

周防灘西部海域における 1997-2000 年の天然および養殖アカガイの成熟と性比

伊藤龍星・木藪仁和^{*a}・中川彩子^{*b}・上城義信^{*c}

大分県農林水産研究指導センター水産研究部 北部水産グループ

Maturity and sex ratio of natural and farmed ark shells in Suo Nada, Oita Prefecture

RYUSEI ITO, YOSHIKAZU KIYABU, AYAKO NAKAGAWA AND YOSHINOBU KAMIJYO

Northern Fisheries Group, Fisheries Research Division

Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：アカガイ，成熟，性比，天然，養殖

アカガイ *Anadara broughtonii* は、北海道南部から九州にかけての水深 5-50m の内湾砂泥底に生息するフネガイ科¹⁾の高級二枚貝で、刺身やすしネタなどに利用されている。大分県では主に、周防灘西部海域において小型底びき網で漁獲され、またカゴ養殖業も営まれるなど水産上重要な貝類である。しかし近年、漁獲量は減少しており、当グループにおいても、1980-1990 年代にかけて、人工種苗生産技術^{2,3)}や早期人工種苗生産技術の開発と養殖試験^{4,5)}が実施されてきた。

我々は天然アカガイを用いて人工種苗生産試験を実施するなか、雄が多く雌が少ないという性比の偏りを経験し、計画的に種苗生産を行う上で、支障をきたしたことがある。そこで、当該海域における天然アカガイおよび人工種苗から養殖されたアカガイの成熟や性比について調べ、幾つか知見を得たので報告する。

材料と方法

天然貝 1997 年 5 月、7 月および 1998 年 4 月に周防灘西部の大分県海域（図 1）にて、小型底びき網手繰第 3 種貝桁網、または第 2 種こぎ網で漁獲された 21 個体を入手した。種苗生産用の母貝とする目的のため、なるべく大型の貝を入手するようにした。漁獲当日か翌日には実験室に持ち帰り、当日かその翌日には実験に供した。

養殖貝 豊後高田市呉崎沖（水深約 15m）において（図 1）、

鉄筋カゴで養殖されている養殖 3 年目の貝（2 年貝）89 個体を使用した。1997 年 7 月、1999 年 7 月から 8 月、2000 年 7 月に鉄筋カゴから取り出し、当日か翌日には実験に供した。なお、養殖貝の種苗はすべて人工種苗で、生産地は大分産（当グループで種苗生産）と山口産（山口県栽培漁業公社で種苗生産）の 2 種類である。

実験に供したアカガイは、天然貝、養殖貝ともに、殻長、重量、軟体部重量を測定し、江口ら⁶⁾に準じて、次式により身入り度を求めた。

$$\text{身入り度} = \frac{\text{軟体部重量(g)}}{\text{全重量(g)}} \times 100 (\%)$$

また、雌雄の判別は、全個体の殻を開けて軟体部を取り出し、腹部内臓塊中央部をメスで切開し、表皮下から生殖腺組織片を摘出して光学顕微鏡下で観察した。性比は、雌を 1 とした時の雄の割合で示した。また、成熟の程度は群成熟度で示した。すなわち、安田ら⁷⁾のアサリの簡易成熟度判定法に準じて、以下 A、B、C のステージに分けた。

A: 生殖巣は充満して内臓部全体に広がり、顕微鏡観察で卵は球形で個々に分離し、精子は海水を添加すると激しく活動を始めるなど、産卵または放精開始直後と思われるもの。

B: 外観で生殖巣は内臓部の 1/2 以下を占める。顕微鏡観察で卵や精子は確認できるが、A: ほどではなく、すでに産卵および放精が相当に進んだものか、成熟の途中にあると推定されるもの。

C: 生殖細胞はほとんど確認できず、顕微鏡観察で雌雄の判別が困難なもの。

^{*a} 現所属：大分県南部振興局農山漁村振興部水産班

^{*b} 現所属：大分県北部振興局農山漁村振興部水産班

^{*c} 全国水産技術協会、元大分県農林水産研究指導センター水産研究部

さらに、成熟状況を数値化するため、各ステージに A=1.0, B=0.5, C=0.0 の得点を与え、A, B, C と判定された個体数をそれぞれ n1, n2, n3 とし、総個体数 N=n1+n2+n3 として、次式により群成熟度を算出した。

$$\text{群成熟度} = (n1A+n2B+n3C) / N$$

群成熟度は 0.0-1.0 の範囲となるが、0.0 に近いほどその個体群には未熟な個体が多く、1.0 に近いほど成熟した個体が多い状態にあると考えられる。

統計処理 性比について、二項分布⁸⁾で雌雄=1:1であるかの検定 (P<0.05) をおこなった。

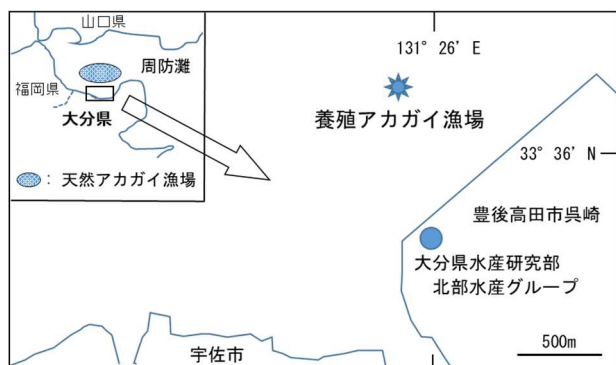


図1 周防灘西部大分県海域の天然、養殖アカガイ漁場

結 果

天然貝 表1には、天然貝21個体の平均殻長と重量、身入り度、群成熟度、雌雄別個体数を示した。平均殻長は71.4-84.9mm、重量は94.3-175.5gであった。身入り度は32.1-34.1%、群成熟度は0.50-0.75、雌雄数は雄20個体、雌1個体で雌雄不明の個体はなかった。性比は1:20.0となり、雄が有意に多かった (P<0.05)。図2には雌雄別の殻長組成を示した。また表2には、雌雄別の平均殻長と重量、身入り度を示した。雄は殻長62.1-100.0mmの範囲で、平均殻長78.2mm、重量134.9g、身入り度33.6%であった。雌は1個体で、殻長96.0mm、重量246.3g、身入り度36.1%であった。

表1 天然アカガイの平均殻長と重量、身入り度、群成熟度、雌雄別個体数

採取年月日	個体数	殻長 (mm)*	重量 (g)*	身入り度 (%)	群成熟度	♂	♀	♂♀不明
1997/5/29	4	84.9±12.2	175.5±59.4	-	0.50	4	0	0
1997/7/19	6	71.4±9.4	94.3±30.7	32.1	0.75	6	0	0
1998/4/23	11	81.1±7.9	149.8±42.7	34.1	0.55	10	1	0
計	21	-	-	-	-	20	1	0

*: 平均±標準偏差

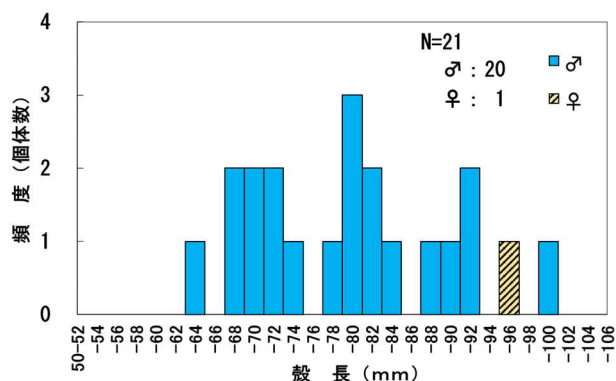


図2 天然アカガイの雌雄別殻長組成

表2 天然アカガイの雌雄別平均殻長と重量、身入り度

♂♀	殻長 (mm)	重量 (g)	身入り度 (%)
♂(N=20)	78.2±9.6 *	134.9±46.7 *	33.6
♀(N=1)	96.0	246.3	36.1

*: 平均±標準偏差

養殖貝 表3には、養殖貝89個体の種苗生産地と平均殻長、重量、身入り度、群成熟度、雌雄別個体数を示した。平均殻長は57.6-69.4mm、重量は48.8-79.5gであった。身入り度は27.5-33.2%、群成熟度は0.50-0.96、雌雄数は雄55個体、雌32個体、雌雄不明は2個体で、性比は1:1.7であった。

表3 養殖アカガイの種苗生産地、平均殻長と重量、身入り度、群成熟度、雌雄別個体数

採取年月日	個体数	種苗生産地	殻長 (mm)*	重量 (g)*	身入り度 (%)	群成熟度	♂	♀	♂♀不明
1997/7/10	12	山口	67.4±7.2	78.2±22.3	33.2	0.63	11	1	0
1999/7/2	7	山口	63.6±4.7	62.0±12.9	27.5	0.50	4	2	1
1999/8/18	40	大分	63.7±3.1	60.1±8.8	29.8	0.96	22	18	0
1999/8/26	10	大分	69.4±3.0	79.5±10.8	28.0	0.50	5	5	0
2000/7/4	20	山口	57.6±3.5	48.8±8.6	31.3	0.50	13	6	1
計	89	-	-	-	-	-	55	32	2

*: 平均±標準偏差

ここで、大分産種苗を養殖したアカガイの雌雄別の殻長組成を図3に、雌雄別の平均殻長と重量、身入り度を表4に示した。山口産についても同様に、図4と表5にそれぞれ示した。

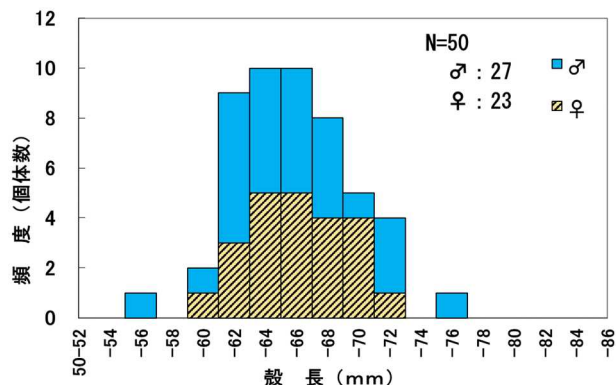


図3 養殖アカガイの雌雄別殻長組成(大分産種苗)

表4 養殖アカガイの平均殻長と重量、身入り度(大分産種苗)

♂♀	殻長 (mm) *	重量 (g) *	身入り度 (%)
♂(N=27)	64.6±4.2	63.7±13.3	29.0
♀(N=23)	65.2±3.4	64.2±10.7	30.0

*: 平均±標準偏差

大分産の殻長範囲は54-76mmであり、多くの階級に雄と雌が偏りなく存在していた。雌雄数は雄27個体、雌23個体で、性比は1:1.2となり有意差はなかった ($P>0.05$)。雌雄の平均殻長は雄64.6mm、雌65.2mmで大差はなく、重量や身入り度においても同様であった。

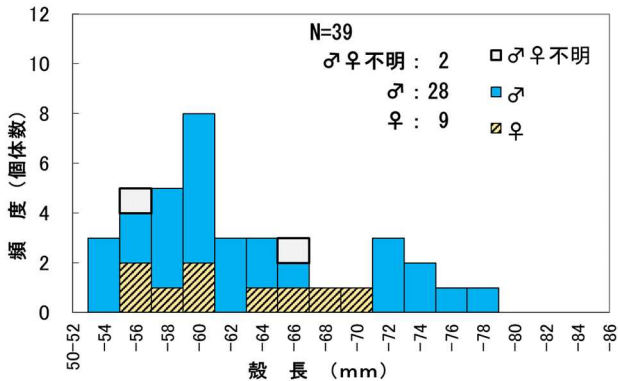


図4 養殖アカガイの雌雄別殻長組成(山口産種苗)

表5 養殖アカガイの平均殻長と重量、身入り度(山口産種苗)

♂♀	殻長 (mm) *	重量 (g) *	身入り度 (%)
♂(N=28)	62.0±7.3	60.8±21.2	31.2
♀(N=9)	61.0±5.0	60.3±15.4	31.7
♂♀不明(N=2)	60.1±6.4	52.3±13.9	27.6

*: 平均±標準偏差

山口産の殻長範囲は52-78mmで、雄はほぼすべての階級にみられていたが、雌は殻長70mm未満に限られていた。雌雄数は、雄28個体に対して雌9個体で、性比は1:3.1と有意に雄が多かった ($P<0.05$)。平均殻長は雄62.0mm、雌61.0mmとほとんど差はなく、重量や身入り度においても同様であった。なお、雌雄不明の2個体は雌雄が判別できた個体に比べ、平均殻長で約1-2mm、重量で約8g小さく、身入り度も4%前後低かった。

考 察

日本沿岸におけるアカガイの産卵時期について、天然貝では、宮城県石巻湾で8月下旬から9月上旬⁹⁾、福岡湾では5月下旬から10月で、盛期は6月から9月¹⁰⁾とされている。大分県の当該海域では、1971年と古い調査ではあるが、7月下旬頃から産卵をはじめ、盛期は8月から9月と推定¹¹⁾されている。

一方、養殖貝は、佐賀県伊万里湾での成熟年齢は1歳で、成熟時期は5月下旬から10月頃までで、6月から9月頃にか

けての産卵が推定⁹⁾されている。また、山口県笠戸湾での産卵時期は概ね5月下旬から10月中旬までの間で、その盛期は8月から10月中旬までの間と推定¹²⁾されている。大分県での養殖貝の調査事例は、今回が初めてと思われる。

今回の調査は、年度は異なるが天然アカガイでは4月から7月、養殖貝では7月から8月に実施した。その結果、調査した天然及び養殖貝110個体中108個体で雌雄判別ができ、いずれの調査でも群成熟度は0.5以上であった。なかでも7月に入ると天然貝で7月19日に0.75、養殖貝では7月10日に0.63と比較的高くなり、8月18日には0.96と非常に高い値を示していた。したがって、7月から8月は当該海域における天然及び養殖アカガイの成熟時期にあたり、本県既報¹¹⁾の「産卵盛期は8月から9月」とほぼ一致していることがわかった。8月から9月は当該海域では第2種こぎ網の操業期間で、アカガイなどの貝類捕獲を目的とする第3種貝桁網の操業期間(10/8~4/19)ではないため、産卵盛期のアカガイ母貝への漁獲強度も比較的弱く、資源管理上好ましい状態にあると言えよう。

アカガイの生物学的最小形について、沼口は44mm¹³⁾、豊かな海づくり推進協議会¹⁴⁾は、生物学的最小形は2年目で、成熟割合は2年貝から3年貝にあたる殻長55-65mmで約20%、3年貝から4年貝の65-75mmで約60%、5年貝の75mm以上では100%としている。今回調査した養殖アカガイ89個体はすべて2年貝で、殻長は大分産種苗では62-66mmの範囲が最も多く、山口産では58-60mmの範囲が最も多かったが、雌雄判別不明は2個体のみで、群成熟度もすべて0.50以上であった。したがって、養殖3年目の貝(2年貝)も天然アカガイ資源の添加に貢献していると思われる。

性比について、世の中の生物種の多くは1:1であり、その意義についてはフィッシャーの理論により説明されている。¹⁵⁾しかし今回、天然貝では性比1:20と極端に雄が多い結果であった。塩垣ら¹⁶⁾によると、宮城県の報告で、殻長70mm以下では雄が多く、さらに雌雄同体のものがみられ、殻長80mm以上で性比が1:1を示すとしており、田中も¹⁷⁾天然、養殖ともに年齢(アカガイの大きさ)によって性比が異なるとしている。しかし、今回調査した天然貝のうち、9個体が殻長80mmを超えていたにもかかわらず、雄が8個体、雌は1個体のみで、雌が極端に少なかった。1971年に実施された当該海域での調査¹¹⁾では、平均殻長84.2±11.5mm(標準偏差)の天然大型貝を調べた結果、雌雄数は雄56個体、雌10個体、雌雄不明12個体と雄が多くなっていることから、同海域の天然貝は以前から、貝の年齢や大きさに関係なく雄が多い可能性も考えられる。このことから、当該海域の天然貝を母貝として人工種苗生産を行う場合には、まとまった個数を準備していないと雌個体が確保できない可能性があり、注意が必要である。

一方、養殖貝においては、大分産種苗から養殖した貝の性比は1:1.2と有意差はなかったが、山口産では1:3.1となり、天然貝と同様に雄が多い結果となった。江口・千々波⁶⁾は伊万里湾の地まき養殖アカガイの調査で、2007年5月から12月

調査の1年貝で雌1:雄0.7, 2007年4月から12月調査の2年貝では雌1:雄1.7, さらに2年貝では調査月ごとに性比が変化し5月の雌1:雄3.5が9月には1:1になったとし, 性転換の可能性を示唆している。また, 沼口¹²⁾は笠戸湾養殖3年貝での雄の出現率は雌の2.6倍だが, 笠戸湾で養成された香川産アカガイ3年貝の性比はほぼ1:1で, 同年齢でも, 成長や貝肉の栄養状態の良否で成熟個体の割合や雌雄の出現率に差異が生じる可能性を指摘している。今回, 同時期に大分産と山口産の人工種苗を入手し, 同じ養殖場で同一手法, 同一期間養殖して, サイズや身入りにもほとんど差異がなかったにもかかわらず, 性比に大差が生じたことは興味深い。同じ二枚貝類のアサリでは継代の人工種苗で雌に偏る事例¹⁸⁾があり, シカメガキの種苗生産においても同様な事例¹⁹⁾があることから, 二枚貝の人工種苗生産においては, 種苗の性比の偏りは時として見られる現象と思われる。魚類のヒラメ *Paralichthys olivaceus*²⁰⁾ やトラフグ *Takifugu rubripes*²¹⁾ では人工ふ化後の一定期間, 飼育水温をコントロールすることで雌雄比を制御する技術が開発されているが, アカガイの場合, 人工種苗生産に使用した母貝の履歴（大分産⁴⁾:大分県産天然貝のみ使用, 山口産^{22,23)}:山口県産天然貝と地蒔き放流貝, 香川県産養殖貝を使用）や種苗生産の工程（大分産⁴⁾:温度刺激法, セロトニン注射, 精子添加を併用, 山口産^{22,23)}:温度刺激法のみ）の違いがその後の性比に影響することはないのか, 今後の研究にゆだねたい。

江口・千々波⁶⁾や塩垣ら¹⁶⁾は, 本種の性転換の可能性を指摘しており, 沼口¹²⁾は1例だが雌雄同体現象を確認している。今回の調査では, 性転換や雌雄同体に関する情報は得られなかったが, 同じ二枚貝類では, ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis*²⁴⁾ やアコヤガイ *Pinctada martensii*,²⁵⁾ タイラギ *Atrina pectinata*²⁶⁾ 等で, 雄性先熟の性転換が確認されている。また, 本種と近種のクマサルボウ²⁷⁾でも, 雌雄同体現象と性転換の可能性が指摘されている。アカガイにおいてもさらなる調査で, 生態や成熟, 性比の解明が進み, 本種の資源管理や養殖技術に生かされることに期待したい。

引用文献

- 1) 奥谷喬治. 「日本近海産貝類図鑑」東海大学出版会, 東京. 2000.
- 2) 上城義信, 安東生雄. 魚貝類人工採苗ならびに実用化試験 アカガイ. 昭和55年度大分県浅海漁業試験場事業報告1983; 25-26.
- 3) 上城義信, 横松芳治. 魚貝類人工採苗事業 アカガイの種苗生産と中間育成. 昭和56年度大分県浅海漁業試験場事業報告1983; 21-32.
- 4) 伊藤龍星, 木藪仁和, 黒川彩子. アカガイ早期採卵種苗生産及び養殖試験. 平成9年度大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告1999; 14-16.
- 5) 伊藤龍星, 木藪仁和, 黒川彩子. アカガイ早期採卵種苗生産及び養殖試験. 平成10年度大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告2000; 11-15.
- 6) 江口泰蔵, 千々波行典. 佐賀県伊万里湾における地まき養殖アカガイの成熟. 佐賀県玄海水産振興センター研究報告2012; 5: 47-51.
- 7) 安田治三郎, 浜井生三, 堀田秀之. アサリの産卵期について. 日本水産学会誌1945; 20(4): 277-279.
- 8) 山田作太郎, 北田修一. 「生物資源統計学」成山堂書店, 東京. 1997.
- 9) 松浦博幸, 阿部修久. 石巻湾におけるアカガイ資源に関する調査. 宮城県水産研究報告2006; 6: 59-64.
- 10) 平松達男. 福岡湾のアカガイの生態と増殖についての考察(II). 昭和31年度福岡県福岡水産試験場事業報告; 22-46.
- 11) 大分県浅海漁業試験場. 豊前海におけるアカガイの分布調査について(昭和46年7月15日). 大分県浅海漁業試験場調査研究報告8(自昭和45年度至昭和47年度).
- 12) 沼口勝之. アカガイ人工種苗の養殖漁場における成熟過程. 日本水産学会誌1996; 62(3): 384-392.
- 13) 沼口勝之. アカガイ垂下養成の可能性と問題点. 中央水研二ユース1998; 22: 6-9.
- 14) 社団法人全国豊かな海づくり推進協会. 主要対象生物の発育段階の生態的知見の収集・整理報告2007; 211-214.
- 15) 長谷川真理子. 「雄と雌の数をめぐる不思議」NTT出版, 東京. 1996.
- 16) 塩垣 優・浜田 勝雄・鈴木 勝男. 垂下養殖アカガイのへい死防止試験. 青森県水産増殖センター事業概要第5号1976; 45-67.
- 17) 田中 俊輔・佐藤 敦・川村 要. アカガイの種苗生産. 青森県水産増殖センター事業概要第5号. 1976; 68-74.
- 18) 松野 進, 中野義久, 天社こずえ. 人工生産および天然産アサリの性比. 山口県水産研究センター研究報告2004; 2: 101-104.
- 19) 永田大生. 種苗生産したシカメガキの性比について シカメガキ(クマモト・オイスター)の生産と選抜育種に関する研究(学位論文). 熊本県水産研究センター研究報告2017; 10: 53-72.
- 20) 山本栄一. ヒラメの人為的性統御とクローン集団作出に関する研究. 鳥取県水産試験場報告1995; 34: 1-145.
- 21) 澤田好史. 海の生物の雌雄を決定する上での熱・温度の影響. *Netsu Sokutei* 2016; 43(3): 113-117.
- 22) 寺尾百合正, 嶋内 潤, 溝岡基助, 小林和吉. アカガイ種苗生産事業. 平成7・8年度山口県栽培漁業センター事業報告1998; 30-35.
- 23) 角田信孝, 吉松隆司, 小林和吉, 溝岡基助. アカガイ種苗生産事業. 平成9年度山口県栽培漁業センター事業報告1999; 26-28.
- 24) 森 勝義, 長内健治, 佐藤隆平. 岩手県唐丹湾における養殖ホタテガイ生殖巣の周年変化に関する組織学的

- 研究. 日本水産学会誌 1977 ; 43(1) : 1-8.
- 25) 和田清治. アコヤガイの雌雄性と年令及び生長率. 水産増殖 1957 ; 3(4) : 75-79.
- 26) 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所 海産無脊椎動物研究センター. 「タイラギ種 苗生産・養殖ガイドブック」瀬戸内海区水産研究所海産無脊椎動物センター, 広島. 2019.
- 27) 伊藤史郎・江口泰蔵・吉本宗央. 有明海湾奥部におけるクマサルボウの成熟と産卵. 佐賀県有明水産振興センター研究報告 1999 ; 19 : 17-24.

