

## 北海道北部宗谷周辺海域に棲息するマナマコの重量と消化管の季節変動

中島幹二<sup>\*1</sup>, 合田浩朗<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構栽培水産試験場, <sup>2</sup>北海道立総合研究機構釧路水産試験場

Seasonal change in body weight and intestine of Japanese sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) inhabiting sea waters around Soya in northern Hokkaido

KANJI NAKAJIMA<sup>\*1</sup> and HIROO GOUDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mariculture Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Muroran, Hokkaido 051–0013, Japan

<sup>2</sup> Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Kushiro, Hokkaido 085–0024, Japan

The seasonal dynamics of body weight and intestine of sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, caught in the sea around Soya in northern part of Hokkaido were investigated. A total of 10 samples were surveyed every one to two months from March 2007 to April 2008. The weight of internal organs to body weight ratio and intestine length to body weight ratio were the lowest in October. It is suggested the reset of internal organs happened in this season. The ratio of the body wall dry weight to body wall wet weight was the lowest in the summer, and then it dramatically increased reaching the highest level between August and September. These fluctuations indicate that chemical components in the body wall of sea cucumber decrease significantly. These results revealed that sea cucumbers undergo dramatic changes in the volume of internal organs or the body wall moisture content each year repeatedly.

キーワード：マナマコ, 体重, 殻重, 内臓, 消化管, 体壁構成成分量, 季節変動

マナマコ (*Apostichopus japonicus*) は、古くから重要な磯根資源として漁獲が行われている。近年は、中国景気の上昇に伴う需要の大幅な伸びによって、マナマコ価格が高騰するようになった。これにより、北海道沿岸におけるマナマコの漁獲圧が非常に高まり、資源の枯渇も危惧されている。この対策として北海道では人工種苗の生産と放流による資源造成試験(酒井・近田, 2010, 赤池・奥村, 2013)が行われ、さらに並行して、なまこ桁網漁業を対象とした資源管理システム構築のための研究も行われている(佐野ら, 2013)。しかし、その基本となるべき本種の生態的特徴は、全てが明らかにされてはいない。本州産のマナマコについては、崔(1963)により形態や生態の知見は網羅されている。北海道に棲息するマナマコは、アカナマコやクロナマコも見られる本州以西と異なり大部分が形態的にも異なるアオナマコとされており(五嶋, 2012)、本州産のマナマコの知見がこれに当てはまらないことが想定され、生態的にも別の扱いにした方が良いと指摘されている(五嶋, 2012)ように北海道産

のマナマコについての様々な生態的知見の収集が求められている。本州以西のマナマコは夏場の高水温時には「夏眠(岩や転石の陰に隠れ動かなくなる)」することが知られており(崔, 1963; 荒川, 1990; 太刀山ら, 1997; Tingting et al., 2008; 中島, 2009; 小林, 2011; 五嶋, 2012)、本種の重要な生態的特徴となっているが、その一方で北海道の寒冷気候では本州とは生態的に異なる事が考えられる。また、三重県(崔, 1963)や福岡県(瀧口ら, 1990; 松本・金澤, 2013)で本種の成長速度が示されており、約2年で100g以上に達することを示しているが、北海道での成長はこれより2年程遅いと思われる結果もある(栗原・清河, 1995)。さらに、近年マナマコの年齢形質の発見(吉村・中島, 2009)から北海道のマナマコの年齢は栗原・清河(1995)の示した年齢より2年ほど高い可能性も出ている。これら成長や年齢も含め北海道産マナマコの生態的特徴は、マナマコ漁業を安定して続けていくための基礎的情報となるため、特性が明らかとなるようなデータの蓄積が重要である。これまで体重や

内臓が水温と関係して時期によって異なることは調べられてはいるが(崔, 1963), 北海道での天然個体の年間を通したこれらの変動を明らかにしたものはない。本研究は, 本邦での分布の北限となる北海道北部宗谷産のマナマコについてほぼ1年を通じて得た標本を用いて, 北海道北部海域での本種の季節的な体重の変動や消化管の消長を確かめることができたので報告する。

## 材料と方法

2007年3月から2008年4月にかけて1~2か月間隔でマナマコの標本を確保した。このうちなまこ漁がある間は主に野寒布岬を中心とする西稚内沖から宗谷湾にかけて(Fig.1) なまこ桁網によって漁獲されたものを利用することとし, 稚内漁業協同組合の市場の選別において同組合の協力により傷や体重制限以下のために販売されない個

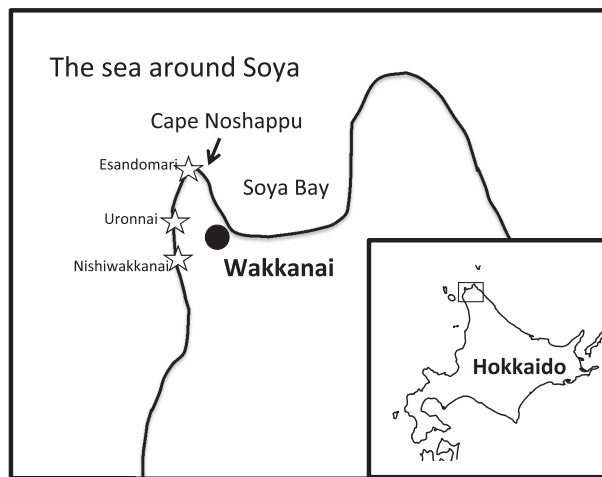


Fig. 1. Map of the collection sites.

Table 1. Voucher data of collected samples.

Collected day	Total number	Body weight		Dissection number	Body wall weight		With internal organs	Collected place	Collecting method
		Max(g)	Min(g)		Max(g)	Min(g)			
2007/3/27	105	202.2	64.3	103	106.5	51.5	48	Market disposal place	Sea cucumber beam trawl
2007/4/19	153	191.9	2.1	153	115.4	1.3	108	Market disposal place	Sea cucumber beam trawl
2007/6/22	118	178.1	66.4	118	126.8	53.6	10	Market disposal place	Sea cucumber beam trawl
2007/7/30	146	167.3	62.1	146	120.3	49.6	54	Market disposal place	Sea cucumber beam trawl
2007/8/27	128	296.9	13.2	128	105.8	11.3	47	Market disposal place	Sea cucumber beam trawl
2007/9/12	180	117.3	0.08	53	75.8	3.6	28	Uronnai forshore	Diving
2007/10/16	146	228.6	0.02	77	92.8	6.5	74	Uronnai forshore	Diving
2007/12/1	126	175.6	0.17	60	104.4	3.9	60	Kitafunadomari forshore	Diving
2008/2/4	178	265.2	3.4	75	131.7	5.4	74	Nishiwakkanai fishing port	Diving
2008/4/7	147	234	40.1	100	108.8	21.5	10	Market disposal place	Sea cucumber beam trawl

体を用いた。市場でこのように標本を得られる漁期は5月の禁漁期を挟み3~4月と6~8月に限られ, 9月以降なまこ漁業が行われない時期は漁獲物のサンプルを得ることができないため, 水深2~5mほどの磯を中心に, 潜水にて採集した。また, 厳冬期である2月には西稚内港内(水深約3m)から採集した。これら試料の採集水深は一定していないが, マナマコの体壁における水分, 粗タンパク質などの成分は生息水深にかかわらずほぼ一定しているという報告があることから(麻生ら, 1991), 本研究では水深の違いによる成分への影響は無いものと判断した。採集日, 採集場所, 採集個体数, 採集方法はTable 1に示した。

市場から得られた個体および潜水採集した個体は, 一旦稚内水産試験場内の水槽に収容し, その後当日から8日間のうちに, 生きたまま体重を測定した。このうちの全部または一部を解剖して内臓の観察を行い(Table 1), さらに内臓(体内にある全て)を取り除いた体壁(以下殻)の重量(以下殻重), 取り出した内臓の重量(以下内臓重), 直線に伸ばした消化管の長さ(以下腸長)を測定しこれらの関係を見た。さらに, 本研究では体壁の乾燥重量割合の変化を調べるために, 個体別に乾燥重量(以下乾重)を測定し, 殻重に対する割合(以下歩留まり)を算出した。本研究で用いた乾燥重量の測定法は乾燥マナマコの製造工程に倣った方法であり, 得られた乾燥重量は加工工程中の乾燥歩留まりである。加工乾燥マナマコには水分基準が存在せず, 水分含量は製品ごとに異なっている(成田ら, 2010)ことから, 本研究では, 便宜的にボイル条件および乾燥条件を設定し, 以下に示すような簡易乾燥法を採用して時期別の比較を行った。すなわち, 個体識別ができるように測定した順番に, 30個体程度の

殻を並べて風糸に通し、環状に束ねて、沸騰した真水で30分間ボイルした (Fig.2)。ボイルしたナマコ殻は糸から外し、個別別に番号を付したアルミ箔の容器にいれ、定温乾燥機 (Yamato DV600) で60℃ 24時間乾燥を行ったのち、乾燥した状態で個別別に乾燥重量を測定した。この方法では、ボイル工程により水分とともに水溶性成分が除去されるので、得られた乾燥重量は生から乾燥させた乾燥重量とは異なる。

なお、それぞれの関係を見るにあたり、体重は摂餌状態や体腔内の水分量等で変動が大きい可能性が考えられるため、基準は解剖後の殻重を用いることとした。



Fig. 2. Boiled sea cucumbers after internal organs have been removed.

## 結果

### 1. 体重と殻重の関係

採集日別の体重組成を Fig.3 に示した。採集個体の重量の各モードは2007年3~8月と2008年4月は80~100gに、2007年2月は60~80gに、2007年10月と12月は40~60gに、2007年9月は20~40gに見られた。市場より得られた個体は全体的に大きく、潜水での採集個体はそれらより小型であった。各採集日の体重と殻重の関係を Fig.4 に示した。10回の採集標本とも両者には正の相関が認められた。これらの個体について、体重に対する殻重の割合の季節変化を Fig.5 に示した。3月に0.683であったものが、徐々に上昇し6月と7月に0.756, 0.752の高い値を示した。その後減少し、10月と12月に0.599, 0.606の低い値となり、2月には若干上がるが4月に0.651となった。1年をとおして夏に高く、秋に低く、比較的緩やかな変動がみられた。

### 2. 内臓の有無と殻重に対する内臓重割合の季節変化

解剖個体数全数に対する内臓の認められた個体の占め

る割合を Fig.6 に示した。10, 12, 2月は96.1~100%の値となり、ほとんど全ての個体に内臓が認められた。他の月 (3~9月と翌年4月) は8.5~70.6%と低く、多くの個体で内臓が無かった。このうち9月以外 (3~8月と翌年4月) は桁網により漁獲された個体である (Table 1)。内臓が認められた個体について、殻重に対する内臓重の割合の年変化を Fig.7 に示した。3~8月は0.043~0.059で推移していたが、その後低下し、10月に0.008と最低値を示した。また、9月は内臓の重量が大きい個体と内臓が非常に小さくなった個体が混在し最もばらつきが大きくなった。その後その重量比は上昇し、翌年4月には0.055まで回復した。

### 3. 殻重に対する腸長比率の季節変化

殻重に対する腸長の割合の年変化を Fig.8 に示した。3月に4.577を示した後、8月に最大値6.361を示したが、以降減少し、10月には最小値2.484となった。9月に取り出した消化管 (腸) と殻の状態を Fig.9 で示すと、個体によっては消化管の矮小化が進んでいるものが認められた。その後腸長の相対値は急増して12~4月は6.108~6.894に回復した。

### 4. 殻重と乾重の関係

Fig.10 と Table 2 に殻重と乾重の関係を示した。各月とも正の相関が認められた。採集10回のうち、前半の4~8月は回帰直線の傾きが小さく下方に、後半の9~2月は逆に回帰直線の傾きが大きく上方に位置した。調査開始の3月と最後の4月は両者の中間の位置となった。

### 5. 歩留まりの季節変化

歩留まりの季節変化を Fig.11 に示した。3月に0.056となった後減少し、6, 7月に0.036, 0.037の最低値となった。8月に0.048となった後、9月に急上昇し0.076, 10月に0.079の高い値となった。以後徐々に4月まで緩やかに下がった。殻の歩留まりは夏に低く、秋に高い極端な季節変動が認められた。このことは、前項 (4) の4~8月と9~2月の違いを季節変動として明確に表した。

これらより、8~9月を境にして、夏以前は歩留まりが悪く、秋以降は歩留まりが良い結果となった。よって、1年間に歩留まり=体壁構成成分量に大きな季節変動があることがわかる。

## 考察

北海道のマナマコの漁業は一部の地域を除き多くが6~8月が盛期となっている。この時期は春からの盛んな摂

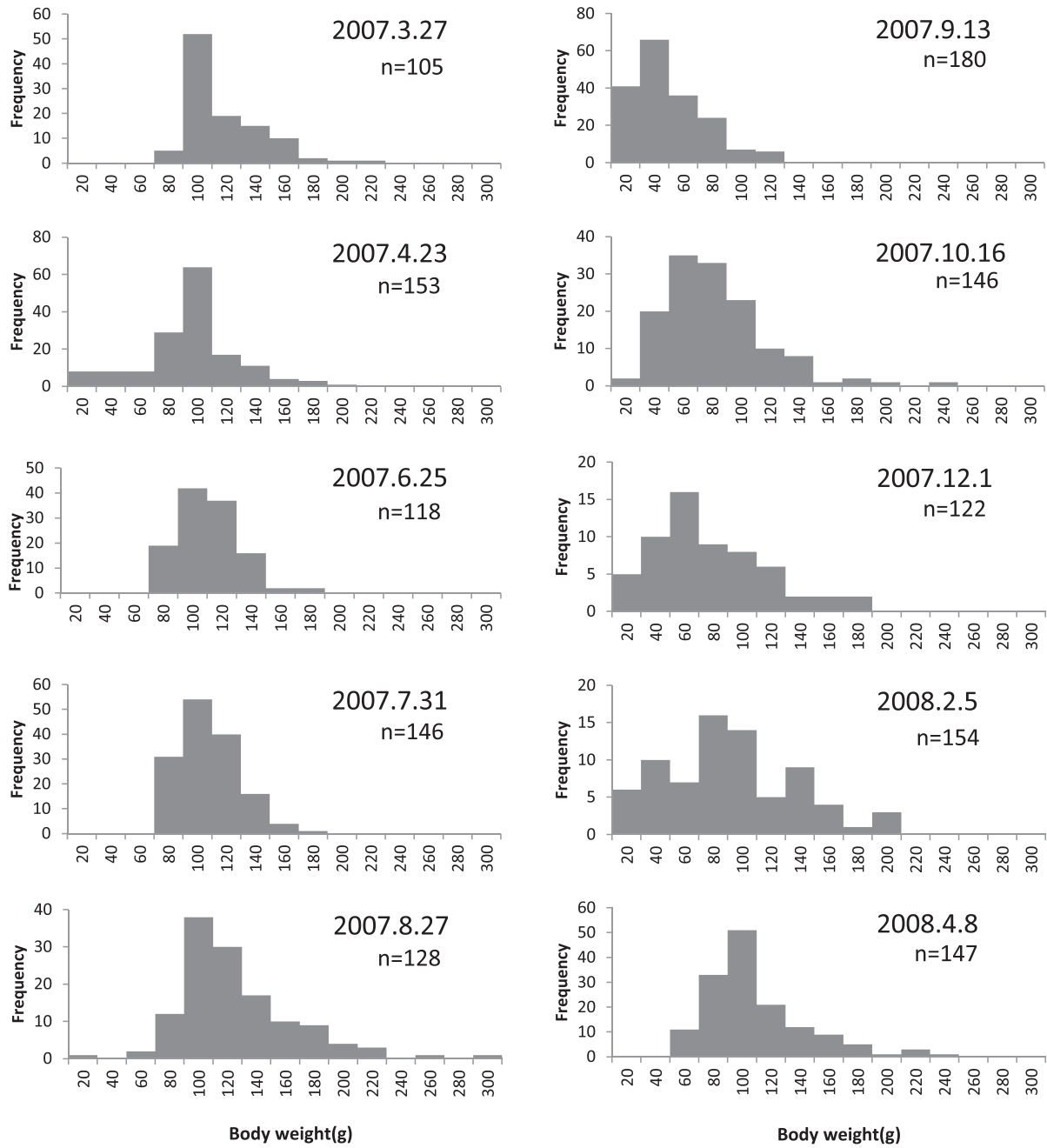
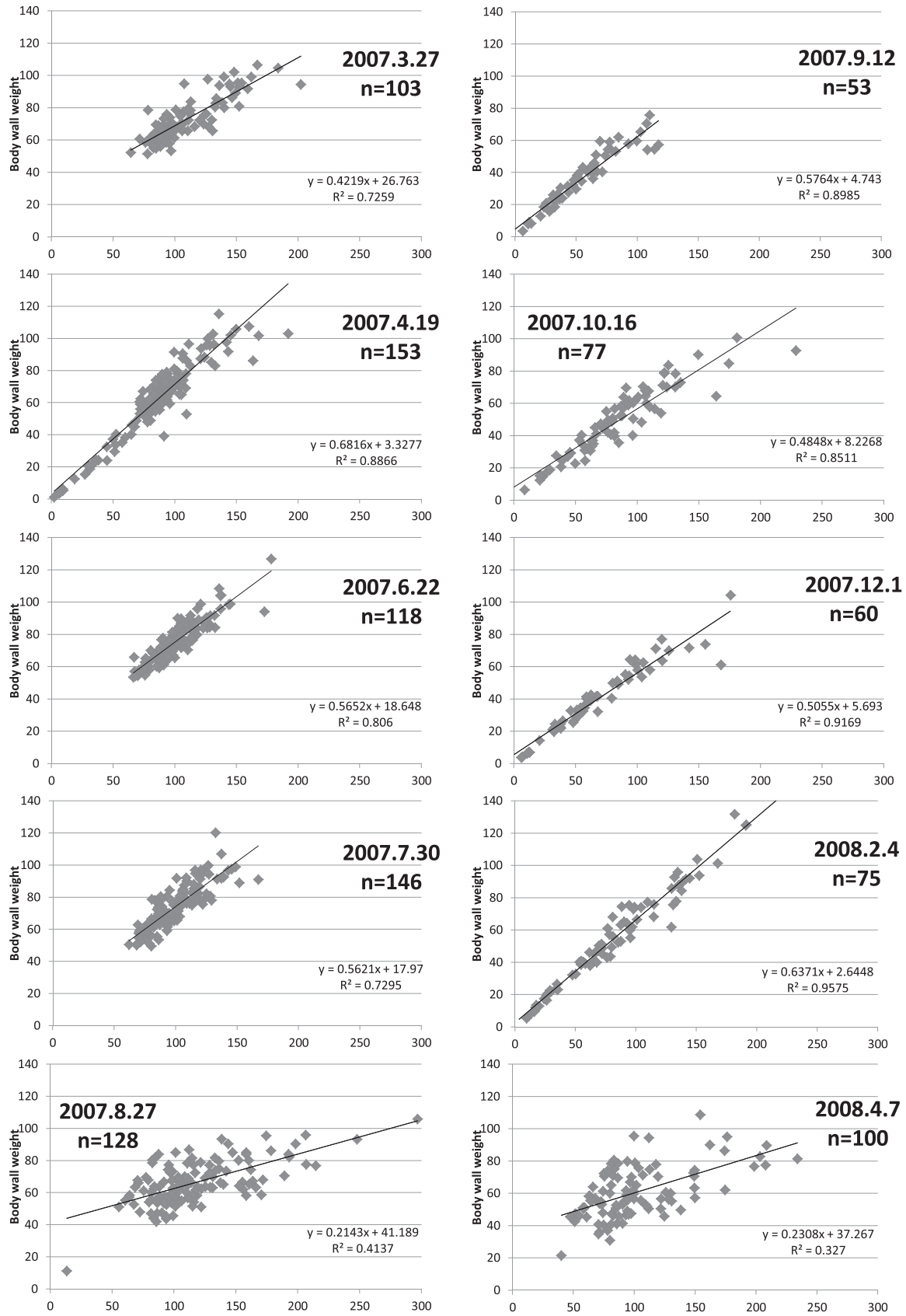


Fig. 3. Frequency distribution of body weight.



Body weight

Fig. 4. Relationship between body weight and body wall weight.

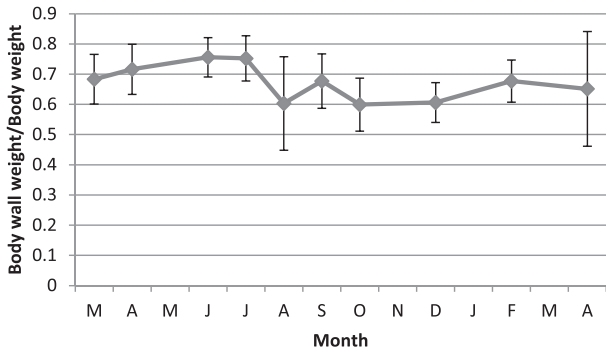


Fig. 5. Change in the ratio body wall weight/body weight ( $\pm$ SD).

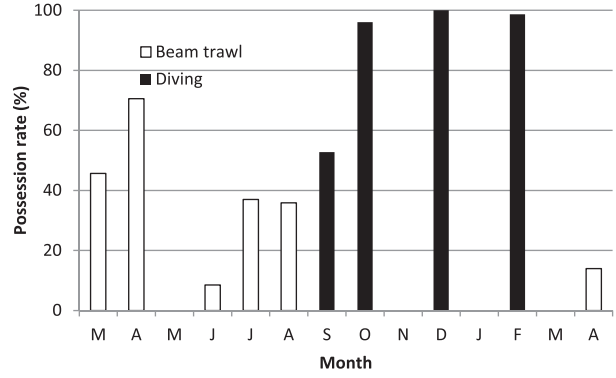


Fig. 6. Possession rate of internal organs in each sampling month.

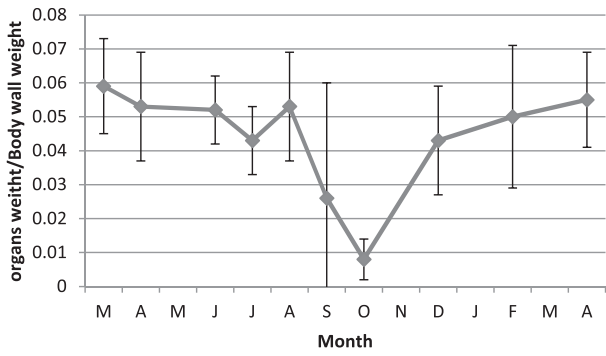


Fig. 7. Change in the ratio of internal organs weight/body weight ( $\pm$ SD).

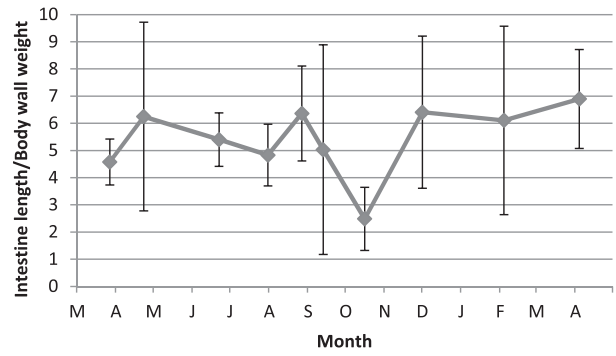


Fig. 8. Change in the ratio of intestine length/body weight ( $\pm$ SD).

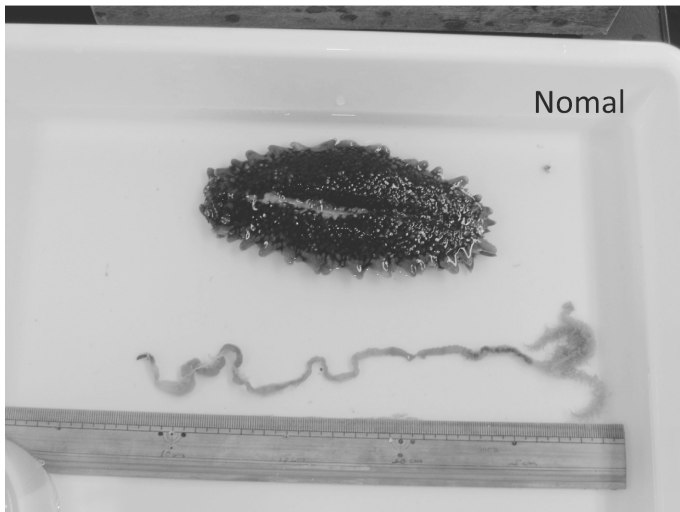


Fig. 9. State of the intestine in September (normal form and shrunk form).

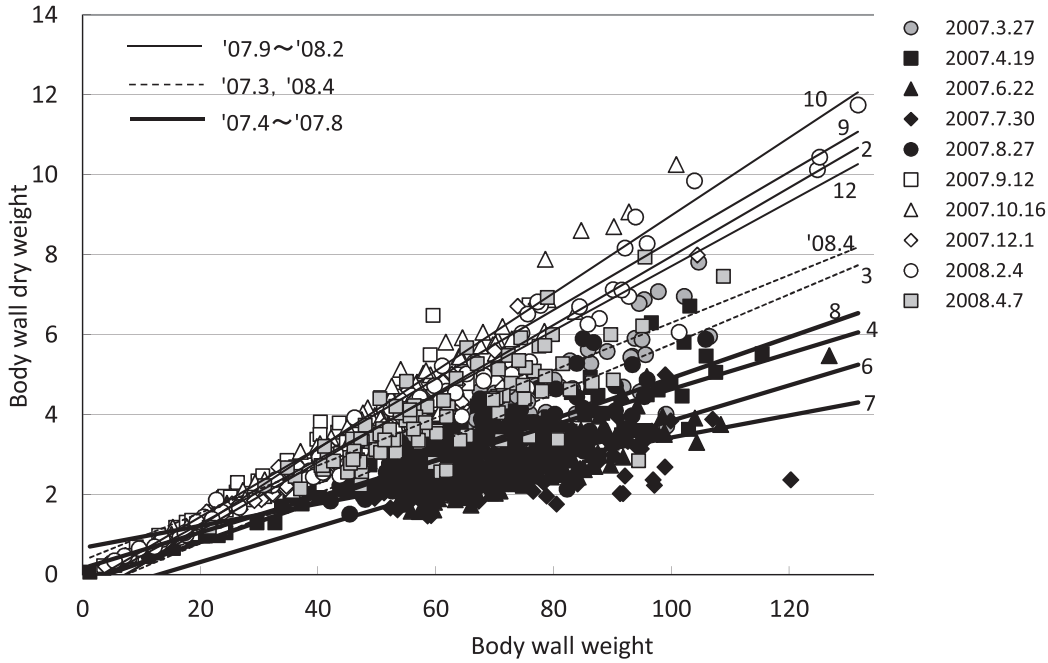


Fig. 10. Relationship between body wall dry weight and body wall wet weight.

Table 2. Correlation between body wall dry weight and body wall wet weight.

Collected day	Regression line	Correlation coefficient
2007/3/27	$y=0.0622x-0.4569$	$r=0.74760$
2007/4/19	$y=0.0448x+0.1575$	$r=0.88425$
2007/6/22	$y=0.0442x-0.5683$	$r=0.79781$
2007/7/30	$y=0.0276x+0.6675$	$r=0.59000$
2007/8/27	$y=0.0513x-0.2069$	$r=0.76295$
2007/9/12	$y=0.0862x-0.28$	$r=0.97160$
2007/10/16	$y=0.0972x-0.7358$	$r=0.97893$
2007/12/1	$y=0.0805x-0.3353$	$r=0.98321$
2008/2/4	$y=0.0858x-0.6174$	$r=0.97683$
2008/4/7	$y=0.0595x+0.3513$	$r=0.76869$

餌の時期を経て、成熟が進む時期でもある(栗原, 1991)。その後の内臓の状況についてみると、その保有率が9月は10~12月に比べおよそ半分 (Fig.6) で、Fig.7でもわかるように、その殻重に対する内臓重の割合がとても低かった。この時期以外(3~8月と翌年4月)は桁網で獲られた個体を使用したため操業することによっての内臓の吐出が想定され、保有率が低くなっている可能性が考えられるが、この9~2月は潜水にて採集を行っており (Table 1)、採集時に内臓の吐出はなかった。内臓の吐出の無い潜水であればほぼ100%あるべきものであるが、9月だけ非常に低いのは、この時期にマナマコの内臓の消失が進んでいることを示唆する。一方、内臓重の重量割合の図 (Fig.7) で9月での標準偏差が他の月に比べ非常に大きくなっている。マナマコの内臓はこの時期にかなり矮小化が進み、個体によってその程度が大幅に違うことを意味

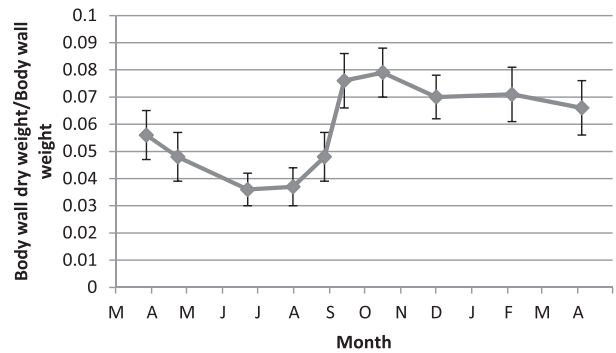


Fig. 11. Change in the ratio of body wall dry weight/body wall wet weight ( $\pm$ SD).

するものである (Fig.8)。殻重に対する内臓重および腸長の割合はいずれも10月に顕著な低下を示した (Fig.7,8)。この時期以降の消化管はFig.12に示したようにはりがあり

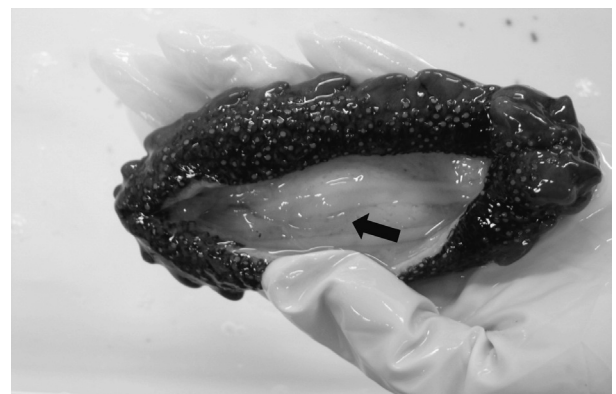


Fig. 12. New intestine is seen in the sea cucumber caught in October.



透明感をもつようになる。殻重に対する内臓重および腸長の割合が12月に増加しその後4月まで安定した値で推移したこと (Fig.7, 8) は, リセット後消化管が充実し回復した過程を経るものと解釈できる。マナマコの腸の発達をみた清水らの報告 (清水ら, 1994) では, 体重と腸重量の間には正の相関があるとしており, ここで見られた内臓重や腸長の変動は, 個体の大きさに関係なくその時期の特徴を表すものとしてとらえることができる。

北海道宗谷海域のマナマコの成長する時期は, 初春～夏, 晩秋～初冬であることが示されている (佐藤・合田, 2011) が, 今回の結果から体重の変動にはマナマコの歩留まりや内臓の消長が大きく関係していることが明確となった。秋の体重減少は, 内臓のリセットに関係し, 同時期に餌を利用することができないことにより減少が大きいと推察される。また, 麻生ら (1990) は宗谷海峡のナマコについて, 成分の季節変化と乾燥歩留まりの関係を調べ, 乾燥歩留まりは漁期後半の秋季以降に高くなり, これが生鮮ナマコにおける水分の減少と粗タンパク質の増加に対応していることを報告していることより, 歩留まりの変化には, 体壁に含まれる水分の他, コラーゲンやミネラルなどの成分変動が影響していると考えられる。9月以降に歩留まりが上昇する理由として, ボイル時に比較的流出しにくい物質, 例えばコラーゲンなどのタンパク質が増加し, 逆により流出しやすいミネラルの割合が相対的に減少している可能性が推定される。コラーゲンは体壁のタンパク質における主成分であり, リセット時期にみられたマナマコの歩留まりの増加は体壁の増強が行われていることを示す可能性が高い。また, この時期に消失した内臓は, ナマコの体内で分解され体壁の再合成に利用されている可能性が考えられるが, その詳細は今後の検討課題である。以降新しい内臓が出来上がり, 成長に転じた後再度真冬の成長の停滞が起こる (佐藤・合田, 2011) 理由は, 冬季の低水温が影響し, 摂餌行動の阻害または消化吸収率の低下に関係していると考えられる。

夏以降に体重が激減する現象は以前から知られており, 崔 (1963) は年間の体重の変動を示したうえ, 夏眠を反映しているとしている。また, 本報でも体重の減少と時期を同じくして内臓重や腸長の体重に占める割合も急激に低下していることから, 崔 (1963) の示すとおり内臓の年間の消長に関係していると考えられ, 夏眠期に内臓器官が極度に縮小していたとする同様の報告もある (村田・松野, 2010)。また, 北日本のマナマコは低い水温で夏眠の兆候を示す可能性も指摘されているため (小林, 2011), この内臓重や腸長の変動が, 夏眠と関係している可能性は否定できない。一方水温との関係だけではなく,

この現象は産卵期 (栗原, 1991) の後に起こっており, 成熟や産卵に関連した内的要因の可能性も考えられる。本報では成熟について検討を行っておらず言及することはできないが, 木下・澁谷 (1937) に「夏眠の現象は産卵後の疲弊に基づく休眠と解される」とあり, 成熟・産卵や体重や組織の変動の夏眠との関連についてはより様々な方向からの検討が重要である。

今回の結果から, 本種は, 1年の中で9月を中心として内臓や殻の歩留まり=体壁構成成分比率の劇的な変動を起こしていることが明らかとなり, これらの増減を繰り返しながら成長していると考えられた。特に秋季に体重が減少し内臓を新しくすることは本州産のマナマコと基本的には同じであることが証明された。さらに, これらのことが北海道北部でも本州以西の夏眠と類似した現象としてある可能性が高いことも明らかになった。ただ, 今回調査を行ったのは宗谷周辺海域であり, 我が国のマナマコ分布の最北端にあたり北海道の中でも特に特異的な地域であり他の地域と生態的に異なっている可能性も考えられる。このことは, 近年増加している種苗放流にも関係し, 北海道内各地で行われてきている現状を考えると, 地域に適合する種苗の放流を奨励し推進していることから, 元となる本種の生態の地域差または相同性を明らかにすることがいっそう望まれているところにある。そのためにも南部や東部でも本報と同様な把握を試み, 北海道に生息する各地産の生理的, 生態的特異性の更なる検討が必要であると思われる。

## 謝 辞

マナマコ重量の年変動を調査するにあたり, 稚内漁業協同組合の高田道彦元部長外同組合の皆様にはサンプルの確保に多大な協力を賜った。貴重な漁獲物を快く提供いただき, このようなチャンスをいただけたことに厚く御礼申し上げます。また, 操業が無く漁獲物を得られない月, 特に厳冬期にもサンプル採集のために潜水等惜しみなく協力いただいた稚内地区水産技術普及指導所の宮川透普及指導員 (現在網走西部地区水産技術普及指導所主査) に心より感謝申し上げます。サンプル採集, サンプル処理にあたり協力を惜しまない, 当時の稚内水産試験場資源増殖部所属研究員, 研究補助員諸氏に感謝する。本報告をまとめるにあたり, マナマコの体構成成分に関する様々な知見をはじめ多くの示唆を賜った網走水産試験場加工利用部成田正直主任研究員に深く感謝する次第である。



## 引用文献

- 赤池章一, 奥村裕弥. ナマコ資源増大推進事業 放流技術開発試験. 「平成23年度函館水産試験場事業報告書」. 2013; 38-42.
- 麻生真悟, 佐々木政則, 菅原玲. 地先水産資源の付加価値向上技術開発試験 ナマコの有効利用試験. 「平成2年度稚内水産試験場事業報告書」. 1991; 226-239.
- 荒川好満. 「なまこ読本」 緑書房, 東京. 1990.
- 木下虎一郎, 澁谷三五郎. 海鼠産卵期調査 (第二報). 北海道水産試験場事業旬報 1938; (312): 215-219.
- 栗原康裕. マナマコの話, 産卵調査から資源管理まで. 北水試だより 1991; 14: 1-7.
- 栗原康裕, 清河進. マナマコの資源管理技術開発. 「平成6年度稚内水産試験場事業報告書」. 1995; 192-200.
- 小林俊将. 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. 岩手水技セ研報 2011; 7: 25-32.
- 五嶋聖治. 第2章 生態. 「ナマコ学—生物・産業・文化— (高橋明義, 奥村誠一編)」 成山堂書店, 東京. 2012.
- 崔相. 「なまこの研究」 海文堂, 東京. 1963.
- 酒井勇一, 近田靖子. マナマコ人工種苗の陸上育成技術 確立試験. 「平成20年度栽培水産試験場事業報告書」. 2010; 101-114.
- 佐藤一, 合田浩朗. ナマコ年齢解析技術開発試験. 「平成23年度稚内水産試験場事業報告書」. 2011; 81-83.
- 佐野稔, 前田圭司, 高柳志朗, 和田雅昭, 畑中勝守, 菊池肇, 宮下和士. 北海道北部沿岸域におけるなまこけた網の漁獲効率の推定. 北水試研報 2013; 84: 1-10.
- 清水幹博, 三上育子, 高橋和寛. 稚ナマコ (*Stichopus japonicus*) 腸の発達と消化酵素 (ペプチダーゼとリパーゼ) の組織化学的発現. 北海道大学水産集報1994; 45 (1): 1-8.
- 瀧口克己, 藤本敏昭, 神蘭真人. マナマコ *Stichopus japonicas* SELENKA 人工種苗の大量放流による漁場形成に関する研究— I. 福岡県豊前水試研報 1990; 3: 53-62.
- 太刀山透, 篠原直哉, 深川敦平. アカナマコの行動様式の季節変化. 福岡水海技セ研報 1997; 7: 1-8.
- 中島博司. 伊勢湾南部海域におけるマナマコの漁獲実態 (短報). 三重水研報 2009; 17: 61-64.
- 成田正直, 宮崎亜希子, 飯田訓之. 乾燥ナマコの品質基準の確立. 「平成21年度網走水試事業報告書」. 2010.
- 松本雅大, 金澤孝弘. 有明海におけるナマコの種苗放流手法の検討. 福岡水海技セ研報 2013; 23: 1-7.
- 村田実, 松野進. 山口県瀬戸内海東部平生町地先のマナマコの産卵期について. 山口水産研究センター研報 2010; 8: 53-58.
- 吉村圭三, 中島幹二. 北海道産マナマコの石灰環断面に現れる成長線の形成時期及び年齢との関係. 平成21年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. 2009; 102.
- Tingting Ji, Yunwei Dong, Shuanglin Dong. Growth and physiological responses in the sea cucumber, *Apostichopus japonicas* Selenka: Aestivation and temperature. *Aquaculture*, 2008; 283: 180-187.