

## 殻長制限によるアワビの資源管理

清水利厚

### The Resource Management of the Abalone by the Size Regulation

Tosiatu SIMIZU

キーワード：アワビ，資源管理，成長

#### はじめに

漁獲は間引きの強さと選択性の2つの要素からなっている。従って資源管理は、間引きの強さと魚体の大きさのどちらか、あるいは両者を制御することになる。

千葉県では、千葉県海面漁業調整規則により、あわびについて禁止期間（9月16日から翌年3月31まで）と体長等の制限（殻長12.0cm以下のものを採捕してはならない）を設け、資源の保護培養を図っている<sup>1)</sup>。

あわびの殻長制限は全国各地で行われ、8.0cmから12.0cmの比較的広い範囲にあるが、それは、アワビの種類と産地が異なることによって成長に差があるためである。

近年、全国的にアワビ資源の減少傾向が著しい。千葉県でも、昭和44（1969）年の842トンの漁獲を最高に、平成10（1998）年には97トンに激減しており（農林統計）、資源の減少が推定される。このような資源減少の原因究明のために、全国でもっとも大きい制限殻長が、資源管理にどのような効果があるかを明らかにすることを目的として本研究を行った。

#### 方 法

Beverton and Holtによる加入（添加）当たり漁獲量は、ある加入（添加）量が与えられたときに、その年級から一生を通じてどれだけの漁獲量があげられるかを示すもので、成長・生残モデルなどと呼ばれる漁獲モデルである<sup>2,4)</sup>。Bertalanffyの成長式<sup>5)</sup>の係数と漁獲係数及び自然死亡係数を与え、漁獲開始年齢を変数として加入（添加）当たり漁獲量を計算する。

ここでBertalanffyの成長式を（2）式のように変形し、（1）式に代入することにより、漁獲開始殻長ご

$$\frac{Y}{R} = W_{\infty} F e^{-M(x_c - x_r)} \sum_{n=0}^3 \Omega_n e^{-nK(x_c - x_0)} \frac{1 - e^{-(F+M+nK)(x_d - x_c)}}{F+M+nK} \dots (1)$$

$$x_0 = x + \frac{1}{K} \ln \frac{(L_{\infty} - l_x)}{L_{\infty}} \dots (2)$$

Y：漁獲量

R：加入量

$W_{\infty}$ ：Bertalanffyの成長式の極限体長 $L_{\infty}$ に対応する体重

K：Bertalanffyの成長式のパラメータ

$l_x$ ：x歳の体長

F：漁獲係数

M：自然死亡係数

x：年齢（添字c：漁獲開始時；添字r：加入時；

添字0：体長が0の時；添字d：最高年齢）

$\Omega_0 = 1, \Omega_1 = -3, \Omega_2 = 3, \Omega_3 = -1$

との加入（添加）当たり漁獲量を計算した。

研究対象としたものは、これまでに成長式が知られている本県産アワビ類の全てである。クロアワビは夷隅地区から安房地区の7地先産<sup>6,9), \*1, \*2)</sup>の、メカイアワビは夷隅地区から内房地区の4地先産<sup>7), 10), \*1, \*2)</sup>の、マダカアワビは夷隅郡大原町沖（器械根）産<sup>\*2, \*3)</sup>のものである。それぞれのBertalanffyの成長式の係数、相対成長式の係数を表1に示した。なお、既往の報告がないマダカアワビの成長式は今回初めて報告するものである<sup>\*3)</sup>。同様に、相対成長式のいくつかは初めて報告するものである<sup>\*2)</sup>。

\*1 千葉県水産試験場（未発表）：平成3年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書（地域重要資源）実施地区：御宿町岩和田；対象魚種：アワビ。 \*2 付表1に示す試料により求めた。 \*3 付表2に示す資料により求めた。

漁獲がない場合の生残率は0.8とされている<sup>11)</sup>ので、自然死亡係数は、 $M=0.223$ を用いた。千倉地先の漁獲物の年齢組成から、生残率 $S$ は0.393である<sup>12)</sup>。全死亡係数にすると $Z=0.934$ となるので、漁獲死亡係数は、 $F=0.711$ を用いた。

計算結果は、最大の漁獲すなわち $MSY$ を100とする相対値で示した。また、漁獲開始殻長12.0cmでの漁獲を100とする相対値を、漁獲開始殻長を8.0cmから11.5cmまで0.5cm間隔で計算した。

次に、漁獲開始殻長が再生産に及ぼす影響を検討した。小さいうちに漁獲を開始することは、漁獲を免れる親の数が減少して産卵量が減ることになる。産卵量は産卵期の親の数と生殖腺重量で決まる。体重と生殖腺重量は比例するので、産卵量は次式に従うとしてよい。

$$P_m = \sum_{x=x_m}^{x_d} W_x N_x$$

$$N_x = R_m e^{-(F+M+nK)(x-x_m)}$$

$P_m$  : 産卵量

$R_m$  : 親貝加入量

$W_x$  :  $x$ 歳の体重

$N_x$  :  $x$ 歳の産卵時個体数

$x$  : 年齢(添字  $m$ :成熟開始時)

ここで、漁獲開始殻長12.0cmの産卵量を100として、漁獲開始殻長を8.0cmから11.5cmまで0.5cm間隔で産卵量の相対値を計算した。

## 結 果

結果を図1と表2及び表3に示した。

図1によると、最大の漁獲を与える殻長は、クロアワビとメカイアワビが12.0~14.0cmで、マダカアワビは14.0cmとなった。

漁獲開始殻長を8.0~11.5cmとした場合、平均するとその漁獲量は殻長12.0cmの74~98% (表2)であり、産卵量は25~81% (表3)となった。

## 考 察

小型貝を保護することが資源培養に大きな効果をもたらすことはいまさら論を待たない。天然に発生したものであれ種苗放流したものであれ、稚貝は自然死亡による減耗によって個体数は減少する。しかしその総重量は個体の成長による増重によって自然減耗量を遙かに超えて増大する。それで稚貝が成長して最大量に達する前にそれらを漁獲することは明らかに不利である。ゆえにそれが最大量に達するまで漁獲を待ち、しかる後に漁獲を行えばよりよい漁獲が期待される。これが稚貝保護の基礎理念である。 $MSY$ を与える漁獲開始殻長に比べて、漁獲開始殻長が小さければ、漁獲

表1 千葉県産アワビのBertalanffyの成長式の係数及び相対成長式の係数

種類	産地	Bertalanffyの成長式の係数 <sup>*1</sup>				相対成長式の係数		
		$L_{\infty}$	$K$	$x_0$	文献	$BW=aSL^b$	$BW(g), SL(mm)$	文献
クロアワビ	御宿町岩和田	190.0	0.1862	-0.0042	<sup>*2</sup>	$6.295 \times 10^{-5}$	3.1539	原著 <sup>*3</sup>
	勝浦市川津	187.5	0.2514	0.1975	6)	$7.290 \times 10^{-5}$	3.1294	6)
	勝浦市浜行川	208.6	0.1472	-0.5224	7)	$6.091 \times 10^{-5}$	3.1640	7) <sup>*4</sup>
	勝浦市大沢	163.9	0.2340	-0.0692	6)	$4.093 \times 10^{-5}$	3.2370	6)
	鴨川市太海	161.1	0.4816	0.7618	8)	$1.205 \times 10^{-5}$	3.4895	8)
	千倉町川口	192.5	0.2219	-0.1069	9)	$9.676 \times 10^{-5}$	3.0676	9)
	白浜町川下	177.5	0.2718	0.2237	9)	$2.227 \times 10^{-5}$	3.3579	9)
メカイアワビ	御宿町岩和田	197.1	0.1931	0.0888	<sup>*2</sup>	$6.029 \times 10^{-6}$	3.6180	原著 <sup>*3</sup>
	勝浦市浜行川	239.3	0.1302	-0.0484	7)	$6.122 \times 10^{-5}$	3.1650	7) <sup>*4</sup>
	鴨川市天面	153.4	0.4905	0.7674	8)	$8.228 \times 10^{-6}$	3.5566	8)
	安房郡富浦町	164.1	0.3988	0.6786	10)	$7.038 \times 10^{-6}$	3.5866	原著 <sup>*3</sup>
マダカアワビ	夷隅郡大原町(器械根)	217.9	0.1913	-0.1017	原著 <sup>*5</sup>	$2.798 \times 10^{-5}$	3.2969	原著 <sup>*3</sup>

<sup>\*1</sup> 引用文献の小数点以下の桁数をそろえて整理した

<sup>\*2</sup> 千葉県水産試験場(未発表):平成4年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書(地域重要資源) 実施地区:御宿町岩和田;対象魚種:アワビ

<sup>\*3</sup> 付表1に示す試料により求めた

<sup>\*4</sup> 引用文献の殻長の単位cmを,mmに変更した

<sup>\*5</sup> 付表2に示す資料により求めた

文献欄の原著とは本論文をさす

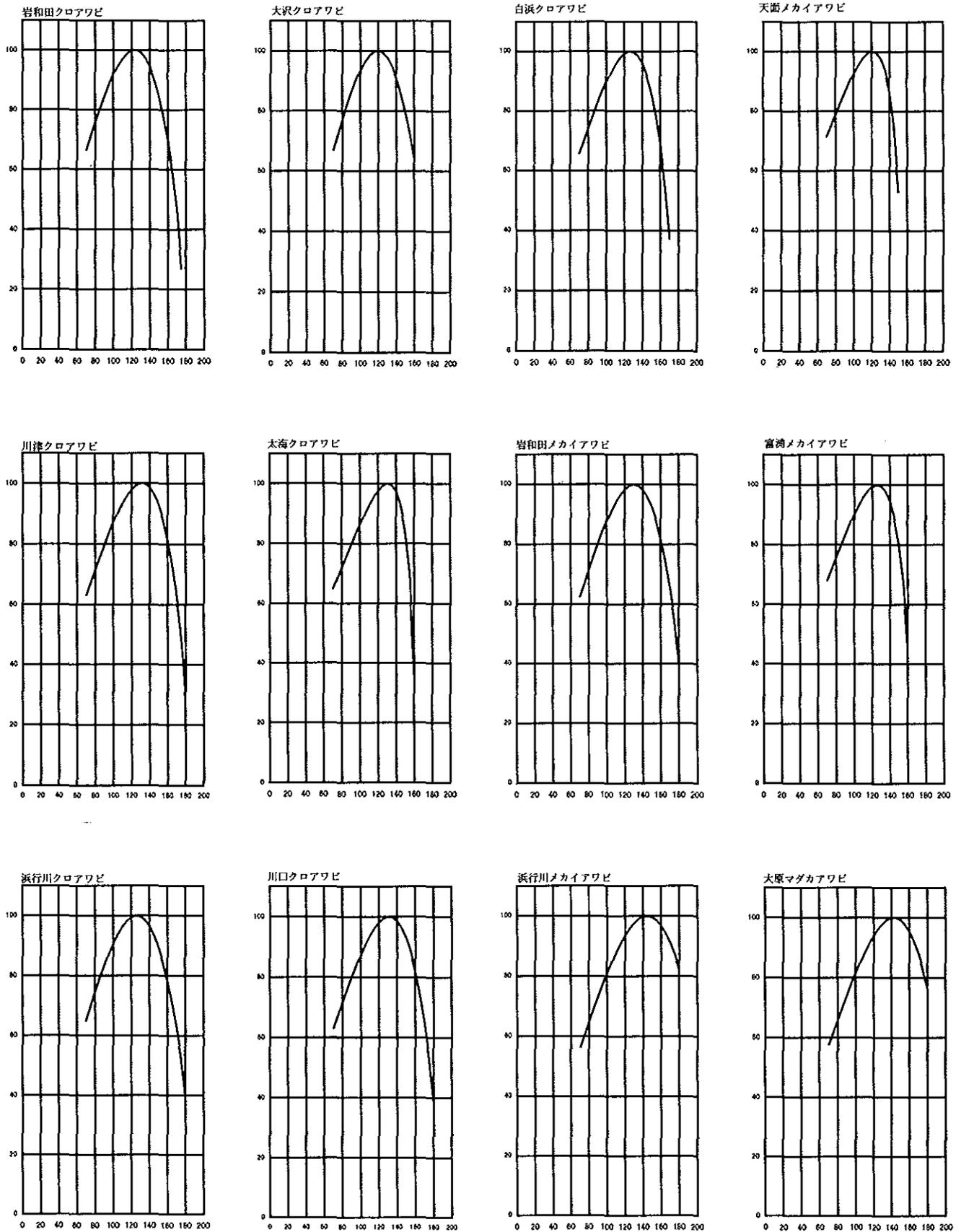


図1 アワビの漁獲開始殻長と加入（添加）当たり漁獲量の関係  
横軸：殻長（mm）；縦軸：MSYを100とする相対値

表2 漁獲開始殻長ごとの漁獲量  
(殻長12.0cmを100とする相対値)

種類	産地	漁獲開始殻長 (cm)									
		8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	
クロアワビ	御宿町岩和田	76	80	84	88	92	95	97	99	100	
	勝浦市川津	73	77	81	85	89	92	95	98	100	
	勝浦市浜行川	75	79	84	88	91	94	97	99	100	
	勝浦市大沢	77	82	86	90	94	96	98	100	100	
	鶴川市太海	74	77	81	85	88	92	95	98	100	
	千倉町川口	73	77	81	85	89	92	95	98	100	
	白浜町川下	75	79	83	87	90	93	96	98	100	
メカイアワビ	御宿町岩和田	73	77	81	85	89	93	96	98	100	
	勝浦市浜行川	69	74	78	82	86	90	94	97	100	
	鶴川市天面	79	83	86	89	93	95	98	99	100	
	安房郡富浦町	76	80	84	87	91	94	96	99	100	
マガアワビ	夷隅郡大原町 (器械根)	70	74	79	83	87	90	94	97	100	
平均		74	78	82	86	90	93	96	98	100	

開始殻長から見た場合の乱獲（小型貝のとりすぎ）状態である。

福岡県大島地先のクロアワビは制限殻長が10.0cmであるが、最大の漁獲は殻長12.25cmのときであるとされている<sup>13)</sup>。また、徳島県阿部地先のクロアワビは制限殻長が9.0cmであるが、11.0cmに引き上げると漁獲量は1.6倍に増加すると試算されている<sup>14)</sup>。更に、長崎県生月地先のクロアワビでは、制限殻長10.5cmを10.0cmに引き下げたところ漁獲量が一時的な増加を経て急速に減少し、資源が減少したとされ、制限殻長は11.5~12.5cmが望ましいといわれている<sup>15)</sup>。これらの例のように制限殻長が小さい場合、資源管理上必ずしも最適でないことが推測される。

今回の結果では、制限殻長がほぼMSYを与える漁獲開始殻長になっている。またこの殻長は、性成熟に達する大きさ（クロアワビが5.5~6.8cm<sup>16)</sup>、マガアワビが6.6~7.6cm<sup>16)</sup>、メカイアワビは既往の報告がないが両種と大差ないと考えられる）を大きく超えている。したがって本県の場合、クロアワビ及びメカイアワビの制限殻長12.0cmは合理的であり、加入（添加）資源の効率的利用が図られているといえる。一方マガアワビは14.0cmが最適で、12.0cmの漁獲はその94%になる。

次に漁獲係数であるが、本県下でのDeLury法によるアワビの漁獲率は0.4~0.7が多いが、漁獲率0.7を漁獲係数にすると1.077となり、今回の計算に用いた値より大きい。そこでFの値を2倍の1.422として計算すると、いずれも最大漁獲を与える殻長は5mm程度大きくなった。すなわち漁獲を今以上に強める場合は、制限殻長を大きくする必要がある。

表3 漁獲開始殻長ごとの産卵量  
(殻長12.0cmを100とする相対値)

種類	産地	漁獲開始殻長 (cm)									
		8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	
クロアワビ	御宿町岩和田	18	21	26	31	38	48	60	77	100	
	勝浦市川津	27	31	35	41	48	57	68	82	100	
	勝浦市浜行川	17	20	24	30	37	47	60	77	100	
	勝浦市大沢	18	21	26	31	38	48	60	77	100	
	鶴川市太海	37	40	45	50	56	63	73	84	100	
	千倉町川口	24	28	33	39	46	55	66	81	100	
	白浜町川下	25	29	33	39	46	55	66	80	100	
メカイアワビ	御宿町岩和田	21	25	30	36	43	52	64	79	100	
	勝浦市浜行川	25	29	34	40	47	56	68	82	100	
	鶴川市天面	32	35	39	44	51	58	68	82	100	
	安房郡富浦町	32	35	40	45	51	59	69	83	100	
マガアワビ	夷隅郡大原町 (器械根)	28	32	37	43	50	59	70	83	100	
平均		25	29	33	39	46	55	66	81	100	

小型貝から漁獲すれば親になるものが減り、その結果産卵量が減少する。漁獲開始殻長が小さければ小さいほど再生産に大きく影響し、殻長8.0cmでは殻長12.0cmの25%の産卵量にしかならない。制限殻長より0.5cm小さいだけでも81%に減少する。一般に資源水準が低い場合は親の量（産卵量）が多いほど再生産量が多くなる。したがって産卵量を確保し、資源を維持していくためには制限殻長を遵守することが重要である。

上の結果にみるように、アワビの資源管理上、本県の殻長制限はおおむね適切だった。それにもかかわらず漁獲量は激減したので、減少原因は他に求める必要がある。全国的なアワビ資源の減少原因の仮説として、人為説（乱獲）と環境説がある。今回、成長乱獲<sup>1)</sup>ではないことがわかり、原因究明の一步となったと考える。

本研究をとりまとめるに当たり、東京水産大学資源管理学科助教授田中栄次博士のご指導を受けた。記して謝意を表する。

## 要 約

- 1) Beverton and Holtの方法を応用した漁獲モデルにより、千葉県産アワビ類3種12例について、漁獲開始殻長と加入（添加）当たり漁獲量の関係を求めた。
- 2) 自然死亡係数を $M=0.223$ 、漁獲死亡係数を $F=0.711$ とし、Bertalanffyの成長式の知られている本県7地先産クロアワビ、4地先産メカイアワビおよび1地先産マガアワビについて計算した結果、最大の漁獲すなわちMSYを与える漁獲開始殻長は、12.0~14.0cmであった。

- 3) 漁獲開始殻長12.0cmの産卵量に比べ、漁獲開始殻長11.5cmは81%であり、同8.0cmは25%であった。
- 4) 本県の制限殻長12.0cmはおおむね合理的で、加入(添加)資源の効率的利用が図られていると考えた。
- 5) 再生産を考慮すると、制限殻長を遵守することが重要であると考えた。

## 文 献

- 1) 千葉県 (1965) : 千葉県海面漁業調整規則. pp. 1-40.
- 2) 吉原友吉 (1969) : 漁獲の理論. 「水産資源学」(久保伊津男・吉原友吉), 改訂版, 共立出版, 東京, pp. 233-321.
- 3) 田中昌一 (1985) : 漁獲のあり方と加入当たり漁獲量. 「水産資源学総論」, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 62-74.
- 4) Beverton, R. J. H. and Holt, S. J. (1956) : On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Fishery Investigations, Series II, Volume XIX, pp. 1-533.
- 5) 吉原友吉 (1969) : 成長曲線. 「水産資源学」(久保伊津男・吉原友吉), 改訂版, 共立出版, 東京, pp. 163-198.
- 6) 千葉県水産試験場 (1977) : 昭和50・51年度大規模増殖場開発事業調査報告書 [夷隅地区: クロアワビ], pp. 1-102.
- 7) 千葉県 (1995) : 平成6年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書 (地域重要資源), pp. 15-25.
- 8) 石田 修・田中種雄・坂本 仁・大場俊雄 (1982) : 千葉県太海, 天面地先のアワビ類の輪紋形成と成長. 千葉水試研報, 40, 27-36.
- 9) 田中邦三・田中種雄・石田 修・坂本 仁・清水利厚・金子信一・目黒清美 (1980) : 千葉県安房地区におけるクロアワビ (*Nordotis discus* (Reeve)) の資源生態学的研究. 千葉水試研報, 38, 1-177.
- 10) 田中種雄・坂本 仁 (1988) : 内房海域のメカイアワビの産卵期, 肥満度, 成長について. 千葉水試研報, 46, 17-22.
- 11) 井上正昭 (1987) : アワビの漁業管理. 「国内における資源評価及び管理手段に関するレビュー」, 社団法人日本水産資源保護協会, 東京, pp. 121-218.
- 12) 田中栄次 (1989) : 成長を加味した体長組成の複合正規分布への分解方法について-Ⅲ. 漁獲物が選択的である場合. 平成元年度日本水産学会春期大会講演要旨集, p. 138.
- 13) 井ノ口伸幸 (1990) : 適正な漁獲サイズ (生残率, 成長量). 「アワビ種苗放流マニュアル」, 青森県・岩手県・秋田県・神奈川県・福岡県, pp. 51-52.
- 14) 石橋喜美子・小島 博 (1979) : 徳島県海部郡産クロアワビ資源の研究-Ⅲ. 資源管理. 東海水研報, 98, 72-89.
- 15) 堀井豊充・野口松治・一丸俊雄 (1991) : クロアワビの殻長制限に関する二, 三の考察. 長崎水試研報, 17, 25-30.
- 16) 今井利為 (1990) : 成長. 「アワビ種苗放流マニュアル」, 青森県・岩手県・秋田県・神奈川県・福岡県, pp. 9-11.
- 17) 松宮義晴 (1996) : 資源管理の理論. 「水産資源管理概論」, 社団法人日本水産資源保護協会, 東京, pp. 45-75.

付表1 相対成長式(殻長と体重の関係)を求めた試料

種類	産地	試料の採集年月	データ数	殻長範囲(mm)
クロアワビ	御宿町岩和田	1991.8/1992.8	39	115.0~195.0
メカイアワビ	御宿町岩和田	1991.8/1992.8	34	116.1~187.0
メカイアワビ	安房郡富浦町	1980.8,10~12/ 1981.1,3~6,8~12/ 1982.1~6	214	86.0~176.0
マダカアワビ	夷隅郡大原町 (器械根)	1976.6,8,9/1977.5,9/ 1978.6,8/1979.9/1989.8/ 1990.3/1992.5~7/ 1993.5/1998.11	164	104.0~222.0

付表2 夷隅郡大原沖(器械根)産マダカアワビの貝殻の輪紋による年齢査定結果とBertalanffyの成長式

採集年月日	殻長(mm)	体重(g)	各輪紋(年齢)の大きさ(mm)													
			1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳	11歳			
1992/6/5	191	1,176		73	107	122	140	157	173	183						
1992/6/5	170	788		76	99	106	130	145	153	164						
1992/6/5	191	867		69	97	114	143	169	178							
1992/6/5	185	789		77	108	137	154	163								
1992/6/5	192	940		73	105	128	142	156	167	181						
1992/6/5	153	469		73	90	107	123	133	141							
1992/6/5	161	514		76	94	121	127	138								
1992/6/5	154	385		72	108	125										
1992/6/5	149	284		86	118	130										
1992/6/5	139	313		67	90	106	122									
1992/7/10	147	402		61	75	93	109	125	132							
1992/7/10	152	540		59	85	118	133	142								
1992/7/10	173	714		85	97	127	133	147	156							
1992/7/10	200	990		82	113	133	144	158								
1992/7/10	184	701		79	116	131	148	165	177	188						
1992/7/10	175	548		58	83	97	123	128	142	153						
1992/7/10	182	739		75	99	117	145	153	160	173	179					
1992/7/10	132	290		68	87	109	127									
1992/7/10	156	436		55	83	100	113	122	137							
1992/7/10	196	964		83	112	123	139	150	160	167	179	181	189			
1992/7/10	176	718		73	97	114	129	139	158	166						
1998/11/24	129		43	67	94	127										
1998/11/24	174	656		69	96	126	153	169	174							
1998/11/25	160	560	44	64	94	113	139	151								
1998/11/26	170	620		64	100	118	131	140	154	167						
1998/11/27	176	666	36	77	89	124	154	174								
1998/11/27	196	935		84	100	110	134	163	174	184	191	193	194			
1998/11/27	136	268	41	63	107	126										
1998/11/24	181		44	71	108	128	149	169	180							
平均	168.3	639.7	41.6	71.7	98.3	118.3	135.4	150.3	159.8	172.6	183.0	187.0	191.5			
標準偏差	20.5	243.5	3.36	8.32	10.68	11.22	12.23	15.11	15.26	11.11	6.93	8.49	3.54			
最小	129	268	36	55	75	93	109	122	132	153	179	181	189			
最大	200	1,176	44	86	118	137	154	174	180	188	191	193	194			

平均値を用いて計算した結果求められたBertalanffyの成長式： $l_x = 217.9(1 - e^{-0.1913(x+0.1017)})$