

海棲哺乳類の放射性核種について

善家久隆, 國頭恭*¹, 池本徳孝*², 田辺信介*², 武田尚彦, 宮崎信之*³

The radionuclides in marine mammals

Hisataka ZENKE, Takashi KUNITO*¹, Tokutaka IKEMOTO*², Shinsuke TANABE*²
Naohiko TAKEDA, Nobuyuki MIYAZAKI*³

Concentrations of radionuclides with gamma ray emission was measured in the muscle of marine mammals collected from the various locations all over the world, and the global distribution of ¹³⁷Cs was investigated in these animals. ⁴⁰K was detected in all the specimens of marine mammals, and the apparent variation of the ⁴⁰K level was not observed with respect to location, species, sex, and age.

An anthropogenic radionuclide, ¹³⁷Cs, was detected in most of the species of marine mammals. The ¹³⁷Cs concentration was highest in the Lake Baikal in the world, secondly in the Black Sea, and it decreased as sampling points were towards south among the locations studied. Accumulation of ¹³⁷Cs was also characterized with respect to species, sex and age in the muscle of marine mammals from Lake Baikal and the Black Sea with the highest concentration of ¹³⁷Cs in the muscle.

Keywords : anthropogenic radionuclide, ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, marine mammals

はじめに

環境中には、自然放射性核種と人工放射性核種があり、前者は地球起源時代から主に地殻中に存在しており、1900年代の前半までは地球上には、これら自然放射性核種のみであった。しかし、現在では過去に行われた核実験や原発事故等により生成した人工放射性核種がフォールアウトとして広く分布している。これらフォールアウトは、食物を通して生体中に取り入れられ放射線被曝の原因となる。人工放射性核種の分布状況については、チェルノブイリ原発事故等に関連したものや、イギリスやグリーンランド周辺海域の海棲哺乳類の地域的な報告があるが、地球規模的な分布については報告が少ない。このため本研究では、世界各地で捕獲された海棲哺乳類を対象として放射性核種の地球規模的な分布状況を調査した。また、放射性核種の種間差や年齢や性に関する蓄積特性等についても調査したので報告する。

調査方法

1. 測定試料

海棲哺乳類の筋肉計 86 検体を調査対象とした。

1) 放射性核種の地球規模的な分布状況

1981年から2000年の間に10地域(日本三陸沖, フィリピン, カナダのパンナタン, インド, モーリシャス, 南極, バイカル湖, 黒海, カラ海, カスピ海)で捕獲された10種類(キタオットセイ, イシイルカ, サラワクイルカ, ワモンアザラシ, ハシナガイルカ, コブハクジラ, ウエッデルアザラシ, バイカルアザラシ, ネズミイルカ, カスピカアザラシ)の海棲哺乳類の筋肉計47検体を調査対象とし地球規模的な分布状況の解析のための試料とした。

2) 詳細調査

(1)の試料で筋肉中の¹³⁷Csが高濃度であったバイカル湖と黒海の高濃度海棲哺乳類について分析検体を増やし試料とした。1992年から1993年の間に黒海で捕獲したネズミイルカ20検体(オス:11検体, メス:9検体)及び1992年にバイカル湖で捕獲したバイカルアザラシ29検体(オス:18検体, メス:11検体)計49検体の筋肉試料を分析に供した。

愛媛県立衛生環境研究所 松山市三番町8丁目234番地

*1 信州大学理学部, *2 愛媛大学沿岸環境科学研究センター, *3 東京大学海洋研究所

2. 測定方法

試料約 40～150 g を精秤して磁製皿に移し、乾燥機で乾燥 (105°C) 後ガスコンロで加熱し可燃ガスがほとんど出なくなるまで炭化後、電気炉で灰化 (450°C で 24 時間) した。灰化した試料は粉碎し、プラスチック製の測定容器 (φ 51mm × h 62mm) に圧縮しながら充填、密閉後重量を測定して定量用試料とした。

測定は、高純度 Ge 半導体検出器 (オルテック社製 GEM-40180 他) を用いてエネルギー範囲 50keV～2,000 keV のガンマ線スペクトルを測定した。また、測定結果については捕獲日の値にするため減衰補正を行った。

$$A_0 = A / e^{-\lambda t}$$

A_0 : 捕獲日の値に減衰補正した放射能

A : 今回測定した放射能

t : 捕獲日から測定日までの経過時間

λ : 壊変定数

なお、試料の放射能測定値が $A \pm \Delta A$ のとき、 $A < 3 \Delta A$ の場合は検出限界値以下 (ND) とし、平均値を計算するとき検出限界値以下の値を扱うときは、検出限界値の $1/2$ とした。

調査結果及び考察

1. 放射性核種の地球規模的な分布状況

放射性核種としては ^{40}K と ^{137}Cs が検出された (スペクトルの例 : 図 1)。このうち ^{40}K は 47 検体全てから 56～126 Bq / Kg・wet の範囲で検出され、地域差はほとんどみられなかった (図 2)。これは、 ^{40}K が自然放射性核種であり、生体内における ^{40}K の存在比が K に対して 0.0118% と一定していること及び K がミネラルとして必須成分であることから一定の範囲に濃度維持されていることによる。一方、人工放射性核種としては 30 検体から ^{137}Cs のみが検出された。これは人工放射性核種としての起源は過去の大気圏核爆発やチェルノブイリの原発事故等によると考えられるが、今回の試料の捕獲日が既にこれらの起源から相当年数が経過しているため、半減期が長い ^{137}Cs (30.07yr) のみが検出されたこと及び ^{137}Cs は生体内では筋肉に蓄積しやすい¹⁾ ことなどによると思われる。

^{137}Cs の分布 (図 3) をみると、北半球ではバイカル湖が最も高濃度であり、次いで黒海が高く、カスピ海とカラ海がこれに続いており、インドを除いてカナダのパンナタン、日本近海、フィリピンでも検出された。イギリスのネズミルカの濃度²⁾ (筋肉 : 6.9 Bq / Kg・wet) は黒海の濃度とほぼ同等であった。検体数は少ないが、南半球では、モーリシャスで検出されており、人工放射性核種が広く世界的規模で拡散、分布していることが窺われる。この結果は、Livingston and Povinec³⁾ の報告すなわちバルト海や黒海の海水中的 ^{137}Cs 濃度は主としてチェルノブイリの原発事故によるものであり南下するほど低減するという見解を支持している。

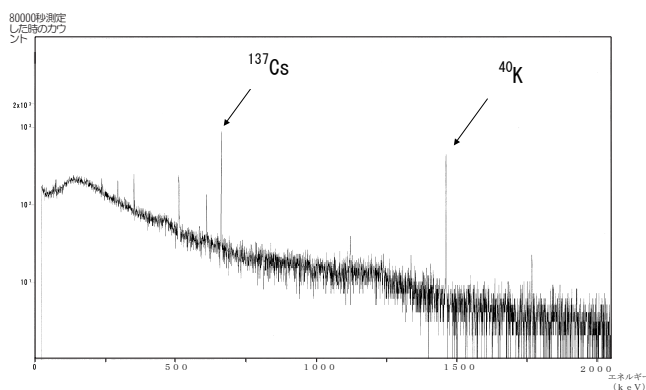


図 1 バイカルアザラシのスペクトル (例)

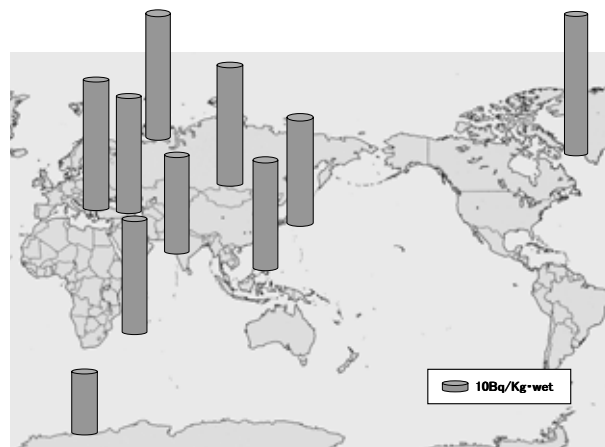


図 2 海棲哺乳類中の ^{40}K 濃度の分布状況

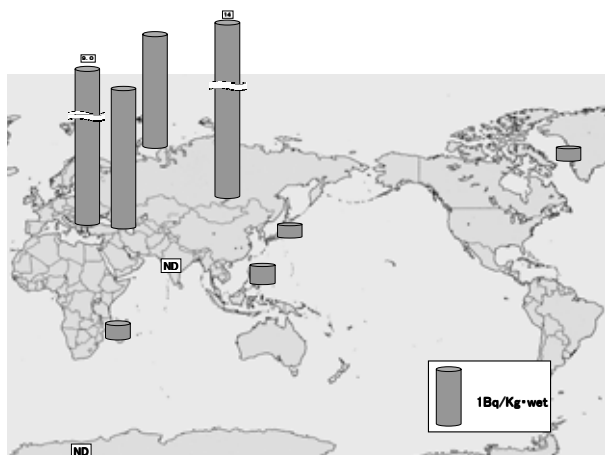


図 3 海棲哺乳類中の ^{137}Cs 濃度の分布状況

2. 詳細調査

^{137}Cs が高濃度であったバイカル湖と黒海の高濃度海棲哺乳類についてすべての試料から、 ^{40}K と ^{137}Cs が検出された。

1) ^{40}K 濃度について

a) ネズミルカとバイカルアザラシから検出された筋肉中の ^{40}K 濃度

^{40}K はネズミルカとバイカルアザラシから 57～124 Bq / Kg・wet の範囲で検出された。表 1 のネズミルカとバイカルアザラシの ^{40}K はネズミルカで平均 88.6 Bq / kg・wet、バイカルアザラシは 92.4 Bq / kg・wet、

表1 ネズミルカとバイカルアザラシから検出された筋肉中の⁴⁰K濃度

	ネズミルカ	バイカルアザラシ
n数	20	29
平均値 (Bq/Kg・wet)	88.6	92.4
標準偏差	9.82	9.45
T検定	T=1.338<2.012(t=47, 0.05)	

表2 ネズミルカから検出された筋肉中の性別⁴⁰K濃度

	オス	メス
n数	11	9
平均値 (Bq/Kg・wet)	91.2	85.5
標準偏差	2	4.14
T検定	T=1.316<2.101(t=18, 0.05)	

表3 バイカルアザラシから検出された筋肉中の性別⁴⁰K濃度

	オス	メス
n数	18	11
平均値 (Bq/Kg・wet)	89.9	96.5
標準偏差	6.46	12.2
T検定	T=1.921<2.025(t=27, 0.05)	

で種間差は認められなかった。表2のネズミルカの⁴⁰K濃度レベルの性差については、オスの平均は91.2 Bq/kg・wet、メスの平均は85.5Bq/kg・wetで性差は認められなかった。表3のバイカルアザラシの⁴⁰K濃度レベルの性差については、オスの平均は89.9Bq/kg・wet、メスの平均は96.5Bq/kg・wetで性差は認められなかった。

b) ネズミルカとバイカルアザラシの性別の年齢と⁴⁰Kの関係

表4のネズミルカとバイカルアザラシの性別の年齢と⁴⁰Kの関係をみるといずれも相関がみられなかった。

表4 ネズミルカとバイカルアザラシの年齢と⁴⁰Kの関係

	相関係数	有意確率(P)
ネズミルカ (オス)	-0.390	0.236
ネズミルカ (メス)	0.437	0.240
バイカルアザラシ (オス)	-0.156	0.537
バイカルアザラシ (メス)	-0.123	0.719

c) ネズミルカとバイカルアザラシから検出された筋肉中の⁴⁰K濃度

ネズミルカとバイカルアザラシから検出された筋肉中の⁴⁰K濃度は、種、性、年齢差はみられなかった。これは、Kがミネラルとして必須成分であること、⁴⁰Kが自然放射性核種であり、生体内における⁴⁰Kの存在比がKに対して0.0118%と一定しているためと考えられる。

2) ¹³⁷Cs濃度について

a) ネズミルカとバイカルアザラシから検出された筋肉中の¹³⁷Cs濃度

表5のネズミルカとバイカルアザラシから検出された筋肉中の¹³⁷Csの濃度レベルを比較すると、ネズミルカは平均 8.55Bq/kg・wet、バイカルアザラシ 16.9

表5 ネズミルカとバイカルアザラシから検出された筋肉中の¹³⁷Cs濃度

	ネズミルカ	バイカルアザラシ
n数	20	29
平均値 (Bq/Kg・wet)	8.55	16.9
標準偏差	2.58	5.69
T検定	T=6.131>2.012(t=47, 0.05)	

表6 ネズミルカから検出された筋肉中の性別¹³⁷Cs濃度

	オス	メス
n数	11	9
平均値 (Bq/Kg・wet)	8.74	8.30
標準偏差	2.51	2.79
T検定	T=0.373<2.101(t=18, 0.05)	

表7 バイカルアザラシから検出された筋肉中の性別¹³⁷Cs濃度

	オス	メス
n数	18	11
平均値 (Bq/Kg・wet)	16.3	17.8
標準偏差	5.93	5.41
T検定	T=0.675<2.025(t=27, 0.05)	

Bq/kg・wet検出された危険率5%でバイカルアザラシの方が有意に高く検出された。この原因として、バイカル湖は淡水であるため¹³⁷Csはアザラシの餌生物である魚へ取り込まれやすいと考えられ、このことは笠松らの研究でも指摘されている。⁴⁾

b) ネズミルカとバイカルアザラシの性別¹³⁷Cs濃度
表6のネズミルカから検出された筋肉中の性別¹³⁷Cs濃度と表7のバイカルアザラシから検出された筋肉中の性別¹³⁷Cs濃度については、性差はみられなかった。

c) ネズミルカの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係

図4のネズミルカの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係は危険率5%で正の相関がみられた。

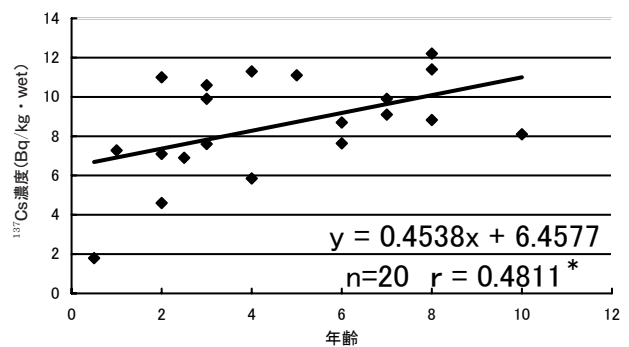


図4 ネズミルカの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢との関係

d) ネズミルカのオスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係

図5のネズミルカのオスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係は危険率5%で正の相関がみられた。

e) バイカルアザラシのオスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係

図6のバイカルアザラシのオスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と

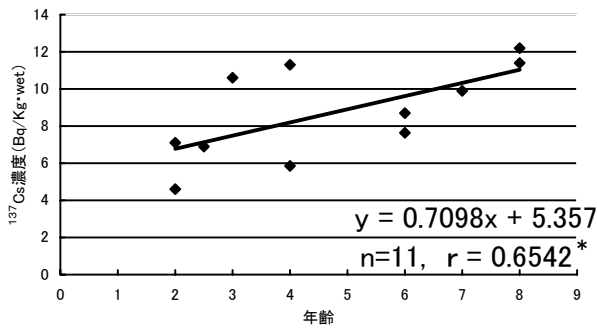


図5 ネズミルカ(オス)の筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢との関係

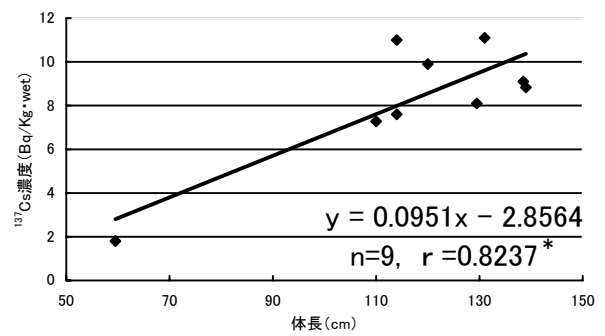


図8 ネズミルカ(メス)の筋肉中の¹³⁷Cs濃度と体長との関係

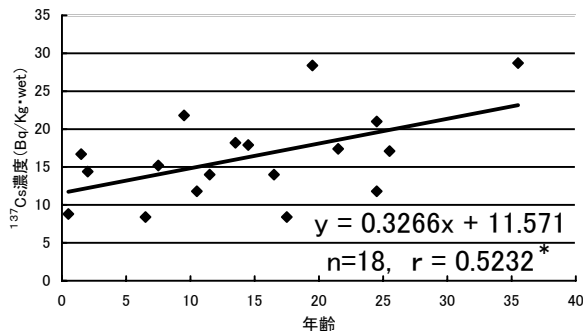


図6 バイカルアザラシ(オス)の筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢との関係

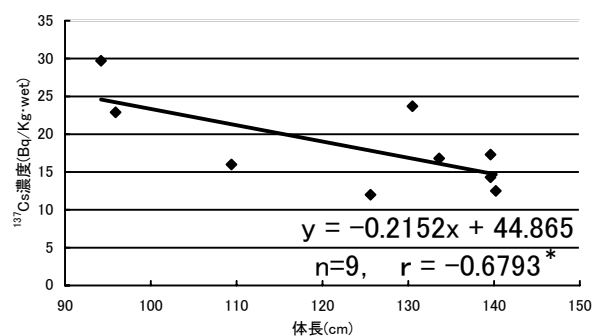


図9 バイカルアザラシ(メス)の筋肉中の¹³⁷Cs濃度と体長との関係

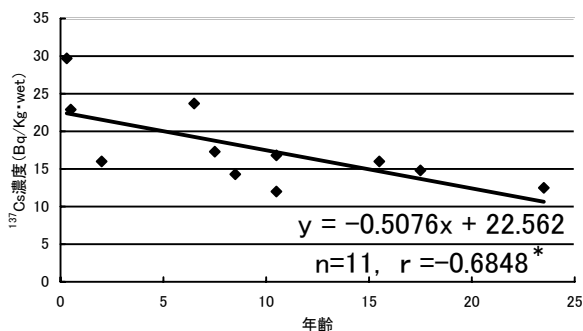


図7 バイカルアザラシ(メス)の筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢との関係

年齢の関係については、いずれも危険率5%で正の相関がみられた。

f) バイカルアザラシのメスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係

図7のバイカルアザラシのメスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係については、危険率5%で負の相関がみられた。

g) ネズミルカのメスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と体長との関係

図8のネズミルカのメスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と体長との関係については、危険率1%で正の相関がみられた。

h) バイカルアザラシのメスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と体長との関係

図9のバイカルアザラシのメスの筋肉中の¹³⁷Cs濃度と体長との関係については、危険率5%で負の相関がみられた。

i) 筋肉中の¹³⁷Cs濃度と年齢の関係

ネズミルカの年齢幅が0.5~10歳と狭いものの、加齢にともなう筋肉中¹³⁷Csレベルの増加がみられその濃縮が示唆されたことは、イギリス沿岸部のネズミルカ等で報告された結果²⁾と同様であった。

しかし、バイカルアザラシのメスは異なる結果を示した。この原因は不明であるが、バイカルアザラシは、雌雄で摂餌量が異なるとの報告⁵⁾もあり、雌雄差の一要因と推察された。

まとめ

海棲哺乳類中の⁴⁰K濃度は、種、性、年齢差はみられなかった。これは、Kがミネラルとして必須成分であること、⁴⁰Kが自然放射性核種であり、生体内における⁴⁰Kの存在比がKに対して0.0118%と一定しているためと考えられる。

核実験や原発事故等により放出された人工放射性核種の¹³⁷Csが海棲哺乳類中に地球規模で分布していることが判明した。¹³⁷Cs濃度は、バイカル湖のバイカルアザラシが最も高濃度であり、次いで黒海のネズミルカ等旧ソ連圏において高かったが、カナダ、フィリピン、日本でも検出され、広く北半球に分布していることが判明した。なお、南半球では、南アフリカで検出されたが、南極の海棲哺乳類からは、人工放射性核種は検出されなかった。

また、ネズミルカのオス及びバイカルアザラシのオスでは高齢な個体ほど筋肉中の¹³⁷Cs濃度が高く、バイ

カルアザラシのメスでは高齢な個体ほど¹³⁷Cs濃度が低かった。人工放射性核種の濃度は、アザラシの種や年齢等によって変動することが示唆され、生物を指標にした広域モニタリングでは、こうした要因を事前に検討する必要があることを示している。

文 献

- 1) 佐伯誠道:環境放射能—挙動・生物濃縮・人体被曝線量評価—,285-287(1984)。
- 2) Watson. t al:The Science of the Total Environment 234,1-13(1999)
- 3) Livingston and Povinec:Ocean & Coastal Management 43,689-712(2000)
- 4) 笠松不二男:Radioisotopes, 48,266-282(1999)。
- 5) Watanabe et al:Arch. Environ. Contam. Toxicol. 35,518-526(1998)。