

垂下養殖アカガいのへい死防止試験*

塩垣 優・浜田 勝雄・鈴木 勝男

異常高温として記録された昭和48年の夏から秋にかけて、陸奥湾におけるアカガイ養殖始まって以来の最高の採苗成績を残した昭和45年産貝が大量に死滅し、あらためて垂下養殖におけるアカガいのへい死問題が注目されるに至った。これまでも、アカガイ養殖を手掛けてきた業者は、経験的にアカガイが満2年以降の夏から秋にかけて死ぬものが多いことを知っており、このたびのへい死はこれまでにない859万個と、史上最高の種苗(小川、1973)を持ったため、その被害が大きく問題となったものである。

今年度は、アカガいの垂下養殖におけるへい死防止技術を確立するための基礎研究として、天然貝と垂下養殖貝との間にいかなる相違がみられるかを明らかにすることに力点を置いた。

元来、泥に潜り、さらに足糸でもって他物に絡みつき、体を固定させるという特異な生態を示すアカガイを、泥底とは全く環境条件の異なる中層に引き上げ、カゴに収容すること自体に、アカガイをへい死させる誘因があり、さらには生殖素放出後の衰弱とあいまって死に至るものと考えられてきたが、今回、この仮説の一部を裏付ける結果が出たため、養殖法の転換を図るべきと結論された。

報告を始めるに当たり、アカガイ足筋肉中の鉄分含有量の測定、ならびにアカガイの色素等の文献紹介等に多大のご援助を頂いた県水産試験場の長峰良典淡水増殖部長および本試験に対してご助言と激励を賜った国立真珠研究所の植本東彦博士に深く謝意を表するとともに、試験施設の諸々の事故のため多大のご迷惑をお掛けした平内町漁協土屋支所の各位に対し、深くお詫び申し上げます。

試験場所

試験漁場：茂浦、土屋の共同漁業権漁場の境界沖、水深40m

卵抜場所：当センター前、水深5.5m(第1図)

試験期間

昭和49年4月24日より昭和50年2月7日

試験施設

幹綱水深10mとした延縄施設を設置し、第1表に示すように、各試験貝を垂下ならびに海底に設置した。垂下用には7分目の10段丸カゴを、海底カゴ養殖にはプラスチック角型コンテナ(商品名プラスチック、66×42×32cm)を用い、上面に7分目のナイロン網をかぶせ、中央で縫い合せ、貝を自由に出入り入れできるようにした。このカゴの下半部4点(各辺の中央)に、カゴの安定性を増すよう1ヶ所に190gの鉛足3個をつけた(第2図)。

このカゴには平内町浅所から採取した砂泥を約3分の1程度入れ、さらにこの上に、^{土屋}久米坂沖の鷗島

* 保護水面管理事業に伴う調査を含む。

近くで採取した表層泥を入れた。なお、これらの泥は篩にはかけずそのまま用い、カゴの内面には泥が抜け出ないように新聞紙を敷いた。

試 験 貝

47年産貝(平内町清水川産)、45年産貝(平内町浦田産)は試験当初それぞれ平均殻長 $34.79 \pm 7.99 \text{ mm}$ (n=90)、 $63.32 \pm 4.82 \text{ mm}$ (n=259)であった。45年貝は48年の異常へい死の生残貝であり、成長の悪いものであった。

各々の貝は第1表に示したように、47、45年貝をそれぞれ280、970個使用した。

第1表 試験貝ならびに試験内容

貝年齢	区分	垂下深 水 下 深	カゴ No.	試 験 内 容	収 容 容 器	試験貝数	備 考								
47 年 貝	垂	(m) 10	—	無 処 理	パールネット 2分目 (約50cm/個)	280	小貝40個/段 中貝30 " 大貝25 "								
								45 年 貝	下 養	10	1	卵 抜 処 理 (無標識)	丸 カ ゴ 20個/段 (98cm/個)	140	7/14 紛失
											2	" (")		140	
											3	" (")		140	
											4	対 照 (標 識)		60	
								年 貝	殖	25	5	高 密 抑 制 (無標識)	"	140	9/17 紛失
											6	" (")		140	
											7	対 照 (標 識)		60	
											貝	海 底 カ ゴ 養 殖		40	
								9	" (")	30					
								10	" (")	30					
								11	泥 な し (")	30					
			12	泥 入 (無標識)		30									

試験貝のうち、カゴNo 4、7、8、9、10、11、のものについては、殻表面に黄色のペイント塗料により数字を書き入れて標識とし、個体別の成長をみた(第2図)。

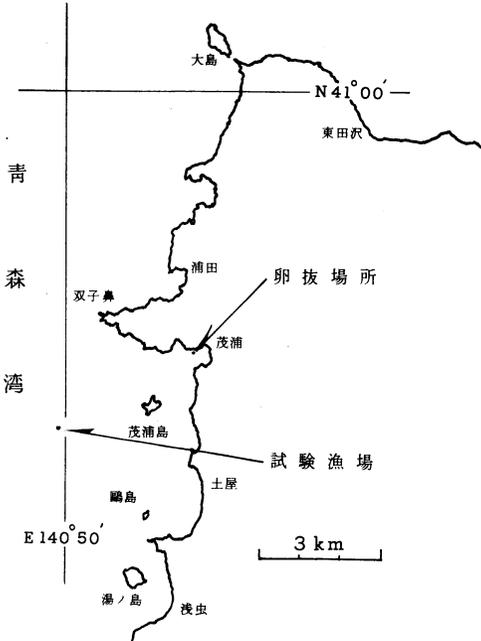
測 定 項 目

各々の試験群につき、場合に応じて5~20個体を測定に供した。卵抜処理中の貝については5~10個、垂下貝については20個、泥入貝については15個を原則とした。

測定項目は各々の貝につき下記のとおりとした。

- (1) 殻長、殻高、殻幅、真の全重量(殻の一部を開けて外套腔内の水を排除した後計量)、軟体部重量、真の軟体部重量(真の全重量-殻重量)、殻重量、桿晶体湿重量(メトラー自動秤により1mgの単位まで読取った。)

(2) 生殖腺の横断片をホルマリン固定し、組織観察用とした。



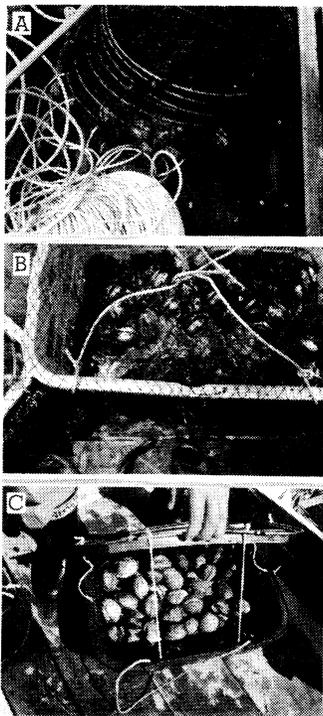
第1図 試験漁場および卵抜場所

(3) 各試験貝のうち、1部のもの足先端部を湿重量で約0.5~1.0g切り取り、100℃で乾燥させ、鉄含有量の測定試料とした。試料は硝酸で溶解後、原子吸光法により鉄分の測定を行なった。

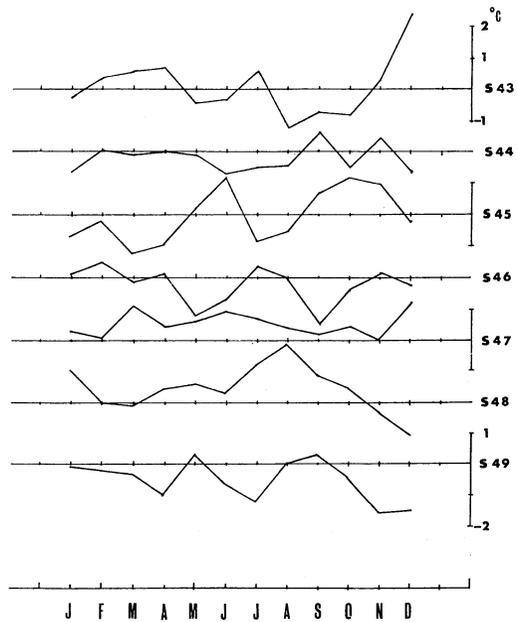
(4) 足筋肉の肉色の測定

浦田産45年貝の20個を昭和49年4月14日測定の際、その色合の最も赤橙色の強いものと最も白色味の強いものを選び、色名帖により最も近似の色調を検索し、各々5-17-6 (yellowish orange) 5-19-1.5 (brownish white) を基準とし、それぞれを足肉色度4、1とした。肉眼観察により、その間に中間階級を2階級設け1~4として足肉色度とした。

これは後に述べるように、天然貝、泥入貝の測定を進めるうち、足肉色度4以上に相当するものがでてきたため、2階級を増やし、1~6とした。



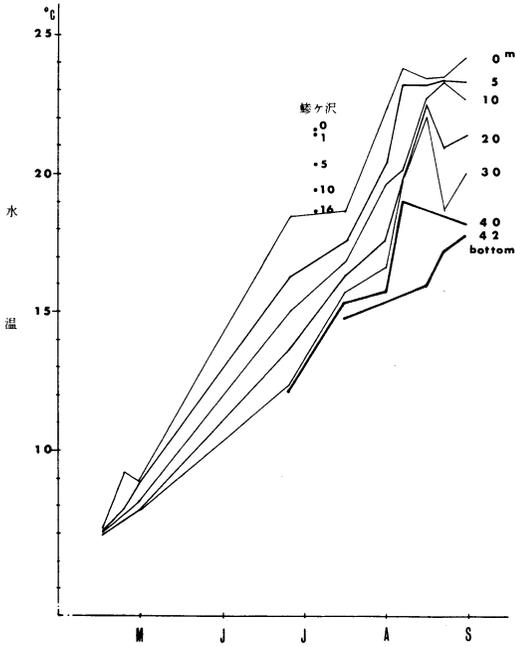
第2図 試験カゴ (A. 丸カゴ、B. 泥入カゴ、C. 卵抜カゴ)



第3図 茂浦地先表面水温の年平偏差 (昭和43~48年の6年間の平均値を使用)

(5) 生殖腺の幅の測定

軟体部長の前方より約3分の1の位置を垂直に切断し、デバイダーで0.1mm単位で測定した。測定幅は切断面にみられる最長幅をもってしたが、極度に周縁部と差がある場合にはこれを除いた次長幅とした。



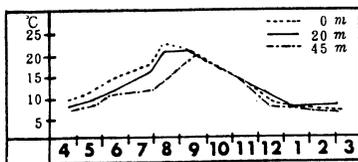
第4図 試験漁場の水温変化

1. 垂下養殖貝と泥入貝との間にみられる生理的相違

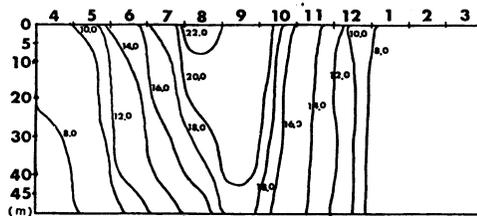
前述したように、垂下養殖貝と潜泥した貝との間には環境条件の違いからくる生体反応としての生理的相違が認められるとの想定から、これらを(1)アコヤガイなどで、貝の健康状態の指標として使用されている桿晶体重量(植本, 1967)、(2)成長、(3)足筋肉中の鉄含有量、(4)生殖腺の発達、(5)足筋肉の肉色等を測定し、その差と変化をみた。

1-1 試験漁場の環境条件

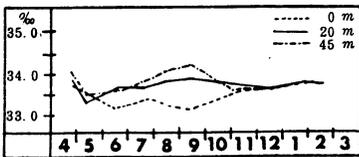
本年度の海況の特徴の一指標として、当センター前で観測している茂浦地先表面水温の変化を平年偏差として第3図に示した。これによれば本年度は平年よりはかなり低温で推移していることが明らかである。特に6、7月と9月以降の低温期



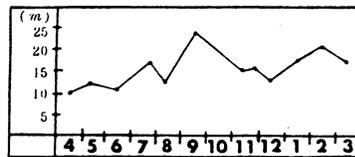
水温



等水温・水深曲線



塩分



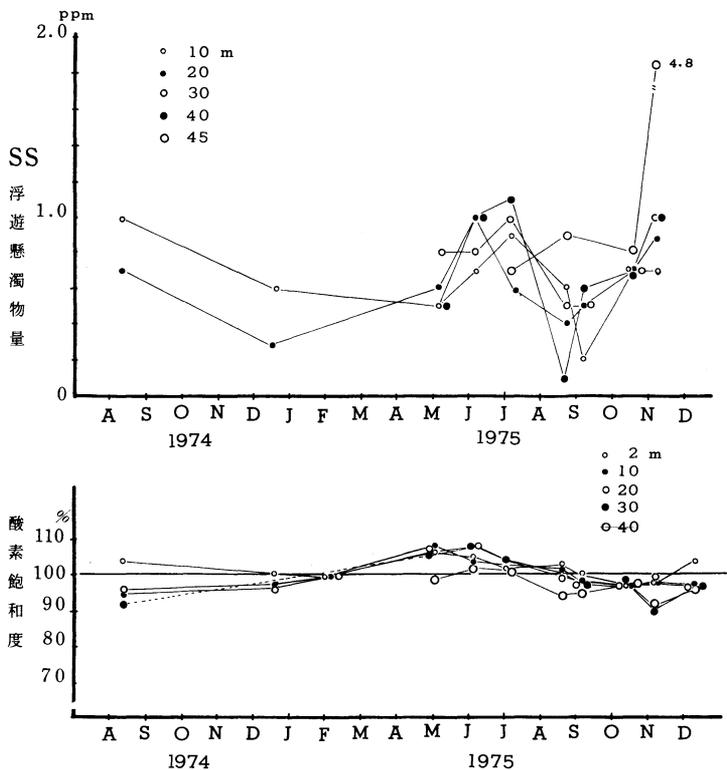
透明度

第5図 浅海定線観測点1における水温、塩分、透明度(尾坂, 1975より)

はそれぞれ平年差1、2℃もあることがきわだっている。つぎに、試験施設を設置した場所の水深別の水温変化を第4図に示した。これによれば、4月以降成層期に入り、8月中旬でその盛期となっており、表面と底では約8℃の水温差が認められる。この水温差は、垂下層である10、25mの2層間の差よりも、海底部と25m層との差が大きい。なお、本年度は海底部で最高水温が20℃を越すことはなかったように思われる。水深10mでは23℃をわずかに越したに過ぎない。

なお、本試験場所に近い青森湾央の浅海定線観測の定点1(水深48m)での水温、塩素量、透明度を第5図に、また、茂浦地先水深47mでのSS(浮遊懸濁物)、酸素飽和度を第6図に示した。

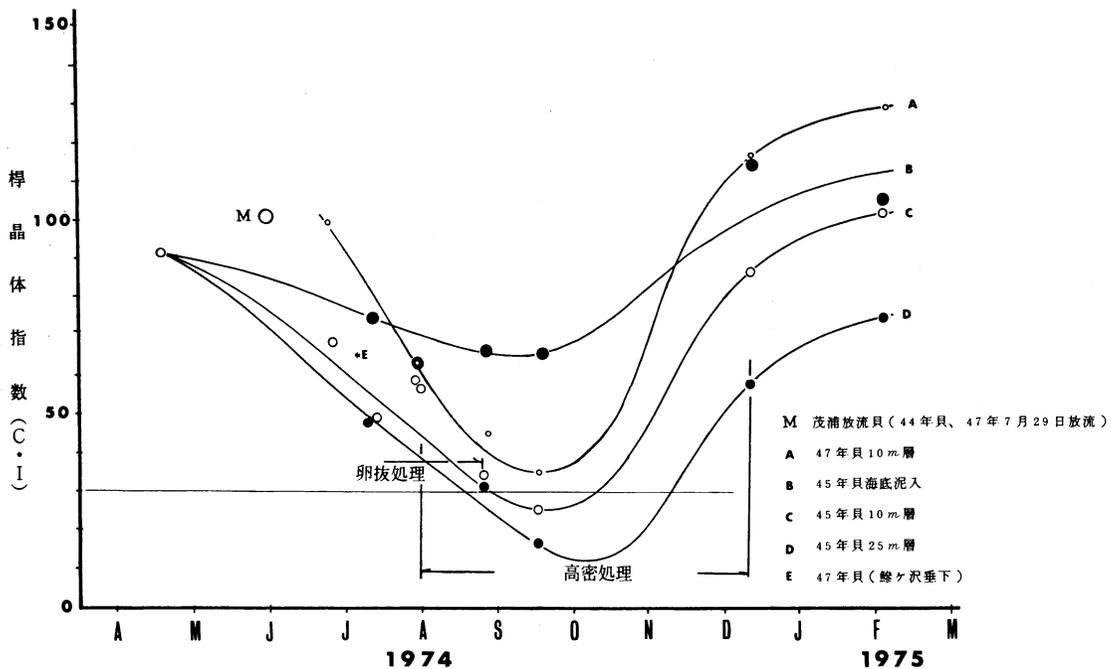
これらによればSSは1ppm以下と少なく、層別の差は顕著ではない。酸素飽和度は各層とも90%以上を推移しており良好といえるが、底層ほど低い値を示している。塩分は33.0~34.5‰であり、夏季には層間差が大きく、底層ほど高い。透明度は10~23mで春季の透明度が低く、次いで秋に低い。



第6図 茂浦地先(水深47m)でのSS、酸素飽和度(永峰、1975より)

1-2 桿晶体指数

測定方法：試験漁場で試験員を取り上げてから測定にかかるまで、船上での作業時間を含め約3時間前後を要した。試験員は室内で各部の測定終了後、軟体部を傷つけないよう取り出し、桿晶体をピンセットで摘出し、葉包紙を敷いたシャーレに移し、ふたシャーレの内面を水で濡らし、計量までの乾燥を防ぎ、直ちにメトラー自動秤で測定した。



第 7 図 各試験群の桿晶体指数の推移

なお、桿晶体指数は次のように算出した。

$$\text{桿晶体指数 (Crystalline style Index)} = \frac{\text{桿晶体湿重量 (mg)}}{\text{殻長} \cdot \text{殻高} \cdot \text{殻幅 (cm)}} \times 10^2$$

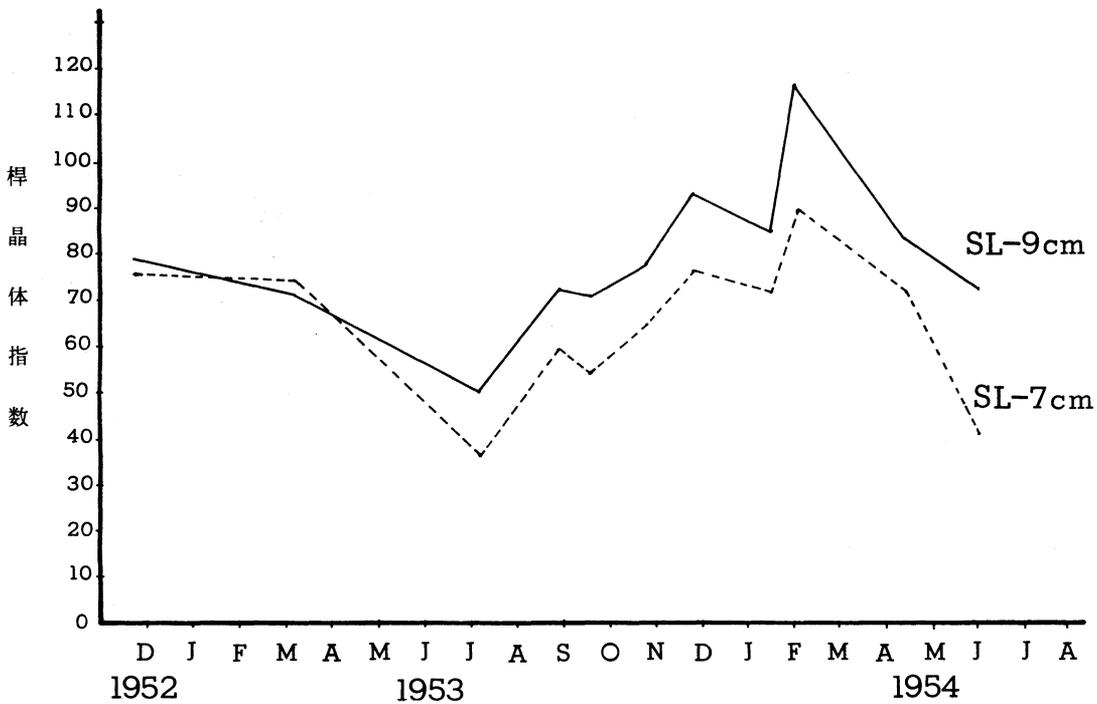
桿晶体に関しては種々の報告があるが、桿晶体のう内にあるゼラチン様の棒状の物質で、消化酵素の供給体と考えられ、その頭部は胃楯に突き当っており、桿晶体のう上皮細胞の繊毛運動により回転しつつ摩耗し、少量ずつ消化酵素を分泌している。アカガイの桿晶体は透明で溶解しやすく、二枚貝のそれとしてはカキと同じく非常に敏感なものと思われる。

貝活力の指標としてはアコヤガイの卵抜処理で使用されており、仕立作業による抑制作用が効くにつれ、桿晶体重量の低下がおこっている。貝活力の間接的測定事項として、同様の指標となりうるものに、閉殻筋の閉殻力、酸素消費量等が指摘されている(植本、1967)。

このような性質をもつ桿晶体であるが、今回の試験では計量までに各試験群を同一条件(測定までの時間、気温等)にはできず大まかな結果であることを予めお断わりしておく。

第7図に、各試験群における桿晶体指数(C・Iとする)の推移を示した。図中、Cの10m垂下群は卵抜処理の項で述べるが、8月下旬まで卵抜処理を行ない、その後元の施設に再垂下したものである。後述するように、この群とDの高密処理群との対照貝は紛失してしまい、無処理の本来の垂下群の夏季のC・Iは不明である。

これらの結果から明らかなことは、泥入貝、垂下貝ともに夏から秋にかけてC・Iの低下が認められるが、泥入貝についてはその低下が垂下貝ほどではないことである。また、寒冷期におけるC・Iは47



第8図 トリガイの桿晶体指数の季節変化(井上、1955より)

年貝が45年貝より上回っていることが注目される。

二枚貝の桿晶体重量の季節変化については井上(1955c)のトリガイ *Fulvia mutica* のまとまった報告があるほかは断片的なものが多い。第8図に、殻長7cm群と9cm群の2群に分けたC・I(ここでは資料不足から桿晶体重量×10²÷殻長³を用いた)を井上の資料から計算して示した。調査対象の周防海域におけるトリガイの産卵期は年2回、2～6月と8～11月とされ、その盛期は4～5月、9～10月である(井上、1955b)。一方、C・Iは7月初旬に最低を示しており、春の産卵から2～3ヶ月後に相当する。また、秋季の産卵後のC・Iの落込みに相当するのは1月中旬と思われ、この方は産卵から3～4ヶ月後に相当し、春のものよりもその低下は著しくない。産卵による貝活力の低下がC・Iの低下となって現われることが明瞭に示されており、ことに春の産卵で著しいことが分る。また、トリガイの障害輪形成時期は4～1月の年1回とされ(井上、1955a)、この時期はC・Iの低い時期によく合致している。また、貝の大きさ別にはC・Iの変動は小さいようである。C・I値の推移と活力の関係はアカガイについても同様のことがいえるものと思われる。

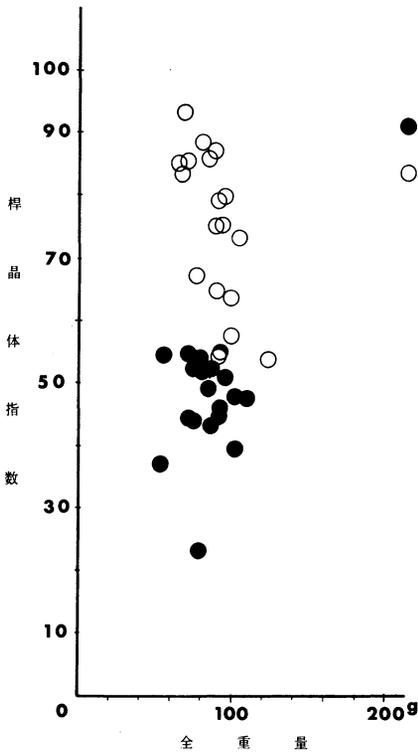
第7図に示したアカガイの泥入貝については、泥に入れる前と入れた後の翌年2月でのC・Iにはかなりの増加が認められ、10m垂下群についても同様のことが言えるが泥入貝ほどではないようである。また、高密処理を長期間行なったDは、12月初旬元に戻したにもかかわらず、その回復は遅く、抑制期間の衰弱が長く影響していることを暗示している。

一方、C・Iが最低値を示す時期の問題であるが、今回の試験では10月の測定が欠けており正確に

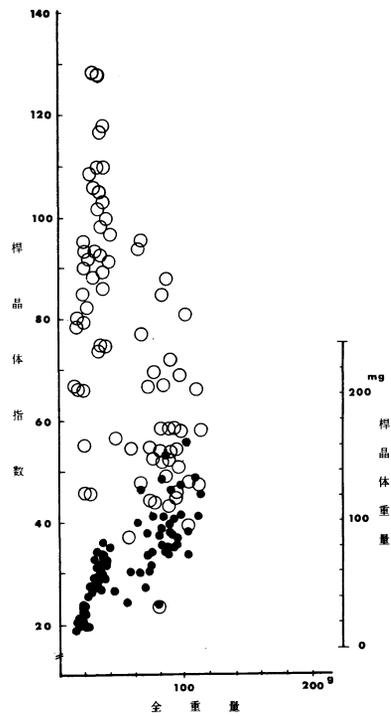
は判断しかねるが、4試験群のC・Iの状態からみて、9月中旬から10月上旬ではないかと思われる。図では4群ともその最低期が少しずつずれているが、測定回数の少なさからこういう結果がでたのか、実際にこうなのかは不明である。

後述する卵抜処理実験でのC・Iと累積へい死率との関係を第20図に示した。これによればC・Iが30に落込んで急激にへい死率が上昇している傾向が伺われる。このことから、大量へい死の始まる時期をC・I 30とすれば、垂下養殖の45年貝についてのみC・Iが30以下を示しており、8月中、下旬がへい死の始まる時期となる。47年貝、泥入貝はともに全期間を通じてC・I 30以下を示していない。

しかし、47年貝については、へい死のおこる時期は満2年以降の夏から秋(小川、1972)とされており、今回の試験でも9月中旬にC・I 40を下回っていることから、かなりのへい死が予想される。満2年貝の生残率は小川(1972)によれば第3表に示したように38.9%とかなり低く、そのへい死時期は9~10月の間である。今回の試験では、47年貝は8月29日までへい死貝はわずかに2個体だけであり高い生残率を示していたが、12月10日の時点で総数118個のうち55.1%のへい死率を示した。これは、8月以降全く放置していたためヒトデ*Asterias amurensis*(腕長5cm前後)の侵入があり食害されたものと解釈していたが、2年貝で自然へい死したうえにヒトデの食害があったかもしれない。



第9図 垂下貝と泥入貝の桿晶体指数
(49.7.14)



第10図 垂下貝の桿晶体重量と指数
(49.6.25~7.14)

第2表 泥入貝および高密処理貝の累積へい死率

試 験 群	カゴNo	収 容 密 度 個/段、カゴ	累 積 へ い 死 率 (%)					
			7月14日	7. 3 1	8. 2 9	9. 18**	12. 1 0	
海 底 カ ゴ 養 殖	泥 入 貝	1	30	—	0	—	—	3.3
		2	30	—	—	6.7	—	10.0
		3	30	3.3	—	—	—	紛失
		5	30	—	—	—	0	10.0
		平均	30	—	—	—	—	7.8
	泥なし	4	30	6.7	—	—	—	33.3
乗 下 養 殖 貝	高 密 処 理 貝 [*]	1	40		0	0	—	15.0
		2	40	ま	0	0	—	20.7
		3	40	だ	0	2.5	—	10.5
		4	40	処	0	0	—	17.5
		5	40	理	0	0	—	35.0
		6	40	せ	0	0	—	紛失
		7	40	ず		—	—	—
		8	40		}紛失	—	—	—
平均	40	—	—	—	—	—	19.7	

*丸カゴ(20個/段)から7月31日、1分目パールネットに移しかえる。

**隣の施設に絡まり、試験員の採取できず。

第2表に、2試験群の累積へい死率を示した。これによればC.I 30以下を示したDの高密処理貝は8月28日の時点でほとんどへい死していないが、この時以降急激にへい死が進行した可能性があり、12月の調査で10.5~35%のへい死率を示した。

以上、C.Iとへい死の関係について大まかにみたが、このことについては後で詳しく述べる。

次に、垂下貝と泥入貝との全重量とC.Iとの関係を第9図に、また垂下貝の桿晶体重量とC.Iとの関係を第10図に示した。

第9図においては、泥入貝で個別のバラつきが大きく、垂下貝ではほぼC.I 50に集中しているが両者には明瞭な差が認められる。全重量の異なるものについての桿晶体については、桿晶体重量は当然ながら全重量と正の相関が、C.Iには逆相関が認められる。

C.Iが生理活力の指標として利用できるとすれば、各年齢別の時期別の正常なC.Iについて、できるならば天然貝で明らかにしておくことが望まれる。

いずれにしても、垂下貝では泥入貝よりも水温上昇に伴ない、C.Iの急激な低下がおこることは確かで、それだけ貝活力の低下が大きいものと考えられる。この原因として考えられることは、ほかの観察結果を総合して後述する。

第3表 大湊における垂下貝および泥入貝の成長、生残率 (44.5.1より45.3.24試験)

	垂下層 (m)	貝の発生年次	収容容器	収容密度 (個数/100cm ²)	増殻長率 (%)	増重量率 (%)	試験貝数 (個)	生残率 (%)
海底泥入貝	10	43年	ディック ポリカゴ	3	200	320	36	61.1
		42年	ディック ポリカゴ	1	32	144	12	83.3
垂下貝	7	43年	パールネット 2分目	3	170	278	33	93.9
		42年	丸カゴ 5段	1	27	117	18	38.9

小川(1972)より一部引用

1-3 成長

生物の成長量は生体の生理状態からくる生物的時間の積算結果としてとらえられる。

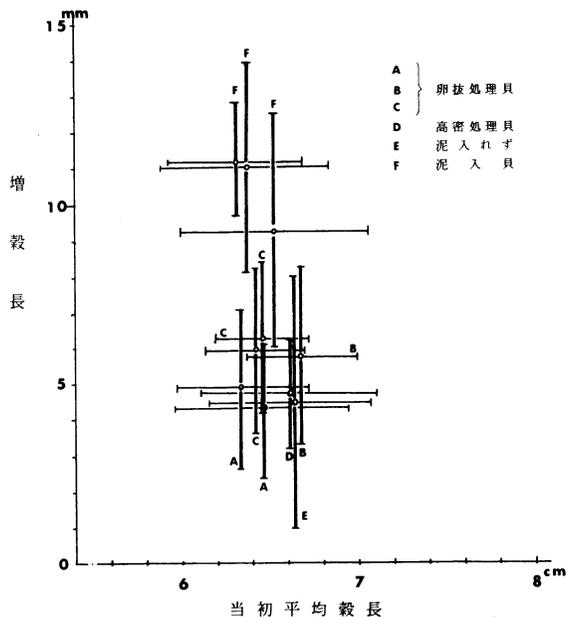
第11図に、各試験群の試験開始時の平均殻長(±標準偏差)と試験終了時までの成長量(平均増殻長±標準偏差)を示した。A~Fまでの6試験群であるが、A~Dはある期間成長抑制の処理を行っており、当然それだけ無処理のものよりは成長量が小さくでているので単純に比較はできない。

垂下群の無処理の対照貝を紛失したため、試験群間の成長の比較ができないが、ここでは小川(1972)が行なった試験結果から引用してみる。

第3表に、小川が行なった試験のうちの多くの例の中から4例についてまとめてみた。

この試験では、当年貝、1年貝が主で、1例についてのみ2年貝があるが資料が不十分なため、前2者についてだけを見る。当年貝は試験開始の時期で殻長1.7cmとまだ完全に潜泥生活に移行していない時期のものを使用しているため、61%とかなり低い生残率となっているが、潜泥してからの成長は垂下貝よりも良いことが分る。1年貝についても、垂下貝よりは相当良い成長を示している。

小川の例を引くまでもなく、泥入貝、即ち天然貝の方が良い成長、生残率を示すことは前項の桿晶体指数の差からも充分考えられることである。



第11図 各試験群の増殻長 (49.4 ~ 49.12)

1-4 足筋肉中の鉄分含有量

田村(1939)によれば、アツタマキビ *Littorina mandschurica*、コシタカガンガラ *Omolalus rusticus*、アカザラガイ *Chlamys nipponensis*、ホタテガイ *Patinopecten essoensis*、アカガイ *Anadara broughtonii* など11種類の貝類の水温別酸素消費量を調べているが、消費量は上部潮間帯に生息するアツタマキビが最も多く、上の順位で低くなっている。アカガイはこの中で最も消費量が少なく、低酸素に強いと言える。

一方、垂下養殖貝では潜泥貝に比べ酸素条件では好環境にあり、天然貝とは異なった生理的対応を示していることが考えられる。

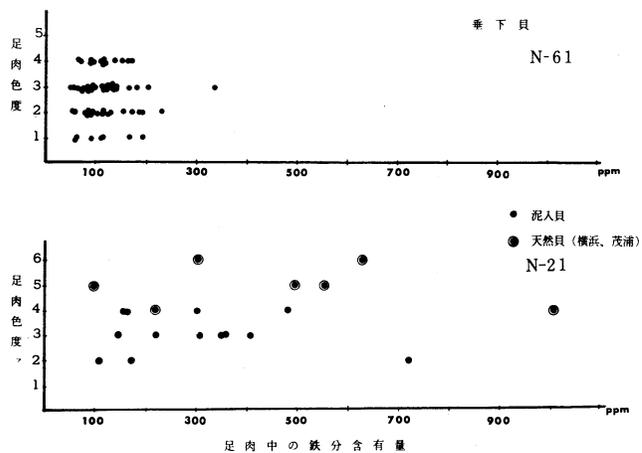
アカガイの血球は軟体動物のそれが一般的にはヘモシアニンからなるのに反し、鉄ポルフィリンを補欠分子団とする複合蛋白質の一種であるエリトロクルオリン *erythrocrucorin* であり、広義のヘモグロビンとされ(岩波生物学辞典、1960)、アカガイのほかにはアカガイの一種 *Arca corneus*、*Arca tetragona*、ペニガイの一種 *Tellina planata*、トヤガイの一種 *Cardina aculeata*、タマキガイの一種 *Pectunculus glycymeris*、カタツムリの一種 *Planorbis corneus* など知られているにすぎない(大谷・富士川、1934)。

これらのことから、アカガイの血球数と鉄含有量とは正の相関を有するといえる。そこで、初めに述べたように、足筋肉中の鉄含有量を測定した。本試験の試料のうち、卵抜、高密処理期間中のもを除いた垂下貝と泥入貝および天然貝の足筋肉中の鉄含有量を第12図に示した。泥入貝、天然貝で含有量の幅が大きく、また多いことが分る。天然貝で、100~1,110 ppmと幅が大きく、非常に不安定な結果となっている。

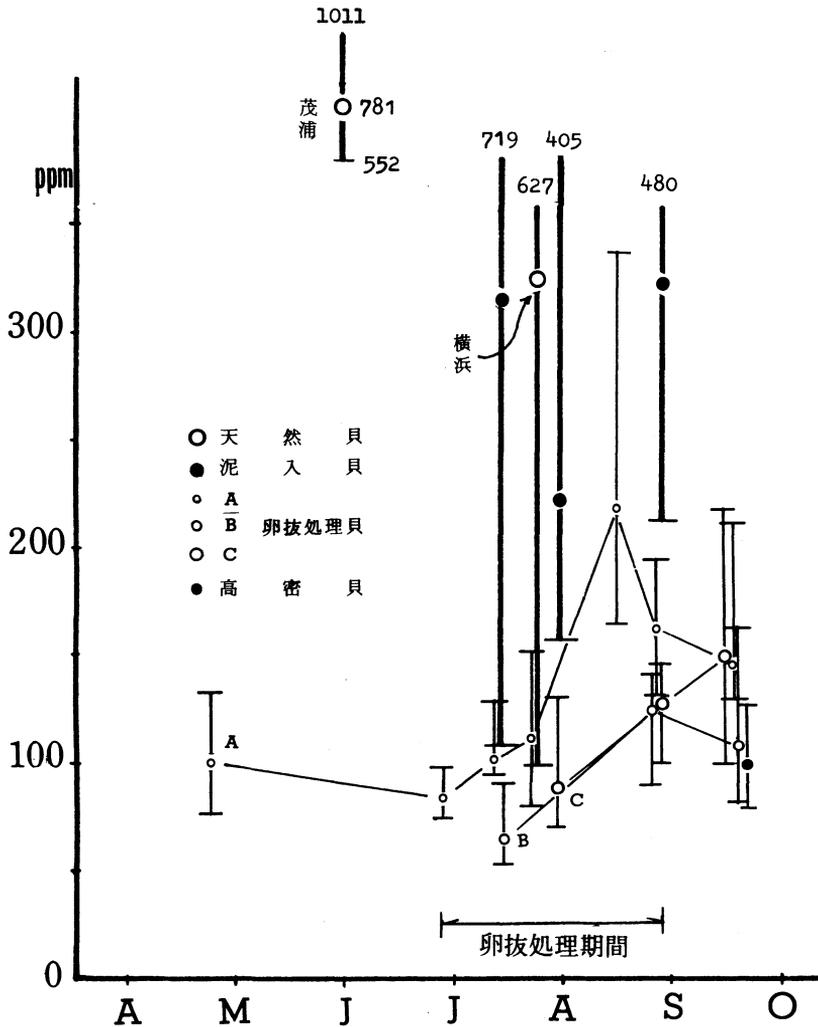
この原因として考えられることは、測定試料が筋肉であり、血液の中に含まれる血球のほかに、血しよう、さらには筋肉組織に含まれる全てのFeを測った結果であるためと考えられる。血球のほかにどの程度の割合でFeが含まれるか不明であるが、厳密には血液を測定すべきであると考えられる。このように、今回の測定結果には不満足な点があり信頼性に欠けるが結果を検討してみる。

第13図に、天然貝、泥入貝および卵抜処理貝の足筋肉中の鉄含有量の推移を示した。卵抜処理を行なった群では、卵抜期間中に鉄含有量の増大が認められ、処理後には元のレベルまで下っている。

植本(1967)によれば、アコヤガイの母貝仕立に使用される竹カゴ内の溶存酸素量は常に外囲海水よりも低い値を示すとしている。このことから、卵抜カゴについても同じことが言えることから、処理期間中低酸素におかれた貝が酸素適応の結果、鉄分が多くなったものと考えられる。しかし、この点については直接血液による測定結果をみなければ断定はできないと思われる。



第12図 垂下貝と泥入貝、天然貝の足肉色度と鉄含有量との関係



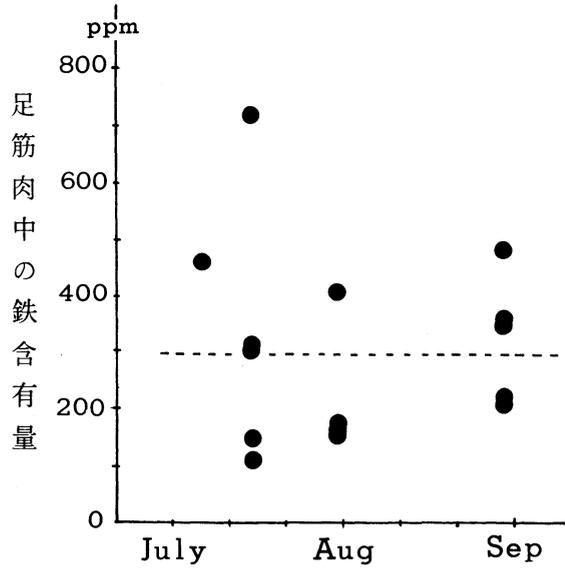
第13図 天然貝、泥入貝および卵抜処理貝の足筋肉中の鉄含有量

次に、垂下養殖を行ってきた貝(45年産貝)を4月に泥に入れたが、これらの貝の時間経過と鉄含有量との関係を第14図に示した。これによれば時間経過との間には無相関のように見えるが、4月に泥に入れた後かなり短い期間である値に達するものと思われる(この場合平均 294 ± 164 ppm)。なお、7月21日採捕の5個体の天然貝(平均殻長 123 ± 1.0 cm、全重量 410 ± 82 g、黒崎から南東約6 km、水深30 mで採捕)の鉄含有量は 349 ± 211 ppmであった。

アカガイの筋肉中の鉄含有量には多くの資料についてみて季節変化はないようである。

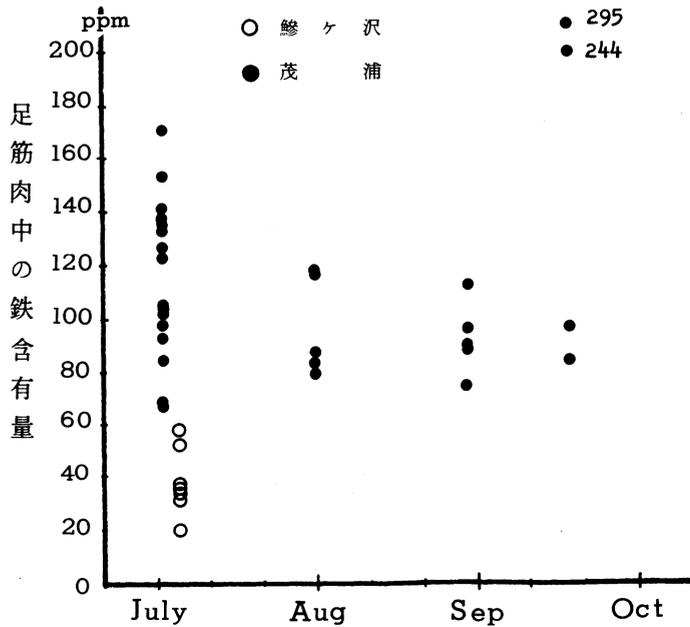
第15図に、47年貝の垂下貝の足筋肉中の鉄含有量の推移を示したが、鰺ヶ沢、茂浦垂下のものではかなり差があるといえる。両地点での試験は昭和49年2月8日(茂浦)、2月18日(鰺ヶ沢)に設置したもので、鰺ヶ沢は外海に面した水深16.5mの砂底上、水深2mに垂下したものである。日本海に面する鰺ヶ沢は当然水温は高いが(第4図参照)、波浪の影響が強く、養殖漁場としては不適合であった。

冬期間の波浪のため、殻皮は全くすりむけ成長は非常に劣った。増殻長率は茂浦で111.1%(49.6.25)、鰺ヶ沢102.6%(49.7.4)であった。



第14図 泥入貝の足筋肉中の鉄含有量の推移 (49.4泥入)

このような環境を背景とした養殖貝で、第15図にみられるような鉄含有量の低下がみられることは、第7図に7月4日測定の様晶体指数を示したように、この点でも茂浦のものよりも低い値を示していることから、鉄含有量が活力の度合を表わす指標として有効と思われる。しかし、前述したように血液を直接測定する方法による追試の必要があろう。

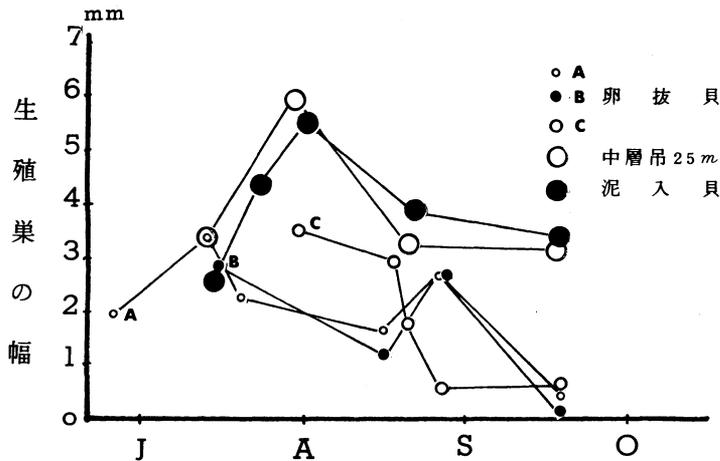


第15図 垂下貝(47年貝)の足筋肉中の鉄含有量の推移

1-5 生殖腺の発達

生殖腺の発達については組織切片による組織化学的検討が必要であり、試料は現在アルコール保存をしており、今後検討を加えたいと考えている。

ここでは、量的な発達をみるのに最も簡便な方法として、前述したように軟体部横断面における生殖巣の幅の測定を行ない、その経過をみたのが第16図である。



第16図 各試験区の生殖巣の幅の変化

中層吊貝(25m層)と泥入貝とはほぼ似た傾向を示しているが、ただし泥入貝の方で周期が遅れている。このことは水温条件の差から当然考えられるが、予想以上には遅れていない。

次に、本試験は泥入貝と垂下貝で生殖腺の発達に量的な差があるのかどうか大きな問題であったが図にみる限りにおいては両者とも差は認められない。

ただ、ここで両者の生殖腺の発達に量的な差がないとしても、成層期に産卵するので垂下貝の方が同じ量の放卵、放精を行なえば水温条件一つをとってもその後衰弱が激しく、さらに体の姿勢を定位できないため体の消耗が激しく活力の低下が著しいものと考えられる。

一方、垂下貝で正常な生殖生理を営んでいるのか、量的な面からだけでは判断できず、この点についても、また後述する性の転換ともからんで、組織化学的検討が必要となり、今後の大きな課題である。

アカガイの性比に関しては、陸奥湾産のものについて菅野(1968)の、仙台湾産のものについて宮城県(1975)の報告があり、また陸奥湾産の垂下養殖貝については田中(1974)の報告がある。

宮城県の報告によれば殻長70mm以下では雄が多く、さらに雌雄同体のものがみられ、殻長80mm以上で雌雄比が1:1を示すとしている。菅野は1:1としているが殻長組成については触れていない。

第 4 表 泥入貝および垂下貝 (45 年貝) の性比

泥 入 貝						垂 下 貝						調 査 区
調 査 日	平 均 殻 長 (mm)	雄 (個)	雌 (個)	不明 (個)	調 査 個 体 数 (個)	調 査 日	平 均 殻 長 (mm)	雄 (個)	雌 (個)	不明 (個)	調 査 個 体 数 (個)	
7. 14	71. 1	11	4	0	15	7. 14	67. 3	16	2	2	20	10 m
7. 30	69. 3	10	1	4	15	7. 30	75. 1	9	0	1	10	25 m
8. 29	69. 8	8	7	0	15	8. 1	67. 1	12	2	2	16	10 m
						8. 29	68. 1	12	5	4	21	25 m 高密収容
合 計	—	29	12	4	45	合 計	—	49	9	9	67	—
性 比	—	2. 41	1	0. 33	—	性 比	—	5. 46	1	1	—	—

田中によれば満 3 年前後の垂下養殖貝では雄が圧倒的に多く、雌雄比はおよそ 1 : 7 であるという。これらのことから、アカガイにおいても性の転換がおこるものと考えられるが、垂下養殖貝においても殻長 80mm 以上のもので 1 : 1 の性比を示すかが問題である。

この点について検討しうる材料はないが、今回の実験に用いた貝の性比については第 4 表に示したとおりで、泥入貝で垂下貝より雌の比率が約 2 倍となっている。ここに示した垂下貝は 10、25m の両垂下群のうち、8 月 29 日調査のものを除き無処理のものである。この結果ではほぼ同じ大きさの貝でも、泥入貝の方が雌が多くなっている。これが泥に入れたことによる効果であるかどうか興味ある問題であるが、今後の検討課題である。

1 - 6 足筋肉の肉色度

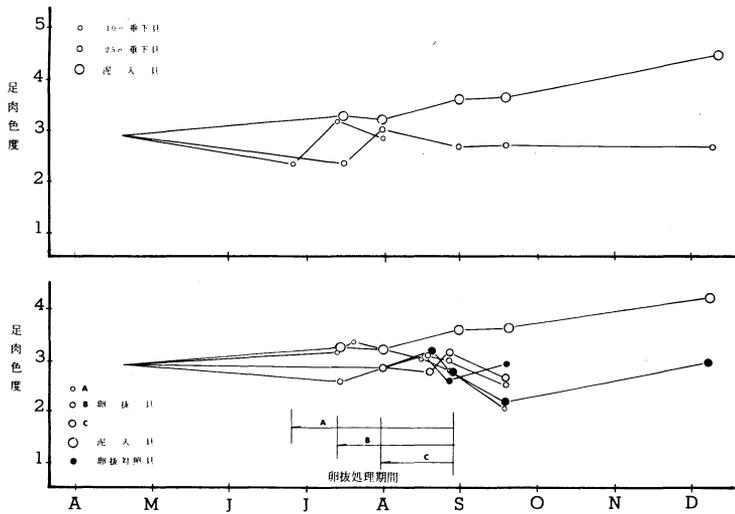
垂下養殖のアカガイの肉色が天然貝に比べて劣ることは養殖業者の良く知るところであり、業者のなかには、この肉色を上げる方法について関心をもっているものが多い。

アカガイの肉色を発現させる色素の主体は足筋肉真皮のカロチノイドと考えられ、清水・橋原 (1968) は天然のアカガイの筋肉および内臓より抽出したカロチノイドを 8 種に区分しており、そのうち特に足肉色の良いものではカロチノイドの 1 種であるルテインがほかのものより 5 ~ 10 倍も多く含まれているとしている。

本試験では、垂下した貝と泥に入れた貝との足筋肉の肉色度の時間経過による変化を調べたが、第 17 図に示すように、泥に入れた貝では徐々に肉色度が上昇している。一方、垂下養殖貝では 9 月中旬に全体的にわずかに低下が認められるほかはほぼ一定した値を示している。

肉色の測定に当っては始めに説明したように、主観の入りやすい肉眼観察であるため、これらの結果の信頼性はやや欠けるが、測定時には各試験群について比較しているため、その差についてはある程度の信頼性があると信じる。

第 16 図から、泥入貝が垂下貝とは明らかに違っていると認められる差を生ずるには、泥に入れてからおよそ



第17図 各試験群の足肉色度の変化

4ヶ月後の8月中、下旬と思われる、発色するまで意外に長期間を要するようである。

ただ、図に示したものは平均値であり、同じ垂下貝でも肉色度4を示すものから、ほとんど色なしと思われるような白っぽいものもあり個体差が大きい。これは垂下貝ほどではないが泥入貝についてもいえる。清水・楢原(1968)が指摘しているように、天然貝における各試料間のカロチノイド含有量にはかなりの変動が認められ、その原因は漁期、餌料、漁場等の関連で追求されねばならない問題であろうとしているように、肉色には複雑な要因が関与しているものと思われる。

なお、前に示した第11図にみられるように、鉄含有量と足肉色度との間には相関は認められない。

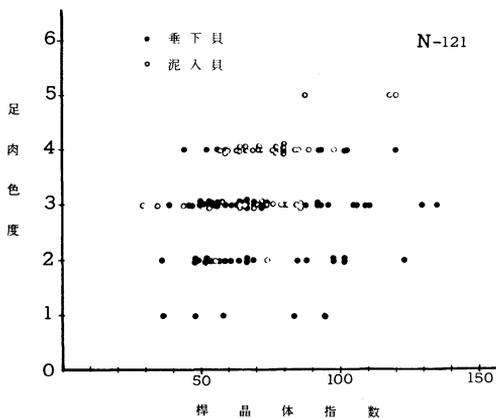
一方、足肉色と関連して特記すべきことは、垂下養殖貝の足筋肉側部表面に、汚赤色のシミが多数点在しており、これは明らかに垂下カゴの動揺による閉殻時の内出血ないしは創傷と考えられる。これらの

シミは、軟体部を取出した場合、一見して汚らしくみせ、垂下貝の肉色の悪さとともに品質を落とす大きな要素となる。これらのシミは泥入貝には全くみられない。

最後に、足肉色が貝の健康状態の指標として有効であるかどうかをみるため、各個体の足肉色と桿晶体指数との関係を、泥入貝および無処理のものについて第18図に示した。

これによれば、泥入貝についてはかなりの相関が認められるが、垂下貝については変動が大きく無相関に近い。

この原因としては、泥入貝が安定した環境に生活しており、それがC・Iに反映しているであろうこと、また一方ではC・Iはかなり短期間の生



第18図 足肉色度と桿晶体指数との関係
(正常の泥入貝および無処理の垂下貝)

理状態を敏感に反映する性質のものである (高槻、1949) のに反し、足肉色は長期間の生理状態を反映したものであると考えられ、性質の異なることに起因するものと考えられる。

2. 卵 抜 処 理

卵抜処理技術はアコヤガイにおける挿核手術に伴うへい死防止と真珠の品質向上のために開発された 1 技法であって、真珠業者の間ではいわば常識といえるものである。

アカガイのへい死が時期的に産卵期以降の 1, 2 ヶ月の間におこることから、産卵に伴う衰弱が 1 要因と考えられ、アコヤガイで行なわれている母貝仕立の 1 技法である卵抜処理が、垂下養殖アカガイのへい死防止対策の技術とならないかという考えから本試験を行なった。なお、卵抜処理の理論と実際については植本 (1961) を参照されたい。

2-1 試 験 方 法

第 1 表に示した 45 年貝の 10 m 層垂下群を対象とした。これらの貝のうち養殖漁場から卵抜処理用貝を以下のように前後 3 回に分けて、当所前の鉄パイプ筏 (水深 5.5 m) まで持帰り卵抜処理に供した。

卵抜処理には、アコヤガイのそれに用いられている卵抜カゴ (第 2 図 C) に 53-68 個収容した。卵抜カゴ内では貝を横にした状態で 1 段を密に並べ、2 段目ではやや薄く並べた状態にあった。

第 5 表 卵抜処理作業

内 容 試験群	卵抜カゴ No	収容密度 個	卵 抜 カゴ 収 容 月 日	卵 抜 処 理 開 始 月 日	卵 抜 処 理 終 了 月 日	測 定 月 日	測 定 貝 数
A	1	68	月 日 6. 26	有 月 日 8. 15	月 日 8. 28	7. 12、8. 15 8. 25	20
	2	68	〃	無 底放置	〃	8. 25	5
B	3	56	7. 15	有 8. 16	〃	8. 16、8. 25	15
	4	57	〃	無 底放置	〃	8. 25	5
C	5	55	8. 1	有 8. 17	〃	8. 17、8. 19 8. 25	25
	6	53	〃	有 8. 19	〃	8. 19、8. 25	15

第 5 表に、卵抜処理作業の概要を示したが、処理貝を 3 大別して、A、B、C とし、各々 2 カゴ使用した。卵抜処理を行なうに当っては、養殖漁場から当所前筏に持帰ってすぐ卵抜カゴに各々の密度で収容し、カゴのフタをひもで強く結び、水通しを悪くさせ、水深 5.5 m の筏下の砂泥底におき、A 群の No 1 では 50 日後にこのカゴを水深 1 m となるよう引上げて卵抜処理をかけた。この間、カゴ内の貝の状況を見るため 1 測定ごとに 5~10 個を抜き取り、測定に供した。また、そのたびに全ての貝に平均した抑制をかけるため、カゴ内の貝を上下、左右に混ぜ合せ、侵入したヒトデ類を除去した。

一方、卵抜処理の対照としての本来の試験群は、隣接する他施設に絡まる事故のため紛失した。こ

では、浅く吊り上げる卵抜処理貝と、底に放置しただけの群を底放置として2群を設けた。

なお、これらの処理貝は8月29日、一勢に元の漁場に沖出して、各々の試験群別に元の密度とし、丸カゴに収容した。

2-2 試験漁場の環境

卵抜場所は第1図に示したように、湾口部から流入した水塊は青森湾で反時計回りの海流を生じ、茂浦の双子鼻付近で潮が停滞しやすく、そのさらに奥部であるので、試験地は流速が小さく、かつ浅いので卵抜場所としては好適と思われた。

水深は5~6m、砂泥底で、定置観測場所とは約30m離れている。

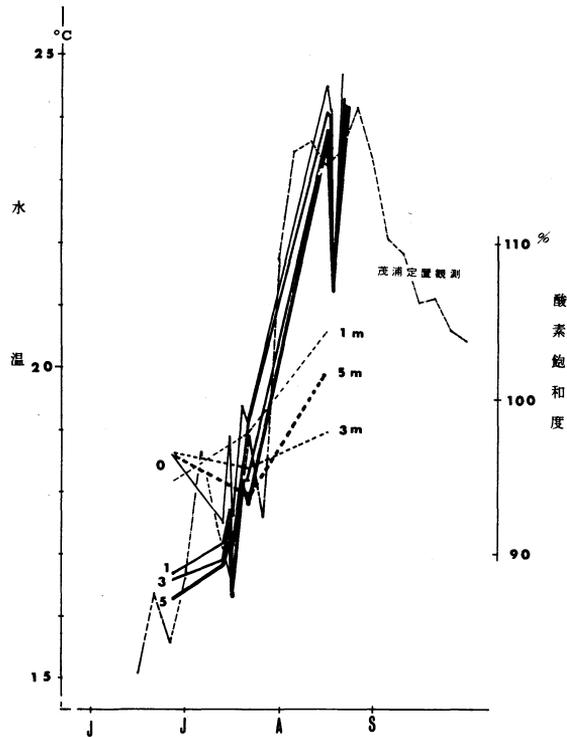
試験期間の水深別水温および酸素飽和度を第19図に示した。卵抜処理をかけた1m層と底との水温差は成層期で1℃前後認められる。また、酸素飽和度は底層で低い値を示すが90%以上と良好であった。

2-3 卵抜処理の効果

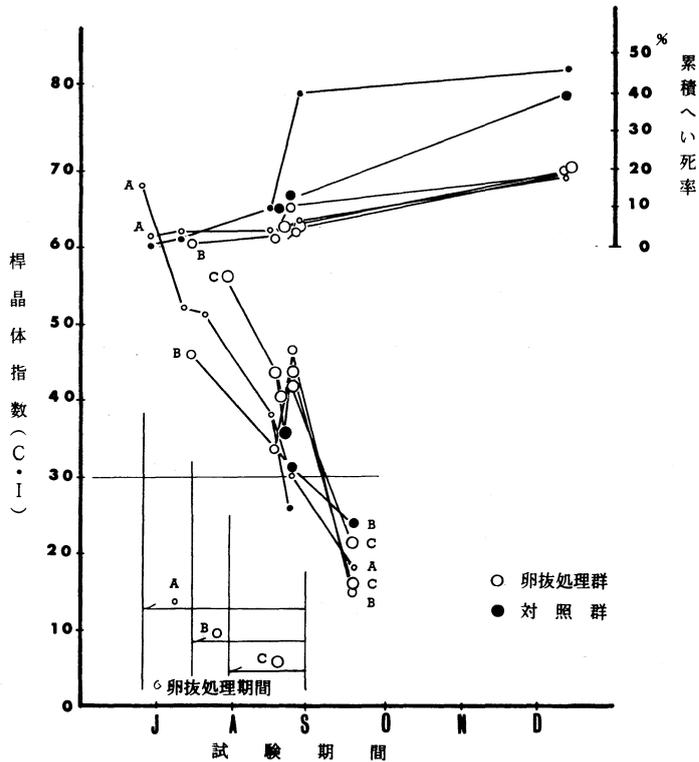
卵抜処理による効果について、桿晶体指数(第7図)、成長(第11図)、足筋肉中の鉄含有量(第13図)、生殖巣の幅(第16図)、足肉色度(第17図)等についてはすでに前章で述べた。

無処理の対照貝を紛失したため、不完全な資料ではあるが、第20図に処理をかけたものと、底に放置した群を対照としたもののC・Iと累積へい死率の変化を示した。

A群は6月26日、養殖漁場から卵抜場所に持帰り、卵抜カゴに収容して海底に50日間放置した後、8月15日にNo.1のカゴだけ1m層に引上げ卵抜処理をかけたが、その間C・Iが70~40まで急激な低下を示し、処理終了の8月28日から再び沖出した後の9月17日も、さらにC・Iは下がり20以下となっている。上吊りをしなかった対照のものとは、8月28日の時点でわずかに上吊りしたものの方が高いC・Iを示しているが、すでに30以下となっている。B、C群についても養殖漁場から持帰った時期が遅れていても同様のC・Iの低下をみせ、9月17日の時点でのA、B、C3群の全試験についてそのC・Iはほぼ20±5の幅しかなく、卵抜処理期間の長短にかかわらずほぼ収れんした値を示している。



第19図 卵抜処理場および茂浦定置観測(表面A.M.観測)の水温変化



第20図 卵抜処理員の桿晶体指数と異積へい死率

一方、養殖漁場に正常に垂下していたものをA、B、Cと3回に分けて処理に供したわけであり、第20図に示したそれぞれの最初のC-Iは正常のもののものである。その値と、Aの値の推移をみると、7月下旬の時点でBはAよりも低く、Cは高い値をとっている。このことは重要なことを意味している。すなわち、この期間には卵抜カゴに收容して抑制をかけるのと同程度の生理活力の低下が養殖漁場の垂下貝にもおこっていることを暗示しているからである。残念なことには、正常垂下貝のこの時期のC-Iの資料が少ないため断言はできないが、卵抜処理による抑制をかけたものとはレベルは少し上であるかもしれないが、ほぼ同様のC-Iの低下がおこりうるものと思われる。

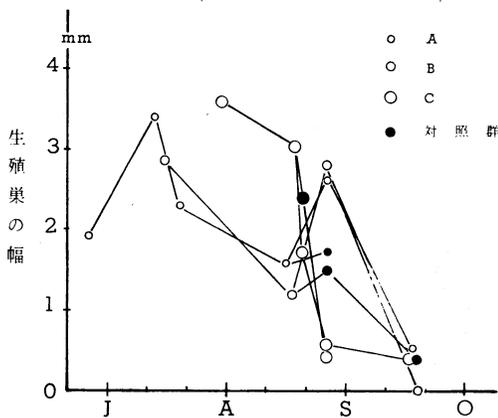
この時期は第16図にもみられるとおり、卵抜処理をかけたものでは放卵、放精が生殖巣の退化吸収によるものか不明であるが、生殖巣の縮小がおこっており、泥入貝、中層吊貝とは明らかに異なった生殖巣の変化を示している。卵抜処理群の生殖巣の幅の変化の詳細を第6表、第21図に示した。測定個体数が少ないうえに個体差も大きく、この数値の信頼度に欠けるが、1 m層に上吊りしたものと、海底に放置したものとの間には明瞭な差はないようである。

次に、C-Iの低下とへい死の問題であるが、12月調査の時点で異積へい死率の高いのはA、B両群の海底放置のものだけであり、各々46、39%であるが、その他は20%以下と低い。

ここで、へい死率の最も高いA群についてみると、8月15日にはC-Iは38でへい死も少ない。この

第 6 表 卵抜処理群の生殖巣の幅の変化

A 群				B 群				C 群			
測定 月日	測定 個体数	処理 の有無	生殖巣の幅 ±偏差 (mm)	測定 月日	測定 個体数	処理 の有無	生殖巣の幅 ±偏差 (mm)	測定 月日	測定 個体数	処理 の有無	生殖巣の幅 ±偏差 (mm)
6. 25	20	—	1. 91 ± 0. 67					7. 31	16	—	3. 57 ± 1. 61
7. 12	5	—	3. 44 ± 2. 40	7. 14	20	—	2. 87 ± 1. 52	8. 17	10	—	3. 05 ± 0. 94
7. 18	6	—	2. 28 ± 1. 07	8. 16	10	—	1. 19 ± 1. 78	8. 19	10	有	1. 73 ± 0. 99
8. 15	10	—	1. 57 ± 0. 99	8. 25	4	有	2. 78 ± 0. 78	8. 19	10	無	2. 38 ± 2. 29
8. 25	5	有	2. 64 ± 0. 48	8. 25	5	無	1. 48 ± 2. 07	8. 25	5	有	0. 56 ± 1. 25
8. 25	5	無	1. 74 ± 1. 90	9. 17	10	—	0	8. 25	5	有	0. 42 ± 0. 94
9. 17	8	—	0. 48 ± 1. 84	9. 17	10	—	0. 37 ± 1. 17	9. 17	10	—	0. 62 ± 1. 35



第21図 卵抜処理員の生殖巣の幅の変化

日に一方を 1 m 層に上吊りしたわけであるが、8 月 25 日には上吊りしなかったもので 32%、したもので 6% とへい死率に大差が生じている。C・I については各々 31、26 と大差はない。この原因については、B 群のものと考え合せてみると、8 月下旬は第 21 図にみられるとおりに産卵の中、終期であったと考えられ、この時に、ある生理活力の限界値以下となればかなり致命的となるものと考えられ、その値がおよそ C・I 20-30 ではないかと思われる。この値にひっかかるものが A、B 両群の対照員と A 群の上吊りしたものであるが、A 群でなぜ高い生残率を示したか C・I 値だけでは

説明できない。B、C 両群の上吊り群については両群とも上吊り処理後数日にして C・I の上昇がみられているにもかかわらず、A については低下を示している。

また、さらに説明しにくいのは、卵抜処理以降も全群の C・I の低下がなおも進行し、30 以下となっており、最低値は 15 となっているにもかかわらず前述の A、B 両群の対照群を除き、へい死の急増が全くみられないことである。

アコヤガイの卵抜処理において植本 (1961) は、挿核手術に際して全く健康なものにそのまま手術を行なえば受ける生理的打撃が大きく死に到るものが多く、その前に卵抜処理を行ない体の生理レベルを落としてやることによって、手術による影響を小さくしてやれると説明している。また、処理後の貝の C・I は対照員のそれに比し、回復が早く生理活力が大きいという。

しかるに、今回の実験では処理後もなお C・I の低下が進行し、それにもかかわらずへい死は少ない結果となった。

卵抜処理の効果については無処理の対照員を紛失したため断定はできないが、20% 以下の累積へい死率はこれまでの報告例 (小川、1972) からみる限りにおいてはかなり小さい値であり、全く効果がなかったとは思われない。

3. 高 密 処 理

第 1 表に示したように、25 m 層垂下の中層吊貝を対象に、一時期高密に収容して軽い抑制をかけて、へい死しやすい時期を過ぎさせてみた。基本的な考え方は卵抜処理法と同じであるが、卵抜場所のような浅い湾奥部に持帰らず、養殖漁場で本処理を行ない、卵抜カゴのような特別のものを用いず、普通に使用されているパールネットを使用した。

本方法は卵抜処理よりは簡便であり、より実用的と考え行なったものである。

3-1 試 験 方 法

7 月 31 日に、それまで丸カゴに 20 個/段の密度で収容していたものを、1 分目パールネットに 40 個/段の密度で入れ換えた。パールネット内では 2 段にやや密に並ぶ密度であった。なお、この時から垂下水深を 25 m から 10 m と浅くした。なお、6 月 25 日に対照群を誤って落とした。高密処理は当初の予定では 9 月末までであったが、試験施設の事故のため 12 月 10 日まで続け、その後は再び元の丸カゴに収容し、25 m 層垂下とした。

3-2 高密処理の効果

本処理の間の桿晶体指数 (第 7 図)、成長 (第 11 図)、足筋肉中の鉄含有量 (第 13 図) についてはすでに述べた。

これらの結果の概要を述べれば、第 1 に高密処理期間中の C・I は全試験群の最低値をとり、しかも終了後も最も低く、8-12 月にわたる長期間の抑制が相当に効いたものと考えられる。

へい死率については、8 月 29 日には数個体の死貝がみられる程度であり、12 月 10 日の時点でも 20.4 % と、卵抜処理貝と同程度を示した。ここでも、C・I 30 以下に低下しているにもかかわらずかなり低いへい死率を示しており、抑制の効果であることを思わせるが、卵抜処理と同じく、この点については追試による検討が必要と思われる。

考 察

垂下養殖のアカガイが満 2 年以降の夏から秋にへい死しやすいことは陸奥湾におけるアカガイ養殖の最大の問題であり、これの解決はアカガイ養殖発展のための緊急不可欠のものと考えてきた。

しかし、今回行なった諸々の実験結果にみるとおり、垂下養殖貝と泥入貝の間にみられる生理的相違はあまりにも大きく、試験の目的としたへい死防止対策の技術開発の可能性が少ないように思われる。また、仮に技術開発がなされたとしても、その技術をかけることによる成長障害は避けられないと思われる。

これらのことから、垂下養殖におけるへい死は避けられないとの悲観的結論を出さざるを得ない。

これの主要な原因として考えられることは、

1. カゴ内では足を出した状態で呼吸するのに安定した姿勢をとれずエネルギーの消耗が大きい。
2. 産卵期が夏であり、最も水温が高い時期に産卵による衰弱が重なり、さらに成層期であるため潜泥

青水増事業概要Vol 第5号(1976)
貝とは水温条件でより苛酷であること。

の2点が最も根本的要因と考えられ、このことからさらに引きおこされる種々の要因が複合的に重なり死に到るものと思われる。

アカガイが泥に潜り、足糸をもって他物に絡みつき体を定位させる習性には、衰弱時に余分な体移動、貝殻の開閉等のための運動を行わず、生命維持のための最低限の呼吸を行えば良いという利点があり、垂下養殖貝のようにエネルギーの浪費をしなくとも良い。

産卵後アカガイが衰弱することは、本試験でのC・Iの低下でもみられるが、障害輪が夏季に形成される(堀部、1969・小川、私信*)ことから十分認められる。しかし、アカガイの障害輪形成時期については大場(1972)のように冬季に形成されるという異論もあり、筆者も未確認であり、今後検討を加えたいと考えている。

陸奥湾におけるアカガイ養殖の最善の方法は、現状のままでは、へい死時期前までに出荷するという消極の方策によらざるを得なく、少くとも満3年の盆までには出荷することが望ましい。

小川(1972)の指摘するとおり、海底カゴ養殖を行なうか、地まき養殖法を確立して養殖法の転換を図るべきと考えられる。

引用文献

- 堀部純男ほか(1969)生物遺骸の示す古水温、化石増刊号。
- 井上 泰(1955a)トリガイの生態学的研究-I。成長について。日水誌、21(1)。
- 井上 泰(1955b)トリガイの生態学的研究-II。産卵期について。同誌、21(1)。
- 井上 泰(1955c)トリガイの生態学的研究-III。桿晶体重量の季節的变化。同誌、21(1)。
- 菅野博記ほか(1968)あかがいの増殖に関する研究-II。産卵期と浮遊幼生の調査。青森県陸奥湾水産増殖研究所業務報告書、第10号。
- 宮城県(1975)仙台湾南部地区大規模増殖場開発事業中間報告書。宮城県水試。
- 永峰文洋ほか(1975)陸奥湾の基礎生産力調査。陸奥湾開発事業中間報告書。青森県。
- 大場忠道ほか(1972)アカガイの成長に伴う酸素同位体化、生物性炭酸殻の生成に関するシンポジウム(講演要旨)。
- 小川弘毅ほか(1972)アカガイの増養殖に関する研究-III。アカガイ養成試験。本誌、第1号。
- 小川弘毅ほか(1973)アカガイの増養殖に関する研究-2。付着稚貝の調査。本誌、第2号。
- 尾坂 康ほか(1975)漁海況予報事業浅海定線調査。青森県水産増殖センター資料。
- 大谷武夫・富士川濤(1934)水産化学・軟体動物の化学。厚生閣恒星社、東京。
- 清水トシ・檜原光子(1968)二枚貝のカロチノイドについて-IV、アカガイのカロチノイド色素 日水誌、34(6)。
- 高槻俊一(1949)牡蠣。技報堂、東京
- 田中俊輔ほか(1974)アカガイの種苗生産。本誌、第3号。
- 田村 正(1939)各種海産貝類の呼吸に及ぼす外囲変化の影響-第II報。酸素消費量と温度との関係並

* 山口県防府水産事務所の小川暁三郎氏によれば山口県でのアカガイの障害輪は満1年貝以上では産卵終了後の9月に形成されるという。

びに昼夜の影響。水産学雑誌、43。

植本東彦(1961)アコヤガイの挿核手術に関する生理学的研究-I-III。国立真珠研究所報告、6。

植本東彦(1967)真珠貝養殖技術における仕立作業の意義とその効果に関する研究。全真連会報、6(2)。

山田常雄ほか編(1960)岩波生物学辞典。岩波書店、東京。