

岩手県沿岸におけるマナマコ種苗の体サイズ別の成長特性

小林 俊将

Evaluation of growth performance of different Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* seed size on Iwate Prefecture coast

Toshimasa Kobayashi

Abstract

To investigate the effects of body size and water temperature on growth and survival of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*, specific growth rate (SGR) in terms of the standard body length of four seed sizes, S (14.2 mm), M (24.0 mm), L (32.2 mm), and LL (55.1 mm), was investigated over 17 months. The growth and survival rate did not vary among S, M, and L sizes. A minor effect of high water temperature on SGR was observed above 15°C (July–August), aestivation was observed with decreased SGR when water temperature was above 18°C (August–October), and the rate recovered when temperature fell below 15°C (December).

Key words ; *Apostichopus japonicus*, growth, aestivation

キーワード ; マナマコ, 成長, 夏眠

はじめに

近年の価格の高騰によりマナマコ *Apostichopus japonicus* は新たな栽培対象種として注目を集めており¹⁾, 岩手県においても種苗生産技術開発と試験放流が取り組まれている。マナマコは成長のバラツキが大きいことが知られているが²⁾, 種苗生産で生じた成長のバラツキがその後の成長, 生残にどのような影響を及ぼすかは不明である。種苗サイズによる成長, 生残の違いを把握することは, 種苗放流において種苗の適切な放流サイズを検討する上でも重要である。また, マナマコは夏期の高水温時に夏眠し, 成長が停滞することが知られており³⁾¹⁰⁾, 崔³⁾は三重県でのデータから, 1+歳以上のアオ型のマナマコが11月から5月に成長し, 6月から10月にかけて体重の減少が見られるとしている。一方で, 岩手県沿岸域では7月前後が主たる産卵時期でこのころは活発な活動が見られることから, 崔の報告とは異なる。夏眠は水温と密接な関係があると考えられるが, 西日本と比較して夏期の水温が低い岩手県沿岸域での夏眠の影響についてはこれまで調べられていない。放流サイズからの夏眠の影響を把握する

ことは適切な放流時期を検討する上で重要となる。

そこで, 本試験では異なるサイズの種苗を1年5ヶ月にわたって陸上飼育し, 種苗サイズが成長, 生残に及ぼす影響を調べるとともに, 放流サイズからの高水温の影響について検証した。

材料と方法

試験個体の準備

岩手県沿岸域で採捕されたマナマコ (アオ型) 80個体を2007年7月17日に昇温刺激で集団誘発し, 得られた卵と精子を自然交配させて試験個体を作成した。交配に関与した親数は不明である。*Chaetoceros gracilis* を単独給餌して止水管理で幼生飼育した後, 波板に採苗し, 屋外水槽 (2 t) でろ過海水を掛け流して自然に繁茂してくる藻類を餌料として飼育した。同じ水槽内で混合飼育していた個体を2008年6月6日 (325日令) に, 平均標準体長 14.2mm (11.3 ~ 18.2mm: Sサイズ), 24.0mm (18.3 ~ 30.5mm: Mサイズ), 32.2mm (25.5 ~ 44.1mm: Lサイズ), 55.1mm (43.2 ~ 70.4mm: LLサイズ) の4サイズに分けて試験に用いた (Table 1)。

Table1 Standard body length and wet body weight of four size seeds in the experiment.

		Initial (2008/6/6)				Final (2009/11/4)			
		N	Mean	Max	Min	N	Mean	Max	Min
Standard body length (mm)	S	50	14.2	18.2	11.3	44	77.2	151.2	29.3
	M	50	24.0	30.5	18.3	43	81.5	123.3	33.3
	L	50	32.2	44.1	25.5	43	81.1	147.7	44.9
	LL	30	55.1	70.4	43.2	29	102.4	138.3	40.6
Wet body weight (g)	S	50	0.1	0.2	0.1<	44	24.6	129.1	1.5
	M	50	0.5	0.8	0.3	43	23.7	63.4	2.6
	L	50	1.2	2.4	0.6	43	26.2	108.8	2.9
	LL	30	6.3	11.6	3.7	29	49.1	105.0	4.8

飼育試験

岩手県水産技術センターの屋外に設置した個別の角型水槽（縦×横×深:105cm×50cm×40cm）にS, M, Lサイズは50個ずつ, LLサイズは30個, それぞれ収容した。各水槽底面には径20cm程度の大きさの自然石を1層に敷き詰めた。各水槽には, ろ過海水を換水率1回転/時でかけ流してエアレーションし, 石の表面や水槽の内面に自然に繁茂してくる藻類を餌料とした。

試験期間は2008年6月6日から2009年11月4日までの1年5ヶ月間とし, 毎月初旬に全個体の標準体長および湿重量を計測した。標準体長はYamana and Hamana¹¹⁾の手法により, メントール麻酔をした状態で写真撮影し, 印刷した画像をデジタルノギスで計測して得られた体長, 体幅の値から以下の式により算出した。

$$Le \text{ (mm)} = 2.32 + 2.02 \cdot (L \cdot B)^{1/2}$$

Le: 標準体長

L: 体長

B: 体幅

また, 湿重量は標準体長計測時にメントール麻酔をした状態で, ペーパータオルで体表面の水分を拭いた後に計量した。各水槽は毎月の計測時に水槽内の石を取り出して, 底にたまった排泄物等を洗い流した。また, 夏眠の影響を調べるために, Hopkinsら¹²⁾の手法を参考に以下の式により平均標準体長のSGR (Specific growth rate: 瞬間成長係数) を算出し, 種苗ごとに計測月別の成長を比較した。

$$SGR \text{ (%/日)} = 100 (\ln Le_2 - \ln Le_1) / T$$

Le₁: 各月の平均標準体長

Le₂: 翌月の平均標準体長

T: 飼育日数

結果

試験期間中の飼育水温は5.6~19.8℃の範囲で推移した (Fig. 1)。各種苗サイズの生残率の推移を Fig. 2 に示した。LLサイズが試験期間を通じて1個体しかへい死せず, 他のサイズの種苗も1年5ヶ月の間90%前後の高い生残率を維持した。

試験終了時の種苗サイズ別の平均標準体長及び平均湿重量を Table 1 に, 平均標準体長の推移を Fig. 3 に, 平均湿重量の推移を Fig. 4 にそれぞれ示した。何れのサイズの種苗も約1年間にはほぼ同じペースで成長し, その後, LLサイズを除く各種苗の成長差は減少した。ここで, 試験終了時の各種苗の標準体長組成 (Fig. 5) を比較すると, 標準体長は20mm以上から160mm以下の範囲にばらついて出現した。S, M, L, LLサイズの最頻値はそれぞれ60mm, 70mm, 60mm, 110mmだった。LLサイズは90mm以上の個体の割合が多く, 他の種苗よりも大サイズ方向に偏っていたが, S, M, Lサイズはいずれも類似した体長組成を示した。同様に試験終了時の各種苗の湿重量組成 (Fig. 6) を比較すると, 湿重量は130g以下の範囲にばらついて出現した。各種苗の最頻値はS, M, L, LLサイズそれぞれで, 10g以下, 10g, 10g, 40gで, LLサイズが大サイズ方向に偏っている他は類似した体長組成を示した。次に, 各種苗の標準体長及び湿重量の最大値と最小値の推移を Fig. 7 及び Fig. 8 にそれぞれ示した。何れの種苗でも試験期間を通じて最小値はほぼ一定だった。一方で, 最大値は

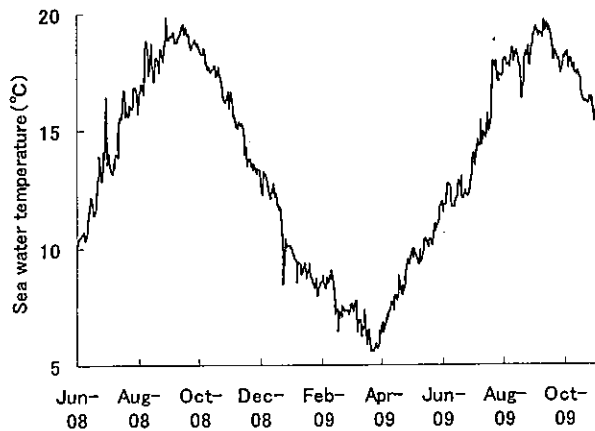


Fig.1 Changes of water temperature in the experimental rearing tank.

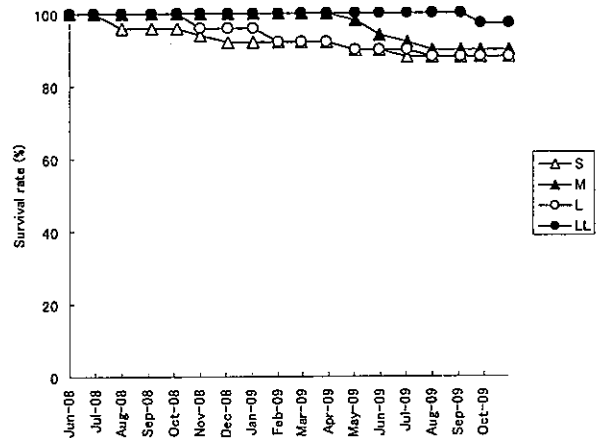


Fig.2 Changes of survival rate of sea cucumber *A. japonicus* in different sizes seeds.

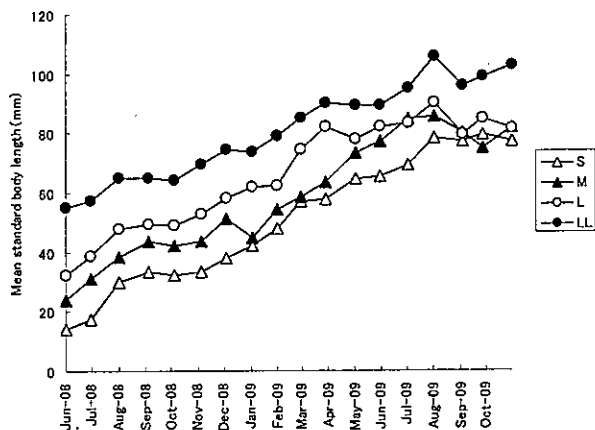


Fig.3 Changes of mean standard body length of sea cucumber *A. japonicus* in different sizes seeds.

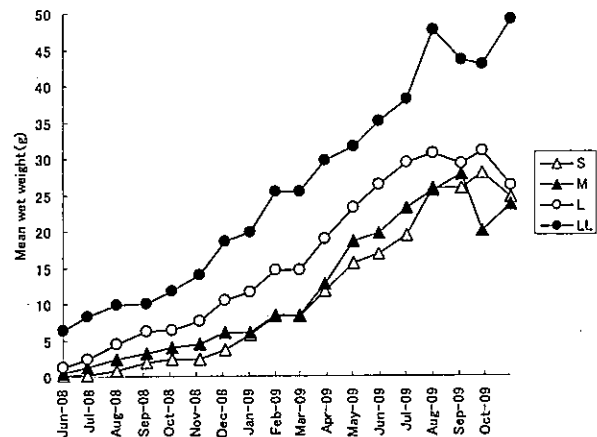


Fig.4 Changes of mean wet weight of sea cucumber *A. japonicus* in different sizes seeds.

徐々に増加していくことから、飼育期間が長くなるに従いバラツキが拡大した。何れの種苗でも同じ傾向が認められた。なお、試験終了時の最大個体はSサイズに出現し、標準体長 151.2mm、湿重量 129.1g だった。

次に計測月ごとの平均標準体長のSGRと計測日間の平均水温の関係を Fig.9 に示した。2008年7～8月(平均水温 15.1℃)以降、水温の上昇に伴いSGRは低下し、9～10月(平均水温 18.9℃)には全ての種苗で負の成長となった。10月以降、水温の下降に伴いSGRは回復し、2009年7月までは小幅な増減を繰り返しながら推移したが、水温が上昇した8～9月(平均水温 18.1℃)に再び全ての種苗で負の成長を示した。その後、試験

を終了した11月までにゆるやかに回復した。ここで、水温と平均標準体長のSGRの関係を整理すると、水温15℃未満では相関は見られないが水温15℃以上では負の相関関係が認められた (Fig.10)。これらの結果から、本試験においては月間の平均水温が15℃を超える7～8月に成長に対する高水温の負の影響が現れ始め、18℃を超える8月～10月に夏眠状態となって体長が減少し、15℃以下に下がる11月頃に回復したものと考えられる。

稚ナマコ体サイズ別の水温の影響については試験1年目よりも2年目の方が高水温時の負の成長幅が大きく、夏眠の兆候が顕著であった (Fig.9)。

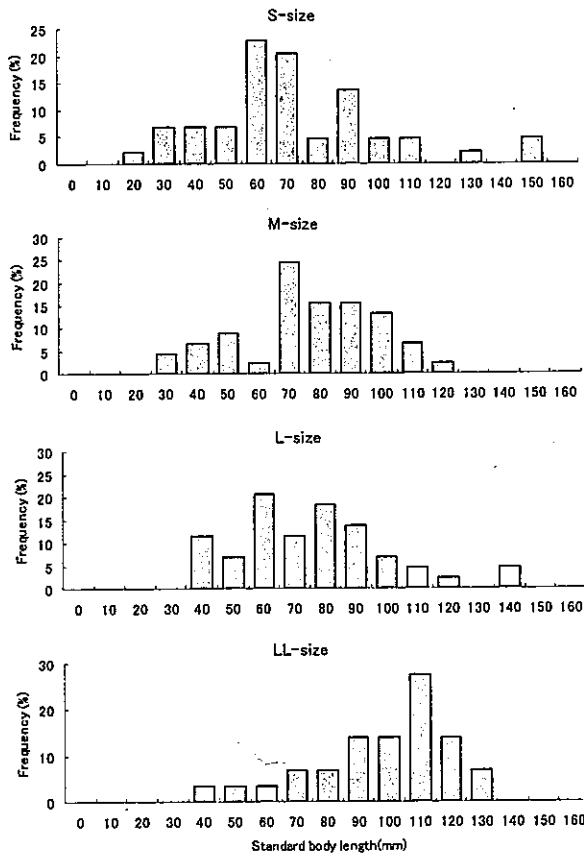


Fig.5 Frequency distribution of standard body length of sea cucumber *A.japonicus* in different sizes seeds after 17months rearing.

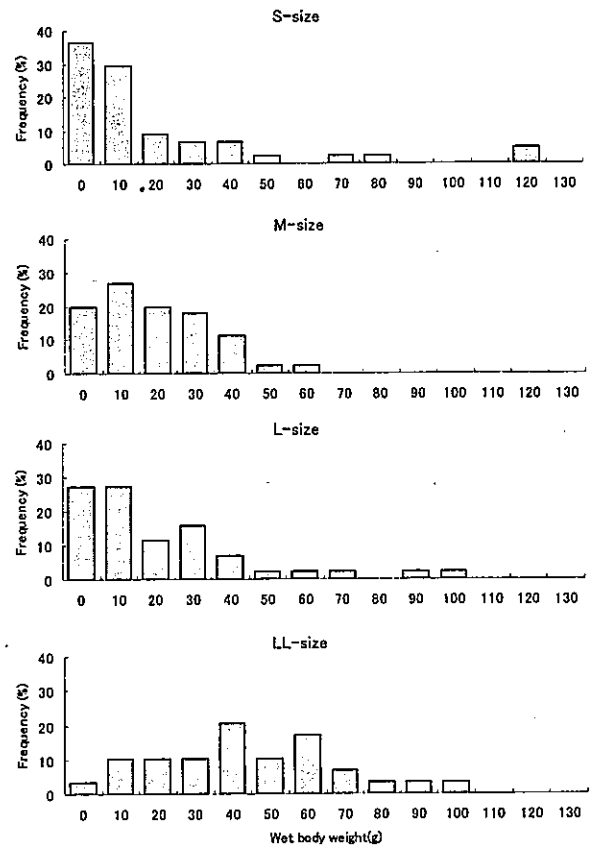


Fig.6 Frequency distribution of wet weight of sea cucumber *A.japonicus* in different sizes seeds after 17months rearing.

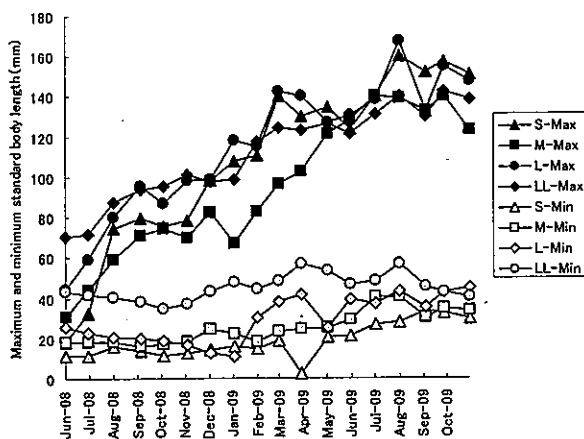


Fig.7 Changes of maximum and minimum standard body length of sea cucumber *A.japonicus* in different sizes seeds.

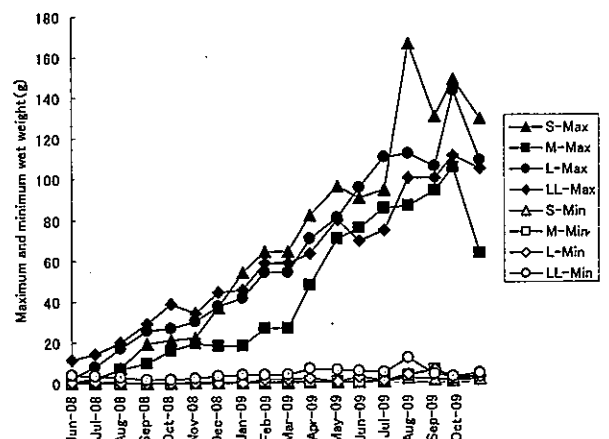


Fig.8 Changes of maximum and minimum wet weight of sea cucumber *A.japonicus* in different sizes seeds.

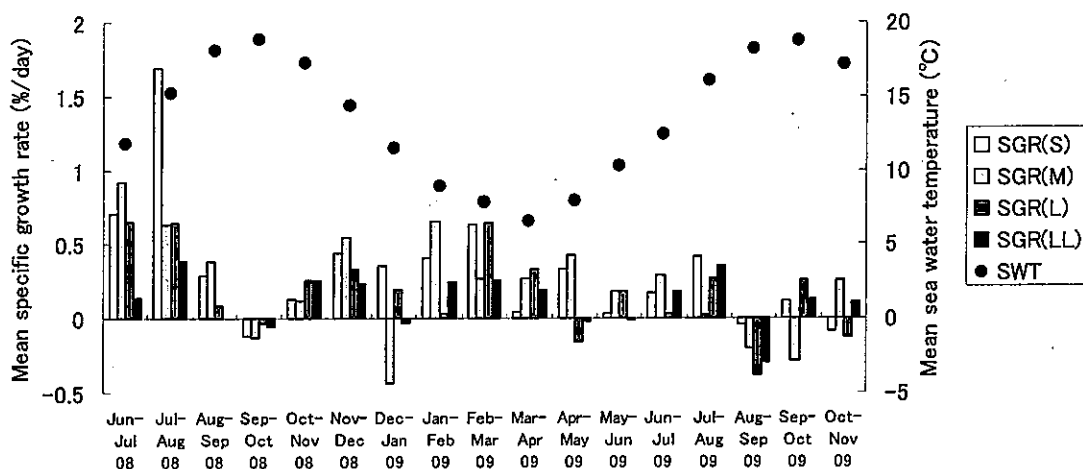


Fig.9 Relationship between mean sea water temperature during the each experimental period and mean specific growth rate in standard body length in different sizes seeds of sea cucumber *A.japonicus*.

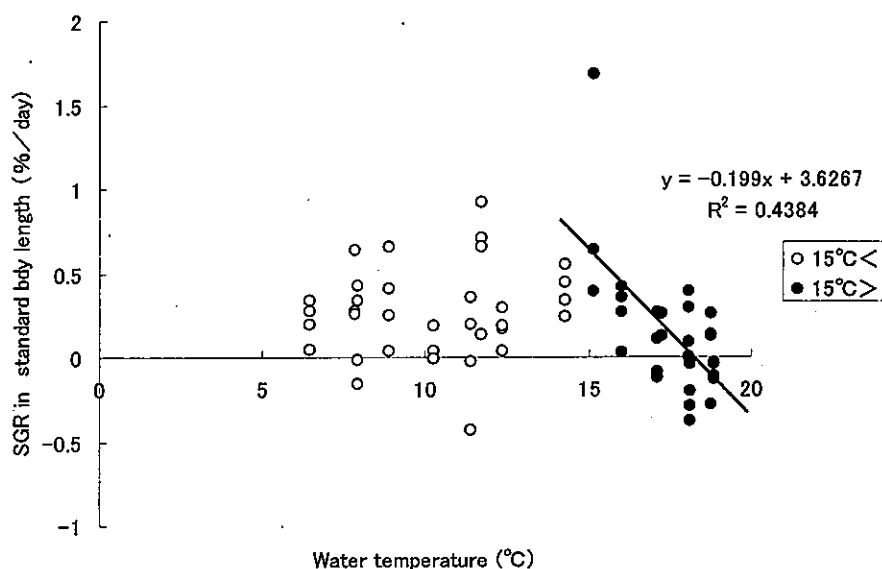


Fig.10 Relationship between water temperature and mean specific growth rate in standard body length of sea cucumber *A.japonicus*.

考察

本試験の結果、S～Lサイズの種苗の成長、生残に大きな差は認められなかった。Yamana and Hamano²⁾はマナマコ種苗の成長差は摂餌機会の多少による摂餌量の偏りが原因と考え、給餌方法の改良を試みたところ成長差が明らかに小さく抑えられたことを報告している。したがって、通常、成長の変異には環境要因による変異と遺伝的要因による変異が含まれるが、マナマコ種苗の成長の変異は摂餌機会の多少、つまり環境要

因による変異が大きいと考えられる。このことは、種苗生産の同じロットから出現するS～Lサイズの種苗(約15mm～30mm)のサイズの差は、成長に関わる遺伝的な能力の差をあまり反映していないことを示している。また、本試験ではLLサイズについては他の種苗よりも成長、生残が良い傾向が認められたが、LLサイズの種苗は他の種苗と比較し収容個数が少なかったことから密度効果¹³⁾により相対的に成長が上乘せされた可能性がある。更に、試験終了時の最大個体がSサ

イズの種苗であったことも考慮すると、岩手県で実践されている手法で生産されるマナマコ種苗は、LL サイズ (約 55mm) まで含めた幅広いサイズで同じレベルでの成長、生残能力を有している可能性がある。しかし、このことはかならずしも全てのサイズの種苗で同じ放流効果が期待できること示すものではない。畑中らは体長 15.9mm, 30.1mm, 40.0mm, 54.6mm のマナマコ種苗とイトマキヒトデの同居試験を行ったところ、マナマコのサイズが大きいほど捕食量が減少したことを報告している¹⁴⁾。また、小型のマナマコほど基質への付着力は弱く、潮に流されて減耗しやすいことが指摘されている^{15,16)}。更に、種苗の大きさによって摂餌できる餌料の種類やサイズが異なってくることも考えられる¹⁷⁾。本試験では餌料が安定して供給され、外敵生物が存在せず、潮流や波浪の影響もないことからこれらの影響は受けていない。実際に異なるサイズのマナマコ種苗を天然海域に放流した試験では、サイズが大きい種苗の方が成長、生残が良い事例¹⁸⁾や残存率が高い事例¹⁶⁾が報告されている。したがって、放流に適した種苗サイズは前述の要因等を考慮して検討する必要があるが、少なくとも、本試験の結果は良い環境の場所を選んで放流することにより小型の種苗でも大型の種苗に近い放流効果を得られる可能性を示唆するものである。

本試験では夏期の高水温時にマナマコの体サイズが減少に転じ、岩手県沿岸域でも成長に対して高水温の影響が現れることが明らかとなった。荒川⁴⁾によるとマナマコの生活パターンは以下の4期に分けられる。冬季水温が19℃以下、特に8℃以下から10℃くらいまでの間の食欲旺盛で運動が活発な時期(活動期)。初夏から梅雨にかけて水温が17.5 - 19℃以上になると、運動が不活発となり、食欲が減退し、消化管が萎縮する(夏眠前期)。さらに水温が25℃以上になると断食状態に入り、消化管が減縮して全く運動しなくなる(夏眠盛期)。水温が下がりはじめるとそれが刺激となって夏眠からさめ、緩やかに活動をはじめ(回復期)。水温が19 - 20℃に下がるところから再び活動期に入る。また、Yang et al¹⁰⁾によると大型(139g) 中型(73.6g) 小型(36.5g) のマナマコは20℃以上で摂餌と成長に不利となり、夏眠により摂餌が停止するのは中型~大型(73.3-139.3g) で24.5-25.5℃、小型(28.9-40.7g) で25.5-30.5℃(28.9-40.7g) としている。つまり、これまで

の報告ではマナマコは水温17.5 - 20℃を超えると高水温の影響が始め、約25℃を超えると摂餌や活動を停止して夏眠状態に入るとされている。一方、本試験では月間の平均水温が15℃を超えると高水温の影響が始め、水温が18℃を超えると夏眠状態となり負の成長を示した。従ってこれまでの報告より低い水温で、高水温の影響が現れたことになる。Yang et al¹⁰⁾ は試験により夏眠の兆候が現れる水温が異なる原因として、試験環境の違いに加えて試験個体の生息海域の違いを指摘している。松尾・桐原¹⁹⁾ によると青森県陸奥湾産のマナマコを用いて酸素消費速度と水温の関係を調べた試験結果から、稚マナマコは6℃の低温で活発に呼吸するが、夏季の20℃を超える高水温下では活力が急激に低下するとしている。マナマコは遺伝的な地域差が報告されており²⁰⁾、本試験結果も併せて考えると、北日本のマナマコは比較的低い水温で夏眠の兆候を示す可能性があり、今後、夏眠等の影響については地域ごとに調べる必要があるものと思われる。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、多くの助言をいただいた(社)岩手県栽培漁業協会の皆様に感謝申し上げます。

文献

- 1) 小林俊将：中国のマナマコ養殖事情、「養殖(臨時増刊号)」, 緑書房, 東京, 2010, pp. 86-89.
- 2) Y.Yamana, T.Hamano, H.Niiyama, and S.Goshima: Feeding characteristics of juvenile Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) in a nursery culture tank. *Journal of National Fisheries University*, 57 (1) 9-20, (2008)
- 3) 崔 相：なまこの研究。海文堂, 東京, 1963, pp177.
- 4) 荒川好満：なまこ読本。緑書房, 東京, 1990, pp118.
- 5) Y.Yamana, T.Hamano, and S.Goshima: Seasonal distribution pattern of adult sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) in Yoshimi Bay, western Yamaguchi Prefecture, Japan. *Fis. Sci.*, 75,585-591, (2009)
- 6) Y.Yamana, T.Hamano, and S.Goshima: Natural

- growth of juveniles of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*: studying juveniles in the intertidal habitat in Hirao Bay, eastern Yamaguchi Prefecture, Japan. *Fis. Sci.*, 76, 585-593, (2010)
- 7) Z.An, Y.Dong, and S.Dong : Temperature effects on growth-ration relationships of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture*, 272, 644-648, (2007)
- 8) Y.Dong, S.Dong, and T.Ji : Effect of different thermal regimes on growth and physiological performance of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka. *Aquaculture*, 275, 329-334, (2008)
- 9) T.Ji, Y.Dong, and S.Dong : Growth and physiological responses in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka: Aestivation and temperature. *Aquaculture*, 283, 180-187, (2008)
- 10) H.S.Yang, X.T.Yuan, Y.Zhou, Y.Z.Mao, T.Zang, and Y.Liu : Effects of body size and water temperature on food consumption and growth in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) with special reference to aestivation. *Aquac. Res.*, 36, 1085-1092, (2005)
- 11) Yamana, Y. and T. Hamano : New size measurement for the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) estimated from the body length and body breadth. *Fis. Sci.*, 72, 585-589, (2006)
- 12) S. H. Hopkins : Reporting fish growth: A review of the basic. *J. World. Aquacult. Soc.*, 23, 173-179, (1992)
- 13) 畑中宏之 : マナマコ種苗の成長及ぼす飼育密度の影響, 水産増殖, 44 (2), 141-146 (1996) .
- 14) 畑中宏之・上奥秀樹・安田 徹 : マナマコのイトマキヒトデによる食害に関する研究, 水産増殖, 42 (4), 563-566 (1994) .
- 15) M. Tanaka : Diminution of sea cucumber *Stichopus japonicus* juveniles released on artificial reefs. *Bull. Ishikawa. Pref. Res. Centr.*, 2, 19-29, (2000)
- 16) 中島幹二・坂東忠男・吉村圭三・瀧谷明朗 : 宗谷海峡におけるマナマコ人工種苗放流サイズの検討, 北水試研報, 67, 97-104 (2004) .
- 17) 近田靖子・酒井勇一 : 稚マナマコの摂餌珪藻観察手法の検討, 北水試験報, 68, 71-74 (2005)
- 18) 光永直樹・松村靖治 : サイズ別に放流した人工稚マナマコの成長と生残, 長崎県水産試験場研究報告, 30, 7-13 (2004) .
- 19) 松尾みどり・桐原慎二 : 北日本海域における天然資源の効果的添加技術の開発, 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 乾燥マナマコ輸出のための計画的生産技術の開発 平成20年度報告書, 20-21 (2009) .
- 20) 菅野愛美・木島明博 : マナマコのアカ, アオ, クロの遺伝的類縁関係, うみうし通信, 51, 7-9 (2006) .