

## 九州西岸の火力発電所周辺海域における ギンガメアジの年齢一尾又長組成の季節変化

三浦雅大・山本正之・益原寛文・余吾 豊・遠藤康之

### Seasonal Changes in Age and Fork Length Composition of the Bigeye Trevally *Caranx sexfasciatus* in the Waters Adjacent to a Thermal Power Station on the Western Coast of Kyushu, Japan

Masao Miura<sup>\*1§</sup>, Masayuki Yamamoto<sup>\*1</sup>, Hirohumi Masuhara<sup>\*2</sup>,  
Yutaka Yogo<sup>\*3</sup> and Yasuyuki Endo<sup>\*4</sup>

**要約:** 発電所の温排水放水口近傍域がギンガメアジ (*Caranx sexfasciatus*) の越冬場として機能していることを検証するために、九州西岸(長崎県)の小島に立地する火力発電所の温排水放水口に蟄集する個体、および発電所周辺の温排水による昇温域の外側に位置する漁港内に分布する個体のそれぞれについて、年齢一尾又長組成の季節変化を調べ、これらの結果を比較した。

1996年10月~2000年12月の期間に釣りによる標本採集を実施した。温排水放水口近傍においては、ほぼ周年に亘ってギンガメアジが釣獲され、計235個体(尾又長範囲177~543mm)の標本が得られた。主鰓蓋骨の年輪を利用した年齢査定の結果、0歳魚の割合が69.4%と最も高かったが、1~3歳魚も見られた。

一方、漁港内においては、8~11月の期間にのみ計59個体が釣獲され、全て0歳魚(尾又長範囲100~208mm)であった。

これらの結果から、当海域に出現するギンガメアジは、本来無効分布であるが、放水口近傍域に分布する個体は、温排水の昇温効果に依存して越冬しており、数年に亘って生残すると考えられた。

**キーワード:** ギンガメアジ, 年齢, 尾又長, 発電所, 温排水

**Abstract:** In order to make sure that the area around thermal effluent outlet of a power station functions as the wintering ground of the bigeye trevally (*Caranx sexfasciatus*), one of tropic carangid fishes, seasonal changes in age and fork length composition of fish shoaling around the thermal effluent outlet of a thermal power station on a small island of western Kyushu (Nagasaki Prefecture), Japan, were surveyed and compared with those of fish inhabiting in the fishing ports located in the outside of zone of temperature rising by thermal effluent in waters adjacent to the power station.

The specimens of the bigeye trevally were collected by hook and line from October 1996 to December 2000. A total of 235 specimens (fork length range: 177 to 543 mm) were caught around the thermal effluent outlet of the power station almost all year round. By age determination based on the annulus of opercle, 0-age group fish were dominant (69.4%) and 1 to 3-age group fish were also observed.

On the other hand, a total of 59 specimens were caught in the fishing ports. All of them were 0-age (fork length range: 104 to 208 mm) and occurred during only August to November.

---

(2002年8月9日受付, 2002年11月14日受理)

\*1 財団法人 海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300)

§ E-mail: m-miura@kaiseiken.or.jp

\*2 株式会社 東京久栄 西日本事業部 (〒810-0042 福岡県福岡市中央区赤坂1-6-15日新ビル)

\*3 株式会社 ベントス (〒819-1113 福岡県前原市大字前原391-2); 現住所, 有限会社 水交舎 (〒811-4175 福岡県宗像市大字田久687-2)

\*4 有限会社 ケイマツダイビングサービス 福岡営業所 (〒811-1365 福岡県福岡市南区皿山3-8-29 長住南ハイツ202)

The results suggest that the bigeye trevally, which is essentially distributed sterilely in this study area, winters in dependence on temperature rising by thermal effluent and survives for several years around the thermal effluent outlet.

**Keywords** : Bigeye trevally, Age, Fork length, Thermal power station, Thermal effluent

### まえがき

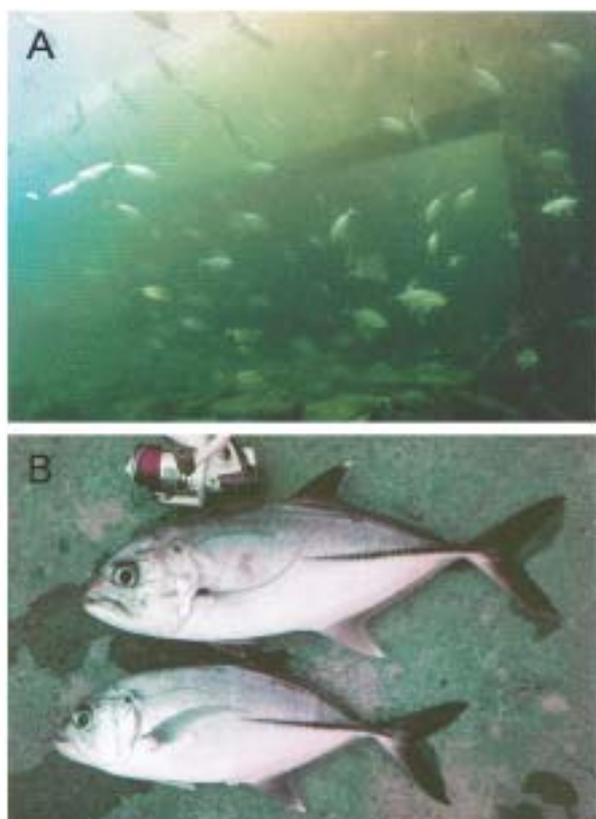
ギンガメアジ *Caranx sexfasciatus* は、インド・太平洋、東太平洋の熱帯、亜熱帯域に広く分布するアジ科ギンガメアジ属の1種である (Laroche *et al*, 1984; Smith-Vaniz, 1984)。Fig. 1に示したように、発電所の温排水放水口に蝟集する性質があり (山本ら, 2002), また、ルアーフィッシングの対象魚として人気が高いため、発電所の温排水放水口周辺を釣り公園等として活用する場合には、主要な遊漁対象種の1つになるものと期待される。

ギンガメアジの本邦での分布域は、南日本沿岸

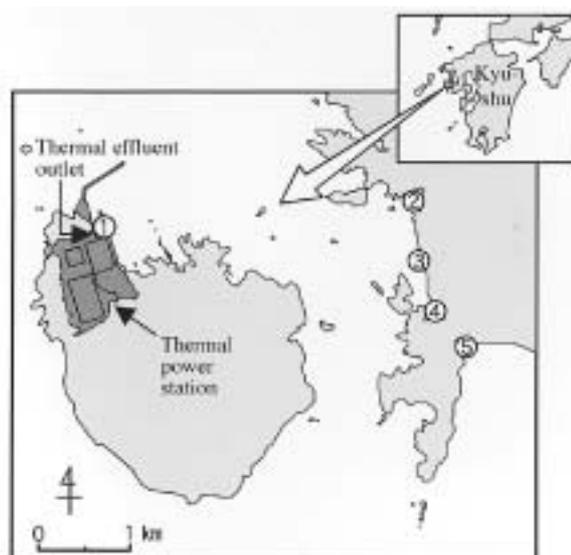
とされているが (具志堅, 1988 ; 木村, 1997), 釣り雑誌等の情報によると、南日本沿岸で釣獲されるギンガメアジは、四国・九州南部以南の亜熱帯海域を除くと、ほとんどが当歳魚であり、その釣期は夏季から初冬までの時期に限られているようである。

伊豆では、冬季に海水温度が13℃台に低下した際にギンガメアジの幼魚の大量斃死が観察されており (上村, 1989), 水族館における飼育個体では、水温17℃以下で無摂餌、遊泳速度の低下、逃避行動の鈍化が、14℃以下で弊死が見られている (田名瀬ら, 1992) ことから、日本の沿岸海域では、一部の温暖な海域を除いて、ギンガメアジの越冬は困難であると推察される。また、本種の幼稚魚は、流木等の漂流物に随伴する性質があることから (木村ら, 1998), 南日本沿岸への当歳魚の補給は、主として黒潮およびその分流による受動的な移送に依存しているものと考えられる。

このように、ギンガメアジは低水温に弱く、南日本沿岸における当歳魚の出現は、主に無効分布



**Fig.1** The bigeye trevally *Caranx sexfasciatus* shoaling around the thermal effluent outlet of a power station in Nagasaki Prefecture, Japan. A, a school in front of the outlet; B, fish caught by hook and line.



**Fig.2** Location of sampling sites. Site ①, in front of the thermal effluent outlet of the power station; sites ②-⑤, in fishing ports on the opposite side of the strait to the power station.

であると推察されるが、発電所の温排水放水口近傍においては、冬季においても多数のギンガメアジの分布が観察されており（山本ら，2002），温排水放水口近傍域は、温排水の放出に伴う昇温によって、本種の越冬場（低水温による斃死を回避する場）として機能していると考えられる。

本研究では、発電所の温排水放水口近傍域が本種の越冬場として機能していることを裏付けるために、温排水放水口に蟄集する個体と温排水の拡散範囲の外側に分布する個体のそれぞれについて、年齢—体長組成の季節的変化を調べ、結果を比較した。

## 方 法

材料として用いたギンガメアジは、1996年10月から2000年12月の期間に、前報（山本ら，2002）と同じ長崎県西部の小島に立地する石炭火力発電所の周辺海域（Fig. 2）において採捕した。

採捕年月日毎の標本数および尾叉長範囲をTable 1に示した。全標本数294個体のうち235個体は、発電所の温排水放水口近傍（Fig. 2）において、その他の59個体は、発電所が立地する島の対岸に位置する漁港内（発電所からの直線距離は3～4 kmで、発電所の温排水による海水温度の上昇は観測されない）において、それぞれ擬餌針を用いて昼間に捕獲した。これらの標本は、10%ホルマリン海水溶液で固定して持ち帰り、尾叉長（FL, mm）の測定と年齢査定を行った。

年齢査定には主鰓蓋骨に見られる輪紋（Fig. 3）を利用した。魚類の年齢査定には、耳石や鱗を利用するのが一般的であるが、ギンガメアジの場合、主鰓蓋骨の輪紋が明瞭であり、かつ観察のための前処理が容易であるためこれを用いた。摘出した主鰓蓋骨を十分に煮沸して肉質部を除去し、風乾した後に観察および各部の計測を行った。なお、原則的に魚体の左側のものを観察、計測したが、摘出時あるいは観察のための前処理の段階で破損し、輪紋の観察が困難になった場合には右側のものを代用した。

魚類の主鰓蓋骨の輪紋は、透明帯と不透明帯が交互に並ぶことによって形成され、ギンガメアジと同じアジ科に属するブリ *Seriola quinqueradiata* の場合は、成長の良好な春～秋に透明帯が、成長の停滞する中冬～初春に不透明

帯がそれぞれ形成される（三谷・佐藤，1959）。しかし、ギンガメアジの場合は、Fig. 3のように、尾叉長200mm前後の小型魚の主鰓蓋骨は全体的に透明で、成長に伴ってより不透明な領域が順次後方に重なっていくように見える。ただし、それぞれの領域の後縁が、前部に比べて若干透明となるので、次の不透明な領域との境界が明瞭となり、輪紋様となる（なお、大型個体の場合は、この透明部の後方に、著しく不透明な狭い帯が形成されている場合もあった）。従って、ここでは、この透明部とその後方の不透明部との境を輪紋とした。

まず、この輪紋の年齢形質としての有効性を確認するために、輪紋の形成周期を確かめた。主鰓蓋骨には、舌顎骨との関節付近を中心とした放射条溝が観察されることから、ここを中心として周囲に成長していくものと推察された。この成長の

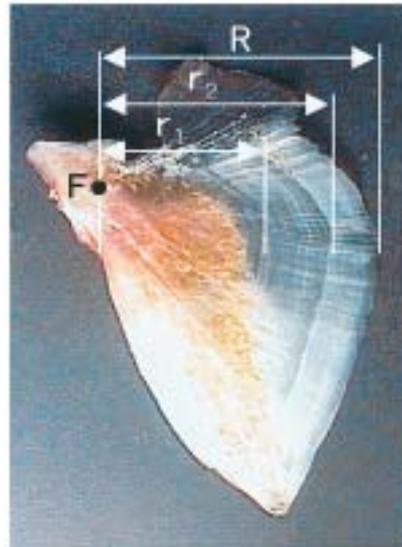
**Table 1** Sampling record of the bigeye trevally used for the present study.

| Site            | Date             | Number of specimens | Range of FL (mm) |         |
|-----------------|------------------|---------------------|------------------|---------|
| ①               | Mar 4-5, 1997    | 12                  | 191-236          |         |
|                 | Apr. 4-5, 1997   | 24                  | 193-543          |         |
|                 | May 7-9, 1997    | 5                   | 200-450          |         |
|                 | June 10-11, 1997 | 3                   | 209-364          |         |
|                 | July 3, 1997     | 4                   | 261-480          |         |
|                 | Nov. 19, 1997    | 7                   | 223-447          |         |
|                 | Feb. 4, 1998     | 2                   | 334-405          |         |
|                 | May 20, 1998     | 4                   | 201-253          |         |
|                 | Aug. 10, 1998    | 2                   | 300-470          |         |
|                 | Nov. 14, 1998    | 12                  | 204-252          |         |
|                 | Dec. 9, 1998     | 23                  | 218-496          |         |
|                 | Feb. 25, 1999    | 20                  | 204-442          |         |
|                 | May 19, 1999     | 29                  | 207-418          |         |
|                 | Aug. 4-6, 1999   | 14                  | 259-440          |         |
|                 | Oct. 26-27, 2000 | 26                  | 187-395          |         |
|                 | Nov. 16-17, 2000 | 22                  | 177-390          |         |
|                 | Dec. 14, 2000    | 26                  | 203-423          |         |
|                 | Total            | 235                 | 177-543          |         |
|                 | ②-⑤              | Oct. 15-17, 1996    | 5                | 151-179 |
|                 |                  | Nov. 14, 1998       | 1                | 155     |
| Aug. 6, 1997    |                  | 3                   | 121-133          |         |
| Sep. 8-9, 1997  |                  | 8                   | 121-171          |         |
| Aug. 9-12, 1998 |                  | 25                  | 120-170          |         |
| Sep. 7-9, 1998  |                  | 14                  | 138-208          |         |
| Nov. 10, 1998   |                  | 3                   | 104-179          |         |
| Total           |                  | 59                  | 104-208          |         |

Site ①, in front of the thermal effluent outlet of the power station; sites ②-⑤, in the fishing ports located 3 to 4 km east of the power station.



**Fig.3** Opercle of the bigeye trevally in different fork lengths. A, 193mm in FL, with no ring marks; B, 348mm in FL, with one ring mark; 450mm in FL, with two ring marks.



**Fig.4** Methods of measuring radii of opercle and ring marks. F, focus;  $r_1$  and  $r_2$ , radii of the 1st and 2nd ring mark respectively; R, radius of opercle.

中心 (F) を原点とし, Fig. 4のように各輪紋までの距離 ( $r_1, r_2, \dots, r_n$ ) および後縁までの距離 (R) を測定した。これらの計測値をもとに, 下式を用いて縁辺成長率 (MGI: Marginal Growth Index) を算出した。

$$MGI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

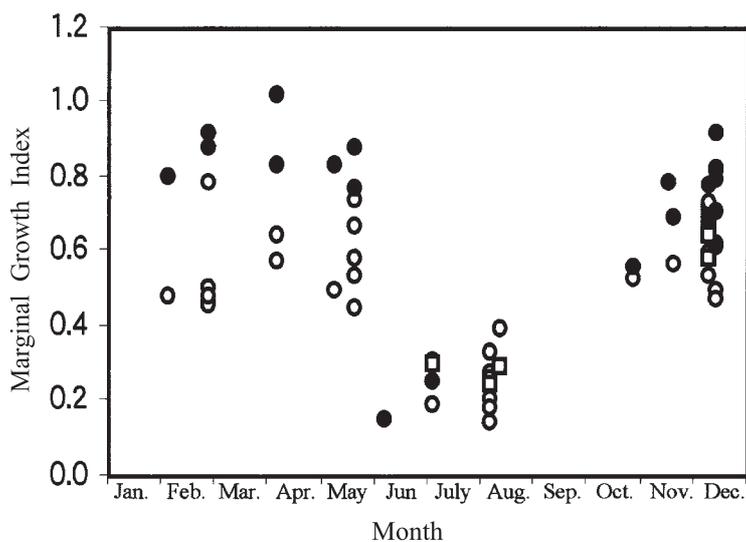
$r_n$ : 最外輪紋の輪径

ただし, 輪紋が1本しかない個体 ( $n=1$ ) については  $r_{n-1} = 0$  とした。

このMGIの周年変化から輪紋の形成周期を確かめた後, 輪紋数の計数結果から年齢を査定した。

## 結 果

放水口近傍で採捕された個体のMGIの周年変化をFig. 5に示した。2月上旬～5月下旬はバラツキが大きいが, 1輪群では0.45～0.78 (平均0.552), 2輪群では約0.77～1.02 (平均0.862) の範囲で, 同一輪群内では特に大きな変化は見ら



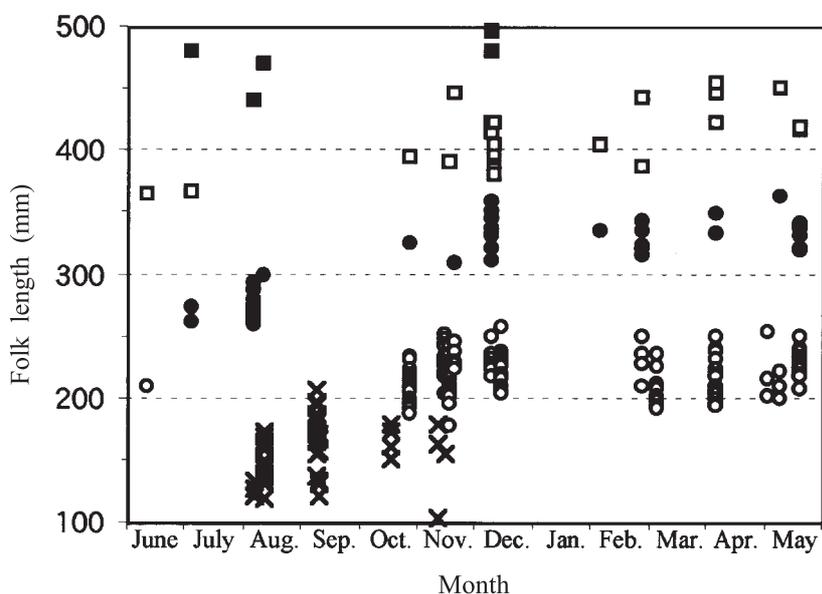
**Fig.5** Monthly changes in marginal growth index of opercle of different ring groups of the bigeye trevally caught at site ①, in front of the thermal effluent outlet of the power station. ○, 1-ring group; ●, 2-ring group; □, 3-ring group.

**Table 2** Monthly changes in number of specimens of the bigeye trevally in each age group.

| Sampling site | Age (year) | Month |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |      | Total | %    |
|---------------|------------|-------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|               |            | Jan.  | Feb. | Mar. | Apr. | May | Jun | July | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. |       |      |
| ①             | 0          | -     | 13   | 12   | 18   | 28  | 2   | 0    | 0    | 0    | 24   | 38   | 28   | 163   | 69.4 |
|               | 1          | -     | 6    | 0    | 2    | 7   | 0   | 2    | 14   | 0    | 1    | 1    | 11   | 44    | 18.7 |
|               | 2          | -     | 3    | 0    | 3    | 3   | 1   | 1    | 0    | 0    | 1    | 2    | 8    | 22    | 9.4  |
|               | 3          | -     | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 1    | 2    | 0    | 0    | 0    | 2    | 5     | 2.1  |
|               | >3         | -     | 0    | 0    | 1    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1     | 0.4  |
| ②-⑤           | 0          | 0     | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 28   | 22   | 5    | 4    | 0    | 59   | 100.0 |      |

Site ①, in front of the thermal effluent outlet of the power station; sites ②-⑤, in the fishing ports located 3 to 4 km east of the power station.

Sampling was not conducted at site ① in January.



**Fig.6** Monthly changes in fork length of the bigeye trevally in different age groups of the bigeye trevally. ×, 0-age group caught at site ②-⑤ in the fishing ports; ○, ●, □ and ■, respectively, 0, 1, 2 and 3-age groups caught at site ① in front of the thermal effluent outlet of the power station.

れなかった。一方、6月以後では、6月上旬～7月上旬に、1、2輪群ともにMGIが約0.3以下と急激に小さくなり、その後次第に大きくなって、12月上～中旬には1輪群で0.47～0.73（平均0.617）、2輪群で0.61～0.92（平均0.767）となった。3輪群については、データ数が少ないが、7～8月に比べて12月の値が大きく、7～12月の期間については1、2輪群と同様の変化が見られた。以上の結果から、主鰓蓋骨の輪紋は、年1回、5月下旬～6月下旬に形成されると推定されたので、この輪紋数をもって満年齢とした。

Table 2に、採捕月毎の年齢組成を示した。発電所放水口近傍では、9月を除く各月（1月は採捕を行っていない）にギンガメアジが採捕され、0歳魚が全個体数の69.4%、1歳魚が18.7%、2歳魚が9.4%、3歳魚が2.1%であった。4歳魚以上については、4月に1個体のみ捕獲され、主鰓蓋骨後縁の輪紋の読み取りが困難であったため正確には計数できなかったが、5あるいは6歳と見られた。このように、放水口近傍では0歳魚が主であったが、7～9月の期間には0歳魚が全く採捕されなかった。

一方、対岸の漁港では、8～11月にギンガメアジが採捕され、全て0歳魚であった。また、放水口近傍とは対照的に、8～9月に多く採捕された。

Fig. 6に、年齢群別の尾叉長の季節変化を示した。なお、グラフの横軸については、主鰓蓋骨の年輪の形成時期（5月下旬～6月下旬）に相当する6月を起点とした。

放水口近傍で採捕した個体の尾叉長範囲は177～543mmであり、年齢群別では、0歳魚が177～257mm、1歳魚が259～362mm、2歳魚が364～454mm、3歳魚が440～496mmであった。各年齢群とも、6月から12月までの期間には尾叉長が増大するが、12月以後の期間にはあまり変化しない傾向があった。

発電所の対岸の漁港内で採捕された0歳魚の尾叉長範囲は、104～208mmであった。10月中旬～11月中旬に採捕された個体の尾叉長範囲は、104～179mm（平均158.6mm）であり、ほぼ同時期の10月下旬に放水口近傍で採捕された0歳魚（尾叉長範囲187～233mm、平均210.3mm）よりも小型であった。

## 考 察

温排水による昇温域の外側に位置する漁港内では、8月上旬から11月中旬の期間にのみギンガメアジが採捕され、全て0歳魚であった。これに対して、発電所の温排水放水口近傍域では、ほぼ周年にわたってギンガメアジが採捕され、1歳魚以上の個体もかなり含まれた。これらの結果は、本来、当海域に出現する個体は無効分布であり、温排水による昇温域の外側の海域では、冬季の生息は困難であるが、放水口近傍域では温排水の昇温効果に依存して越冬し、数年に亘って生残していることを裏付ける結果と考えられる。

ただし、尾叉長の季節変化から、放水口近傍域においても12～5月の冬季を中心とした期間には、成長が停滞することが判明した。この期間の温排水昇温域外の自然水温は、約14～18℃であり（山本ら、2002）、本種の生息条件としてはかなり厳しいものと考えられるが、同期間の放水口近傍域の水温は、約20～23℃であり（山本ら、2002）、田名瀬ら（1992）によって、無摂餌、遊泳速度の低下、逃避行動の鈍化等の低水温の影響が観察された17℃以下よりもかなり高く、本種の成育に十

分な水温条件が保たれていたと考えられる。このように、放水口近傍域においては十分に成育可能な水温条件が保たれているにも関わらず、成長が停滞するのは、この期間の発電所周辺海域の自然水温が本種の生息に適さないため、索餌等のための行動範囲が、放水口近傍域に制限されることによると推察される。なお、本種の主鰓蓋骨の輪紋の形成時期は、5月下旬～6月下旬と推定され、ほぼ成長停滞期（12～5月）から成長期（6～11月）への移行期に対応し、輪紋の形成はこのような成長量の変化を反映したものであろう。

また、放水口近傍域では、7～9月には0歳魚が採捕されず、10月下旬以後に多数採捕されるようになったのに対して、発電所周辺の漁港内では、8～11月にのみ0歳魚が採捕された。この結果から、夏～秋の間、発電所周辺海域に広く分布していた0歳魚は、水温の季節的な低下に伴って、より好適な水温条件を求めて放水口近傍域へと移動している可能性が示唆される。

ただし、夏季の高水温期においても放水口近傍に大型のギンガメアジが多数分布していること（山本ら、2002）や、10～11月に発電所周辺海域の漁港内と放水口近傍域のそれぞれで採捕された個体の尾叉長には差が見られること等、放水口近傍域の機能の解釈や、本種の発電所周辺海域における季節的移動の推定の上で、未解明な点が残されている。今後、室内実験によるギンガメアジの温度耐性・選好性の解明、標識放流やバイオテレメトリーによる発電所周辺海域における季節的な移動経路の把握等が望まれる。

## 謝 辞

現地調査の実施にあたって、当該発電所および地元漁業協同組合の方々に多大なご協力を頂いた。また、本報告のとりまとめに関して、財団法人海洋生物環境研究所の役職員の方々に多くの励ましや有益なご意見を頂いた。心からお礼申し上げる。

また、この論文は、通商産業省資源エネルギー庁（当時）から委託された海域環境調和発電所実証調査および経済産業省原子力安全・保安院から委託された発電所海域ビオトープネットワーク確立調査の報告のうち一部を許可を得て公表するものであり、関係各位に謝意を表す。

引用文献

- 具志堅宗弘 (1988). ギンガメアジ. 「日本産魚類大図鑑 2 版」(益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野輝男編), 東海大学出版会, 東京, p.151.
- 上村信夫 (1989). 低水温のため青野川河口域でギンガメアジなどがへい死. 伊豆分場だより, **No.234**, 12-13.
- 木村清志 (1997). ギンガメアジ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」(岡村 収・尼岡邦夫編), 山と溪谷社, 東京, p.317.
- 木村基文・森井康宏・久野俊行・西田英明・吉村浩・秋重祐章・千田哲資 (1988). 西部太平洋熱帯水域の漂流物に伴う魚類. 長崎大学水産学部研究報告, **79**, 9-20.
- Laroche, W. A., W. F. Smith-Vaniz and S. L. Richardson (1984). Carangidae:development. In "Ontogeny and systematics of fishes", American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication, **No. 1**, pp. 510-522.
- 三谷文夫・佐藤哲哉 (1959). ブリの成長と年齢に関する研究—II, 鰓蓋骨による年齢査定. 日本水産学会誌, **24**, 803-808.
- Smith-Vaniz, W. F. (1984). Carangidae. In "FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Indian Ocean (Fishing Area 51)" (eds. Fisher, W. and G. Bianchi), Vol. 1. FAO, Rome.
- 田名瀬英朋・荒賀忠一・太田 満・山本泰司 (1992). 海水魚数種の低温致死限界について. 瀬戸臨海実験所年報, **5**, 49-54.
- 山本正之・三浦雅大・益原寛文・余吾 豊・遠藤康之 (2003). 九州西岸の火力発電所周辺海域における沿岸魚類の分布と温排水に蝟集する魚類群集の特徴. 海洋生物環境研究所研究報告, **No.5**, 1-12.