

# 内湾ベントスにおける地域個体群間ネットワークの重要性

風呂田 利夫\*

## Importance of network system among benthic-animal local populations in bay waters

Toshio FUROTA\*

---

### Abstract:

Most macrobenthic animal species inhabiting in tidal flats and subtidal bottoms in bay waters have a dispersal phase by plankton larvae in the early life history. During the plankton stage, larvae tend to be passively transported to new benthic habitats far from the natal habitat. This means that local benthos populations mainly consist of immigrants released from other local populations.

In case of the introduced spider crab, *Pyromaia tuberculata*, in the inner Tokyo Bay where summer bottom hypoxia is severe, population of the crab quickly recolonize in every fall when the bottom have recovered from the hypoxia. This recolonized population quickly reaches maturity by next spring, then can release plankton larvae prior to catastrophic mortality of the benthic animals caused by next summer hypoxia. The larvae released in the inner bay disperse to entire area of bay water, and can settle in the mouth part of the bay where DO is enough to maintain crab population during summer. This mouth part population also reaches maturity before next fall, then produces larvae for recolonization of the crab in the inner bay. Thus, seasonal trade of the crab larvae between local populations, which are established in the inner and mouth areas of the bay, is the essential process to maintain the crab population in the entire area of the bay.

During 1980s in Tokyo Bay, 6 species of the tidal-flat mud snails belonging to Family Batillariidae and Potamididae commonly occurred in several tidal flats where escaped from large-scale reclamation of the flats along the entire coast line of the bay conducted during late 1960s to early 1970s. During 1990s, however, 5 species (*Batillaria multiformis*, *B. zonalis*, *Cerithidea rhizophorarum*, *C. cingulata* and *C. djadjariensis*) that have a plankton larval stage, had been extinct or had become endangered, but local populations of *B. cumingi* that develops directly without larval stage tended to increase. Extinction or decline of mud snail populations that have a plankton-dispersal process is probably resulted from the failure of larval immigration relating with isolation of each flat from others caused by the reclamation, and by bottom hypoxia which the larvae should encounter before approach to the shore.

These studies suggest that a viewpoint of network system between local populations of benthic animals through larval dispersal is important to understand the mechanism of the population maintenance of the benthic animals in bay waters.

**Keywords:** bay water, metapopulation, network, tidal flat, zoobenthos

内湾をはじめ海岸に生息する動物ベントス（以下ベントスと略す）の多くの種は、その生活史初期においてプランクトン幼生期を持つ。その幼生期間は、種類や水温によって異なるが多くの種で数週間から1ヶ月におよぶ。この間、幼生は生活基盤となっている海水体の移動（流れ）により受動的に移送されやすく、結果的に誕生した生息場所からは引き離される。しかし、プランクトンとしての成長後、ベントスとしての生活が可能で海底あるいは海岸に到着そして着底し、そこで成長できれば、個体群にとって移送は分散手段であり、個体群の拡大あるいは世代更新につながる。このことは、内湾に生息するベントスの多くの種が、親の生息場とは異なる場所で新たな生活を始めていることになり、ベントス各種の地域個体群は他所からの幼生分散を通して成立しているメタ個体群としてその再生産機構を維持させていることになる。したがって、プランクトン幼生期を持つ内湾ベントスの個体群維持を考える場合、各地の地域個体群が他の地域個体群とどのように関連しているかの視点が不可欠である。

ここでは、幼生分散をととした地域個体群間の相互依存の関係が内湾動物ベントスの個体群維持に不可欠である例として、東京湾でのイッカクモガニの個体群維持機構について紹介するとともに、近年、東京湾をはじめとする全国各地の干潟に生息するウミナ類の地域個体群の衰退あるいは消滅原因について、幼生分散による地域個体群間のネットワーク崩壊の視点から考察する。

#### イッカクモガニの個体群維持機構

イッカクモガニ *Pyromaia tuberculata* は、北米カリフォルニア州から中米コロンビアの太平洋岸に生息するクモガニ科に属する殻幅2cm以下の小型のカニで、東京湾には1960年代に持ち込まれたと推定されている（風呂田、古瀬、1988）。日本では、仙台湾から北九州にかけての主に汚濁内湾に生息し、東京湾では潮下帯大型ベントスの優占種となっている（風呂田、古瀬、1988；風呂田、未発表）。東京湾周辺において本種個体群は、三浦半島周辺の湾口部や、湾と隣接する相模湾でも出現するものの極めて少なく、また浦賀水道では周年にわたって本種プランクトン幼生が採集されないことから、東京湾内湾域で自立した地域個体群を形成していると考えられる（Furota, 1995）。

東京湾では、湾奥において夏季の底層貧酸素化が著しく、この時期広範囲にベントスの生息できない海域が形成される（Fig. 1）。この東京湾における小型底曳き網による大型ベントスや底魚の調査では、イッカクモガニは東京湾内湾（観音崎—富津洲以北）域の潮下帯（いわゆる平場）全域に生息し、湾口では周年生息が見られる

ものの、湾奥では夏季の貧酸素期には消滅する。しかし、この湾奥では秋期の貧酸素化の解消とともにカニ集団は急激に回復し、冬には湾内で最も高密度な集団を形成する（Fig. 2）。

このカニは東京湾において周年にわたって繁殖し、幼生放出を継続している。幼生期は他のクモガニ類と同様、ゾエアⅠならびⅡ期、そしてメガロパ期をもち、プランクトン幼生期間は夏で約10日、冬で1~2ヶ月と推定されている。またカニ期の成長はすこぶる早く、着底後は3ヶ月で成熟し繁殖を開始する。東京湾湾奥部では夏の貧酸素化でこのカニはほぼ全滅するが、貧酸素状態の解消とともに稚ガニが出現し、この稚ガニは冬の終わりには成熟し春には繁殖を開始する（Furota, 1996a; Furota, 1996b）。しかし、このようにして再生された湾奥集団は夏の貧酸素状態の再来によりまた消滅する。このように湾奥部では、イッカクモガニ地域集団の全滅と急速な回復とが毎年くり返されており、地域集団の回復は隣接海域からの幼生分散に依存していると考えられる。このことは、湾奥における集団は同所的再生産は不可能で、隣接海域から復活の原資を売れ取ることから始まる他力依存的復活機構を有していることになる（風呂田、1988）。

Furota (1995) は東京湾全域での周年にわたる本種の底生期（カニ）とプランクトン幼生の分布調査を行った。夏季の貧酸素化により湾奥のカニ集団が全滅した後、秋の貧酸素化の解消とともに湾口のカニ集団から放出された幼生が湾奥まで分散侵入し、着底後素早く成長し、冬の終わりには繁殖を開始した。夏の貧酸素化の直前には、湾奥で放出され幼生は成長しながら湾内全域に広く分散し、湾口側にもカニの新規加入をもたらした。夏季の貧酸素期には、湾奥では集団は消滅し、幼生の侵入も阻害されていた。

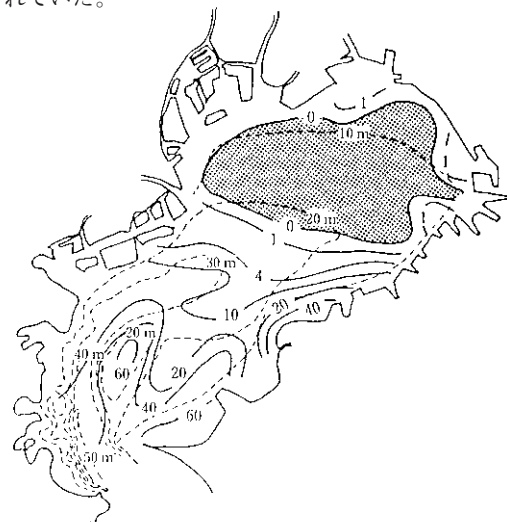


Fig. 1. Number of macro-benthic animal species in a summer of 1981 in Tokyo Bay. A shaded area shows no animal species were collected (Drawn from Fisheries Agency of Japan, 1982) (水産庁, 1982より作図)。

これらの結果に基づく、イッカクモガニの東京湾全域における個体群維持機構をFig. 3に示す。比較的環境が安定している東京湾湾口部の集団は、夏から秋の湾内における生き残り集団であり、幼生の放出とその分散により湾奥集団復活の原資を作る。この原資により復活した湾奥集団は、春から初夏にかけて秋とは逆に湾口部集団の復活もしくは補強の原資となっている。このような、

湾内の環境の異なる2ヶ所での季節周期的環境変化に対応した地域集団の形成とその地域集団間の相互依存関係を成立させているのは、貧酸素域を除き湾内全体に周年的に形成される幼生プールであり、その幼生プール幼生着底後の素早い成長と親ガニの周年にわたる繁殖活動により維持されている。

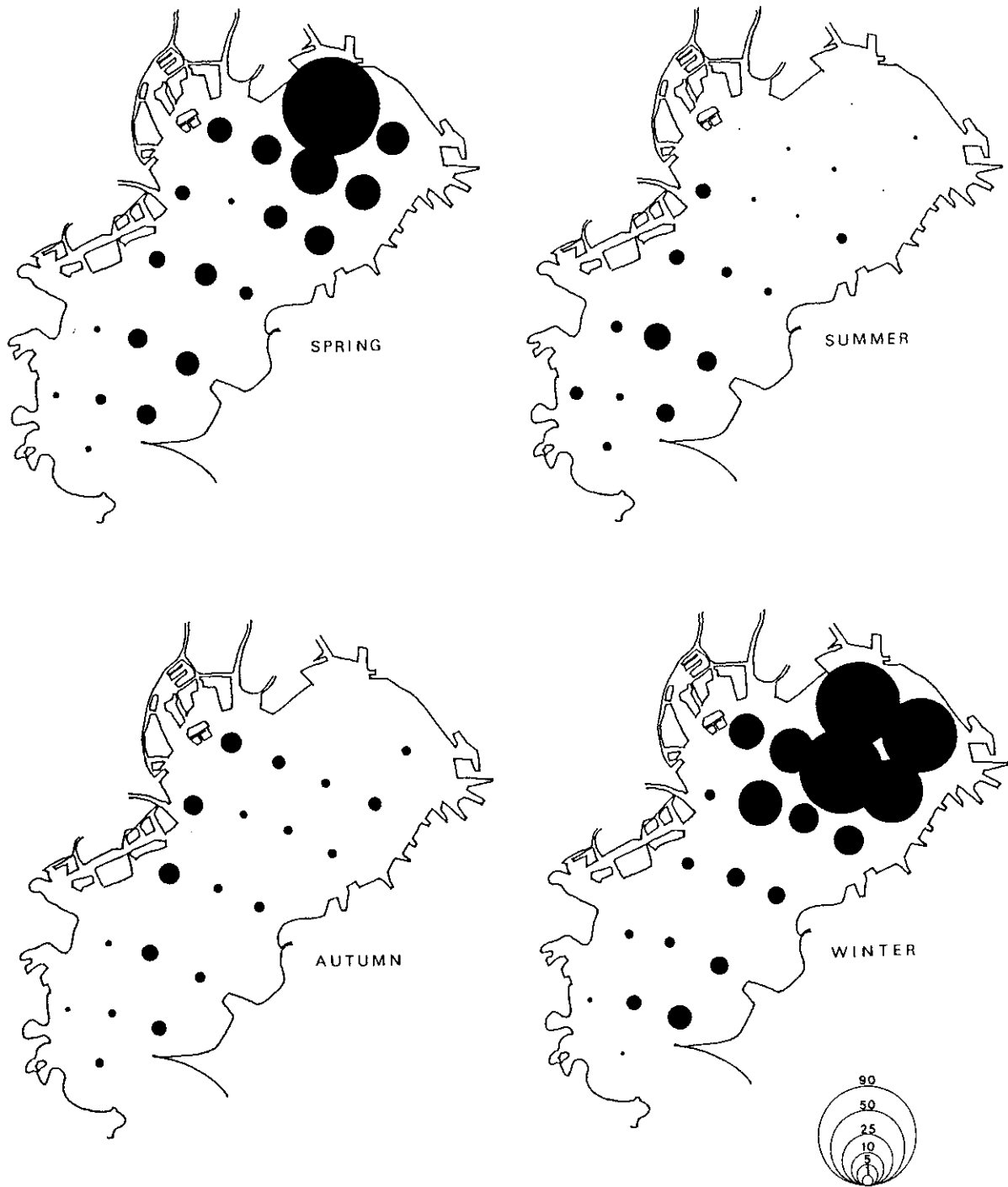


Fig. 2. Seasonal change in abundance of the introduced spider crab, *Pyromaia tuberculata*, in Tokyo Bay (Shimizu, unpublished data).

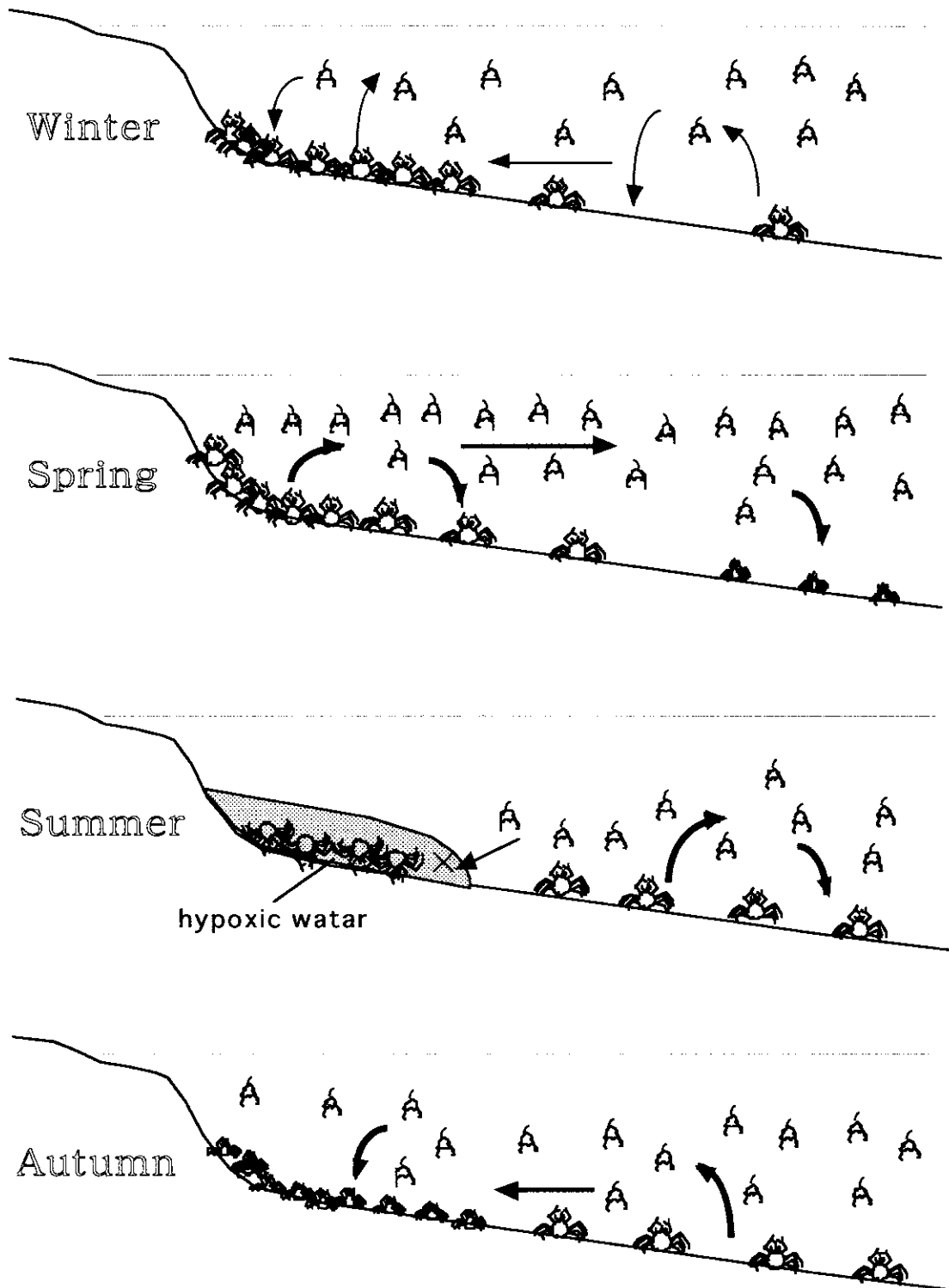


Fig. 3. Schema of population dynamics of the introduced spider crab, *Pyromaia tuberculata*, in Tokyo Bay.

## ウミニナ類の衰退

1960年頃、東京湾岸では埋立はすでに始まっていたとはいえ、各地特に千葉側では広大な干潟が存在していた。しかし、1960年代後半のいわゆる経済高度成長期以降、東京湾の埋立は急速に進行し、約10年の間に干潟のほとんどが消失した（Fig. 4）。現在の点状的な干潟の残存状況は1980年頃に形成されたもので、その後大きな変化はない。

干潟にはアサリをはじめとする多くのベントスが生息するが、腹足類のウミニナ科ならびにキバウミニナ科の広義のウミニナ類も干潟を代表的する動物分類群である。東京湾の干潟ではウミニナ *Batillaria multiformis*、ホソウミニナ *B. cumingi*、イボウミニナ *B. zonalis*、ヘナタリ *Cerithidea cingulata*、カワアイ *C. djadjariensis*、フトヘナタリ *C. rhizophorarum* の生息が見られ、彼らは河口の

塩性湿地内の干潟ならびに前浜干潟の潮間帯中部から上部にかけて豊富に生息していた（稲葉, 1955；大嶋, 風呂田, 1980；森田, 1986；Fukuda, 1994；風呂田 2000）。東京湾の埋立をまぬがれた干潟は、千葉県では湾奥三番瀬の一部、谷津干潟、江戸川放水路、湾中央の小櫃川河口を中心とした盤州、湾口の富津となり、東京湾では葛西沖三枚州、神奈川県では金沢八景の野島と三浦市の江奈湾を残すのみとなった。この大規模な埋立が進行した直後の1980年代ではウミニナ類はいくつかの干潟で生き残っていた（Fig. 5）。しかし、1990年代に入ってホソウミニナを除いてウミニナ類の地域個体群の衰退が顕著化し、2000年ではウミニナは谷津干潟、フトヘナタリは小櫃川河口湿地、カワアイは行徳の人工潟湖干潟にいずれも小規模に残るのみとなり、ヘナタリとイボウミニナは東京湾では生息地が確認できなくなった（風呂田, 2000；Furota *et al.*, 2002；飯島ら, 2002）。

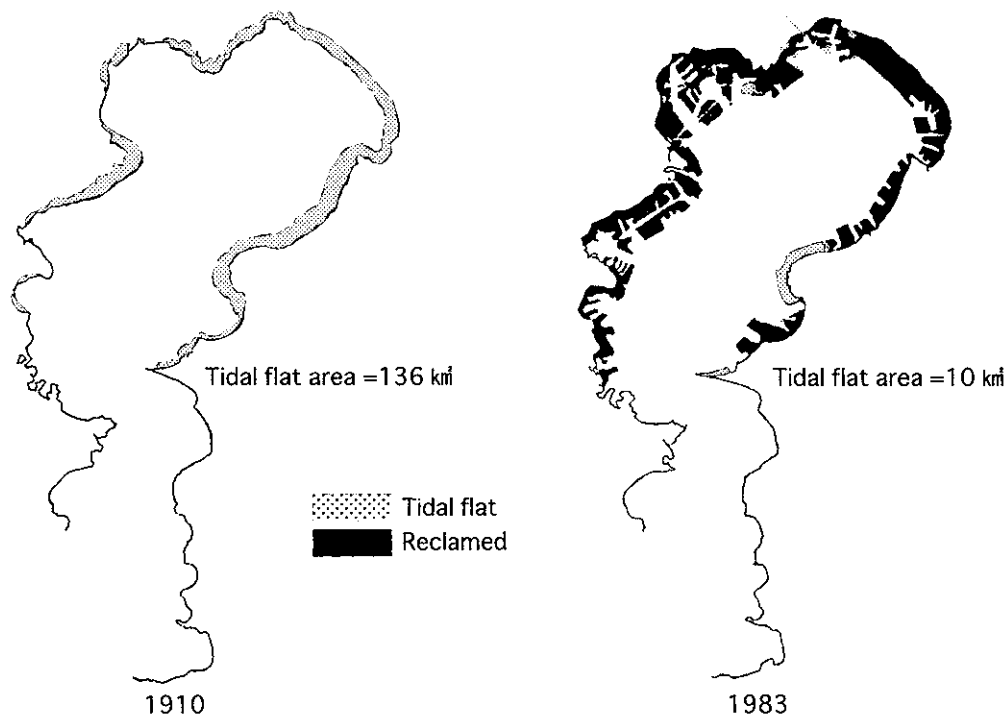


Fig. 4. Lost of tidal flats in Tokyo Bay during from 1910 to 1983.

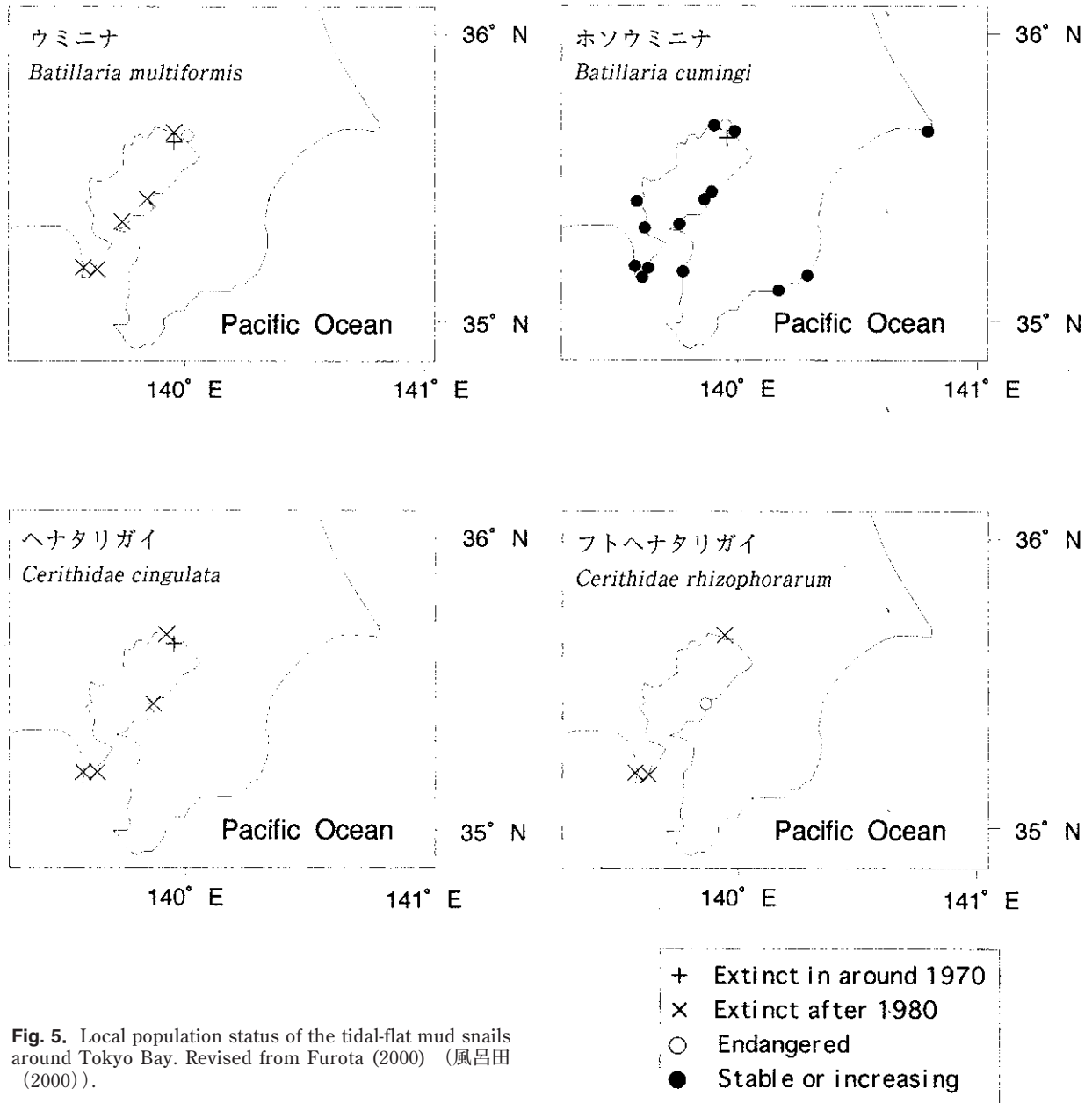


Fig. 5. Local population status of the tidal-flat mud snails around Tokyo Bay. Revised from Furota (2000) (風呂田 (2000)).

ウミニナは、現在の東京湾内とその周辺では谷津干潟のみで生息が知られている。この干潟は、1960年代後半の埋立時に取り残された自然干潟の一部で、その後は2本の水路で東京湾とつながる極めて閉鎖的な地形となっている。閉鎖干潟となってから15年以上経過した、1985年の調査では、少数のイボウミニナとともに多くのウミニナの生息が確認された(森田, 1986)。しかしこの調査では両種とも稚貝は見られず、ウミニナは殻の変形した老齢個体が多かった。その後、1997年から2001年にかけての調査では、イボウミニナは見られず、ウミニナは森田の調査と同様に老齢個体のみでさらに少数化し、稚貝は発見できなかった(Furota *et al.*, 2002)。したがっ

て、イボウミニナやウミニナは稚貝の新規加入がないことで、残存個体の加齢死亡とともにイボウミニナではすでに消滅、ウミニナも消滅寸前の状態である。

フトヘナタリは現在では小櫃川河口湿地に少数残存しているのみである。ここでもウミニナと同様に老齢化した個体が優占しており、湿地内でも分布域の縮小が顕著なことから個体群として消滅の危機にある(風呂田, 2000; 風呂田, 未発表)。この湿地内では1980年代までヘナタリの豊富な生息も見られたが、1996年の1個体の確認(福田・風呂田, 未発表)以来発見されず、現在では個体群は消滅した。

カワアイは埋立前の湾奥の干潟に豊富に生息し(稲葉,



1955), 1980年代でも江戸川放水路で豊富な生息が見られた (Fukuda, 1994)。しかし, 現在ではこの個体群は消失した (飯島ら, 2002; 榎本, 2002)。2001年に, 江戸川放水路と水路ならびに港湾で結ばれている人工潟湖, 新浜湖の湿地状砂泥干潟で東京湾では唯一となる小規模な個体群が発見された (飯島ら, 2002)。この人造湖に干潟が造られたのは1976年であり, 造成後少なくとも約10年間は生息が確認されておらず, 個体群の形成はごく最近と推測されている。カワアイは, 東京湾では新浜湖を除いて最後の生息地であった江戸川放水路干潟では他のウミニナ類とともに個体群がすでに消滅しており (榎本, 2002), 近隣の人工干潟にと新たな生息場を変更しながらも, かるうじて東京湾内に小規模な個体群を維持している。

これら, 多くのウミニナ類でその地域個体群が消滅あるいは衰退しつつある中で, ホソウミニナだけが多くの干潟で個体群を安定的に維持しており (Fig. 5), 谷津干潟では1996年以前では生息が報告されていないが (森田, 1986; 環境庁ほか, 1996; 風呂田, 鈴木, 1999), 1990年代後半になって生息が確認され, 現在急激に個体密度を拡大しつつある (Furota *et al.* 2002)。また, 人工潟湖の新浜湖でも, 1990年に小櫃川河口干潟から湖内の転石海岸に人為的に移植された後, 安定的に個体数と分布範囲を拡大させつつある (蓮尾, 風呂田, 2000)。

これらウミニナ類の生活史初期特性をTable 1に示す。ウミニナ類6種の中で, ホソウミニナだけが直達発生すなわち幼貝はプランクトン期として海に出ることなく親の干潟に加入し, その他の種はプランクトン幼生として孵化し, 海水中でプランクトン期をへて干潟に到達, そこで着底し幼貝として生活を始める。プランクトン期をもつウミニナ類の種において個体群の衰退や消失が見られることから, 風呂田 (2000) はプランクトンとして海水中に分散することが個体群衰退の要因と考え, 干潟埋立による干潟の大規模な減少ならびに残存干潟のピンポイント化が分散した幼生の干潟到達率の低下を招き, これが個体群の更新を阻害していると推測している (Fig. 6)。また, これらのウミニナ類は夏に繁殖するため, 富栄養化した内湾底層水の貧酸素化も, 幼生の生き残りや干潟への到達の阻害要因として働く可能性も指摘している (Fig. 7)。

このようなウミニナ類個体群の衰退が見られるなか, 直達発生ホソウミニナは, 江戸川放水路を除いて, 残存干潟のみならず, 外房の岩礁海岸の転石地やタイドプールでも豊富に生息している。プランクトン期のないホソウミニナの残存地域個体群にとっては, 周辺干潟の消失や沖合い水の貧酸素化に起因したリスクからは無縁であり, 局所的孤立生息場でも個体群を維持でき, 環境が

安定していれば残された干潟のなかで急激に個体数を拡大できる。

江戸川放水路では, 1980年代までホソウミニナはもとより, ウミニナ, ヘナタリ, フトヘナタリ, カワアイなどウミニナ類のほとんどの生息が見られたものの (Fukuda, 1994), 現在ではホソウミニナの極わずかな生息を残し他種の個体群は消滅した。この放水路干潟では, 洪水防止のため大量降雨時に江戸川から河川水放流が行われ, 干潟の表土流出などの大規模な物理的侵食が起こる (榎本, 2002)。このようなとき表在性のウミニナ類の流出も起こったと考えられ, 流出先は浚渫された港湾であり生存の可能性はほとんどない。直達発生ホソウミニナにおいては個体の死亡を伴う生息地の物理的攪乱が地域個体群衰退の主因と考えられる。

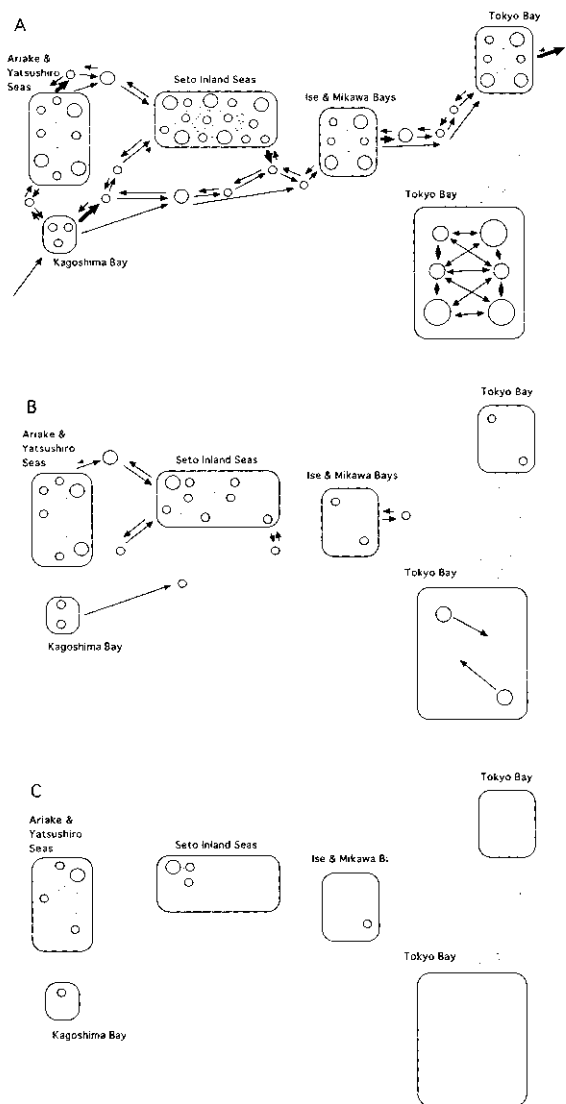


Fig. 6. Destruction of the network between local populations of the tidal-flat mud snails (Furota, 2000)

(風呂田, 2000)。

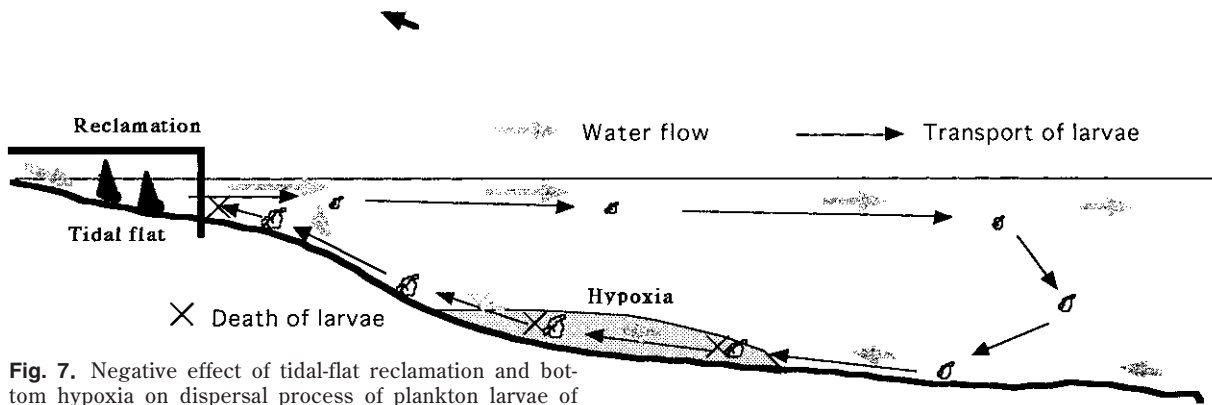


Fig. 7. Negative effect of tidal-flat reclamation and bottom hypoxia on dispersal process of plankton larvae of the tidal-flat mud snails.

Table 1. Developmental pattern of the tidalflat mud snails, and their population status observed in Tokyo Bay during the last decade of the 20th century.

Species	Developmental pattern	Breeding season	Population status	References
<i>Batillaria cumingi</i>	direct development	spring-fall	increasing	足立・和田 (1997) Furota <i>et al.</i> (2002) 風呂田 (未発表)
<i>B. multiformis</i>	plankton development	summer	endangered	Furota <i>et al.</i> (2002)
<i>B. zonalis</i>	plankton development	?	extinct	上村 (2001)
<i>Cerithidea cingulata</i>	plankton development	summer	extinct	網尾 (1963)
<i>C. rhizophorarum</i>	plankton development	summer	endangered	Kimura (per. com.)
<i>C. djadjarisensis</i>	plankton development	summer	endangered	Kimura (per. com.)

### ネットワークの視点

Fig. 8に地域個体群間の幼生分散を通じた交流関係を示す (Booth and Brosman, 1995を一部改変)。ホソウミナのように直達発生 (Direct development) を行うものは分散の機会が少なく、地域個体群間の交流はほとんどない自立した地域個体群である (Closed population)。しかし、干潟や内湾を始め海域に生息するベントスの多くはプランクトン幼生期を持ち、分散することで新規加入個体の供給と受給において地域個体群間のネットワークを持っている。

そのネットワークの構造は幼生分散の度合いや隣接する地域個体群の連絡強度により大きく異なる。イッカクモガニの場合には東京湾の湾口部と湾奥部の季節的生息地変更がプランクトン幼生の湾内での分散をとおして行われている (Open population, simplest diffuse-source dynamics)。プランクトン幼生の分散先は、秋では貧酸素解消に伴う新たな生息空間で、春では貧酸素回避場であり、ともにそこで繁殖できることで周年にわたりプランクトン幼生が湾内にプールされていることが、個体群

としての再生産を可能にしている。東京湾海底に生息する他の多くのベントスは、年1回の限られた季節しか繁殖できず、たとえ貧酸素回復後の海底で生活を始めることができたとしても、つぎの繁殖前に死亡する無効分散で終わる可能性が高い。したがってイッカクモガニは素早い成長と湾全体への幼生分散により貧酸素海域を有効に利用できる特異的な例と言えよう。

プランクトン幼生期を持つウミナ類においては分散はできるものの到達先の干潟の消失や、移送途中での貧酸素水の存在により、着底場所への到達可能性の致命的な減少が個体群の更新を停止させ、時間経過とともに残存個体群の衰退や消失をもたらすと推定される。このようにプランクトン幼生期に分散する内湾ベントスにとって、個体群が繁栄するにせよ衰退するにせよ、個体群の維持機構については散在的に形成される生息地における地域個体群間での幼生の放出と到達の幼生分散をとおしたネットワークで成立しているメタ個体群の視点で考える必要がある (Open population, diffuse-source dynamics)。このことはメタ個体群成立機構としてのネットワークの維持と強化が、内湾底生動物の安定的生息に不



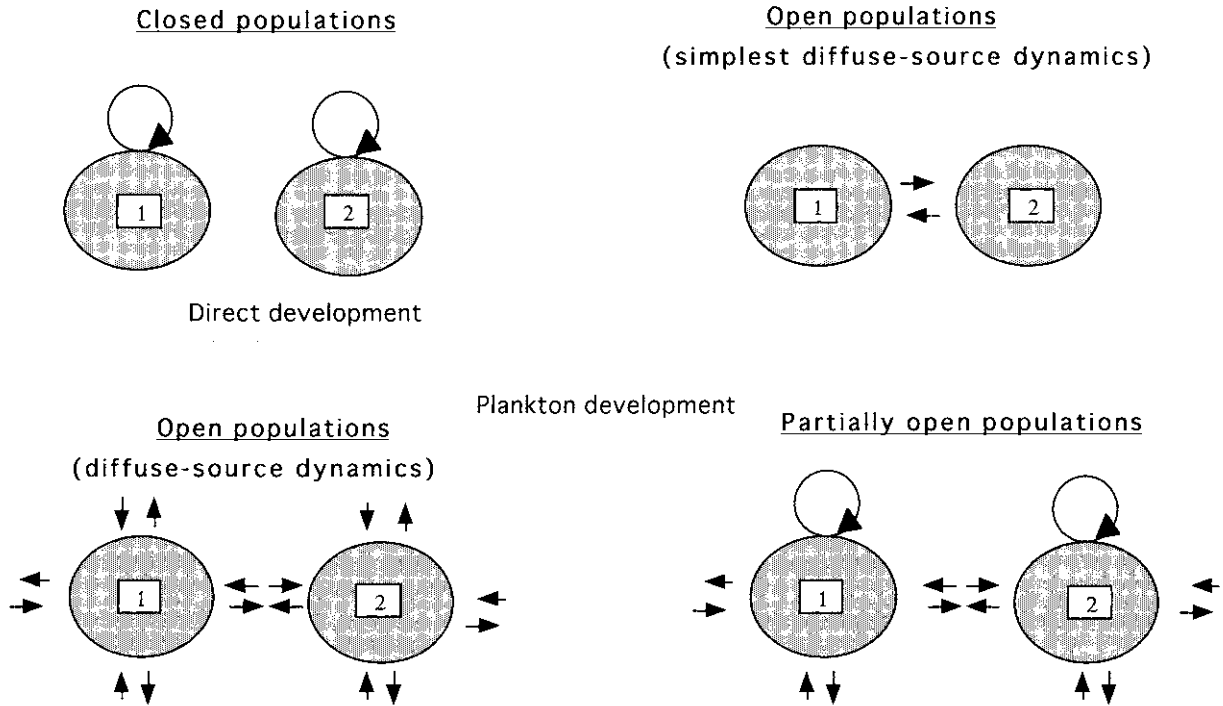


Fig. 8. Closed population in direct developers, and metapopulations in plankton developers (Revised from Booth · Brosman, 1995).

可欠であることを示している。

メタ個体群の成立機構は、繁殖集団(ベントス期)とその集団間の幼生(プランクトン期)の移送状況により異なる。干潟を代表するベントスの一種であるコメツキガニの天草における孤立の地域個体群の生活史研究において、Suzuki and Kikuchi (1990) はプランクトン幼生の多くが親生息地の干潟に隣接する沿岸部に留まり、親の干潟に回帰着底していることを見出した。この場合、このコメツキガニ地域個体群は、幼生の一部は他所へ分散するものの、親生息地への安定した再加入機構を持つことで自立的な個体群維持をはかっていることになり、分散による地域個体群間の交流が短期的な個体群維持にとって必ずしも不可欠ではない(Partially open population)。

一方玉置らは、有明海とその外湾にあたる橘湾周辺に生息する3種のスナモグリ類において、ニホンスナモグリ *Nihonotrypaea japonica* は内湾である有明海の干潟に生息し、ハルマンスナモグリ *N. harmandi* とスナモグリ *N. petalura* は有明海の湾口部から外湾部の干潟に生息し、種間の生息域に相違があることを明らかにしたうえで (Tamaki *et al*, 1999), 3種の幼生の分散と回帰について詳細な研究を行った (Tamaki and Miyabe, 2000)。それによると有明海内に広く多数の地域個体群をもつニホンスナモグリでは、プランクトン幼生は発生初期には一部外湾に分散するが有明海の湾口に集中的に分布してい

た。したがって有明海内各地のニホンスナモグリ地域個体群は、各地から放出された幼生から形成される共通の幼生プールからの子孫供給を受けて成立しており、湾内各地の干潟各地の干潟個体群はメタ個体群として成立していることを明らかにした。

まとめ

東京湾は埋立以前では干潟は湾岸のほぼ全域に発達し、各河川の河口域には普遍的に塩性湿地が存在した。したがって干潟から放出されたプランクトン幼生は、たとえ湾内の広域に分散あるいは特定水域に集中分布して産み出された干潟から離されたとしても、成長後湾内各所にある海岸部や河口部に接近することで定着場を見出し、そこで成長そして繁殖することができた。そして、新たな生活場に同種の先住者がいれば地域個体群の更新をもたらし、もし先住者がいなければ新たな地域個体群の形成ができた。一方数10年単位の長期的に見れば、これら干潟や河口湿地は洪水という大規模攪乱による地域個体群消滅の危険性も高く、地域内だけで個体群を長期的に維持できる生活空間でもない。また貧酸素化により生物の死滅が毎年定期的に起こる湾奥海底でも、他所からの幼生分散なしには個体群の再生は起こりにくい。したがってベントスとしての生活場所が広域的には普遍的に存

在し、局所的には一時的攪乱により個体群が消滅する可能性がある海域で種個体群を歴史的時間スケールで維持するには、個体群更新の子孫を地域個体群間で幼生分散による共有化、つまり相互依存的ネットワークが機能していることが適応的生活史戦略であったであろう。しかし、人為的影響としての大規模埋立による着底場の局在化や、富栄養化や浚渫による底層水の一時的貧酸素化が、幼生期の生き残りや分散抑制を通じたネットワークの崩壊をもたらし、内湾ベントスのこの歴史的個体群維持戦略をむしろ非適応的なものにしてしまった。

このように地域個体群の更新や内湾全体での種個体群の長期的維持、すなわち干潟や内湾におけるベントスの個体群の回復や保全において、幼生期を含む生活史全体の生態に関する把握が必要であり、特に生活場所間の幼生分散を通じた地域個体群更新ネットワーク機構を解明し、そのうえでネットワーク維持に必要な生息地の配置、ならびに幼生分散機構維持の検討が必要とされる。

#### 引用文献

- 足立尚子, 和田恵次, 1997: ホソウミニナの卵と発生形式, ちりぼたん, **28**: 33-34.
- 網尾 勝, 1963: 海産腹足類の比較発生学ならびに生態学的研究・水産大学校研究報告, **12**: 15-144.
- Booth, D. J. and Brosman, D. H., 1995: The role of recruitment dynamics in rocky shore and coral reef fish communities. *Advances in Ecological Research*, **26**: 309-385.
- Fukuda, H., 1994: Estuarine mollusks of the Edogawa Drain, central Honshu Japan. *Science Report of the Takao Museum of Natural History*, **16**: 1-14.
- 風呂田利夫, 1990: 東京湾奥部におけるイッカクモガニ *Pyromaia tuberculata* の個体群構造. 日本ベントス学会誌, **39**: 1-7.
- Furota, T., 1995: Mechanism of population maintenance in the introduced spider crab, *Pyromaia tuberculata*, in a periodic catastrophic environment. Doctoral Dissertation, Kyushu University, 89pp.
- Furota, T. 1996a: Life cycle studies on the introduced spider crab *Pyromaia tuberculata* (Lockington) (Brachyura: Majidae). I. Egg and larval stages. *Journal of Crustacean Biology*, **16**: 71-76.
- Furota, T. 1996b: Life cycle studies on the introduced spider crab *Pyromaia tuberculata* (Lockington) (Brachyura: Majidae). II. Crab stage and reproduction. *Journal of Crustacean Biology*, **16**: 77-91.
- 風呂田利夫, 2000: 内湾の貝類, 絶滅と保全—東京湾ウミナ類の衰退からの考察. 月刊海洋, 号外, **20**: 74-82.
- 風呂田利夫, 古瀬浩史, 1988: 移入種イッカクモガニの日本沿岸における分布, 日本ベントス研究会誌, **33/34**: 75-78.
- Furota, T., Sunobe, T., and Arita, S. 2002: Contrasting population status between planktonic and direct development batillariid snails, *Batillaria multiformis* (Lischke) and, *B. cumingi* (Crosse) at an isolated tidal flat in Tokyo Bay. *Venus*, **61**: 15-23.
- 風呂田利夫, 鈴木嘉平, 1999: 東京湾奥部谷津干潟 1986-87年の冬期における底質環境ならびにマクロベントスの生息状況と垂直分布. 日本ベントス学会誌, **54**: 36-43.
- 蓮尾純子, 風呂田利夫, 2000: 新浜. 千葉県自然誌本編7, 千葉県の動物2, 海の動物, 県史シリーズ**46**, 16-30.
- 飯島明子, 黒住耐二, 風呂田利夫, 2002: 東京湾人工潟湖干潟に形成された絶滅危惧種の干潟産腹類カワイ *Cerithidea djadjaricensis* (Martin) (軟体動物門, 腹足綱) の個体群. 日本ベントス学会誌, **57**: 34-37.
- 稲葉 亨, 1955: “吸い上げ” の貝類, 千葉生物学会会報, **5**: 13-14.
- 上村了美, 2001: 干潟の物質循環におけるイボウミニナ *Batillaria zonalis* の役割について. 琉球大学大学院理学研究科修士論文, 29pp.
- 環境庁, 千葉県, 習志野市, 1996: 谷津干潟環境調査報告書. 179pp.
- 森田昌之, 1986: 東京湾およびその周辺に産する潮間帯腹足類ウミナ属 (*Batillaria*) の比較生物学的観察, 1985年度東邦大学理学部生物学科特別問題研究報告書, 30pp.
- 梶本輝樹, 2002: 東京湾奥部江戸川放水路干潟のマクロベントス群集と群集に与える青潮ならびに淡水放流の影響. 2002年度東邦大学大学院理学研究科修士論文, 35pp.
- 大嶋 剛, 風呂田利夫, 1980: 小櫃川河口干潟周辺における底生動物の分布, 「千葉県木更津市小櫃川河口干潟の生態学的研究 I」, (東邦大学理学部海洋生物研究室・千葉県生物学会 共編), 45-68.
- 水産庁, 1982: 昭和52年度漁場改良復旧基礎調査報告書.
- Suzuki, H. and Kikuchi, T., 1990: Spatial distribution and recruitment of pelagic larvae of sand bubbler crab, *Scopimera globosa*. *La mer*, **28**: 172-179.
- Tamaki, A., Itoh, J., and Kubo, K., 1999: Distribution of three species of *Nihonotrypaea* (DECAPODA: THALASSINIDAE: CALLIANASSIDAE) in intertidal habi-

tats along an estuary to open-sea gradient in western Kyushu, *Japan. Crustacean Research*, **28** : 37-51.

Tamaki, A. and Miyabe, S., 2000 : Larval abundance patterns for three species of *Nihonotrypaea* (DECAPODA: THALASSINIDAE : CALLIANASSIDAE) along an estuary-to-open-sea gradient in western Kyushu, Japan. *Journal of Crustacean Journal*, **20** (Special number 2), 182-191.

### 質疑応答

灘岡氏 「東工大の灘岡ですが、先生の最後のお話で、ネットワークの話がありましたよね。非常に魅力的なお話だと思うのですけれども、前にもちょっと個人的には、お聞きしたことがあるのですけれども、東京湾の場合、今の海岸線の状況って言うのは、確か1979年ぐらいにもう確定して、つまり20年以上前に確定しているんですね。だから、干潟の状況、今のうちにちょっとしかない状況って言うのは20年以上前から続いている。で、巻き貝のように非常にライフサイクルが長い奴は20数年前に干潟がガンと減った影響が徐々に出てきてて、最近減ってしまうということは良く理解できるのですけれども、アサリのようにせいぜい1年ぐらいのライフサイクルしかないやつは、要するに環境の変化に対して、応答が早いと考えるべきですよ。そうすると20数年前に、そういうふうには、ハビタートがガンと減ったと言うことはね、それでネットワークが壊れてしまったということで、資源の減少を説明しようとする、何か私にはちょっと理解できないところがあって、なぜその後も更に、東京湾の場合ですね、減っているのでしょうか。特にあの、日向野さんのデータあたりですと、そんなに極端に減ってないように見えるけれども、例えば湾奥の三番瀬あたりは、あそこは稚貝放流してないですよ。そうすると、要するに天然の状況の所はもっと減ってる訳ですよ、ローカルに見ると。そういうことをどうやって説明したらいいのかっていうのが、かねがねちょっと疑問に思ってるんですがいかがでしょうか」

風呂田氏 「まあ恐らく、それが今回のシンポジウムの一つの大きな全体目的でもないかな。そういう風に直接的に、今の考え方でいった場合に、なぜ干潟減少の影響がじわじわと効いてくるのかと、それは私にも良く分かりません。まあ一つ

考えられるのは、例えば、貧酸素期の長さが最近長くなっている。要するに残った干潟であっても、何とか規模で維持できてたものが、貧酸素期が長くなっていけば結局、幼生分散の阻害要因になって来るわけです。そうすると、現在の状況をみると、青潮がかなり後の方まで、11月くらいまで延びてきていますから、昔に比べて、貧酸素期がかなり長くなっているんじゃないかと、ですから結果的に幼生分散に阻害的になってきて、徐々に効いてくるということも考えられますし、干潟域の減少により各ハビタートが孤立化することによって生じる生物的影響、近交とかの影響などにより、結果的にそれが幼生放出量を減少させ、じわじわ効いてくるということも考えられる。ですから、即効性で確かに評価できないというのはあるんですが、そういう見方で、じゃあ各地域のgene-flowとか相互関係が非常に下がったときに、幼生分散を起こした加入過程にどれだけ効いてくるのかということが、かなり大きな研究課題じゃないかなと思います。これはあの、実証しようと言うのはなかなか難しいんで、何かそういう、レベル、シミュレーション的なことでやってみたら面白いんじゃないかと思えます。ですからまあ、確かに、一年生のものには急に効かない、だけれど、そういう考え方で行って徐々に効くということも、何かで説明できるだろうとは思っています、まだ回答はありません」

司会 「他にどなたかありますでしょうか？」

桃山氏 「山口県水産研究センターの桃山です。東京湾では、絶滅しているのは軟体動物で環形動物とか甲殻類はあまり減ってない。こういうような事例というのは、日本全国の他の干潟でも知られていて、あるいは報告されていて、一般的なこととして受け取っていいんでしょうか」

風呂田氏 「東京湾というか、東側ほど絶滅の速度が速いような気がします。で、西側ほど緩い、特に山口県の方の瀬戸内海とか、豊後水道になるんでしょうか、あの辺は結構色んな干潟生物がいる。だからその辺はまだソースとして、まだ干潟がたくさんあちこちにありますから、幼生分散でネットワーク化が出来るんじゃないかと思えます。まあ、昔は有明もそうだったんだろうと思うんですが、だから、そちらに近いところはやはり、幼生の供給が、絶えずあり、毎年加入が期待できる。そういう形で西の方は、幾つかはまだ、こういうネットワーク機構が残ってる

可能性が高い、ただし東側、特に東京湾のようなところというのは、周りからも隔絶されている環境ですし、中の方は、貧酸素水塊など環境悪化の影響が強くなっているんじゃないかと思います。東京湾で居なくなっているようなものは、他の地域、瀬戸内海も大阪湾側とか伊勢湾とか同じような傾向にありますから、だから、減少のパターンとしてはこれらの海域では同じように思います。まあ実証的なデータはまだありませんが。」