

## ムラサキインコの換水に及ぼす塩分低下の影響

山元憲一<sup>†</sup>, 半田岳志, 荒木 晶

### Effect of Low Salinity on Ventilation in the Purplish Bifurcate Mussel *Septifer virgatus*

Ken-ichi Yamamoto<sup>†</sup>, Takeshi Handa and Akira Araki

**Abstract** : Effect of low salinity on the ventilation volume and the ciliary movement were examined in the Purplish bifurcate mussel *Septifer virgatus*. The ventilation volume was measured by using a direct measurement method. The ciliary movement was shown indirectly by the transportation velocity of a piece of vinyl film (2.0 mm diameter, 0.3 mm thickness) put on the gill surface. The ventilation volume at 20 °C declined with decrease in salinity, and the ventilation stopped at 21.0 psu. The ventilation volumes in 30 psu were the same as those in 35 psu. The transportation velocities in 25 psu were the same as those in 34 psu, and the velocities were zero mm/min in 10 psu at 13.0, 21.0 and 25.0 °C, and in 13 psu at 29.5 °C when the salinity decreased. From the results for salinity tolerance, the Purplish bifurcate mussel is suspected not to be distributed over an inner bay where the salinity often declines to low levels.

**Key words** : Purplish bifurcate mussel, ciliary movement, salinity, ventilation, water temperature

#### 緒 言

ムラサキインコ *Septifer virgatus* は外海に面した岩礁域に、ムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis* は主に内湾に生息しており、水平分布が異なる<sup>1)</sup>。内湾は一般に外海に面した岩礁域に比べて低塩分に陥る機会が多い。したがって、ムラサキインコとムラサキイガイの水平分布の違いは、低塩分に対する耐性の違いが要因の一つとなっていると考えられる。ムラサキイガイでは、換水運動および鰓の繊毛運動に及ぼす低塩分の影響について調べられている<sup>2)</sup>。しかし、ムラサキインコについては研究がなされていない。

本研究では、塩分低下に伴うムラサキインコの換水量および鰓の繊毛運動の変化を調べ、ムラサキイガイなどの二枚貝と比較した。

#### 材料および方法

実験には、水産大学校に隣接する外海に面した岩礁で採取したムラサキインコ50個体(殻長 $20.1 \pm 1.5$  mm, 殻高 $48.4 \pm 3.6$  mm, 殻幅 $18.2 \pm 1.8$  mm, 体重 $10.2 \pm 2.5$  g, 軟体部の湿重量 $3.2 \pm 0.8$  g)を用いた。貝は採取後、殻の付着物を除去して殻に手術を施し、外套皺襞部の殻に金切り鋸で約2 mmの切り込みを入れ、殻頂付近にビニールホースを幅約3 mmに切り取って作製したストッパーを貼り付けた<sup>7)</sup>。これを屋内に設置したFRP水槽(170 x 78 x 40 cm)に浮かべた籠(46 x 32 x 16 cm)に収容した<sup>2-5)</sup>。予備飼育は、実験で設定した各水温および塩分34 psuで1週間以上、生海水を注入(50 l/min)して行った。餌としては屋外の水槽(5 ton)で培養した植物プランクトンを前記の注入水中に連続投与(0.4 l/min)した<sup>6)</sup>。

塩分低下に伴う換水量の変化は、水温  $21.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$  (10月) で調べた。鰓の繊毛運動の塩分低下に伴う変化については、水温  $29.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$  (8月),  $25.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$  (9月),  $21.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$  (10月) および  $13.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$  (12月) で調べた。

測定終了後、殻の表面を乾燥させて体重を計測し、殻を除去して軟体部の湿重量を計測した。

### 換水量

換水量は、換水量測定用の箱(貝の外套腔からの出水を受ける箱)に取り付けた電磁血流計のプロープ(内径1.0 cm, 1.0 l/min測定用, Model FF-100T, 日本光電)を通過する水量を電磁血流計(MFV-3200, 日本光電)で測定した。塩分は、塩分計(UC-78, セントラル科学)で測定した。これらの値は記録計(MacLab/8, ADI)で毎秒4回の読み込み速度で連続記録した<sup>2-5)</sup>。連続記録は、貝に換水量測定用の箱を取り付けて呼吸室に設置した後開始し、4時間経過後から塩分を低させ、換水量が  $0 \text{ l/min/kg}$  を示すまで行った。塩分低下は、実験装置への海水の注水(1 l/min)を止め、2昼夜空気で曝気した水道水を定量ポンプ(PST-550, イワキ)で連続注入して行った<sup>2-5)</sup>。換水量測定用の箱には、透明アクリル製の幅4 cm, 長さ8 cmで高さ3 cmのものをを用いた<sup>7)</sup>。同箱に設置したゴムの薄膜には、手術用の手袋を使用し、長さ4.0~5.5 cm, 貝の外套皺襞の部分に当たる部位を幅1.0~1.5 cmに切り抜いて窓を開け、輪ゴムで固定した<sup>7)</sup>。

換水量は、連続記録をもとに、塩分低下開始前の10分間および塩分が2 psu 低下する毎にその前後10分間を平均し、体重当たりの値(l/min/kg TW)および軟体部の湿重量当たりの値(l/min/kg WW)に換算して表した。

### 鰓の繊毛運動

鰓の繊毛運動は、換水量の測定と同様の装置を用いて、貝の鰓弁の表面に載せた小片(直径2.0 mm, 厚さ0.3 mmのビニールの薄膜)の移動する速度(mm/min, 以降、小片の移動速度と示す)を計測して調べた<sup>8)</sup>。測定は、殻の一方を除去して露出させた鰓弁の表面を測定用の箱に水平に設置し、14時間経過後開始した。塩分の低下は、測定用の箱への海水の注水(3 l/min)を停止し、2昼夜空気で曝気した水道水を手で汲み入れて1時間毎に34から25, 20, 15, 12, 10 psuへ順次低下させた<sup>2-5)</sup>。なお、 $29.5^\circ\text{C}$ の場合には15 psuに次いで14, 13 psuへ順次低下させた。

小片の移動速度は、各段階へ塩分を低下させる前の15分間に5回測定し、その平均値で表した。

### 統計処理

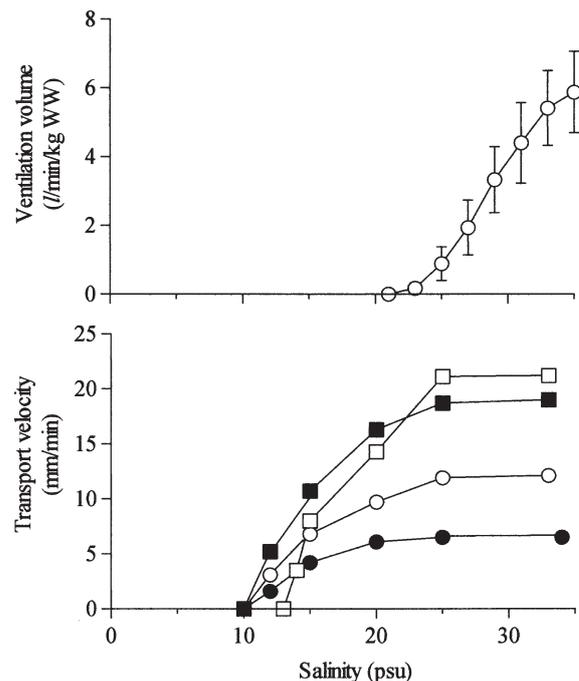
得られた値は、Unpaired *t*-testを用いて検定した

( $P < 0.01$ )。

## 結 果

換水量は、塩分34 psuでは $21.0^\circ\text{C}$ で  $5.88 \pm 1.19 \text{ l/min/kg WW}$  ( $1.81 \pm 0.29 \text{ l/min/kg TW}$ )を示し、塩分を低下させると直ちに減少して $21.0 \pm 0.3 \text{ psu}$ で  $0 \text{ l/min/kg WW}$ を示した(Fig.1)。

小片の移動速度は、塩分34 psuでは $13.0^\circ\text{C}$ で  $6.5 \pm 0.6 \text{ mm/min}$ ,  $21.0^\circ\text{C}$ で  $12.1 \pm 1.4 \text{ mm/min}$ ,  $25.0^\circ\text{C}$ で  $19.0 \pm 1.0 \text{ mm/min}$ ,  $29.5^\circ\text{C}$ で  $21.2 \pm 1.4 \text{ mm/min}$ と水温が高いほど有意に大きな値を示した。しかし、いずれの水温においても同様に、塩分を低下させても25 psuに低下するまでは34 psuでの値を維持した(Fig.1)。更に塩分を低下させると減少して、 $13.0^\circ\text{C}$ ,  $21.0^\circ\text{C}$ および $25.0^\circ\text{C}$ では  $10.0 \pm 0.3 \text{ psu}$ で、 $29.5^\circ\text{C}$ では  $13.0 \pm 0.2 \text{ psu}$ で  $0 \text{ mm/min}$ を示した(Fig.1)。



**Fig.1.** Changes in the ventilation volume and the transportation velocity of vinyl film on the gill surface with decreasing salinity in the Purplish bifurcate mussel *Septifer virgatus*. Circles and vertical lines represent means and standard deviations, respectively. Open squares,  $29.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ; closed squares,  $25.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ; open circles,  $21.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ; closed circles,  $13.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ .

## 考 察

ムラサキインコの換水量は、塩分が低下すると直ちに減少して $21.0 \text{ psu}$ で  $0 \text{ l/min/kg WW}$ を示した。しかし、小片の移動速度は塩分が低下しても25 psuに低下するまでは

34 psuでの値を維持し、更に塩分が低下すると10.0~13.0 psuで0 mm/minを示した。このように、換水量は鰓の繊毛運動よりも高い塩分から低塩分の影響が現れ、高い塩分で零を示すことは、ムラサキイガイ<sup>2)</sup>、リシケタイラギ *Atriana (Servatiana) lischkeana*<sup>3)</sup>、マガキ *Crassostrea gigas*<sup>4)</sup> やクロチョウガイ *Pinctada margaritifera*<sup>5)</sup> でも認められている。二枚貝の換水量は、繊毛の活動度と正の相関関係にあることが報告されている<sup>9)</sup>。しかし、二枚貝は鰓の繊毛運動で水流を起こして換水し、外套膜を調節して鰓への入水口と出水口の開く大きさを変化させて換水量を調節する<sup>9-13)</sup>。これらのことから、ムラサキインコは、ムラサキイガイ<sup>2)</sup>、リシケタイラギ<sup>3)</sup>、マガキ<sup>4)</sup> やクロチョウガイ<sup>5)</sup> と同様に、塩分が低下すると鰓の繊毛運動に影響が出始めるよりも高い塩分から入水口と出水口の開く大きさを減少させて換水量を減少させ、低塩分と軟体部との接触を減少させると考えられる。

小片の移動速度は、13.0~29.5℃の場合に、塩分を低下させても25 psuまでは34 psuでの値を維持した。しかし、塩分を更に低下させると、値は減少し、29.5℃では少し高い(13.0 psu)が、13.0~25.0℃では同じ塩分(10.0 psu)で零を示した。ムラサキイガイ、リシケタイラギやマガキでも、小片の移動速度は水温が異なっても同じ変化を示し、同じ塩分で零を示す<sup>2-4)</sup>。これらのことから、ムラサキインコの鰓の繊毛の活動度は、ムラサキイガイ、リシケタイラギやマガキと同様に、水温が変化しても水温に関係なく、直接塩分の影響を受けて変化することが明らかとなった。

ムラサキイガイの換水量は、アコヤガイと同様に、30 psuと34 psuでは同じ値を示し、更に塩分が低下すると減少させる<sup>2, 5)</sup>。しかし、ムラサキインコはリシケタイラギ<sup>3)</sup>、マガキ<sup>4)</sup> やクロチョウガイ<sup>5)</sup> と同様に、塩分の低下に伴って直ちに換水量を減少させた。換水を停止させる塩分は、ムラサキイガイでは水温21℃で18.6 psu、マガキでは水温20℃で19.1 psu、リシケタイラギでは22℃で21.0 psu、アコヤガイでは水温20℃で塩分22.2 psu、クロチョウガイでは水温20℃で26.0 psuと報告されている<sup>2-5)</sup>。これらと比較すると、ムラサキインコが換水を停止させる塩分(21.0 psu)は、ムラサキイガイよりも高く、リシケタイラギと同じ値であり、アコヤガイやクロチョウガイよりも低かった。これらのことから、ムラサキインコの換水運動に影響を及ぼす塩分は、アコヤガイやクロチョウガイよりも低く、リシケタイラギと同程度であるが、ムラサキイガイよりも著しく高いといえる。

小片の移動速度が零を示す塩分は、ムラサキイガイでは水温13~25℃で2 psu、28℃で9 psu、リシケタイラギでは22℃で10 psu、マガキでは20℃で8 psuと報告されて

いる<sup>2-4)</sup>。一方、ムラサキインコでは13~25℃で10 psu、29.5℃で13 psuであり、ムラサキイガイよりも高く、マガキよりもわずかに高く、リシケタイラギとほぼ同じ塩分であった。これらのことから、ムラサキインコの鰓の繊毛の低塩分耐性は、ムラサキイガイには著しく劣るが、マガキやリシケタイラギとほぼ同じであると考えられる。

二枚貝は、鰓の繊毛で水流を起こし、水中の懸濁物を鰓で濾過してこれを捕捉して捕食すると同時に呼吸を行っている<sup>9-13)</sup>。したがって、小片の移動速度が零を示す塩分以下では、捕食および呼吸が停止することは明らかである。これらのことから、ムラサキインコは、鰓の繊毛運動が停止する塩分10~13 psu以下、ムラサキイガイは塩分2 psu以下が長期間続く水域には季節に関係なく生息できないと考えられる。ムラサキインコは内湾には認められず、外海に面した岩礁域に、ムラサキイガイは主に内湾に生息している<sup>1)</sup>。内湾は一般に外海に面した岩礁域に比べて低塩分に陥る機会が多い。以上のことから、ムラサキインコとムラサキイガイは、低塩分に対する耐性の違いが生息域を異にする大きな要因の一つとなっていると推測される。

## 要 約

ムラサキインコを用いて、塩分低下に伴う換水量および鰓の繊毛運動の変化を調べた。換水量は塩分の低下に伴って減少し、 $21.0 \pm 0.3$  psuで0 l/min/kg WWを示した。小片の移動速度は、塩分を低下させても25 psuに低下するまで34 psuでの値を維持し、更に塩分を低下させると減少して、13.0、21.0と25.0℃では $10.0 \pm 0.3$  psuで、29.5℃では $13.0 \pm 0.2$  psuで0 mm/minとなった。以上に示した低塩分耐性から、ムラサキインコは低塩分に陥る機会の多い内湾には分布しないと考えられる。

## 文 献

- 1) 秦 正弘, 松谷武成: ムラサキイガイとムラサキインコガイの微視的分布. 日本付着生物学会誌, **24**, 159(2007)
- 2) 山元憲一, 荒木 晶, 半田岳志: ムラサキイガイの換水に及ぼす塩分低下の影響. 水大校研報, **62**, 5-8(2013)
- 3) 山元憲一, 半田岳志: タイラギの換水に及ぼす低塩分の影響. 水産増殖, **59**, 535-540(2011)
- 4) 山元憲一, 半田岳志: マガキの換水運動に及ぼす低塩分の影響. 水産増殖, **59**, 5-8(2011)
- 5) 山元憲一, 半田岳志, 湊 恭行, 小田原和史, 曾根謙

- 一：クロチョウガイとアコヤガイの換水量に及ぼす塩分低下の影響. 水産増殖, **60**, 277-280 (2012)
- 6) 山元憲一, 半田岳志, 中村真敏, 橘川和正, 北 靖史, 滝本真一, 西川 智: アコヤガイの呼吸に及ぼすオゾン処理海水の影響. 水産増殖, **47**, 435-438 (1999)
- 7) 山元憲一, 半田岳志: ムラサキインコガイの餌投与に伴う換水運動の変化. 水大校研報, **59**, 227-231 (2011)
- 8) 山元憲一, 安達 智, 田村征夫, 荒水多希, 河邊 博: ムラサキイガイ, タイラギ, アコヤガイ, ヒオウギガイ, マガキの鰓の繊毛運動に及ぼす低酸素と水温の影響. 水大校研報, **44**, 137-142 (1996)
- 9) Winter JE: A review on the knowledge of suspension-feeding in lamellibranchate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*, **13**, 1-33 (1978)
- 10) Jørgensen CB: Efficiency of particle retention and rate of water transport in undisturbed lamellibranchs. *J Cons Int Explor Mer*, **26**, 94-115 (1960)
- 11) Jørgensen CB: A hydromechanical principle for particle retention in *Mytilus edulis* and other ciliary suspension feeder. *Mar Biol*, **61**, 277-282 (1981)
- 12) Silvester NR: Hydrodynamics of flow in *Mytilus* gills. *J Exp Mar Biol Ecol*, **120**, 151-182 (1988)
- 13) 山元憲一: アコヤガイの呼吸に及ぼす水温の影響. 水産増殖, **48**, 47-52 (2000)