

沖縄県沿岸域に棲息する 貝類中の放射性コバルトについて

金城義勝 下地邦輝 大山峰吉

Concentrations of ^{60}Co and Stable Cobalt in Shellfishes in Ryukyu islands.

Yoshikatu KINJO, Kuniki SHIMOJI
and Minekichi OYAMA

I はじめに

1954年に行われたビキニ環礁での核爆発実験は放射性物質による大規模な海洋汚染をもたらした。

核爆発実験によって汚染された海域は黒潮により翌年には我が国沿岸域に到達したと三宅、猿橋ら¹⁾は報告している。

一方、Folsom ら²⁾は1964年に北太平洋海域の海産生物の放射能調査を実施し、沖縄沿岸域から採取したトビイカ (*Symplectoteuthis oualanicensis*)、ヒバリガイ (*Modiolus aqripeta*) から $600 \pm 40, 40 \pm 4 \text{ pCi/kg}$ 生の ^{60}Co を検出した。彼らはその起源として、黒潮とカリフォニア海流の循環によって起こる北太平洋海域での環状の海流により、ビキニ環礁で行われた一連の核爆発実験による汚染された海水が黒潮で運ばれ北太平洋海域に

拡散し、海産生物に取り込まれたことを推察している。

吉田³⁾は1974年から1976年にかけて沖縄本島の太平洋側に面した中城湾沿岸域、東シナ海側の運天港および石垣島から種々の海産生物を採取し、その中のシャコガイから $N. D \sim 200 \text{ pCi/kg}$ 生 (平均値 $100 \pm 56 \text{ pCi/kg}$ 生) の ^{60}Co を検出している。しかし、ほぼ同一地点で採取した他の海産生物 (ホンダワラ属の海藻類) から ^{60}Co が検出されないことから原子力発電所周辺の海域で得られる知見と異なることを示唆している。

著者らも1971年頃に沖縄沿岸域の海産生物の放射能調査を行った際、偶然にシャコガイから ^{60}Co を検出したが、起源を解明するには至らなかった。

しかし、近年、原子力発電所の稼働に伴い施設

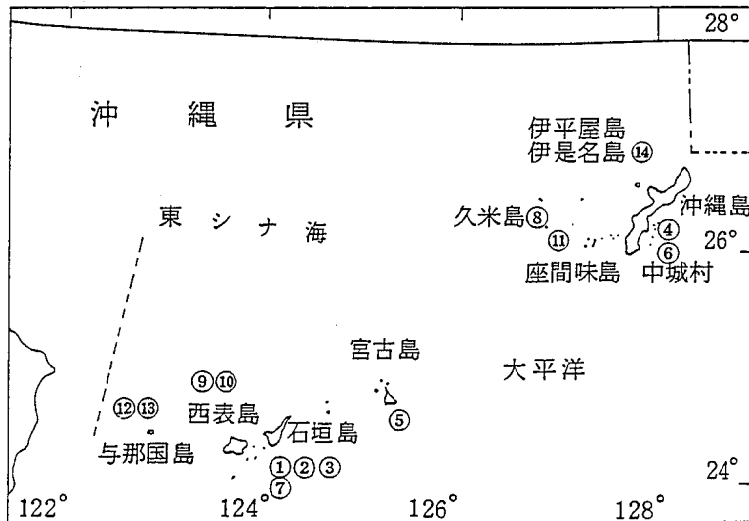


図1 試料採取地点

周辺の環境モニタリングに重要な指標核種である⁶⁰Coならびに他の誘導放射性核種の核爆発実験からの寄与を知るために、本邦沿岸域および海洋の多種類の海産生物が分析され核爆発実験に起因する放射性コバルト、その他の放射性核種のレベルが把握されて来ている。^{4),5),6),7),8)}

この様な背景から本県沿岸域に棲息する海産生物中の放射性コバルトのバックグランドレベルを掌握することはきわめて重要であり、併せて安定コバルトの関連、指標生物としてのメンガイについて検討を試みた。

II 実 験

1 調査対象試料について

シャコガイ (*Tridacna crocea*) はサンゴ礁域のリーフ地帯、メンガイ (*Spondylus squamosus*) は港湾岸壁等の潮間帯域に棲息し、沖縄県の離島を含めた全沿岸域で採取可能である。

シャコガイにはヒメシャコガイ (*Tridacna crocea*)、ヒレシャコガイ (*Tridacna squamosa*)、シラナミガイ (*Tridacna maxima*) 等の種類があり、同一種を選択的に採取することは困難であることからそれらを合わせて一検体とした。また、シャコガイは食用に供されており最近では個体数が少ないため、1981年からシャコガイに代る指標生物としてウミギクガイ科のメンガイを調査対象試料として採取した。

2 試料の採取地点および前処理の方法

試料の採取地点を図1、表1に示す。

試料は軟体部（内臓を含む）重量で1～3kgを目安に採取した。離島で採取した試料は運搬の都合からその場で軟体部を取り出しビニール袋に入れ、一夜冷凍庫で凍結し持ち帰った後重量を計り、大型磁製皿に入れパーナーで炭化した。その後電器炉中で450°C24時間加熱灰化し、灰化物は殻片等を除き乳棒で粉細し分析試料に供した。

3 分析法および放射能測定

安定コバルトの分析は図2に示す様に、試料を分解した後、1-ニトロソ-2-ナフトール・キシレン溶液で抽出し、波長410nmの吸光度を吸光度計で測定し定量した。

検量線は標準コバルト溶液を用いて同様の操作を行って作成した。

コバルトの回収率は標準添加法により灰分試料を用いて分析した結果、約97%の回収率が得られた。

放射性コバルトの測定は灰分試料を50×60mm (U-8)のプラスチック容器に均一に詰めした後、あらかじめ計数効率を求めておいたGe (Li) 半導体検出器を4096チャンネル波高分析器に接続し約80000秒測定して定量した。

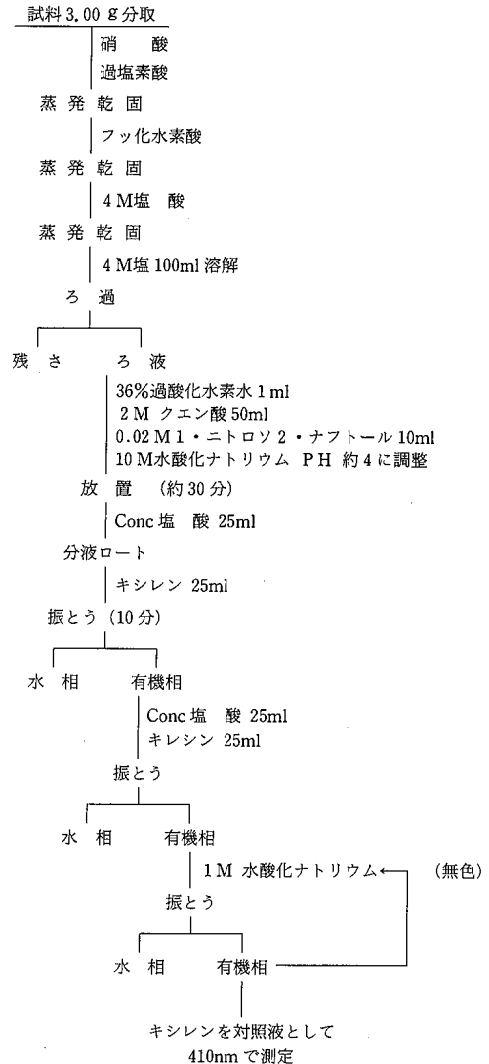


図2 安定コバルト分析法

表1 シャコガイ・メンガイ中の放射性コバルト, 安定コバルト

番号	試料名	採取地	採取年月日	生重量 (g)	灰分重量 (g)	Co-60 (pCi/kg生)	安定コバルト (μg/kg生)	Co-60/Co (pCi/mg) (*)
1	シャコガイ (30cm)	石垣島	9-27-1977	810	24.6	88.12 ± 3.89	612	139×10 ⁻³
2	シャコガイ (10~15)	石垣島	9-27-1977	3570	93.3	153.85 ± 12.28	949	156×10 ⁻³
3	シャコガイ (5cm)	石垣島	9-27-1977	4760	82.5	25.34 ± 1.26	237	105×10 ⁻³
4	シャコガイ (3~5cm)	中城湾	3-29-1979	2900	63.8	3.14 ± 0.59	* *	* *
5	シャコガイ	宮古島	8-9-1979	3750	82.5	37.50 ± 1.80	524	88×10 ⁻³
6	メンガイ	中城湾	3-13-1981	1230	59.1	19.64 ± 1.55	1162	26×10 ⁻³
7	メンガイ	石垣島	1-27-1982	1419	81.9	2.27 ± 0.63	596	6×10 ⁻³
8	メンガイ	久米島	3-15-1983	1650	46.0	6.46 ± 1.06	1179	11×10 ⁻³
9	シャコガイ	西表島	2-17-1984	585	17.9	4.77 ± 1.23	1700	6×10 ⁻³
10	メンガイ	西表島	2-17-1984	2890	75.3	3.60 ± 0.54	1016	8×10 ⁻³
11	シャコガイ	座間味島	6-20-1984	856	34.1	5.13 ± 1.30	1070	11×10 ⁻³
12	メンガイ	与那国島	8-29-1984	1700	91.1	4.29 ± 0.91	1438	7×10 ⁻³
13	シャコガイ	与那国島	8-29-1984	134	3.2	8.66 ± 3.11	* *	* *
14	メンガイ	伊是名島	3-18-1985	939	37.9	4.74 ± 0.97	995	12×10 ⁻³

* * 試料ナシ

(*) 1978年1月1日補正值

III 結果および考察

1977年から1985年までに採取したシャコガイ、メンガイの分析結果を表1に示す。

1 ⁶⁰Co濃度について

1977年に石垣島で採取したシャコガイ中の⁶⁰Co濃度は153.85~25.34 pCi/kg生の範囲で、平均値は89.10 pCi/kg生であり、殻長10~15cmに高い値がみられ、殻長5cm以下のものは低い傾向を示す。

1979年に宮古島で採取した試料は37.50 pCi/kg生、1984年の西表島、座間味島、与那国島、での採取試料は8.66~4.77 pCi/kg生の範囲で、平均値は6.19±2.15 pCi/kg生と年次的に漸減する傾向にある。

メンガイ中の⁶⁰Co濃度は1981年に指標生物として中城湾で採取した試料に19.64 pCi/kg生と

最も高い値がみられ、1982年~1985年にかけて石垣島、久米島、西表島、与那国島、伊是名島と広域に採取した試料では6.46~2.27 pCi/kg生の範囲で、平均値は4.27±1.53 pCi/kg生である。

1982年以降のシャコガイ、メンガイ中の⁶⁰Co平均値を比較した場合、両試料間の⁶⁰Coの平均濃度に有意の差は認められず、また、1984年に与那国島で採取したシャコガイの⁶⁰Co濃度は標準誤差の2倍の値を採用しており、それらの値を考慮するとシャコガイ、メンガイ中の⁶⁰Co濃度は、ほぼ同レベルと推察される。

シャコガイ、メンガイ中の⁶⁰Co濃度が同レベルであれば両試料中の値を用いて経時変化の推移の評価が可能になる。

1977年~1981年にかけて採取したシャコガイ、メンガイ中の⁶⁰Co濃度は89.10~19.64 pCi/kg

生と二桁での減少推移を示し、1982年～1985年まで採取した試料では $8.66 \sim 2.27$ pCi/kg 生 (平均値 4.99 ± 1.99 pCi/kg 生) の範囲で見掛け上1981年を境に一桁台への移行推移がみられる。

しかし、海産生物、海水中の ^{60}Co 濃度が急に減少することは考えにくいことから、採取地点の環境条件の相違および個体差等による要因が推察される。

吉田⁹⁾はシャコガイの調査結果から湾内のシャコガイより外洋に面したリーフ地帯のシャコガイに高い値が検出されることから生育環境の違いを示唆しており、深津ら⁸⁾もイカの分析結果から沿岸性のイカより回遊性のイカが高い値を示すことから、その要因として海流と沿岸との環境の差をあげている。

1977年～1981年にかけて調査したシャコガイ、メインガイは太平洋側に面した地点での採取試料であり、1982年以降は主として東シナ海側の比較的穏やかな地点で採取した試料であることから、海流も一つの要因と考えられる。

因みに、1977年に石垣島で採取したシャコガイからビキニ周りで検出される ^{207}Bi がみられ、1981年に中城湾で採取したメンガイから第26回中国核爆発実験による放射性降下物の ^{141}Ce 、 ^{103}Ru 、 ^{95}Zr 、 ^{95}Nb 等が検出された。

これらの放射性降下物は核爆発実験に伴う環境放射能調査で降雨、浮遊じん等から確認されている。

2 安定コバルトについて

安定コバルトの分析結果を表1に示す。

深津らは昭和53年度～58年度までの6年間に多種類の海産生物を調査し、本邦沿岸域の貝類中の ^{60}Co 濃度が $0.28 \sim 2.3$ pCi/kg 生 (平均値 0.37 ± 0.053 pCi/kg) ⁸⁾の範囲にあることを示した。

また、百島ら⁷⁾も九州沿岸域のムラサキインコガイを調査し、 $0.35 \sim 1.35$ pCi/kg 生 (平均値 0.64 ± 0.29 pCi/kg) を得ており、深津らの報告した分布範囲内にあり、良い一致を示している。

これらの報告値に比べシャコガイ、メンガイ中の ^{60}Co 濃度は一桁高い値を示すことから安定コバルトとの関係を検討した。

シャコガイ中の安定コバルト濃度は $237 \sim 1700$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ 生の範囲で平均値 849 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 生、メンガ

イは $596 \sim 1435$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ の範囲で平均値 1064 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 生と深津らの報告した貝類 ($21 \sim 470$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ 生、平均値 104 $\mu\text{g}/\text{kg}$) ⁸⁾に比べ6～8倍程コバルト等の金属元素を濃縮する傾向がみられる。

上田⁹⁾はシャコガイの特異的な ^{60}Co 代謝に注目しラジオアイソトープトレーサーを用いた飼育実験を行った結果、他の貝類では ^{60}Co は肝臓に多く蓄積されるが、シャコガイでは腎臓に高濃度に蓄積され、安定コバルト濃度は 5300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 生(軟体部全体で 498 $\mu\text{g}/\text{kg}$) と高い濃縮係数を得ている。

また、彼は一連の実験でシャコガイを清浄な海水に移すと、他の部位中の ^{60}Co が腎臓にあつまり、腎臓の ^{60}Co の半減期(770日)が長くなることから屋外調査でシャコガイに ^{60}Co が見出せることを推察している。

メンガイもシャコガイとほぼ類似し、外套膜に共生藻を有し、光合成による養分と更に海水中の浮遊有機物片を口過摂取することが知られており、このような特異的な金属元素の濃縮は種特性によるものと考えられる。

3 比放射能について

比放射能(1978年1月1日補正)の結果を表1に示す。

海水中に ^{60}Co が導入されると、海水中の生物は摂取に際し ^{60}Co と安定コバルトとを識別せず、生物中の比放射能は汚染源の比放射能と等しくなるものと考えられている¹⁰⁾。即ち、比放射能に異常が認められることは何等かの要因があったものと考えられることから比放射能について検討した。

シャコガイ、メンガイ中の比放射能は $0.006 \sim 0.156$ pCi/ μg Co 範囲で、平均値は 0.048 ± 0.057 pCi/ μg となる。

百島らは沿岸性の貝類⁷⁾ (平均値 0.0034 pCi/ μg Co) より外洋性のイルカ⁴⁾ (平均値 0.031 pCi/ μg Co) が比放射能は一桁高いことを報告しており、深津ら⁸⁾も沿岸性の貝類 (平均値 0.0037 ± 0.0057 pCi/ μg Co) より外洋性のイカの比放射能が一桁高いことを報告している。

シャコガイ、メンガイの比放射能を深津ら⁸⁾のデータと比較してみると、外洋性のトビイカの比放射能 (0.048 ± 0.018 pCi/ μg Co) と良い一致を示している。

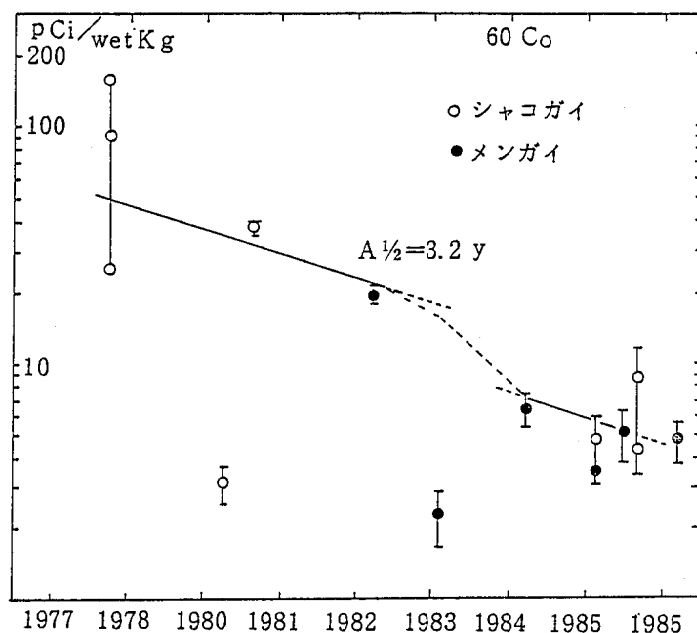


図3 シャコガイ、メンガイ中の ^{60}Co 濃度の経年変化

これらの事から、シャコガイ、メンガイ中に検出される ^{60}Co は外洋性の海流の影響によるものと推察される。

また、シャコガイ、メンガイとも、ほぼ同様な濃縮傾向を示すことから両試料の採取時における経時変化を図3にプロットしてみた。

その結果、シャコガイ、メンガイ中の ^{60}Co 濃度は見掛け上の半減期3.2年で減衰している事が判明した。この値はHodgeら¹¹⁾のマグロの肝臓中の見掛け上の半減期2.6年、深津ら⁸⁾のスルメイカ(内臓)の見掛け上の半減期4.8年に近い値である。

因みに、1964年にFolsomら²⁾が沖縄沿岸域で検出したイカの肝臓中の ^{60}Co 濃度値から、この見掛け上の半減期を用いて現在の放射能に換算すると約8 pCi/kg生となり、現在検出される ^{60}Co 濃度(平均値約5 pCi/kg生)と良い一致を示す。

このように、沖縄県沿岸域は本邦沿岸域と環境条件を異にし、絶えず外洋性海流の影響を受けているものと考えられる事から、海産生物中に検出される ^{60}Co の大部分は外洋性の黒潮によるものと考察され、1950~60年代に行われた核爆発実験による残留放射能と推察される。

また、図3の経時変化推移曲線で1981年を境に

ずれが生じている。このずれは1977~1981年までが太平洋側に面した地点での採取試料であり、1982年以降は主として東シナ海に面した穏やかな地点での採取試料であることから環境条件および試料の固体差等の条件の差異と推察されるが、今後調査を継続し検討したい。

IV 結 語

今回の調査研究でメンガイもシャコガイと同様にコバルト等の金属元素を特異的に濃縮することからシャコガイに代る指標生物になりうる事が判明した。

また、沖縄沿岸域に棲息する海産生物中の ^{60}Co は1950~60年代に行われた大規模な核爆発実験による残留放射能によるものと推察される。

参考文献

- 1) 日本地球化学会編、水汚染の機構と解析、P 271、産業図書
- 2) Folsom, T. R., and Young, D. R., Nature, 206, 803 (1965)
- 3) 吉田勝彦、第18回放射能調査研究成果発表会論文抄録集、P 115、(昭和50年度)

- 4) 百島則幸、他、RADIOISOTOPES, 30, p449, (1981)
- 5) 深津弘子、他、RADIOISOTOPES, 31, p16, (1982)
- 6) 今沢良章、他、RADIOISOTOPES, 31, p21, (1982)
- 7) 百島則幸、他、RADIOISOTOPES, 34, p257, (1985)
- 8) 深沢弘子、他、放射線科学, 28, p257, (1985)
- 9) 上田泰司、放射線科学, 28, p28, (1985)
- 10) 山県登編著、生物濃縮、p 137、産業図書
- 11) Hodge. V. F., etal, IAEASH- 158/15, (1973)