

汽水域のもつ生物的特徴

和田 恵次

奈良女子大学名誉教授

〒 631-0022 奈良市鶴舞西町 1 番 11-610 号

はじめに

河北潟において、かつての汽水環境を一部でも復活させようというビジョンが、地域の環境 NPO 等から発信されている。また、自然再生推進法に基づく法定協議会を設立する取り組みの中でも、現在の汽水域部分において低塩分環境の創出が自然再生事業の目標として掲げられている。現在の河北潟は、大規模な干拓と防潮水門設置による淡水化によって汽水環境が大幅に縮小されているため、元々の汽水環境を少しでも復活させ、かつての豊富な魚介類を呼び戻したいというのが事業のひとつの趣旨とみられる。そこで改めて、汽水域というところをもつ生物的な重要性を整理し、河北潟における再汽水化事業推進の一助としたい。

汽水域は、海域から淡水域にかけて塩分濃度の低下勾配がみられるが、本稿で著者が注目しているのは、塩分濃度が淡水に近くなるような領域の貴重性である。そのような領域を、汽水域上流部や汽水域上端部と表現しているが、この 2 つの領域の違いを付記しておく。汽水域上流部は、汽水域内でも塩分濃度が比較的低い上流寄りの地域一帯を指すのに対し、汽水域上端部は汽水と淡水の境界で、海水の流入効果はあるものの塩分濃度はほぼゼロに近いという特徴をもっているところである。

汽水域固有の生物とその特徴

低塩分環境への適応

汽水域は海と川との境目に位置するところで、当然塩分濃度が海水よりも薄く、かつ変動も大きいという特徴をもっている。そのためここを生息場所としている生物は、いずれもこのような塩分濃度の特性に適応している。例えば水産有用種で汽水域をすみ場所としている代表的なものとして、河北潟でもかつて漁獲されていたヤマトシジミ

Corbicula japonica (図 1-A) が挙げられるが、本種の成貝は低塩分条件を好み、淡水でも生育可能であるが、反面、海水に近い高塩分条件は致死要因になる (田中, 1984; 山室, 1996)。アオノリとして食用にされている緑藻スジアオノリ *Ulva prolifera* も、河川の河口域で採取されているが、その生息塩分条件は、半海水から 0.01% までの低塩分を好むとされる (大野・高橋, 1988)。クルマエビ *Marsupenaeus japonicus* やヨシエビ *Metapenaeus ensis* といったクルマエビ科のエビ類でも、多くの種で稚エビが汽水域の低塩分条件に適応していることが知られている (例えば Gunter, 1961; Green, 1968)。アメリカ東海岸で水産上重要なワタリガニ科のアオガニ *Callinectes sapidus* では、成体の繁殖活動が汽水域の低塩分下で行われ、産み出された幼生は海域で育つものの、稚ガニは汽水域でも低塩分の上流域で過ごすこととされる (Green, 1968)。つまりこれらの生物にとっては、汽水域のもつ低塩分環境が生存上重要な環境要素になっているのである。

低塩分環境への適応は、体液浸透圧調節能に基づくところが大きい。河口域の転石潮間帯に生息するカニ類の流程分布をみると、カワスナガニ *Deiratonotus japonicus* (図 1-B) が他種に比べて上流域に片寄る傾向がみられるが (Fukui & Wada, 1986)、本種の血液浸透圧は、他種に比べて低いレベルに保たれており (松政, 2008)、低塩分環境への生理的適応を示しているのである。低塩分への耐性実験は、さまざまな汽水性の動物で行われているが、塩分がほとんどゼロになる汽水域上端部付近だけに生息する巻貝タケノコカワニナ *Stenomelania torulosa* (図 1-C) についての耐性実験 (岡崎・和田, 2007) を例示する。本種は大型個体、小型個体とも、淡水・1/4 海水で 1 ヶ月間生存できたが、半海水では 20 日目以降に死亡する個体が出始め、原海水では 25 日目までにどの個体も死亡するという結果になっている。汽水域でも上端部に限られる本種の分布特性が、

海水に弱く、淡水寄りの塩分条件に強いという生理特性と結びついていることが理解できる。同じように汽水域上端部から淡水域までに分布する (Kobayashi & Iwasaki, 2002) 巻貝のイシマキガイ *Clithon retropictum* でも、1/4 海水以上の塩分濃度下では、2 週間くらいでほとんど死亡することが知られている (宮本, 1960)。

魚類でも例えばイシガレイ *Platichthys bicoloratus* やヌマガレイ *Platichthys stellatus* は、成魚は海域に分布するが、仔稚魚は河川の河口域に入ってそこで成長するという生活環をもっているが、仔稚魚は低塩分への高い適応能をもっているとされる (大森・鶴田, 1988)。これとは反対に、成魚が汽水域でも特に上端部周辺に生息し、そこで産卵活動を行っている種もある。有明海特産種のエツ *Coilia nasus* やアリアケヒメシラウオ *Neosalanx reganius* である。これらの種の卵は、産卵される環境に適応しており、その孵化率は、エツでは 1/4 海水以上の濃度で淡水下よりも低くなり、アリアケヒメシラウオでは淡水下で正常に孵化するものの、1/5 海水では孵化しないか孵化直後に死滅するとされる (田北, 2000)。

個体群の地域固有性

汽水域という環境は、沿岸線上に連続的に存立しているわけではなく、河川河口の位置に応じて断続的に配置されており、その結果汽水域に生息する生物もその分布が断続的になる。言い換えれば地域個体群の隔離性が強くなり、これによって地域間での遺伝的な分化が大きくなることが予測される。実際、河川河口域の上端部に分布するカワナガニは、沿岸性のカニ類の中でも地域集団間で顕著な遺伝的分化傾向をもつことがわかっている (Kawane *et al.*, 2008)。同じように汽水域の比較的上流部に分布するアリアケモドキ *Deiratonotus cristatus* (図 1-D) は、北海道から沖縄までの広い分布域をもちながら、本州四国太平洋岸、北海道・九州西岸・瀬戸内海、奄美大島沿岸の 3 地域間で、共通するハプロタイプが全くないほどの遺伝的分化が認められる (Kawamoto *et al.*, 2012) (図 2)。アリアケモドキに極めてよく似た稀少種クマノエミオスジガニ *Deiratonotus kaoriae* は、三重県、宮崎県、長崎県とその分布が大きくかけ離れており (和田, 2012)、遺伝的にも三重県と宮崎県の間では共通のハプロタイプがないほどの相違が認められる (Kawane *et al.*, 2012)。以上 3 種のカニは、いずれもスナガニ上科のムツハアリアケガニ科に属するが、イワガニ

上科の種で汽水域上流部を生息場所としている台湾ヒライソモドキ *Ptychognathus ishii* (図 1-E) でも、日本の集団間で比較の顕著な遺伝的分化がみられている (川根・和田, 2015)。本種の場合、日本本土内では分化はみられないが、対馬、加計呂麻島、沖縄島といった島嶼集団で顕著な分化が認められている。

なお、これら汽水性のカニ類は、日本本土の日本海側の沿岸では記録が限られ、石川県での記録は長い間知られていなかったが、近年アリアケモドキと台湾ヒライソモドキの初記録が報じられている (山川ほか, 2022; 山下ほか, 2022)。

一方で、集団間の遺伝的分化がみられない汽水性のカニもある。河北潟でも生息がみられるイワガニ上科ペンケイガニ科のクロペンケイガニ *Orisarma dehaani* である。本種は、カワナガニや台湾ヒライソモドキと同じように、河口域でも低塩分条件の上流寄りに分布する (和田ほか, 2023) が、本種の本州 (日本海沿岸集団 (福井県) を含む) から沖縄までの集団間には遺伝的な分化は認められていない (Kawane *et al.*, 2008)。また多くの種が汽水域から淡水域までに生息することが知られているコハクカノコ科の巻貝類でも、集団間での遺伝的な均質性が示唆されている (狩野, 2009)。

海と川を行き来する動物にとっての汽水域

海と河川を生活史に伴って使い分ける水生動物にとっては、汽水域は海と川との間の通過点の価値しかないものではない。遡河性魚類の代表であるサケ科魚類では、河川で孵化した幼魚が川から海へ下る途中、河口域に一定期間滞在し、そこを摂餌や塩水への生理的順化の場として利用する。この汽水域での滞在は、その後の成長や生残に大きく影響するため (Bond *et al.*, 2008; Duffy & Beauchamp, 2011)、これらの魚類にとって河口域は重要な保育場 (nursery ground) とされる (Gross *et al.*, 2023)。

一方ウナギなど、海で産卵し川で成長する降河性魚類でも、汽水域は、海水から淡水または淡水から海水への順化と摂餌の場として重要である。ヨーロッパウナギ *Anguilla anguilla* では、海から河口域に到達したレプトケファルス幼生が変態したシラスウナギが汽水域起源の有機物を餌に取っていることが明らかにされており、河口域がかれらの餌場として機能していることが示唆されている (Bardonnnet & Riera, 2005)。さらにニホンウナギ

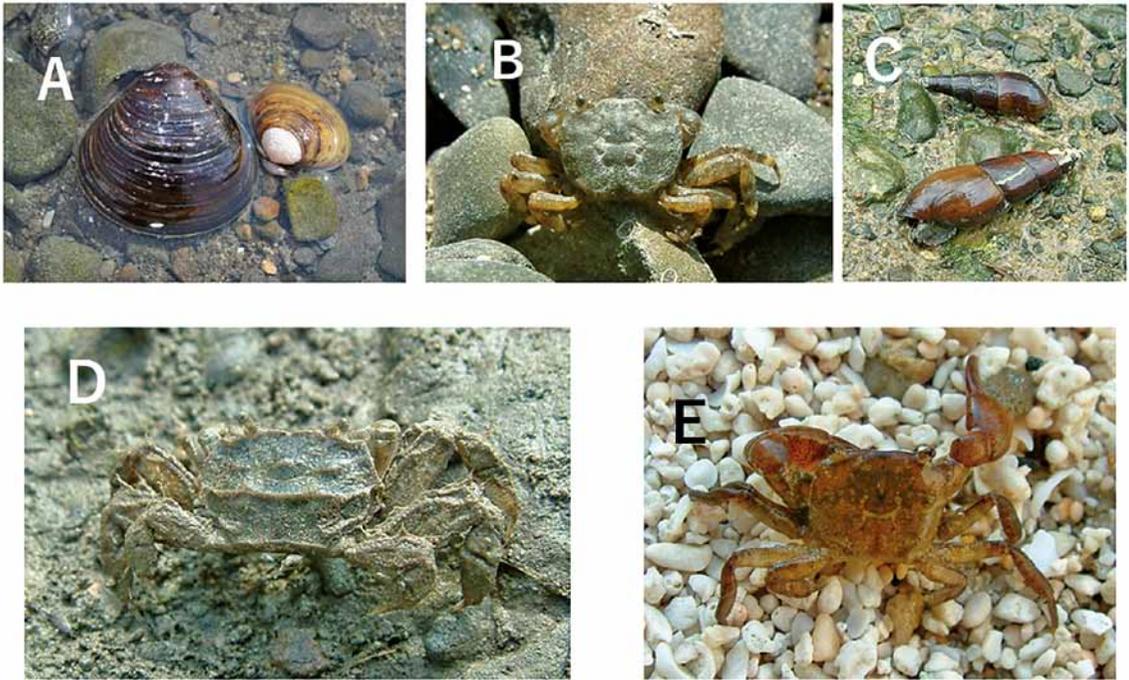


図 1. A: ヤマトシジミ, B: カワスナガニ, C: タケノコカワニナ, D: アリアケモドキ, E: タイワンヒライソモドキ.

Anguilla japonica でも、河口域に生息している個体は、河口域の干潟のベントス種を主な餌にしていることが明らかにしている (Kan et al., 2016).

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* やテナガエビ類など、ほとんどの生活を淡水域で過ごし、幼期のみ海域を利用するような両側回遊性の動物でも汽水域は生存上重要なところとなっている。例えばリュウキュウアユ *Plecoglossus altivelis ryukyuensis* では、海域で育った仔稚魚が淡水馴致のため河川河口域にしばらく滞在することが知られている (岸野・四宮, 2005)。モクズガニ *Eriocheir japonica* は、海域で浮遊幼生期を経た後、河川汽水域の上端部から淡水域の最下流部にかけて着底し、そこで稚ガニに変態してから河川を遡上するとされる (小林, 2008)、つまり汽水域上端部周辺は、幼生が河川に加入する発端として重要なのである。

まとめ：汽水域の保全の意義

以上汽水域に住む生物の特徴を 3 つの観点からまとめてみた。まずひとつは低塩分に適応した固有の生物が、汽水域、特にその上端部付近に生息しているという点で

ある。河口域に造られる河口堰や防潮堤は、汽水域にみられる塩分勾配をなくしてしまい、とりわけ低塩分環境を喪失させる。そのため特に低塩分に適応した生物は生存しにくくなるのは自明のことである。汽水域上端部をすみ場所としているタケノコカワニナやカワスナガニなどは、低塩分環境の生息圏が減じると、汽水域上端部で繁殖活動を行うエツなどの魚類は繁殖場を失うこととなる。

また川と海を行き来する動物にとっても、河口の汽水域はその生活上重要な意味をもっている。サケ、アユ、ウナギなどいずれも、河口域での生育がその後の生存や成長に影響するのである。埋め立てや河口堰によって汽水域が狭められれば、こういった回遊魚に負の影響をもたらすこともまた自明のことである。

最後に汽水域特にその上流部に生息する動物には、遺伝的にも個々の地域への固有性が高い特徴がある点も重要である。海岸性の動物は、浮遊幼生期の海域での分散により地域集団間での遺伝的交流が大きいのに対して、汽水性の動物では幼生が河口域内に保持される傾向が強いため、地域集団間での遺伝的交流は希薄となり、地域固有性が高くなると理解される。そのため汽水域に住む生物では、個々の地域ごとにその種の保全を考

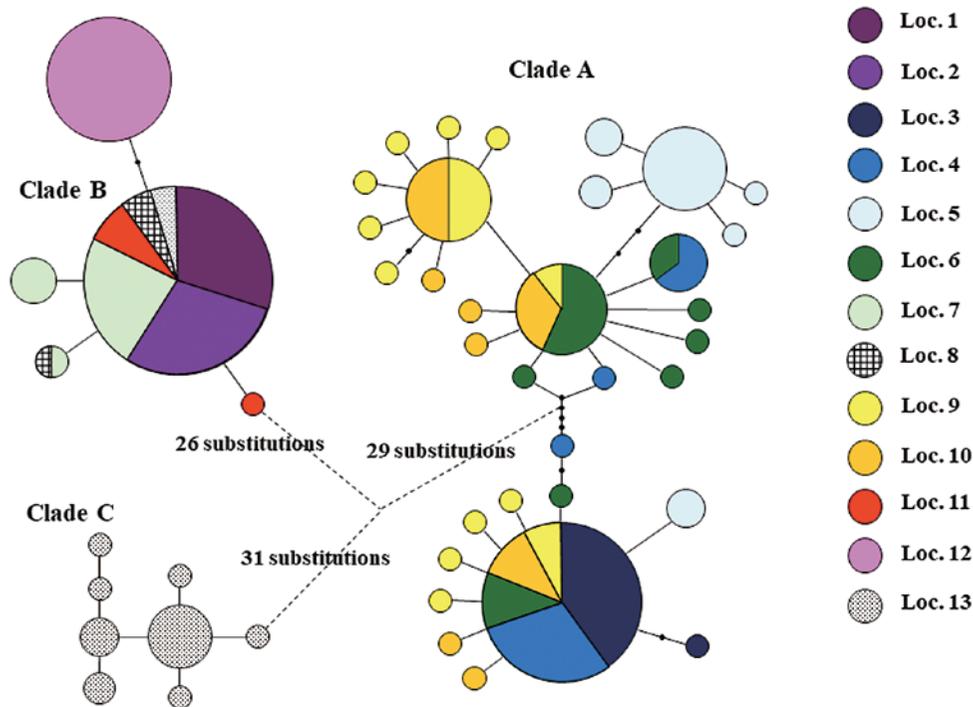


図 2. アリアケモドキのミトコンドリア DNA COI ハプロタイプネットワーク図. 各丸の大きさは、そのハプロタイプをもつ個体の数に比例する. 各色は各地域集団を示す. クレード A は本州・四国太平洋岸 (Loc. 3, 4, 5, 6, 9, 10), クレード B は北海道 (Loc. 1, 2)・瀬戸内海 (Loc. 7, 8)・九州西岸 (Loc. 11, 12), クレード C は奄美大島 (Loc. 13) の地域集団から成っている.

慮する必要がある. 結果として, 汽水性の生物がみられる河口域は, 固有の地域個体群を守るためにも, その汽水環境が維持されなければならないと言える.

引用文献

- Bardonnet, A. & Riera, P. 2005. Feeding of glass eels (*Anguilla anguilla*) in the course of their estuarine migration: new insights from stable isotope analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 63: 201–209.
- Bond, M. H., Hayes, S. A., Hanson, C. V. & MacFarlane, R. B. 2008. Marine survival of steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) enhanced by a seasonally closed estuary. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 65: 2242–2252.
- Duffy, E. J. & Beauchamp, D. A. 2011. Rapid growth in the early marine period improves the marine survival of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in Puget Sound, Washington. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 68: 232–240.
- Fukui, Y. & Wada, K. 1986. Distribution and reproduction of four intertidal crabs (Crustacea, Brachyura) in the Tonda River Estuary, Japan. *Marine Ecology Progress Series*. 30: 229–241.
- Green, J. 1968. *The Biology of Estuarine Animals*. Sidgwick & Jackson. London. 491pp.
- Gross, P. L., Gan, J. C. L., Scurfield, D. J., Frank, C., Frank, C., McLean, C., Bob, C. & Moore, J. W.

2023. Complex temperature mosaics across space and time in estuaries: implications for current and future nursery function for Pacific salmon. *Frontiers in Marine Science*, 10: 1278810.
- Gunter, R. 1961. Some relations of estuarine organisms to salinity. *Limnology & Oceanography*. 6: 182–190.
- Kan, K., Sato, M. & Nagasawa, K. 2016. Tidal-flat macrobenthos as diets of the Japanese eel *Anguilla japonica* in western Japan, with a note on the occurrence of a parasitic nematode *Heliconema anguillae* in eel stomachs. *Zoological Science*. 33: 50–62.
- 狩野泰則. 2009. 第 17 章 アンキアライン洞窟固有動物: 地下汽水湖における進化. 西田 陸 (編). 「海洋の生命史—生命は海でどう進化したか—」. p.284–302. 東海大学出版会. 秦野.
- Kawamoto, M., Wada, K., Kawane, M. & Kamada, M. 2012. Population subdivision of the brackish-water crab *Deiratonotus cristatus* on the Japanese coast. *Zoological Science*. 29: 21–29.
- 川根昌子・和田恵次. 2015. 汽水性希少カニ類タイワンヒライソモドキ *Ptychognathus ishii* Sakai, 1939 (モクズガニ科) の日本沿岸における遺伝的集団構造. *日本ベントス学会誌*. 70: 13–20.
- Kawane, M., Wada, K., Umemoto, A. & Miura, T. 2012. Genetic population structure and life history characteristics of the rare brackish-water crab *Deiratonotus kaoriae* Miura, Kawane & Wada, 2007 (Brachyura: Camptandriidae) in western Japan. *Journal of Crustacean Biology*. 32: 119–125.
- Kawane, M., Wada, K. & Watanabe, K. 2008. Comparison of genetic population structures in four intertidal brachyuran species of contrasting habitat characteristics. *Marine Biology*. 156: 193–203.
- 岸野 底・四宮明彦. 2005. 奄美大島住用湾および焼内湾周辺におけるリュウキュウアユ仔稚魚の回帰遡上. *魚類学雑誌*. 52: 115–124.
- 小林 哲. 2008. 6. 4. 2. モクズガニ. 財団法人河川環境管理財団 (編). 「河川汽水域—その環境特性と生態系の保全・再生」. p.196–199. 技報堂出版. 東京.
- Kobayashi, S. & Iwasaki, K. 2002. Distribution and spatio-temporal variation in the population structure of the fluvial gastropod *Clithon retropictus*. *Benthos Research*. 57: 91–101.
- 松政正俊. 2008. 6. 1. 2. 塩分環境と底生動物の生理生態. 財団法人河川環境管理財団 (編). 「河川汽水—その環境特性と生態系の保全・再生」. p.162–166. 技報堂出版. 東京.
- 宮本 巖. 1960. 宍道湖および中海のイシマキガイの生態学的研究. *日本生態学会誌*. 10: 45–48.
- 大森迪夫・鶴田義成. 1988. 2. 3 河口域の魚. 栗原康 (編). 「河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー」. p.108–118. 東海大学出版会. 東京.
- 大野正夫・高橋勇夫. 1988. 高知県下四万十川に生育するスジアオノリの分布域について. *高知大学海洋生物教育研究センター研究報告*. 10: 45–54.
- 岡崎朋子・和田恵次. 2007. 汽水性巻貝タケノコカワニナの生態分布. *南紀生物*. 49: 1–5.
- 田北 徹. 2000. 9 魚類. 佐藤正典 (編). 「有明海の生きものたち 干潟・河口域の生物多様性」. p.213–252. 海游社. 東京.
- 田中彌太郎. 1984. ヤマトシジミ稚仔期の形態および生理的特性について. *養殖研究所研究報告*. (6): 23–27.
- 和田恵次. 2012. クマノエミオスジガニ. 日本ベントス学会 (編). 「干潟の絶滅危惧動物図鑑—海岸ベントスのレッドデータブック」. p.208. 東海大学出版部. 秦野.
- 和田恵次・黒田美紀・鎌田磨人. 2023. 徳島県吉野川河口域の塩性湿地内底生動物の生態分布. *徳島県立博物館研究報告*. (33): 35–42.
- 山川宇宙・山下龍之丞・乾 直人. 2022. 石川県初記録のアリアケモドキ *Deiratonotus cristatus* (De Man, 1895). *ニッチェ・ライフ*. 9: 4–6.
- 山室真澄. 1996. 第 6 章 感潮域の底生動物. 西条八東・奥田節夫 (編). 「河川感潮域—その自然と変貌」. p.151–172. 名古屋大学出版会. 名古屋.
- 山下龍之丞・山川宇宙・碧木健人. 2022. 石川県で採集された北限記録のタイワンヒライソモドキ. *ニッチェ・ライフ*. 9: 71–74.