野菜:ホウレン草およびニンジン、その他の野菜:キャベツおよび白菜、果実類:みかん及びびんご、海そう:ワカメおよびヒジキ、魚介類:マグロ、カツオ及びサケ、肉類:豚肉、牛肉および鳥肉、牛乳および乳製品:牛乳。

Ⅲ．放射能データセンター業務

放射能データセンター業務

1. 調査の概要

内外の放射能に関する資料を収集し、これを総合的に整理保存して必要なデータの迅速提供をはかるとともに一部をとりまとめて公表する。

2. 発刊等

(1) RADIOACTIVITY SURVEY DATA in Japan

昭和38年より”RADIOACTIVITY SURVEY DATA in Japan”を刊行している。本年度はNumber 102～105を刊行した。

対象は、環境試料として、

①大気浮遊塵、②降下物、③降水、④土壌

食品試料としては、

①穀物、②野菜類、③茶、④牛乳、⑤ドライミルク、⑥日常食、

⑦海産生物

であり、 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs についての分析結果を報告した。

また、降下物・牛乳中の ^{90}Sr 及び ^{137}Cs について四半期別にWHOへ報告を行った。

(2) 第42回国連科学委員会(UNSCEAR)報告書

第42回国連科学委員会会議は、1993年5月17日から5月28日までオーストリア国ウィーン市の国際センター会議場で開催され、この結果について報告書を作成した。

日本からは代表として松平寛通（放医研所長）、アドバイザーとして、佐藤弘毅（放医研障害基礎研究部長）、熊沢 蕃（原研東海保健物理部主任研究官）、篠原邦彦（動燃大洗安全管理部安全対策課長）、矢野周作（科技厅放射線安全課企画官）の5名が出席した。

(3) 第35回環境放射能調査研究成果論文抄録集（平成5年度）

平成5年12月1日(水)に科学技術庁主催の第35回環境放射能調査研究成果発表会が科学技術庁放射線医学総合研究所講堂で行われ、同論文抄録集の作成に協力した。

IV. 放射能調査結果の評価

に関する基礎調査

放射能調査の評価に関する基礎調査

1. 目的

我が国の国民の被ばく線量を評価するため、放射能調査結果及び人間集団に関する資料を整理することを目的とし、調査を民間機関に委託した。

2. 委託課題及び委託先

(1) 「国民線量推定のための基礎調査（XⅦ）」

財団法人 放射線影響協会

(2) 「ICRP勧告の日本人への適用に関する調査」

社団法人 日本医学放射線学会

3. 国民線量推定のための調査

(1) 調査目的

天然源及び自然源からの放射線による国民線量の推定値が合理的な考えのもとに全国的規模で求められれば、原子力の利用、ラジオアイソトープの利用等において、放射線、放射性物質にかかわる、いわゆる環境放射線問題の解決に標準的なものとして欠かせないものになる。

このような国民線量推定においては、人も含めた環境の放射線、放射性核種レベルの分布、挙動、時間的推移の測定が第1に重要であることはいうまでもない。

しかし、測定のみで国民線量を合理的に推定できるわけではない。日本人の生活習慣の実態、人工動態等周辺の資料、それも線量推定上適切な資料がてには入らなければ国民線量を求め得ない。このような有用な資料の収集は、その線量推定への有効性を検証しながら行わなければ資料の意味が薄れてしまうので、着実に進行させなければならず、測定におとらず長期間を要するものである。またある面では、周期的に見直す必要がある。

本調査研究の目的は、上記のような国民線量推定上重要な因子となる有効な資料を収集し、これを解析することにある。

(2) 調査内容

①国内・外におけるラドン及びその娘核種の空气中濃度測定データの調査収集を行う。

- ②日常食品中の天然放射線核種による被ばく線量を推定するため、年齢（胎児・幼児も考慮）、性、職業、摂取量等を考慮した食物に含まれる地域別放射性核種濃度のデータ収集を行う。
- ③国民の被ばく線量を推定するため、生活時間、建築物の種類、構造及び建築材料のデータの収集を行う。

(3) 調査結果

①ラドン及び娘核種について

ラドンとその娘核種濃度の経時変化と気温・気圧との関連について実測例を得るとともに、地下室のラドン発生状況に関する実験結果をまとめ、また、海外の事例としてマレーシアでの測定例とカナダでの航空機による測定例を取りまとめた。

②食物摂取量について

主としてアルファ放射核種の摂取量について文献をまとめた。また、厚生省による調査等、乳幼児の身体、乳幼児の乳・食品摂取量についてまとめた。

③医療被ばく等について

医療被ばく及び職業被ばくによる集団実効線量当量をまとめた。

4. ICRP勧告の日本人への適用に関する調査

(1) 調査目的

ICRP勧告1990は、現在日本での法制化が検討されており、近い将来法律として適用されるであろう。新勧告の最も重要な部分は職業被ばくの線量限度が従来の年間50mSvが20mSvに引き下げられたことである。

本調査目的は、放射線作業従事者がこの線量限度に対し対応可能かをアンケートにより実情調査する。また、今年度は上部消化管透視・撮影および注腸検査について全国規模のアンケート調査を行い、さらに分析結果を信頼性の高いものにする。

(2) 調査方法

各放射線施設の放射線作業従事者にアンケート調査を行い、今年度は医療現場における上部消化管透視・注腸検査についてアンケート調査を行う。さらに分析結果を整理・解析を行う。

(3) 調査結果

作業者が被ばくに伴う作業を行っているときの安全性に関する国際的な考え方を、日本人に適用するためにICRP勧告における医療被ばくの位置付けに関するデータを得た。

V. 環境放射線モニタリング

技術者の研修

環境モニタリング技術研修

(養成訓練部)

1. 目的

本研修は、科学技術庁の放射能調査計画のもとに、各都道府県で行われている放射能調査の実務担当者を対象として行うものであって、実践的な講習と実習により当該環境放射能調査の標準化・技術水準の向上を図ることを目的としている。

2. 方法及び結果

(1) 名称

環境放射線モニタリング技術課程

(2) 実施場所

科学技術庁 放射線医学総合研究所 養成訓練棟

(3) 研修方法

本研修は、各都道府県における事務担当者の配置状況を考慮して、従来4年を1周期として実施してきたが、平成6年度から新たに2年を1周期として実施する予定である。

第16回環境放射線モニタリング技術課程（平成5年度）に参加した人員とその区分は以下のとおりである。

研修生所属機関の都道府県人員区分

番 号	都道府県機関名	参加人数
1	青森県環境保健センター	1
2	千葉県環境研究所	1
3	神奈川県衛生研究所	1
4	静岡県環境放射線監視センター	1
5	岐阜県保健環境研究所	1
6	大阪府立公衆衛生研究所	1
7	和歌山県衛生公害研究センター	1
8	山口県衛生公害センター	1
9	徳島県保健環境センター	1
10	愛媛県公害技術センター	1
11	高知県衛生研究所	1
12	佐賀県環境センター	1
13	鹿児島県川内環境監視センター	1
14	沖縄県公害衛生研究所	1

環境放射線モニタリング技術課程

年度別（平成6年～7年）研修計画（1周期／2年）教科目概要

年 度	講 義	実 習	
第17回 平成6年 10月 実施予定 1)基礎 コース (1年度)	原子物理	2単位	放射線測定の基本 8単位 β線の測定 4単位 γ線の測定 6単位
	放射線と物質の相互作用	1単位	
	放射線の単位	1単位	
	放射化学	2単位	
	放射線測定	3単位	
	非密封R Iの安全取り扱い	1単位	
	環境放射線	3単位	
	放射線測定と核データ	2単位	
	放射線生物学	1単位	
	放射線の人体への影響	1単位	
	α、β放出核種の生物影響	1単位	
	環境放射線モニタリング指針	1単位	
	第18回 平成7年 10月 実施予定 2)応用 コース (2年度)	サンプリングの問題点	
データ解析の問題点			
環境中のR I移行			
緊急時モニタリング			
大気モニタリング			
測定器および分析法の比較			
内部被ばく 線量測定		等	

環境放射線モニタリング技術研修課程実績

No. 1

実施回数・年度	第1回 53年度	第2回 54年度	第3回 55年度	第4回 56年度	第5回 57年度	第6回 58年度	第7回 59年度	第8回 60年度	第9回 61年度	第10回 62年度
実施期間	10.23 ～ 11.2	10.15 ～ 10.26	10.20 ～ 10.30	10.19 ～ 10.30	9.20 ～ 10.1	10.3 ～ 10.15	10.15 ～ 10.26	10.21 ～ 11.1	10.20 ～ 10.31	10.19 ～ 10.30
北海道						1	1	2*	1	1
青森県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
岩手県										
秋田県	1	1	1	1	1	1	1			
山形県	1				1		1	1	1	1
宮城県		1	1	1	1	1	1	1	1	1
福島県		1	1	1			1	1	1	
茨城県	1		1	1	1	1	1	1	1	1
栃木県										
埼玉県				1	1	1	1	1		
千葉県										
東京都		1								
神奈川県	1	1	1	1	1	1	1	1		
川崎市										
横浜市										1
新潟県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
富山県										1
石川県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
福井県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
静岡県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
長野県	1	1	1	1	1	1	1	1		
愛知県	1	1	1	1	1					
岐阜県										
滋賀県										
京都府	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
大阪府		1							1	1
兵庫県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
和歌山県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
鳥取県		1	1	1	1	1			1	
島根県	1	1	1	1*						
岡山県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
広島県	1	1	1	1						
広島市										
山口県		1	1	1	1	1			1	1
徳島県										
香川県										
愛媛県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
高知県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
福岡県	1	1	1		1	1	1	1	1	1
佐賀県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
長崎県	1	1	1	1	1		1	1	1	1
大分県										
熊本県										
鹿児島県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
沖縄県	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
合計	24	28	27	27	26	24	25	25	24	24

環境放射線モニタリング技術研修課程実績

No. 2

実施回数・年度	第11回 63年度	第12回 元年度	第13回 2年度	第14回 3年度	第15回 4年度	第16回 5年度					計
実施期間	10.17 ～ 10.28	9.11 ～ 9.22	10.23 ～ 11.2	10.15 ～ 10.26	10.12 ～ 10.23	10.12 ～ 10.22					
北海道	1	1									8
青森県	1	1	1	1	1	1					16
岩手県			1	1							2
秋田県											7
山形県	1										7
宮城県	1	1									11
福島県	1		1	1							9
茨城県	1	1	1	1							13
栃木県		1									1
埼玉県											5
千葉県			1	1	1	1					4
東京都											1
神奈川県			1	1	1	1					12
川崎市				1							1
横浜市	1	1	1								4
新潟県	1	1									12
富山県	1	1									3
石川県	1	1	1								13
福井県		1	1								11
静岡県	1	1	1			1					13
長野県	1	1	1	1							12
愛知県											5
岐阜県			1			1					2
滋賀県			1								1
京都府	1	1	1	1	1						15
大阪府	1	1				1					6
兵庫県	1	1									12
和歌山県	1	1	1	1	1	1					16
鳥取県	1			1							8
島根県	1	1									6
岡山県	1										11
広島県											4
広島市				1							1
山口県	1		1	1	1	1					12
徳島県				1	1	1					3
香川県			1	1							2
愛媛県	1	1	1	1	1	1					16
高知県	1	1	1	1	1	1					16
福岡県	1			1							11
佐賀県	1	1				1					13
長崎県	1	1	1	1							13
大分県			1								1
熊本県				1							1
鹿児島県	2	2	1	2	1	1					20
沖縄県	1	1	1	1	1	1					16
合計	28	24	22	23	11	14					376

VI. 緊急被ばく測定・対策

に関する調査研究等

概 要

原子力施設における災害に起因する人体の放射線被ばく・環境汚染による影響等に関する対策を確立するための調査・測定及び研究を推進するとともに、併せて看護要員・救護要員等に対し緊急被ばく時の測定・防護・救護・被ばく評価等について教育及び訓練を行い、原子力災害における緊急被ばくの防災対策に資することを目的として、以下の項目について調査研究及び整備等を進めてきた。

1. 緊急被ばく線量評価法に関する研究 (ESR)
2. 環境放射能迅速評価システム (ERENS)
3. 緊急被曝医療体制の整備に関する調査研究
4. 緊急被ばく救護訓練過程
5. 緊急モニタリング体制
6. 緊急医療体制

1. 緊急時被ばく線量評価法 に関する研究

— 一般人用緊急時個人モニターマニュアル案 —

中島敏行、白石久二雄（環境放射生態学研究部）

1. 緒言

広島、長崎での原爆被爆やチェルノブイリ事故にみられるように一般住民が放射線に被曝する事故等が起こっている。このような人々への医療、健康影響を考えたとき、その被曝線量を推定することは重要なことである。

本課題は、チェルノブイリ事故以後、急遽設定された課題の一つである。われわれは電子スピン共鳴（ESR）現象を被曝線量評価に利用することを1972年、世界に先駆け提唱してきた。前述の事故以後、この方法に最適な物質の発見と特性研究をし、その実証例として、チェルノブイリ事故時に住民が避難し、プリピャチ市の屋内に残っていた砂糖8試料から屋内線量を推定した。その結果、避難市民の被曝線量について、我々の結果と旧ソ連の結果とは良い一致をみた。これにより、本方法の実用性が証明できた。

2. 調査研究の概要

本年度はこれまでの調査研究結果の中間的まとめとして、143ページの報告書と20ページの「一般人用緊急時個人モニター」マニュアル（案）を作成した。

3. 結果

マニュアル案を別添に示す。

4. 過去の調査研究経過・経緯

本課題は、チェルノブイリ事故以後、急遽設定された課題の一つである。われわれは電子スピン共鳴（ESR）現象を被曝線量評価に利用することを1972年世界に先駆けて提唱してきた。前述の事故以後、この方法に最適な物質の発見と特性研究をし、その実証例として、チェルノブイリ事故時に住民が避難し、プリピャチ市の屋内に残っていた砂糖8試料から推定した屋内線量を推定して

きた。その結果、避難市民の被曝線量について、我々の結果と旧ソ連の結果とは良い一致をみた。これにより、本方法の実用性が証明できた。

5. 今後の調査研究計画・方針

歯牙のエナメル質のESR法に関する基礎的研究を後継者に指導、教育し、その方法を研究して行く。

6. 当該年度の研究発表

- (1) 中島敏行：緊急時被曝線量評価法に関する研究、放射能調査研究最終報告書（I）、
- (2) 中島（起草者）：一般人用緊急時個人モニター マニュアル（案）、1994. 3. 提案。
- (3) 中島：電子スピン共鳴法による被曝線量評価の現状、第21回放医研環境セミナー、千葉、 1993. 12.
- (4) T. Nakajima:
ESR of Sugar as Personnel Monitor for Radiation Emergencies,
(投稿中)

一般人用 緊急時 個人モニター

マニュアル (案)

目 次

第1章 序論

第2章 用語の説明

第3章 緊急時個人モニター（砂糖ESRモニター）

第4章 砂糖ESRモニターの携帯

- 4-1 砂糖ESRモニターの選択条件
- 4-2 携帯する砂糖ESRモニターの量
- 4-3 砂糖ESRモニターの包装
- 4-4 携帯時の注意
- 4-5 砂糖ESRモニターの携帯位置

第5章 測定

- 5-1 ESR装置の運転条件
- 5-2 被曝砂糖ESRモニターのESR測定試料の作成
- 5-3 ESR測定

第6章 測定結果の評価法

- 6-1 砂糖ESRモニターの校正の必要性
- 6-2 校正定数決定の手順

- 6-3 基準照射の線量と線源
- 6-4 被曝砂糖ESRモニターのESR吸収量の決定
- 6-5 BG用砂糖モニターを選択とESR吸収量の決定
- 6-6 校正定数法による被曝砂糖ESRモニターの被曝線量決定法
- 6-7 大線量評価値への対応

解説1 砂糖ESRモニターの一般的事項

解説2 砂糖ESRモニターの放射線特性

解説3 自己線量と自然放射線の寄与

参照図表

第1章 序 論

本マニュアルでは、一般住民用緊急時対応の個人モニターについて定めた。モニターの放射線センサーとしては、家庭、職場などにある普通の砂糖を利用し、電子スピン共鳴装置で測定する方法である。

現在、緊急時における一般住民個人の被曝線量測定法またはモニター法は定まったものはない。緊急時において、個人の被曝線量情報は医療対応策の立案上のみならず他の対応策の立案上からも重要な因子である。

そのため、マニュアルの作成にあたっては、一般住民が容易に携帯でき、経済性、普及性、汎用性および放射線特性に優れたモニター材料の利用の観点から、砂糖ESRモニターのマニュアルを作成した。まず、第2章は本マニュアルで使う主な用語につき説明し、第3章では一般住民用の被曝線量モニターが持つべき条件と性能を記し、第4章には緊急時に個人が所持するモニター用砂糖の選択法と携帯の仕方を、また、第5章では、砂糖ESRモニターのESR測定の仕方を、第6章はESR測定の結果から線量を評価する仕方について記した。

マニュアル本文の記述をなるべく簡潔にする必要上、追加説明および参考事項等を「解説」として本文の後に加えたので、必要に応じて参照されたい。

第2章 用語の説明

1. 電子スピン共鳴 (E S R) 吸収

遊離基などを含む物質を磁場内に置き、マイクロ波を照射したとき、物質がマイクロ波エネルギーを吸収すること。物質のE S R吸収を測定する装置をE S R装置とする。

2. 砂糖電子スピン共鳴 (砂糖E S R) モニター

緊急時被曝線量評価、推定に用いることを目的として、使用する砂糖など糖類とする。

3. 砂糖試料

砂糖E S Rモニターから取り出し、E S R測定のために秤量した砂糖。

4. B G用砂糖E S Rモニター

砂糖試料とE S R装置のバックグラウンド雑音 (B G) 測定に用いる未放射線照射の砂糖E S Rモニター。

5. 標準試料

砂糖E S RモニターのE S R吸収強度測定において、E S R吸収強度の基準にするマンガンを試料または基準となる物質。E S R空洞共振器内の標準試料の量は常に一定とし、砂糖試料と同時測定する。

6. 信号加算回数

物質内の遊離基などからのE S R信号を繰り返し測定し、加算する回数。

E S R吸収強度は加算回数に比例し、E S R測定時の雑音は加算回数の平方根に比例する。このため、加算回数の増加はS / N比の良い測定結果が得られる。

7. E S Rスペクトル

物質のE S R吸収を測定した時、磁場強度に対する遊離基などの数量分布の図。通常、微分型のE S Rスペクトルを指す。

8. E S R吸収強度

対象の遊離基などが示すE S Rスペクトルのピークからピークまでの大きさ。

9. ESR吸収量

同時測定したマンガン標準試料の6本のESR吸収強度の平均値で規格化した砂糖試料のESR吸収強度。但し、マンガン標準試料以外の標準試料を使用した場合、そのESR吸収強度の平均値で規格化した砂糖試料のESR吸収強度を指す。

10. 感度

単位線量当たりの砂糖試料のESR吸収量。

11. 経時変化（フェーディング）

照射直後の砂糖試料のESR吸収量(I_0)とある時間経過した同一砂糖試料のESR吸収量(I_t)との比 (I_t/I_0)。

12. 比例性

砂糖試料の被曝線量とそのESR吸収量との比例関係。比例性のよしあしをその相関係数で表す。

13. 校正定数

ESR吸収量から線量を導くための定数であり、感度の逆数。

第3章 緊急時個人モニター（砂糖ESRモニター）

緊急時において、一般住民個人の被曝線量を測るセンサーとして使用されるモニターは次の条件下で使用される。

- (1) ガンマ線のエネルギーは既知または未知であり、そのエネルギー範囲は不確定である。また、線量率も一定しない。
- (2) 緊急事態発生時には、携帯すべき市販モニターは入手困難である。

上の条件下で、一般住民が個人で放射線被曝に対応するための個人モニターとして使用する放射線センサーの材料は次の放射線特性などの要件をよく満たすことが必要である。

- 1) 経時変化がないか、少ない。
- 2) 比例性がよい。
- 3) 最小検出線量が0.05 Gy以下である。
- 4) ばらつきが少ない。
- 5) 自然環境下での感度の温度特性依存性が少ない。
- 6) 自己照射、バックグラウンド（以下BGと略す）がない。
- 7) エネルギー特性が少ない。
- 8) 溶解、潮解の影響がない。
- 9) 破砕・粉末化影響がない。

これらの要件のうち、緊急時用個人モニターとしては少なくとも要件1)から要件7)までの条件が必要である。砂糖は1)から7)までの要件を満たしている（解説2参照）。

第4章 砂糖ESRモニターの携帯

4-1 砂糖ESRモニターの選択条件

一般住民用緊急時個人被曝モニターとして、砂糖を使用する場合、次のような砂糖を選ぶこと。

- 1) グラニュー糖のような微細結晶性砂糖。
- 2) 精白糖。
- 3) ざらめ糖。

これらの他に果糖、ブドウ糖などの微細結晶糖類でもよい。

用いる事が出来ないか望ましくない砂糖は次のもの

- 1) ケーキ用粉末砂糖。
- 2) 氷砂糖及び大粒の結晶性砂糖。
- 3) 角砂糖。

4-2 携帯する砂糖ESRモニターの量

砂糖ESRモニターとしては、約3グラムを携帯すること。

4-3 砂糖ESRモニターの包装

防湿と携帯性から、ステック・シュガーの砂糖のように紙で包装するか、合成樹脂の袋に入れた砂糖を砂糖ESRモニターとする。

4-4 携帯時の注意

被曝砂糖が水に溶解した場合、砂糖から放射線影響が消失する。このため水分、湿気に十分注意する。

4-5 砂糖ESRモニターの携帯位置

総理府令第56号第4章20条2項1号で定められた放射線作業従事者の測定部位と同位置に砂糖ESRモニターを装着、携帯する。

一般には胸部、例えば、胸ポケットに入れる。女子の場合、腰部に砂糖ESRモニターをつけてもよい。装着または携帯位置は線量測定が終了するまで変えてはならない。

第5章 測 定

放射線被曝した砂糖ESRモニターの被曝線量測定のためには、ESR装置でESR吸収量を測定するにあたって、以下のことに十分配慮すること。

5-1. ESR装置の運転条件

1. 使用するESR装置はESR信号加算システム付きのXバンドESR装置を使用する。
2. 中心磁場はそれぞれ約335mT付近に設定し、掃引磁場の範囲は約15mTとする。
3. マイクロ波の供給電力は5mW程度とする。
4. 変調磁場は1.2mT程度とする。
5. 時定数は0.03秒とする。
6. 一度の磁場掃引時間は2～4分間とする。

ESR装置の運転条件は全ての線量評価作業が完了するまで保持する。

5-2. 被曝砂糖ESRモニターのESR測定試料の作成

1. 回収した砂糖ESRモニターを開封後、砂糖試料を破碎、粉碎しないよう十分に注意して、よく混ぜ、一砂糖試料当り500mgを秤量する。
2. 秤量した砂糖試料を石英製ESR試料管に入れ、軽く振動し、隙間をなくす。
3. 石英製ESR試料管は常に同一の管を使用する。または、内外径がともに近い複数の試料管を使用する。
4. ESR試料管はX-バンド用試料管を使用する。

5-3. ESR測定

1. ESR測定は室温で行う。
2. 砂糖ESRモニターの測定には、一定量のマンガン標準試料または、他の標準試料とともに同時測定する。
3. ESR信号の加算回数は20回程度とし、被曝線量により、加算回数を変える。

第6章 測定結果の評価法

6-1. 砂糖ESRモニターの校正の必要性

ESR装置は線量計測用装置として、製品化されていない。測定した被曝砂糖ESRモニターのESR吸収量から線量への換算には、付加線量法と校正定数法のいずれかを使う。但し、緊急時の特殊事情から、線量評価には簡便な校正定数法のみを使う。校正定数はESR試料管間の内外径の一様性とESR装置の運転条件により変動する。予め、同じような内外径の試料管を使い、ESR装置ごとに砂糖ESRモニターの校正定数を求める必要がある。

6-2. 校正定数決定の手順

5種以上の既知線量 ($d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 \dots$) 照射した砂糖ESRモニターから5個以上の砂糖試料を取り出し、その平均ESR吸収量 ($a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 \dots$) とそのBG用砂糖ESRモニターの平均ESR吸収量 (\bar{B}) を求める (6-5を参照)。これらから正味のESR吸収量 ($A_i = a_i - \bar{B}$) を求める。この正味のESR吸収量と線量との一次回帰を取り、比例関係の勾配または単位線量当りの平均ESR吸収量 [$S = (\sum A_i / d_i) / i$] を得る。この値をESR装置と全砂糖ESRモニターによって定まる感度とし、その逆数を校正定数として使用する。

6-3. 基準照射の線量と線源

校正定数をもとめるために照射する基準照射線量は0.5、1、3、5、10 Gy程度の5段階とする。線源は ^{137}Cs または ^{60}Co γ 線源を使用する。基準照射する場合、平滑に延ばした砂糖ESRモニターを厚さ約4 mmのビルドアップ用アクリル樹脂板で覆い、砂糖ESRモニターに対し垂直方向から γ 線を照射する。その場合、後方散乱を極力避ける。照射野は砂糖ESRモニターの大きさより十分に広くする。

6-4. 被曝砂糖ESRモニターのESR吸収量の決定

被曝砂糖ESRモニターの砂糖試料のESR吸収強度 (c) は同時測定したマンガン標準試料の6本、または、他の標準試料のESR吸収強度の平均値 (R) と

の比 (c/R) を求め、これを被曝砂糖モニターの ESR 吸収量 (C) する。

6-5. BG用砂糖 ESR モニターの選択と ESR 吸収量の決定

BG用砂糖 ESR モニターとして使用する砂糖は、使用前 1 年以内に製造され、人工放射線の未照射のものとする。

BG用砂糖 ESR モニターの平均 ESR 吸収強度 (\bar{B}) と同時測定したマンガン標準試料の 6 本、または、他の標準試料の ESR 吸収強度の平均値 (R) との比 ($b = \bar{B}/R$) を求め、これを BG用砂糖 ESR モニターの ESR 吸収量 (b) とする。

6-6. 校正定数法による被曝砂糖 ESR モニターの被曝線量決定法

被曝砂糖モニターの線量評価は被曝砂糖モニターと BG用モニターの ESR 吸収量の差 $d = (C - b)$ に校正定数 $1/S$ を掛けて得られた値を被曝線量とする。

6-7. 大線量評価値への対応

緊急時では、砂糖 ESR モニターから得られる個人の被曝線量データは 1 人当り 1 データであろう。もし、その被曝線量の評価値が 0.5 Gy 以上の場合、その値の確認のため、残りの砂糖 ESR モニターで、少なくとも 3 試料を測定し、確認作業を行う。その結果を検定した後に、被曝線量を決定する。

解説1 砂糖ESRモニターの一般的事項

解説1-1. ESR吸収曲線

線量評価しようとする物理量のESRスペクトルのパターンが単純であればあるほど、容易かつ正確に線量評価ができる。そこで非照射の物質が示すESR吸収曲線とBG信号が殆どない物質に放射線照射したとき、その物質が示すESR吸収曲線をそれぞれ図1と2に例示した。

物質によってはBGとして、強いESR信号を呈するものがある。例えば、帆立貝（図1参照）、牡蠣、アコヤ貝の貝殻からはMnイオンに起因する信号が、また、お茶（図1参照）、体毛や琥珀などからは遊離基に起因するESR信号が観測できる。

一方、放射線照射した砂糖、貝殻が示す単純なESRスペクトル・パターン（図2参照）もあれば、複雑なパターンを示すものもある。特に、低線量評価では、BGが少なく、単純なESRスペクトルを呈する物質が望ましい。

解説1-2. 個人モニターのその他の条件

第3章で述べた放射線特性関係の9条件の他に、一般人用緊急時の個人モニターの放射線センサーは、次の4条件を可能な限り満たすことが望まれる。

- 1) 個人または家庭、職場など身近にあり、安価で、入手が容易なもの。
- 2) 試料作りが不要か簡単で、それにより、BG信号が発生、増加しないもの
また、目的の信号を乱さないもの。
- 3) 取り出し信号のうち放射線被曝による信号パターンが単純なもの（複雑なESRスペクトル・パターンから必要信号を取り出すのは多くの誤差を含むことになる）
- 4) 放射線特性が線量計材料の産地に依存せず、普遍性のあるもの。

これらの条件は物理的線量評価法のみでなく生物学的方法についても同様に必要かつ十分な条件である。しかし、これらの13の条件全てが満たされることは稀である。可能な限り多くの条件が満たされる物質を選択する必要がある。

解説 2 砂糖 ESR モニターの放射線特性

解説 2-1 経時変化とその温度依存性

室温で照射し、室温、55℃、100℃で保存した場合の砂糖 ESR モニターの経時変化を図 3 に示す。室温保管した場合、照射後 11 週間後でも放射線照射によって生じた遊離基はほとんど消滅せず、安定している。我が国の夏は高温である、また、国によっては 40℃ を越える場合もある。このような条件下では、放射線により生成した遊離基の寿命は影響される可能性がある。

図 3 は 55℃、100℃ で長期にわたり保存しても遊離基は消滅しないことを示す。これは自然環境下の温度変化内であれば、被曝した砂糖 ESR モニターの経時変化は配慮する必要がないことを示している。

解説 2-2. 線量と ESR 吸収量の比例性

線量と砂糖 ESR モニターの ESR 吸収量との比例関係を図 4 に示す。図 4 が示すように、砂糖 ESR モニターは 3×10^{-2} Gy から 80 Gy まで、よい比例性がある。この性質は 6×10^4 Gy まで確認されている。しかも、線量と ESR 吸収量との相関係数は 0.99 である。従って、砂糖 ESR モニターで大線量測定から小線量の 0.03 Gy 迄の線量測定が可能である。

解説 2-3. 最小検出線量

砂糖 ESR モニターの検出線量限界を次の条件で調べられている。

砂糖 ESR 試料の重さは 500 mg、信号加算回数は 100 回、マイク波出力を 5 mW、変調磁場 1.2 mT で測定する。砂糖 ESR モニターの BG の ESR 吸収量は 0.371 ± 0.037 あり、0.5 mGy 照射（軟組織線量相当）した砂糖 ESR モニターの ESR 吸収量は 0.469 ± 0.023 であった。

この両者の差の検定（危険率 95%）を行い、ESR 測定者の熟練度を考慮した安全係数 40 を見込みだ場合、砂糖 ESR モニターの検出線量限界は 20 mGy である。この値は砂糖 ESR モニターの BG の大小と ESR 装置の雑音状況により変動する。

解説 2-4. エネルギー特性

物質と放射線との相互作用から遊離基が生ずる。この ESR モニター材料も例

外なく放射線のエネルギーによって、単位照射線量当りのESR吸収量が変わる。実効原子番号6.92の砂糖は空気の7.64に近いので、光子エネルギーに対する砂糖ESRモニターの感度のエネルギー依存性は ^{60}Co の γ 線エネルギーにおける感度に比して38keVまで比較的一様な感度を有している。図5は単位照射線量当りの砂糖と貝殻のESR吸収量のエネルギー依存性を示す。

解説 2-5. ばらつき

一般のモニターの被曝線量の値付けに際し、モニター個々について、付加線量法のような校正曲線を製作し、線量評価することは、特に、緊急時のような混乱時には不適切である。モニター間の感度に差が少なく、同一種の全てのモニターに適用できる感度を有するモニターが望まれる。

表1は各国産の砂糖ESRモニターの相対ESR感度と経時変化である。

砂糖ESRモニター間の感度のバラツキは少なく、変動係数で表したとき感度のバラツキは約3%であった。従って、事前に、ESR装置と砂糖ESRモニターとの関係において、感度を求めておくならば、砂糖ESRモニターの被曝線量の値付けは、この校正定数を簡易的に利用することができる。

解説 2-6. 破碎/粉末化特性

ESR測定では、特殊な試料を除けば、試料は切断、破碎、粉末化し、内径約3mmのESR試料管に入れ、その吸収量を測る。このため、未照射、照射の試料の切断、破碎、粉末化の影響は十分に求めておく必要がある。

未照射砂糖ESRモニターを粉末化した場合の影響を図6に示す。比較のため、粉末化しない同一砂糖ESRモニターに3.16 Gy照射したときのESR吸収量も示した。また、粉末化した際の粒度とそれにより生成した遊離基濃度を比較のため吸収線量相当で表した。

粒度が低下すると生成した遊離基数は増加し、その値は時として10 Gyを越える。このため、砂糖ESRモニターの取扱には粉碎することのないよう注意が肝要である。

解説 2-7. 溶解、潮解の影響

潮解性、溶解性のあるモニターが受ける水分の影響を図7に示す。図7は大線

量照射した砂糖とそれを溶解した溶液中の遊離基濃度の変化状況である。溶液からは全く遊離基の痕跡さえみられない。従って、このような砂糖ESRモニターを扱う場合、湿気、水分に十分配慮する必要がある。

解説3 自己線量と自然放射線の寄与

精糖段階において、砂糖には多少なりとも遊離基が生じる。その量は製品によって異なる。砂糖内にある遊離基と自然放射線被曝により生成される遊離基の数の総和を線量に換算した値を自己線量とする。その線量は自然放射線の被曝線量総和に左右されるため、砂糖が置かれた場の自然放射線線量率と精糖後の経過時間との積で変わる。従って、自然放射線が高い地域にある古い砂糖はそれだけ自己線量が多くなる。例えば、 1 mGy/y の自然放射線的环境下にあった5年前の砂糖を砂糖ESRモニターとしても、そのBGの線量は 5 mGy 程度である。このような砂糖でも、緊急時には十分に利用できるものと云える。

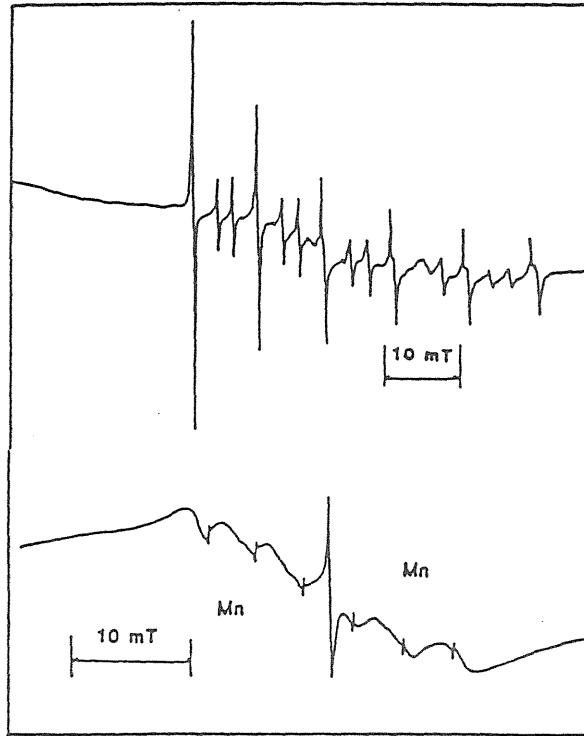


図1 帆立貝の貝殻（上図）と茶（下図）のBG-E S R
 スペクトル（茶の場合、Mn⁺²標準試料のE S R吸収
 ピークが見られる）

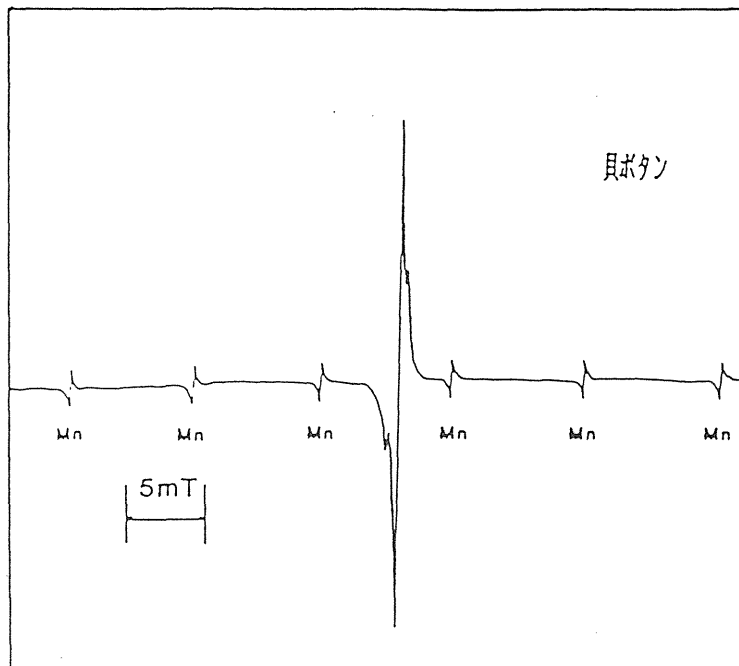
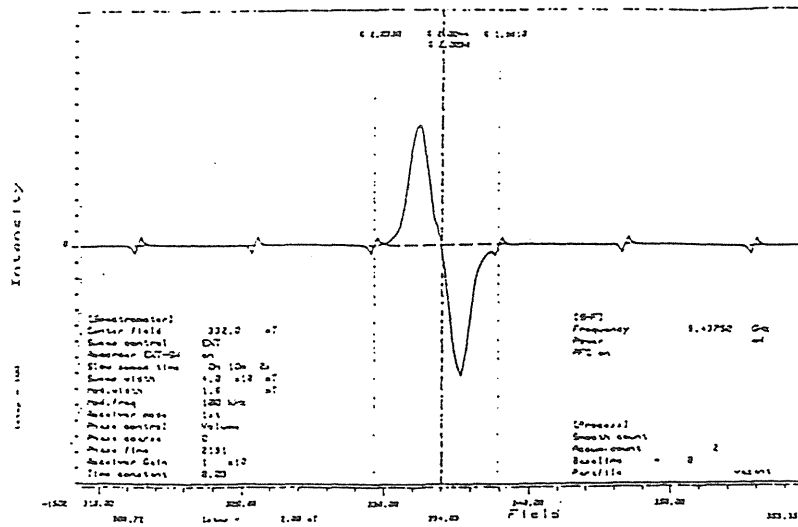


図2 放射線照射した砂糖（上図参照）と貝ボタン（下図参照）のESRスペクトル（これらの材料からはBGがほとんど見られない）。

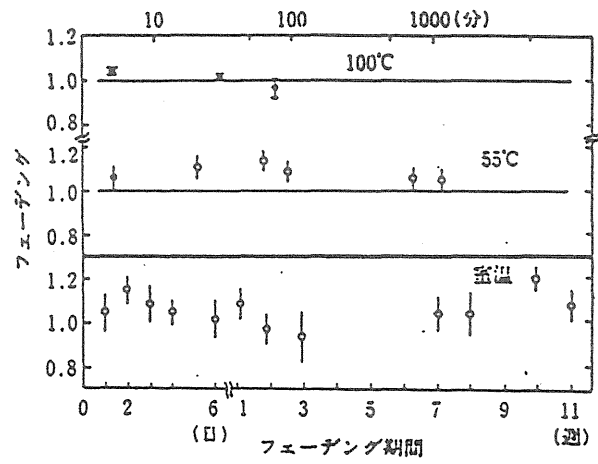


図3 室温照射した砂糖のESR吸収量の経時変化 (フェーディング)
 (保存温度: 室温、55°C、100°C)

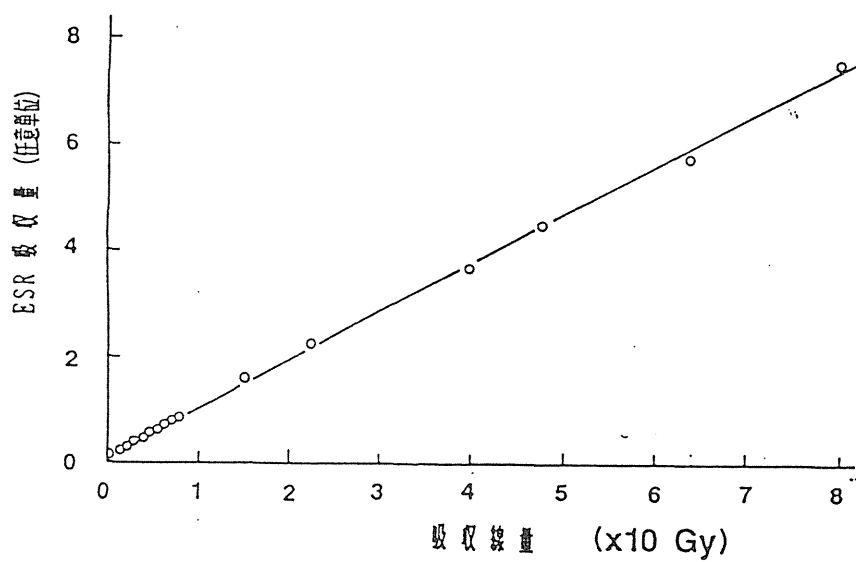
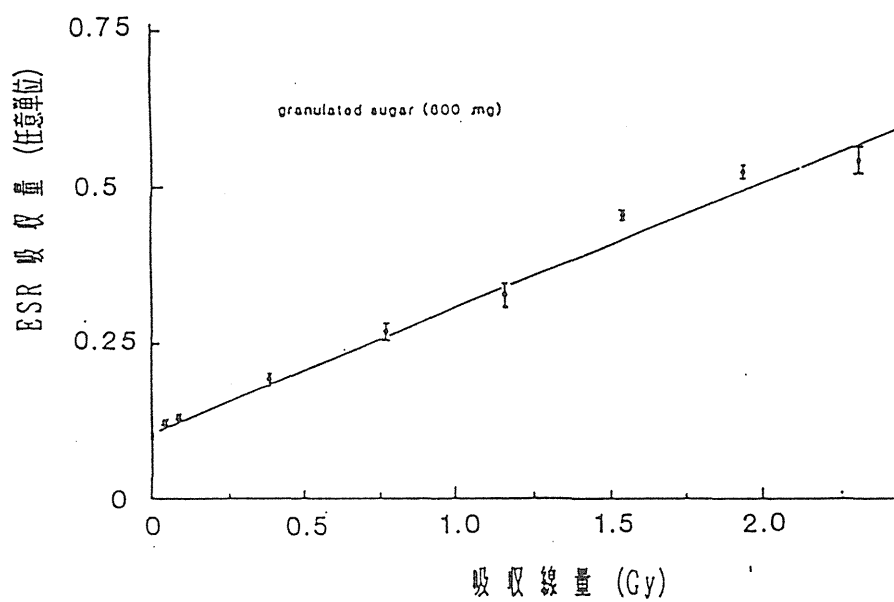


図4 ESR吸収量と吸収線量との関係

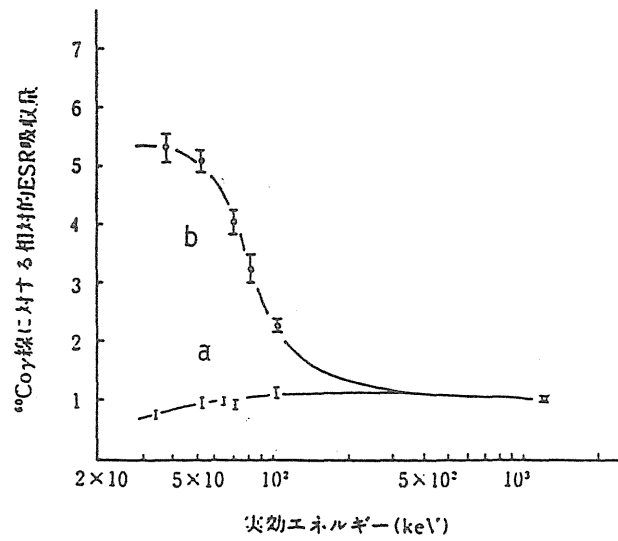


図5 砂糖 (a) と貝ボタン (b) のE S R吸収量の光子エネルギー依存性

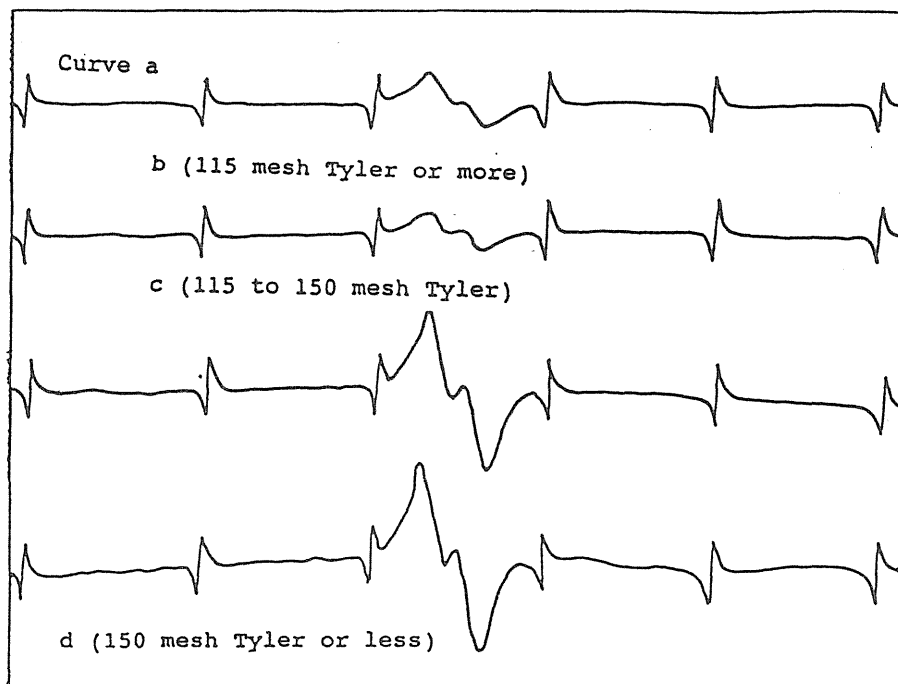


図6 未照射砂糖E S Rモニターの粉碎効果 (Curve a : 約3 Gy照射した未粉碎砂糖E S Rモニター、Curve b, c とd : 未照射・粉碎砂糖モニターのE S R吸収量。それぞれ2. 5、9. 0、10 Gy相当のE S R吸収量)

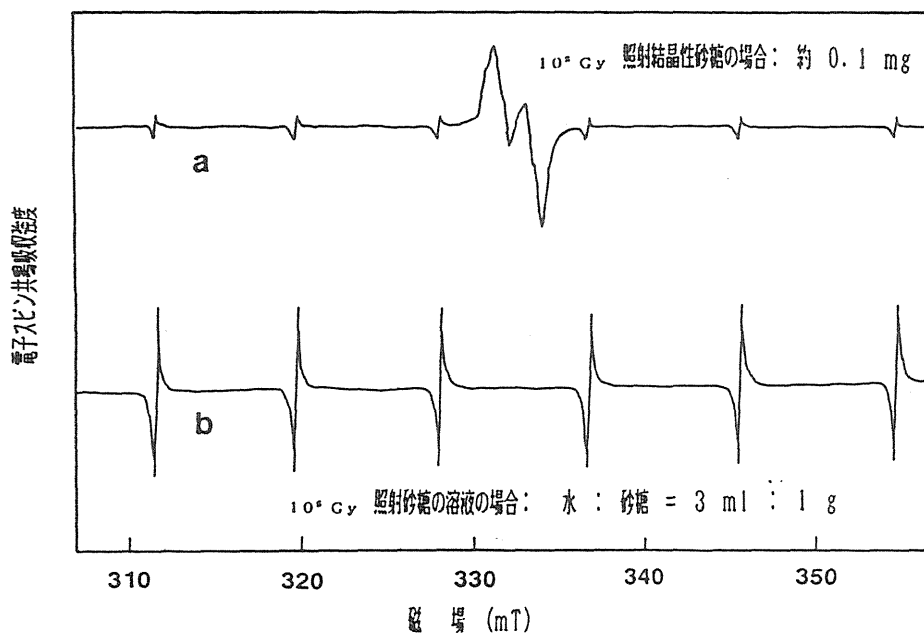


図7 照射砂糖ESRモニターの溶解の影響（曲線a：10⁵ Gy照射した約0.1 mg砂糖のESRスペクトル、曲線b：10⁵ Gy照射した1 g砂糖溶液のESRスペクトル）

表1 26ヶ国の砂糖の相対感度と経時変化

country	relative sensitivity	fading at one week
Austria(1)	0.991 ± 0.075	0.948 ± 0.124
Austria(beet)	1.025 ± 0.101	1.073 ± 0.075
Austria(3)*	2.635 ± 0.237	0.991 ± 0.059
BG of Austria(3)	1.31	
Australia	0.967 ± 0.040	0.994 ± 0.069
Belgium(1)	0.974 ± 0.055	1.038 ± 0.074
Belgium(2)	1.077 ± 0.052	1.016 ± 0.066
Brazil	0.959 ± 0.079	1.013 ± 0.067
Canada	0.960 ± 0.069	1.034 ± 0.070
China	0.995 ± 0.066	0.997 ± 0.083
Denmark	1.007 ± 0.139	1.044 ± 0.158
Egypt**	1.022 ± 0.040	0.962 ± 0.059
Germany	1.096 ± 0.066	1.038 ± 0.106
Holland	1.007 ± 0.127	0.976 ± 0.151
Hungary	0.948 ± 0.045	
Indonesia	0.991 ± 0.086	1.053 ± 0.080
Iran*	1.482 ± 0.146	1.043 ± 0.094
Japan	1.000 ± 0.060	1.028 ± 0.070
Kenya(1)**	1.016 ± 0.024	1.060 ± 0.035
Kenya(2)**	1.064 ± 0.051	1.050 ± 0.063
Korea	0.960 ± 0.097	1.067 ± 0.071
New Zealand	1.008 ± 0.026	1.000 ± 0.029
Philippine	1.014 ± 0.082	1.107 ± 0.139
Sweden	1.039 ± 0.098	1.087 ± 0.136
South Africa	1.026 ± 0.060	1.051 ± 0.042
Taiwan	0.948 ± 0.068	1.036 ± 0.052
Thailand(1)	1.049 ± 0.114	1.028 ± 0.070
Thailand(2)**	1.021 ± 0.092	1.096 ± 0.101
UK	1.036 ± 0.090	1.025 ± 0.081
USA(1)	1.033 ± 0.057	1.003 ± 0.049
USA(2)	1.021 ± 0.023	0.968 ± 0.050
USA(3)	1.041 ± 0.076	0.940 ± 0.073
USSR(1)	0.980 ± 0.066	1.126 ± 0.086
USSR(2)	1.013 ± 0.064	1.038 ± 0.056
USSR(3)	1.007 ± 0.054	1.061 ± 0.040
USSR(4)*	1.853 ± 0.118	
USSR(5)*	1.614 ± 0.120	
Yugoslavia(1)	0.990 ± 0.038	1.001 ± 0.064
Yugoslavia(2)	1.020 ± 0.043	1.035 ± 0.045
Yugoslavia(3)	0.964 ± 0.087	1.055 ± 0.075
Yugoslavia(4)	1.020 ± 0.048	0.988 ± 0.043
Yugoslavia(5)*	3.011 ± 0.083	1.009 ± 0.042
BG of Yugoslavia(5)	1.85	
Means	1.008 ± 0.035	1.028 ± 0.042

*印：粉末又は粉末化砂糖、感度の平均値から除いた。

**印：カッ色砂糖

2. 放射能迅速評価システム (E R E N S)

-Environmental Radiation Estimation Network System-

本郷昭三、竹下 洋、大野 潔
(環境衛生研究部)

内田滋夫
(環境放射生態学研究部)

1. はじめに

放射能迅速評価システム (ERENS: Environmental radiation Estimation Network System) の導入を昭和63年度から 5ケ年計画で行ってきた。表1に整備経過の概要を示した。平成3年度に機器整備を終え、平成4年度にソフトウェアの整備を終え、現在は、運用段階である。

年度	整備機器等
昭和63年度	ネットワーク、ファイルサーバ等システムの基本部分を本所に導入
平成元年度	那珂湊支所にネットワーク、ファイルサーバを設置
平成2年度	那珂湊支所、東海施設をISDNを用いてLAN間接続
平成3年度	計測機の増設、電話回線、無線によるデータの通信
平成4年度	広域ネットワーク(VAN) による通信試行、線量評価ソフト等の整備

表1: E R E N S 整備経過

2. E R E N S 概要

世界規模の通信に参加したり、研究者がそれぞれのコンピュータで解析するようなオープンなネットワークを目標として、ERENSではエンジニアリング・ワークステーション(EWS)をかなめとし、パーソナルコンピュータ(PC)を統合する、分散処理型の電算機ネットワーク(ローカル・エリア・ネットワーク:LAN)を導入した。分散処理型のネットワークでは異なるオペレーティング・システムでデータを供用することができるため、既存の機器や・ソフトウェアを無理なく統合することができる。表2に従来型の中央集中型と分散処理型の電算機ネットワークの比較を示した。

	分散処理型	中央集中型
システムの複雑さ	やや複雑	やや単純
処理装置	多数分散	中央に1台
導入費用	安価	高価
ハードウェア拡張性	容易	困難
ソフトウェア拡張性	容易	困難
システムの改良	容易	困難
利用できる市販ソフト	多数	殆んどなし
適する用途	平常時	緊急時
適する評価の方向性	Person-related	Source-related
(どちらかと言えば)	研究	管理、監視

表2：分散処理型と中央集中型ネットワーク比較

分散処理型はどちらかと言えば研究用に向いているが、現在では大型汎用コンピュータもUNIXを搭載したものが市販され、一方ワークステーションにも巨大なものが現れており、両者は分散処理型ネットワークで融合しつつある。

表3に主なERENSの機器とその導入時期を示した。

整備機器等	年度	性能または特徴
ファイルサーバ(本所)	S64	外部記憶装置容量 2.4G バイト
Ge 半導体検出器接続装置	S64	GPIB TCP/IP による接続
データ処理ステーション	H01	EWS4800/20 記憶素子 16M バイト
ファイルサーバ(支所)	H01	外部記憶装置容量 1.2G バイト
Ge 半導体データ転送装置	H01	東海施設支所電話回線接続
ISDN-LAN 間接続装置	H02	本所、支所、施設
β 線アナライザ接続装置	H02	GPIB TCP/IP による接続
空間 γ 線アナライザ	H02	GPIB TCP/IP による接続
ポータブル Ge 半導体測定器	H02	公衆回線接続
ポータブル空間 γ 線アナライザ	H03	公衆回線接続
大気浮遊塵放射能モニター	H04	フィルタ交換機能ネットワーク制御

表3：主な整備機器

表3のほか、放射能調査研究者のコンピュータが約30台、さらに、放医研全体のLAN、放医研外のネットワーク(TISN)とも接続されているため、必要があれば、外国にもデータを送信することが出来る。ERENSはUNIX, MSDOSの二つのOSの共同でなりたっており、ファイルの実体はUNIXで管理されている。このため、スタンド・アロンのパーソナル・コンピュータでは扱うことが出来ないような大きなファイル・システムがMSDOSからも利用できる。また、許可さえ与えれば他のステーション(国内外を含む)からもこのデータが利用可能である。

3. 計測例

すでに、幾つかの計測例を報告しているのですが、ここでは、常時監視している空間 γ 線スペクトルのモニタープログラムの一つについて紹介する。



図-1：アイコンによる空間 γ 線スペクトルの監視

図1はUNIXの Xウィンドウ上でプログラムされた放射線監視プログラムのメニューでこの一番上のメニューから実行されたのが右のアイコンである。指定された放射線のレベルを越えると、ベルをならして、不快な顔に変わるようにプログラムされている。図1で、2番目,3番目メニューをマウスでクリックすることにより、図2の左図空間 γ 線(NaI3in)の計数率の経時変化や、右図のスペクトル変化(重ね描き)を表示することができる。空間 γ 線を計測しているPCは指定された時間計測を行って、そのデータが以前のデータと優位な差がない場合、計数率だけをファイルサーバに登録し、何らかの差があると判定された場合スペクトルもファイルサーバに登録している。

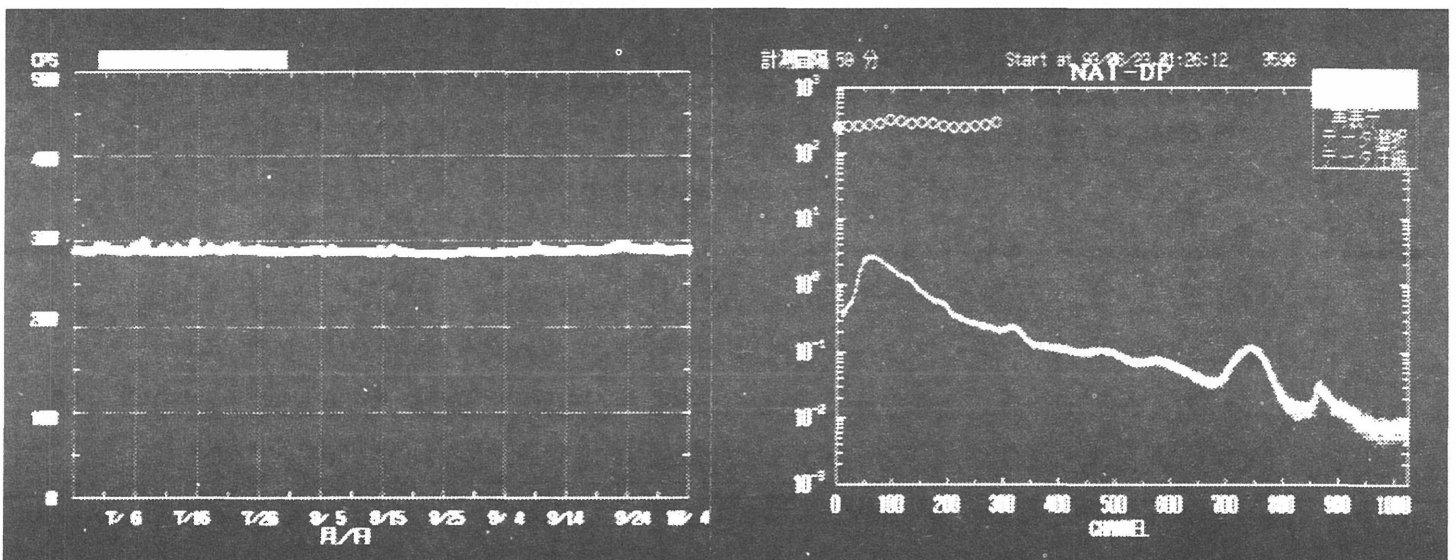


図2：空間 γ 線のデータ表示画面

4番目メニューからはGe半導体検出器で測定した大気浮遊塵の γ 線エネルギースペクトルが図3の様に表示される。

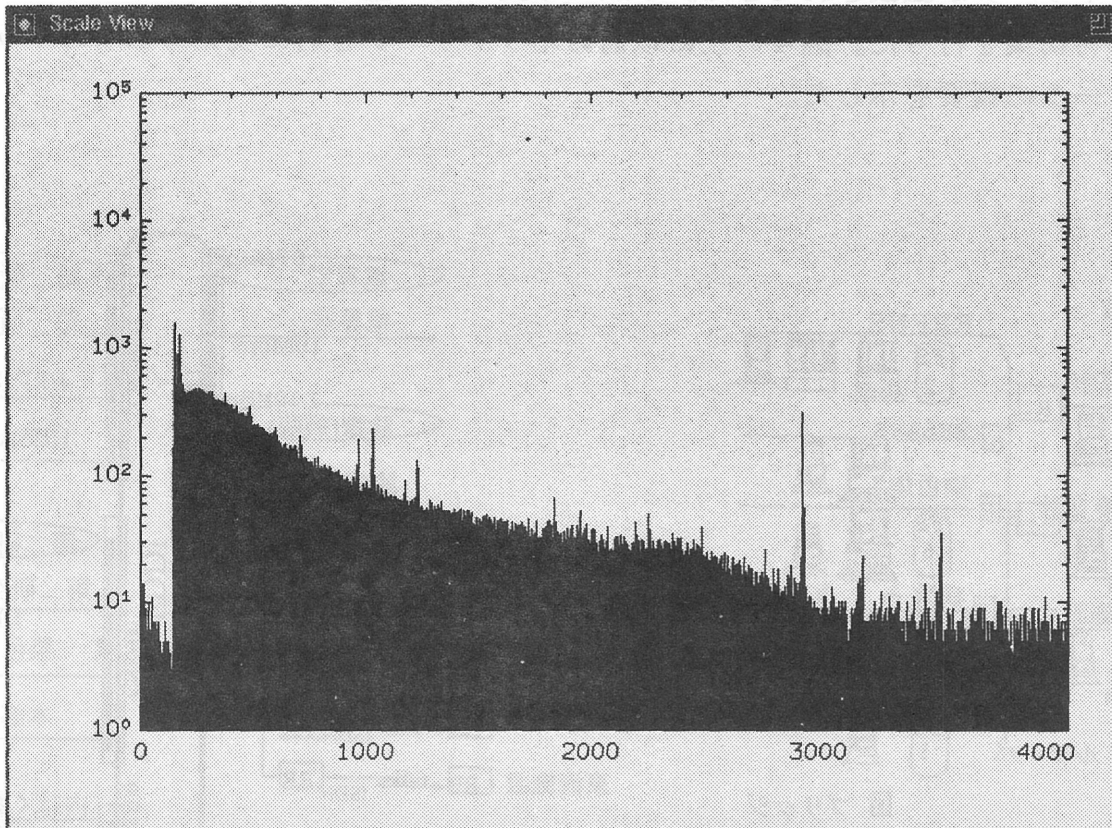


図3：大気浮遊塵の γ 線エネルギースペクトル表示画面

この監視ソフトウェアはXlib, X toolkitを用いて、ネットワークに対応したXクライアントとして作成しているので、放医研のネットワーク上の複数のワークステーションで監視することができる。必要ならば、IP接続されたXサーバが走っている、国内外のワークステーションに表示することが可能である。ERENSで稼働しているソフトウェアは最初はMSDOSで作った。MSDOSの場合もプログラム、データファイルを共有することにより、複数のPCで監視や解析が可能であったが、1台のPCで複数の結果を表示・監視することは困難であるが、UNIXのワークステーション上では、作成した複数のプログラムを同時に走らせることは容易であり、ネットワーク上のXサーバが走っているどのワークステーションでも集中監視することが可能である。ワークステーション上でのプログラム開発は、PCに比べかなり困難である。特に、計測制御の部分については現在も、PCで行っている。計測制御の部分のUNIX化は今後の課題である。

4. おわりに

当所のコンピュータネットワークはERENSから始まり、ERENSを中心に複数のネットワークが拡張されてきた。平成5年度に所内全域を網羅するネットワークの再構築を行った。図4の左に以前のネットワークを右に現在の当所のネットワークの概要を示した。

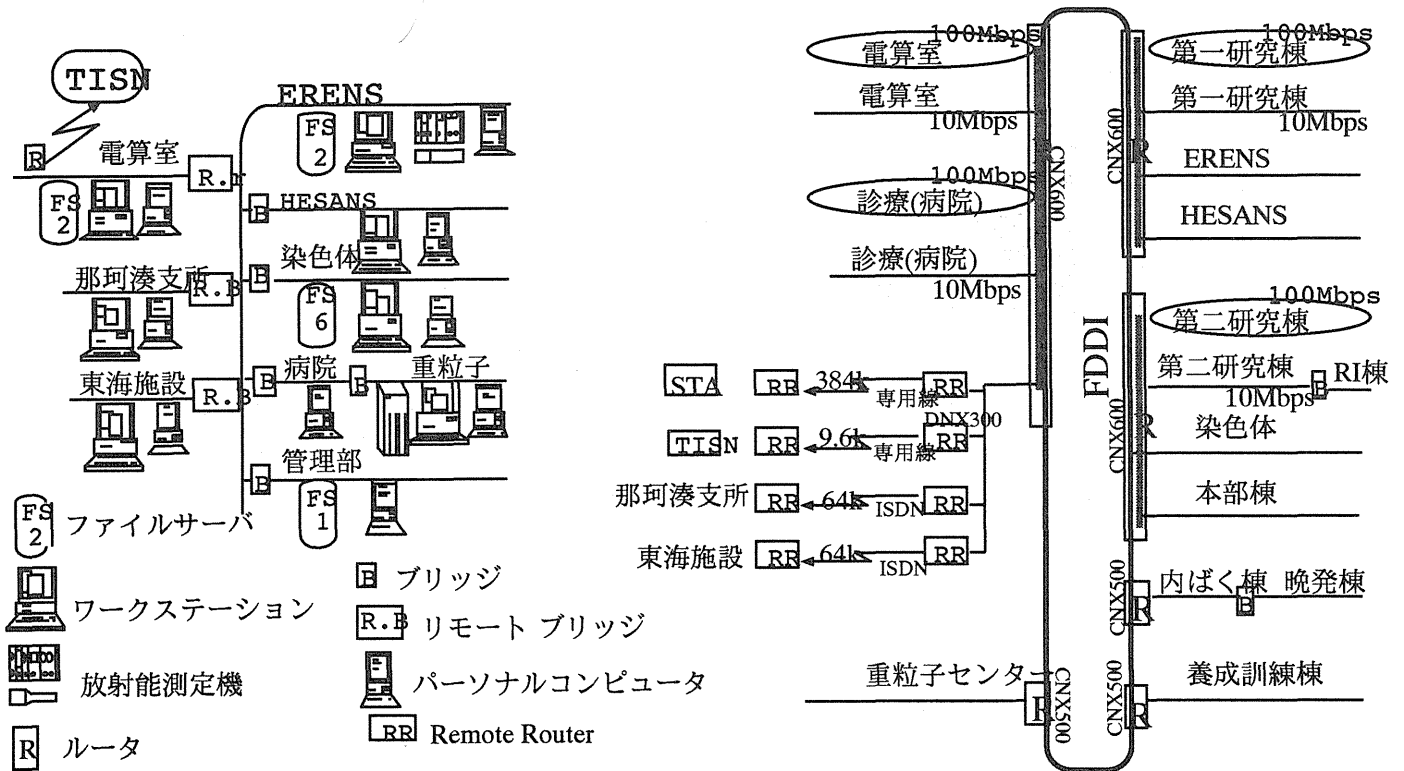


図4：所内のネットワーク

所内を32個のサブネットワークに分け、10Mbpsと100Mbpsの2個のアドレスを各サブネットワークに与えている。ERENSもそのサブネットの一つであり、将来は100Mbpsによるネットワークが構築できる様になっている。現在、省際ネットワーク(IMnet)、STAネットワークの整備が進められており、これらのネットワークに参加することにより、例えば、上記監視を各地区で行い、それらを、お互いに表示して気象庁のアメダスの様に、日本全地域の監視をお互いに行うことも、可能となろう。また、インターネットを利用することにより、世界全域の放射能の監視網を作ることも技術的には可能となってきている。このようにネットワークの拡大により、さらに、高次の通信、資源の共有化、放射能調査研究の能率化、統合的な解析も可能となるものと期待される。

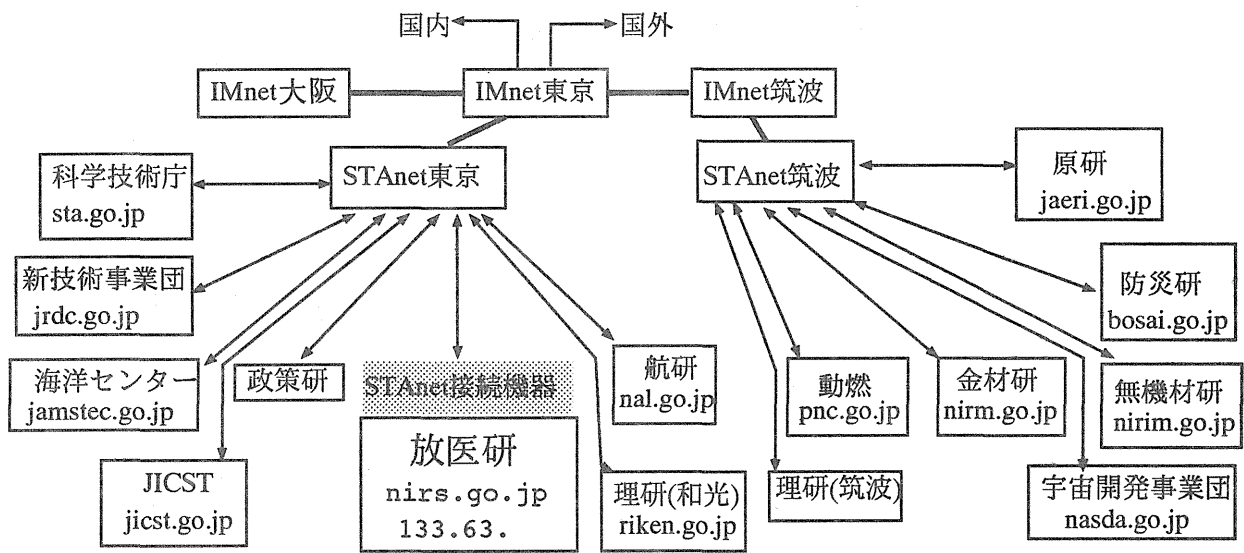


図5 : S T A net

3. 緊急被曝医療体制の整備 に関する調査研究

赤沼篤夫、宮本忠昭、久保田進
(治療・診断部)
鈴木 元、明石真言
(障害・臨床研究部)

1. 目的

この調査研究は、原子力災害から周辺住民と事業所従業員の安全を守ること、緊急時に被災者の治療を迅速かつ二次汚染等をおこすことなく安全に行うための治療体制をつくることを目的として行われている。昭和55年6月の原子力安全委員会による「原子力発電所等周辺の防災対策について」に基づき、放医研が第三次医療施設（＝放射線障害専門病院）としての医療のあり方を検討し、地方基幹病院や高度治療専門病院との連携を含めた医療体制と放射線による障害の診断・治療の研究をすすめている。同時に、企業や研究施設で起こった放射線による障害の症例の集積も目指している。また各都道府県の原子力防災訓練や各種委員会に緊急時被曝医療派遣チームの構成員として参加、指導をしている。

2. 概要

①被曝時救急医療対策

放射線事故における傷病対策を複合疾病としてとらえ、国内の大学や病院から放射線医学、救急医学、外科、形成外科、血液内科／骨髄移植、内部被曝、基礎研究者等の専門家による検討委員会の開催のための準備を行い、第一回の会議（平成5年3月1日）につづき本年度第2回の緊急医療検討会を開催した。また現在、東大医科研や大阪成人病センターとの協力のもとに被曝のための骨髄移植ネットワークを検討している。今後毎年2ないし3回開催し、放医研が国内の放射線障害治療の指導センター的役割を果たせるような組織を目指している。また、緊急時における医療のために、REAC/TSにおける研修（Medical Planing and Care in Radiation Accidents, オークリッジ、テニシー州）へ毎年派遣していることとしており、本年は久保田進を派遣した。

②地方自治体等における指導

地方自治体の要請に応じ地方自治体の主催する放射線事故避難訓練や講習会に講師として参加している。同時に、原子力安全研究協会（原安協）や原子力安全技術センターの主催する講習会にも講師を派遣している。平成5年度緊急被曝医療に関する派遣実績は次の通りである。

石川県・茨城県・佐賀県・青森県・新潟県原子力防災／緊急被曝医療研習会講師、日本原子力研究所東海研究所被曝医療課程講師、千葉県消防大学校講師、養成訓練部講師、原子力軍艦放射線能調査技術研修会講師、千葉県原子爆弾被曝者医療審査会委員、その他原子力防災訓練（北海道、茨城県）、また緊急時被曝医療対策専門委員会（原安協）、原子力施設事故情報調査専門委員会、SPEEDIネットワーク調査専門検討委員会、原子力防災研修事業検討委員会、原子力防災活動器材調査委員会にも委員を派遣している。

③プロトコール／システムづくり

放射線事故ではその殆どの場合が汚染を伴い、除染という特殊な処置を必要とする。現在、医学教育の中でも放射線障害の診断・治療に関するものはなく、教科書にも十分な記載はない。核種による方法の相違、除染かもしくは救命処置を優先するのか、内部被曝か外部被曝かなど医療関係者・保健物理の専門家による統一したプロトコールの作成を放医研として進めており、また原安協、原子力安全技術センター等の定例委員会等でプロトコール／システムづくりに参加、また要請により出張や教育の為のビデオ作成に協力している。また、養成訓練部において医師のための緊急被曝医療研修コースの設置も検討している。

④基礎的研究

骨髄移植における免疫学的寛容、防護剤の安全性、照射時の生体反応に関して *in vitro* もしくは *in vivo* の系で基礎研究を行っている。生体は放射線の照射と言う刺激に対し蛋白質を産生する。放射線防護作用のある血液細胞成長因子やフリーラジカルである O_2^- を消去する Manganese superoxide dismutase (MnSOD) を産生すること、またその誘導機序に関して研究をすすめた。さらにガン抑制遺伝子である p53 を持たない細胞にも、照射時に細胞周期をとめる WAF1/Cip1 が発現されることも見出した。

4. 緊急被ばく救護訓練課程について

本課程は、主として原子力発電所等原子力施設において、当該従業者の健康管理又は診療等に従事する要員を対象として、放射線管理区域における従業員の労働災害の発生に際して、被災者の救急医療に必要な基本知識と技術を習得させることを目的としている。

平成4年度に実施された本課程の回数、実施期間、参加者数等の区分及び主要科目は表-1、2のとおりである。

表-1 実施機関及び参加者

年 度・回 数	実 施 期 間	参 加 者 数
平成5年度 第27回	H5. 4. 19～ 4. 23	23名(内女子7名)
第28回	H5. 9. 27～10. 1	23名(内女子6名)

表-2 緊急被ばく救護訓練過程講義及び実施科目

講 義 科 目	実 習 科 目
緊急被ばく時の線量計測と評価 救護蘇生法 汚染対策 緊急時の身体汚染測定と線量評価 緊急時の医療対策 体内被ばく障害と汚染患者の取扱 放射線被ばく事故の概況 放射線の生物影響 緊急被ばく医療概論 米国の緊急被ばく事故対策の現況 緊急被ばく時のバイオアッセイ	救護蘇生法 傷汚染計測法 ヒューマンカウンター (構成と計測・評価) 被災者救出法 汚染患者の救護・取扱・移送法 放射線被ばく事故と患者の取扱 (ビデオ)

緊急被ばく救護訓練課程実績

No. 2

実施年度	元年度		2年度		3年度		4年度		5年度		計
	第19回	第20回	第21回	第22回	第23回	第24回	第25回	第26回	第27回	第28回	
研修実施期間	7.10 ~ 7.15	10.2 ~ 10.7	4.16 ~ 4.21	10.1 ~ 10.6	4.15 ~ 4.20	9.30 ~ 10.5	4.13 ~ 4.17	9.28 ~ 10.2	4.19 ~ 4.23	9.27 ~ 10.1	
国											1
医師		1				3				1	2
病院保健所											5
原子力発電											
その他											
国		1		1		1					26
看護婦	1	1		3		2		1	1		26
保健婦	1	1	1	2	1	1	1	2	4	4	23
原子力発電	2	1	2		1	1	1		2		35
その他	2	2		1		1		2		1	23
国家機関	1	2	1	2	1	1	1		2		18
診療	1	2		5		2	2	6	2	4	47
放射線	4	3	1	3	1	1	2	4			43
技師						1				1	6
原子力発電											
その他	1			1							5
国	1			1				2		2	62
県市町村	1	2	3	5	5	2		5		5	45
原子力発電会社	3	2	3	1	8	2	8	1	8	3	115
原子力保守会社	2	3	3	1	4	2	3	1	2	1	80
その他	4	5			1	2	2	1	2	1	33
計	24	26	14	26	22	22	20	25	23	23	595

緊急被ばく救護訓練課程実績

No. 1

実施年度	54年度		55年度		56年度		57年度		58年度		59年度		60年度		61年度		62年度		63年度		
	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	第9回	第10回	第11回	第12回	第13回	第14回	第15回	第16回	第17回	第18回			
研修実施期間	7月 11~13 23~25	8.18 ~ 8.23	7.13 ~ 7.18	9.18 ~ 10.3	7.12 ~ 7.17	10.13 ~ 10.19	7.4 ~ 7.9	10.24 ~ 10.29	7.2 ~ 7.7	10.15 ~ 10.26	7.8 ~ 7.13	7.8 ~ 7.13	9.30 ~ 10.5	7.7 ~ 7.12	7.6 ~ 7.11	9.28 ~ 10.3	7.4 ~ 7.9	9.26 ~ 10.1			
国													1								
縣市町村																					
医師																1				1	
保健所																					
原子力発電																					
その他																					
看護婦	6	4	4		3									2		1				3	
保健婦	2	2	4		5										3					1	
原子力発電	6	6	6		3															2	
その他	2	5	2		3									1						1	
国				1					1					1	1					1	
縣市町村				1		1	2	1	1	3	5	1	2	2	1					1	
保健所				1		1	2	4	2	1	2	1	2	2	2	2				2	
原子力発電						1	1			1			1								
その他									1											1	
国				6		7	4	3	3	3	2	6	6	4	3	4				2	
縣市町村						1	2	1	3	1	1	1	3		1	1				1	
原子力発電会社				11		7	7	6	3	2	6	6	5	4	4	5	6			4	
原子力保守会社				2		4	2	3	4	7	5	5	4	6	6	1	3			6	
その他								2	2	2	3			2	2					2	
計	16	17	16	22	16	22	20	21	20	20	23	20	25	24	20	20	22	22	26	26	

5. 緊急モニタリング体制

原子力発電所等に係る不測の事故の発生に際し、国が設置する災害対策本部の下で、科学技術庁の要請に基づき緊急モニタリングに従事する要員を現地に派遣する必要が生じた場合、これに迅速かつ適確に対処するための派遣体制及びモニタリング実施体制をとることを目的とする。

緊急モニタリングマニュアル

1. 体制

派遣体制としては、常時所内に「緊急モニタリングチーム」を置く。チームは4チーム制として3ヶ月毎に輪番制をとる。(表-1)

※ 輪番制をとることにより、中央防災会議で職名指定された職員以外の者も派遣されることになる。

2. マニュアルの内容

第1章 総則

第2章 モニタリングチームの編成・任務

第3章 モニタリング用機器等の保守・管理

第4章 放射線モニタリングマニュアル

第5章 放射能モニタリングマニュアル

3. 緊急モニタリング派遣用機器・機材について

機器・機材はアルファ線棟の研究室に一括保管している。(表-2)

表-2-1 緊急モニタリング用品一覧 (備品)

機 器 名	数量	受領年月日	備品番号	保管場所	備 考
1 シンチレーション サーベィメータ	6台	S59. 3. 23 H 1. 7. 31	No. 1280~83 No. 247, 248	α線棟 α線棟	
2 同上用ケース	4個	S59. 3. 7	No. 1181~84	α線棟	
3 表面汚染計 (GM型)	2台	S59. 3. 23 S59. 10. 27	No. 1284 No. 342	α線棟 α線棟	
4 同上用ケース	1個	S59. 3. 7	No. 1185	α線棟	
5 集塵器	3台	S54. 11. 30 S59. 2. 29	No. 868 No. 1096, 1097	α線棟 α線棟	
6 発電機	3台	S54. 11. 30 S59. 3. 6	No. 871 No. 1151, 1152	α線棟 α線棟	
7 ラジオ	2台	S59. 3. 6 S59. 3. 7	No. 1155 No. 1191	α線棟 α線棟	
8 風向風速計	1台	S59. 2. 28	No. 1044	α線棟	
9 カメラ	2台	S59. 3. 7	No. 1186, 1187	企画課, α線棟	
10 望遠レンズ	1台	S59. 3. 7	No. 1188	α線棟	
11 トランシーバー	2台	S59. 3. 7	No. 1189, 1190	α線棟	
12 電卓	2台	S59. 3. 6	No. 1161, 1162	α線棟	
13 ストップウォッチ	2個	S59. 3. 6	No. 1156, 1157	α線棟	
14 巻尺	2個	S59. 3. 6	No. 1163, 1164	α線棟	
15 野営用具セット (内訳) ①テント ②ザック ③エアーマット ④シュラフ ⑤コッヘル ⑥炊事セット (マナ板, 包丁等) ⑦キャンピングコンロ ⑧ベビーストープ ⑨⑦⑧用ポンベ(3本) ⑩ヘッドランプ ⑪三徳スコップ ⑫ポリタンク(2個) ⑬コンパス ⑭水筒 ⑮ロープ(20m) ⑯ペグ(20本)	2式	S54. 11. 27 (H3. 8. 27)	No. 839, 840 (313, 314)	α線棟	
16 コードリール	2巻	S59. 11. 6	No. 354-1, 2	α線棟	
17 ストロボ	1台	S59. 10. 31	No. 345	α線棟	
18 モニタリング用品収納箱	10個	H 1. 10. 3	No. 302-1~10	α線棟	
19 デジタル式上皿自動はかり	1台	H 1. 9. 29	No. 253	α線棟	

表-2-2 緊急モニタリング用品一覧 (備品)

機 器 名	数量	受領年月日	備品番号	保管場所	備 考
20 半導体式ポケット 線量当量計	5台	H 2. 1.16	No.599-1~5	α線棟	
21 スペクトル-バ-イメ-タ	1式	H 4. 3.31	No.1604	α線棟	

表-2-3 緊急モニタリング用品一覧(消耗品)

機 器 名	数量	受領年月日	保管場所	備 考
1 ポリエチレン製タンク	2個	S59. 3. 28	α線棟	
2 牛乳缶	2缶	S59. 2. 16	α線棟	
3 マリネリピーカー	5個	S59. 3. 23	α線棟	
4 手秤	1個	S59. 4. 3	α線棟	
5 剪定鋏	1本	S59. 4. 3	α線棟	
6 スコップ	1本	S59. 3. 28	α線棟	
7 防塵マスク	10個	S59. 3. 5	α線棟	
8 防寒作業衣	10着	S59. 4. 16	α線棟	
9 防寒作業ズボン	10着	S59. 4. 16	α線棟	
10 防寒衣	10着	S59. 4. 16	α線棟	
11 防寒ズボン	10着	S59. 4. 16	α線棟	
12 つなぎ	10着	S59. 4. 16	α線棟	
13 半袖作業上着	20着	H 1. 8. 31	企画課	
14 雨具	10着	S59. 4. 16	α線棟	
15 安全ぐつ	10足	S59. 4. 23	α線棟	
16 ネオプレーン手袋	10双	H 2. 10. 11	α線棟	
17 投光器	2個	S59. 4. 6	α線棟	
18 背負子	5個	S59. 3. 28	α線棟	
19 ヘルメット	10個	S59. 4. 3	α線棟	
20 フィルムパッチケース	10個	S59. 3. 5	α線棟	
21 TLDケース	10個	S59. 6. 5	α線棟	
22 TLD素子	25個	S59. 6. 5	α線棟	
23 放射線データブック	2冊	H 2. 10. 11	α線棟、企画課	
24 方位計	2個	S59. 3. 28	α線棟	
25 かい中電灯	6個	S59. 11. 2	α線棟	
26 ガソリンタンク	1個	S59. 11. 5	α線棟	
27 発電機用オイル	2本	S59. 11. 21	α線棟	
28 ドライバーセット	4組	S59. 11. 20	α線棟	
29 活性炭ろ紙	50枚	S59. 11. 21	α線棟	
30 テスター	2台	S63. 11. 22	α線棟、企画課	

表-2-4 緊急モニタリング用品一覧（消耗品）

機 器 名	数量	受領年月日	保管場所	備 考
31 新日本分県地図	2冊	H.2.12.13	α線棟、企画課	
32 作業服	15着	H.2.1.17	α線棟	
33 作業ズボン	15着	H.2.1.17	α線棟	

6. 緊急医療体制

原子力発電所等に係る不測の事故の発生に際し、現地の緊急被ばく医療活動に指導・協力する要員を派遣する必要がある場合及び現地で処置できない被ばく患者を受け入れることとなった場合に、これに迅速かつ適確に対処できるよう所要の体制及び要領を整えることを目的とする。

1. 緊急医療棟及び無菌室について

緊急医療棟は内部被ばく患者を受け入れるために増設（昭和56年9月10日完成、平屋建面積約160m²）、無菌室は外部被ばく患者を受け入れるために病院棟4階の412号室を改修（昭和56年3月31日完成、面積30m²）したもので、必要関連機器等については表-1、2、3のとおり継続的に整備を行っている。

2. 緊急医療マニュアル

「緊急被ばく医療派遣マニュアル」、「内部被ばく患者緊急医療棟診療マニュアル」及び「外部被ばく患者無菌室診療マニュアル」の内容について表-4に示す。

表-1 平成5年度緊急モニタリングチーム構成員名簿

平成5年8月現在

		第1チーム(4~6月)	第2チーム(7~9月)	第3チーム(10~12月)	第4チーム(1~3月)
チームリーダー		内部被ばく研究部第4研究室長 小泉 彰	環境衛生研究部第3研究室長 井上 義和	養成訓練部指導室長 越島得三郎	物理研究部第4研究室長 富谷 武彦
放射線モニタリング班	班 長	同 上	同 上	環境衛生研究部主任研究官 本郷 昭三	同 上
	測定係	環境衛生研究部第1研究室 松本 雅紀	技術部技術課中性子線管理係長 河野 耕二	環境衛生研究部主任研究官 西村 義一	環境衛生研究部主任研究官 木村 健一
	記録係	技術部技術課技術第1係長 今関 等	技術部放射線安全課アルファ線管理係長 鈴木 信夫	技術部放射線安全課専門職 魚路 益夫	技術部放射線安全課安全係長 中山 隆
	連絡係	管理部企画課企画係長 櫻井 清一	管理部企画課放射能資料係長 鶴澤 勝己	管理部企画課企画係 榎本 昇一	管理部企画課国際研究協力官 吉川喜久夫
放射能モニタリング班	班 長	環境衛生研究部主任研究官 武田 洋	環境放射生態学研究部第3研究室長 河村日佐男	養成訓練部指導室長 越島得三郎	環境放射生態学研究部第2研究室長 村松 康行
	試料採取係	環境放射生態学研究部主任研究官 白石久二雄	養成訓練部指導室長 上島 久正	環境放射生態学研究部主任研究官 柳澤 啓	海洋放射生態学研究部主任研究官 山田 正俊
	〃	環境放射生態学研究部主任研究官 内田 滋夫	海洋放射生態学研究部主任研究官 中原 元和	環境放射生態学研究部主任研究官 石井 紀明	環境衛生研究部第4研究室 竹下 洋
	測定係	養成訓練部主任研究官 根井 充	総括安全解析研究官付主任研究官 土居 雅広	物理研究部主任研究官 白貝 彰宏	環境衛生研究部主任研究官 柴田 貞夫
	記録係	技術部放射線安全課汚染処理係 伊藤 幸久	那珂湊支所管理課放射線安全係長 菅原 幸喜	技術部放射線安全課安全係 崎野 貴光	那珂湊支所管理課放射線安全係 佐々木昭徳
	連絡係	管理部企画課放射能資料係 好永 聡	管理部企画課統計係長 高橋 淳	管理部企画課課長補佐 田辺 寿男	管理部企画課調査係長 石澤 義久

表-1-1 緊急医療棟用機器一覧

機 器 名	数量	受領年月日	備品番号	保管場所	備 考
除染用バス	1式	S56.3.25	No.1090	除染室	
手術台	1式	S56.3.30	No.1195	処置室	
手術台上肢台	2組	S56.3.30	No.1196,1197	処置室	
手術台用足受	2組	S56.3.30	No.1198,1199	処置室	
処置台(ワゴン)	3台	S56.3.30	No.1175~77	処置室	
パスボックス	3式	S56.3.31	No.1223 ¹ No.1223 ² No.1223 ³	管理室↔観察室 管理室↔処置室 廊下↔除染室	
手術用手洗装置	1式	S56.9.30	No.317	処置室	
手術用照明	1台	S56.9.30	No.318	処置室	
ロッカー	2台	S56.11.13	No.388,389	更衣室	
ギャッジベッド	1台	S56.11.26	No.427	観察室	
器械台	1台	S56.11.26	No.431	観察室	
表面汚染計(α)	1台	S56.11.30	No.440	管理室	
医療器具戸棚	1台	S56.11.30	No.441	観察室	
カラーテレビ テレビ台	1台 1台	S56.12.1	No.445 No.446	観察室	
無菌ロック(戸棚)	1台	S56.12.8	No.467	処置室	
自動麻酔器	1式	S56.12.16	No.486	処置室	
ハンドフットクロズモニタ	1台	S57.2.12	No.689	前室	
ガスモニタ ダストモニタ モニタ表示部	1台 1台 1台	S57.3.30 S57.3.30 S57.3.30	No.990-1 No.990-2 No.990-3	排気機械室 排気機械室 管理室	
エリアモニタ	1台	S57.3.30	No.991	除染室	
デシケータ	1台	S57.7.9	No.248	管理室	
回転椅子	4脚	S57.7.20	No.311,312 No.313,314	管理室 ホールボディカウンタ室	
作業台	4台	S57.8.31	No.380,381 No.382,383	管理室 検査室	
サーバイメータ(β、r)	1台	S57.8.3	No.355	管理室	
傷モニタ	1式	S57.10.29	No.464	処置室	
ホールボディカウンタ	2式	S58.1.18 S62.3.27	No.377 No.1527	ホールボディカウンタ室 ホールボディカウンタ室	
校正用ファントム	3式	S59.11.30	No.391~393	用品庫	

表-1-2 緊急医療棟用機器一覧

機 器 名	数量	受領年月日	備品番号	保管場所	備 考
校正用人体ファントム	1式	S60.3.8	No.840	用品庫	
保冷库	1台	S60.11.29	No.654	前室	
ジェット洗浄器	1台	S61.3.27	No.1620	検査室	
整理棚	1台	H 1.10. 3	No.296	処置室	
引き違い書庫	1台	H 1. 9.13	No.347	除染室	
シンレクションサーベイメータ	1台	H 1. 8.31	No.250	管理室	
蘇生器	1台	H 3. 9.25	No.358	処置室	

表-2-1 無菌室用機器一覽

機 器 名	数量	受領年月日	備品番号	保管場所	備 考
自動加温器	1台	S56.2.9	No.734	病院棟4F無菌室	
折たたみ椅子	1脚	S56.2.18	No.785	病院棟4F無菌室	
ブックラック(診察記録用)	1台	S56.2.18	No.784	病院棟4F無菌室	
無菌室(水平層流式隔離病室 +シャワーユニット)	1式	S56.3.27 (シャワーユニット 61.3.17)	No.1153	病院棟4F無菌室	
ポリホームバス(浴槽)	1台	S56.3.28	No.1245	病院棟2F無菌室	
手洗台	2個	S56.3.30 S56.3.30	No.1173 No.1174	緊急医療棟 医務課研究室	
吸引器	1台	S56.3.30	No.1178	病院棟4Fリネン室	
ランドリーバック	1個	S56.3.30	No.1179	病院棟2F無菌室	
キックバケツ	1個	S56.3.30	No.1180	病院棟2F無菌室	
イルリガートル台	2本	S56.3.30	No.1181,1182	病院棟4Fリネン室	
心電計	1式	S56.3.30	No.1200	検査課	
自動輸液ポンプ	3台	S56.3.30 S57.8.6 S60.12.17	No.1202 No.356 No.816	病院棟4Fリネン室 病院棟4Fリネン室 病院棟4Fリネン室	
電子レンジ	1台	S56.3.31	No.1214	病院棟2F無菌室	
冷蔵庫	1台	S56.3.31	No.1215,1216	病院棟4F無菌室	
オーバーベッドテーブル	1台	S56.3.31	No.1237	病院棟4F無菌室	
ベッド柵	4台	S56.3.31	No.1238~1241	病院棟4F無菌室	
無菌ロック(戸棚)	1台	S56.3.31	No.1242	病院棟4F無菌室	
X線撮影装置(ホータブル)	1台	S56.3.31	No.1243	病院棟4F無菌室	
カラーテレビ テレビ台	1台 1台	S56.3.31 S56.12.1	No.1244 No.447	病院棟4F無菌室 病院棟4F無菌室	
ギャッジベッド	1台	S56.11.26	No.428	病院棟4F無菌室	
電子レンジ台	1台	S56.12.1	No.448	病院棟2F無菌室	
白衣掛	1台	S59.2.22	No.1021	病院棟4F無菌室	
クリッパ洗浄器	1台	S60.3.28	No.1021	病院棟2F無菌室	

表-2-2 無菌室用機器一覧

機 器 名	数量	受領年月日	備品番号	保管場所	備 考
酸素流量計	1個	S60.12.7	No.815	病院棟4F無菌室	
超音波ネブライザー	1台	S60.12.17	No.811	病院棟2F無菌室	
処置台(ワゴン)	1台	S60.12.17	No.812	病院棟4F無菌室	
血圧計	1台	S60.12.17	No.814	病院棟4F無菌室	
ポータブルトイレ	1台	S60.12.17	No.818	病院棟2F無菌室	
殺菌灯	1個	S60.12.23	No.839	病院棟4F無菌室	
付添ベッド	1台	S60.12.17	No.813	病院棟4F無菌室	
洗髪椅子	1脚	S60.12.17	No.817	病院棟2F無菌室	
食事運搬用無菌ボックス	2個	S60.12.3	No.763,764	事務課栄養係	
移動型簡易無菌装置	1式	H 1. 8. 7	No.103	病院棟3F病棟	
無菌ストレッチャー	1台	H 1.11.10	No.328	病院棟B1	
層流隔離病室システム	1台	H 6. 2.28	No.2351	病院棟4F無菌室	

表-3 緊急被ばく医療用機器一覧

機 器 名	数量	受領年月日	備品番号	保管場所	備考
ファイリングキャビネット	1台	S56.2.18	No.783	病院棟4F N.S.	
鼻咽頭ファイバースコープ	1式	S56.2.19	No.1201	病院棟212号室	
超広視野顕微鏡	1台	S56.3.17	No.1051	医務課研究室	
クリーンベンチ	2台	S56.3.30 S56.3.30	No.1205 No.1206	病院棟212号室 晩発棟3F	
自動炭酸ガス細胞培養装置	1式	S56.3.30	No.1207	培養棟	
身体洗淨装置	1式	S56.3.30	No.1208	緊急医療棟	
吸引ポンプ	1式	S56.3.30	No.1209	晩発棟3F	
血液成分分離装置	1式	S56.3.30	No.1185	病院棟211号室	
ポータブルシーラー	1式	S56.3.30	No.1186	病院棟211号室	
診察台	1台	S56.3.31	No.1236	病院棟4F処置室	
スロンボカウンター	1式	S56.3.31	No.1226	晩発棟3F	
患者監視装置	2式	S57.1.21 S57.8.31	No.569 No.384	病院棟手術室	
顕微鏡	1台	S57.7.30	No.343	検査課	
セルカウンター(自動血球測定装置)	1台	S57.8.20	No.371	晩発棟3F	
ガス滅菌器	1台	S57.9.17	No.406	病院棟211号室	更新予定
細胞凍結用保存容器	1台	S60.11.29	No.655	病院棟2F無菌室	
血液ガス分析装置	1式	S62.3.4	No.1309	検査課	
全自動成分輸血装置	1式	H 1. 9.14	No.232	病院棟211号室	
自動血沈計	1式	H 2. 8. 8	No.107	検査課	
クリーンベンチ	1式	H 2. 8.31	No.275	第1研究棟3F	
分光光度計	1式	H 2. 8.30	No.324	緊急医療棟	
エレクトロホ-レーション	1式	H 3. 5.31	No.29	第1研究棟3F	

表-4 マニユアルの内容

<p>目的</p>	<p>緊急被ばく医療派遣チームマニユアル</p> <p>放医研医療チームの現地派遣及び現地における緊急医療の指導・協力。</p>	<p>内部被ばく患者緊急医療棟診療マニユアル</p> <p>放医研緊急医療棟への被ばく患者の取容・治療。</p>	<p>外部被ばく患者無菌室診療マニユアル</p> <p>放医研無菌室への被ばく患者の取容・治療。</p>
<p>適応対象</p>	<p>原子力発電所等における事故時の作業被曝及び広域汚染の被災者</p>	<p>事故による内部被曝患者。</p>	<p>事故による外部被曝患者。</p>
<p>体制</p>	<p>緊急被ばく医療派遣チーム構成員</p>	<p>緊急医療棟診療チーム構成員</p>	<p>無菌室診療チーム構成員</p>
<p>機器等の保守管理</p>	<p>必要に応じて緊急モニタリング・チームの機器等を使用。</p>	<p>緊急医療等の清掃：管理部門。運転・機器：技術部。医療機器の点検・病院からの搬入・必需品の点検整備：治療・診断部。放射線機器の点検・搬入・整備：技術部。放射線機器の点検・搬入・整備：技術部。放射線機器の点検・搬入・整備：技術部。</p>	<p>無菌室の整備：病院棟4F 婦長。医療機器：医師、放射線技師、検査技師。放射線機器：医師、放射線技師、検査技師。放射線機器：医師、放射線技師、検査技師。</p>
<p>行動要領の骨子</p>	<p>A. 作業被ばく者に対する緊急実施事項。 1) 施設内被ばく者に対する緊急実施事項。 2) 情報収集に因する実施事項。 3) 病院での放射線防護と除染の実施事項。 4) 経時的な臨床的実施は、広域汚染による被ばく。医学的スクリーニング。 B. 医学的スクリーニングの投与。 1) 1) 2)</p>	<p>1. 緊急時の患者の受け入れ及び処置。 2. 模擬訓練の実施。</p>	<p>1. 緊急時の患者の受け入れ及び処置。 2. 模擬訓練の実施。</p>

放射能調査研究報告書（平成5年度）

平成6年11月刊行
編集 放射線医学総合研究所（企画課）

郵便番号263
千葉県千葉市稲毛区穴川4丁目9番1号
電話 043（251）2111（代表）
FAX 043（256）9616（企画課）