

博士（水産学）牛 翠 娟

学位論文題名

Ecological energetics of the limpet *Collisella heroldi*  
(Dunker 1861) population

(コガモガイ個体群のエネルギー動態に関する生態学的研究)

学位論文内容の要旨

潮間帯岩礁域は物理的環境や、独特な微細地形の変化に富んでおり、植物の成長に必要な栄養塩供給もよく、定座性、固着性の生物をはじめとする多様な生物種群を大量に収容している。この潮間帯岩礁域に存在する生物群集については従来、帶状分布やその成因を中心とする研究を始めとして、多くの関心が集められてきた (Underwood, 1979)。カサガイ類は岩礁域底生動物群集の主な構成員であり、梁舌型の歯舌を使って岩面上の微小藻類を摂食するために海藻の成長や種組成に作用し、群集構造に影響を及ぼしている。また、カサガイ類は餌として肉食生巻貝など捕食動物に利用されており、岩礁域潮間帯生態系におけるエネルギーの転換に重要な役割を果たしている。そのためにカサガイについての生態学的研究は幅広い分野で行われてきたが (Branch, 1981), 個体群の生産過程やエネルギー収支に関する系統的研究はまだ乏しいのが現状である。

コガモガイは南北海道から台湾に至る広い範囲に分布するカサガイ類の一種である。岩礁域潮間帯底生動物群集においては数量上主要種となっているが、これまでこの種についての生物学的、生態学的研究はほとんどなされていない。本研究はコガモガイを対象に、個体群のエネルギー収支を系統的に解明することを目的とした。

本文は主に4部分から成り立っており、まず、コガモガイの繁殖と成長パターンを明らかにし、次にコガモガイ個体の呼吸代謝、排泄、粘液の分泌、成長で示される食物摂取を中心とするエネルギーの配分について検討を加えた。さらに分布、年齢群構造、死亡率など個体群動態を解明し、これらの結果に基づき、コガモガイ個体群のエネルギー収支を明らかにした。

## 1 コガモガイの繁殖パターン及び成長

形態的または組織的観察から、コガモガイの性分化サイズはほぼ殻長3mmで、性比は1:1である。組織学的に生殖細胞の形成過程を把握し、それぞれの発育過程に該当する生殖細胞の生殖

腺内に占有する程度を基準に、生殖腺の発達過程を観察し、また、これら発達段階の出現頻度の経時的变化から、コガモガイ個体群の生殖周期は休止期；11月－3月、成長成熟期；4月－7月、放出期；8月－10月の3期に分けられた。また、成熟期に該当する7月において生殖腺の発達程度を検討した結果、コガモガイの初成熟サイズはほぼ5mmであった。

殻長の頻度分布と年輪法によりコガモガイの成長率を測定した結果、コガモガイは顕著な季節成長を示し、4月から10月の間、全個体が速く成長する一方、その他の時期においては成体の成長はほとんど停滞している。成長パターンはつきのvon Bertalanffyの修正式で表すことができる。

$$Lt = 10.79 \times \{ 1 - \exp [ -0.45 \times (t / 12 + 0.08) + 0.06 \times \sin (2\pi (t / 12 - 1.42))] \}$$

殻長と軟体部乾重に高い相関関係がみられ、雌雄の間に顕著な差がないことから、雌雄を一括して、殻長の成長式と月毎の殻長－軟体部乾重の相関関係を使って体重の成長曲線を得た。0、1才の個体の体重が常に高い成長率を示すのに対し、2才以上の個体の体重は生殖周期に同調した季節成長を示した。

0才個体の軟体重は周年増加するのに対し、1才以上の個体は生殖腺の発達期に減少し、放卵放精が終わった10月－12月に顕著に増加後、冬の間は停滞する。また、成熟時に生殖腺重量は年齢の増加にともない著しく増加する。貝殻重量は5月から11月の間に顕著に増加し、その他の時期には停滞している。

## 2 コガモガイ個体のエネルギー収支

コガモガイ個体のエネルギー収支を測定した結果、0から5才の個体はそれぞれ、1年間に0.05、0.37、0.79、1.21、1.48、1.76Kcalの食物を摂食している。同化率は各年齢群の間で相違はなかったが、季節的にはわずかな変動がみられ、平均値で62.5%であった。同化されたエネルギーの中で、粘液分泌によるエネルギーの損失が一番大きな部分を占め、0才の40%から3才以上の80%以上へと年齢にともない増加する。代謝エネルギーの同化エネルギーに占める割合は年齢の増加によって減少し、0才では30%で、3才以上では15%である。代謝排泄によるエネルギーの損失は同化エネルギーの1%未満で、ほとんど無視できる値である。年間生産量は0から5才の個体でそれぞれ9.4、28.1、37.2、36.4、41.3、41.1calであった。軟体部組織を生産するのに分配された貯蔵エネルギーは年齢によって減少し、0才から5才の個体に分配された貯蔵エネルギーは90%から35%まで減る一方、生殖腺の生産に分配されるエネルギーは年齢と共に増加し、5%から64%まで増加した。0から5才の個体の貝殻に配分されるエネルギーは、全生産量の5から1%であった。

0から5才個体の成長効率はそれぞれ19.0, 7.7, 4.7, 3.0, 2.8, 2.3%であった。

### 3 コガモガイの個体群動態

コガモガイ個体群の分布はパッチ状を示し、顕著な季節的变化はなかった。1986年8月から1989年8月までの3年間の年間平均密度はそれぞれ、339, 490, 723個体/ $m^2$ であった。コガモガイはおもに海から岸へ20m、平均低潮位よりやや高い地域に分布し、若い個体(0-2才)が波のより強い岩盤に多く分布しているのに対して、高齢個体は波のやや弱い転石域により多く分布している傾向がある。

コガモガイ個体群は安定齢分布を示し、個体群の50%以上が0才の個体によって占められていた。個体群は年齢に関係なく一定の死亡率を保ち、ほぼ年間65.5%であった。

### 4 コガモガイ個体群のエネルギー収支

個体のエネルギー収支と個体群動態の結果を基礎に、個体群のエネルギー収支が得られた。1才の個体が個体群のエネルギー収支に一番大きな割合を示している。1年によそ112.9Kcal/ $m^2$ のエネルギーが個体群に流れ込み、そのうちの44Kcal/ $m^2$ が糞として周囲の環境に放出された。摂取されたエネルギーの60%が個体群に同化され、およそ68Kcal/ $m^2/year$ であった。大部分の同化されたエネルギーは粘液分泌に消費され、その量は49Kcal/ $m^2/year$ であった。代謝活動により熱として体外に失われるエネルギーは13Kcal/ $m^2/year$ であった。生産に配分されるエネルギーは比較的低く、わずか5.9Kcal/ $m^2/year$ であった。純成長効率(P/A)、粗成長効率(P/C)、生態効率(Pg/C)はそれぞれ8.6%, 5.2%, 4.2%であった。また回転率(P/B)は1.67であった。

コガモガイ個体群は生息域の一次生産量の約70%を消費しており、岩礁域潮間帯生態系におけるエネルギーの転換に重要な役割を果たしていることは明白である。一次生産についてのより詳しい研究、コガモガイ個体群と生息域の無機環境の関係、及び生物種群の相互関係の解明が今後の課題として残される。

# 学位論文審査の要旨

主　查　教　授　中　尾　繁  
副　查　教　授　山　崎　文　雄  
副　查　教　授　尼　岡　邦　夫  
副　查　助教授　五　嶋　聖　治

本論文は主に4部分から成り立っており、まず、コガモガイの繁殖と成長パターンを明らかにし、次にコガモガイ個体の呼吸代謝、排泄、粘液の分泌、成長で示される食物摂取を中心とするエネルギーの配分について検討を加えた。さらに分布、年齢群構造、死亡率など個体群動態を解明し、これらの結果に基づき、コガモガイ個体群のエネルギー収支を明らかにした。

## 1 コガモガイの繁殖パターン及び成長

形態的または組織的観察から、コガモガイの性分化サイズはほぼ殻長3mmで、性比は1:1である。組織学的に生殖細胞の形成過程を把握し、それぞれの生育過程に該当する生殖細胞の生殖腺内に占有する程度を基準に、生殖腺の発達過程を観察し、また、これら発達段階の出現頻度の経時的变化から、コガモガイ個体群の生殖周期は休止期；11月－3月、成長成熟期；4月－7月、放出期；8月－10月の3期に分けられた。また、成熟期に該当する7月において生殖腺の発達程度を検討した結果、コガモガイの初成熟サイズはほぼ5mmであった。

コガモガイの殻長は顕著な季節成長を示し、4月から10月の間、全個体が速く成長する一方、その他の時期においては成体の成長はほとんど停滞している。一方、0才個体の軟体重は周年増加するのに対し、1才以上の個体は生殖腺の発達期に減少し、放卵放精が終わった10月－12月に顕著に増加後、冬の間は停滞する。また、成熟時に生殖腺重量は年齢の増加にともない著しく増加する。貝殻重量は5月から11月の間に顕著に増加し、その他の時期には停滞している。

## 2 コガモガイ個体のエネルギー収支

コガモガイ個体のエネルギー収支を測定した結果、0から5才の個体はそれぞれ、1年間に0.05、0.37、0.79、1.21、1.48、1.76Kcalの食物を摂食している。同化率は各年齢群の間で相違はなかったが、季節的にはわずかな変動がみられ、平均値で62.5%であった。同化されたエネルギーの中で、粘液分泌によるエネルギーの損失が一番大きな部分を占め、0才の40%から3才以上の80%以上へと年齢にともない増加する。代謝エネルギーの同化エネルギーに占める割合は年

齢の増加によって減少し、0才では30%で、3才以上では15%である。代謝排泄によるエネルギーの損失は同化エネルギーの1%未満で、ほとんど無視できる値である。年間生産量は0から5才の個体でそれぞれ9.4, 28.1, 37.2, 36.4, 41.3, 41.1calであった。軟体部組織を生産するのに分配された貯蔵エネルギーは年齢によって減少し、0才から5才の個体に分配された貯蔵エネルギーは90%から35%まで減る一方、生殖腺の生産に分配されるエネルギーは年齢と共に増加し、5%から64%まで増加した。0から5才の個体の貝殻に配分されるエネルギーは、全生産量の5から1%であった。

0から5才個体の成長効率はそれぞれ19.0, 7.7, 4.7, 3.0, 2.8, 2.3%であった。

### 3 コガモガイの個体群動態

コガモガイ個体群の分布はパッチ状を示し、顕著な季節的変化はなかった。1986年8月から1989年8月までの3年間の年間平均密度はそれぞれ、339, 490, 723個体/m<sup>2</sup>であった。コガモガイはおもに海から岸へ20m、平均低潮位よりやや高い地域に分布し、若い個体（0-2才）が波のより強い岩盤に多く分布しているのに対して、高齢個体は波のやや弱い転石域により多く分布している傾向がある。

コガモガイ個体群は安定齢分布を示し、個体群の50%以上が0才の個体によって占められていた。個体群は年齢に関係なく一定の死亡率を保ち、ほぼ年間65.5%であった。

### 4 コガモガイ個体群のエネルギー収支

個体のエネルギー収支と個体群動態の結果を基礎に、個体群のエネルギー収支が得られた。1才の個体が個体群のエネルギー収支に一番大きな割合を示している。1年における112.9Kcal/m<sup>2</sup>のエネルギーが個体群に流れ込み、そのうちの44Kcal/m<sup>2</sup>が糞として周囲の環境に放出された。摂取されたエネルギーの60%が個体群に同化され、およそ68Kcal/m<sup>2</sup>/yearであった。大部分の同化されたエネルギーは粘液分泌に消費され、その量は49Kcal/m<sup>2</sup>/yearであった。代謝活動により熱として体外に失われるエネルギーは13Kcal/m<sup>2</sup>/yearであった。生産に配分されるエネルギーは比較的低く、わずか5.9Kcal/m<sup>2</sup>/yearであった。純成長効率（P/A）、粗成長効率（P/C）、生態効率（Pg/C）はそれぞれ8.6%, 5.2%, 4.2%であった。また回転率（P/B）は1.67であった。

この研究では餌としての付着藻類あるいは場所や食う食われるの関係を含めた他ベントスとの相互関係を明らかにするまでには至っていないが、岩礁域の主要ベントスであるコガモガイの生物生産の特性を個体群のエネルギー収支から明らかにした点で極めて貴重な知見を提供している。

よって審査員一同は博士の学位を授与されるに値すると判定した。