

アサリをモデルとした大阪湾および周辺海域の干潟生物ネットワークの解明

浜口 昌巳

瀬戸内海区水産研究所・主幹研究員

1. 研究目的

浮遊幼生期を持つ海洋生物の幼生ネットワークを解明するためには、実海域において調査対象となる種の浮遊幼生の分布調査と海水流動シミュレーションモデルを組み合わせる方法と、マイクロサテライト（以下MSと略する）マーカー等の高精度遺伝子マーカーにより個体群間の遺伝子交流の程度を調べることによって推定する方法がある（浜口他 2005）。このうち前者は、浮遊幼生がパッチ状分布をすることにより時空間的に高密度な調査が必要であるため莫大な費用が必要であるが、後者は比較的少ない費用で干潟生物の幼生ネットワークによる交流の程度を調べることができる。そこで、本研究申請では、MSマーカーを用いた方法により大阪湾およびその周辺海域のアサリ個体群を調べ、幼生ネットワークによる遺伝子交流の程度を推定する。これによって、大阪湾の干潟生態系の再生や、アサリ生産量の減少が問題となっている和歌浦等周辺海域のアサリ漁業再生のための方策を提唱することを目的とする。なお、本研究は大阪湾およびその周辺海域を広く網羅するために、2年間とする。初年度は大阪湾周辺海域でアサリを採集し、MSマーカーにより遺伝的相互関係を解析し、次年度以降は初年度の結果をもとに、保全やアサリ漁業の再生が急がれる場所等で地域特性や幼生分散に関わる潮流情報により個体群を追加選定して解析を行い、干潟生物間の繋がりから見た大阪湾の干潟生態系やアサリ等漁業の再生策を策定する。

2. 研究方法

1) 大阪湾及びその周辺のアサリ生息情報の収集

大阪府、兵庫県、香川県、和歌山県より各地の干潟の状況およびアサリの生息情報について聞き取りとともに、既存の資料における生息情報、漁獲状況等を調べた。

2) アサリ試料の採取とMS解析

本研究に供したアサリ試料は、兵庫県西播磨県民局光都農林水産振興事務所、兵庫県淡路県民局洲本農林水産振興事務所水産課、神戸市立須磨浜水族園、神戸市栽培漁業センター、神戸市漁業協同組合アサリ会、大阪府環境農林水産総合研究所水産研究部、和歌山市役所まちづくり局産業部農林水産課水産班、和歌山県海草振興局企画産業課、和歌山大学、阿南工業高等専門学校、香川大学瀬戸内圏研究センター庵治マリンステーション、尾道市農林水産課の協力を得て採取した。採集場所は図1に示す和歌山県有田市有田川河口干潟、和歌山市和歌浦、大阪府阪南二区造成干潟、兵庫県芦屋市、神戸市須磨区一の谷、甲子園浜、洲本市由良、徳島県吉野川河口造成干潟、香川県鴨部川河口干潟、尾道市松永湾のそれぞれの漁場や干潟で一般的な放流サイズより小さく、現地で発生したと考えられる殻長10~15mm程度のアサリを100検体以上採取した。ただし、吉野川河口干潟では生息密度が極めて低く、34個体のみ採取した。

これらのアサリについて、殻長、殻高、殻幅を測定した後、閉殻筋を摘出してQiagen社のDNeasy Blood & Tissue KitによってDNAを抽出し、申請者らが開発したアサリMSマーカー（特開2010-233452）およびYasuda et al (2006)のうち、近接する個体群間の比較に有効な7つのマーカーを選択し、各個体群96検体をMultiplexPCRでそれぞれ4及び3マーカー同時にPCR産物を得た。得られたPCR産物中のフラグメントサイズの決定は、作業の効率化を図るために(株)日本総

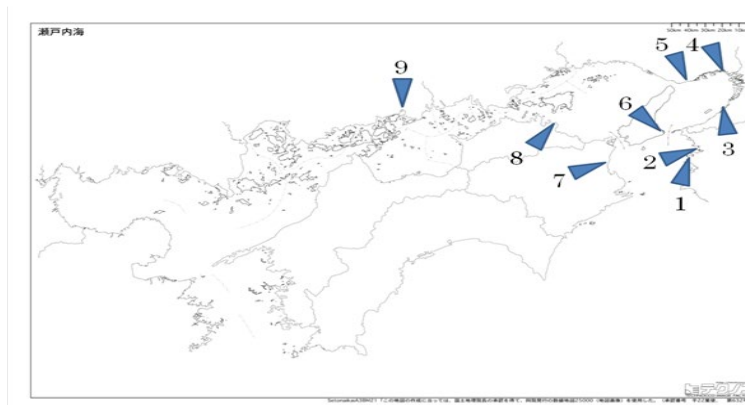


図 1. アサリ試料の採集場所

合科学環境事業部 DNA 多型検査課に外注した。これによって得られたフラグメントサイズ情報から、GeneAlex6.1 (Peakall and Smouse, 2006) を用いて分化係数 (Fst) やアサイメントテストによって個体群間の遺伝子交流の程度を調べた。

3. 研究結果

1) 大阪湾及びその周辺のアサリ生息情報の収集

MS マーカー用の試料を採集するに際し、各地でアサリ資源の状態について聞き取り調査を行ったが、ほとんどの地点でアサリは減少しており、1980 年代半ばごろのようにアサリが獲れるようにしてほしいという要望が強かった。各地ではそれぞれの地域毎にアサリ資源の再生を目指した試みが行われており、神戸市では神戸市立栽培漁業センターによる種苗生産と放流、和歌山県和歌浦では水産庁の藻場・干潟生態系保全事業による漁業者、和歌山市、和歌山県が連携してアサリ資源の再生が実施されていた。

2) アサリ試料の MS 解析結果

和歌山県有田市有田川河口干潟 (以下、有田とする)、和歌山市和歌浦 (以下、和歌浦とする)、大阪府阪南二区造成干潟 (以下、阪南とする)、兵庫県芦屋市 (以下、芦屋とする)、神戸市須磨区一ノ谷 (以下、一ノ谷とする)、洲本市由良 (以下、由良とする。)、徳島県吉野川河口造成干潟 (以下、吉野川とする)、香川県鴨部川河口干潟 (以下、鴨部とする)、尾道市松永湾 (以下、尾道とする) のアサリ試料を 7 つの MS マーカーで分析して得られた、分化指数 (Fst) を計算した結果を表 1 に、アサイメントテストによって得られた帰属個体群比率を表 2 に示す。

多くの個体群間で Fst 値はさほど高くは無かったが、FDR 法による multiple tests により有意差が認められた組み合わせを太字斜体数字で示した。大阪湾内の 4 個体群について見てみると、芦屋と阪南は有意差が認められなかったが、一ノ谷及び由良は芦屋、阪南と有意差が見られ、個体群間の分化が進んでいた。しかし、一方で、これらの個体群とはより遠方の大阪湾外の個体群とは Fst に有意差が認められなかった。アサイメントテストによって得られた帰属個体群の比率を見てみると、他の地域と比較して自らの個体群に帰属する比率が高い傾向を示した。

図 2 には表 1 および表 2 の結果から各個体群の関係について概念的に表した。図 2 では尾道、鴨部川、吉野川は“瀬戸内海アサリ”という仮想の個体群と表現した。この“瀬戸内海アサリ”個体群とほとんどの個体群は Fst には有意差が無かったが、由良の個体群はすべての個体群と Fst に有意差が認められた。一方、一ノ谷は“瀬戸内海アサリ”とは Fst には有意差が無かったが、大阪湾内の他の個体群とは Fst に有意差が認められ、交流がほとんどないか、制限されている可能性がある。

表1 大阪湾周辺のアサリ 8 個体群の MS マーカーより求めた分化指数 (Fst)

	有田	和歌浦	阪南2区	芦屋	一ノ谷	由良	マリンピア	鴨部川	尾道
和歌山県 有田	-	0.037	0.033	0.007	0.003	0.001	0.060	0.006	0.023
和歌山県 和歌浦	0.002	-	0.078	0.026	0.001	0.001	0.054	0.348	0.264
大阪府 阪南2区	0.002	0.002	-	0.044	0.001	0.019	0.108	0.038	0.127
兵庫県 芦屋	0.004	0.003	0.002	-	0.003	0.019	0.099	0.157	0.265
兵庫県 一ノ谷	0.005	0.005	0.005	0.005	-	0.001	0.005	0.089	0.002
兵庫県 由良	0.006	0.007	0.003	0.003	0.007	-	0.007	0.005	0.001
徳島県 マリンピア	0.003	0.004	0.003	0.003	0.008	0.007	-	0.396	0.114
香川県 鴨部川	0.004	0.000	0.002	0.001	0.002	0.005	0.000	-	0.043
広島県 尾道	0.003	0.001	0.001	0.001	0.006	0.004	0.003	0.002	-

注：表中の下段の黒数字は各個体群間の Fst 値のペアワイズ Fst 比較を、上段の数字は Fst 値を FDR 法による multiple tests による有意水準を示しており、太字斜体数字は有意差あり

表2 大阪湾周辺のアサリ 8 個体群の MS マーカーより求めた帰属個体群

	帰属集団								
	有田	和歌浦	阪南2区	芦屋	一ノ谷	由良	マリンピア	鴨部川	尾道
和歌山県 有田	0.293	0.187	0.147	0.040	0.067	0.080	0.093	0.093	
和歌山県 和歌浦	0.127	0.211	0.127	0.099	0.070	0.056	0.183	0.127	
大阪府 阪南2区	0.149	0.135	0.216	0.054	0.122	0.081	0.108	0.135	
兵庫県 芦屋	0.096	0.096	0.108	0.169	0.120	0.108	0.193	0.108	
兵庫県 一ノ谷	0.065	0.078	0.091	0.130	0.221	0.143	0.104	0.169	
兵庫県 由良	0.054	0.041	0.081	0.149	0.149	0.230	0.216	0.081	
徳島県 マリンピア	0.067	0.100	0.067	0.000	0.133	0.200	0.267	0.167	
香川県 鴨部川	0.075	0.119	0.075	0.090	0.194	0.090	0.149	0.209	

*太字斜体数字は自個体群の比率を示す。

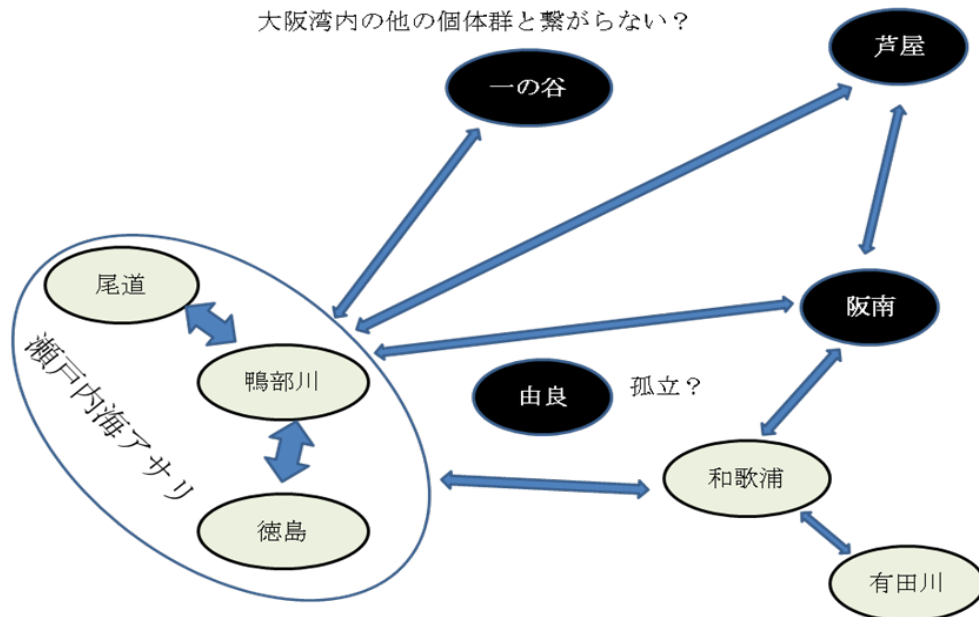


図2. 表1および表2から考えられる今回調べた各個体群の交流の概念図

4. 考察

今回調べた個体群の MS マーカーによって求めた分化係数 Fst 値から、兵庫県洲本市由良は他の個体群との浮遊幼生の交流が無く、独立した個体群と考えられたが、それ以外の個体群は現在、あるいは過去に遺伝的交流があったのではないかと考えられる結果となった。これについては、対象として加えた瀬戸内海中央部にある尾道の個体群と共通性があることから瀬戸内海に共通した遺伝的特徴の可能性が高いと考えられる。この瀬戸内海アサリの遺伝的特徴は東に行くにつれて Fst の値が低くなることから、大阪湾、和歌浦、有田川は瀬戸内海の遺伝子特徴を持つ個体群の東の端に位置するのではないかと考えられる。

まず、大阪湾のアサリ個体群と“瀬戸内海アサリ”の関係について考察する。瀬戸内海のアサリの漁獲量の変遷は図3に示す通りである。瀬戸内海では1970年～1988年までは年間約2万トンものアサリが漁獲されており、最大は1986年の45023トンであった。この時期の瀬戸内海の最大の漁場は大分県中津干潟を中心とした周防灘沿岸であったが、瀬戸内海全域で漁獲量が多く、紀伊半島の先端付近でもアサリがよく獲れていた。しかし、1990年以降急速に漁獲量は減少し、最新の統計では326トン程度まで激減している。このことから、おそらくアサリが多産していた1970年～1980年代半ばごろの瀬戸内海のアサリ個体群は全体に資源量が多く、また、生息場所も多かったことから、互いに浮遊幼生を通じ交流があったと考えられる。このように、干潟・漁場間の交流が緊密であれば、アサリは自然に発生し、放流しなくても漁獲に繋がっていたと考えられる。しかし、1990年以降漁獲量は減少に転じ、資源量が激減したと考えられる。一方で、高度経済成長期を中心に、沿岸開発が急速に進行し、生息場所も減少し、これら二つの要因により、アサリ等干潟生物の浮遊幼生を介した生物ネットワークが急速に縮小し、残された個体群では遺伝的浮動により個体群の分化が進んだのではないかと考えられる。瀬戸内海のアサリの漁獲量の減少原因については、*Perkinsus* 原虫の感染 (Hamaguchi et al 1998, 浜口他 2002)、ナルトビエイ等食害生物の増加(浜口 2006)、栄養塩類の低下に伴う餌不足や冬季水温の上昇(浜口 2010)などが考えられているが、これらの複合的な要因と考えられる。いずれにしてもこれらの原因は個体群の縮小を招き、干潟ネットワークを縮小させる要因となる。

今回の調査結果から、四国沿岸ではこのような交流はある程度残っていると考えられるが、本州沿岸では遺伝的交流が失われており、同じ兵庫県沿岸でも一ノ谷と芦屋で遺伝的分化が認められることから比較的近接する個体群間でも分断化 (fragmentation) が進んでいるという結果が得られた。また、大阪湾全体としても、神戸市内の一ノ谷、芦屋、洲本市由良、大阪府阪南2区の個体群間では分化指数は有意差があることから幼生を通じた交流が無く、かろうじて芦屋、大阪府阪南2区、和歌山県和歌浦、有田川河口の個体群で弱い交流が考えられる程度であり、各個体群間の分断が進んでいると考えられる。現在、著者らが参加している、羽田周辺水域環境調査研究委員会及び東邦大学が共同で調べている東京湾のアサリ個体群では、同湾内の6つの個体群では互いに F_{st} には有意差が認められず、浮遊幼生を介した交流があるという結果(浜口他 未発表)が得られている。このように、同規模の面積を持つ東京湾と大阪湾の差を検証することは沿岸域における個体群の分断化を考える際には参考になると考えられる。

沿岸開発による分断化が生じるような環境下で、アサリのように浮遊幼生期を持つ干潟生物を保全し、生産性を高めるためには干潟間の生物ネットワークを回復してメタ個体群の健全化を図る必要がある。今回の研究結果から大阪湾では、早急に干潟間の繋がりを高めるような何らかの施策が必要と考えられる。

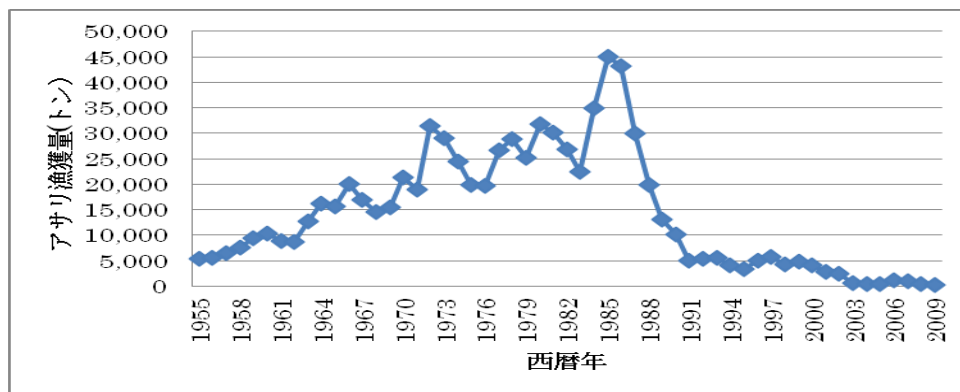


図3. 瀬戸内海のアサリの漁獲量の変遷