

## 飼育下および自然環境下におけるマンボウ *Mola mola* の成熟評価

中坪俊之<sup>1</sup>・川地将裕<sup>2</sup>・間野伸宏<sup>2</sup>・廣瀬一美<sup>2</sup>

### Estimation of Maturation in Wild and Captive Ocean Sunfish *Mola mola*

Toshiyuki NAKATSUBO<sup>1</sup>, Masahiro KAWACHI<sup>2</sup>, Nobuhiro MANO<sup>2</sup> and Hitomi HIROSE<sup>2</sup>

**Abstract:** We investigated gonad maturation in 180 captive *Mola mola* and 148 wild *Mola mola*. We compared the Gonad Somatic Index (GSI) based on body weight and the Gonad Index (KG) based on body length, and found a strong relationship between the two. Since it is difficult to measure the body weight of large ocean sunfish in the wild, KG is more useful for estimating maturity than GSI. This study also revealed that both GSI and KG are higher in captive specimens than in wild ones suggesting that gonad maturation of mola in captivity is faster than for mola in the wild.

**Key words:** *Mola mola*; KG; GSI; Maturity

マンボウ *Mola mola* は、全長 3 m、体重 2000 kg を超える世界で最も重い硬骨魚類である (Matsuura and Tyler 1998; Steelman et al. 2003)。世界中の温帯・熱帯海域に広く生息し、尾鰭を欠く独特の形態を有している (波戸岡 2000)。そのため、水族館において飼育や展示が試みられており (辰喜ら 1973; 金銅 1986)、現在では最も人気の高い魚種の一つとなっている。しかし、マンボウの成熟や産卵生殖生態については不明な点が多く (Martin and Drewry 1978; 藤田 1988)、これまで、飼育環境下でマンボウの繁殖に成功した事例はない。

魚類の成熟に関する指標には、体重を基準とした生殖腺指数 (GSI) や体長または尾叉長を基準とした熟度指数 (KG) が広く用いられている (山崎 1981; 村山ら 1995)。しかし、マンボウはその巨体のため、大型個体では体重を正確に計測することが難しく、GSI の算出は困難な場合も多い。一方、体長や尾叉長を基準とする KG も、マンボウでは尾鰭を欠く独特の形態からその有効性については定かではなく、これまで報告例はない。

そこで本研究では、水族館において一定期間飼育、または関東沿岸域で採捕されたマンボウの GSI およ

び KG を求め、両指数を比較することでマンボウにおける KG の有効性について確認した。また両指数を用いて、飼育魚と天然魚におけるマンボウの生殖腺の発達状況についても比較検討した。

### 材料および方法

#### 供試魚

供試魚には、1981年12月24日から2006年10月31日までに南房総沿岸の定置網などで漁獲後、鴨川シーワールドにて1週間以上飼育されていた飼育魚148尾 (雄61尾、雌87尾; 全長42 cm~194 cm; 体重4~497 kg) および、南房総沿岸ならびに三浦半島沿岸の定置網にて漁獲された天然魚180尾 (雄71尾、雌109尾; 全長25 cm~272 cm; 体重1~2300 kg) を用いた (Table 1)。

供試魚は、全長 (TL) および体重 (BW) を測定した後、開腹して生殖腺を切り出し、生殖腺重量 (GW) を計量した。性別は生殖腺の色および形状 (精巣: 白みを帯び左右一対の精巣が中央で接する, 卵巣: 赤みを帯び単一の袋状) から目視的に決定するとともに、パラフィン薄切標本による組織学的観察によっても確認した。

2006年9月2日受付: 2007年4月20日受理.

<sup>1</sup> 鴨川シーワールド国際海洋生物研究所 (International Marine Biological Institute, Kamogawa Sea World, Kamogawa, Chiba 296-0041, Japan).

<sup>2</sup> 日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科 (Department of Marine Science and Resources, College of Bioresource Science, Nihon University, Fujisawa, Kanagawa 252-8510, Japan).

Table 1. A list of ocean sunfish used in this study

Location	Collecting date	Number of fish			Captive term (days)	Total length (cm)	Body weight (kg)
		Female	male	Total			
Captive specimens* <sup>1</sup>							
Chiba							
Kamogawa	Dec. 24, 1981 – May 18, 2005	63	42	105	7 – 2993* <sup>3</sup>	42 – 187	4 – 325
Iwai	May 14, 1994 – May 21, 2002	15	15	30	7 – 560	56 – 143	9 – 155
Chikura	Nov. 03, 1993 – Nov. 12, 1997	4	2	6	12 – 1556	69 – 194	17 – 497
Hasama	May 06, 1995 – Jun. 27, 1995	2	1	3	8 – 24	78 – 96	23 – 39
Koyatsu	May 27, 1993 – May 23, 1994	2	1	3	77 – 137	76 – 95	26 – 57
Katsuura	Mar. 14, 1993	1	0	1	37	51	8
Wild specimens* <sup>2</sup>							
Chiba							
Kamogawa	Nov. 18, 1993 – Aug. 10, 2006	44	19	63	0 – 6	36 – 272	2 – 2300
Iwai	May 14, 1994 – May 22, 2001	3	3	6	0 – 6	62 – 100	11 – 50
Hasama	May 25, 1995 – Jun. 26, 1995	5		5	2 – 3	83 – 88	26 – 32
Chikura	Oct. 24, 1997 – Nov. 12, 1997	1	1	2	1 – 5	76 – 77	23 – 25
Wada	Dec. 27, 1992 – Apr. 29, 1995	1	1	2	3 – 6	45 – 78	5 – 27
Hota	Jan. 10, 2006		1	1	1	42	4
Tomura	Oct. 30, 2005	1		1	1	41	4
Kanagawa							
Sajima	Apr. 11, 2005 – Oct. 31, 2006	54	46	100	0	25 – 191	1 – 305
Total	Dec. 24, 1981 – Oct. 31, 2006	196	132	328	0 – 2993	25 – 272	1 – 2300

\*<sup>1</sup> Kept more than a week in the Kamogawa Sea World, Chiba, Japan.

\*<sup>2</sup> Including the captive fish kept for under a week in the Kamogawa Sea World.

\*<sup>3</sup> Min - Max.

## GSI および KG の算出

TL と BW の相関を検討した後、GSI および KG を次式により求め、飼育魚と天然魚の生殖腺の発達について検討した。

$$GSI = GW / BW \times 100$$

$$KG = GW / TL^3 \times 10000$$

## 結 果

### TL と BW の相関

KG の有効性を確認するための予備的解析として、雌雄別に飼育魚と天然魚の TL と BW の相関を検討した結果を Fig. 1 に示す。TL が 200 cm に満たない供試魚では、飼育魚および天然魚ともに雌雄に関係なく、TL と BW 間で強い相関が認められ、その相関は次式で表すことができた。

$$\text{飼育魚} : BW = 3.00 \times 10^{-5} \cdot TL^{3.11} \quad (R^2 = 0.959)$$

$$\text{天然魚} : BW = 7.64 \times 10^{-5} \cdot TL^{2.90} \quad (R^2 = 0.987)$$

しかし、TL 200 cm を超す天然の雌では、BW が増加し、その相関は  $BW = 3.43 \times 10^{-13} \cdot TL^{6.50}$  ( $R^2 = 0.979$ ) で示された。

### KG の有効性の検討

本研究で使用したマンボウの GSI は 0.005~0.677 ( $n = 319$ )、KG は 0.036~3.975 ( $n = 326$ ) であった。

両データを有する 314 尾のマンボウについて、KG と GSI との相関を検討した結果を Fig. 2 に示す。特に GSI が 0.2 前後までの供試魚では、飼育の有無や雌雄を問わず、GSI と KG の間で強い相関が認められ、その相関は次式の通りであった。

$$\text{飼育魚} : KG = 5.15 \times GSI \quad (R^2 = 0.969)$$

$$\text{天然魚} : KG = 6.06 \times GSI \quad (R^2 = 0.834)$$

### 飼育魚と天然魚の生殖腺発達の比較

TL に対する GSI および KG の関係を調べ、雌雄別に天然魚と飼育魚について比較した結果を Fig. 3 に示す。飼育の有無を問わず TL 75 cm 以上になると両指数ともに上昇する傾向が認められ、飼育魚の方が成長に伴い高い値を示す傾向にあった。なお、飼育の有無および雌雄別にみた TL との相関は次式の通りであった。

$$\text{飼育魚} : (\text{雄}) GSI = 1.60 \times 10^{-6} \cdot TL^{2.40} \quad (R^2 = 0.637)$$

$$KG = 2.40 \times 10^{-8} \cdot TL^{3.57} \quad (R^2 = 0.740)$$

$$(\text{雌}) GSI = 2.04 \times 10^{-6} \cdot TL^{2.33} \quad (R^2 = 0.487)$$

$$KG = 9.49 \times 10^{-7} \cdot TL^{2.84} \quad (R^2 = 0.624)$$

$$\text{天然魚} : (\text{雄}) GSI = 1.62 \times 10^{-6} \cdot TL^{2.24} \quad (R^2 = 0.668)$$

$$KG = 8.55 \times 10^{-5} \cdot TL^{1.77} \quad (R^2 = 0.570)$$

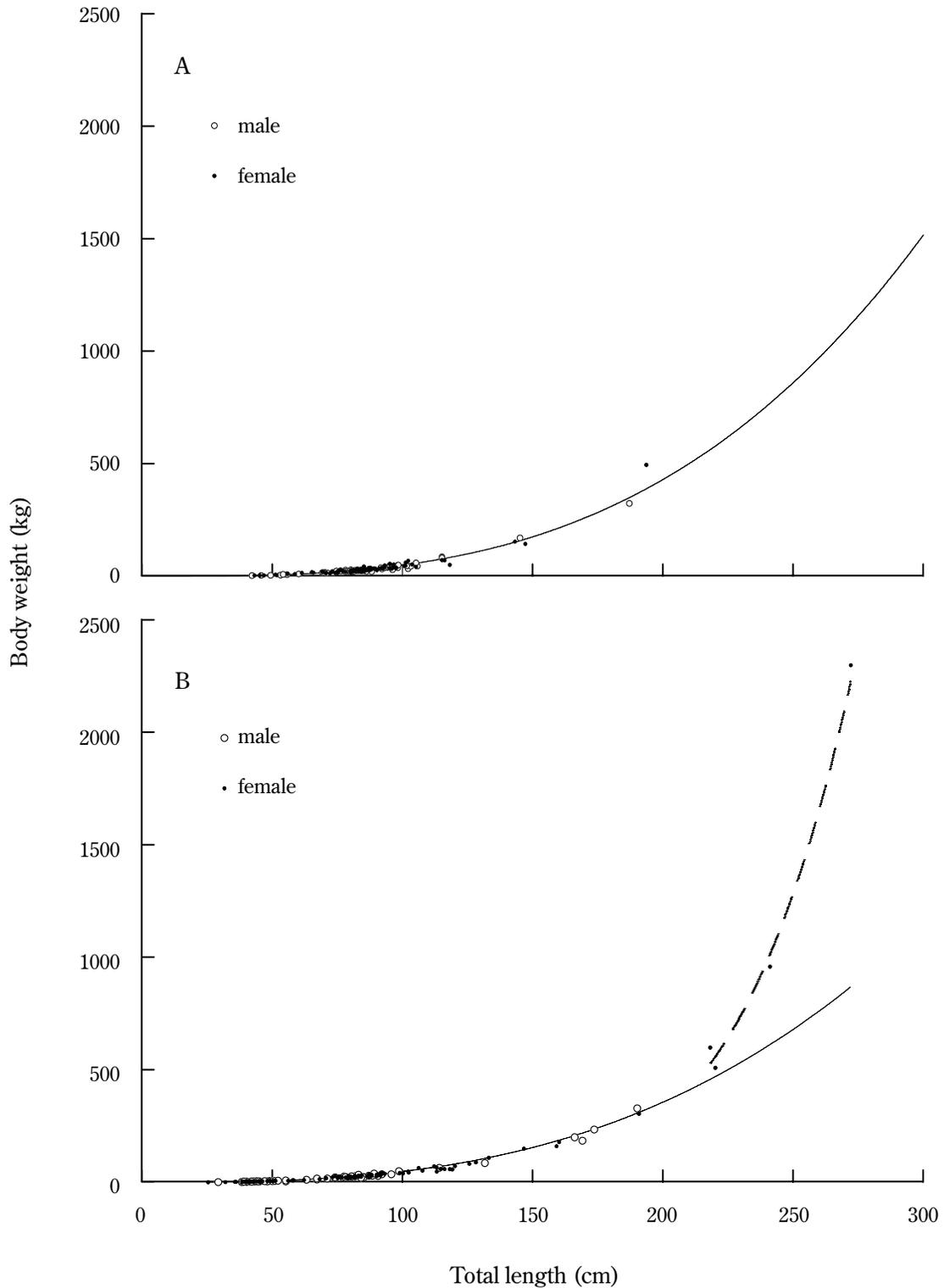
$$(\text{雌}) GSI = 1.53 \times 10^{-6} \cdot TL^{2.21} \quad (R^2 = 0.689)$$

$$KG = 2.64 \times 10^{-6} \cdot TL^{2.47} \quad (R^2 = 0.667)$$

## 考 察

魚介類の生殖生態の解析には、生殖腺指数以外に産卵行動の観察、二次性徴、組織学的観察による生殖腺

の発達の確認、および孕卵数を調べる方法がある（山崎 1981）。しかし、マンボウの成熟に関する知見は乏しく、全長1.5 mの雌が3億個以上の卵を持っていたことから、それ以上の卵を産卵すると言われているのみである（Schmidt 1921; Martin and Drewry 1978;

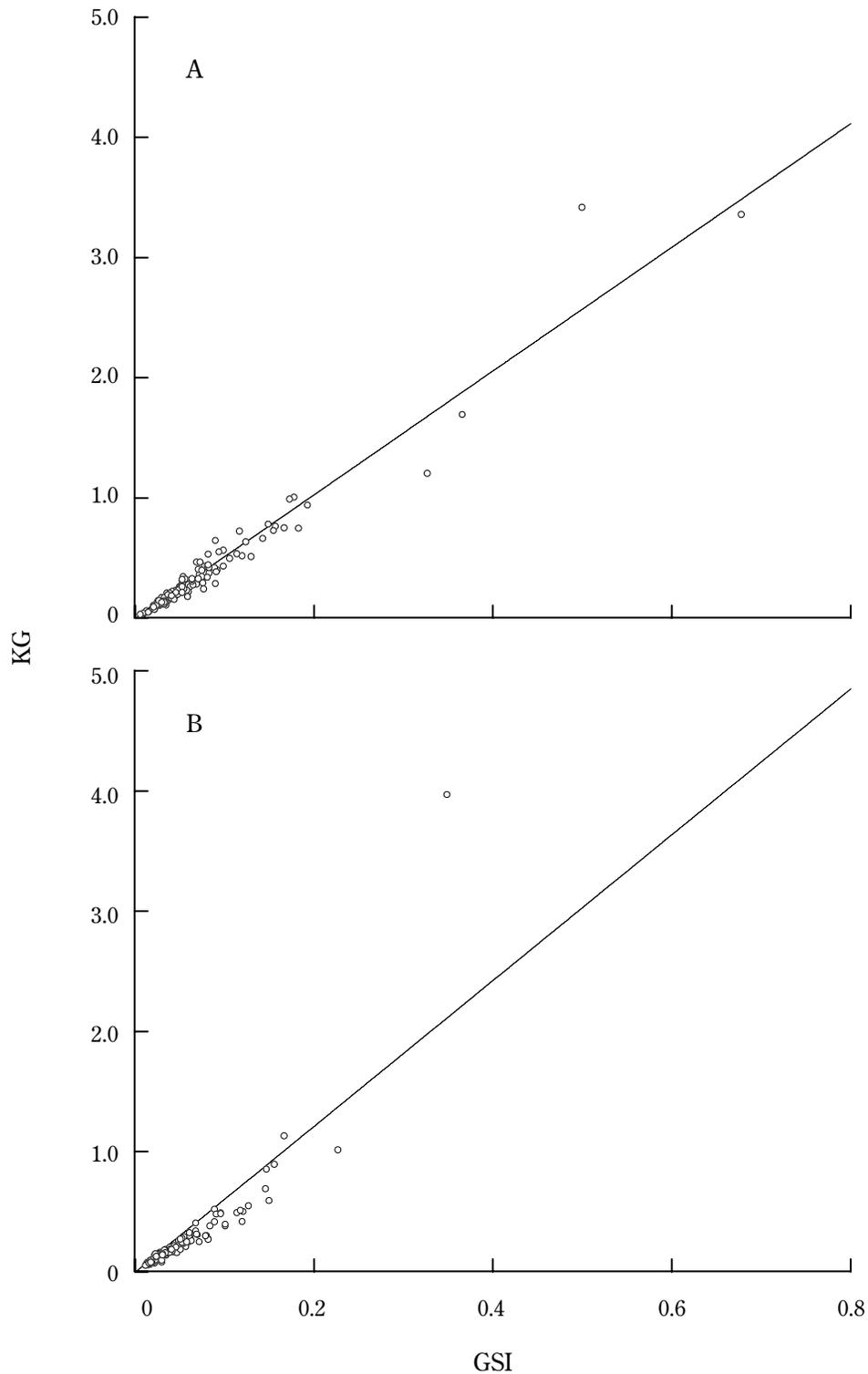


**Fig. 1.** Relationship between total length and body weight of the ocean sunfish *Mola mola*. A: Captive specimens kept for a week to 2993 days in the Kamogawa Sea World, B: Wild specimens. Dashed line represents the regression for the large female over 2 meters in total length.

Nelson 2006)。魚類の成熟に関する研究では一般的に体重を基準とした GSI, または体長を基準とした KG の変化を調べる方法が広く用いられているが、これまでマンボウの GSI や KG に関する報告例はない。これは、マンボウが大型魚であることから、材料の入手が難しいばかりでなく、特に GSI を用いた方法では、体

重測定が困難な大型の個体において算出不能なことが多いためと考えられる。

著者らは、屋外における BW 計測の困難さからみて、マンボウのような大型魚の成熟状態の解析には GSI より体長や尾叉長を基準とする KG がより有効であると考え、本研究ではマンボウにおける KG の有効

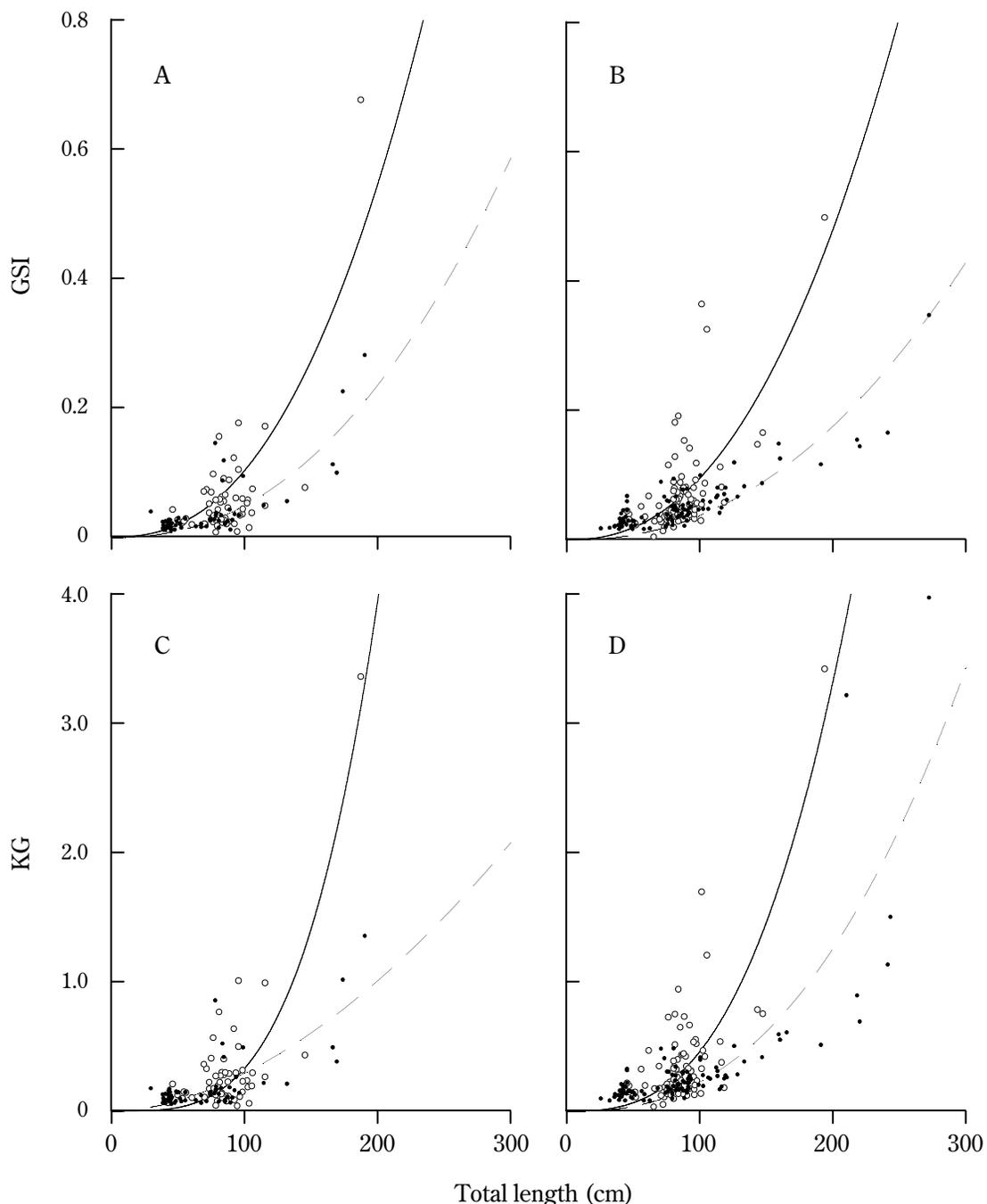


**Fig. 2.** Relationship between GSI and KG of ocean sunfish *Mola mola*. A: Captive specimens kept for a week to 2993 days in the Kamogawa Sea World, B: Wild specimens.

性について検討を行った。水族館で一定期間飼育していたマンボウおよび定置網等で漁獲された天然のマンボウを供試魚として、まず成熟度の基準となる TL と BW の相関について確認した後、GSI と KG 値の相関について検討した結果、TL と BW の間では両者の間に強い相関が認められ、KG は GSI と高い相関を示すことを確認することができた。これは、KG が GSI と同様にマンボウの成熟指標として利用できることを意味している。なお、TL 200 cm を超える雌の天然魚で

は、200 cm 以下の魚体に比べ、成長に伴い BW がより増加する傾向がみられた。今回の供試魚では、TL 200 cm を超える雄および飼育魚がないため、これが雌の天然魚に限られたものなのかどうか比較検討ができなかったが、大変興味深く、今後、成熟年齢などとの関連を調べていきたいと考えている。

次に、両指数を用いて飼育魚と天然魚の成長に伴う成熟度の変化を比較した結果、飼育魚は天然魚に比べ GSI および KG ともに高い値を示す傾向が認められ



**Fig. 3.** Relationships between total length and GSI (A: male, B: female) and KG (C: male, D: female) of ocean sunfish *Mola mola*. (○) Captive specimens, (●) Wild specimens. Solid and dashed line represents the regression for the captive and wild specimens, respectively.

た。マンボウの成長や成熟年齢は不明なため推測の域を出ないが、飼育下では自然界と比べ、水温や餌料、日照条件などの環境条件が安定していることから、飼育魚は天然魚より成熟が早い可能性が示唆された。今後、組織学的な研究や飼育下での行動観察などを加え、さらに詳細な検討をしていきたい。

最後に、マンボウのミトコンドリア DNA (mtDNA) の D-loop 領域を対象とした系統解析の研究により、日本近海に生息するマンボウには2つの系統集団が存在するとの報告(相良ら 2005)や太平洋系群と大西洋系群に分ける報告(Bass et al. 2005)があるが、本研究ではマンボウを1つの分類群として扱った。

## 要 約

マンボウの成熟度の指標について調べるため、合計328尾の飼育魚および天然魚を用い、魚類の成熟度指数として利用されている GSI および KG について比較検討した結果、GSI と KG の間には強い相関が認められた。屋外での BW 測定は難しさからみて、マンボウの成熟度の調査では、KG の方が GSI よりも有効であると考えられた。また、飼育魚は天然魚に比べ、成長に伴って成熟度が高くなる傾向が認められ、飼育下では自然界よりも成熟が早い可能性が示唆された。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、鴨川シーワールド祖一誠館長には研究の機会とご指導を頂いた。また、鴨川シーワールド魚類展示課係員の皆様には、マンボウの計測に当たりご協力を頂いた。鴨川市漁業協同組合および定置部坂本年壺漁労長、渡邊良浩氏を始め鴨川定置乗組員の方々、横須賀市大楠漁業協同組合、(有)いずみや原田裕光氏にはマンボウの収集に当たり、並々ならぬご協力を頂いた。Sea Studios Foundation の Tierney Thys 博士には英文校閲をしていただいた。皆様に対し篤く御礼申し上げます。

## 文 献

- Schmidt, J. (1921) New studies of Sun-fishes made during the "Dana" expedition, 1920. *Nature*, **107**, 76-79.
- 辰喜洗・御前洋・宮脇逸朗 (1973) マンボウの飼育について. 動物園水族館雑誌, **XV**, **2**, 33-36.
- Martin, F. D. and G. E. Drewry (1978) Family Molidae. In "Development of fishes of the Mid-Atlantic Bight. An atlas of egg, larval and juvenile stages. VI. Stromateidae through Ogcocephalidae.", U. S. Fish Wildl. Serv., Biol. Serv. Prog. FWS/OBS, 78/12: pp. 313-338.
- 山崎文雄 (1981) 繁殖生理実験法. 実験動物としての魚類(江上信雄編), ソフトサイエンス社, 東京, pp. 310-335.
- 金銅義隆 (1986) マンボウ (*Mola mola*) の飼育と展示. ミュージアムちば, **17**, 253-260.
- 藤田矢郎 (1988) マンボウ科. 日本産稚魚図鑑(沖山宗雄編), 東海大学出版会, 東京, pp. 993-998.
- Matsuura, K. and J. C. Tyler (1998) Triggerfishes and their allies. In "Encyclopedia of fishes" (ed. by J. R. Paxton and W. N. Eschmeyer), Academic Press, San Diego. pp. 227-231.
- 波戸岡清峰 (2000) マンボウ科. 日本産魚類検索 全種の同定 第二版(中坊徹次編), 東海大学出版会, 東京, 1435pp.
- 村山 司・三谷 勇・青木一郎(1995)卵巣成熟度および卵巣組織像に基づくマサバ太平洋系群の産卵期の推定. 水産海洋研究, **59**(1): 11-17.
- Streelman, J. T., C. Puchlutegui, A. L. Bass, T. Thys, H. Dewar and S. A. Karl (2003) Microsatellites from the world's heaviest bony fish, the giant *Mola mola*. *Molecular Ecology Notes* **3**, 247-249.
- 相良恒太郎・吉田有貴子・西堀正英・国吉久人・海野徹也・坂井陽一・橋本博明・具島健二 (2005) 日本周辺海域に出現するマンボウ *Mola mola* にみとめられた2つの集団. 魚類学雑誌, **52**, 35-39.
- Bass, A. L., H. Dewar, T. Thys, J. T. Streelman, S. A. Karl (2005) Evolutionary divergence among lineages of the ocean sunfish family, Molidae (Tetraodontiformes). *Marine Biology*, **148**, 405-414.
- Nelson, S. N. (2006) Family Molidae. In "Fishes of the world, 4th ed.", Wiley, New Jersey, pp. 458.