

東京湾の帰化動物

——都市生態系における侵入の過程と定着成功の要因に関する考察——

朝倉 彰

千葉県立中央博物館
〒280 千葉市青葉町955-2

要 旨 東京湾は、大都市を周囲にひかえ港湾開発が進み、干潟が埋め立てられ護岸工事がすすみ自然海岸が消滅し、非常に有機汚濁の進んだ湾であり、帰化性のベントスが多い。本稿は、それら帰化種の日本における侵入状況と東京湾における生息状況をレビューし、侵入と定着成功の要因に関して考察をおこなった。

カサネカンザシ（環形動物門：多毛綱）は西ヨーロッパなどが原産で、1932年ごろ和歌山県白浜町で記録され、1967年までに東京湾に帰化した。カニヤドリカンザシ（環形動物門：多毛綱）は、インド洋などが原産で、1966年岡山県の児島湾で記録され、1976年までに東京湾に帰化した。ホンダワラコケムシ（外肛動物門：裸口綱）は、北米太平洋岸が原産で、1900年代初頭に千葉県館山市でみいだされ、1964年までに東京湾に帰化した。ナギサコケムシ（外肛動物門：裸口綱）は北米太平洋岸が原産で、1950年長崎県長崎市で記録され、1960年までに東京湾に帰化した。また東京湾に生息する外肛動物門のその他の種類で、ハナザラコケムシ、アミメヒダコケムシ、フサコケムシ、ホソフサコケムシ、コブヒラコケムシ、チゴケムシは帰化種である可能性がある。シマメノウフネガイ（軟体動物門：腹足綱）は北米太平洋岸が原産で、1968年に神奈川県三浦半島で発見され、このころ東京湾に帰化したものと考えられる。コウロエンカワヒバリガイ（軟体動物門：二枚貝綱）は中国・台湾が原産で、1981年に兵庫県西宮市で発見され、1984年までに東京湾に帰化した。ミドリイガイ（軟体動物門：二枚貝綱）は東南アジアが原産で、1967年兵庫県相生市で記録され、1984年までに東京湾に帰化した。イガイダマシ（軟体動物門：二枚貝綱）はメキシコなどが原産で、1974年静岡県清水市で発見され、1984年までに東京湾に帰化した。ムラサキイガイ（軟体動物門：二枚貝綱）は地中海が原産で、1920年ころ兵庫県神戸市で発見され、1927年までに東京湾に帰化した。アメリカフジツボ（節足動物門：甲殻綱）は、北米大西洋岸が原産で、1950年東京湾の神奈川県横須賀市で帰化が確認された。ヨーロッパフジツボ（節足動物門：甲殻綱）はヨーロッパ大西洋岸が原産で、1952年三重県の英虞湾で発見され、1963年までに東京湾に帰化した。チチュウカイミドリガニ（節足動物門：甲殻綱）は、地中海原産で東京湾に1959年に帰化した。イッカクモガニ（節足動物門：甲殻綱）は北米太平洋岸が原産で、1970年神奈川県三浦半島で発見され、このころまでに東京湾に帰化した。マンハッタンボヤ（脊索動物門：原索綱）は北米大西洋岸原産で、1972年広島県広島市で発見され、1975年までに東京湾に帰化した。カタユレイボヤ（脊索動物門：原索綱）は、ヨーロッパ大西洋岸原産で、1902年までに東京湾に帰化した。

これらの動物が帰化に成功した背景には、(1)東京湾の港湾開発と有機汚濁が進んだ結果、在来種の生息地が奪われ、競争種や天敵が減少したこと、(2)帰化種が海水の汚濁、塩分の濃度の低下、海水の貧酸素化など大きな環境の変化に強い耐性を示すこと、(3)帰化種は強い繁殖力（多い産仔数、多数回繁殖、早い性成熟）があり、大規模な絶滅にも容易に個体群を回復させる力があること、などが考えられる。

キーワード：帰化動物、汚濁、生理的耐性、繁殖力。

東京は日本で最も人口の集中している場所であり、自然に対する人為的影響が甚だしく強い。東京・神奈川・千葉の一都二県によって取り囲まれた東京湾の海岸付近に生息している海洋生物は、帰化種が非常に多く、一種特有な動物相を形成している。帰化種の原産地も東南アジアから遠く北米・南米・ヨーロッパまで及ぶ。

本稿では、東京湾に多産する帰化性のベントスについて、日本における移入の状況と東京湾における現在までの生息状況について、これまでの研究をレビューし、都市生態系における帰化成立の内的・外的要因について考察する。なおすでに、荒川(1980)は、その当時までにおける日本産の海産付着性ベントスの移入状況を詳細に記録したが、本稿では、さ

らにそれから10年間の研究の進展状況，付着生物のみならず自由生活性ペントスの知見，東京湾における詳細な知見を加えて記述した。また東京湾のペントス全般に関して近年，風呂田による広範な研究があるが(文献参照)，本稿ではこれらの知見にさらに大幅に帰化動物の知見を加えて記述した。なお本稿の分類体系は Marguris and Schwarz (1982)による。

帰化種各論

1. カサネカンザシ *Hydroïdes elegans* (Haswell) (環形動物門：多毛綱)

原産地：全世界的に分布するため，原産地は特定しにくい。主な産地は西ヨーロッパ・地中海・オーストラリア・スリランカ・ハワイ・カリブ海などの，港湾の付着生物として知られる(今島，1979a, b)。Carlton (1987) は，少なくとも日本に見られるものオーストラリアからの移入であると推測している。

日本国内の記録：1932年に和歌山県白浜町で記録がある(Fauvel, 1936)。ただしこれは，*H. norvegica* Fauvel とされていたが，その後の調査でこの種であることがわかった(Imajima, 1976；今島，1979a, b)。また1950年に長崎県長崎市(梶原，1964)，1952年と1958年に三重県英虞湾(Mawatari and Kobayashi, 1954a, b；Kawahara and Iizima, 1960)，1962年に大阪湾(Mizuno, *et al.*, 1964)，1967年神奈川県三浦半島油壺(今島・林，1969)，1976年に三重県四日市市(Kawahara *et al.*, 1979)，1976年に三重県的矢湾(Iwaki *et al.*, 1977)などの記録がある。さらに1969年と1970年に瀬戸内海の広島県の広島湾のカキ養殖場で異常繁殖し，カキに大きな損害を与えた(荒川・久保田，1973；荒川，1971)。現在は男鹿半島から九州にいたる各地に，ごく普通に見られる(Imajima, 1979；今島，1979a, b, 1984, 1986；平田他，1988)。

東京湾での生息状況：東京湾のいたるところの海中人工構造物に付着する。東京都の隅田川河口，三浦半島(Imajima, 1976)，神奈川県横浜市横浜港(横浜市公害対策局，1989)，横浜市金沢区の平潟湾と金沢湾(横浜市公害研究所，1986)などの記録がある。

2. カニヤドリカンザシ *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) (環形動物門：多毛綱)

原産地：荒川(1980)は，ヨーロッパ大西洋岸としたが，荒川(1985)は，インド洋・オーストラリア周辺の海域が原産地としている。また，Carlton (1987)は少なくとも日本に産するものはオーストラリア周辺の海域から侵入したと，推測している。世界のあらゆる国の港湾に普通にみられる(荒川，1985)。

日本国内の記録：1966年に岡山県の児島湾で発見

されたのが最初とされる(荒川，1980，1985)。その後，静岡県の浜名湖や沖縄県石垣島の川平湾などでも見つかる(今島，1979a, b)。1969年以降浜名湖で異常繁殖し，養殖カキに大きな被害をあたえた(荒川，1980)。

東京湾での生息状況：東京湾に1976年以前に帰化した(木下・平野，1977)。海中人工構造物に付着する(荒川，1985)。横浜港鶴見沖，東京都の東京湾豊洲沖(今島，1980)，隅田川河口(今島，1979a, b, 1986)などの記録がある。

3. ホンダワラコケムシ *Zoobotryon pellucidum* Ehrenberg (外肛動物門：裸口綱)

原産地：北米太平洋岸(荒川，1980，1985)。

日本国内の記録：1900年代初頭に千葉県館山市で発見され，1964年には三浦半島油壺，静岡県清水市の清水港でも普通になる(馬渡，1967)。現在は日本のいたるところの港湾に普通である(荒川，1980，1985；馬渡・馬渡，1986)。

東京湾での生息状況：海中人工構造物に付着する。横浜港(横浜市公害対策局，1989)などの記録がある。

4. ナギサコケムシ *Bugula californica* Robertson (外肛動物門：裸口綱)

原産地：北米太平洋岸(荒川，1980)。

日本国内の記録と東京湾での生息状況：1950年に長崎県長崎市で採集記録がある(Kawahara, 1969)。その後，1960年に千葉県千葉市・東京都・神奈川県横須賀市で(Mawatari *et al.*, 1962a, b)，また1976年に三重県的矢湾(Iwaki *et al.*, 1977)と四日市市(Kawahara *et al.*, 1979)でも記録されている。現在では，東京湾を始めとして，東北から九州の港湾にきわめて普通の種である(馬渡・馬渡，1986)。

5. その他のコケムシ類 (外肛動物門)

コケムシ類は同定の困難さから正確で詳細な分布記録に乏しく，その種が帰化性のものか判断するのは困難な場合が多いが，荒川(1980)によって，帰化種の可能性が高いとされた12種類のうち，東京湾とそのごく周辺で記録があるのは，ハナザラコケムシ *Lichenopora radiata* Ortmann (三浦半島の油壺，千葉県館山市；馬渡，1967)，アミメヒダコケムシ *Membranipora savartii* (Audouin) (千葉県館山市；馬渡，1967)，フサコケムシ *Bugula neritina* (Linnaeus) (千葉県館山市・千葉市，神奈川県鶴見・横浜市・横須賀市，三浦半島油壺；Mawatari *et al.*, 1962；馬渡，1967)，ホソフサコケムシ *Tricellaria occidentalis* (Trask) (館山市，千葉市，鶴見，横浜市，横須賀市，油壺；Mawatari *et al.*, 1962馬渡，

1967), コブヒラコケムシ *Celleporina costazii* (Audouin). (館山市, 千葉市, 鶴見, 横浜市, 油壺; Mawatari *et al.*, 1962; 馬渡, 1967), チゴケムシ *Dakaria subovoidea* (D'Orbigny) (館山市, 横浜市, 横須賀市, 油壺をはじめとして東京湾のいたるところに普通である (馬渡, 1967; 風呂田, 1989).

6. シマメノウフネガイ *Crepidula onyx* Sowerby (軟体動物門: 腹足綱)

原産地: 北米太平洋岸 (荒川, 1980; Carlton, 1985, 1987).

日本国内の記録: 神奈川県の大磯半島金田海岸岩浦で, 1968年に発見された。その後1968年から1970年までに関東を中心に西は伊豆半島から東は鹿島灘まで, 1976年までに西は紀伊半島から東は福島県いわき市までと伊豆諸島大島に, 1984年までに西は広島県尾道市から東北地方全般まで, 1985年までに西は山口県宇部市までと伊豆諸島三宅島, 1988年には西は九州の福岡県柳川市まで広がった (青木, 1975, 1978; 西村, 1975; 高橋, 1987; 間瀬, 1969a, b, 1975, 1977; 江川, 1985; 鳥越, 1986; 肥後, 1988; 手塚, 1989).

東京湾での生息状況: 東京湾のあらゆる場所の潮下帯に多産する (風呂田, 1982, 1985a, b, c, d, e). 原産地では巻貝類に付着しているが, 日本では巻貝ばかりでなく, 二枚貝, フジツボの殻上, カニの甲殻, 海底の朽ち木, プラスチック製品にも着く (間瀬, 1975; 青木, 1975).

7. コウロエンカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* (Dunker) (軟体動物門: 二枚貝綱)

原産地: 中国・台湾に分布する。日本産種は Habe (1981) により新亜種 *Limnoperna fortunei kikuchii* とされたが, 現在日本の特に汚濁のすすんだ内湾に多産し, 1981年以前には全く記録がなく, 新亜種の記録・記載も瀬戸内海の工業地帯からなので, 中国・台湾からの移入種と考えると良いと思われる (山西, 1986a).

日本国内の記録: 兵庫県西宮市の香炉園で初めて見つかった (Habe, 1981). その後1982年から1985年に北九州市洞海湾で (山西他, 1985), 1985年に大阪府尼崎市と大阪北港で (山西, 1986a, b, c), また1987年に大阪府の淀川河口の伝法大橋から長柄橋にいたる場所で記録されている (山西, 1988).

東京湾での生息状況: 東京湾に最も多産する貝のひとつである。海中人工構造物に付着し, 東京都の有明の10・13号地では被度が20%近くに達し, 900cm²あたり1487個体を記録した場合もある (東京都環境保全局, 1988). 他に東京都のお台場 (東京都港区, 1989; 東京都環境保全局, 1988, 1989), 東京都品川

区・京浜運河出口 (青野, 1987, 1989), 隅田川河口 (古瀬・風呂田, 1985), 横浜港, 横浜市金沢湾 (横浜市公害対策局, 1989) 等に産する。

8. ミドリイガイ *Perna viridis* (Linnaeus) (軟体動物門: 二枚貝綱)

原産地: 台湾・東南アジア (肥後, 1973). フィリピンや香港等で食用にされている緑色の貝。

日本国内の記録: 1967年に兵庫県相生市・揖保郡御津町, 1968年に相生市坪根 (鍋島, 1968, 1975) また相生湾口でみつかる (杉谷, 1969). その後1980年に大阪府南部町界 (石川, 1980), 1983年に高知県幡多郡大月町 (梶原, 1984), 1984年に大阪府泉南郡岬町 (原田, 1985) で見つかる。

東京湾での生息状況: 東京湾各地で見られ, 岸壁等に付着している。丹下 (1985) は, 熱帯産の貝のため冬には低温のため死亡するとしている。しかし青野 (1989) は, 品川京浜運河出口で発電所温排水の出口に付着しているものは, 殻長が最大10cmに達し3年間生存していることを確認している。この発電所温排水の出口の個体数は1986年には280個体以上が確認されたが, 1987年にはほとんど絶滅し, 1988年に再び小型個体が多数見いだされるようになった (青野, 1989). 他に東京都江東区辰巳 (丹下, 1985), 品川・京浜運河出口 (青野, 1987, 1989), 有明・13号地・中央防波堤 (東京都環境保全局, 1988, 1989), 千葉県船橋市 (丹下, 1985), 千葉市千葉港口, 千葉市原市姉が崎, 千葉市原市五井沖 (風呂田, 1986b), 横浜市の金沢湾 (横浜市公害対策局, 1989), 横浜港, 横浜市本牧町 (横浜市公害対策局, 1989) など。

9. イガイダマシ *Mytilopsis sallei* (Récluz) (軟体動物門: 二枚貝綱)

原産地: メキシコ湾・カリブ海の河口域にすむ (Morton, 1987).

日本国内の記録: 1974年に清水市折戸で発見され (波部, 1980; 石橋・小坂, 1980), 一時非常に多産したが, 1981年に非常に稀になってしまった (波部, 1981). 1984年と1985年には北九州市の洞海湾で見つかる (山西他, 1985). 現在は日本からさらに台湾・ホンコンまで帰化が確認されている (波部, 1980; Morton, 1987).

東京湾での生息状況: 東京湾のいたるところのコンクリート岸壁などに付着している。東京都の有明・13号地 (東京都港区, 1989), 隅田川下流域, 千葉県市川市の新浜湖 (古瀬・長谷川, 1984; 古瀬・風呂田, 1984, 1985), などで見つかり, 特に隅田川では月島埠頭より6km上流の岸壁に, 潮間帯下部に40cm以上の幅で付着し被度は5-30%程度であ

った(古瀬・長谷川, 1984)。また品川京浜運河出口の発電所温排水出口では、コウロエンカワヒバリガイと並んで多産する(青野, 1987)。

10. ムラサキガイ *Mytilus galloprovincialis* Lamarck (軟体動物門: 二枚貝綱)

原産地: 世界のあらゆるところに帰化しているため、原産地の特定が困難であったが、最近細見(1989)は、貝殻のアロメトリーから地中海原産であるとした。日本産の標本に対して、*Mytilus edulis* Linnaeus があてはめられることもあったが、現在は *Mytilus galloprovincialis* かまたは *Mytilus edulis galloprovincialis* を使う場合が多い(詳しくは、細見(1989)のレビューを参照)。

日本国内の記録: 1920年ごろに兵庫県神戸市の神戸港で発見されて、次いで東京湾の横須賀市の横須賀港で1927-1929年に、横浜市金沢区で1933-1936年に見つかっている(梶原, 1985)。現在では、東北地方以南のいたるところの沿岸域に普通で、日本沿岸のあらゆる帰化動物中最も繁栄している種といわれる(詳しくは 梶原, 1985; 細見, 1989のレビューを参照)。

東京湾での生息状況: 現在東京湾のいたる所の岸壁、ロープ、ブイ、栈橋の橋桁等に付着している(風呂田, 1981, 1985a, b, c, 1986, 1987, 1989; 古瀬・風呂田, 1985)。東京湾の付着生物の80%以上(重量%)を占め、密度は200-800kg/m²におよび、東京湾で約1万t以上の現存量があるとされている(梶原, 1985)。

11. アメリカフジツボ *Balanus eburneus* Gould (節足動物門: 甲殻綱)

原産地: 北米大西洋岸(内海, 1966)。

日本国内の記録: 1950年に横須賀市で行われた東京湾付着生物調査の試験板法による調査で、初めて確認された(梶原, 1977)。1963年に利根川河口から、1964年に山形県の加茂港から、1966年に新潟県佐渡ヶ島の加茂湖から記録された(内海, 1966)。また人工付着板による調査から1964年に、兵庫県相生市、長崎県の佐世保港と長崎港、また1970年までに京都府舞鶴市、福井県敦賀市、福岡県博多湾(Utinomi, 1970)から発見されている。また1968年に福井県内浦湾(安田, 1970)、1972年に神奈川県小田原市(馬渡・林, 1974)、1974年に静岡県伊豆下田(Hirata, 1987)、1976年に三重県の的矢湾(Iwaki *et al.*, 1977)、1976年ころから東京湾でも見いだされるようになり(小坂・石橋, 1979)、最近では四日市市(Kawahara *et al.*, 1979)、愛知県の名古屋港(西川・日野, 1988)、三浦半島江奈湾(山口, 1982)、大阪湾の淀川河口(山西, 1988)、愛知県の三河湾佐久島

(西川, 1985)、三重県の熊野灘(平田他, 1986)などをはじめとして、太平洋岸は関東から鹿児島まで、日本海側は、新潟以南九州までの地域の港湾や内湾に分布している(山口, 1986, 1989)。

東京湾での生息状況: 木更津から東京湾奥を経て横須賀までの、湾内のいたるところの、主として潮下帯の人工構造物に付着する(古瀬・風呂田, 1985; 山口, 1982, 1983)。また千葉県千葉市千葉港口、市原市の姉崎と五井(風呂田, 1985b, 1986b)、東京都の大井埠頭(東京都環境保全局, 1985, 1987)、有明(東京都環境保全局, 1988, 1989)、三枚洲、羽田洲(東京都水試, 1981)、また神奈川県横浜港、横浜市金沢湾(横浜市公害対策局, 1987, 1989)など。

12. ヨーロッパフジツボ *Balanus improvisus* Darwin (節足動物門: 甲殻綱)

原産地: ヨーロッパ大西洋岸(内海, 1966)。

日本国内の記録: 1952年に三重県の英虞湾で、資源科学研究所と三重県水産試験所で行われた付着生物調査で採集された標本の中に、同種がはいっていることが、後で発見された(小坂, 1985)。1959年に愛知県の名古屋市と四日市市(Kawahara, 1963)、1962年に紀伊水道から静岡県の浜名湖にいたる地域(Kawahara, 1963)、1963年に利根川とその支流の茨城県の常陸川(内海, 1966)、1964年に三浦半島油壺と三重県鳥羽市(馬渡, 1967)、1968年に福井県の内浦湾(安田, 1970)、1972、1973年に東京湾の神奈川県横須賀市、横浜市の追浜(梶原, 1977)と小田原市(馬渡・林, 1974)、1972年静岡県の浜名湖(Kawahara *et al.*, 1976)、1976年三重県の的矢湾(Iwaki *et al.*, 1977)などで記録された。また最近では四日市市(Kawahara *et al.*, 1979)、茨城県の涸沼から鹿島灘に通じる水路(菊池, 1981)、愛知県の知多湾(平田, 1986)、三重県の熊野灘(平田他, 1988)などで、発見され、現在は東北から九州の長崎にいたる広い範囲の港湾に見られる(山口, 1986, 1989)。

東京湾での生息状況: 東京湾のいたるところの水深数mの岸壁などの人工構造物に付着する。東京都の羽田洲(東京都水試, 1981)、浦安(東京都環境保全局, 1988)、隅田川河口(東京都環境保全局, 1988)、有明13号地、大井埠頭、三枚洲(東京都環境保全局, 1985, 1987)、また神奈川県鶴見大橋、横浜港、横浜市金沢湾(横浜市公害対策局, 1986, 1989)、千葉県の千葉港(風呂田, 1985b)などで見られる。

13. チチュウカイミドリガニ *Carcinus mediterraneus* Czerniavsky (節足動物門: 甲殻綱)

原産地: 地中海(酒井, 1986)。

日本国内の記録と東京湾での生息状況: 現在のと

ころ東京湾のみで帰化が知られている。1959年千葉県浦安沖で採集されて以来、東京湾で大量に採集されるようになった(酒井, 1986)。1984年には横浜市磯子区で大量に採集され、新聞記事にもなり(酒井, 1986)、また横浜市本牧(丹下, 1985)、さらに横浜市山下公園でも1984、1985年に採集されている(横浜市公害対策局, 1986)。

14. イッカクモガニ *Pyromaia tuberculata* (Lockington) (節足動物門: 甲殻綱)

原産地: 北米太平洋岸(酒井, 1971; Carlton, 1985, 1987)。

日本国内の記録: 1970年神奈川県の小田原沖、三浦半島の城ヶ島沖・三崎沖、油壺沖・久里浜沖、東京都の三枚洲、夢の島沿岸で発見され(酒井, 1971)、浦賀水道、相模湾、伊勢湾でも1973年までに採集されている(Sakai, 1976)。現在関東から駿河湾、浜名湖、三河湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海、山口県の神谷湾をへて福岡県の博多湾まで分布が確認されている(Ohta, 1983; 風呂田・古瀬, 1988; 浜野他, 1985)。

東京湾での生息状況: 風呂田・古瀬(1988)は、本種の東京湾への定着は1960年代であると推測している。現在は、千葉県の船橋沖などの東京湾最奥部を中心として湾のいたるところの潮下帯海底に高密度で分布する(風呂田, 1985a, b, c, 1987, 1988, 1990)。

15. マンハッタンボヤ *Molgula manhattensis* (De Kay) (脊索動物門: 原索綱)

原産地: 北米大西洋岸。

日本国内の記録: 1972年ころ広島県で発見された(Nakauchi and Kajihara, 1981)。その後1973年に静岡県浜名湖(Kajihara *et al.*, 1976)、そして1975年には東京港でも見つかるようになった(Nakauchi and Kajihara, 1981; 荒川, 1985)。また愛知県の名古屋港(西川・日野, 1988)、大阪湾(西川, 1986b)でも発見されている。

東京湾での生息状況: 東京湾のいたるところの水深数mの岸壁などに着く。人工付着板による実験では、夏から秋に最も付着する(横浜市公害対策局, 1986, 1989)。東京湾、千葉港(風呂田, 1985a, 1986b)、東京都の有明13号地・中央防波堤、城南大橋、浦安沖、羽田沖(東京都環境保全局, 1988, 1989; 東京都港区, 1989)、横浜港(横浜市公害対策局, 1987, 1989)などで見つかった。

16. カタウレイボヤ *Ciona intestinalis* (Linnaeus) (脊索動物門: 原索綱)

原産地: かつて分類学的混乱があり *Ciona robusta*

Hoshino *et Tokioka* とされていたが、この学名は上記のシノニムとなり、ヨーロッパ原産とされている。また皮袋の柔らかいユウレイボヤは *Ciona savagnyi* Herdman となった(西川・星野, 1984; Hoshino and Nishikawa, 1985; 西川, 1986a, b)。世界のいたるところの港湾の代表的汚損生物である(Morton, 1987)。

日本国内の記録: 1902年横浜港での記録と標本が大英博物館にある(Hoshino and Nishikawa, 1985)が、それ以降の記録は主として70年代前後からのもので、1967年に宮城県唐桑(Hoshino and Tokioka, 1967)、1970年と同じく唐桑, 1973-1979年に紀伊半島, 1975年に能登半島, 1976年に宮城県女川, 1978年に瀬戸内海の東予, 1980年に大阪湾, 1981年に菅島, 1983年に英虞湾, 1983年に知多湾, 1986-1987年に名古屋港, 1986年に熊野灘の、記録がそれぞれある(Hoshino and Nishikawa, 1985; 西川・日野, 1988; 西川, 1988; Nishikawa, 1980; 平田他, 1988)。

東京湾での生息状況: 東京湾のいたるところで多産する(西川, 1986a; Hoshino and Nishikawa, 1985; Nakauchi and Kajihara, 1983; 東京都環境保全局, 1989; 横浜市公害対策局, 1981, 1987, 1989)。

考 察

東京湾の動物の特徴として、帰化種の個体数が非常に多いということがあげられる(風呂田, 1982, 1985a, b, c, d, e, 1986a, b, 1987)。例えば、千葉県の五井・船橋沖のマクロベントスを1984年に定量調査した風呂田(1985a)によると、軟体動物腹足類では帰化種個体数密度が全個体密度の約92% ($n = 110$)、二枚貝では同じく89% ($n = 660$)、節足動物十脚甲殻類では95% ($n = 630$)となっている(同論文表中の概数の平均値で計算)。また、人工基物上の付着生物群集を定量調査した古瀬・風呂田(1984)によると、1983年の調査で東京湾奥の18地点中、帰化種の被度が40%を越えた所が15ヶ所あった。さらに東京湾の付着生物の重量比にして80%が、帰化種であるムラサキガイで占められる(梶原, 1984)。こうした帰化種の多さということは、一般に都市化のすすんだ地域に良くみられる現象である(宮下, 1982)。ここでは、こうした帰化種がなぜ東京湾に多いかということについて考察してみる。

帰化の要件

ある生物が帰化できるかどうかは、いろいろな条件が必要になってくる。

帰化の前提として、海外から運ばれてくるルートが必要であるが、東京湾の場合それは船舶の往来によるものが多いであろう。かつて、フジツボやコケ

ムシなどの付着生物の多くの種類が船底に付着して、その分布を世界中に広げた(Carlton, 1980, 1987)。現在は船のバランスをとるためのバラスト水に入って、運ばれることが多いと考えられている。このバラスト水は出発地の港で船に取り入れられ、航海後、目的地の港で捨てられる。この中に多数の生きたベントスやその幼生が含まれていて、北米太平洋やオーストラリアから、生きたまま大洋を横断して、アジアに運ばれてくる(Carlton, 1985, 1987)。Carlton (1987)によれば、太平洋にはこうしたルートの主なものが12あり、日本へのルートはこのうち2つで、北米からの太平洋横断ルートにのってイッカクモガニ、シマメノウフネガイなどが、オセアニアからの太平洋横断ルートにのってカニヤドリカンザシ、カサネカンザシなどが運ばれたと推測している。またその他にも東南アジアからのルートも考えられ、ミドリイガイのように熱帯産で、温排水の影響のあるようなごく一部の特殊な地域を除いて、冬は絶滅していると考えられる種類も、船のバラスト水による供給が続いていれば、また次の年に入ってきて増殖する機会も充分ある。

また酒井(1986)は、最近日本に海外から大量の海産物・生鮮食品が輸入されていて、それにまぎれて移入してくる可能性を考察しているが、残念ながらそれを支持する具体的データは特にない。

しかし一方で、ただ運ばれてきただけでは帰化するとは限らず、例えば、環境条件がその生物に適している、土着の生物群集の中に競争相手がいない又はいてもそれを打ちまかすだけの競争力がある、あるいは土着種との競争を穏和すべく少しちがった生息地や食物を利用する(菊池, 1981; 水野, 1980)、天敵がいないこと、その種の繁殖力が強いこと(伴, 1980)、土着の群集の構成種が侵入種にニッチェを与えられるような「調整的」群集であること(川那部, 1980)等が、帰化のために必要となってくる。

そこでここでは、まず東京湾における海洋生物の生息環境の現況を述べ、過去の状況と比較し、そして雑然と論じられてきた帰化成功の要因を整理して述べる。

都市化と港湾開発による種多様性の減少と帰化種の増大

東京湾にはかつては豊かな干潟がひろがっていたが、都市化がすすむなかでその殆どは埋め立てられ、1940年代に9500ha以上あった干潟は、1989年までにその約89%にあたる8433haが消失した。その結果海岸や河岸は殆どコンクリートの護岸工事がなされ、自然の海岸は消失してしまい、1989年には千葉県の富津から神奈川県の大磯にいたる海岸線696kmのうち自然海岸は僅かに3.4%にあたる23.6kmが残ってい

るにすぎず、特に東京都では全く残っていない(一柳, 1989)。

そして、自然海岸である岩礁や干潟に生息する多くの在来種が、生息地の大部分を失ない、種の多様性が著しく減少し、一方で帰化種は増大した。例えば、自然海岸である神奈川県の大磯の岩礁では21-32種類の生物が生息し帰化種率はわずか3-5%だが、ごく近隣の人工護岸垂直壁には、3-13種類しか生息していないにもかかわらず帰化種率は33-40%に達する(風呂田, 1989)。また自然海岸である千葉県盤洲干潟沖では、19種類の底生動物が生息している帰化種率は11%であるが、近隣の人工海岸である千葉市原市の姉ヶ崎埋立地沖では、10種類しか生息していないが帰化種率は20%である(風呂田, 1987)。

さらに現在と過去の東京湾を比較したとき、種多様性の減少と帰化種の多さは、明瞭である。例えば東京湾で1954年に3回53の地点で底曳網をひき77種類の十脚甲殻類が採集された記録がある(Kubo and Asada, 1957)が、風呂田(1985a)は、1984年に10回33の地点での調査で、25種類しか採集していない。この場合1954年に帰化種は6623採集個体中ゼロであったが、1984年には863個体中476個体(55.2%)が帰化種であった。また人工基質投下による付着生物生息状況調査では、1964年に出現18種のうち17%が帰化種であったが(馬渡, 1967)、1985年には出現16種中38%が帰化種であった(風呂田, 1987)。

帰化の群集的背景—捕食(天敵)・競争関係

こうした在来種の減少と生息地の喪失が、帰化種にとっての生息地の獲得、潜在的競争種や天敵が非常に少ない環境を提供したということが考えられ、帰化を促す一因となったと考えられる。

例えばアメリカフジツボの場合、岸壁面が藻類で覆われてしまうと、定着が阻害される(小坂, 1985)が、通常コンクリート垂直護岸壁の大型藻類の出現率はきわめて低く、例えば東京湾内の自然岩礁である大磯岩礁で出現大型藻類は5-7種であるが、ごく近隣のコンクリート垂直護岸では1-2種類であり(横浜市, 1989)、アメリカフジツボにとって人工海岸の潮下帯は侵入ししやすい状況になっている。また東京湾においてアメリカフジツボと同じような生息地にすむのは、タテジマフジツボ・シロスジフジツボであるが、後2種の分布は潮間帯が主なので、潮下帯を主として分布するアメリカフジツボと空間をめぐる競争は生じにくく(小坂, 1985)、アメリカフジツボにとっての競争種は少ない。

またこの例のみならず前述のように、コンクリート壁やロープなどの海中人工基質には在来種の出現は少なく、生息地として空白地であり、帰化動物の

侵入を許し易いといえる。

ムラサキガイの近似種で、岩礁潮間帯に足糸で附着する在来種にイガイやムラサキインコガイがあるが(詳しいメカニズムはまだわかっていないが)、人工の基質にはつかないので、人工基質の非常に多い東京湾でムラサキガイは繁栄し易い(梶原, 1985)。またマガキ (*Crassostrea gigas*) はムラサキガイと同じようにコンクリート岸壁に多数附着し直接的な競争種といえるが、ムラサキガイはマガキを容易に被覆してしまい、空間をめぐる競争に優位である(梶原, 1985)。また同所的に多産するタテジマフジツボとの競争でも、フジツボを被覆し殺してしまい、競争的に優位である(細見, 1989)。結局一般的に日本の固着性の動物でムラサキガイに勝てる生物はいない(細見, 1989)。また世界的にも多くの場合、潮間帯附着生物群集の遷移の極相が、ムラサキガイを主とした群集になる(細見, 1989)。

イガイ類・フジツボ類・コケムシ類の重要な天敵として、ウニ類が知られているが(橋高, 1977, 1984)、沿岸性のムラサキウニ (*Anthocardia crassispina*) ・パファンウニ (*Hemicentrotus pulcherrimus*) ・アカウニ (*Pseudocentrotus depressus*) などは現在は、東京湾の富津と観音崎を結ぶ線より内側には殆ど産しない(風呂田, 私信)。

なおムラサキガイの重要な捕食者として、イソガニ類 (*Hemigrapsus*)、ワタリガニ類 (*Portunidae*)、ヒトデ (*Asteria amurensis*) などが知られ(細見, 1989)、東京湾にもこれらが生息しているが、それらの影響についてはわかっていない。また他の帰化動物の種間関係についても、こうした大型カニ類、ヒトデ類、またさらに魚類による影響が考えられるが、それらのことも含めて東京湾の生物群集全体の食物連鎖の正確で定量的な研究が無く、今後の研究の進展が望まれるといえる。

環境悪化による非予測的大絶滅

湾岸都市・工業地帯からの排水中の有機物と排水中の無機栄養による植物プランクトンの高い一次生産により、著しい有機汚濁が進行した(風呂田, 1980; 1985d, e)。例えば1979年2月と8月の2カ月とも珪藻の *Skeletonema costatum* が約5万細胞/ml、渦鞭毛藻の *Prorocentrum minimum* が約4万6千細胞/mlに達し、11月に珪藻の *Chaetoceros curvicutum* が約3万細胞/mlに達し、ほとんど恒常的な赤潮の状態になっている(風呂田, 1985d)。また夏期に成立する海水の成層構造(風呂田, 1980)により、湾奥にある浚渫土を掘り取った海底の大きなくぼみを中心に、貧酸素水塊が形成され、5月から10月の長期に渡って2 mg/l以下の貧酸素状況が続き、特に7, 8月は0 mg/lとなった(風呂田, 1988d)。成

層がくずれはじめる8月ころより、この貧酸素水塊が沿岸に湧昇しバクテリアの異常発生により海水が青緑白濁する青潮が発生し、沿岸生物の大規模絶滅をひきおこしている(風呂田, 1987)。

その具体例としては1966年に浦安から稲毛にいたる9000haの範囲で8万t, 1985年に千葉県三番瀬で3万tのアサリが斃死したり、1983年に千葉県船橋市から市原市五井にかけてムラサキガイがほぼ絶滅した(風呂田, 1987)。また夏期に東京湾で大型底生動物の全種が絶滅するいわゆる無生物地帯の面積は、1981年には1941年の2倍以上に拡大している(風呂田, 1988)。

このように、東京湾では水質の悪化による、底生生物の広範囲で大規模な絶滅がたびたび起こっている。

こうした状況化で個体群を維持するためには、環境悪化に対する生理的耐性があり、大規模な絶滅から容易に個体群を回復できる力がある生物が、生き残っていくと考えられ、帰化動物の多くがそのような特性を持つ。それを以下に述べてゆく。

生理的耐性と帰化

富栄養化、有機汚濁に対する耐性としては、Morton (1987)によれば、ホンコンでの調査で海水の有機汚濁が非常に進行した湾への帰化に成功したのは、イガイダマシ、ムラサキガイ、ナギサコケムシ、ミドリイガイ、フサコケムシであった。マンハッタンボヤは、海水の汚濁に強い耐性があり、ニューヨークのマンハッタンやホンコンなど世界の内湾の汚染海域に多産する(Nakauchi and Kajihara, 1981; Morton, 1987)。フサコケムシはイタリアの家庭排水が一年中大量に放出される内湾の有機汚濁域で繁栄している記録があり、貧酸素にも強い(Soul and Soul, 1979)。さらに、附着生物忌避物質のペンキを塗ったプレートにも5-7週間で附着してきてその生物群集の優占種となる(Lee and Trott, 1973)。またナギサコケムシも、溶存酸素耐性、アンモニア耐性、有機態窒素耐性において非常に似ている(Soul and Soul, 1979)。カタユウレイボヤは、東京湾内に多産し、ごく近縁のユウレイボヤは東京湾ではみられず湾外の三浦半島三崎ではじめてみられる(Nakauchi and Kajihara, 1978)ことは、前者が汚濁に強いことを示唆する(西川, 1986a)。それを支持する一つの証拠として、カタユウレイボヤは油で汚濁された海水でも、幼生が順調に発生するが、ユウレイボヤではうまくいかない(西川, 1986a)。

また汚濁海域では、しばしば海水が著しく貧酸素化、または無酸素化するが、ムラサキガイは、その状況に良く耐える。実験的には10°Cで7日間無酸素化した海水に封入しても80%が生存する(平井・

林, 1986). また溶存酸素量が $0.5\text{ml}/\ell$ まで呼吸量に変化がなく、 $0.07\text{ml}/\ell$ の溶存酸素量水で個体によって20日から1カ月近く生存する。これに対して、在来種で内湾に生息するアカガイでは $1.0\text{ml}/\ell$ 、ホタテガイで $2.0\text{ml}/\ell$ 、トリガイで $2.0\text{ml}/\ell$ で呼吸量が低下してしまう(平井・林, 1986)。

ところで、通常海水の塩分濃度は平均的に33%程度であるが、東京湾のような内湾では、河川・陸上からの淡水の流入により、しばしば塩分濃度が劇的に低下する。また、陸上の土壌の表面がコンクリートで覆われている場合、降雨による淡水は、土壌にしみこまざり一気には河川へ流れでる可能性があるため、都市化がすすんだ地域ほど、塩分濃度の変化が激しいことが予想される。例えば東京の晴海埠頭先の海水塩分濃度は、1年間で32.4%から17.3%まで、変化している。また多摩川河口や荒川河口は通常でも16%程度で、降雨時には一時的に数%におちることは充分予想される(東京都環境保全局, 1987)。

帰化動物の多くは、元来河口域や内湾にすむ種類が多く、塩分の変化に耐性を持っている。例えばムラサキガイは、低塩分濃度によく耐える(坂口, 1984)。同様にコウロエンカワヒバリガイは元来河口域の種類であり、海水の低塩分濃化に耐える(Habe, 1981; Morton, 1987)。アメリカフジツボは、四日市の記録では塩分濃度14-17%のところすんでいる(Kawahara *et al.*, 1979)。ヨーロッパフジツボは元来ヨーロッパの河口域に生息する種類で、通常の海水の1/20の塩分濃度(筆者注: 1.65%くらい)に耐えて生息できる(山口, 1989)。マンハッタンボヤは、10%の低塩分に耐える(Miller, 1971)。カサネカンザシは、低塩分で水の濁ったところを好む。従って陸上から流れ込んだ窒素の量が多く、その拡散をさまたげるような気象条件の時、異常発生を起こす(今島, 1986)。カニヤドリカンザシは、塩分1-33%で着生することができ、5-30%で成長することができる(荒川, 1980)。フサコケムシは塩分11%以下で生息することができ、例えばハワイで淡水が大量に流入している港での記録がある(Soul and Soul, 1979)。またナギサコケムシも、塩分耐性の生理的特性は非常に似ている(Soul and Soul, 1979)。チチュウカイミドリガニは、ミドリガニ(*Carcinus maenus*)ときわめて近縁でその地理的亜種とされることもあるが、もともと内湾を好み10-33%の低塩分の海域を生息地としている(Williams and Duke, 1979)。

帰化の個体群生態的背景

一般的に繁殖力の強い生物は帰化に成功しやすい。繁殖力が強いと、短期間にその個体数を増加させる事ができ、また非予測的な絶滅に耐えうる。特に東

京湾のような場所では、突発的な赤潮・青潮の発生で個体群の広い範囲の個体が死滅したり、有機汚濁の進行で夏期に著しい貧酸素の水域ができてその範囲の個体群が絶滅したりするような場所では、このような非予測的かつ大規模な絶滅に耐え個体群を復活させる力が必要不可欠である。

繁殖力の強さは普通内的自然増加率 r の大きさであらわされ、増殖が環境抵抗なしにおこっていくときは、個体群内の個体数 N は、 $dN/dt=rN$ と指数関数的に個体数が増加し、何らかの外的理由で個体数上限 (K) が決まってくる場合、個体群はロジスティック成長、 $dN/dt=rN(1-N/K)$ 、またはそれに近似した成長をする場合が多い(Krebs, 1978)。この r を高める方法には理論的に、多い産仔数、早い成熟、多数回産卵の3通りがある(Sterns, 1976)。このことを東京湾の帰化生物について考察してみる。

イッカクモガニは、東京湾への移入にもっとも成功した甲殻類のひとつであるが、このカニは周年抱卵メスが採集され、高温期では1カ月、低温期でも3カ月という在来のカニでは考えられないような速さで成熟し、またメスは一回の産卵後直ちに次のバッチを抱卵し、生涯何回も抱卵する(風呂田, 1988, 1990)。従って非常に高い r を持っている、大規模な絶滅がおこっても、少数の個体数から容易に大きな個体群へと回復する内在的な力があることを示している。これに比べると、東京湾に生息する在来種のヒライソガニ(*Gaetice depressus*)、イソガニ(*Hemigrapsus sanguineus*)、ケフサイソガニ(*Hemigrapsus penicillatus*)などは繁殖期が水温の高い時期に限られていて、その年の幼生が定着後次の年までは性成熟しないので(Fukui, 1988)、 r の値はかなり低いといえる。

木下・平野(1977)は、管棲ゴカイの生態と幼生飼育の研究結果から、カサネカンザシ、カニヤドリカンザシは産卵量が多く成長、成熟がきわめて早いので、大発生する可能性があるとしている。

フサコケムシの内的自然増加率は 28.3°C で0.380、 24.6°C で0.362であるが(北村・平山, 1985)、1個虫から20,000個虫までの増殖関数は、ロジスティックでなく指数関数的で急激に増殖し、夏期は1か月で32000個体まで増殖する(北村・平山, 1984)。

ヨーロッパフジツボは抱卵個体が一年中みられ(山口, 1989)、三重県での調査では一年の産卵回数が30回以上におよぶ(小坂, 1985)。またアメリカフジツボもやはり年20回以上産卵し、高い繁殖力を持つ。ただし東京湾によくみられるシロスジフジツボ(在来種)とタテジマフジツボ(3000年以上前に帰化、山口, 1986)も、年20回以上の産卵回数を持ち、東京湾でよく繁栄している(山口, 1989)。

ムラサキガイは非常に大きな生産力を持ってい

て *Caridium* などの100倍近く (Hosomi, 1987; 細見, 1989; 伊藤・山本, 1984), 近縁在来種のイガイ (*Mytilus corsucus*) と比較しても, 単位現存量あたり約4倍高い (伊藤・山本, 1984). これは一次生産の限られた場所でも, 非常に効率良く, エネルギーを成長に変換できることを意味し, それが, 東京湾における現存量の大きさにつながっていると思われる.

なおムラサキイガイの東京湾における繁殖期は杉浦 (1959) が木更津の個体群で10月~4月, 劉・梶原 (1983) が横須賀で10月~3月とし, また稚貝定着の最盛期は5月~6月 (Miyazaki, 1938; 梶原他, 1978; 坂口・梶原, 1988) であり, 冬期から春期の比較的汚濁・貧酸素・青潮・赤潮の少ない時期であることは, 幼生の死亡を少なくし, この貝が東京湾の生物の中で最大の現存量をもっている (梶原, 1984) という点の, 一つの原因になっているかもしれない.

謝 辞

東京湾の生物全般についてご指導, ご教示いただき, 多数の文献・資料を提供していただき, 原稿を読んで懇切なコメントをいただいた東邦大学理学部の風呂田利夫講師に深く感謝申し上げます. 多数の文献をいただき, 原稿を読んで批判していただいた当館の大越和加博士と黒住耐二氏に深く感謝いたします. 多数の文献をいただいた, 名古屋大学教養部の西川輝昭助教授, 千葉大学理学部の山口寿之助教授, 神戸育英高校の細見彬文氏, 筑波大学下田臨海実験センターの平田徹博士, 東海大学海洋学部の小坂昌也教授, 大阪市自然史博物館の山西良平博士, 国立科学博物館の武田正倫博士, 千葉県水産試験場の平本紀久夫博士, 山崎明人氏, 九州大学理学部天草臨海実験所の青木優和氏, 高知大学理学部の近藤康生博士に深く感謝申し上げます.

引用文献

- 青木茂男. 1975. シマメノウフネガイの付着状況. ちりぼたん 8: 146.
- 青木茂男. 1978. ネコゼフネガイの入手とシマメノウフネガイとの比較. ちりぼたん 10: 32-34
- 青野良平. 1987. 江戸前の貝. みたまき (相模貝類同好会会報) 21: 34-35.
- 青野良平. 1989. 京浜運河のミドリイガイ. みたまき (相模貝類同好会会報) 23: 14-16.
- 荒川好満. 1971. 1969年広島湾に異常発生した管棲多毛類の一種カサネカンザシによる養殖カキの被害について. *Venus* 30: 75-82.
- 荒川好満. 1980. 日本近海における海産付着動物に移入について. 付着生物研究 2: 29-37.
- 荒川好満. 1985. 食用カキ移植にともなう付着動物の侵入. 沖山宗雄・鈴木克美 (編), 日本の海洋生物—侵略と攪乱の生態学. 69-78pp. 東海大学出版会, 東京.
- 荒川好満・久保田久次. 1973. 養殖カキ付着生物の防除に関する研究—I 広島湾におけるカサネカンザシの分布・季節変化. 広島水試研報 4: 13-17.
- 伴浩治. 1980. アメリカザリガニー侵略成功の鍵. 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦 (編), 日本の淡水生物—侵略と攪乱の生態学, pp.37-43. 東海大学出版会, 東京.
- Carlton, J. T. 1985. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 23: 313-371.
- Carlton, J. T. 1987. Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific ocean. *Bull. Mar. Sci.* 41: 452-465.
- 江川和文. 1985. シマメノウフネガイの分布と伝搬状況. ちりぼたん 16: 37.
- Fauvel, P. 1936. Annelides polychetes du Japon. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Imp. Univ.*(B) 12: 41-92.
- Fukui, Y. 1988. Comparative studies on the life history of the grapsid crabs (Crustacea, Brachyura) inhabiting intertidal cobble and boulder shores. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* 33: 121-162.
- 風呂田利夫. 1980. 温帯内湾域における植物プランクトン現存量の季節変動. 日本プランクトン学会誌 27: 63-73.
- 風呂田利夫. 1981. 干潟のマクロベントスの群集構造. 沿岸海洋研究 18: 78-87.
- 風呂田利夫. 1982. 都市化と東京湾の生物. 沼田真・小原秀雄 (編), 東京の生物史, pp.128-137. 紀ノ国屋書店, 東京.
- 風呂田利夫. 1985a. 東京湾千葉県内湾域の底生・付着動物の生息状況, 特に群集の衰退が海底の酸欠の指標となり得る可能性についての検討, III. 大型底生動物の6節変化と酸欠との関係. 千葉県臨海開発地域等に係わる動植物影響調査 X II: 94-111.
- 風呂田利夫. 1985b. 東京湾千葉県内湾域の底生・付着動物の生息状況, 特に群集の衰退が海底の酸欠の指標となり得る可能性についての検討, IV. 付着動物の季節変化, 千葉県臨海開発地域等に係わる動植物影響調査 X II: 112-122.
- 風呂田利夫. 1985c. 東京湾千葉県内湾域の底生・付着動物の生息状況, 特に群集の衰退が海底の酸欠の指標となり得る可能性についての検討, V. 酸素欠乏にともなう底生動物相の衰退と海底環境指標動物. 千葉県臨海開発地域等に係わる動植物影響調査 X II: 123-132.
- 風呂田利夫. 1985d. 東京湾, 生物. 日本全国沿岸海洋誌, pp.373-387. 東海大学出版会, 東京.

- 風呂田利夫, 1985e. 東京湾の底生動物, 分布からみた汚濁海域での個体群維持機構に関する考察. 海洋と生物 7: 346-352.
- 風呂田利夫, 1986a. 東京湾千葉県内湾域の底生・付着動物の生息状況, 特に群集の衰退が海底の酸欠の指標となり得る可能性についての検討, VI. 酸欠期の底生動物相と海底環境指標動物. 千葉県臨海開発地域等に係わる動植物影響調査 X III: 351-369.
- 風呂田利夫, 1986b. 東京湾千葉県内湾域の底生・付着動物の生息状況, 特に群集の衰退が海底の酸欠の指標となり得る可能性についての検討, VI. 酸欠期の付着動物相と水柱環境指標動物. 千葉県臨海開発地域等に係わる動植物影響調査 X III: 370-377.
- 風呂田利夫, 1987a. 東京湾の生物. 日本の生物 1: 30-40.
- 風呂田利夫, 1987b. 東京湾における青潮の発生. 水質汚濁研究 10: 14-18.
- 風呂田利夫, 1988. 移入種イッカクモガニ *Pyromaia tuberculata* の生態. 日本ベントス研究会誌 33/34: 79-89.
- 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.
- 風呂田利夫・古瀬浩史, 1988. 移入種イッカクモガニ *Pyromaia tuberculata* 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.
- 古瀬浩史・風呂田利夫, 1984. 東京湾隅田川河口のイガイダマシ. 付着生物研究 5: 55.
- 古瀬浩史・風呂田利夫, 1985. 東京湾奥部における潮間帯付着動物の分布生態. 付着生物研究 5: 1-6.
- 古瀬浩史・長谷川和範, 1984. イガイダマシ東京湾に産す. ちりぼたん 15: 18.
- Kubo, I. and E. Asada. 1957. A quantitative study of crustacean bottom epifauna of Tokyo Bay. J. Tokyo Univ. Fish. 43: 249-289
- 波部忠重, 1980. 新移入二枚貝イガイダマシ(新称). ちりぼたん 11: 41.
- 波部忠重, 1981. イガイダマシ *Mytilopsis sallei* その後. ちりぼたん 12: 82.
- Habe, T. 1981. A catalogue of molluscs of Wakayama Prefecture, the province of Kii. I. Bivalvia, Scaphopoda, and Cephalopoda. 301pp. Editorial Committee of "A Catalogue of Molluscs of Wakayama Prefecture", Wakayama.
- 浜野龍夫・古川哲二・福本徳人・松浦修平, 1985. 博多湾における大型底生動物群集の動態. 九大水産実験場研報 7: 1-26.
- 原田栄二, 1985. 大阪湾で発見されたミドリイガイ. 付着生物研究 5: 39-40.
- 平田和之, 1986. 知多湾における初期汚損生物群集中の自由生活動物について. 付着生物研究 6: 15-22.
- 平田和之・篠田保・中山嘉文, 1988. 熊野灘奈屋浦におけるイセエビ仔エビ礁の汚損生物群集. 付着生物研究 7: 49-62.
- Hirata, T. 1987. Succession of sessile organisms on experimental plates immersed in Nabeta Bay, Izu Peninsula, Japan. II. Succession of invertebrates. Mar. Ecol. Prog. Ser. 38: 25-35.
- Hoshino, Z. and T. Nisikawa. 1985. Taxonomic studies of *Ciona intestinalis* (L.) and its allies. Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 30: 61-79.
- Hoshino, Z. and T. Tokioka. 1967. An unusually robust *Ciona* from the northeastern coast of Honshu Island, Japan. Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 15: 275-290.
- Hosomi, A. 1987. The detailed report on the production of the mussel, *Mytilus galloprovincialis*. Bull. Ikuei High Sch. 5: 1-20.
- 細見彬文, 1989. ムラサキイガイの生態学. 137pp. 山海堂, 東京
- 肥後俊一, 1973. 日本産貝類総目録. 379pp. 長崎県生物学会, 長崎.
- 肥後俊一, 1988. シマメノウフネガイ九州に産す. ちりぼたん 19: 42.
- 平井明夫・林智草, 1986. 低酸素海中におけるムラサキイガイの酸素消費量と生存日数. 付着生物研究 6: 31-34.
- 一柳洋, 1989. 誰も知らない東京湾, 236pp. 農文協, 東京.
- Imajima, M. 1976. Serpulinae (Annelida, Polychaeta) from Japan. I. The Genus *Hydroides*. Bull. Nat. Sci. Mus. ser. A (Zool.) 2: 229-248.
- Imajima, M. 1979. Serpulidae (Annelida, Polychaete) collected around Cape Shimonoseki, Kii Peninsula. Mem. Natn. Sci. Mus., Tokyo 12: 160-183.
- 今島実, 1979a. 付着動物の種類査定法(1)管棲多毛類. 付着生物研究 1: 29-35.
- 今島実, 1979b. 付着性多毛類の分類と分布. 海洋と生物 5: 2-14.
- 今島実, 1980. 東京湾における燈浮標上の多毛類. 付着生物研究 2: 23-27.
- 今島実, 1984. 男鹿半島周辺海域のカンザシゴカイ類(多毛綱)の種類と分布. 国立科博専報 17: 111-117.
- 今島実, 1986. 管棲多毛類. 付着生物研究会(編), 付着生物研究法—種類査定・調査法, pp.53-70. 恒星社厚生閣, 東京.
- 今島実・林和子, 1969. 付着生物中にみられる多毛類の季節的消長. 動物分類会誌 5: 2-15.
- 石橋公・小坂昌也, 1980. 清水港で初めて発見された外来種二枚貝イガイダマシについて. 付着生物研究 2:

- 60.
- 石川裕. 1980. 南部町堺でとれたミドリイガイ. 南紀生物 22: 7.
- 伊藤猛夫・山本雄二. 1984. 瀬戸内海来島海峡におけるイガイ個体群の生産量の推定. 付着生物研究 5: 29-39.
- Iwaki, T., K. Hibino and T. Kawahara. 1977. Seasonal changes in the initial development of fouling communities in Matoya Bay. Bull. Fac. Fish., Mie Univ. 4: 11-29.
- 梶原武. 1964. 海産汚損付着生物の生態学的研究. 長大水産研報 16: 1-138.
- 梶原武. 1977. 東京湾における付着動物群集. 海洋科学 9: 58-62.
- 梶原武. 1984. 高知県古満日湾のミドリイガイについて. 付着生物研究 5: 55.
- 梶原武. 1985. ムラサキイガイー浅海域における侵略者の雄. 沖山宗雄・鈴木克美 (編), 日本の海洋生物ー侵略と攪乱の生態学, pp.49-54. 東海大学出版会, 東京.
- 梶原武・浦吉徳・伊藤信夫. 1978. 東京湾の潮間帯におけるムラサキイガイの付着, 生長および死亡について. 日水誌 44: 949-953.
- Kajihara, T., R. Hirono and K. Chiba. 1976. Marine fouling animals in the Bay of Hamanako, Japan. Veliger 18: 361-366.
- Kawahara, T. 1963. Invasion into Japanese water by the European barnacle *Balanus improvisus* Darwin. Nature 198: 301.
- Kawahara, T. 1969. Studies on the marine fouling communities. IV. Differences in the constitution of fouling communities according to localities. A. Nagasaki Harbaor. Rep. Fac. Fish. Prefec. Univ. Mie 6: 109-125.
- Kawahara, T. and H. Iizima 1960. On the construction of marine fouling communities at various depths in Ago Bay. Rep. Fac. Fish. Prefec. Univ. Mie 3: 582-594.
- Kawahara, T., T. Iwaki, K. Hibino and Y. Sugimura 1979. Fouling communities in Yokkaichi Harbor. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., Kyushu Univ. 5: 19-30.
- 川那部浩哉. 1980. 群集の攪乱と再安定ー群集の対応. 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦 (編), 日本の淡水生物ー侵略と攪乱の生態学, pp.183-194. 東海大学出版会, 東京.
- 菊池泰二. 1981. 海底動物の世界. 201pp. 中央公論社, 東京.
- 木下秀明・平野礼次郎. 1977. 管棲多毛類の生態と浮遊幼生期の飼育. 海洋科学 9: 31-36.
- 北村等・平山和次. 1984. 自然海域でのフサコケムシ群体の成長, 成熟. 付着生物研究 9: 9-14.
- 北村等・平山和次. 1985. 室内飼育法によるフサコケムシ群体の成長と水温の関係. 付着生物研究 5: 27-29.
- 橘高二郎. 1977. 天敵による養殖ホタテガイの付着生物の防除. 海洋科学 9: 25-30.
- 橘高二郎. 1984. 付着生物の捕食者ーウニ・ロブスター. 海洋科学 16: 146-152.
- 小坂昌也. 1985. フジツボ類ー岸壁面をめぐる争い. 沖山宗雄・鈴木克美 (編), 日本の海洋生物ー侵略と攪乱の生態学, pp.61-68. 東海大学出版会, 東京.
- 小坂昌也・石橋公. 1979. 清水港における移入種アメリカフジツボ *Balanus eburneus* の生態分布. 付着生物研究 1: 3-10.
- Krebs, C. J. 1978. Ecology, the Experimental Analysis of Distribution and Abundance (2nd ed.). 648pp. Harper & Row, New York.
- Lee, S. W. and L. B. Trott. 1973. Marine succession of fouling organisms in Hong Kong with a comparison of woody substrates and common, locally available antifouling paints. Mar. Biol. 20: 101-108.
- Margulis, L. and K. V. Schwartz. 1982. Five Kingdoms. 365pp. W. H. Freeman & Com., New York.
- 間瀬欣弥. 1969a. 相模でとれたネコゼフネガイ. ちりぼたん 5: 156-157.
- 間瀬欣弥. 1969b. ネコゼフネガイ追録. ちりぼたん 5: 200.
- 間瀬欣弥. 1975. シマメノウフネガイ・その後. ちりぼたん 8: 143.
- 間瀬欣弥. 1977. 共存共栄?ーバテイラとシマメノウフネガイ. ちりぼたん 9: 177.
- Mawatari, S., H. Kitamura, M. Inaba and K. Hosaka. 1962a. Biological approach to the water conduit fouling in littoral industrial districts along the coast of Japan (1). Misc. Res. Inst. Nat. Res. 58/59: 89-120.
- Mawatari, S., H. Kitamura, M. Inaba and K. Hosaka. 1962b. Biological approach to the water conduit fouling in littoral industrial districts along the coast of Japan (2). Misc. Res. Inst. Nat. Res. 60: 93-104.
- Mawatari, S. and S. Kobayashi. 1954a. Seasonal settlement of animal fouling organisms in Ago Bay, middle part of Japanー I. Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Res. 35: 37-47.
- Mawatari, S. and S. Kobayashi. 1954b. Seasonal settlement of animal fouling organisms in Ago Bay, middle part of Japanー II. Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Res. 36: 1-8.
- 馬渡静夫. 1967. わが国港湾汚損の生物学的研究 I. 資

- 源研彙報 69: 87-114.
- 馬渡静夫・馬渡竣輔. 1986. 苔虫類, 付着生物研究会(編), 付着生物研究法—種類査定・調査法, pp.71-106. 恒星社厚生閣, 東京.
- 馬渡静夫・林一郎. 1974. 小田原における浸漬試験板に着生したフジツボ類. 東海水研報 77: 21-45.
- Millar, R. H. 1971. The biology of ascidians. Adv. mar. biol. 9: 1-100.
- Miyazaki, I. 1938. On fouling organisms in the oyster farm. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 6: 223-232.
- 水野信彦. 1980. 群集の攪乱と再安定—分布の拡大. 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦(編), 日本の淡水生物—侵略と攪乱の生態学, pp.171-182. 東海大学出版会, 東京.
- Mizuno, T., E. Harada and N. Mizuno. 1964. Seasonal fluctuation and vertical distribution of larvae of fouling organisms around Sakai Harbor in Osaka Bay. Mem. Osaka Gakuen Univ. 13: 127-135.
- Morton, B. 1987. Recent marine introductions into Hong Kong. Bull. Mar. Sci. 41: 503-513.
- 宮下和喜. 1982. 都市化と帰化動物. 沼田真・小原秀雄(編), 東京の生物史, pp.145-153. 紀ノ国屋書店, 東京.
- 鍋島結子. 1968. 兵庫県相生湾内外(坪根, 尼谷)で採集されたミドリイガイについて. かいなかま 2: 15-20.
- 鍋島結子. 1975. 瀬戸内海のミドリイガイその後. ちりぼたん 8: 102.
- 劉明淑 (Myong Suk Yoo)・梶原武. 1983. ムラサキイガイの繁殖生態. 付着生物研究 4: 11-21.
- Nakauchi, M. and T. Kajihara. 1981. Notes on *Molgula manhattensis* (a solitary ascidian in Japanese waters: its new localities, growth, and oxygen consumption. Rep. Usa mar. biol. Inst. 3: 61-66.
- Nishikawa, T. 1980. Ascidians from the coast of Kii peninsula, middle Japan, with descriptions of two new species. Mem. Natn. Sci. Mus., Tokyo 13: 97-111.
- 西川輝昭. 1985. 三河湾佐久島岩礁海岸の潮間帯生物, 東海研究(名古屋大学教養部) 2: 227-237.
- 西川輝昭. 1986a. ホヤ類における「種」—最近の知見から. 日本ベントス研究会誌 29: 44-49.
- 西川輝昭. 1986b. 付着生物研究会(編), 付着生物研究法—種類査定・調査法, pp.123-169. 恒星社厚生閣, 東京.
- 西川輝昭. 1988. ホヤ類からみた紀伊半島の海. 南紀生物 30: 7-13.
- 西川輝昭・日野晶也. 1988. 名古屋港における付着生物の周年変化. 東海研究(名古屋大学教養) 3: 17-34.
- 西川輝昭・星野善一郎. 1984. ホヤ類の形態と分類. 遺伝 38: 9-18.
- 西村和久. 1975. 伊豆大島にもシマメノウフネガイ. ちりぼたん 8: 108
- 坂口勇・梶原武. 1988. ムラサキイガイの付着生態. 付着生物研究 7: 23-29.
- Sakai, T. 1976. Crabs of Japan and Adjacent Seas. 773pp. Kodansha, Tokyo.
- 酒井恒. 1971. 日本産甲殻類に関する話題(IV). 甲殻類の研究 4: 138-156.
- 酒井恒. 1986. 珍奇なる日本産蟹類の属と種について. 甲殻類の研究 15: 1-4.
- Soule, D. F. and J. D. Soule. 1979. Bryozoa (Ectoprocta). C. W. Hart Jr. and S. L. H. Fullee (ed.). Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates. pp. 35-77. Academic Press, New York.
- Sterns, S. C. 1976. Life-history tactics: a review of the ideas. Quart. Rev. Biol. 51: 3-47.
- 杉谷安彦. 1969. 瀬戸内海でとれたミドリイガイについて. ちりぼたん 5: 123-125.
- 丹下和仁. 1985. 東京湾に発生したミドリイガイ. みたまき(相模貝類同好会会報) 18: 26.
- 高橋茂. 1977. 福島県下まで拡がったシマメノウフネガイ. ちりぼたん 9: 109.
- 手塚芳治. 1989. 三宅島産のシマメノウフネガイ. ちりぼたん 20: 11.
- 鳥越兼治. 1986. シマメノウフネガイの瀬戸内海西部への分布状況. ちりぼたん 16: 102.
- 東京都環境保全局. 1983. 昭和56年度水生生物調査報告書. 159pp. 東京都.
- 東京都環境保全局水質保全部. 1985. 昭和57・58年度東京都内湾生物調査結果報告書. 289pp. 東京都.
- 東京都環境保全局水質保全部. 1987. 昭和60年度水生生物調査報告書. 366pp. 東京都.
- 東京都環境保全局水質保全部. 1988. 昭和61年度水生生物調査報告書. 483pp. 東京都.
- 東京都環境保全局水質保全部. 1989. 昭和62年度水生生物調査報告書. 537pp. 東京都.
- 東京都港区. 1989. 港区生物現況調査報告書. 229pp. 東京都港区.
- 東京都水産試験場. 1981. 昭和51-54年度東京都内湾生息環境調査報告書. 73pp. 東京都水試.
- Utinomi, F. 1970. Studies on the cirripedian fauna of Japan. IX. Distributional survey of thoracic cirripeds in the southern part of Japan. Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 17: 339-372.
- 内海富士夫. 1966. 外国産フジツボの最近における日本への移入. 動物分類学会誌 2: 36.
- Williams, A. B. and T. W. Duke. 1979. Crabs (Arthropoda: Crustacea: Decapoda: Brachyura). C. W. Hart Jr. and S. L. H. Fullee (ed.), Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates. pp. 171-235. Academic

- Press, New York.
- 山口寿之. 1982. 神奈川県潮間帯フジツボ類群集, その1, 東京湾西岸. 神奈川自然誌資料 3: 63-64.
- 山口寿之. 1983. 神奈川県潮間帯フジツボ類群集, その2. 神奈川自然誌資料 4: 51-55.
- 山口寿之. 1986. フジツボ類. 付着生物研究会(編), 付着生物研究法—種類査定・調査法, pp.107-122. 恒星社厚生閣, 東京.
- 山口寿之. 1989. 外国から日本に移住したフジツボ類, 特に地理的分布および生態の変化. 神奈川自然誌資料 10: 17-32.
- 山西良平. 1986a. 大阪湾の生物. 山西良平・石井久夫・橋田俊彦(編), 大阪湾の自然, pp.14-40. 大阪自然史博.
- 山西良平. 1986b. 大阪湾の消波ブロック上の付着動物について—1985年5-7月の調査結果(1). Nature Study 32: 16-19.
- 山西良平. 1986c. 大阪湾の消波ブロック上の付着動物について—1985年5-7月の調査結果(2). Nature Study 32: 67-68.
- 山西良平. 1988. 淀川汽水域の潮間帯生物相. Nature Study 34: 7-11.
- 山西良平. 有城喜信・金子寿衛男. 1985. 洞海湾から見つかったイガイダマシ. 南紀生物 27: 64.
- 安田徹. 1970. 福井県下における沿岸付着性汚損生物の生態研究—内浦湾音海沿岸におけるフジツボ類4種の生態について. 日水誌 36: 1007-1016.
- 横浜市公害研究所. 1986. 平潟湾・金沢湾周辺水域環境調査報告書. 公害研資料 68: 67-120.
- 横浜市公害対策局. 1981. 横浜の川と海の生物(第3報). 291pp. 横浜市.
- 横浜市公害対策局. 1987. 横浜の川と海の生物(第4報). 352pp. 横浜市.
- 横浜市公害対策局. 1989. 横浜の川と海の生物(第5報). 392pp. 横浜市.

**Recent Introductions of Marine Benthos into Tokyo Bay (Review):
Process of Invasion into an Urban Ecosystem with Discussion on the Factors Inducing their Successful Introduction**

Akira Asakura

Natural History Museum and Institute, Chiba
955-2 Aoba-cho, Chiba 280, Japan

Tokyo Bay is highly urbanized and polluted, and, recently, abundantly inhabited by many

introduced benthic species. *Hydroides elegans* (Haswell) from the western Europe was first recorded at Kii-Shirahama, Wakayama, in 1932 and introduced into Tokyo Bay before 1967. *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) from Australia or Indian Ocean was first recorded at Kojima Bay, Okayama, in 1966 and introduced into Tokyo Bay before 1976. *Zoobotryon pellucidum* Ehrenberg from the Pacific coast of the North America was first recorded at Tateyama, Chiba, in early 1900's and introduced into Tokyo Bay before 1964. *Bugula californica* Robertson from the Pacific coast of the North America, was first recorded at Nagasaki in 1950, and introduced into Tokyo Bay before 1960. *Limnoperna fortunei* (Dunker) from China was first recorded at Nishinomiya, Hyogo, in 1981 and introduced into Tokyo Bay before 1984. *Crepidula onyx* Sowerby from the Pacific coast of the North America was first recorded at Miura, Kanagawa, in 1968 and introduced into Tokyo Bay before that time. *Perna viridis* (L.) from the south east Asia was first recorded at Aioi, Hyogo, in 1967 and introduced into Tokyo Bay before 1984. *Mytilopsis salli* (Récluz) from Mexico was first recorded at Orido, Shimizu, in 1974 and introduced into Tokyo Bay before 1984. *Mytilus galloprovincialis* Lamarck from Mediterranean Sea was first recorded at Koube, Hyogo, in 1920 and introduced into Tokyo Bay before 1927. *Balanus eburneus* Gould from Atlantic coast of the North America was first recorded at Yokosuka, Tokyo Bay in 1950. *Balanus improvisus* Darwin from the Atlantic coast of Europe was first recorded at Ago Bay, Mie, in 1952 and introduced into Tokyo Bay before 1963. *Carcinus mediterraneus* Czerniavsky from Mediterranean Sea was first recorded at Urayasu, Tokyo Bay in 1958. *Pyromaia tuberculata* (Lockington) from the Pacific coast of the North America was first recorded at Jyoga-sima, Kanagawa in 1970 and introduced into Tokyo Bay before 1960. *Molugula manhattensis* (De Kay) from the Atlantic coast of the North America was first recorded at Hiroshima in 1972 and introduced into Tokyo Bay before 1975. *Ciona intestinalis* (L.) from Europe was first recorded at Yokohama Harbor in 1902.

Reasons and factors why they succeeded to invade into Tokyo Bay are considered as follows; development of the coastal area, such as concrete

protected shore lines, has been resulted into the loss of habitat of the native species, which are potential competitors or predators to introduced species. The introduced species show high tolerance to pollution, lower salinity, and oxygen depletion, which enable inhabitation in the highly pol-

luted areas. Although mass extinction of organisms sometimes occurs in Tokyo Bay due to serious pollution and oxygen depletion, the introduced species have ability to recover their population rapidly because of their high reproductive ability or productivity.