

# 佐賀県神集島地先におけるエゾアワビ、クロアワビ人工種苗の放流—I

—— 年齢と成長について ——

金丸彦一郎\*1・有吉敏和\*2・野田進治\*3

当センターでは、1977年から在来種であるクロアワビ *Haliotis discus discus* REEVE の種苗生産を行うとともに、北方種であるエゾアワビ *H. d. hannai* INO を試験的に生産してきた。しかしエゾアワビはクロアワビと比べ、早期に採卵が可能なこと<sup>1)</sup>、中間育成時の生残率が高いこと<sup>2)</sup>などの理由から、生産の主体をクロアワビからエゾアワビへと移行し、87年以降はエゾアワビのみの生産を行っている。

エゾアワビの分布域である東北、北海道におけ

る成長については酒井<sup>3)</sup>、土田ら<sup>4)</sup>、広瀬<sup>5)</sup>をはじめ多くの報告がみられる。一方、エゾアワビを南方のクロアワビ分布海域へ移植した場合、成長が良くなることは以前からいわれている<sup>6)</sup>が、成長に関する詳細な報告はほとんどみられない。

有吉・野田<sup>7)</sup>は、エゾアワビ種苗の放流から10cmサイズまでの成長について報告しているが、その後の調査によりさらに2、3の知見が得られたので報告する。

## 材料と方法

成長および殻長-体重の関係の推定に用いたエゾアワビ、クロアワビは当センターで種苗生産、中間育成後唐津市神集島地先に放流し、再捕されたものである。放流は1983年にエゾアワビ、クロアワビ各3,000個体、84年にエゾアワビ5,000個体を行ったが、エゾアワビについては標識としてダイモテープをテグスで呼水孔に結着したものをを用い、クロアワビについては人工種苗特有のグリーンマークにより、放流個体と天然個体とを識別した。

放流、調査水域を図1に、放流月日とサイズ、標識の色を表1に示す。調査水域は最深部の水深が10m程度で、大小の転石地帯にアラメ、クロメやホンダワラ類が繁茂している。この水域を神集島漁業協同組合の管理漁場として禁漁区とし、84

表1 放流月日、放流サイズと放流個体数および標識の色

放流月日	種類	平均殻長 (cm)	個体数	標識の色
1983年12月2日	エゾアワビ	2.76	3,000	赤色
	クロアワビ	2.41	3,000	—
1984年10月11日	エゾアワビ	3.20	5,000	青色

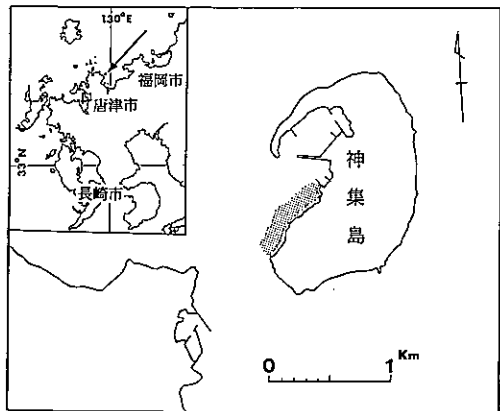


図1 調査水域

\*1 現；佐賀県玄海水産振興センター， \*2 現；佐賀県水産振興課， \*3 現；佐賀県有明水産振興センター

表2 成長の推定に用いた調査日毎の試料数N, 殻長の平均m (cm)と標準偏差SD (cm)

放流年 種類 年月日	1983						1984		
	エゾアワビ			クロアワビ			エゾアワビ		
	N	m	SD	N	m	SD	N	m	SD
1983 12 2	—	2.76	0.364	—	2.41	0.279			
1984 5 19	25	4.10	0.502	7	4.13	0.618			
10 11							—	3.20	0.311
1985 11 26	8	8.85	1.180	5	10.38	0.820			
12 7	47	9.25	1.021	10	8.69	0.397			
1986 1 30							15	5.16	0.654
9 13	28	10.52	1.198	58	10.85	1.133	1	10.00	—
12 21	41	12.01	0.829	31	12.12	0.604	13	9.83	0.683
1987 10 24	23	12.77	0.737	20	13.20	0.684	64	10.85	0.943
11 18	11	13.20	0.627	8	13.43	0.959	27	10.83	0.852
1988 1 16	30	13.13	0.806	25	13.59	0.716	47	10.10	0.841
9 17				31	13.80	1.221			
12 11	34	12.71	0.850	22	13.55	1.535	61	11.12	1.023
1989 2 4	9	13.47	0.544	20	14.12	0.869	22	12.03	0.799
2 27	7	13.44	0.541	19	13.92	0.717	39	12.15	0.777
9 9	8	14.70	0.378	18	13.79	0.590	22	13.35	0.813
11 7				10	14.35	0.673	8	13.88	0.703

年5月から92年3月にかけて年間2～4回海士漁業者が潜水し再捕した。成長の推定等に用いた個体数は83年放流エゾアワビとクロアワビが271個と284個, 84年放流エゾアワビが319個であり, 再捕日ごとの個体数と平均殻長を表2に示す。

これらの試料は貝殻表面の付着物をワイヤーブラシで取り除いた後, 原則として殻長, 原殻長と体重, 一部については輪紋数と輪紋径を計数, 測定した。殻長, 原殻長および輪紋径の測定にはノギスを用いた。

## 結果と考察

### 1. 輪紋形成時期の推定

輪紋の形成時期を推定するために, 輪紋数が3～5本の個体について, 輪紋径の測定データのある9, 10, 11, 12と2月の月別の縁辺成長率

$$(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$$

R: 殻長,  $r_n$ ; 最外輪紋径,

$r_{n-1}$ ; 外から2番目の輪紋径

を求めた。エゾアワビ, クロアワビの縁辺成長率を図2に示す。本調査は限られた月に行われており, 周年のデータではないが, 9, 10月から2月にかけて縁辺成長率は徐々に上昇していた。

縁辺成長率を用いて, 田中・田中<sup>9)</sup>は千葉県下のクロアワビは8～11月にかけて, 市来<sup>9)</sup>は長崎

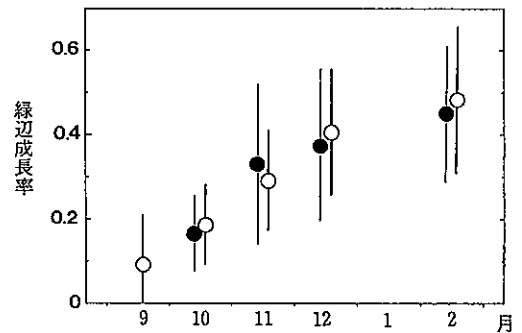


図2 エゾアワビ(●), クロアワビ(○)の縁辺成長率の経月変化

縦線は2×SDを表す

県宇久島のクロアワビは8～9月にかけて輪紋が形成されるとしている。

本海域におけるエゾアワビ、クロアワビの輪紋は共に、標識により推定される放流からの年数と輪紋数との関係から年1本、また縁辺成長率の変化から8～10月にかけて形成されるものと考えられた。

## 2. 成長式の推定

### a) 輪紋による方法

測定した輪紋ごとの平均輪紋径を表3に示す。これらをWalfordの定差図へあてはめると、 $L(t)$ と $L(t+1)$ との回帰式として、

$$83\text{年放流エゾアワビは} \quad L(t+1)=3.18+0.848 \times L(t) \quad (r=0.987)$$

$$84\text{年放流エゾアワビは} \quad L(t+1)=3.11+0.847 \times L(t) \quad (r=0.986)$$

$$\text{放流エゾアワビ全体では} \quad L(t+1)=3.15+0.849 \times L(t) \quad (r=0.991)$$

$$83\text{年放流クロアワビは} \quad L(t+1)=3.15+0.867 \times L(t) \quad (r=0.989)$$

が求められた。

この結果から以下の von Bertalanffy の成長式として、

$$83\text{年放流エゾアワビは} \quad Lt=20.9 \times \{1-\exp[-0.1648 \times (t-0.1225)]\} \quad (1)$$

$$84\text{年放流エゾアワビは} \quad Lt=20.3 \times \{1-\exp[-0.1661 \times (t-0.0129)]\} \quad (2)$$

表3 平均輪紋径 (cm)

		0	1	2	3	4	5
1983年	N	487	113	107	66	49	7
エゾアワビ	Mean	2.81	4.82	7.94	10.25	11.85	12.90
	SD(N-1)	0.455	0.783	1.088	1.212	0.827	0.603
1984年	N	300	165	142	120	39	0
エゾアワビ	Mean	3.16	5.46	8.37	10.54	12.03	-
	SD(N-1)	0.640	0.783	1.052	1.072	0.804	-
エゾアワビ	N	787	278	249	186	88	7
計	Mean	2.94	5.20	8.18	10.44	11.93	12.90
	SD(N-1)	0.538	0.787	1.077	1.138	0.895	0.603
1983年	N	284	89	87	66	49	32
クロアワビ	Mean	2.55	4.70	7.89	10.37	11.87	13.29
	SD(N-1)	0.364	0.626	0.990	1.065	1.104	0.788

放流エゾアワビ全体では

$$Lt=20.9 \times \{1-\exp[-0.1638 \times (t-0.0849)]\} \quad (3)$$

83年放流クロアワビは

$$Lt=23.6 \times \{1-\exp[-0.1433 \times (t-0.1957)]\} \quad (4)$$

がえられた。(3)、(4)の成長曲線を図3に示す。

### b) 再捕時の殻長による方法

本方法では計算上便宜的に9月を加齢月とし、表2に示した再捕時の月別の平均殻長と標準偏差とから、Marquardt法による非線形回帰を行うAkamine<sup>10)</sup>のプログラムでBertalanffyの成長式を求めた。なお、本報2-a)の定差図法で得られた各パラメータを初期値として用いた。

この結果から以下の von Bertalanffy の成長式として、

$$83\text{年放流エゾアワビは} \quad Lt=16.3 \times \{1-\exp[-0.3406 \times (t-0.7365)]\} \quad (5)$$

$$84\text{年放流エゾアワビは} \quad Lt=18.6 \times \{1-\exp[-0.2325 \times (t-0.3177)]\} \quad (6)$$

$$83\text{年放流クロアワビは} \quad Lt=16.1 \times \{1-\exp[-0.3640 \times (t-0.8263)]\} \quad (7)$$

がえられた。(5)～(7)の成長曲線を図4に示す。

以上求めた(1)～(7)式とそれと比較した他県海域の各パラメータと計算殻長を表4に示す。

本報告で求めた83年、84年放流エゾアワビの成長は、83年放流クロアワビとほぼ同様であった。

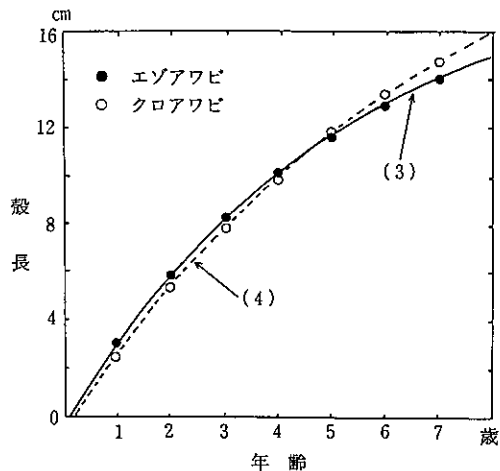


図3 輪紋による成長曲線 (定差図法)

いわゆる極限体長 $L_{\infty}$ がわずかにクロアワビの方が大きいものの、多く漁獲されるサイズである10~14cmまでの成長はエゾアワビとクロアワビとでほとんど同じであった。

有吉・野田<sup>7)</sup>、深川・伊藤<sup>11)</sup>は、クロアワビ分布域に放流したエゾアワビの殻長約10cmまでの成長は、クロアワビとほぼ近似することを報告しているが、今回の調査から、その後の成長も近似しているものと推察された。

本報告の輪紋による方法から求めたエゾアワビ、

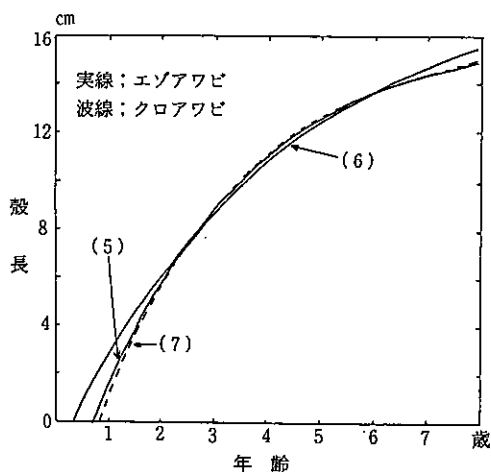


図4 再捕時の殻長による成長曲線

クロアワビの成長式(1)~(4)は、同じ方法で求めた他県海域のものと比較すると、市来<sup>9)</sup>の長崎県宇久島沿岸や小島ら<sup>12)</sup>の徳島県日和佐のクロアワビと近似していた。エゾアワビ(3)式では生後2, 3, 4年後にそれぞれ5.6cm, 7.9cm, 9.9cmとなり、広瀬<sup>9)</sup>の岩手県各地のエゾアワビの成長を上回っている。クロアワビ(4)式では、生後2, 3, 4年後にそれぞれ5.4cm, 7.8cm, 9.9cmとなり、田中・田中<sup>9)</sup>の千葉県下4地区の成長と比較すると、最も成長の悪い大沢と同程度であり、他の3地区よりやや劣っている。

再捕時の殻長による方法から求めた成長式(5)~(7)は、同じ方法で求めた山口県宇田郷<sup>13)</sup>と比較するとやや劣っている。

当県では漁業調整規則によりアワビ類では殻長の10cm以下の採捕が禁止されている。本調査において10cmを越える個体は、放流後2年目(生後3年目)から一部みられはじめ、放流後3~4年目に採捕のピークがみられ<sup>14)</sup>ている。本報で求めた(1)~(7)式からも、放流個体のうち成長の良い群が放流後2年目、主群がその翌年に殻長制限の10cmを越えることとなり、これらは実際の成長を反映しており妥当なものと考えられる。

成長等を推定する場合、ランダムサンプリング

表4 成長式のパラメータと計算殻長(cm)

場 所	種 類	推定 方法	パラメータ			年齢毎の計算殻長								
			$L_{\infty}$	k	$t_0$	1	2	3	4	5	6	7		
佐賀・神集島	エゾアワビ	輪紋	20.9	0.1648	0.1225	2.8	5.6	7.9	9.9	11.5	13.0	14.2	(1)	
	エゾアワビ	輪紋	23.6	0.1399	0.0167	3.0	5.7	8.1	10.1	11.8	13.4	14.7	(2)	
	エゾアワビ	輪紋	19.1	0.1934	0.1205	3.0	5.8	8.2	10.1	11.7	13.0	14.1	(3)	
	クロアワビ	輪紋	23.6	0.1433	0.1957	2.6	5.4	7.8	9.9	11.7	13.3	14.7	(4)	
	エゾアワビ	追跡	16.3	0.3406	0.7365	1.4	5.7	8.8	10.9	12.5	13.6	14.4	(5)	
	エゾアワビ	追跡	18.6	0.2325	0.3177	2.7	6.0	8.6	10.7	12.3	13.6	14.7	(6)	
	クロアワビ	追跡	16.1	0.3640	0.8263	1.0	5.6	8.8	11.0	12.6	13.7	14.4	(7)	
岩手・(平均)	エゾアワビ	輪紋	-	-	-	2.3	4.6	7.0	8.7	9.6	9.8	10.3	広瀬 <sup>9)</sup>	
千葉・川津	クロアワビ	輪紋	18.8	0.2514	0.1975	3.4	6.9	9.5	11.6	13.2	14.4	15.4	田中・田中 <sup>9)</sup>	
	大沢	クロアワビ	輪紋	16.4	0.2430	0.0692	3.3	6.1	8.4	10.1	11.5	12.5	13.4	〃
	川口	クロアワビ	輪紋	17.4	0.2677	0.1935	3.4	6.7	9.2	11.1	12.6	13.7	14.6	〃
	川下	クロアワビ	輪紋	17.8	0.2718	0.2237	3.4	6.8	9.4	11.4	12.9	14.1	15.0	〃
徳島・日和佐	クロアワビ	輪紋	-	-	-	2.5	6.4	8.6	10.1	-	-	-	小島ら <sup>12)</sup>	
長崎・宇久島	クロアワビ	輪紋	20.7	0.1853	0.2402	2.7	5.8	8.3	10.4	12.1	13.6	14.8	市来 <sup>9)</sup>	
山口・宇田郷	クロアワビ	追跡	21.2	0.2468	0.5488	2.2	6.4	9.6	12.2	14.1	15.7	16.9	由良野ら <sup>13)</sup>	

よることが前提である。

殻長制限のあるアワビ漁業では、同一年級群においては成長が良く早く殻長10cmを越えた個体から順に漁獲の対象となる。したがって、放流再捕貝から成長を推定する場合、漁獲対象への加入初期には大きい方へサンプルが偏り、見かけ上の成長が良くなる危険性を有する。これを第1の危険性と呼ぶ。

同じサンプルから推定したものでありながら、再捕貝の月別平均殻長から求めた(5)~(7)式は、輪紋から推定した(1)~(4)式と比べ、パラメータkが大きく加入当初の成長が良い。これは第1の危険性によるものである可能性がある。

一方、同一年級群のうち、成長が良い個体が初期に漁獲されると、数年後の漁獲物には成長の悪い個体の占める割合が高くなり、高齢個体のサンプルが小さい方に偏り、見かけ上の成長が悪くなる危険性もある。再捕率が低い場合にはさほど問題とならないが、高い場合にはこれが顕著となってくる。これを第2の危険性と呼ぶことにする。

本調査の回収率は20%前後であるが、(5)、(6)、(7)式はそれぞれ対応する(1)、(2)、(4)式に比べ、 $L_0$ が小さくなっており、これは第2の危険性によるものである可能性も考えられる。

これまでアワビ類の成長の多くは、輪紋によりWalfordの定差図を用いて推定されてきた。同方法は等間隔データを必要とするため、データの持つ情報を十分に活用できない場合がある。また高齢となるほど試料の個体数が少なくなり、データのばらつきなどの影響により、 $L(t)$ と $L(t+1)$ との回帰式の傾きが上または下に偏る可能性もある。近年パソコンの普及などにより、非線形的なアプローチが可能となり、本報で用いたAkamine<sup>10)</sup>や石塚<sup>15)</sup>など不等間隔のデータ、例えば調査月別や日別のデータでも計算が可能なプログラムができた。今後これら非線形的な方法による成長の推定を併用することにより、種々の危険性をより減らすことが可能であろう。

アワビ類の成長に関しては多くの報告があるが、これらの危険性によると思われる現象を論議した

例は少なく、小島ら<sup>12)</sup>、市来<sup>9)</sup>がLee現象として考察、補正を行っている程度である。今後、殻長制限のあるアワビの成長を論議する場合、サンプルの偏りについても検討されるべきであろう。

### 3. 殻長と重量の関係式

再捕時の殻長と体重とがわかっている個体を用いてその関係式を算出した。

83年、84年放流エゾアワビと83年放流クロアワビの殻長範囲は、それぞれ3.1~15.0cm、4.1~14.2cmと2.8~16.2cmであった。

83年放流エゾアワビは

$$\ln W = 2.99221 \cdot \ln L - 2.1118 \quad (n=236, r=0.996)$$

から、 $W = 0.1210 \cdot L^{2.9922}$

84年放流エゾアワビは

$$\ln W = 3.07739 \cdot \ln L - 2.3216 \quad (n=286, r=0.980)$$

から、 $W = 0.0981 \cdot L^{3.0774}$

放流エゾアワビ全体(図5)では

$$\ln W = 3.01279 \cdot \ln L - 2.1647 \quad (n=522, r=0.991)$$

から、 $W = 0.1148 \cdot L^{3.0128} \dots\dots\dots(8)$

83年放流クロアワビ(図6)は

$$\ln W = 3.07749 \cdot \ln L - 2.3136 \quad (n=195, r=0.993)$$

から、 $W = 0.0989 \cdot L^{3.0775} \dots\dots\dots(9)$

がそれぞれえられた。

エゾアワビの(8)式は、酒井<sup>3)</sup>、青森県下風呂<sup>16)</sup>、秋田県象潟<sup>17)</sup>のエゾアワビの殻長-体重関係式と近似していた。また、クロアワビの(9)式は神奈

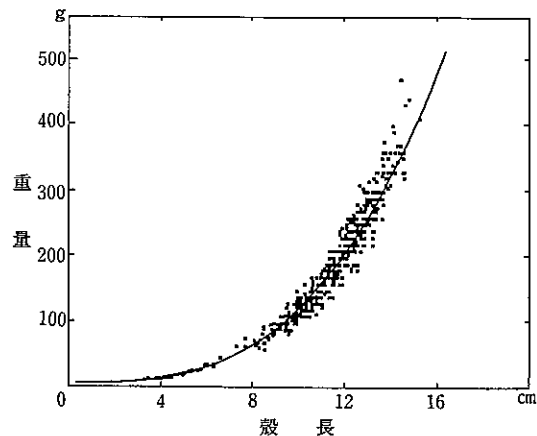


図5 エゾアワビの殻長と重量との関係(8)式

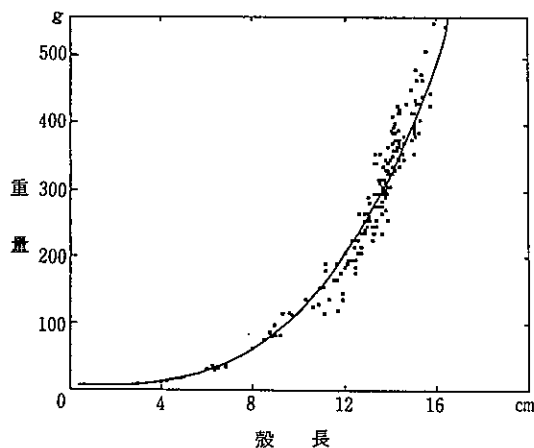


図6 クロアワビの殻長と重量との関係(9)式

川城県ケ島や福岡県大島のクロアワビの関係式<sup>19)</sup>と近似していた。

いわゆるアローメトリーの式 $W=a \cdot L^b$ において、係数 $b$ は一般に相対成長係数と呼ばれ、3.0であれば殻長と体重との関係は相対的に変化しないことを意味する。本報告で求めた4つの関係式と同係数はいずれも3.0に近い値であった。肥満度の季節的な変化については明らかではないが、本調査におけるエゾアワビ、クロアワビの両種の肥満度は、約3cm~15cmの殻長範囲においては、あまり大きく変化していないものと考えられた。

## 文 献

- 1) 野田進治・伊東義信・有吉敏和(1987):陸上水槽におけるエゾアワビの生殖巣の成熟について。佐賀県栽培漁業センター研報, 1, 49-52.
- 2) 伊東義信・野田進治・広瀬 茂(1985):アワビ類(エゾアワビ,クロアワビ)の種苗生産。昭和55~58年度佐賀県栽培漁業センター事報, 43-59.
- 3) 酒井誠一(1962):エゾアワビの生態学的研究-IV 成長に関する研究。日水誌28(9), 899-904.
- 4) 土田健治・武市正明・広瀬敏夫・金沢武志・大村礼司・坂下利光(1971):放流エゾアワビの成長, 再捕率, 移動について。岩手水試研報 1, 121-130.
- 5) 広瀬敏夫(1974):天然漁場におけるエゾアワビの成長について。東北水研報33, 87-94.
- 6) 猪野 峻(1953):邦産アワビ属の増殖に関する生物学的研究。東海区水研報 5, 1-102.
- 7) 有吉敏和・野田進治(1987):エゾアワビの種苗生産と放流後の成長。西海区ブロック浅海開発会報藻類・介類研究会報 4, 83-90.
- 8) 田中邦三・田中種雄(1980):千葉県沿岸のクロアワビの年齢と成長について。日水研報31, 115-127.
- 9) 市来忠彦(1980):長崎県宇久島沿岸におけるクロアワビの成長。長崎水試研報 6, 11-21.
- 10) T. Akamine (1986): Expansion of growth curves using a periodic function and BASIC programs by Marquardt's method. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 36, 77-107.
- 11) 深川敦平・伊藤輝明(1992):筑前海におけるエゾアワビの成長について。福岡水試研報18, 47-52.
- 12) 小島 博・中久喜昭・谷本尚則・石橋喜美子(1977):徳島県海部郡産クロアワビ資源の研究-I クロアワビの成長。東海区水産研究所研報90, 25-37.
- 13) 由良野範義・角田信孝・大内俊彦(1987):クロアワビ種苗放流効果調査。昭和55年度山口県外海水産試験場事業報告, 53-56.
- 14) 金丸彦一郎・伊藤史郎・野口弘三・川原逸朗(1993):佐賀県神集島地先におけるエゾアワビ, クロアワビ人工種苗の放流-II 回収状況について。佐賀県栽培漁業センター研報, 2, 39-44.
- 15) 石塚吉生(1988):非線形最小二乗法による von Bertalanffy 成長式の当てはめ。パソコンによる資源解析プログラム集, 東海区水産研究所, 1-15.
- 16) 青森県(1986):昭和60年度放流漁場高度利用技術開発事業調査報告書, 1-38.
- 17) 秋田県(1986):昭和60年度放流漁場高度利用技術開発事業調査報告書, 1-65.
- 18) 青森県・岩手県・秋田県・神奈川県・福岡県(1990):アワビ種苗放流マニュアル, 188pp.