日本海の舞鶴湾におけるアサリ資源の再生産および減耗要因の検討

高橋 宏 司,^{a*} 澤田 英 樹, 益田 玲 爾

(2016 年 2 月 29 日受付, 2016 年 6 月 19 日受理, 2016 年 8 月 25 日 J-STAGE 早期公開)

京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所

Reproduction and depletion of the Manila clam in Maizuru Bay, Sea of Japan

KOHI TAKAHASHI,^{a*} HIDEKI SAWADA AND REIJI MASUDA

Maizuru Fisheries Research Station, Kyoto University, Nagahama, Maizuru, Kyoto 625-0086, Japan

We aimed to confirm the reproduction of Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Maizuru Bay, and also determine the cause of their mortality. Using seedling collectors, we obtained 5 to 60 juveniles per collector, demonstrating that this species is reproducing in the bay. Depletion of clams in Maizuru Bay was investigated by setting clams on coastal area sea beds in the summer. Predation was found to be more effective in depleting clams than environmental factors. Laboratory experiments revealed that juveniles less than 5 mm in shell length were preyed upon by 6 out of 13 fish species, whereas Japanese rock crab preyed upon clams from juveniles to adults.

キーワード：アサリ，イシガニ，採苗，稚貝，被食

アサリ *Ruditapes philippinarum* 資源は、全国的に減少の傾向が示されている。¹⁾ 全国に分布するアサリは地域間で表現型の変異があり、²⁾ その減耗要因についても海域ごとに異なることが示唆されている。³⁾ そのため、アサリ資源の回復においては、海域ごとに減耗要因を明らかにし、その対策を図ることが求められる。アサリ資源に関する研究は太平洋や、有明海、瀬戸内海を対象としたものが多く、³⁾ それに対して、潮位の干満差がほとんどない日本海のアサリ資源に関する知見は、島根県の中海などを除くと比較的少ないといえる。^{4,5)}

京都府北部に位置する舞鶴湾は日本海に面するリアス式海岸の半閉鎖的な湾である。同湾では、1980–90 年代には年間 100–150 t のアサリが漁獲されており、地域における重要水産資源であった。^{6,7)} しかし、舞鶴湾のアサリ漁獲量は 1998 年頃に急減し、2003 年以降では数トン程度まで減少している。⁷⁾ 舞鶴湾のアサリについての研究は、京都府農林水産技術センター海洋センターが中心になって行われていたが、そのほとんどは資源が急減する以前のものであった。^{6,8–12)} また、舞鶴湾のアサリ資源減少の原因を全国で考えられている減耗要因に基づいて考察した結果では、舞鶴湾におけるアサリ減耗は他海

域とは異なる要因によって生じている可能性が高いとされている。⁷⁾

舞鶴湾における漁業状況について、京都府漁業協同組合（以下、京都府漁協）での聞き取り調査から、平成 24 年度の時点で舞鶴湾での漁獲はごく限られた地点でしか行われておらず、それらの漁場においても一日操業すると翌日には取れなくなるとの情報が得られた（高橋、未発表、2012）。したがって現在の舞鶴湾には、漁獲対象となるサイズの成貝はほとんど生息していない可能性が高い。一方、湾内の広域で著者が実施した予備的な調査では、一部の地点においてアサリの稚貝が少ないながらも（約 240 個体/m²）存在していた（高橋、未発表 2012）。また、同様の聞き取り調査から、湾内で行われているトリガイ垂下養殖の飼育コンテナ内からは、しばしばアサリが採取されるとの情報もある。これらのことは、親貝資源が枯渇状態である舞鶴湾においても、生残する成貝による再生産が営まれていることを示唆する。

本研究は、このような資源状態にある舞鶴湾において、アサリ資源の再生方策について検討することを目的とした。現存する個体群を利用して資源の再生を図るに

は、当該海域において再生産が行われていることが必要条件となる。先行研究で、着底基質を設置することでアサリの種苗を採取できるとの報告があることから、¹³⁾ 本研究では水中に垂下した採苗器に着底した稚貝を指標として、舞鶴湾におけるアサリ資源再生産の有無について検討した。

また、湾内で再生産が行われており、稚貝が加入するにも関わらず漁獲可能な資源が増えないとすれば、稚貝から成貝への成長過程に減耗機構が存在すると考えられる。本種の減耗要因として、生息環境の悪化等の物理化学的要因と捕食生物による食害などの生物学的要因が挙げられる。^{3,14)} そこで、舞鶴湾沿岸部の海底にカゴを設置してアサリを収容し、天然での減耗過程を調査した。本種の減耗に対する底質環境の影響を評価する上で、埋設したカゴ内に稚貝を収容して生残過程を検討する方法があるが、¹⁵⁾ 当該海域では、アサリの生息する水深には底質中にカキ殻などの天然構造物が多く、カゴを埋めることが難しい。そのため、海底の直上にカゴおよび潜砂のための基質を設置して生残過程を追跡した。さらに、潮汐の干満差の少ない舞鶴湾ではアサリの生息環境は潮下帯に限定される。同湾のアサリは太平洋側の干潟域に生息する本種よりも水中での滞在時間が長く、魚類をはじめとする水中捕食者との遭遇機会が多いと考えられる。そこで、舞鶴湾の沿岸部に生息する複数の魚類およびイシガニ *Charybdis japonica* を用いた水槽実験によって、アサリ稚貝の捕食者となりうる生物の特定を試みた。

材料と方法

舞鶴湾におけるアサリの再生産の確認 ポリエチレン製の網袋（シジミ袋：幅 36 cm×高さ 80 cm、目合い 8 mm；京都府漁協にて購入）の中にポリプロピレン製ロープ（ラックスロープ：直径 6 mm×長さ 3 m および直径 10 mm×長さ 1 m；京都府漁協にて購入）をほぐした状態で入れて採苗器とした。網袋内には釣り用の錘を入れて、水中で静止するようにした。

2012 年 11 月 5 日に京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所（以下、水実）地先海面の 2 地点 (St. A, St. B) に上記の採苗器を設置した (Fig. 1)。両地点とも海底水深が 6 m となる場所を選んだが、St. A は特に入り組んだ小型の湾の奥部にあり、湾中央に面した開放的な St. B と比べて閉鎖的な環境といえた。St. A では、採苗器につないだロープの上端を水実の浮桟橋に、下端を鉛製の錘に結んで固定した。桟橋のない St. B では、海底に砂袋を沈めてそこから伸ばしたロープの上端に浮標を結びつけ、海底から海面にわたるロープを設置した。各地点について、採苗器は海底から深度 3 m の点に 3 個の採苗器を 20 cm 間隔で一基ずつくりつけた。全ての採苗器は、2013 年 2 月 13 日に回収

Fig. 1 A map indicating the locations where field surveys were conducted in Maizuru Bay. The white dots indicate the locations of seedling collectors, and the black dots indicate the sites of containers used for the survival experiment.

した。回収後、採苗器内のラックスロープ中にいた二枚貝の個体数と、アサリについては殻長を測定した。稚貝の計数および測定は、目視によるアサリの判別が可能な 1 mm 以上の個体に限定した。採取された二枚貝の個体数およびアサリの殻長について、Student's *t*-test によって地点間で比較した。地点間で等分散性が確認されなかったデータについては Welch's *t*-test によって比較した。

舞鶴湾における夏季の減耗要因の検討 上記の採苗器で採集した稚貝を、水実にてフィルター（サランロック OM-150、旭化成ホームプロダクツ株式会社）で物理濾過をした天然海水をかけ流しの条件で、潜砂基質を入れたダウンウェリング式の水槽内で 128 日間蓄養した個体を以下の実験に用いた。アサリを収容するためのコンテナとして、三方がポリエチレン製メッシュで覆われたトリガイ育成用コンテナ（縦 45 cm×横 45 cm×高 20 cm、目合い 0.5 mm；京都府漁協にて購入）を用い、コンテナ内にはアサリが潜砂できるようにアンスラサイト（粒径約 2 mm；京都府漁協にて購入）を厚さ 8 cm になるように敷き詰めた。コンテナの上部はポリエチレン製の網蓋（目合い 8 mm）を取り付けて、大型動物の侵入

を防いだ。コンテナの流失防止のため、外側面に錘を結びつけ、また側面に繋がれたロープを合わせて浮きを取り付けて自立させた。設置場所は、水実地先の St. 1, 2 および 3 とした (Fig. 1)。St. 1 および 3 では、最干潮時の水深が約 1 m の海底に設置した。また、被食による減耗効果を検討するため、St. 1 についてはコンテナ上部の網蓋を外した無網区を別に設け、網蓋のあるコンテナと隣接して設置した。St. 2 は、採苗器の設置と同地点であり、コンテナの底面に鉛製の錘をつけ水実の栈橋からロープで下ろして水深 6 m の海底に設置した。

St. 1 および 2 では 30 個体 (St. 1 : 殻長 11.6 ± 4.4 mm, 平均 $\pm$ 標準偏差 ; St. 2 : 11.2 ± 3.6 mm), St. 1 の無網区には 29 個体 (9.9 ± 2.3 mm), St. 3 には 27 個体 (10.0 ± 4.0 mm) のアサリを入れて、各コンテナを 2013 年 6 月 21 日に設置した。全地点のコンテナは 6 月 28 日, 7 月 5 日, 7 月 26 日, 8 月 10 日, 8 月 23 日, 9 月 19 日 (台風の影響で取り上げられなかった St. 1 および St. 1 無網区は 9 月 26 日) および 10 月 18 日 (St. 3 は観察時にはコンテナ内のアサリが全て流出していたため計数できなかった) に取り上げ、生残しているアサリを計数したのち、もとの地点に戻した。アサリの生残率は目的に応じた地点間で比較した。周囲の環境が異なる地点間で生残の差異を検討するため、St. 1 (比較的閉鎖的な環境) と St. 3 (比較的開放的な環境) の間で生残率を比較した。被食の有無が生残にもたらす効果を検討するため、St. 1 (大型生物が入れない) と St. 1 無網区 (大型生物の出入りが自由) の生残率を比較した。近接する環境における水深間での生残の差異を検討するため、St. 1 (水深 1 m) と St. 2 (水深 6 m) 間で生残

過程を比較した。各々の生残過程の比較は、Breslow 近似によって Cox ハザードモデルをあてはめる生存時間分析によって解析した。有意水準は Bonferroni 補正した値 ($\alpha=0.05/3$) を用いた。

捕食生物の検討 水実内の屋内施設に設置した水槽中で捕食実験を行った。捕食者候補として、アイゴ *Siganus fuscescens*, アミメハギ *Rudarius ercodes*, イシダイ *Oplegnathus fasciatus*, ウミタナゴ *Ditrema temminckii*, カワハギ *Stephanolepis cirrhifer*, クロダイ *Acanthopagrus schlegelii*, コモンフグ *Takifugu poecilonotus*, スズキ *Lateolabrax japonicus*, ボラ *Mugil cephalus*, マアジ *Trachurus japonicus*, マダイ *Pagrus major*, メジナ *Girella punctata*, ヨコスジフエダイ *Lutjanus ophuysenii* およびイシガニ (小サイズ, 大サイズ) を用いた (Table 1)。クロダイについては、水実にて飼育していた人工孵化稚魚を用いた。他はいずれも、水実周辺の海域においてカゴや投網、釣りで採集し、水槽内でオキアミおよび配合飼料で餌付けした個体を用いた。

実験水槽として、アミメハギおよびイシガニ小サイズでは周囲を青色ビニールシートで覆った透明ポリカーボネート製飼育容器 (縦 30 cm $\times$ 横 20 cm $\times$ 高 25 cm) を用い、それ以外の生物には青色ポリエチレン製角形水槽 (縦 79 cm $\times$ 横 58 cm $\times$ 高 50 cm) を用いた。青色角形水槽においては、実験中にアサリを見失わないようにするために、水槽中央に白いトレイ (縦 45 cm $\times$ 横 30 cm $\times$ 高 5 cm) を設置してここを餌場とした。水槽内の水はフィルター (サランロック OM-150, 旭化成ホームプロダクツ株式会社) で物理濾過をした天然海水の掛け流しとし、全ての実験は 2013 年 9 月から 10 月にかけて

Table 1 Predation of *Ruditapes philippinarum* and krill by fish species and *Charybdis japonica*

Species	Size range*	Juvenile (1–5 mm)	Young (10–15 mm)	Adult (20–25 mm)	Krill
<i>Siganus fuscescens</i>	86–110 mm	×	×	×	○
<i>Rudarius ercodes</i>	43–55 mm	×	×	—	○
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	98–104 mm	○	×	×	○
<i>Ditrema temminckii temminckii</i>	92–100 mm	×	×	×	○
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	67–90 mm	○	×	×	○
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	73–76 mm	○	×	×	○
<i>Takifugu poecilonotus</i>	113–168 mm	○	○	×	○
<i>Lateolabrax japonicus</i>	96–114 mm	×	×	×	○
<i>Mugil cephalus</i>	110–162 mm	×	×	×	○
<i>Trachurus japonicus</i>	85–108 mm	×	×	×	○
<i>Pagrus major</i>	78–90 mm	○	×	×	○
<i>Girella punctata</i>	104–120 mm	○	×	×	○
<i>Lutjanus vitta</i>	74–81 mm	×	×	×	○
<i>Charybdis japonica</i> (small)	19–24 mm	○	×	—	○
<i>Charybdis japonica</i> (large)	88–93 mm	×	○	○	○

○, feeding observed; ×, feeding not observed; —, not tested.

* Size ranges indicate standard length for fish, and carapace width for crustacean.

て行われた。実験では、水槽内に捕食者候補の生物を3個体入れた直後に、餌場のトレーにアサリ稚貝(殻長3–5 mm)、アサリ未成貝(殻長10–15 mm)、アサリ成貝(殻長20–25 mm: アミメハギ, イシガニ小サイズでは無し)を各1個体投入し、摂餌モチベーションを確認するため解凍したツノナシオキアミ1個体も投入した。実験開始から24時間後に、水槽内のアサリおよびオキアミの有無を確認し、アサリのサイズごとの捕食の可能性について検討した。

結 果

再生産の有無の検討 St. Aに設置した採苗器では、平均6個体(5–7個体)、St. Bの採苗器では平均47.8個体(36–60個体)のアサリ稚貝が採集され、St. Bの採苗器の方が有意に多かった(Student's *t*-test, $p < 0.05$; Fig. 2)。アサリ以外の二枚貝では、イガイ類、コハクノツユ *Kellia porculus*, ナデシコガイ *Chlamys irregularis* の稚貝が採集され、コハクノツユについてはSt. Bの採苗器で有意に多く採集された(Welch's *t*-test, $p < 0.05$)。St. Aの採苗器で採集されたアサリ稚貝の殻長は 3.18 ± 1.19 mmで、St. Bの採苗器の稚貝は 4.17 ± 1.17 mmであり、St. B採集個体の方が有意に大きかった(Student's *t*-test, $p < 0.01$)。

減耗要因の検討 St. 1では、10月18日の取り上げ時点における生残率は80%と高い値を示した(Fig. 3)。St. 3では、設置から9月19日までの期間ではほとんど死亡個体は確認されなかったが、10月18日の観察時にはコンテナ内のアサリが全て流出していた。水深6 mのSt. 2では、6月から8月23日の観察までは死亡個体は4個体であったが、9月19日の観察時には一度に7個体が死亡していた。St. 1無網区では7月上旬の観察からバラバラに砕かれた貝殻が多く観察された(Fig. 4a)。最終的な回収時点では導入時の7%程度にまで減少していた。

各区間で導入から回収までの生残過程を比較すると、St. 1(比較的閉鎖的環境)とSt. 3(開放的環境: 流出直前の9月26日までの生残)間およびSt. 1(水深1 m)とSt. 2(水深6 m)間には有意な差はみられなかった(生存時間分析, $p > 0.05$)。一方で、St. 1無網区の生残率は網蓋のあるSt. 1と比べて有意に低かった(生存時間分析, $p < 0.01$)。

捕食生物の検討 全ての捕食者においてオキアミの摂餌が確認された。魚類については、殻長5 mm未満のアサリ稚貝は、イシダイ、カワハギ、クロダイ、コモンフグ、マダイおよびメジナにより捕食された(Table 1)。殻長10 mmではコモンフグのみが捕食し、殻長20 mm以上のアサリでは魚類による捕食は認められなかった。イシガニを捕食者とした場合、小型個体は5 mm未満の

Fig. 2 Mean number of seedlings collected for each bivalve taxa. White bars represent the individuals collected at St. A (closed area of Maizuru Bay), and black bars represent those collected at St. B (open area of the bay). Error bars indicate standard deviation. Asterisks indicate significant differences in number of seedlings between St. A and St. B.

Fig. 3 Survival rates of *Ruditapes philippinarum* in each treatment from June 21 to October 18. △, St. 1 (closed area, 1 m depth); ●, St. 2 (closed area, 6 m depth); ▲, St. 3 (open area, 1 m depth); and ○, no-cover treatment near St. 1. The dotted line indicates the disappearance of *R. philippinarum*.

Fig. 4 Broken shells of *Ruditapes philippinarum*. a, those in a container of the no-cover treatment; b, those attacked by *Charybdis japonica* in the laboratory experiment.

稚貝を、大型個体は10 mmおよび20 mmのアサリを捕食した(Fig. 4b)。

考 察

採苗器でアサリ稚貝が一定数採集されたことから、アサリ漁業が壊滅的な舞鶴湾においても本種の再生産が行われていることが明らかとなった。舞鶴湾のアサリの産卵期は5月から翌年の1月にわたり、そのうち主たる産卵期は10–12月とされている。⁸⁾ アサリ資源が豊富であった1990年代前半に着底アサリの出現状況を調査した研究では、舞鶴湾の資源は秋季発生群によって構成されていると報告している。⁶⁾ そのため、11月上旬に採苗器を設置した本研究で得られた結果は、舞鶴湾のアサリ資源の再生産能力を反映している可能性が高い。

同時期に設置した採苗器であるにもかかわらず、St. Bに設置した採苗器では、St. Aに設置した採苗器に比べて平均約8倍の数のアサリ稚貝が採集され、採集された稚貝の殻長についてもSt. Bの方が大きかった。両地点は数百m程度しか離れていないが、本種の着底場としての価値は大きく異なるといえ、その理由として流れ環境の違いが挙げられる。St. BはSt. Aと比べて開放的な環境にあり、流れが速く、海水の交換率は高いと考えられる。このような環境では、アサリ浮遊幼生の加入量が多い、または餌となる植物プランクトンの供給量が多い可能性がある。東京湾で行われた研究では、流れの強い環境でアサリ着底稚貝の密度が高く成長も早いことが報告されている。¹⁶⁾ 舞鶴湾においても同様な傾向がみられているが、各採苗器で採集された稚貝間で幼生の由来が異なる可能性は排除できていないため、さらなる検討が必要であろう。

網蓋をしたコンテナについて、環境が大きく異なると考えられるSt. 1(比較的閉鎖的)およびSt. 3(比較的開放的)の両地点においてアサリの生残率は80%を超えていた。山口と内田⁵⁾では、中海の海底において本研究と同様に海底にコンテナとアサリを設置する実験を行い、貧酸素が発生する海底では生残率0%にも及ぶ大量死がみられることを報告している。本研究での減耗率は2割程度であったことから、当海域の沿岸部では海水環境の悪化などの化学的要因による減耗の可能性が低いことを示している。一方で、St. 3に設置したコンテナでは、台風通過後の観測前後でコンテナ底部に穴が開き、コンテナ内の全ての基質とアサリが流出した。このことから、開放的な環境では荒天時に強い底荒れが生じることが想定され、アサリが生息海域から流されている可能性が高い。波浪による流出は、アサリを生息に適さない環境へと移送し、これが斃死につながることもある。^{17,18)} また、繰り返し砂上に掘り出されるストレスが加わると衰弱するとの報告もあることから、¹⁹⁾ 波当たりが強いような環境では荒天時に物理的な減耗機構が発生する可能性がある。

舞鶴湾では8月から9月にかけて一部の海底(水深4m以深)で断続的な貧酸素化(溶存酸素<2mg/L)が生じることがあるため、²⁰⁾ 舞鶴湾の深場環境ではアサリの斃死が生じていることが予想された。しかし、岸近くの水深1m(St. 1)と水深6m(St. 2)の海底に設置したコンテナ間で生残に顕著な差は認められず、水深のある環境でもアサリが生残できることが示された。中海での海底設置実験では、水深1.5mの海底と比べて水深3.5mの海底では貧酸素によってしばしば大量死が起こることを報告しているが、⁵⁾ 舞鶴湾においては深場での大量減耗は確認されなかった。一方で、過去に舞鶴湾でアサリの分布を水深別に調査した研究では、水深3m以深ではアサリがほとんど生息していなかったことから、⁹⁾ 現在の舞鶴湾においても深場環境はアサリが生息環境として適していない可能性がある。本研究においても、St. 2に設置したコンテナで8月後半から9月後半の観測期間で25%近くの個体が死亡していたことから、突発的な大量死が生じる可能性は排除しきれない。

無網区では、晩夏から減少が生じ、最終的には9割以上の個体が死亡した。実験期間中は、コンテナ内のアンスラサイト(実験個体よりも粒径が小さく、比重が小さい)が流失している様子はほとんど見られず、コンテナ内には砕かれたアサリの殻が多く存在していたことから、無網区でのアサリの消失は流出や衰弱斃死ではなく、被食が主要因だと考えられた。被食区の減耗は7月上旬頃から始まり、観察を終了した10月中旬まで継続してみられた。このことから、夏期に沿岸部に出現する生物がアサリの捕食者として重要である可能性が高い。St. 3での流失を除くと、無網区での減耗は最も顕著に現れていたことから、現在の舞鶴湾におけるアサリの減耗要因は、水質悪化などの物理化学的な死亡よりも被食による生物学的な効果が大きいと考えられる。

調査地点は異なるが、アサリ漁獲量が衰退する以前の1994年に舞鶴湾で本種の被食減耗について検討した研究では、水深2, 3mでは被食減耗が確認されたが、水深1m帯では被食の影響はほとんどみられていなかった。¹⁰⁾ 現在の舞鶴湾では、水深1m地点での被食減耗が顕著であることから、現在と資源減少前では浅場に生息するアサリにかかる捕食圧は異なることが想定される。また当時の舞鶴湾において、アサリの分布密度は水深1mで最も高いとの報告があることから⁹⁾、浅場での捕食圧が高い現在の環境はアサリ資源が回復しにくい状況にあるといえる。一方で、舞鶴湾では捕食生物の大量発生などの報告がないことから、アサリ資源の急減が被食によって進行したとは考えにくく、当時の資源減少を引き起こした別の減耗機構が存在する可能性が高い。今後、稚貝期以前(浮遊期から着底期)の減耗要因など、他の減耗機構についても検討する必要があるだろう。

水槽実験によるアサリ捕食能力の検討から, 本実験で用いた 13 魚種中, 6 魚種が少なくとも 5 mm 未満のアサリ稚貝を捕食する能力を有していた。これらの魚種は, 天然でアサリとの遭遇機会があれば捕食者になる可能性は高いといえる。当地は太平洋側に比べて干満差が小さくアサリの生息域が基本的に潮下帯であることを考慮すると, 小型のアサリは常に魚類との遭遇機会があり, 捕食される可能性は高いと考えられる。一方で, 10 mm 以上のアサリでは捕食する魚種は少なく, 20 mm 以上の成貝では本実験で試みた範囲では魚類に捕食されることはなかった。一方で, 舞鶴湾の沿岸部には, 本実験で用いた魚類以外にもクサフグ *Takifugu niphobles* やキュウセン *Halichoeres poecilopterus*, 大型のクロダイなどのアサリ捕食魚類が多く生息する。^{21,22)} したがって, 沿岸部の魚類がおよぼすアサリへの捕食圧は, 本研究で推定されるよりもさらに強い可能性がある。

イシガニは, 小型から大型のものまで含めると, 稚貝, 未成貝および成貝の各サイズのアサリを摂食し, 生活史を通じて本種の捕食者であることが明らかになった。イシガニを含むワタリガニ科のカニ類はアサリを捕食することが知られており, イシガニは 24 時間で最大 16 個体のアサリを捕食したとの報告もある。²³⁾ 本研究の調査海域においても, 潜水調査やカゴ調査からイシガニやガザミ, タイワンガザミが頻繁に観察されており(高橋, 未発表), 大型カニ類は舞鶴湾のアサリにおける主要捕食者の一つである可能性が高い。特に, イシガニは舞鶴湾の 1-3 m 地点で年間を通して観察されることから, アサリとの遭遇機会は多い捕食者といえる。²⁴⁾ 実際に, フィールド実験での無網区でみられたアサリ死貝には, 殻を砕かれたものが多く, 水槽下でイシガニの被食にさらされた後の様子と酷似していた (Fig. 4)。

アサリ漁業が壊滅的な状態にある舞鶴湾においてその資源を回復させるには, まず同海域で再生産が行われていることが重要である。採苗器による実験では, 舞鶴湾で本種の再生産が確認されたことから, 現存資源の再生産力を利用した資源回復の可能性は残されている。一方で, 加入した稚貝は何らかの理由で漁業資源に至るまで生き残れないことが示唆された。コンテナ設置実験から, 当地における減耗は, 水質悪化などの化学環境的な要因よりも被食による生物的要因の効果が強く, これによってアサリ資源の回復が妨げられていると考えられた。舞鶴湾沿岸に生息する生物を用いた被食実験から, 舞鶴湾のアサリ捕食者として, 稚貝期では多くの魚類, 生活史を通じてイシガニが候補に挙げられた。これらの生物に対して被食対策を講じることは, 舞鶴湾のアサリ資源回復の手助けとなるかもしれない。アサリの被食対策として, 被覆網などを海底に設置する方法があり,²⁵⁾ このような処理は舞鶴湾にも適用できる可能性がある。

また, 再生産力の乏しい段階では, 種苗の放流も有効であるかもしれない。しかし, 他海域から入手した種苗には, 病原体・外来捕食者の移入や遺伝的攪乱といったリスクも伴うため, 放流には地先の種苗を用いることが望ましい。天然採苗により放流用の種苗を確保すれば, これらのリスクは排除できる。²⁶⁾ 本研究でも, 採苗器を用いて舞鶴湾で天然種苗を入手できたことから, これらを放流種苗として利用することは可能であろう。アサリ種苗の放流事業は, 資源回復の方策として全国的に行われているが,^{27,28)} 放流後の生残率は必ずしも高くない。舞鶴湾においても, 過去に外国産種苗の放流を行っているが, 十分な効果は得られていない。⁷⁾ 放流効果を得るためには, 放流後に生残できるような環境作りおよび放流方法の最適化が不可欠である。生息圏が潮下帯にある舞鶴湾では, 殻長 5 mm 未満のアサリに対しては多様な魚類捕食者が存在するため, 放流に際しては, 少なくともそれ以上の大きさの稚貝を用いることが望まれる。また, 開放的な環境への放流は放流後の流出の可能性が高いため, 放流場の選定が重要と言える。

謝 辞

本研究は, 舞鶴市水産課との連携研究によって行われた。研究の推進において, 舞鶴市産業振興部水産課の木村裕氏に多大な協力をいただいた。採苗器や舞鶴湾のアサリ資源の情報は, 京都府農林水産技術センター海洋センターの谷本尚史氏にご教授いただいた。また, 京都府漁業共同組合の長谷正和氏には, 近年のアサリ漁況についての情報をいただいた。この場を借りて深い謝意を表する。

文 献

- 1) 平成 26 年漁業-養殖業生産統計. 農林水産省, 東京. 2015.
- 2) 張 成年, 山本敏博, 渡辺一俊, 藤浪祐一郎, 兼松正衛, 長谷川夏樹, 岡村 寛, 水田浩治, 宮脇 大, 秦安史, 櫻井 泉, 生嶋 登, 北田修一, 谷本尚史, 羽生和弘, 小林 豊, 鳥羽光晴. アサリの非対称殻模様出現頻度における地域差. 日本水産学会誌 2013; **79**: 190-197.
- 3) 松川康夫, 張 成年, 片山知史, 神尾光一郎. 我が国のアサリ漁獲量激減の要因について. 日本水産学会誌 2008; **74**: 137-143.
- 4) 山口啓子, 門脇義雄, 浜口昌巳, 藤森恒至, 立見博俊. 中海・本庄工区におけるアサリの成長と生残に及ぼす潮通しの効果. 水産工学 2000; **37**: 45-54.
- 5) 山口啓子, 内田晶子. 中海中心水域におけるアサリの生残試験と浅場の評価. 水産工学 2005; **42**: 39-48.
- 6) 辻 秀二, 宗清正廣, 井谷匡志, 道家章生. 舞鶴湾のアサリ稚貝の沈着, 成長, 減耗. 水産増殖 1996; **44**: 25-30.
- 7) 京都府立海洋センター. アサリの減耗要因と対策—アサリの資源管理と有効利用を目指して—. 季報 97 号, 宮津. 2009.

- 8) 辻 秀二, 宗清正廣, 井谷匡志, 道家章生. 舞鶴湾のアサリの生殖周期. 京都府立海洋センター研究報告 1994; **17**: 1-9.
- 9) 辻 秀二, 宗清正廣. 舞鶴湾におけるアサリの分布の特徴. 水産増殖 1996; **44**: 133-139.
- 10) 辻 秀二, 宗清正廣. 舞鶴湾におけるアサリの食害と成貝の分布に与える影響. 栽培技研 1997; **26**: 25-28.
- 11) 京都府立海洋センター. アサリの資源管理—アサリの生活と資源の変化—. 季報 56 号, 宮津. 1997.
- 12) 京都府立海洋センター. アサリの資源管理—アサリの資源管理手法—. 季報 59 号, 宮津. 1997.
- 13) 谷本尚史, 中西雅幸, 久田哲二, 尾崎 仁, 藤原正夢. 阿蘇海における垂下飼育によるアサリの成長, 生残, 肥満度. 京都府立農林水産技術センター海洋センター研究報告 2011; **33**: 17-24.
- 14) 柿野 純. アサリの減耗に及ぼす物理化学的環境の影響に関する研究. 水産工学 2006; **43**: 117-130.
- 15) 柿野 純. 丸型指数を指標とした籠試験によるアサリの成長と生残の特性. 日本水産学会誌 1996; **62**: 376-383.
- 16) 柿野 純. アサリの生息と物理環境. 日本ベントス学会誌 2002; **57**: 158-167.
- 17) 柴田輝和, 柿野 純, 村上亜希子. 冬季の漁場における砂の流動に対するアサリの定位性ならび餌料量・運動量とアサリの活力との関係. 水産工学 1997; **33**: 231-235.
- 18) 柿野 純, 古畑和哉, 長谷川健一. 東京湾盤州干潟における冬季のアサリのへい死要因について. 水産工学 1995; **32**: 23-32.
- 19) 慶 英生, 杉山清泉, 西沢 正, 鈴木輝明. 冬季波浪時におけるアサリの潜砂行動とエネルギー消費過程に関する実験的研究. 水産工学 2005; **42**: 1-7.
- 20) 斎藤 肇. 富栄養海域における汚染指標二枚貝のシズクガイの個体群動態に関する研究. 水産総合研究センター研究報告 2006; **16**: 29-95.
- 21) Masuda R. Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan. *Env. Biol. Fishes* **82**: 387-399.
- 22) 重田利拓, 薄 浩則. 魚類によるアサリ食害—野外標本に基づく食害魚種リスト—. 水産技術 2012; **5**: 1-19.
- 23) 木村 博. かに類によるアサリの捕食. 山口県水産研究センター研究報告 2005; **3**: 97-103.
- 24) 井上太郎, 葭矢 護, 井谷匡志, 道家章生, 辻 秀二. 舞鶴湾における肉食性生物の分布. 京都府立海洋センター研究報告 1998; **20**: 69-74.
- 25) Munroe D, Kraeuter J, Beal B, Chew K, Luckenbach M, Peterson CP. Clam predator protection is effective and necessary for food production. *Marine Pollution Bulletin* 2015; **100**: 47-52.
- 26) 藤原正夢, 辻 秀二, 田中雅幸, 今西裕一, 中西雅幸. 垂下コンテナ飼育におけるアサリの成長. 京都府立海洋センター研究報告 2008; **30**: 49-53.
- 27) 五嶋聖治, 井出名誉, 藤芳義裕, 野田隆史, 中尾 繁. サロマ湖における移植アサリの生殖周期と殻成長. 日本水産学会誌 1996; **62**: 195-200.
- 28) 長本 篤, 上妻智行, 中川 清, 佐藤利幸, 江崎恭志. 吉富地先における秋季のアサリ放流適地の選定. 福岡県水産技術海洋技術センター研究報告 2004; **14**: 113-118.