

宮津湾におけるマナマコ *Apostichopus japonicus* の成長

篠原義昭, 西垣友和, 瀬田智文, 道家章生

京都府農林水産技術センター海洋センター

2017年3月

宮津湾におけるマナマコ *Apostichopus japonicus* の成長

篠原義昭, 西垣友和, 瀬田智文, 道家章生

Growth of Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* in Miyazu Bay

Yoshiaki Shinohara, Tomokazu Nishigaki, Tomofumi Seta and Akio Douke

Standard body length (L_e) and total weight (W) of 223 Japanese sea cucumbers collected around Miyazu Bay were measured in April 2015. The following equation was calculated to determine the relationship between L_e and W : $W=3.06 \times 10^{-5} \times L_e^{2.95}$. A total of 377 sea cucumbers were collected in Miyazu bay in April 2016, and their multimodal L_e composition was decomposed into eight age groups. The relationship between age (t) and L_e was revealed by the expression: $L_e=469.9 \times (1-e^{-0.132 \times t})$. Then, the relationship between age (1-8 years) and W was estimated, and the W for the 8 years were determined to be: 5, 31, 86, 168, 273, 394, 525, and 661 g respectively.

キーワード：マナマコ, 成長, 宮津湾

若狭湾西部海域（通称丹後海）に位置する宮津湾（Fig.1）で冬期に桁曳網によって漁獲されるマナマコ *Apostichopus japonicus* は、夏期のトリガイ *Fulvia muticula* に並ぶ代表的な漁業資源である。近年、中国を中心としたマナマコの需要拡大に伴い、宮津湾においてもマナマコに対する漁獲圧が高まったと考えられ、2006年まで10 t以下であった年間の漁獲量は、急激に増大し、2008年には約45 tにまで高まった。しかし、その後の漁獲量は急激に減少し、2015年では約7 tとなった。地元漁業者は、漁獲量の減少を受け、出荷サイズの大型化や出荷量制限などの資源管理に関する自主規制を強化してきている。全国的にも、マナマコ資源の枯渇は懸念されているが、本種の成長や自然死亡係数などの資源特性値に関する情報が乏しいため、科学的根拠に基づく管理目標の策定が困難

となっている。なお、マナマコは腹部の色彩などにより、種内変異としてアオ型、アカ型、クロ型の3つの色型に分けられていたが（崔, 1963）、近年の研究ではアオ型とクロ型は種内変異であるが、アカ型は遺伝的に異なる集団とする意見もある（Kanno *et al.*, 2006; Yamada *et al.*, 2009）。宮津湾には3つの色型とも生息しているが、アカ型は主に藻場内で水視漁法（磯見漁法）により漁獲され、アオ型、クロ型より漁獲量が少ないこと、桁曳網により漁獲されるのはアオ型、クロ型がほとんどであることから、本研究ではアカ型を除き、アオ型・クロ型の両者をマナマコとして区別せずに扱った。

筆者らは2015年4月および2016年の4月に宮津湾で採集したマナマコの標準体長 L_e （Yamana and Hamano, 2006a; 山名, 濱野, 2006b; 山名ら, 2011）を測定し、

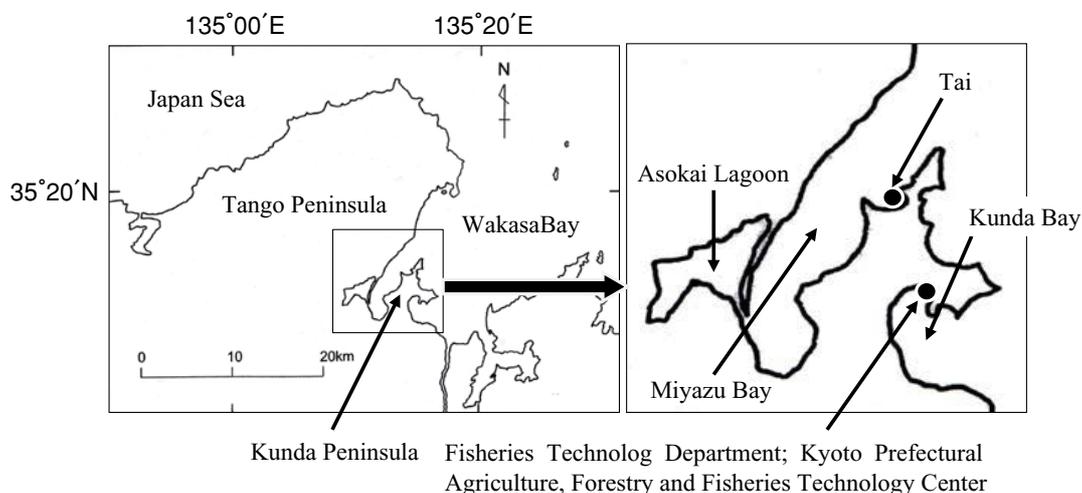


Fig. 1 Location of the study site. Black circles indicate the Japanese sea cucumber sampling sites.

その組成の多峰型から、年齢と標準体長の関係を求めることで、宮津湾におけるマナマコの資源管理に必要な資源特性値のうち、成長に関するいくつかの知見を得たので報告する。

材料と方法

調査 I 標準体長と全重量の関係 調査海域は、2007年に宮津市田井地先において沖出し距離約60 m、水深約1 mから4 mの範囲に天然石の投石により造成された人工投石藻場内（以下、藻場内）および藻場沖側縁辺から水深8 mまでの砂泥底（以下、藻場沖）である。藻場内の植生は全体をとおしてヤツマタモク *Sargassum patens*、マメタワラ *Sargassum piluliferum*、ヨレモク *Sargassum siliquastrum*、ジョロモク *Myagropsis myagroides*などのホンダワラ科海藻が密に分布し、藻場沖にはアマモ *Zostera marina*が疎に分布する。

2015年4月15日に、藻場内および藻場沖から、スクーバ方式による潜水にてマナマコをランダムに採集し、トレーに物差しとともに並べてコンパクトデジタルカメラで撮影したのち（Fig.2）、体表の海水を軽くキムタオルで拭き取り電子秤（SL-1000WP, A&D）にて全重量を測定した。

調査 II マナマコの標準体長組成の混合正規分解 調査海域は、前述の海域および宮津湾の東岸側の栗田半島に位置する京都府農林水産技術センター海洋センターの船上げ場斜路の水深1 m以浅の範囲（以下、斜路, Fig.1）である。

2016年4月22日に、スクーバ方式による潜水にて藻場内および藻場沖に分布するマナマコを調査 I と同様の方法で採集した。併せて、藻場内の最浅部の水深1 mから1.5 mまでのホンダワラ科海藻の基部（以下、海藻基部）に分布する小型のマナマコを採集した。同年5月2日には、斜路から徒手によりマナマコを採集し、調査 I と同様の方法にて写真撮影した（Fig.2）。

調査 I・II で撮影した画像から、Yamana and Hamano (2006) に従い各個体の体長 L および体幅 B を測定した。採集した個体には一部クロ型を呈する個体やアオ型とクロ型の中間的な色型を呈する個体が発見されたが、アオ型を呈する個体が主体であること、また完全にアオ型とクロ型に分けることが困難であることから、標準体長 L_e の推定には山名ら (2011) の提案するアオ型の本州共通式 (1) を用いた。推定された標準体長より、1クラス5 mm幅の三項移動平均値による標準体長組成を求め、同一年級群の体長組成が正規分布であると仮定して、佐野 (2004) に従い、Microsoft-Excelのソルバーを用いた正規分布分解による年級群分解を試みた。

$$L_e = 5.30 + 2.01 \times (L \times B)^{1/2} \quad (1)$$

結果

調査 I

藻場内からは120個体、藻場沖からは103個体を採集した。採集したマナマコの標準体長と全重量の関係をFig.3に示した。関係式は式 (2) で示された。

$$W = 3.06 \times 10^{-5} \times L_e^{2.95} \quad (2)$$

調査 II

藻場内から143個体、海藻基部から23個体、藻場沖から211個体を採集し、斜路から43個体を採集した。Fig.4に、海藻基部、藻場内および藻場沖で採集されたマナマコの標準体長組成とその混合正規分布分解したグラフを示した。海藻基部で採集されたマナマコの標準体長組成は39.3 mmから117.5 mmの範囲にあり、条件により単峰型もしくは2から3峰の複数峰の混合型として分解することが可能であった。23個体の平均標準体長は78.0 mmであった。藻場内で採集したマナマコの標準体長組成は概ね104.5 mmから263.5 mmの範囲にあり、5峰に分解することができた。そ



Fig. 2 Body length and breadth were calculated by image analysis.

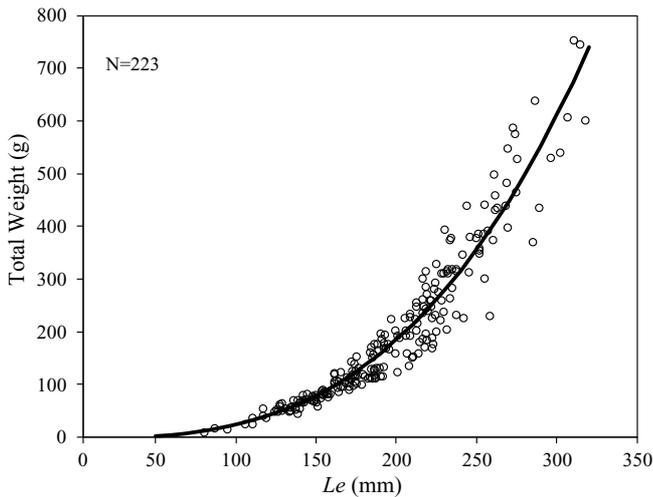


Fig. 3 Relationship between estimated standard body length and total body weight of Japanese sea cucumbers collected in the artificial alga field and sandy bottom off-shore of Tai, Miyazu Bay.

それぞれの平均標準体長は111.8 mm, 149.6 mm, 184.9 mm, 207.3 mmおよび238.7 mmと推定された。藻場沖で採集したマナモコの標準体長組成は概ね160.4 mmから329.0 mmの範囲にあり、混合正規分布分解は6峰に分解することができた。それぞれの平均標準体長は、173.3 mm, 202.6 mm, 229.3 mm, 255.9 mm, 285.3 mmおよび325.4 mmと推定された。Fig.5に斜路で採集されたマナモコの標準体長組成を示した。斜路で採集されたマナモコの標準体長組成は45.3 mmから121.6

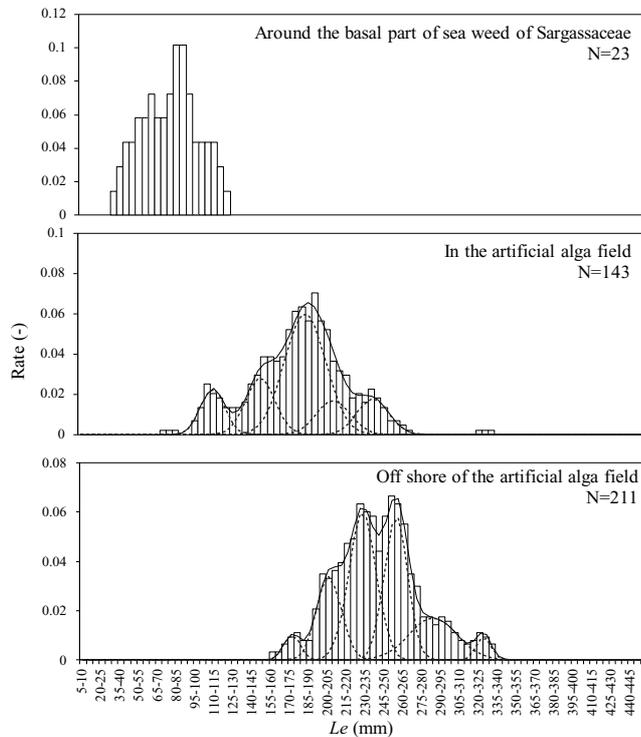


Fig. 4 Estimated standard body length compositions and normal distribution of Japanese sea cucumbers collected from each locations.

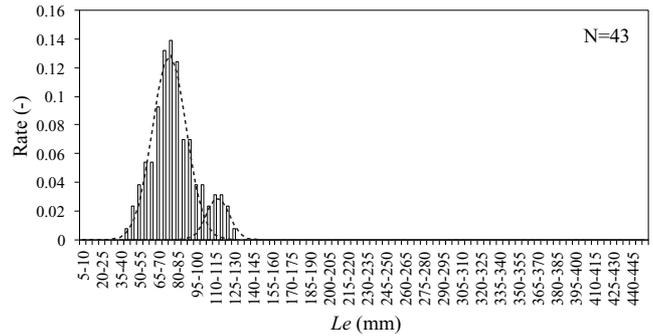


Fig. 5 Estimated standard body length compositions and normal distribution of Japanese sea cucumbers collected at the slipway skid of the landing ship.

mmの範囲にあり、2峰で構成された。それぞれの平均標準体長は76.4 mmと114.6 mmと推定された。

考 察

マナモコの産卵期について、崔（1963）は水温が13℃から15℃になると産卵が開始され、18℃から22℃で終了すると報告し、伊藤（1995）は佐賀県において水温12℃から18℃の3月から5月の間で産卵すると報告した。宮津湾におけるマナモコの産卵期を調査した例はないが、例年、宮津湾に近い京都府農林水産技術センター海洋センターの取水水温（栗田湾水深12 m）は4月初旬に12℃、5月下旬から6月初旬にかけて18℃に達するため、宮津湾におけるマナモコの産卵期は4月から6月と推測される。

濱野ら（1989）の成長式に従えば、着底1年後のマナモコの体長は68 mm程度と推定されるが、山名ら（2006）によれば標準体長は体長に比べて大きくなることも示唆されている。宮津湾におけるマナモコの産卵期を4月とすると、斜路で採集された個体のうち小型の峰を構成する個体群（平均標準体長76.4 mm）は2015年の4月に発生した1歳群であり、斜路で採集されたマナモコは主に1歳群で構成されていたものと考えられる。一方、海藻基部で採集されたマナモコの標準体長は39.3 mmから117.5 mmの範囲にあり、斜路で採集されたマナモコの標準体長組成の範囲（45.3 mmから121.6 mm）とほぼ一致した。また、斜路で採集されたマナモコと海藻基部で採集されたマナモコのそれぞれの平均標準体長に有意差は認められなかった（t検定、 $P=0.63$ ）。以上のことから、海藻基部で採集されたマナモコは、斜路で採集されたマナモコと同様に、主に1歳群で構成されたと考えられた。採集された23個体の平均標準体長は78.0 mmであった。

藻場内で採集されたマナモコの標準体長組成のうち最小の年級群の平均標準体長は111.8 mmと推定された。濱野ら（1989）は、2歳の体長を103 mm程度と推定しており、上記と同様に標準体長は体長に比べて大きくなる可能性も考慮すると、藻場内で採集されたマ

ナマコの最小年級群は2歳群であり、藻場内では2歳から6歳群までが採集されたと考えられる。

藻場沖で採集されたマナマコの標準体長組成は概ね160.4 mmから377.4 mmの範囲であり、藻場内で採集されたマナマコの標準体長組成に比べてより大型の個体が藻場沖に分布したことが明らかとなった。また藻場沖で採集されたマナマコの標準体長組成のうち、最小年級群の平均標準体長は173.3 mmと推定され、藻場内で採集されたマナマコの3歳 (149.6 mm) と4歳 (184.9 mm) の間に位置した。濱野ら (1989) はマナマコが成長にともない深場に移動することを認めている。これに従い、藻場沖の最小年級群は3歳群のうちの成長の良い大型個体であると考え、藻場沖で採集された個体は3から8歳群と推定した。

以上のことから、4月における宮津湾のマナマコは、1歳群は水深1.5 m程度までの海藻基部に分布するが、2歳群は水深4 m程度までの藻場内に分布し、3歳になると水深8 mまでの藻場および砂泥底域まで分布を広げ、7歳以上の年級群は砂泥底を中心に分布すると推察された。浮遊幼生の着底および幼稚仔の動態について、濱野ら (1989) は藻場潮間帯のホンダワラ類がマナマコ幼生の着底に重要であり、成長に従ってより深所に移動することを認めており、今回の調査で1歳と推定されるマナマコがホンダワラ科海藻の基部で採集されたことや、2歳以上の分布はこれを指示するものである。

これまで述べた体長組成分解の結果を基に、宮津湾における4月のマナマコの年齢 (t) と標準体長の関係をFig.6に示した。これを von Bertalanffy の成長式に Excel のソルバーを用いた最小二乗法にて近似すると、式 (3) を得ることができ、極限体長は469.9 mm と推定された。

$$L_e = 469.9 \times (1 - e^{-0.132 \times t}) \quad (3)$$

2016年3月から4月に宮津湾にて漁獲されたマナマコ180個体の標準体長を推定したところ (未発表)、最大標準体長は427 mmであり、推定された極限体長は妥当と考える。また、式 (2) および式 (3) より、年齢と平均全重量の関係を求めると、宮津湾のマナマコの平均全重量は1歳から8歳まで順に約5 g, 31 g, 86 g, 168 g, 273 g, 394 g, 525 g および661 g となることが示された。

マナマコの成長については、北海道積丹半島周辺の個体群を調査した高橋、秋野 (2010) が、積丹町の個体群の体重データについて指数型成長曲線モデルを適応し、発生群の平均重量は1歳から5歳まで順に約16 g, 32 g, 65 g, 131 g および267 g と推定し、小樽市忍路の個体群についても同様に約7 g, 17 g, 42 g, 103 g および252 g と推定している。青森県陸奥湾に敷設したホタテ貝殻に着底した発生群を追跡した桐原 (2008、

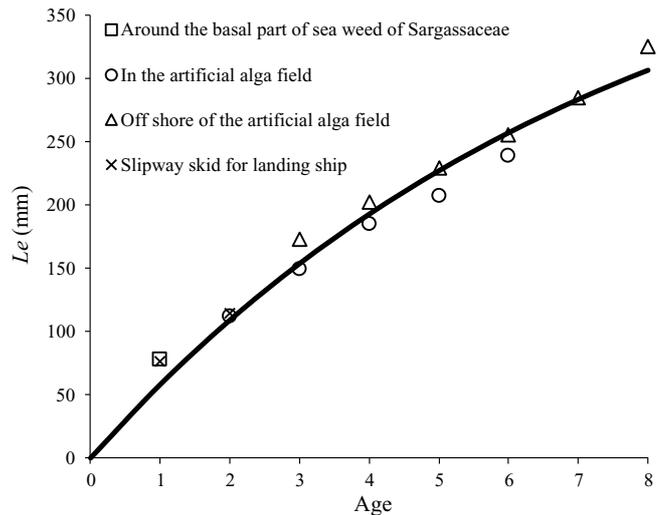


Fig. 6 Relationship between age and mean estimated standard body length of Japanese sea cucumber in Miyazu Bay.

2009) は、体重データについて直線型成長曲線モデルを適応して、発生群の平均重量は1歳から5歳まで順に約22 g, 84 g, 147 g, 209 g および271 g と推定している。崔 (1963) は愛知県渥美半島沿岸域での定期的な採集結果と、三重県での採集データにもとづく体重組成の多峰型分離結果からマナマコの成長曲線を作成しており、1歳から4歳まで順に15.5 g, 122.4 g, 307.1 g および472.5 g と推定している。また、瀧口ら (1990) は福岡県豊前沖に大量に放流された稚マナマコの成長を追跡し、1歳で32 g, 2歳で182 g, 2歳7ヶ月で260 g に成長すると報告した。このように日本全国に分布するマナマコの成長は地域によって大きく異なるが、北海道などの寒冷地での成長は遅くなると言われている (廣田, 町田, 2014)。今回得られた成長曲線をこれらの成長データと比較すると、北海道や青森県の成長に近い結果となり (Fig.7)、宮津湾のマナマコは寒冷な

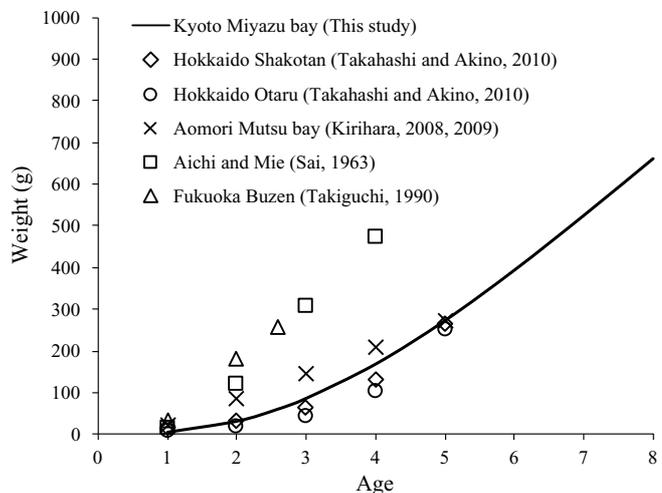


Fig. 7 Comparison of the growth curves of Japanese sea cucumber from Miyazu Bay and the other regions.

地域と同様の遅い成長をすることが示された。

先述したように宮津湾のマナマコ桁曳網漁では、漁業者が資源の減少を危惧し、1日の出荷量を制限したり、漁獲サイズを制限するなどした自主的な漁獲規制を実施している。一方で、マナマコの資源管理に必要な資源特性値が十分把握されていないことから、現在実施している管理方策の妥当性を評価することは困難である。本研究により宮津湾のマナマコの年齢と標準体長・全重量の関係を推定することができた。今後、さらに調査を進め、自然死亡や資源量が明らかとなれば、加入量当たりの漁獲量の最大化を目的としたYPR型の資源管理について、科学的根拠に基づいた管理目標の設定が可能となる。また、宮津湾におけるマナマコの成熟、産卵に関する知見が得られれば、再生産関係を考慮した資源管理も可能となるだろう。

文 献

- 濱野龍夫, 網尾 勝, 林 健一. 1989. 潮間帯および人工藻礁域におけるマナマコ個体群の動態. 水産増殖, **37**: 179-186.
- 廣田将仁, 町口裕二. 2014. 「ナマコ漁業とその管理－資源・生産・市場」. 58-61. 恒星社厚生閣, 東京.
- 伊藤史郎. 1995. マナマコの人口種苗生産技術の開発に関する研究. 佐賀県栽培漁業センター研究報告, **4**: 1-87.
- Kanno M., Suyama Y., Li Q., Kijima A. 2006. Microsatellite analysis of Japanese sea cucumber, *Stichopus (Aposichopus) japonicus*, supports reproductive isolation in color variants. *Mar. Biotechnol.*, **8**: 672-685.
- 桐原慎二. 2008. ナマコの生態と資源管理－1. 青森県水産総合研究センター増養殖研究所だより, **113**: 1-2.
- 桐原慎二. 2009. ナマコの生態と資源管理－2. 青森県水産総合研究センター増養殖研究所だより, **114**: 8-10.
- 崔 相. 1963. 「なまこの研究」. 海文堂, 東京.
- 佐野二郎. 2004. MS-Excelを用いた年齢組成推定手法. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, **14**: 77-86.
- 高橋和寛, 秋野秀樹. 2010. 北日本海域における天然資源の効果的添加技術の開発, 乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発平成21年度報告書(最終年度). 64-67. (独)水産総合研究センター, 北海道.
- 瀧口克己, 藤本敏昭, 神蘭真人. 1990. マナマコ *Stichopus Japonicus SELENKA*人工種苗の大量放流による漁場形成に関する研究－I. 福岡県豊前水産試験場研究報告, **3**: 53-65.
- Yamada K., Hori M., Matsuno S., Hamano T., Hamaguchi M. 2009. Spatial variation of quantitative color traits in green and black types of sea cucumber *Apostichopus japonicas* (Stichopoididae) using image processing. *Fish. Sci.*, **75**: 601-610.
- 山名祐介, 五嶋聖治, 浜野龍夫, 遊佐貴志, 古川佳道, 吉田奈未. 2011. 北海道および本州産マナマコの体サイズ推定のための回帰式. 日本水産学会誌, **77**: 989-998.
- 山名祐介, 浜野龍夫. 2006a. マナマコの新標準体長の有効性. 水産大学校研究報告, **54**: 105-110.
- Yamana Y., Hamano T. 2006b. New size measurement for the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Sticho-podidae) estimated from the body length and body breadth. *Fish. Sci.*, **72**: 585-589.

