

日本海西域表面水中及び海藻・魚類並びに松江市近郊の土壌・ 野菜中の Sr-90 及び Cs-137 の定量

山本作次郎*・伊藤一義**

(1971.10.16受理)

Studies on the Accumulation of Cs-137 and Sr-90 in the Surface Water of
Western Japan Sea, and on the those Contents in the Fishes, See-weeds,
Vegetables and Soils at the Suburbs of Matsue City.

Sakujiro YAMAMOTO and Kazuyoshi Iro

概 要

近年化学工場や鉱山による公害が大きな問題になっているが、公害を (1)国際的公害と (2)地域的公害に二大別する。そして各は (1)精神的公害 (2)経済的公害 (3)環境衛生的公害に細分して研究するものとする。

然る時この表記のテーマの中日本海西域表面水中の Sr-90・Cs-137 の測定研究は国際的公害に対する研究の一環であり、諸国で核爆発や核実験の行なわれる限り全世界の国が連帯的責任を以って研究体制を整備する必要がある。わが国でもいまだ日本列島周辺の組織的研究調査体制は作られていない。また原子力発電所が今後多数運転され、原子力潜水艦のかくされた水中活動が予期されるからである。

核爆発実験を行なう諸国は皆北半球にあり、そのため発生された放射性元素は超高層に上昇して多くは北半球の海陸に降下し、北半球に蓄積される。日本海の如き閉鎖型の海に於ては、而も近くに中共の RON NOR 湖畔で核爆発が行なわれる時は成層圏以下の対流圏で直線的に日本列島に遮られ殊に中国山脈に追突して雨となり雪となり、結局は日本海に塵埃と共に注入濃縮される。

日本海岸には敦賀湾に原子力発電所が集中し、島根半島では松江市に近い八束郡鹿島町片勾の輪谷に中国電力のものが略完成しつつあり、また山口県の対馬海流の北上口近くにも建設が発表されている。その外シベリヤ及び朝鮮半島海岸にも必ず建設されて居るものと考えられ、日本海岸にも今後多数建設されるものと考えられる。これらの原子力発電所の運転は将来放射能元素を日本海に流出しないと保証されない。

*島根大学名誉教授

**文理学部物理学教室

汚染放射能元素のうち、長半減期核種であり、特に人体に影響を及ぼす Sr-90 及び Cs-137 の両核種による汚染については、その防止対策と共に監視が必要である。

過去の放射能汚染調査報告によれば、全 β 線放射能は、太平洋側に比べ、日本海はより高い値を示していることが、気象庁海洋気象部の測定調査により報告されている。

然るに日本海に於ける Sr-90, Cs-137 の両核種の詳細な経年測定は行なわれていない。殊に西日本海域では皆無であった。

日本列島の周辺には水産庁漁業部の沿岸観測点が略千点も設定され各県の水産課の観測船が毎月海水採取を行なっているのであるから、これら両核種の測定も同時に行なうよう体制化する必要がある。

当大学当無機化学研究室では1967年以降1970年までの四年間、島根県水産課浜田水産試験所の協力を得て日本海沿岸定線、Q線（朝鮮半島附近、S線（ウラジオストックに向う海域）に於ける表面水の Sr-90 及び Cs-137 の濃度分布を測定調査して来た。

当研究室に於ける特徴は同地点に於ける経年経月変化である。

1970年の9月で打ち切ったが、四年間のデータが今後の研究の基礎となり比較利用されんことを希望するものである。

(A) 実験方法と結果 (海水)

① 試料採取

採取定点、島根県浜田水産試験所に依頼し沿岸定線2定点は毎月季ラインに近い沖合Q線は2定点につき年2回、沖合定線はウラジオストックに向う2定点につき年2回、1967~1970の四ヶ年に亘り採取トラック輸送してもらった。各試料略100立である(図I)。

② 海水より Sr-90 及び Cs-137 の濃縮分離

科学技術庁のテキストに従って行なったが、所々適宜に手を加えて行なった。技術庁の分析方法は甚だ繁雑であり不正確さをまぬがれず充分注意して操作処理する必要がある。

以下両者分離の系統図を示す。

海 水 (約50ℓ)	
	← 5 mg/ℓ の Sr ²⁺ 及び Cs ⁺ (carrier)
	← NH ₄ Cl (7g/ℓ)
	← Na ₂ CO ₃ (10g/ℓ)
	2時間攪拌後一昼夜放置
	定性ろ紙 (東洋ろ紙No. 2) でろ過
残渣	ろ液
← HCl (1 : 1) で溶解	← 6N HNO ₃ で PH=1.5~2.0
← 蒸溜水40ℓ, 加熱	← リンモリブデン酸アンモン (特級品で放射能元素を含まないもの) (0.5g/ℓ)
← NH ₄ Cl 320g	

<p>←NH₄OH (1:1), BTB 指示薬で PH=7.0 に調整</p> <p>←Na₂CO₃ 400g</p> <p>2時間攪拌後一昼夜放置</p> <p>東洋口紙で口過</p>	<p>2時間攪拌後一昼夜放置, ガラス口過器 (11G-4) で口過</p> <p>110°C で乾燥後重量を測る。</p> <p>γ線カウント</p>
<p>←HCl (1:1) に溶かす</p> <p>←蒸留水 20l, 加熱</p> <p>←NH₄Cl 100g</p> <p>←EDTA 100g</p> <p>←NH₄OH (1:1), BTB 指示薬で PH=7.0</p> <p>←Na₂CO₃ 200g, 2時間攪拌後一昼夜放置</p>	<p>口液廃棄</p> <p>東洋口紙 No. 2 で口過</p>
<p>←HCl (1:1) にとかす。</p> <p>←蒸留水 5g, 加熱</p> <p>←NH₄Cl 40g</p> <p>←EDTA 10g</p> <p>←NH₄OH (1:1), BTB 指示薬で PH=7.0</p> <p>←Na₂CO₃ 50g, 2時間攪拌後一昼夜放置</p>	<p>廃棄</p> <p>ガラス口過器 (11G-4) で口過</p>
<p>←HNO₃ (1:9) にとかす</p> <p>←蒸留水 3l</p> <p>←少量の FeCl₃ をスカヴェンジャーとして加える。</p> <p>←NH₄Cl 30g</p> <p>←NH₄OH (1:1), BTB を指示薬として PH=7.0</p> <p>東洋口紙 No. 54 で口過</p>	<p>廃棄</p>
<p>←Na₂CO₃ 30g</p> <p>2時間攪拌後一昼夜放置,</p>	<p>廃棄</p> <p>ガラス口過器 (11G-4) で口過</p>
<p>←HNO₃ (1:9) にとかす。</p> <p>加熱濃縮</p> <p>予め重量測定した栓付三角フラスコ中に溶液を入れ, 砂皿上で加熱・蒸発・乾涸</p> <p>←乾涸物 2g 当り 10ml の蒸留水を加える。</p> <p>←10ml の溶液に対し 26ml の発煙硝酸 (比重1.50) を徐々に滴下, 一昼夜放置,</p>	<p>廃棄</p> <p>ガラス口過器 (11G-4)</p>
<p>←発煙硝酸 (比重1.45) で洗浄</p> <p>←蒸留水で沈澱物をとくす。</p> <p>栓付三角フラスコに入れ, 砂皿上で蒸発乾涸, 重量測定, 重量が恒量になるまで発煙硝酸を加え反覆蒸発乾涸</p> <p>←沈澱を約 50ml の蒸留水でとくす。</p>	<p>廃棄</p>

←担体として10ml の Fe ³⁺ を加える。	
←NH ₄ OH(1:1) で PH=8 東洋口紙 No. 5A で口過	
ロ液に10ml Ba ²⁺ を担体として加える。	沈澱廃棄
←NH ₄ Ac(6M), HAc(6M)を2:1の比で加え PH=5.0	
←1.5M Na ₂ CrO ₄ 1ml, 4時間放置 東洋口紙 No. 54で口過	
ロ液	沈澱廃棄
←Na ₂ CO ₃ 飽和溶液, PH=9.0, ガラス口過器 (11G-4) で口過	
沈澱	ロ液廃棄
110°C で乾燥, 炭酸塩として秤量, 2週間以上放置	
←沈澱を少量の HCl(1:1) にとかす	
←5mg Fe ³⁺ を担体として加え加熱	
←NH ₄ OH で PH=8.0 (褐色沈澱生成)	
ミルキング時間 (t ₁) を記録	
加熱攪拌	
東洋口紙 No. 54 で口過	
沈澱	ロ液 加熱
←HCl でとかす, 加熱。	←Na ₂ CO ₃ 飽和溶液で PH =9.0
←NH ₄ OH で PH=8, 加熱攪拌	分離型フィルター
分離型フィルターにより東洋口紙 No. 5A で口過	東洋口紙 No. 54 で口過
沈澱	沈澱
←HCl でとかし加熱	110°C 乾燥
←NH ₄ OH で PH=8, 加熱攪拌 分離型フィルターを用い東洋口紙 No. 5A で口過	SrCO ₃ 秤量
沈澱	
110°C で乾燥	
Y-90 の β 線カウント測定	

③ 放射線測定器機

化学処理を行なった試料は気象庁気象研究所で医理研製低バックグラウンド・ガンマースペクトロメーターで Cs-137 の線量を測定した。

定性チェックには, 東芝製100チャンネル波高分析器タイプ EDS-34206 を用いた。

Sr-90 の計測には, 医理研 LBC-1型ガスフロータイプ・ベーター線スペクトロメーターを用いた。

また核種の定性検出には島根大学の鉛10cmで周囲を遮蔽し低バックグラウンドとしたシンチレーションガンマ線スペクトロメーター (2"φ×2"Nal(Tl)) を用い, これに東芝製128チャンネル P.H.A.(EDS-34203)を用いた。

④ Sr-90 及び Cs-137 の四年間の経時変化

試水採取点は図Ⅰに示し、四年間の測定総合グラフは図Ⅱによって示した。

1967～1979年の3ケ年の測定数値は省略し次に1970年の実測値を代表的に表示する。

Sr-90 は表1に Cs-137 は表2に示した。

1967年（昭和42年）2月に Cs-137 は最大値1.03 pCi/l を示した。然るに海上保安庁の日本海水中の Cs-137 の測定報告では42年以降45年までに0.2～0.4 pCi/l で一定であるとされているにも拘らず、沿岸定線域で高い値が得られたのは、規模数千K.T.級の第五回中共核実験のホールアウトの影響により、この地域が汚染されたものと考えられる。この規模の核実験では、核種は対流圏で降下物となり、フォールアウトは約1ヶ月の半減期で減衰することが気象研のデータで示されている。

然し我々の測定結果によれば42年2月から6月まで約3ヶ月の半減期で減衰している。

このことに関しては、春先に日本海では海水の表面水が暖められ、下層部の低温水により、沿直方向の熱拡散が妨げられ、安定な成層を作り、また対島海流以外に強い海流はなく、水平方向の熱拡散及び表面水拡散も少いために、放射能元素は比較的の表面に蓄積されると云うことが、気象庁海洋気象部の「日本近海の全β放射能」に報告されたが、本実験結果もこれに一致する傾向がみとめられる。

以後、昭和43年2月まで、0.3～0.4の値を示しているが、これは第6回の中共核実験による対流圏及び成層圏降下物の影響であろう。

昭和43年3月から、44年1月までは0.1～0.2の低値を示した。然し43年4月～5月、7月とデータが得られなかったので、核実験の影響については不明である。

昭和44年春先に比較的高い値が見られたが、これは第8回核実験及び春先の日本海側特に中国山脈系の積雪の融解して河川水となり日本海に流入して Sr-90 及び Cs-137 を蓄積せしめたものとも考えられる。

以後、昭和45年8月まで0.15～0.3の値を示したのは、前年の年末に近い9月23日の中共第9回地下核実験であることと、つづいて9月29日の第10回2.3M.T.級核実験の影響が暖い季節のために表面及び上下波動運動により拡散し表面に局所的蓄積されなかったものと考えられる。即ち44年の年末に核実験が行なわれなかったため45年春先にピークが現われなかったものとする。

次に日本海水中に於ける Cs-137 を最近4年間、及び2年間の、Sr-90 を最近2年間の経月変化として、図Ⅲにまとめた。尚数字は試料数である。

序に同表上部に最近4年間の気象研発表のフォールアウトの月間降下量による経月変化を示した。

フォールアウトの場合は、高空の気象状況に影響され、6月に最大値を取ることが示されている。

然るに日本海水（西域）の場合には春先に高い値が見られる。これは前述の如く表面水の成層により上下拡散が妨げられるのが最大の原因と考えられる。

最近2ケ年の Sr-90 の経月変化では、その傾向が観測出来ず、 $0.15\sim 0.2\text{pCi/l}$ の値を示した。試料数も少なく、Sr-90 は経月変化としては意味をなさなかった。

次に、著者等が測定した日本海西域に於ける核種 Cs-137 の測定値と、他のデータを経年変化で比較した（図IV）。

日本海の閉塞性を考えると、海流により核種が運ばれるよりもフォールアウトによる影響が大きいものと考えられる。

そこで、日本海に於ける詳しいフォールアウトのデータがないので、気象研究所地球化学部により測定されたところの東京でのフォールアウトを対照せしめてみた。これによると、1961～62年に北極圏、をシベリアでの核実験が、地球全体の44%を占め、69回行なわれていることより、1963年（昭和38年）に 52.3 mci/Km^2 のピークがあり、以後減少し、昭和42、43、44年度は略一定になっている。ここで試料数の少ない放医研のデータを除外し、島根大学の著者等及び海上保安庁のデータを比較して見ると、フォールアウトは42年以後、略一定であるが、日本海では42年ではまだ地域的に高低の差があったが、43年以後は日本海全域に於いて、徐々に放射能が一様化されていることが考えられる。

次に Sr-90 について。

昭和42年43年は分析操作確立段階でデータはない。

44年度は31試料中17試料

45年度は25試料中23試料

を分析したので図Vに年度別経月変化として示した。比較のため Cs-137 の値も示した。

別に海水中の Sr-90、Cs-137 の共存比の平均値として気象研では $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}\doteq 1\sim 2$ とされているが、著者のデータで44年9月10月に Cs-137 の値を大きく上回る Sr-90 の値が計測された。この9月23日に中共地下核実験29日に2.3 M.T. 級の核実験が行なわれているが、その影響と必ずしも即断出来ないかも知れない。

45年度は $0.1\sim 0.2\text{ pCi/l}$ の一定値である。図VIに地域別の経時変化と共に示した。

次に著者の得た結果を他のデータと、経年変化として比較してみると図VIIとなる。

気象庁海洋気象部の日本海の全ベーター線経年変化では、東京に於けるフォールアウトに関する気象研のデータと同様に、昭和38年に 9.41 pci/l の最大値を取り、以後減少し、41、42、43、44、45年は略一定となっている。

以上のことより、最近の日本海西域表面水に於ては中共の第6、7、8、9、10回の核実験によるフォールアウト及び以前の核実験の成層圏降下物の影響も同程度で見かけ上、Cs-137 は $0.15\sim 0.30\text{ pCi/l}$ Sr は $0.10\sim 0.25\text{ pCi/l}$ で一定している状態にあるものと考えられる。

(B) 実験方法と結果 (海藻・魚)

昭和43, 44, 45の三ヶ年の測定結果をまとめる。

① 装置・試薬

Cs-137: 医理研製シングルチャンネル波高分析器

Sr-90: 医理研製ベーター線低バックグラウンド放射能測定器

担体溶液:

塩化ストロンチウム溶液 ($10\text{mgSr}^{2+}/\text{ml}$)

塩化第二鉄溶液 ($1\text{mgFe}^{3+}/\text{ml}$) ($10\text{mgFe}^{3+}/\text{ml}$)

塩化バリウム溶液 ($10\text{mgBa}^{2+}/\text{ml}$)

固体リンモリブデン酸アンモニウム

硝酸ストロンチウム溶液 ($10\text{mgSr}^{2+}/\text{ml}$)

酸:

濃塩酸, 稀塩酸 (1:1), (1:3), (1:9), (1:100)

濃硝酸 (比重1.38), 稀硝酸 (1:1), (6N)

発煙硝酸 (比重1.50), (比重1.45)

酢酸 (6N)

アルカリ溶液:

濃アンモニア水, 稀アンモニア水 (6N), (1:1)

塩類:

シュウ酸アンモニウム (固体), (1.5M溶液)

塩化アンモニウム (固体), (1M溶液), (飽和溶液)

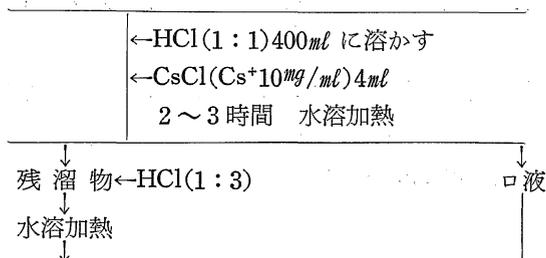
酢酸アンモニウム溶液 (6N)

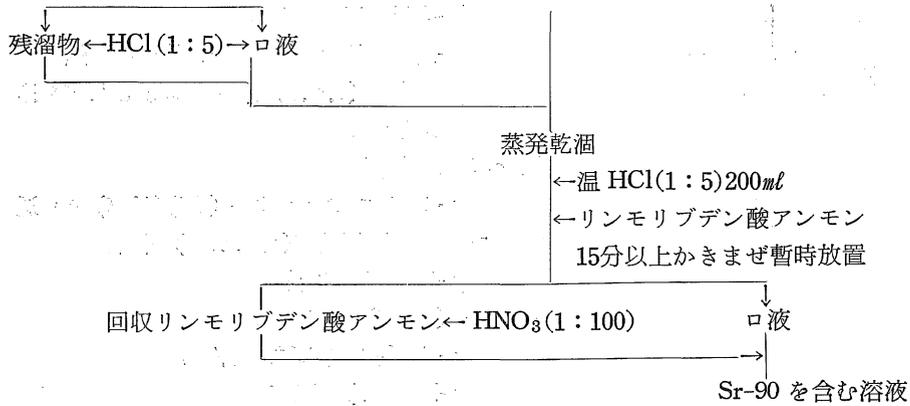
② 海藻の化学分析

風乾重量, 110°C 乾燥重量, 200°C 炭化, 灰分重量を秤量し, 試料は略100gの灰を使用する。

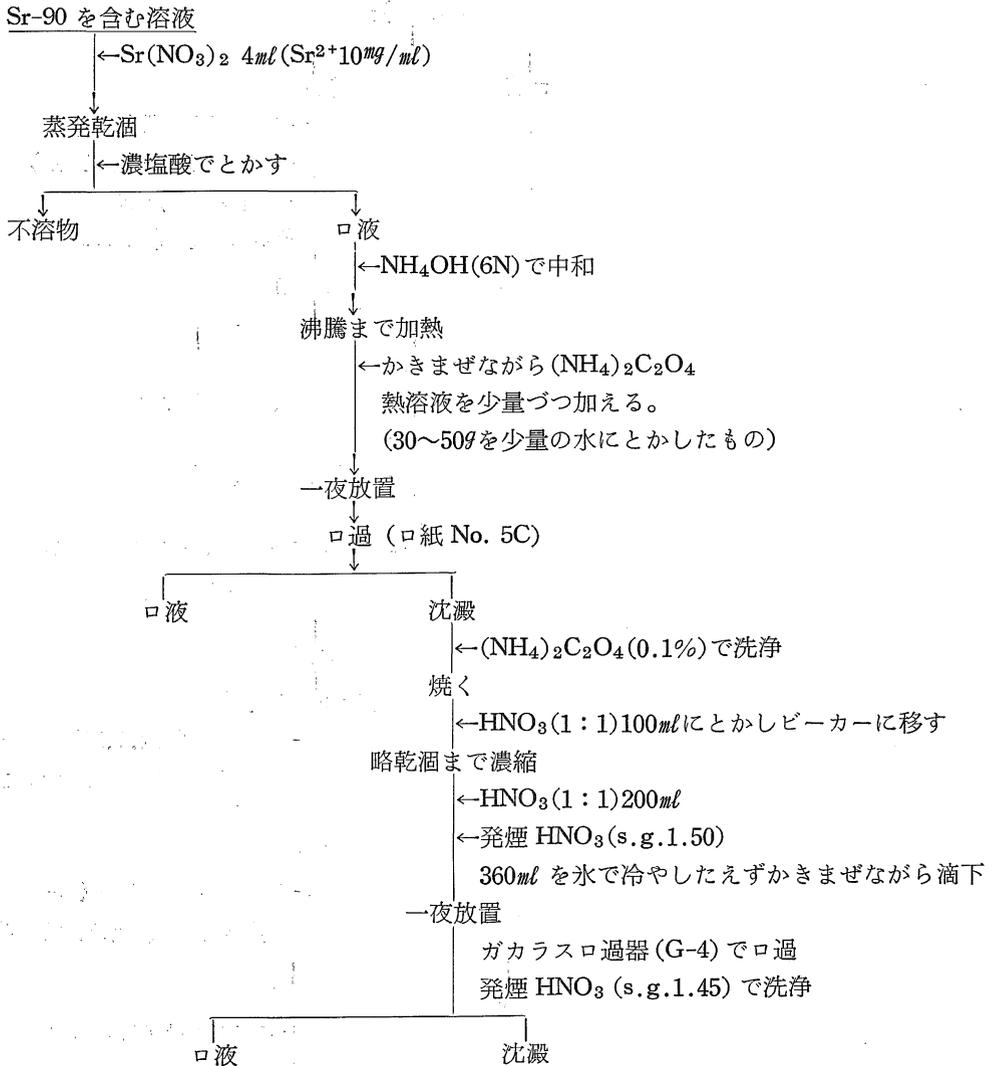
実験操作:

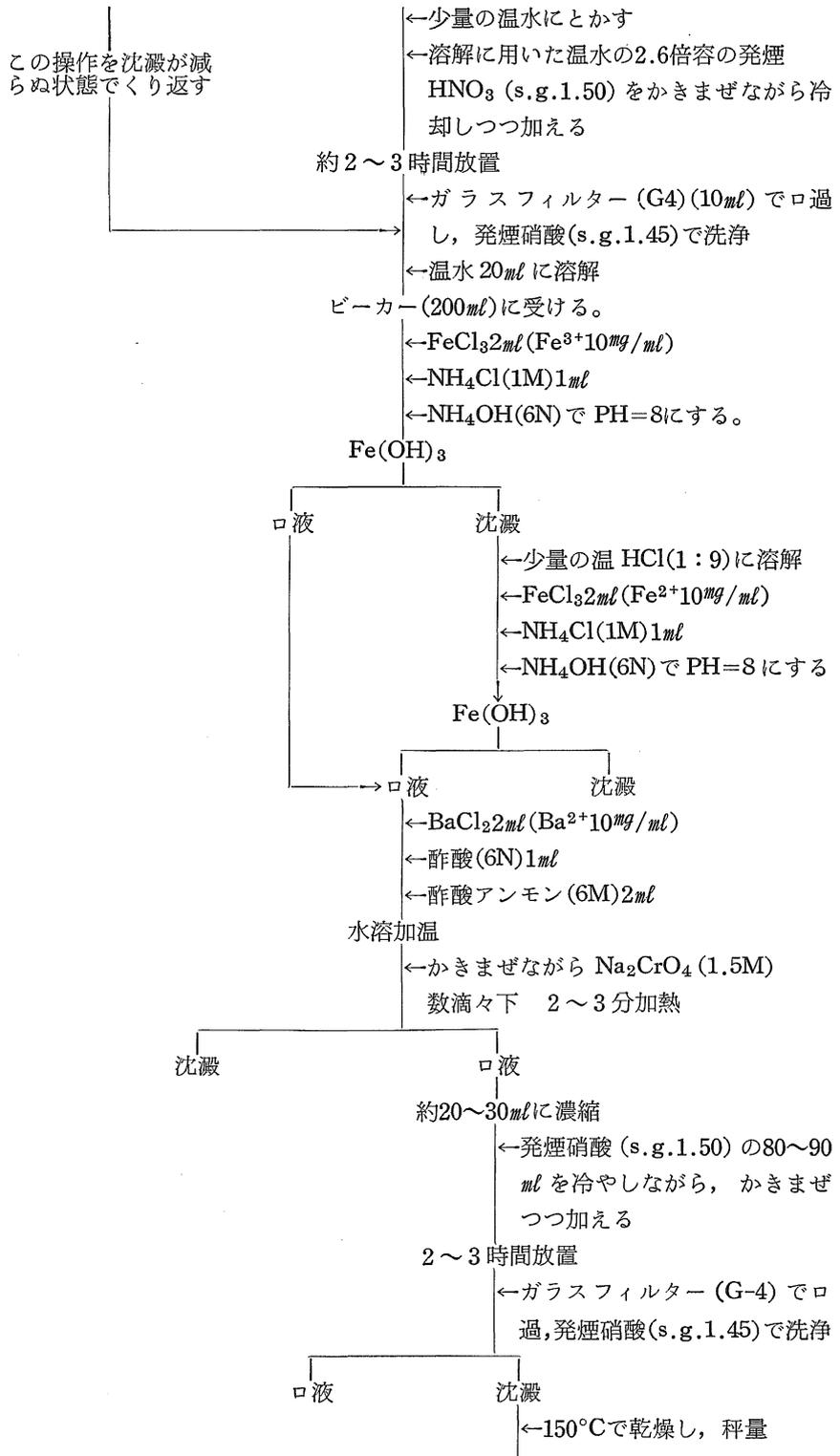
恒量となった灰分の略100gを秤量し大型ビーカー(2ℓ)に入れ

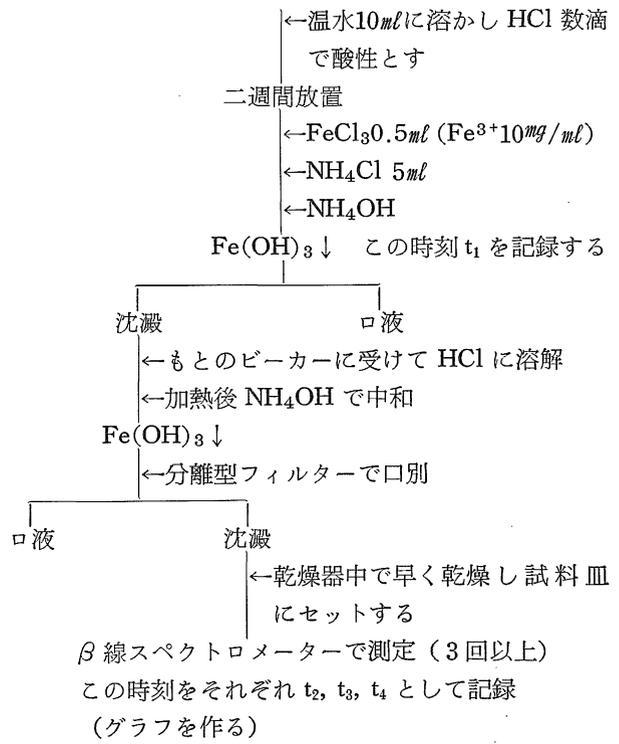




Sr-90 の分離







③ 魚の肉及び骨の中の Sr-90 及び Cs-137 の測定 (魚の採取点は図Ⅷ)

(1) 魚肉の処理

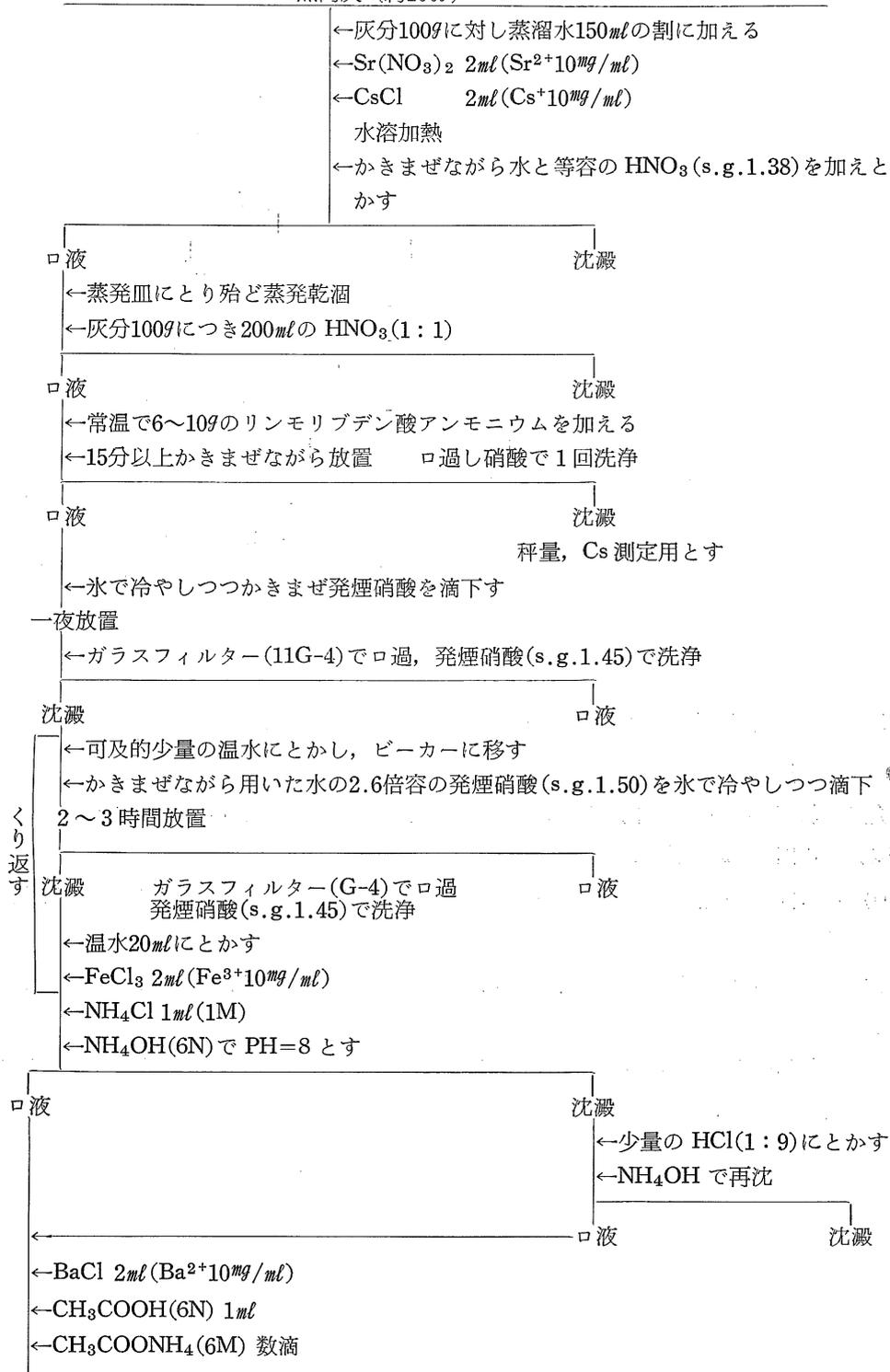
魚は三枚卸しにし、骨に附着した肉は、骨ごと熱湯にしばらく浸して、肉を骨と分離しこの肉を大部の肉と一緒に試料とする。

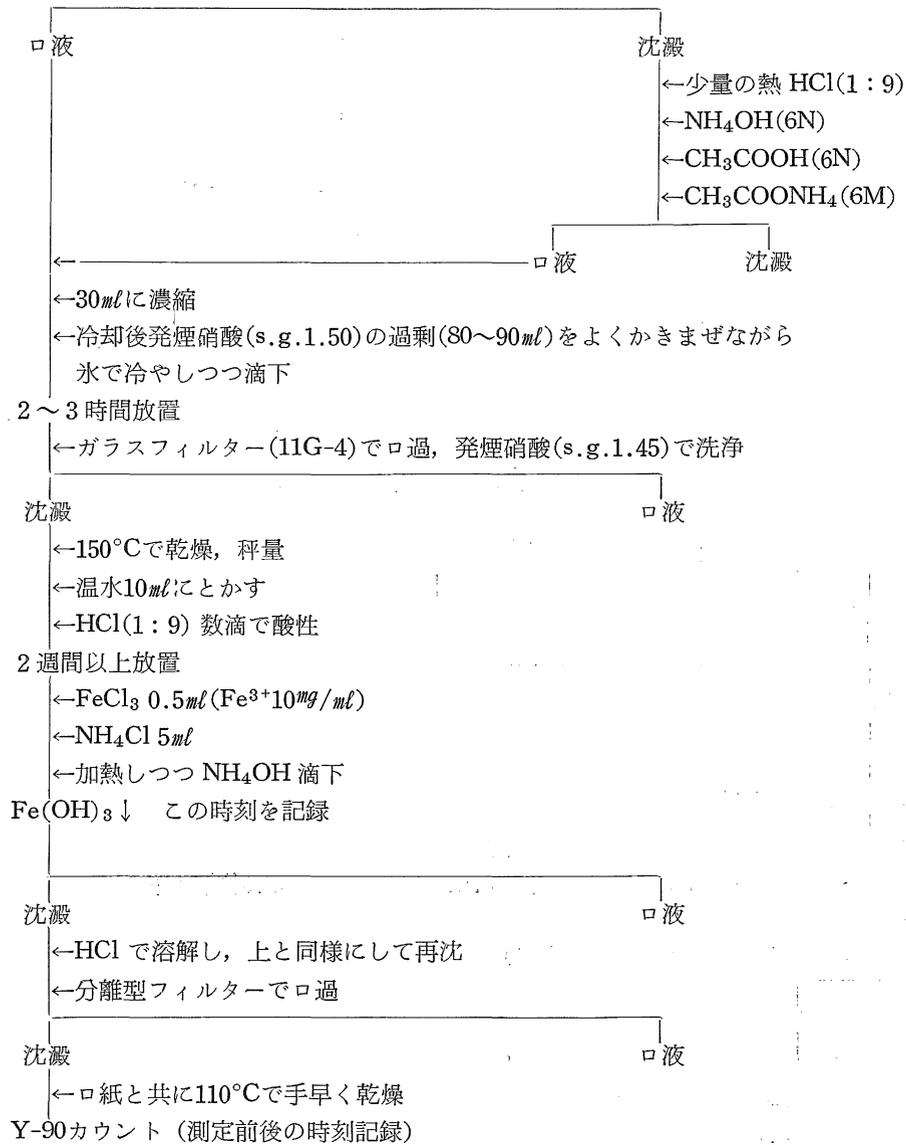
(イ) 生体肉試料は蒸留水で手早く洗い、ろ紙で水を切り、秤量する。110°C で充分乾燥し再び秤量する。

(ロ) 乾燥試料は電熱器で温度上昇勾配を注意しつつ可燃性ガスが殆ど出なくなるまで炭化する。

(ハ) 電気炉に入れ、550°C 前後で淡色になるまで灰化する。秤量する。その後メノウ乳鉢でよく摩砕し、300~350メッシュとする。

魚肉灰 (約100g)





(2) 骨の処理

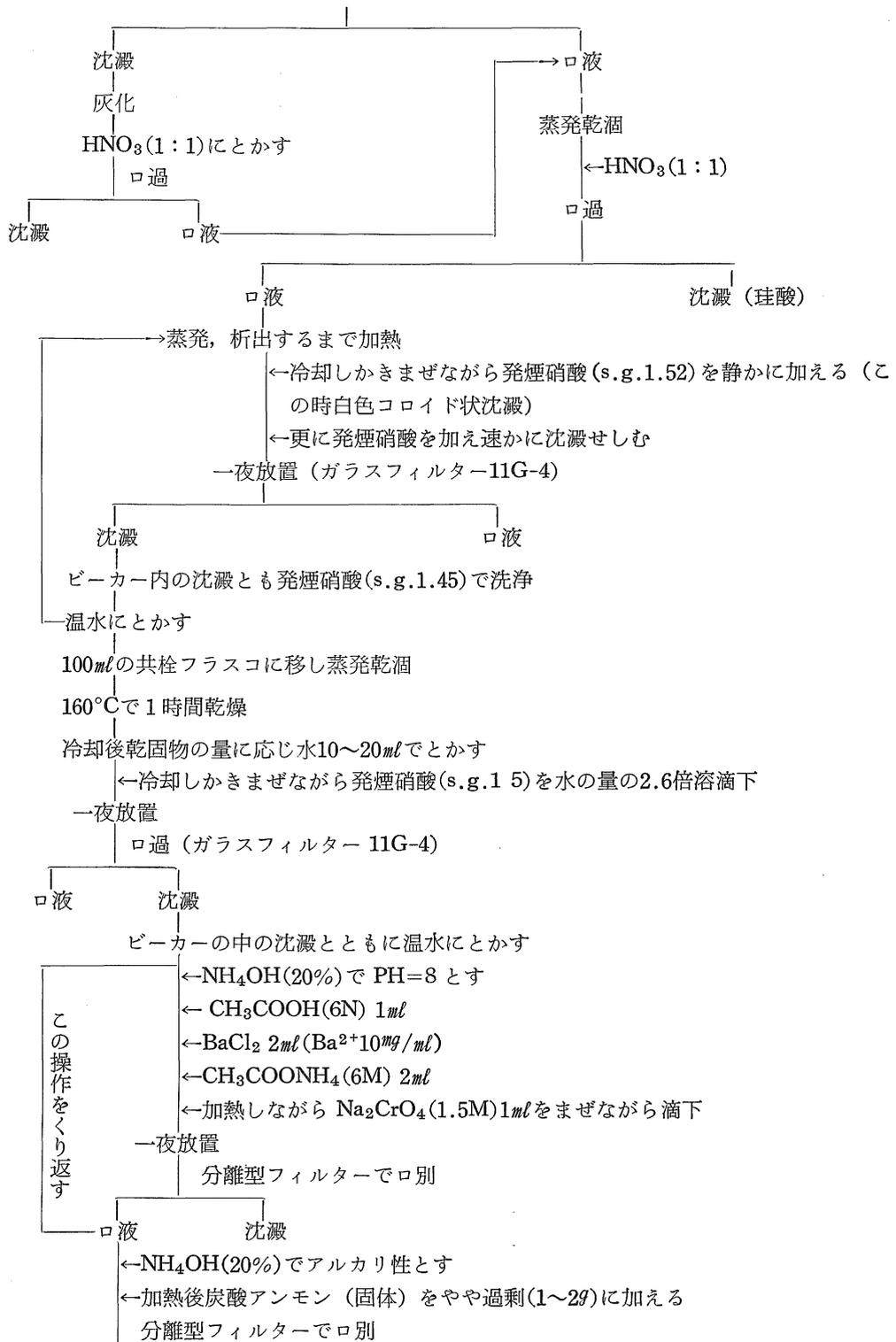
50~100gの骨灰 (約1gをCa定量用にとる)

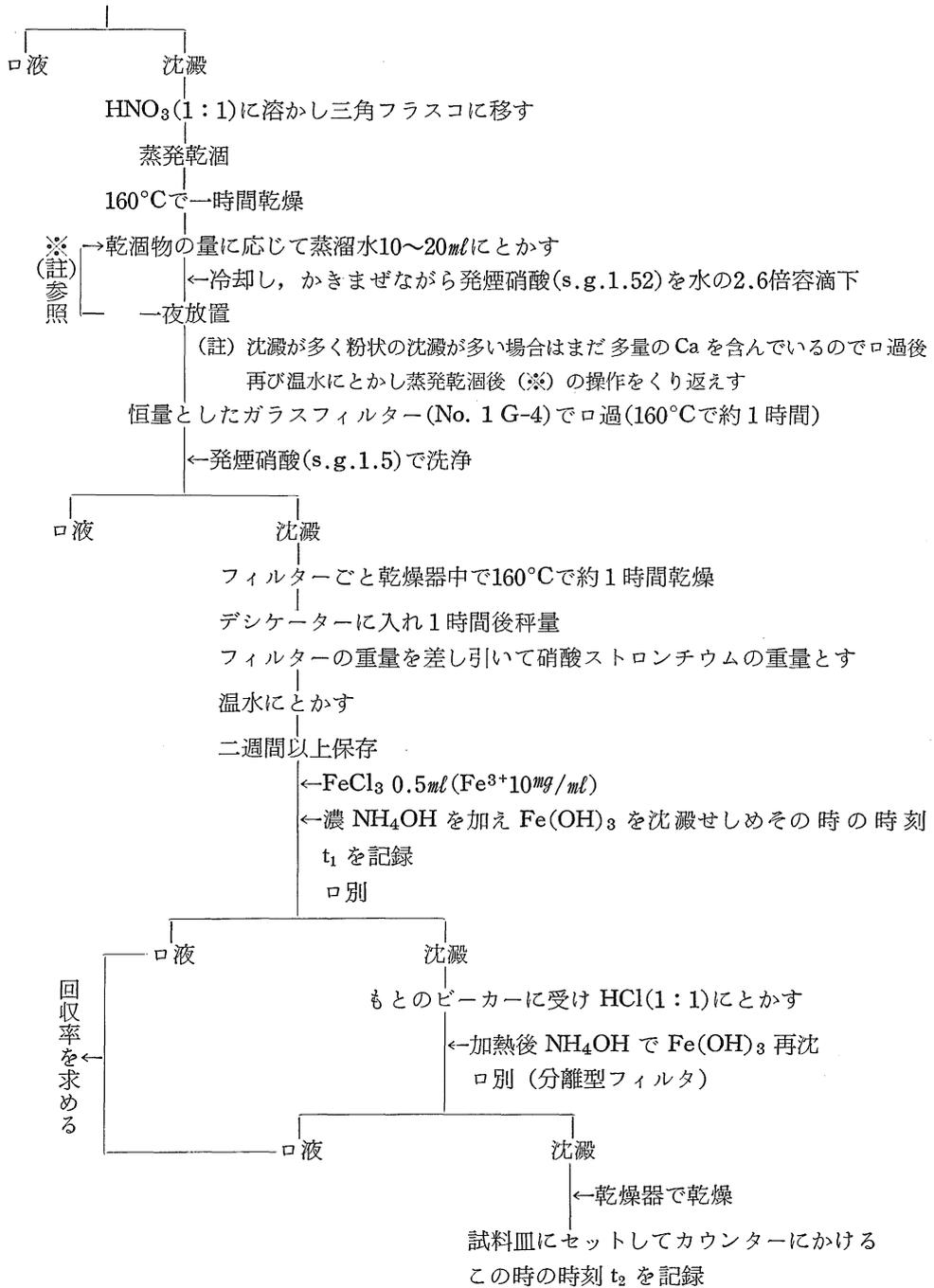
↓
骨灰1gに対し1.5mlの割合で蒸留水を加える

- ←Sr(NO₃)₂ 5ml (Sr²⁺10mg/ml)
- ←CsCl 5ml (Cs⁺10mg/ml)
- ←等容の濃硝酸(s.g.1.50)

加熱 溶解

↓
ビーカーの器壁を氷で洗いながら水でうすめ他のビーカーに移す。ロ過

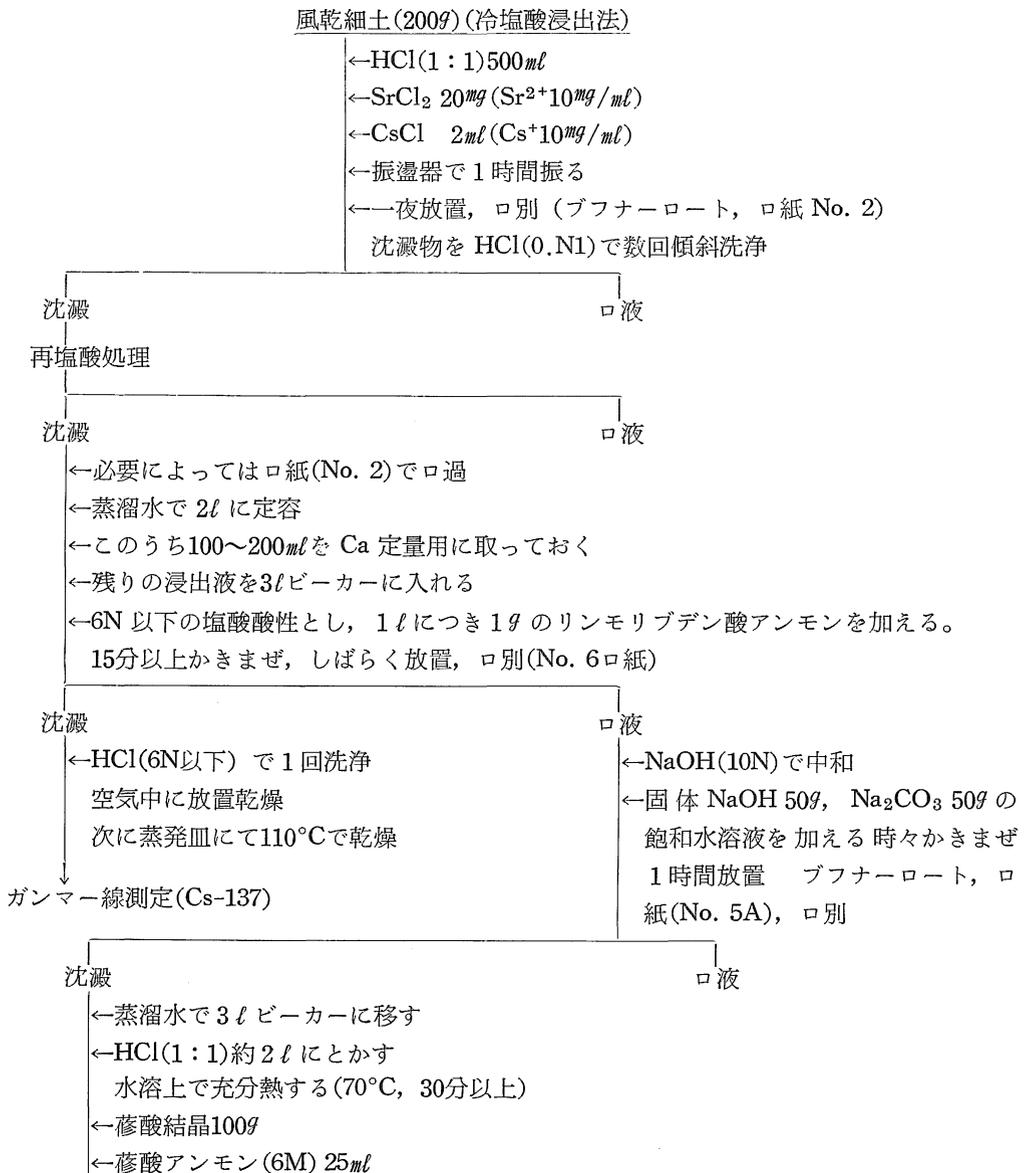


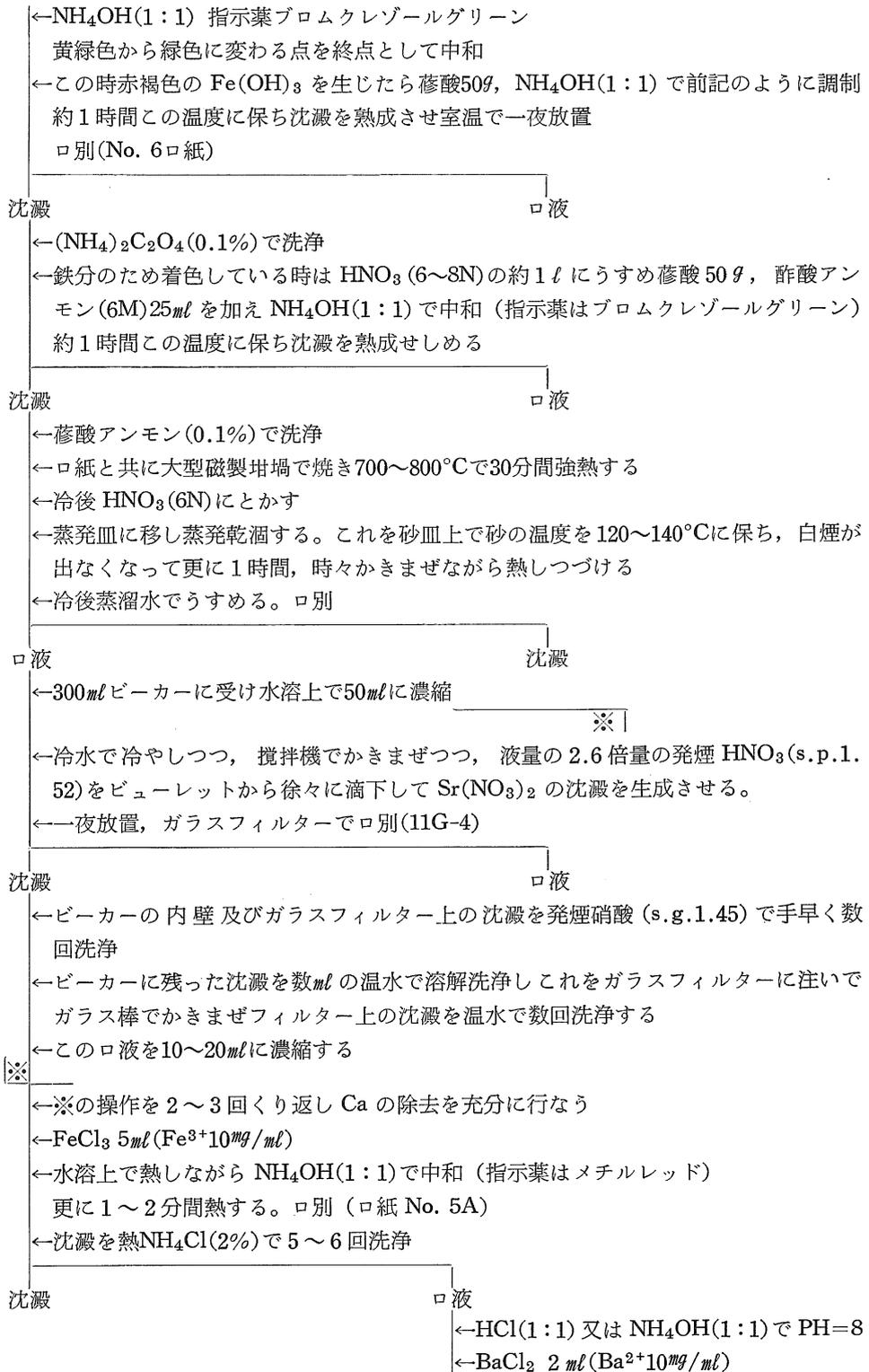


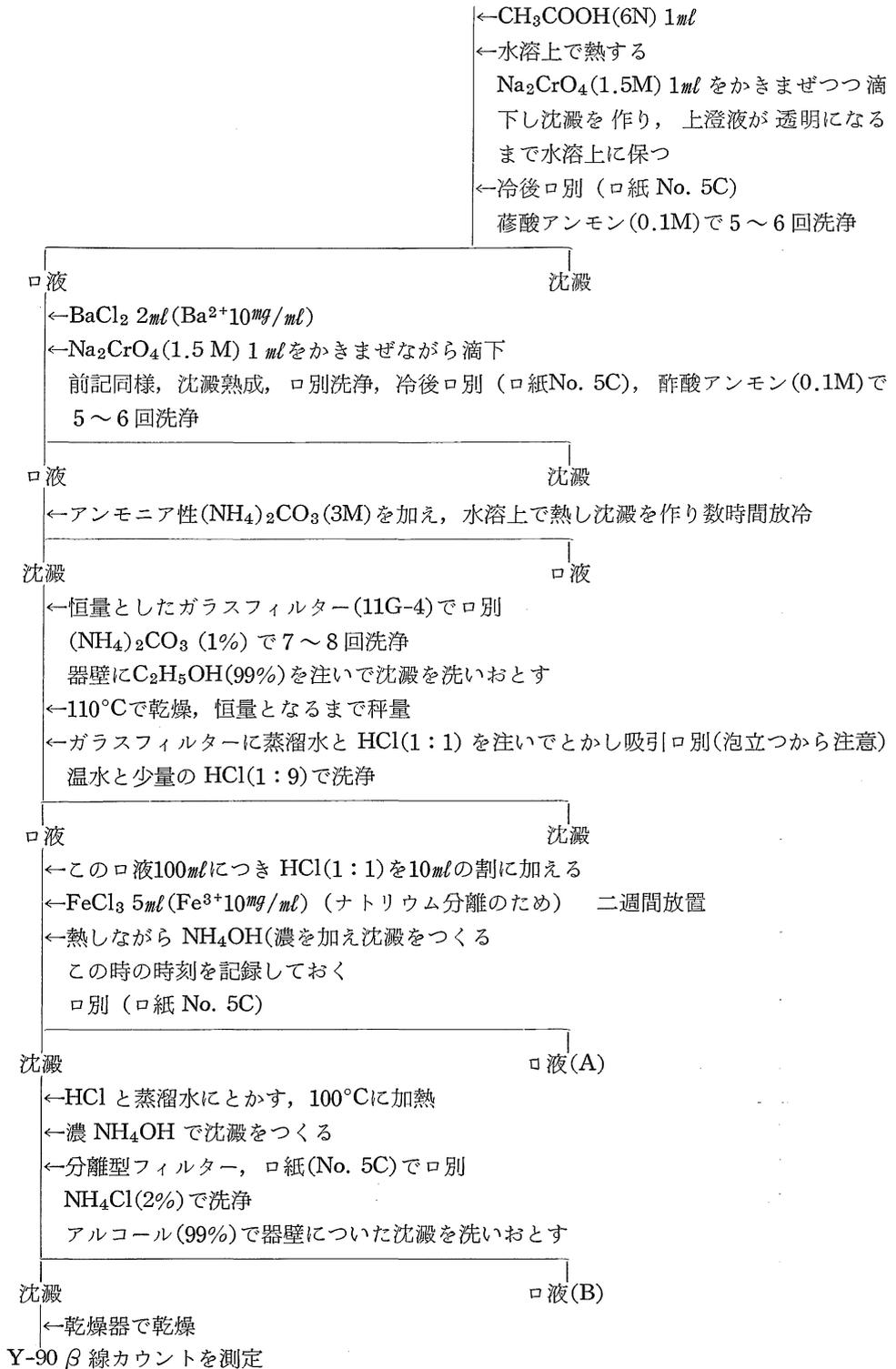
④ 土壌中の Sr-90 及び Cs-137 の測定

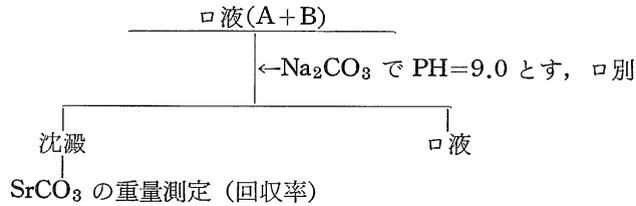
土壌の鉱物学的組織は複雑であり、結晶粒コロイド性、腐蝕質等の混合割合や、粒子の大小、密度等が両元素の吸着性の差により、またその土壌の山野の位置等により蓄積度が異なることはよく知られて居り、表土の深さ 1 cm に殆ど吸着されることも知られている。

著者等は松江市近郊及び島根半島の中国電力株式会社の原子力発電所工事現場の土壌を分析試料とし、表土 (0~5cm) ($1 m^2$) を採取した。この土壌に生育する野菜をも分析試料とし相互の含有量関係を分析することにした。



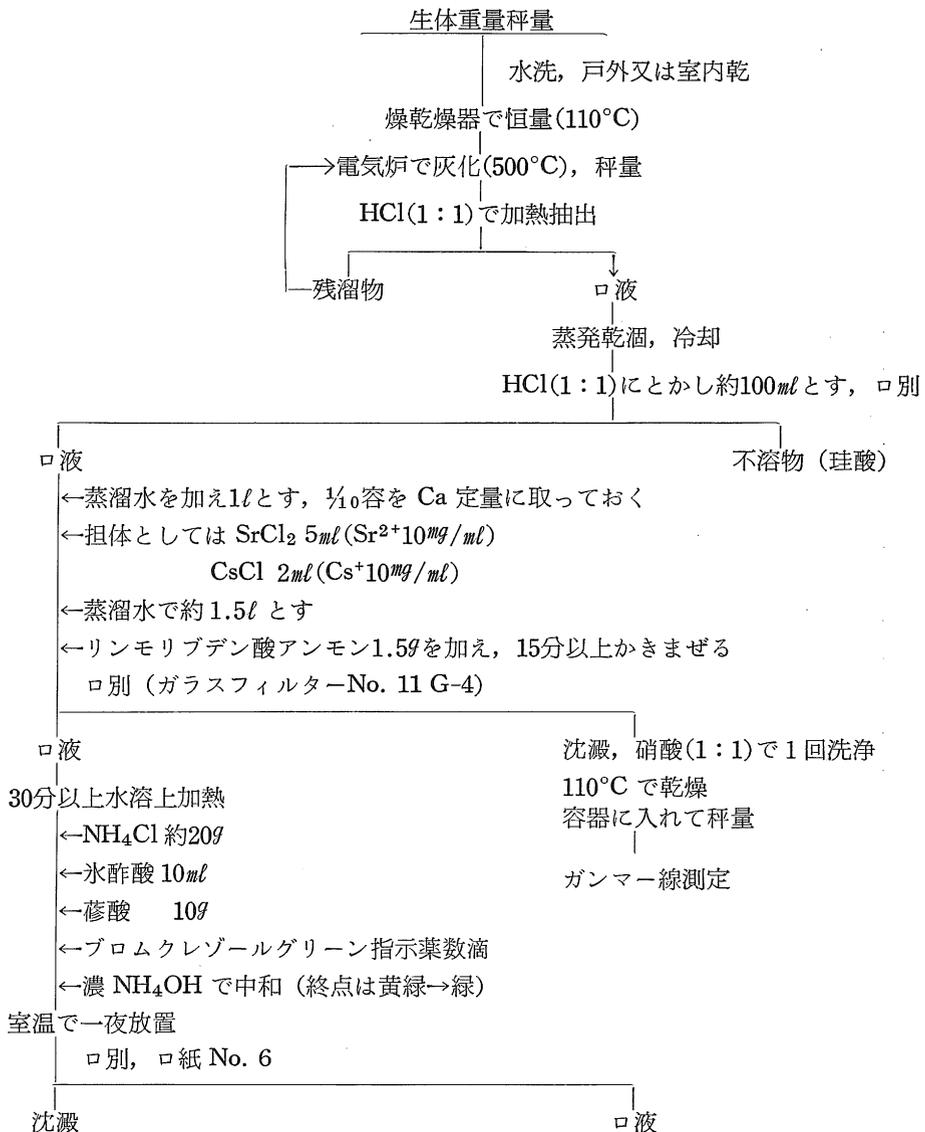


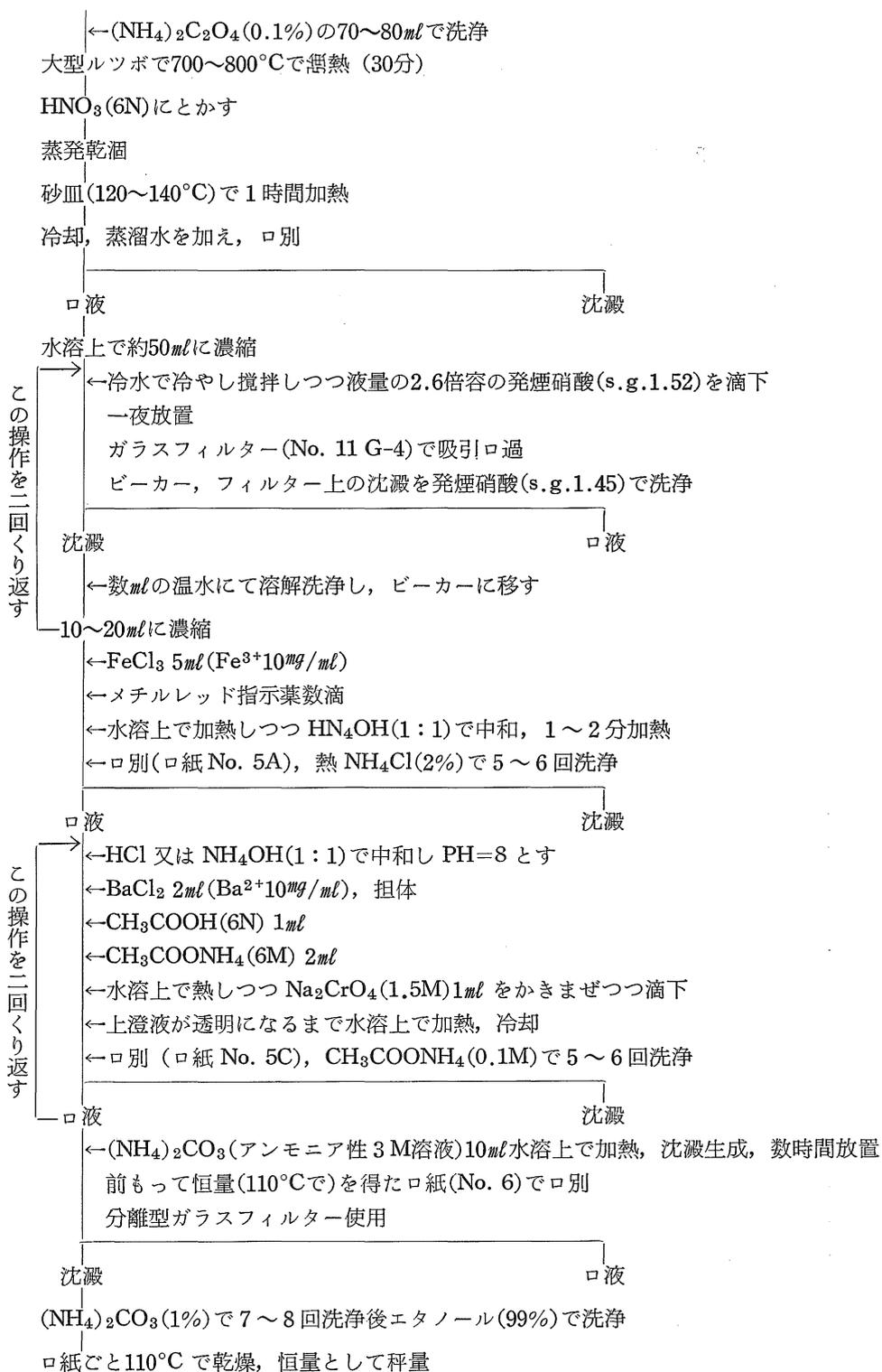


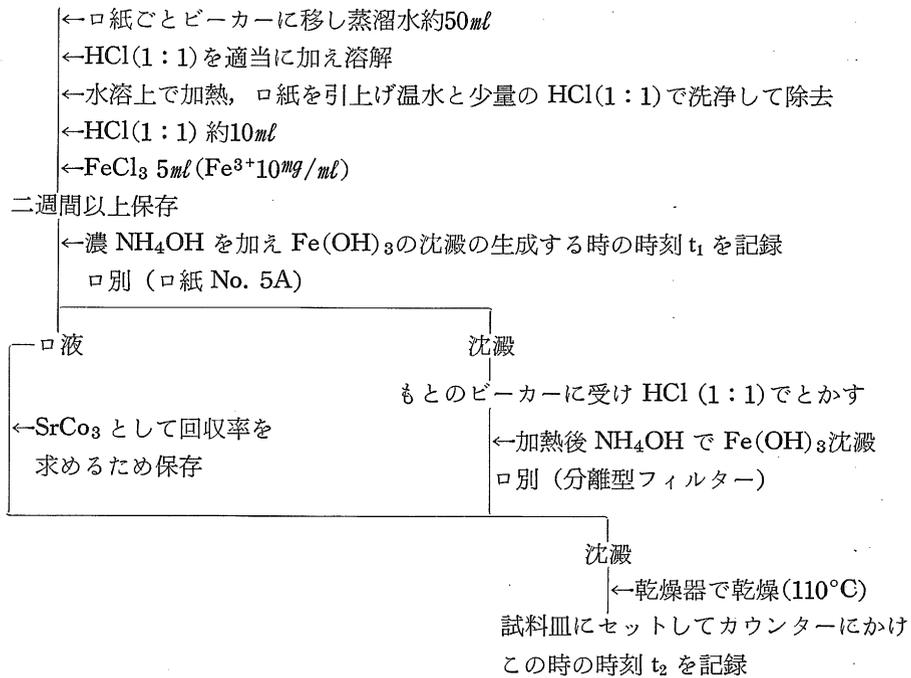


⑤ 野菜中の Sr-90 及び Cs-137 の測定

野菜は根菜, 葉菜, 果菜があるが試料土壤に生育した野菜及び季節的に大根, 人参のような現地根菜はないので葉菜と果菜の一部のものに限って分析を行なった。







⑥ 海藻，魚肉・骨，土壤野菜中の Ca の定量

Ca はその 化学的性質が Sr と類似しているの で Sr 量を計測するためには Ca の含有量を知って，その計測された値から Ca 1g 当りの Sr 単位を知り，他のデータと比較する必要がある。

魚肉灰 200~300g
 魚骨灰 約100mg
 海藻灰 1~2g

土壤・野菜の試料 100~200ml を 30ml に濃縮
を分析試料とする。二つの方法がある。

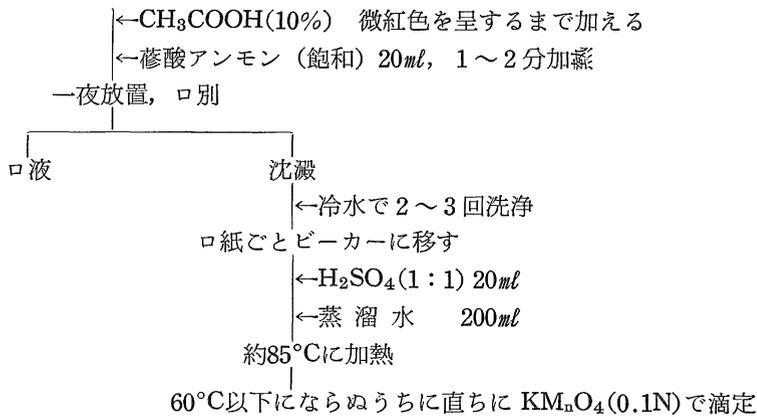
(1) 容量滴定法

(i) 例：骨灰

100mg を秤量

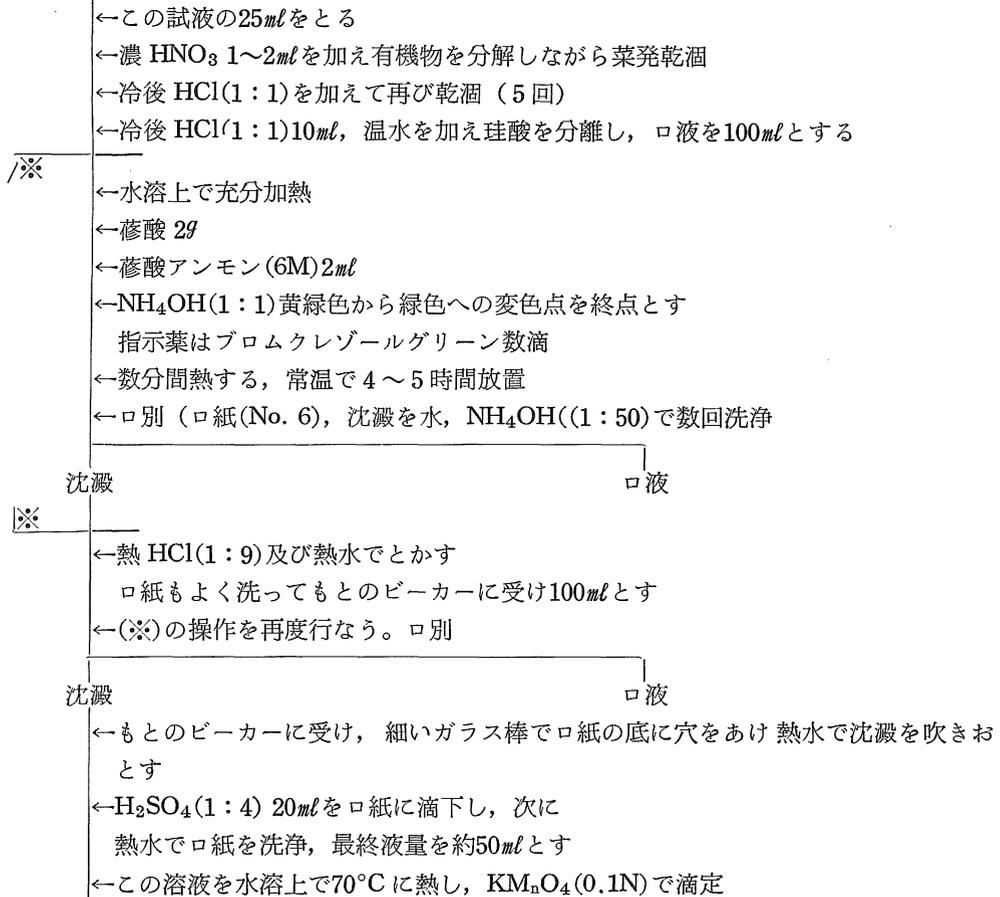
←HCl(1:1) 2~3 ml にとかす
 ←ビーカーの壁を少量の水で洗い，指示薬のメチルレッド 2~3 滴を加える

弱火で熱しながらアンモニア水 (10%) を溶液が赤色から黄色に変わるまで加える (黄白色沈澱生成)



(四) 例: 土壤

Ca 分析用試液200ml



- (イ) 計測値から全 c. p. m. を求め、これからバックグラウンド c. p. m. を差引く
 (ロ) (イ)の値から真の計数率 Net c. p. m. を次式で算出し、標準偏差を附記する。

$$\text{Net c. p. m.} = \left(\frac{n_a}{t_a} - \frac{n_b}{t_b} \right) \pm \left(\frac{n_a}{t_a^2} + \frac{n_b}{t_b^2} \right)^{1/2}$$

但し、 n_a = 全カウント数
 n_b = バックグラウンドのカウント数
 t_a = 試料計測時間(分)
 t_b = バックグラウンド計測時間(分)

(ハ) (ロ)で算出した Net c. p. m. を使って、これを計数効率(後頁に示す)で除して d. p. m. を求める。

(ニ) (ハ)で算出した d. p. m. の値を 2.22 で除してピコキュリー(pCi)に換算する。

(ホ) (ニ)で算出した pCi の値を回収率(70%としたが、この回収率は気象研では80%とされ、80%をそのまま適用した場合もあるが、余程実験操作を厳密に行なっても80%は得がたく70%はよい方である。従って Cs-137 の回収分析法は根本的に研究される必要がある)で除し、原試料中の全 Cs-137 量を算出する。

(ヘ) pCi/g ash, pCi/生体kg を算出する。

この時比例式で誤差も求めるが、最終誤差としては実験操作を通じての誤差として pci の値の 10%を加えておく。

(Cs-137 の計算例)

例を川津産キャベツにとってみると計測値から

$$n_a = 20688 \text{ カウント}, t_a = 2580 \text{ 分}$$

$$n_b = 20061 \text{ カウント}, t_b = 2700 \text{ 分}$$

$$\text{Net c. p. m.} = \left(\frac{20688}{2580} - \frac{20061}{2700} \right) \pm \left(\frac{20688}{2580^2} + \frac{20061}{2700^2} \right)^{1/2} = 0.55 \pm 0.08$$

グラフ(略)からこの時の計数効率は4.2% (使用ソルモリブデン酸アンモンは1.20g) であるから

$$\text{d. p. m.} = \frac{0.55}{0.042} = 13.10$$

$$\text{pCi} = \frac{13.10}{2.22} = 5.90$$

回収率を70%としたので、もとの試料の全 pci は

$$\text{全 pCi} = \frac{5.90}{0.70} = 8.43$$

これを用いて

$$\text{pCi/g ash} = \frac{8.43}{13.17} \pm \left(\frac{0.08 \times 0.64}{0.05} + 0.64 \times \frac{1}{10} \right) = 0.64 \pm 0.15$$

$$pCi/生kg = \frac{8.43}{1.67} \pm \left(\frac{0.08 \times 5.05}{0.05} + 5.05 \times \frac{1}{10} \right) = 5.05 \pm 1.24$$

(2) Sr-90 の場合

(イ) 計測値より全 c. p. m. を求め、これよりバックグラウンド c. p. m. 0.5 を差引いて Net c. p. m. を求める。又それに対する偏差も求める。

次式で計算する。

$$\text{Net c. p. m.} = \frac{n_a}{t_a} - 0.5 \quad n_a : \text{全カウント数}$$

$$\text{偏差} = \pm \left(\frac{n_a}{t_a^2} + \frac{0.5}{60} \right)^{1/2} \quad t_a : \text{試料計測時間(分)}$$

(ロ) (イ)の全カウント数の値にグラフ(略)から得られる測定時間中に於ける Y-90 の減少の補正係数 b を乗じ、測定開始時に於ける計数率を算出する。

(ハ) (ロ)で得られた Net c. p. m. 補正值に(イ)で求めた偏差を合わせ、対数グラフの横軸に時(Sr-90 と Y-90 の分離時刻、それに各測定時間刻を含む様にとる)、縦軸に計数率をとり、各測定時刻に於ける計数率をプロットする。

(ニ) Y-90 の半減期は 64.4 時間であるのでグラフ上に理論直線を引き、これとプロットした各点を結んで得られた直線がほぼ平行であれば、この計測値は Y-90 によるものとしてよい。もし明らかに平行でなければ計測を繰り返し最も近似的直線を引く。

(ホ) 上の直線と Sr-90, Y-90 の分離時刻を縦軸方向に延ばした直線との交わる点での計数率が Sr-90, Y-90 の分離時刻に於ける計数率となる。

(ヘ) (ホ)で求めた計数率を用いて d. p. m. を求める。

$$d. p. m. = \frac{\text{Sr-90, Y-90 分離時刻に於ける計数率}}{0.563}$$

(ト) d. p. m. を pci に換算する。

$$pCi = \frac{d. p. m.}{2.22}$$

(チ) 回収率でこの pci を除し、試料中の全 Sr-90 量を算出する。

(リ) pCi/g ash, pCi/生kg を出す。

(ヌ) S. U. (ストロンチウム・ユニット) を算出し、比較上の目安とする。

(注) S. U. とは放射性降下物に由来する Sr-90 の試料中に於ける量を Ca に対する相対含有量で表わした単位であって、非放射性カルシウム 1g について含まれる Sr-90 の pci 数である。

即ち $1 \text{ S. U.} = 1 \text{ pCi/1gCa}$

Ca に対する値が用いられるのは Sr-90 の化学的性質が比較的カルシウムに似ていることによるが、Sr-90 は必ずしも Ca と行動をともにせず、従ってこの単位は学問的には厳密なものではなく便宜的なものである。

(Sr-90 の計算例)

例に川津産キャベツとハマチ骨をとってみる。

(川津産キャベツ)

Y-90 分離時刻：1970年12月1日 午前10時40分

第1回目の測定開始時刻：12月1日 午後0時55分 (60分間測定)

全カウント 1067

第2回目の測定開始時刻：12月2日 午前9時55分 (60分間測定)

全カウント 912

第3回目の測定開始時刻：12月3日 午前9時55分 (60分間測定)

全カウント 727

以上3回の測定につき、それぞれの全カウント数を n_a , $t_a=60$, それに測定時間に於ける補正係数 $b=1.005$ を用いて各計数率を求めると

第1回目の測定

Net c. p. m. = 17.37, 偏差 = ±0.54

第2回目の測定

Net c. p. m. = 14.77, 偏差 = ±0.50

第3回目の測定

Net c. p. m. = 11.68, 偏差 = ±0.45

以上3つの値を用いて減衰曲線を引く (図略)。その直線から Y-90 分離時に於ける c. p. m. は 18.2 と決定した。

これより計数効率 0.563 を用い d. p. m. を求めるが, Ca 定量用として $\frac{1}{10}$ 量除外したものでカウントしたので, ここで 1% を乗じ, もとの試料全体の d. p. m. を算出する。

$$\text{d. p. m.} = \frac{18.2}{0.563} \times \frac{10}{9} = 35.92$$

これを 2.22 で除して pci にすると

$$\text{pCi} = \frac{35.92}{2.22} = 16.18$$

回収率が実験の結果 45.31% だったので全 pci を算出すると

$$\text{全 pCi} = \frac{16.18}{0.4531} = 35.71$$

$$\therefore \text{pCi/g ash} = \frac{35.71}{13.17} = 2.71$$

$$\text{pCi/生kg} = \frac{35.71}{1.67} = 21.38$$

また Ca は 324 mg 含まれていたのでは

$$S. U. = \frac{35.71}{0.324} = 110.22$$

(ハマチ骨)

この場合野菜の場合のように Ca 定量用として途中で、試料の一部を除外しておく必要なく上記の野菜の場合と同じで、d. p. m. を求めるのに1%を乗ずると云う補正を行なわない。

Y-90 分離時の c. p. m. は野菜と同じように決定し、その値は2.37であった。

$$\therefore d. p. m. = \frac{2.37}{0.563} = 4.21$$

$$pCi = \frac{4.21}{2.22} = 1.90$$

これを回収率71.33%で除し全 pCi を求めると

$$\text{全 } pCi = \frac{1.90}{0.7133} = 2.66$$

$$\therefore pCi/g \text{ ash} = \frac{2.66}{31.27} = 0.09$$

$$pCi/\text{生}kg = \frac{2.66}{0.53} = 5.02$$

$$S. U. = \frac{2.66}{12.060} = 0.22$$

(補足)

(1) Sr-90 の回収率計算法

Sr-90 の回収率は下記の理論式で求める

$$\text{回収率} = \frac{\text{最後に回収した SrCO}_3 \text{ 量} \times 100}{\text{担体量(SrCO}_3 \text{ に換算)} + \text{試料中の Sr-90(SrCO}_3 \text{ に換算)}}$$

ここで担体量は野菜に使った SrCl₂、魚骨灰に使った Sr(NO₃)₂ ともその精度を次の(2)に示した方法により得られる SrCO₃ 量の形で求める。

次に試料中の Sr-90 を Ca との次の比から推定しこれも SrCO₃ 重量に係数 1.685 を乗ずることにより求める。

$$\text{野菜では } Ca : Sr-90 \doteq 0.5 : 2 \times 10^{-3}$$

$$\text{魚骨では } Ca : Sr-90 \doteq 250 : 1$$

これは東京教育大学教授三宅泰雄博士によるものであるが、使用試料の種類のすべてに適用されるものではないが、今回は一応この方法によった。

(2) 回収 SrCO₃ 量並に使用担体の濃度を SrCO₃ 量として知る方法

(回収 SrCO_3 量)

Y-90 を分離した口液

↓
沸騰しない程度に加熱, 約50mlとす

←濃 NH_4OH で弱アルカリ性にする

←10~20ml の Na_2CO_3 (飽和)

↓
ビーカーの壁を引かきながら約30分間そのまま加熱し, 沈澱が熟成されてから一夜放置

↓
分離型フィルターで口過 (前もって110°Cで恒量にしておいた口紙)

←口液で沈澱を2~3回洗浄

↓
乾燥器で110°C乾燥, 恒量とし秤量。

この値から口紙の恒量値を減ずれば回収 Sr-90 が SrCO_3 量として求められる。

(使用担体の濃度計測)

これは上述の回収 SrCO_3 量を求める方法と操作は同じであるが, 口液のかわりに担体を使用量だけとって蒸留水で約50mlとしたものを出発点とするところが異なる。結果的には担体中の Sr-90 に Na_2CO_3 を投入して SrCO_3 の沈澱とし, この重量を求め, これから使用担体中の Sr-90 の濃度が計算出来る。

ちなみに係数は $\text{SrCO}_3/\text{Sr}=1.685$

尚上記回収率計算式に代入する値としては計測値, 即ち SrCO_3 重量をそのまま用うればよい。

⑧ 測定結果の集約

(1) 海水中の Sr-90, Cs-137 の経年変化

図 I から図 VII 及び表 1, 表 2 参照

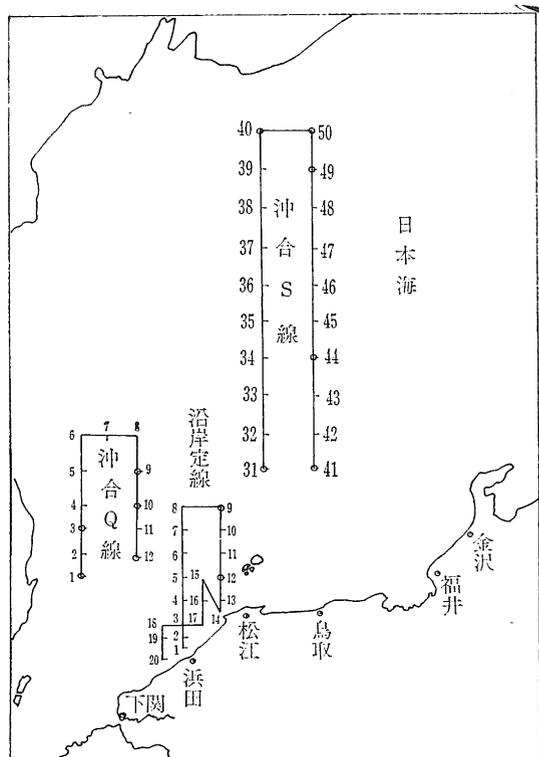
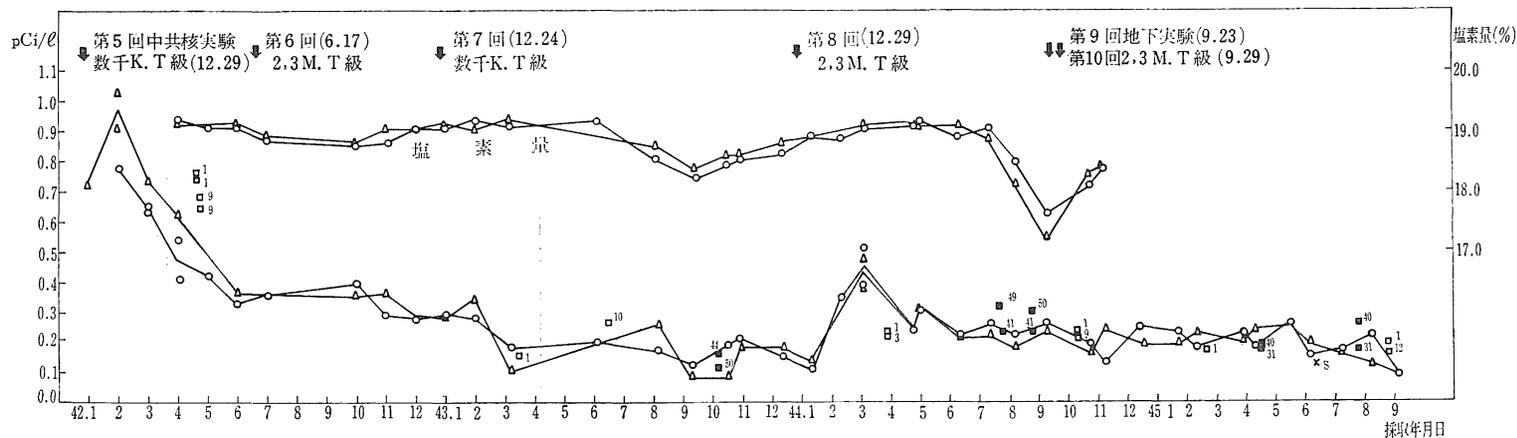
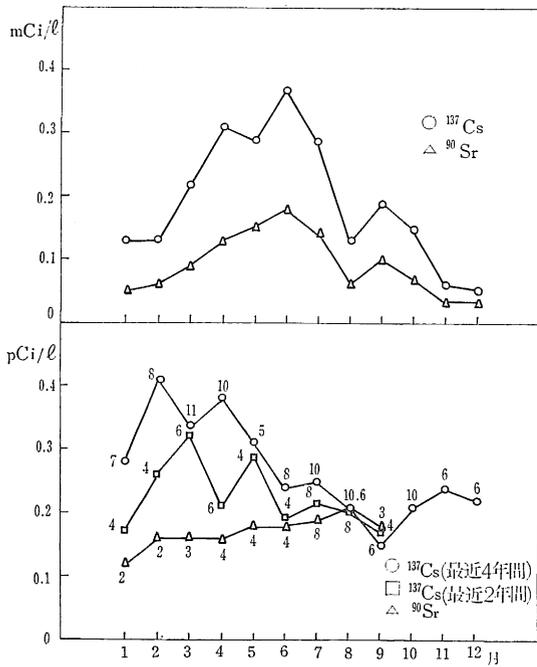


図 I. 海水の採取点 (○印)

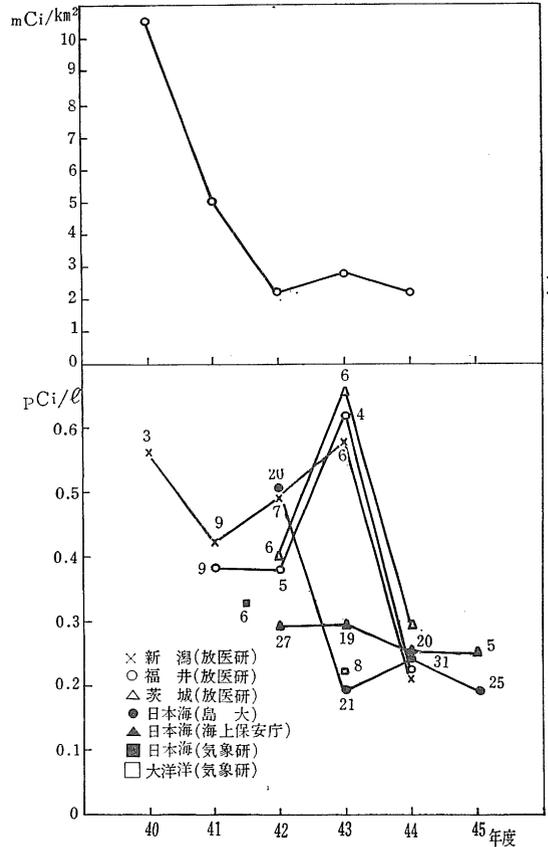


図II. 日本海海水中におけるCs-137の経時変化

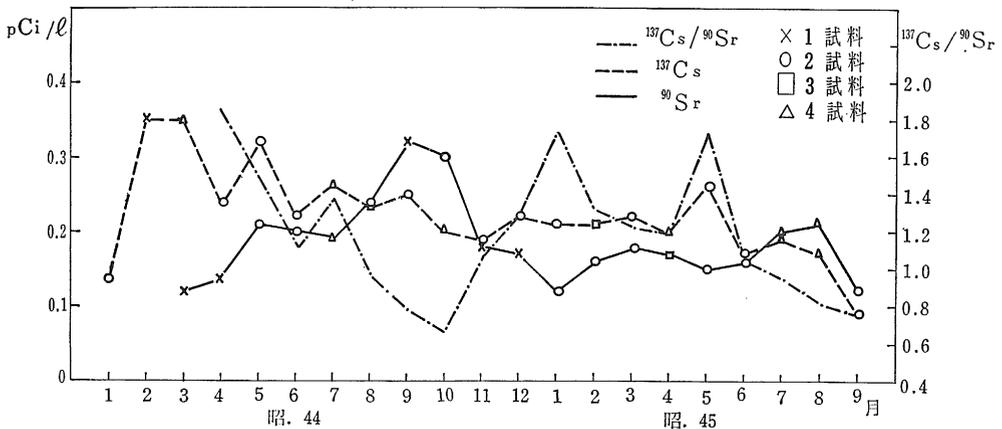
- | | | | |
|-----------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| ○ | 沿岸定線 St. 9 (N36°00' E132°38') | ■ ³¹ | 沖合S線 St. 31 (N37°55' E133°36') |
| △ | 〃 St. 12 (N35°00' E132°38') | ■ ⁴⁰ | 〃 St. 40 (N42°00' E133°30') |
| □ ¹ | 沖合Q線 St. 1 (N35°00' E121°20') | ■ ⁴¹ | 〃 St. 41 (N37°30' E134°00') |
| □ ³ | 〃 St. 3 (N35°40' E121°20') | ■ ⁴⁴ | 〃 St. 44 (N39°00' E134°00') |
| □ ⁹ | 〃 St. 9 (N37°55' E131°15') | ■ ⁴⁹ | 〃 St. 49 (N41°30' E134°00') |
| □ ¹⁰ | 〃 St. 10 (N36°00' E131°45') | ■ ⁵⁰ | 〃 St. 50 (N42°00' E134°00') |
| □ ¹² | 〃 St. 12 (N36°20' E131°15') | X S | 宍道湖 |
1967. 1~1968. 2 小玉測定
 1968. 3~1969. 1 山本測定
 1969. 2~1969.12 安田測定
 1970. 1~1970. 9 北岡測定



図Ⅲ. 上段, 気象研における最近4年間の平均の月間降水量による経月変化 (気象研究所)
 下段, 最近4年間の日本海海水中における¹³⁷Cs, ⁹⁰Srの経月変化
 数字は試料数



図Ⅳ. 上段 ¹³⁷Cs年間降水量 (気象研究所)
 下段 ¹³⁷Csの各地における経年変化
 数字は試料数



図Ⅴ. 日本海海水中における昭和44年, 45年度の⁹⁰Srと¹³⁷Csの経月変化および¹³⁷Cs/⁹⁰Sr.

表1 Sr-90

No.	採水点	採水日	Volume (ℓ)	Carrier+ 海水中 Sr 量 (mg)	回収 Sr 量 (mg)	収 率 (%)
B			50	650	283	44.0
30	沿 岸 定 緒 St. 9	1970. 1.20	50	650	276	42.5
31	〃 〃 St. 12	. 1.20	50	650	289	44.6
1	〃 〃 St. 12	. 2. 7	50	650	151	23.2
2	〃 〃 St. 9	. 2. 7	49	637	106	16.6
4	〃 〃 St. 12	. 3.27	48	625	174	27.8
5	〃 〃 St. 9	. 3.27	48	625	183	29.3
6	〃 〃 St. 12	. 4. 9	50	650	260	40.0
7	〃 〃 St. 9	. 4. 9	50	650	242	37.2
8	沖 合 S 線 St. 31	. 4.15	50	650	189	29.1
10	沿 岸 定 線 St. 9	. 5.15	50	650	192	29.5
11	〃 〃 St. 12	. 5.15	50	650	242	37.2
12	〃 〃 St. 9	. 6. 4	49	642	234	36.5
13	〃 〃 St. 12	. 6. 4	50	650	253	38.9
14	〃 〃 St. 9	. 7. 8	48	632	182	28.7
15	〃 〃 St. 12	. 7. 8	49	644	189	29.4
16	沖 合 S 線 St. 31	. 7.23	24	312	137	43.9
17	〃 〃 St. 40	. 7.24	25	325	103	31.7
18	沿 岸 定 線 St. 9	. 8. 7	44	602	171	28.4
19	〃 〃 St. 12	. 8. 7	46	618	150	24.3
20	沖 合 Q 線 St. 1	. 8.24	49	642	258	40.2
21	〃 〃 St. 12	. 8.25	50	650	251	38.6
22	沿 岩 定 線 St. 9	. 9. 4	50	650	253	38.9
23	〃 〃 St. 12	. 9. 4	50	650	251	38.6
S.	宍 道 湖	. 6.10	50	285	210	73.7

表2 137Cs

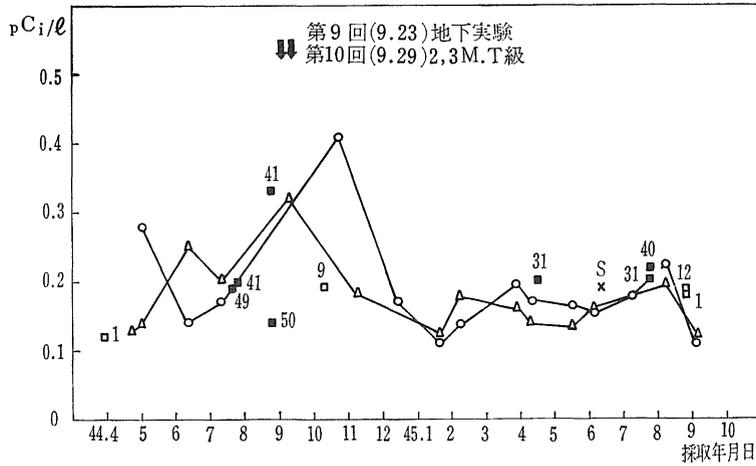
No.	採水点	採水日	Volume (ℓ)	リンモリブデ ン酸 アンモン量 (g)	Counting effect (%)	Total c. p. m
30	沿 岸 定 線 St. 9	1970. 1.20	50	21.2	3.13	8.07
31	〃 〃 St. 12	. 1.20	50	21.6	3.12	7.95
1	〃 〃 St. 12	. 2. 7	50	8.0	3.72	8.20
2	〃 〃 St. 9	. 2. 7	49	26.3	2.95	7.86
3	沖 合 Q 線 St. 1	. 2.20	50	22.9	3.07	7.88
4	沿 岸 定 線 St. 12	. 3.27	48	25.0	3.00	7.94
5	〃 〃 St. 9	. 3.27	48	24.0	3.03	8.03
6	〃 〃 St. 12	. 4. 9	50	24.2	3.02	8.06
7	〃 〃 St. 9	. 4. 9	50	24.5	3.01	7.92
8	沖 合 S 線 St. 31	. 4.15	50	24.7	3.00	7.90
9	〃 〃 St. 40	. 4.16	26	12.8	3.47	7.73
10	沿 岸 定 線 St. 9	. 5.15	50	25.0	3.00	8.13
11	〃 〃 St. 12	. 5.15	50	24.4	3.01	8.09
12	〃 〃 St. 9	. 6. 4	49	24.4	3.01	7.83
13	〃 〃 St. 12	. 6. 4	50	24.9	3.00	7.93
14	〃 〃 St. 9	. 7. 8	48	23.2	3.10	7.89
15	〃 〃 St. 12	. 7. 8	49	23.9	3.03	7.84
16	沖 合 S 線 St. 31	. 7.23	24	11.8	3.52	7.70
17	〃 〃 St. 40	. 7.24	25	12.2	3.50	7.84
18	沿 岸 定 線 St. 9	. 8. 7	44	24.2	3.02	7.95
19	〃 〃 St. 12	. 8. 7	46	24.7	3.00	9.12
20	沖 合 Q 線 St. 1	. 8.24	49	25.2	2.99	9.31
21	〃 〃 St. 12	. 8.25	50	25.4	2.98	9.25
22	沿 岸 定 線 St. 9	. 9. 4	50	24.4	3.02	9.05
23	〃 〃 St. 12	. 9. 4	50	24.5	3.01	9.06
S.	宍 道 湖	. 6.10	50	23.9	3.03	7.74

の測定

^{90}Y 分離時 c. p. m.	dp. m/ℓ	pci/ℓ	Clemicnl yield (pci/ℓ)	pci/ℓ -B. G.	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
0.76±0.06	0.027	0.012	0.027(±0.002)		
3.60±0.20	0.128	0.058	0.137	0.11±0.01	2.09
4.21±0.32	0.150	0.068	0.153	0.13±0.01	1.49
2.96±0.20	0.105	0.047	0.203	0.18±0.01	1.28
1.63±0.40	0.059	0.027	0.163	0.14±0.04	1.29
3.10±0.25	0.115	0.052	0.187	0.16±0.02	1.25
3.92±0.27	0.145	0.065	0.222	0.20±0.02	1.15
4.63±0.45	0.164	0.074	0.165	0.14±0.02	1.74
4.63±0.45	0.164	0.074	0.199	0.17±0.02	1.06
4.10±0.60	0.146	0.066	0.227	0.20±0.03	0.90
3.50±0.20	0.124	0.056	0.190	0.16±0.01	1.63
3.73±0.35	0.133	0.060	0.161	0.13±0.02	1.92
4.03±0.34	0.146	0.066	0.181	0.15±0.01	1.00
4.52±0.42	0.161	0.073	0.188	0.16±0.02	1.19
3.56±0.40	0.132	0.059	0.206	0.18±0.02	0.94
3.67±0.52	0.133	0.060	0.204	0.18±0.02	0.89
3.00±0.32	0.222	0.100	0.228	0.20±0.02	0.85
2.44±0.33	0.173	0.078	0.246	0.22±0.03	1.18
3.88±0.30	0.157	0.071	0.250	0.22±0.02	1.00
3.08±0.22	0.119	0.054	0.222	0.20±0.02	0.60
5.00±0.41	0.181	0.082	0.204	0.18±0.03	1.06
4.97±0.60	0.177	0.080	0.207	0.18±0.03	0.89
3.11±0.25	0.118	0.053	0.136	0.11±0.01	0.82
3.50±0.30	0.124	0.056	0.145	0.12±0.01	0.75
10.06±0.80	0.357	0.161	0.219	0.19±0.02	0.63

の測定

B. G. c. p. m.	net c. p. m	d. p. m	pci	Chemical yield (pci/ℓ)	pci/ℓ
7.43	0.64±0.09	20.45	9.21	11.51	0.23±0.03(0.06)
7.43	0.52±0.09	16.67	7.51	9.39	0.19±0.03(0.05)
7.43	0.77±0.09	20.81	9.37	11.71	0.23±0.03(0.06)
7.43	0.43±0.09	14.58	6.57	8.21	0.18±0.04(0.06)
7.43	0.45±0.10	14.66	6.60	8.25	0.17±0.04(0.06)
7.43	0.51±0.09	17.00	7.66	9.58	0.20±0.04(0.06)
7.43	0.60±0.09	19.80	8.92	11.15	0.23±0.03(0.06)
7.43	0.63±0.09	20.86	9.40	11.75	0.24±0.03(0.06)
7.43	0.49±0.09	16.28	7.33	9.16	0.18±0.03(0.05)
7.43	0.47±0.09	15.67	7.06	8.83	0.18±0.03(0.05)
7.43	0.30±0.07	8.65	3.89	4.86	0.19±0.04(0.06)
7.43	0.70±0.09	23.33	10.51	13.14	0.26±0.03(0.06)
7.43	0.66±0.08	21.93	9.88	12.35	0.25±0.03(0.05)
7.43	0.40±0.09	13.29	5.99	7.49	0.15±0.03(0.05)
7.43	0.50±0.08	16.67	7.51	9.39	0.19±0.03(0.05)
7.43	0.46±0.09	14.84	6.69	8.36	0.17±0.03(0.05)
7.43	0.41±0.09	13.53	6.10	7.63	0.16±0.04(0.06)
7.43	0.27±0.09	7.67	3.46	4.33	0.17±0.06(0.08)
7.43	0.41±0.09	11.71	5.28	6.60	0.26±0.06(0.09)
7.43	0.52±0.09	17.22	7.76	9.70	0.22±0.04(0.06)
8.82	0.30±0.09	10.00	4.50	5.63	0.12±0.04(0.05)
8.82	0.49±0.09	16.39	7.38	9.23	0.19±0.04(0.06)
8.82	0.43±0.07	14.43	6.50	8.12	0.16±0.03(0.05)
8.82	0.23±0.09	7.62	3.43	4.29	0.09±0.04(0.05)
8.82	0.24±0.09	7.97	3.59	4.48	0.09±0.04(0.05)
7.43	0.31±0.07	10.23	4.61	5.76	0.12±0.03(0.04)



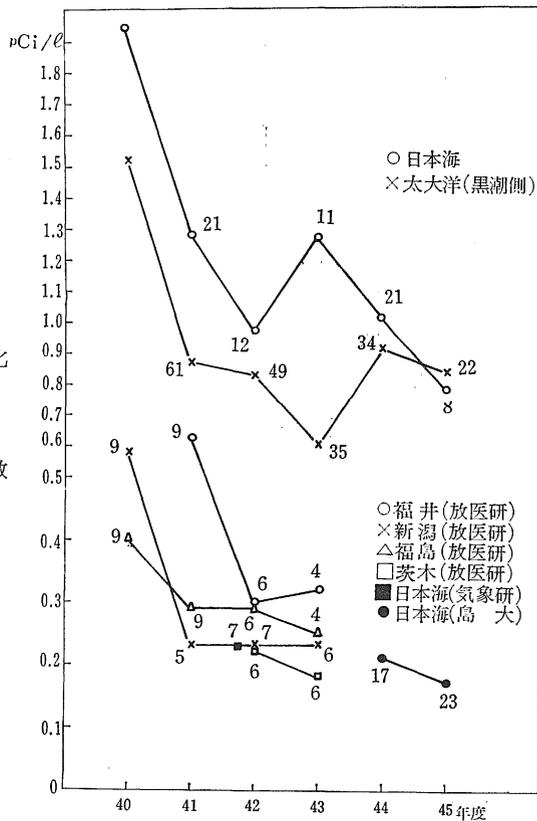
図VI. 日本海海中における Sr-90 の経時変化

- | | |
|--|--|
| ○ 沿岸定線 St. 9 (N36°00' E132°38') | ■ ⁸¹ 沖合S線 St. 31 (N37°55' E133°50') |
| △ // St. 12 (N35°00' E132°38') | ■ ⁴⁰ // St. 40 (N42°00' E133°30') |
| □ ¹ 沖合Q線 St. 1 (N35°00' E121°20') | ■ ⁴¹ // St. 41 (N37°30' E134°00') |
| □ ⁹ // St. 9 (N37°55' E131°15') | ■ ⁴⁹ // St. 49 (N41°30' E134°00') |
| □ ¹² // St. 12 (N36°20' E131°15') | ■ ⁵⁰ // St. 50 (N42°00' E134°00') |
| | X S 宍道湖 |

1964. 4~1969.12 安田測定
 1970. 1~1970. 9 北岡測定

図VII. 上段, 日本近海海水の全 βray 経年変化 (気象庁海上保安部)

下段, ⁹⁰Sr の各地における経年変化
 数字は試料数



(2) 海藻中の Sr-90 及び Cs-137 の経年変化

表3 海藻中の Sr-90

試料(採地)	採集年月日	灰分(g)	Sr-90 pCi/g. ash	Sr-90 pCi/kg.	生濃縮係数 [※]
ノリ(手結)	1963.10.5	35.50	0.45±0.04	7.7±0.7	39~77
アラメ(御津)	1965.7.10	100.00	0.17±0.01	7.3±0.4	37~73
ワカメ(御津)	1965.5.10	34.50	6.1±0.0	64.0±1.9	320~640
コンブ(釧路)	1961.?	100.00	0.09±0.01	4.1±0.1	21~41

※海水1ℓ当りの Sr-90 は0.1~0.2 pci とした。

(小原)

表4 海藻中の Sr-90 及び Cs-137

試料(採地)	ワカメ(御津)	アラメ(御津)	テングサ(隠岐島)
採集年月日	1968.4	1968.7	1968.5
生体重量(kg) {			
Cs	1.9	2.7	1.5
Sr	1.7	2.5	1.35
風乾重量(kg) {			
Cs	2.4	2.7	1.5
Sr	2.16	2.43	1.35
灰重量(g) {			
	108.4	119.2	52.27
	97.2	107.3	47.04
Ca量 {			
全灰分中(g)	1.8710	2.2530	3.700
1g. ash(mg)	19.2	20.99	78.66
Cs-137 pCi/g. ash	0.196±0.015	0.378±0.01	0.17±0.03
Sr-90 pCi/g. ash	0.060±0.01	0.097±0.01	0.098±0.02
S. U.	3.1±0.65	1.053±0.46	1.25±0.27
※濃縮係数 {			
Cs-137	56~112	85~170	15~30
Sr-90	17~34	5~10	17~34
Cs-137/Sr-90	3.28	17.02	1.73

※海水1ℓ(1kg)当りの Cs-137 は0.2~0.4pCi, Sr-90 は0.2~0.2pCi とした

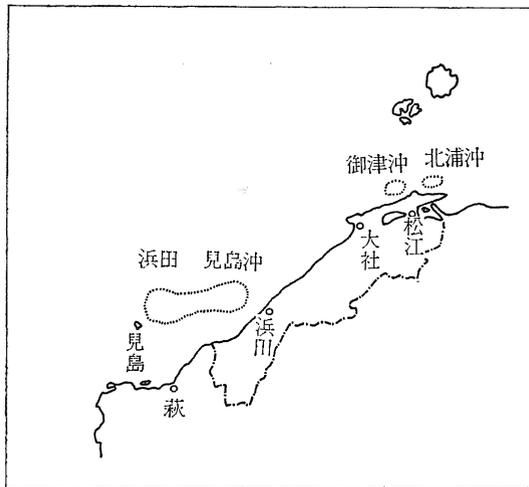
(武田)

表5 海藻中の Sr-90 及び Cs-137

試料 (採地)	ノリ (手結)	ワカメ (御津)	アラメ (御津)	
採集年月日	1970. 2	1970. 4	1970. 4	
風乾重量 (kg)	0.90	2.40	2.10	
110°C 乾燥 (g)		662.74	800.87	
灰重量 (g)	76.34	100.21	92.51	
Ca量 (g)	3.504	6.159	5.191	
Cs-137	pCi/l. ash	0.13±0.017	0.24±0.012	0.29±0.013
	pCi/kg	10.78±1.426	9.94±0.48	12.69±0.545
Sr-90	pCi/g. ash	0.1015±0.0048	0.0301±0.0034	0.0180±0.0024
	pCi/kg	8.611±0.413	1.258±0.142	0.795±0.106
S. U.	0.613	0.159	0.126	
濃縮係数	Cs-137	41~110	38~110	48~141
	Sr-90	39~78	6~11	3~7
Cs-137/Sr-90	1.28	7.79	16.11	

※海水 1 l (1 kg) 当り Cs-137 は 0.09~0.26 pCi, Sr-90 は 0.11~22pCi とした。(窪田)

(3) 魚(肉・骨)中の Sr-90 及び Cs-137 の径年変化



図Ⅷ. 漁場(1968年)

種類	採取年月日	採取地	平均体長	年令	採取深度	餌
あじ	1968. 6	浜田-見島沖	20cm	2~3年	30~40cm	プランクトン
小はまち	1968. 9	御津沖	18cm	1年	40~60cm	プランクトン
かわはぎ	1968.11	北浦沖	25cm	2~3年	100cm	プランクトン

(岡野)

表6 魚類の Sr-90 (1968)

試料 (採地)	あじ (浜田一尾島) A B		小はまち (御津沖)		かわはぎ (北浦沖)	
採取年月日	1968. 6		1968. 9		1968.11	
骨	担体 Sr(NO ₃) ₂ mg	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8
	収量 mg	103.9	40.6	103.9	74.1	103.9
	化学的収率 %	82.6	32.3	82.6	58.9	82.6
肉	担体 Sr(NO ₃) ₂ mg	50.3	50.3	50.3	50.3	50.3
	収量 mg	23.8	15.9	23.8	24.8	23.8
	化学的収率 %	47.3	31.6	47.3	20.8	47.3
骨	生重量 kg	0.88		0.39	0.12	0.47
	灰分 g	36.7		50.0	15.5	50.0
	Ca% ash	34.3		33.5	33.5	37.6
	Sr-90 pCi/生 kg	1.49±0.49		1.53±0.58	2.61±1.87	14.1±0.37
	S. U.	0.10		0.04	0.06	0.04
肉	生重量 kg	5.6		1.9	3.5	
	Ca% ash	5.8		9.5	9.5	
	灰分 g	50.0		45.0	24.0	
	Sr-90 pCi/生 kg	0.07±0.04		0.34±0.11	0.03±0.01	
	S. U.			0.15	0.27	

(岡野)

表7 魚類の Sr-90 及び Cs-137 (1969)

試料 (採地)	サバ肉 (対島)	サバ骨 (対島)	ハマチ肉 (御津沖)	ハマチ骨 (御津沖)	
採取年月日	1969 10 ₃₁ 11 ₁	1969 10 ₃₁ 11 ₁	1969 11 ₂₂ 12 ₂₅	1969 11 ₂₂ 12 ₂₅	
測定年月日	1970 3 ₂	1970 2 ₂₈	1970 3 ₄	1970 3 ₁	
生体重量 kg	6.44	3.60	2.99	0.76	
灰分重量 g	100.08	91.09	50.77	27.60	
Ca g	14.7	48.89	5.76	17.41	
化学収率 %	5.926	8.010	56.74	19.02	
バックグラウンド c. p. m.	0.5	0.5	0.5	0.5	
Net c. p. m.	1.52±0.19	0.30±0.14	0.06±0.04	0.27±0.14	
d. p. m.	0.47	0.47	0.47	0.47	
Cs-137	pCi/g. ash	1.22	0.22	1.18	0.12
	pCi/生 kg	19.01	5.65	20.04	4.37
Sr-90	pCi/g. ash	0.256	0.041	0.0023	0.078
	pCi/生 kg	3.97	1.044	0.0391	2.844
S. U. (pCi/1g Ca)	1.7395	0.0770	0.0203	0.1242	
濃縮係数 {	Cs-137	48~95	14~28	100~200	
	Sr-90	20~40	2.6~5.2	0.2~0.4	0.4~0.8
Cs-137/Sr-90	4.4	4.4	500	5.4	

※海水 1 l (kg) 当り Cs-137 は 0.2~0.4pCi, Sr-90 は 0.1~0.2pCi とした。

(坪井)

表8 魚類の Sr-90 及び Cs-137 (1970)

試料 (採取)	サバ肉 (対島)	サバ骨 (対島)	ハマチ肉 (御津)	ハマチ骨 (御津)
採取年月日	1970. 5	1970. 5	1970. 5	1970. 5
生体重量 kg	6.51	1.23	4.13	0.53
110°C kg	1.47		0.58	
灰分 g	101.33	42.64	70.1	31.27
灰分/生体 %	1.56	3.5	1.69	5.9
Ca g	9.44	16.708	6.11	12.060
全 c. p. m.	2.02	8.54	2.66	7.95
バックグラウンド c. p. m.	8.82	7.43	4.88	7.43
Net c. p. m.	4.54±0.10	1.11±0.09	1.11±0.09	0.52±0.09
d. p. m { Cs-137	116.11	28.39	124.17	13.33
{ Sr-90	4.25	3.73	0.923	4.21
Cs-137 { pCi/g. ash	0.65±0.014	0.43±0.08	0.99~0.020	0.20
{ pCi/生kg	10.04±0.22	14.85±2.69	16.92±0.34 ^f	10.50
Sr-90 { pCi/g. ash	0.91±0.016	0.13	0.133±0.035	0.085
{ pCi/生kg	1.42±0.254	4.63	2.262~0.608	3.93
S. U.	0.202	0.20	0.067	0.22
※濃縮係数 { Cs-137	36~112	48~195	65~188	12~40
{ Sr-90	6~13	21~42	10~21	18~36
Cs-137/Sr-90	7.14	3.3	7.44	2.23

※海水 1 l (1 kg) 当り Cs-137 は 0.09~0.26pCi, Sr-90 は 0.11~0.22pCi を用いた。
(窪田・三刀)

(4) 土壤中の Sr-90 及び Cs-137

表9 中国電力(株)原子力発電所附近 (1968)

試料	採取年月日	Sr-90 pci/kg	S. U.
資材運搬道路	1968. 7.24	591.17 ± 7.30	63.16 ± 0.78
トンネル出口	〃	630.17 ± 7.50	88.18 ± 1.05
鹿島町片匂畑	〃	872.56 ± .880	159.90 ± 1.59

(山本弘)

表10 土壌中の Cs-137 (1969)

試料	採取日	測定日	重量 g	Net c.p.m.	Cs-137 pCi	Cs-137 pCi/kg土
川津	1969. 7.18	1969.10.16	200	9.18±0.13	103.32	516.61±7.32
片句	1969. 8. 2	1969.10.21	200	5.67±0.11	62.25	311.24±6.04
春日神社	1969.10. 4	1970. 3. 2	200	0.86±0.22	9.93	62.08±15.88

(坪井)

表11 土壌中の Sr-90 (1969)

試料 (採地)	(玉造)	(川津)	(片句)	(春日神社)
採取日	6.14	7.18	8. 2	10/ 4
測定日	1970. 2. 3	2. 3	2. 4	2. 3
重量 g	200	200	200	200
SrCO ₃ 担体 mg	350	350	350	350
SrCO ₃ 収量 mg	229.7	257.0	254.0	229.7
Ca mg/200g土	1699.2	2688.0	488.0	756.8
全カウント (分)	9214/100	6434/100	2460/100	9214/100
バックグランド c.p.m.	0.5	0.5	0.5	0.5
Net カウント c.p.m.	101.8±0.93	70.9±0.65	45.8±0.69	25.8±0.24
化学収率 (%)	66	73	73	66
変換率 d.p.m.	0.47	0.47	0.47	0.47
pCi/kg土	777.6±7.10	482.1±4.42	308.6±4.65	199.4±1.85
pCi/1g. Ca(S. U)	0.458	0.179	0.632	0.263

(坪井)

表12 土壌中の Sr-90 及び Cs-137 (1970)

試料採地	玉造 (中位高)	玉造 (高所)	川津	片句
採取日	1970. 5.24	6. 5	5.13	3.25
乾土百分率 (%)	96.7	97.1	91.4	94.5
Sr-90 pCi/乾土kg	408.26±5.71	—	198.85±16.86	260.35±4.78
Ca (g/乾土kg)	3.640	—	3.487	4.835
Cs-137 (pCi/乾土kg)	835.28±10.49	723.16±9.00	449.67±9.60	612.20±9.70
S. U.	112.16	—	57.03	53.81

表13 土壤中の Sr-90 及び Cs-137 の経年変化

採取地	片 旬			川 津		玉 造	
	1968. 7.24	1969. 8. 2	1970. 8. 2	1969. 7.18	1970. 5.13	1969. 6.24	1970. 5.24
採取年月日	1968. 7.24	1969. 8. 2	1970. 8. 2	1969. 7.18	1970. 5.13	1969. 6.24	1970. 5.24
Sr-90 (pCi/kg土)	872.56±8.80	308.6±4.65	260.35±4.78	482.1±4.42	198.85±16.86	777.5±7.10	408.26±5.71
Ca (g/kg土)	5.526	2.440	4.835	13.440	3.487	84.96	3.640
Cs-137 (pCi/g土)	—	311.24±6.04	612.20±9.70	516.61±7.32	449.67±9.60	—	835.28±10.49
S. U.	157.90	126.48	53.81	35.87	57.03	91.51	112.16

(5) 野菜中の Sr-90 及び Cs-137

表14 キャベツ中の Sr-90 (1968年)

試 料	川津 (ワサ)	春日神社 (ナカ)	玉造 (ワサ)	玉造 (ナカ)	片旬 (ナカ)
採取年月日	1968. 6. 3	6. 3	6. 5	6. 5	7.24
生体重量 kg	0.94	1.34	0.84	0.77	1.56
灰 分 g	10.09	10.38	10.48	10.43	10.06
Ca mg	198	206	204	194	208
Sr-90 pCi/kg生	30.1±1.3	103.4±1.4	258.1±2.8	452.3±3.9	※ 25.6±0.8
S. U.	142.9±6.1	672.8±6.8	1062.7±11.6	1795.4±15.5	191.8±3.8

※土壤中 872.56±8.80 pCi/kg±

(小原)

表15 キャベツ中の Sr-90 (1969年)

試 料	川津 (ワセ)	春 日 (オクテ) A	春 日 (オクテ) B	玉造 (ワセ)	玉造 (ナカ)	玉 造 (オクテ)	片旬 (ナカ)
採集年月日	1969. 7.18	10. 4	10. 4	7. 8	7. 8	6.13	8. 2
生体重量 kg	2.00	1.70	1.40	2.2	3.24	3.15	1.18
灰 分 g	10.53	13.24	10.46	26.78	24.09	15.85	14.97
灰分/生体 (%)	0.5	0.8	0.7	1.2	0.7	0.5	1.3
SrCO ₃ mg	66.7	68.2	67.0	70.1	—	67.5	76.8
化学収率 (%)	79.4	81.2	79.8	83.5	—	80.4	91.4
Ca mg	—	180	178	202	—	186	193
pCi/kg生	13.7±0.412	23.1±0.195	23.8±0.646	89.3±0.956	—	44.0±0.564	52.3±0.956
pCi/g ash	2.59±0.078	2.96±0.025	3.18±0.009	7.34±0.079	—	8.74±0.112	4.12±0.075
S. U.	192.9±6.1	217.8±1.84	187.1±5.08	972.8±104	—	754.2±9.66	319.7±5.85

(原松)

表16 野菜中の Sr-90 及び Cs-137 (1970)

試料	川津キャベツ (ワセ)	玉造高地 キャベツ (ナカ)	玉造中位地 キャベツ (ワセ)	玉造低位地 キャベツ (オクテ)	片旬 キャベツ (ワセ)	三刀屋 キャベツ (ナカ)	川津南瓜	玉造南瓜
採取年月日	1970. 5.13	6. 8	5.24	6.17	5.24	5.30	9. 5	8.20
生体量 kg	1.67	1.23	2.06	1.73	1.11	1.46	2.02	1.36
灰分 g	13.17	12.92	15.24	20.12	18.36	20.90	11.69	10.47
灰/生体 %	0.8	1.1	0.7	1.2	1.7	1.4	0.6	0.8
Ca mg	324	292	318	332	304	308	254	248
Ca/灰 %	2.5	2.3	2.1	1.7	1.7	1.5	2.2	2.4

野菜は水道水で洗い、野菜の Ca 量は測定値×10として換算したものの。
(全試料の1/10を計測したから)

(三刀)

野菜中の Cs-137

試料	川津 キャベツ (ワセ)	玉造高地 キャベツ (ナカ)	玉造中位地 キャベツ (ワセ)	玉造低位地 キャベツ (オクテ)	片旬 キャベツ (ワセ)	三刀屋 キャベツ (ナカ)	川津南瓜	玉造南瓜
全 c. p. m.	7.98	10.51	9.19	7.18	8.04	16.73	7.80	7.85
バックグラウンド c. p. m.	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43
Net c. p. m.	0.55±0.08	3.08±0.10	1.76±0.10	1.75±0.10	0.61±0.09	9.30±0.18	0.42±0.09	0.37±0.09
d. p. m.	13.10	73.33	42.93	42.68	14.52	226.83	10.24	9.02
pCi	5.90	33.03	19.34	19.23	6.52	102.18	4.61	4.06
化学収率 (70%)	8.43	47.19	27.63	27.47	9.34	145.97	6.59	5.80
pCi/g ash	0.65±0.05	3.66±0.48	1.82±0.28	1.37±0.22	0.51±0.11	6.98±0.84	0.56±0.18	0.55±0.19
pCi/生kg	5.05±1.24	38.37±5.09	13.41±2.10	15.88±2.50	8.41±2.08	99.98±11.90	3.26±1.06	4.17±1.43

(三刀)

野菜中の Sr-90

試料	川津 キャベツ (ワセ)	玉造高地 キャベツ (ナカ)	玉造中位地 キャベツ (ワセ)	玉造低位地 キャベツ (オクテ)	片旬 キャベツ (ワセ)	三刀屋 キャベツ (ナカ)	川津南瓜	玉造南瓜
Y-90 分離時 c. p. m.	18.20	144.00	179.00	118.00	43.00	288.00	14.60	44.20
d. p. m.	35.92	284.20	353.27	232.88	84.87	568.39	28.81	87.23
担体+試料 Sr(SrCO ₃) mg	87.18	86.97	87.14	87.24	87.05	87.08	86.71	86.67
化学収率 (SrCO ₂) mg	39.50	47.10	61.30	73.20	45.60	63.20	58.20	51.00
回収率 (%)	45.31	54.16	70.35	83.91	52.38	72.58	67.12	58.84
pCi/g ash	2.71	18.30	14.84	6.21	3.98	16.88	1.65	6.38
pCi/生mg	21.38	192.20	109.81	72.27	65.76	241.62	9.57	48.04
S. U.	110.22	809.59	711.32	376.57	240.10	1145.33	76.14	269.23
Cs-137/Sr-90	0.24	0.20	0.12	0.22	0.13	0.41	0.34	0.09

(三刀)

⑨ 海水・海藻・魚類中の全 Sr に対する Sr-90 の含有率に対する吟味

著者は 島根大学文理学部 紀要・理学科篇 (3) に於て海水・海藻中の全 Sr の定量法として、オルトクレゾールコンプレキソンによる比色定量を推挙したが、今回も更に1970年採取試料について特に海水・海藻・魚中の Sr-90/Sr を測定してみた。その結果のみを示す。

表17 人工灰の組成

NaCl g	KCl g	MgCl ₂ g	CaCO ₃ g	FeCl ₃ g	H ₃ PO ₄ g
3.53	1.34	5.02	2.40	0.017	0.12

人工灰中の Sr 定量

人工灰 No.	添加 Sr μ g	回収 Sr μ g	回収率 %
1	100	93.7	93.7
2	300	282	94.0
3	500	450	90.0

表18 海水・海藻・魚類中の全 Sr

試料	採取地	採取年月日	灰分 g	Sr μ g	Sr/灰 %
ワカメ	御津	1970. 9	0.1203	325	0.270
アラメ	御津	1970. 9	0.0899	300	0.334
サバ肉	西日本海	1970. 5	0.948	58	0.061
ハマチ肉	御津沖	1970. 5	0.1413	74	0.052
サバ骨	西日本海	1970. 5	0.1360	197	0.145
ハマチ骨	御津沖	1970. 5	0.1248	195	0.156
海水	沿岸定線 St. 12	1970. 9	10ml	82	8.2mg/l

(牛尾)

表19 試料中の Sr-90/Sr

試料	Sr mg/g ash	Sr-90 pCi/g ash	Sr-90 pCi/Sr mg	Ca/ash	Sr/Ca $\times 10^{-2}$
ワカメ	2.70	0.03	0.0111	6.146	4.3
アラメ	3.34	0.018	0.0054	5.611	5.5
サバ肉	0.61	0.09	0.1475	9.316	0.65
ハマチ肉	0.52	0.13	0.25	8.716	0.60
サバ骨	1.45	0.13	0.0897	39.184	0.39
ハマチ骨	1.56	0.09	0.0577	38.567	0.40
海水	8.2mg/l	0.12	0.0146	410.4mg/l	2.0

(牛尾)

II 考 察

(1) 海水について

当初に記述したように著者は四年間に亘り西日本海沿岸定線、沖合Q線及び沖合S線の表面水中のCs-137を主としSr-90の測定を行なって明らかに中共の核実験に影響され海水に蓄積されることが明らかになった。フォールアウトの経年変化は1963～1969年のグラフ（科学技術庁原子力局監修：原子力ポケットブック・昭和45年版339頁）に記してあるが、そのグラフと著者の1967～1970年に行なった海水中Cs-137測定の結果と比較してみると、1967年1月のピークは全く一致している。同グラフではそれ以後フォールアウトは殆どとるに足らずピークは全くないが著者のグラフ（図II）では以降も小さなピークが中共の核実験と関係のあることを示している。

世界の核実験は今日までに650回にも達し成層圏を巡回しフォールアウトとして海や陸地に降下し、雨や雪となり河川により結局海に注ぎ、殊に閉塞性（浜田水産試験所の年間海流図によれば年中対馬暖流は北上している）の日本海では太平洋の如き開放性の大海より蓄積度が高いのは当然である。また日本海周辺のシベリヤ・朝鮮及び日本の原子力発電の今後の放射性元素を含む工業廃水の放出があり、ソ連及び米国の原子力潜水艦などの同廃水放出が行なわれるならば将来は、益々本邦の周辺の測定監視態勢を整えるべきであろう。

(2) 海 藻

日本海沿岸と若干の他の海域の海藻について行なった結果ではSr-90よりCs-137の濃縮係数は大きく、ノリは大変な差はないが、ワカメ及びアラムではCs-137がSr-90の6～20倍にも達している。今後海藻に食生活の依存度は高くなると考えられるから注意を要する。

(3) 魚 類

二、三の魚にすぎないが、Cs-137は明らかに骨より肉に多く蓄積され、その濃縮係数は、Cs-137については肉が骨のそれより大きいのが当然であるが、Sr-90は同様骨の方の濃縮係数が大きい。そして同じ魚にあってはCs-137の肉への濃縮係数はSr-90の6～10倍、骨では2～5倍に達するものもあり、魚類によっても肉と骨の中のCs-137及びSr-90の蓄積係数は相違があるようである。

ただ魚の試料作りは脂肪があって、これが炭化、灰化は困難である。大量の油を蒸溜し来り炭化の段階でタールを大量に生ずる。

肉も骨も灰化せず生体のままで試料溶液とする方法を開発する必要がある。

(4) 土 壤

土壌試料の採取は1m²深さ5cmで充分と思われるが、この測定値をkm²に拡大して考えることは無意味である。場所により土質により少し離れ、高低の差により甚しい相違を発見する。殊に温泉地帯の両放射性元素の蓄積の大きいことは明らかであるが、その理由は必ずしも速断をゆるさない。全国の温泉地について調査研究の必要がある。食生活の面から考えるとその土

壤に生育した野菜の含有するそれらの元素の蓄積量との対比を研究せねばならない。

- (5) 同地の経年蓄積をみると Cs-137 も Sr-90 も一定していない。然し多量に両元素を蓄積する場所に生育した野菜の含有量は比例的であり温泉地帯の野菜は殊に大なる放射能元素を含有することが指摘される。
- (6) 海水・海藻・魚・土壤及び野菜の何れにしてもそれらの含有する全 Sr 量と Sr-90 の比を明かにすることも必要であると考え。 (表10) から明らかのように魚の肉は著しく Sr-90/全Sr が大である。また骨は食生活的に Ca 源となるがその Sr-90/全Sr は海藻程度で心配無用である。

謝 辞

海水採取運搬につき永年に亘り県立浜田水産試験所の所長・山崎繁技官その他の所員の方の絶大な御協力を謝す。また年々数ヶ月に亘って放射線計測の便と御指導を頂いた東京教育大学教授三宅泰雄博士、同所猿橋勝子博士、葛城氏、金沢女史その他の所員の方々に謝意を表す。興業電気(株)社長荻原憲三氏及び篠原聖一学士の諸便宜を提供された御厚意にも厚く謝意を表す。

卒業実験として継年努力された、岡野朝美、小児勝一、山本弘正、小原邦夫、武田武賢、坪井洋介、安田幸伸、松原佳代子、牛尾正江、窪田青磁、北岡内正、梶山昌士、三戸英世の諸君の労を多とするものである。

文 献

- 1) 放射化学ハンドブック (朝倉書店編)
- 2) 原子力ポケットブック (昭和45年版) (日本原子力産業会議編)
- 3) 放射能測定法 (1963) 科学技術庁編
- 4) 第8回放射能調査研究成果発表会論文抄録集 (1966)
- 5) 第9回全上 (1967)
- 6) 第10回全上 (1968)
- 7) 第11回全上 (1969)
- 8) 第12回全上 (1970) 以上科学技術庁編
- 9) 核兵器と放射能 三宅泰雄著 (新日本新書)
- 10) 海藻の化学 岡村金太郎序、大谷武夫・富士川謬共著
- 11) 放射能 山泉登著 (講談社)
- 12) 環境放射能測定法 山泉登著 (共立社)
- 13) 原水爆実験 岩谷三男著 (岩波書店)
- 14) 平和時代を創造するために 湯川秀樹・朝永振一郎・坂田昌一共著 (岩波書店)
- 15) 放射能学概説 木越邦彦著 (培凡館)
- 16) Yasuo Miyake : Elements of Geochemistry (Maruzen)
- 17) 日本分析化学会編：
放射化学分析法「新分析化学講座4」 (共立社)
- 18) 物理学選書7「放射線計測学」 三浦功・菅浩一・俣野恒夫共著 (裳華房)

- 19) 現代物理化学講座第12巻「光化学と放射線化学」(東京化学同人)
- 20) Sandell: *Calorimetric Metal Analysis* (1953)
- 21) 分析化学 **13**, 440 (1964), 重松恒信:
O-クレゾールフタレンコンプレクソンによる海水中の Sr 定量
- 22) 分析化学 **13**, 1032 (1964), 重松恒信:
O-クレゾールフタレンコンプレクソンによる貝肉, 貝がら中の Sr 定量
- 23) *Records of Oceanographic Works in Japan.*
Special number 4, March (1960)
M. Ishibashi et al: *Chemical study on the seaweeds, Quantitative determination of Sr in Seaweeds.*
- 24) 日本分析化学会編: 分析化学便覧
- 25) Feigl: *Spot Test in Inorganic Chemistry.*
- 26) 分析化学 **3**, 132 (1952) 本田雅健: イオン交換樹脂によるアルカリ土類金属の分離
- 27) 上野景平: キレート滴定法
- 28) イオン交換樹脂, 本田雅健・垣花秀武・吉野諭吉共著