

# 宮津湾におけるマナマコの資源評価と資源管理

篠原義昭, 澤田英樹\*, 鈴木啓太\*

Fishery stock assessment and management of  
Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* in Miyazu Bay

Yoshiaki Shinohara, Hideki Sawada\*, Keita W. Suzuki\*

Since 2015, fishermen who catch Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* by dredge in Miyazu Bay have their catch regulated to less than 18 kg/day/man, with the wet weight of individual sea cucumbers having to exceed 300 g. To research the effectiveness of regulations, the abundance of stock left following the seasonal dredge fishery in 2017, 2018 and 2019 was estimated using an area-density method, with catch rates calculated from catch amounts per seasons. Yield per recruit (YPR) and percent spawning per recruit (%SPR) analysis was used to assess fisheries regulations. The abundance of stock left after each fishery season was estimated at 25.1, 28.3 and 23.1 t, with annual catch rate of 31.8, 33.2 and 41.3%, respectively. Post-regulation YPR was 1.6-2.0 times higher, and %SPR rose from 9.8-16.2% to 46.4-54.9% indicating an efficient and sustainable fishery.

キーワード：面積密度法, YPR, %SPR

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 mutica* に並ぶ湾の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、2012年から出荷量の少量化や出荷サイズの大型化などの資源管理に関する自主規制を強化してきている（篠原ら、2017）。出荷量制限では、2011年まで1人1日あたり一斗缶4杯（一斗缶1杯は概ね18 kg）までとされていたが、2012年には1人1日あたり一斗缶3杯まで、2013年および2014年には、1人1日あたり一斗缶2杯までとし、2015年以降は1人1日あたり一斗缶1杯までとしている。サイズに関する規制では、2011年は体長15 cm以下のマナマコの漁獲を禁止していたが、2012年以降は湿重量制限に変更し、2012年は150 g未満、2013年は180 g未満、2014年は250 g未満、そして2015年以降は300 g未満のマナマコの漁獲を禁止している。漁期についても、2010年までは12月1日から4月30日まで解禁していたが、2015年以降は、1月中旬から4月中旬までとして、1ヶ月以上短縮されている。このよう

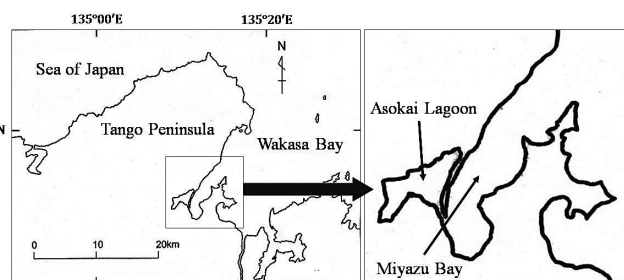


Fig. 1 Miyazu Bay, and location of Japanese sea cucumber dredge fishery.

に非常に厳しい規制を設けた結果、2015年の規制内容となって2年が経過した2017年以降の3年間では漁獲量が10～16 tに増加した。また大型のマナマコが安定して漁獲されるようになっており、マナマコ資源管理の貴重な成功事例になると考えられた。

宮津湾のマナマコの資源状態を評価するには資源量および漁獲率を明らかにすることが重要である。松宮（1984）は長崎県大村湾において日々の漁獲量を操業隻数で除したCPUEからDeLury法を用いてマナマコの資源量を推定している。そこで、筆者らは2018年および2019年漁期に、桁曳網によりマナマコを漁獲する漁業者を対象に操業日誌の記録を依頼して、CPUE（単位曳網時間あたりの入網個体数）

\* 京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所

\* Maizuru Fisheries Research Station, Field Science Education and Research Center, Kyoto University

の漁期中における変化を分析したところ、2018年漁期において漁獲対象となる300g以上のマナマコのCPUEが漁期を通して高まる様子が観察された(未発表)。マナマコは6月から11月にかけて藻場内の転石の隙間などで活動性を低下させた状態で過ごし(夏眠)、その期間中湿重量が著しく低下するが、夏眠からあけた個体は周辺の砂底に移動して、5月頃の産卵期に向けて急激に湿重量が増加する(崔,1963; 瀧口ら, 1990)。桁曳網では夏眠後に藻場外へ移出してくるマナマコを漁獲するため、桁曳網漁場に移出してくる個体や漁獲サイズ以上に成長する個体の漁獲加入速度が、漁獲による資源減耗速度を上回れば、漁期中にCPUEが増加すると考えられる。このように漁期中に資源加入のある水産生物においては、単純なDeLury法を当てはめた初期資源量の推定は困難と判断した。そこで、本研究では桁曳網の試験曳網により、宮津湾の海域毎の分布密度を推定し、面積密度法により宮津湾内のマナマコの資源量を直接的に推定する方法を選択した。また漁期直前に面積密度法を用いた資源量推定を実施しても、多くの資源が桁曳網漁場にはまだ加入していないため、資源量を推定するには適当でないと考えられる。本研究では、資源が十分に桁曳網漁場に移出し、また湿重量が最も重くなる時期にあたる漁期終了時点の資源量を推定し、その値に漁獲量を加えた値が漁獲率を推定するための見かけの初期資源量として最も信頼できると判断した。

筆者らは2017から2019年の漁期終了直後に獲り残されたマナマコの資源量を面積密度法により推定し、各年の漁獲量から漁獲率を求めた。また、同湾におけるマナマコの成長式(篠原ら, 2017)にもとづき、漁獲サイズ規制の強化にともなう漁獲開始年齢の変化を推定した。そして、成長式と漁獲開始年齢および漁獲率にもとづき、マナマコの加入量あたりの漁獲量の最大化を目的としたYPR(Yield Per Recruitment)解析により宮津湾で取り組まれるマナマコの資源管理の効率性を評価した(松宮, 1996)。また加入量あたりの産卵親量を表すSPR(Spawning Per Recruitment)の解析により、同湾におけるマナマコ再生産の持続性を評価した(松宮, 1996)。

## 材料と方法

**漁期終了時における宮津湾のマナマコ獲り残し資源量および漁獲率の推定** 本研究において扱う資源量や漁獲率は、2015年以降の漁獲制限にあたる湿重量300g以上のマナマコ資源を対象としたものである。調査は漁期終了後間もない2017年4月20日、2018年4月17日および2019年4月16日に実施した。なお、各年の漁期はそれぞれ1月19日-4月16日、1月20日-4月12日、1月19日-4月15日であった。

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資源量推定の対象とせず、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(篠原, 2017)。

各漁期における獲り残し資源量は、桁曳網の曳網によるライントランゼクト法により推定した300g以上のマナマコの分布密度に、漁場面積を乗じて求めた。まず、漁場面積の計測方法について述べる。事前の漁業者への聞き取りから、湾奥から湾中央にかけては小型であるが個体数が多い、湾口部では大型であるが個体数が少ない、水深10m付近の個体数が多い、湾中心部の20m以深の海域にはほとんど分布しないなどの情報を得た。その情報をもとに宮津湾を湾口部西側、湾中央部西側、湾奥部西側、湾奥部東側、湾中央部東側、湾口部東側の6つの海域に分けた(Fig.2)。さらに各海域を、個体数が多いとされた10m前後の水深を含む潮間帯から水深13mまでの「水深13m以浅」、分布個体数が少ないとされた20m以深の水深を含む「水深18m以深」、およびその中間にあたる「水深13~18m」の3つの水深帯に分けた。各海域の水深帯別の海域面積は、宮津湾の等深線図(Fig.2, 日本水路協会, M7012-Ver2-1)からフリーソフト「Foxit Reader ver.8.3.1.21155」を用いて計測した。

次に海域・水深帯別の分布密度および獲り残し資源量の推定方法について述べる。それぞれの海域に対して1ないし2隻の漁船が対応した。漁船には、操船および曳網を担当する漁業者1名と、記録を担当する調査員1名が乗船した。各海域をさらに2ないし3の海区に分割し、計13海区(①~⑬)を設定した(Fig.2)。漁業者は、各漁船に搭載する魚群探知機を確認しながら、可能な限りそれぞれの海区の水深5, 10, 15, 20mにて、10から15分間の桁曳網の曳網を行った。ただし、水深20m以浅の海区では水深20mを曳網できなかった。また、転石帯や岩礁帯では曳網しなかった。調査員は、桁曳網の投入時刻および曳網終了時刻を記録した。またGPS機器(GARMIN社製 etrex 10J, foretrex301, etrex Vista HCx, gpsmap62c)で調査中の漁船の航跡を全て記録した。調査員の記録した投入時刻、曳網終了時刻およびGPSの位置情報から曳網距離を求め、漁船毎に使用した桁曳網の幅(2.5-2.7m)を乗じて曳網面積

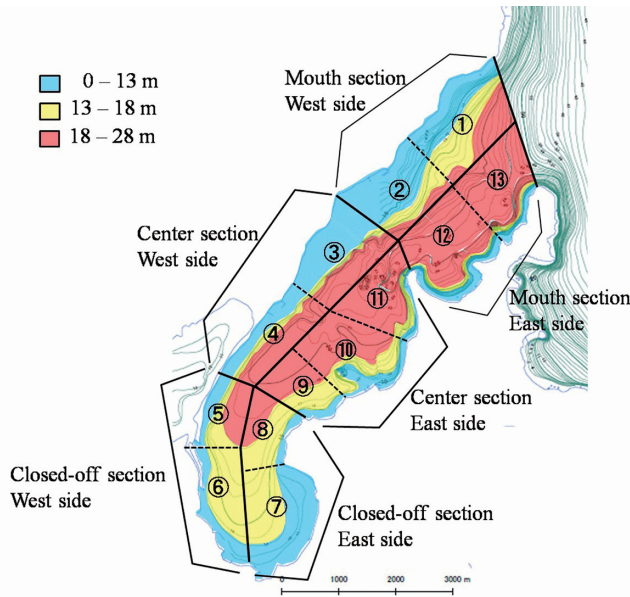


Fig. 2 Bottom topography Miyazu Bay. The survey area was divided into 13 sampling blocks, with blocks subdivided into three depth zones (0-13 m, 13-18 m and >18m).

を算出した。曳網毎に入網した全てのマナマコの湿重量を測定し、300 g 以上のマナマコの個体数を計数した。各海域に設定した海区の水深 5 m および 10 m の曳網で入網した 300 g 以上のマナマコの全個体数を、その曳網面積および漁獲効率で除して水深 13 m 以浅の分布密度を推定した。この分布密度に同海域の水深 13 m 以浅の面積を乗じて、各海域の 13 m 以浅に分布したマナマコの個体数を算出した。同様に、水深 15 m での曳網から求めた分布密度には水深 13 ~ 18 m の面積を、水深 20 m での曳網から求めた分布密度には水深 18 m 以深の面積を乗じて、各海域・水深帯別に分布したマナマコの個体数を推定した。なお、宮津湾は砂質と泥質が卓越する平坦な海底であるため、畑中(1994)に従って漁獲効率には 0.78 を用いた。また、宮津湾全体に分布する 300 g 以上のマナマコの推定個体数に、入網したすべての 300 g 以上のマナマコの平均湿重量を乗じて、各年の獲り残り資源量を算出した。京都府漁業協同組合の統計データから各年の漁獲量を求め、獲り残り資源量に漁獲量を加えることで、漁期前の初期資源量を推定し、漁獲量を初期資源量で除することで漁獲率を求めた。

**YPR・%SPR 解析** 宮津湾におけるマナマコの成長式(年齢  $t$  標準体長の関係)は式(1)、また標準体長と湿重量の関係は式(2)で表される(篠原ら, 2017)。なお、標準体長とは、マナマコの体長および体副から推定した麻酔時の体長であり、体長が伸縮するマ

ナマコにおいて、体サイズの見たとされる(山名祐介, 浜野龍夫. 2006a, Yamana Y., Hamano T. 2006b, 山名ら, 2011)。

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

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

まず YPR 解析について述べる。YPR とは一定の加入量のもとで、任意の漁獲率および漁獲開始年齢を与えたときに期待される漁獲量であり、式(1)(2)および(3)により表すことができる。

$$R = \frac{1}{N_1} \sum_{t=1}^{\lambda} W_t C_t \quad (3)$$

ここでは年齢別の漁獲個体数、は  $t$  歳の資源個体数で、それぞれ(4)式と(5)式により与えられる。本研究では 1 歳の資源個体数として 1 を与えた。 $\lambda$  は宮津湾におけるマナマコの寿命である。筆者らは 2016 年に同湾内の砂泥に分布した 377 個体のマナマコの標準体長組成の混合正規分布分解から 8 歳群までを観察している(篠原ら, 2017)。また式(1)(2)から、4 月時の 8 歳のマナマコの湿重量は 661 g と推定されるが、本調査において湿重量が 1,000 g 以上のマナマコが多数入網したことから(未発表)、宮津湾におけるマナマコの寿命は少なくとも 8 歳以上であると考えられる。また、廣田・町口(2014)は少なくともマナマコの寿命は 5 歳以上で、10 年程度は生きると述べている。よって本稿ではマナマコの寿命  $\lambda$  を 10 歳として解析した。

$$C_t = N_t E \quad (4)$$

$$N_t = \frac{N_{t-1}}{e^{F+M}} \quad (5)$$

$$E = \frac{F}{F+M} (1 - e^{-F-M}) \quad (6)$$

田中・田内の方法に従って、寿命を 10 歳として、自然死亡係数  $M$  は 0.25 とした(田中, 1960)。 $F$  は漁獲係数である。前述の資源量推定から得られた各年の漁獲率  $E$  を、 $M=0.25$  のもと式(6)により漁獲係数に変換した。

次に SPR 解析について述べる。SPR とは、一定の加入量を与えられたとき、任意の漁獲開始年齢および漁獲係数のもとで、その年級から一生を通して産まれる卵の総数である。また %SPR とは、漁獲がないとき ( $F=0$ ) に得られる最大の SPR 値に対する、任意の漁獲係数での SPR の割合 [%] であり、再生産情報が少ない場合の管理基準として、経験的に %SPR が 30-40 を上回れば、再生産関係が持続的であると判断される(松宮, 1996)。SPR の値は(1)(2)(5)および(7)式で表わすことができる。

**Table 1** Abundance of the Japanese sea cucumber stock in Miyazu Bay estimated in the fishery seasons of 2017, 2018 and 2019.

	Depth [m]	Area [10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> ]	2017		2018		2019	
			Density [10 <sup>-3</sup> ind./m <sup>2</sup> ]	Post-fishing abundance [10 <sup>3</sup> ind.]	Density [10 <sup>-3</sup> ind./m <sup>2</sup> ]	Post-fishing abundance [10 <sup>3</sup> ind.]	Density [10 <sup>-3</sup> ind./m <sup>2</sup> ]	Post-fishing abundance [10 <sup>3</sup> ind.]
Mouth section West side	0-13	2.2	2.7	5.8	4.0	8.7	1.8	4.0
	13-18	1.1	1.1	4.1	4.4	1.9	2.0	
	18-	0.6	1.2	0.8	3.3	2.2	3.0	1.9
Center section West side	0-13	1.1	3.1	3.5	1.8	2.0	0.4	0.5
	13-18	0.4	1.6	0.7	3.4	1.5	0.0	0.0
	18-	1.7	1.0	1.7	1.7	2.9	1.1	1.8
Closed-off section West side	0-13	0.7	9.1	6.8	4.3	3.2	3.7	2.8
	13-18	1.3	2.5	3.3	0.6	0.8	2.1	2.8
	18-	0.5	3.0	1.6	3.7	2.0	5.8	3.0
Closed-off section East side	0-13	1.4	4.2	6.0	5.2	7.3	2.8	3.9
	13-18	1.8	0.0	0.0	0.5	0.9	0.0	0.0
	18-	0.8	-	-	-	-	-	-
Center section East side	0-13	0.4	2.0	0.8	12.9	5.2	2.5	1.0
	13-18	0.4	0.0	0.0	5.3	2.3	2.7	1.2
	18-	1.8	1.8	3.2	0.0	0.0	1.8	3.3
Mouth section East side	0-13	0.5	-	-	-	-	-	-
	13-18	0.2	-	-	-	-	-	-
	18-	4.1	3.6	14.7	2.4	9.9	2.6	10.5
Total post-fishing abundance [10 <sup>3</sup> ind.]			49.9		53.2		38.8	
Average wet body weight [g]			501.7		531.3		596.3	
Total post-fishing abundance [t]			25.1		28.3		23.1	
Total landings [t]			11.7		14.0		16.2	
Total pre-fishing abundance [t]			36.8		42.3		39.4	
Fishing rate [%]			31.8		33.2		41.3	

$$SP = \sum_{t=t_m}^{\lambda} N_t \times W_t \quad (7)$$

ここでは成熟年齢である。マナマコは湿重量 100 g 程度で成熟し繁殖に参加するため (崔, 1963), 式 (1) (2) に従って, 湿重量が 100 g 以上に達する 3 歳を成熟年齢とした。%SPR の解析においても, YPR と同様に  $M=0.25$  の値を与え, 1 歳の資源個体数 ( ) を 1, 寿命  $\lambda$  を 10 とした。

## 結 果

**漁期終了時における宮津湾のマナマコ残り資源量および漁獲率の推定** 3 回の調査における, 各海域の水深 13 m 以浅・13 ~ 18 m・18 m 以深の海域面積, それに対応する 300 g 以上のマナマコの推定分布密度, および推定分布個体数を Table 1 に示した。宮津湾全域における残り資源個体数は, 2017 年漁期で  $49.9 \times 10^3$  個体, 2018 年漁期で  $53.2 \times 10^3$  個体, 2019 年漁期で  $38.8 \times 10^3$  個体と推定された。入網した 300 g 以上の全てのマナマコの平均湿重量は, 2017 ~ 2019 年の順に 501.7 g, 531.3 g, 596.3 g であったので, 各年の残り資源量は 25.1 t, 28.3 t および 23.1 t と推定された。よって, 残り資源量に漁獲量を加えた漁期前初期資源量は, 2017 年漁期で 36.8 t, 2018 年漁期で 42.3 t, 2019 年漁期で 39.4 t となった。これにより各年の漁獲率はそれぞれ 31.8%, 33.2%, および 41.3% と推定され, 近年の宮津湾におけるマ

ナマコの漁獲率  $E$  は 30-40% 程度であると考えられた。

**YPR・%SPR 解析** 2011 年までのサイズ規制にあたる体長 15 cm のマナマコの年齢は, 式 (1) から 2.9 歳と推定される。よって, 2011 年までの漁獲開始年齢は概ね 3 歳であり, 4 歳以降の個体の大部分が漁獲加入していたと考えられる。また体長制限を湿重量制限に変更した 2012 年の規制にあたる 150 g のマナマコの年齢は, 式 (1)(2) より 3.8 歳と推定されるので, 2012 年の制限下では概ね 4 歳から漁獲開始され, 5 歳以上の大部分が漁獲加入していたと考えられる。さらに 2015 年以降の制限にあたる 300 g のマナマコの年齢は, 式 (1)(2) より 5.2 歳と推定されるので, 概ね 5 歳から漁獲開始され, 6 歳以上の大部分が漁獲加入すると考えられる。つまり, サイズ制限を強化したことで, 漁獲開始年齢は 3 歳から 5 歳にまで引き上げられたことになる。横軸を漁獲係数, 縦軸を漁獲開始年齢としたときの YPR を等量線図で示した等漁獲量曲線図を Fig.3 に示す。前述の資源量調査から, 宮津湾における近年の漁獲率を 30-40% の範囲とすると, 自然死亡係数 0.25 のもとでは, 漁獲係数は 0.4-0.6 の範囲となる。よって Fig.3 の中の実線で囲んだ範囲内が現状点にあたり, 1 歳の加入個体数を 1 と仮定したときに, その加入群の一生から期待される漁獲量である YPR は 88-94 g となる。一方, 規制強化する 2011 年漁期以前の漁獲開始年齢は 3 歳

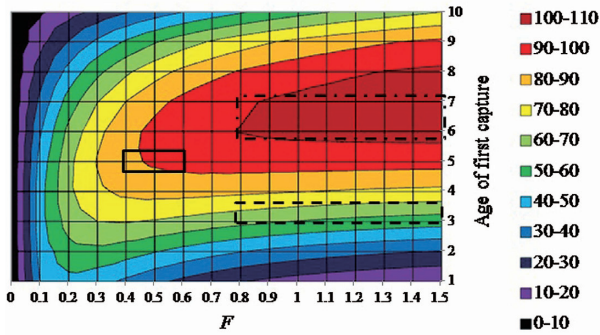


Fig. 3 Isoleth diagram of yield per recruit (YPR). Solid rectangle = present situation: broken rectangle = past situation : dash dot rectangle = the most efficient point when fishing coefficient  $F$  is fixed at present situation.

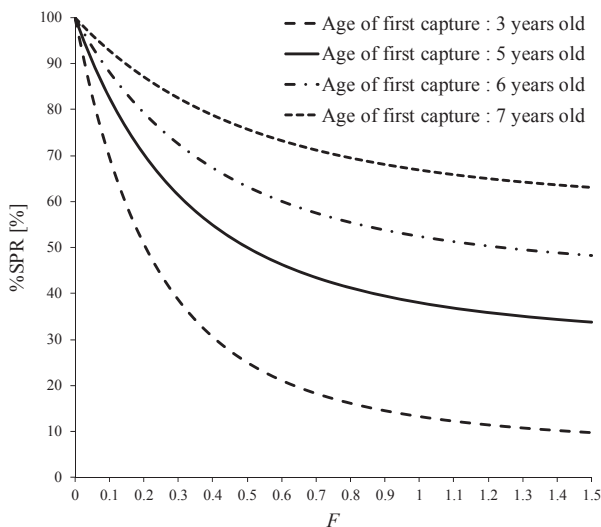


Fig.4 Percent spawning per recruit curves (%SPR) at first capture, 3, 5, 6 and 7 years age.

である。当時の漁獲率は調査を実施していなかったため明らかではないが、2015年以降と比較し、1人1日あたり4倍の出荷量が認められていたこと、また漁期も1ヶ月程度長かったことを考慮すると、少なくとも2015年以降の漁獲率に比べて高かったことは明らかである。そこで、2011年以前の漁獲率を50-70% ( $F=0.8 \sim 1.5$ )と仮定するとYPRは54-62gとなった (Fig.3の中の破線で囲まれた範囲)。これにより、2015年以降の漁獲制限に強化したことで、YPRは1.4-1.7倍高まったことが示された。また、漁獲開始年齢をさらに高めて6-7歳を漁獲開始とし、漁獲率を50-70%とすると、Fig.3中の一点鎖線の範囲内で、YPR = 99-107gとなる。この場合、YPRは最も高くなり、2011年以前の状態の1.6-2.0倍に達する。

漁獲開始年齢を3, 5, 6および7歳とした場合の、任意の  $F$  に対する %SPR を Fig.4 に示した。2011年

以前の漁獲規制下では、YPR解析と同様にして、漁獲開始年齢を3歳、 $F$ を0.8-1.5とすると、%SPR=9.8-16.2%と推定され、30%を下回り持続的でない漁獲が行われていたことが示された。一方で、2015年以降の漁獲規制下では、5歳を漁獲開始年齢として、 $F$ は0.4-0.6の範囲内であるので、%SPR=46.4-54.9%と推定され、40%を上回った。これにより、規制を強化したことで、それまで乱獲状態にあった宮津湾におけるマナモコの桁曳網漁業が、持続的な漁業に転換したことが示された。また、YPR解析において最も効率が高まることが示された6, 7歳を漁獲開始とした場合には、70%の漁獲率 ( $F=1.5$ ) においても%SPRはそれぞれ48.3%と63.1%となり、漁獲率が50%を上回るような高い漁獲圧がかかったとしても持続的となることも示された。

## 考 察

YPR・SPR解析において、自然死亡係数  $M$  は誤差が大きい可能性があるため、 $M$  に一定の範囲を持たせて感度分析を行った (三原ら, 2005)。上述のとおり、筆者らは宮津湾内で8歳群までのマナモコの分布を確認している (篠原ら, 2017)。少なくとも宮津湾では8年は生存することから、 $M$  の上限値には田中・田内の方法より0.3を与えた。また、式(1)(2)から求まる4月時における10歳のマナモコの湿重量は933gである。本調査では湿重量が1,000g以上のマナモコが多数入網しており、宮津湾においてマナモコは10年以上生存する可能性が高い。しかし、有効な年齢形質を持たないマナモコにおいては寿命を求めることは困難であることから、寿命の上限を12歳と仮定して、田中・田内の方法から  $M$  の下限値として0.2を与えた。 $M$  を0.2として、漁獲開始年齢を3歳および5歳としたときの、 $F$  に対するYPRをFig.5 (左) に示す。前述と同様に過去点を漁獲開始年齢が3歳、漁獲率が50-70% ( $F=0.8-1.4$ ) の範囲とすると、YPR=61-74と推定された。一方で、現状点は漁獲開始年齢が5歳で、漁獲率が30-40% ( $F=0.4-0.6$ ) の範囲であるので、YPR=116-121と推定された。よって、漁獲規制を変更したことで、YPRは1.6-2.0倍に高まったこととなる。また、 $M$  を0.3として同様の分析をするとFig.5 (右) が得られ、過去点 (漁獲開始年齢3歳、 $F=0.8-1.5$ ) はYPR=48-54であるのに対して、現状点 (漁獲開始年齢5歳、 $F=0.4-0.6$ ) ではYPR=67-73となり、漁獲規制を変更したことでYPRは1.2-1.5倍に高まったことが示された。

次に、漁獲開始年齢を2015年以降の漁獲規制下にあたる5歳に固定して、 $M$  を0.2および0.3とした場合の  $F$  に対する %SPR を Fig.6 に示す。 $M$  が0.2のとき、現状点 (漁獲開始年齢5歳、 $F=0.4-0.6$ ) の %SPR は43-52となる。また  $M$  が0.3のとき、現状点 (漁

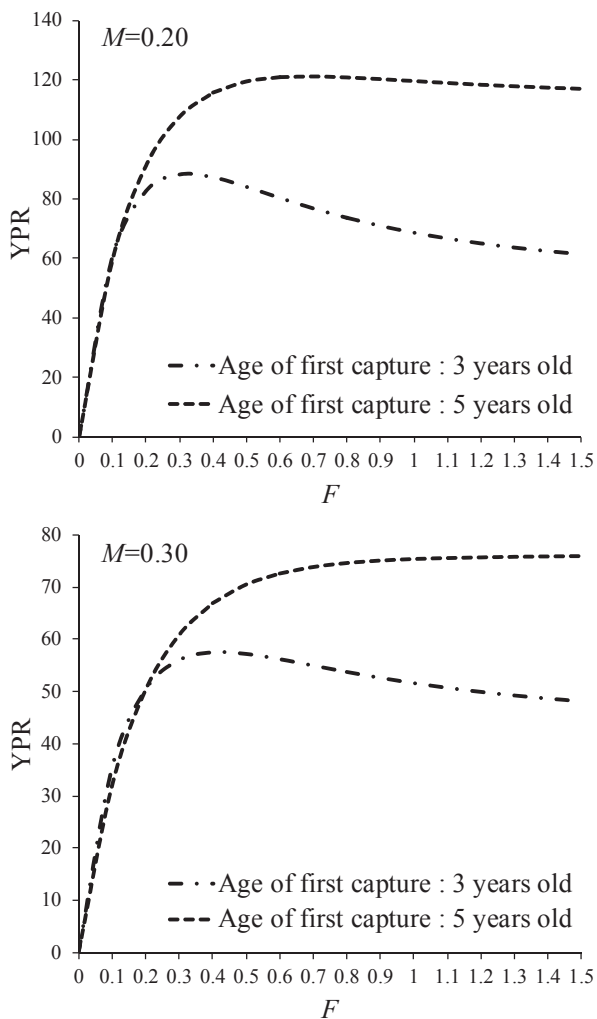


Fig.5 Relationship between YPR and fishing coefficient  $F$  at first capture 3 and 5 years age: left and right panels, mortality coefficient  $M = 0.2$  and  $M = 0.3$ .

獲開始年齢 5 歳,  $F=0.4-0.6$ ) の %SPR は 50-58 となった。よって  $M$  が 0.2-0.3 の範囲において、現状の漁獲率のもとでは %SPR はすべて 40 を上回り、持続的であると判断された。

YPR・SPR 解析の結果、宮津湾におけるマナマコ桁曳漁業は、1 人 1 日あたりの漁獲量の規制、漁期の短縮およびサイズ規制を強化することで、漁獲の効率性が高まり、乱獲状態から持続的な漁業に転換したことが示された。また、漁獲開始年齢を 6-7 歳として、漁獲率を 50% 以上にまで高めることによって、さらに効率性が高まり、持続性も担保できることが示された。6-7 歳を漁獲開始年齢とするためには、式 (1)(2) より湿重量の規制を 400-500 g 程度とする必要がある。また、漁獲率を 50% 以上に高めるためには、1 人 1 日あたりの出荷量の増枠や、漁期の長期化などの規制の緩和が必要となる。一方で、漁業者の聞き取りからは、1 人 1 日一斗缶 1 杯までとした

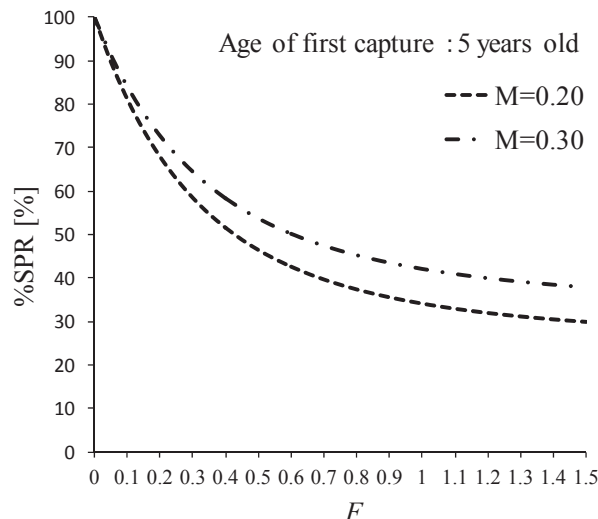


Fig.6 Relationship between %SPR and fishing coefficient  $F$ , with mortality coefficient  $M = 0.2$  and  $0.3$  at first capture 5 years age.

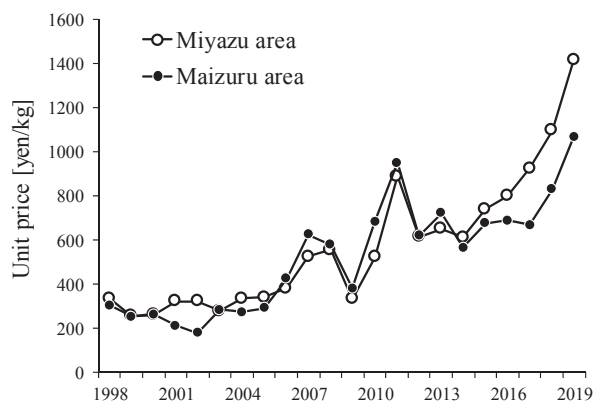


Fig.7 Average unit price (¥/kg) of Japanese sea cucumber caught in Miyazu and Maizuru areas, 1998-2019.

現在の規制下では、短時間の曳網で規定量を容易に漁獲し、他の漁労作業等を実施する時間を確保できることが利点として挙げられている。高齢化する漁業者組織においては、労力を軽減しつつも漁獲量を高められるような管理手法を提案することは重要である。

Fig.7 に、宮津湾内を主な漁場とする宮津地区、および舞鶴湾内を主な漁場とする舞鶴地区で漁獲されるマナマコの、年別の平均単価 [ 円 /kg ] の推移を示す (京都府漁業協同組合統計資料より)。宮津湾にて 300 g 未満の漁獲を禁止する制限が適応される 2014 年以前では、両地区の平均単価に差は見られなかったが、2015 年以降、舞鶴地区に比べて宮津地区の単価が高くなった。舞鶴地区の漁獲量は府内漁獲量の

約 50% 程度を占め、府内で最も多い。舞鶴地区では、潜水漁法および桁曳網によって漁獲される。例年 11 月中下旬から翌年の 3 月 31 日まで解禁され、サイズに関する規制では、年内は 100 g 以下、年明けからは 150 g 以下のマナマコの漁獲を禁止している。また、1 人 1 日あたりの漁獲量の制限を 40 kg までとし、操業人数は宮津地区の約 2 倍である。舞鶴地区におけるマナマコの漁獲率に関する知見はないが、宮津湾に比べて湾の面積がやや狭いにもかかわらず、約 2 倍の漁業者が操業していること、また 1 人 1 日あたりの漁獲量の制限が宮津地区の 2 倍以上であることから、舞鶴湾のマナマコの漁獲率は宮津湾に比べて高いことが予想される。両地区で漁獲されるマナマコはそれぞれ別の市場に出荷される。また両市場ともに体サイズによる選別は行われない。宮津地区では、資源管理の取り組みにより、舞鶴地区に比べて大型のマナマコが安定して出荷されるようになったことで、仲買からの評価が高くなったものと推察され、資源管理の副次的効果が発現したと考えられる。従って、舞鶴湾のマナマコ漁業においても資源管理の取り組みを実践することで、同様の効果の発現が期待される。

本研究において、YPR・SPR の解析に用いた成長式は漁獲の盛期である漁期終盤の 4 月のマナマコの年齢と体長の関係から作成されている（篠原ら、2017）。一方で、マナマコは夏眠から明けて 5 月の産卵期に向けて湿重量が増加する。本研究では、漁期終了時の資源量を基準に漁獲率を推定したので、漁期序盤から中盤にかけて漁獲されたマナマコの漁獲量は、漁期中の成長量を考慮して、漁期終盤に漁獲された場合の漁獲量に補正する必要がある。しかし、漁期中の成長が明らかでないことから、そのような補正を行うことができなかった。そのため、本研究で推定された漁獲率は過小評価された可能性がある。今後は宮津湾におけるマナマコの季節的成長を明らかにして、資源解析の高精度化を目指すとともに、他地区への資源管理普及を進めていきたい。

## 文 献

- 畑中宏之. 1994. ナマコこぎ網の漁獲効率の推定について. 水産増殖. 42 (2) : 227-230.
- 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.
- 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.
- 松宮義晴. 1984. 長崎県大村湾におけるマナマコ資源の解析. 長崎大学水産学部研究報告, 55 : 1 - 8
- 松宮義晴. 1996. 水産資源管理概論 (水産研究叢書 46). 日本水産資源保護協会, 東京, 57-65.
- 三原栄治, 山口宏史, 上田祐司, 松石 隆. 2005. 北海道噴火湾におけるケガニの甲長に基づく資源評価と資源管理. 日本水産学会誌, 71 (6) : 935-941.
- 崔 相. 1963. 「なまこの研究」. 海文堂, 東京.
- 篠原義昭, 西垣友和, 瀬田智文, 道家章生. 2017. 宮津湾におけるマナマコ *Apostichopus japonicus* の成長. 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, 39 : 16-21.
- 瀧口克己, 藤本敏昭, 神菌真人. 1990. マナマコ人工種苗の大量放流による漁場形成に関する研究 I, 放流場所別放流効果と放流マナマコの成長, 福岡豊前水試研報, 3 : 53-62.
- 田中昌一. 1960. 自然死亡係数と寿命の関係. 水産生物の Population Dynamics と漁業管理. 東海水研報, 28 : 162-168.
- 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 japonicus (Stichopodidae)* 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

