

長崎県沿岸におけるアカウニの
資源生物学的研究

Fisheries Biology of the Red Sea Urchin,
Pseudocentrotus depressus,
in Coastal Waters around Nagasaki Prefecture

2008年12月

長崎大学大学院 生産科学研究科

渡 邊 庄 一

目 次

第1章 緒 言	53
第2章 口器中間骨による年齢査定	53
材料と方法	54
結 果	55
考 察	56
第3章 成 長	56
材料と方法	56
結 果	57
考 察	59
第4章 成 熟	60
材料と方法	61
結 果	62
考 察	63
第5章 漁業の実態	65
第1節 漁業協同組合へのアンケート調査	65
材料と方法	65
結果および考察	65
第2節 漁獲物の特性	69
材料と方法	69

結果および考察	70
第6章 資源診断	72
材料と方法	72
結果および考察	73
第7章 総合考察	76
要約	77
Summary	78
謝辞	80
引用文献	80

第1章 緒言

アカウニ *Pseudocentrotus depressus* (A. Agassiz) は、ホンウニ目オオバフンウニ科に属し、本州北端から九州南端、済州島に分布し、潮間帯から水深 50m まで分布している (重井 1986)。

ウニを獲る漁業は、徒歩による漁獲、漁船による漁獲、潜水による漁獲に大別され、漁法によって漁獲水深や漁獲効率が大きく異なっている。なかでも、水温が暖かい西日本各地では、素潜りによる漁獲が一般的である (中村・芳永 1962; 藤田ら 2008)。

漁業・養殖業統計年報 (農林水産省経済局統計情報部 1960~2008) によると、わが国のウニ類生産量 (殻付換算) は、1969 年の 27,500 トンに達して以降減少傾向にあり、1990 年代に入ってから 15,000 トンを下回る水準に低下し、2000 年代も減少傾向が続き、最近の生産量は最盛期の 1/2 以下と低迷している。長崎県のウニ類の生産量も、1977 年の 4,592 トンを最高に減少傾向が続き、2000 年以降は 900 トン程度の低位水準で推移した。太平洋北区のウニ生産量は比較的安定しているのに対し、東シナ海および太平洋南区はほぼ一貫して減少し、藻場の衰退と関連していると考えられている (藤田ら 2008)。漁業・養殖業生産統計年報ではウニ類の漁獲量は、一括して記載されている。今井 (1995) が全国の各都道府県にアンケートを依頼した結果、アカウニの国内漁獲量は 600 トンで、他の暖水系ウニ類 (ムラサキウニ、バフンウニ) のなかでは、最も少ないが、最大殻径 9 cm 以上に成長し、生食用として最も高価に取引されている。そこで、漁業者のアカウニの増殖に対する期待が大きく、2006 年には 10 県で 3,267 千個体、そのうち長崎県で 1,307 千個体の種苗放流が行なわれている (水産庁・水産総合研究センター 2008)。

本種の生態については、神奈川県海域の成長、食性、日周行動、すみ場特性 (今井 1995; 今井・新井 1986, 1994; 今井ら 1996)、山口県海域の成長、成熟、すみ場特性 (中村・芳永 1962; 角田

1989; 角田ら 1978, 1992, 1993)、福岡県海域の成長、成熟、すみ場特性 (内場 1984; 内場・山本 1984, 1985)、佐賀県海域の成長、成熟 (野口 1999)、三重県海域の養殖と天然の生殖周期 (Unuma et al. 1996) 等の報告がある。本種の資源を有効に利用し、管理を行う上で生態や資源特性値に関する知見は重要であるが、長崎県海域における本種の生態的知見は無い。

そこで本研究では、まず放流標識部位 (渡邊 2004) である中間骨を用いた年齢査定法の開発を行った (第 2 章; 渡邊・夏苺 2008)。当手法は、従来の生殖板を用いた年齢査定法より効率的で標本作製や観察・測定を迅速に行え、以下の解析に用いた。県内 5 地区における成長 (第 3 章) および平戸島における成熟 (第 4 章; 渡邊・夏苺 2009) の生物学的知見を収集するとともに県内漁業協同組合へのアンケート調査と標本 5 漁協の漁獲物調査 (第 5 章) によるアカウニの漁業実態の把握と資源解析 (第 6 章) を行い、最後に、本研究で得られた知見をまとめ、本種資源の有効な利用方法についての検討 (第 7 章) を行った。

第2章 口器中間骨による年齢査定

ウニ類の年齢査定には、殻径の頻度分布から年齢組成を推定する殻径組成法 (Fuji 1963, 1967; 井上 1969; 今井 1995) や生殖板に形成される色素帯 (川村 1966, 1967, 1973; Jensen 1969; 角田 1989; 吾妻 1994, 1997; 中林ら 2006) が利用されている。しかし、前者については、高齢個体での年齢分離が必ずしも容易ではなく、後者については、生殖板が破損しやすく、その処理に時間を要するという欠点がある。一方、滝 (1972) はエゾバフンウニの口器にみられる生長線が年輪である可能性を示唆し、近年、エゾバフンウニやキタムラサキウニでは口器中間骨に形成される輪紋を利用した年齢査定法が検討されてきた (田嶋 2000, 2004; 狩野ら 2004)。

そこで、本章では、種苗放流の標識部位として使用している口器中間骨 (渡邊 2004) の年齢形質としての有効性を明らかにした。

材料と方法

材料の採集と保存

長崎県平戸島の中野沿岸において、2003年5月～2004年3月に毎月1回採集した殻径38～79 mm (平均53.9±7.4 mm) の484個体と、2006年2月に採集した殻径43～68 mm (平均53.1±6.0 mm) の60個体を用いた (Table 2-1)。採集したアカウニは、実験室に持ち帰り、殻径、殻重を測定したあと、ピンセットで口器から中間骨を5個摘出し (Fig. 2-1-a)、個体識別ができる容器に入れて乾燥保存した。2006年2月に採集した材料については、殻から生殖板をハサミで摘出し、個体識別ができるビニール袋に入れて乾燥保存した。

Table 2-1. Sampling date and number of specimens collected from the research area, Hirado Island, from 2003 to 2006

Year	Date	No. of individuals	Range of test diameter (mm)
2003	May 15	29	39-70
	June 17	45	40-67
	July 18	33	43-72
	Aug. 11	50	42-74
	Sept. 9	42	43-67
	Oct. 8	49	42-72
	Nov. 17	46	40-76
	Dec. 24	50	42-69
2004	Jan. 26	44	38-67
	Feb. 12	58	39-79
	Mar. 14	38	42-68
2006	Feb. 14	60	43-68
Total		544	38-79

中間骨および生殖板の処理方法と観察

中間骨はホットプレート (Barnstead International 社製, HP-A1914B) を用いて設定温度・時間で加熱処理した。なお、加熱は上生骨側を上にし、スライドガラスの中央部に並べて行い (Fig. 2-1-b)、加熱処理後 (Fig. 2-1-c) にはスライドガラスが常温に戻るまで放置し、封入剤 (大道産業社製, マウントクイック) で中間骨を固定した (Fig. 2-1-d)。中間骨の観察は、落射照明の乱反射を防止するため、キシレン溶液を満たしたシャーレに中間骨を固定したスライドガラスを浸し (Fig. 2-1-e)、デジタルマイクロスコープ (Keyence 社製, VH-6300) を用いて観察した (Fig. 2-1-f)。

生殖板については、Jensen (1969) の方法に準じた川村 (1973) の手法に従って処理した。

中間骨の加熱処理方法の検討

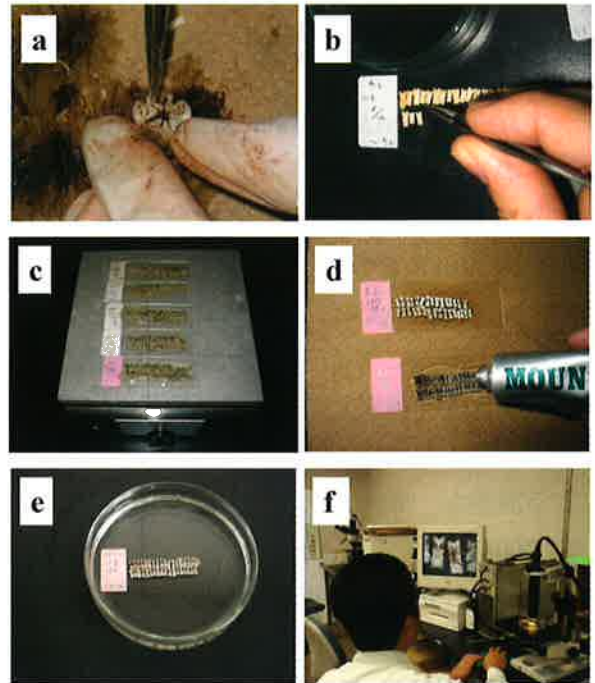


Fig. 2-1. Routine works to make age determination by rotula of red sea urchin. a: extracting rotula. b: setting the rotula on the glass slide. c: heating rotula on the hot plate. d: coating the heated rotula with embedding material. e: immersing the slide glass with rotula in Xylene solution. f: observation of heated rotula with digital microscope.

2006年2月に採集した60個体のうち、殻径49～60 mm (平均54.8±5.0 mm) の15個体を用いた。中間骨に明瞭な輪紋が現れる温度と時間を調べるため、3段階の処理温度 (100, 200, 350℃) と4段階の処理時間 (1, 10, 60, 180分) の計12の処理区を設定した。1処理温度に対し、5個体を使用し、1個体からとれた5個の中間骨のうち4個について、ホットプレートを用いてそれぞれ4段階の処理時間で加熱した。

輪紋の見やすさを「明瞭」と「不明瞭」の2段階に分け、各実験区5個体のうち、すべて明瞭であれば良、1個体でも不明瞭があれば不可として処理方法を検討した。

輪紋形成時期および中間骨と生殖板の輪紋数の比較

2003年5月～2004年3月に採集した484個体を用いて、中間骨の観察を行った。中間骨長 L および各輪紋長 r の測定を長軸方向に行った (Fig. 2-2)。材料数が多い3～4輪紋群について各月15～33個体 (総数290個体) の計測値を用いて、以下の式から縁辺成長率 (MGI) を算出し、その経月変化から輪紋の形成時期を推定した。

$$MGI = (L - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

L : 中間骨長 (mm)

r_n : 最終第 n 輪の輪紋長 (mm),

r_{n-1} : 最終第 $n-1$ 輪の輪紋長 (mm)

2006年2月に採集した60個体を用いて、中間骨と生殖板に形成された輪紋(暗色帯)数を比較した。

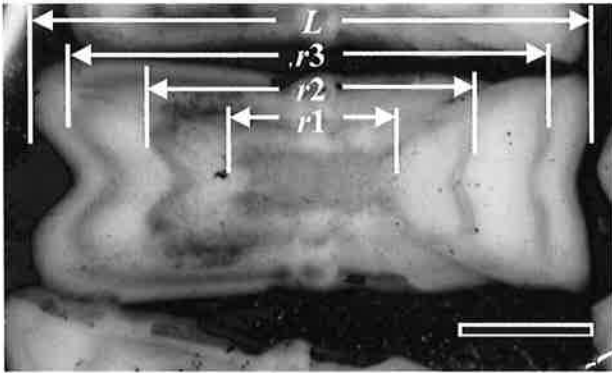


Fig. 2-2. Rotula of red sea urchin (52 mm in test diameter). L : rotula length, $r1-r3$: the first to third ring length. Scale bar indicates 1 mm.

放流個体の年齢と中間骨および生殖板の輪紋数の比較

材料を採集した海域には、アリザリン・コンプレクソンとテトラサイクリン塩酸塩を組み合わせた中間骨標識により放流年の特定が可能なアカウニの人工種苗を放流しているため、2006年2月に採集したアカウニのうち標識により放流年が確認できた7個体について、放流個体の年齢と中間骨および生殖板の輪紋数を比較した。

結果

加熱処理の温度と時間

輪紋の可視化のための加熱処理温度と時間に関する検討結果をTable 2-2に示した。輪紋の読みとりに適した処理温度は350℃、処理時間は10~180分であった。適切な温度と時間で加熱処理すると中間骨の上生骨側の中央部に暗色帯、その外側に中間骨の形状と相似形に白色帯と暗色帯が交互に形成されていることが判った。また、加熱処理の過程で中間骨の表面が黒化しやすいため、処理後

に中間骨の表面(上生骨側)を軽く研磨することで、輪紋の読みとりが容易になった。

輪紋形成時期

MGIは、7月に最大値を示した後、11月までやや低いレベルで停滞した。その後、12月から1月にかけて小さくなり、1月に最小値を示した。その後、7月まで徐々に大きくなった(Fig. 2-3)。

Table 2-2. Evaluation of the results of marking with various heating time and heat temperature

Heating temperature(°C)	Heatingtime(min)			
	1	10	60	180
200	×	×	×	×
300	×	×	×	×
350	×	○	○	○

○: clearmarks, ×: no marks.

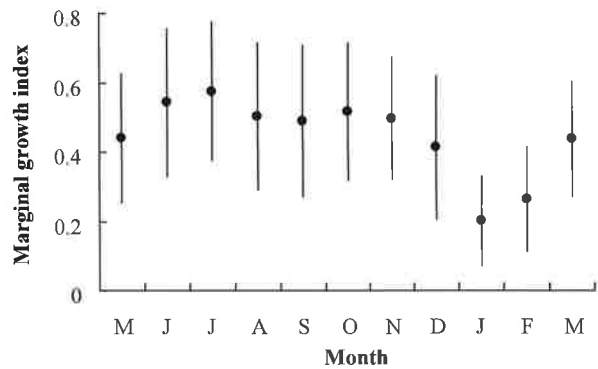


Fig. 2-3. Monthly change in marginal growth of rotula in individuals having 3-4 dark rings (May 2003-March 2004). Circles and vertical bars indicate mean and standard deviation, respectively.

中間骨の輪紋数と生殖板の輪紋数の比較

中間骨と生殖板の輪紋数を比較すると、材料60個体内の25個体で一致した。中間骨の輪紋数が生殖板の輪紋数より1個多いのは17個体、2個多いのは15個体、3個多いのは3個体で、中間骨の輪紋数が生殖板の輪紋数より少ない個体は無かった(Table 2-3)。

放流群の年齢と中間骨の輪紋数および生殖板の輪紋数の比較

中間骨標識により放流年を特定した結果、6個体が2002年放流群(2001年10月に種苗生産され、再捕時4歳)、1個体が2003年放流群(2002年10

月に種苗生産され、再捕時3歳)であった。放流個体の年齢と中間骨の輪紋数では、全7個体で一致した。また、生殖板の輪紋数では、4個体で年齢と一致したが、2個体で生殖板が1個少なく、1個体で生殖板が2個少なかった。

Table 2-3. Comparison of black zone counts between genital plate and rotula of red sea urchin

No. in genital plate	No. in rotula								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
2		1	1						
3		3	5	1	2				
4			7	4	8				
5				3	4	2			
6					9	3	3	1	
7						3			

考 察

本実験において、アカウニにおける中間骨の輪紋の読みとりには、350℃で10～180分の加熱処理が有効であることが判った。この輪紋は12月から1月の年1回形成されていることや標識した放流群の年齢と輪紋数が一致したことから、年齢形質としての有効性が明らかになった。

これに対して、これまでウニ類の年齢形質として用いられてきた生殖板の輪紋数は、既述したように中間骨の輪紋数より1～3本少ない個体や中間骨標識により特定した年齢よりも1～2本少ない個体が認められた。この原因としては、成長が遅い個体では、輪紋の間隔が狭いことから、生殖板での読みとりが困難であったことが考えられる。アカウニの生殖板を用いた年齢査定では、年齢を過小評価する可能性が示唆された。また、近年エゾバフンウニやキタムラサキウニで検討されている口器中間骨に形成される輪紋を利用した年齢査定法とは処理温度が異なる。また、筆者はムラサキウニでは500℃以上の加熱処理による年齢査定を実施しており、ウニの種類により処理温度が異なることが考えられる。

生殖板および中間骨による年齢査定法

生殖板および中間骨による年齢査定法を比較すると、まず、生殖板は破損しやすく、1材料から1個しか作製できない。また、生殖板は、火炎処

理を行うことから温度が一定せず、個別に加熱処理と観察および測定を行う必要がある。さらに、生殖板については、殻からハサミなどで切り出すために、漁獲物をそのまま購入する必要がある。一方、中間骨は硬く破損しにくく、1材料に5個の中間骨があるため、処理や紛失の失敗がない。また、加熱処理にホットプレートを使用するため、誰でも一定の熱が加えられ均一な加熱処理が可能である。さらに、中間骨はスライドガラスの中央に測定軸を揃えて並べることで、一度に大量の加熱処理や観察と測定が迅速に行えるし、生殖巣の摘出後に廃棄される口器に含まれるため、収集が容易である。

このように、中間骨による年齢査定では、加熱処理、観察、測定、調査費用、放流効果調査においてメリットが大きい。

第3章 成長

個体群の年齢と成長に関する知見は、群構造とその動態を理解する上で重要であり、資源の増殖や管理技術の開発には不可欠な基礎的知見となる。ウニ類の年齢と成長に関しては、いくつかの報告(Fuji 1963, 1967; 井上ら 1969; 今井 1995; Moore 1935; 川村 1966, 1973; Jensen 1969; 角田 1989)があり、地域間での成長差が報告されている。

平成18年度版海岸統計(建設省河川局 2007)によると、島が多い長崎県は海岸線の長さは4,203 kmで全国の11.7%を占め、地域的な生息環境の差が大きいことが考えられる。そこで、成長の地域差を検討するため、本章では、長崎県内5地区の標本漁業協同組合に水揚げされた漁獲物の年齢と成長について、中間骨による年齢査定法(第2章; 渡邊・夏莉 2008)を用いて解析した。

材料と方法

材料には、長崎県の美津島町漁業協同組合鴨居瀬支所(以下、鴨居瀬地区)、石田町漁業協同組合(以下、石田地区)、中野漁業協同組合(以下、中野地区)、長崎市新三重漁業協同組合(以下、三重地区)、五島ふくえ漁業協同組合(以下、福江地区)

に所属する組合員が 2005～2007 年に漁獲したアカウニのなかから、無作為に抽出した 1,484 個体を用いた (Fig. 3-1, Table 3-1)。材料は、殻径、殻重を測定したあと、口器から中間骨を摘出し、350°C で 60 分加熱処理して年齢の解析に供した (第 2 章)。

成長と水温の関連をみるために、県内の 5 ヶ所のアワビおよび魚類の種苗生産施設が 2005～2007 年のろ過海水温により得られたデータを解

析に供した (Fig. 3-1)。

結 果

殻径－中間骨長関係

各地区のアカウニの殻径 TD (mm) と中間骨長 L (mm) との相関関係を Pearson の相関係数により検定 ($P < 0.05$) したところ、有意な正の相関が認められた (Table 3-2)。各地区群間の回帰式の傾きに差がみられた (共分散分析, $P < 0.05$) ので、回帰式は各地区群毎に取り扱った。

各地区の輪紋群別の平均輪紋径を Table 3-3 に示した。輪紋径には、輪紋数が増えるに従って減少する、いわゆる Lee 現象が認められた。この原因は、漁獲サイズの選択性により若齢群ほど成長の優れた個体のみが漁獲されていることや中間骨の縮小等が考えられるが、現段階では解明されていない。ここでは、材料数が多い輪紋群に重みがかかることを避けるため、10 個体以上の材料がある輪紋群のみを用い平均輪紋径をさらに平均して代表値とした。この値を Table 3-2 の式に代入して算出した輪紋形成時の計算殻径を Table 3-4 に示した。

Table 3-1. Sampling dates and number of specimens collected from the five areas from 2005 to 2007

Area	Year	Date	Number	Test diameter (mm)		
				Mean	SD	Range
Kamoise	2005	Aug. 8	135	68.6	6.3	58 - 88
	2006	Aug. 1	99	67.1	7.5	55 - 87
	2007	Aug. 7	96	66.7	7.3	58 - 87
Ishida	2005	Sep. 28	108	62.5	7.2	38 - 79
	2006	Oct. 10	101	62.2	6.1	42 - 76
	2007	Oct. 15	102	64.7	7.6	52 - 89
Nakano	2005	Oct. 17	141	58.4	8.5	43 - 85
	2006	Oct. 6	86	54.8	6.5	40 - 73
	2007	Oct. 17	66	59.2	8.8	43 - 90
Mie	2005	May. 22	39	47.9	5.3	36 - 61
	2006	Jun. 7	108	47.4	5.8	37 - 64
	2007	May. 22	102	50.3	4.8	41 - 62
Fukue	2005	Oct. 12	103	60.3	4.9	52 - 80
	2006	Oct. 11	102	57.5	3.7	51 - 67
	2007	Oct. 2	100	56.0	3.5	50 - 66
			1,488	59.7	9.1	36 - 90

SD: Standard Deviation.

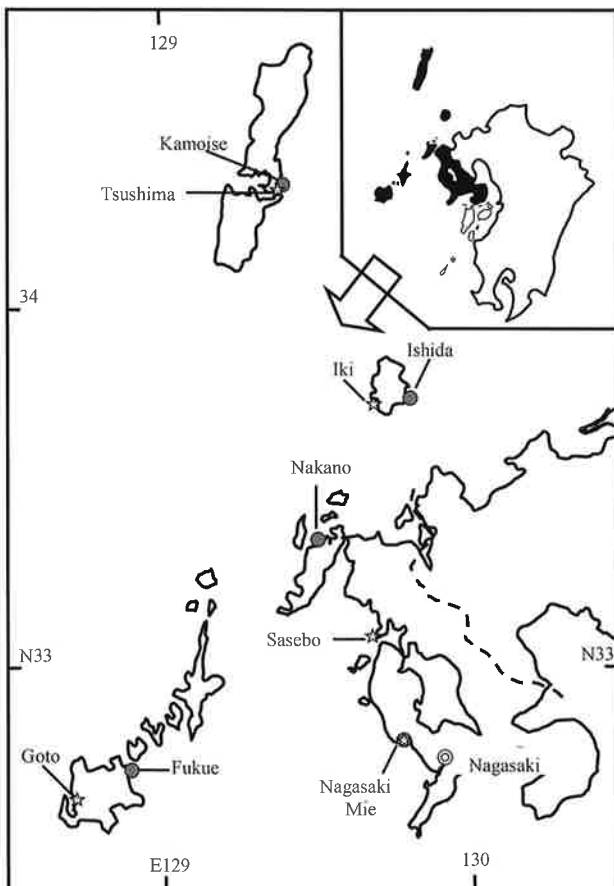


Fig. 3-1. Map showing the experimental areas.

●: research site, ☆: water temperature measuring site.

Table 3-2 Linear regression equations for the relationship between rotula length (L) and test diameter (TD) of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007

Area	Equation	n	r^2	P
Kamoise	$TD = 11.017 L + 2.426$	330	0.749	<0.01
Ishida	$TD = 12.434 L - 3.636$	311	0.824	<0.01
Nakano	$TD = 12.769 L - 6.579$	293	0.877	<0.01
Mie	$TD = 10.827 L - 1.772$	249	0.815	<0.01
Fukue	$TD = 10.403 L + 7.054$	305	0.741	<0.01

Table 3-4. Back-calculated test diameter (mm) of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007

Number of rings	Kamoise	Ishida	Nakano	Mie	Fukue
1	21.2 ± 3.2	16.4 ± 3.2	15.0 ± 3.6	18.0 ± 3.5	24.4 ± 2.5
2	38.9 ± 7.1	36.1 ± 5.7	35.7 ± 5.0	33.9 ± 3.0	40.9 ± 3.8
3	53.3 ± 5.8	47.5 ± 6.8	46.7 ± 5.3	42.0 ± 3.0	48.8 ± 3.3
4	59.7 ± 5.1	53.9 ± 5.7	52.8 ± 5.6	46.5 ± 3.2	52.6 ± 3.5
5	63.4 ± 5.0	57.0 ± 6.7	57.1 ± 5.5	49.6 ± 3.1	55.3 ± 3.6
6	66.4 ± 4.9	60.1 ± 6.1	60.2 ± 4.9	52.2 ± 3.3	57.6 ± 3.5
7	68.7 ± 4.8	62.5 ± 5.6	64.8 ± 5.0		59.6 ± 3.8
8	70.0 ± 5.1	65.0 ± 5.6			
9	72.0 ± 3.8	66.8 ± 6.0			
10	73.4 ± 3.7	67.4 ± 5.2			

Table 3-3. Mean values and standard deviation of ring formation rotula of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007

Kamoise																						
r ⁿ	No. of specimens	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10											
3	113	1.72 ± 0.354	3.24 ± 0.689	4.80 ± 0.494																		
4	60	1.58 ± 0.369	2.93 ± 0.761	4.63 ± 0.540	5.41 ± 0.401																	
5	38	1.78 ± 0.292	3.10 ± 0.593	4.52 ± 0.393	5.16 ± 0.427	5.64 ± 0.414																
6	35	1.87 ± 0.252	3.47 ± 0.495	4.44 ± 0.511	5.03 ± 0.468	5.46 ± 0.451	5.83 ± 0.463															
7	32	1.76 ± 0.269	3.41 ± 0.636	4.54 ± 0.578	5.14 ± 0.558	5.56 ± 0.501	5.91 ± 0.464	6.16 ± 0.456														
8	18	1.58 ± 0.317	3.30 ± 0.607	4.47 ± 0.694	5.03 ± 0.636	5.36 ± 0.631	5.64 ± 0.625	5.87 ± 0.628	6.07 ± 0.719													
9	11	1.67 ± 0.228	3.33 ± 0.728	4.66 ± 0.512	5.22 ± 0.437	5.45 ± 0.414	5.69 ± 0.387	5.89 ± 0.362	6.05 ± 0.314	6.176 ± 0.304												
10	12	1.66 ± 0.262	3.69 ± 0.631	4.84 ± 0.481	5.38 ± 0.312	5.73 ± 0.318	5.95 ± 0.306	6.13 ± 0.314	6.29 ± 0.368	6.446 ± 0.380	6.563 ± 0.338											
11	5	1.85 ± 0.455	4.02 ± 0.579	5.04 ± 0.477	5.54 ± 0.393	5.84 ± 0.401	6.09 ± 0.341	6.26 ± 0.303	6.42	6.359	6.778 ± 0.340	6.908	0.31									
Aver.	324	1.71 ± 0.293	3.31 ± 0.643	4.61 ± 0.525	5.20 ± 0.463	5.53 ± 0.455	5.80 ± 0.449	6.01 ± 0.440	6.14 ± 0.467	6.31 ± 0.342	6.56 ± 0.338											
Ishida																						
r ⁿ	No. of specimens	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10											
2	13	1.68 ± 0.259	3.54 ± 0.375																			
3	50	1.70 ± 0.244	3.38 ± 0.420	4.44 ± 0.341																		
4	60	1.62 ± 0.225	3.25 ± 0.441	4.36 ± 0.370	4.92 ± 0.336																	
5	48	1.60 ± 0.232	3.07 ± 0.432	4.24 ± 0.448	4.72 ± 0.453	5.09 ± 0.442																
6	41	1.62 ± 0.275	3.12 ± 0.506	4.06 ± 0.499	4.63 ± 0.446	5.02 ± 0.430	5.32 ± 0.443															
7	37	1.63 ± 0.231	3.08 ± 0.407	4.03 ± 0.507	4.50 ± 0.511	4.83 ± 0.472	5.10 ± 0.454	5.32 ± 0.458														
8	28	1.62 ± 0.286	3.07 ± 0.474	3.99 ± 0.413	4.50 ± 0.350	4.84 ± 0.365	5.11 ± 0.370	5.34 ± 0.382	5.54 ± 0.385													
9	12	1.55 ± 0.288	3.04 ± 0.464	4.17 ± 0.506	4.64 ± 0.546	4.95 ± 0.554	5.19 ± 0.555	5.43 ± 0.510	5.61 ± 0.520	5.76 ± 0.525												
10	11	1.52 ± 0.295	3.21 ± 0.592	3.60 ± 1.291	4.49 ± 0.542	4.50 ± 0.948	4.90 ± 0.612	5.18 ± 0.461	5.41 ± 0.447	5.58 ± 0.434	5.71 ± 0.418											
11	5	1.69 ± 0.392	3.22 ± 0.393	4.28 ± 0.237	4.73 ± 0.268	5.07 ± 0.440	5.32 ± 0.469	5.50 ± 0.476	5.67 ± 0.466	5.82 ± 0.465	5.99 ± 0.508											
Aver.	305	1.62 ± 0.259	3.20 ± 0.457	4.11 ± 0.547	4.63 ± 0.455	4.87 ± 0.535	5.12 ± 0.487	5.32 ± 0.453	5.52 ± 0.451	5.67 ± 0.479	5.71 ± 0.418											
Nakano																						
r ⁿ	No. of specimens	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10											
2	46	1.74 ± 0.214	3.47 ± 0.348																			
3	38	1.71 ± 0.226	3.32 ± 0.346	4.29 ± 0.324																		
4	76	1.66 ± 0.282	3.28 ± 0.446	4.15 ± 0.443	4.69 ± 0.402																	
5	72	1.76 ± 0.267	3.30 ± 0.457	4.14 ± 0.530	4.63 ± 0.530	5.01 ± 0.500																
6	26	1.57 ± 0.437	3.16 ± 0.331	4.01 ± 0.377	4.46 ± 0.386	4.79 ± 0.377	5.08 ± 0.384															
7	11	1.69 ± 0.267	3.31 ± 0.427	4.29 ± 0.391	4.83 ± 0.424	5.15 ± 0.408	5.38 ± 0.384	5.59 ± 0.394														
8	6	1.74 ± 0.222	3.27 ± 0.400	4.36 ± 0.389	4.77 ± 0.364	5.12 ± 0.451	5.29 ± 0.457	5.45 ± 0.479	5.603 ± 0.501													
9	5	1.64 ± 0.104	3.29 ± 0.429	4.59 ± 0.430	5.16 ± 0.487	5.47 ± 0.461	5.68 ± 0.473	5.87 ± 0.473	6.033 ± 0.493	6.161 ± 0.526												
10	2	1.53 ± 0.072	3.34 ± 0.038	4.84 ± 0.048	5.50 ± 0.403	5.71 ± 0.536	5.87 ± 0.584	6.04 ± 0.669	6.214 ± 0.778	6.389 ± 0.923	6.551 ± 1.039											
Aver.	282	1.69 ± 0.282	3.31 ± 0.392	4.17 ± 0.413	4.65 ± 0.436	4.98 ± 0.428	5.23 ± 0.384	5.59 ± 0.394	5.95 ± 0.591	6.27 ± 0.725	6.55 ± 1.039											
Me																						
r ⁿ	No. of specimens	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10											
2	77	1.89	0.26	3.412	0.26																	
3	54	1.81	0.27	3.292	0.28	4.12	0.244															
4	65	1.70	0.28	3.218	0.30	4.01	0.318	4.55	0.30													
5	31	1.84	0.34	3.220	0.27	3.92	0.270	4.41	0.27	4.771	0.26											
6	11	1.90	0.46	3.319	0.28	4.03	0.276	4.41	0.31	4.726	0.30	4.99	0.306									
7	3	1.62	0.19	2.920	0.01	3.63	0.291	4.11	0.32	4.417	0.28	4.71	0.225	4.96	0.20							
8	3	1.56	0.10	3.047	0.19	3.87	0.262	4.32	0.19	4.603	0.23	4.80	0.239	4.97	0.25	5.100	0.26					
9	2	1.43	0.14	2.950	0.10	3.59	0.120	4.03	0.07	4.400	0.17	4.64	0.191	4.89	0.28	5.090	0.25	5.33	0.290			
10	1	1.35		3.100		3.81		4.17		4.550		4.75		4.91		5.110		5.33		5.51		
11	2	1.41	0.07	2.460	0.08	3.48	0.141	4.15	0.15	4.640	0.17	4.96	0.170	5.22	0.12	5.410	0.11	5.60	0.071	5.725	0.035	
Aver.		1.83 ± 0.32	0.26 ± 0.28	3.29 ± 0.28	0.28 ± 0.28	4.46 ± 0.29	4.75 ± 0.28	4.99 ± 0.31														
Fukue																						
r ⁿ	No. of specimens	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10											
2	17	1.74 ± 0.177	3.55 ± 0.291																			
3	87	1.72 ± 0.234	3.30 ± 0.365	4.28 ± 0.281																		
4	62	1.67 ± 0.265	3.20 ± 0.362	4.00 ± 0.317	4.53 ± 0.293																	
5	57	1.68 ± 0.265	3.20 ± 0.424	3.94 ± 0.366	4.36 ± 0.353	4.69 ± 0.341																
6	36	1.58 ± 0.239	3.13 ± 0.360	3.87 ± 0.334	4.27 ± 0.328	4.58 ± 0.325	4.86 ± 0.297															
7	26	1.60 ± 0.271	3.13 ± 0.387	3.96 ± 0.310	4.36 ± 0.355	4.64 ± 0.367	4.86 ± 0.379	5.06 ± 0.369														
8	9	1.62 ± 0.297	3.12 ± 0.320	3.73 ± 0.264	4.12 ± 0.401	4.44 ± 0.404	4.71 ± 0.390	4.97 ± 0.392	5.173 ± 0.422													
9	5	1.72 ± 0.286	3.01 ± 0.492	3.44 ± 0.306	3.89 ± 0.115	4.26 ± 0.137	4.49 ± 0.148	4.67 ± 0.192	4.854 ± 0.227	4.982 ± 0.252												
10	3	1.12 ± 0.222	2.68 ± 0.145	3.39 ± 0.276	3.85 ± 0.200	4.14 ± 0.197	4.42 ± 0.207	4.62 ± 0.225	4.813 ± 0.282	4.97 ± 0.272	5.063 ± 0.238											
11	3	1.55 ± 0.223	3.03 ± 0.652	3.49 ± 0.822	3.75 ± 0.858	3.98 ± 0.787	4.19 ± 0.741	4.38 ± 0.732	4.517 ± 0.72	4.727 ± 0.638	4.853 ± 0.567											
Aver.	305	1.67 ± 0.242	3.25 ± 0.365	4.01 ± 0.321	4.38 ± 0.332	4.64 ± 0.344	4.86 ± 0.338	5.06 ± 0.369														

年齢と成長

長崎県平戸島の中野沿岸におけるアカウニの産卵期は11～1月(第4章)、輪紋形成時期は12～1月(第2章)と推定され、両時期は概ね一致し、輪紋形成時の計算殻径は各満年齢の殻径を示すと考えられる。そこで、今回の5地区においても輪紋形成時の計算殻径は各満年齢の殻径を示すとして、定差図法により von Bertalanffy (1938) の成長式をあてはめた結果、 t 歳時における推定殻径 TD (mm) は(1)～(5)式で表される。

鴨居瀬地区： $TD=74.79(1-\exp(-0.415(t+0.218)))(1)$

石田地区： $TD=66.32(1-\exp(-0.489(t-0.107)))(2)$

中野地区： $TD=66.02(1-\exp(-0.489(t-0.375)))(3)$

三重地区： $TD=53.91(1-\exp(-0.562(t+0.151)))(4)$

福江地区： $TD=59.63(1-\exp(-0.599(t-0.145)))(5)$

(1)～(5)の成長式から求めた満年齢時の計算殻径を Table 3-5 に示した。

Table 3-5. Estimated test diameter (mm) of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007

Age (year)	Kamoise	Ishida	Nakano	Mie	Fukue
1	29.7	23.5	17.4	25.7	23.9
2	45.0	40.1	36.2	37.8	40.0
3	55.1	50.2	47.7	44.7	48.9
4	61.8	56.4	54.8	48.7	53.7
5	66.2	60.3	59.1	50.9	56.4
6	69.1	62.6	61.8	52.2	57.8
7	71.0	64.0	63.4	52.9	58.6
8	72.3	64.9	64.4	53.4	59.1
9	73.2	65.5	65.0	53.6	59.3
10	73.7	65.8	65.4	53.7	59.5
∞	74.8	66.3	66.0	53.9	59.6

考察

今回の5地区の成長を Fig. 3-2 に示した。各地区で多く漁獲されていた3～6歳時(第5章第2節)における殻径の地区間の相違は Kruskal-Wallis の方法で検定し ($P < 0.05$)、有意差が認められたため、Steel-Dwass の多重比較を行ったところ (株カイエンス製, Kyplot 5.0)、福江地区・中野地区間の3～6歳、石田地区・中野地区間の5歳、鴨居瀬地区・石田地区間の6歳では有意差が認められなかったが、その他の多くの年齢別地区間に有意差があり、成長に地域差が認められた (Fig. 3-3)。今回3～6歳の殻径が最も大きかった鴨居瀬地区と山口県海域(角田 1989)と神奈川県海域(今井 1995)の成長を比較すると、長崎県の主な漁獲年

齢である3、4歳(第5章第1節)で成長差は小さく、その後の加齢とともに成長差が広がった (Fig. 3-4)。この違いは、殻径組成から年級群を分離した神奈川県海域や生殖板を年齢形質とした山口県海域では年齢を低く見積もった可能性(第2章)も考えられるため成長差は明らかにできなかった。

放流種苗が漁獲サイズ(殻径 50 mm)までに要

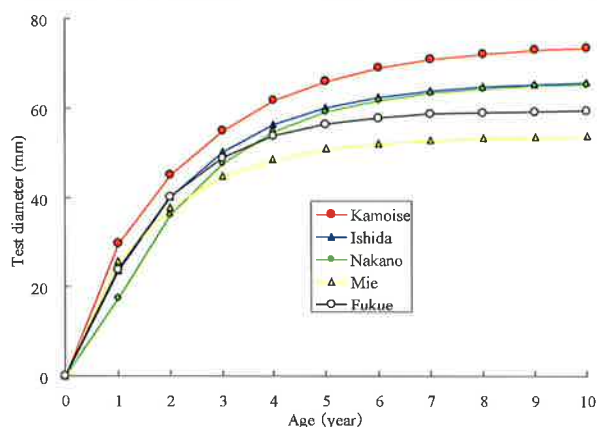


Fig. 3-2. Local growth of red sea urchin for five areas of local populations.

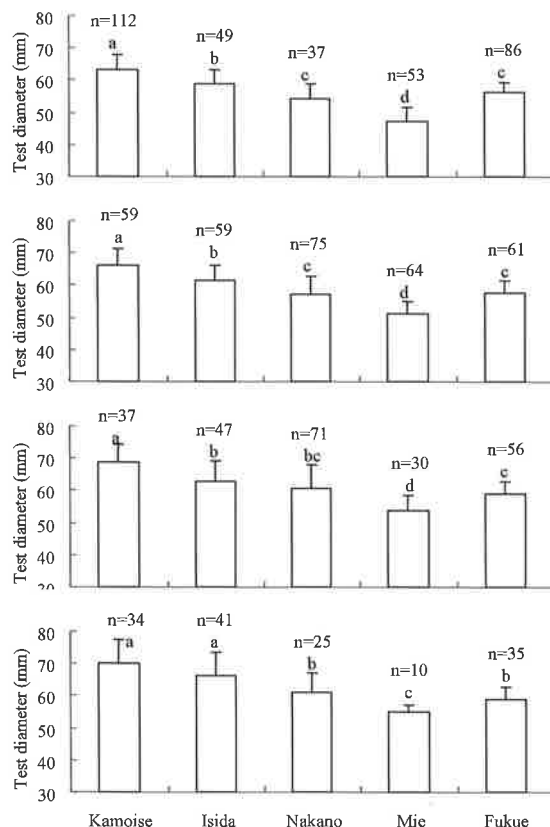


Fig. 3-3. Mean test diameter of each-year old of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Different letters (a, b, c, d) indicate significant difference ($P < 0.05$).

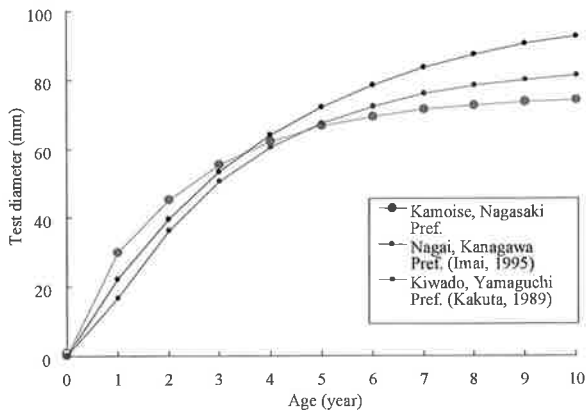


Fig. 3-4. Local growth of red sea urchin in Nagasaki Pref. and Kanagawa Pref. and Yamaguchi Pref.

する期間は 1.1～3 年と生息環境 (餌料海藻, 底質) で異なることが報告され (二島ら 1987; 内場・山本 1985; 渡邊ら 2007, 2008) 同じ地区内においても成長差が大きいことが考えられる。そこで, 各年齢の標準偏差を用いて von Bertalanffy の成長式に当てはめ, 成長の変異幅を Fig. 3-5 に示した。各年齢群の殻径の範囲は, 20～40 mm と変動幅が大きかった。同一個体群内で成長の幅が広いことは, 成体の移動距離が殻径の 1.5 から 2 倍の範囲内であり, 四季を通じてすみ場から大きく離れることは無く, 安定したすみ場を確保しているとする報告 (今井ら 1996) や本種放流後の移動が極めて小さいこと (角田・柴山 1975; 水津ら 1998; 鷲尾・柴山 2002; 渡邊ら 2008) などからすみ場の餌料環境や全ての植食動物における生息密度等の影響を強く反映していることが考えられる。

県内の 3 年間の平均水温は, 成長が最も優れた鴨居瀬地区に隣接する対馬栽培漁業振興公社の測定値が, 他の施設データより 0.5～1.2℃低かった

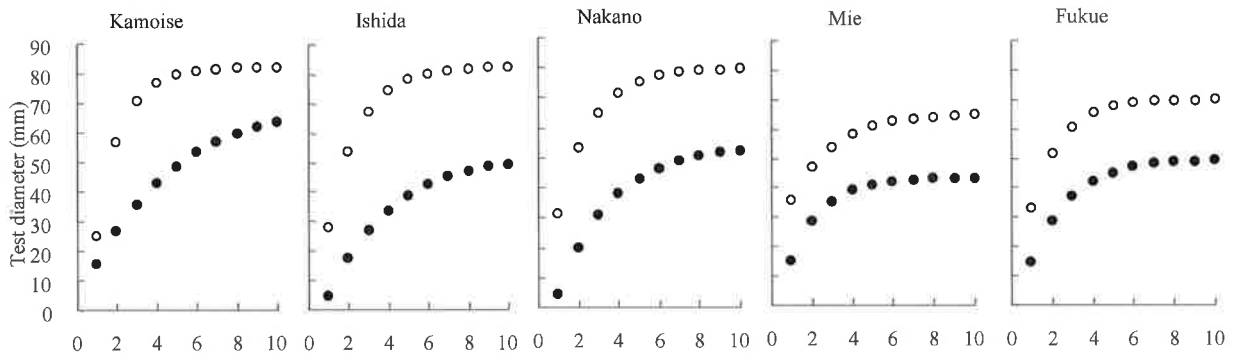


Fig. 3-5. Rang in test diameter of the growth of red sea urchin for five areas of local populations. (χ : mean, δ : standard deviation)

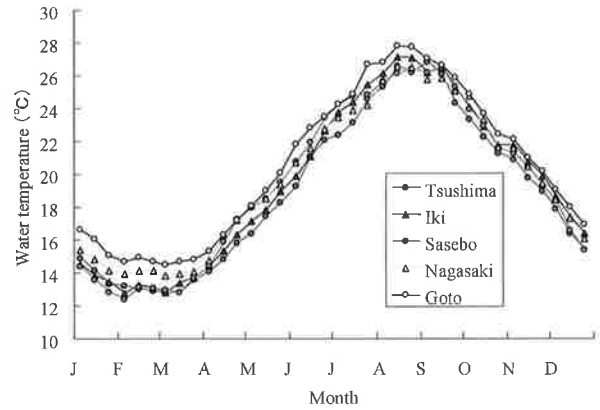


Fig. 3-6. Seasonal change of water temperature for five Points. The data of three years (2005-2007) were combined.

(Fig. 3-6)。しかし, 長崎市, 佐世保市, 壱岐市における平均水温には差がなく, 五島市の水温が最も高かったことは, 成長差とは一致しない。最も成長が悪かった三重地区においては, 周年藻場を形成するアラメ類やノコギリモクが近年消失しており (長崎市 1994, 2004), 餌料環境が成長へ及ぼす影響の大きさが伺える。漁業者によると, 近年のアカウニは過去に漁獲されていたものより, 小型化していると考えられ, 近年の藻場の衰退がアカウニの成長に影響していることが考えられる。

第4章 成熟

本種の成熟に関しては, 山口県海域の産卵期 (中村・芳永 1962), 三重県海域の養殖と天然の生殖周期 (Unuma et al. 1996) 等の報告がある。ウニ類は, 生殖巣のみが食用として利用されることから, サイズ別の生殖巣重量や生殖巣指数の周年変化などの量的な発達の把握は, 適切な漁獲サ

イズや漁期・禁漁期等の設定に極めて重要な意義がある。さらに成熟が進行したウニ類は生殖巣が崩れやすく、味覚も悪いため一般に食用としないので、組織学的に生殖細胞の形成過程を観察することは重要である。本章では、平戸島の中野沿岸に生息するアカウニの生殖周期の特徴や成熟サイズと年齢について解析した。

材料と方法

材料には、長崎県平戸島の中野沿岸（水深3～5 m）におけるアラメ主体の藻場で採取した。生殖巣の量的発達の経月変化を把握するため、2002年5月～2005年3月まで、毎月1回（2002年12月と2005年1月を除く計33回）、殻径35～92 mm（平均54.0±8.1 mm）のアカウニ29～67個体（計1,438個体）を素潜りで採集した。殻径（mm）、体重および生殖巣重量（g）を測定し、生殖巣指数（生殖巣重量×100/体重）を算出した。毎回20～30個体について、10%中性ホルマリンで固定した生殖巣の中央部を一部切り取り、常法により、パラフィン切片を作製して、マイヤー・ヘマトキシリン-エオシンの二重染色を行った。光学顕微鏡で観察し、各個体の成熟段階をFuji（1960）の方法に若干変更を加えたUnuma（2002）の方法に従って下記の5段階に分類した（Fig. 4-1）。

ステージ1：Recovering（回復期）

ステージ2：Growing（成長期）

ステージ3：Pre-mature（成熟前期）

ステージ4：Mature（成熟期）

ステージ5：Spent（放卵放精後）

上述のアカウニとは別に、殻径や年齢別に成熟状況を把握するため、2004年12月9日と2005年11月23日に殻径9～76 mm（平均41.1±11.6 mm）のアカウニ180個体（2004年12月）もしくは307個体（2005年11月）をスキューバ潜水で採取し、上述と同様の測定と全個体の組織学的観察を行った。各個体の成熟段階には、上記の5段階と、生殖巣が小さく（重量が0.1 g以下）組織標本を作製できなかったものと、ステージ0：Neuter（性的未分化期）を加えた7段階に分類した。

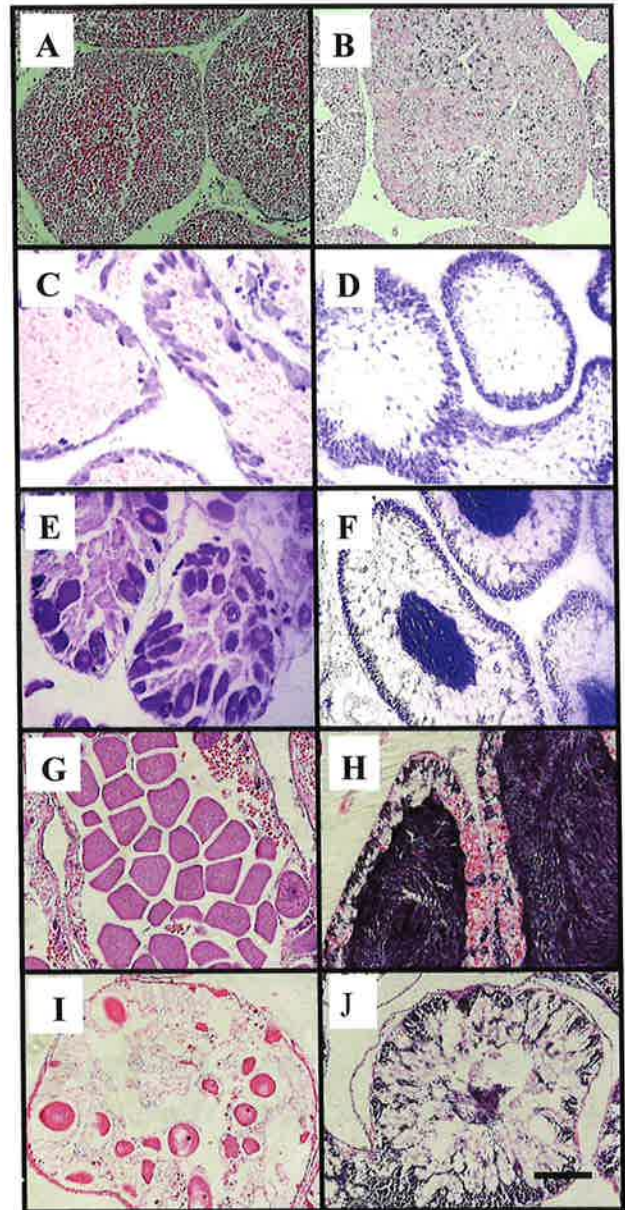


Fig. 4-1. Photomicrographs of histological section of gonad of red sea urchin. (A, C, E, G, I: female, B, D, F, H, J: male). A and B: stage 1 (recovering spent), C and D: stage 2 (growing), E and F: stage 3 (pre-mature), G and H: stage 4 (mature), I and J: stage 5 (spent). Bars indicate 100 μ m.

調査海域には、アリザリンコンプレクソンとテトラサイクリン塩酸塩を組み合わせた中間骨標識（渡邊 2004）を施したアカウニの種苗放流を行っていることから、口器中間骨を採取し、蛍光顕微鏡により標識の有無を観察し、天然群と放流群を区別した。さらに、中間骨の加熱処理による輪紋を用いた年齢査定（第2章；渡邊・夏莉 2008）を行った。

成熟と水温の関連をみるために、調査海域から

北東に約9 km 離れた地点の水深3 m の海底に設置した自記式水温・深度計 (アレック電子株式会社製, COMPACT-TD) により得られたデータを用いた。

結 果

海水温と生殖巣指数の経月変化

2002年5月から2005年3月までの材料について、生殖巣指数の経月変化および水温の推移をFig. 4-2に示した。海水温は、年により変動がみられ、最高値は2002年8月5日に26.0°C、2003年9月7日に26.9°C、2004年7月26日に26.9°C、最低値は、2003年3月13日に13.1°C、2004年3月7日に13.7°C、2005年2月21日に13.3°C、平均値は、2003年に18.2°C、2004年に19.8°C、2005年に19.3°Cを示した。生殖巣指数は年による変動がみられ、平均値の最高値は2002年6月下旬に10.7、2003年6月中旬に9.7、2004年5月中旬に11.0で、5～6月にピークを迎えていた。その後10月まで高い水準が継続したのち1月には生殖巣指数が急減し最低値を示したことから、この時期に放卵・放精が起こったと推察される。

2002～2005年における3年分の生殖巣指数のデータを月ごとにまとめて平均値を求めると、5～

10月にかけての生殖巣指数は高い値を示し (Fig. 4-3)、この群間の相違をKruskal-Wallisの方法で検定したが (株カイエンス製, Kyplot 5.0)、有意差は認められなかった ($P>0.05$)。

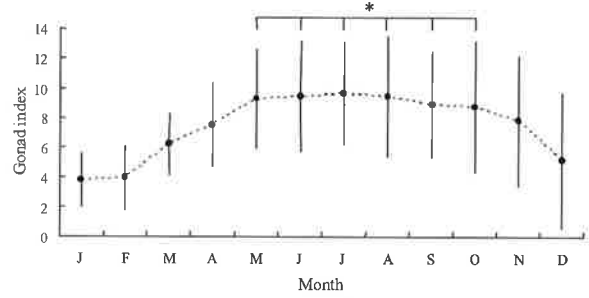


Fig. 4-3. Monthly change in gonad index of red sea urchin. The data for three years (May 2002-March 2005) were combined. Each point and bar represents the mean and standard deviation. Asterisks denote significant differences ($P>0.05$).

成熟度の経月変化

成熟度の経月変化を雌雄別に Table 4-1 に示した。これによると、5～8月には、全ての個体が回復期であった。9月には、雌雄とも成長期の個体が出現し始め、10月には、回復期、成長期、成熟前期の個体が出現した。11月には、雌雄とも成熟期の個体が、12月には、産卵放精後の個体が主体となり、その後4月にかけてその割合が減少するとともに、回復期の個体の割合が増加した。

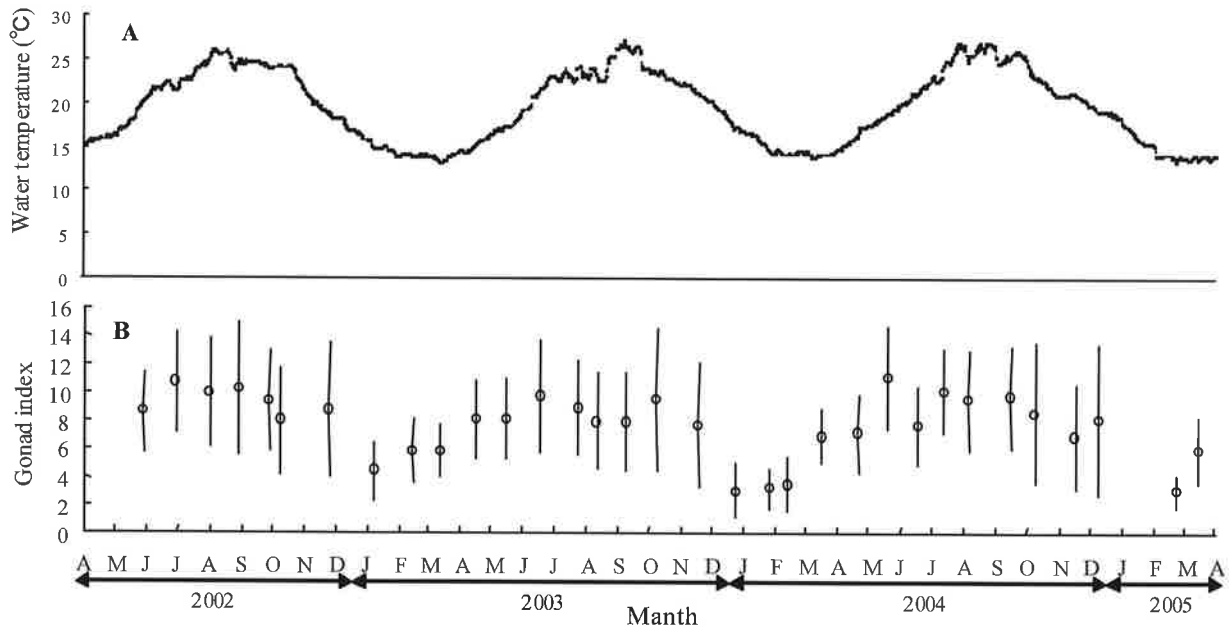


Fig. 4-2. Monthly change in water temperature (A) at the near sampling sites and gonad index of red sea urchin (B), April 2002 to March 2005. Each point and bar represents the mean and standard deviation.

組織学的に性別が判定できた雌は416個体、雄は424個体、性比(雌/雄)は0.98で、雌雄の数には、統計学的に有意な差は認められなかった(χ^2 test, $P>0.05$)。

Table 4-1. Monthly changes in frequency distribution of developmental date and number of red sea urchin collected stages for both sexes of gonads

Date	Developmental stages of gonads*										Total number
	Female					Male					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
May 28 2002	7					13					20
June 28	11					9					20
July 31	11					9					20
Aug. 28	8					11	1				20
Sept. 27	3	14				4	9				30
Oct. 8	7	14				1	8				30
Nov. 25	1			13	1		1	8	6		30
Jan. 7 2003			6	12				4	8		30
Feb. 14	17					7					30
Mar. 13	14					12			4		30
Apr. 15	7				2	10			1		20
May 15	7					13					20
June 17	15					5					20
July 24	8					12					20
Aug. 11	5					15					20
Sept. 9	12	5				13					30
Oct. 8		15	1				9	5			30
Nov. 17	1			10	6		1	10	2		30
Dec. 24	2			16			1	11			30
Jan. 26 2004	4			3						13	20
Feb. 12	14			5	5					6	30
Mar. 15	12			1	10					7	30
Apr. 21	9					11					20
May 19	10					10					20
June 17	12					8					20
July 13	7					13					20
Aug. 5	7					13					20
Sept. 15	5	10				9	6				30
Oct. 8	2	12				6	10				30
Nov. 17	1	1		10	3	1			14		30
Dec. 9				15		2				13	30
Feb. 22 2005	11					12				7	30
Mar. 15	11					19					30

* 1: Recovering. 2: Growing. 3: Pre-mature. 4: Mature. 5: Spent.

殻径別および年齢別の成熟度

殻径5mm 間隔の階級毎の成熟度を天然群と放流群別および雌雄別に整理した (Table 4-2)。天然群において、性別が組織学的に確認できた最小階級は雄21~25mm, 雌26~30mm, 最小サイズは、雄24mm, 雌27mmであった。放流群において、

性別が組織学的に確認できた最小階級は雄、雌ともに26~30mm, 最小成熟サイズは、雄27mm, 雌26mmであった。成熟期の個体は天然群、放流群ともに殻径31mm以上で多くなった。また、両群の殻径26~35mmにおいて、性別が組織学的に確認できた雌は44個体、雄は40個体、性比(雌/雄)は1.10で、統計学的に有意な差は認められなかったが(χ^2 test, $P>0.05$)、成熟期および産卵放精後の雌は24個体、雄は38個体、性比(雌/雄)は0.63で、統計学的に有意に雄が多かった(χ^2 test, $P<0.05$)。

年齢毎の成熟度を天然群と放流群別および雌雄別に整理した (Table 4-3)。雌雄とも性別が組織学的に確認できた個体が始めて出現した年齢は、雌雄ともに天然群で2歳、放流群で1歳、天然群および放流群ともに成熟率は3歳以上で高くなった。また、1~2歳において、統計学的に有意な差は認められなかったが、雄が多い傾向が認められた(χ^2 test, $P>0.05$)。

長崎県におけるアカウニの漁獲対象となる殻径40mm および3歳以上の個体においても成熟が進行していない回復期の個体が出現した。

考 察

アカウニの生殖周期を明らかにするために、生殖巣指数の周年変化と組織学的観察による生殖細胞の発達過程について検討した。

ウニの生殖巣は栄養細胞と生殖細胞で構成され、

Table 4-2. Percentage of developmental stages of gonads in each test diameter classes of wild and released red sea urchins collected in December 2004 and November 2005

Test diameter (mm)	Wild urchins								Released urchins							
	n	gonad not available	Developmental stages of gonads*						n	gonad not available	Developmental stages of gonads*					
			0	female		male		0			female		male			
6 - 10	1	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
11 - 15	4	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14	85.7	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0		
16 - 20	9	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52	51.9	11.5	9.6	7.7	0.0	19.2		
21 - 25	5	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	48	8.3	2.1	16.7	31.3	4.2	37.5		
26 - 30	6	16.7	0.0	50.0	0.0	0.0	33.3	39	5.1	0.0	10.3	43.6	0.0	41.0		
31 - 35	18	5.6	0.0	22.2	27.8	0.0	44.4	31	0.0	0.0	12.9	41.9	0.0	45.2		
36 - 40	43	0.0	0.0	9.3	41.9	7.0	41.9	9	0.0	0.0	11.1	33.3	0.0	55.6		
41 - 45	56	0.0	0.0	7.1	60.7	3.6	28.6	3	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0		
46 - 50	50	0.0	0.0	8.0	32.0	4.0	56.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100		
51 - 55	48	0.0	0.0	2.1	41.7	2.1	54.2									
56 - 60	21	4.8	0.0	4.8	14.3	4.8	71.4									
61 -	28	0.0	0.0	3.6	46.4	0.0	50.0									

* 0: Neuter, 1: Developing virgin/Recovering spent, 4: Mature, 5: Spent.

Table 4- 3. Percentage of developmental stages of gonads in each age classes of wild and released red sea urchins collected in December 2004 and November 2005

Age (year)	Wild urchins							Released urchins						
	n	gonad not available	Developmental stages of gonads*				n	gonad not available	Developmental stages of gonads*					
			0	female		male			0	female		male		
			1	4+5	1	4+5			1	4+5	1	4+5		
1	15	100	0.0	0.0	0.0	0.0	25	68.0	4.0	4.0	4.0	0.0	20.0	
2	15	20.0	0.0	33.3	13.3	6.7	26.7	90	31.1	8.9	14.4	18.9	1.1	25.6
3	33	3.0	0.0	6.1	45.5	0.0	45.5	52	1.9	0.0	9.6	46.2	1.9	40.4
4	64	0.0	0.0	7.8	42.2	3.1	46.9	31	0.0	0.0	9.7	41.9	0.0	48.4
5	83	0.0	0.0	4.8	42.2	3.6	49.4							
6	48	0.0	0.0	8.3	41.7	2.1	47.9							
7+	31	3.2	0.0	6.5	32.3	6.5	51.6							

* 0: Neuter, 1: Developing virgin/Recovering spent, 4: Mature, 5: Spent.

栄養細胞に蓄えられた栄養を消費して卵形成や精子形成が進む (Walker et al. 2006)。キタムラサキウニ (Fuji 1960; 小田切ら 1984; 杉本ら 1982; 吾妻・門間 1988), エゾバフンウニ (Fuji 1960; 吾妻ら 1988; Takahashi 1980), ムラサキウニ (Sakairi et al. 1989; 山崎・清本 1993) では生殖巣指数が最大値を示した時点には組織学的な成熟期に達しており, 産卵が始まることが報告されているが, 本海域のアカウニでは, 生殖巣指数の最大値を示した5~6月の組織学的観察では回復期であり, その後組織学的な成熟の進行が始まる9月まで生殖巣指数の高い水準が継続した (Fig. 4-3, Table 4-1)。バフンウニやアカウニは, 成熟に伴って卵巣に強いのがみを生じるため, 漁期は配偶子形成前までと考えられることから (村田 2008), 成熟度の進行が進んだ10月を除く, 生殖巣指数の高水準が継続する5~9月までが適切な漁期と考えられる。

本海域におけるアカウニの産卵期は, 生殖巣指数の減少期から判断して11~1月であり, これを裏付けるように, この時期から数ヶ月間にわたって放卵放精後の生殖巣が観察され, 山口県海域 (中村・芳永 1962) や三重県海域 (Unuma et al. 1996) と同様の産卵期を示した。

吉田 (1988), Yamamoto et al. (1988), Sakairi et al. (1989) は, アカウニ, ムラサキウニ, バフンウニの成熟には水温が重要な環境要因であることを示している。バフンウニでは, 7月下旬から15°Cに (伊藤ら 1989), アカウニでは, 2~6月まで25°Cとした後, 7月以降20°Cに (野口ら 1995), 8月に19~20°Cとした後, 9月に17~19°C

に (伊東ら 1987; 真崎・川原 1995) 温度制御することで早期採卵を行う種苗生産の技術が開発されている。また, 吉田 (1988) は高水温側に成熟許容域を持つアカウニ, ムラサキウニは許容温度に保たれば栄養蓄積をすることができ, 生殖巣は自動的に成熟してくると推測している。今回調査した3年間において, 調査海域の平均水温19°Cを許容温度とすると, その水温まで昇温した時期は, いずれも5月下旬であり, その後は成熟が始まる9月までは19°C以上の水温が継続することから, 産卵期はほぼ一定であったと考えられる。

殻径35 mm以下および1, 2歳の標本における生殖巣重量が0.1~0.2 gの個体でステージ0の成熟度が観察されており, このサイズや年齢における生殖巣0.1 g以下で組織学的観察が行えなかったものもステージ0と考えられるため, 今回使用した材料で確認された最小殻径24 mm (雄) が本海域の天然アカウニにおける生物学的最小形と考えられる。また産卵群へ加入する年齢は天然群で2歳, 放流群で1歳, 成熟率が高くなる殻径は30 mm以上, 年齢では3歳以上と考えられた。長崎県における漁獲サイズは概ね殻径40 mm以上, 年齢は3歳以上であり (第5章第2節), 最低1回は, 再生産した個体を漁獲していることが判った。また, 同海域に放流された放流群においても天然群と同じサイズで成熟が進行し, 放流群の再生産への寄与が期待できる。さらに, エゾバフンウニの放流群が1歳で成熟した報告 (吾妻・門間 1988) と同様, 本海域の放流1歳群の28%が組織学的に性別を確認できた。本海域における天然群1歳のサイズは9~26 mmに対して, 放流群1歳のサイ

ズは18~30 mmで、このうち組織学的に性別を確認できたサイズは27~30 mmと大きかった。このような、放流群と天然群の成長差は、天然群の産卵期である11~1月より早い10月に種苗生産されたことや種苗生産過程において加温と十分な給餌によりもたらされたと考えられる。

今回使用した材料における性比は1:1であったが、殻径26~35 mmでは、雄の回復期は2尾、成熟期および放卵放精期は38尾、雌の回復期は20尾、成熟期および放卵放精期は24尾で、年齢1~2歳では、雄の回復期は2尾、成熟期および放卵放精期は34尾、雌の回復期は19尾、成熟期および放卵放精期は20尾で、養殖した1歳の雄ではほとんどが成熟したが、雌では成熟しない個体が多かった報告(Unuma et al.1996)と同様に、若齢および小型サイズにおける雄は雌よりも熟度が進行する比率が高く、性別の熟度に有意差が認められた(χ^2 test, $P < 0.01$)。

産卵期において漁獲対象となる殻径40 mmおよび3歳以上の個体においても、成熟が進行せず回復期のままの個体が出現したことは、移動範囲が狭いことによる餌料環境の影響や近年の夏場の高水温や磯焼け進行の影響等が考えられる。

第5章 漁業の実態

漁業の実態の把握は、資源を適切に管理し、有効に利用する上で重要である。山口県外海産のアカウニについて報告(中村・芳永 1962)されているが、長崎県については明らかになっていない。さらに、ウニ類の漁獲量は、総計として漁業・養殖業生産統計年報で取りまとめられ、アカウニ単独の漁獲量については明らかになっていない。今井(1995)が全国の都道府県にアンケートを依頼した結果では、長崎県ではアカウニが漁獲されていないことになっているが、種苗放流や漁獲は行われており、調査海域の偏り等が考えられる。

本章では、先ず第1節においてアカウニ漁業の実態を、漁業協同組合を対象としたアンケート調査で明らかにした。次に第2節では、アカウニ漁獲物の特性について検討した。

第1節 漁業協同組合へのアンケート

調査

本節では、県内の漁獲量や漁期、漁場等の漁業の実態を把握することを目的に、長崎県内で海面漁業を営む全漁業協同組合に対しアカウニの利用実態についてアンケート調査を行った。

材料と方法

アンケート調査

アンケート調査は、2007年2月に長崎県内の海面漁業を営む80箇所の漁業協同組合(以下漁協と称する)を対象にアンケート用紙およびアンケート記入要領を送付した。なお、漁場を漁協の支所毎に管理している場合は、各支所毎に記入をお願いした。

アンケートはA4用紙に印刷された①から⑬までの間に対し、回答する形式とした。Fig. 5-1-1にアンケートの概要を示した。①~⑤は出荷並びに利用方法に関する設問である。⑥~⑫は漁獲および利用者の状況に関する設問である。⑬は資源管理に関する設問である。

結果および考察

アンケート調査の集計

アンケート数80に対し43漁協から回答があり、漁協回答率は54%であった。長崎農林統計年報(九州農政局長崎農政事務所2005)によると、回答漁協のウニ類合計漁獲量(678トン)は、長崎県における同量(974トン)のおよそ70%を占めていた。支所ごとに漁場を管理している3漁協の10支所からの回答を含めた50地区の回答について「長崎農林水産統計年報」の8海区に整理した(Fig. 5-1-2, Table 5-1-1, Table 5-1-2)。なお、回答地区には複数の海区をまたがったものは無かった。

出荷と利用方法

①に対する回答は、「漁協出荷」が20地区、「漁協外出荷」が16地区、「自家消費している」のは8地区であった(回答数39地区)。漁協出荷は壱

回答先：長崎県総合水産試験場漁業資源部栽培漁業科
 回答日：平成 19年 月 日

アカウニの利用実態調査票

○ _____ 漁協 _____ 支所 _____ 担当者名 _____

①出荷並びに利用方法について該当する番号に○を記入し、複数の回答の場合は、その出荷量の割合を記入下さい。

1. 漁協出荷 (%) 2. 漁協外出荷 (%)
 3. 自家消費 (%) 4. 未利用

②、①で4と回答された場合、その理由について該当する番号に○を記入下さい。

1. 生息するが利用していない 2. 生息数が少ない
 3. 生息していない 4. その他 ()

③、②で1と回答された場合、その理由について該当する番号に○を記入下さい。

1. 身入りや身の色が悪い 2. 利用・加工する人がいない
 3. その他 ()

④、②で2と回答された場合、資源が増えた場合の利用について該当する番号に○を記入下さい。

1. 利用する 2. 利用しない

⑤、①で1または2と回答された場合、ウニの出荷形態について該当する番号に○を記入し、複数の回答の場合はその割合を記入下さい。

1. 殻付き (%) 2. むき身生 (%) 3. むき身塩蔵 (%)
 4. 板ウニ出荷 (%) 5. その他 (: %)

⑥近年の漁獲状況について記入下さい。

年度	漁獲期	操業日数	操業人数	漁協取扱量	
				取扱量	取扱金額
H15	月～月	日	人	kg	千円
H16	月～月	日	人	kg	千円
H17	月～月	日	人	kg	千円

Fig. 5-1-1. Form of questionnaire.

⑦漁獲量について該当する番号に○を記入下さい。

1. 安定している。 2. 変動が大きい。
 3. 増加傾向にある。 4. 減少傾向にある。
 5. その他 ()

⑧、⑦の原因と考えられる番号に○を記入下さい。 複数回答可

1. 乱獲の影響 2. 台風・時化等の影響
 3. 磯焼けの影響 4. 身入りや身の色の影響
 5. 放流の効果 6. 資源管理の効果
 7. その他 ()

⑨漁獲水深について該当する番号に○を記入し、複数の回答の場合はその漁獲量の割合を記入下さい

1. 0～1m (%) 2. 1～3m (%)
 3. 3～5m (%) 4. 5～10m (%)
 5. 10m以深 (%)

⑩漁業種類について該当する番号に○を記入し、複数の回答の場合はその漁獲量の割合を記入下さい。

1. 潜水器漁業 (%) 2. 素潜漁業 (%)
 3. 鉾付き漁業 (%) 4. 徒歩採取 (%)

⑪利用者の主な職業について、該当する番号に○を記入し、複数の回答の場合は人数を記入下さい。

1. 採介漁業 (人) 2. 一般漁業 (人)
 3. 農業 (人) 4. その他(会社員等) (人)

⑫利用者の年齢について、人数を記入下さい。

1. 29才未満 (人) 2. 30～39才 (人)
 3. 40～49才 (人) 4. 50～95才 (人)
 5. 60才以上 (人)

⑬資源管理の取組 有 無

取組の内容(措置内容、遵守状況等について記入して下さい)

*以上でアカウニのアンケートは終了です。ご協力ありがとうございました。

Fig. 5-1-1. Continued.

岐海区が多く、漁協外出荷は北松海区が多かつ

利用実態調査票記入要領

- 支所単位で漁場管理が行われている場合は、各支所毎に記入をお願いします。
- 利用の実態がない場合でも、①から④まで回答して下さい。
- 回答にあたっては、関係漁業者に十分聴取したうえで、記入下さい。
- 各項目の漁獲量の割合についてはH17年度実績で記入下さい。

5. 資源管理の取組の記入例

取組の内容(措置内容、遵守状況等について記入して下さい)

漁獲量規制：1人あたりウニ=瓶200本以内、総漁獲量 kg
 操業人数： 20人まで
 操業時間：12:00～16:00
 操業日数： 30日
 禁漁区設定：3カ所 等

- 不明な点等ありましたら、栽培漁業科：渡邊までご連絡下さい
 (095-850-6306)。
- 調査票提出後に担当より記入内容についての詳細を聞き取りさせて頂く場合があります。

Fig. 5-1-1. Continued.

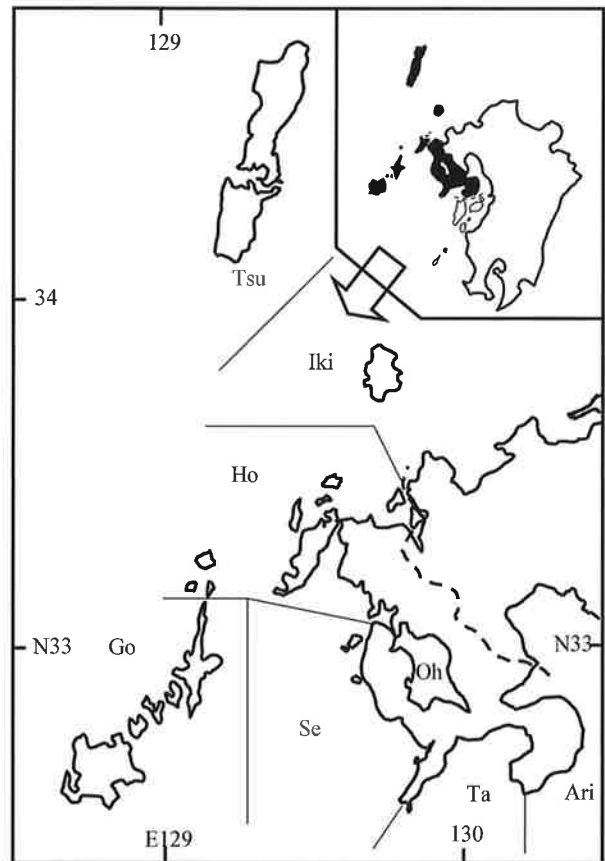


Fig. 5-1-2. Fishing areas around Nagasaki Prefecture. Abbreviations in the figure are the same as in Table 5-1-1.

Table 5-1-1. Fishing areas and their abbreviations shown in Fig. 5-1-2

Area	Abbreviation
Tsushima area	Tsu
Iki area	Iki
Hokusho area	Ho
Ohmura bay area	Oh
Seihi area	Se
Tachibana bay area	Ta
Ariake bay area	Ari
Goto area	Go

Table 5-1-2. Number of answers from each area in Fig. 5-1-2

Area	Number of fisheries cooperative	Number of answers	Catch in weight (t) for total area (A)	Catch in weight (t) for answered co-op (B)	Ratio of weight (B/A)
Tsu	15	9	126	114	0.90
Iki	5	4	447	307	0.69
Ho	13	13	135	106	0.79
Oh	9	6	80	80	1.00
Se	8	3	52	20	0.38
Ta	4	5	16	11	0.69
Ari	12	3	2	0	0.00
Go	14	7	116	40	0.34
Total	80	50	974	678	0.70

た。販売単価の高い本種では、自家消費の割合はわずかであった。一方、「未利用」としたのは9地区で、有明海区と大村湾の回答5地区は全て未利用であった。⑤の2005年度の漁協取扱量を①の漁協出荷割合で除して各地区の漁獲量を算出し、海区ごとに整理した (Table 5-1-3)。推定された各海区の漁獲量を「長崎農林統計年報」のウニ類漁獲量に対する海區別回答割合 (回答漁協のウニ類漁獲量/全漁協ウニ類総漁獲量)で除して各海区の漁獲量を推定すると、北松海区が4,587 kg、壱岐海区が3,410 kgで、両地区合計が県総漁獲量の81%を占めていた。一方、県内で最も多くのアワビ類とサザエが漁獲される対馬海区のアカウニ漁獲量は、279 kgで全体の3%しかなく、県内の利用状況に地域差が認められた。

②に対する回答は、「生息するが利用していない」が1地区 (対馬海区)、「生息数が少ない」が3地区 (大村湾海区、橘湾海区)、「生息していない」が4地区 (有明海海区、大村湾海区、五島海区)であった (回答数9地区)。「生息するが利用していない」とする回答は、上対馬町漁協だけであるが、回答が無い地区の多くのアカウニは利用していないと考えられる。有明海海区と大村湾海区には「利用している」とした回答は無く、アカウニは生息していないか、もしくは非常に少ないと考えられた。

③に対する回答は、「利用・加工する人がいない」が1地区であった (回答数1地区)。

④に対する回答は、「利用する」が2地区、「利用しない」が1地区であった (回答数3地区)。

⑤に対する回答は、「むき身生」が20地区、「殻付き」が3地区、「むき身塩蔵」が10地区、「板ウニ加工」が6地区であった (回答数26地区)。

⑥の2005年度の漁協取扱量と⑤の回答割合から各地区の出荷形態量を算出し (⑥2005年取扱量×⑤-1~4/100)、海区ごとに推定すると (Table 5-1-4)、殻付き出荷量は32 kg、むき身生出荷量は3,278 kg、むき身塩蔵出荷量は811 kg、板ウニ出荷量は515 kgで、キタムラサキウニやエゾバフンウニでは殻付き出荷が多いのに対し、アカウニのほとんどが漁村での一次加工を行っていることが明らかになった。

鴨居瀬地区と石田地区の漁業者への聞き取りによると、近年では、むき身を選別した後パック詰にして、魚市場へ出荷する形態が増え、従来の手間のかかる板ウニ出荷が敬遠され、漁村の一次加工の労働力不足が懸念される。

Table 5-1-3. Answer for question ① shown in Fig. 5-1-1. Each area are shown in Fig. 5-1-2.

Area	Sales by fisheries cooperative association (kg)	Sale without using co-op (kg)	Personal consumption (kg)	Total weight (kg)	Estimated catch in weight(kg)
Tsu	211	31	10	252	279
Iki	2,114	228		2,342	3,410
Ho	1,862	1,715	25	3,602	4,587
Oh					
Se	40			40	104
Ta	351	561	50	962	1,400
Ari					
Go	47			47	137
Total	4,625	2,536	85	7,246	9,917

Table 5-1-4. Answer for question ⑤ shown in Fig. 5-1-1. Each area are shown in Fig. 5-1-2.

Area	Whole sea urchin	Raw sea urchin gonad	Salted sea urchin gonad	Ita-uni*
Tsu	11	56	14	141
Iki	0	1,750	0	364
Ho	1	1,116	745	0
Oh	0	0	0	0
Se	0	40	0	0
Ta	20	301	20	10
Ari	0	0	0	0
Go	0	15	32	0
Total	32	3,278	811	515

*alum-treated sea urchin gonad placed in a wooden tray

漁獲および利用者の状況

⑥の漁獲時期と漁獲日数と漁獲人数を2005年度について整理した (Table 5-1-5:回答数27地区)。漁獲を行っている地区数を月別に集計すると、主な漁獲時期は、5~9月の長期にわたり、成熟の

進んだ 10 月を除く生殖巣指数の高い時期と一致した(第4章)。しかし、この期間を通じて漁獲を行う地区は無く、1地区の平均漁獲日数は、34日であった。総漁獲人数は2,623人であったが、徒歩採取でムラサキウニを主体に漁獲している2地区2,130人を除いたアカウニを主に漁獲する総人数は493人であった。

⑥の取扱量と取扱額を海別に集計した(Table 5-1-6:回答数21地区)。2003~2005年度の取扱量および取扱金額は、大きく減少していた。

⑦の漁獲量については(Table 5-1-7:回答数32地区)、「安定している」2地区、「変動が大きい」7区、「増加傾向にある」0地区、「減少傾向にある」23地区、「その他」3地区(漁協集荷が無い)であった。

⑧、⑦の原因については(Table 5-1-7:回答数29地区)、「乱獲の影響」7地区、「台風・時化等の影響」11地区、「磯焼けの影響」24地区、「身入りや身の色の影響」10地区、「放流の効果」3地区、「資源管理の効果」0地区、「その他」4地区(密漁、市場への流出)であった。2003~2005年度の漁協取扱量および漁協取扱金額は、大きく減少しており(Table 5-1-6)、「資源の減少傾向にある」との回答が70%を占めたことと一致している。その原因を「磯焼け」とした回答は73%を占めていた。

⑨漁獲水深について、⑥の2005年度の漁協取扱量に⑨の回答割合を乗じて漁業種別漁獲量割合を算出したところ(Table 5-1-8:回答数28地区)、0~1 m (0.6%)、1~3 m (18.7%)、3~5 m (24.9%)、5~10 m (42.5%)、10 m 以深 (13.3%)で、5~10 m の漁獲量割合が多かった。しかし、この水深は石田地区の漁獲量が多いため、石田地区を除く県内の主なアカウニ漁獲水深は3~5 m であった。

⑩漁業種類について、⑥の2005年度の漁協取扱量に⑩の回答割合を乗じて漁業種別漁獲量割合を算出したところ(Table 5-1-8:回答数29地区)、「潜水器漁業」8.5%、「素潜漁業」87.4%、「鉾付き漁業」2.8%、「徒歩採取」1.3%で、「素潜漁業」

の漁獲量割合が多かった。

⑪利用者の主な職業の人数を集計すると(Table 5-1-9:回答数28地区)、「採介藻漁業」477人、「一般漁業」204人、「農業」45人、「その他(会社員等)」1,206人であった。「その他(会社員等)」は、ムラサキウニを主体とした徒歩採取が多いと考えられるため、本種利用は、「採介藻漁業」を主職業とする者が多かった。

⑫の年齢別の利用者の人数を集計すると(Table 5-1-9:回答数26地区)、「29才未満」33人、「30~39才」67人、「40~49才」138人、「50~59才」197人、「60才以上」188人で、高齢化傾向にあった。

回答で一番漁獲の多かった石田町漁協の取扱量は1,820 kgで、調査総漁協取扱量の38%(老岐海区総計の86%)を占めていた。この地区のアカウニ漁業は、漁業者35人、漁獲日数75日(県内

Table 5-1-5. Month of fishing, days of fishing and number of fishermen of answers for question ⑥ shown in Fig. 5-1-1. Each area are shown in Fig. 5-1-2.

Area	Number of answers	Month of fishing								Days of fishing		Number of fishermen	Total
		4	5	6	7	8	9	10	Number of answers	Aver.			
Tsu	4		1	1	2	2	1		4	19	4	31	
Iki	4		2	1	3	2	1	1	4	28	4	1,388	
Ho	12	1	4	5	5	3	5	5	11	32	12	1,124	
Se	1		1	1					1	30	1	10	
Ta	3	3	3	3	3	3	1		2	97	2	46	
Go	3	1	1	1	1	1	1		3	25	2	24	
Total	27	5	12	12	14	11	9	6	25	34	25	2,623	

Table 5-1-6. Catch in weight and sales by fisheries cooperative association of answers for question ⑥ shown in Fig. 5-1-1. Each area are shown in Fig. 5-1-2.

Area	Number of answers	Catch in weight (kg)			Catch in sales (thousand yen)		
		2003	2004	2005	2003	2004	2005
Tsu	3	233	313	211	4,008	4,719	3,990
Iki	4	3,256	2,337	2,114	58,222	44,111	36,498
Ho	8	5,103	3,371	1,862	71,148	50,758	31,929
Se	1	80	20	40	2,000	1,000	1,000
Ta	3	881	496	351	16,051	10,713	7,385
Go	2	137	58	47	1,458	579	576
Total	21	9,650	6,593	4,825	152,887	111,880	81,378

Table 5-1-7. Answers for question ⑦, ⑧ shown in Fig. 5-1-1. Each area are shown in Fig. 5-1-2.

Area	Number of answers	⑦					⑧							
		1	2	3	4	5	Number of answers	1	2	3	4	5	6	7
Tsu	7		1		5	2	7	2	4	5	2			1
Iki	4				4		4	1	4	2				
Ho	12	2	4		8		10	3	3	9	4	1		2
Se	1				1		1			1				
Ta	5		2		3		5		3	3	1	2		1
Go	3				2	1	2	1	1	2				
Total	32	2	7	0	23	3	29	7	11	24	10	3		4

Table 5-1-8. Answers for question ⑨, ⑩ shown in Fig. 5-1-1. Each area are shown in Fig. 5-1-2.

Area	Number of answers	⑨					⑩				
		1	2	3	4	5	Number of answers	1	2	3	4
Tsu	2	0	7	155	49	0	3	0	215	0	7
Iki	4	0	3	393	1,354	364	4	364	1,723	0	27
Ho	8	8	797	346	462	248	8	0	1,855	0	8
Se	1	0	32	8	0	0	1	0	40	0	0
Ta	3	20	20	242	70	0	3	0	201	130	20
Go	1	0	0	0	15	0	2	29	18	0	0
Total	19	28	859	1,143	1,951	612	21	393	4,052	130	61

で一番長い)、主漁獲水深5~10m(他地区より深い)で行われていた。

資源管理

⑬資源管理の取組については (Table 5-1-9: 回答数31地区)、約半数の16地区が有としているが、無とした15地区においても、操業日数や人数等の制限があり、磯根資源は他のアワビ、サザエ、ムラサキウニと併せて総合的に管理されていると考えられる。

Table 5-1-9. Answers for question ⑪, ⑫, ⑬ shown in Fig. 5-1-1. Each area are shown in Fig. 5-1-2.

Area	⑪					⑫					⑬				
	Number of answers	1	2	3	4	5	Number of answers	1	2	3	4	5	Number of answers	O	x
Tsu	4	29			2		6	3	4	10	26	10	7	2	5
Iki	4	169	20		1,204		3	6	13	14	40	31	4	0	4
Ho	12	243	112	45			11	21	42	94	86	116	12	8	4
Se	1	10					0				10		1		1
Ta	4	1	69				3	2	3	12	22	30	3	3	
Go	3	25	3				3	1	5	8	13	1	3	1	2
Total	28	477	204	45	1,206	0	26	33	67	138	197	188	30	15	15

第2節 漁獲物の特性

アカウニ資源を有効に利用するためには、漁獲される殻径、体重、年齢等の把握が必要である。また、アカウニは主に生ウニとして流通し、生殖巣の色彩や大きさで選別され、等級がつけられることから、この色彩の特性を把握することも重要

である。そこで、長崎県における5地区に水揚げされた漁獲物の特性について調査解析した。

材料と方法

材料には、第3章で使用したものをを用いた。標本は、殻径、体重ならびに生殖巣重量(湿重量)を測定し、生殖巣指数(生殖巣重量×100/体重)を求めた。さらに、棘の色を記録するとともに、口器から中間骨を摘出し、中間骨による年齢査定を行った(第2章; 渡邊・夏莉 2008)。また、商品価値に影響する生殖巣の色彩を測定するため、微生物培養プレート(Iwaki社製 24穴ウェル径15.7×17.2mm)に生殖巣を入れて、丸棒を使用して、十分潰した後、色彩色差計(ミノルタ製 CR-300A)を用いて、プレートの下から測定した(Fig. 5-2-1)。色彩は、色彩色差計の表色システムのb値により評価した。b値は、黄色と青色の強さを示し、プラス域では黄色が強い。

各測定項目の検定

各測定項目の群間の相違は Kruskal-Wallis の方法で検定し(P<0.05)、有意差が認められたため、Steel-Dwass の多重比較を行った(株カイエンス製

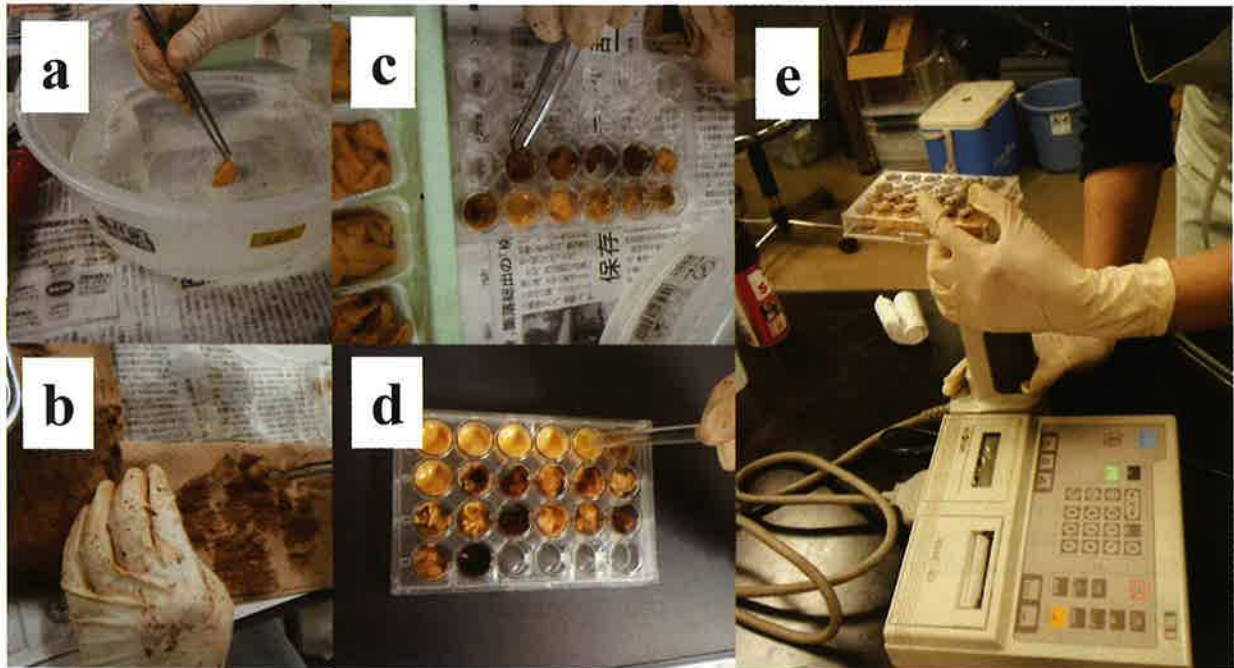


Fig. 5-2-1. Gonad color measurement for red sea urchin. a: washing gonad, b: wiping off moisture gonad, c: setting gonads on the measure case, d: crushing gonad by glass stick, e: measuring gonad with colorimeter method.

Kyplot 5.0)。各地区における棘色の割合の有意差は χ^2 検定、殻径と生殖巣の重量との相関関係をPearsonの相関係数により検定した。また、各検定の有意水準は5%とした。

結果および考察

殻径

各地区の殻径組成(階級5mm)は漁獲の制限殻径が無く、概ね正規分布していた(Fig. 5-2-2)。各地区の漁獲物の殻径には、福江地区・中野地区では有意差が認められなかったが、その他の調査間に有意差が認められた(Fig. 5-2-3)。また、漁獲開始殻径を占有率5%以上とすると、三重地区が40mm、中野地区が45mm、福江地区、石田地区が50mm、鴨居瀬地区が55mmであった。三重地区が小さく、鴨居瀬地区が大きいことは、第3章で明らかにした成長の地域差と一致し、この地域差の影響が大きいと考えられた。

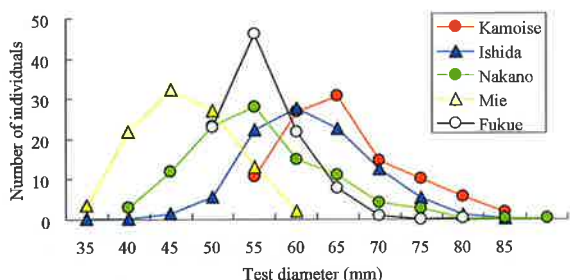


Fig. 5-2-2. Test diameter composition of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007.

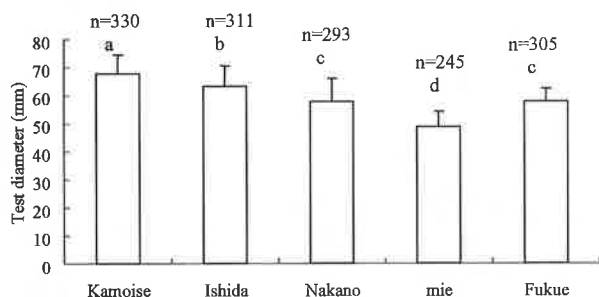


Fig. 5-2-3. Mean test diameter of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Different letters (a, b, c, d) indicate significant differences ($P<0.05$).

年齢組成

各地区の漁獲物の年齢組成をTable 5-2-1に示した。鴨居瀬地区、石田地区では3~8歳、中野地区では2~6歳、三重地区では2~5歳、福江地

区では2~7歳の個体が主体であった。最も漁獲の多い年齢は、鴨居瀬地区と福江地区は3歳、石田地区・中野地区・三重地区は4歳であった。

Table 5-2-1. Percentage in each age group of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007

Age	Kamoise				Ishida				Nakano				Mie				Fukue			
	2005	2006	2007	Total	2005	2006	2007	Total	2005	2006	2007	Total	2005	2006	2007	Total	2005	2006	2007	Total
1									3.6	4.5	2.3	3.5								
2	1.5	0.0	0.0	0.5	3.8	2.0	6.9	4.2	15.7	15.2	16.3	15.7	11.4	55.6	8.8	25.3	1.0	1.0	15.0	5.7
3	16.4	42.4	51.6	36.8	6.6	13.1	29.4	16.4	10.0	12.1	18.6	13.6	37.1	19.4	19.6	25.4	12.6	40.2	33.0	28.6
4	10.4	27.3	20.0	19.2	20.8	20.2	17.6	19.5	29.3	24.2	22.1	25.2	31.4	15.7	36.3	27.8	19.4	12.7	29.0	20.4
5	17.9	6.1	8.4	10.8	19.8	15.2	11.8	15.	28.6	18.2	23.3	23.3	5.7	6.5	21.6	11.3	33.0	12.7	10.0	18.6
6	23.1	3.0	1.1	9.1	13.2	15.2	12.7	63.7	3.6	16.7	11.6	10.6	0.0	2.8	7.8	3.5	10.7	16.7	8.0	11.8
7	17.2	7.1	2.1	8.8	14.2	12.1	9.8	12.0	2.1	6.1	4.7	4.3	2.9	0.0	2.0	1.6	15.5	8.8	1.0	8.5
8	8.2	5.1	2.1	5.1	9.4	12.1	5.9	9.1	2.9	1.5	1.2	1.8	2.9	0.0	2.0	1.6	3.9	3.9	1.0	2.9
9	3.0	4.0	3.2	3.4	4.7	4.0	2.9	3.9	3.6	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	2.0	0.7	1.9	1.0	2.0	1.6
10+	2.2	5.1	11.6	6.3	7.6	6.1	2.9	5.5	0.7	1.5	0.0	0.7	8.6	0.0	0.0	2.2	1.9	2.9	1.0	2.0

生殖巣

生殖巣重量は、鴨居瀬地区>石田地区>中野地区>福江地区>三重地区 ($P<0.05$)の順に大きかった(Fig. 5-2-4)。生殖巣指数は、鴨居瀬地区>石田地区・中野地区・福江地区>三重地区 (P

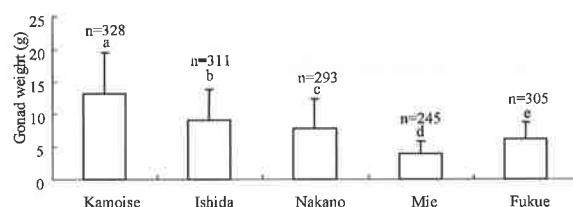


Fig. 5-2-4. Mean gonad weight of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Different letters (a, b, c, d, e) indicate significant differences ($P<0.05$).

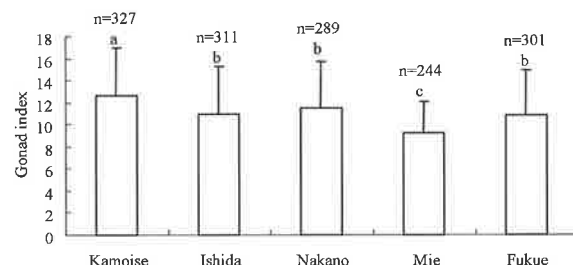


Fig. 5-2-5. Mean gonad index of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Different letters (a, b, c) indicate significant differences ($P<0.05$).

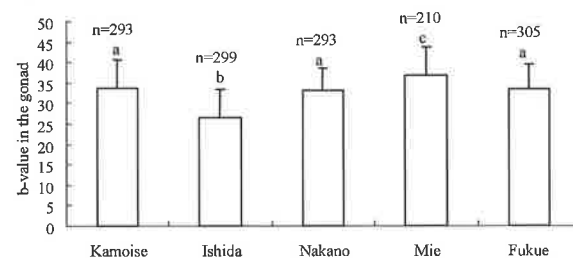


Fig. 5-2-6. Mean b-value in the gonad of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Different letters (a, b, c) indicate significant differences ($P<0.05$).

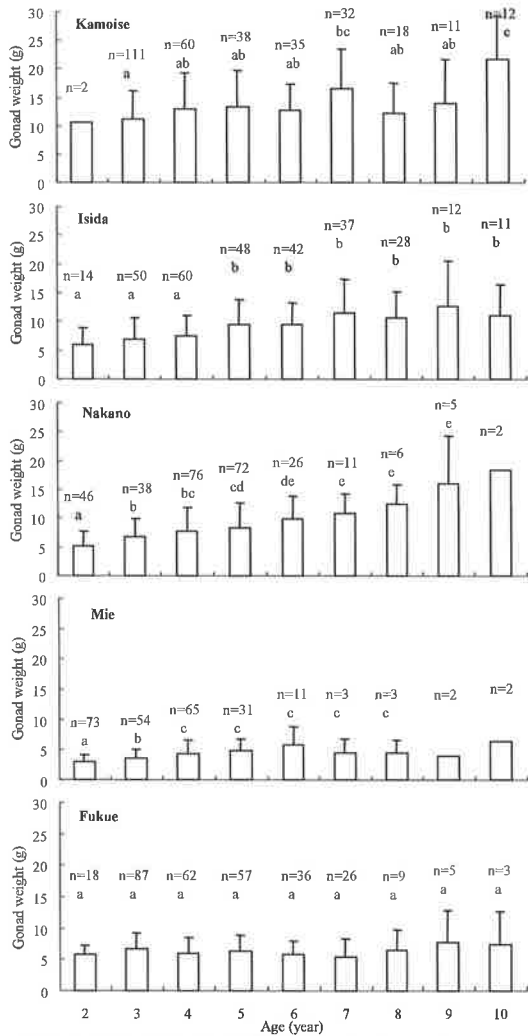


Fig. 5-2-7. Relationship between age and mean gonad weight of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Different letters (a, b, c, d, e) indicate significant differences ($P < 0.05$).

<0.05) の順に大きかった (Fig. 5-2-5)。生殖巣の b 値 (色彩) は、三重地区 > 鴨居瀬地区・中野地区・福江地区 > 石田地区 ($P < 0.05$) の順に大きかった (Fig. 5-2-6)。生殖巣重量と生殖巣指数は成長差と概ね一致したが、生殖巣の b 値 (色彩) は、成長が最も劣った三重地区で大きく、漁獲水深が他地区より深かった石田地区で小さかった (Table 5-2-1)。なお、中野地区の漁業者が出荷のため選別した生殖巣の b 値は、概ね 23 以上であり、それ以下のものは廃棄または自家消費されていた。また、漁業者が生殖巣の色彩が良好と考えるものほど b 値が大きい傾向が認められた。

各地区の年齢と生殖巣重量の関係を Fig. 5-2-7 に示した。各区とも概ね高齢個体の生殖巣重量が

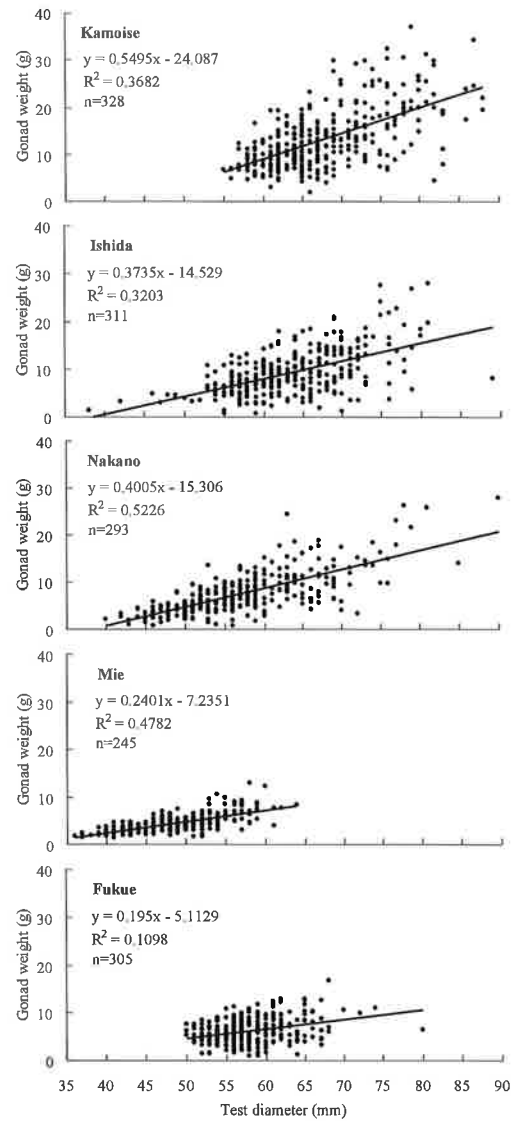


Fig. 5-2-8. Relationship between gonad weight and test diameter of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007.

大きい傾向は認められるが、5または6歳以上で有意差が認められなかった。また、各地区の漁獲物の殻径と生殖巣重量の関係には正の相関が認められた (Fig. 5-2-8, $P < 0.05$)。各地区の漁獲物の年齢と生殖巣の色彩 (b 値) の関係を Fig. 5-2-9 に示した。各地とも若齢個体ほど b 値が大きく、5または6歳以上で有意差が認められなかった。したがって、アカウニの利用において、商品価値の高い若齢群が主体となる漁獲方法の検討が必要と考えられた。

今回の調査地区のなかで最も漁獲量の多かった石田地区の b 値は、5地区の中で最も小さな値であった。今回の材料は潜水器漁業による水深 10 m

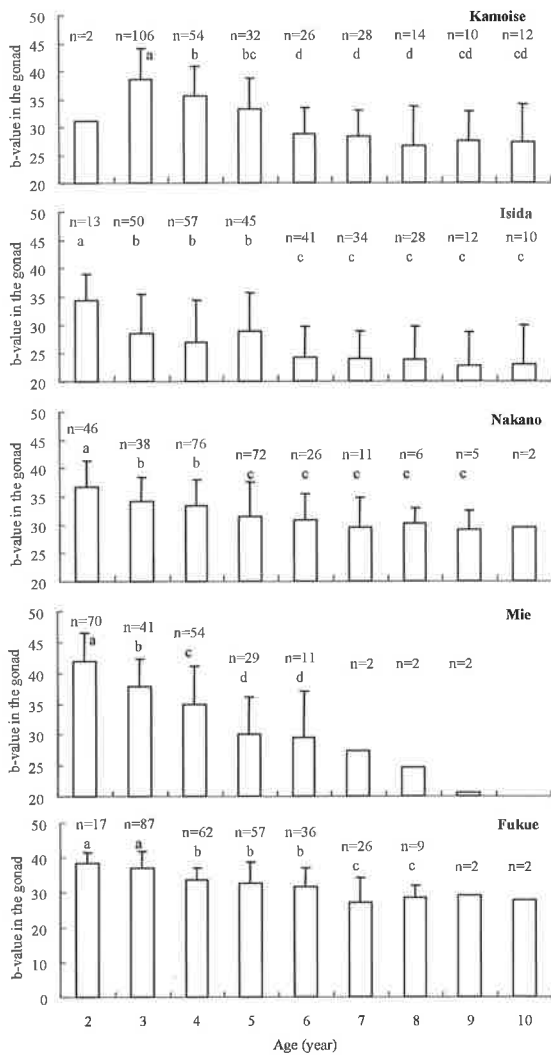


Fig. 5-2-9. Relationship between age and mean b-value in the gonad of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007. Vertical bars indicate standard deviations. Different letters (a, b, c, d) indicate significant differences ($P < 0.05$).

以深から漁獲され (第5章第1節), 他地区よりも高齢化し, 色彩が悪かったが, 色彩による選別を行って出荷していたことは, 他地区のアカウニ利用の参考としたい。

棘の色

各地区の棘の色は, 赤色が51~65%, 白色が22~32%, 紫色9~25%であり, 各地区間に棘の色の割合に有意差は認められなかった (Table 5-2-2, $P < 0.05$)。また, 九州玄海海域における割合も赤色5, 白色3~4, 紫色1~2と概ね一致した (内場・山本 1984, 野口 1999)。一方, 棘の各色による殻径, 生殖巣重量, 生殖巣指数, 生殖巣の色彩に有意差は認められなかったため ($P < 0.05$), 放流種苗に偏った色を選択しても漁獲に影響は無い

と考えられる。このことから, 特定の棘の色を放流標識として利用できると考えられた (荒巻・古賀 2003)。

Table 5-2-2. Percentage of the spine color of red sea urchin for five areas of local populations from 2005 to 2007

Area	Spine color		
	Red	White	Purple
Kamoise	59.4	32.1	8.5
Ishida	64.6	21.9	13.5
Nakano	53.5	29.7	16.8
Mie	51.0	24.1	24.9
Fukue	51.3	28.7	19.9
Average	56.0	27.3	16.7

第6章 資源診断

本章では, 第3章の成長と第4章の成熟および第5章第2節の漁獲物から得られた資源特性値の知見を成長-生残モデルへのあてはめを行って, 資源診断を試みた。

材料と方法

成長 (第3章) および漁獲物の特性 (第5章第2節) を調べた5地区のうち漁獲量および漁協出荷割合が多い鴨居瀬地区, 石田地区, 中野地区 (Fig. 3-1) を対象に資源診断を試みた。2005~2007年の材料の中間骨から読みとった年齢別個体数の割合に推定漁獲個体数 (漁獲量/平均生殖巣重量) を乗じて, 全漁獲物の年齢別漁獲個体数を推定した (Table 6-1)。3年間の平均的な全死亡係数 (Z) を推定するため, 年齢毎の合計個体数から対

Table 6-1. Number of individuals in each age group caught in the research areas, (Kamoise, Ishida, Nakano) from 2005 to 2007

Kamoise												
year	Age-group											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2005	255	2,808	1,787	3,063	3,957	2,936	1,404	511	255	0	128	0
2006	0	6,584	4,233	941	470	1,097	784	627	470	314	0	0
2007	0	6,902	2,676	1,127	141	282	282	423	986	423	141	141
Total	255	16,294	8,696	5,131	4,568	4,315	2,470	1,560	1,712	736	268	141

Ishida												
year	Age-group											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	15	
2005	10,745	18,804	59,098	56,412	37,608	40,294	26,863	13,431	13,431	5,373	2,661	
2006	5,543	36,027	55,426	41,570	41,570	33,256	33,256	11,085	13,857	336		
2007	19,201	82,291	49,375	32,916	35,660	27,430	16,458	8,229	2,743	5,486		
Total	35,489	137,122	163,900	130,898	114,837	100,981	76,577	32,746	30,031	11,195	2,661	

Nakano										
year	Age-group									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2005	3,468	2,207	6,463	6,306	788	473	631	788	158	
2006	5,158	4,127	8,253	6,190	5,674	2,063	516	0	516	
2007	4,830	5,520	6,555	6,900	3,450	1,380	345	0	0	
Total	13,457	11,854	21,272	19,396	9,912	3,916	1,491	788	673	

数回帰モデルにあてはめたところ、各地区とも $r = 0.98$ と強い直線性を示し、 Z として鴨居瀬地区 0.338, 石田地区 0.392, 中野地区 0.666 が得られた。寿命は、調査地区の漁獲物の最高齢を採用し、鴨居瀬地区は 13 歳、石田地区は 15 歳、中野地区は 10 歳とした。自然死亡係数 (M) を田中 (1960) により推定 ($M = 2.5 / \text{寿命}$) すると、鴨居瀬地区 0.167, 石田地区 0.192, 中野地区 0.250 が得られた。さらに、この値から漁獲係数 (F) として鴨居瀬地区 0.171, 石田地区 0.200, 中野地区 0.416, 漁獲率 (E) として、鴨居瀬地区 0.145, 石田地区 0.165, 中野地区 0.304 が得られた。成長に関するパラメーターは第 3 章の von Bertalanffy の成長式 (Fig.3-3) と各年齢の標準偏差 (Table 3-5, 標本数が 10 個体以下の年齢は直近の年齢の標準偏差) を採用した。なお、アカウニの発生時期を 12 月 (第 4 章) とすると、漁期である 6~10 月までには大きなずれがあるが、6~12 月までの成長は停滞していることから (第 2 章; 渡邊・夏莉 2008), 漁獲時の各年齢群の平均殻長は、1 歳上の満年齢時と同じ値とみなした。また、漁獲開始殻径は、漁獲物の殻径組成 (Fig. 5-2-3) より、鴨居瀬地区は 55 mm, 石田地区は 50 mm, 中野地区は 45 mm を採用した。

これらのパラメーターを利用し、調査の 3 年間における平均的な各年齢群の漁獲状況は、以下の計算によって推定される。

各年齢群の漁獲率 E を一定とし、 t 歳群の漁期当初の資源個体数を N_t とすれば、漁獲個体数 C_t および漁獲生殖巣重量 W_t は以下の式で示すことができる。

$$C_t = N_t \cdot Q_t \cdot E \quad (1)$$

$$W_t = C_t \cdot \omega_t \quad (2)$$

ここで Q_t は t 歳群の利用度 (t 歳群の全個体数のうち、漁獲対象となる加入個体数の占める割合) とし、また、 ω_t は t 歳群における加入個体の平均生殖巣重量とする。 Q_t は各年齢群の殻径組成が正規分布するとして、漁獲開始サイズまでの累積確率から求めることができる。一方、 ω_t は殻径

と生殖巣重量の関係式 (Fig. 5-2-8) と殻径組成の正規分布曲線とから求められる。

研究対象海域での漁期は短期間に集中していることから、以下の検討においては漁獲を一斉漁獲とみなし、 $t+1$ 歳群の漁期当初の資源個体数 N_{t+1} は以下の式で表される。

$$N_{t+1} = (N_t - C_t) \cdot \exp(-M - F \times Q_t) \quad (3)$$

つぎに、定常状態における漁獲量 W は以下の式で表される。

$$W = \sum_{t=k}^{t=l} W_t \quad (4)$$

ここで k は漁獲開始年齢、 l は漁獲最終年齢である。(1)~(4) 式を解くことで、加入量 N_k と N_l および C_t を求めることができる。

漁場におけるアカウニの分布

鴨居瀬地区と中野地区の磯根資源を対象とした漁場調査 (美津島町 1998, 平戸市 2002) から、アカウニの分布密度 (個/m²) を水深区分別 (0~0.9 m, 1~2.9 m, 3~4.9 m, 5~9.9 m, 10 m 以深) に推定するとともに、複数の調査ライン (汀線に基点を置き沖合へ直角に 200 m) における水深区分別の距離の平均値と調査ラインの始点を直線で結んだ距離を読みとり、両者を乗じることで、漁場の水深区分別の面積を推定した。そこで、区画法による個体数の推定と 95% の信頼区間を求めた (山田・北田 1999)。

また、長崎県内のアカウニと餌料を競合する植食動物の分布を把握するため、県内 9 地区の磯根資源を対象とした漁場調査 (美津島町 1998; 郷ノ浦町 1989, 1990; 平戸市 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007; 小値賀町 2001; 長崎市 1994, 2004; 福江市 1997, 1998, 1999, 2002; 岐宿町 2003; 新魚目町 2003, 2004; 新上五島町 2005) から、植食動物 (無脊椎動物) の分布密度 (湿重量/m²) とアカウニとムラサキウニの分布密度 (個/m²) を水深区分別 (0~0.9 m, 1~2.9 m, 3~4.9 m, 5~9.9 m, 10 m 以深) に推定した。

結果と考察

2005～2007 年における平均の漁獲量の条件で漁獲開始年齢を1歳、漁獲最終年齢を調査地区の寿命として計算し、Table 6-2 に示した。

各地区のこの期間中の1歳群の加入個体数は、鴨居瀬地区 29,700 個体、石田地区 587,500 個体、中野地区 52,000 個体、また資源個体数は、鴨居瀬地区 120,780 個体、石田地区 2,193,684 個体、中野地区 139,743 個体と計算された。

次に、この計算で求められた初期資源個体数をもとに、漁獲係数 (F) と漁獲開始殻径を変化させた場合の漁獲量の変化を Fig. 6-1 に示した。漁獲量を最大とする漁獲開始殻径は、鴨居瀬地区で 55～60 mm、石田地区で 50～55 mm、中野地区で 45～50 mm と計算され、各地区の漁獲実態と一致したことは、成長や生残に併せた適切な漁獲開始

Table 6-2. Summary of calculations of age composition and catch amount of red sea urchin

Kamoise					
Age (t)	w_t (g)	N_t	Q_t	C_t	W_t (kg)
1	7.7	29,700	0.078	337	3
2	8.5	24,798	0.506	1,822	16
3	10.3	19,244	0.908	2,536	26
4	12.4	13,942	0.987	1,997	25
5	13.9	9,965	0.998	1,443	20
6	14.9	7,110	1.000	1,031	15
7	15.6	5,071	1.000	736	12
8	16.1	3,617	1.000	525	8
9	16.4	2,580	1.000	374	6
10	16.6	1,840	1.000	267	4
11	16.7	1,312	1.000	190	3
12	16.8	936	1.000	136	2
13	16.9	667	1.000	97	2
Total		120,780		11,490	142

Ishida					
Age (t)	w_t (g)	N_t	Q_t	C_t	W_t (kg)
1	4.9	587,500	0.040	3,893	19
2	6.1	480,999	0.513	40,815	248
3	7.0	358,273	0.873	51,742	362
4	8.3	248,322	0.939	38,566	319
5	8.9	169,863	0.981	27,582	247
6	9.4	115,205	0.994	18,941	178
7	9.7	77,943	0.996	12,846	125
8	9.9	52,707	0.995	8,679	86
9	10.1	35,648	0.999	5,891	59
10	10.1	24,093	1.000	3,986	40
11	13.2	16,280	1.000	2,694	36
12	13.3	11,000	1.000	1,820	24
13	13.3	7,433	1.000	1,230	16
14	13.3	5,023	1.000	831	11
15	13.3	3,394	1.000	562	7
Total		2,193,684		220,079	1,779

Nakano					
Age (t)	w_t (g)	N_t	Q_t	C_t	W_t (kg)
1	3.4	52,000	0.040	626	2
2	4.8	39,836	0.698	8,450	40
3	6.8	23,202	0.961	6,773	46
4	8.4	12,114	0.995	3,661	31
5	9.4	6,236	1.000	1,894	18
6	10.1	3,204	1.000	973	10
7	10.5	1,646	1.000	500	5
8	10.7	846	1.000	257	3
9	10.9	435	1.000	132	1
10	11.0	223	1.000	68	1
Total		139,743		23,333	157

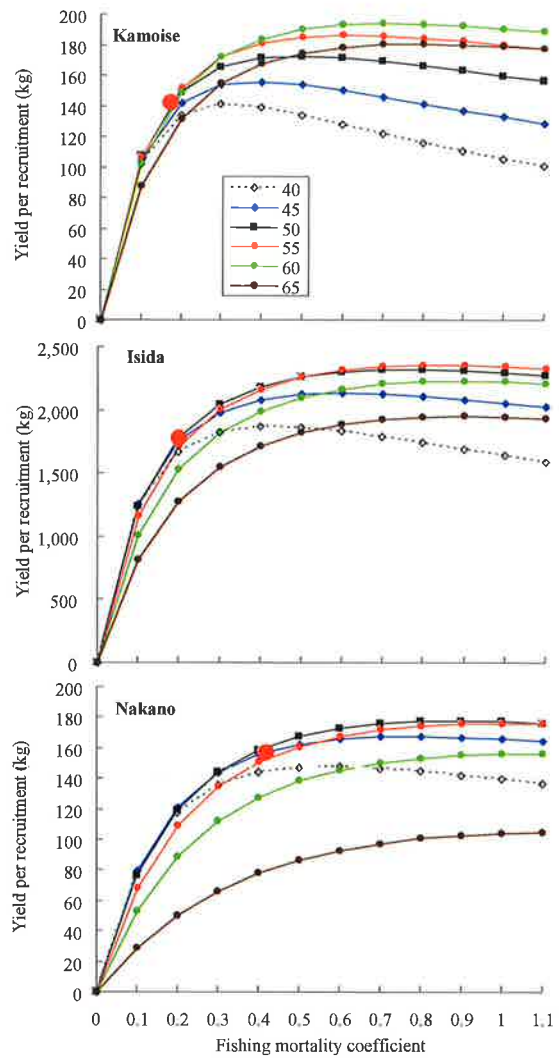


Fig. 6-1. Relationship between catch of gonad and fishing mortality coefficient in the research areas, (Kamoise, Ishida, Nakano).

殻径による利用を行っていると考えられた。

3地区とも $F=0.4\sim 1.1$ で最大の漁獲量が計算されたが、その増大は $F=0.5$ 前後から緩やかとなった。したがって、 $F=0.4\sim 0.5$ の範囲において合理的な最大生産量が得られると考えられ、3地区の漁獲実態の F はそれ以下であった。このことは、アカウニ成体の生息は礫が形成する空間や岩場の割れ目等に多いこと (今井・新井 1994) から礫の下部に隠れているものが多く、現状では高い漁獲圧がかかっていないと考えられる。

漁場調査 (美津島町 1998, 平戸市 2002) から求めたアカウニの水深別分布密度と漁場面積および資源個体数と信頼区間を Table 6-3 に示した。

Table 6-3. Density (no. of ind./m²) and number of red sea urchin by depth in Kamoise and Nakano areas

Kamoise				
Depth (m)	Area (m ²)	Research point number	Density (no. of ind./m ²)	Total number
0-0.9	80,091	2	0.00	0
1-2.9	163,451	5	1.20	196,141
3-4.9	253,349	12	0.92	232,237
5-9.9	542,657	22	0.91	493,325
10-	475,643	3	1.67	792,738
Total	1,515,191	44		1,714,440 ± 484,969
Nakano				
Depth (m)	Area (m ²)	Research point number	Density (no. of ind./m ²)	Total number
0-0.9	23,333		-	-
1-2.9	180,833	6	0.67	136,111
3-4.9	176,944	3	2.00	353,889
5-9.9	344,167	6	1.67	573,611
10-	416,111	3	1.00	416,111
Total	1,141,389	18		1,479,722 ± 749,789

漁場に分布する資源個体数は鴨居瀬地区約 170 万個体、中野地区約 150 万個体で信頼区間の最低値でも鴨居瀬地区約 120 万個体、中野地区約 70 万個体と推定され、資源診断した漁獲対象資源個体数 (鴨居瀬地区約 12 万個体、中野地区約 14 万個体) よりかなり大きい。漁場調査実施年度と資源診断の時期がずれているが、漁獲圧が小さいことや、年齢構成が多岐にわたっていることから、この間の資源状態が大きく変わらないと仮定すると、両地区とも主に水深 3~5 m で漁獲していること (第 5 章第 1 節) や生殖巣の色彩が優れ (b 値が高い) かつ身入りの良好 (生殖巣指数の高い)

な場所を選択してとっていることから (漁業者聞取)、漁獲の対象資源は、漁場の一部に限られていることが考えられる。一方、県内漁獲量のおよそ 30% を占める石田地区は、資源診断した漁獲対象資源が推定 219 万個体と鴨居瀬地区、中野地区の約 18 倍多く、10 m 以深の漁場まで広く利用していることから (第 5 章第 1 節)、県内で最もアカウニの利用漁場面積が広いと考えられる。

長崎県内のアカウニおよび餌料を競合する植食動物の平均湿重量分布密度は 365 g/m² で、そのうちムラサキウニが 156 g/m²、アカウニが 38 g/m² で県内沿岸において植食動物の 1, 2 位の分布密度を示した (Table 6-4)。アカウニは水深が深いほど分布密度が高い傾向が見られた (Table 6-5)。また、平均分布密度は 0.9 個/m² と推定され、山口県の 0.5~1.0 個/m² (角田ら 1980, 1993, 水津ら 1995)、神奈川県 0.8 個/m² (今井・新井 1994) とほぼ一致した。一方、ムラサキウニは水深が浅いほど分布密度が高い傾向が見られ、平均密度は 4.4 個/m² と推定された (Table 6-5)。環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1994) によると、アカウニが漁獲対象となっていない大村湾と有明海を除く長

Table 6-4. Density (g wet weight/m²) by depth for sea urchin and snail in Nagasaki Prefecture

Depth (m)	Research point of number	Density (g wet weight/m ²)							Total
		<i>Pseudocentrotus depressus</i>	<i>Anthocidaris crassispina</i>	<i>Diadema spp.</i>	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	<i>Tectus pyramis</i>	<i>Astraea haematraga</i>	Others	
0-0.9	31	8	170	31	24	17	40	67	356
1-2.9	119	22	165	57	9	37	31	69	390
3-4.9	100	36	161	28	10	39	43	64	381
5-9.9	110	43	183	15	5	42	26	64	379
10-	24	79	102	31	0	15	17	74	320
Total and Average	384	38	156	32	10	30	31	68	365

Table 6-5. Density (no. of ind./m²) and number by depth of *Pseudocentrotus depressus* and *Anthocidaris crassispina* in Nagasaki Prefecture

Depth (m)	Research point number	Area (ha)	Density (g wet weight/m ²)		Number	
			<i>Pseudocentrotus depressus</i>	<i>Anthocidaris crassispina</i>	<i>Pseudocentrotus depressus</i>	<i>Anthocidaris crassispina</i>
0-0.9	31	509	0.58	7.23	2,958,101	36,811,923
1-2.9	119	1,412	0.66	4.42	9,375,550	62,424,548
3-4.9	100	1,873	0.99	4.17	18,539,031	78,088,646
5-9.9	110	3,988	1.17	4.23	46,768,879	168,585,492
10-	24	3,942	1.33	1.83	52,554,795	72,262,843
Total and Average	384	11,724	0.93	4.36	130,196,355 ± 28,699,518	418,173,451 ± 48,923,103

Table 6-6. Density (no.of ind. /m²) by depth of *Pseudocentrotus depressus* and *Anthocidaris crassispina* in Mie shown in Fig. 3-1

Depth (m)	1993			2003		
	Research point number	<i>Pseudocentrotus depressus</i>	<i>Anthocidaris crassispina</i>	Research point number	<i>Pseudocentrotus depressus</i>	<i>Anthocidaris crassispina</i>
0-0.9	2	2.50	6.00	4	0.00	16.75
1-2.9	12	3.90	6.90	8	0.50	3.63
3-4.9	7	2.86	5.86	6	0.50	4.67
5-9.9	7	3.00	3.20	6	0.17	3.33
Total and Average	28	3.32	5.65	24	0.29	5.14

崎県の水深 20 m 以浅の藻場面積 (アラメ場とガラモ場) は 11,724 ha と推定された。この面積に県内の漁場調査 299 ラインにおける 5 水深区分の割合と水深区分別平均分布密度を乗じると、アカウニ 13,020 万個体、ムラサキウニ 41,8173 万個体と推定された (Table 6-5)。一方、アカウニの漁獲量 9,917 kg (第 5 章第 1 節) を 5 地区平均生殖巣重量 8.0 g (第 5 章第 2 節) で除すると、長崎県の漁獲個数は 124 万個と推定された。従って、推定資源個数の 1% しか漁獲していないことになり、アカウニは低利用資源と考えられる。

また、長崎市が調査した 1994 年と 2004 年の植生を比較すると、1994 年には、藻場を周年構成するクロメやノコギリモク等が分布していたが、2004 年には両種とも確認できなかった。一方、ムラサキウニの分布密度に変化は無いが、アカウニの分布密度は約 1/10 に減少し (Table 6-6)、2008 年にはアカウニの漁獲はほとんどなかった。さらに、2004~2006 年度に当地区に種苗放流したアカウニもほとんど生残できなかった (渡邊ら 2006, 2007, 2008)。他地区においても、藻場の衰退と平行して、アカウニの資源が減少している可能性がある。

第 7 章 総合考察

本研究では、アカウニ資源を有効に利用するため、まず、中間骨を用いた効率的な年齢査定法の開発 (第 2 章; 渡邊・夏苺 2008) を行った。この手法により、県内 5 地区の成長 (第 3 章) および平戸島における成熟 (第 4 章; 渡邊・夏苺 2009)

の生態的知見を収集するとともに県内漁業協同組合へのアンケート調査と標本 5 漁業協同組合の漁獲物調査 (第 5 章) によるアカウニの漁業実態の把握と資源診断 (第 6 章) を行ったところ、アカウニは低利用資源であると考えられた。この資源を有効に利用するためには、次の 4 つの具体的な提言を示した。

1. 漁獲方法の検討

(1) 未利用漁場の開発

長崎県におけるアカウニの利用は、北松海区と壱岐海区が主体となり (第 5 章第 1 節)、利用地区においても漁場が限定されている (第 6 章)。そこで、未利用漁場の開発のためには、分布や資源個体の特性を解析することで、食用として利用する生殖巣の重量や色彩等の漁業的価値の判断し、資源の分布水深に応じた漁法 (素潜漁業、潜水器漁業等) を導入する。

(2) 栄養顆粒の蓄積された期間に併せた操業期間の検討

アカウニ漁業を行う漁業者は、他にも漁船漁業や農業等を兼業し、短期的な操業を行っている場合が多い (第 5 章第 1 節)。そこで、栄養顆粒の蓄積された期間が長いアカウニの特徴を活かした利用促進の手法として、操業期間の拡大がある。しかし、同じ沿岸の岩礁帯に生息するアワビやサザエは、成長乱獲を防ぐための資源管理が必要とされており (藤井 1998, 堀井 1998)、アカウニの操業期間を拡大するには、地区内の種類別の漁業調整を図る必要がある。

(3) 漁獲促進による生殖巣の高品質化

低・未利用資源のアカウニは高齢で色彩が悪い個体が多いため、利用が敬遠されている(第5章第2節)。そこで、単価が安いのを我慢して採取し、若齢化を図ることで、生殖巣の色彩が改善される。

2. 加工・流通体制の整備

(1) 加工体制の整備

長崎県におけるアカウニは、漁獲後の漁業者家族単位でむき身処理する漁村加工が主体であるため(第5章第1節)、家庭の高齢化や核家族化に伴い、加工処理能力が低下し、ウニ類の漁獲量が制限されていることが考えられる。そこで、利用の促進のためには家族以外の地元の余剰労働力(高齢者等)の採用や漁獲個体を1箇所を集約して処理が行える加工場の整備を検討する必要がある。

(2) 出荷体制の整備

地元の取扱業者だけでは、消費・流通に限界があるので、利用促進のためには、福岡や首都圏等の大消費地へのお荷体制の整備が必要である。

3. 種苗放流の活用

本研究で得られた結果で明らかになったように、長崎県沿岸の資源個体数は非常に大きく、漁場全体への種苗放流では、資源増大の効果が不明瞭となる。一方、高い回収率が望め(木嶋ら 2001; 太刀山ら 2001)、放流後の移動が極めて小さいと考えられる(角田・柴山 1975; 水津ら 1998; 鷲尾・柴山 2002; 渡邊ら 2008) アカウニは、成長や身入りの最も優れた漁場へ種苗放流を行い、その漁場の餌料競合種の駆除や磯焼け対策等により餌料環境を整備し、生殖巣の色彩が優れた6歳未満で漁獲することにより、天然群に無い生殖巣の高品質が保障される。さらに他のウニ類にない6~9月までの長期間出荷できる特徴を生かして料亭やホテル等へ殻付きウニとしての利用も検討したい。

このようにアカウニの資源生物学的特性を活かした種苗放流とブランド化を組み合わせれば、その効果は大きいと考えられる。

4. 藻場回復

長崎県では水温上昇による生息環境や餌料環境の変化が著しい。長崎県では1998年以降、県内各地でアラメ類、ヒジキなどの大型褐藻類にこれま

でみられなかった藻食性魚類の摂食による衰退減少が相次いで発生している(桐山ら 1999a, 1999b, 2000, 2001a, 2001b, 2002, 2005a, 2005b; 清本ら 2000)。藻場が衰退した海域のアカウニ資源が激減しており(第6章)、県内のアカウニ資源は藻場の衰退とともに減少していることが考えられる。そこでアカウニ資源を安定的に活用するためには、藻場回復策の取り組みとともに餌料海藻を競合するすべての植食動物、なかでも県内漁場の分布密度(湿重量/m²)の43%を占めるムラサキウニと藻場との管理体制の構築が望まれる。

要 約

アカウニは、長崎県において資根資源として重要であり、資源増大のため多くの種苗放流が行われているが、資源生物学的な知見は乏しい。そこで、平戸島における成熟や県内5地区における成長等の生物学的知見やアンケート調査と漁獲物調査による漁業実態を把握することにより、アカウニの資源増殖や管理技術開発に必要な基礎的知見を明らかにした。

1) 年齢査定

放流標識(アリザリン・コンプレクソン)部位である中間骨を用いた効率的な年齢査定法の開発を行った。2003年5月~2004年3月に平戸島の中野地先から採集したアカウニの中間骨を、350°Cで10~180分加熱処理することで明瞭な輪紋が認められた。この輪紋は、12~1月に年1回形成されていることから、年齢形質としての有効性が明らかになった。

2) 成長

2005年~2007年に県内の5地区の漁業者が漁獲したアカウニのなかから、無作為に抽出した1,484個体を用いて年齢と成長に関する研究を行った。中間骨の輪紋から求められた計算全長をもとに von Bertalanffy の成長式に当てはめた5地区個体群のt歳時における推定殻径TDは、次式で表され、成長には、地域差が認められた。

鴨居瀬地区: $TD = 74.79(1 - \exp(-0.415(t+0.218)))$

石田地区 : $TD = 66.32(1 - \exp(-0.489(t-0.107)))$

中野地区 : $TD = 66.02(1 - \exp(-0.489(t-0.375)))$

三重地区 : $TD = 53.91(1 - \exp(-0.562(t+0.151)))$

福江地区 : $TD = 59.63(1 - \exp(-0.599(t-0.145)))$

3) 成熟

アカウニの生殖周期を明らかにするため、2002年5月～2005年3月にかけて、長崎県平戸市中野沿岸でアカウニ 1,438 個体を採集し、生殖巣指数 (GI) と生殖巣の各発達段階の経月変化を調査した。 GI は、3月から増加し、5～10月に高い値を示した後、11～1月にかけて減少した。生殖巣の組織学的観察では、9月以降成熟が進行し、11～1月の間は成熟卵と精子で満たされていたが、11～3月にかけては産卵放精後の個体が観察された。したがって、本海域における産卵期は11～1月と考えられた。

本研究におけるアカウニの生物学的最小形は殻径 24 mm、性成熟開始年齢は、天然群 2 歳、放流群 1 歳であると推定された。

4) 漁業実態

アンケート調査：長崎県におけるアカウニの漁業実態を把握するために、県内 80 の漁業協同組合にアンケート調査を実施した。43 漁協から回答があり、漁協回答率は 54% であった。その結果、本種は有明海と大村湾を除く 5 海区で利用されているが、漁獲量は北松海区と壱岐海区とで県内全体の 81% を占めた。主な漁獲時期は、5～9月の長期に亘っているが、1 地区の平均漁獲日数は 34 日であった。

漁獲物の特性：第 3 章と同じ材料 (1,484 個体) を用いて、地域毎の漁獲物の特性を調べた。平均殻径は、49～68 mm、生殖巣重量は 4～13g、 GI は 9～13 で、地域差が認められた。最も漁獲の多い年齢は、3～4 歳であった。生殖巣の色彩の指標である b 値は、若齢個体ほど大きく商品価値が高い傾向が認められ、アカウニの利用において若齢群が主体となる漁獲方法の検討が必要と考えられた。

5) 資源診断

本研究で得られた資源特性値を成長一生残モデルにあてはめて、鴨居瀬地区、石田地区、中野地

区を対象に資源診断を行った。その結果現状の F は、鴨居瀬地区 0.171、石田地区 0.200、中野地区 0.416、資源個体数は、鴨居瀬地区 12 万個体、石田地区 219 万個体、中野地区 11 万個体と推定された。また、美津島町と平戸市が実施した漁場調査をもとに、区画法で求めた資源個体数は、鴨居瀬地区 171 万個体、中野地区 148 万個体と推定され、両手法の資源個体数間に大きな差があった。このことは、漁獲の対象が漁場の一部に限られているためと考えられた。さらに、県内 5 海区 9 市町が実施した漁場調査をもとに、区画法により推定された長崎県内の資源個体数が 13,020 万個体であるのに対し、アンケート調査と漁獲物調査から推定された漁獲個体数は 124 万個体であり、長崎県におけるアカウニ資源は、低利用資源であると考えられた。

6) 資源の有効利用への提言

長崎県におけるアカウニ資源は、低利用資源であると判断された。資源を有効に利用するためには、漁獲方法から加工・流通までの体制の検討が必要である。近年は水温上昇による環境の変化が著しく、藻場の衰退と平行してアカウニ資源が激減した地区も確認され、藻場回復策の取り組みとともに餌料海藻を競合するすべての植食動物と藻場との管理体制の構築が望まれる。

Summary

Fisheries Biology of the Red Sea Urchin,
Pseudocentrotus depressus,
in Coastal Waters around Nagasaki Prefecture

The Red Sea Urchin, *Pseudocentrotus depressus*, is an important sea urchin in coastal waters around Nagasaki Prefecture. However, knowledge of fisheries biology of the species have been beggarly and the practices used to manage fisheries have been inadequate. This study was carried out in order to clarify basic knowledge for biology of the species and actual situation of red sea urchin fishery, which are

necessary for management of this resource. The results of the study are summarized below:

1) Age Determination by Rotula

Growth rings were clearly visible in rotula of red sea urchin by heating at 350 °C for 10-180 min. After confirming a single formation of annulus in a year from December to January, I confirmed that growth rings in rotula were useful for age determination of red sea urchin.

2) Growth in Coastal Waters around Nagasaki Prefecture

The growths of red sea urchin were studied by measuring the length of rotula annulus. Specimens were collected from 2005 to 2007 in five areas of local populations. The test diameter in a given year from the birth was back calculated. The von Bertalanffy's growth equations were then derived as follow:

Kamoise: $TD = 74.79 (1 - \exp(-0.415 (n+0.218)))$

Ishida : $TD = 66.32 (1 - \exp(-0.489 (n-0.107)))$

Nakano : $TD = 66.02 (1 - \exp(-0.489 (n-0.375)))$

Mie : $TD = 53.91 (1 - \exp(-0.562 (n+0.151)))$

Fukue : $TD = 59.63 (1 - \exp(-0.599 (n-0.145)))$

TD: Test diameter.

3) Maturation

Seasonal changes of gonad index (*GI*) and gonadal histology were examined to clarify the annual reproductive cycle of red sea urchin. Samples were collected in shallow waters at depth of 3-5 m in Hirado, Nagasaki Prefecture, from May 2002 to March 2005.

The *GI* increased from March and attained a high value from May to October and decreased from November to January. Histological observations of the gonad revealed that oogenesis and spermatogenesis started in September, and then the ovary and testis were filled with mature ova and spermatozoa, respectively, from November to January. Spent gonads were observed from November to March. These results

suggested that spawning season lasted from November to January.

The biological minimum size was 24 mm in test diameter, corresponding to two years of age for wild populations, and one year of age for hatchery-raised released populations, respectively.

4) Actual situation catch

Questionnaire to fisheries cooperative association

I carried out a questionnaire survey at fisheries cooperative associations which exist in coastal waters around Nagasaki prefecture to obtain information on the actual fisheries of red sea urchin. The result showed that red sea urchin was caught in all waters off Nagasaki prefecture other than the Ohmura bay and Ariake Bay. The total catch of red sea urchin is 9,917 kg in coastal waters around Nagasaki prefecture. Hokusho area and Iki area accounted for 81 percent of the total catch of red sea urchin in Nagasaki prefecture.

Characteristics of landed urchin

Test diameter, gonad weight, gonad index, color in the gonad, spine color and age composition of red sea urchin were surveyed from 2005 to 2007 in coastal waters in five areas of local populations. Mean test diameter is 49-68 mm. Mean gonad weight is 4-13 g. Mean gonad index (*GI*) is 9-13. Significant differences were detected in size and *GI* among five areas. The color of the gonad turned worse with aging. Most landed ages were three or four years old.

5) Stock assessment

The stocks in the Kamoise, Isida and Nakano area were assessed using dynamic pool model, using population parameters obtained in this study. The results show that this stock is being under-fishing.

6) Effective utilization of resources

It was suggested that red sea urchin resources in coastal waters around Nagasaki prefecture were low

use resources. For the effective utilization of resources, I think that coherent system from fishery to the processing and distribution is necessary. In recent years an environmental change by the water temperature rise is remarkable. Because the decrease of red sea urchin was detected where the algae was declined, it is necessary for effective utilization of the red sea urchin resources, to recover the algae ground, to control amount of herbivore and algae.

謝 辞

本研究を進めるにあたり、当初から終始ご指導およびご校閲を頂いた長崎大学水産学部教授 夏 莉 豊博士、およびご校閲を頂いた同大学水産学部教授 玉置昭夫博士、教授 萩原篤志博士に深謝する。また、組織標本作製と観察のご指導および貴重なご助言を賜った独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所海区水産業研究部資源培養研究室長前野幸男博士および沿岸資源研究室清本節夫主任研究員に心からお礼申し上げます。

材料採集にご協力を頂いた、美津島町漁業協同組合鴨居瀬支所、石田町漁業協同組合、中野漁業協同組合、長崎市新三重漁業協同組合、五島ふくえ漁業協同組合の職員の皆様および中野漁業協同組合員の山野庄治氏、長崎市新三重漁業協同組合員の山下満明氏に心からお礼申し上げます。

調査資料の提供を頂いた(社)水産土木建設技術センター長崎支所、県下の市町および関係漁業協同組合の職員の皆様に心から感謝の意を表す。調査を進めるにあたり労を惜しまずご協力を頂いた平戸市役所の職員の皆様、対馬水産業普及指導センター、壱岐水産業普及指導センター、五島水産業普及指導センターの職員の皆様に心からお礼申し上げます。

本研究の機会を与えて頂くと共に終始ご指導を下さった長崎県総合水産試験場、濱口博彦元場長、同池田修二場長、同平川榮一漁業資源部長、校閲を行って頂いた同栽培漁業科長松村靖治博士、研究を進めるにあたりご協力を頂いた同科鈴木洋行

主任研究員および村瀬慎司主任研究員をはじめ、長崎県総合水産試験場の関係職員の方々に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 吾妻行雄 (1994) 北海道津軽海峡沿岸におけるキタムラサキウニ個体群の変動とその要因. 水産増殖, **42**, 207-213.
- 吾妻行雄 (1997) キタムラサキウニの個体群動態に関する生態学的研究. 北水試研報, **51**, 1-66.
- 吾妻行雄・門間春博 (1988) 北海道南部太平洋沿岸におけるエゾバフンウニ人工種苗の放流 第1報 成長と生殖周期. 北水試研報, **31**, 15-25.
- 吾妻行雄・元谷 怜・菅原義雄 (1988) キタムラサキウニの生殖周期と餌料摂取について 第1報 生殖巣の季節的变化. 北水試研報, **30**, 33-41.
- 荒巻 裕・古賀秀昭 (2003) 定着種栽培漁業技術確立事業. 平成14年度佐賀玄海水産振興センター業務報告書, 42-43.
- Fuji, A. (1960) Studies on the biology of the sea urchin. 1. Superficial and histological gonadal changes in gametogenic process of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bul. Fac. Fish. Hokkaido Univ*, **11**, 1-14.
- Fuji, A. (1967) Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A.Agassiz). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ*, **15**, 83-160.
- Fuji, R. A. (1963) On the growth of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Bull. Jap. Soc. Fish*, **29**, 118-126.
- 藤井明彦 (1998) 対馬沿岸におけるサザエの資源生物学的研究. 長崎水試研報, **24**, 69-115.
- 藤田大介・町田裕二・桑原久美 (2008) 磯焼け対策シリ-ズ ②磯焼けを起こすウニ-生態・利用から藻場回復まで. 成山堂書店, 東京, 328 pp.
- 福江市 (1997) 漁場台帳 (下手・崎山地区).
- 福江市 (1998) 漁場台帳 (奥浦地区).
- 福江市 (1999) 漁場台帳 (久賀地区).
- 福江市 (2002) 漁場台帳 (福江地区).

- 二島賢二・伊藤輝昭・岸本源次 (1987) 磯根複合種の漁場造成に関する研究-I. 大規模増殖場事業効果調査, 昭和60年度福岡水試研究業務報告, 221-236.
- 郷ノ浦町 (1989) 漁場台帳 郷ノ浦町漁場台帳作成委託業務報告書.
- 郷ノ浦町 (1990) 漁場台帳 郷ノ浦町漁場台帳作成委託業務報告書.
- 平戸市 (2002) 平成13年度藻場・磯根資源調査業務委託 (中野西目地区).
- 平戸市 (2003) 平成14年度藻場調査業務 (海の森造成事業)(獅子地区共同漁業権内).
- 平戸市 (2004) 平成15年度藻場調査業務 (海の森造成事業)(中津良地区及び津吉西目地区共同漁業権内).
- 平戸市 (2005) 平成16年度藻場調査業務 (海の森造成事業)(志々伎共同漁業権内).
- 平戸市 (2006) 平成17年度度島地区藻場調査業務委託 (平戸市漁協度島地区共同漁業権内).
- 平戸市 (2007) 平成18年度藻場調査業務 (新世紀水産業育成事業).
- 堀井豊充 (1998) アワビ・サザエ素潜り漁業における資源管理に関する研究. 長崎水試研報, **24**, 117-156.
- 今井利為 (1995) 本州中部におけるウニ類の増殖に関する研究. 神奈川水試論文集, **6**, 1-90.
- 今井利為・新井章吾 (1986) アカウニの食性と摂餌量について. 水産増殖, **34**, 157-166.
- 今井利為・新井章吾 (1994) 神奈川県毘沙門におけるアカウニのすみ場特性. 水産増殖, **42**, 307-313.
- 今井利為・三富龍一・小川数也 (1996) アカウニ *Pseudocentrotus depressus* (A. AGASSIZ) の日周行動について. 神奈川水産総合研究所研報, **1**, 1-6.
- 井上 泰・中村達夫・角田信孝・寺尾百合正・重宗新治・西村忠恭 (1969) 天然漁場におけるウニ類の生態と漁場環境に関する調査研究. 山口外海水試研報, **10**, 1-46.
- 伊藤史郎・柴山雅洋・小早川淳・谷 雄策 (1989) 水温制御によるバフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* の成熟, 産卵促進. 日水誌, **55**, 757-763.
- 伊東義信・真崎邦彦・金丸彦一郎・伊藤史郎 (1987) アカウニの生殖巣成熟促進に対する飼育水温コントロールの効果. 佐賀栽培センター研報, **4**, 93-100.
- Jensen, M. L. (1969) Age determination of echinoids. *Sarsia*, **37**, 41-44.
- 角田信孝 (1989) アカウニの年齢形質と成長. 日水誌, **55**, 1899-1905.
- 角田信孝・松浦秀喜・大内俊彦・由良野範義・有菌真琴・道中和彦 (1978) ウニ類の種苗放流調査. 昭和52年度山口外海水試事業報告, 48-53.
- 角田信孝・大内俊彦・由良野範義・道中和彦 (1980) ウニ類の種苗放流調査. 昭和53年度山口外海水試事業報告, 37-40.
- 角田信孝・柴山達夫 (1975) ウニ類の種苗生産と放流調査. 昭和49年度山口外海水試事業報告, 23-25.
- 角田信孝・由良野範義・水津洋志・道中和彦 (1992) 平成3年度放流技術開発事業報告書 (放流漁場高度利用技術開発事業ウニ・アワビ類). 山口外海水試.
- 角田信孝・由良野範義・水津洋志・道中和彦 (1993) 平成4年度放流技術開発事業報告書 (放流漁場高度利用技術開発事業ウニ・アワビ類). 山口外海水試.
- 環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター (1994) 第4回自然環境保全基礎調査海域生物環境調査報告書 (干潟, 藻場, サンゴ礁調査) 第2巻 藻場. 東京, 400 pp.
- 狩野俊明・磯崎 功 (2004) 苫前町沿岸におけるエゾバフンウニ放流・天然群の判別及び成長. 育てる漁業, **364**, 3-7.
- 川村一広 (1966) キタムラサキウニの年齢形質と成長について. 北水試報, **6**, 56-61.
- 川村一広 (1967) 余市沿岸のエゾバフンウニとキタムラサキウニの生活に関する2, 3の知見. 北水試月報, **24**, 126-135.
- 川村一広 (1973) エゾバフンウニの漁業生物学的

- 研究. 北水試報, **16**, 1-54.
- 建設省河川局 (2007) 平成 18 年度版海岸統計.
- 木嶋久登・由良野範義・道中和彦・松尾圭司 (2001) 平成 11 年度栽培漁業技術開発事業 (定着性種) 報告書 (アカウニ・エゾアワビ). 山口外海水試.
- 桐山隆哉・藤井明彦・藤田雄二 (2005a) 藻食性魚類によるヒジキの摂食と摂食痕の特徴. 水産増殖, **53**, 355-365.
- 桐山隆哉・藤井明彦・藤田雄二 (2005b) 長崎県沿岸におけるヒジキ生育不良現象を摂食によって誘発している原因魚種. 水産増殖, **53**, 419-423.
- 桐山隆哉・藤井明彦・吉村 拓・清本節夫・四井敏雄 (1999a) 長崎県下で 1998 年秋に発生したアラメ類の葉状部欠損現象. 水産増殖, **47**, 319-323.
- 桐山隆哉・藤井明彦・四井敏雄 (2002) 長崎県下で広く認められたヒジキの生長阻害の原因. 水産増殖, **50**, 295-300.
- 桐山隆哉・舛田大作・金子仁志・森 洋治・藤井明彦 (2001a) 藻類増養殖開発研究事業 III. 長崎県下でみられたヒジキの生育不良現象と藻食性魚類の食害との関係. 長崎水試事業報告書, 82-86.
- 桐山隆哉・光永直樹・安元 進・藤井明彦・四井敏雄 (1999b) 対馬豆酩浦でみられた食害が疑われるヒジキの生育不良現象. 長崎水試研報, **25**, 27-30.
- 桐山隆哉・永谷 浩・藤井明彦 (2000) 島原半島沿岸の養殖ワカメに発生した魚類の食害が疑われる葉状部欠損現象. 長崎水試研報, **26**, 17-22.
- 桐山隆哉・野田幹雄・藤井明彦 (2001b) 藻食性魚類 7 種によるクロメの摂食と摂食痕. 水産増殖, **49**, 431-438.
- 岐宿町 (2003) 漁場台帳作成業務委託 (魚津ヶ崎・黒崎・打折・姫島地区) 平成 15 年 3 月.
- 清本節夫・吉村 拓・新井章吾・桐山隆哉・藤井明彦・四井敏雄 (2000) 長崎県野母崎において 1998 年秋に発生したクロメ葉状部欠損現象の経過観察. 西水研研報, **78**, 57-65.
- 九州農政局長崎農政事務所 (1971~2008) 長崎農林統計年報.
- 真崎邦彦・川原逸朗 (1995) 水温制御によるアカウニの成熟促進-I. 佐賀栽培センター研報, **4**, 93-100.
- 美津島町 (1998) 平成 9 年度漁場調査報告書.
- Moore, H. B. (1935) A comparison of the biology of *Echimus esculentus* in different habitates, part II. *Mar. Biol. Assoc.*, **20**, 109-128.
- 村田裕子 (2008) 8.2 ウニのうま味と苦味. 磯焼け対策シリーズ ②磯焼けを起こすウニ-生態・利用から藻場回復まで-(藤田大介・町田裕二・桑原久美編). 成山堂書店, 東京, pp. 229-235.
- 長崎市 (1994) 漁場環境調査業務委託報告書.
- 長崎市 (2004) 沿岸漁場 (西彼地区) 藻場環境調査業務委託報告書.
- 中林信康・三浦信昭・吾妻行雄・谷口和也 (2006) 秋田県沿岸におけるキタムラサキウニの成長および生殖巣の発達と海藻群落との関係. 水産増殖, **54**, 365-374.
- 中村達夫・芳永春男 (1962) 山口県外海産のウニについて. 水産増殖, **9**, 189-200.
- 農林水産省経済局統計情報部 (1971~2008) 漁業・養殖業生産統計年報.
- 野口弘三・川原逸朗・後藤政則・真崎邦彦 (1995) 水温制御によるアカウニの成熟促進-II. 佐賀栽培センター研報, **4**, 101-107.
- 野口弘三 (1999) 佐賀県玄海海域におけるアワビ, ウニ類について. 佐賀玄海水産振興センター News 4 号, 10-13.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠 (1988) 水産資源学. 東京出版会, 東京, pp. 86-112.
- 小田切明久・足助光久・佐藤恭成 (1984) 青森県奥戸深所に生息するキタムラサキウニの生殖巣成熟について. 青森水産増殖センター研報, **3**, 1-7.
- 小値賀町 (2001) 平成 12 年度漁場台帳作成業務報告書.
- Sakairi, K., M. Yamamoto, K. Ohtsu and M. Yoshida (1989) Environmental control of gonadal maturation in laboratory-reared sea urchins, *Anthocidaris*

- crassispina and Hemicentrotus pulcherrimus*. *Zool. Sci.*, **6**, 721-730.
- 重井陸夫 (1986) アカウニ. 相模湾産海胆類 (生物学御研究所編), 丸善株式会社, 東京, pp. 76-77.
- 新上五島町 (2005) 平成16年度新魚目町漁場台帳 (平成16年度新魚目町漁場台帳作成事業報告書).
- 新魚目町 (2003) 平成14年度新魚目町漁場台帳 (平成14年度新魚目町漁場台帳作成事業報告書).
- 新魚目町 (2004) 平成15年度新魚目町漁場台帳 (平成15年度新魚目町漁場台帳作成事業報告書).
- 杉本卓・田嶋健一郎・富田恭司 (1982) 北海道北部沿岸におけるキタムラサキウニの生殖周期. *北水試研報*, **24**, 91-99.
- 水産庁・水産総合研究センター (2008) 平成18年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) pp. 350-356.
- 水津洋志・角田信孝・松尾圭司 (1995) 平成6年度栽培漁業技術開発事業報告書 (放流漁場高度利用技術開発事業ウニ・アワビ類). 山口外海水試.
- 水津洋志・藤井修生・井出尾 寛・松尾圭司・小島茂明 (1998) 平成9年度栽培漁業技術開発事業 (定着性種) 報告書 (アカウニ, エゾアワビ). 山口外海水試.
- 太刀山 透・深川淳平・岩淵光伸・福澄賢二・小島茂明 (2001) 平成11年度福岡水産海洋技術センター事業報告書, 18-23.
- 田嶋健一郎 (2000) エゾバフンウニ口器中間骨に見られる輪紋について. *試験研究は今*, **429**, (<http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/shikenima/401to450/429/429.htm>.)
- 田嶋健一郎 (2004) エラー! ハイパーリンクの参照に誤りがあります. *北水試だより*, **63**, 11-14.
- Takahashi, N. (1980) The annual reproductive cycle of the sea-urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, at Rishiri Island, Hokkaido *Nippon Suisan Gakkaishi*, **46**, 1189.
- 滝 襄 (1972) テトラサイクリン標識によるエゾバフンウニ口器生長線の観察. *日水誌*, **38**, 181-188.
- 田中昌一 (1960) 水産物の Population Dynamics と 漁業資源管理. *東海区水研研報*, 1-200.
- Unuma, T. (2002) Gonadal growth and its relationship to aquaculture in sea urchin. In Yokota, Y., Matranga, V., Smolenicka, Z. (Eds.), *The Sea Urchin : from Basic Biology to Aquaculture*. Swets and Zeitlinger, Lisse, pp. 115-127.
- Unuma, T., K. Konishi, H. Furuita, T. Yamamoto and T. Akiyama (1996) Seasonal change in gonads of cultured and wild red sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*. *Suisanzoushoku*, **44**, 169-175.
- 内場澄夫・山本千裕 (1984) アカウニ人工種苗の放流技術に関する研究-I. 昭和57年度福岡水試研究業務報告, 167-173.
- 内場澄夫・山本千裕 (1985) アカウニ人工種苗の放流技術に関する研究-II. 昭和58年度福岡水試研究業務報告, 105-112.
- 内場澄夫 (1984) アカウニ試験養殖-I. 昭和57年度福岡水試研究業務報告, 175-180.
- 鷲尾真佐人・柴山雅洋 (2002) 定着種栽培漁業技術確立事業. 平成12年度佐賀玄海水産振興センター業務報告, 35-38.
- 渡邊庄一 (2004) アリザリン・コンプレクソンおよびテトラサイクリン塩酸塩によるアカウニの中間骨標識. *長崎水試研報*, **29**, 9-14.
- 渡邊庄一・夏苺 豊 (2008) アカウニの口器中間骨による年齢査定. *水産増殖*, **56**, 383-386.
- 渡邊庄一・夏苺 豊 (2009) 長崎県平戸島におけるアカウニの生殖周期と初成熟. *水産増殖*, **57**, 303-313.
- 渡邊庄一・松村靖治・鈴木洋行・光永直樹 (2006) 9. 根付資源回復技術研究事業. 平成17年度長崎水試事業報告, 42-44.
- 渡邊庄一・松村靖治・鈴木洋行・光永直樹 (2007) 12. 磯根生産性向上技術開発事業. 平成18年度長崎水試事業報告, 50-53.

渡邊庄一・村瀬慎司・松村靖治・鈴木洋行 (2008)

13.磯根生産性向上技術開発事業. 平成 19 年度
長崎水試事業報告, 43-46.

山田作太郎・北田修一 (1999) 水産・海洋ライブ

ラリ 4 生物資源統計学. 成山堂書店, 東京, pp.
162-170.

Yamamoto, M., M. Ishine, M. Yoshida (1988) Gonadal

maturity independent of photic conditions in
laboratory-reared sea urchins, *Pseudocentrotus*
depressus and *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Zool.*
Sci., **5**, 979-988.

山崎誠・清本節夫 (1993) 長崎県平戸島産ムラサ

キウニの生殖周期. 西海区水研研報, **71**, 33-40.

吉田正夫 (1988) ウニ類生殖巣の発達に及ぼす環

境要因の影響. 昭和62年度海洋資源生物再生産
の初期過程研究成果報告書, 130-139.