

平成 17 年度

海洋環境放射能総合評価事業成果報告書

- 温排水等により飼育した海産生物
に関する放射能調査及び評価 -

平成 18 年 3 月

財団法人 温水養魚開発協会

ま え が き

この報告書は平成 17 年度において、文部科学省より海洋環境放射能総合評価事業の一環としての「平成 17 年度温排水等により飼育した海産生物に関する放射能調査及び評価」事業を、平成 17 年 4 月から平成 18 年 3 月までの期間受託し、財団法人温水養魚開発協会東海事業所において実施した成果である。

本事業の目的は、文部科学省に設置されている海洋環境放射能総合評価委員会が行う我が国原子力発電所等周辺の海域における主要な漁場の放射能調査等の結果の総合評価に資するため、温排水等により飼育した海産生物に関する放射能調査及び評価を実施し、同委員会に資料を提供することにある。本事業は、漁業者団体自らが発電所温排水を利用して海産生物を飼育し、放射能を測定して発電所等の安全性を確認する、我が国唯一のものである。

海産生物の飼育は、当協会東海事業所（茨城県那珂郡東海村、独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センタ - 原子力科学研究所「以下原子力機構原科研と呼ぶ」構内）の養魚池において日本原子力発電株式会社東海第二発電所の温排水等を取水して魚介類 11 種類を選定し実施した。これらのうち飼育技術が確立された魚介類、ならびに飼育海水、飼餌料等を放射能分析に供した。また、当協会東海事業所においてマダイ及びヒラメについて親魚養成、種苗生産・中間育成、継続飼育を実施するとともに放射能分析を行い、温排水の継代影響の観察を実施した。

海産生物の放射能分析については、飼育海産生物、飼育海水、飼料等を財団法人日本分析センタ - へ送付し同センタ - で実施した。なお、飼育海水については、水モニタ - により常時放射能を測定しその実態を把握して、平常値の約 2 倍の数値が 24 時間以上持続的に記録された場合は、飼育海水を採取して同センタ - へ送付し測定することとして異常時に備えた。

海産生物の飼育計画、放射能分析計画の策定、実施状況の検討、分析結果の評価等の検討については、「海産生物飼育・放射能調査検討委員会」の検討審議を経た。

なお、事業の実施にあたっては、別途、原子力機構原科研と当協会とで締結実施中の共同研究契約に基づき、原子力機構原科研より土地無償利用等の便宜供与を受けたことを付記し謝意を表します。

目 次

ま え が き

1. 事業実施概要	1
2. 事業実施結果	18
1) 海産生物の飼育	18
(1) 施設の概要	18
(2) 飼育海水	20
飼育海水と取水状況	20
年間平均水温変動	22
環境諸要因	22
(3) 海産生物の飼育状況	26
飼育魚種	26
魚種別飼育状況	26
ア. マダイ	26
イ. ヒラメ	27
ウ. スズキ	28
エ. プリ	28
オ. マコガレイ	29
カ. オニオコゼ	29
キ. イシダイ	29
ク. ホシガレイ	29
ケ. ムラソイ	29
コ. クルマエビ	30
サ. エゾアワビ	30
2) 飼育海水の放射能測定	34
3) 放射能分析	35
(1) 海産生物等の放射能分析	35
採取試料及び試料前処理	36
ア. 飼育海産生物	36
イ. 飼餌料	36
ウ. 砂泥	36
エ. 飼育海水	37

放射能分析方法	37
ア. 線スペクトロメトリ	37
イ. 放射性セシウム分析	38
ウ. プルトニウム分析	39
エ. 放射性ストロンチウム分析	40
オ. ポロニウム分析	40
カ. トリチウム分析	41
測定機器の仕様	43
分析実施期間	44
(2) 放射能分析結果と考察	44
定常調査	44
ア. 放射性セシウム分析(一部 線スペクトロメトリ)	44
イ. プルトニウム分析	47
ウ. 放射性ストロンチウム分析	47
エ. 海産生物等試料中の放射性核種濃度レベルの経年変動	58
特定核種移行試験	69
ア. ポロニウム分析	69
イ. トリチウム分析	71
4) 温排水による親魚養成、産卵、ふ化等の各成長段階における放射能濃度を 比較するための飼育魚の選定、飼育方法の検討	78
(1) 飼育魚	78
(2) マダイの年群間の成長についての検討	80
3. 普及資料の作成	86
4. 海産生物飼育・放射能調査検討委員会	87
1) 検討委員会の設置	87
2) 検討委員会の開催	88
5. 自然海水取水ポンプの購入	89
1. 事業実施概要	

本事業は、平成 17 年 4 月 1 日から平成 18 年 3 月 31 日までの期間、茨城県那珂郡東海村、独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター - 原子力科学研究所 (以下原子力機構原科研と呼ぶ) 構内にある財団法人温水養魚開発協会東海事業所で実施した。

事業実施の概要は次のとおりである。

1) 海産生物の飼育

(1) 施設の概要

飼育施設は、昭和 46 年度に当協会東海事業所に建設し、その後補充補修した養魚池・設備等を使用した。

(2) 飼育海水

飼育海水のうち温排水は日本原子力発電株式会社東海第二発電所 (BWR 設備容量 110 万 kW) から取水し、自然海水は同社東海発電所取水路から取水した。

飼育海水は、水路基点の水温を自動記録装置により測定・記録し、各飼育池の水質 (水温、溶存酸素量、pH、塩分、濁度) を携帯用機器により飼育池ごとに毎日定時に測定した。平成 17 年度は、年度当初温排水を取水したが、原子炉の定期検査が 4 月 23 日に開始するため、4 月 20 日に自然海水との混合取水を始め、定期検査前日の 4 月 22 日に自然海水のみの取水に切り替えた。その後 7 月 23 日に定期検査は終了したが、水温が適水温であったため自然海水を継続して取水した。10 月下旬に水温が 19 台に低下したため、10 月 28 日に温排水との混合取水を始め、12 月 2 日から温排水のみの取水に切り替えた。その後は温排水のみを取水した。全期間を通して飼育水温は 8.5 ~ 23.6 であった。

(3) 海産生物の飼育状況

飼育海産生物の種類は、「海産生物飼育・放射能調査検討委員会」の指導・助言を得て、表 1-1 に示すようにマダイ、ヒラメ、スズキ、ブリ、マコガレイ、オニオコゼ、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイ、クルマエビ、エゾアワビの 11 種類とした。これらのうち、マダイ、ヒラメ、スズキ、ブリ (1 年魚)、マコガレイ、オニオコゼは前年度より継続して飼育し、ブリ (当年魚)、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイ、クルマエビ、エゾアワビは補充し飼育した。

イシダイでは疾病による斃死、エゾアワビでは摂餌行動の低下が観察されたが、これらを除いては摂餌状況、成長、肥満度、生残率等から健康に飼育できたものと判断された。

表1-1 飼育海産生物の種類

分類	試料名	放養年月日	採取購入場所
魚類	マダイ(2年魚)	H15.4.6	温水協採卵 ^{*1}
	マダイ(1年魚)	H16.5.18	温水協採卵
	マダイ(当年魚)	H17.4.7	温水協採卵
	マダイ(天然魚) ^{*3}	-	福岡県 ^{*2}
	ヒラメ(2年魚)	H15.5.15	温水協採卵
	ヒラメ(当年魚)	H17.3.11	静岡県
	ブリ(1年魚)	H16.6.29	三重県
	ブリ(当年魚)	H17.6.7	三重県
	スズキ(13年魚)	H4.4.22	茨城県
	マコガレイ(3年魚)	H14.1.31	温水協採卵
	オニオコゼ(1年魚)	H16.8.24	愛媛県
	イシダイ	H17.7.29	和歌山県
	ホシガレイ(当年魚)	H17.7.29	茨城県
	ムラソイ(当年魚)	H17.7.29	茨城県
甲殻類	クルマエビ(当年魚)	H17.6.7	山口県
貝類	エゾアワビ(天然)	H17.9.12	茨城県
合計	11種類		

*1: 温水協採卵とは、親魚から受精卵を採取し、ふ化させ飼育したもの(自家生産)を示す。

*2: ~県とは、受精卵、稚魚及び天然魚を 県から当協会に搬入したものを示す。

*3: マダイ(2年魚)と放射性核種を比較するため天然魚を採取した。

2) 飼育海水の放射能測定

飼育水の放射能については、試験池へ注水するための水路の基点に放射能監視モニター(以下水モニターと呼ぶ)を設置して常時放射能を測定して記録した。

水モニターによる飼育水の放射能測定結果は40.0~52.0cpsであり、平年の水準の範囲内であった。

3) 放射能分析

(1) 海産生物等の放射能分析

本事業は昭和59年度より開始され、養魚中の主として¹³⁷Cs、²³⁹⁺²⁴⁰Pu及び⁹⁰Srについて検討を加えてきた(本報告書では「定常調査」と呼ぶ)。平成16年度に引き続き平成17

年度は定常調査とともに1魚種(ブリ1年魚)について ^{137}Cs とともに ^{210}Po 、 ^3H を新たな対象核種として加え、異なる飼餌料を与え長期に飼育した魚類の放射能調査(本報告書では「特定核種移行試験」と呼ぶ)を実施した。分析核種及び試料一覧を表1-2に、分析方法を表1-3に示した。

採取試料

ア.「定常調査」

上記飼育海産生物のうちマダイについては、2年魚・1年魚・当年魚・天然魚を、ヒラメについては2年魚・当年魚を、またブリについては飼餌料の種(配合飼料区及びサバ区)別に、エゾアワビについては放養開始時及び飼育後の生物を分析対象とし、計13試料を採取した。これらのうちマダイ2年魚、天然魚については $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr の分析用に脊椎骨を採取した。なお、オニオコゼ、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイは平成18年度以降の新たな放射能分析対象魚種に選定し、来年度以降に分析可能な採取量が得られるため本年度は分析を実施せず、予備飼育のみとした。生物試料の他、飼餌料、砂泥、海水について分析を実施した。飼餌料は、マダイ親魚用配合飼料($^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr 分析にも使用)、ブリ配合飼料、サバの計3試料を分析に供した。また、砂泥は排水路定点に沈澱したものを2採取日において2試料(1試料は $^{239+240}\text{Pu}$ 分析にも使用)を、飼育海水は平成17年2月28日に採水した1試料と、4月1日から2カ月間隔の中心日の4月30日、6月30日、8月31日、10月31日、12月31日の5試料、計6試料を測定に供した。

イ.「特定核種移行試験」

ブリについて飼餌料の種(配合飼料区及びサバ区)別に採取し、全身(^3H)ならびに剖検試料(^{210}Po については筋肉と内蔵、 ^{137}Cs については筋肉)を分析に供した。また、飼餌料(配合飼料及びサバ)、飼育水について各1試料を分析試料とした。

放射能分析方法

放射能の分析については財団法人日本分析センターに依頼して実施した。

ア.「定常調査」

定常調査における試料調製及び放射能分析は、文部科学省放射能測定法シリーズに基づいて実施した。

^{137}Cs 分析^{註 1)}は、生物試料においては可食部について、また飼餌料、砂泥については放射化学分析手法を用いた。すなわち、試料を乾燥、灰化^{註 2)}後、王水及び硝酸で加熱分解、塩酸抽出液から炭酸塩沈殿を生成させた後の上澄み液についてリンモリブデン酸アンモニウム (AMP) でセシウムを吸着分離した。さらに陽イオン交換樹脂カラムでセシウムを分離・精製後塩化白金酸セシウムを沈殿させる紙上に固定、測定試料とし、低バックグラウンド 線測定装置で測定を実施した。飼育海水については線スペクトロメトリ - ^{註 3)}を実施した。すなわち、海水試料を塩酸酸性で AMP でセシウム分画を分離し、過酸化水素 - アンモニア水を加えアルカリ性とし水酸化物を分離した。さらに上澄み液についてアンモニア水 - チオアセトアミド系で硫化物分画を分離、これらのセシウム分画、水酸化物分画、硫化物分画を混合し測定試料として 線スペクトロメトリ - 手法で放射能測定を実施した。

^{90}Sr 分析^{註 4)}は放射化学分析法により実施した。灰化試料を王水 - 硝酸系で加熱分解後、塩酸抽出液について炭酸塩を生成、次いでシュウ酸塩沈殿としてストロンチウム分画を分離、さらに発煙硝酸処理、イオン交換樹脂カラムでカルシウムを除去した。次いでクロム酸塩としてバリウム、ラジウムを除去した後炭酸ストロンチウム沈殿を得、ミルク処理を実施した後 ^{90}Y をろ紙上に捕集測定試料とし、低バックグラウンド 線測定装置で測定を実施した。

$^{239+240}\text{Pu}$ ^{註 5)}は、試料を硝酸 - 過酸化水素水系による加熱分解後陰イオン交換樹

註 1): 放射性セシウム分析、文部科学省放射能測定法シリ - ズ 3「放射性セシウム分析法」(昭和 51 年改訂)。なお、「特定核種移行試験」における ^{137}Cs 分析法は「定常調査」と同様である。

註 2): 試料調製、文部科学省放射能測定法シリ - ズ 13「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」(昭和 57 年)及び文部科学省放射能測定法シリ - ズ 16「環境試料採取法」(昭和 58 年)

註 3): 線スペクトロメトリ - 、文部科学省放射能測定法シリ - ズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリ - 」(平成 4 年改訂)

註 4): 放射性ストロンチウム分析、文部科学省放射能測定法シリ - ズ 2「放射性ストロンチウム分析法」(平成 15 年改訂)

註 5): プルトニウム分析、文部科学省放射能測定法シリ - ズ 12「プルトニウム分析法」(平成 2 年改訂)

脂カラム中にプルトニウム分画を吸着、ヨウ化アンモニウム - 塩酸系で溶離後蒸発乾固、硫酸溶液としてプルトニウムをステンレス板上に電着、測定試料とし、シリコン半導体検出器により測定した。

イ.「特定核種移行試験」

^{210}Po は、乾物試料については硝酸分解し化学分離をした後に得られた電着測定試料を、海水試料については硫化物沈殿を生成し化学分離した後に得られた電着測定試料を線スペクトロメトリにより実施した。すなわち、乾物試料は ^{208}Po 収率補正用トレーサー及び Pb 担体を添加後硝酸で加熱分解、塩酸を加えた後ろ過した。海水試料は収率補正用トレーサー及び Cu・Pb 単体を添加加熱、アンモニア水及びチオアセトアミドを加え硫化物沈殿を生成、沈殿を硝酸で溶解した。それぞれの溶液に塩酸を加えたものを Sr - Spec カラムでポロニウムを吸着させ、塩酸 - 硝酸系で順次洗浄、洗浄液を ^{210}Pb 分析用として保存した。硝酸で溶離後塩酸を加え加熱溶解、アスコルビン酸を加え電解装置でポロニウムをステンレス板上に電着して測定試料とした。測定はシリコン半導体検出器により実施した。1 年間保存した上記の ^{210}Pb を含む分画から生成される ^{210}Po を同様にして測定し ^{210}Pb に起因する ^{210}Po 寄与を評価した。

トリチウム分析^{註 6)}は、海水及び組織自由水トリチウムについては分析試料 600mL に対して蒸留後約 55mL になるまで電解濃縮し留出液 50mL に乳化シンチレ - タ - を加え、測定試料とし、低バックグラウンド液体シンチレ - ションカウンタで測定した。有機結合型トリチウムは、分析試料 120 ~ 140g を燃焼装置で燃焼し、得られた燃焼生成水を湿式分解後蒸留し、留出液に乳化シンチレ - タ - を加え測定試料とし、低バックグラウンド液体シンチレ - ションカウンタで測定した。

註 6): トリチウム分析、文部科学省放射能測定法シリ - ズ 9「トリチウム分析法」(平成 14 年改訂)

表1-2 分析核種及び試料一覧

「定常調査」

分析核種	測定部位	海産生物		飼餌料	飼育海水	砂泥
^{137}Cs	筋肉	マダイ2年魚	マダイ当年魚	マダイ親魚用 配合飼料 ブリ用配合飼料 サバ	6回/年 (線スペクト ロメトリ-分析)	2試料
		マダイ1年魚	マダイ天然魚			
		ヒラメ2年魚	ヒラメ当年魚			
		スズキ	ブリ(配合飼料給餌区)			
$^{239+240}\text{Pu}$	脊椎骨	マコガレイ	ブリ(サバ給餌区)	マダイ親魚用	*1	1試料
		クルマエビ	エンアワビ(放養時) エンアワビ(飼育後)			
^{90}Sr	脊椎骨	マダイ2年魚	マダイ天然魚	マダイ親魚用		
		マダイ2年魚	マダイ天然魚	マダイ親魚用		

「特定核種移行試験」

分析核種	測定部位	海産生物		飼餌料	飼育海水	砂泥
$^{210}\text{Po}^{*2}$	筋肉 内臓	ブリ(配合飼料給餌区)	ブリ(配合飼料給餌区)	ブリ用配合飼料 サバ	ブリ飼育水	
		ブリ(サバ給餌区)	ブリ(サバ給餌区)			
$^3\text{H}^{*3}$	全身	ブリ(配合飼料給餌区)	ブリ(配合飼料給餌区)	ブリ用配合飼料 サバ	ブリ飼育水	
		ブリ(サバ給餌区)	ブリ(サバ給餌区)			

*1:分析対象外核種については「」で示した。

*2:平成17年度分析値は ^{210}Po 寄与分補正前の測定時暫定値(平成18年度 ^{210}Po 分析を実施する)。

*3:海産生物、飼餌料について組織自由水トリチウム及び有機結合型トリチウムの定量を実施した。

表1-3 飼育海産生物、飼餌料、飼育海水、砂泥試料の分析方法

「定常調査」

分析法					
試料名	分析核種名	分析供試量	前処理	放射線計測	単位
海産生物	¹³⁷ Cs	生1kg灰	化学分離	線測定装置	5,400秒
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	20g灰	化学分離	シリコン半導体検出器	80,000秒
	⁹⁰ Sr	生1kg灰、50g灰(骨試料の場合)	化学分離	線測定装置	3,600秒
	¹³⁷ Cs	生1kg灰	化学分離	線測定装置	5,400秒
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	20g灰	化学分離	シリコン半導体検出器	80,000秒
飼餌料	⁹⁰ Sr	生1kg灰	化学分離	線測定装置	3,600秒
	⁵⁴ Mn				
	⁶⁰ Co				
	¹⁴⁴ Ce				
	¹³⁷ Cs				
飼育海水	¹³⁷ Cs	40L	化学分離	ゲルマニウム半導体検出器	70,000秒
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	100g	化学分離	線測定装置	5,400秒
		50g	化学分離	シリコン半導体検出器	80,000秒
砂泥	¹³⁷ Cs				
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu				

「特定核種移行試験」

分析法					
試料名	分析核種名	分析供試量	前処理	放射線計測	単位
海産生物	²¹⁰ Po	10g乾物	化学分離	シリコン半導体検出器	80,000秒
	³ H(組織自由水)	600mL	電解濃縮	LSC	500分(50分*10回)
	³ H(有機結合型)	120~140g乾物	燃焼、蒸留	(液体シンプレ-ジョンカウンタ)	1000分(50分*20回)
飼餌料	²¹⁰ Po	10g乾物	化学分離	シリコン半導体検出器	80,000秒
	³ H(組織自由水)	600mL	電解濃縮	LSC	500分(50分*10回)
	³ H(有機結合型)	120~140g乾物	燃焼、蒸留	(液体シンプレ-ジョンカウンタ)	1000分(50分*20回)
飼育海水	²¹⁰ Po	5L	化学分離	シリコン半導体検出器	80,000秒
	³ H	600mL	電解濃縮	(液体シンプレ-ジョンカウンタ)	500分(50分*10回)

放射能分析結果と考察

ア.「定常調査」

13 試料の海産生物について実施した ^{137}Cs 分析結果を表 1-4 に示した。またマダイ 2 年魚及び天然魚脊椎骨について実施した $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr 分析の結果を表 1-5、表 1-6 に示した。

^{137}Cs 分析の結果は検出限界値未満 $\sim 0.12 \pm 0.010\text{Bq/kg}$ 生であった。平成 12～16 年度には 93 試料の分析を行っているが検出限界値未満 $\sim 0.12 \pm 0.010\text{Bq/kg}$ 生であり、本年度の結果は過去における本事業の分析値の範囲内であるといえる。 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析の結果は過去得られた結果と同様検出限界値未満であった。 ^{90}Sr はマダイ 2 年魚及び天然魚の脊椎骨ではともに検出限界値未満であった。ちなみに平成 12～16 年度には 11 試料の分析を行っているが検出限界値未満 $\sim 0.094 \pm 0.021\text{Bq/kg}$ 生である。

マダイ親魚用配合飼料、ブリ用配合飼料、サバの 3 種の飼餌料について実施した ^{137}Cs 分析結果を表 1-7 に、またマダイ親魚用配合飼料の $^{239+240}\text{Pu}$ 分析、 ^{90}Sr 分析結果を表 1-8、表 1-9 に示した。

^{137}Cs 分析の結果は $0.077 \pm 0.0089 \sim 0.094 \pm 0.010\text{Bq/kg}$ 飼料であった。3 種の飼餌料間に明瞭な濃度差は認められなかった。これらの値は平成 12～16 年度の間に得られた 15 試料の分析値、検出限界値未満 $\sim 0.15 \pm 0.021\text{Bq/kg}$ 飼料の範囲内である。マダイ親魚用配合飼料中の $^{239+240}\text{Pu}$ は過去同様検出限界値未満であった。また、 ^{90}Sr は $0.17 \pm 0.017\text{Bq/kg}$ 飼料であり、平成 12～16 年度の間、 $0.17 \pm 0.016 \sim 0.27 \pm 0.037\text{Bq/kg}$ 飼料の範囲内である。

砂泥の ^{137}Cs 及び $^{239+240}\text{Pu}$ 分析結果を、それぞれ、表 1-10、表 1-11 に示した。 ^{137}Cs の分析値、 2.1 ± 0.16 、 $2.4 \pm 0.15\text{Bq/kg}$ 乾土は、平成 12～16 年度の間に得られた 10 試料の分析値、 $1.4 \pm 0.13 \sim 3.9 \pm 0.22\text{Bq/kg}$ 乾土の範囲内である。また、 $^{239+240}\text{Pu}$ の分析値は、 $0.71 \pm 0.041\text{Bq/kg}$ 乾土であり、平成 13～16 年度に得られた分析値 $0.43 \pm 0.037 \sim 0.74 \pm 0.057\text{Bq/kg}$ 乾土の範囲内である。

飼育海水について線スペクトロメトリにより検出された核種は ^{137}Cs のみであり、その結果を表 1-12 に示した。 ^{137}Cs 放射能濃度は、 $1.6 \pm 0.34 \sim 2.3 \pm 0.34\text{mBq/L}$ であり、顕著な季節変化、経時的变化はみられなかった。これらの値は、平成 12～16 年度の間、 $1.5 \pm 0.56 \sim 2.8 \pm 0.31\text{mBq/L}$ の範囲内であった。

イ.「特定核種移行試験」

2種の飼餌料を給餌した実験区で得られたブリ試料について筋肉、内臓に分けて実施した ^{210}Po 分析結果を表1-13に示した。

^{210}Po 放射能濃度はいずれの実験区においても内臓が筋肉より高かった。すなわち、配合飼料区で筋肉が $0.13 \pm 0.012\text{Bq/kg}$ 生、内臓が $13 \pm 0.7\text{Bq/kg}$ 生であり、サバ区で筋肉が $0.059 \pm 0.0073\text{Bq/kg}$ 生、内臓が $0.83 \pm 0.11\text{Bq/kg}$ 生であった。平成16年度において3ヶ月飼育したブリについての分析値は、筋肉、内臓について測定時暫定値でそれぞれ $0.086 \pm 0.011\text{Bq/kg}$ 生、 $2.8 \pm 0.20\text{Bq/kg}$ 生であったことから飼育期間の長期化に伴う筋肉中における ^{210}Po 濃度の増加は顕著ではないものの内臓中における ^{210}Po 濃度は増加する可能性があるものと推測された。

ブリの配合飼料とサバについて実施した ^{210}Po 分析結果を表1-14に示す。測定時における ^{210}Po 分析値は、ブリ用配合飼料及びサバで、それぞれ、 $26 \pm 2.1\text{Bq/kg}$ 飼料、 $0.47 \pm 0.028\text{Bq/kg}$ 餌料であった。過去2年間調査したブリ用配合飼料、オキアミの4試料の測定時暫定値は、ブリ用配合飼料が、 $11 \pm 0.5\text{Bq/kg}$ 飼料、 $7.8 \pm 0.45\text{Bq/kg}$ 飼料、オキアミが、 $1.8 \pm 0.08\text{Bq/kg}$ 餌料、 $0.67 \pm 0.036\text{Bq/kg}$ 餌料(表2-3-7)であり、本年度の値はブリ用配合飼料が最も高い値であり、サバはオキアミに比べ若干低い。 ^{210}Po の物理学的半減期が138.4日であることを考慮すると、これには、入手した飼餌料の原材料や製造期日あるいは給餌する飼餌料の新鮮さに影響を受けることが考えられ、試験に用いる飼餌料は製造番号、製造期日をそろえるなど ^{210}Po 濃度には常に留意することが必要となる。昨年度得られた暫定値について試料採取時から測定時に至る間の ^{210}Pb に起因する ^{210}Po の寄与を差し引き、さらに試料採取時に減衰補正した値は、ブリ用配合飼料が $13 \pm 0.9\text{Bq/kg}$ 飼料、オキアミが $0.93 \pm 0.078\text{Bq/kg}$ 餌料であった。すなわち飼餌料中の試料採取時における ^{210}Po は配合飼料で約23%(^{210}Pb 分析値 $\times 100 \div$ 補正後 ^{210}Po 分析値)、オキアミで約47%が飼餌料中の ^{210}Pb に由来していることになる。

飼育水の ^{210}Po 分析の結果は表1-15に示した。測定時における暫定値は $1.2 \pm 0.14\text{mBq/L}$ であり、昨年度と同レベルであるが、平成15年度の $2.3 \pm 0.17\text{mBq/L}$ に比べて約2分の1であった。この変動値が合理的なものであるかを判断するためには今後データを蓄積していく必要がある。なお平成15年度、平成16年度の飼育水の、

^{210}Pb 補正をした ^{210}Po 値は、それぞれ $1.3 \pm 0.40\text{mBq/L}$ 、検出限界値未満が得られ、海水中での ^{210}Pb と ^{210}Po の間の放射平衡を仮定すると海水中では ^{210}Po の減損がみられるが、この事実の妥当性についても今後データを蓄積していく必要がある。

飼餌料別に飼育したブリ試料の ^3H 分析結果を表 1-16 に示した。配合飼料区は、組織自由水 ^3H 濃度が $1.5 \pm 0.03\text{Bq/L}$ ($0.99 \pm 0.018\text{Bq/kg}$ 生鮮物)、有機結合型 ^3H 濃度が $0.54 \pm 0.095\text{Bq/L}$ ($0.12 \pm 0.022\text{Bq/kg}$ 生鮮物) であった。サバ区は、組織自由水 ^3H 濃度が $1.6 \pm 0.03\text{Bq/L}$ ($1.0 \pm 0.02\text{Bq/kg}$ 生鮮物)、有機結合型 ^3H 濃度が $0.45 \pm 0.095\text{Bq/L}$ ($0.10 \pm 0.021\text{Bq/kg}$ 生鮮物) であった。

飼餌料の ^3H 分析結果は表 1-17 に示すとおりである。ブリ用配合飼料、及びサバにおける組織自由水 ^3H 濃度はそれぞれ、 $0.41 \pm 0.020\text{Bq/L}$ ($0.031 \pm 0.0015\text{Bq/kg}$ 飼料)、 $0.19 \pm 0.018\text{Bq/L}$ ($0.12 \pm 0.011\text{Bq/kg}$ 餌料)、有機結合型 ^3H 濃度はブリ用配合飼料が検出限界値未満、サバは $0.34 \pm 0.094\text{Bq/L}$ ($0.084 \pm 0.023\text{Bq/kg}$ 餌料) であった。一般に海産生物及び飼餌料では、有機結合型 ^3H は組織自由水 ^3H より低い値を示すが、本年度の餌料用のサバでは前者は後者より高い値が得られた。

飼育水の ^3H 濃度は表 1-18 に示すとおりである。得られた濃度、 $1.5 \pm 0.030\text{Bq/L}$ は、平成 14～16 年度の間得られた濃度、 $0.15 \pm 0.024 \sim 0.32 \pm 0.027\text{Bq/L}$ (表 2-3-9)、あるいは原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等による平成 3 年から平成 15 年度調査結果における報告値、検出限界値未満～ 0.47Bq/L の変動範囲外であった。 ^3H は原子力発電所及び原子力関係施設から管理放出されている。そこで茨城県東海地区環境放射線監視委員会が実施しているモニタリング調査、「環境放射線監視季報」第 132～134 報(平成 17 年度第 1 四半期～第 3 四半期、4 月～12 月)における ^3H の測定値を調査した。調査対象施設は日本原子力発電株式会社、原子力機構原科研及び独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター-核燃料サイクル工学研究所の計 3 事業所である。その結果 9 ヶ月間での各施設からの排気中における ^3H 最高濃度は、検出限界値未満～ $8.1 \times 10^{-1}\text{Bq/cm}^3$ で、排水中の ^3H 平均濃度は、検出限界値未満～ $5.0 \times 10^3\text{Bq/cm}^3$ であった。よって本年度得られた濃度、 1.5Bq/L は Bq/cm^3 に換算すると $1.5 \times 10^{-3}\text{Bq/cm}^3$ となり、上記の施設から管理放出されている ^3H の変動範囲内であった。また、魚体の組織自由水 ^3H 濃度は、海水の ^3H 濃度と大きな相違はなかった。

2種の飼餌料を給餌した実験区で得られたブリ試料について筋肉の¹³⁷Cs分析値は、配合飼料区が 0.071 ± 0.0085 Bq/kg生、サバ区が 0.087 ± 0.0092 Bq/kg生であった(表2-3-1(3))。飼餌料は配合飼料が 0.079 ± 0.0094 Bq/kg飼料、サバが 0.077 ± 0.0089 Bq/kg飼料であった(表2-3-1(5))。海水からの直接的な寄与を無視し、取り上げ時に検出された¹³⁷Csがすべて飼餌料に由来するものとして見かけ上の濃縮係数を求めた。1日あたり1kgあたりの摂餌量に対する取上時の魚体の¹³⁷Cs濃度の比を求め飼餌料経路の見かけ上の濃縮係数とすると、配合飼料区が83、サバ区が60と計算された。今後も長期飼育による¹³⁷Cs投与量と魚体濃度の関係について引き続き検討する。

表1-4 海産生物の放射能分析結果 ¹³⁷Cs

単位: Bq/kg生

年 度	試料数	¹³⁷ Cs
平成17年度	13	ND 註7) ~ 0.12 ± 0.010
平成12～16年度	93	ND ~ 0.12 ± 0.010

表1-5 海産生物の放射能分析結果 ²³⁹⁺²⁴⁰Pu

単位: Bq/kg生

年 度	試料数	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
平成17年度	2	ND
平成12～16年度	11	ND

註7): 本事業では、計数値が計数誤差の3倍以下のものを検出限界値未満(ND)としている。

表1-6 海産生物の放射能分析結果 ^{90}Sr

単位: Bq/kg生

年 度	試料数	^{90}Sr
平成17年度	2	ND
平成12～16年度	11	ND ~ 0.094 ± 0.021

表1-7 飼餌料の放射能分析結果

^{137}Cs

単位: Bq/kg飼料、餌料

年 度	試料数	試料名	^{137}Cs
平成17年度	3	マダイ親魚用 配合飼料	0.094 ± 0.010
		ブリ用配合飼料	0.079 ± 0.0094
		サバ	0.077 ± 0.0089
平成12～16年度	15	配合飼料及び オキアミ ^{*1}	ND ~ 0.15 ± 0.021

注) *1: マダイ、ブリ用配合飼料13試料、オキアミ2試料(平成15、16年度分析)、計15試料を分析した。

表1-8 飼料の放射能分析結果

$^{239+240}\text{Pu}$

単位: Bq/kg飼料

年 度	試料数	$^{239+240}\text{Pu}$
平成17年度	1	ND
平成12～16年度	5	ND

表1-9 飼料の放射能分析結果 ^{90}Sr

単位: Bq/kg飼料

年 度	試料数	^{90}Sr
平成17年度	1	0.17 ± 0.017
平成12～16年度	5	0.17 ± 0.016 ~ 0.27 ± 0.037

表1-10 砂泥の放射能分析結果 ^{137}Cs

単位: Bq/kg乾土

年 度	試料数	^{137}Cs
平成17年度	2	2.1 ± 0.16 、 2.4 ± 0.15
平成12～16年度	10	1.4 ± 0.13 ~ 3.9 ± 0.22

表1-11 砂泥の放射能分析結果 $^{239+240}\text{Pu}$

単位: Bq/kg乾土

年 度	試料数	$^{239+240}\text{Pu}$
平成17年度	1	0.71 ± 0.041
平成13～16年度	4	0.43 ± 0.037 ~ 0.74 ± 0.057

表1-12 飼育海水の放射能分析結果 ¹³⁷Cs

単位:mBq/L

年 度	試料数	¹³⁷ Cs			
平成17年度	6	1.6	± 0.34	~	2.3 ± 0.34
平成12~16年度	30	1.5	± 0.56	~	2.8 ± 0.31

表1-13 海産生物の放射能分析結果 ²¹⁰Po

単位:Bq/kg生

年 度	試料数	給餌した 餌の種類	²¹⁰ Po(1)		²¹⁰ Po(2)	
			筋肉	内臓	筋肉	内臓
平成17年度	4	配合飼料	-	-	0.13 ± 0.012	13 ± 0.7
		サバ	-	-	0.059 ± 0.007	0.83 ± 0.11
平成16年度	4	配合飼料	0.15 ± 0.023	5.6 ± 0.41	0.086 ± 0.011	2.8 ± 0.20
		オキアミ	0.27 ± 0.033	3.4 ± 0.39	0.15 ± 0.016	1.9 ± 0.21
平成15年度	2	配合飼料	ND	8.5 ± 0.75	0.09 ± 0.011	4.9 ± 0.41

- 注) 1. 平成17年度はブリ1年魚、平成15年度はブリ3年魚、平成16年度はブリ当年魚を分析試料とした。
 2. ²¹⁰Po(1)は²¹⁰Pb寄与分補正、試料採取日に減衰補正した。
²¹⁰Po(2)は²¹⁰Pb寄与分未補正、測定時暫定値である。

表1-14 飼餌料の放射能分析結果 ²¹⁰Po

単位:Bq/kg飼料、餌料

年 度	試料数	²¹⁰ Po(1)			²¹⁰ Po(2)		
		ブリ用配合飼料	サバ	オキアミ	ブリ用配合飼料	サバ	オキアミ
平成17年度	2	-	-	-	26 ± 2.1	0.47 ± 0.028	-
平成16年度	2	13 ± 0.9	-	0.93 ± 0.08	7.8 ± 0.45	-	0.67 ± 0.036
平成15年度	2	19 ± 1.0	-	2.9 ± 0.15	11 ± 0.5	-	1.8 ± 0.08

- 注) 1. ²¹⁰Po(1)は²¹⁰Pb寄与分補正、試料採取日に減衰補正した。
²¹⁰Po(2)は²¹⁰Pb寄与分未補正、測定時暫定値である。

表1-15 飼育海水の放射能分析結果 ^{210}Po

単位:mBq/L

年 度	試料数	$^{210}\text{Po}(1)$	$^{210}\text{Po}(2)$
平成17年度	1	-	1.2 ± 0.14
平成16年度	1	ND	1.0 ± 0.15
平成15年度	1	1.3 ± 0.40	2.3 ± 0.17

注) 1. $^{210}\text{Po}(1)$ は ^{210}Pb 寄与分補正、試料採取日に減衰補正した。

$^{210}\text{Po}(2)$ は ^{210}Pb 寄与分未補正、測定時暫定値である。

表1-16 海産生物の放射能分析結果 ^3H

単位:Bq/L

年 度	試料数	給餌した 餌の種類	^3H	
			組織自由水トリチウム	有機結合型トリチウム
平成17年度	4	配合飼料	1.5 ± 0.03	0.54 ± 0.095
		サバ	1.6 ± 0.03	0.45 ± 0.095
平成16年度	4	配合飼料	0.19 ± 0.025	ND
		オキアミ	0.20 ± 0.024	ND
平成15年度	2	配合飼料	0.52 ± 0.029	0.48 ± 0.095

注) 1. 測定部位は全身。

2. 平成17年度はブリ1年魚、平成15年度はブリ3年魚、平成16年度はブリ当年魚を分析試料とした。

表1-17 飼餌料の放射能分析結果 ^3H

単位:Bq/L

年 度	試料数	試料名	^3H	
			組織自由水トリチウム	有機結合型トリチウム
平成17年度	4	配合飼料	0.41 ± 0.020	ND
		サバ	0.19 ± 0.018	0.34 ± 0.094
平成16年度	4	配合飼料	0.35 ± 0.025	ND
		オキアミ	0.21 ± 0.025	ND
平成15年度	4	配合飼料	0.34 ± 0.031	0.37 ± 0.095
		オキアミ	0.26 ± 0.027	0.36 ± 0.095

表1-18 飼育海水の放射能分析結果 ^3H

単位: Bq/L

年 度	試料数	^3H
平成17年度	1	1.5 ± 0.030
平成16年度	1	0.15 ± 0.024
平成15年度	1	0.32 ± 0.027
平成14年度	2	0.16 ± 0.025 、 0.24 ± 0.026

4) 温排水による親魚養成、産卵、ふ化等の各成長段階における放射能濃度を比較するための飼育魚の選定、飼育方法の検討

マダイ、ヒラメについて養成中の親魚より産卵、ふ化、飼育試験を実施した。

^{137}Cs について2年魚、1年魚、当年魚を比較しても、その間に差は認められなかった。新しいパラグラフで世代交代による遺伝的な問題が生じるかどうかをみるため、マダイについて平成2年(F1)・5年(F2)・8年(F3)・12年(F4)・14年(F5)での採卵・飼育による年群間の成長を比較した。平成17年度は、15年群(F5)を親魚として、採卵(F6にあたる)・種苗生産した。遺伝的に異常があれば2カ年間(平成17年群は1年間のみ)という長期の継続飼育をするなかで成長の遅れ、生残率の低下、体型異常等の影響が現れると想像されたが、飼育環境としての積算水温の相違による成長差が見られたものの、生残率、体型異常は認められなかった。

5) 普及資料の作成

従来より得られた成果を取りまとめ、解説を加えた普及資料を作成した。またインターネット上のホームページを維持管理した。

当該ホームページの URL は:

<http://www.jf-net.ne.jp/onsui/>

である。

なお、平成18年3月31日現在でのアクセス数は280である。

6) 海産生物飼育・放射能調査検討委員会

海産生物の飼育計画、海産生物・飼料・砂泥等放射能測定試料採取計画、放射性核種分析計画の策定、事業実施状況の検討、分析結果の評価及び温排水による種苗生産と飼育等の検討のため、調査検討委員会を3回開催した。事業の実施日程は表1-19のとおりである。

7) 自然海水取水ポンプの購入

委託事業の遂行に必要な機械装置の整備のため、自然海水取水ポンプ(No.1)を1台購入設置した。

表1-19 事業の実施日程

事業項目	実施日程											
	17年 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	18年 1月	2月	3月
1. 海産生物の飼育	(マダイ、ヒラメ、スズキ等の飼育)											
2. 海産生物等の放射能分析	(試料の採取・送付) (分析)											
3. 成長段階における飼育方法等の検討	(マダイ・ヒラメの種苗生産・稚魚飼育・試料の採取)											
4. 長期に異なる飼餌料により飼育された魚類の放射能調査	(ブリの飼育・試料の採取) (分析)											
5. 分析結果の評価及び基礎資料の取りまとめ	(基礎資料の収集・測定結果の評価)											
海産生物飼育・放射能調査検討委員会				第1回 5日			第2回 27日					第3回 29日

2. 事業実施結果

本章では平成 17 年度事業実施結果の詳細について述べる。

1) 海産生物の飼育

(1) 施設の概要

本事業は、昭和 46 年度に建設、その後補充、補修した養魚池・設備等を飼育施設として使用した。本施設の所在地、敷地面積は次のとおりである。

場所 茨城県那珂郡東海村村松(原子力機構原科研構内)

敷地 10,660 m²(原子力機構原科研との契約に基づき無償借用)

設備概要は表 2-1-1 のとおりであり、施設・設備の平面図を図 2-1-1 に示した。

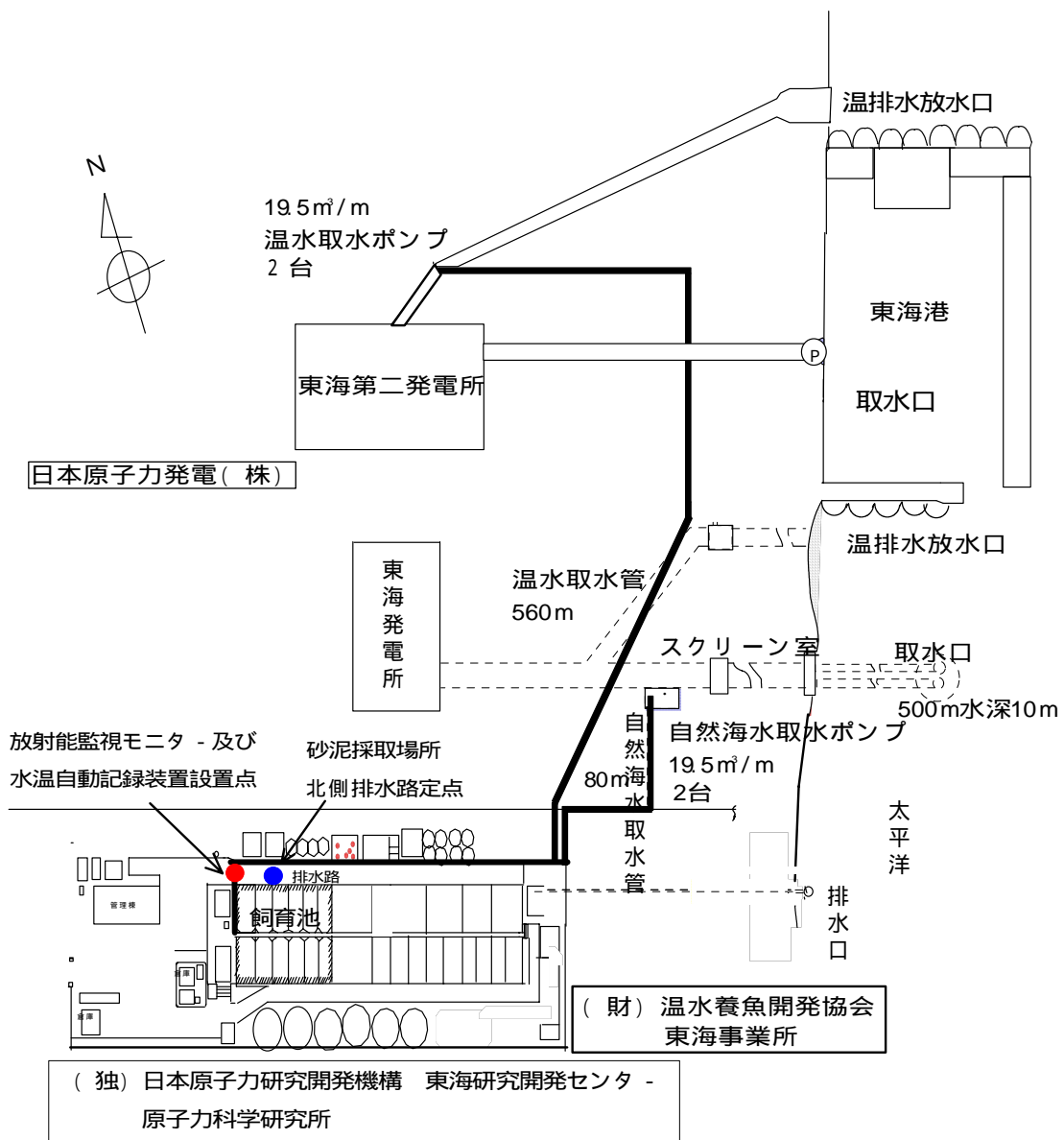


図2-1-1 (財) 温水養魚開発協会東海事業所平面図

表2-1-1 設備概要

種 別	仕 様	数量	年度
(委託費)			
養魚池	コンクリート池 (60m ²)	12面	46
曝気装置No1	ブローア(3.0m ³ /m 1台) 電動機(3.7kw 1台)	1式	63
幼稚魚飼育装置	循環濾過アクリル製水槽 (500L×2)他	1式	元
混合槽取水設備	No2取水ポンプ1台 容量18m ³ /m、揚程 4m	1式	元
餌料保管用冷凍装置	F S型冷凍庫(容量14m ³ 、-35)	1式	2
非常用発電装置	AG-40S型(出力28kW)	1式	2
加温飼育装置	加温ヒーター、循環濾過装置他	1式	3
放射能監視装置	シンチレーション3.7Bq/L検出	1式	4
水温自動記録装置	水温	1式	4
自家発電機	屋内用オープン型(245kVA400V)	1式	4
海水温度調節装置	アクアトロン、ポータブルAPS-513A型	1式	5
飼育池	1m ³ ×8ヶ、2m ³ ×3ヶ	1式	5
海水濾過装置	急速ろ過、4m ³ /H	1式	6
海水加温装置	ボイラー、120,000kcal/H、定検時50L/m 供給	1式	7
加温装置用飼育水槽	4m 、10t容量FRP水槽	1式	7
淡水取水装置	200mm深井戸水中ポンプ、100A、15kW、200V	1式	9
No2温排水取水設備	No2取水ポンプ1台 容量19.5m ³ /m、揚程17m	1式	13
No2自然海水取水設備	No2取水ポンプ1台 容量19.5m ³ /m、揚程15m	1式	14
FRP飼育水槽	4m 、10t容量FRP水槽	1式	14
No1温排水取水設備	No1取水ポンプ1台 容量19.5m ³ /m、揚程17m	1式	16
自然海水水質改善用 ポンプ電気配線設備	三相200V系	1式	16
曝気装置No2	ブローア(3.0m ³ /m 1台) 電動機(2.2kw 1台)	1式	17
No1自然海水取水設備	No1取水ポンプ1台 容量19.5m ³ /m、揚程15m	1式	17
(協会費)			
管理棟	平屋(鉄筋コンクリート)204m ³	1棟	47
倉庫	平屋(プレハブ)26m ²	1棟	47
養魚池	コンクリート(120m ²)	6面	47
養魚池	コンクリート(60m ²)	10面	47
排水路	430m	1式	47
養魚池	鉄枠シート張り(60m ²)	4面	52
養魚池	鉄枠シート張り(200m ² 、250m ² 各1)	2面	54
親魚飼育棟	プレハブ(3.6m×5.4m)	1式	63
餌料培養棟	プレハブ(3.6m×5.4m)	1式	63
展示棟	平屋(木造)66m ²	1棟	元
展示池	コンクリート円池(径10m)	2面	元
展示池上屋	平屋(鉄骨スレート336m ²)	1式	元
種苗生産棟	プレハブ(5.4m×5.4m)	1式	元
混合槽取水設備	No1取水ポンプ1台 容量18m ³ /m、揚程 4m	1式	4
冷蔵庫	27m ³ (容量25t、-20)	1式	6
養魚場作業場	平屋(鉄骨スレート240m ²)	1式	6
電気配線	三相200V系	1式	7

注) 年度の46～63は昭和、元～17は平成を示す。

(2) 飼育海水

飼育海水と取水状況

飼育海水として温排水及び自然海水を用いた。温排水は、日本原子力発電株式会社東海第二発電所(BWR設備容量110万kW、通称2号炉)排水路から取水し、自然海水は東海発電所取水路から取水した(図2-1-1)。

日本原子力発電株式会社東海第二発電所は冷却水を東海港内から取水し、温排水としてA・B・C排水路により放水している。温排水は、このうちのC系統排水路に2台のポンプを設置し取水しており、雑排水は含まれない(図2-1-2)。

自然海水の取水施設は、日本原子力発電株式会社東海発電所取水路ピットにポンプを設置し、距岸約500m、水面下約10mの取水口から取水した海水を飼育海水として利用している。取水した海水は、海水取水路から同水路中を移動する間沈砂により砂が取り除かれる。自然海水は東海発電所の営業運転停止(平成10年3月31日)後も同水路より取水した。

取水口のある東海地先海域では、数日～1週間程度の間隔で沿岸と平行した南流と北流とが交互に出現し、南北方向への転流は、この海域全体で同時に起こることが知られている。また、短周期的には、1日から半日周期の南北の往復流も同時にみられる。しかし、飼育海水の水温、塩分、pHの変化の状況や東海村地先の環境調査から、発電所南側に建設された常陸那珂港の北岸(2km)、東岸(6km)により、東海港と常陸那珂港に囲まれた海域は近年南北流が制限され、干満差による海水の流動が優先する海域に変化したことがうかがわれる。

飼育海水の取水は、飼育生物の適水温に合わせて調整出来ることが望ましいが東海事業所においては、種々の適温を持つ海産生物を飼育しているため、おおむね20～22前後に飼育水温が保たれるよう調整している。参考として主要魚種の適水温を図2-1-3に示す。この適水温は自然状態における調査結果及び飼育試験で得られた結果の報告値である。ただし本事業で観察された適水温範囲はこの報告値の範囲と異なる場合もあった(例えばヒラメの場合、適水温下域は5と想定される)。

平成17年度における取水の特徴は次のとおりである。

年度当初は温排水を取水したが、東海第二発電所の原子炉の定期検査の開始日、4月23日の前、4月20日に自然海水との混合取水を始め、定期検査前日の4月22

日に自然海水のみの取水に切り替えた。定期検査の終了後、水温が適水温であったため自然海水を継続して取水した。10月下旬に水温が19℃に低下したため、10月28日に温排水との混合取水を始め、12月2日から温排水のみの取水に切り替えた。その後は温排水のみを取水した。平成17年度における年間最高水温は23.6℃、最低水温は8.5℃であった。

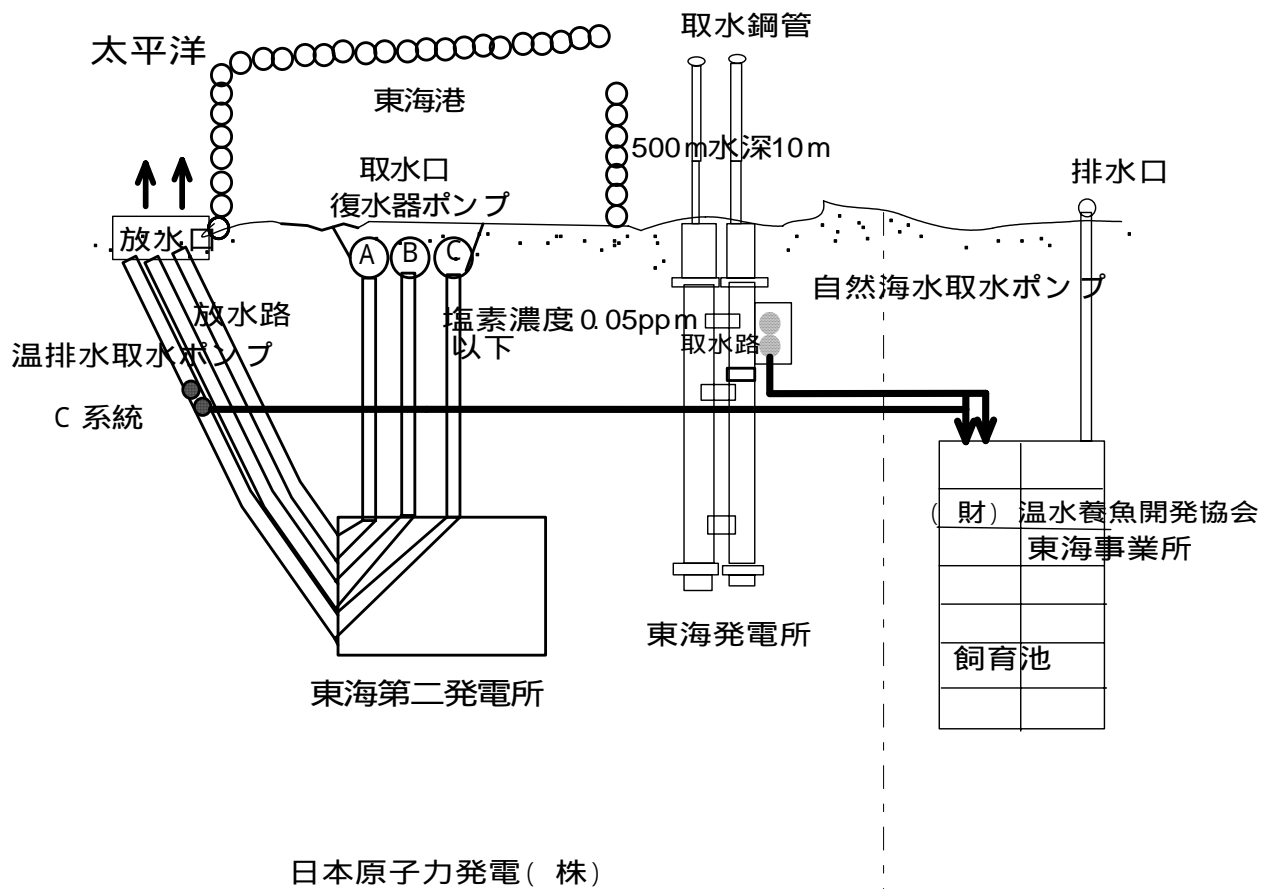


図2-1-2 取水系統図

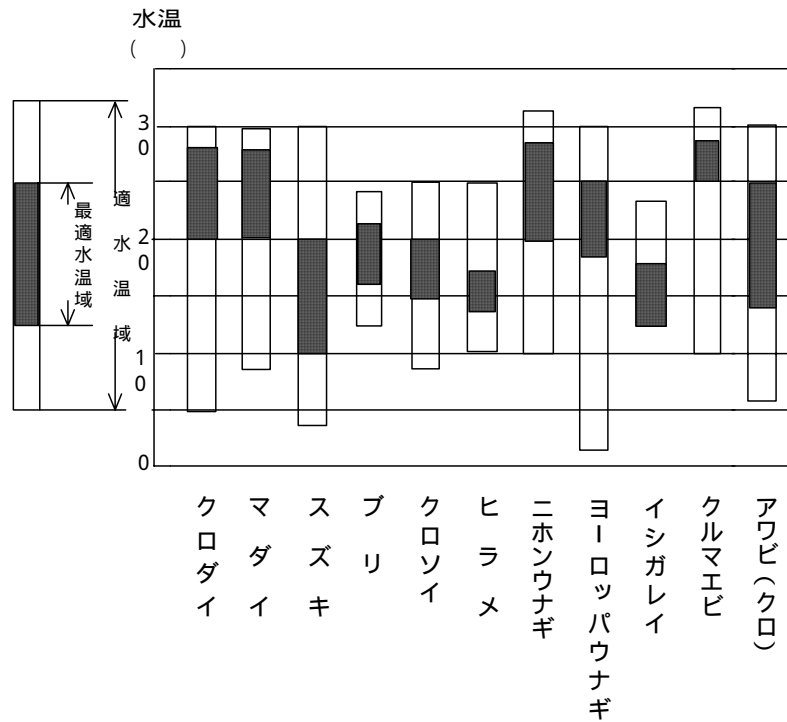


図2-1-3 水産生物適水温図

[社団法人 日本水産資源保護協会(1972) : 水産生物適水温図、水産環境水質基準説明追録より改変]

年間平均水温変動

飼育水温の経時的変化は、図 2-1-4 に示すとおりである。各値は5日間(5、7、8、10、12、1、3月の月末は6日間、2月の月末は3日間)の平均水温である。

平成 17 年度における飼育水温の変化は、温排水及び自然海水の取水状況に対応している。

環境諸要因(水温、溶存酸素飽和度、pH、塩分、濁度)

日本原子力発電株式会社東海発電所の冷却水の取水口は図 2-1-2 のとおり、距岸 500m(水深約 10m)にあるので、自然海水は水質上特に問題はない。しかし東海第二発電所の冷却水の取水口が設置されている東海港では、大型船の入港等のため、湾口部の漂砂除去の浚渫作業が行われる。浚渫作業の際、その他、発電所の北にある久慈川の河口から降雨後に河川水が大量出水する時や波浪が高い時に濁水の混入がみられる。また近年この海域は、図 2-1-5 に示すように、常陸那珂港の北岸壁の完成により南は常陸那珂港の 8km の北・東岸壁と北は日立港の 2km の南岸壁、東海港にはさまれた内湾のような状況となり、塩分、濁度、潮流等に以前とは異なる傾向がでて

いる。

各飼育池の水質5項目の測定値の最高最低値を表2-1-2に示した。飼育海産生物に対して成長や健康に大きく影響する値はみられなかった。

なお、東海第二発電所は水路中の付着生物を防除するため、電気分解による次亜塩素酸ソーダの注入を行っているが、温排水は560m以上送水するため取水ピットに達するまでに検出限界(0.05ppm)以下になり、また飼育水はすべて曝気を行っているため特に影響はなかった。

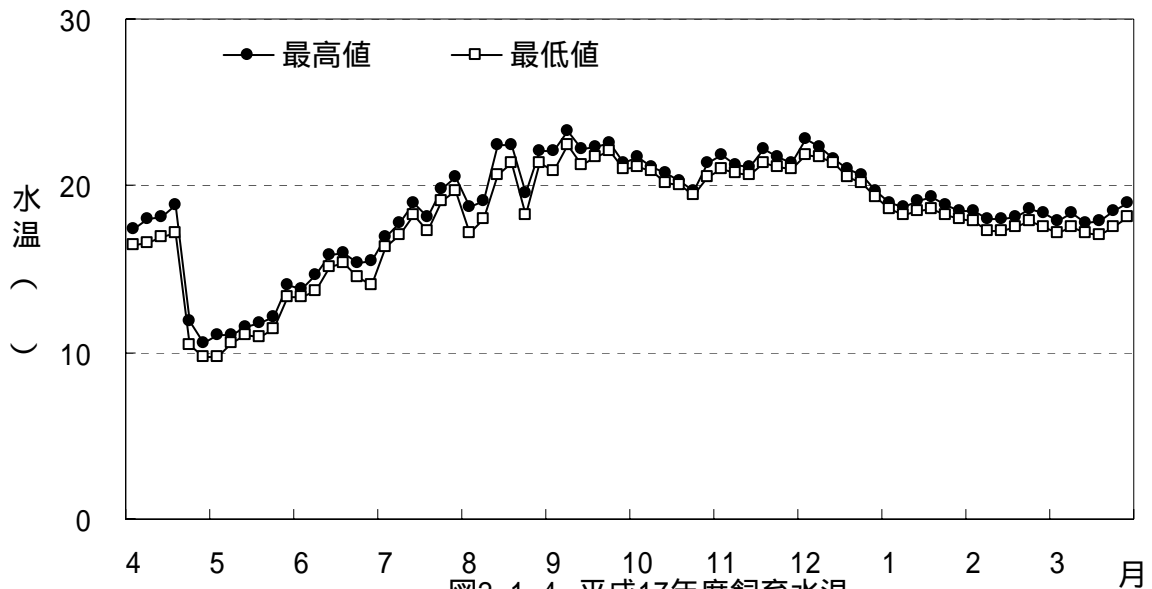


図2-1-4 平成17年度飼育水温
(日間最高最低値の5日間平均)

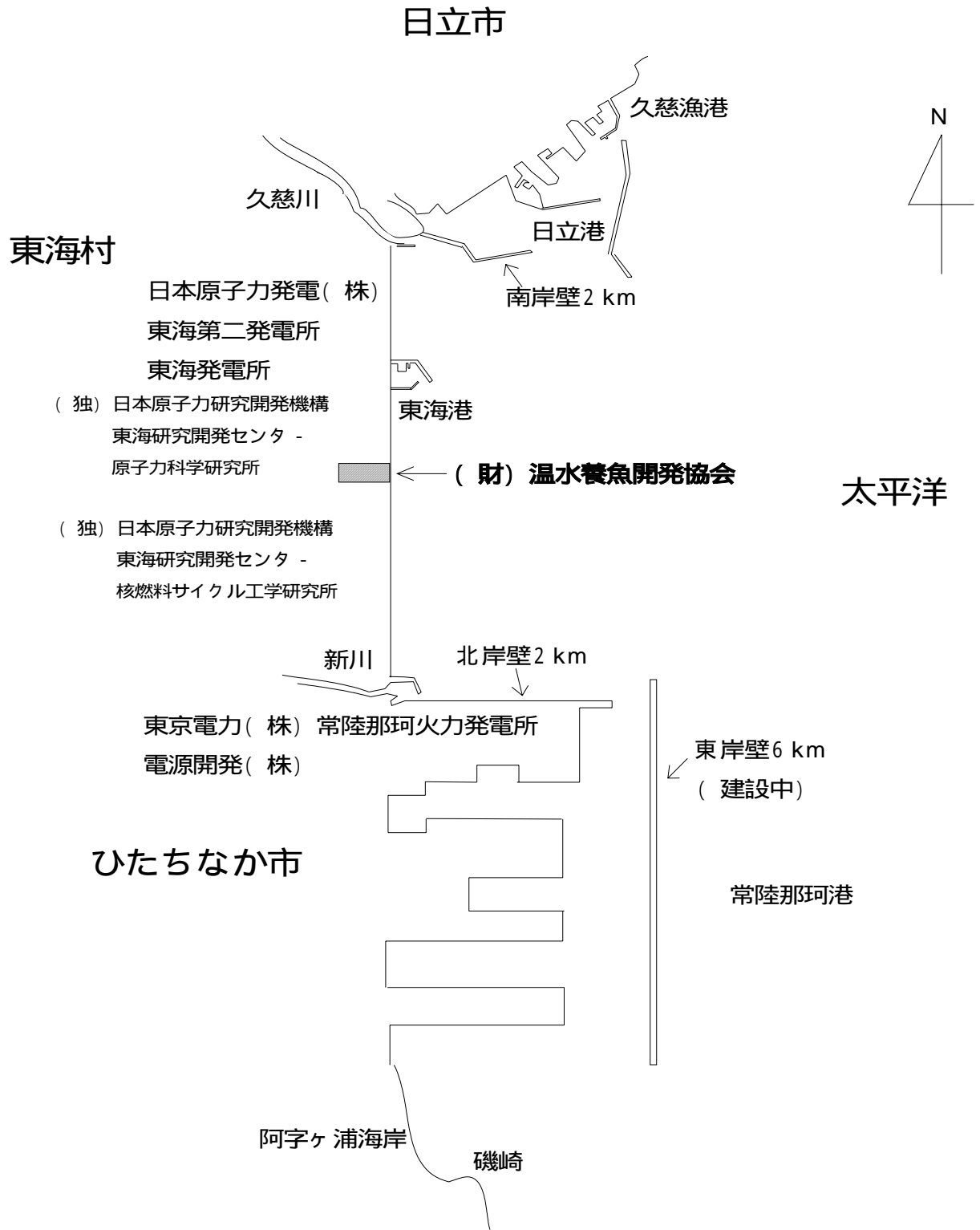


図2-1-5 東海港南北海域岸壁図

表2-1-2 飼育期間中の水質の最高と最低
平成17年4月1日～平成18年3月31日
(魚種名は18年3月31日現在)

単位：水温 酸素飽和度(溶存酸素飽和度) %
塩分 psu 濁度 NTU

マダイ3年魚

	最高	最低
水温	23.1	9.1
酸素飽和度	100.0	87.8
pH	8.18	7.73
塩分	31.8	27.1
濁度	8	0

マダイ2年魚

	最高	最低
水温	23.5	9.2
酸素飽和度	100.0	87.8
pH	8.31	7.66
塩分	32.2	27.3
濁度	8	0

マダイ1年魚

	最高	最低
水温	23.4	10.5
酸素飽和度	100.0	61.7
pH	8.19	7.70
塩分	32.5	27.1
濁度	10	0

ヒラメ3年魚

	最高	最低
水温	23.5	9.2
酸素飽和度	100.0	83.7
pH	8.30	7.75
塩分	32.6	27.2
濁度	9	0

ヒラメ1年魚

	最高	最低
水温	23.5	9.2
酸素飽和度	100.0	79.1
pH	8.15	7.70
塩分	33.2	27.2
濁度	11	0

スズキ

	最高	最低
水温	23.4	7.6
酸素飽和度	100.0	76.8
pH	8.18	7.72
塩分	32.6	26.8
濁度	11	0

ブリ2年魚(配合飼料区)

	最高	最低
水温	23.5	11.3
酸素飽和度	99.1	66.7
pH	8.27	7.70
塩分	32.8	27.8
濁度	11	0

ブリ2年魚(サバ区)

	最高	最低
水温	23.5	11.5
酸素飽和度	100.0	73.7
pH	8.14	7.68
塩分	31.5	27.8
濁度	17	0

ブリ1年魚

	最高	最低
水温	23.5	16.0
酸素飽和度	100.0	80.0
pH	8.30	7.72
塩分	32.9	27.0
濁度	12	0

マコガレイ

	最高	最低
水温	23.6	9.1
酸素飽和度	100.0	87.3
pH	8.25	7.70
塩分	32.7	27.2
濁度	10	1

オニオコゼ

	最高	最低
水温	23.5	9.2
酸素飽和度	100.0	90.0
pH	8.22	7.67
塩分	32.6	27.2
濁度	11	0

イシダイ

	最高	最低
水温	23.5	20.0
酸素飽和度	100.0	90.0
pH	8.18	7.80
塩分	32.5	28.0
濁度	11	0

ホシガレイ

	最高	最低
水温	23.5	9.1
酸素飽和度	100.0	83.7
pH	8.18	7.77
塩分	32.5	27.3
濁度	11	0

ムラソイ

	最高	最低
水温	23.5	9.1
酸素飽和度	100.0	72.6
pH	8.19	7.70
塩分	32.5	27.2
濁度	16	0

クルマエビ

	最高	最低
水温	23.4	16.1
酸素飽和度	100.0	80.0
pH	8.30	7.70
塩分	32.9	27.2
濁度	10	0

エゾアワビ

	最高	最低
水温	22.6	18.9
酸素飽和度	100.0	84.7
pH	8.13	7.70
塩分	31.3	30.1
濁度	16	0

(3)海産生物の飼育状況

飼育魚種

飼育魚種は、「海産生物飼育・放射能調査検討委員会」の指導・助言を得て次のとおり決定した。平成17年度飼育魚種は、マダイ、ヒラメ、スズキ、ブリ、マコガレイ、オニオコゼ、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイ、クルマエビ、エゾアワビの11種類とした。これらのうち、マダイ、ヒラメ、スズキ、ブリ(1年魚)、マコガレイ、オニオコゼは前年度より継続して飼育し、ブリ(当年魚)、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイ、クルマエビ、エゾアワビは補充し飼育した。

魚種別飼育状況

飼育結果を表2-1-3に、成長結果を表2-1-4に示した。なお、表中の成長に関するパラメータは脚注8に示すとおりである。

各魚体重の測定は年度始め及び取り上げ時に実施した。年令の呼称については生まれた年の12月31日までを当年魚、翌年の1月1日から12月31日までを1年魚、以下順次年数に従い多くして呼称する。

なお、年令は年度末現在でなく試料採取のための取り上げ時現在である。

また、給餌した配合飼料は、日本配合飼料(株)製を使用した。魚種及び魚体の体重によって給餌する飼料の種類及び粒径は異なるが、マダイ、ヒラメ、ブリ、クルマエビ及びウナギ用配合飼料の成分量及び原材料の配合割合を表2-1-5に示した。

ア.マダイ

ア)2年魚

平成15年4月6日に東海事業所において産卵、ふ化したものを飼育し、平成

註8):総体重(kg) = 放養時、取揚時での総尾数 × 平均体重(g) / 1000

平均体重(g) = 魚体測定での魚体重(g) の合計重量(g) / 総尾数(尾)

肥満度 = 体重(g) ÷ (体長(cm))³ × 10³

生残率(%) = 取揚時尾数 ÷ 放養時尾数 × 100

増重量(kg) = 取揚時総体重(kg) - 放養時総体重(kg)

飼料効率(%) = 増重量(kg) ÷ 給餌量(kg) × 100

として算出した。

飼料効率については、イシダイ、エゾアワビの2魚種は、飼育期間中における疾病発生による斃死、摂餌行動の低下等により、取り上げ時の総重量が放養時の総重量を下回ったため算出しなかった。また、表2-1-3には「-」で示した。

17年8月31日に2年魚としてその一部を採取し、分析用試料に供した。4月に入り産卵したので、4月7日の卵を種苗生産に使用した。年度当初の平均体重は $371.7 \pm 64.2\text{g}$ ($n^{\text{註9}}=30$)、71日間飼育後の取り上げ時には $487.8 \pm 121.9\text{g}$ ($n=39$)であった。飼育魚と天然魚との放射性核種濃度を比較するため天然魚の入荷日と同じ日に取り上げたため飼育期間が短くなった。取り上げ時の肥満度は34.0であった。

イ) 1年魚

平成16年5月18日に東海事業所において産卵、ふ化したものを飼育し、平成17年11月10日に1年魚としてその一部を採取し、分析用試料に供した。年度当初の平均体重は $152.9 \pm 21.7\text{g}$ 、111日間の飼育後の取り上げ時は $377.0 \pm 41.4\text{g}$ ($n=13$)になった。期間中の生残率は76.3%、飼料効率は89.5%であった。また取り上げ時の肥満度は37.8であった。

ウ) 当年魚

平成17年4月7日に東海事業所において産卵、ふ化したものを飼育した。平成17年12月13日に当年魚としてその一部を採取し、分析用試料に供した。251日間の飼育の後取り上げ時の平均体重は $56.3 \pm 6.9\text{g}$ ($n=30$)になった。期間中の飼料効率は75.7%、取り上げ時の肥満度は38.0であった。

イ. ヒラメ

ア) 2年魚

平成15年5月15日に東海事業所において産卵、ふ化したものを引き続き飼育し、平成17年11月18日に2年魚としてその一部を採取し分析用試料に供した。年度当初に平均体重が $1151.7 \pm 348.8\text{g}$ ($n=30$)のものが150日間の飼育後取り上げ時には $1536.0 \pm 249.6\text{g}$ ($n=15$)となった。期間中の生残率は95.2%、飼料効率は44.9%であった。また期間中の肥満度は取り上げ時に20.3であった。

イ) 当年魚

平成17年3月11日に静岡県温水利用研究センターより搬入した卵で、ふ化したものを種苗生産し飼育した。平成17年12月16日に当年魚としてその一部を採取し分析用試料に供した。9ヶ月間飼育し取り上げ時に $183.5 \pm 56.6\text{g}$ ($n=$

註9): nについては、放養時及び取り上げ時における魚体測定尾(個)数を示す。

30)になった。期間中の飼料効率は93.6%であった。また期間中の肥満度は取り上げ時で26.3であった。

ウ.スズキ

平成4年4月22日に茨城県水産試験場より、稚魚480尾(1尾平均2g)を搬入放養したものを引き続き飼育し、平成17年11月24日にその一部を採取し分析用試料に供した。年度当初の平均体重が $1570.7 \pm 343.1\text{g}$ ($n=30$)のものが158日間の飼育後取り上げ時は $1646.3 \pm 393.8\text{g}$ ($n=30$)となった。期間中の生残率は97.8%であった。また期間中の肥満度は取り上げ時に16.9であった。

エ.ブリ

ア)1年魚

異なる飼餌料により長期間飼育した魚類の放射能調査(「特定核種移行試験」の1課題)の対象魚とした。平成16年度は給餌する飼餌料を配合飼料とオキアミで実施したが、餌料のオキアミでは栄養不良による生残率の低下が見られたため、平成17年度は、給餌する飼餌料の種類を配合飼料と骨を除去した冷凍サバの2種類とし、試験池2区で飼育した。図2-1-6に試験池を示す。飼育上限重量として50kgを目安とし、FRP製直径4mの水槽に約10tの海水を満たし、毎分50Lの海水を注排水する流水飼育方式をとった。ただし、水温が15℃を下回る場合には砂ろ過した飼育水をボイラーで加温を行うこととした。また、成長に伴う飼育重量増加による溶存酸素量の低下を補うためマグネットポンプで酸素補給を実施した。

平成16年6月29日に三重県度会郡南島町古和浦より搬入した稚魚を飼育し、平成17年11月14日にその一部を採取し分析用試料に供した。試験開始時の平成17年7月24日に $643.3 \pm 70.8\text{g}$ ($n=30$)のものが取り上げ時の平成17年11月14日に、配合飼料区 $1153.8 \pm 223.5\text{g}$ ($n=13$)、サバ区 $1363.6 \pm 207.9\text{g}$ ($n=11$)となった。配合飼料区は生残率83.3%、飼料効率32.1%、サバ区は試験開始1ヶ月後に若干の斃死個体が見られたため、生残率60.0%、飼料効率11.1%であった。斃死した原因は不明である。

イ)当年魚

平成17年6月7日に三重県度会郡南島町古和浦より搬入した稚魚を予備飼育した。放養時に体重10gのものが平成18年3月9日に $180.2 \pm 41.0\text{g}$ ($n=30$)

になった。搬入後、飼育約3ヶ月後と8ヶ月後に寄生虫病であるベネデニア症 (*Benedenia seriolae*) 寄生による斃死数の増加により、生残率は30.0%であった。また期間中の肥満度は17.4であった。疾病対処は数回淡水浴により駆虫した。

オ. マコガレイ

平成14年1月21日に磯崎漁業協同組合(茨城県ひたちなか市)より親魚を搬入後、1月25日に種苗生産を開始、1月31日にふ化したものを飼育し、平成17年11月21日にその一部を採取し分析用試料に供した。本年度当初平均体重が $261.7\text{g} \pm 112.3\text{g}$ (n=29)のものが122日間の飼育後取り上げ時は $322.2 \pm 158.9\text{g}$ (n=9)となった。期間中の生残率は97.6%、飼料効率30.0%であった。

カ. オニオコゼ

平成16年8月24日に独立行政法人水産総合研究センター-伯方島栽培漁業センター-より搬入した稚魚を予備飼育した。表2-1-4に示すように放養時体重 $11.0\text{g} \pm 2.5\text{g}$ (n=25)のものが平成18年3月6日に $63.9 \pm 12.3\text{g}$ (n=25)になった。期間中の生残率は87.5%であった。また期間中の肥満度は取り上げ時で55.7であった。

キ. イシダイ

平成17年7月29日に近畿大学水産養殖種苗センター-(和歌山県西牟婁郡白浜町)より搬入した稚魚を予備飼育した。飼育約1ヶ月後に寄生虫病である白点病 (*Cryptocaryon irritans*) 寄生により平成17年9月2日に全滅した。

ク. ホシガレイ

平成17年7月29日に茨城県水産試験場より搬入した稚魚を予備飼育した。表2-1-4に示したように放養時体重20gのものが平成18年3月6日に $37.3 \pm 13.9\text{g}$ (n=30)になった。期間中の生残率は83.3%であった。また期間中の肥満度は取り上げ時で23.9であった。

ケ. ムラソイ

平成17年7月29日に茨城県水産試験場より搬入した稚魚を予備飼育した。表2-1-4に示したように放養時体重1gのものが平成18年3月6日に $16.5 \pm 5.2\text{g}$ (n=30)になった。期間中の生残率は96.7%であった。また期間中の肥満度は取り上げ時で45.8であった。

コ.クルマエビ

平成 17 年 6 月 7 日に社団法人山口県栽培漁業公社より搬入した稚エビを飼育し、平成 17 年 12 月 5 日にその一部を採取し分析用試料に供した。放養開始時に 60mg のものが 182 日間の飼育後取り上げ時に $10.2 \pm 1.6\text{g}$ ($n=30$) になった。期間中の生残率は 50.0%、飼料効率は 50.8%であった。

サ.エゾアワビ

平成 17 年 9 月 12 日に久慈町漁業協同組合(茨城県日立市)より搬入した天然エゾアワビを搬入時及び 101 日間放養後平成 17 年 12 月 21 日に試料を採取し分析用試料に供した。搬入時の平均体重、 $497.3 \pm 84.5\text{g}$ ($n=11$) のものが取り上げ時には $431.8 \pm 84.3\text{g}$ ($n=14$) と飼育期間内で体重が減量した。餌料は生体アラムを給餌した。期間中の生残率は 95.5%であった。肥満度の算出方法は、 $\text{平均体重} \div (\text{平均殻長})^3 \times 10^4$ で算出した。肥満度も体重同様に放養時 1.53 が取り上げ時に 1.33 に減少した。

取り上げ時の体重が減量した原因は、注水量の減少、水回りの悪化、底掃除の不十分さによる試験池の底部の排泄物堆積等によるものと想定される。よって改善策としては、注水量を増やし、頻繁に底掃除を実施し排泄物等を除去することに努める。

表2-1-3 供試魚の飼育結果

飼育生物種	飼育期間	放養時				取り上げ時				(魚種呼称は取り上げ時現在)		
		総尾数	総重量	総尾数	総重量	総尾数	総重量	生残率 ^{*1}	増重量 ^{*2}	給餌量	飼料効率 ^{*3}	
		(尾)	(kg)	(尾)	(kg)	(尾)	(kg)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	
マダイ2年魚	6/22 ~ 8/31	42	15.6	39	19.0	3.4	92.9	8.2	41.6			
マダイ1年魚	7/23 ~ 11/10	38	5.8	29	10.9	6.0	76.3	5.7	89.5			
マダイ当年魚	4/7 ~ 12/13	卵	0.0	500	28.2	28.2	-	37.2	75.7			
ヒラメ2年魚	6/22 ~ 11/18	42	48.4	40	61.4	13.1	95.2	29.1	44.9			
ヒラメ当年魚	3/11 ~ 12/16	卵	0.0	500	91.8	91.8	-	98.0	93.6			
スズキ	6/20 ~ 11/24	45	70.7	44	72.4	1.8	97.8	27.6	6.4			
ブリ(配合飼料区)	7/24 ~ 11/14	30	19.3	25	28.8	9.5	83.3	29.7	32.1			
ブリ(サバ区)	7/24 ~ 11/14	30	19.3	18	24.5	5.2	60.0	47.4	11.1			
ブリ当年魚	6/7 ~ 2006/3/9	276	10.0	300	54.1	44.1	30.0	238.7	18.5			
マコガレイ	7/23 ~ 11/21	41	10.7	40	12.9	2.2	97.6	7.2	30.0			
オニオコゼ	6/24 ~ 2006/3/6	800	8.8	700	44.8	40.9	87.5	38.0	94.6			
イシダイ	7/29 ~ 9/2	500	10.0	0	-	-	-	6.6	-			
ホシガレイ	7/29 ~ 2006/3/6	300	6.0	250	9.3	3.3	83.3	9.5	35.0			
ムラソイ	7/29 ~ 2006/3/6	300	0.3	290	4.8	4.5	96.7	7.0	63.9			
クルマエビ	6/7 ~ 12/5	1000	0.06	500	5.1	5.1	50.0	10.0	50.8			
エゾアワビ ^{*4}	9/12 ~ 12/21	22	10.9	21	9.1	-	95.5	7.0	-			

*1: 生残率 = 取り上げ時尾数(尾) ÷ 放養時尾数(尾) × 100

*2: 増重量 = 取り上げ時の総重量(kg) - 放養時の総重量(kg)

*3: 飼料効率 = 増重量(kg) ÷ 給餌量(kg) × 100

*4: エゾアワビについては、搬入時33個(16.4kg)購入し、放養時の分析試料として11個(5.5kg)取り上げた。

表2-1-4 供試魚の成長結果

飼育生物種	放養時			取り上げ時		
	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	肥満度 ^{*1}	平均体長 (cm)	平均体重 (g)	肥満度
マダイ2年魚	22.0 ± 1.4	371.7 ± 64.2	34.9	24.3 ± 1.8	487.8 ± 121.9	34.0
マダイ1年魚	16.2 ± 0.8	152.9 ± 21.7	36.3	21.5 ± 1.0	377 ± 41.4	37.7
マダイ当年魚	-	-	-	11.4 ± 0.6	56.3 ± 6.9	38.0
ヒラメ2年魚	37.7 ± 3.1	1151.7 ± 348.8	21.5	42.3 ± 2.3	1536.0 ± 249.6	20.3
ヒラメ当年魚	-	-	-	19.1 ± 2.1	183.5 ± 56.6	26.3
スズキ	44.6 ± 3.5	1570.7 ± 343.1	17.7	46.0 ± 3.7	1646.3 ± 393.8	16.9
ブリ(配合飼料区)	33.7 ± 1.2	643.3 ± 70.8	16.8	40.8 ± 2.4	1153.8 ± 223.5	17.0
ブリ(サバ区)	33.7 ± 1.2	643.3 ± 70.8	16.8	42.1 ± 1.6	1363.6 ± 207.9	18.3
ブリ当年魚	8.3 ± 0.9	10.0 ± 0.8	17.5	21.8 ± 1.4	180.2 ± 41.0	17.4
マコガレイ	22.5 ± 3.0	261.7 ± 112.3	23.0	23.0 ± 3.5	322.2 ± 158.9	26.5
オニオコゼ	6.7 ± 0.5	11.0 ± 2.5	37.1	10.5 ± 1.2	63.9 ± 12.3	55.7
イシダイ	8.5 ± 0.3	20.0 ± 0.9	32.6	-	-	-
ホシガレイ	10.0 ± 0.5	20.0 ± 3.0	20.0	11.6 ± 1.4	37.3 ± 13.9	23.9
ムラソイ	3.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	37.0	7.1 ± 0.8	16.5 ± 5.2	45.8
クルマエビ	-	0.06	-	9.8 ± 0.5	10.2 ± 1.6	10.9
エゾアワビ	14.8 ± 0.6	497.3 ± 84.5	15.3	14.8 ± 0.8	431.8 ± 84.3	1.33

*1: 肥満度 = $\frac{\text{体重(g)}}{(\text{体長(cm)})^3} \times 10^3$ (ただし、エゾアワビは $\frac{\text{体重(g)}}{(\text{殻長(mm)})^3} \times 10^4$ で算出した。)

表2-1-5 配合飼料の成分量及び原材料の配合割合

単位：%

配合飼料の種類		マダイ用	ヒラメ用	ブリ用	クルマエビ用	ウナギ用
1. 成分量	1) 粗たん白質	45.0	50.0	43.0	53.0	48.0
	2) 粗脂肪	13.0	10.0	22.0	4.0	3.0
	3) 粗繊維	4.0	1.5	2.0	3.0	1.0
	4) 粗灰分	14.0	15.0	13.0	16.0	15.0
	5) カルシウム	1.8	2.0	1.8	2.0	2.5
	6) リン	1.5	1.5	1.2	1.4	1.5
2. 原材料の 配合割合	1) 動物質性飼料	58.0	70.0	53.0	67.0	72.0
	2) 植物性油かす類	11.0	-	9.0	-	-
	3) 穀類	11.0	19.0	17.0	6.0	23.0
	4) そうこう類	10.0	-	-	-	-
	5) その他	10.0	11.0	21.0	27.0	5.0
3. 原材料名	1) 動物質性飼料	魚粉	魚粉	魚粉	イミール	魚粉
		エビミール			エビミール	
		オキアミミール			オキアミミール	
	2) 植物性油かす類	大豆	-	大豆	-	-
		油かす		油かす		
	3) 穀類	コーングルテンミール		コーングルテンミール		
		小麦粉	小麦粉	小麦粉	コーンスターチ	馬鈴しょ澱粉
	4) そうこう類	ふすま	-	-	-	-
		精製魚油	精製魚油	精製魚油	小麦グルテンミール	飼料用酵母
	5) その他	リン酸カルシウム	リン酸カルシウム	リン酸カルシウム	リン酸カルシウム	リン酸カルシウム
		コラーゲン	天然加チノイド	コラーゲン	飼料用酵母	ケルブミール
		天然加チノイド	甘草末	飼料用酵母	レシチン	酵母抽出物
		ヘコココス粉末	ガーリック末	天然加チノイド	ドナリエラ粉末	食塩
		植物性油脂	植物性油脂	酵母抽出物	精製魚油	
		ケルブミール	炭酸カルシウム	小麦グルテンミール	植物性油脂	

飼育水温が15 以下の場合、
ボイラーによる加温水を注
水する。

1 日2 回手まき給餌

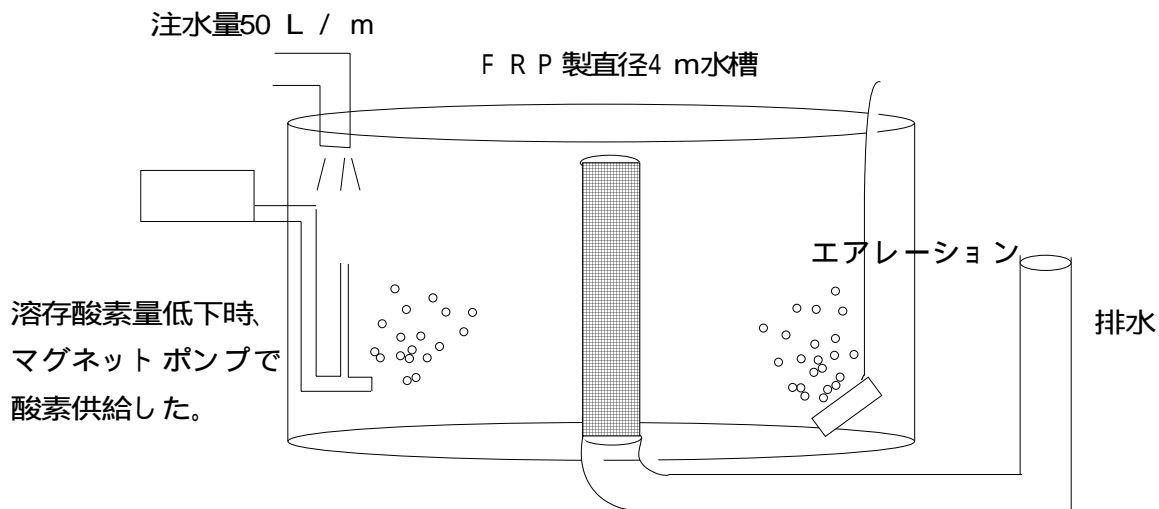


図2-1-6 プリ試験池

2) 飼育海水の放射能測定

飼育海水の放射能については、飼育池への中央水路注水口(曝気槽)に水モニタ - を設置(図 2-1-1 参照)して常時放射線を測定し記録した(NaI(T)シンチレ - ション検出器、3.7 Bq/L 検出)。

平年のカウント数は 40 ~ 50cps である。前述の検討委員会において平常値の約 2 倍の数値が 24 時間以上持続的に記録された場合は、異常値の検出として飼育海水を採取して財団法人日本分析センタ - へ送付し測定することとしているが、本年度においては、カウント数は 40.0 ~ 52.0cps であり、前述の異常値がみられなかったため、異常値に対応した飼育海水の採水と測定は実施しなかった。

図 2-2 に平成 17 年度の日間最高・最低 cps 値を示した。毎日の最高・最低値をそれぞれ 5 日間(5、7、8、10、12、1、3月の月末は6日間、2月の月末は3日間)平均して1点とした。平成 17 年度の年間の最高値は 52.0cps 値であり、これまでに観測されているカウント値の範囲内での変動である。

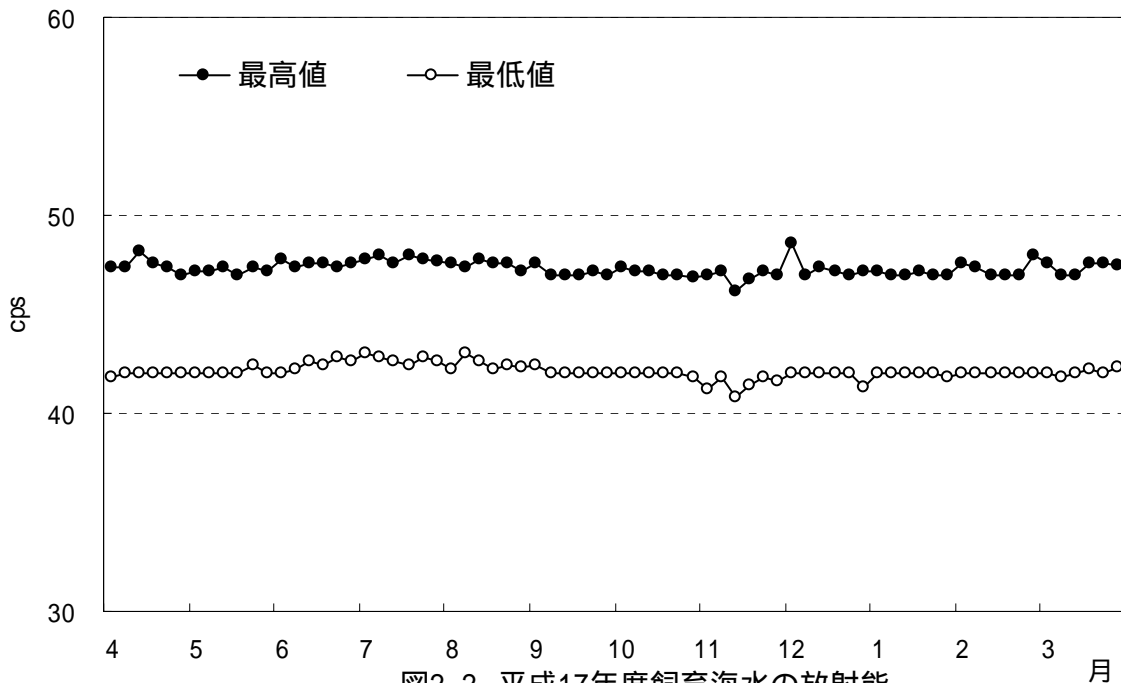


図2-2 平成17年度飼育海水の放射能
(日間最高最低値の5日間平均)

3)放射能分析

(1)海産生物等の放射能分析

飼育海産生物 11 種類のうちブリ(当年魚)、オニオコゼ、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイを除く7種類について一定量の試料を採取するとともに、マダイ親魚用配合飼料、ブリ用配合飼料、サバ、砂泥、飼育海水を一定量採取し、財団法人日本分析センターへ送付し放射能分析を実施した。海産生物(魚類、クルマエビ、エゾアワビ)は可食部について ^{137}Cs を、マダイ2年魚及び天然魚脊椎骨について $^{239+240}\text{Pu}$ 及び ^{90}Sr を、飼餌料については ^{137}Cs 、うちマダイ親魚用飼料については $^{239+240}\text{Pu}$ ならびに ^{90}Sr を、砂泥2試料について ^{137}Cs 、うち1試料については $^{239+240}\text{Pu}$ 、海水については線放出核種を測定した(この報告書ではこれら従来から継続して実施している調査を「定常調査」と呼ぶこととする)。本年度はこれらに加え、異なる飼餌料により長期間飼育した魚類の放射能調査を企画した。平成15年度の予備調査を行い、平成16年度のブリ当年魚に引き続き本年度はブリ1年魚について餌料をオキアミから冷凍サバに変更して調査を実施した。この調査では、ブリ、ブリ用配合飼料及びサバ、飼育海水について ^{210}Po ならびに ^3H の分析を行いそれらの魚類への移行・蓄積を検討した。(この報告書では「特定核種移行試験」と呼ぶことにする)。

採取試料及び試料前処理

本協会では採取した分析用試料は財団法人日本分析センターに送付、試料前処理を実施した後放射能分析を実施した。試料採取量、前処理法は以下のものである。なお、試料前処理は、文部科学省放射能測定法シリーズ16「環境試料採取法」(昭和58年)に準じて実施した。

ア. 飼育海産生物

マダイ、ヒラメ、スズキ、ブリ、マコガレイ、オニオコゼ、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイ、クルマエビ、エゾアワビの11種類の飼育海産生物うちオニオコゼ、イシダイ、ホシガレイ、ムラソイを除く7種類を放射能分析対象生物とした。供試量は、天然魚との比較を実施したマダイについては20kg、ブリは15kg、その他は3(マコガレイのみ)~6kgとした。送付試料から目的部位を取り分け、磁製皿に移し、105℃に調節した乾燥器中で乾燥した後、電気炉に入れ450℃で灰化した。灰を0.35mmのふるいに通し、ふるい下をよく混合して分析試料とした。ブリについては送付試料の一部を分取し ^3H 分析用試料とした。残りの試料について筋肉と内臓を取り分け、それぞれの一部を ^{210}Po 分析用試料とし、筋肉の残りを ^{137}Cs 分析用試料とし他の魚種と同様105℃乾燥後450℃で灰化した。 ^3H 及び ^{210}Po 分析用試料はステンレス製容器に移し凍結した後、真空凍結乾燥器で乾燥した。乾燥した試料は粉碎後よく混合して ^3H 及び ^{210}Po 分析用試料とした。また、回収した水も ^3H 分析用試料とした。

イ. 飼餌料

2種類の配合飼料と1種類の餌料を対象とした。配合飼料はマダイ親魚用配合飼料とブリ用配合飼料で、餌料はサバである。供試量はマダイ親魚用配合飼料が2kg、ブリ用配合飼料が15kg、サバが15kgとした。送付試料を磁製皿に移し、105℃に調節した乾燥器中で乾燥した後、電気炉で450℃で灰化した。灰を0.35mmのふるいに通し、ふるい下をよく混合して分析試料とし、 ^{137}Cs 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、および ^{90}Sr 分析(「定常調査」)に用いた。ブリ用配合飼料、サバについては送付試料の一部をステンレス製容器に移し凍結した後、真空凍結乾燥器で乾燥した。乾燥した試料は粉碎後よく混合して ^3H 及び ^{210}Po 分析用試料とした。また、回収した水も ^3H 分析用試料とした。

ウ. 砂泥

平成17年6月10日と平成18年1月6日に北側排水路定点で採取した(図2-1-1参照)。両砂泥試料とも黒色の細砂であった。供試量は平成17年6月10日採取分が

3kg、平成 18 年 1 月 6 日採取分が 2kg とした。送付試料をバットにひろげ、105 に調節した乾燥器中で乾燥した。磁製乳鉢で土塊を磨碎して 2mm のふるいに通し、ふるい下をよく混合して分析試料とした。

エ. 飼育海水

飼育海水は平成 17 年 2 月 28 日に採水した前年度試料と、4 月 1 日から 2 カ月間隔の中心日に当たる 4 月 30 日、6 月 30 日、8 月 31 日、10 月 31 日、12 月 31 日に採取した 5 試料、計 6 試料を分析対象試料とした。採水量は 60L とした。「定常調査」における線スペクトロメトリ - 用の測定試料については、採水用のポリタンクに濃塩酸を 2mL/L 入れ、pH を酸性に保った。また、「特定核種移行試験」用にブリの飼育水を平成 17 年 11 月 14 日に採水し、 ^{210}Po 、 ^3H 分析試料とした。採水量は 20L とした。

なお、平成 18 年 2 月 28 日に採水した飼育水試料は次年度での分析を予定しており、現在東海事業所内で保管中である。

放射能分析方法

送付した試料は財団法人日本分析センターにおいて放射能分析を実施した。分析方法は次のとおりである。

ア. 線スペクトロメトリ -

文部科学省放射能測定法シリーズ 13「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」(昭和 57 年)及び文部科学省放射能測定法シリーズ 7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリ -」(平成 4 年改訂)に準じて実施した。操作の概略は以下のとおりである。

ア) 化学分離法: 送付試料から 40L を 8 個の 5L ビ - カ - に分取し、試料容器を 3M 塩酸で洗浄後、分取した試料相当分の洗液をそれぞれのビ - カ - に添加した。これに各担体 (Co^{2+} 、 Cs^+ 等) の一定量を添加し、次いでリンモリブデン酸アンモニウム粉末を試料溶液 5L に対して 2g の割合で加えて攪拌し、セシウムをリンモリブデン酸塩として捕集した。静置後、沈降したリンモリブデン酸塩をろ別した(沈殿 A)。

ろ液を加熱沸騰させ、過酸化水素水とアンモニア水を加えてアルカリ性とし、マンガン、鉄等を水酸化物として沈殿させた。静置後、沈降した沈殿を遠心分離した(沈殿 B)。上澄液に担体 (Fe^{3+} 、 Co^{2+}) の一定量を加えて加熱した。アンモニア水及びチオアセトアミド溶液を加えて、コバルト等を硫化物として沈殿させ、さらに

加熱した。静置後、沈降した沈殿をろ別した(沈殿 C)。

沈殿 A, B 及び C を十分に混合して、スチロ - ル製円筒型容器(高さ7cm、直径5cm)に移し、乾燥後、ポリエチレン製の袋で二重に包み、測定試料とした。

イ)測定時間:測定試料を検出器エンドキャップに載せ、70,000 秒間以上測定した。また原則として1週間毎に検出器に何も載せず、140,000 秒間以上測定し、バックグラウンドとした。

ウ)エネルギー - 校正:測定スペクトル中から適当なピ - ク3本以上を選択し、これらを用いて 線エネルギー - とピ - ク位置の関係を表すエネルギー - 校正曲線(2次式)を作成し、計算で分析目的核種のピ - ク領域を求めた。

エ)ピ - ク面積計算:分析目的核種のピ - ク領域内の計数値を用いてピ - ク面積を計算し、他核種からの妨害が認められたときは補正した。

オ)バックグラウンド補正:バックグラウンドの測定結果において、ピ - ク探査によって分析目的核種のピ - クが認められピ - ク面積が計数誤差の2倍を越えた場合は、試料のピ - ク面積から引算した。計算には、試料の前後に測定したバックグラウンドの平均値を用いた。

カ)放射能強度計算:上記の(エ)及び(オ)の処理を施したピ - ク面積を、ピ - ク効率と分析目的核種の 線放出比で除し、試料採取日に減衰補正して測定試料当りの放射能を求めたのち、測定供試量で除して分析結果とした。

キ)検出効率の決定:ピ - ク効率の測定試料形状依存性は ^{137}Cs 水溶液線源で作製した容積線源を、エネルギー - 依存性は混合核種点線源を、それぞれ測定して求めた。なお ^{57}Co 、 ^{60}Co 及び ^{88}Y のピ - ク効率を求める際には、サム効果の影響について補正した。

ク)自己吸収補正:測定試料による 線の自己吸収は、試料ごとに計算により補正した。また、 ^{60}Co はサム効果の影響を補正した。

ケ)核デ - タ:核デ - タは原則として Atomic Data and Nuclear Data Tables (1983 年)に従った。

イ.放射性セシウム分析

文部科学省放射能測定法シリ - ズ3「放射性セシウム分析法」(昭和 51 年改訂)に準じて実施した。操作概略は以下のとおりである。

ア)化学分離

(ア) 灰試料: 分析試料から生 1kg 相当の灰を分取し、担体 (Cs^+) の一定量を添加した後、王水及び硝酸を加え加熱分解した。塩酸を加えて加熱抽出した後、残留物をろ別し、ろ液から炭酸塩沈殿を生成し、その上澄液に塩酸を加え、5% 塩酸溶液とした。これにリンモリブデン酸アンモニウム (AMP) を加え攪拌しセシウムを吸着させた。AMP を溶解し、陽イオン交換樹脂カラムでセシウムを分離・精製後、塩化白金酸セシウム沈殿として分離型フィルターを用いてマウントし、測定試料とした。

(イ) 砂泥: 分析試料から 100g を分取し、450 の電気炉で加熱処理後、担体 (Cs^+) の一定量を添加し、塩酸を加えて加熱抽出した。その後の操作は「ア」灰試料の残留物のろ別以降と同様に実施した。

イ) 測定

測定試料を低バックグラウンド線測定装置 (LBC) で 5,400 秒間測定した。測定試料の正味計数率を求め、計数効率、化学回収率等の補正を行い、試料の放射能濃度を算出し、分析結果は試料採取日に減衰補正した。

ウ. プルトニウム分析

文部科学省放射能測定法シリ - ズ 12「プルトニウム分析法」(平成 2 年改訂) に準じて実施した。操作概略は以下のとおりである。

ア) 化学分離

(ア) 灰試料: 分析試料から灰 20g を分取し、 ^{242}Pu 収率補正用トレ - サの一定量を添加し、硝酸、過酸化水素水を加えて加熱分解後、硝酸 (3+2)^{註 10)}、過酸化水素水を加え加熱した。放冷後ろ過してから、ろ液を陰イオン交換樹脂カラムに通し、プルトニウムを吸着させた。硝酸 (3+2)、塩酸 (5+1) で順次洗浄し、ヨウ化アンモニウム - 塩酸溶液でプルトニウムを溶離後、蒸発乾固した。さらに硝酸、過塩素酸を加えて再び蒸発乾固した。硫酸 (1+9) で溶解し、pH を調整後、プルトニウムをステンレス板上に電着して測定試料とした。

(イ) 砂泥: 分析試料から 50g を分取し、500 の電気炉で加熱処理後、 ^{242}Pu 収率補正用トレ - サの一定量を添加し、硝酸 (3+2) を加えて加熱抽出した。残留物をろ別後、ろ液を蒸発濃縮して、硝酸 (3+2)、過酸化水素水を加えて

註 10): 硝酸 (3+2) とは、硝酸 3 容と水 2 容の割合で混用したものである。

(例) 濃硝酸 (比重 1.38) 300mL と蒸留水 200mL の混合溶液

加熱した。放冷後ろ過してから、ろ液を陰イオン交換樹脂カラムに通し、プル
トニウムを吸着させた。その後の操作は「ア）」の陰イオン交換樹脂カラム以
降と同様に実施した。

イ)測定

測定試料をシリコン半導体検出器により、原則として 80,000 秒間以上測定し、
 $^{239+240}\text{Pu}$ の正味計数率を求め、収率補正用トレ - サの計数率との比較、分析供
試量等から $^{239+240}\text{Pu}$ の放射能濃度を算出した。

エ . 放射性ストロンチウム分析

文部科学省放射能測定シリ - ズ2「放射性ストロンチウム分析法」(平成 15 年改
訂)に準じて実施した。操作概略は以下のとおりである。

ア)化学分離

分析試料から灰 50g または生 1kg 相当の灰を分取し、担体 (Sr^{2+}) の一定量を添
加した後、王水及び硝酸を加え加熱分解した。塩酸を加えて加熱抽出した後、残
留物をろ別し、ろ液から炭酸塩、次いでシュウ酸塩沈殿としてストロンチウム等を分
離した。

シュウ酸塩沈殿を発煙硝酸で溶解し、硝酸塩沈殿及びイオン交換樹脂カラムで
カルシウムを除去した。次いで、クロム酸塩でバリウム、ラジウムを除去した後、炭
酸ストロンチウムとして沈殿させた。

沈殿を塩酸に溶解後、 ^{90}Y 除去 (スカベンジング) し、二週間放置して、新たに生
成した ^{90}Y を水酸化鉄 () 沈殿に共沈させ (ミルクング)、分離型フィルタ - を用い
てマウントし、測定試料とした。

なお、回収率補正のための安定ストロンチウムの定量は、イットリウムを内標準と
した ICP 発光分光分析法により実施した。

イ)測定

測定試料を低バックグラウンド 線測定装置 (LBC) で 3,600 秒間測定した。測定
試料の正味計数率を求め、計数効率、化学回収率等の補正を行い、試料の放射
能濃度を算出し、分析結果は試料採取日に減衰補正した。

オ . ポロニウム分析

ア)化学分離

(ア)海産生物及び飼料:分析試料(乾物約 10g)に ^{208}Po 収率補正用トレ - サと

Pb 担体を添加し、硝酸を加え加熱分解した。加熱分解後、溶液を濃縮し、ろ別した。ろ液を加熱濃縮した後、塩酸(1+2)を加え、加熱した。放冷後、残留物をろ別し、ろ液を Sr - Spec カラムに通し、ポロニウムを吸着させた。

塩酸(1+2)、塩酸(2+1)及び硝酸(3+4)で順次洗浄後、硝酸(3+4)で溶離し、蒸発濃縮した。Pb を含む Sr-Spec カラム洗浄液は、 ^{210}Pb 分析用として保存した。

溶離液に塩酸を加え、再び加熱濃縮後、塩酸(1+23)を加え、加熱溶解した。試料溶液にアスコルビン酸を加え、85 に調節した電解装置でポロニウムをステンレス板上に電着して測定試料とした。

なお、 ^{210}Po 濃度が高い試料については、硝酸で加熱分解後ろ別したろ液を一定量としたものから一部を分取し、分取した溶液に ^{208}Po 回収率補正用トレ - サと Pb 担体を添加し、分析を実施した。

また、前年度の ^{210}Pb 補正用分析試料に ^{208}Po 収率補正用トレ - サを加え、Sr - Spec カラム以降同様の分析を実施した(^{210}Po 分析結果への ^{210}Pb による影響を補正するために実施)。

(イ) 海水 : 分析試料から 5L を分取し、 ^{208}Po 収率補正用トレ - サと Cu・Pb 担体を添加し、加熱沸騰した。その後、アンモニア水を加え、pH を調整後、チオアセトアミド溶液を加え、加熱し、硫化物沈殿を生成した。一夜放置後、ろ別し、沈殿を硝酸で溶解し、加熱濃縮後、塩酸を加えて再び加熱濃縮した。

その後の操作は(ア)の項の Sr - Spec カラムに流下するための操作以降と同様に実施した。

前年度の ^{210}Pb 補正用分析試料についても(ア)と同様に実施した。

イ) 測定

測定試料をシリコン半導体検出器により、原則として 80,000 秒間測定し、 ^{210}Po の正味計数率を求め、収率補正用トレ - サの計数率との比較、分析供試量等からの ^{210}Po 放射能濃度を算出した。

カ. トリチウム分析

文部科学省放射能測定法シリ - ズ9「トリチウム分析法」(平成 14 年改正)に準じて実施した。操作概略は以下のとおりである。

ア) 化学操作

(ア) 海水 : 送付試料から 600mL を分取し、過マンガン酸カリウム及び過酸化ナトリウムを添加して蒸留を実施した。留出液から 500mL を分取し、過酸化ナトリウムを加えた後、電解セルに入れ、55mL になるまで電解した。電解終了後、再び蒸留を実施した。留出液 50mL と乳化シンチレ - タ (ULTIMA GOLD LLT、パ - キンエルマ - 社製) 50mL を容量 100mL のテフロンバイアルに入れ、十分に振り混ぜ均一にして、測定試料とした。

(イ) 組織自由水トリチウム : 分析試料 600mL を分取し、過マンガン酸カリウムを加え、還流による湿式分解を実施した。その後、過酸化ナトリウムを加え、アルカリ性にして蒸留を行い、吸光光度計により 200nm 付近に吸収がないことを確認した。留出液から 500mL を分取し、過酸化ナトリウムを加えた後、電解セルに入れ、約 55mL になるまで電解した。電解終了後、再び蒸留を実施した。留出液 50mL と乳化シンチレ - タ (ULTIMA GOLD LLT、パ - キンエルマ - 社製) 50mL を容量 100mL のテフロンバイアルに入れ、十分に振り混ぜ均一にして、測定試料とした。

(ウ) 有機結合型トリチウム : 分析試料 120 ~ 140g を分取し、3 回に分けて燃焼装置による燃焼を実施した。得られた燃焼生成水に、過マンガン酸カリウムを加え還流による湿式分解を実施した。その後、過酸化ナトリウムを加え、アルカリ性にして蒸留を行い、吸光光度計により 200nm 付近に吸収がないことを確認した。留出液 50mL と乳化シンチレ - タ (ULTIMA GOLD LLT、パ - キンエルマ - 社製) 50mL を容量 100mL のテフロンバイアルに入れ、十分に振り混ぜ均一にして、測定試料とした。

イ) 測定

測定試料を低バックグラウンド液体シンチレ - ションカウンタ (LSC) で、原則として、500 分間 (50 分 × 10 回) 測定した。有機結合型トリチウムの測定試料については、1,000 分間 (50 分 × 20 回) 測定した。測定結果よりバックグラウンド試料の計数率を差し引き、正味計数率を求めた後、外部標準チャンネル比法より求めたクエンチング補正曲線及び測定供試量より ^3H 放射能濃度を算出した。分析結果は試料採取日に減衰補正した。

測定機器の仕様

ア. 線スペクトロメトリ -

ゲルマニウム半導体検出装置

ア) 検出器 : 装置番号

NO.11 ORTEC GEM-25185S

NO.38 CANBERRA GC2518-7600SL

イ) 波高分析器 : セイコ - イ - ジ - アンドジ - 7700 キャンベラ DSA1000

ウ) データ打出し装置 : プリンタ

エ) 分解能 :

NO.11 FWHM=1.9keV(⁶⁰Co、1332keV)

NO.38 FWHM=1.8keV(⁶⁰Co、1332keV)

イ. 放射性セシウム分析

低バックグラウンド 線測定装置 : アロカ社 LBC-471Q

ウ. プルトニウム分析

シリコン半導体検出器 : CANBERRA PD450-17-100AM

ORTEC BU-020-450-AS

エ. 放射性ストロンチウム分析

低バックグラウンド 線測定装置 : アロカ社 LBC-471Q

オ. ポロニウム分析

シリコン半導体検出器 :

CANBERRA PD450-17-100AM

ORTEC BU-020-450-AS

カ. トリチウム分析

低バックグラウンド液体シンチレ - ションカウンタ : アロカ社 LSC-LB5

アロカ社 LSC-LB

分析実施期間

試料調製

:平成 17 年 9 月 14 日 ~ 平成 18 年 1 月 31 日

線スペクトロメトリ -

:平成 17 年 11 月 29 日 ~ 平成 18 年 2 月 6 日

放射性セシウム分析

:平成 17 年 9 月 28 日 ~ 平成 18 年 2 月 16 日

プルトニウム分析

:平成 18 年 1 月 11 日 ~ 平成 18 年 2 月 6 日

放射性ストロンチウム分析

:平成 17 年 12 月 28 日 ~ 平成 18 年 2 月 23 日

ポロニウム分析

:平成 17 年 12 月 1 日 ~ 平成 18 年 2 月 20 日

トリチウム分析

:平成 17 年 11 月 28 日 ~ 平成 18 年 2 月 27 日

(2)放射能分析結果と考察

財団法人日本分析センターにおいて実施した放射能分析結果を表 2-3-1(1)~(7)に示す。

従来より実施してきた飼育海産生物可食部の ^{137}Cs 分析、マダイ脊椎骨の $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr 分析、飼餌料の ^{137}Cs 分析(マダイ親魚用配合飼料、ブリ用配合飼料及びサバ)、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr 分析(マダイ親魚用配合飼料)、飼育海水の線スペクトロメトリ -、ならびに砂泥の ^{137}Cs 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析は、本報告書では「定常調査」として結果を総括することとする。また、平成 15 年度より予備調査として開始した異なる飼餌料を給餌し長期間飼育した魚類(ブリ)への ^{210}Po 、 ^3H 移行(一部 ^{137}Cs を含む)に関する放射能調査を「特定核種移行試験」とし、その結果は別途記述することとする。

「定常調査」

ア. 放射性セシウム分析(一部 線スペクトロメトリ -)

ア) 海産生物

分析に供した試料数は 7 生物種、計 13 試料である。得られた ^{137}Cs 放射能濃度は、

検出限界値未満 ($0.012 \pm 0.0060\text{Bq/kg}$ 生) ~ $0.12 \pm 0.010\text{Bq/kg}$ 生であり、飼育後の貝類エゾアワビで最も低かった。エゾアワビは放養時と飼育後の可食部(筋肉)を比較しても誤差の変動範囲内であった。またそれらの値は甲殻類を含め他の生物と比較して最も低いものであった。魚類では魚種別で比較しても明瞭な濃度差は認められなかった。

イ) 飼餌料

分析に供したマダイ親魚用配合飼料、ブリ用配合飼料、サバの3試料の ^{137}Cs 放射能濃度は、それぞれ、 $0.094 \pm 0.010\text{Bq/kg}$ 飼料、 $0.079 \pm 0.0094\text{Bq/kg}$ 飼料、 $0.077 \pm 0.0089\text{Bq/kg}$ 餌料であった。

一般に、放射性核種の海産生物移行は、海水からの直接的な取り込みと飼餌料を通じて間接的に取り込まれる2つの経路を考えることができる^{註 11)}。飼餌料からの ^{137}Cs の取り込みは、飼餌料中の ^{137}Cs 濃度、摂餌量、腸管吸収率の積で表され、一方、体内に存在する放射性核種はその存在量あるいは濃度に比例した速度で排出されると考えられている。ここで、飼餌料中の ^{137}Cs 濃度、摂餌量(魚体単位重量あたり)、腸管吸収率をそれぞれ、 C_f 、 m 、 f 、 ^{137}Cs の排出速度定数を k とすると魚体の ^{137}Cs 濃度 C_o は：

$$\frac{dC_o}{dt} = C_f \cdot m \cdot f - k \cdot C_o$$

である。したがって、飼育期間 t 後の魚体中の ^{137}Cs 濃度は：

$$C_o = \frac{C_f \cdot m \cdot f}{k} \{1 - \exp(-kt)\}$$

となり、飼餌料経由の濃縮係数 CF_f は：

$$CF_f = \lim_t \frac{C_o}{C_f \cdot m} = \lim_t \frac{f}{k} \{1 - \exp(-kt)\} = \frac{f}{k}$$

と考えることができる。本事業の飼育期間は十分に長いものであり、上式を満たすとすると、表 2-1-3、表 2-1-4、表 2-3-1 からマダイ及びブリについて飼餌料経由の濃縮係数を求めることができることになる。ただし、 ^{137}Cs は海水からも直接魚体に取り込まれており、この寄与を考慮しなければならない。ここでは、海水からの直接的な寄与を無視し、取り上げ時に検出された ^{137}Cs がすべて飼餌料に由来するものとして見かけ上の濃縮係

註 11): 原子力環境整備センタ - (編): 海産生物への放射性物質の移行(環境パラメータ・シリ - ズ6, (財)原子力環境整備センタ - (1996), p46

数を求めることにする。また、マダイ2年魚、1年魚、当年魚には製品番号の異なる飼料を用いているが、製品番号の違いは飼料サイズの違いだけで、内容物は親魚用のものと異なるものと仮定した。マダイ2年魚、1年魚、当年魚、配合飼料給餌区のブリ、サバ給餌区のブリで1日魚体1kg(放養開始時と取上時の平均重量に対して)あたりの摂餌量は、それぞれ、6.6g、6.1g、10.5g、10.8g、及び19.0gである。したがって、それぞれの魚種が摂取する¹³⁷Csは1日あたり魚体1kgあたり0.6mBq、0.6mBq、1.0mBq、0.9mBq、1.5mBqと計算される。1日あたり1kgあたりの摂餌量に対する取上時の魚体の¹³⁷Cs濃度の比を求め飼餌料経由の見かけ上の濃縮係数とすると、それぞれ、127、108、65、及び83、60と計算される。計算プロセスは、

1日魚体1kgあたりの摂餌量は：

$$= \text{総給餌量} / \text{飼育日数} / ((\text{放養時総重量} + \text{取り上げ時総重量}) / 2) \cdots \cdots (1)$$

1日魚体1kgあたりの¹³⁷Cs摂取量は：

$$= (1) \times \text{飼餌料中の}^{137}\text{Cs濃度} \cdots \cdots (2)$$

飼餌料経由の見かけ上の濃縮係数は：

$$= \text{魚体中の}^{137}\text{Cs濃度} / (2)$$

である。

濃縮係数は棲息環境条件(水温、光度など)や生物学的条件(成長段階など)、化学的條件(放射性核種の化学形など)の相違により異なることがある^{註12)}ためその変動幅は10~100倍とかなり大きい場合がある。よって比較することは困難であるが、海水魚における¹³⁷Csの濃縮係数については環境放射能の分析測定法を用いた結果では、マダイ、ブリについて28、40^{註13)}という値が報告されている。

ウ)砂泥

平成17年6月10日と平成18年1月6日に北側排水路定点で採取した試料の分析値はそれぞれ $2.4 \pm 0.15 \text{Bq/kg}$ 乾土、 $2.1 \pm 0.16 \text{Bq/kg}$ 乾土であり、2採取時で同様の値

註12):原子力環境整備センタ - (編):海産生物への放射性物質の移行(環境パラメータ・シリ - ズ6,(財)原子力環境整備センタ - (1996),p4

註13):Yutaka Nagaya,Yuzuru Suzuki,Kiyoshi Nakamura:Pu-239,240andCs-137 Concentration in Some Marine Organisms, Mostly from the Ibaraki and Aomori Coasts, Japa , 1987-1089,Nippon Suisann Gakkaishi,56(10),1599-1604, 1990

であった。

エ) 飼育海水

線スペクトロメトリ - により飼育海水中に検出された核種は ^{137}Cs のみであった。平成 17 年 2 月 28 日に採水したものの分析値は $2.0 \pm 0.36\text{mBq/L}$ であった。その後 2 カ月毎に採水した飼育海水の分析値は、それぞれ、 $2.3 \pm 0.34\text{mBq/L}$ 、 $1.8 \pm 0.33\text{mBq/L}$ 、 $1.7 \pm 0.33\text{mBq/L}$ 、 $1.8 \pm 0.27\text{mBq/L}$ 、 $1.6 \pm 0.34\text{mBq/L}$ であり、顕著な季節変化、経時的変化はみられず 1 年を通じてほぼ一定の水準で推移した。

表 2-3-2 には本事業対象試料中の平成 15 年から 17 年度まで、3 年間の ^{137}Cs 経年変化を示した。3 年間の比較では、明瞭な経年変化は認められない。

イ. プルトニウム分析

ア) 海産生物

マダイ 2 年魚、マダイ天然魚の脊椎骨中の $^{239+240}\text{Pu}$ は、いずれも検出限界値未満であった。

イ) マダイ親魚用配合飼料

マダイ 2 年魚に与えた飼料中の $^{239+240}\text{Pu}$ は検出限界値未満であった。

ウ) 砂泥

平成 17 年 6 月 10 日に北側排水路定点で採取したものの分析値は $0.71 \pm 0.041\text{Bq/kg}$ 乾土であり、昨年同様過去の値に比べ高い値であったが、必ずしも顕著な相違があるとはいえず、また我が国周辺海域の海洋調査における海底土中の $^{239+240}\text{Pu}$ 報告値と同程度の値であるといえることができる。

表 2-3-3 には本事業対象試料中の平成 14 年から 17 年度まで、4 年間の $^{239+240}\text{Pu}$ 経年変化を示した。4 年間での比較では、海産生物、飼餌料では、検出限界値未満を推移している。砂泥については増加傾向を示すが、顕著な相違は認められない。

ウ. 放射性ストロンチウム分析

ア) 海産生物

マダイ 2 年魚、マダイ天然魚の脊椎骨の ^{90}Sr の分析値は、いずれも検出限界値未満であった。

イ) マダイ親魚用配合飼料

マダイ親魚用配合飼料の⁹⁰Sr分析値は、 0.17 ± 0.017 Bq/kg 飼料であった。

表 2-3-4 には本事業対象試料中の平成 14 年から 17 年度まで、4 年間の⁹⁰Sr 経年変化を示した。4 年間での比較では、海産生物、飼餌料ともに明瞭な濃度変動は認められない。

表2-3-1 (1) 平成17年度飼育海産生物等試料の放射性核種濃度

1. 飼育海産生物

(単位: Bq/kg生)

試料		マダイ2年魚		マダイ天然魚	
採取場所		東海事業所		茨城県	
放養日		2003/4/6			
試料採取日		2005/8/31		2005/8/31	
飼育期間(月)		2年4ヶ月			
試料個体数(尾)		39		16	
平均体長(cm)		24.3 ± 1.8		34.3 ± 1.7	
最小 / 最大		18.5 / 28.0		31.7 / 37.3	
平均体重(g)		487.8 ± 121.9		1257.5 ± 181.6	
最小 / 最大		200 / 700		980 / 1650	
供試量(g)		19,186		19,708	
供試部位		筋肉	脊椎骨	筋肉	脊椎骨
重量(g)		9,573	776	9,142	874
灰分率(灰 / 生%)		1.41	12.9	1.40	13.5
供試量(g灰)		14.59	20(Pu) / 28.09(Sr)	14.09	20(Pu) / 50.04(Sr)
測定日	¹³⁷ Cs	2006/2/13	-	2006/2/13	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	2006/2/4	-	2006/2/4
	⁹⁰ Sr	-	2006/2/23	-	2006/2/23
分析核種	¹³⁷ Cs	0.080 ± 0.0086	-	0.12 ± 0.010	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	* (0 ± 0)	-	* (-0.00046 ± 0.00019)
	⁹⁰ Sr	-	* (0.052 ± 0.027)	-	* (0.036 ± 0.016)
備考(自家生産又は卵・種苗・天然魚購入先)		温水協会採卵		福岡県沖漁獲	

注) 1. 分析結果の表示は、計数値がその計数誤差の3倍を越えるものについて有効数字2桁、それ以下のものについては

*とし()内にその数値を示した。誤差は計数誤差のみを示した。分析対象外核種は - で示した。

2. ¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの分析結果は試料採取日に減衰補正した。

表2-3-1 (2) 平成17年度飼育海産生物等試料の放射性核種濃度

(単位: Bq/kg生)

試料	マダイ1年魚	マダイ当年魚	ヒラメ2年魚	ヒラメ当年魚	
採取場所	東海事業所	東海事業所	東海事業所	東海事業所	
放養日	2004/5/18	2005/4/7	2003/5/15	2005/3/11	
試料採取日	2005/11/10	2005/12/13	2005/11/18	2005/12/16	
飼育期間(月)	1年5ヶ月	8ヶ月	2年6ヶ月	9ヶ月	
試料個体数(尾)	16	131	4	33	
平均体長(cm)	21.8 ± 1.1	11.4 ± 0.6	42.3 ± 2.3	19.1 ± 2.1	
最小 / 最大	20.0 / 23.6	9.9 / 12.5	37.5 / 45.5	11.5 / 22.0	
平均体重(g)	391.6 ± 48.8	56.3 ± 6.9	1536 ± 249.6	183.5 ± 56.6	
最小 / 最大	305 / 470	44.8 / 74.8	1040 / 1880	110 / 320	
供試量(g)	6,209	6,828	6,216	5,774	
供試部位	筋肉	筋肉	筋肉	筋肉	
重量(g)	3,024	2,883	3,512	2,914	
灰分率(灰 / 生%)	1.39	1.51	1.57	1.55	
供試量(g灰)	13.90	15.10	15.70	15.50	
測定日	¹³⁷ Cs	2006/2/16	2006/2/15	2006/2/16	2006/2/15
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	-	-	-
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-
分析核種	¹³⁷ Cs	0.062 ± 0.0079	0.064 ± 0.0089	0.048 ± 0.0071	0.058 ± 0.0083
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	-	-	-
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-
備考(自家生産又は卵・種苗・天然魚購入先)	温水協会採卵	温水協会採卵	温水協会採卵	静岡県温水利用研究センター	

表2-3-1 (3) 平成17年度飼育海産生物等試料の放射性核種濃度

(単位:Bq/kg生)

試料	スズキ	ブリ(配合飼料区)	ブリ(サバ区)	
採取場所	東海事業所	東海事業所	東海事業所	
放養日	1992/4/22	2004/6/29		
試料採取日	2005/11/24	2005/11/14		
飼育期間(月)	13年7ヶ月	1年4ヶ月		
試料個体数(尾)	5	13	11	
平均体長(cm)	46.0 ± 3.7	40.8 ± 2.4	42.1 ± 1.6	
最小/最大	38.0 / 54.5	35.0 / 44.0	40.0 / 44.5	
平均体重(g)	1646.3 ± 393.8	1153.8 ± 223.5	1363.6 ± 207.9	
最小/最大	1100 / 2550	680 / 1500	1120 / 1640	
供試量(g)	7,197	17,046 ^{*1}	16,755 ^{*1}	
		14,627 ^{*2}	14,356 ^{*2}	
供試部位	筋肉	筋肉	筋肉	
重量(g)	3,348	7,310	7,198	
灰分率(灰/生%)	1.24	1.70	1.29	
供試量(g灰)	12.40	17.00	12.90	
測定日	¹³⁷ Cs	2006/2/15	2006/2/15	2006/2/15
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	-	-
	⁹⁰ Sr	-	-	-
分析核種	¹³⁷ Cs	0.080 ± 0.0095	0.071 ± 0.0085	0.087 ± 0.0092
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	-	-
	⁹⁰ Sr	-	-	-
備考(自家生産又は卵・種苗・天然魚購入先)	茨城県 水産試験場	三重県度会郡南島町古和浦		

*1: ¹³⁷Cs分析以外の²¹⁰Po、³H分析用試料を含む全供試量を示す。*2: ³H分析用試料を除く¹³⁷Cs及び²¹⁰Po分析用試料の供試量を示す。

表2-3-1 (4) 平成17年度飼育海産生物等試料の放射性核種濃度

(単位:Bq/kg生)

試料	マコガレイ	クルマエビ	エゾアワビ		
			放養時	飼育後	
採取場所	東海事業所	東海事業所	東海事業所		
放養日	2002/1/31	2005/6/7	2005/9/12		
試料採取日	2005/11/21	2005/12/5	2005/9/12	2005/12/21	
飼育期間(月)	3年9ヶ月	5ヶ月	0ヶ月	3ヶ月	
試料個体数(尾)	9	530	11	14	
平均体長(cm)	23.0 ± 3.5	9.8 ± 0.5	14.8 ± 0.6	14.8 ± 0.8	
最小/最大	19.0 / 28.0	8.8 / 10.8	13.8 / 15.8	13.7 / 16.2	
平均体重(g)	322.2 ± 158.9	10.2 ± 1.6	497.3 ± 84.5	431.8 ± 84.3	
最小/最大	160 / 620	7.1 / 13.4	350 / 680	340 / 640	
供試量(g)	3,071	5,519	5,525	5,589	
供試部位	筋肉	筋肉	可食部	可食部	
重量(g)	1,538	2,396	3,877	3,490	
灰分率(灰/生%)	1.34	2.07	2.27	2.66	
供試量(g灰)	13.40	20.70	22.91	26.60	
測定日	¹³⁷ Cs	2006/2/15	2006/2/15	2006/2/13	2006/2/15
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	-	-	-
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-
分析核種	¹³⁷ Cs	0.062 ± 0.0080	0.037 ± 0.0077	0.020 ± 0.0053	* (0.012 ± 0.0060)
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	-	-	-
	⁹⁰ Sr	-	-	-	-
備考(自家生産又は卵・種苗・天然魚購入先)	温水協会採卵	(社)山口県栽培漁業公社	久慈町漁業協同組合(茨城県日立市)茨城県近海漁獲		

表2-3-1 (5) 平成17年度飼育海産生物等試料の放射性核種濃度

2. 親魚用配合飼料、ブリ用配合飼料、サバ

(単位: Bq/kg飼料)

試料	マダイ親魚用	ブリ用配合飼料	サバ
採取場所	東海事業所	東海事業所	東海事業所
試料採取日	2005/8/31	2005/11/14	2005/11/14
供試量(g)	2,183	14,718	13,103
供試部位	全部	全部	全部
重量(g)	-	2,756	11,103
灰分率(灰/生%)	11.7	9.90	1.63
供試量(g灰)	117.16(Cs) / 20(Pu) / 117.16(Sr)	99.00	16.30
測定日	¹³⁷ Cs	2006/2/13	2006/2/15
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	2006/2/4	-
	⁹⁰ Sr	2006/2/23	-
分析核種	¹³⁷ Cs	0.094 ± 0.010	0.079 ± 0.0094
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	* (0.00071 ± 0.00050)	-
	⁹⁰ Sr	0.17 ± 0.017	-
備考	含水率8.06%	含水率9.51%	含水率64.3%

表2-3-1 (6) 平成17年度飼育海産生物等試料の放射性核種濃度

3. 砂泥

(単位: Bq/kg乾土)

試料		砂泥	
採取場所		東海事業所	
試料採取日		2005/6/10	2006/1/6
供試量(g)		3,000	2,000
供試量(g乾土)		100.0(Cs) / 50.0(Pu)	100.0
測定日	^{137}Cs	2005/11/5	2006/2/15
	$^{239+240}\text{Pu}$	2006/2/6	-
	^{90}Sr	-	-
分析核種	^{137}Cs	2.4 ± 0.15	2.1 ± 0.16
	$^{239+240}\text{Pu}$	0.71 ± 0.041	-
	^{90}Sr	-	-
備考		排水路定点	

表2-3-1 (7) 平成17年度飼育海産生物等試料の放射性核種濃度

4. 飼育海水

(単位:mBq/L)

試料		飼育海水					
採取場所		東海事業所					
試料採取日		2005/2/28	2005/4/30	2005/6/30	2005/8/31	2005/10/31	2005/12/31
試料重量(L)		60	60	60	60	60	60
水温()		14.9	9.4	15.5	21.5	22.3	18.8
塩分(psu)		32.2	31.5	30.6	30.6	30.4	31.4
測定日	線入外口外リ -	2005/12/5	2005/11/29	2005/11/30	2005/12/1	2006/1/13	2006/2/6
分析核種	⁵⁴ Mn	*	*	*	*	*	*
	⁶⁰ Co	*	*	*	*	*	*
	¹³⁷ Cs	2.0 ± 0.36	2.3 ± 0.34	1.8 ± 0.33	1.7 ± 0.33	1.8 ± 0.27	1.6 ± 0.34
	¹⁴⁴ Ce	*	*	*	*	*	*
備考		温排水	自然海水	自然海水	自然海水	自然海水	温排水

表2-3-2 海産生物等の¹³⁷Cs経年変化

試料名		測定部位	平成15年度	平成16年度	平成17年度
魚類	マダイ3年魚	筋肉	0.093 ± 0.0092	0.068 ± 0.0084	
	マダイ2年魚	筋肉			0.080 ± 0.0086
	マダイ1年魚	筋肉	0.072 ± 0.0082	0.089 ± 0.0093	0.062 ± 0.0079
	マダイ当年魚	筋肉	0.076 ± 0.0083	0.060 ± 0.0079	0.064 ± 0.0089
	マダイ天然魚	筋肉	0.081 ± 0.0087	0.10 ± 0.010	0.12 ± 0.010
	ヒラメ6年魚	筋肉		0.045 ± 0.0070	
	ヒラメ5年魚	筋肉	0.056 ± 0.0073		
	ヒラメ2年魚	筋肉			0.048 ± 0.0071
	ヒラメ当年魚	筋肉	0.035 ± 0.0064	0.051 ± 0.0071	0.058 ± 0.0083
	メジナ	筋肉	0.12 ± 0.010	0.10 ± 0.010	
	クロソイ	筋肉	0.10 ± 0.0096	0.096 ± 0.0097	
		その他	0.039 ± 0.0070		
	スズキ	筋肉	0.12 ± 0.010	0.090 ± 0.0092	0.080 ± 0.0095
	ウナギ	筋肉	0.032 ± 0.0059	0.036 ± 0.0067	
クロダイ	筋肉	0.10 ± 0.0096	0.12 ± 0.010		
シマアジ	筋肉	0.067 ± 0.0082			
マコガレイ	筋肉		0.055 ± 0.0077	0.062 ± 0.008	
ブリ(配合飼料給餌区) (オキアミ給餌区) (サバ給餌区)	筋肉	0.050 ± 0.0071	0.045 ± 0.0068	0.071 ± 0.0085	
	筋肉		0.076 ± 0.0084		
	筋肉			0.087 ± 0.0092	
甲殻類	クルマエビ	筋肉	0.072 ± 0.0081	0.062 ± 0.0078	0.037 ± 0.0077
貝類	エゾアワビ放養時 飼育後	可食部	0.015 ± 0.0050	(0.0087 ± 0.0048)	0.020 ± 0.0053
		可食部	(0.011 ± 0.0048)	0.019 ± 0.0055	(0.012 ± 0.0060)
飼餌料	マダイ親魚用配合飼料		0.095 ± 0.010	0.096 ± 0.010	0.094 ± 0.010
	ブリ飼餌料配合飼料		0.061 ± 0.013	0.062 ± 0.0084	0.079 ± 0.0094
	オキアミ		0.046 ± 0.0070	0.035 ± 0.0066	
	サバ				0.077 ± 0.0089
砂泥	5~6月		2.1 ± 0.16	2.5 ± 0.18	2.4 ± 0.15
	1月		2.5 ± 0.18	2.4 ± 0.18	2.1 ± 0.16
海水	2月		2.6 ± 0.28	2.3 ± 0.26	2.0 ± 0.36
	4月		1.9 ± 0.18	1.9 ± 0.29	2.3 ± 0.34
	6月		1.8 ± 0.26	1.7 ± 0.27	1.8 ± 0.33
	8月		2.0 ± 0.24	2.0 ± 0.28	1.7 ± 0.33
	10月		2.3 ± 0.29	2.6 ± 0.28	1.8 ± 0.27
	12月		2.0 ± 0.26	2.0 ± 0.24	1.6 ± 0.34

- 注) 1. ¹³⁷Csの線スペクトロメトリ - 及び放射化学分析の単位は、海産生物についてはBq/kg生、飼餌料についてはBq/kg飼料、砂泥はBq/kg乾土、飼育水はmBq/Lである。
2. 分析結果の表示は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについては有効数字2桁で示し、それ以下のものについては参考値として()を付けて示した。
3. 誤差は計数誤差のみ示した。
4. 分析結果は試料採取日に換算した。

表2-3-3 海産生物等の²³⁹⁺²⁴⁰Pu経年変化

試料名	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
マダイ6年魚脊椎骨	(-0.00017 ± 0.00012)			
マダイ5年魚脊椎骨				
マダイ4年魚脊椎骨				
マダイ3年魚脊椎骨		(0 ± 0)	(-0.000088 ± 0.000088)	
マダイ2年魚脊椎骨				(0 ± 0)
マダイ天然魚脊椎骨	(-0.00026 ± 0.00015)	(0.00028 ± 0.00028)	(0 ± 0)	(-0.00046 ± 0.00019)
マダイ親魚用配合飼料	(0 ± 0)	(0.0014 ± 0.00066)	(0.00091 ± 0.00065)	(0.00071 ± 0.00050)
砂泥	0.43 ± 0.037	0.69 ± 0.039	0.74 ± 0.057	0.71 ± 0.041

- 注) 1. 分析核種の²³⁹⁺²⁴⁰Puの単位は、海産生物についてはBq/kg生、飼餌料についてはBq/kg飼料、砂泥はBq/kg乾土である。
 2. 分析結果の表示は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについては有効数字2桁で示し、それ以下のものについては参考値として()を付けて示した。
 3. 誤差は計数誤差のみ示した。
 4. 分析結果は試料採取日に換算した。

表2-3-4 海産生物等の⁹⁰Sr経年変化

試料名	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
マダイ6年魚脊椎骨	(0.043 ± 0.016)			
マダイ5年魚脊椎骨				
マダイ4年魚脊椎骨				
マダイ3年魚脊椎骨		(0.072 ± 0.027)	0.075 ± 0.022	
マダイ2年魚脊椎骨				(0.057 ± 0.027)
マダイ天然魚脊椎骨	(0.013 ± 0.013)	(0.051 ± 0.017)	(0.045 ± 0.020)	(0.036 ± 0.016)
マダイ親魚用配合飼料	0.22 ± 0.030	0.19 ± 0.016	0.17 ± 0.016	0.17 ± 0.017

- 注) 1. 分析核種の⁹⁰Srの単位は、海産生物についてはBq/kg生、飼餌料についてはBq/kg飼料である。
 2. 分析結果の表示は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについては有効数字2桁で示し、それ以下のものについては参考値として()を付けて示した。
 3. 誤差は計数誤差のみ示した。
 4. 分析結果は試料採取日に換算した。

エ．海産生物等試料中の放射性核種濃度レベルの経年変動

東海事業所で管理された飼育環境下における昭和 59 年度から平成 17 年度までの飼育海産生物(魚類計 12 種、甲殻類 1 種、貝類 1 種、藻類 1 種)、飼餌料(ウナギ、クルマエビ、マダイ、ヒラメ、ブリ用配合飼料、オキアミ、サバ)、砂泥及び飼育海水の放射性核種濃度レベルの経年変動を図 2-3-1(1)～(9)、図 2-3-1(10)～(12)、図 2-3-1(13)～(14)、図 2-3-1(15)～(16)に示した。なお、飼育海産生物、飼餌料、砂泥の ^{137}Cs の分析方法は、昭和 59 年度から平成 9 年度までは 線スペクトロメトリ - 分析(分析対象核種 ^{54}Mn 、 ^{60}Co 、 ^{144}Ce 、 ^{137}Cs)、平成 9 年度の一部(飼育海産生物のマダイ当年魚、ブリ当年魚、飼餌料)及び平成 10 年度以降は放射化学分析による。線スペクトロメトリ - 分析による海産生物、飼餌料、砂泥から検出された核種は ^{137}Cs のみであった。この間のトピックスとして、昭和 61 年(1986 年)4月に発生したチェルノブイリ原子力発電所の事故があげられる。

飼育海産生物試料については、全魚介類の ^{137}Cs 濃度範囲及び平均値を見ると、本事業開始以降バラツキがあるものの、全体として年度の経過とともに漸減傾向を示している。魚種毎で比較すると、昭和 59 年度より長期にわたり本事業の対象魚種としているウナギ及びクロダイの ^{137}Cs 濃度は、漸減傾向を示しているが、1986 年 4 月に発生したチェルノブイリ原発事故時の ^{137}Cs 環境放出に伴い、ウナギにおいては事故発生年度に ^{137}Cs 濃度の上昇がみられ、クロダイにおいては事故後数年にわたる増減の変動を示した。後者の増減については給餌した飼餌料中のチェルノブイリ原発事故に起因する ^{137}Cs の混入の程度の製造ロットによる相違やある期間の連続使用によってもたらされたものと推測される。その他の魚種についても同様に、事故発生年度における ^{137}Cs 濃度の上昇、事故後数年にわたる増減傾向が認められる。 $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度は、平成 5 年度から海産生物の筋肉、その他及び脊椎骨について分析を実施しているが、ほとんど検出限界値未満で推移している。 ^{90}Sr 濃度は、平成 7 年度から海産生物の脊椎骨について分析を実施しているが、極めて低い値で推移している。

飼餌料については、 ^{137}Cs 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 及び ^{90}Sr 濃度の経年変動を示した。 ^{137}Cs は、5 種類の市販配合飼料と餌料のオキアミ及びサバについて分析を実施した。昭和 59 年度から平成 6 年度まで分析を実施したクルマエビ用配合飼料については、ほぼ検出限界値未満で推移しているのに対し、その他の魚類用配合飼料では ^{137}Cs が検出されている。この原因は、表 2-1-5 に示すように、配合飼料の主原料が、クルマエビはイカミール等が約 70% 占めているのに対して、魚類用配合飼料は約 60～70% が魚粉であることから、魚粉に含まれ

る¹³⁷Csが主な原因と考えられる。²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度は、海産生物同様に検出限界値未満で推移している。⁹⁰Sr濃度は、¹³⁷Cs同様に検出される主な原因は、魚粉と考えられる。一般的に魚粉とは、小型魚、加工に不適な雑魚及び加工残滓を原料として、加熱(蒸煮)、圧搾、乾燥及び粉碎を実施した粉末状の製品で、原料魚の脂質以外の栄養分をほとんど含んでいる。よって原料魚の脊椎骨も含まれるため、骨に蓄積している⁹⁰Srが原因と考えられる。

砂泥試料については、¹³⁷Cs、²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の経年変動を示した。¹³⁷Csはチェルノブイリ原発事故後の昭和62年度採取試料が、事故に起因すると見られる¹³⁷Cs濃度レベルの上昇が認められる。その後バラツキはあるものの、ほぼ平衡状態であることが認められる。²³⁹⁺²⁴⁰Puは平成5、6年度及び平成13年度から平成17年度の7試料分析を実施したが、増加傾向を示すが、必ずしも顕著な相違があるとはいえず、また文献調査における海底土中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu報告値と比較しても範囲内である。

飼育海水試料については、¹³⁷Cs、²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の経年変動を示した。¹³⁷Csは平成4年度以降線スペクトロメトリによる分析を実施しているが、緩やかな漸減傾向で推移している。²³⁹⁺²⁴⁰Puは平成5年度から平成7年度の3カ年間、10試料のみ分析を実施したが、極めて低いレベルであった。

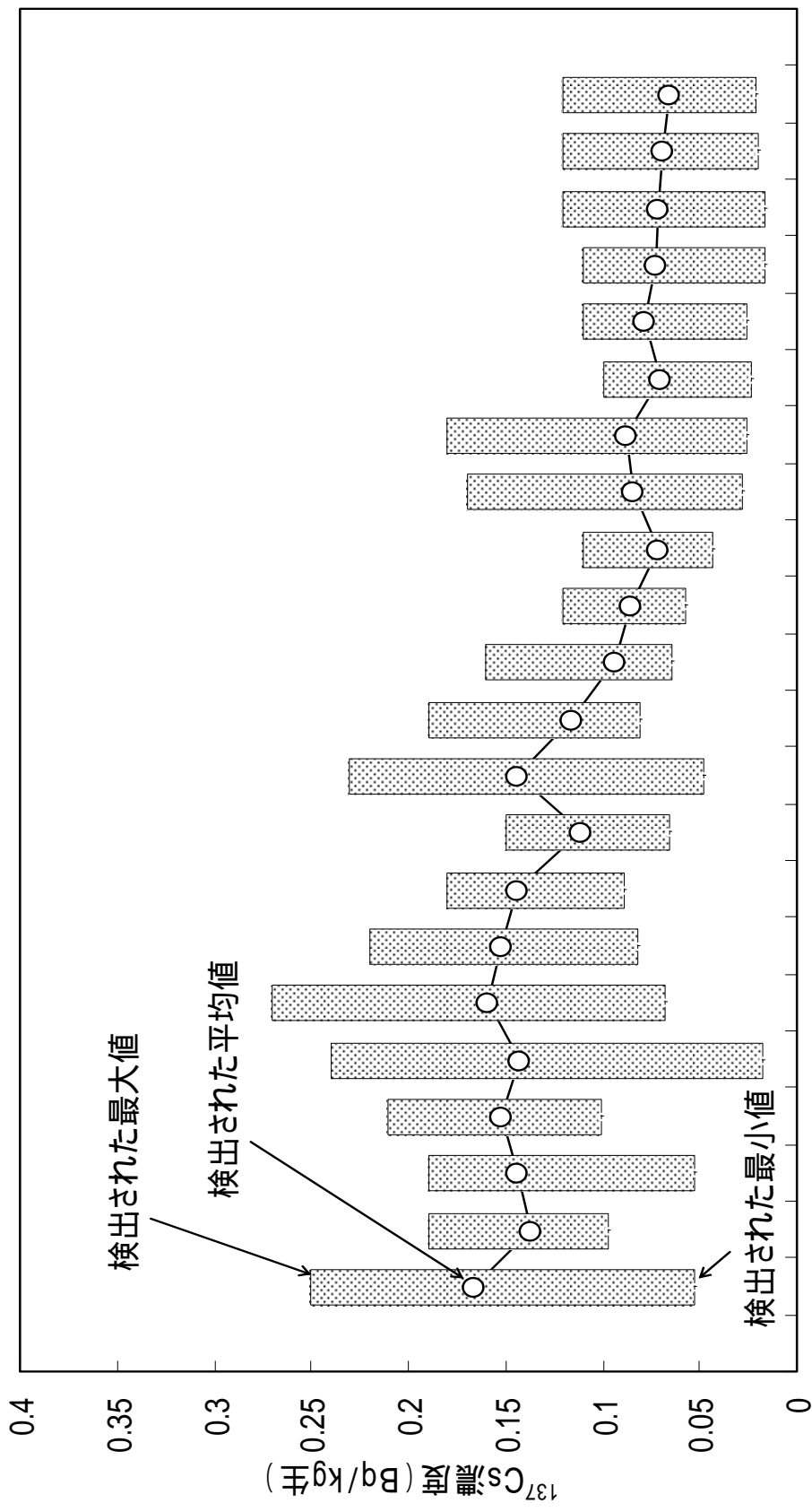


図2-3-1 (1) 海産生物試料中の¹³⁷Cs濃度範囲及び平均値

試料採取年度

図2-3-1 (1) 海産生物試料中の¹³⁷Cs濃度範囲及び平均値

*1:(/)は、(¹³⁷Csが検出された試料数 / 全試料数)を示す。

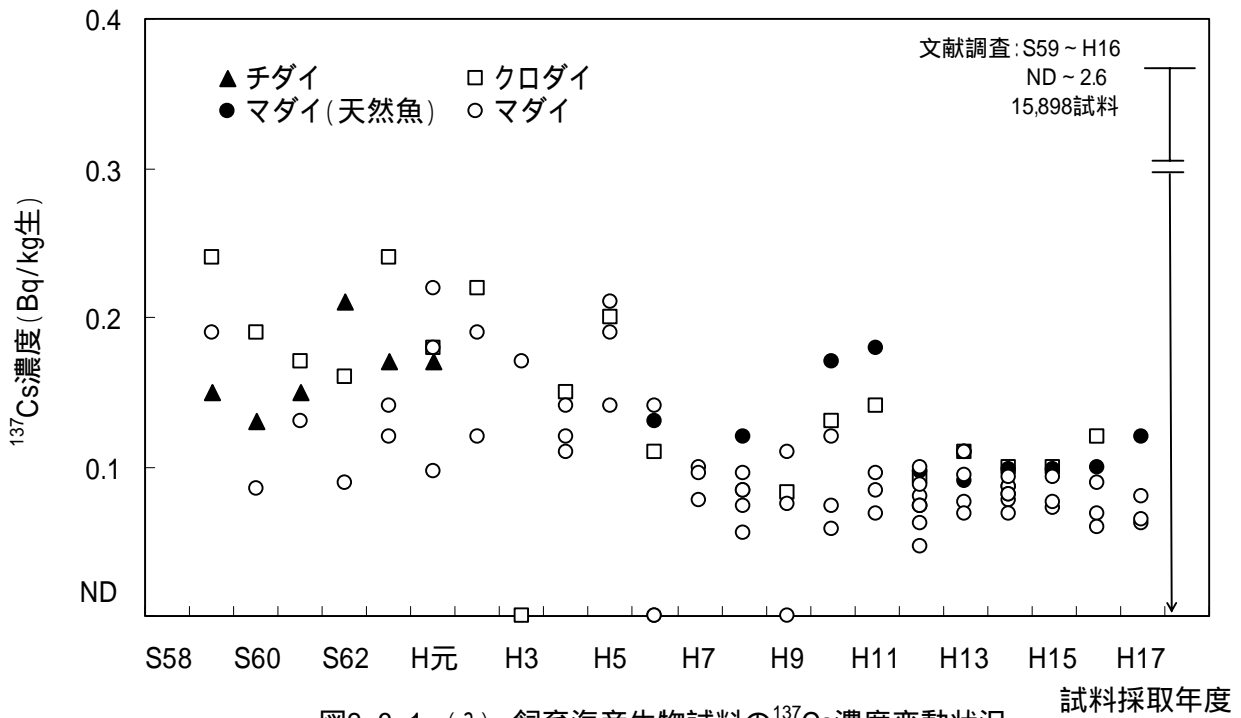


図2-3-1 (2) 飼育海産生物試料の¹³⁷Cs濃度変動状況

注) ND : 検出限界値未満を示す。

文献調査: 原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等
による海産生物(魚類、甲殻類、貝類、藻類)の分析値

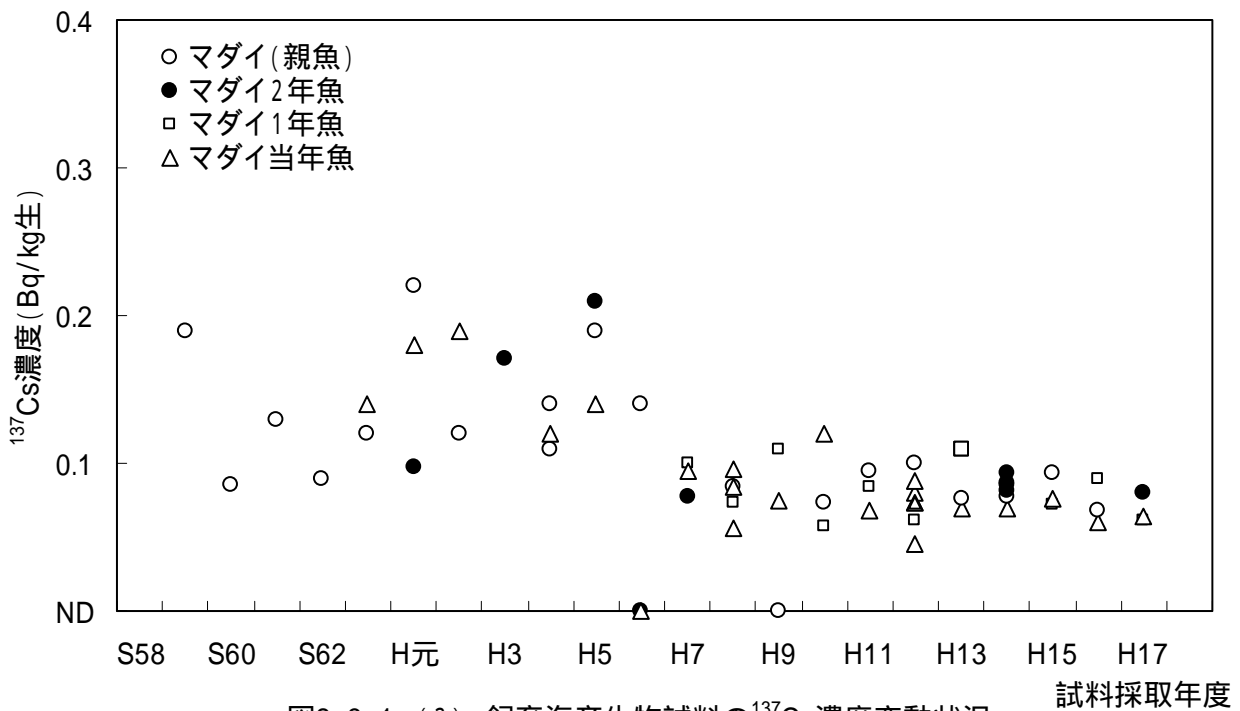


図2-3-1 (3) 飼育海産生物試料の¹³⁷Cs濃度変動状況
(マダイの成長段階別¹³⁷Cs濃度比較)

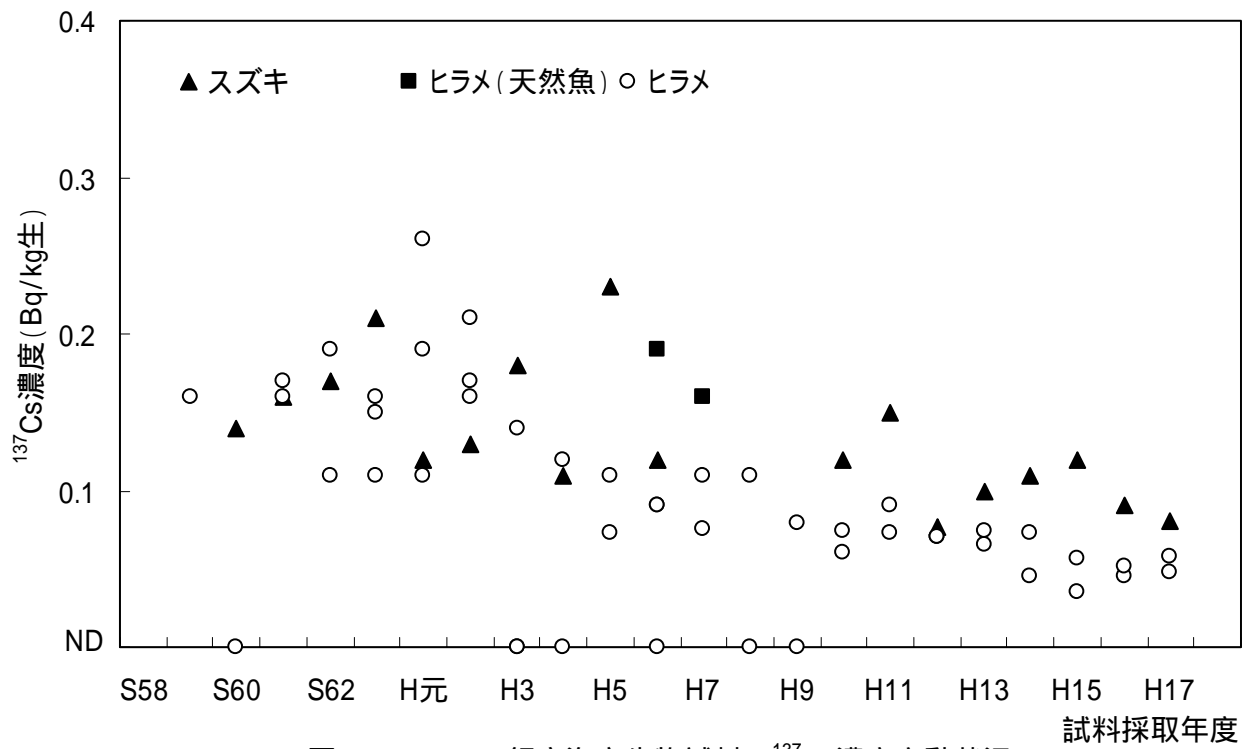


図2-3-1 (4) 飼育海産生物試料の¹³⁷Cs濃度変動状況

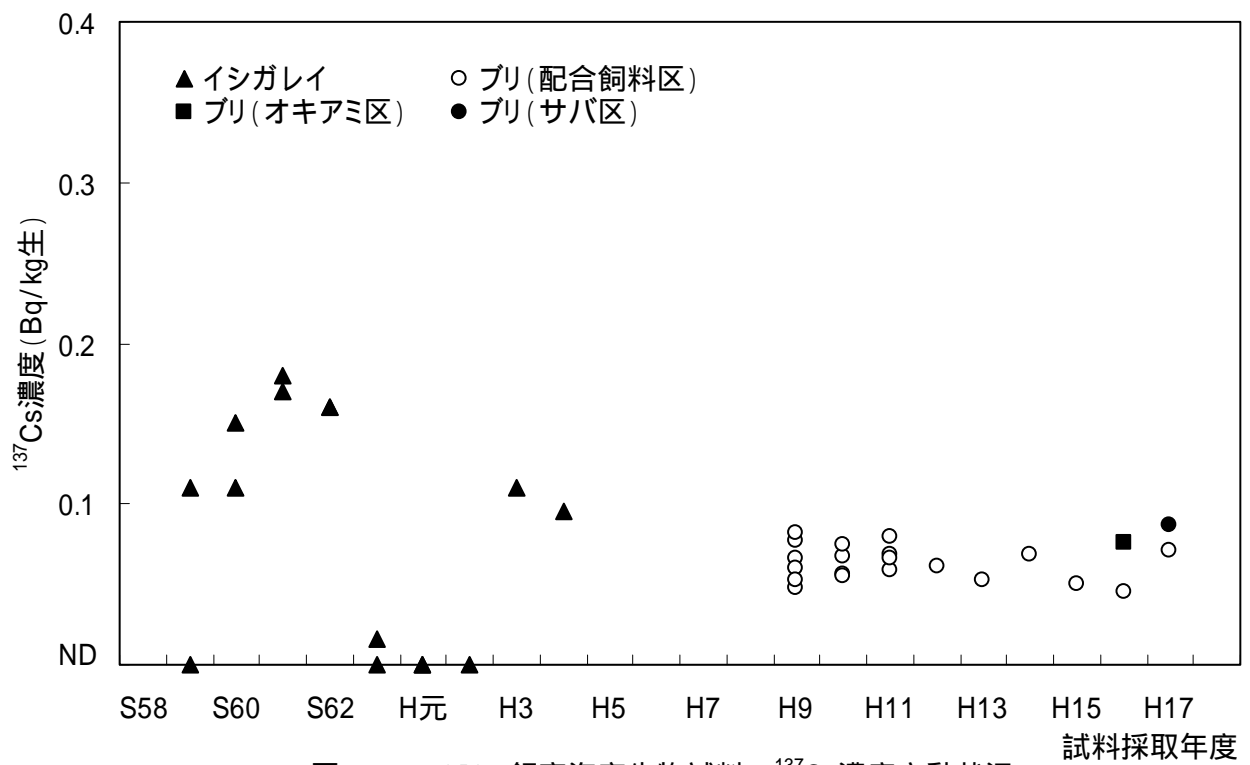


図2-3-1 (5) 飼育海産生物試料の¹³⁷Cs濃度変動状況

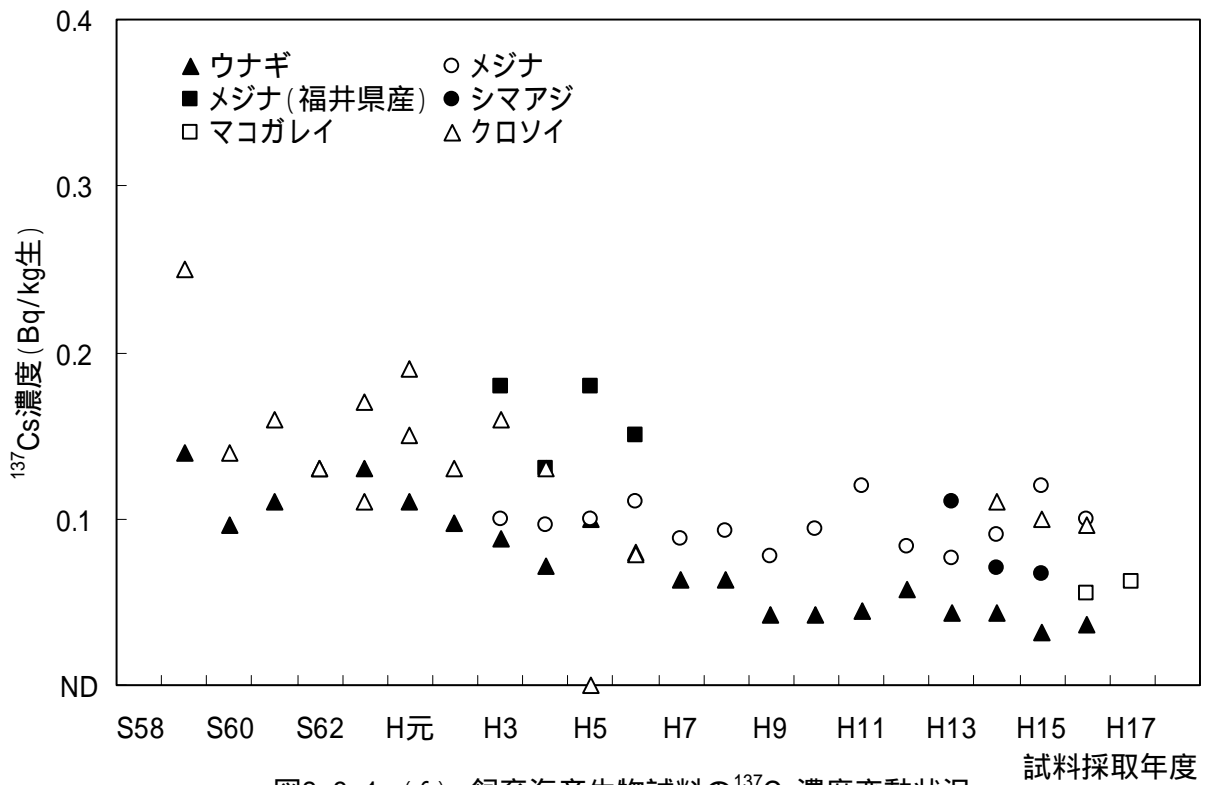


図2-3-1 (6) 飼育海産生物試料の ^{137}Cs 濃度変動状況

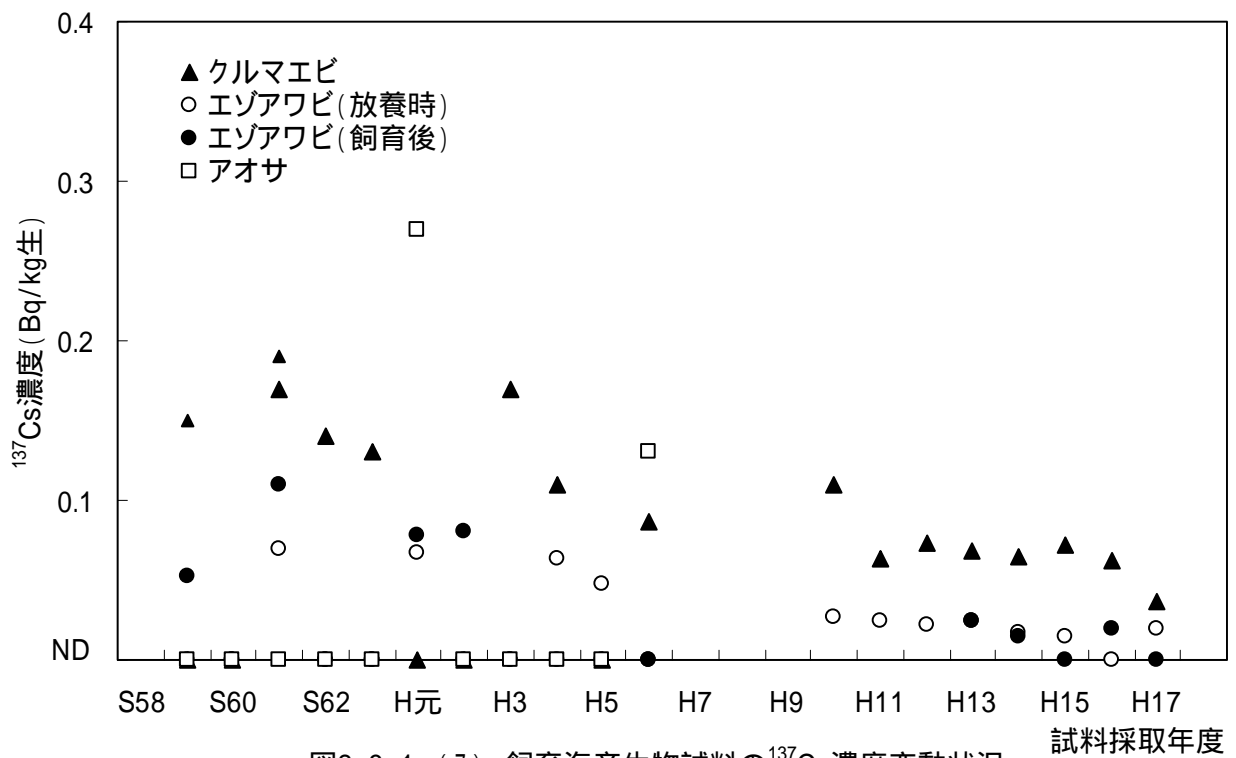


図2-3-1 (7) 飼育海産生物試料の ^{137}Cs 濃度変動状況

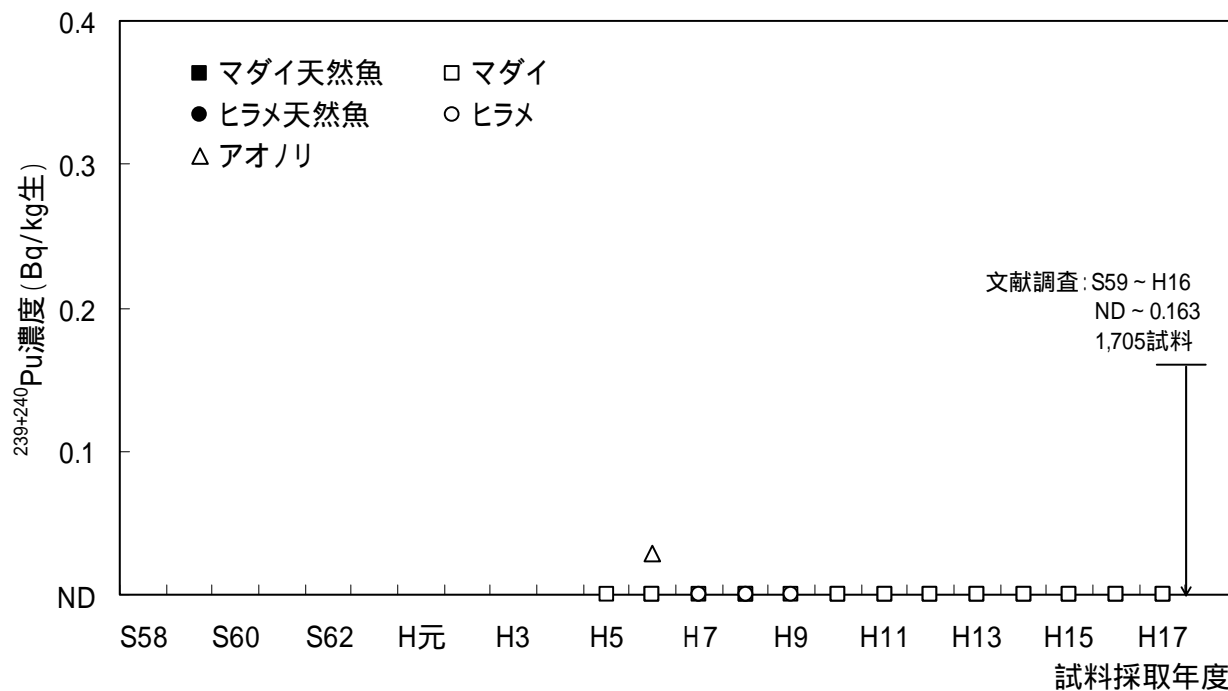


図2-3-1 (8) 飼育海産生物試料の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度変動状況

注) 文献調査:原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等による海産生物(魚類、甲殻類、貝類、藻類)の分析値

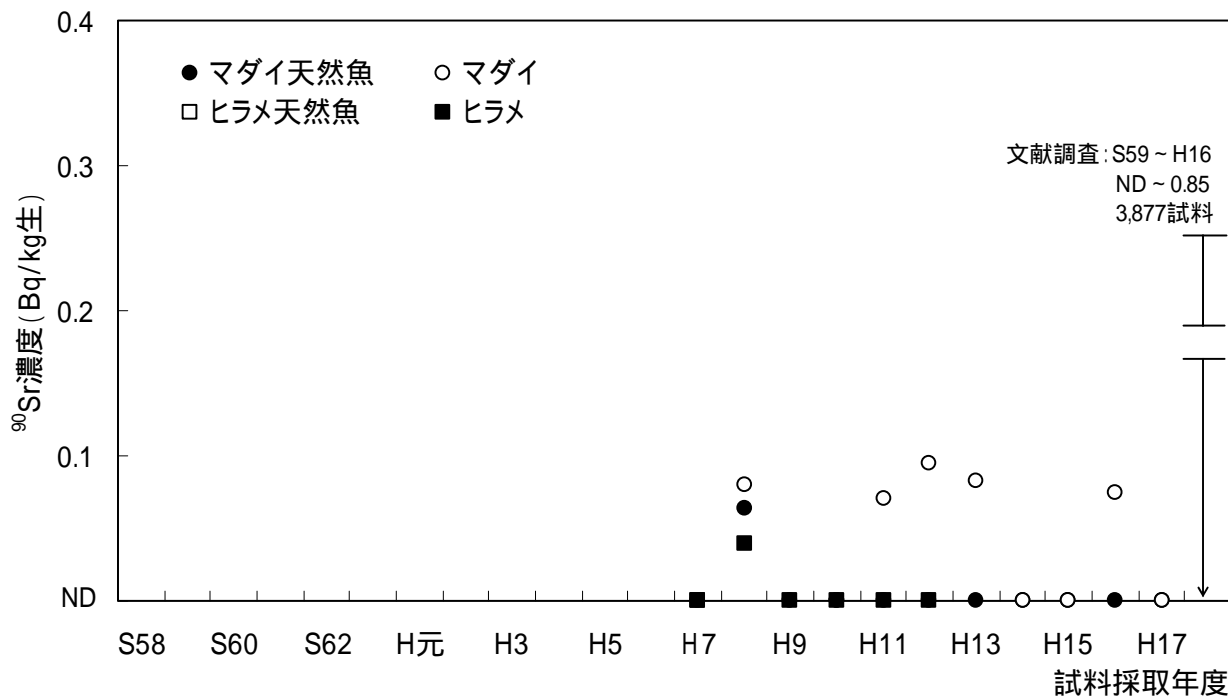


図2-3-1 (9) 飼育海産生物試料の ^{90}Sr 濃度変動状況

注) 文献調査:原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等による海産生物(魚類、甲殻類、貝類、藻類)の分析値

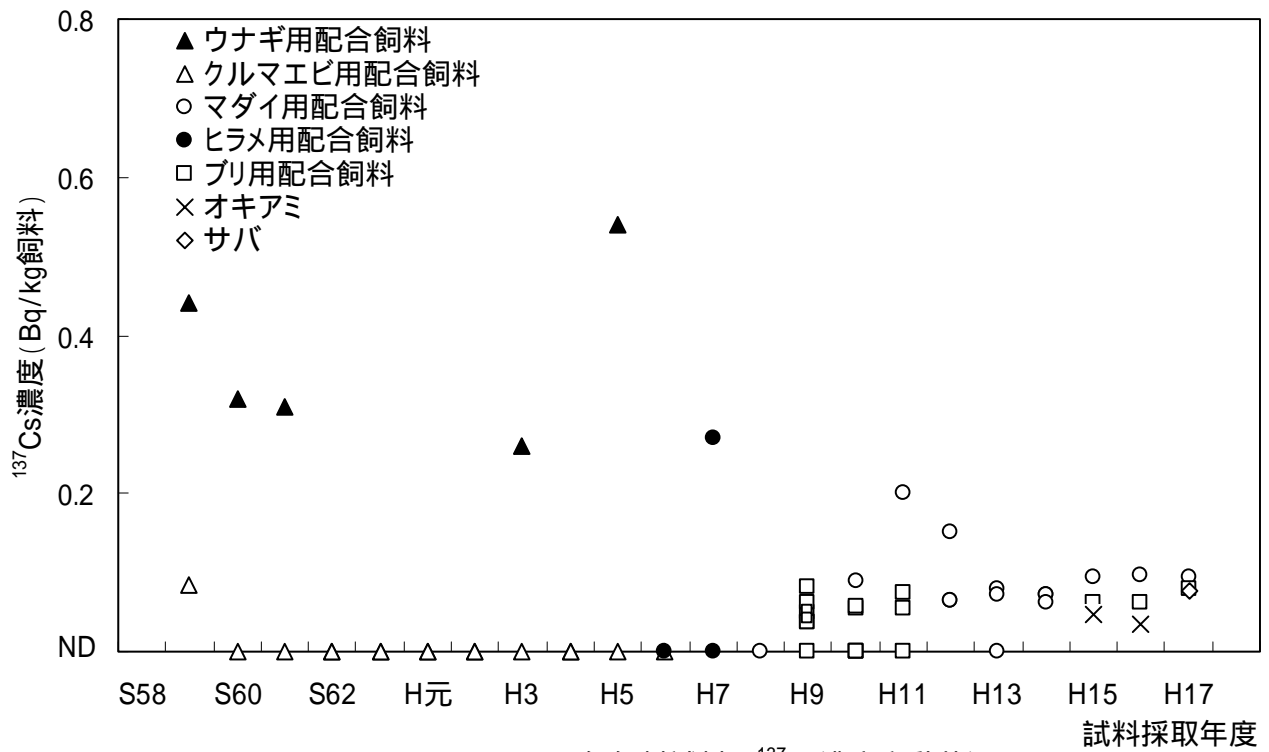


図2-3-1 (10) 飼餌料試料の¹³⁷Cs濃度変動状況

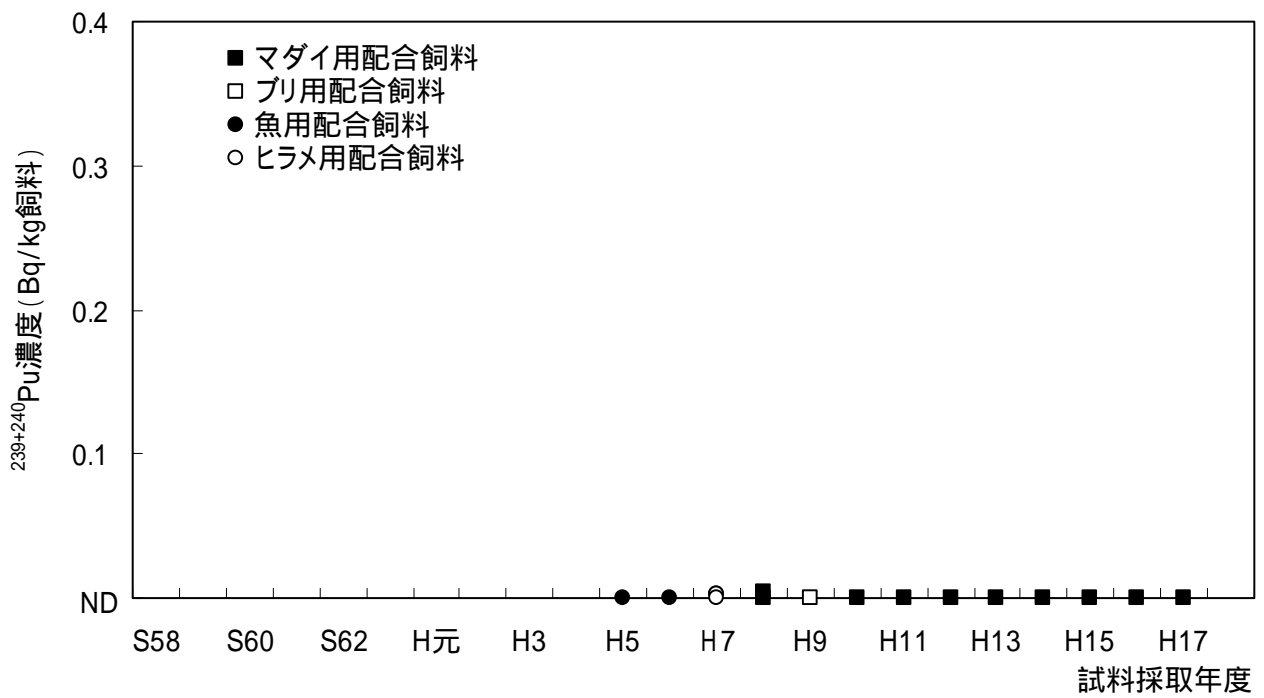


図2-3-1 (11) 飼餌料試料の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度変動状況

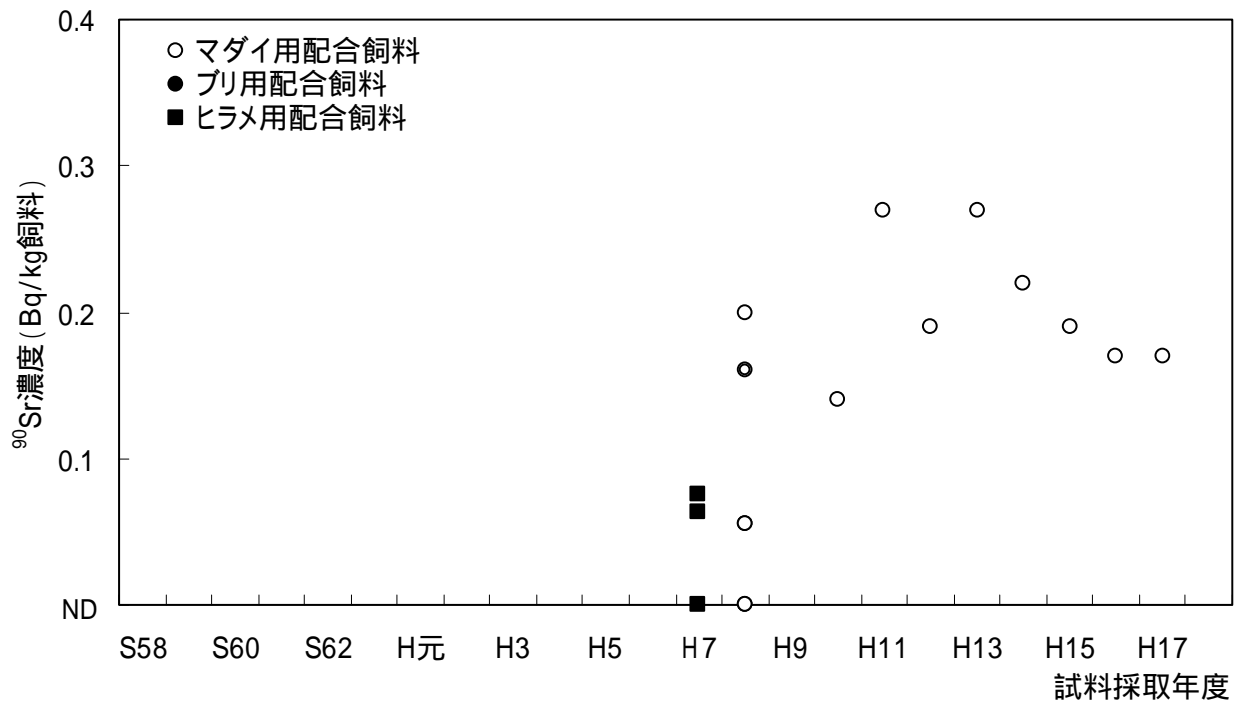


図2-3-1 (12) 飼餌料試料の⁹⁰Sr濃度変動状況

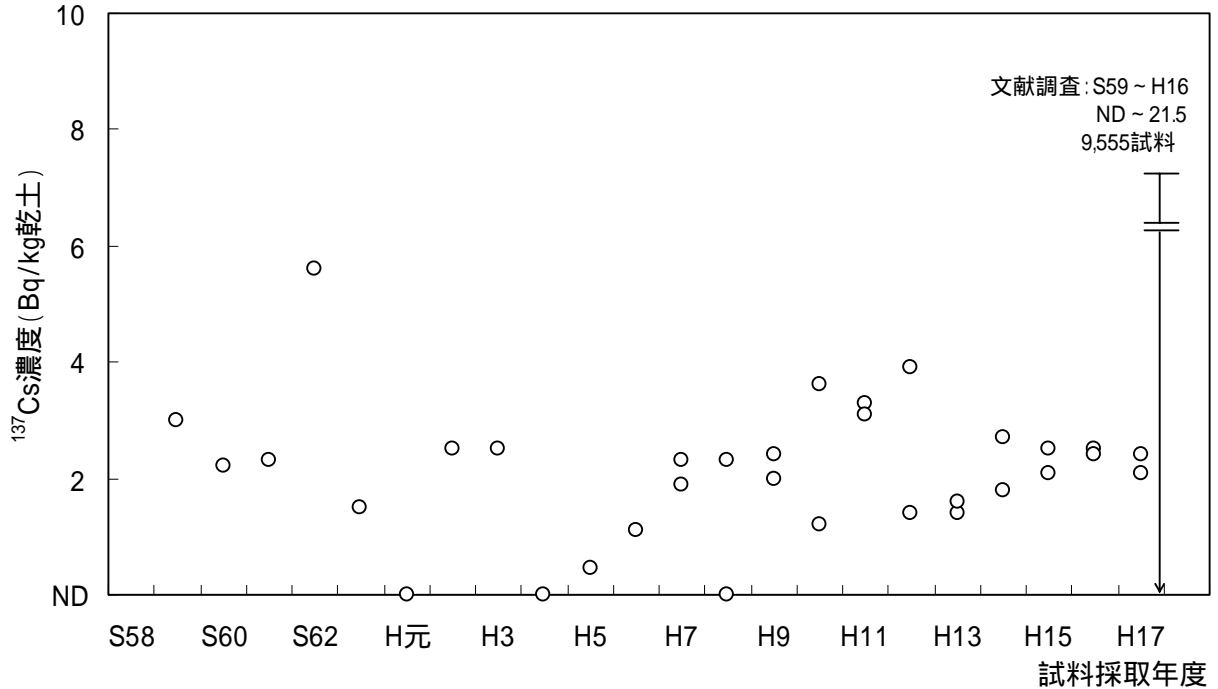


図2-3-1 (13) 砂泥試料の¹³⁷Cs濃度変動状況

注) 文献調査: 原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書
等による海底土の分析値

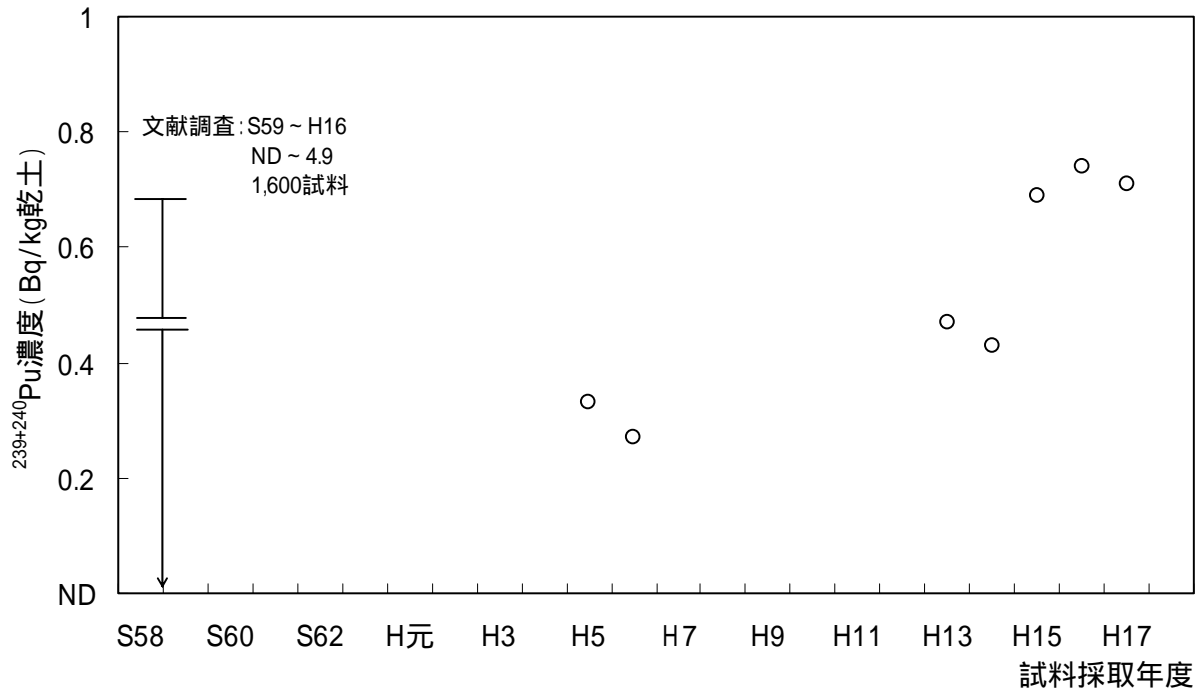


図2-3-1 (14) 砂泥試料の²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度変動状況

注) 文献調査:原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等による海底土の分析値

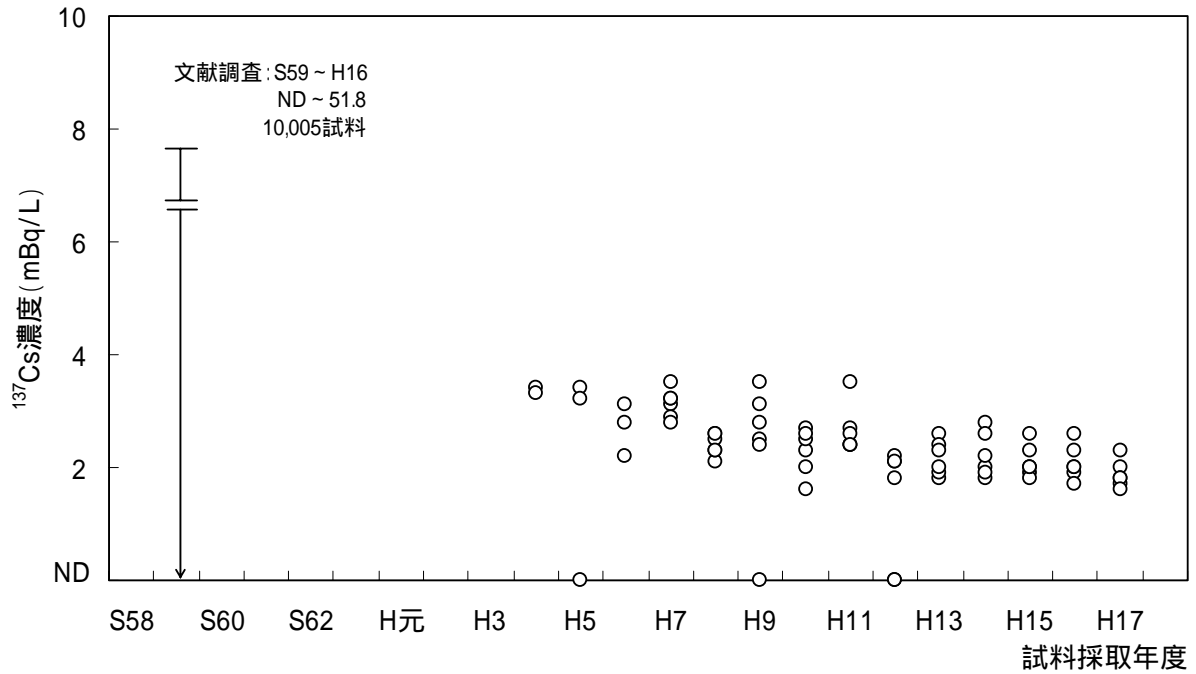


図2-3-1 (15) 飼育海水試料の¹³⁷Cs濃度変動状況

注) 文献調査:原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等による海水の分析値

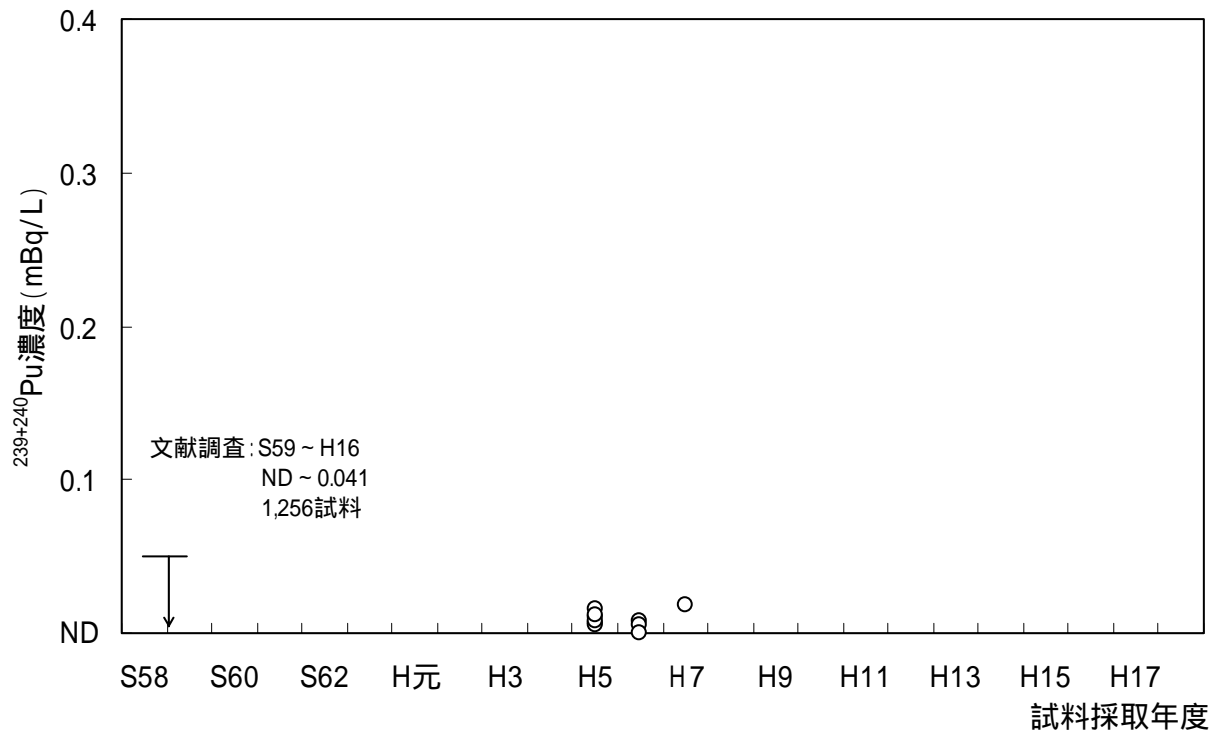


図2-3-1 (16) 飼育海水試料の $^{239+240}\text{Pu}$ 濃度変動状況

注) 文献調査: 原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等による海水の分析値

「特定核種移行試験」

従来の「定常調査」に加え「異なる飼餌料を与え長期に飼育した魚類の放射能調査」を平成 15 年度の予備調査、平成 16 年度のブリ当年魚に引き続き、平成 17 年度はブリ1年魚について実施した。なお、平成 16 年度は給餌する飼餌料を配合飼料とオキアミで実施したが、飼餌料のオキアミでは栄養不良による生残率の低下が見られたため、本年度は、給餌する飼餌料の種類を配合飼料と骨を除去した冷凍サバの2種類とした。

この調査では放射性核種濃度あるいは核種の存在形態が異なると考えられる2種類の飼餌料を給餌する試験区で核種の魚類への移行の相違を追跡することを目的としている。対象核種として ^{210}Po 、 ^3H 、また比較のために ^{137}Cs を選択し、とくに ^{210}Po を蓄積することが考えられる回遊性のブリを対象魚種とした。この課題の年度計画及び測定試料数は表 2-3-5(1)~(2)に示すとおりである。

ア. ポロニウム分析

現在の放射能水準にある海洋環境に生息する海産生物を食品として利用したときに人体が受ける被ばく線量の線源として最も重要な核種は ^{210}Po であるといわれている^{註 14)}。また、人体の摂取する ^{210}Po の多くは魚類を介したものであるといわれている。 ^{210}Po は特に回遊魚中に特有な幽門垂中に高濃度に検出される。本事業では、管理された飼育環境下で ^{210}Po の魚類移行を観察し、 ^{210}Po の魚類による濃縮機構を明らかにするための調査を平成 15 年度(予備調査)から開始した。

なお、本年度、 ^{210}Po 分析に供した魚類(ブリ1年魚)、飼餌料について ^{137}Cs 分析を実施した結果については「定常調査」の章で言及した。

ア) 海産生物

対象魚として平成 16 年度に搬入したブリ稚魚(当年魚)と同一群で、当協会に飼育したブリ1年魚を用いた。平成 17 年度飼育海産生物等試料中の ^{210}Po 放射化学分析結果を表 2-3-6 に示した。ブリ1年魚に異なる飼餌料(配合飼料、サバ)を給餌して飼育し、114 日間の飼育後、取上時に筋肉、内臓と測定部位を分けて ^{210}Po の分析に供した。配合飼料を給餌した試験区の筋肉における放射化学分析による ^{210}Po の分析値は、 $0.13 \pm 0.012\text{Bq/kg}$ 生、内臓は $13 \pm 0.7\text{Bq/kg}$ 生、サバを給餌した試験区は、筋肉が $0.059 \pm$

註 14): 原子力環境整備センター - (編): 海産生物への放射性物質の移行(環境パラメータ・シリ - ズ6, (財)原子力環境整備センター - (1996), p355

0.0073Bq/kg 生、内臓は 0.83 ± 0.11 Bq/kg 生であった。 ^{210}Po は魚体内に存在する ^{210}Pb からも生成されるため試料採取時の ^{210}Po 放射能を求めるためには、 ^{210}Pb からの寄与を差し引く必要がある。予備調査を実施した平成 15 年度と平成 16 年度に実施した ^{210}Po 分析について ^{210}Pb 寄与を補正した結果を表 2-3-7 に示す。3ヶ月間配合飼料で飼育したブリの筋肉、内臓の測定時暫定値はそれぞれ 0.086 ± 0.011 Bq/kg 生、 2.8 ± 0.20 Bq/kg 生であり、飼育期間の増加とともに特に内臓では ^{210}Po 濃度の増加がある可能性が推測された。 ^{210}Po の物理学的半減期は 138.4 日であり、本年度の飼育期間 114 日はこれより短い。上述の値からも明かのように魚体中の ^{210}Po 濃度は飼育期間を無限大としたときの平衡値には達していないことが想像されよう。

イ) 飼餌料

ブリ用配合飼料、サバの ^{210}Po 分析値は、それぞれ、 26 ± 2.1 Bq/kg 飼料、 0.47 ± 0.028 Bq/kg 餌料であった(表 2-3-6)。過去 2 年間調査したブリ用配合飼料、オキアミの 4 試料の測定時暫定値は、ブリ用配合飼料が、 11 ± 0.5 Bq/kg 飼料、 7.8 ± 0.45 Bq/kg 飼料、オキアミが、 1.8 ± 0.08 Bq/kg 餌料、 0.67 ± 0.036 Bq/kg 餌料(表 2-3-7)であり、本年度の値はブリ用配合飼料が最も高い値であり、サバはオキアミに比べ若干低い。配合飼料は前述のように原材料である魚粉となる原料魚を、骨、内臓等含んだ状態で加工・製品されるため、飼料中の ^{210}Po 濃度は原料魚に大きく左右されることが推測される。 ^{210}Po の半減期を考慮すると、飼餌料中の ^{210}Po は原材料や製造期日あるいは給餌する飼餌料の新鮮さに影響受けることが考えられ、試験に用いる飼餌料は製造番号、製造期日をそろえるなど ^{210}Po 濃度には常に留意することが必要になる。

ウ) 飼育海水

ブリの飼育水の ^{210}Po の分析値は、 1.2 ± 0.14 mBq/L であった。平成 15 年度、平成 16 年度の飼育水について ^{210}Pb 寄与を補正した値は、 1.3 ± 0.40 mBq/L、検出下限値未満(表 2-3-7)で ^{210}Pb と ^{210}Po の放射平衡を仮定すると ^{210}Po の減損がみられる。両者の浮遊懸濁物への吸着特性の相違あるいは生物による利用などに関する分別効果があることが類推されるが、この事実の妥当性については今後データを蓄積していく必要がある。

また、給餌した飼餌料の ^{210}Po 濃度は、配合飼料の方がサバに比べて約 55 倍高い濃度であり、その配合飼料で飼育したブリの筋肉と内臓の ^{210}Po 濃度は、サバで飼育したブリに比べて、筋肉では約 2 倍、内臓では約 16 倍の濃度で検出された。そこで、試験区

毎の取り上げ時におけるブリ魚体重 1kg あたりの ^{210}Po 摂取量を求めた。表 2-1-3、表 2-3-6 からブリ魚体重 1kg あたりの ^{210}Po 摂取量 = (総給餌量 × 飼餌料中の ^{210}Po 濃度 × 飼料効率) ÷ 取り上げ時魚体総重量、で求めた場合、ブリ魚体重 1kg あたりの ^{210}Po 摂取量は配合飼料区が 8.6Bq/魚体重 1kg、サバ区が 0.1Bq/魚体重 1kg となり、配合飼料区の方がサバ区に比べ約 85 倍多く ^{210}Po を摂取したことになる。よって、 ^{210}Po の多い飼餌料によって飼育された魚の ^{210}Po 濃度は高くなることが推測される。

なお、本年度の ^{210}Po 測定値は ^{210}Pb の補正を行う必要があるため平成 18 年度に ^{210}Pb 分析を行う。

イ.トリチウム分析

ア)海産生物

平成 17 年度飼育海産生物等試料中の ^3H 分析結果を表 2-3-8 に示した。2つの飼餌料区におけるブリ可食部について2つの化学形(組織自由水 ^3H 及び有機結合同型 ^3H)の ^3H の分析値は、配合飼料区は、組織自由水 ^3H 濃度が $1.5 \pm 0.03\text{Bq/L}$ ($0.99 \pm 0.018\text{Bq/kg}$ 生鮮物)、有機結合同型 ^3H 濃度が $0.54 \pm 0.095\text{Bq/L}$ ($0.12 \pm 0.022\text{Bq/kg}$ 生鮮物)、サバ区は、組織自由水 ^3H 濃度が $1.6 \pm 0.03\text{Bq/L}$ ($1.0 \pm 0.02\text{Bq/kg}$ 生鮮物)、有機結合同型 ^3H 濃度が $0.45 \pm 0.095\text{Bq/L}$ ($0.10 \pm 0.021\text{Bq/kg}$ 生鮮物)であった。

イ)飼餌料

ブリ用配合飼料、及びサバにおける組織自由水 ^3H 濃度はそれぞれ、 $0.41 \pm 0.020\text{Bq/L}$ ($0.031 \pm 0.0015\text{Bq/kg}$ 飼料)、 $0.19 \pm 0.018\text{Bq/L}$ ($0.12 \pm 0.011\text{Bq/kg}$ 餌料)、有機結合同型 ^3H 濃度はブリ用配合飼料が検出限界値未満、サバは $0.34 \pm 0.094\text{Bq/L}$ ($0.084 \pm 0.023\text{Bq/kg}$ 餌料)であった。ブリ用配合飼料では有機結合同型 ^3H が組織自由水 ^3H と比較して低い値を示したが、逆にサバでは有機結合同型 ^3H の方が高くなる傾向を示した。

ウ)飼育海水

ブリの飼育水 ^3H の分析値は、 $1.5 \pm 0.030\text{Bq/L}$ であった。本年度得られた濃度、 $1.5 \pm 0.030\text{Bq/L}$ は、平成 14～16 年度の間に得られた濃度、 $0.15 \pm 0.024 \sim 0.32 \pm 0.027\text{Bq/L}$ (表 2-3-9)、あるいは原子力発電所周辺環境放射線モニタリング調査結果、海洋環境放射能総合評価事業成果報告書等による平成 3 年から平成 15 年度調査結果における報告値、検出限界値未満～ 0.47Bq/L の変動範囲外であり、本年度最も高い値を示した。 ^3H は原子力発電所及び原子力関係施設から管理放出されている。そこで茨城県東海地区環境放射線監視委員会が実施しているモニタリング調査、「環境放射線監視

季報」第 132～134 報(平成 17 年度第 1 四半期～第 3 四半期、4 月～12 月)における ^3H の測定値を調査した。調査対象施設は日本原子力発電株式会社、原子力機構原科研及び独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センター-核燃料サイクル工学研究所(以下原子力機構サイクル工研と呼ぶ)の計 3 事業所である。その結果 9 ヶ月間での各施設からの排気中における ^3H 最高濃度は、検出限界値未満～ $8.1 \times 10^{-1}\text{Bq}/\text{cm}^3$ で、排水中の ^3H 平均濃度は、検出限界値未満～ $5.0 \times 10^3\text{Bq}/\text{cm}^3$ であった^{註 15)}。よって本年度得られた濃度、 $1.5\text{Bq}/\text{L}$ は Bq/cm^3 に換算すると $1.5 \times 10^{-3}\text{Bq}/\text{cm}^3$ となり、上記の施設から管理放出されている ^3H の変動範囲内であった。

また、魚体の組織自由水 ^3H 濃度は、海水の ^3H 濃度と大きな相違はなかった。昨年度のブリ当年魚と比較しても、組織自由水 ^3H の変動要因は、飼餌料からの取り込みよりも環境水の影響が主な原因であることが推測される。

註 15):各施設の ^3H 放出管理基準値(管理目標値、法令値)は以下の通りである。

1. 排気中

施設名		管理目標値 (Bq/cm^3)
原子力機構 サイクル工研	再処理施設・ 主排気筒	2.4×10^{-1}

2. 排水中

施設名		法令値 (Bq/cm^3)
日本原子力発電 株式会社	東海第二発電所	6×10^1
原子力機構原科研	第 2 排水溝	6×10
原子力機構 サイクル工研	再処理施設	2.5×10^4

*1: 水としての法令値

表2-3-5 (1) 異なる飼餌料を与え長期に飼育した魚類の放射能調査
年度計画

年度	H16	H17	H18	H19
分析対象核種				
^{210}Po	←—————→			
^{210}Pb		←—————→		
^3H	←—————→			
^{137}Cs	←—————→			

注) <—> :分析実施期間を示す。

調査対象魚類:ブリ(H16は当年魚、H17は1年魚、H18は2年魚)

表2-3-5 (2) 異なる飼餌料を与え長期に飼育した魚類の放射能調査
測定試料数

分類	試料名	試料区分	分析項目				備考
			^{210}Po *2	^{210}Pb	^3H *3	^{137}Cs	
海産生物	ブリ	筋肉 内臓					2試料
		全身 組織自由水 ^3H 有機結合型 ^3H					
飼餌料	ブリ用配合飼料	組織自由水 ^3H 有機結合型 ^3H					
	サバ *1	組織自由水 ^3H 有機結合型 ^3H					
海水	ブリ飼育水						
合計試料数			7	7	9	4	

*1:平成17年度は生サバ(骨除去したもの)を給餌した(平成16年度はオキアミ給餌)。

*2: ^{210}Po は、分析した ^{210}Po 分析値を次年度に ^{210}Pb 分析して ^{210}Pb 寄与分を補正する。

*3: ^3H は、2つの化学形(組織自由水 ^3H 、有機結合型 ^3H)について分析する。

表2-3-6 平成17年度飼育海産生物等試料の²¹⁰Po放射化学分析結果

試料	ブリ1年魚(配合飼料区)		ブリ1年魚(サバ区)		ブリ用配合飼料	サバ	ブリ飼育水
	筋肉	内臓	筋肉	内臓			
供試部位					-	-	-
重量(g)	1,002	783	1,022	835	11,962	2,000	-
乾燥残分率(%)	32.1	37.6	35.3	41.6	92.3	36.6	-
供試量(g)	10.005	1.001	10.003	1.000	1.000	20.010	5.0(L)
測定日	2006/2/16	2006/2/16	2006/2/16	2006/2/16	2006/2/20	2006/2/16	2006/2/6
分析核種	²¹⁰ Po ^{*1}	0.13 ± 0.012	0.059 ± 0.0073	0.83 ± 0.11	26 ± 2.1	0.47 ± 0.028	1.2 ± 0.14

*1:平成17年度の結果は測定時暫定値の結果である(平成18年度²¹⁰Pb分析を行い寄与分補正する)。

注) 1. ²¹⁰Poの単位は、海産生物についてはBq/kg生、飼餌料についてはBq/kg飼料・餌料、海水についてはmBq/Lである。

2. 分析結果は試料採取日に減衰補正した。

表2-3-7 海産生物等の²¹⁰Po放射化学分析結果(²¹⁰Pb補正結果)

試料名	試料採取日	飼育期間	平均体長(cm) (最大 / 最小)	平均体重(g) (最大 / 最小)	分析部位	²¹⁰ Po(1)	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po(2)
魚類	ブリ3年魚(配合飼料区) 2003/11/12	3年5ヶ月	57.0 ± 6.0	3634.0 ± 1094.5	筋肉 (0.067 ± 0.027)	0.12 ± 0.02	0.09 ± 0.011	
			(49.0 / 62.0)	(2170 / 4720)	内臓	8.5 ± 0.75	0.4 ± 0.14	4.9 ± 0.41
			23.3 ± 0.8	262.8 ± 25.4	筋肉	0.15 ± 0.023	0.027 ± 0.0061	0.086 ± 0.011
魚類	ブリ当年魚(配合飼料区) 2004/10/21	3ヶ月	(21.5 / 25.0)	(215 / 305)	内臓	5.6 ± 0.41	0.13 ± 0.043	2.8 ± 0.20
			16.5 ± 1.0	87.8 ± 17.6	筋肉	0.27 ± 0.033	0.024 ± 0.0047	0.15 ± 0.016
			(15.0 / 19.5)	(55 / 145)	内臓	3.4 ± 0.39	0.14 ± 0.043	1.9 ± 0.21
飼餌料	ブリ用配合飼料	2003/11/12				19 ± 1.0	2.1 ± 0.11	11 ± 0.5
	オキアミ	2003/11/12				2.9 ± 0.15	0.4 ± 0.023	1.8 ± 0.08
	ブリ用配合飼料	2004/10/22				13 ± 0.9	3.0 ± 0.17	7.8 ± 0.45
	オキアミ	2004/10/22				0.93 ± 0.078	0.44 ± 0.028	0.67 ± 0.036
海水	ブリ飼育水	2003/11/12				1.3 ± 0.40	3.8 ± 0.34	2.3 ± 0.17
		2004/10/21				(0.63 ± 0.26)	1.8 ± 0.21	1.0 ± 0.15

注) 1. 分析核種の²¹⁰Po、²¹⁰Pb補正用²¹⁰Poの単位は、海産生物についてはBq/kg生、飼餌料についてはBq/kg飼料・餌料、飼育水についてはmBq/Lである。

2. ²¹⁰Po(1)は²¹⁰Pb寄与分補正、試料採取日に減衰補正した。

²¹⁰Po(2)は、²¹⁰Pb寄与分未補正、測定時暫定値である。

3. 分析結果の表示は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについて有効数字2桁、それ以下のものについては参考値として()を付けて示し、誤差は計数誤差のみを示した。

4. 平成15年度は予備調査としてブリ用配合飼料を給餌して飼育したブリ3年魚を測定した。平成16年度から異なる飼餌料を与え長期に飼育した魚類の放射能調査のため、ブリ用配合飼料とオキアミを給餌したブリ当年魚を測定した。

表2-3-8 平成17年度飼育海産生物等試料の³H分析結果

単位: Bq/L

試料	ブリ1年魚(配合飼料区)		ブリ1年魚(サバ区)		ブリ用配合飼料		サバ		ブリ飼育水
	2005/11/14	2005/11/14	2005/11/14	2005/11/14	2005/11/14	2005/11/14	2005/11/14	2005/11/14	2005/11/14
試料採取日	2005/11/14		2005/11/14		2005/11/14		2005/11/14		2005/11/14
供試部位	全身		全身						
重量(g)	2,419		2,399		11,962		2,000		60(L)
化学形	組織自由水		有機結合同型		組織自由水		有機結合同型		
燃焼供試量(g)		132.20		139.88		137.18		121.12	
回収水分量(mL)		87.33		89.14		80.03		82.36	
乾燥残分(%)	34.4	34.4	35.3	35.3	92.3	92.3	36.6	36.6	
電解濃縮開始日	2006/2/6		2006/2/6		2006/2/6		2006/2/6		2005/12/8
電解濃縮終了日	2006/2/20		2006/2/20		2006/2/20		2006/2/20		2005/12/22
電解濃縮前液量(mL)	497.5		497.5		497.5		497.5		497.5
電解濃縮後液量(mL)	51.75		52.31		50.40		53.40		48.87
電解濃縮係数	6.72		6.64		6.90		6.51		6.19
供試量(mL)	47.5	50.0	48.0	50.0	46.5	50.0	49.9	50.0	44.7
測定日	³ H	2006/2/22	2006/2/14	2006/2/14	2006/2/22	2006/2/8	2006/2/22	2006/2/14	2005/12/28
分析核種	³ H	1.5 ± 0.03	0.54 ± 0.095	1.6 ± 0.03	0.45 ± 0.095	0.41 ± 0.020	(0.23 ± 0.095)	0.19 ± 0.018	0.34 ± 0.094
									1.5 ± 0.030

注) 1. 分析結果の表示は、計数値がその計数誤差の3倍を越えるものについて有効数字2桁、それ以下のものについては参考値として()を付けて示し、誤差は計数誤差のみを示した。
 2. 分析結果は試料採取日に減衰補正した。

表2-3-9 海産生物等の³H経年変化

試料名	試料採取日	飼育期間	平均体長(cm) (最大 / 最小)	平均体重(g) (最大 / 最小)	³ H		単位: Bq/L	
					分析部位	組織自由水 ³ H		有機結合型 ³ H
魚類	ブリ3年魚(配合飼料)	2003/11/12	3年5ヶ月	57.0 ± 6.0 (49.0 / 62.0)	3634.0 ± 1094.5 (2170 / 4720)	全身	0.52 ± 0.029	0.48 ± 0.095
	ブリ当年魚(配合飼料区)	2004/10/21	3ヶ月	23.3 ± 0.8 (21.5 / 25.0)	262.8 ± 25.4 (215 / 305)	全身	0.19 ± 0.025	(0.21 ± 0.079)
	ブリ当年魚(オキアミ区)	2004/10/21	3ヶ月	16.5 ± 1.0 (15.0 / 19.5)	87.8 ± 17.6 (55 / 145)	全身	0.20 ± 0.024	(0.20 ± 0.079)
飼餌料	ブリ用配合飼料	2003/11/12					0.34 ± 0.031	0.37 ± 0.095
	オキアミ	2003/11/12					0.26 ± 0.027	0.36 ± 0.095
	ブリ用配合飼料	2004/10/22					0.35 ± 0.025	(0.28 ± 0.099)
	オキアミ	2004/10/22					0.21 ± 0.025	(0.008 ± 0.099)
海水		2002/8/31					0.16 ± 0.025	
		2002/10/31					0.24 ± 0.026	
		2003/11/12					0.32 ± 0.027	
		2004/10/21					0.15 ± 0.024	

注) 1. 分析結果の表示は、計数値がその計数誤差の3倍を超えるものについて有効数字2桁、それ以下のものについては参考値として()を付けて示し、誤差は計数誤差のみを示した。

2. 分析結果は試料採取日に減衰補正した。

3. 平成15年度は予備調査としてブリ用配合飼料を給餌して飼育したブリ3年魚を測定した。平成16年度から異なる飼餌料を与え長期に飼育した魚類の放射能調査のため、ブリ用配合飼料とオキアミを給餌したブリ当年魚を測定した。

4) 温排水による親魚養成、産卵、ふ化等の各成長段階における放射能濃度を比較するための飼育魚の選定、飼育方法の検討

稚魚または未成魚を購入・放養し、一定期間飼育した後でその放射能を測定する方法に対し、採卵、飼育、親魚養成を続け、各成長段階での放射能濃度を測定し比較することを目的に、前年度に引き続きこのテーマによる検討を実施した。

本年度は、マダイ、ヒラメについて、前年度に引き続き養成中の親魚より、産卵、ふ化、飼育試験を実施した。

さらに、平成2年に卵で搬入し飼育したマダイが親魚(F1)となって平成5年に産卵し、3カ年(平成5～7年)同一親魚(F1)で自家採卵、飼育した。また平成5年群が成長し親魚(F2)となって平成8年群(F3)を生産し、更にこの群れが成長し親魚となって平成11年に産卵し、3カ年(平成11～13年)同一親魚(F3)で自家採卵、飼育した。また、平成12年群(F4)が親魚となって平成14～15年群(F5)の2カ年生産し、平成12年群と兄弟にあたる平成13年群が親魚となり、平成16年に産卵したため自家採卵、飼育した。平成17年度は、平成15年群が親魚となり、産卵したため(F6)自家採卵、飼育した。そこで、平成2年群を含め12年群について世代間及び同一親魚での生産(兄弟)における採卵後2カ年間の成長(平成17年群は1年間のみ)について追跡検討した。

(1) 飼育魚

マダイ

ア. 2年魚

平成15年4月に卵からふ化し、2年4カ月飼育したマダイの一部を採取しその筋肉・脊椎骨を放射能分析に供した。

イ. 1年魚

平成16年5月に東海事業所において採卵、ふ化して、1年5カ月飼育したマダイの一部を採取しその筋肉を放射能分析に供した。

ウ. 当年魚

平成17年4月に東海事業所において採卵、ふ化して、8カ月飼育したマダイの一部を採取しその筋肉を放射能分析に供した。

ヒラメ

ア. 2年魚

平成15年5月に東海事業所において採卵、ふ化して、2年6ヶ月飼育したヒラメ2

年魚の一部を採取しその筋肉を放射能分析に供した。

イ. 当年魚

平成 17 年 3 月に静岡県温水利用研究センターで採卵、卵搬入後に東海事業所においてふ化して 9 カ月飼育したヒラメの一部を採取しその筋肉を放射能分析に供した。

分析結果については、既に記したとおりであり(表 2-3-1(1)～(2))、マダイの 2 年魚、1 年魚、当年魚の分析値及びヒラメの 2 年魚、当年魚の分析値ともほぼ同様の値であり差異は認められなかった。

なお、マダイ、ヒラメ種苗生産の進め方を図 2-4-1 に示した。

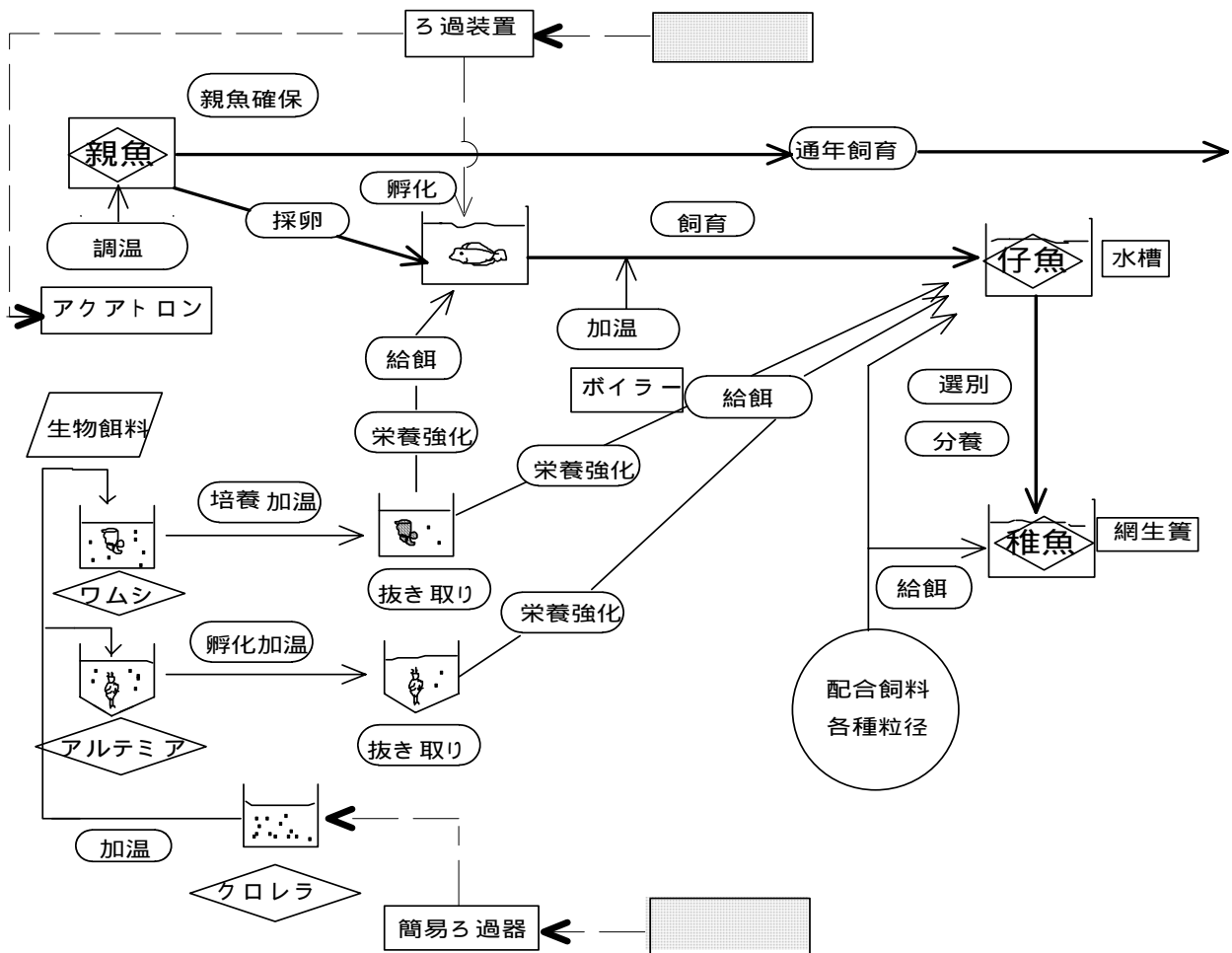


図2-4-1 マダイ・ヒラメ種苗生産概念図

(2) マダイの年群間の成長についての検討

財団法人温水養魚開発協会東海事業所は年間約 2,000 人の見学者がある。これら見学者の質問には「安全かどうか」と「孫子の代への放射能の影響について」が多い。前者については本事業の説明を行っている。後者についての回答としては、遺伝子レベルの検討は他に譲るとして遺伝的に何らかの影響があるとすれば魚類の成長、生残率、体型等に差異が生じると思われることから、種苗生産したマダイの2カ年間の成長について取りまとめ図示して説明している。一般に魚類の成長は水温、溶存酸素、pH 等の水質や飼育密度等のストレスに影響を受ける。大量の飼育水による流水養魚方式で飼育する場合は飼育密度を低くすれば飼育魚による水質悪化が問題となることはなく、飼育水温が大きな成長制限要因となる。また、飼育条件に多少の相違があっても同じ管理方法による2カ年間という長い飼育時間のなかで群間の飼育条件の相違は相殺され、ほぼ同等の成長をすることが推定される。同じ系統で同親同士の間掛け合わせによる純血種の影響も含め何らかの遺伝的影響があるとすれば成長に差がでると考え、飼育水温とともに年群間の成長について検討した。

方法

各群は4～6月に採卵し、種苗生産したもので、同様の 1.2tFRP 水槽、中間育成池、飼育池で飼育した。飼料は魚体の成長にあわせてマダイ用配合飼料を適宜投与した。給餌は強い“せり”がある間だけ行い残餌がでないようにした。

マダイの系統図を図 2-4-2 に示した。平成 2 年 5 月に千葉県から搬入した卵から飼育を開始した。成長したマダイを親魚 (F1) として平成 5～7 年群まで同一親魚で採卵、種苗生産した。平成 5 年に採卵、種苗生産した群 (F2) を親魚として平成 8 年群 (F3) を生産した。また、平成 8 年群を親魚として平成 11～13 年群まで同一親魚で採卵、種苗生産した。さらに、平成 12 年群 (F4) を親魚として平成 14 (F5)～15 年群を同一親魚で採卵、種苗生産した。さらに、平成 12 年群と兄弟にあたる平成 13 年群 (F4) を親魚として平成 16 年群 (F5) を採卵、種苗生産した。平成 17 年群は平成 15 年群 (F5) を親魚として採卵、種苗生産した (F6)。合計 12 群について採卵後 2 年間の成長 (平成 17 年群は 1 年間のみ) について追跡検討した。

結果と考察

各年群の成長結果を表 2-4-1、各年群の体重測定年月日を表 2-4-2 に示した。また、各年群毎の孵化後 2 年間の積算水温を図 2-4-3 に、成長を図 2-4-4 に、2 カ年度毎

の飼育水温については図 2-4-5 に示した。平成 7 年群は順調に温排水取水が可能であり、2カ年の飼育期間中 20～22℃と適温を維持できたため、612 日飼育し、積算水温 14,985℃で、平均体重が 458g になった。平成 6、8、12、16 年群は2カ年間通してみるといずれかの時点で短期間自然海水取水による水温低下があるため、平成 7 年群より成長が低めである。しかし、この3群(F2、F3、F4、F5)は飼育日数、積算水温に違いがあるが標準偏差の範囲内で大きく重なり合い、成長の差は認められない。平成 5 年度と平成 11 年度は発電所が年間を通して停止したのではほぼ1年中自然海水を取水した。平成 5・11 年群は平成 2・13 年群と比較すると翌4月までの成長が遅れているが、その後温排水取水とともに成長は回復し、最終的には2年度始めに自然海水を取水して成長が遅れた平成 2 年群、平成 13 年群と同じような平均体重になった。平成 14 年群は、度重なる発電所の定期検査、緊急停止等により水温の低い自然海水を取水したため、翌4月までの成長が平成 5 年群と同じような体重であった。2年度末の平均体重が 168g と年群毎に比較した場合最も成長が低かったが、平成 5 年群と比較すると約2ヶ月間早く測定したため、飼育期間を考慮するとほぼ同じ成長をしたと思われた。平成 17 年群はまだ1年のみの飼育であるが、8ヶ月飼育した時点では、飼育期間に若干違いがあるが、平成 6、16 年群とほぼ同じ程度の成長であった。

平成 2 年群を含む 12 群について積算水温と平均体重(当年魚・1年魚)の関係について図 2-4-6 に示した。両者には相関が認められ、近似曲線で表すと

$$Y = 13.857 e^{0.002x}$$

$$R^2 = 0.8979$$

であった。

以上のことから、飼育期間、水温等の異なる飼育環境を考えれば、飼育水温の違いによる成長差以外に各年群に大きな成長差があるとは言えない。飼育期間に長短はあるが、飼育積算水温が高い方がより多く増重する傾向が認められた。すなわち成長に関しては各年群間の遺伝的な差があるとはいえない。

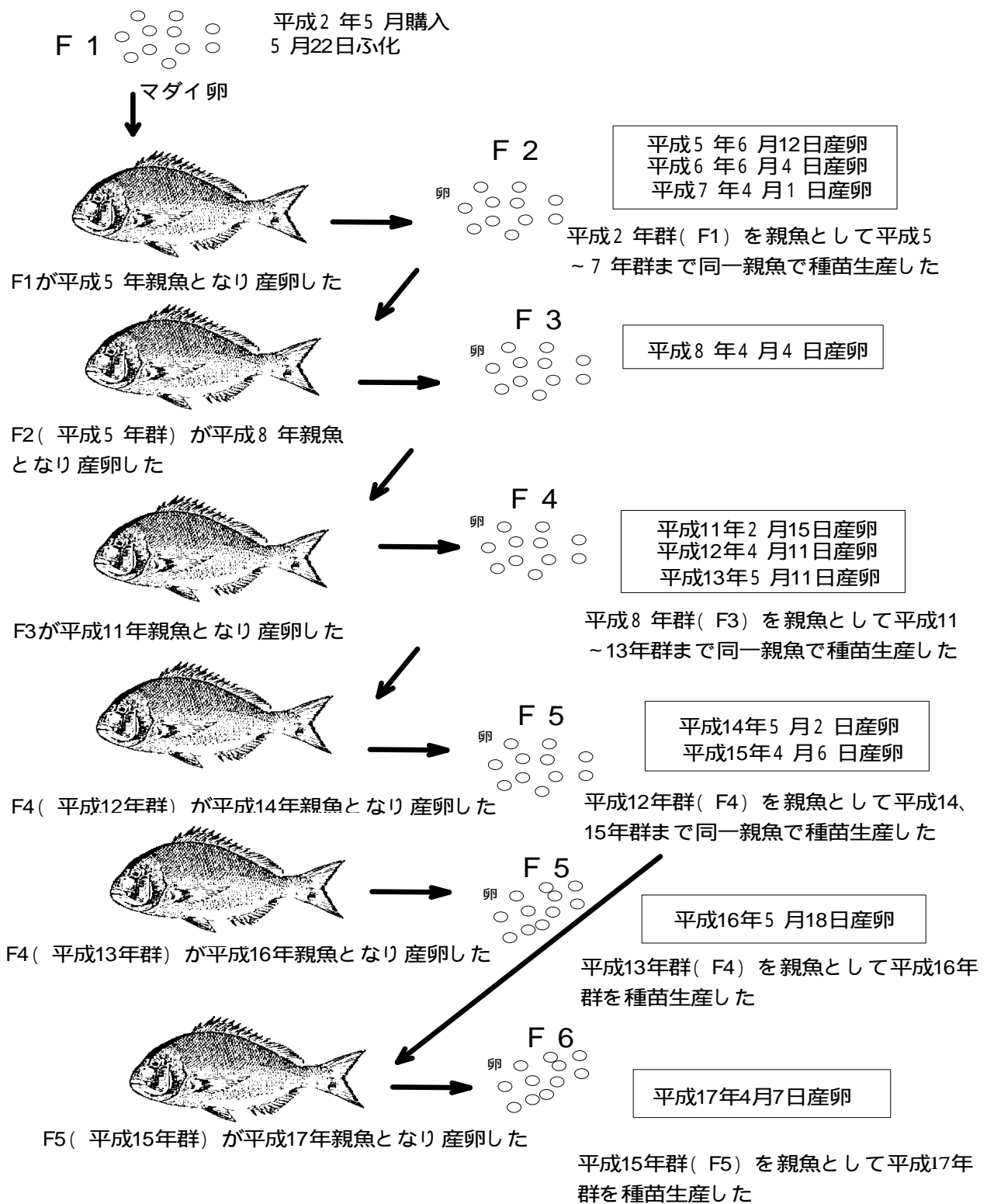


図2-4-2 マダイの系統図

表2-4-1 各年群マダイ当年魚、1年魚の成長

	産卵日	平均体重(g)							
		年度末		2年度始め		2年度末		飼育日数	
平成2年産卵群	5月22日	69		120		250			597
平成5年産卵群	6月12日	39.5	± 7.1	51	± 10.2	232	± 59.7		552
平成6年産卵群	6月4日	51	± 11.4	115	± 29.7	374	± 79.3		558
平成7年産卵群	4月1日	79.6	± 13.5	223	± 39.0	458	± 83.0		612
平成8年産卵群	4月4日	92.5	± 13.8	128	± 26.2	318	± 59.0		540
平成11年産卵群	2月15日	86	± 20.2	90	± 22.2	245	± 52.0		639
平成12年産卵群	4月11日	69.2	± 12.6	154	± 32.7	362	± 62.0		598
平成13年産卵群	5月11日	72.5	± 11.4	103	± 18.7	258	± 49.4		587
平成14年産卵群	5月2日	44.4	± 7.1	67	± 9.8	168	± 27.9		537
平成15年産卵群	4月6日	41.8	± 6.6	74	± 12.0	184	± 37.0		564
平成16年産卵群	5月18日	53.1	± 8.6	141.6	± 28.5	391.6	± 48.8		542
平成17年産卵群	4月7日	56.3	± 6.9						251

表2-4-2 各群毎の当年魚、1年魚の体重測定日

	年度末	2年度始め	2年度末	備考
平成2年産卵群	H3.1.2	H3.4.7	H4.1.8	平成2年に購入卵を飼育した F 1
平成5年産卵群	H6.1.11	H6.5.18	H6.12.15	平成2年群が親魚となり自家採卵後飼育 F 2↑
平成6年産卵群	H7.1.11	H7.5.12	H7.12.13	"
平成7年産卵群	H7.12.13	H8.4.23	H8.12.2	"
平成8年産卵群	H8.12.19	H 9.4.8	H9.9.25	平成5年群が親魚となり自家採卵後飼育 F 3
平成11年産卵群	H12.2.29	H12.4.11	H12.11.14	平成8年群が親魚となり自家採卵後飼育 F 4↑
平成12年産卵群	H13.1.16	H13.5.16	H13.11.30	"
平成13年産卵群	H13.12.18	H14.3.18	H14.10.15	"
平成14年産卵群	H15.1.2	H15.4.22	H15.10.20	平成12年群が親魚となり自家採卵後飼育 F 5↑
平成15年産卵群	H15.12.15	H16.5.6	H16.10.20	"
平成16年産卵群	H16.12.6	H17.7.23	H17.11.10	平成13年群が親魚となり自家採卵後飼育
平成17年産卵群	H17.12.13			平成15年群が親魚となり自家採卵後飼育 F 6

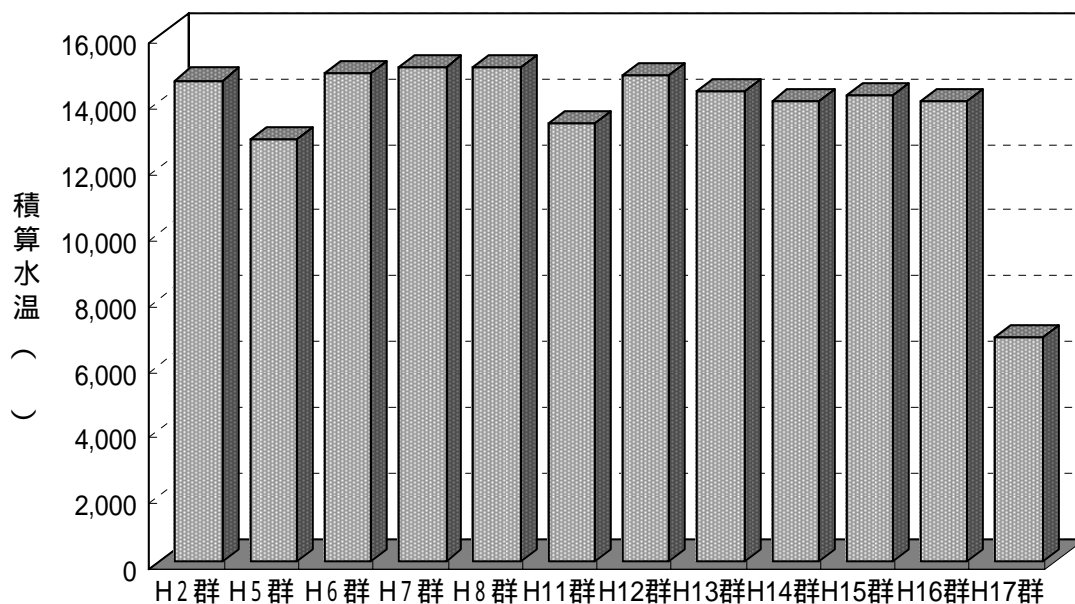


図2-4-3 年群間別2カ年間の積算水温
(平成17年群は1カ年のみ)

- 平成2年群 ■平成5年群 ▲平成6年群 ×平成7年群 ○平成8年群 ●平成11年群
- +平成12年群 □平成13年群 ○平成14年群 ■平成15年群 ▲平成16年群 ▲平成17年群

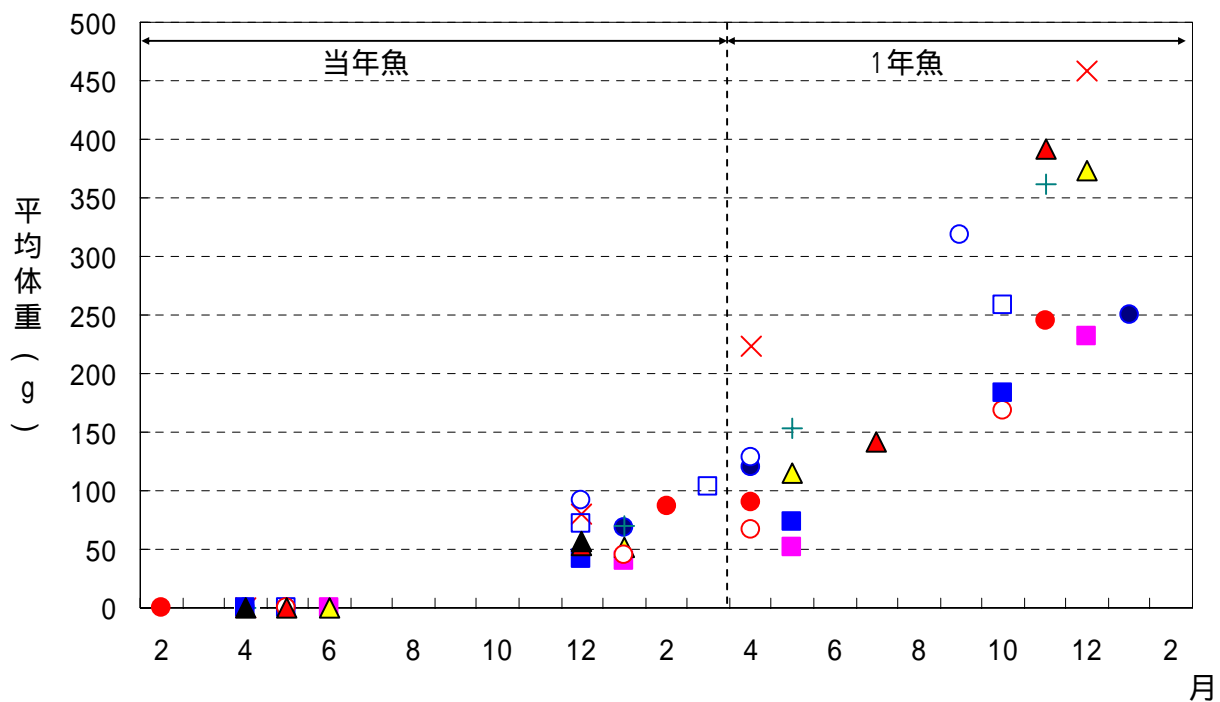


図2-4-4 各年群毎の2カ年間の成長

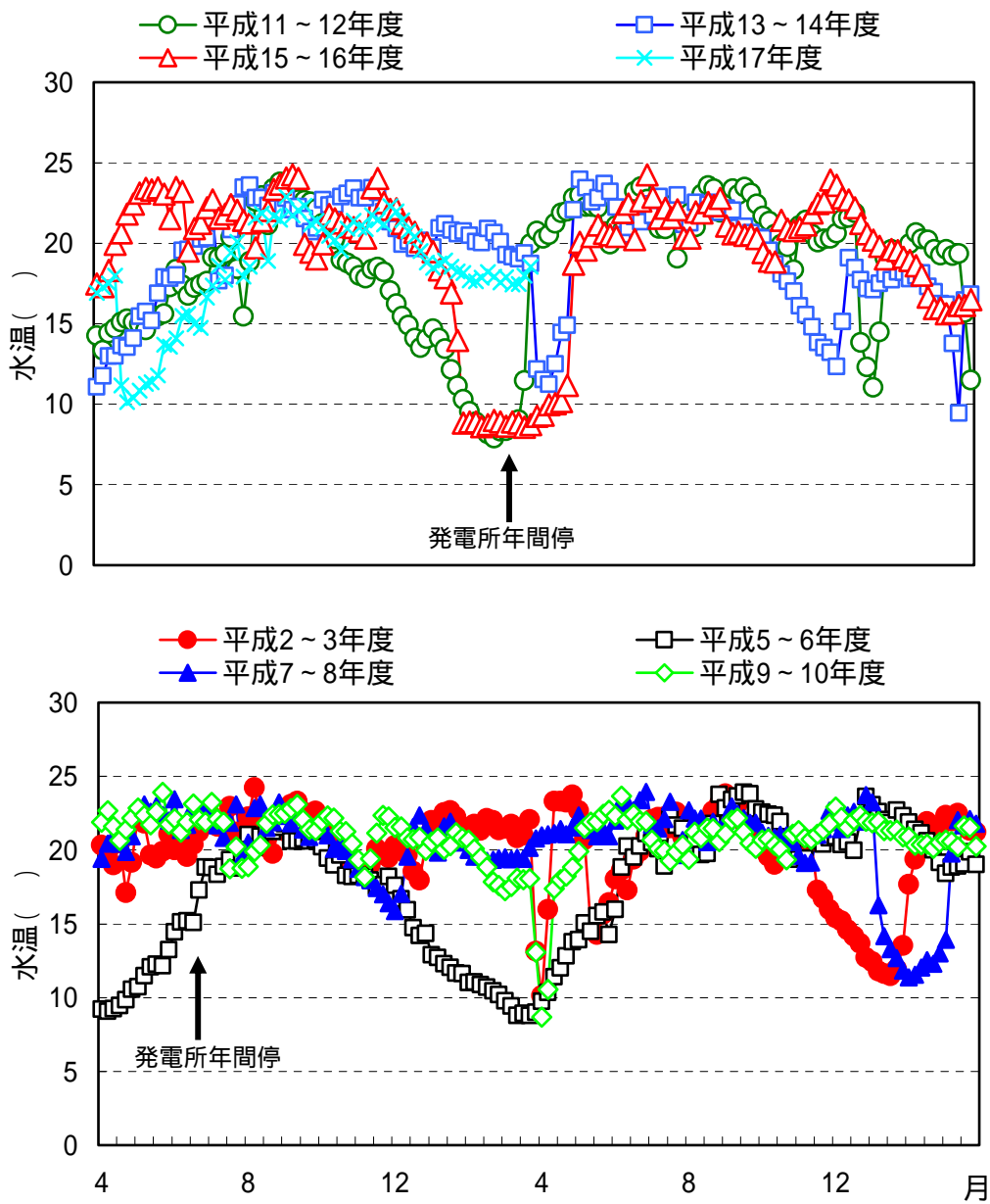


図2-4-5 2カ年間の飼育水温(5日毎の平均水温)

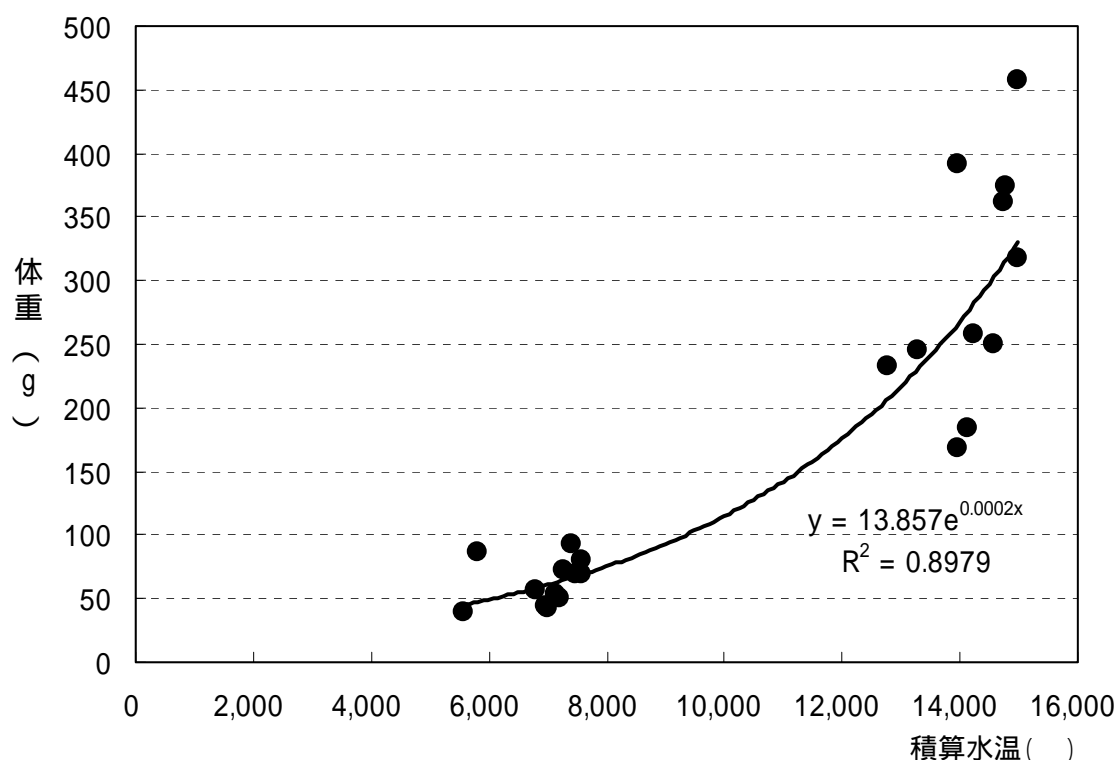


図2-4-6 積算水温と体重(当年魚、1年魚)の関係

3. 普及資料の作成

海洋環境放射能総合評価事業について、温排水等により飼育した海産生物に関する放射能調査及び評価におけるその内容と、現在までに得られた成果を取りまとめ、以下の資料等を作成し、水産関係団体、原子力関係事業団体等に配布するとともにその普及に努めた。また、ホームページを開設したためその維持管理を実施した。資料の作成、ホームページ制作については、海産生物飼育・放射能調査委員会及び関係者の指導・助言を得た。

- 1) 発電所温水利用養魚事業を実施している関係機関から、当協会に資料として提供頂いた、「発電所温水利用養魚事業成果及び事業計画」、及び事業の「広報パンフレット」を主にしてとりまとめ、解説を加えたパンフレットを作成した。

(1) 発電所温水養魚の現況

- 2) 平成16年度に実施した海洋環境放射能総合評価事業の調査結果を公表する資料

(1) 平成16年度海洋環境放射能総合評価事業成果報告書

- 温排水等により飼育した海産生物に関する放射能調査及び評価 -

- 3) インターネット上のホームページで本事業の仕組み、調査方法、分析結果等を公表した。

当該ホ - ムペ - ジの URL は:

<http://www.jf-net.ne.jp/onsui/>

である。なお、平成 18 年 3 月 31 日現在でのアクセス数は 280 である。

4. 海産生物飼育・放射能調査検討委員会

本事業の円滑な運営と効果的な展開を図るために、技術的・専門的立場からの的確な指導を得、また事業の合理的かつ効率的な推進を図るため、「海産生物飼育・放射能調査検討委員会」を設置し、検討委員会を年 3 回開催した。

1) 検討委員会の設置

本事業の柱となる 海産生物の飼育、海産生物等の放射能測定、測定結果の評価及び基礎資料のとりまとめ、温排水による親魚養成、産卵、ふ化等の各成長段階における放射能濃度を比較するための飼育魚の選定、飼育方法を検討するため、海産生物の飼育計画、海産生物・飼餌料・砂泥等の試料採取計画、放射性核種分析における測定対象種と分析法の選定、測定結果の評価ならびに温排水による種苗生産と飼育等について、技術的、専門的な立場からの助言を得るために、検討委員会を設置した。

検討委員会の構成は次のとおりである。

海産生物飼育・放射能調査検討委員会委員名簿

印 委員長（順不同）（平成 18 年 3 月 31 現在）

友定 彰

財団法人日本水路協会海洋情報研究センター - 所長

渡部 輝久

独立行政法人放射線医学総合研究所放射線安全研究センター -
防護体系構築研究グループ第 7 チ - ムリ - ダ -

大川 雅登

茨城県農林水産部漁政課 技佐

岩崎 順

茨城県水産試験場浅海増殖部(栽培技術センター)浅海増殖部長

吉田 彰宏

茨城沿海地区漁業協同組合連合会指導部指導部長

河野 清

社団法人日本原子力産業会議 総務本部第2ケル・フリ・タ・

松浦 賢一

独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センタ・

原子力科学研究所 放射線管理部 環境放射線管理課 課長代理

佐藤 兼章

財団法人日本分析センタ・分析部部长

2) 検討委員会の開催

第1回検討委員会

平成17年7月5日、コ・プビル6階第4会議室(東京都千代田区内神田1-1-12)において、委員ならびに関係官庁担当官出席のもとに次の議題で開催した。

ア. 平成17年度事業計画について

イ. 海産生物の飼育(現在の飼育状況と今後の放養計画)

ウ. 放射能調査(放射能測定方法、試料の種類、数量、試料の採取時期と測定時期等、飼育海水の放射能分析)

この委員会によって、海産生物の飼育魚種、放射能調査計画等が決定された。

第2回検討委員会

平成17年10月27日、財団法人温水養魚開発協会東海事業所展示施設(茨城県那珂郡東海村村松133)において、次の議題で開催した。

ア. 海産生物の飼育(現在の飼育状況、飼育水温)

イ. 放射能調査(試料の採取と今後の採取計画、飼育水放射能モニタ・、³Hの文献調査、試験方法検討)

この委員会において、海産生物の飼育及び放射能調査計画等について適切な指導助言を得た。

第3回検討委員会

平成18年3月29日、コ・プビル6階第4会議室(東京都千代田区内神田1-1-12)において次の議題で開催した。

ア. 海産生物の飼育結果(年度内の飼育経過、飼育水温ならびに現在の飼育状況)

イ. 放射能調査(試料の採取とその分析結果と評価、³Hの文献調査、試験方法検討)

ウ.平成 17 年度報告書作成について

この委員会において、飼育海産生物の放射能調査結果とその評価ならびに今後の調査実施について指導助言を得た。

5. 自然海水取水ポンプの購入

委託事業の遂行に必要な機械の整備のため、自然海水取水ポンプ(No.1)を1台購入設置した。

本報告所は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託試験として、財団法人温水養魚開発協会が実施した平成17年度「温排水等により飼育した海産生物に関する放射能調査及び評価」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告所の複製、転載、引用等には文部科学省の承認手続きが必要です。