移入種か,在来種か-;清水港から記載された浮遊性カイアシ類の1種の導入の可能性を検証する

誌名	日本プランクトン学会報
ISSN	03878961
著者名	大塚,攻 上田,拓史 岩渕,雅輝 伊東,宏 徐,浩榮 坂口,穂子 平野,和夫 木村,妙子 上野,大輔
発行元	日本プランクトン学会
巻/号	54巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 30-38
発行年月	2007年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

移入種か，在来種か？：清水港から記載された浮遊性カイアシ類の1種の導入の可能性を検証する

大塚 攻[1]・上田拓史[2]・岩渕雅輝[3]・伊東 宏[4]・徐 浩榮[5]
坂口穂子[2]・平野和夫[6]・木村妙子[7]・上野大輔[1]

[1] 広島大学大学院生物圏科学研究科附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター竹原ステーション 〒725-0024 竹原市港町5-8-1
[2] 高知大学総合研究センター海洋生物研究教育施設 〒781-1164 土佐市宇佐町井尻194
[3] (株)エコニクス 〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14
[4] (株)水土舎 〒214-0038 川崎市多摩区生田8-11-11
[5] Chonnam National University, San 96-1, Dundeok-dong, Yeosu, Jeonnam 550-749, Korea
[6] 北海道立釧路水産試験場 〒085-0024 釧路市浜町2-6
[7] 三重大学生物資源学部 〒514-8507 津市栗真町屋町1577

Alien or native to Japan?: whether has a planktonic copepod recently described from Shimizu Port as a new species been introduced?

SUSUMU OHTSUKA[1], HIROSHI UEDA[2], MASAKI IWABUCHI[3], HIROSHI ITOH[4], HONG YONG SOH[5], SAKIKO SAKAGUCHI[2], KAZUO HIRANO[6], TAEKO KIMURA[7] AND DAISUKE UENO[1]

[1] *Takehara Marine Science Station, Setouchi Field Science Center, Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, 5-8-1 Minato-machi, Takehara, Hiroshima 725-0024, Japan*
[2] *Usa Marine Biological Institute, Kochi University, 194 Inoshiri, Usa, Tosa, Kochi 781-1164, Japan*
[3] *Econixe, Co., Ltd., 1-2-14 Technopark, Shimonopporo, Atsubetsu-ku, Sapporo, Hokkaido 004-0015, Japan*
[4] *Suidosha, Co., Ltd., 8-11-11 Ikuta, Tamaku, Kawasaki, Kanagawa 214-0038, Japan*
[5] *Chonnam National University, San 96-1, Dundeok-dong, Yeosu, Jeonnam 550-749, Korea*
[6] *Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, 2-6 Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan*
[7] *Graduate School of Bioresources, Mie University, 1577 Kurimamatiya-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan*

Abstract The planktonic calanoid copepod *Centropages maigo* Ohtsuka, Itoh & Mizushima, 2005 has been described from Shimizu Port, Middle Japan, as a new species, which was supposed to have been introduced from southeastern Asia via ballast water. Since it was first discovered from a sample collected from Japan in 1979, additional records of its occurrence all over Japan have been rapidly increasing. Whether this species is alien or native to Japan was investigated on the basis of the biology and zoogeography of other planktonic copepods. It is likely that *C. maigo* is widely distributed around Japan as a native species.

Key words: ballast water, introduction, native, endemism, copepod, *Centropages maigo*, species group

緒 言

2006年3月30日，横浜市立大学で，日本プランクトン学会主催のシンポジウム「プランクトン広域化とバラスト水」が開催された．その内容は多岐にわたり，海産動物の導入の特徴，動植物プランクトンの導入の実態，船舶バラストタンク内でのプランクトンの挙動，国際海事機講よる条約の内容と問題点，導入防止策など9題の話題が提供され，白熱した議論が交わされた．第一著者は「バラスト水によるカイアシ類の導入と定着の実態」と題する講演を行った．この講演で，北米太平洋沿岸では1960年以降に東アジアから導入されたさまざまなカイアシ類の生態が詳細に研究されていることを紹介した．サンフランシスコ湾ではカイアシ類群集はほとんど東アジア産種で構成されるまでに撹乱されてしまっている（Orsi & Ohtsuka 1999, Bollens et al. 2002, 大塚ほか 2004）．一方，瀬戸内海東部の主要国際貿易港である大阪港，神戸港などから外来種が発見されなかったこと（大塚ら 未発表），清水港から1979年に採集された試料にのみ出現し，新種として記載されたカラヌス目カイアシ類 *Centropages maigo* (Fig. 1) がアジアの熱帯・亜熱帯海

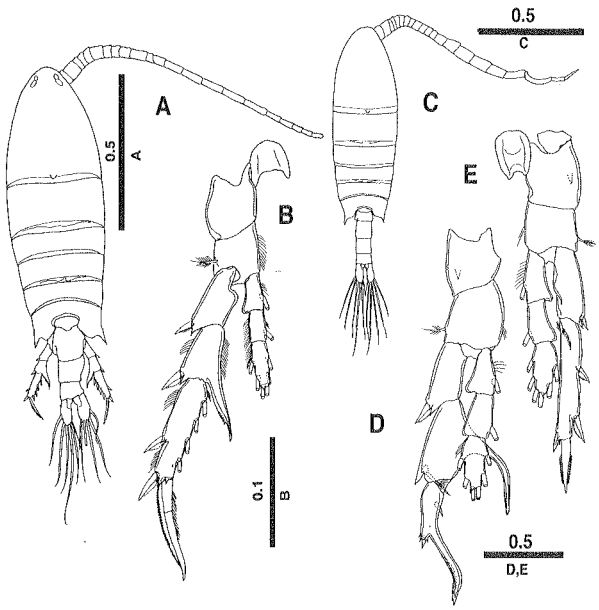


Fig. 1. *Centropages maigo* collected from type locality, Shimzu Port in 1979. Female (A, B), male (C–E). A, C, Habitus; B, Leg 5; D. Right leg 5; E, Left leg 5. Scales in mm. (cited from Ohtsuka et al. (2005) with permission from the Plankton Society of Japan)

域からバラスト水によって導入された可能性 (Ohtsuka et al. 2005) を指摘した．この種小名 *maigo* は移入種を暗示させる「迷子」にちなんだものである．

この講演終了後，「近年，日本で新種として発見された動植物プランクトンが即導入されたものと考えるのはいかがなものか．それまで記載されなかった在来種と考える方が妥当ではないか？」という質問を受けた．*C. maigo* が移入種であれば，タイプ標本産地がレシーバー・エリア (receiver area) となり，分類学（動物地理学）上問題があることは認識していた．しかし，発表当時，本種の出現状況に関するさまざまな情報を集約すると，導入されたものとしか考えられなかった．移入種である場合，ドナー・エリア (donor area) が特定できないので，現地で採集するのは不可能であった．最終的に発表することで研究者の注意を喚起し，さらに情報を収集しようという発想に至った．幸いにも，私の目論みは的中し，*C. maigo* の発表直後に本種が他海域でも出現したという情報が次々と得られたのである．これらの情報を基にして *C. maigo* が移入種かそれとも在来種であるのかをさまざまな観点から再検討してみた．結論から述べると，以下に示す根拠から在来種である可能性が高まったのである．

原記載にて *Centropages maigo* を移入種と判定した根拠

Centropages maigo が最初に発見されたのは清水港で，1979年7月から1980年6月の間，ほぼ毎週行われた48回の動物プランクトン定期調査中においてであった（伊東ほか 2005）．本種の出現はその中でたった1回，1979年11月1日だけであった．この時，雌成体18個体，雄成体が12個体採集された．移入種としての一つめの根拠は，この出現頻度の低さと忽然として出現した点であった．

日本にはこれまで10種のケントロパゲス属 *Centropages* が報告されている (Ohtsuka et al. 2005)．この中で，内湾性であり，冷水性種 *C. abdominalis* と暖水性種 *C. tenuiremis* のプランクトンとしての出現は明瞭な季節性をもっており，清水沖での出現はそれぞれ2月～6月（水温 12.3～20.8℃），4月～11月（水温 17.3～26.8℃）に限られている（伊東ほか 2005）．これら以外の時期には両種は堆積物中で耐久卵として生存している (Kasahara et al. 1975)．清水沖における11月の水温は約20℃であることから（伊東ほか 2005），*C. maigo* がもし内湾性種であるなら，暖水性であると思われる．しかし，1年間に及ぶきめ細かい調査で，たった1度だけの出現であったことの説明が困難である．また，本属がアカルチア属 *Acartia*，オイトナ属 *Oithona* のように昼間に海底付近で集群を形成することはこれまで知られておらず (Ueda et al. 1983, Kimoto et al. 1988, Mauchline 1998)，また，ポンテラ科 Pontellidae のようにニューストンである可能性は低い．ケントロパゲス科 Centropagidae の中で，特に内湾に生息している種ではそのような性質は通常もたない（Mauchline 1998 参照）．したがって，本種の限定的な生息場所のために通常のプランクトンネットでは採集されにくいとは考えられない．また，沿岸，外洋性であれば，本邦周辺海域で1930～1980年代に行われた浮遊性カイアシ類の徹底的な分類学的調査（Mori 1937, Tanaka 1963 参照）でこのような中型種（雌の体長約 1.2 mm）を見逃した可能性は低いと考えた．

二つめの理由は動物地理学的根拠である．本種は当初，中国，インドネシアから発見されている *Centropages sinesis* と思われたが，雌の前体部後端の突起，後体部および雌雄の第5胸脚の形態的特徴から新種であることが判明した (Ohtsuka et al. 2005)．本種の近縁種は *C. sinensis* のほかに，パキスタン産 *C. karachiensis*，ミャンマー産 *C. alcocki* があり，これらの4種で明瞭な種群 (species group) を形成する (Fig. 2)．本種群の分布パターンは典型的なインド・西太平洋要素で，分布の中心はその熱帯・亜熱帯域であると思われる（西村 1980, 1981 参照）．したがって，動物地理学的に *C. maigo* の原産地はインド・西太平洋の熱帯・亜熱帯海域であると推定された．黒潮あるいは対馬暖流が洗う本邦の沿岸には南方起源の海洋動物が海流に乗って到達するが，暖水性 *C. maigo* の場合，清水だけで極めてまれに発見されたことから，この可能性を否定した．

導入されたのであれば，当時の貿易構造を調査しなければならない．1979年当時の清水港の貿易構造，特に導入に関する

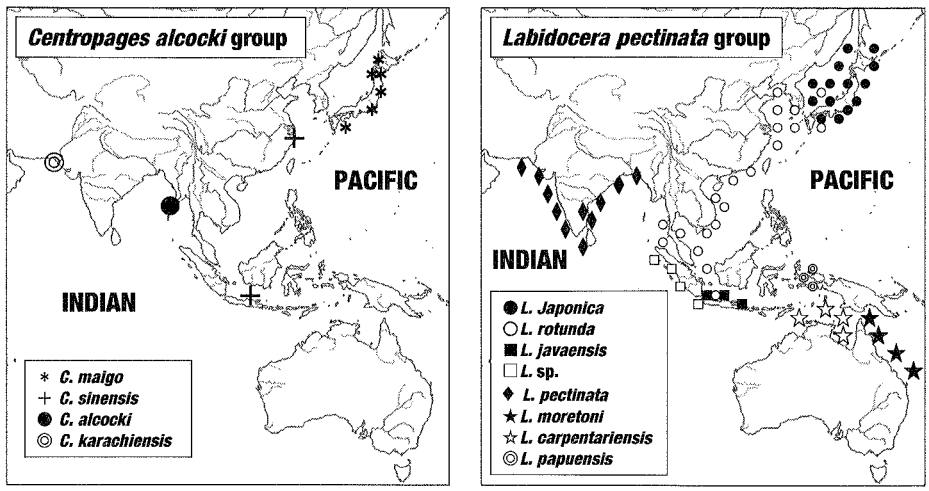


Fig. 2. Distributions of *Centropages alcocki* (left) and *Labidocera pectinata* (right) groups in Indo-West Pacific regions. Symbols in *C. alcocki* group indicate localities where each species was collected; in *C. maigo* only six localities on the coast of the Japan Sea and in the Pacific are shown; in the *L. pectinata* group the distribution of each species is schematically illustrated; *L.* sp. may be identical with *L. javaensis*. (*L. pectinata* group: modified from Fleminger (1986))

輸出は輸出量1,644千トンの17%がアジアの熱帯・亜熱帯域（中国，インドネシア，タイ，マレーシア，パキスタンなど）であることも上記の仮説を補強するものであった．また，バラストタンク内での暖水性カイアシ類の生残の可能性も航海日数の少ないアジアからであれば十分に可能である（Gollasch et al. 2000，木村ほか 未発表）．

海産生物が移入種と判定するための条件を岩崎ほか (2004a) が四つのカテゴリーを設けて，次のように定義している．

(1) 確定あるいは確実と見られる移入種（次の条件を満たすことが必要）
  a ある地域において，以前には在来種として認識されていなかった種
  b その地域での初発見時またはその前後の時期に，原産地・既分布地との区別が確立されているか推定できる
  c その地域での初発見時またはその前後の時期に，原産地または既分布値からの人為的移入手段が特定できたか，推定できる種
  d ただし，その地域では在来種であっても，別の場所から新たに人為的に移入されたことが特定できたか，推定できる個体については移入個体とする
(2) 移入の可能性がある起源不明種（次の条件を満たすことが必要）
  a ある地域において，以前には在来種として認識されていなかった種
  b (1) のbまたはcの条件を満たすことができない種
  c その種の生息が国内で複数年にわたって確認された種
(3) 自然分散の可能性がある種
  在来種ではないが，新たな場所での出現について人為的移入の可能性が見いだせず，海流等による幼生分散による分布拡大の結果であると思われる種
(4) 情報不足の起源不明種（aあるいはbの条件を満たすこと）
  a 情報不足のために，上記の (1), (2), (3) にあてはまらない種
  b 種レベルでの分類学上の変更または問題があって，現在の学名の妥当性が疑われており，原産地や移入の歴史が不明確なために，科学的な判断を下す根拠が不足している種

岩崎ほか (2004a) の定義に従えば，*C. maigo* のケースは不完全ながら (1) あるいは (2) のカテゴリーのグレーゾーンあるいは (4) に相当するものと判定した．しかしながら，本種の出現情報が著しく増加し，以下に示すように人為的移入の可能性が見いだせない海域も含まれているのである．

分布と出現状況

2005年に *Centropages maigo* を発表した直後，清水以外の海域からの出現が次々と確認された (Table 1)．北海道周辺では，苫小牧沖（1978年～2006年の7～11月），伊達沖（1981年9月），岩内沖（2001, 2004年8, 9月），石狩川河口（1999, 2000年7月）（北海道水産試験場日本海ニシン資源増大プロジェクト調査），函館沖（2000年9月）に出現が確認された．本州，四国では，青森県淋代（1977年10月），仙台湾（1986年），静岡県清水沖（模式産地）（1979年11月），四万十川河口（1987, 1989年8, 11月），浦ノ内湾湾口部（2006年7月）で確認されている．これらの記録から，本種は，北海道南部から四国の広範な海域に出現することが判明した．また，水温は6.5

Table 1. Record of occurrence of *Centropages maigo* in Japanese waters. A: adults; C: copepodid stages.

Year	Month	Locality	Number of specimens collected	Remarks
1977	15 October	Sabishiro	10♀♀, 10♂♂	surface collection
1978	11 July	Tomakomai Port	2A, 10C	2 m deep 19.4℃, 30.9‰
1978	24 October	Tomakomai Port	25A, 95C	2 m deep 14.4℃, 33.9‰
1979	1 November	Shimizu Port	18♀♀, 12♂♂	5 m deep 20.6℃, 31.4‰
1980	21 August	Tomakomai Port	3A, 40C	surface 21.0℃, 31.9‰; 10 m deep 17.3℃, 33.6‰
1980	29 October	Tomakomai Port	8A, 35C	surface 14.5℃, 33.1‰; 10 m deep 8.2℃, 33.9‰
1981	7 September	Date	8C	5 m deep 13.7℃, 31.3‰
1982	27 October	Tomakomai Port	2A, 1C	surface 9.5℃, 33.9‰; 10 m deep 6.5℃, 33.9‰
1983	22 August	Tomakomai Port	2A, 7C	surface 20.9℃, 31.3‰; 10 m deep 20.4℃, 33.5‰
1985	13 August	Tomakomai Port	2A	surface 22.1℃, 31.5‰; 10 m deep 17.0℃, 32.3‰
1986	19 August	Tomakomai Port	2A	surface 21.8℃, 29.1‰; 10 m deep 17.9℃, 32.2‰
1986		Sendai Bay	1♀	Fish stomak
1987	15 October	Tomakomai Port	1A, 4C	surface 16.9℃, 33.4‰; 10 m deep 13.7℃, 34.0‰
1987	21 November	Mouth of Shimanto River	2♀♀	surface 17.2℃, 18.5‰; 5 m deep 20.6℃, 30.5‰
1988	17 October	Tomakomai Port	3A, 13C	surface 12.8℃, 33.0‰; 10 m deep 11.4℃, 34.0‰
1989	14 August	Mouth of Shimanto River	1♀, 1C	surface 26.0℃, 2.3‰; 5 m deep 27.5℃, 29.2‰
1989	18 October	Tomakomai Port	2C	surface 14.1℃, 33.8 SU; 10 m deep 14.1℃, 34.0‰
1990	23 October	Tomakomai Port	5A, 3C	2 m deep 16.7–17.0℃
1991	8 October	Tomakomai Port	3C	2 m deep 16.2–16.4℃
1992	13 October	Tomakomai Port	2C	2 m deep 14.1℃
1993	9 November	Tomakomai Port	1A	2 m deep 10.6℃
1994	25 October	Tomakomai Port	1C	2 m deep 12.7℃
1999	2 July	Mouth of Ishikari River	12C	
2000	4 July	Mouth of Ishikari River	1♀, 3C	
2000	26 July	Tomakomai Port	198A	5 m deep 19.3℃, 31.6 PSU
2000	5 September	Hakodate Port	1♀	
2000	23 November	Tomakomai Port	3A	
2001	10 August	Iwanai Port	2A	
2004	12 September	Iwanai Port	1♀	
2004	19 October	Tomakomai Port	4A, 2C	surface 17.2℃, 33.6 PSU; bottom 16.2℃, 33.8 PSU
2005	26 October	Tomakomai Port	2♀♀A, 1♂	surface 25.9℃, 28.9 PSU; bottom 24.4℃, 33.8 PSU
2006	20 July	Outer part of Uchinoura Bay	1♂, 1C	surface 18.3℃, 31.2 PSU; 10 m deep 16.6℃, 32.7 PSU
2006	25 July	Tomakomai Port	1♂, 1C	surface 18.3℃, 31.2 PSU; 10 m deep 16.6℃, 32.7 PSU

～27.5℃，塩分は18.5～34.0‰の広範な範囲で出現しうる．本種は広温性，広塩性と見なせるが，出現は夏から秋に限定されているので暖水性種と言える．発見当初，東南アジアからの導入と推定されたが，今回の追加出現記録において最低水温が10℃を下回っており，現場で再生産をしていると考えるのが妥当かもしれない．この推測をさらに裏づけることは，同一海域（例えば，苫小牧港）で複数年に渡って出現している点である．

四万十川河口付近ではその出現状況が比較的詳しく判明している（上田 未発表）．*C. maigo* の出現は河口～河口から1 km地点までの水域において，8月（水深5 mの水温，塩分：27.5℃, 29.2 PSU）～11 (20.6℃, 30.5 PSU) 月に出現している．また，成体のみならず，コペポディド幼体も出現しているので再生産を行っていると予想される．さらに，苫小牧，石狩川河口においても幼体が出現していることが確認されている．

一方，水温，塩分の点からは本種が出現することが可能で，カイアシ類相がよくわかっている志々岐湾（上田 1980, 1982），天草沖（九州）（弘田・宇野 1977），瀬戸内海中央部 (Hirota 1961, 1979, Ohtsuka et al. 2004)，東京湾（野村・村野 1992），女川湾 (Uye 1982)，羽幌沖（北海道）（服部・津村 1990）において，その出現記録は皆無であった．ただ，忍路湾（北海道日本海側）での長期間のプランクトン採集によるプランクトンカレンダー（元田 1971）によれば *Centropages* sp. が9月と11月に出現しており，これが *C. maigo* である可能性を否定できない．忍路湾のサンプルは北海道大学水産学部海洋生物学講座（プランクトン）が保有管理しており，精査が待たれるところである．

C. maigo の出現海域で，清水港以外の国際貿易港は苫小牧港，函館港である．また，出現が確認された位置から最も近傍にある国際港としては，石狩川河口から約10 km南西に位置する石狩湾新港，岩内から約60 km北東に位置する小樽港，伊達から22 km南西に位置する室蘭港，浜代から33 km北に位置する八戸港，仙台湾の塩釜港と仙台港，四万十川河口から約

Table 2. Collection sites of *Centropages maigo* and their neighboring international ports and foreign trade statistics in 2004.

Collection site	Neighboring international port	Approximate distance between collection site and port	Export volume in 2004 ($\times 10^3$ t)	Major trading countries	Percentage of trading (export) in East Asia (%)
Mouth of Ishikawa River	New Port of Ishikari Bay[1]	10 km Southwest	327	Korea, China, Taiwan, Indonesia, Thailand, Malaysia, Russia, USA	93.6
Iwanai	Otaru Port[1]	60 km Northeast	71	Korea, China, North Korea, Russia, Vietnam, India, Australia, North America	54.9
Hakodate	Hakodate Port[1]	—	54	Korea, China, Taiwan, Indonesia, Thailand, Russia, North America	98.1
Date	Muroran Port[1]	22 km Southwest	1,125	China, Korea, Taiwan, Thailand, Vietnam, Maaysia, Indonesia, Singapore, India, Russia, Middle East, North to South America, Oceania, Africa	84.8
Tomakomai	Tomakomai Port[1]	—	904	Korea, China, Taiwan, Vietnam, Indonesia, Malaysia, Singapore, Sri Lanka, India, Russia, Middle East, Oceania, North to South America, Africa, Europe	98.2
Sabishiro	Hachinohe Port[2]	33 km North	345	Southeast Asia, Korea, China, North America	Unknown
Sendai Bay	Shiogama Port[3]	—	68	Korea, China, Vietnam, Malaysia, Indonesia, Russia, USA, Sweden	97.1
	Sendai Port[3]	—	1,149	Unknown	Unknown
Mouth of Shimanto River	Suzaki Port[4]	60 km Northeast	2,692	Taiwan, Australia, Korea	77.0

Foreign trade statistics based on: [1] http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_kowan/bayport/profile/index.html; [2]http://www.hi-net.ne.jp/~hppc/; [3]http://www.city.shiogama.miyagi.jp/html/kurasi/kouwantoukei/pdf/h16.pdf; [4]Information and Research Department, Transport Policy Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2005)

60 km 北東に位置する須崎港がある．これらの港における輸出量（2004年）と主な取引国を Table 2 に示した．貿易量については発見当時の貿易量に関する資料ではないので注意を要するが，一つの目安として利用できよう．バラスト水による本邦への導入に関与する輸出量は非常にばらつきがあり，函館港の54千トン～須崎港の2,692千トンの幅がある．模式産地の清水港はこの貿易量の範囲内にある．また，貿易先は東～東南アジアが中心になっており，これらの国々への輸出量は全体の55～98% を占める．しかし，導入に関与する多量のバラスト水を積載できるタイプの船舶が寄港しているかどうかは不明である．なお，仙台港が国際港として機能するのは1995年以降であり（仙台港湾事務所 2006），*C. maigo* が魚類の消化管内から発見されたのは1986年であるので，仙台港に導入された可能性はほとんどない．

海産動物はいったん導入されると比較的早く国内で分散することが知られる．岩崎ほか (2004b) は，日本のある場所に最初に導入された底生動物が国内でどのように，どのくらいの速度で分散していくかを推定した．方向性は導入された場所，動物によって異なるが，分散速度はおおよそ 11～26 km/年と見積もった．この分散方法は，海流による幼生の分散，国内船舶への付着による二次的拡散などによると考えられている．底生生物とプランクトンでは分散方法や速度は異なると思われる．つまり，プランクトンは海流による分散が主な原因で，分散速度は比較的速いものと思われる．例えば，瀬戸内海では，その中央部まで主に太平洋側の水道部を経由して外洋性プランクトンが10，11月を中心に毎年，流入してくる現象が古くから知られており (Kado 1957, Hirota 1961)，このことから数日～数カ月の単位で数百キロメートル規模の分散が海流によって可能と思われる．東南アジアとの貿易がある須崎港に *C. maigo* が導入されたと仮定し，土佐湾内の左旋流を考慮すると，四万十川河口までは極めて短期間の間に達すると推定される．国際貿易港に導入後，海流，フロントの状況によってはすぐに近傍へと拡散する可能性はあるだろう．しかし，本種が1977年に青森県淋代で発見され，翌1978年には苫小牧，さらに1979年には苫小牧から 1,000 km も離れた清水で発見されたが，導入されたと考えると分散速度は著しく速いことになる．また，本種は浅海性種であるので，清水での出現は親潮潜流による最初の導入海域からの二次的拡散とは考えにくい．

北アメリカ太平洋沿岸，特にカリフォルニア州，ワシントン州，オレゴン州の汽水～沿岸域には東アジアからバラスト水によって導入された浮遊性カイアシ類8種が知られる．特に，サンフランシスコ湾では，これらの移入種の生態が詳しく調査さ

れている（Bollens et al. 2002 参照）．年間 60 万トン程度の東アジアからの船舶によるバラスト水廃棄がこの導入を引き起こしたと考えられる（K.-H. Choi 私信）．これと比較できる日本側の詳細なデータはないが，日本全国においてバラスト水は年間 1,700 万トン程度廃棄されていると見積もられているので（日本生態学会 2002），サンフランシスコ湾単独で日本全国における廃棄量の約 3.5%に相当する．バラスト水廃棄量の比較データではないが，瀬戸内海で輸出貿易扱い量の最も多い大阪港，神戸港において，2004 年にはそれぞれ 10,380 千トン，18,790 千トンであった（横浜市港湾局 2006）．これらの港において，2004, 2006 年 6 月（冷水性種が優占する）および 2005 年 10 月（暖水性種が優占する）の調査では移入種が発見できなかった（大塚 未発表）．一方，最初に *C. maigo* が採集された清水港では，1979 年の総輸出量はせいぜい 1,644 千トンであり，大阪港，神戸港における輸出量に比較しても著しく低い．最近の大阪港および神戸港において輸出先は中国，韓国などのアジアが貿易総額の半数以上を占める（神戸税関 2006）．このことから，*C. maigo* が発見された港や海域に隣接する港よりもこれらの瀬戸内海の主要貿易港へ移入種が導入される可能性のほうがより高いかもしれない．

最近，東京湾に廃棄された国外起源のバラスト水総量を試算した結果が公表され，2001 年においては約 400 万トンが廃棄されたという（国土交通省総合政策局環境・海洋課海洋室・日本海難防止協会 2005）．また，この廃棄量の半分は東アジアから，15% 程度は東南アジアからであると試算されている．しかし，このような膨大な東アジア，東南アジアからのバラスト水廃棄量があっても，我々の知る限り，東京湾からアジア産カイアシ類の移入種はこれまで発見されていない．導入が起こるかどうかはバラスト水の量だけでなく，移入種のオリジン，在来種の群集構造なども関与しており，原因の特定は容易でない．

次に動物地理学的考証によって検証してみたい．

日本固有種か？

Centropages maigo が在来種であるという動物地理学的根拠を示す前に，シンポジウムの中で受けた質問，つまり，「*Centropages maigo* が日本固有種かどうか？」という問題について，ここで若干触れてみたい．

日本周辺の汽水～沿岸域に生息する浮遊性カイアシ類の分布パターンには，東アジア初期固有型，オホーツク海・ベーリング海型，インド・西太平洋型，環熱帯型，コスモポリタン型の六つの分布型が知られるが，日本のみから出現報告がある種の存在も指摘している（大塚・上田 1999）．現時点で，日本周辺のみから出現記録があり，近隣の中国，台湾，韓国，ロシアからは出現記録がない種は *Centropages maigo* の他，*Acartia japonica*, *Pontella rostraticauda*, *Tortanus* (*Eutortanus*) *komachi*, *T.* (*Eutortanus*) *terminalis* の 5 種のみである（Ohtsuka et al. 1987, Ohtsuka & Reid 1998, 大塚・上田 1999, Itoh et al. 2001）．いずれの種も近縁種との類縁関係および分布，起源などが論じられている．浮遊性カイアシ類において日本固有種が存在するかどうかについて再検証したい．

Acartia japonica は日本海の片江湾（島根県）から Mori (1940) によって記載されて以来，1983 年における若狭湾での再出現記録まで報告がない希少種である (Ueda et al. 1983, Ueda 1986)．本種は日本海の若狭湾内にある内浦湾では 25.8～30.9℃, 33.0～33.4‰ の範囲で出現し，非常に高水温を好む性質がある (Ueda 1986)．本種は *A. erythraea* 種群 (*A. amboinensis, A. australis, A. erythraea, A. japonica*) に属するが，最も近縁な種は，南西太平洋の珊瑚礁域に産し，水温 25℃ 以上の時期に出現する *A. australis* である (Ueda 1986)．両種は西太平洋において赤道付近の湧昇域における低水温によって分断されたことが示唆されている (Ueda 1986)．高水温を好む性質を考えると分布調査が不十分な東アジアの熱帯～亜熱帯の内湾や珊瑚礁域においても出現する可能性がある．

Pontella rostraticauda は 1985 年に瀬戸内海からニューストンとして最初に発見され (Ohtsuka et al. 1987)，その後，同海域では暖水期には常に出現しているが（大塚 未発表），他の海域からの追加記録はない．本種は，東南アジアに生息する *P. surrecta, P. alata* とともに *P. alata* 種群を形成するが，後 2 種は東南アジア熱帯域に限定した分布をもつ (Ohtsuka et al. 1987)．瀬戸内海は地史的に若く，更新世を通してのポンテラ科カイアシ類の種分化速度 (Fleminger 1986) を考えると，本種が瀬戸内海に固有ということは考えにくい．また，本種の高水温期 (21.0～28.7℃)（上ほか 1990）を好む性質および *P. alata* 種群のほか 2 種との生息域のギャップを考慮すると，本種が南シナ海～東シナ海の内湾域にも生息し，日本固有種ではないと推測している．

Tortanus (*Eutortanus*) 亜属 2 種については，*T.* (*E.*) *komachi* が日本海北東部～北海道周辺 (Itoh et al. 2001, 岩渕 未発表)，*T.* (*E.*) *terminalis* が種子島～西日本の太平洋沿岸から報告されている (Ohtsuka & Reid 1998)．その種分化について，前者は更新世における古日本海の日本側，後者は更新世における古東シナ海の湾口部であることが推定されている．この亜属は 7 種知られるが，南シナ海～東シナ海～日本海の汽水を中心に分布していることから，本亜属の起源としては中新世～更新世において存在した古東シナ海であることは間違いない (Ohtsuka & Reid 1998)．これらの 2 種の祖先は古東シナ海をオリジンとしているが，*T.* (*E.*) *komachi* は二次的に日本海で分化し，*T.* (*E.*) *terminalis* は古東シナ海の湾口部で分化したと推定される (Ohtsuka & Reid 1998)．これら 2 種は，その起源と現在の分布パターンから考えて，日本固有種の可能性はあるだろう．た

だし，海流は毎年流路を変えたり，暖水塊などを形成することもあるので，中国，ロシアなどの大陸側に出現する可能性は残されている．基本的には，*T.* (*E.*) *komachi* は日本海の日本側と対馬暖流の影響のある沿岸域，*T.* (*E.*) *terminalis* は南西諸島北部～黒潮の影響のある本州・九州の沿岸域が分布域と思われる．同亜属に属する *T.* (*E.*) *derjugini* の分布は本邦では有明海周辺の汽水域だけに限定されているが，これは大陸遺存性個体群であり，本種はオホーツク海～日本海～東シナ海～南シナ海の大陸側汽水域に広く分布している (Ohtsuka et al. 1995).

したがって，日本固有種の可能性のあるのは *T.* (*E.*) *komachi*, *T.* (*E.*) *terminalis* のみで，*C. maigo* の出現した海域はこれらの分布と類似したパターンを示さないので，固有種の可能性は低いと推測している．また，*C. alcocki* 種群の分布パターンは，*A. erythraea* 種群，*P. alata* 種群とは東南アジアの熱帯域に主に生息している点で類似性があるが，後二者の種群の中で日本に産する種はいずれも高水温を好む性質がある．*C. maigo* の場合は北海道にも出現している点が異なる．

Labidocera pectinata 種群の分布パターンとの類縁性

出現は本邦に限定的ではないが，日本海および太平洋沿岸，ロシア沿海州の沿岸に分布する *Labidocera japonica* と近縁の汽水～沿岸に生息する6種からなり，インド・西太平洋要素の *L. pectinata* 種群 (*L. carpentariensis*, *L. japnonica*, *L. javaensis*, *L. moretoni*, *L. papuensis*, *L. pectinata*, *L. rotunda*) の分布パターン (Fig. 2) (Fleminger 1986, Mulyadi 2002) と *Centropages alcocki* 種群の分布パターンは類似性が高い．この中で *L. japonica* の分布域は今回，明らかになった *C. maigo* の出現海域と極めて類似している．このことは両種群が同じような分断作用を受けて種分化した結果と推定される．

Labidocera pectinata 種群は元来，暖水性の祖先をもち，更新世の氷河期と間氷期の繰り返して起こった海退，海進作用によって種分化したと推定されている．*L. japonica* は東アジアの熱帯～亜熱帯に広く生息する *L. rotunda* と姉妹群をなし，氷河期に共通祖先から分化したと推定されている (Fleminger 1986). *C. alcocki* 種群の場合，厳密な系統解析は行っていないが，分布域から考えて *C. maigo* と *C. sinensis* が姉妹群を形成すると思われる．*C. maigo*, *C. sinensis* がそれぞれ *L. japonica*, *L. rotunda* と類似した分布パターンを示すのである．この両種の祖先が *L. japonica* および *L. rotunda* の共通祖先と同様の分断作用を受けて種分化したと推定している．

瀬戸内海とその周辺海域において，*L. japonica* の出現した水塊の水温，塩分のそれぞれの範囲は 16.5～28.7℃, 31.67～35.11‰ と報告されている（上ほか 1990）．ただ，本種は北海道周辺や沿海州にも出現しているので，特に水温の下限については *C. maigo* と同じレベルまで下がると思われる．前述したように，*C. maigo* の場合には，水温 6.5～27.5℃，塩分 18.5～34.0‰の範囲に出現している．*C. maigo* の出現する水温，塩分の範囲は *L. japonica* に比較してかなり広いものの，その出現地点を考えると内湾性というよりも沿岸性と見なしたほうが妥当だろう．前述したように黒潮，対馬暖流の影響を受ける北海道南部，四国，本州の太平洋沿岸に出現するものの，瀬戸内海中央部，有明海の内湾などには出現しないことが根拠である．なお，*L. japonica* も内湾性というよりも沿岸性として分類されている（上ほか 1990）．

発表直後に得られた出現の追加記録と動物地理学的推察から，*C. maigo* は導入された種と考えるよりも在来種と考えるほうが妥当であろうという結論に至った．本種は今後，日本以外には韓国南部，沿海州からも出現する可能性はあろう．*C. maigo* の発見は，希少種が移入種か，在来種かを判定する難しさを浮き彫りにした．底生動物でも同様の問題があり，福田 (2004) にその詳細が記されているので参照されたい．これまで *C. maigo* が発見されなかった理由としては，極端に生息密度が低い，出現時期が限定している，内湾よりもやや沖合に分布の中心がある，あるいはこれらの複合要因などによると推定される．

おわりに

日本には本当に浮遊性カイアシ類の移入種が存在しないのだろうか．形態的に見た場合に移入種として認識できる種が発見されていないだけで，同種であるが遺伝的に異なる移入個体群が導入された可能性は否定できない．特に，日本および中国，韓国に同種が生息する場合，日本と大陸間の航海日数も少ないのでアジア大陸側の個体群が導入される可能性は十分ありうることである．日本と韓国のように近傍海域でさえ，ミトコンドリア DNA の COI 領域で種内変異があり，*Tortanus derjugini* では 1.3% (617 bp), *Labidocera rotunda* では 1.0% (625 bp) 程度の相違がある（徐ほか 未発表）．したがって，今後，日本の主要国際貿易港およびアジア大陸側に生息する同一種のカイアシ類の遺伝的変異およびそれらの出現頻度を調べ，導入された可能性やそのルートを精査する必要がある．

Uwai et al. (in press) は，船体付着あるいは水産物への混入によって起こった北東アジア原産の褐藻類 *Undaria pinnatifida* の世界各地への導入の方向性を遺伝子を用いて精査した結果，導入元は導入先に比較して遺伝的多様性が高いことを明らかにしている．この結果は，付着動物などにも適応でき，ボトルネック効果を指摘している（木村ほか 一部口頭発表）．*C. maigo* が国外で発見された場合には遺伝子解析によって我々の仮説が検証できるであろう．

謝　辞

本稿の執筆のモチーフを与えてくださった福代康夫博士に深

謝する．石狩川河口における *C. maigo* の未発表の採集データの提供を快諾いただいた佐々木正義氏，堀井貴司氏，サンフランシスコ湾に廃棄されるバラスト水量に関する情報を提供くださった K.-H. Choi 博士，原稿に関して貴重なコメントにいただいた岩崎敬二博士，山口篤博士に感謝する．また，本研究の一部は日本学術振興財団（日韓共同研究），国立環境研究所重点特別研究プロジェクトおよびクリタ水・環境研究振興財団研究助成金によって行われたので記して感謝する．

引用文献

Bollens, S. M., J. R. Cordell, S. Avent & R. Hoof 2002. Zooplankton invasions: a brief review, plus two case studies from the northeast Pacific Ocean. *Hydrobiologia* **480**: 87–110.

Fleminger, A. 1986. The Pleistocene equatorial barrier between the Indian and Pacific Oceans and a likely cause for Wallace's line. *Unesco Tech. Papers Mar. Sci.* **49**: 84–97.

Gollasch, S., J. Lenz, M. Dammer & H.-G. Andres. 2000. Survival of tropical ballast water organisms during a cruise from the Indian Ocean to the North Sea. *J. Plankton Res.* **22**: 923–937.

服部　寛・津村　憲．1990．日本海羽幌町沖海域における動物プランクトンの季節変化．北海道東海大学紀要理工系 **3**: 115–128.

Hirota, R. 1961. Zooplankton investigations in the Bingo-nada region of the Setonaikai (Inland Sea of Japan). *J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 1* **20**: 83–145.

Hirota, R. 1979. Seasonal occurrence of zooplankton at a definite station off Mukaishima from July of 1976 to June of 1977. *Publ. Aamakusa Mar. Biol. Lab.* **5**: 9–17.

弘田禮一郎・宇野修次．1977．天草松島近海における橈脚類浮遊卵の季節的消長．日本プランクトン学会報 **24**: 77–84.

八戸港国際物流拠点化推進協議会．2006. http://www.hi-net.ne.jp/~hppc/

北海道開発局港湾空港部．2006. http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_kowan/bayport/profile/index.html

福田　宏　2004．外来種と同定の問題．日本ベントス学会誌 **59**: 68–73.

伊東　宏・水島　毅・久保田　正　2005．駿河湾三保沖におけるカラヌス目カイアシ類の季節的消長．東海大学紀要海洋学部 **3**: 19–32.

Itoh, H., S. Ohtsuka & T. Sato. 2001. New species of *Tortanus* (Copepoda; Calanoida) from stomach contents of chum salmon juveniles collected from the Sea of Japan. *Plankton Biol. Ecol.* **48**: 59–67.

岩崎敬二・木村妙子・木下今日子・山口寿之・西川　昭・西栄三郎・山西良平・林　育夫・大越　健・小菅丈治・鈴木孝男・逸見泰久・風呂田利夫・向井　宏．2004a．日本における海産生物の人為的移入と分散：日本ベントス学会自然環境保全委員会によるアンケート調査の結果から．日本ベントス学会誌 **59**: 22–44.

岩崎敬二・木下今日子・日本ベントス学会自然環境保全委員会．2004b．日本に人為的に移入された非在来海産動物の分布拡大について．日本プランクトン学会報 **42**: 132–144.

Kado, Y. 1957. The seasonal change of the chaetognath and pelagic copepod fauna of Hiroshima Bay in the Inland Sea of Japan, with special reference to the appearance of oceanic species. *J. Sci. Hiroshima Univ., Series B, Div. 1* **17**: 121–129.

Kasahara, S., S. Uye & T. Onbé. 1975. Calanoid copepod eggs in sea-bottom muds. II. Seasonal cycles of abundance in the populations of several species of copepods and their eggs in the Inland Sea of Japan. *Mar. Biol.* **31**: 25–29.

Kimoto, K., J. Nakashima & Y. Morioka. 1988. Direct observations of copepod swarm in a small inlet of Kyushu, Japan. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* **66**: 41–58.

神戸税関．2006. http://www.kobe-customs.go.jp/80boueki/00boueki_top.htm

国土交通省運輸政策局情報管理部．2005．港湾統計（年報）平成 16 年.

国土交通省総合政策局環境・海洋課海洋室・日本海難防止協会．2005．船舶バラスト水問題に係る重点課題の検討に資するための調査　研究報告書．159 pp.

Mauchline, J. 1998. The biology of calanoid copepods. *Adv. Mar. Biol.* **33**: 1–710.

Mori, T. 1937. *The pelagic Copepoda of Neighbouring Waters of Japan.* Yokendo, Co., Tokyo, 150 pp., 80 pls.

元田　茂編．1971．北海道大学忍路臨海実験所 IX．忍路湾のプランクトン暦．日本プランクトン学会報 **18**: 73–80.

Mulyadi. 2002. The calanoid copepods family Pontellidae from Indonesian waters, with notes on its Species-group. *Treubia*, **32**: 1–167.

日本生態学会．2002．外来種ハンドブック．地人書館，東京，390 pp.

西村三郎．1980．日本海の成立［改訂版］．築地書館，東京，228 pp.

西村三郎．1981．地球の海と生命．海鳴社，東京，284 pp.

野村英明・村野正昭．1992．東京湾における中・大型動物プランクトンの季節的消長．*La mer* **30**: 49–56.

Ohtsuka, S., A. Fleminger & T. Onbé 1987. A new species of *Pontella* (Copepoda: Calanoida) from the Inland Sea of Japan with notes on its feeding habits and related species. *J. Crustacean Biol.* **14**: 151–167.

Ohtsuka, S., M. Hora, T. Suzaki, M. Arikawa, G. Omura & K. Yamada. 2004. Morphology and host-specificity of the apostome ciliate *Vampyrophrya pelagica* infecting pelagic copepods in the Seto Inland Sea, Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **282**: 129–142.

大塚　攻・堀口健雄・Rubens M. Lopes・Keun-Hyung Choi・岩崎敬二　2004．バラスト水によるプランクトンの導入（総説）．日本プランクトン学会報 **51**: 101–118.

Ohtsuka, S., H. Itoh & T. Mizushima 2005. A new species of the calanoid copepod genus *Centropages* (Crustacea) collected from Shimizu Port, Middle Japan: introduced or not? *Plankton Biol. Ecol.* **52**: 92–99.

Ohtsuka, S. & J. W. Reid 1998. Phylogeny and zoogeography of the planktonic copepod genus *Tortanus* (Calanoida: Tortanidae), with establishment of of three new subgenera. *J. Crustacean Biol.* **18**: 774–807.

大塚　攻・上田拓史　1999．日本およびその周辺水域における浮遊性カイアシ類の動物地理（総説）．日本プランクトン学会報 **46**: 1–20.

Ohtsuka, S., H. Ueda & G.-S. Lian. 1995. *Tortanus derjugini* Smirnov (Copepoda: Calanoida) from the Ariake Sea, western Japan, with notes on the zoogeography of brackish-water calanoid copepods in East Asia. *Bull. Plankton Soc. Japan* **42**: 147–162.

Orsi, J. & S. Ohtsuka 1999. Introduction of the Asian copepods *Acartiella sinensis, Tortanus dextrilobatus* (Copepoda: Calanoida), and *Limnoithona tetraspina* (Copepoda: Cyclopoida) to the San Francisco estuary, California, USA. *Plankton Biol. Ecol.* **46**: 128–131.

仙台港湾事務所. 2006. http://www.pref.miyagi.jp/snd-kouwan/kenmin/minatogaiyo.htm#ayumi

塩釜港統計年報. 2006. http://www.city.shiogama.miyagi.jp/html/kurasi/kouwantoukei/pdf/h16.pdf

上田拓史. 1980. 志々岐湾の動物プランクトンに関する研究—I. 1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布. 西水研研報 **54**: 171–194.

上田拓史. 1982. 志々岐湾の動物プランクトンに関する研究—II. 1975年9月から1976年4月までの動物プランクトン群集, 特に内湾性橈脚類の分布特性について. 西水研研報 **58**: 1–22.

Ueda, H. 1986. Redescriptions of the closely related calanoid copepods *Acartia japonica* and *A. australis* with remarks on their zoogeography. *Bull. Plankton Soc. Japan* **33**: 11–20.

Ueda, H., A. Kuwahara, M. Tanaka & M. Azeta. 1983. Underwater observations on copepod swarms in temperate and subtropical waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **11**: 165–171.

Uwai, S., W. Nelson, K. Neil, W. D. Wang, L. E. Aguilar-Rosas, S. M. Boo, T. Kitayama & H. Kawai. In press. Genetic diversity in *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophycease) deduced from mitochondria genes—origins and succession of introduced populations. *Phycologia* 45.

Uye, S. 1982. Seasonal cycles in abundance of major holoplankton in the innermost part of Onagawa Bay, Northeast Japan. *J. Fac. Appl. Biol. Sci. Hiroshima Univ.* **21**: 1–10.

上 真一・大塚 攻・遠部 卓 1990. 潮汐フロント. 生物過程. 潮目の科学 (柳 哲雄編): pp. 78–102. 恒星社厚生閣, 東京.

Tanaka, O. 1963. The pelagic copepods of the Izu region, Middle Japan. Systematic account IX. Families Centropagidae, Pseudodiaptomidae, Temoridae, Metridiidae and Lucicutidae. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* **11**: 7–55.

横浜市港湾局. 2006. http://www/city.yokohama.jp/me/port/statistics/index.html#annual2004