総説

我が国のアサリ漁獲量激減の要因について

松川 康夫,^{1a*} 張 成年,¹ 片山 知史,¹ 神尾光一郎²

(2007 年 6 月 28 日受付, 2007 年 12 月 11 日受理)

¹海水産総合研究センター中央水産研究所, ²㈱東京久栄Factors responsible for the drastic catch decline of the
Manila clam *Ruditapes philippinarum* in JapanYASUO MATSUKAWA,^{1a*} NARITOSHI CHO,¹
SATOSHI KATAYAMA¹ AND KOICHIRO KAMIO²¹National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, Yokosuka, Kanagawa 238–0316,²Tokyo Kyuei Co., Ltd., Chuo, Tokyo 103–0027, Japan

The annual catch of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Japan increased from 100 thousand tonnes in 1960 to 140 thousand tonnes in 1982. This increase occurred despite a local decrease in coastal fishing grounds due to land reclamation and helped to balance overall production. Since 1984, however, the catch has decreased drastically to only 50 thousand tonnes and has remained at this low level. The authors reviewed published reports relevant to the ecology and resources of Manila clam and concluded that the main factor responsible for the drastic decrease in catch is over-fishing. Over-exploitation of the adults and sub-adults significantly affected and damaged reproduction and source-sink relationships among localities. Disturbance of the clam habitat throughout the year by heavy fishing gear may also be responsible for lowering the survival rate of the juveniles.

キーワード：アサリ, 過剰漁獲, 過剰操業, 漁獲量変動要因

わが国のアサリ *Ruditapes philippinarum* 総漁獲量は、年々の変動はありつつも、傾向としては、1960 年代の 10 万トンから 1980 年代の 14 万トンまで漸増した後、1984 年から減少に転じて、1994 年には 5 万トンにまで激減した。¹⁻⁴⁾ 昨今、国内生産と同じ 5 万トンを輸入するようになっている。こうした中で、「今、アサリが危ない」というシンポジウムも開催された。⁵⁾ 1984 年から 1994 年までの 10 年間にアサリ漁獲量が 9 万トンも減少した要因として、5 万トンも減少した有明海では、乱獲、⁶⁾ 底質悪化、^{7,8)} 浮遊幼生の大量減耗、⁹⁾ ナルトビエイ *Aetobatus flagellum* の食害、¹⁰⁾ ニホンスナモグリ *Callinassa japonica* の競争圧¹¹⁾ などの可能性、また、三河湾については、温暖化と青潮、乱獲の可能性、²⁾ 東京湾については冬季の衰弱と波浪の攪乱による死亡の可能性、^{12,13)} また、全国的にはパーキンサス原虫の感染に

よる産卵能力の低下の可能性¹⁴⁾ が、それぞれ指摘されている。本稿ではアサリ漁獲量激減の要因について蓋然性のある仮説とそれに対する対策を提出することを目的として、アサリの生態と資源に関する既往の報告を総覧する。

産地ごとのアサリ漁獲量の動向

1960 年から 1995 年までの全国および主な産地ごとのアサリ漁獲量については佐々木¹⁻⁴⁾ が図示し、それらの変動要因についても考察を加えている。以下は、佐々木¹⁻⁴⁾ および東京湾における採貝漁業の統計資料をまとめた報告書⁵⁾ を基に、産地ごとの漁獲量の変化を整理した。

東京湾：1970 年までは全国で 10 万トンないし 12 万トンのアサリ漁獲量があり、このうち東京湾が 6 万ト

* Tel : 81-45-351-5641. Fax : 81-45-351-5641. Email : matsuyan@k4.dion.ne.jp

^a 現住所：〒241-0833 神奈川県横浜市旭区南本宿町 77-47

ン前後を占めていることから、東京湾は全国のはほぼ半分の漁獲量をあげる最大のアサリ漁場であったことがわかる。内訳は平均的に、千葉県が5万トン、東京都と神奈川県で1万トンであったが、1965年に開始された東京都（羽田州）と神奈川県（富岡・金沢）の埋め立てによって1万トンが失われ、¹⁾ 東京湾では殆ど千葉県の漁獲量のみとなった。千葉県の漁獲量は1960年代半ばに約1万トン増加し、6万トン前後を維持していたが、三番瀬、盤洲、富津の3地区を除いた広大な漁場の埋め立てによって1971年から減り始め、1981年以降は1万トン台となって、今日に至っている。

有明海：漁獲量の殆どは熊本県が占め、福岡県がこれに次ぐ。1970年までは有明海全体ではほぼ2万トンであったが、それ以降は東京湾における漁獲量の減少と相反して漁獲量が伸び、1975年以降は6万トンないし8万トンに達し、東京湾の減少分（5万トン）をほぼ完全に補うまでになった。しかし、熊本県は1978年から、福岡県も1984年から漁獲量が急減し、1990年以降は1万トンを下回るまでになった。

伊勢・三河湾：両湾とも年々の変動が激しいのが特徴であるが、傾向としては1960年代当初の1万4千トンから1990年代当初の2万2千トンへ漸増している。このうち愛知県は、1960年から現在まで1万トン強の水準を保っているが、6千トンから2万3千トンの間を大きく増減している。この中で、1969年までは東三河（豊川河口を中心とした渥美湾奥部）が1万トンで圧倒的部分を占めていたが、埋め立てによって1971年以降は2千トン前後に減った。この8千トンの減少を補う形で、西三河（渥美湾奥部から湾口部と知多湾）とその他（伊勢湾）がそれぞれ1千トンから5千トンへ4千トンずつ（合計8千トン）増やし、現在に至っている。三重県（伊勢湾）も愛知県と同じく年々の変動が激しいが、傾向としては1960年前半の4千トンから1980年代以降の1万トンに漸増した。

瀬戸内海：1960年の1万トンから1985年の4万トンまで漸増したが、1987年から急減し、1991年以降には5千トン前後となった。この瀬戸内海での変動はその一角を占める豊前海での変動を反映している。豊前海では1970年まで5千トンに満たなかったが、それ以降に漸増し、1985年には3万トンを越えた。しかし、それ以降は急減し、1991年以降は2千トン前後に落ち込んでいる。豊前海以外の瀬戸内海では、1970年頃まで1万トンを越えていたが、恐らく各地の埋め立てによって漸減し、1990年以降は3千トン前後となっている。

浜名湖：トレンドとしては1960年代の1千トンないし2千トンから1980年代の5千トンへ漸増したが、90年代になって3千トンに減少している。

1984年以前の漁獲量変動の要因

まず、1984年以前、すなわち、全国の総漁獲量が順調に伸びた時期の漁獲量変動要因について考察する。

漁場の埋め立て：上述したように、この時期における最大の漁獲量減少の要因であり、東京湾における6万トン減（東京・神奈川の1万トン減と千葉の5万トン減）、¹⁾ 三河湾における8千トン減、瀬戸内海における恐らく1万トン減がこれに相当し、合計約8万トン減をもたらした。

漁獲努力：埋め立てによる8万トン減を補い、かつ1960年の10万トンから1980年代はじめの14万トンにいたる4万トン、合計12万トンの漸増を促した最大の漁獲量増大要因と考えられる。その事例として、採貝漁業の経営体数がほぼアサリに対する漁獲努力量とみなし得る東京湾と豊前海の漁獲量、^{15,16)} および経営体数¹⁷⁾の経年変化をFig. 1に示す。東京湾の千葉県富津市および木更津市では、1965年の湾奥部の埋め立てに伴う漁獲量の大幅な減少とはほぼ時を同じくして、約2千トンから1万トン程度に増加した。採貝を営んだ経営体数は、1958年の約百から1968年の約千へと10倍以上に増加しており、漁獲量の増加が漁獲努力の増加によるものと判断できる。大分県の豊前海区においては、前述の千葉県よりも7年ほど遅れて、1972年から漁獲量が大幅に増加した。経営体数は、1958年から1968年にかけて5倍以上、1968年から1978年にかけて2倍以上増加し、これに伴って漁獲量が増加したことがわかる。ここでは2つの水域の例のみを示したが、広範な埋め立ての後に残された漁場で、全国的な漁獲努力の増大が漁獲量を増加させたものと考えられる。

貧酸素と青潮：大規模な貧酸素と青潮が度々発生する東京湾の三番瀬や伊勢・三河湾は漁獲量の変動が大きく不安定なのに対し、青潮の影響を受けない熊本県や静岡県（漁場は浜名湖の開口部付近）¹⁸⁾は年変動が小さい。このように、貧酸素と青潮は、漁獲量の傾向的減少よりも不安定性をもたらす要因と考えられる。

1984年以降の漁獲量激減に及ぼす漁獲の影響

1984年以降のアサリ漁獲量激減の様相は、それ以前の変動の様相と異なる。しかし、以下に示すように、その要因は1984年以前と本質的には変わっていない。

過剰漁獲努力：アサリの全国漁獲量（つまり需要）は1960年には年間10万トンで、1970年代には12万トンに延びたが、開発のために水深5m以浅の干潟・浅場（殆どアサリ漁場）が埋め立てられ、東京湾で6万トン、三河湾で8千トン、瀬戸内海も1万トン、合計約8万トンが失われた。したがって、1970年代に残された漁場の漁獲量は4万トンであった。この残された漁場

Fig. 1 Annual catches of Manila clam and the number of private enterprises harvesting the clam in Futtsu and Kisarazu areas, Chiba prefecture (top) and in Buzen area, Oita prefecture (bottom) from 1958 to 2003.

で失われた8万トンが補われ、さらに需要の伸びに応じて漁獲努力を高め、1980年代には漁獲量が14万トンにも達した。つまり、1970年前後には4万トンの漁獲量しかなかった漁場で、1980年代には14万トンを漁獲し、3倍余りも漁獲を伸ばした。特に、主要産地である有明海は2万トンから8万トンへ4倍、豊前海は3千トンから2万7千トンへ9倍、西三河は1千トンから1万トンへ10倍となった。未利用漁場や未利用資源の開発が加わったにしても、驚くべき増加である。そして、いずれの産地もピークの直後に急減しているので、その要因は過剰漁獲努力と考えるのが自然であろう。なぜなら、一貫した需要増大と単価上昇¹⁾を背景とした自由なアサリ漁業においては、資源減少—漁獲減—単価上昇—漁獲努力増—資源減少の悪循環に陥り、資源を低位に押し留めるという原理が働くからである。

漁獲行為がアサリの生産に与える影響については、幾つかの説が報告されている。アサリは水中の植物プランクトンのみならず付着珪藻やデトリタスを摂食する

が、¹⁹⁻²¹⁾ アサリ漁業は干潟を掘り起こし、干潟底面の付着珪藻と底質に蓄積されたデトリタスと栄養塩を巻き上げ、アサリの餌となる水中の餌料の生産を増やす。したがって、漁業行為は資源を減らす一方で、海域のアサリ生産力を増加させる。²²⁾ しかし、底質に蓄積されたデトリタスと栄養塩を使い尽くした場合は、餌の生産力は底質からの回帰がなくなる分だけ減少する。加えて、干潟の掘り起こしによる泥分の巻き上げと透明度の減少は、餌の生産力を減少させる。²³⁾ また、漁業が継続的に行われた場合、大型貝から漁獲され始めるが、大型貝の分布量の減少に伴い、漁獲対象が小型貝に移る。個体成長速度と個体群の減耗速度との関係では小型貝の方が個体群としての生産力が高い。²⁴⁾ しかし、親貝となる大型貝が取り残されなければ、加入乱獲となり資源も減る。したがって、アサリの資源量と漁獲量は、漁獲努力とともに増大するが、限界を過ぎれば資源は崩壊する。

乱獲による親貝、浮遊幼生および着底稚貝の減少の事例を解説する。熊本県の緑川地区の1997～98年の調査

結果を見ると、発生群の殆どが小型の段階で、自然減耗に加え移植用（恐らく域内）の種苗として高い漁獲圧を受ける。それを免れて生き延びた個体も殻長 28 mm から漁獲され、10 月には殆どが漁獲されてしまい、親貝にまで育って再生産に寄与できるチャンスが減っていることが、成長・生残の調査結果^{7,8,25,26)}で示されている。また、熊本県では、1970～80 年代にはアサリは種苗として殻長 20 mm 前後で漁獲され、10 月には取り尽くされていたので、秋の再生産に殆ど寄与できなかった可能性があることも述べられている。²⁵⁾ さらに、当時の緑川地区では冬季も含めた周年操業となっており、⁶⁾ 親貝に対する漁獲圧の高さがうかがわれる。東京湾の千葉県盤洲干潟でも、秋に発生した天然稚貝は翌年 10 mm 以上になるとほぼ消滅し、主に産卵するのは移植された種苗（1991 年以前は殻長 20 mm 前後、それ以降は 25～30 mm）であるが、これも秋までには 9 割以上が漁獲される。²⁷⁾ また、盤洲干潟と三番瀬では殻長 10 mm 以下の天然稚貝の分布密度が経年的に一貫して減少している。²⁸⁾ したがって、有明海でも東京湾でも、そして恐らく瀬戸内海においても、親貝と浮遊幼生、着底稚貝の減少が進行したと推察される。

操業による海底の攪乱による稚貝の減耗：東京湾の千葉県盤洲干潟における 1996 年から 1999 年までの調査によれば、アサリの主な産卵期は夏と秋であるが、夏生まれの稚貝は減耗が甚だしく、漁期が終わる 10 月頃にはほぼ消滅してしまう。これに対し、秋生まれだけが翌年まで生き残り、漁獲対象となっている。²⁵⁾ 有明海の熊本県緑川では、主に春生まれの稚貝だけが生き残って翌年に漁獲対象となり、夏・秋生まれの稚貝は減耗が大きく殆ど翌年の漁獲対象になっていないことが、調査結果^{7,8)}から推察される。また「アサリ漁獲が盛んに行われた場所ほど稚貝の発生状況が良くない傾向」が認められたとの記載⁶⁾もある。殻長 1 mm 以下の稚貝は鰓が未発達で懸濁物を濾過できず、付着珪藻などを足でかき集めて食する²⁹⁾ので、操業による干潟底の攪乱によって付着珪藻が巻き上がったり、濁りによって成長が阻害されたり²¹⁾する状態は稚貝にとって不適な生育条件と考えられる。アサリ個体は、浮泥、とりわけ還元性の浮泥に弱いとの実験結果³⁰⁾もある。また、鰓が発達して濾過食となった稚貝にとっても浮泥は不都合で、鰓に詰まって死に至らしめる。³¹⁾ さらに、操業と攪乱によって稚貝が傷ついたり、適地から流出したり、埋没したり、洗い出されて食害されることは、稚貝の減耗を増大させる。海外の文献^{32,33)}でも、操業によって二枚貝が少なからず影響を受け、生残が低下することが報告されている。海底の擾乱がアサリ稚貝を死亡させる直接的な研究例はないものの、特に冬は、低温と餌不足による衰弱によって死亡率^{11,34,35)}が高く、この時期の操業はさらに死

亡率を高めることが推察される。

ちなみに、覆砂による人工海浜の「横浜市・海の公園」とその隣にある自然海浜の「野島海岸」には排他的漁業権はないが、一般市民による漁獲圧が極めて高く、アサリ資源は春の潮干狩りで激減し、夏の海水浴の時期にはその殆どが取られてしまう。しかし、次の春には毎年比較的高いレベルの加入が見られる。この理由としては、①アサリの排他的漁業権がないために漁業者によって周辺海域のアサリ親貝が取り尽くされることがない、②潮干狩り終了から夏の海水浴までの梅雨の時期と海水浴終了から次の潮干狩りまでの秋と冬には殆ど人が入らず、浮遊幼生の着底期（春と秋）および低温と餌不足によりアサリが衰弱する時期（冬）に海底が攪乱されないこと、③この海域が埋め立て地域の奥まったエスチャーリーであるため幼生の分散が小さく、充分量の幼生が海水浴場（人工海浜）に漂着する、④適度な富栄養化のために充分な餌があることが考えられる。

1984 年以降の漁獲量激減に関するその他の要因の評価

気候変動：夏季の高温^{2,36)} 冬季の低温と餌不足^{11,34,35)} 波浪¹³⁾ 洪水³⁾による減耗、あるいは餌条件を決める日照、浮遊幼生の漂着や荒天による着底稚貝の生残やその後の成長、さらに貧酸素や青潮の発生³⁷⁾等、これらアサリの生残に重大な影響を及ぼす要因は、気候変動の影響を受ける。ただし、気候変動としてわが国に起こっていることは、台風、梅雨・豪雨、豪雪に見られるような変動幅の増大と一貫した暖冬化であって、ある時期を境にした傾向的激変ではない。また、気候変動や地球温暖化による影響ならば漁獲減は一斉に起こるはずなのに、資料¹⁻⁴⁾からうかがえるトレンドとしての減少は、熊本県では 1978 年から、福岡県では 1984 年から、豊前海では 1986 年から、というように、産地ごとに減少開始年に数年間の差があり、また愛知県と三重県ではトレンドとしての減少はみられない。したがって、気候変動がこの間のアサリ資源激減の要因とは考え難い。

環境悪化：最大の産地である有明海においては 1988 年に諫早湾干拓事業が開始され、1997 年に潮受け堤防が締め切られた。しかし有明海のアサリ漁獲の減少は、熊本県では 1978 年から、福岡県では 1984 年から始まっており、この干拓事業をアサリ資源減少の主要因とする指摘は今のところ見当たらない。他の産地でも、富栄養化と貧酸素化が 1984 年以降のアサリ激減と平行して傾向的に悪化した、という報告はない。また、熊本の緑川干潟では底質のマンガンの増加が着底稚貝を死亡させるとの仮説^{8,38)}もあるが、既に見たように、着底稚貝が殆ど親貝まで育たない、あるいは天然稚貝が継続的に減少しているのは、底質のマンガンが少ない他の産地を含

めて全般的に生じていることである。したがって、この全国的な天然稚貝減少の要因は環境悪化以外に求めざるを得ない。ノリ養殖におけるアオリイカ駆除用の酸処理剤や船底塗料の有機スズによる浮遊幼生への悪影響も想定されたが、³⁹⁾ 海水の酸処理剤濃度や有機スズ濃度は、浮遊幼生の分布密度を激減させるほど高くはないとの指摘もある。³⁸⁾

食害：良く知られるアサリ捕食者は、ツメタガイ類、^{18,40-43)} キセワタガイ (*Philine argentata*), ⁴⁴⁾ ヒトデ類、⁴⁵⁻⁴⁷⁾ エイ類、¹⁰⁾ スズガモ (*Aythya marila*)^{29,48)} である。この他カレイ類などの魚類やカニ類やエビ類^{49,50)} もアサリを捕食する。漁獲量が激減した1980年代後半にアサリの食害状況を体系的に調べた報告はない。上記のアサリ捕食者に関する報告も1990年代後半以降のものばかりで、1980年代後半におけるアサリ漁獲量の大幅減少の主要因が食害であったことを支持する情報はない。

競合：有明海ではアサリの減少とともにニホンスナモグリが増え、柔らかくてアサリが住み難い底質に変わったことがアサリの生残に悪影響を及ぼしたのではないかと、⁹⁾ との指摘もある。しかし、逆に、アサリ資源の減少がニホンスナモグリの増加を招いた可能性も考えられる。ホトトギスガイ (*Musculista senhousia*) も底面を覆って悪影響を及ぼすが、アサリ資源の減少がこれらの競合種の影響ならば、採貝に伴う耕耘によって克服されてしかるべきである。しかし、そうなのではない。いずれにせよ自然の種間競合によって東京湾を含む天然稚貝の全般的減少が生じたとは考え難い。

寄生虫：輸入アサリの放流とともにパーキンサス原虫の感染が全国的に広がっており、^{14,51)} この原虫が多数寄生したアサリでは生殖腺の発達が阻害されていたとの報告⁵¹⁾ がある。アサリ需要の増加と国内単価の上昇に伴って生アサリの輸入が増大した経緯もあり、感染の実態とともに、感染がアサリの生残や産卵活性にどの程度影響するのか、至急に解明する必要がある。

当面の対策

アサリ資源の増大を目的に、これまで多くの調査研究が行われてきた。また工学的な対策手法も数多く提案されている。しかし、効果的な対策手法は、全く見いだされていないのが現状である。したがって、本総説におけるこれまでの考察から、当面の対策として次のような提案が可能と考える。

漁業管理：親貝を残すために保護区を設けるとともに、漁獲開始サイズを上げて卵と浮遊幼生、着底稚貝の増加を促し、また産卵と稚貝の生残を確保するために春と秋の産卵期に休業し、休業期に稚貝の発生・生残調査を行い、その結果によって漁獲ネット数を決め、⁶⁾ アサリが減耗し易い冬も休業とすること。

河口干潟と種場の保全：干潟におけるアサリ生産を安定させ、かつある程度増産するには、種苗の移植は必要である。河口の干潟は、海水のエスチャリー循環とアサリ幼生の成長に伴う沈降が相まって着底稚貝が集積し、良好な産卵と浮遊幼生供給の場、かつ種場となることが浮遊幼生の分布調査⁵²⁻⁵⁷⁾ から推察される。したがって、河口の干潟を守り、種場を保全すること。

漁業のモニタリング：漁業自体の資源への影響や漁業管理と漁場管理の効果を解析し評価するために、漁場ごとの漁獲とともに操業をモニターすること。

補足的議論

アサリの資源に影響を与える最大の要因は漁業であろう。不思議なことに漁業のモニタリングと漁業の影響に関する解析例がない。上記の「当面の対策」の提案はこのような状況に対する問題提起であり、実験的な提案でもある。

種苗の移植を行うのであれば、漁場における植物プランクトンやデトリタスの流入、植物プランクトンや付着珪藻の光合成などを測定して、漁場のアサリ収容力を割り出し、いついかなるサイズでどれほど移植した収穫するのが最良かを予測する必要がある。イタリアにおける研究^{24,58,59)} が参考になるであろう。

アサリ幼生の浮遊期間は約2週間なので、この期間の相互分散範囲、すなわち稚貝の相互供給海域（通常は100 km 以内で東京湾、三河湾、伊勢湾、有明海の規模）が一つの単位となり、その単位における干潟毎のアサリ成育場としての機能およびアサリの相互供給量が漁業管理（稚貝の成育場、親貝の保護、種苗採取、移植）の判断材料となる。このためには、その領域の産卵期のいくつかの代表的な気象条件を与えたエスチャリー循環系における浮遊幼生分散のコンピューター・シミュレーションを行うことが必要になる。三河湾の例⁵⁶⁾ が参考になろう。

干潟はアサリさえ取ればよいというものではない。1950年代までの東京湾では干潟やその縁辺部のやや深い場所にはアマモ (*Zostera marina*) が生えていて、産卵に来るアオリイカ (*Sepioteuthis lessoniana*) やサヨリ (*Hyporhamphus sajori*) の漁場になっていた。⁶⁰⁾ また、アマモ場は稚魚の隠れ家となり、多毛類やヨコエビ類などの餌も多く、マダイ (*Pagrus major*)、メバル (*Sebastes inermis*)、スズキ (*Lateolabrax japonicus*) などの稚魚の生育場となる。アマモ場のある干潟の回復こそが理想である。

全国アサリ漁獲に現れた1984年以降の急減の要因は過剰な漁獲努力であると判断されたが、アサリ資源を窮地に追いやっている根本の原因は漁業ではない。それは、第一に、わが国の総需要と総漁獲10～14万トンの

内の8万トンも失わせた埋め立て(東京湾マイナス6万トン, 瀬戸内海マイナス1万トン, 伊勢・三河湾マイナス1万トン)であり, 第二に, 東京湾や伊勢・三河湾のアサリ生産を極めて不安定にした貧酸素と青潮である。第一の原因は漁業の過剰努力を誘発し, 第二の原因は漁業の計画性を失わせた。根本的な対策は, 埋め立ての禁止と干潟の保全, 貧酸素と青潮の緩和・解消, また限られた資源の中で漁業者を乱獲に追い込まない生産システムの構築である。それらがどのようにしたら可能か, 持続可能な社会のあり方に関する研究課題として, 水産研究者も真剣に考察すべきであろう。

謝 辞

本論文は, 水産庁から委託された藻場・干潟生産力等改善モデル事業の一部を公表するものであり, 関係各位に謝意を表する。

文 献

- 1) 佐々木克之. 内湾及び干潟における物質循環と生物生産 (27) 干潟と漁業生物 1, 東京湾のアサリ. 海洋と生物 1998; **117**: 305-309.
- 2) 佐々木克之. 内湾及び干潟における物質循環と生物生産 (28) 干潟と漁業生物 2, 三河湾のアサリ. 海洋と生物 1998; **118**: 404-409.
- 3) 佐々木克之. 内湾及び干潟における物質循環と生物生産 (29) 干潟と漁業生物 3, 豊前海のアサリ. 海洋と生物 1999; **120**: 61-66.
- 4) 佐々木克之. 内湾及び干潟における物質循環と生物生産 (30) 干潟と漁業生物 4, 有明海のアサリ. 海洋と生物 1999; **121**: 162-166.
- 5) 五嶋聖治. 今, アサリが危ない. 日本ベントス学会誌 2002; **57**: 131-133.
- 6) 熊本県アサリ資源管理マニュアル (2005). 熊本県水産研究センター, 2005.
- 7) 堤 裕昭, 石澤紅子, 富重美穂, 森山みどり, 坂本香織, 門谷 茂. 緑川河口干潟における盛砂後のアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の個体群動態. 日本ベントス学会誌 2002; **57**: 177-187.
- 8) Tsutsumi H. Critical events in the Ariake Bay ecosystem: Clam population collapse, red tides, and hypoxic bottom water. *Plankton & Benthos Research* 2006; **1**, 3-25.
- 9) 関口秀夫, 石井 亮. 有明海の環境異変 有明海アサリ漁獲量激減の原因について. 海の研究 2003; **12**, 21-36.
- 10) 山口敦子. 有明海のエイ類について—二枚貝の食害に関連して—. 月刊海洋 2003; **35**: 241-245.
- 11) 玉置照夫, 小山一騎. 砂質干潟ベントス個体群・群集の安定性—とくにスナモグリ類 (甲殻十脚目)・貝類に関連して (予報)—. 月刊海洋 2003; **35**: 226-234.
- 12) 柿野 純, 古畑和哉, 長谷川研一. 東京湾盤洲干潟における冬季のアサリ斃死要因について. 水産工学 1995; **32**: 23-32.
- 13) 柿野 純, 中田喜三郎, 西沢 正, 田口浩一. 東京湾盤洲地先におけるアサリの生息と波浪との関係. 水産工学 1991; **28**: 51-55.
- 14) 浜口昌巳, 笹秋美穂, 薄 浩則. 日本国内におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の *Perkinsus* 原虫の感染状況. 日本ベントス学会誌 2002; **57**: 168-176.
- 15) 千葉農林水産統計年報 (1958年~2003年). 関東農政局千葉統計情報事務所, 千葉. 1960~2005.
- 16) 第6次~第53次大分農林水産統計年報. 九州農政局大分統計・情報センター, 大分. 1960~2005.
- 17) 第3次~第11次漁業センサス. 農林水産省経済局統計情報部, 東京. 1965~2005.
- 18) 岡本一利. 浜名湖におけるツメタガイによるアサリの食害. 静岡水試研報 2000; **35**: 33-34.
- 19) Kasai A, Horie H, Sakamoto W. Selection of food sources by *Ruditapes philippinarum* and *Macra veneriformis* (Bivalva: Mollusca) determined from stable isotope analysis. *Fish. Sci.* 2004; **70**: 11-20.
- 20) 小池裕子, 齊藤 徹, 小杉正人, 柿野 純. 東京湾小櫃川河口干潟におけるアサリの食性と貝殻成長. 水産工学 1992; **29**: 105-112.
- 21) 沼口勝之. アサリ漁場の餌料環境としてのセジメント. 水産工学 2001; **37**: 209-215.
- 22) Libralato S, Pastres R, Pranovi F, Raisevich S, Granzotto A, Giovanardi O, Torricelli P. Comparison between the energy flow networks of two habitats in the Venice Lagoon. *Mar. Ecol. 2002*; **23** (Suppl. 1): 228-236.
- 23) Sfriso A, Facca C, Ghetti PF. Temporal and spatial changes of macroalgal and phytoplankton in a Mediterranean coastal area: the Venice lagoon as a case study. *Mar. Env. Res.* 2003; **56**: 617-636.
- 24) Solidoro C, Melaku CD, Rossi R. Ecological and economical considerations on fishing and rearing of *Tapes philippinarum* in the lagoon of Venice. *Ecol. Model.* 2003; **170**: 303-318.
- 25) 石井 亮, 関口秀夫. 有明海のアサリの幼生加入過程と漁場形成. 日本ベントス学会誌 2002; **57**: 151-157.
- 26) 中原智康, 那須博史. 主要アサリ産地からの報告—有明海熊本県沿岸, 日本ベントス学会誌 2002; **57**: 139-144.
- 27) 柿野 純. 東京湾盤洲干潟におけるアサリの減耗に及ぼす波浪の影響に関する研究. 博士論文, 東京水産大学, 東京. 2000.
- 28) 鳥羽光晴. 千葉県のアサリ漁業の現状, 日本ベントス学会誌 2002; **57**: 145-150.
- 29) トバ DR, トンプソン DS, チュー KK, アンダーソン GJ, ミラー MB. ワシントン州におけるアサリ養殖ガイド (鳥羽光晴監訳). 日本水産資源保護協会, 東京. 1992; 45-46.
- 30) 高橋清孝, 佐藤陽一, 渡辺 競. アサリの生存限界に関する実験的検討. 宮城水産研報 1986; **11**: 44-58.
- 31) 相良順一郎. 貝類の増養殖における干潟の利用について. 水産土木 1977; **13**: 17-20.
- 32) Hall SJ, Basford DJ, Robertson MR. The impact of hydraulic dredging for razor clams *Ensis* sp. on an infaunal community. *Neth. J. Sea Res.* 1990; **27**: 119-125.
- 33) Robinson RF, Richardson CA. The direct and indirect effects of suction dredging on a razor clam (*Ensis arcuatus*) population. *ICES J. Ma. Sci.* 1998; **55**: 970-977.
- 34) 黒田伸郎, 甲斐正信, 原 保. 漁場環境変動に伴うアサリのグリコーゲン含量の変動. 愛知水試研報 1998; **5**: 35-39.
- 35) Robert R, Trut G, Laborde JL. Growth, reproduction and gross biochemical composition of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in the Bay of Arcachon, France. *Mar. Biol.* 1993; **116**: 291-299.
- 36) 磯野良介, 喜田 潤, 岸田智穂. アサリの成長と酸素消費量に及ぼす高温の影響. 日本誌 1998; **63**: 373-376.
- 37) 柿野 純. 東京湾奥部における貝類へい死事例, 特に貧酸素水の影響について. 水産土木 1986; **23**: 41-47.

- 38) 堤 裕昭. 熊本県アサリ漁業衰退とその環境要因. 「有明海の生態系回復を目指して」(日本海洋学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 2005; 136-146.
- 39) 黒田伸郎. アサリの受精卵とD型幼生に対する有機スズ化合物の影響. 愛知水試研報 1996; **3**: 1-5.
- 40) 大越健嗣. 輸入アサリに混入して移入する生物一食害生物サキグロタマツメタガイと非意図的移入種. 日本ベントス学会誌 2004; **59**: 74-82.
- 41) 酒井敬一. 万石浦アサリ漁場におけるサキグロタマツメタガイの食害について. 宮城水セ研報 2000; **16**: 109-111.
- 42) 瀬川直治, 服部克也. 伊勢湾小鈴谷干潟におけるツメタガイによるアサリの食害. 愛知水試研報 1997; **4**: 41-48.
- 43) 柴田輝和, 河西伸治. 東京湾盤洲干潟と富津干潟のアサリ漁場におけるツメタガイの大量発生と駆除方法. 千葉水試研報 1999; **55**: 25-31.
- 44) 瀬川直治, 菅沼光則. 漁場および飼育にみる捕食者キセワタガイと被食者アサリの関係. 愛知水試研報 1996; **3**: 7-15.
- 45) 秦 安史, 佐々木正義, 阿部英治. ヒトデの生態とアサリ漁場の回復に関する研究. 平成14年度事業報告書, 釧路水試, 釧路. 2003; 92-95.
- 46) 井上太郎, 葭矢 護, 井谷匡志, 道家章夫. ヒトデ類によるアサリの捕食生態. 京都府立海洋センター研究報告 1999; **21**: 8-13.
- 47) 柴田輝和, 柿野純, 上村清幸. 東京湾千葉北部地区アサリ漁場におけるヒトデの大量出現. 稚名水試研報告 1999; **55**: 91-92.
- 48) 京葉港二期地区計画に係る環境の現況について(要約版) 市川二期地区. 千葉県土木部・企業庁, 千葉. 1998.
- 49) 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報告 2005; **3**, 97-103.
- 50) 瀬川直治. 食害種によるアサリの減耗. 水産工学 1997; **33**: 225-229.
- 51) 池浦 繁. 豊前海産アサリにおけるパーキンサス原虫の保有状況. 福岡水技セ研報 2002; **12**: 127-129.
- 52) 井上 泰. 山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について. 水産土木 1980; **16**: 29-35.
- 53) Kasuya T, Hamaguchi M, Hurukawa K. Detailed observation of spatial abundance of clam larva *Ruditapes philippinarum* in Tokyo Bay, Central Japan. *J. Oceanogr.* 2004; **60**: 631-636.
- 54) 黒田伸郎, 落合真哉. 三河湾におけるD型幼生の分布. 愛知水試研報 2002; **9**: 19-26.
- 55) 西沢 正, 日向野純也, 田口浩一, 伊藤 寛. 三河湾におけるアサリ稚貝の分布と底質及び流れとの関係. 水産工学 1995; **32**: 137-143.
- 56) 鈴木輝明, 市川哲也, 桃井幹夫. リセプターモードモデルを利用した干潟域に加入する二枚貝幼生の供給源予測に関する試み—三河湾における事例研究—. 水産海洋研究 2002; **66**: 88-101.
- 57) 山田 智, 岩田靖宏, 柳沢豊重. 三河湾におけるアサリ浮遊幼生の分布—移流拡散, 加入過程. 月刊海洋 1996; **21**: 150-156.
- 58) Melia P, Gatto M. A stochastic bioeconomic model for the management of clam farming. *Ecol. Model.* 2005; **184**: 163-174.
- 59) Pastres. R, Solidoro C, Cossarini G, Melaku CD, Dejak C. Managing the rearing of *Tapes philippinarum* in the lagoon of Venice: a decision support system. *Ecol. Model.* 2001; **138**: 231-245.
- 60) 東京湾研究会. 東京湾を診断する. 東海水研研報 C さかな 1978; **21**: 1-55.