

1959年より1960年における鹿児島県南方海域の 魚類、海水およびプランクトンの 放射能汚染に関する研究*

鯨 島 宗 雄・斎 藤 要

Studies on the Radiological Contamination of Fishes, Sea Water and
plankton in the Southern Region of Kagoshima Prefecture during
the Period from November 1959 to December 1960

Muneo SAMESHIMA and Kaname SAITŌ

Abstract

1) Inspection of radioactivity in the sea water, plankton and fish kidney, obtained from the southern region of Kagoshima prefecture, during the period from November 1959 to December 1960, was carried out.

2) The radioactive elements in the kidney were mainly composed of ^{113m}Cd (^{115m}Cd) and ^{65}Zn , similar to the results obtained in 1958 and the former term of 1959.

3) The most radioactive kidney in this term was the one taken from *Neothunnus albacora* on November 6, 1959, and quantity of main radioactive nuclides in this sample was calculated as 14.3 $\text{m}\mu\text{C}$ of ^{113m}Cd (^{115m}Cd) and 2.3 $\text{m}\mu\text{C}$ of ^{65}Zn per 100g. of fresh matter.

4) Generally speaking, the radioactivity in fish kidney showed a yearly decrease, and there were some differences in the rate of decrease in different species of fishes.

5) The radiological contamination of sea water and plankton collected in the region from 126°E to 127°E and 2°N to 22°N was not recognized in June 1960.

緒 言

著者等は太平洋に於て最初の水爆実験が行われた1954以来、魚類の放射能汚染状況並びにその放射性元素につき調査研究を続けてきた。1)2)3)

太平洋におけるこの種の実験は1958年秋以来中止されているが、現在もなおそれに由来する人工放射能がマグロ、カジキ類の組織から検出され、その影響が極めて大きかったことを示している。一方原子力の平和利用にも廃棄物処理という困難な問題があり、改善すべき点が多く残されている。廃棄物処理の現状は一般に安易な海洋への投棄が多く、その影響について国際的な討議もしばしば行われている。安全について確実性の証明されないままに海洋への廃棄が継続されることは、主要タンパク質源を魚類に求める我が国にとり影響は甚大である。従って海洋および海産生物に対する放射性物質の転移を調査研究することは、廃棄物の処理法の改善を促す資料としても意義あるものとする。

本報では、1959年11月より1960年12月に至る間、鹿児島県南方の黒潮流域にて漁獲されたマグロ、カジキ類の放射能汚染状況と、その核種並びに黒潮南域とその源流である北赤道海

* 鹿児島大学水産学部放射能研究委員会報告・第 XIII 報

流域における海水とプランクトンの放射能汚染等に関する結果を述べ、あわせてこれらと前報^{2),3)}の結果より最近における魚類組織内の放射性元素の核種とその量的変化について考察した。

実 験 の 部

試 料

試料は1959年11月から翌1960年12月までの間に鹿児島市中央市場に水揚げされたマグロ、カジキ類の腎臓である。これら大型魚の漁獲海域は Fig. 1 に示した範囲で、1954年度以降放射能汚染魚が最も多く漁獲され、これまで調査の対象として来た海域である。魚種は、

バンヨウカジキ	<i>Istiophorus orientalis</i> (CUVIER & VALENCIENNES),
マカジキ	<i>Makaira mitsukurii</i> (JORDAN & SNYDER),
クロカワカジキ	<i>Makaira mazara</i> (JORDAN & SNYDER),
メカジキ	<i>Xiphias gladius</i> (LINNÉ),
クロマグロ	<i>Thunnus thynnus</i> (LINNÉ),
キワダマグロ	<i>Neothunnus albacora</i> (LOWE),
メバチ	<i>Parathunnus sibi</i> (TEMMINGK & SCHLEGEL)

であり、主として腎臓を試料とした理由は、これが過去数年間にわたり最も汚染の著しい臓

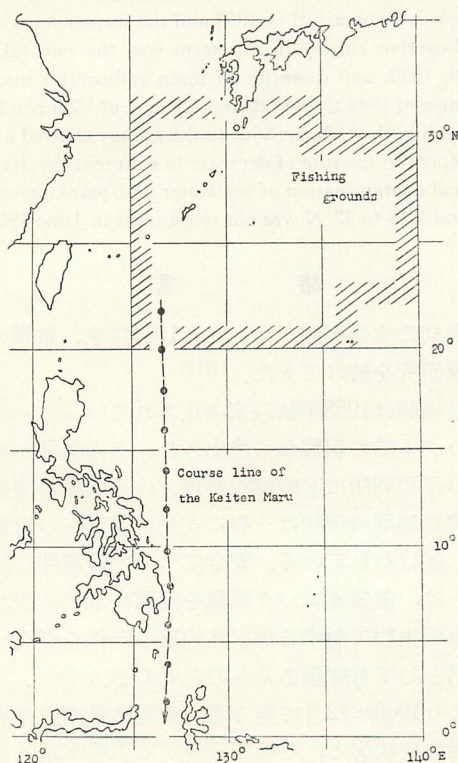


Fig. 1 Fishing grounds and collecting stations of sea water and plankton.

器の一つであり、市場での採集が比較的容易であることによる。バシヨウカジキの一部については同一個体のその他の臓器についても実験を行った。

海水及びプランクトンは、本学練習船敬夫丸 (295.09 t) によって1960年6月に採集されたものであり、その位置は Fig. 1 に併記した各点である。プランクトンの採集は、口径1.5 mの稚魚ネットを時速2マイルで15分曳航したものであり、海水は表層水である。

実験方法

試料の調製：腎臓はルツボに入れて乾燥後約 600°C の電気炉で灰化し、灰分 100mg をステンレス製試料皿に秤取し測定に供した。

海水は 1ℓ について、鉄明ばん一塩化バリウム沈澱法⁴⁾ によって得た沈澱をステンレス製試料皿にとり、測定を行った。

プランクトンは海水と水道水で数回洗滌し、乾燥後ルツボにとり以下腎臓の場合と同様に灰化後供試した。

イオン交換樹脂による放射性元素の分離：試料灰化物を 0.2M 塩酸溶液とし、HR型とした陽イオン交換樹脂 Amberlite CG-120 (10φ×400mm) に吸着させた後、木村等の方法⁵⁾ に従い 0.2M 塩酸、0.5% 蔞酸、5% クエン酸アンモニウム (pH 3.0, 3.5, 4.1, 4.6, 5.1) の各溶液で順次溶離を行い、溶離液を濃縮灰化してその灰化物の放射能を測定した。

放射能強度の測定装置と表示法：測定は科研製 100 型カウンター (GM 管, 理研 B 2 N 型, マイカ窓の厚さ 1.4mg/cm²) により、距離 1.5cm で行った。放射能強度は試料灰分 100mg 当りの $\mu\mu\text{c}$ で表わし、核種推定の出来たものの一部については生鮮物 100g の $\text{m}\mu\text{c}$ 数に換算し表示した。

実験結果及び考察

魚類腎臓の放射能強度

1959年11月から1960年12月にわたる間に、鹿児島市中央市場に水揚げされたマグロ、カジキ類の腎臓を随時採取し、その放射能強度を測定した結果は Table 1 の通りである。この表示は魚種別、水揚げ日順に行ったが、全体的にみて 200 $\mu\mu\text{c}$ 以下のものが大多数を占めていた。また1958年以降たどって来た汚染度減少の傾向は1960年に至って極めて緩慢となり、本表の範囲では时期的にもほとんど変化のない状態が続いている。最高測定値は59年11月6日水揚げのキワダマグロで 1308 $\mu\mu\text{c}$ であり、従来も時折りこのような例外的に強く汚染された魚が検出された。

魚種別にみた汚染度の差異は供試例数の差等から確言することは困難であるにしても、現在ではバシヨウカジキの汚染減少は著しく、またカジキ類よりマグロ類特にキワダマグロの汚染度が幾分高いように見受けられる。いま1958年9月から翌年8月までの12ヶ月間と、Table 1 にかかげた14ヶ月間の2期間について、平均汚染度と供試例数を魚種別に示すと、キワダマグロ 322 $\mu\mu\text{c}$ /20例, 149/23; クロマグロ 366/8, 124/8; バシヨウカジキ 527/39, 69/23; マカジキ 148/18, 40/11; クロカワカジキ 81/9, 77/13 の如くである。年々減少する汚染度に魚種別の差があることは、1954年以降の測定値²⁾ と併せて考察すれば一層明確である。

Table 1 Radioactivity in kidney of fishes caught at the southern sea region of Kagoshima Prefecture.

Date of landing	Date of counting	Radioactivity in $\mu\mu\text{C}$	Date of landing	Date of counting	Radioactivity in $\mu\mu\text{C}$	Date of landing	Date of counting	Radioactivity in $\mu\mu\text{C}$
<i>Istiophorus orientalis</i>			Apr. 24	Apr. 30	111	1960		
1956					12	Feb. 29	Mar. 1	32
Nov. 2	Nov. 4	165			127			70
4	8	50	May 18	May 20	321*	May 11	May 13	87
16	18	41	24	26	44			152
		78			37	18	20	12
22	25	0	Jun. 8	Jun. 9	116	23	24	143
			18	19	161	Jun. 18	Jun. 19	126
1960			Jul. 6	Jul. 7	190	Sep. 8	Sep. 9	206
May 24	26	67			248	14	15	169
31	Jun. 1	64	Sep. 14	Sep. 15	323	Oct. 29	Oct. 30	0
		59			114	Nov. 17	Nov. 19	0
Jul. 6	Jul. 7	154			472*	<i>Thunnus thynnus</i>		
Sep. 6	Sep. 7	33	Sep. 17	Sep. 19	114	1960		
8	9	89			216	May 11	May 13	123
		216	Oct. 24	Oct. 26	12	18	20	45
		33	29	30	111	23	24	83
		10	<i>Makaira mitsukurii</i>			31	Jun. 1	60
14	15	8	1959			Jun. 18	Jun. 19	333
		28	Nov. 6	Nov. 6	0	Jul. 6	Jul. 7	62
17	19	27	Dec. 4	Dec. 8	41	Nov. 17	Nov. 19	110
		39	16	18	29			175
		75	1960			<i>Xiphias gradius</i>		
		87	Feb. 29	Mar. 1	46	1960		
		87	Mar. 10	12	0	May 23	May 24	135
Oct. 30	Oct. 31	56	May. 11	May 13	16	Jun. 8	Jun. 9	147
<i>Neothunnus albacora</i>					120	<i>Parathunnus sibi</i>		
1959			18	20	112	1960		
Nov. 6	Nov. 6	1,308*	31	Jun. 1	11	Nov. 27	Dec. 2	206
		165	Sep. 14	Sep. 15	52			185
Dec. 16	Dec. 18	103	Oct. 24	Oct. 26	16	Dec. 4	8	21
		103	<i>Makaira mazara</i>					256
1960			1959					
Feb. 22	Feb. 25	82	Nov. 10	Nov. 25	0			
		111	Dec. 16	Dec. 18	0			

The $\mu\mu\text{C}$ was estimated and expressed for 100mg. of the ash.

* : Samples for Fig. 2.

Table 2 Radioactivity in various tissues of *Istiophorus orientalis*. (Jun. 19, 1960)

Tissue	Radioactivity in $\mu\mu\text{C}$		
	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Spleen	206	175	226
Kidney	75	87	87*
Liver	72	92	60
Gall bladder	6	37	45
Intestines	5	4	8
Muscle	5	0	3

The $\mu\mu\text{C}$ was estimated and expressed for 100mg. of the ash.

* : Sample for Fig. 2.

その他の臓器の放射能汚染度

腎臓以外の臓器については、大型魚の内臓が鮮度保持の必要から漁船上で除去されるため入手が困難であり、多くの実験例を示すことが出来なかった。Table 2 は鹿児島湾内で漁獲されたバショウカジキ 3 尾より得た結果である。臓器別に汚染度の比較を行うと 3 個体とも同様な傾向で、いずれも脾臓が最高値を示し腎臓、肝臓の 2 倍以上であった。しかし筋肉、腸管からはこの実験条件下ではほとんど放射能を検出し得なかった。

汚染臓器の放射性元素

汚染魚の臓器に含まれる放射性元素の種類を検討するため、陽イオン交換樹脂による溶離分析を行った。代表的な 4 例を Fig. 2 に示すが、その他の試料についてもほとんどこれと同型の結果を得ている。

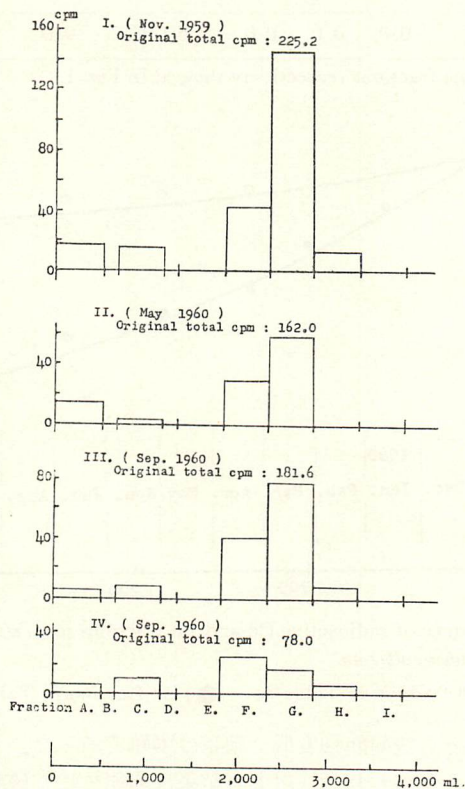


Fig. 2 Fractionation of radioactive materials in kidney of *Neothunnus albacora* (Sample I, II and III) and spleen of *Istiophorus orientalis* (Sample IV) by an ion exchanger column.

Resin : Amberlite GG-120

Column : 10φ × 400mm.

Velocity : 0.5ml./min.

Fraction A: 0.2M HCl. B and D: Water, C: 0.3% (w/v) oxalic acid, E-I: 5% (w/v) ammonium citrate (E: pH 3.0, F: pH 3.5, G: pH 4.1, H: pH 4.6, I: pH 5.1)

放射能強度の強い溶離区分は、4例とも pH 3.5 及び 4.1 のクエン酸アンモニウム区分である。この2区分をさらに検討するため、Sample 1 について常法による陽イオンの分属、半減期の測定等を行った。分属の結果は Table 3 のごとく、pH 3.5 区分は Zn, pH 4.1 区分は Cd の位置に高い放射能を検出し、この両区分の半減期は Fig. 3 のごとくそれぞれ250~300日、約5年と計算される。また別にアルミニウム吸収板による β 線の最大エネルギー

Table 3 Group separation of radioactive elements in kidney of *Neothunnus albacora*. (Nov. 1959)

	Original total cpm	Radioactivity in cpm									
		I	II					III		IV	V
			Hg frac.	Pb frac.	Bi frac.	Cd frac.	Sn frac.	Fe frac.	Zn frac.		
Elute F	42.5	3.5	10.5					4.2	21.6	0.0	1.8
Elute G	145.1	0.8	0.0	0.0	7.6	97.7	0.0	14.1		0.0	3.2

Elute F and G are same fractions respectively showed in Fig. 1.

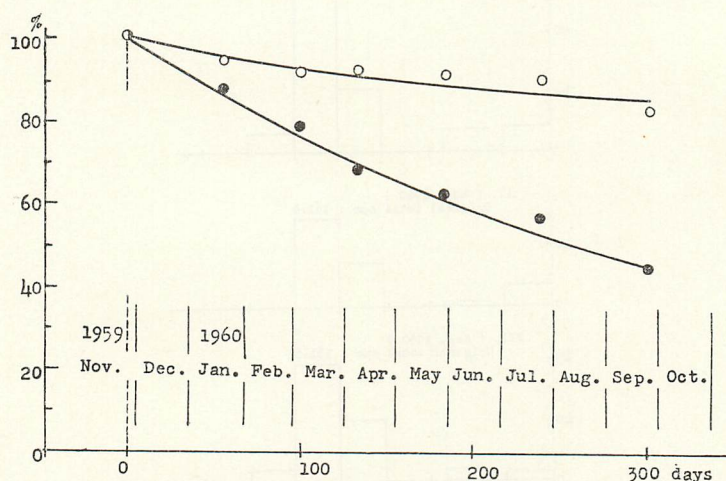


Fig. 3 Decay curve of radioactive Cd and Zn fractions separated from kidney of *Neothunnus albacora*.

○ : Cd fraction in Table 3. ● : Zn fraction in Table 3.

測定を試みたが、両区分とも放射能強度低く確認は困難であった。しかし0.5~0.6 MeV のエネルギーを持つことがわれた。以上の結果は前報³⁾にて確認された結果、すなわち pH 3.5 区分は ^{65}Zn , pH 4.1 区分は $^{113\text{m}}\text{Cd}$ (または $^{115\text{m}}\text{Cd}$) とよく一致している。従って本報における試料に含まれる放射性元素もこれと同様の核種であろう。其の他の塩酸、酢酸等の溶離区分については、いずれも放射能強度が低い核種に対する実験を行い得なかった。

この汚染腎臓に含まれる程度の放射性元素量を最大許容量の面からみると、100g 程度を摂取しても国際放射線防護委員会の勧告値⁶⁾をはるかに下まわり、可食部である筋肉はさらに含量が低く全く問題とはならない。

1958年～59年前半においては、魚類腎臓の放射性元素は全般的にその量を減じつつも、含まれる核種はCdの占める割合が高く、しかもその割合は次第に大きくなる傾向があった。1958年11月水揚げのバショウカジキには、生試料100g当り $0.094\mu\text{C}$ の $^{113\text{m}}\text{Cd}$ と $0.006\mu\text{C}$ の ^{65}Zn を含むものがあった。Fig. 2のIの放射性CdとZnは $14.3\text{m}\mu\text{C}$ と $2.3\text{m}\mu\text{C}$ 、同じくIIは $2.3\text{m}\mu\text{C}$ と $0.6\text{m}\mu\text{C}$ であり、Cdの割合が高くなる傾向は1960年の試料にはあてはめることが出来ず、バショウカジキ脾臓の例 (Fig. 2 IV) のごとくZnの区分の方が高い放射能を示すものもあった。

^{65}Zn の半減期は250日で $^{113\text{m}}\text{Cd}$ の5.1年より短いにもかかわらず、その比が増していることは生物学的半減期だけで説明することは困難で、最近海洋の放射能汚染問題を取り上げるときしばしば聞く“hot spot”⁷⁾⁸⁾があるとすれば、魚類は新たに放射性物質を摂取している可能性もある。放射性元素の減少傾向に魚種別の差異が認められる。 ^{90}Sr 等は魚種別、生態別に消長がある事実もあり⁷⁾、マグロ、カジキ類以外の魚種を試料とすれば、さらに興味ある現象を発見し得るかもしれない。

海水及びプランクトンの放射能汚染

採集点である、東経 126° 、北緯 $2^\circ\sim 22^\circ$ の海域は、黒潮の源流として鹿児島市に水揚げされる大型魚の漁場とは密接な関係があり、この海域の放射能汚染を追求することは、汚染魚類とその環境を知る上に意義のあることと思う。

試料の海水及びプランクトンは採集後約2ヶ月を経て実験室にて分析したのであるが、この実験の範囲では、全試料とも放射能を検出することが出来なかった。

Table 4 Radioactivity of sea water and plankton.
(Date of counting : Aug. 4 to 10)

Date of collection	Collecting station		Radioactivity	
	Lat.	Long.	Sea water $\mu\text{C}/\text{l.}$	Plankton $\mu\text{C}/100\text{mg. of ash}$
1960				
Jun. 1	$22^\circ 00' \text{N}$	$127^\circ 37' \text{E}$	0	28
2	$20^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 39' \text{E}$	0	0
2	$18^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 40' \text{E}$	0	0
3	$16^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 42' \text{E}$	4.5	30
3	$14^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 45' \text{E}$	0.7	0
4	$12^\circ 04' \text{N}$	$126^\circ 44' \text{E}$	2.2	0
4	$9^\circ 57' \text{N}$	$126^\circ 43' \text{E}$	3.0	11
5	$8^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 50' \text{E}$	0	5
5	$6^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 35' \text{E}$	0	26
6	$4^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 29' \text{E}$	3.7	0
7	$2^\circ 00' \text{N}$	$126^\circ 33' \text{E}$	0.7	0

放射性物質がビキニ近海から海流に乗り日本近海に接近するまでの距離は約4000浬で、時間的には約11ヶ月を要するといわれ、堀等も1959年秋以降日本近海における黒潮の表層水には極めて低い放射能しか検出されず、かつ値も一定であると報じている⁹⁾。

要 約

1) 1959年11月から1960年12月までの間に、鹿児島県南方海域で漁獲されたマグロ、カジキ類の腎臓からは、 $0\sim 1,308\mu\text{C}/\text{灰分}100\text{mg}$ の人工放射能が検出された。最高の汚染度

を示した試料は、1959年11月6日水揚げのキワダマグロで、放射性元素は主として ^{113}Cd (^{115m}Cd) と ^{65}Zn とより成り、その量は生試料 100g 当りそれぞれ $14.3\text{m}\mu\text{c}$ 、 $2.3\text{m}\mu\text{c}$ であった。

2) この期間に供試された魚類腎臓の放射能汚染状況には次のような傾向のあることを知った。

キワダマグロ、クロマグロはバショウカジキ、マカジキ等より強く汚染されており、全体的に見ると汚染は1954年当時からしだいに減少しつつも、その速度には魚種による差異が認められた。

腎臓に含まれる放射性元素は、1958年までは Cd の占める割合が次第に高くなる傾向があった。しかし1960年には Cd 依然として主要成分であるとしても、Zn の割合も少なくないことがわかった。

3) 1960年6月に、黒潮南域とその源流である西部北赤道海流域の海水及びプランクトンを採集し、その放射能汚染状況を調査したが、確認し得る程度の放射性元素を検出することは出来なかった。

終りに本研究に対し御指導を賜った三重県立大学水産学部岡田彌一郎教授と、御協力を賜った本学練習船敬天丸の乗組員各位に謝意を表する。なお本研究は文部省科学研究費(総合)により行われたものである。

文 献

- 1) 盛田友弼・斎藤 要・源河朝之 (1955) : 赤道海域及びコラル海における放射能の検索について, 鹿児島大学水産学部紀要, **4**, 151~156.
- 2) 斎藤 要・鮫島宗雄 (1955) : 放射能汚染魚に関する研究, 鹿児島大学水産学部紀要, **4**, 124~142.
- 3) 斎藤 要・鮫島宗雄・辺見富雄 (1960) : 1958年より1959年における西部北赤道海流域の海水プランクトン及び魚類の放射能汚染に関する研究, 鹿児島大学水産学部紀要, **8**, 181~193.
- 4) 三宅泰雄・杉本吉雄・亀田和久 (1954) : ビキニ海域における人工放射能の分布とその海洋学的考察, 科学, **24**, 601~639.
- 5) 木村健二郎他16 (1954) : 第五福竜丸に降った放射性物質について, 分析化学, **3**, 335~348.
- 6) 日本放射性同位元素協会 (1959) : ラジオアイソトープ講義と実習, 丸善, 305, 620~623.
- 7) 科学朝日 (1961) : 太平洋の底に死の海流, 海中に捨てられる放射能, No. 5, 39~45.
- 8) Saitō, K. (1961) : Radiological Survey in the Indian Ocean in 1961, Memoirs of the Faculty of Fisheries Kagoshima University, **10**, 9~14.
- 9) 堀 定清・日向野良治・長屋 裕・塩崎 愈・背戸義郎 (1960) : 日本近海における表層海水の放射能について, 第2回放射能調査研究成果発表会論文抄録集, 53~54.