

蒲江地区におけるヒオウギガイ *Mimachlamys nobilis* 浮遊幼生の 出現動向と天然採苗

和田宗一郎*^a 中里礼大*^b 前田真梨子*^c 浜口昌巳*^d

大分県農林水産研究指導センター水産研究部

Seasonal dynamics of larval occurrence and natural seed collection of the noble scallop *Mimachlamys nobilis* in the Kamae area, Oita Prefecture

SOICHIRO WADA, AYAHIRO NAKAZATO, MARIKO MAEDA AND MASAMI HAMAGUCHI

Fisheries Group, Fisheries Research Division, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：蒲江，稚貝，天然採苗，ヒオウギガイ，モノクローナル抗体

ヒオウギガイ *Mimachlamys nobilis* は国内では房総以南に生息するイタヤガイ科の二枚貝であり，食用にされる。¹⁾本種は赤，黄，紫，橙色など色とりどりの貝殻を持ち，佐伯市蒲江は全国有数の養殖生産地として知られる。²⁾かつて大分県ではヒオウギガイが県南部の各地で養殖されており，1979年の経営体数は55であった。³⁾しかし，2024年現在，県内でヒオウギガイ養殖が行われているのは蒲江地区のみであり，経営体数は3である。現在，蒲江地区のヒオウギガイ養殖では愛媛県や長崎県等の県外産天然種苗と県内産人工種苗(養殖業者自らが生産)が用いられている。公益社団法人大分県漁業公社は，1981年から2007年まで養殖業者向けにヒオウギガイの人工種苗を生産していたが，^{4,5)}安価な県外産天然種苗との価格競争により，現在は生産を中止している。しかしながら，近年は県外産天然種苗の価格が高騰しており，養殖業者への聞き取りによると種苗単価は2010年頃までは1個体が約5~6円であったものが，2020年頃には約10円となった。このため，地先での天然採苗技術を確立することが求められている。

大分県におけるヒオウギガイの産卵期は5~9月であり，盛期は6~7月である。³⁾中里ら⁶⁾は2016年6月3日に蒲江地区の5カ所(猪串湾奥(森崎)，猪湾地先，小蒲江湾，屋形島東部，赤バエ)で採苗器を垂下し，猪串湾奥(森崎)で最も多くの稚貝(25個体/基質(カゴ))を得た。しかし，中里ら⁶⁾が蒲江地区で採苗器を垂下した日は1日のみであり，採苗適地や採苗適期について

は検討の余地が残った。

一般的に，二枚貝類で天然採苗を効率よく行うためには，対象となる種の浮遊幼生の出現状況を調べる必要がある。例えばマガキ *Magallana gigas* の天然採苗が行われている広島湾では，広島市水産振興センター等による広島湾マガキ浮遊幼生調査が実施されており，マガキ養殖業者はそのデータをもとに天然採苗を行っている。⁷⁾ただし，二枚貝の浮遊幼生については外部形態による種判別が困難であることから，マガキ，アコヤガイ *Pinctada fucata martensii*，アサリ *Ruditapes philippinarum* 等では特定種を蛍光発色させるモノクローナル抗体を使った浮遊幼生の観察が行われている⁸⁻¹⁰⁾。しかし，ヒオウギガイ浮遊幼生を蛍光発色させるモノクローナル抗体は開発されていない。

本研究では，ヒオウギガイの天然採苗技術を開発するため，ヒオウギガイ浮遊幼生に特異的なモノクローナル抗体を開発し，佐伯市蒲江地区で定期的に浮遊幼生の出現状況を調べるとともに，並行して天然採苗試験を実施した。浮遊幼生については地点別・発生ステージ別に出現数を集計し，浮遊幼生の主要な出現場所および出現時期を明らかにした。天然採苗試験では，採苗適地および採苗適期を明らかにするとともに，稚貝の由来を推定するため，遺伝的な要因によって決定される貝殻の色¹¹⁾の組成について小蒲江で養殖されている成貝とともに検討した。なお，本報の一部の内容は既報¹²⁾と重複する。

*a 現所属：豊後大野市役所農林整備課

*b 現所属：佐伯市役所農林水産部水産課

*c 現所属：大分県農林水産部水産振興課

*d 現所属：福井県立大学海洋生物資源学部先端増殖科学科

材料と方法

ヒオウギガイ浮遊幼生特異的モノクローナル抗体の作成

蒲江地区で2016年に養殖されたヒオウギガイ成貝および同地区で2018年に人工種苗生産で得られた浮遊幼生試料を用いて、国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産技術研究所廿日市庁舎(以下、水産技術研究所廿日市庁舎)に協力を依頼し、福澄らの方法⁹⁾によりモノクローナル抗体の作成を行った。得られた抗体産生株(ハイブリドーマ株)の選別には、人工種苗生産で得たマガキ、イワガキ *Magallana nippona*、アコヤガイ、アサリ、タイラギ *Atrina pectinata*、ハマグリ *Meretrix lusoria*、ムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis*、ホトトギスガイ *Dreissena polymorpha* の浮遊幼生抗原を用い、ヒオウギガイ浮遊幼生に特異性の高いハイブリドーマ株を選択した。さらに、これらの株について、水産技術研究所廿日市庁舎が調査船しらぶじ丸等により広島湾や周防灘南部で採取した天然二枚貝の浮遊幼生試料を用いて種特異性の検証を行った。検証では、選択したハイブリドーマ株の培養上清(モノクローナル抗体が含まれる)を試料に反応させ、反応した浮遊幼生を顕微鏡下で単離して、あらかじめ設計しておいたヒオウギガイ DNA に特異的に反応するリアルタイム PCR の系(表1)を用いてヒオウギガイであることを確認した。

表1 ヒオウギガイ浮遊幼生に特異的な PCR プライマーとプロブの塩基配列

名称	配列
Hiougi-F	5'-CCAAGTAGTTAATAGCACC-3'
Hiougi-R	5'-GGACAATATATCCTCCTTTG-3'
Hiougi-P	5'-(HEX)-GCCAAATAACCATGTCTGGTACAAATTCT-(BHQ1)-3'

浮遊幼生の出現状況調査と天然採苗試験

2019～2023年に図1に示す森崎、猪串、小蒲江、屋形島において浮遊幼生の出現状況調査と定期的な天然採苗試験を行った。

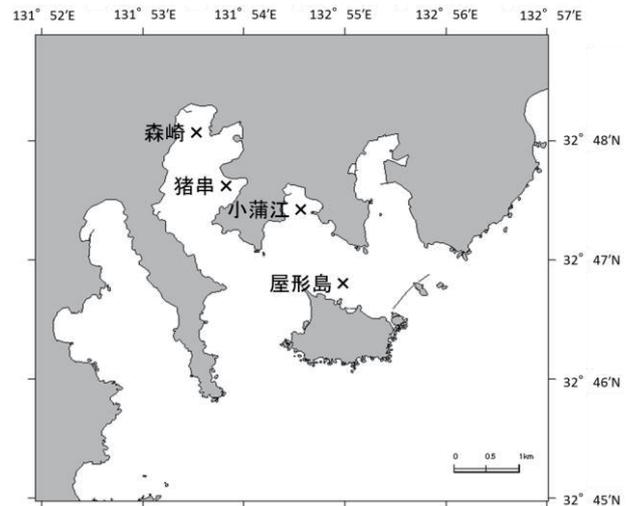


図1 調査海域

各年の実施場所と調査内容は表2に示すとおりである。2019年には5月21日～8月13日に4地点で海水試料を採取(採水)するとともに、天然採苗のための採苗器を垂下した。2020年には4月23日～7月28日に森崎の1地点で採水と採苗器の垂下を行い、2021～2023年には5～6月に森崎で採苗器の垂下のみを行った。過去に旧上浦町広浦地先で行われたヒオウギガイの天然採苗試験では、水深1～6.3mのうち水深3m前後で最も多くの稚貝の付着が確認されていることから、¹³⁾本研究では水深3m層で採水および採苗を行った。

浮遊幼生の出現状況調査では、毎週1回の頻度で水深3m層の海水100～200Lをポンプで揚水後、40 μ mのプランクトンネットを用いて1.5mLに濃縮し、検鏡時まで冷凍保存した。ヒオウギガイ浮遊幼生の同定と計数は、海水試料の解凍後にモノクローナル抗体を用いた間接蛍光抗体法¹⁰⁾によって行い、蛍光顕微鏡のB励起光下で蛍光発色するものをヒオウギガイ浮遊幼生であると判断して計数した。同時に、最大30個体について殻長(10 μ m単位)を測定し、殻長別に70 μ m以上140 μ m未満を小型幼生(D型幼生期)、140 μ m以上180 μ m未満を中型幼生(殻頂期幼生期)、180 μ m以上を大型幼生(眼点出現)として3ステージに区分した。^{3,14)}なお、浮遊幼生の密度表記は1,000L当たりとして表記する。また、浮遊幼生の密度の検出限界は5個体/1,000Lであり、検出限界未満は0個体/1,000Lとして取り扱った。

表 2 各調査の実施年, 地点, 日付

年	地点	採水日	採苗器 垂下日	採苗器 取上日	採苗器設置 期間(日)	備考
2019	森崎	5/21	5/21	7/31	71	7/2に採苗器を小蒲江へ移動
		5/27	5/27	8/19	84	7/2に //
		6/3	6/3	8/19	77	7/2に //
		6/10	6/10	9/2	84	7/16に //
		6/18	6/18	9/2	76	7/16に //
		6/24	6/24	9/17	85	7/29に //
		7/2	7/2	9/17	77	7/29に //
		7/8	7/8	9/30	84	8/19に //
		7/16	7/16	9/30	76	8/19に //
		7/22	7/22	9/30	70	8/19に //
		7/29	7/29	10/21	84	
		8/5	8/5	10/21	77	
		8/13	8/13	-	-	採苗器落下による回収不能
		2019	猪串、 小蒲江、 屋形島	5/21	5/21	7/31
5/27	5/27			8/19	84	
6/3	6/3			8/19	77	
6/10	6/10			9/2	84	
6/18	6/18			9/2	76	
6/24	6/24			9/17	85	
7/2	7/2			9/17	77	
7/8	7/8			9/30	84	
7/16	7/16			9/30	76	
7/22	7/22			9/30	70	
7/29	7/29			10/21	84	
8/5	8/5			10/21	77	
8/13	8/13			10/21	69	

年	地点	採水日	採苗器 垂下日	採苗器 取上日	採苗器設置 期間(日)	備考
2020	森崎	4/23	4/23	7/1	69	
		4/30	4/30	7/1	62	
		5/7	5/7	7/8	62	
		5/14	5/14	7/14	61	
		5/22	5/22	7/20	59	
		5/29	5/29	8/24	87	
		6/5	6/5	8/24	80	
		6/11	6/11	9/15	96	
		6/16	6/16	9/17	93	
		6/24	6/24	9/17	85	
		6/30	6/30	9/18	80	
		7/8	7/8	10/5	89	
		7/14	7/14	10/5	83	
7/20	7/20	10/13	85			
7/28	7/28	10/13	77			
2021	森崎	-	5/17	9/27	133	
		-	5/24	9/27	126	
		-	5/31	9/27	119	
		-	6/8	9/27	111	
		-	6/14	10/4	112	
		-	6/21	10/5	106	
		-	6/28	10/4	98	
2022	森崎	-	5/30	-	-	採苗器落下による回収不能
		-	6/6	9/15	101	
		-	6/13	9/26	105	
		-	6/20	10/14	116	
		-	6/27	-	-	採苗器落下による回収不能
2023	森崎	-	5/29	10/12	136	
		-	6/8	10/12	126	
		-	6/13	10/12	121	
		-	6/20	-	-	採苗器落下による回収不能

天然採苗試験では、杉の葉を入れた提灯カゴ4つを縦に連結したものを採苗器1吊りとし、毎週1回の頻度で各地点に1吊りずつ垂下した(図2)。採苗器は2番目のカゴと3番目のカゴの間が水深3m層に位置するように垂下した。なお、森崎は採苗器に汚れが多く付着し採苗器が落下することがあることから、2019年は採苗器垂下から27～42日目に小蒲江の漁場に移動し

た区があった。採苗器垂下から59～136日後、採苗器に付着したすべての稚貝を取り出して計数し、稚貝の個体数は4つの提灯カゴ1～4段の平均値±標準偏差で示した。

稚貝および成貝の色の組成

天然採苗試験で得られた稚貝は個体ごとに貝殻の色を記録(5種類:茶, 橙, 紫, 赤, 黄)した。貝殻の色は採苗器垂下日および提灯カゴの段数を区別せずに集計した。また, 2019年12月27日には小蒲江で養殖されていた成貝をランダムに30個体抽出し稚貝と同様に色の記録を行った。



図2 調査に使用した採苗器

統計解析

稚貝および成貝の貝殻の色の組成は, 2019年に得られた各地点の全個体の色を集計し, 統計解析フリーソフトのR4.3.3⁵⁾を用い, Fisherの正確確率検定により地点間全体の有意差の有無を確認し, 有意差が認められた場合はペアごとの多重比較を行った。多重比較にはrstatixパッケージ⁶⁾に含まれるp.adjust関数を用い, Benjamini-Hochberg法によりp値を補正した。有意水準(p)は0.05とした。

結 果

ヒオウギガイ浮遊幼生特異的モノクローナル抗体の作成

広島湾や周防灘南部でヒオウギガイの産卵期に採取した天然二枚貝の浮遊幼生試料を用いて選択したハイブリドーマ株の培養上清(モノクローナル抗体が含まれる)を試料に反応させ, 反応した浮遊幼生を顕微鏡下で単離して, あらかじめ設計しておいたヒオウギガイDNAに特異的に反応するリアルタイムPCRの系を用いてヒオウギガイであることを確認した。その後, ヒオウギガイ以外の浮遊幼生には反応を示さなかったハイブリドーマ

株を選択し, これを大量培養してヒオウギガイに特異的に反応するモノクローナル抗体を得た。蒲江地区で採取した海水試料とモノクローナル抗体を用いて, 間接蛍光抗体法¹⁰⁾によって反応させ蛍光顕微鏡のB励起下で観察した結果, 図3のように浮遊幼生が蛍光発色した。よって, 海水試料に存在するヒオウギガイ浮遊幼生を確認することができた。

浮遊幼生の出現状況

浮遊幼生のステージ別の出現状況は図4に示した。

・小型幼生

2019年は森崎で5月21日, 6月3日, 6月24日, 7月29日に10,000個体/1,000Lを超える高密度の出現が認められ, 6月24日は最高の24,889個体/1,000Lであった。猪串では7月29日のみ12,125個体/1,000L出現したが, それ以外は3,025個体/1,000L以下であった。小蒲江は2,730個体/1,000L以下, 屋形島は6,300個体/1,000L以下で推移した。

2020年の森崎では, 調査開始日の4月23日に9,975個体/1,000Lの浮遊幼生が確認され, 5月7日と7月8日にも10,000個体/1,000Lを超える高密度の出現が認められた。しかし, 森崎で小型幼生がピークとなる時期は2カ年のデータでは明らかにできなかった。

・中型幼生

2019年は森崎で6月に1,680~3,111個体/1,000Lで推移し, 他の地点より比較的高密度の出現が長期間認められた。一方, 猪串, 小蒲江, 屋形島では出現は散発的であり, 猪串では203~2,200個体/1,000L, 小蒲江で10~3,150個体/1,000L, 屋形島で15~3,600個体/1,000Lの範囲で推移した。7月以降はいずれの地点も突発的に2,000個体/1,000Lを超えることがあったが, 断続的な出現は確認できなかった。

2020年の森崎では6月5日以降に断続的に653個体/1,000L以上の出現が確認され, 6月下旬から密度が増加し, 7月8日には5,680個体/1,000Lのピークに達し, その後徐々に減少した。2020年の森崎は, 2019年のいずれの地点よりも長期間に渡って一定量の浮遊幼生の出現が確認できた。

・大型幼生

2019年は森崎と猪串で7月に1,000個体/1,000L前後の高密度の出現が認められた。森崎では5月21日~7月22日は0~392個体/1,000Lで推移し, 7月29日に最高の937個体/1,000Lとなった。猪串では5月21日~7月2日は0~138個体/1,000Lで推移し, 7月9日に403個体/1,000Lと密度が増加し, 7月16日に最高の1,083個体/1,000Lとなった。一方, 小蒲江と屋形島は7月29日に小さなピークが認められたものの(小蒲江: 707個体

/1,000L, 屋形島:380 個体/1,000L), その密度は森崎と猪串よりも低かった。

2020年の森崎では4月23日に950個体/1,000Lと高密度の出現が認められたが, 4月30日~6月30日の期間は0~493個体/1,000Lで推移した。7月は継続して高密度の出現が確認された(7月8日:2,840個体/1,000L, 7月14日:773個体/1,000L, 7月20日:1,357個体/1,000L)。特に7月8日の密度は2019年の最高密度の2倍以上であった。

天然採苗試験

2019年の各地点の1カゴ当たりの稚貝数の推移を図5(a)に示した(以下, 「1カゴあたり」の表記を省略)。2019年の調査では, 森崎で6月3日に垂下した区で最も多くの稚貝が得られ, 25.5 ± 3.0 個体であった。この区以外は7.0個体以下であった。他の地点ではいずれの区も1.8個体以下であった。

森崎における2020年から2023年における各年の稚貝数の推移を図5(b)に示した。2020年の調査では5月22日以降に垂下した区で稚貝が取れ始め, 5月29日から7月8日に垂下した区では連続して29.5個体以上の稚貝が得られた。6月24日に垂下した区で最多の 199.0 ± 54.9 個体を得られた。2021年には6月21日に垂下した区で最多の 39.8 ± 33.3 個体の稚貝が得られ, その前後の6月14日と6月28日に垂下した区でそれぞれ 28.5 ± 32.5 個体, 34.0 ± 29.0 個体の稚貝が得られた。2022年では6月13日に垂下した区で最多の 78.8 ± 21.9 個体を得られ, 6月6日と6月20日に垂下した区でそれぞれ 52.3 ± 11.3 , 46.0 ± 11.5 個体の稚貝が得られた。2023年はすべての区で2.0個体以下で

あった。

森崎の2019年と2020年の結果から, 稚貝の採集量のピークは6月であったが, より細かい週単位でのピークの特定には至らなかった。また, 2019~2023年の各年における6月各週の採集量の平均値は, 2019年は8.2個体, 2020年は103.0個体, 2021年は29.4個体, 2022年は59.0個体, 2023年は0.3個体であり, これらの平均値は40.0個体, 中央値は29.4個体であった。

稚貝および成貝の色の組成

2019年における全期間の貝殻の色の組成をみると(図6), 森崎は茶色が56.6%と最も高く, 次いで橙色が23.4%であった。猪串と屋形島では, 茶色と橙色の割合がいずれも30~40%程度であった。猪串では, 茶色が37.1%, 橙色が34.3%を占め, 屋形島では, 茶色が33.3%, 橙色が37.0%を占めていた。小蒲江の稚貝および成貝は茶色の比率が6.7~10.5%と他の地点(33.3~56.6%)と比較して低く, 橙色の割合は36.7~36.8%であり猪串や屋形島と同程度であった。また, 紫色, 赤色, 黄色の合算値は52.6~56.7%であり, 他の地点(20.0~29.6%)より高かった。2019年の貝殻の色の組成は地点全体で有意差が認められ(Fisherの正確確率検定, $p < 0.05$), 多重比較の結果, 森崎と小蒲江成貝, 森崎と小蒲江稚貝で有意に異なっていた($p < 0.05$, 表3)。森崎の2020~2023年における各年の全期間の貝殻の色の組成は一貫して茶色と橙色の割合が高く(茶色:25.4~56.6%, 橙色:22.2~46.9%), いずれの年もこの2色で70%以上を占めていた。

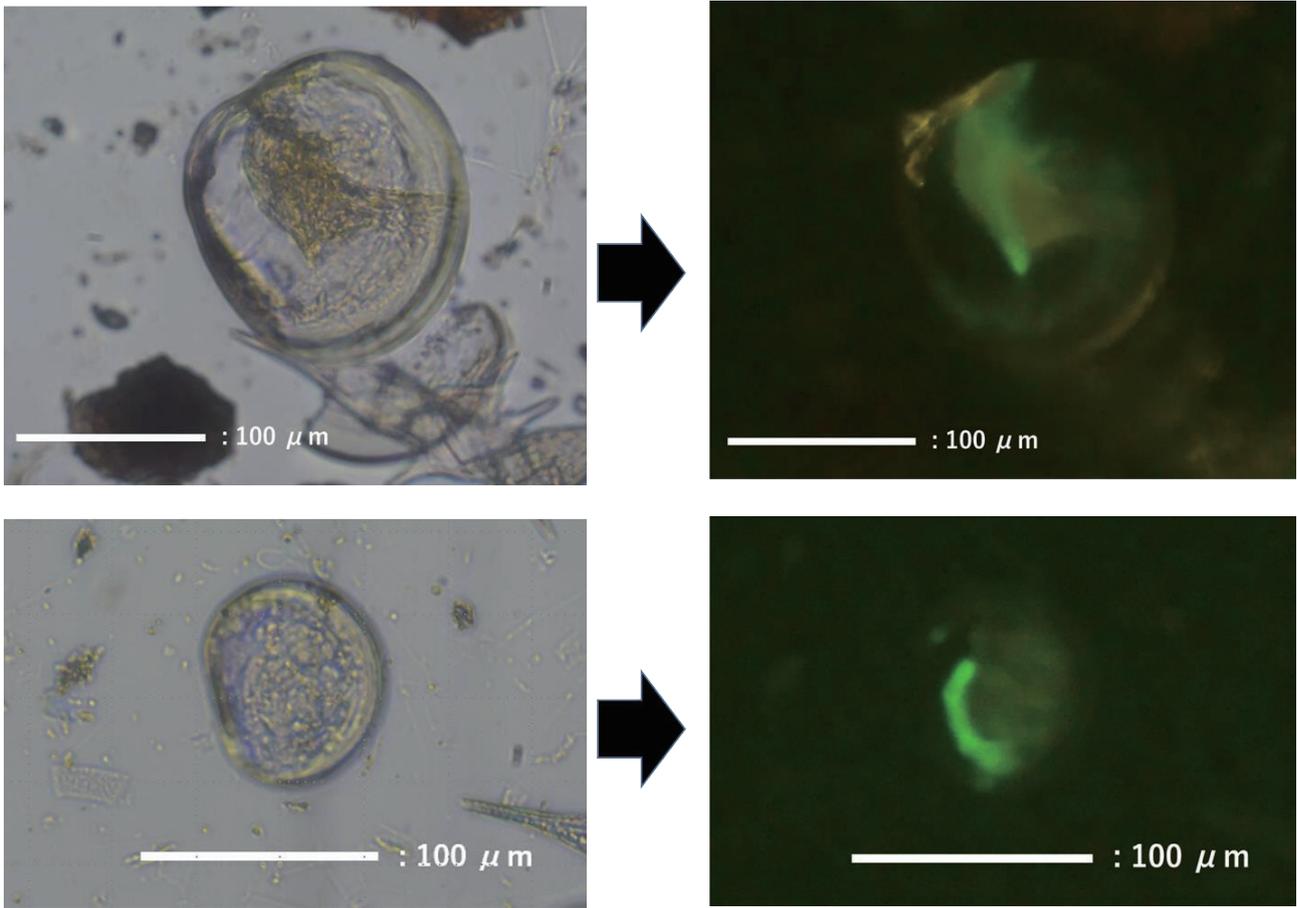


図3 モノクローナル抗体に反応したヒオウギガイ浮遊幼生(左：通常の観察，右：B 励起光下での観察)

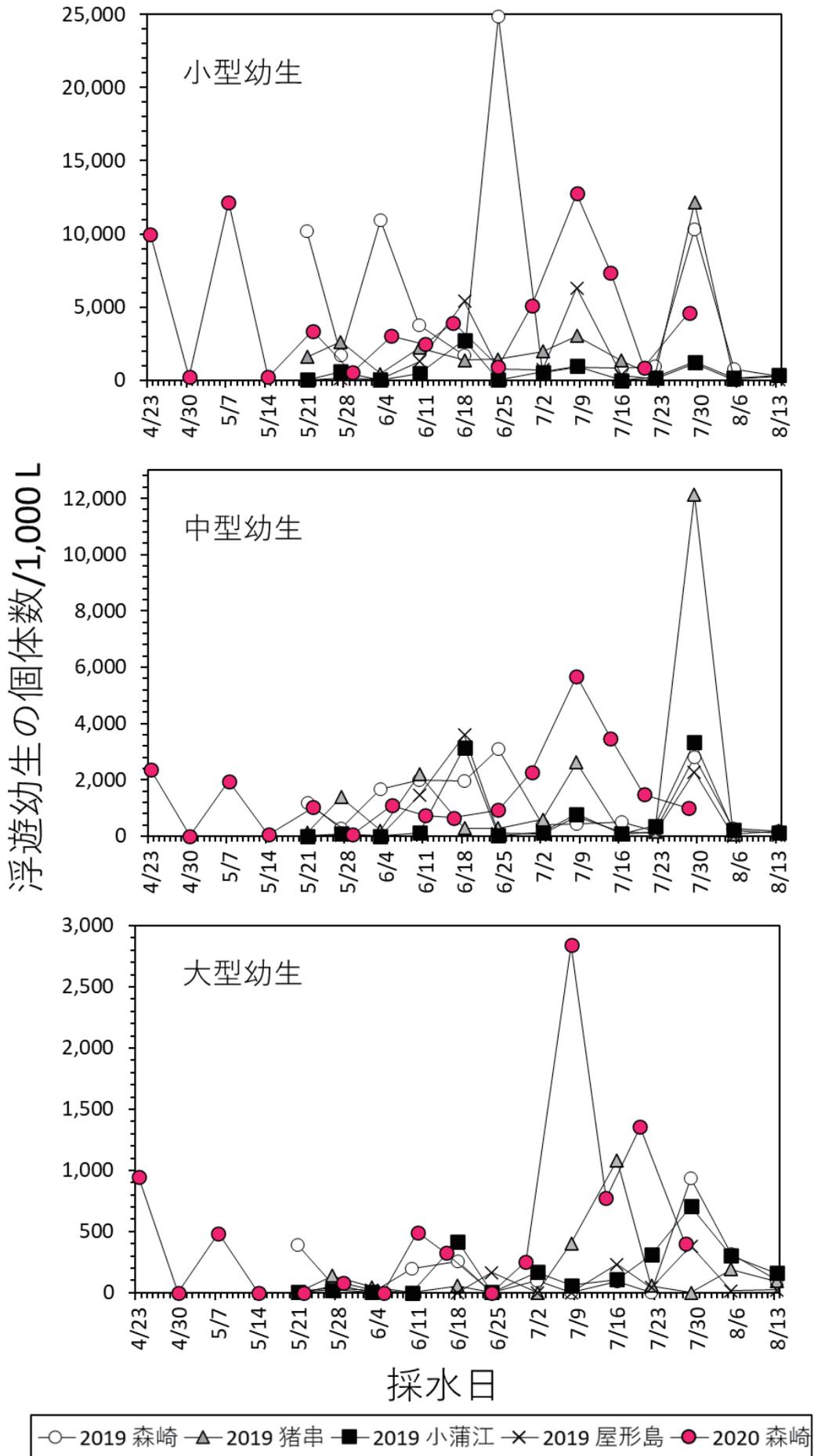


図4 ステージ別年別地点別の浮遊幼生密度

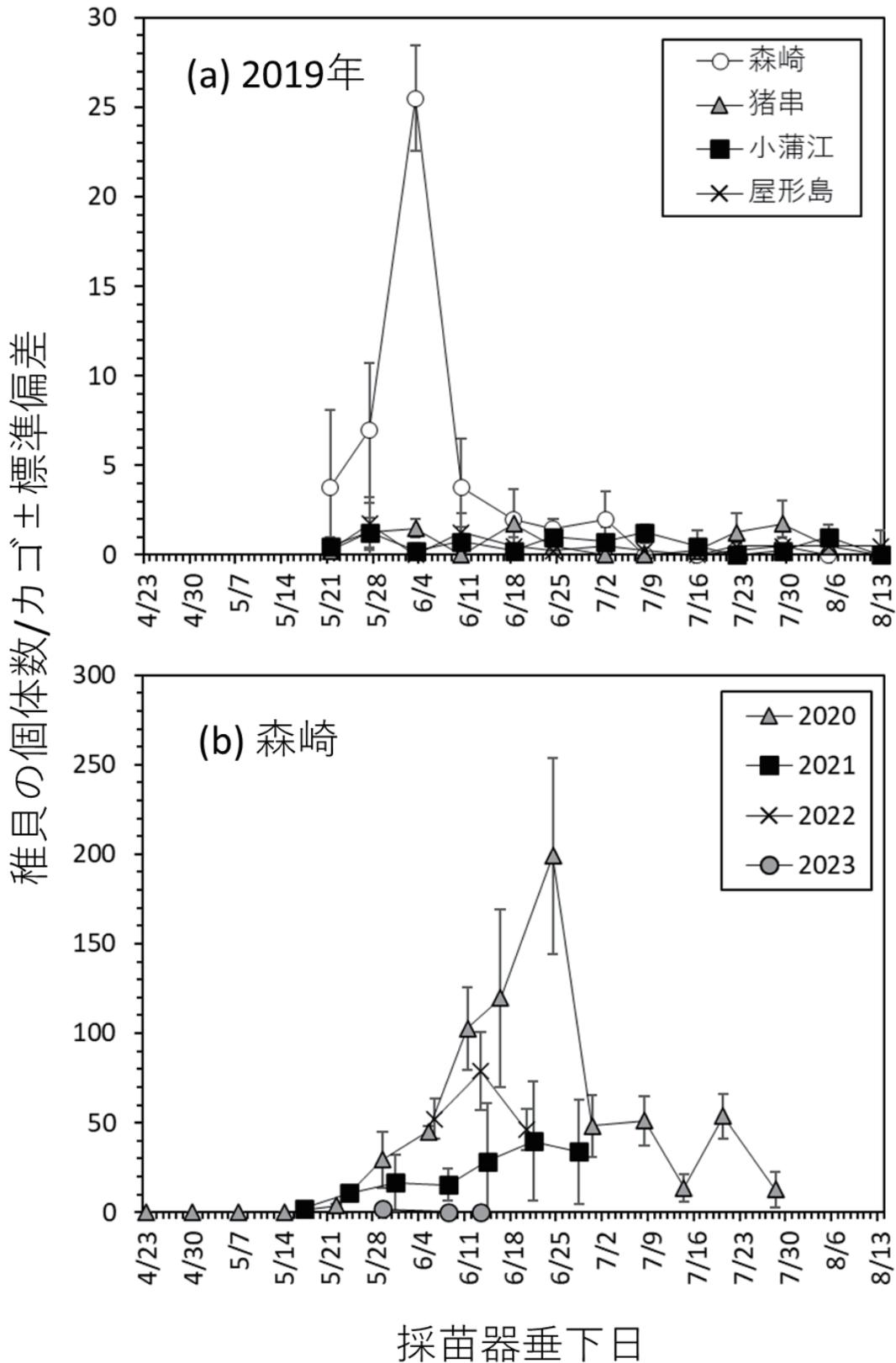
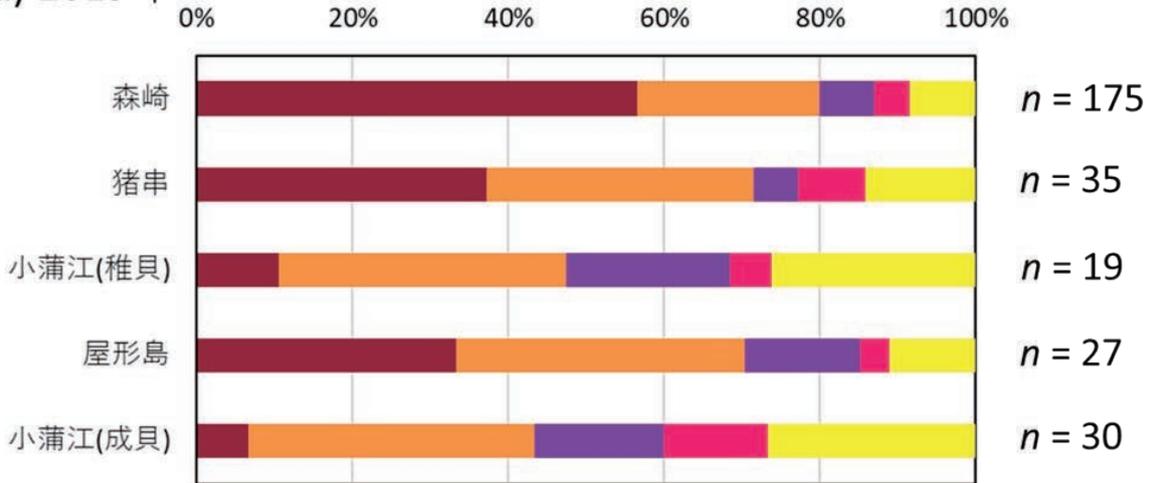


図5 (a) 2019年における地点別1カゴあたりの稚貝の個体数,
(b) 森崎における年別(2020~2023年)1カゴあたりの稚貝の個体数

(a) 2019年



(b) 森崎

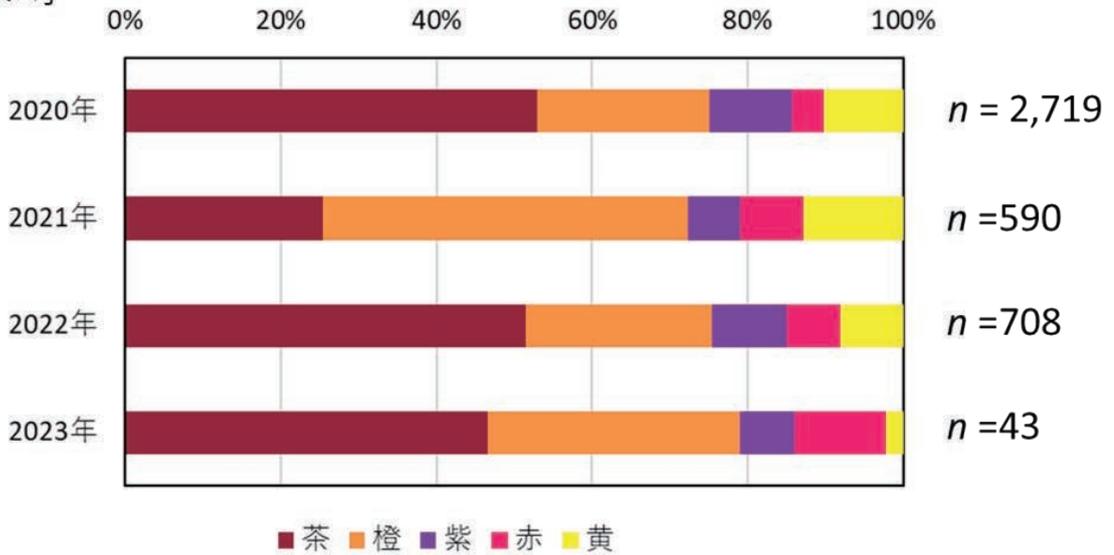


図6 (a) 2019年における地点別の稚貝および成貝の貝殻の色の組成,
 (b) 森崎における年別(2020~2023年)の貝殻の色の組成

表3 2019年における稚貝および成貝の貝殻の色の組成の多重比較結果(p値)

順位	比較	補正後p値
1	森崎 - 小蒲江(成貝)	< 0.05
2	森崎 - 小蒲江(稚貝)	< 0.05
3	猪串 - 小蒲江(成貝)	0.080
4	小蒲江(成貝) - 屋形島	0.081
5	森崎 - 屋形島	0.208
6	猪串 - 小蒲江(稚貝)	0.208
7	森崎 - 猪串	0.260
8	小蒲江(稚貝) - 屋形島	0.408
9	小蒲江(成貝) - 小蒲江(稚貝)	0.408
10	猪串 - 屋形島	0.803

順位はp値の昇順

考 察

本研究では国内で初めてヒオウギガイ浮遊幼生に特異的なモノクローナル抗体の作成に成功し、間接蛍光抗体法により蒲江地区に出現する浮遊幼生を観察することができた。この手法を用いた観測結果により、小型幼生は森崎で4~5月の早い時期に高密度に出現し、中~大型幼生も森崎で6~7月に高密度で安定的に確認された。よって浮遊幼生の出現特性より、採苗適地は森崎であると推定された。森崎で中~大型幼生が高密度に出現する理由については、地形と餌環境が関係している可能性がある。森崎は湾奥に位置していることから、浮遊幼生の逸散が他の地点より少ないと推測される。さらに森崎は貝毒プランクトンの *Gymnodinium catenatum* の初期発生源として知られるように、¹⁷⁾植物プランクトンが多く発生する海域である。このような良好な餌環境が浮遊幼生の生残率を高めている可能性がある。

次に、天然採苗試験により推定された採苗適地・採苗適期と、採算性および稚貝の由来について検討した。2019年の結果より、森崎が採苗適地であることが推定された。これは、2019年の浮遊幼生の出現特性および中里ら⁹⁾が2016年6月3日に蒲江の5地点で行った天然採苗試験結果と一致した。また、2019年、2020年の天然採苗試験の結果より、いずれの年も6月に採集量のピークがあったため、採苗適期は6月であると判断された。しかし、細かい週単位でのピークの特定には至らなかったため、実際の天然採苗では6月に時期を細かに分散させて採苗器を垂下する必要があると考えられる。

天然採苗で採算を取るためには16個体より多くの稚貝を得る必要がある。¹²⁾2019~2023年の5カ年の6月の平均採集量の平均値は40.0個体、中央値は29.4個体であったが、年によるばらつきは大きかった。そのため、単年では採算が取れない可能

性があるものの、複数年にわたって継続的に採苗を行うことで、長期的には採算が取れると考えられる。

稚貝および成貝の貝殻の色の組成では、森崎と小蒲江(成貝)、森崎と小蒲江(稚貝)で有意に異なっていた。この結果により、森崎と小蒲江の稚貝は親が異なり、森崎の稚貝は小蒲江の養殖貝を親とはしていないと推定される。漁業者の情報によると森崎の海底には天然のヒオウギガイが多く生息している。よって、森崎の稚貝の親は地先の天然資源である可能性があり、今後は両者の遺伝的関係の解明が期待される。

本研究により、蒲江地区におけるヒオウギガイの採苗適地は森崎であり、適期は6月であると推定された。また、森崎の稚貝の親は小蒲江の養殖貝ではないことが示された。今後は採苗器の垂下日や浮遊幼生の出現状況だけでなく、採苗器の設置期間、海洋環境、浮遊幼生の餌料環境等を含めた網羅的な解析による稚貝の採集量の予測や、海洋物理モデルを用いた浮遊幼生の追跡等を行うことでより効率的な天然採苗が可能になると期待される。

摘 要

佐伯市蒲江地区にてヒオウギガイの天然採苗技術確立のため2019年5~8月に佐伯市蒲江地区の4地点(森崎、猪串、小蒲江、屋形島)で、2020年は4~7月に森崎のみで浮遊幼生の出現状況調査と天然採苗試験を行い、2021~2023年は5~6月に森崎で天然採苗試験を行った。

- 国内で初めてヒオウギガイ浮遊幼生に特異的なモノクローナル抗体の作成に成功した。
- 浮遊幼生の出現状況調査より、小型幼生は森崎で4~5月に高密度に出現し、中~大型幼生も森崎で6~7月に高密度で安定的に出現することが確認された。
- 天然採苗試験より、採苗適地は森崎であり、採苗適期は6月であることが明らかになった。しかし、細かい週単位でのピークの特定には至らなかった。
- 2019~2023年の5カ年の6月の平均採集量の平均値は提灯カゴ1カゴあたり40.0個体、中央値は29.4個体であった。年による採集量のばらつきはあるものの、長期的には採算が取れると考えられる。
- 森崎で採集された稚貝の貝殻の色の組成は茶色と橙色が70%以上を占めていた。また、貝殻の色の組成は森崎の稚貝とヒオウギガイ養殖場がある小蒲江の成貝と異なっていたため、森崎の稚貝の親は養殖貝ではないと考えられる。
- 今後は環境要因等を含めた網羅的な解析による稚貝の採集量の予測や、海洋物理モデルを用いた浮遊幼生の追跡等による天然採苗のさらなる効率化が期待される。

謝 辞

モノクローナル抗体作成にあたり、浮遊幼生試料を提供して下さったまると水産の日高正之氏に深くお礼申し上げます。天然採苗試験や浮遊幼生調査の採水調査に協力して下さった宮脇真一氏をはじめとする宮脇水産の皆様、戸高聡昭氏をはじめとする戸高水産の皆様、後藤猛氏や後藤拓也氏をはじめとする後藤水産の皆様、森崎の筏を貸して下さった木許嘉文氏、杉の葉の提供にご協力下さった佐伯広域森林組合の皆様にご心から感謝申し上げます。また、浮遊幼生調査の調査道具の作成して下さった中村繁松氏に心よりお礼申し上げます。モノクローナル抗体での浮遊幼生の観察方法を指導して下さった香川大学農学研究科教授の一見和彦博士、統計解析の指導をして下さった国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所 環境・応用部門沿岸生態システム部 有明海・八代海グループの栗原健夫博士に心から感謝致します。

引用文献

- 1) 波部忠重. 準原色図鑑全集/第3巻 株式会社保育社, 大阪. 967.
- 2) 三浦 翠, 淡居 誠, 池田健太郎, 坂本光裕, 休坂武志. 鶴見おさかな大百科. 鶴見地域創生支援協議会. 大分. 2023.
- 3) 椎原 宏, 平川諒三郎. ヒオウギガイの増養殖. 大分県水産試験場. 1981; 1-12.
- 4) 社団法人大分県漁業公社. 昭和56年度事業報告書. 1982; 14-19.
- 5) 水産庁, 独立行政法人水産総合研究センター, (社)全国豊かな海づくり推進協会. 平成19年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績(全国)～資料編～. 2009; p78.
- 6) 中里礼大, 朝井隆元, 都留久美子. 技術改良適応化試験「ヒオウギガイ天然採苗試験」. 平成28年度水産業改良普及活動実績 績報告書. 2017; 53-58.
- 7) 広島県. カキ採苗の手引き. 1985; 1-37.
- 8) 佐藤利幸, 俵積田貴彦, 野副 滉. 豊前海におけるマガキ浮遊幼生の出現動向. 2018; 28: 13-17.
- 9) 福澄賢二, 浜口昌巳, 小池美紀, 吉岡武志. モノクローナル抗体法及びリアルタイムPCR法によるアコヤガイ浮遊幼生の同定. 福岡県水産海洋技術センター研究報告. 2013; 23: 27-32.
- 10) 松村貴晴, 岡本俊治, 黒田伸郎, 浜口昌巳. 三河湾におけるアサリ浮遊幼生の時空間分布—間接蛍光抗体法を用いた解析の試み—. 2001; 56: 1-8.
- 11) 古丸 明. 養殖研ニュース No.13. 1987. p31.
- 12) 山本宗一郎. 蒲江地区におけるヒオウギガイの天然採苗に向けた取組 おおいたアクアニュース 2021; 14-16.
- 13) 大分県水産試験場. 水産業技術改良普及事業—技術改良試験 ヒオウギガイの天然採苗試験(国庫補助). 大分県水産試験場事業報告 1977; 42-43.
- 14) 椎原 宏, 武田年秋. ヒオウギガイの種苗生産—I 飼育における餌料種類と換水間隔について(1975年の量産試験). 大分県水産試験場調査研究報告 1978; 10: 59-65.
- 15) R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2020; <https://www.R-project.org/>
- 16) Kassambara, A. rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. 2021; R package version 0.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>
- 17) 宮村和良. 猪串湾における有毒渦鞭毛藻 *Gymnodinium catenatum* の出現特性およびヒオウギガイ毒化の解明に関する研究. 大分県水試調研報 2007; 1: 7-64.