

学 位 論 文 題 名

A Laboratory Energy Budget for
Individual Sea Cucumbers
(*Stichopus japonicus* Selenka)

飼育実験におけるマナマコのエネルギー収支

学位論文内容の要旨

本論文はマナマコ個体のエネルギー収支を室内実験で求めたものである。生物生産諸量は成長段階によって異なっており、したがって生産諸量を物質面から保証するエネルギーの収支や配分は成長とともに異なると考えられる。しかし、現在マナマコの確かな年齢査定法はなく、また野外における餌についての知見も極めて乏しい。ここでは人工採苗によって得られた1'年の個体(採苗個体)と、野外から採集された個体を大型個体(湿量175g以上)、中型個体(80g以上)および小型個体(10g以上)の3つのサイズグループに分け、計4サイズグループの個体の年間エネルギー収支を室内の飼育実験から明らかにした。餌として同じ飼育槽内の上部でコンブを十分に与えたエゾバフンウニが排泄する糞を下部の水槽底に堆積させて利用した。

第2章では人工採苗の手法の簡単な紹介と問題点をあげている。これによると湿重160g以上の野外個体を産卵期の7月に3~5℃上昇の温度刺激で放卵放精を促すことができる。1つの卵に500の精子濃度で受精させ、18℃水温下で*Chaetoceros* sp. を餌にして、10日後に285 μ mのPentacula幼生が得られる。底生々活に入って付着硅藻を餌に1.2ヶ月後に1mm幼体となる。半年後には0.58~6.0g、1年後には1~87gと成長し、個体差が極めて大きい。この理由は明らかではないが、大量の種苗生産のためにはこの個体差の解消が1つの問題点となろう。

第3章では、成長量と生殖物質量を明らかにしている。4サイズグループの個体を各1200gとなるように個体数を調節し、毎月2週間の飼育実験から1ヶ月当りの成長量を算出した。大型と中型個体の湿重量は11月から5月に徐々に増大し、6月から9月に減少する。小型個体と採苗個体は年間を通してわ

ずかづつ増大する。4サイズグループとも1年後の増大は有意であった。月平均成長量は11月（水温11.6℃）に最も高く、8月（水温18.4℃）で最も低かった。これは高温による腸の吐出が影響していると考えられる。年間平均成長量は、大型、中型、小型個体がそれぞれ0.140、0.077、および0.082gで採苗個体が0.050gであった。

野外の個体から求めた精子と成熟卵母細胞の有無から、この種の成熟サイズは湿重量61-91gであり、性比は1:1.1であった。生殖巣重量と体重の比で求めたGSIは7月にピークを示し、この種の産卵時期は6月中旬から8月中旬と考えられた。GSIから算出した湿重255gの個体の生殖物質は17.53g（湿重）、あるいは1.044g（乾重）であった。

第4章では、年間同化量を明らかにするための体組織および生殖物質の生産量と呼吸量をカロリー値で求めた。

各サイズグループの飼育個体（各15-20個体）は、実験後乾燥し、各組織の含有カロリーを測定した。したがって、あらかじめ同一サイズグループの年間必要個体数を準備し、それぞれから毎月実験に供した。

腸と体壁に分けて求めた体組織の年間生産量は、大型個体が17.407Kcal、中型と小型個体がそれぞれ9.036と7.593Kcalで、採苗個体が5.432Kcalであった。生殖物質生産は大型と中型の個体のみで、それぞれ5.601Kcalと2.473Kcalであった。

呼吸量は4季節の野外水温で静水中においてウィンクラー法により求めた。呼吸量は水温と体重に相関する。年間呼吸量は大型個体で42.423Kcal、中型と小型個体でそれぞれ25.053と8.880Kcal、採苗個体で14.621Kcalを示した。

第5章では、代謝排泄物としてのアンモニア量および未消化排泄物としての糞量を明らかにしている。

アンモニア量は呼吸量測定と同一装置で行い、フェノール次亜塩素酸法で求めた。体重と水温に比例して増加し、8月と9月に各サイズグループの個体とも最大値を示した。年間アンモニア排泄量は大型個体が0.361Kcal、中型と小型個体はそれぞれ0.205と0.073Kcalで、採苗個体は0.119Kcalとなった。アンモニア排泄量は各個体とも極めて低い値を示した。

糞量は飢餓状態の個体を使って、摂食後24時間の糞量を直接求めた。腸吐出期の9月は排泄糞量がないのでゼロとして求めた。月毎の変化は体組織の生産量変化と類似し、年間未消化排泄量のカロリー値は、大型個体が73.195Kcal、中型と小型個体がそれぞれ40.649と11.938Kcalで、採苗個体は21.364Kcalであった。

第6章では、これまで求めた生物生産諸量から、マナマコのサイズグループごとに年間のエネルギー収支をまとめている。

大型個体の年間消費エネルギーは138.987 Kcalで、そのうち総同化量が47%、純同化量が16.5%を占めていた。同様に中型個体ではそれぞれ77.416 Kcal、47.3%と14.9%であった。一方、小型個体の年間消費エネルギー量は28.192 Kcalで大型個体の約5分の1であった。このうち総同化量は58.4%、純同化量は26.9%であった。採苗個体ではそれぞれ41.536 Kcal 48.7%と13.1%で、エネルギー配分の割合は大型個体や中型個体と類似した数値となっている。また、呼吸量への配分割合はサイズグループで差がなく、ほぼ30%となっている。未消化排泄量では、小型個体が他のサイズグループより10%程度低い配分割合を示していた。

純同化量に配分される割合は小型個体で最も高く、したがって同化効率は大型、中型および採苗個体が47~48を示すのに対して、小型個体では58と高くなっている。同様に総成長効率と純成長効率も小型個体のみ高い値を示し、他のサイズグループは相互に類似した値を示した。

得られた総成長効率と、福岡で測定された野外個体の成長量をもとに年間の底質摂食量（湿重）を計算すると、1年個体が0.57Kg、2年個体が7.93Kgとなり、マナマコの底質再生に果たす役割の大きいことが窺える。

ここでは粘液生産量は求められておらず、今後に残された課題である。また、摂餌量や消化効率については検討されておらず、種々の餌条件とともに飼育実験における残された課題である。

本研究で得られた結果は、エゾバフンウニの糞を餌とした飼育実験下のものであり、野外での本種のエネルギー流入量やその配分を必ずしも反映するとはいえない。しかし、今後野外におけるマナマコの餌の詳細が明らかにされ、また年齢査定法が確立して野外個体群の年齢構造や成長様式が解明されれば、本研究で得られた結果からこの種の野外個体群のエネルギー収支を求める事が可能である。このことはマナマコの増養殖技術を考える上で極めて貴重な知見を提供することとなろう。

学位論文審査の要旨

主査	教授	中尾	繁
副査	教授	山崎	文雄
副査	教授	箕田	嵩
副査	助教授	五嶋	聖治

学位論文題名

A Laboratory Energy Budget for Individual Sea Cucumbers (*Stichopus japonicus* Selenka)

飼育実験におけるマナマコのエネルギー収支

本論文はマナマコ個体のサイズグループ別のエネルギー収支を室内実験で求めたものである。現在マナマコの確かな年齢査定法はなく、また野外における餌についての知見も極めて乏しい。4サイズグループの個体の年間エネルギー収支を室内の飼育実験から明らかにした。餌として同じ飼育槽内の上部でコンブを十分に与えたエゾバフンウニが排泄する糞を下部の水槽底に堆積させて利用した。

まず、人工採苗の手法の簡単な紹介と問題点をあげている。これによると湿重160g以上の野外個体を産卵期の7月に3～5℃上昇の温度刺激で放卵放精を促すことができる。1つの卵に500の精子濃度で受精させ、18℃水温下で *Chaetoceros* sp. を餌にして、10日後に285 μ mのPentacula幼生が得られる。底生々活に入って付着硅藻を餌に1.2ヶ月後に1mm幼体となる。半年後には0.58～6.0g、1年後には1～87gと成長し、個体差が極めて大きい。この理由は明らかではないが、大量の種苗生産のためにはこの個体差の解消が1つの問題点となろう。

次に、成長量と生殖物質量を明らかにしている。4サイズグループの個体

を各1200gとなるように個体数を調節し、毎月2週間の飼育実験から1ヶ月当りの成長量を算出した。大型と中型個体の湿重量は11月から5月に徐々に増大し、6月から9月に減少する。小型個体と人工採苗個体は年間を通してわずかつつ増大する。4サイズグループとも1年後の増大は有意であった。月平均成長量は11月（水温11.6℃）に最も高く、8月（水温18.4℃）で最も低い。これは高温による腸の吐出が影響していると考えられる。年間平均成長量は、大型、中型、小型個体がそれぞれ0.140、0.077、および0.082gで採苗個体が0.050gであった。

この種の成熟サイズは湿重量61-91gであり、性比は1:1.1であった。生殖巣重量と体重の比で求めたGSIは7月にピークを示し、この種の産卵時期は6月中旬から8月中旬と考えられた。GSIから算出した湿重255gの個体の生殖物質は17.53g（湿重）、あるいは1.044g（乾重）であった。

次いで、年間同化量を明らかにするための体組織および生殖物質の生産量と呼吸量をカロリー値で求めた。

腸と体壁に分けて求めた体組織の年間生産量は、大型個体が17.407Kcal、中型と小型個体がそれぞれ9.036と7.593Kcalで、採苗個体が5.432Kcalであった。生殖物質生産は大型と中型の個体のみで、それぞれ5.601Kcalと2.473Kcalであった。

呼吸量は水温と体重に相関する。年間呼吸量は大型個体で42.423Kcal、中型と小型個体でそれぞれ25.053と8.880Kcal、採苗個体で14.621Kcalを示した。

代謝排泄物としてのアンモニア量および未消化排泄物としての糞量を明らかにしている。

アンモニア量は、体重と水温に比例して増加し、8月と9月に各サイズグループの個体とも最大値を示した。年間アンモニア排泄量は大型個体が0.361Kcal、中型と小型個体はそれぞれ0.205と0.073Kcalで、採苗個体は0.119Kcalとなった。

糞量は飢餓状態の個体を使って、摂食後24時間の糞量を直接求めた。腸吐出期の9月は排泄糞量がないのでゼロとして求めた。月毎の変化は体組織の

生産量変化と類似し、年間未消化排泄量のカロリー値は、大型個体が73.195 K cal、中型と小型個体がそれぞれ40.649と11.938 K calで、採苗個体は21.364 K calであった。

さいごに、これまで求めた生物生産諸量から、マナマコのサイズグループごとに年間のエネルギー収支をまとめている。

大型個体の年間消費エネルギーは138.987 K calで、そのうち総同化量が47%、純同化量が16.5%を占めていた。同様に中型個体ではそれぞれ77.416 K cal、47.3%と14.9%であった。一方、小型個体の年間消費エネルギー量は28.192 K calで大型個体の約5分の1であった。このうち総同化量は58.4%、純同化量は26.9%であった。採苗個体ではそれぞれ41.536 K cal、48.7%と13.1%で、エネルギー配分の割合は大型個体や中型個体と類似した数値となっている。また、呼吸量への配分割合はサイズグループで差がなく、ほぼ30%となっている。未消化排泄量では、小型個体が他のサイズグループより10%程度低い配分割合を示していた。

ここでは粘液生産量は求めておらず、今後に残された課題である。また、摂餌量や消化効率については検討されておらず、種々の餌条件とともに飼育実験における残された課題である。

本研究で得られた成果は、この種では最初のものであり、新知見として高く評価される。しかし、エゾバフンウニの糞を餌とした飼育実験下のものであり、野外での本種のエネルギー流入量やその配分を必ずしも反映するとはいえない。今後野外におけるマナマコの餌の詳細が明らかにされ、また年齢査定法が確立して野外個体群の年齢構造や成長様式が解明されれば、本研究で得られた結果からこの種の野外個体群のエネルギー収支を求める事が可能である。このことはマナマコの増養殖技術を考える上でも極めて貴重な知見を提供することとなる。以上の点から、本研究が博士（水産学）の学位に値する十分な内容をもつと判定した。