

千葉県太海，天面地先のアワビ類の輪紋形成と成長

石田 修・田中種雄・坂本 仁・大場俊雄

はじめに

アワビ資源の動態を把握するには、その年級の組成を明確にしておかねばならない。そのためには、年齢形質について検討し、年齢と成長を知る必要がある。天然アワビ類のこれらに関する報告は、高山¹⁾、小島²⁾、市来ら³⁾、影山ら⁴⁾、田中ら⁵⁾、によりなされているが、年齢と成長は種によって、また、生息海域によって異なるようである。それ故に、報告されている数値をそのまま本地先産アワビ類にあてはめることは適当でない。このことは、木下⁶⁾がアワビの成長には地方的相違があり、この相違は環境に左右されていると述べていることから裏付けられる。そこでアワビ類の年齢形質および年齢と成長については、種ごとに、地先ごとに検討してみる必要があると思われる。筆者らは大規模

増殖場開発事業調査^{*}の中でこれらのことを調査し、若干の知見を得たのでここに報告する。

この調査の計画にあたりご指導をいただいた日本海区水産研究所の田中邦三室長に感謝するとともに、調査にご協力下さった江見漁業協同組合の方々に感謝の意を表します。

材料と方法

クロアワビ *Nordotis discus* (REEVE) は1979, 1980年の1~12月に太海仁右衛門島周辺海域(図1)で毎月10個程度採捕、または購入した殻長60~170mmのものをを用いた。その合計個体数は1979年88個体、1980年89個体である。また、メカイアワビ *Nordotis gigantea* (GMELIN) は1979年の3~12月、1980年の1~12月に天面地先で毎月10個体程度採捕、または購入した殻長80~190mmのものをを用いた。その合計は1979年のもの93個体、1980年もの70個体であった。これらの殻長組成は表1に示した。

年齢査定に用いた形質は、藤本⁷⁾の方法にならい、殻表面に形成される幅のある赤褐色帯の部分を用いた。年齢標示は図2のとおり、クロアワビについては赤褐色帯の輪紋の外縁部とし、メカイアワビについては、

表1. アワビ類の年齢査定に用いた材料

種 殻長(mm)	クロアワビ		メカイアワビ	
	1979年	1980年	1979年	1980年
60~70		1		
70~80		2		
80~90	1	3	1	1
90~100	3	3	6	1
100~110	1	5	4	2
110~120	9	9	7	17
120~130	39	25	16	20
130~140	17	22	28	13
140~150	15	14	23	10
150~160	3	4	5	5
160~170		1	2	1
170~180				
180~190			1	
計	88	89	93	70

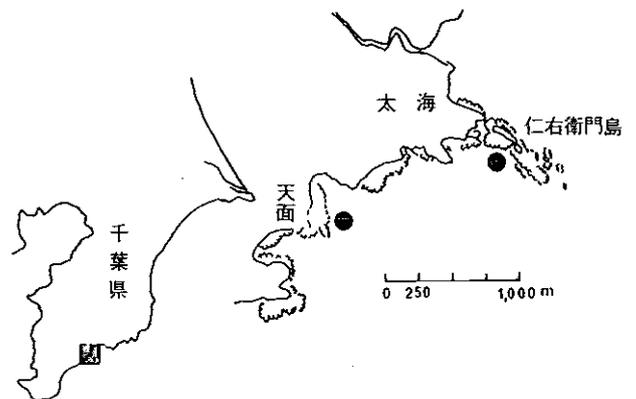


図1. クロアワビ、及びメカイアワビの採捕地点

* 1979, 1980年度東安房地区アワビ大規模増殖場開発事業調査

輪紋の幅が狭く、赤褐色帯の外縁部の位置が不明瞭となる場合が多いので、輪紋の内縁部とした。

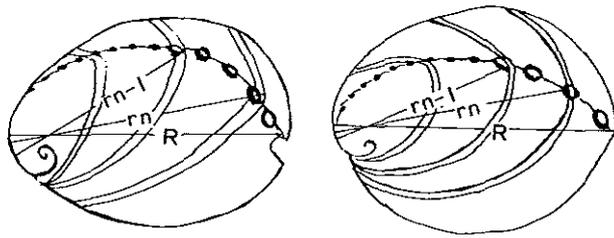


図2. 年齢標示の位置
(左側：クロアワビ、右側：メカイアワビ)

年齢と成長の解析の基となる部位の測定は次のようにして行った。すなわち、一番新しい輪紋を第 n 標示として表わし、殻の後端からの距離を r_n とし、更に、一つの前の輪紋を第 $n-1$ 標示、距離 r_{n-1} とした。また、殻の先端縁辺部までの距離を R とした。このとき、1齢時に形成されると推定される輪紋は不明瞭なため、鮮明な輪紋が始めて形成されているものは2齢として第2輪紋として扱った。解析には $R - r_n / r_n - r_{n-1}$ で表わされる縁域指数、及び各個体の第 n 輪紋までの距離の平均を平均標示径として用いた。なお、クロアワビの1980年の材料の縁域指数については、メカイアワビと同様に輪紋の内縁部を標示とした場合についても求めた。また、1979年のクロアワビについては、月ごとに輪紋の形成の有無について調べた。成長式は、Von Bertalanffy の次式によって求めた。

$$L(t) = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

結 果

1) クロアワビの輪紋形成、及び年齢と成長標示の形成時期

1979, 1980年の材料による輪紋の外縁部を標示とした縁域指数は1月から10月にかけて増加傾向を示し、10月には他の月よりその値が高い個体によって占められるようになる。更に、12月には値の高い個体と低い個体が混在するようになる(図3, 5)。このように指数の高いものと低いものが混在することは、輪紋の形成が終了し、輪紋とは性質の異なる殻の成長を開始する個体があることを意味すると考えられ、この場合の輪紋の形成終了時期は12月頃と推定される。

1979年の材料を用いて殻の縁辺部の輪紋がどの時期にみられるかを調べたが、7月頃から輪紋が認められる個体数の割合が多くなり、10月にはすべての個体に輪紋が認められる。12月以降はその割合が減り、1月には縁辺部に輪紋が認められなくなる(図4)。従って、

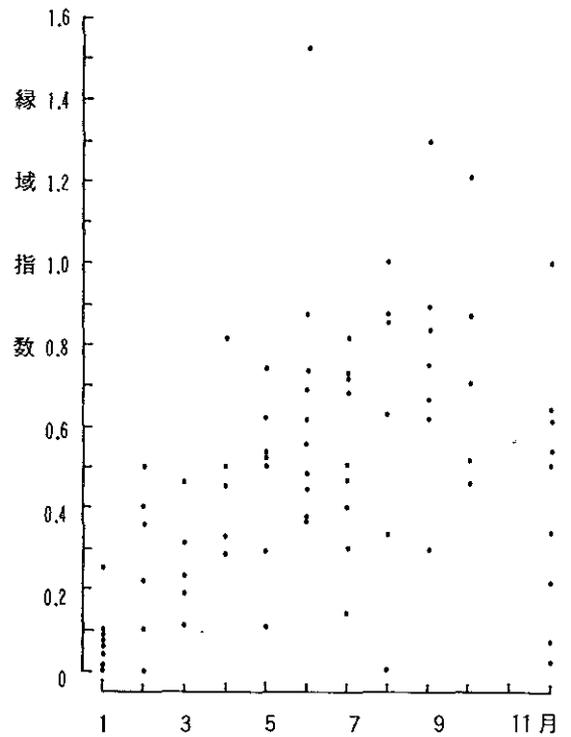


図3. 太海産クロアワビの縁域指数(1979年)
(年齢標示は輪紋の外縁部の位置)

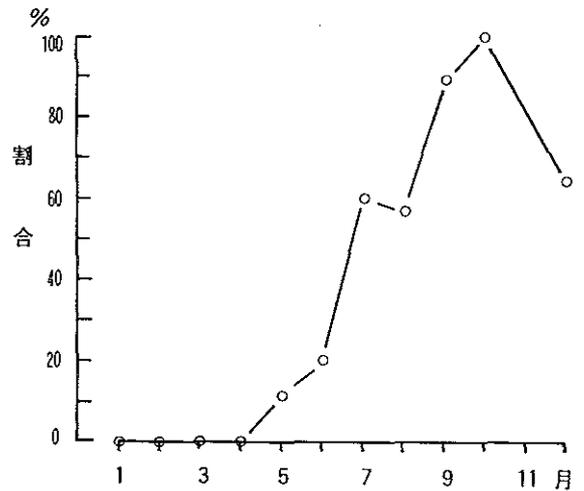


図4. 輪紋の形成が認められた個体数の割合
(1979年に用いた材料による)

1979年の材料では、輪紋は7月頃から形成が始まり、12月頃には終了したものと推定される。

輪紋の内縁部を標示とした縁域指数は、1月から6月にかけてその値が増加するが、7~10月には指数の高い値と、低い値の個体が混在している(図5)。従って、輪紋内縁部は、早い個体では7月に、遅い個体では10月に形成される。1月には指数が増加し始めるので、12月には大部分の個体で形成が終了するものと思われる。

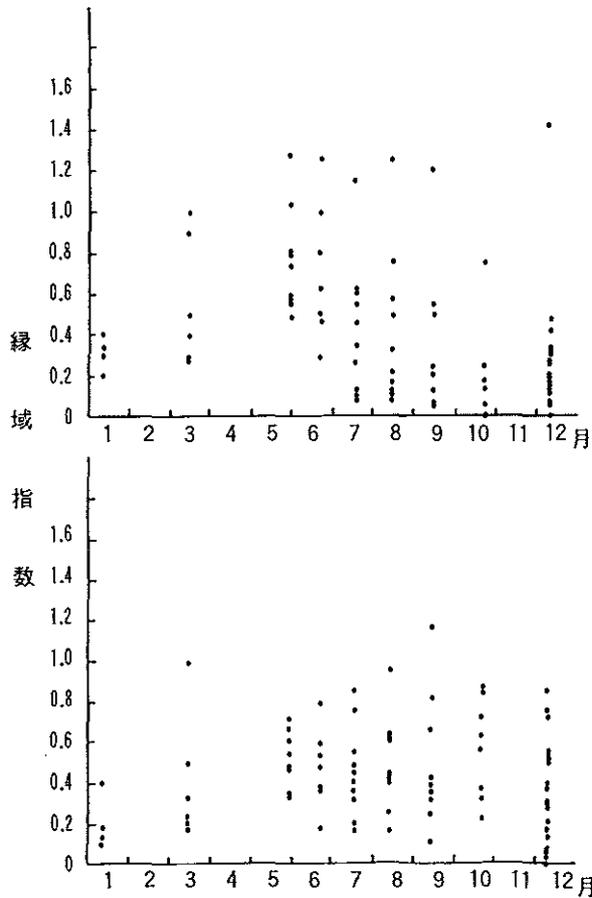


図5. 太海産クロアワビの縁域指数
(1980年、上段：標示は輪紋内縁部の位置)
下段：標示は輪紋外縁部の位置)

これらのことから、太海仁右衛門島周辺海域のクロアワビの輪紋の形成開始時期は、産卵期が9月中旬頃から2月初旬であることを考え合わせると、産卵前の夏期であり、また形成終了は産卵期の後期にあたる。従って、輪紋は幅をもつようになる。

標示の形成位置

各標示位置までの平均標示径を1979年のものについては表2に、1980年のものについては表3に示した。1979年では第2輪紋は66.7mm、第3輪紋99.9mm、第4輪紋118.9mm、第5輪紋131.0mmである。

1980年のものでは第2輪紋66.7mm、第3輪紋99.8mm、第4輪紋121.3mmである。

年齢と成長

Von Bertalanffy は体長増加の法則として、 $L(t) = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ の式を与えている。産卵期の後期と標示の形成終了時期が一致していることから、 $L(t)$ の t の値は $t_n = n$ であると考えて良い。定差図(図6)により1979年の L_{∞} は 147.8mm, 1980年の L_{∞} は 161.1mmと求められるので、定差図の回帰係数の値から k を求めて、標示径から求めた殻長、及び L_{∞} の値を式に代入して t_0 の値が得られる。従って、産卵後期を起点とした t 年後の殻長は次式で求められる。

1979年 $L(t) = 147.8 [1 - e^{-0.5224(t-0.8511)}]$ (殻長80 ~ 150mm)

1980年 $L(t) = 161.1 [1 - e^{-0.4316(t-0.7618)}]$ (殻長60

表2. クロアワビの各標示径の平均値(1979年)

(n:測定数, S:標準偏差, 径の単位mm)

項目	第2輪紋 60mm未満			第2輪紋 60mm以上			平均値			計算式	
	n	径	S	n	径	S	n	径	S	殻長(mm)	体重(g)
第2輪紋	43	56.0	6.47	45	76.9	7.24	88	66.7	12.67	66.7	30.0
第3輪紋	41	92.5	9.68	36	108.3	7.58	77	99.9	11.80	99.7	113.8
第4輪紋	33	114.8	8.88	16	127.6	9.57	49	118.9	10.88	119.3	212.9
第5輪紋	15	127.1	9.48	8	136.6	10.33	23	131.0	10.53	130.9	294.3

表3. クロアワビの各標示径の平均値(1980年)

(n:測定数, S:標準偏差, 径の単位mm)

項目	第2輪紋 60mm未満			第2輪紋 60mm以上			平均値			計算式	
	n	径	S	n	径	S	n	径	S	殻長(mm)	体重(g)
第2輪紋	27	53.8	3.75	59	72.5	7.93	86	66.7	11.11	66.7	30.0
第3輪紋	26	90.7	7.98	55	104.1	8.14	81	99.8	10.26	99.8	114.1
第4輪紋	10	113.8	10.66	34	123.5	8.71	44	121.3	10.05	121.3	225.6
第5輪紋										135.2	329.4

～ 170mm)

よって、この式による年齢と成長は、1979年については、 $L_2=66.7\text{mm}$, $L_3=99.7\text{mm}$, $L_4=119.3\text{mm}$, $L_5=130.9\text{mm}$ となる。また、1980年は、 $L_2=66.7\text{mm}$, $L_3=99.8\text{mm}$, $L_4=121.3\text{mm}$, $L_5=135.2\text{mm}$ となる(図7)。従って、計算殻長は標示径から求めた実測殻長に良く適合し、また、4 齢までの計算殻長は1979年と1980年とでは極めて近い値を示している。

クロアワビの殻長と体重の関係は、 $BW=1.2053 \times 10^{-5} SL^{3.4895}$ と求められる(図8)ので、各年齢殻長に対応する体重は表2、3に示したとおりになる。

なお、第2 輪紋外縁部の位置が60mm未満で形成されたものは、その後の成長において60mm以上で形成されたものに追いつく傾向は認められない(図9)。

1 齢までの成長は、1980年1月に太海仁右衛門島付

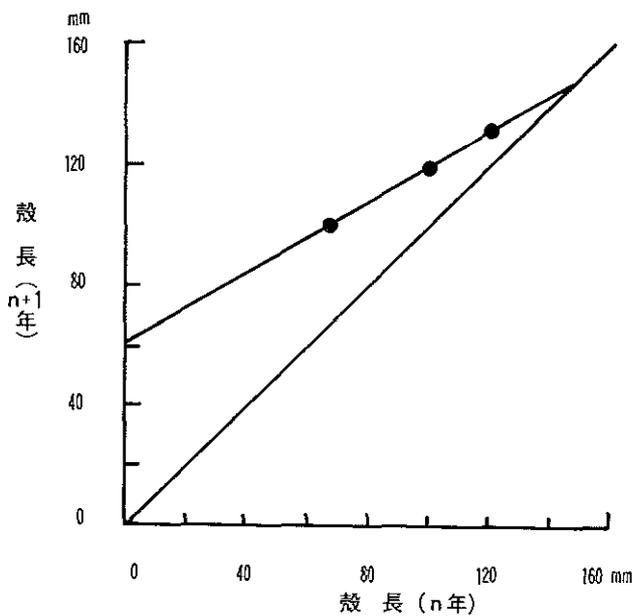
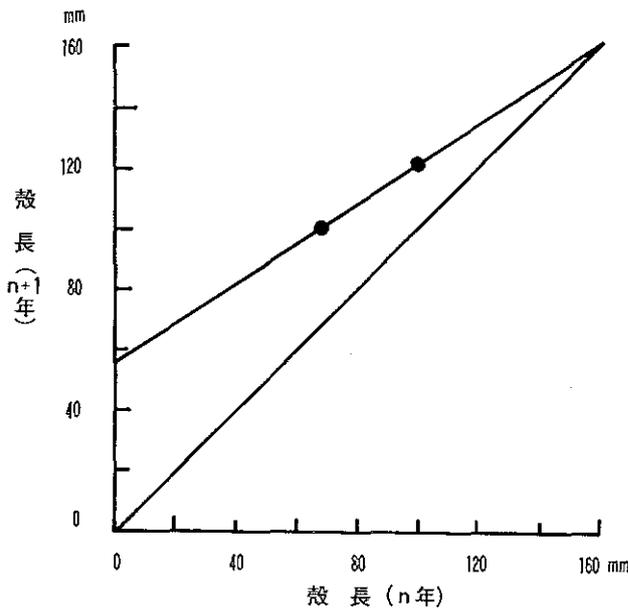


図6. クロアワビの殻長の定差図
(上段:1980年、下段:1979年)

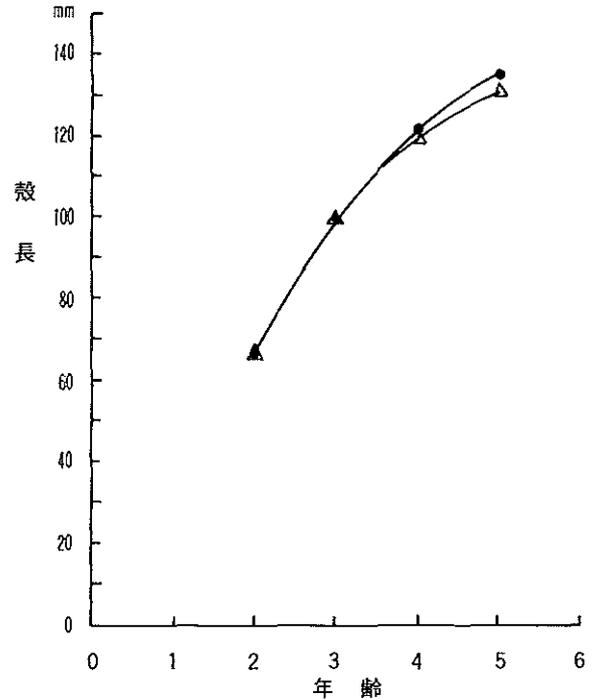


図7. クロアワビの年齢と成長
(△:1979年、●:1980年)

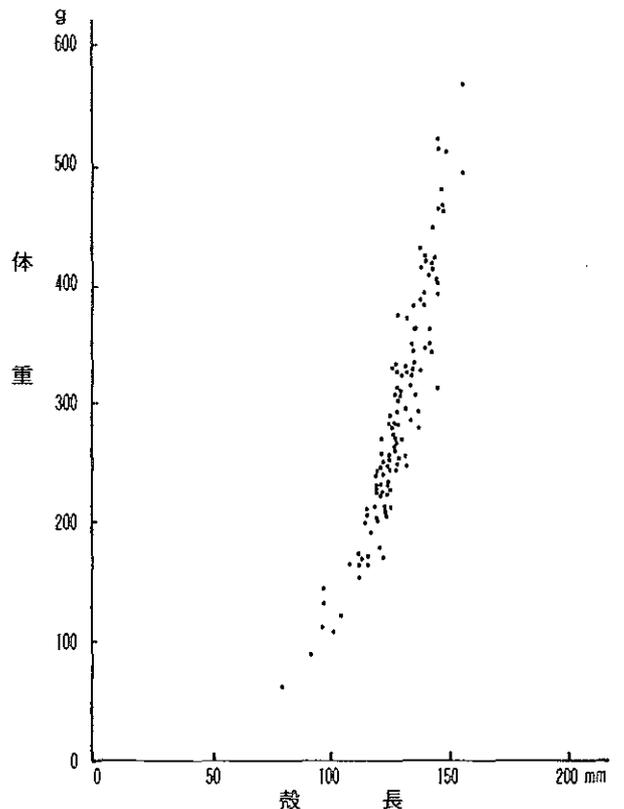


図8. クロアワビの殻長と体重の関係 (1979年)

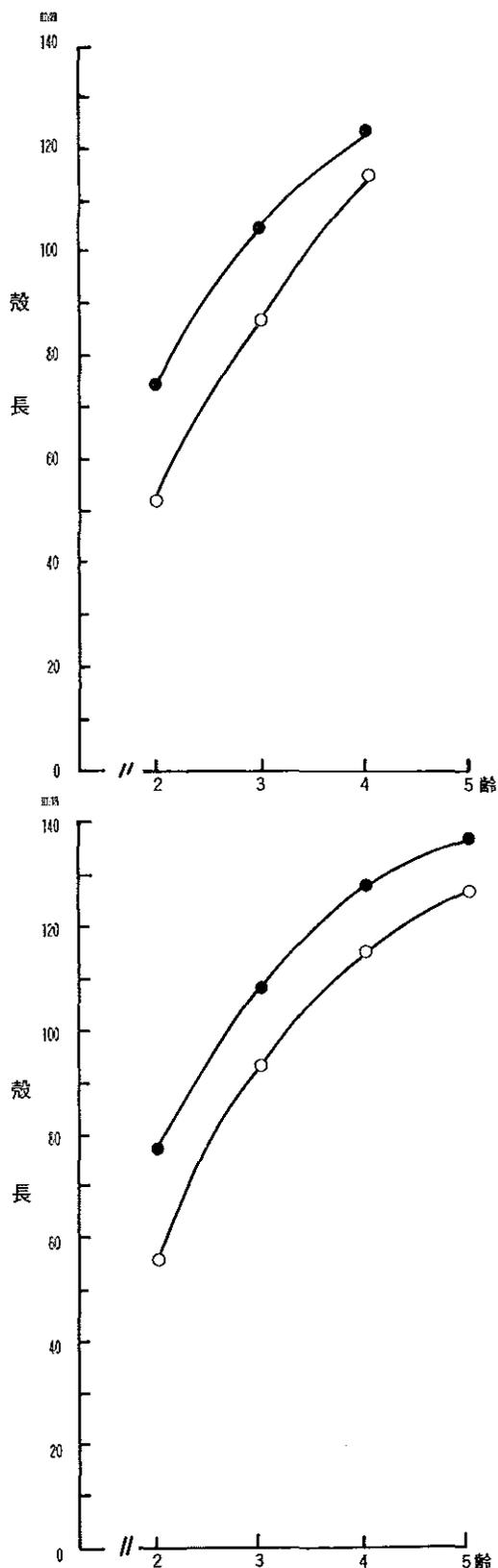


図9. 第2輪紋の違いがその後の成長に及ぼす影響
 (上段は1979年のメカイアワビの成長を示し、下段は1979年のクロアワビの成長を示す。
 クロアワビの年齢標示は輪紋の外縁部の位置で、メカイアワビの年齢標示は輪紋の内縁部の位置である。○印は第2輪紋長60mm未満のもの成長を示し、●印は60mm以上のもの成長を示す。)

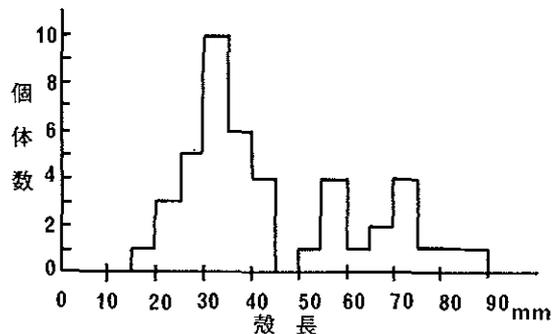


図10. クロアワビ若齢貝の殻長組成

近で採捕したクロアワビの若齢貝の殻長組成から推定され、1 齢では殻長33.2mmとなる (図10)。

2) メカイアワビの輪紋形成及び年齢と成長
 標示の形成時期

1979, 1980年の材料による輪紋の内縁部を標示とした縁域指数は、1月から7月にかけて増加が認められ、そして、1979年には8月下旬に、1980年には9月中旬に指数の高い個体と低い個体が混在ようになる。その後、10月下旬から12月初旬には指数の高い個体が少なくなる (図11, 12)。よって、輪紋の形成は8月下旬から9月中旬頃に始まり、10月下旬から12月初旬頃には輪紋の内縁部の形成は終了すると思われる。

標示の形成位置

各標示位置までの平均標示径は、1979年の材料については表4に、1980年については表5に示したとおりである。1979年では第2輪紋は69.6mm、第3輪紋102.1mm、第4輪紋122.0mmとなる。また、1980年では第2輪紋は67.5mm、第3輪紋104.0mm、第4輪紋124.4mmとなる。

年齢と成長

天面地先のメカイアワビの産卵期は10月上旬から1月までであることから、メカイアワビの標示の形成時期は産卵期より1~2月早くなっている。従って、産卵期と標示の形成時期が一致しないことから、真の年齢と成長は単純には推定できないが、縁域指数から推定すると、8~10月には殻の成長は停滞している。そこで、産卵前期と標示の形成時期が一致しているとみなして、Von Bertalanffyの式を用いて、年齢と成長を計算式にあてはめた。

定差図により、1979年の L_{∞} は153.4mm、1980年の L_{∞} は150.2mmと求められる (図13)。定差図の回帰係数の値からkを求めて、標示径から求めた殻長、及び L_{∞} の値を式に代入してt0の値が得られる。よって、ほぼ産卵前期を起点としたt年後の殻長は次式で求められる。

1979年 $L(t)=153.4[1 - e^{-0.4905(t-0.7674)}]$ (殻長60~150mm)

1980年 $L(t)=150.2[1 - e^{-0.5818(t-0.9744)}]$ (殻長60~150mm)

従って、この式による年齢と成長は、1979年については、 $L_2=69.6\text{mm}$, $L_3=102.1\text{mm}$, $L_4=122.0\text{mm}$, $L_5=$

134.2mmとなる。また、1980年は $L_2=67.5\text{mm}$, $L_3=104.0\text{mm}$, $L_4=124.4\text{mm}$, $L_5=135.8\text{mm}$ となる(図14)。このことから、計算殻長は標示径から求めた実測殻長と一致する。

また、1979年と1980年の平均成長はほぼ一致している。

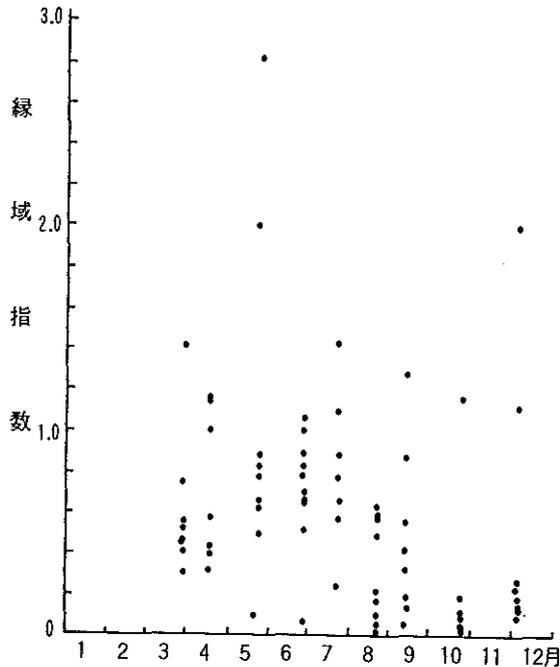


図11. 天面産メカイアワビの縁域指数 (1979年)
(年齢標示は輪紋の内縁部の位置)

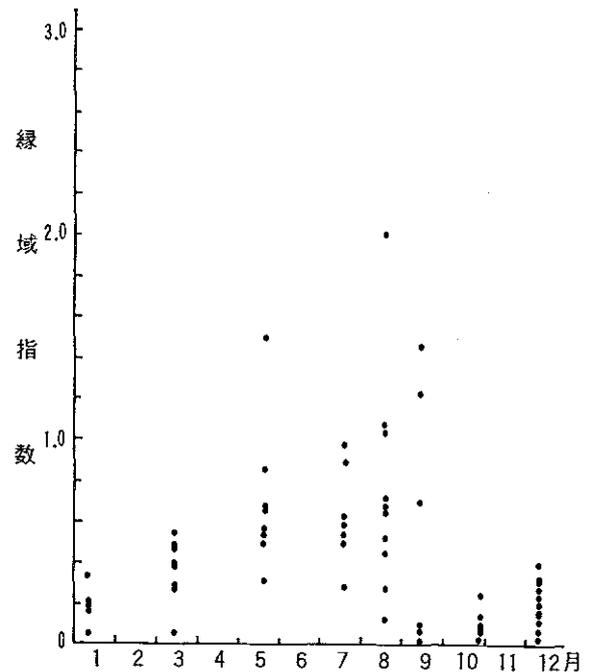


図12. 天面産メカイアワビの縁域指数 (1980年)
(年齢標示は輪紋の内縁部の位置)

表4. メカイアワビの各標径の平均値(1979年)

(n:測定数, S:標準偏差, 径の単位mm)

項目 輪紋	第2輪紋60mm未満			第2輪紋60mm以上			平均値			計算式	
	n	径	S	n	径	S	n	径	S	殻長(mm)	体重(g)
第2輪紋	13	52.3	4.51	76	72.5	8.39	89	69.6	10.68	69.6	29.4
第3輪紋	9	87.1	11.74	58	104.5	10.17	67	102.1	11.96	102.1	115.0
第4輪紋	7	114.7	11.20	42	123.4	9.08	42	122.0	10.04	122.0	216.6
第5輪紋										134.2	304.0

表5. メカイアワビの各標径の平均値(1980年)

(n:測定数, S:標準偏差, 径の単位mm)

項目 輪紋	第2輪紋60mm未満			第2輪紋60mm以上			平均値			計算式	
	n	径	S	n	径	S	n	径	S	殻長(mm)	体重(g)
第2輪紋	13	56.4	2.06	56	70.1	7.50	69	67.5	8.66	67.5	26.4
第3輪紋	12	94.5	8.75	54	106.1	7.94	66	104.0	9.25	104.0	122.8
第4輪紋	9	117.6	6.48	22	127.1	6.62	31	124.4	7.88	124.4	232.1
第5輪紋										135.8	317.1

メカイアワビの殻長と体重の関係は(図15)、 $BW = 8.228 \times 10^{-6} SL^{3.5566}$ と求められるので、各年齢の殻長に対応する体重は表4、5に示したようになる。

なお、第2輪紋内縁部の位置が60mm未満で形成されたものは、その後の成長において60mm以上で形成されたものに追いつく傾向はクロアワビと同様認められない(図9)。

1歳までの成長は、1980年1月に太海仁右衛門島付近で採捕したメカイアワビの若齢貝の殻長組成から推定すると30~50mmである(図16)。また、3月には当歳貝と推定される10~15mmの殻長のものがみられる。

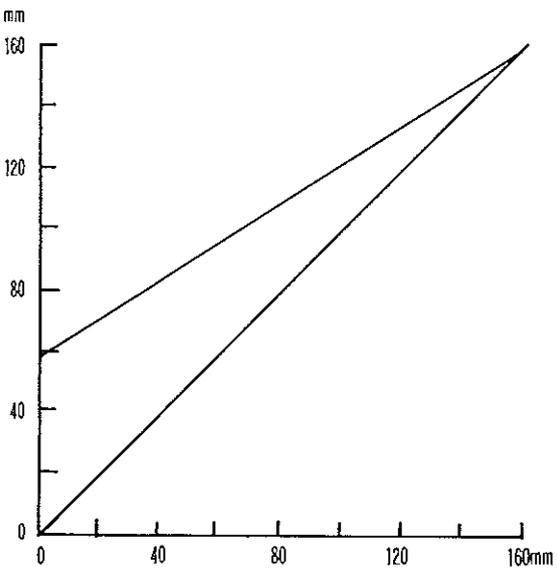
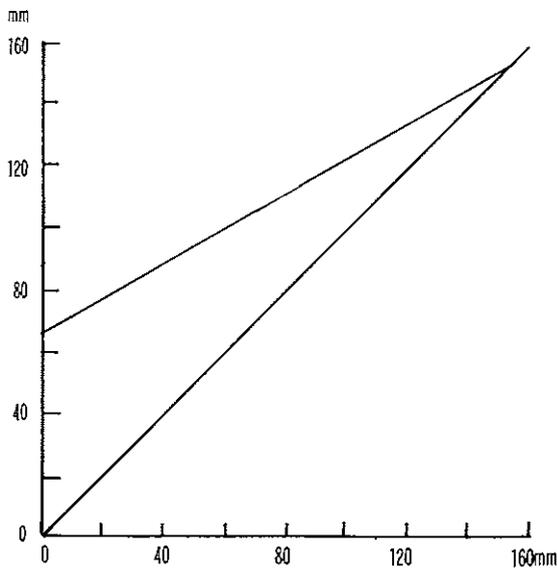


図13. メカイアワビの殻長の定差図
(上段: 1980年、下段: 1979年)

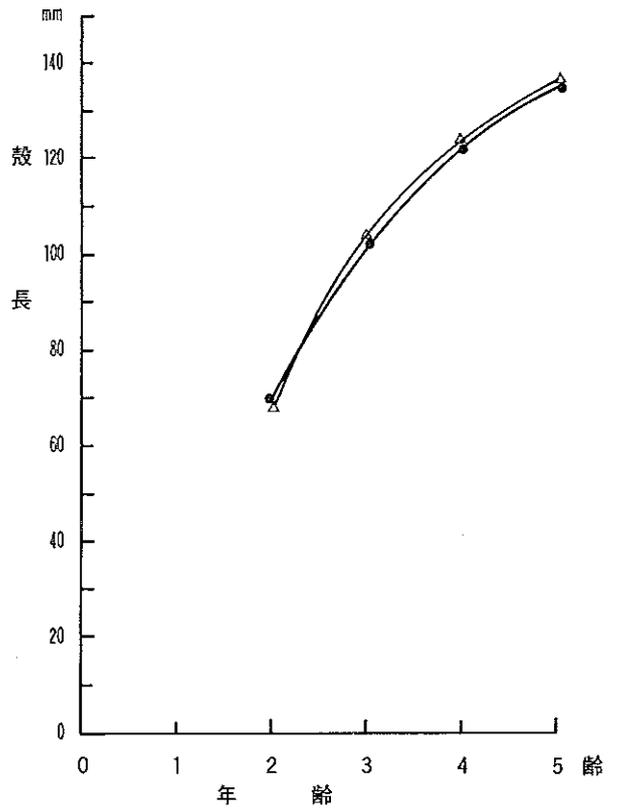


図14. メカイアワビの年齢と成長
(●印は1979年の成長を示し、△印は1980年の成長を示す)

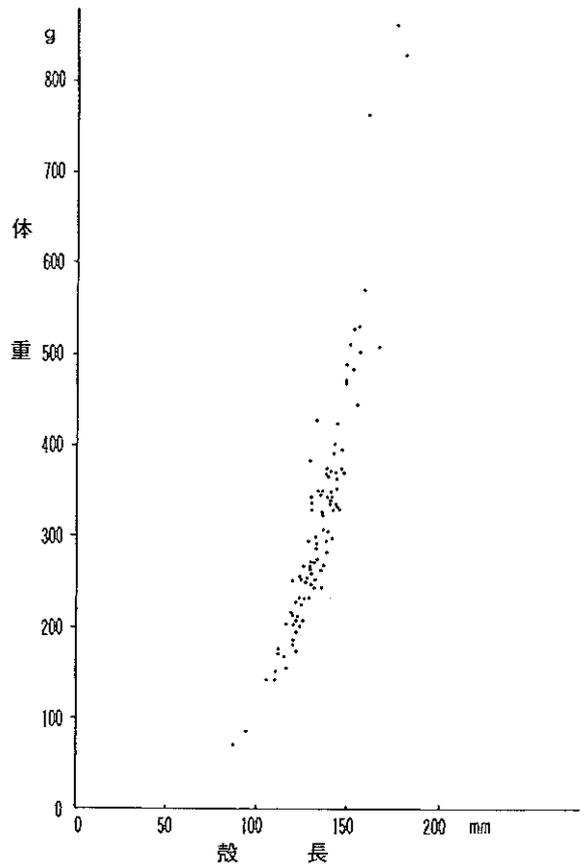


図15. メカイアワビの殻長と体重の関係 (1979年)

表6. 各地先のクロアワビの年齢と成長

単位 mm

県名	地先	年齢	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	研究者	方法・形質
三重	国崎		21	44	68	88	107	高山	加熱処理
	片田		23	48	74	90	101	〃	〃
徳島	阿部		22	54	80	101	117	小島	透光法, 輪紋内縁部
千葉	川津		34	69	95	115	132	田中・田中	透光法
	大沢		38	65	86	103	116	〃	〃
	川口		34	67	92	111	126	〃	〃
	川下		34	68	94	114	129	〃	〃
千葉	太海 (1979)		33	67	100	119	131	石田・田中・坂本・大場	透光法, 輪紋外縁部
	太海 (1980)		—	67	100	121	135	〃	〃
長崎	宇久島		27	46	80	—	—	市来・山下・種村	透光法, 輪紋内縁部

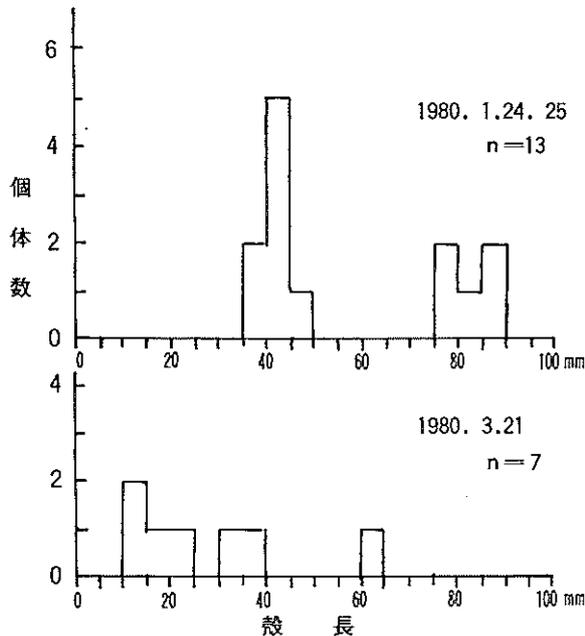


図16. メカイアワビの若齢貝の殻長組成

考 察

本研究で用いた方法と同じく、輪紋を形質としてクロアワビの年齢と成長を求めた報告としては、小島²⁾、市来³⁾、田中⁵⁾のものがある。その中で小島、市来³⁾は年齢の標示の位置として赤褐色帯輪紋の内縁部を用いている。そして、この標示の形成時期について、小島²⁾は9月下旬～11月に形成されるとして、生殖腺

の発達とは関係ないが、産卵期に形成されるとしている。更に、市来³⁾は第1輪紋は9月下旬～10月上旬に、第2、3輪紋は9月上旬～中旬に形成されるとし、この輪紋は産卵期に成長を停止し、厚みを増している部分でなく、産卵前の秋期の成長開始期にできる殻の形成部分であり、産卵とは関係ないとしている。一方、田中⁵⁾は輪紋は成長停滞期の8～11月に形成されるとして、高水温と産卵によるものとしている。このように、輪紋の形成要因には見解の相違がみられている。

ところで、本研究から幅のある赤褐色帯の輪紋は7月頃から形成が始まり、12月頃に終了し、新たに1月頃から茶褐色の殻皮をもった殻の形成が始まり、その伸長は1～6月に著しいという結果が得られた。また、このときの足部筋肉部重量^{**}をみると、1～6月には増加し、輪紋の形成期には減少する。更に、生殖腺は22～25℃の高水温期の8月下旬から9月初旬にかけて発達し始め、輪紋が形成されている10～12月に最も発達する。このようなことから、輪紋の形成は高水温による摂餌量の変化、貝殻の色から推定される餌の質的变化、及び生殖腺の発達、放卵、放精といった生理状態の変化などでおこると考えられるが、いずれにしても、年齢形質として重要である輪紋の形成機構については今後究明して行く必要がある。

井上⁸⁾は放流したマガリアワビを材料として0¹⁸/0¹⁶法による温度測定法を用いて、輪紋は1年に2本形成され、その時期は6～7月頃と12～1月頃であるとし

** 内臓部、生殖腺、外套膜を除いた軟体部重量

て、20℃以上の高水温期と産卵期の成長停滞期にあたるとしている。そうすると、筆者らが用いた藤本⁷⁾の方法による赤褐色帯の輪紋の内縁部の位置は、井上⁸⁾の報告の線としての1本目の輪紋にあたり、外縁部の位置は2本目にあたるのではないかと推定される。

クロアワビの年齢と成長は、用いた標示の内、外縁部の位置によって5mm前後の成長差が生じると思われるが、それ以上に海域によって成長が異なっている。千葉県太海仁右衛門島周辺海域のクロアワビの成長は徳島県の阿部、長崎県の宇久島より良く、また、3歳以上では千葉県の川口、大沢、川下より若干良くなっている(表6)。このことは、木下⁶⁾の指摘のとおり、地先間の環境の違い、すなわち、水温、濁り、餌料条件等が成長に影響を与えていると推定される。

一方、同一地先でも殻高の高低、殻の厚み等の殻形態に違いがみられ、また、産卵の遅速によって成長差が生じると思われることから、成長と環境条件との関係を明確にするには、これらの点を留意して検討する必要がある。更に、加熱処理を用いた高山¹⁾による三重県の国崎、片田のクロアワビの年齢と成長は他の海域より悪いが、方法を統一した条件のもとで比較検討を試みるのが重要であろう。

メカイアワビの輪紋内縁部の形成は、水温22~25℃の8月下旬から9月中旬に始まり、10月下旬の産卵期までに行われる。生殖腺の発達も8月下旬から9月中旬に進み、また、足部筋肉部重量は減少する。このようなことから、メカイアワビの輪紋形成もクロアワビと同様な条件でおこると考えられる。一方、メカイアワビの赤褐色帯の輪紋はクロアワビほど鮮明でなく、また、幅も狭く、内縁部の位置が段差となる場合が多い。アワビ類の種による生活様式の違いもあり、種によって輪紋の形成の仕方が異なることも考えられる。これらのことから、形成機構については種ごとに検討してみる必要があると思われる。

年齢形質を用いてメカイアワビの年齢と成長を求めた報告は見あたらないが、野中⁹⁾は放流員から年齢と成長を求めている。11月を起点として求めた南伊豆地先の年齢と成長は、 $l_1=25\text{mm}$ 、 $l_2=62\text{mm}$ 、 $l_3=108\text{mm}$ 、 $l_4=124\text{mm}$ 、 $l_5=138\text{mm}$ となっており、筆者らの3歳以上の成長と良く一致している。

クロアワビとメカイアワビの殻長150mm以上の年齢標示は不明瞭となるので、これ以上の年齢と成長については放流等の方法で検討して行く必要があると思われる。

クロアワビ、メカイアワビとも、第2輪紋の位置が

60mm未満で形成されたものは、その後の成長において60mm以上で形成されたものに追いつく結果は得られなかった。このことは、天然アワビでは産卵期の遅速がその後の成長に大きく影響を及ぼすことを示しているとも考えられるので、産卵期はアワビの成長、または、生残にとって重要な意味を持っていると思われる。

要 約

- 1) 千葉県太海、天面地先のクロアワビ、メカイアワビの年齢と成長を求めた。
- 2) クロアワビの年齢形質として用いた赤褐色帯の輪紋の内縁部は7月頃から形成され、12月頃には終了した。
- 3) クロアワビの輪紋の外縁部は10~12月に形成され、1月頃から輪紋とは異なる新たな殻の形成が始まった。
- 4) クロアワビの輪紋の形成は水温22~25℃の夏から産卵期にかけて行われた。
- 5) クロアワビの年齢と成長は、1979年では、 $l_2=66.7\text{mm}$ 、 $l_3=99.7\text{mm}$ 、 $l_4=119.3\text{mm}$ 、 $l_5=130.9\text{mm}$ となり、1980年では $l_2=66.7\text{mm}$ 、 $l_3=99.8\text{mm}$ 、 $l_4=121.3\text{mm}$ 、 $l_5=135.2\text{mm}$ となり、両年ともほぼ同様の成長を示した。
- 6) メカイアワビの年齢形質として用いた赤褐色帯の輪紋の内縁部は8月下旬から9月中旬に形成が始まり、10月下旬から12月初旬に終了した。
- 7) メカイアワビの年齢と成長は、1979年では、 $l_2=69.6\text{mm}$ 、 $l_3=102.1\text{mm}$ 、 $l_4=122.0\text{mm}$ 、 $l_5=134.2\text{mm}$ となり、1980年では $l_2=67.5\text{mm}$ 、 $l_3=104.0\text{mm}$ 、 $l_4=124.4\text{mm}$ 、 $l_5=135.8\text{mm}$ となった。
- 8) 本研究で得られたクロアワビの成長を他地先のそれと比較したところ、かなりの相違がみられた。しかし、成長と環境との関係を明確にするには、材料を吟味し、方法を統一する必要があると思われる。

文 献

- 1) 高山活夫：三重県産鮑の成長度について(1)、水研誌35(4)、99-100 (1940)
- 2) 小島博：徳島県におけるクロアワビの生長に関する2・3の知見-I。年齢形質と生長、水産増殖、23(2)、61-66 (1975)
- 3) 市来忠彦・山下金義・種村一成：長崎県宇久島沿岸におけるクロアワビの幼稚貝の分布と成長、長崎水試研報、(3)、84-94 (1977)
- 4) 影山佳之・伏見浩：若齢メガイの輪紋形成、静岡

- 水試研報, (13), 83-92 (1979)
- 5) 田中邦三・田中種雄：千葉県沿岸のクロアワビの年齢と成長について. 日水研報告, (31), 115-127 (1980)
 - 6) 木下虎一郎・渋谷三五郎：北海道産エゾアワビの生長に関する考察. 北水試研報, (1), 2-6 (1949)
 - 7) 藤本武：アワビ類の年齢査定の一方法について. 水産増殖, 15(3), 19-22 (1967)
 - 8) 井上正昭・大場忠道：アワビの成長と年齢形質としての輪紋について. 神水試業績, No. 79-13, 107-113,
 - 9) 野中忠・中川征章・佐々木正・松浦勝己：静岡県沿岸の磯根資源に関する研究-V. 南伊豆におけるアワビの成長. 静岡水試研報, (2), 41-48(1969)