

平成20年度  
霧多布湿原学術研究助成報告書

# 火散布沼に広がるアサリ漁場 の有効利用法の検討

平成21年 3月

北海道大学大学院環境科学院  
小森田 智 大

平成 20 年度 霧多布湿原学術研究助成

報告日 2009 年 3 月 26 日

|               |  |      |  |           |
|---------------|--|------|--|-----------|
| (Name)<br>氏 名 | Komorita Tomohiro<br>小森田 智大  |      | 性別   | 1. 男 2. 女 |
| 国 籍           | 日本   | 生年月日 | 1981 年 10 月 28 日 生 (2009 年 4 月 1 日現在 27 歳) |           |
| 連絡先           | 060-0810 札幌市北区北 10 条西 5 丁目地球環境科学院内 A707-2<br>TEL 011-706-2322 e-mail: <a href="mailto:ktomohir@ees.hokudai.ac.jp">ktomohir@ees.hokudai.ac.jp</a> |      |  |           |
| 研究課題          | 火散布沼に広がるアサリ漁場の有効利用法の検討   |      |  |           |

# 火散布沼に広がるアサリ漁場の有効利用法の検討

北海道大学大学院環境科学院 小森田 智大

## はじめに

アサリ (*Ruditapes philippinarum* Adams & Reeve 1850) は北海道沿岸から九州にかけての日本沿岸および中国、朝鮮半島、ロシアを含めた北アジアの国に天然の生息域を有する二枚貝類である。本種は、カキの輸出に伴う偶発的または産業的な移入のため、現在ではその生息域を北アメリカおよびヨーロッパ各国にまで広げている(例: アイルランド、イタリア、フランス、カナダ、アメリカなど)。アサリは、砂質干潟にしばしば高密度な個体群を形成することから、有用な海産資源として活用されている。日本全国におけるアサリの漁獲量は、2007年には約36,000トンにまで低迷したことから、国内の需要を支えることができず、アジア各国からの輸入に頼っているのが現状である。

これまで、筆者は日本におけるアサリの生息域の北限に位置する、北海道東部に位置する火散布沼に生息するアサリの個体群動態に関する調査を行ってきた。本研究域は、冬季には厳しい低温条件に晒されるために、しばしば海水面が結氷する。しかしながら、これまでの研究結果によると、本研究域に生息するアサリ個体群は通年安定していることがわかっている(密度: 約 8,000 個体/m<sup>2</sup>, 生物量: 約 10 kg 湿重/m<sup>2</sup>, Komorita et al. 2006)。このことから、少なくともアサリが冬季の厳しい温度条件のために大量に死亡している現象は生じていないことが分かる。

本研究フィールドにおいて、どのようにしてアサリ個体群が厳しい冬季の気候条件を耐え抜き、個体群を維持しているのかを理解するためには、浮遊幼生期間の後に続く、着定期(干潟堆積物表層に着底した直後の期間)における、生残および死亡過程に着目する必要がある。一般に、海産無脊椎動物にとって着底期とは、体サイズも小さく、死亡率が高い、生理的に脆弱な時期である(Gosselin & Qian 1997)。本研究域におけるアサリの産卵期が秋であることから(Yamamoto & Iwata 1956, Goshima et al. 1996)、本研究域では、その脆弱な着底期に厳しい低温条件に晒されることになる。アサリの成員がその低温条件に耐えることが可能であっても、着底期は生理的に脆弱なために高い死亡率であることは想像に難くない。

そこで本研究では、2006年8月から2007年10月にかけて、環境要因とアサリの個体群動態についての調査を北海道東部に位置する火散布沼において実施した。本研究では、堆積物表層の温度と2006年に着底した、着底稚貝の生残および成長過程について報告し、亜寒帯の厳しい気候条件が着底稚貝の生残および成長にどのような影響を与え、それが個体群の形成に対してどのような役割を担っているのかを考察する。

## 材料と方法

### 調査地点

本研究で調査対象とした火散布沼は北海道東部に位置し(44°03' N, 145°03' E, 図1)、太平洋に面するため道東沿岸流の影響を受ける面積約3.56 km<sup>2</sup>の汽水湖である。地形的な特徴としては水深が非常に浅く(平均水深1 m, 最大水深2 m)、南東端に位置する長さ1.5 kmの水路を通して太平洋とつながっている点が挙げられる。道東沿岸流の影響を強く受けることから、火散布沼では太平洋の潮位変動に起因する潮汐の振幅が確認されており、大潮干潮時には沼面積のおよそ5.3%に相当する約0.19 km<sup>2</sup>の干潟が干出する。干潟の面積の約3割を湾口部に集中する天然の干潟が占め、残りのおよそ7割は1987～2001年にかけて造成された人工干潟によって占められる。これら干潟域ではアサリ漁が営まれており、1998～2004年にかけて(2002年および2003年除く)30～92トンのアサリが漁獲されている(散布漁業共同組合, 2004)。また、冬季には厳しい気候に晒されるため、しばしば海水面の結氷が起こる場所である。本研究では、火散布沼の干潟域に調査定点を10地点設置した(Stn 1 to Stn

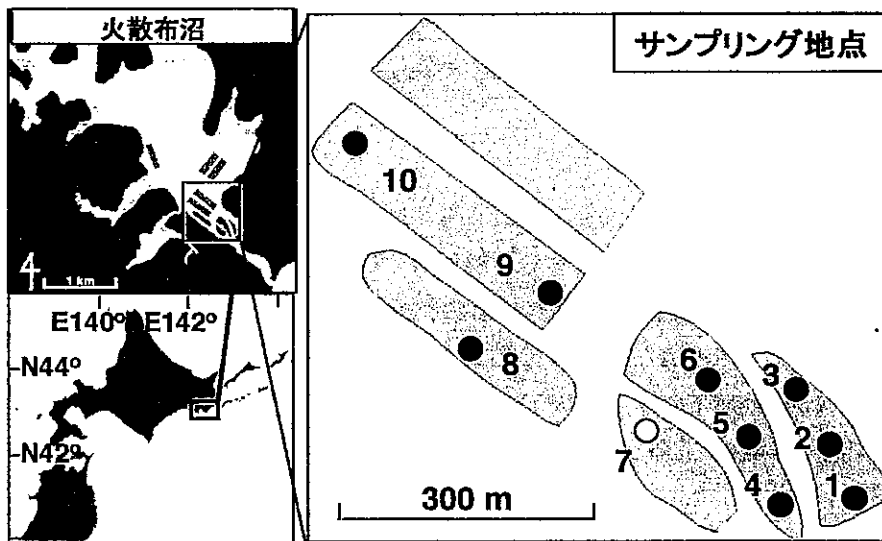


図1. 調査地点。

10) (図1).

### 採取方法

2006年4月から2007年8月にかけて、全調査地点において、1ヶ月または2ヶ月間隔で野外調査を実施した。Stn 7では温度データロガー (Thermochron G type, KN laboratories Inc.) を堆積物表層 (深さ5 cm) に設置し、2006年4月から1時間毎の温度を記録した (最小精度 0.5°C)。

それぞれの調査地点において、アサリ着底稚貝用サンプルは、円形コアサンプラー (直径2.9 cm) を用いて堆積物表層 (0-2 cm) を押し出して切り、定点の半径1 m以内でランダムに5サンプル採取した。アサリ成貝採取用のサンプルは、ステンレス製の方形枠 (10 × 10 cm, 深さ10 cm) を用いて1回採取し、1 mm 目合いのふるいを用いてふるい、各地点において5回採取した。ふるい上の残渣はビニール袋に入れて持ち帰り、ローズベンガルを添加した10%ホルマリンで固定した。得られた標本に対してキャリパーを用いて殻長を計測した。ただし、殻長約3 mm以下の個体については、顕微鏡に接続したパーソナルコンピュータの画面上に標本の実像を映し出し、画像解析ソフト (NIH Image Ver. 1.55) を用いて殻長を測定した。

### 結果

#### 堆積物温度

堆積物表層の日平均温度の季節変化を図2に示す。最高日平均温度は、2006年8月26日に観測された  $19.7^{\circ}\text{C} \pm 2.2^{\circ}\text{C}$  (S.D.) であった。その後、2006年11月10日以降に  $10^{\circ}\text{C}$  以下、12月2日以降に  $5^{\circ}\text{C}$  以下になり、2007年1月には  $0^{\circ}\text{C}$  を下回り、最低日平均温度は2007年1月27日の  $-1.8^{\circ}\text{C} \pm 1.3^{\circ}\text{C}$  (標準偏差) であった。堆積物温度は冬季 (12月から4月) にかけて  $-9.5^{\circ}\text{C}$  から  $8^{\circ}\text{C}$  の範囲を変動した。2007年4月以降、8月にかけて温度は上昇し、2007年8月26日には最高温度 ( $18.9^{\circ}\text{C} \pm 2.7^{\circ}\text{C}$  (標準偏差)) に達した。機械の故障のため、2007年4月22日から6月27日および8月27日から10月13日までの期間は温度の記録ができなかった。

#### 密度および殻長の季節変化

代表点である Stn 7 におけるアサリの密度の季節変化を図3に示した。アサリの平均密度は2006年8月8日の  $6,460 \pm 4,020$  (標準偏差) 個体/m<sup>2</sup> から2007年6月13日の  $3,200 \pm 560$  (標準偏差) 個体/m<sup>2</sup> にかけて減少した。

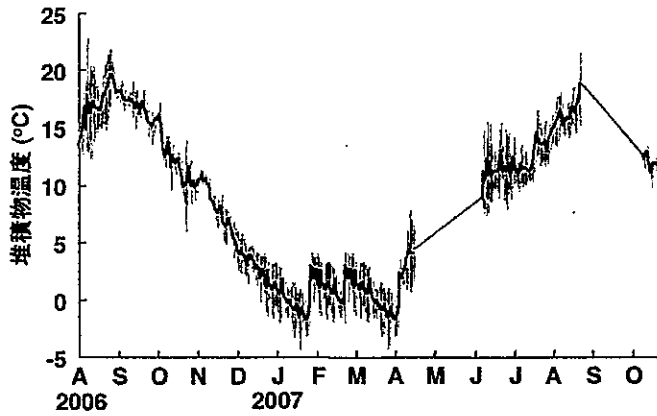


図2. 堆積物表層温度の季節変化。

その後、平均密度は2007年8月17日 ( $4,480 \pm 800$  (標準偏差) 個体/m<sup>2</sup>) および10月16日 ( $5,860 \pm 1,730$  (標準偏差) 個体/m<sup>2</sup>) に向けて増加した。同地点における殻長頻度分布図によると(図4)、殻長約10 mm以下の稚貝の新規加入が2007年6月以降始まったことが示された。本研究域のアサリの産卵期が秋期(Yamamoto & Iwata 1956, Goshima et al. 1996)であることから、このコホートは2006年の秋に着底した個体であると推定され、目合い1.0 mmのふるい上(殻長1.5 mm以上)に残るサイズに達した時期が2007年6月であり、2007年8月以降の密度の増加はこの影響が反映された結果となった。

### 着底期における死亡率と成長

2006年10月に着底した、着底稚貝の平均密度および殻長の季節変化をFig. 図5(a)示した。着底期は少なくとも2006年8月以降に始まり、着底稚貝の密度は2006年10月24日に64,500 個体/m<sup>2</sup>の最高値に達し、2007年4月20日には5,500 個体/m<sup>2</sup>にまで減少した。2007年6月13日には、サンプリングエラーのために最低値(200 個体/m<sup>2</sup>)に至ったが、8月16日および10月16日にはそれぞれ1,350 個体/m<sup>2</sup>ならびに1,200 個体/m<sup>2</sup>であった。着底稚貝の季節変動パターンは、高い死亡率を記録した初期の約8ヶ月間(着底期: 2006年10月から2007年6月)と密度が安定期に入った期間(安定期: 2007年6月から10月)に分かれた。

本研究では、着底期終了時の密度を(1)着底期および(2)安定期における日数と密度に関する以下の回帰曲線の交点より算出した。

(1)  $M1 = 71,661e^{-0.0139 \times D}$ ,  $r^2 = 0.974$ , M1 = 平均密度, D = 2006年10月24日からの日数

(2)  $M2 = 2,753e^{-0.0023 \times D}$ , M2 = 平均密度

この2直線の交点は、2007年8月1日となり、着底期終了時における密度は1,443 個体/m<sup>2</sup>と算出された。2007年6月13日から8月16日にかけての成長速度より、8月1日(着底期終了時)における殻長は3.0 mmと

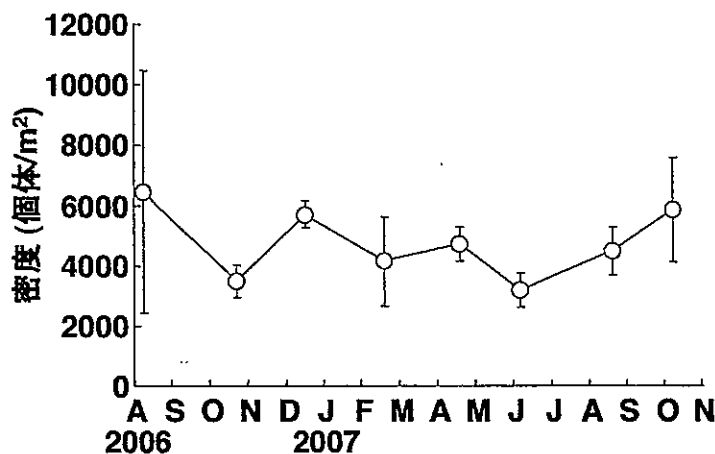


図3. Stn. 7におけるアサリ成員の平均密度。

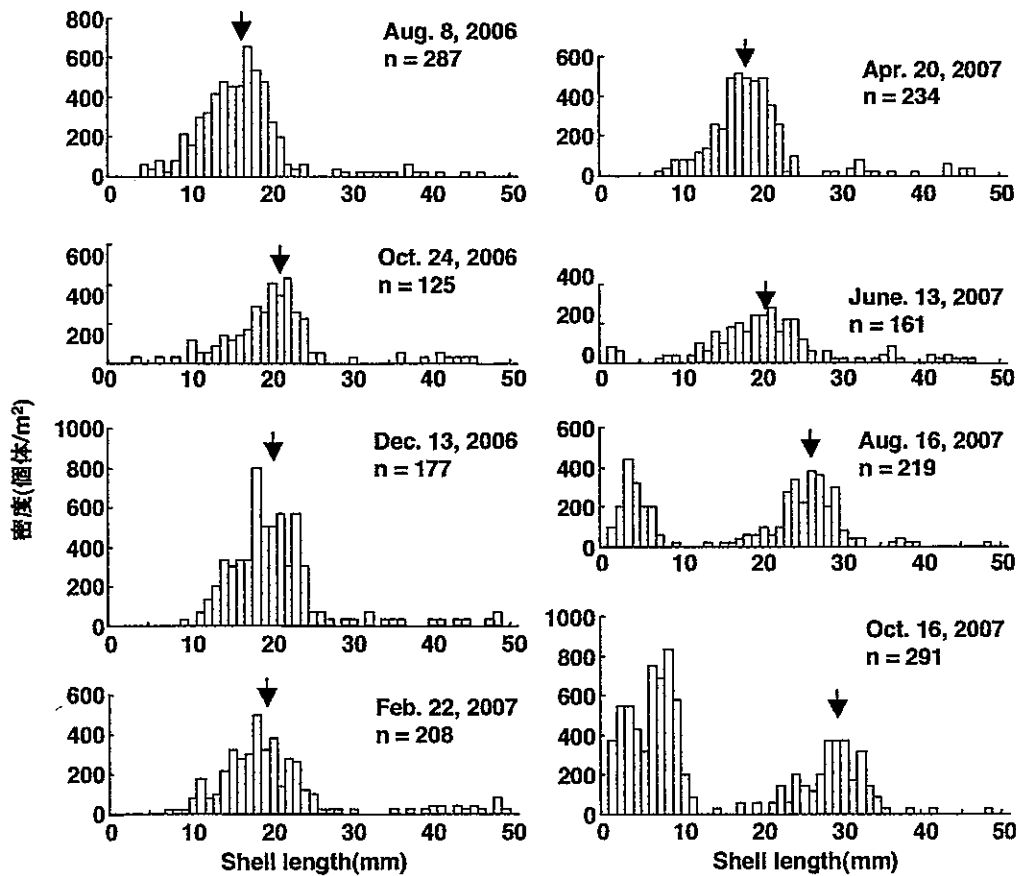


図4. Stn. 7におけるアサリ成貝の殻長頻度分布図。図中の矢印は、同一コホートの最頻値を示す。

なった(殻長 =  $0.0234 \cdot D - 3.540$ )。この結果より、着底期間は251日間となり、平均密度が64,500 個体/m<sup>2</sup>から1,443 個体/m<sup>2</sup>に減少したことから、その死亡率は97.8%(1.34% d<sup>-1</sup>)と推定された。(日平均死亡率(M)は以下の式を元に算出した。M =  $100 \cdot \{1 - \text{Den}(r) / \text{Den}(p) \} / [D(r) - D(p)]$ ; M: 日平均死亡率(% d<sup>-1</sup>) Den(r) および Den(p): 着底時および着底期終了時における密度(個体/m<sup>2</sup>)。D(r) および D(p): 着底時および着底期終了時における日付)。これに対して、安定期は106日間とその密度が1,603 inds. m<sup>-2</sup>から1200 inds. m<sup>-2</sup>と緩やかな減少であったことから、この期間の死亡率は19.0%(0.273% d<sup>-1</sup>)となり、着底期に比べて5倍以上低かった。

アサリ個体群の殻長頻度分布図より、平均殻長が約18 mm程度(2006年8月)のコホートが形成されていることが示された(図4矢印参照)。2006年秋期に着底したコホートの成長をもとに(図5a)、このコホートは2004年着底群(2-yr)であると判断された。この殻長頻度分布図に対して、世代解析を行い(Tsutsumi & Tanaka 1994)、2004年秋に着底したコホートの平均殻長および密度の時系列変化を推定した(図5b)。このコホートのモードは2006年8月8日には15.8 mmであり、14ヶ月後の2007年8月27日には27.7 mmに達した。この期間は、384日間となり、このコホートの密度は5,240 個体/m<sup>2</sup>から2,720 個体/m<sup>2</sup>へと減少した(図5b)。着底稚貝と同様の方法で、死亡率を算出した結果、その死亡率は48.1%(0.17% d<sup>-1</sup>)となり、日平均死亡率に関しては安定期のもの(0.24% d<sup>-1</sup>)と近い値であった(図5a)。

#### 考察

温度は環境要因の中でもアサリの生物活性に影響を与える重要な要因の一つである。Mann (1979)は、アサリの性成熟が水温12°C以下では進行しないことを室内実験により示している。また、Toba & Miyama (1995)は性成熟に達するまでの時間が、水温が10~21°Cの範囲内では水温に依存することを示し、その回帰直線のX切片から水温5°C以下では性成熟が達成できないことを示している。

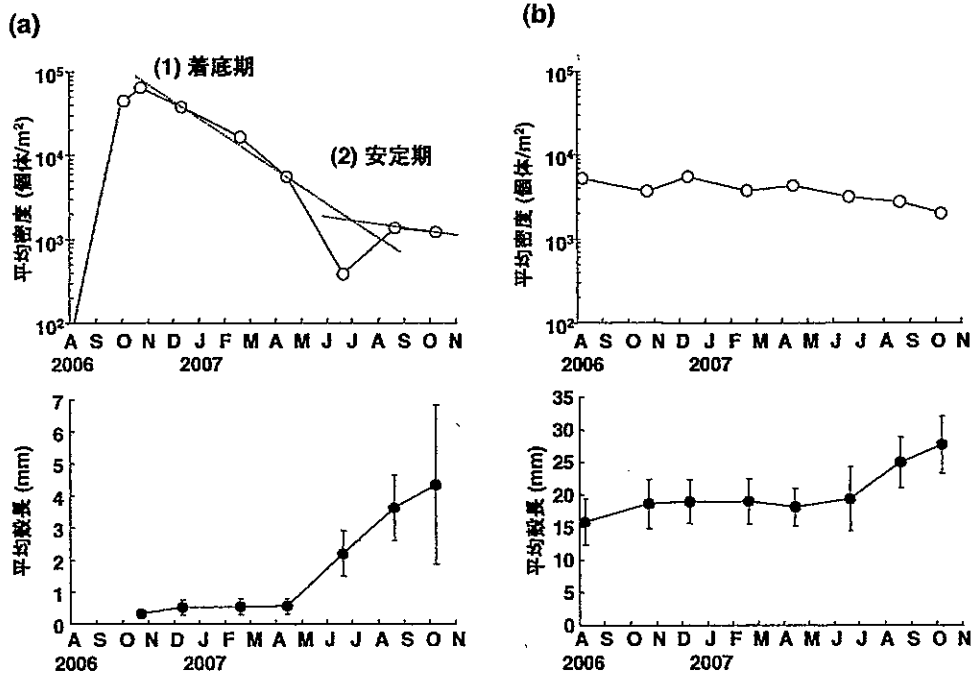


図5. (a: 上) 着底稚貝の平均密度および(下)平均殻長、(b: 上) 2004年加入コホートの平均密度および(下)平均殻長の季節変化。

このような水温条件による性成熟の遅れは産卵期間および産卵回数を制限する。有明海(九州)に生息する個体群に関しては、年間の水温は $12^{\circ}\text{C}$ から $28^{\circ}\text{C}$ で変動し、4月から11月の間に稚貝の着底が3回起こることが確認されている(Tsutsumi et al. 2002)。同様に東京湾においては(水温 $8\sim 28^{\circ}\text{C}$ )、主要な産卵期が5月から11月の間に2回起こることが報告されている(Toba et al. 2007)。本研究では、浮遊幼生の出現および干潟への着底が9月から11月の間に年1回起こることが示された(図5)。Mann (1979) が示した性成熟可能温度である $12^{\circ}\text{C}$ 以上の期間が、本研究域では6月から10月の期間に限られているため(図2)、本研究域においては、年1回の産卵となっていると考えられる。これらの結果として、着底後の稚貝は、冬季の厳しい温度条件に晒されることになる。

本研究では、着底直後の稚貝の成長および死亡率に加えて堆積物表層の温度条件に関する調査を行った。本研究域における著しい低温条件が稚貝の生残に与える影響を推定するために、より温暖な地域である有明海に面する菊池川河口干潟において得られたTsukuda (2008) との比較を表1に示す。菊池川河口干潟における個体群については、2004年の秋季に着底したコホートの結果が利用可能であり(Tsukuda 2008)、その着底期を2004年12月1日から2005年5月26日までの176日間とした。この期間においては、2004年12月1日には最大密度である $778,319\text{ inds. m}^{-2}$  (平均殻長 $0.3\text{ mm}$ )に達した。冬季には比較的成長が遅く(平均殻長 $0.4\text{ mm}$ : 2005年3月25日)、4月以降に急速な成長が確認され、2005年5月19日には平均殻長が $1.9\text{ mm}$ に達した。この期間における利用可能な温度データは得られなかったが、翌年にあたる2005年8月から2006年6月にかけて、本研究と同様の温度計を用いて30分間隔で測定された堆積物表層の温度データが利用可能であった。そこで、同時期における温度データを本研究域のものと比較する。菊池川河口干潟において着底稚貝にとっての最初の冬(2005年12月から2006年3月)の堆積物表層温度の日平均値は、 $5.7^{\circ}\text{C}$ から $20.9^{\circ}\text{C}$ の範囲内であり、本研究域の値よりも約 $6^{\circ}\text{C}$ 以上高いことが示された(表1)。

菊池川河口干潟において推定された着底期における死亡率は $1.62\% \text{ d}^{-1}$ であり、本研究域の初期死亡である $1.34\% \text{ d}^{-1}$ と比べると高い値であった(表1)。同様に、Tsukuda (2008) のデータをもとに、菊池川河口干潟における安定期における死亡率を算出した結果、2002年5月から2003年5月(殻長: $3.6\text{ mm}$ から $17.2\text{ mm}$ )にかけての360日間においては $0.49\% \text{ d}^{-1}$ であった。その後の1年間(2003年5月から2004年5月: 368日間、平均殻長: $17.2\text{ mm}$ から $24.0\text{ mm}$ )における死亡率は $0.44\% \text{ d}^{-1}$ であった(Table 3-1)。これらの結果から、殻長 $3.6\text{ mm}$ 以

表 1. 着底期および安定期とそれ以降の期間におけるアサリの死亡率の比較。

| 調査期間                   | 日数  | 発達段階    | 殻長 (mm)     | 密度 (個体/m <sup>2</sup> ) | 死亡率 (%) | 日平均死亡率 (% d <sup>-1</sup> ) | 日平均堆積物温度 (°C) |
|------------------------|-----|---------|-------------|-------------------------|---------|-----------------------------|---------------|
| 火散布沼(北海道)              |     |         |             |                         |         |                             |               |
| Oct. 24.06 – Aug. 1.07 | 281 | 着底期—安定期 | 0.3 ~ 3.0   | 64,500 ~ 1,443          | 97.8    | 1.34                        | -1.8 to 14.5  |
| Aug. 1.07 - Oct. 16.07 | 76  | 安定期     | 3.0 ~ 3.5   | 1,443 ~ 1,200           | 19.0    | 0.24                        | 12.9 to 18.9  |
| Aug. 8.06 – Aug. 27.07 | 384 | 安定期—成貝  | 15.8 ~ 27.7 | 5,240 to 2,720          | 48.1    | 0.17                        | -1.8 to 18.9  |
| 菊池川河口干潟(九州)            |     |         |             |                         |         |                             |               |
| Dec. 1.04 – May 26.05  | 176 | 着底期—安定期 | 0.3 ~ 1.9   | 778,319 ~ 43,931        | 94.4    | 1.62                        | 5.7 to 20.9   |
| May 25.02 - May 20.03  | 360 | 安定期     | 3.6 ~ 17.2  | 52,648 ~ 9,118          | 82.7    | 0.49                        |               |
| May 20.03 - May 22.04  | 368 | 安定期     | 17.2 ~ 24.0 | 9,118 ~ 1,807           | 80.2    | 0.44                        |               |

上のコホートに関する死亡率は、同干潟の着底期の約 3 分の 1 であった。また、本研究域における安定期の死亡率は、菊池川河口干潟の約半分であった。温度と死亡率の関係については、より多くの研究が必要であるが、本研究では、少なくとも亜寒帯における冬季の著しい低温条件が、着底直後の稚貝に対して負の影響を与えない可能性を示した。

以上のように、火散布沼におけるアサリの新規加入個体の死亡率が決して低くないことが示された。これまでの研究で、火散布沼においては、(1) 新規加入密度が人工干潟と天然干潟間で大きく異なる傾向があり、(2) 各干潟における死亡率は場所ごとに差が無いことが分かっている。これらの事実を踏まえると、火散布沼におけるアサリ漁場の有効利用法としては、(1) 比較的高密度でアサリ稚貝が着底する天然干潟(沼口部付近)をアサリ稚貝の種場として活用し、(2) 着底が終了する秋(11月頃)に比較的高密度が低い人工干潟(沼中央部)および潮下帯を生育場として活用することが重要であると考えられる。

#### 引用文献

- Goshima S, Ide N, Fujiyoshi Y, Noda T, Nakao S (1996) Reproductive cycle and shell growth of transplanted Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Saroma Lagoon. *Nippon Suisan Gakkaishi* 62: 195-200. (in Japanese with English abstract)
- Gosselin LA, Qian P-Y (1997) Juvenile mortality in benthic marine invertebrates. *Mar Ecol Prog Ser* 146: 265-282.
- Komorita T, Tsutsumi H, Inaba Y, Kajihara R, Shibamura S, Yamada T, Montani S (2006) The characteristics of productivity on a subarctic shallow water (Hichirippu Lagoon, Hokkaido): Studies on the seasonal fluctuations of environmental factors and macro-benthic community. In: *Chemical Pollution and Environmental Changes* (eds Tanabe S, Takeoka H, Isobe T, Nishibe Y). Universal Academy Press, Inc., Tokyo, pp. 397-400.
- Mann R (1979) The effect of temperature on growth, physiology, and gametogenesis in the Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *J Exp Mar Biol Ecol* 38: 121-133.
- Toba M, Miyama Y (1995) Influence of temperature on the sexual maturation in Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *SUISANZOSHOKU* 43: 305-314.
- Toba M, Yamakawa H, Kobayashi Y, Sugiura Y, Honma K, Yamada H (2007) Observations on the maintenance mechanisms of metapopulations, with special reference to the early reproductive process of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) in Tokyo Bay. *J Shellfish Res* 26: 121-130.
- Tsukuda M (2008) Mechanism of population persistence of short-neck clam (*Ruditapes philippinarum*) on the sandy tidal flats in the eastern coast of Ariake Bay (Ariake Kai Tougan no Sashitsu Higata ni okeru Asari no Kotaigun Ijirikou). PhD Thesis, Graduate School of Prefectural University of Kumamoto, 108 pp. (in Japanese)



- Tsutsumi H, Ishizawa K, Tomishige M, Moriyama M, Sakamoto K, Montani S (2002) Population dynamics of a clam, *Ruditapes philippinarum*, on an artificially-created sand cover on the tidal flats at the river mouth of Midorikawa River. *Jpn J Benthol* 57: 177-187. (in Japanese with English abstract)
- Tsutsumi H, Tanaka M (1994) Cohort analysis of size frequency distribution with computer programs based on a graphic method and simplex's method. *Benthos Res* 46: 1-10. (in Japanese with English abstract)
- Yamamoto K, Iwata F (1956) Studies on the bivalve, *Venerupis japonica*, in Akkeshi Lake II. Growth rate and biological minimum size. *Bull Hokkaido Reg Fish Res Lab* 14: 57-63. (in Japanese with English abstract)