

# 日生町地先におけるカキ養殖 — 移動系列による成長とへい死の差異について —

草加耕司・藤沢邦康・林 浩志

Oyster *Crassostrea gigas* Culture in Hinase Waters  
Differences in Growth and Mortality Following Various Transplantation Techniques

Koji KUSAKA, Kuniyasu FUJISAWA, and Hiroshi HAYASHI

本県におけるマガキ *Crassostrea gigas* の養殖は昭和20年後半から始められ、45年頃から導入された筏式養殖法などの技術改善によって、飛躍的に生産量を伸ばしてきた。しかし、近年、大量へい死や養成期の身入り不良を主とした生産性の低下から、生産量は昭和59年をピークに減少傾向にある。

本県における養殖カキの大量へい死は昭和62年度以降、毎年8月下旬～10月上旬に起こり、養殖漁場によってはへい死率が50%以上にも達して生産に大打撃を与えるため、その原因究明が急務となっている。また、今後、生産性の向上を図るためには、各カキ養殖漁場の特性を把握し、これらを類型化することにより適正な漁場の利用化をすすめる必要がある。そこで、カキの生物学的特性と各養殖漁場の環境を把握し、それらに適した移動系列を模索するとともに、大量へい死の原因究明を目的として、カキの養殖試験を実施したのでその概要を報告する。

報告に先だち、試験の実施にご協力いただいた日生町漁業協同組合、橋本進参事、頭島漁業協同組合、川橋武美専務、及び両漁業協同組合のかき部の諸氏に厚くお礼申し上げる。

## 材料と方法

試験場所は図1に示す県東部日生町地先のA～Hのカキ養殖漁場（以下、漁場と記す）とした。地元の漁業協同組合では、数か所の漁場を用途に応じて抑制漁場、中間沖出し漁場及び養成漁場の3つに大別し、時期によって筏を移動させて養殖している。これらの区分では、St. A～Cが抑制、Dが中間沖出し、E～Hが養成漁場に相当する。試験区別の移動系列を表1に示した。試験区は異

なる移動系列をとる養殖筏で4区設定した。I区は5～9月には閉鎖的な内湾に位置する水深約3.5mのSt. Aで成長を抑制し、10月以降は水深約6.5mのSt. Hに沖出しして養成した。II区は垂下時から5月31日までSt. Aで抑制し、6～9月には水深約5.0mのSt. Dに中間沖出したあと、10月以降は水深約5mのSt. Eで養成した。III区は5～9月に水深約4.5mのSt. B、10月以降は水深約10mのSt. Gで養成した。IV区は5～9月には水深約8mで抑制漁場としては潮流が速く開放的なSt. C、10月以降は水深約9mのSt. Fで養成した。

供試した種苗は1989年7～8月に広島市地先で採苗し、'90年4月まで干出をあたえて成長を抑制した広島産種苗である。試験開始時の種苗の殻高は平均27.0mmで、コレクター1枚当たり平均36個体付着していた。垂下連には長さ3.0m、直径8mmのポリエチレン製のロープを用い、これに5枚のコレクターを間隔が約20cmになるように取り付け、1区当たり15連垂下した。

調査月日と測定したカキの個体数を表2に示した。試験連は'90年5月16日に25×9mの養殖筏の海面下1～3m層に垂下した。以後の調査は6、7、10、12月と'91

表1 各試験区の移動系列

試験区	移動形態		
	抑制	→ 中間沖出し	→ 養成
I	A	→	H
II	A	→	D → E
III	B	→	G
IV	C	→	F

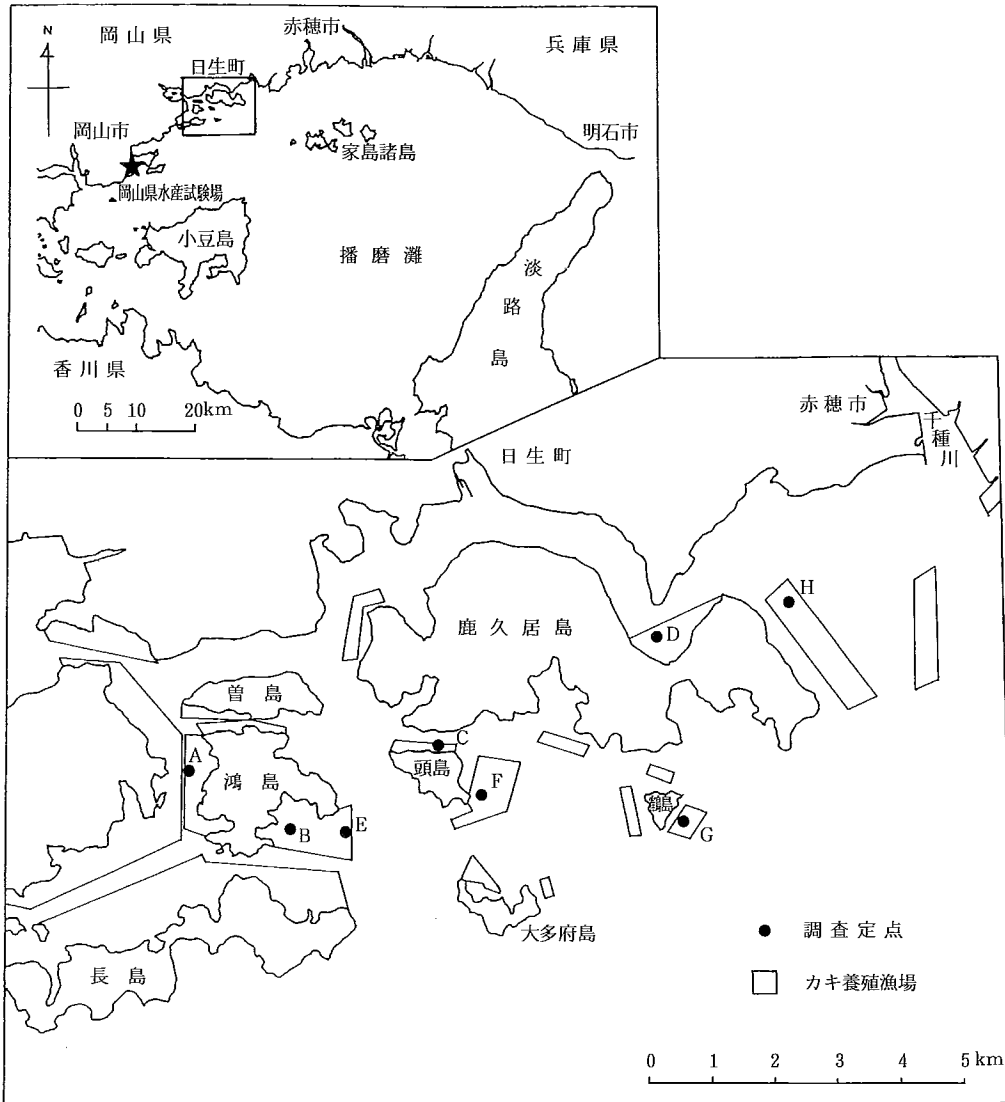


図1 試験場所

年1月に各1回、8、9月は2回の計9回行い、原則として毎回1連ずつ取り揚げた。持ち帰ったカキは生残とへい死個体数を計数したあと、殻高、全重量、生肉重量、乾燥肉重量等を測定したほか、生殖巣の発達程度も調べた。なおⅡ区は試験連が沈下したため、12月3日の調査をもって試験を終了した。

調査時には水質環境として各漁場の2m層の水温、塩分、DO、及び透明度を測定した。また、二枚貝の成育は餌料環境によって大きく左右され、マガキの成長と海水中のクロロフィルa量は高い相関があることが知られて

いる<sup>1)2)</sup>。そこで、各漁場の餌料環境を評価するため、クロロフィルa量を測定し、餌料量の指標とした。

### 結 果

**試験地周辺の環境** 試験期間中の水温経過を把握するため、試験地から約15~25km南西に位置する岡山県水産試験場地先2m層の水温経過を図2に示した。試験期間中の水温は、5月中旬から7月中旬まで平年値並みに推移したが、7月下旬から9月中旬にかけて、平年より1~2℃高い28℃前後の高水温で推移した。しかし、9

表2 調査月日と測定個体数

試験区/月日	6.12	7.17	8.15	8.28	9.12	9.28	10.16	12.3	1.29
I	60	48	61	48	44	48	66	57	65
II	89	66	48	45	42	38	57	40	
III	66	70	75	61	68	50	63	49	63
IV	55	48	68	49	33	43	30	34	39

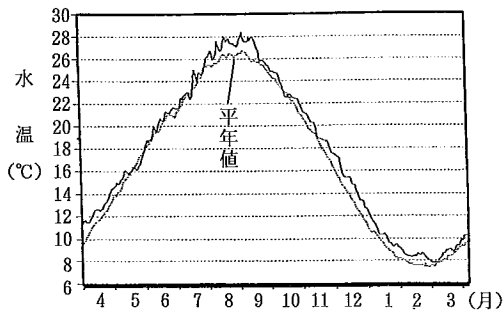


図2 平成2年度の水溫経過(水試地先の1日の平均値)

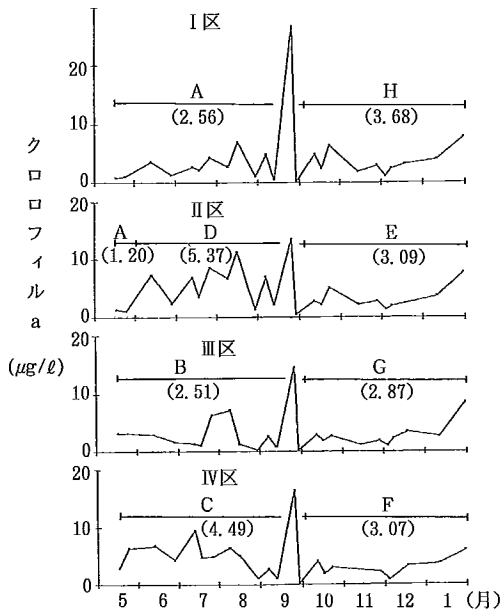


図3 各区のクロロフィルa量の推移

( )はクロロフィルaの平均値、但し9月25日の値は除く。A~Hは定点番号

月17~19日には台風と秋雨前線の停滞により県南東部に約500mmの降雨があり、水温は急激に平年並み近くまで低下した。この影響で県東部の沿岸域では、植物プランクトンが、一時的に異常に増殖した。水温はその後

2月までは暖冬の影響で平年より1~1.5°C高めで推移した。

**各試験区の環境** 調査時の水質環境の測定結果を付表1に示した。試験区別の水温の比較では、水温上昇期の5~8月上旬にSt. BとSt. Cでやや低く、特にSt. Cは8月15日の調査時にはSt. Dに比べ1.9°C低かった。8月15日にはI区のSt. AとII区のSt. Dで30°C以上の高水温を記録した。養成期である10~2月の水温には、試験区間の差は認められなかった。

塩分は梅雨期の7月17日と前述の集中豪雨後の9月28日の調査時に全試験区で、ほぼ29以下に低下していた。試験期間中のDOは9月28日のSt. Bで64%の最低値を示したが、カキの成育に影響を及ぼすほどの貧酸素化<sup>3)</sup>はみられなかった。試験区間の塩分の差はほとんどなく、DOの差にも一定の傾向はみられなかった。

試験区別のクロロフィルa量の推移を図3に示した。なお、クロロフィルa量は調査時の測定値のほか、カキ漁場環境調査<sup>4)</sup>の結果も合せて表記し、各漁場の平均値も示した。I区はSt. AからSt. Hへ移動した。St. Aのクロロフィルa量は平均2.56 µg/lと他の抑制漁場の定点と比較してやや低く、St. Hは3.68 µg/lで他の養成漁場の定点より高い値であった。II区はSt. AからSt. D、さらにSt. Eへ移動した。St. Dのクロロフィルa量は5.37 µg/lとかなり高く、St. Eは3.09 µg/lで平常の値であった。III区はSt. BからSt. Gへ移動した。St. Bのクロロフィルa量は2.51 µg/lと低く、St. Gも2.87 µg/lとやや低い値であった。IV区はSt. CからSt. Fへ移動した。St. Cのクロロフィルa量は4.99 µg/lと高く、St. Fは3.07 µg/lで平常の値であった。各試験区ごとの移動系列を餌料環境から評価すると、I区は少量→多量、II区は少→多→中、III区は少→少、IV区は多→中の移動であったといえる。

**カキの成長** 殻高の平均値の推移を図4に示した。垂下時から8月中旬までの殻高は、II区が6月中旬にやや小さい値となったほかは、ほぼ同様の値で急速に伸長した。8月下旬から10月中旬までは、II、IV区で引き続き伸長したのに対しI、III区では停滞し、III < I < IV < IIの順となった。10月の調査時のII区とIV区の差は13.7 mmであった。しかし、その後12月までは、逆にI、III区では伸長、II、IV区は横ばい状態が続き、12月の調査時には最大区と最小区の較差は3.5 mmとなった。この時期のII、IV区の停滞は、大型のカキのへい死によるところが大きいと考えられた。

殻重量と生肉重量の平均値の推移を図5に示した。全

表3 大量へい死した個体と生残個体の殻高

	検体数	殻高* (mm)
へい死個体	30	74.7±14.76
生残個体	42	80.4±13.60

\* 平均値±標準偏差

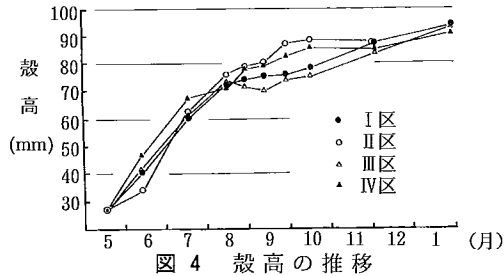


図4 殻高の推移

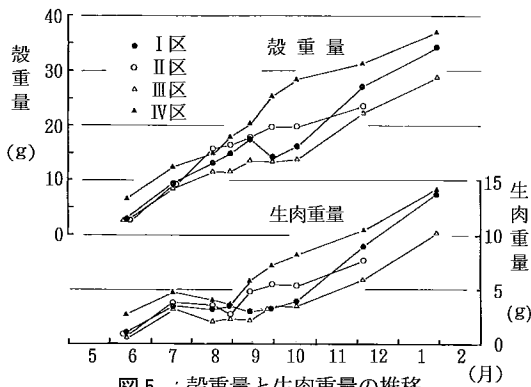


図5 殻重量と生肉重量の推移

般に殻重量が直線的に増加したのに対して、生肉重量は7月中旬から8月下旬にかけて横ばいもしくは減少していた。特にI, III区ではこの状態が10月中旬まで続いた。殻重量と生肉重量は8月下旬以降、各試験区ごとに一定の速度で増加し、試験区間の較差が大きくなった。試験区別では常にIV区の増重が最も速く、III区が最も低いレベルで推移した。一方、II区では9月下旬までの成長は早かったが10月以降は鈍化し、I区では逆に10月以降の増重が顕著であり、試験終了時の1月29日には生肉重量が13.7gとIV区の14.2gに近い値となった。

へい死状況 生残率の推移を図6に示した。全般に垂下時から8月下旬までのへい死は少なく、8月28日の生残率は94.6~78.7%であった。しかしII, IV区では9月上旬から10月中旬の1か月余りの間に大量へい死が起こ

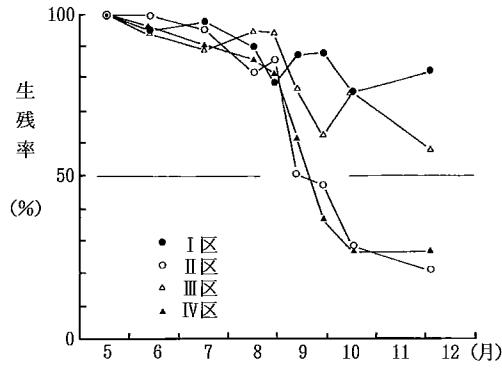


図6 生存率の推移

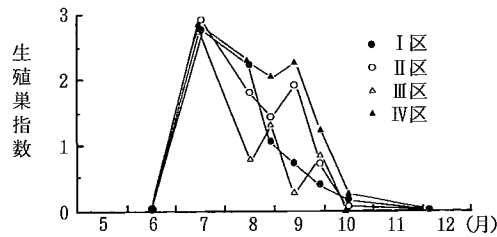


図7 生殖巣指数の推移

り、12月3日の時点で生残率はそれぞれ21.7%, 27.0%にまで低下した。また、III区でも同時期にへい死がみられ、生残率は58.5%になった。I区では他区のような目立ったへい死はみられず、生残率は82.6%と高かった。

カキの大量へい死時の状況として、よく成長した大型の個体ほどへい死が多いことが報告されている<sup>5)</sup>。そこで、9月12日の調査時に大量へい死が確認されたII区について、へい死して間もないと思われる個体の殻高を測定し、生残していた個体の測定結果とともに表3に示した。へい死個体の殻高は74.4mm、生残個体は80.4mmとむしろ生残個体のほうが大きく、同一区内では前述の関係は認められなかった。

生殖巣と水分含量の変化 生殖巣の発達程度については、軟体部に切り口を入れるなどして肉眼的に成熟状況を観察し、その多寡により3~0の数値をあたえて生殖巣指数とした。生殖巣指数の判定基準を表4に、その変化を図7に示した。6月12日の時点ではI~III区の生肉重量は0.61~0.82gと小さく、2.77gであったIV区でのみ卵と精子の形成がわずかに認められる程度であった。しかし、6月中旬から7月中旬にかけて全区で生殖巣が急速に発達し、7月17日には肉質部の大半が生殖巣で占

表4 生殖巣指数の判定基準

数値	判定の基準
3	生殖巣が消化盲嚢をとりまき、肉質部の大半を覆っているもの
2	生殖巣が肉質部を覆っているが、消化盲嚢が薄く透視し得るもの
1	わずかに生殖巣の存在が認められるもの
0	全く生殖巣の存在が認められないもの

められるようになった。生殖巣にはそれぞれ卵や精子が充満し放卵、放精直前の完熟状態にあると考えられた。生殖巣指数の推移から、その後10月上旬までの間に放卵、放精がくり返されたと推察された。そして、10月中旬には卵と精子はほとんど残存していなかった。

7月中旬から10月中旬までの試験区別の生殖巣の状況では、I区は7月中旬から8月下旬まで生殖巣指数が急激に低下し、また、生殖巣の周辺部や外套膜が透明になるなど、この期間に放卵、放精のピークがあったものと考えられた。II区の生殖巣指数は7月中旬から8月下旬まで急降したが、9月中旬には再び上昇して、2回のピークがみられた。IV区もII区よりも高いレベルで同様な傾向がみられた。一方、III区では8月中旬に1以下まで降下し、水ガキ状態であったがその後上昇して、低いレベルではあるが3回のピークがみられた。9月下旬以降、全試験区で結合組織の発達いわゆる“身入り”が始まった。身入りは生殖巣が完全に消失した後に始まっている場合と、生殖巣を一部残しその周辺部から生殖巣を吸収するように進んでいる場合の2通りのタイプが観察された。全体的には後者が大半であったが、I区とIII区では前者が比較的多くみられた。

乾燥肉重量と軟体部の水分含量の平均値の推移を図8に示した。乾燥肉重量は生肉重量と同様に、7月中旬から8月下旬まで全試験区で減少し、I、III区ではその後10月中旬まで横ばい状態であった。10月中旬以降は全体的に増加し続けた。中でもI区の増重は著しく、1月29日には3.29gで最大となり、10月以降の身入りが急速であったことを示唆していた。水分含量は全般に垂下時から増加を続け、9月下旬をピークに減少した。これらの傾向を前述の生殖巣の観察結果と対応させて考えると、水分含量は成熟、産卵とともに増加して産卵終了期に最大となり、以後身入りによって減少するといえる。12月以降の水分含量はI < IV < III < IIの順になり、特にI区

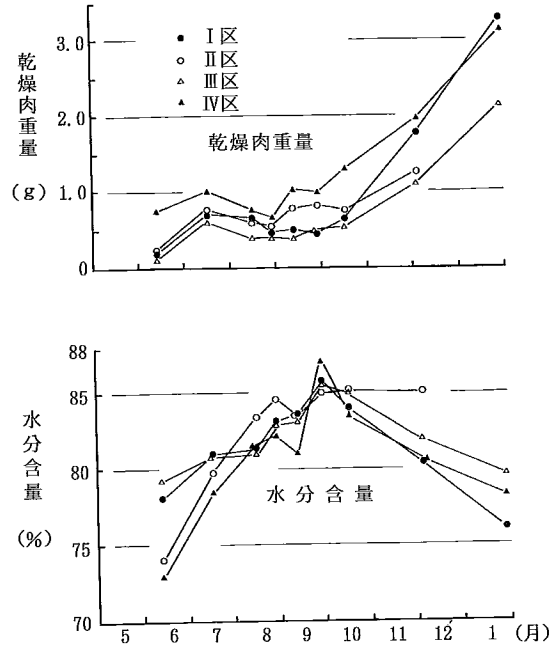


図8 乾燥肉重量と水分含量の推移

は1月下旬に76.2%と他区に比べて良質なカキになった。

#### 考 察

カキの生物学的特性とへい死原因 県東部で5月に垂下養殖したいわゆる“一年カキ”では、6月中旬から7月中旬にかけて急速に成熟し、その後9月下旬までの間に放卵、放精した。また、カキの成長については、殻の伸長が翌年2月まではほぼ直線的であるのに対して、軟体部の増肉は7月中旬から10月中旬まで停滞もしくは減少しており、軟体部の成育や体成分は成熟、産卵の影響を強く受けるものと考えられる。県東部におけるカキの産卵について、片山ら<sup>9)</sup>は幼生の出現状況調査から2~3回の山があると指摘しており、今回の生殖巣の観察からも多回産卵の傾向は明らかである。しかし、成熟、産卵の形態は成育環境やカキの状態によって異っていた。すなわち、産卵期に小型でかつ第1回目の産卵時に餌料が少ない環境下にあった個体群は、現状のまま2、3回目の産卵に移行したが、大型で産卵時に餌料が豊富な環境下にあったカキは、次の産卵に備えて再び成熟して抱卵数を増したあと2、3回目の産卵へと続くものと考えられた。したがって、成熟、産卵をくり返す後者の群では

総放卵，放精数が多くなり，それに伴う生理的な負荷は大であったと推察される。

マガキの産卵は水温22~23℃以上で，主に水温の上昇と塩分の低下によって誘発される<sup>7)</sup>といわれている。'90年の試験漁場周辺では，梅雨期終了にあたる7月中旬の約3日間の内に水温が22.5~25℃に急上昇しており，この刺激によって産卵が誘発されたと考えられる。一方，産卵後におこる身入りについては，近年，9月に入っても高水温が続いたため産卵が長びき，10月以降も生殖巣が残存して身入りが遅れる傾向にあった。しかし，'90年は10月上旬の水温が平年より0.5~1℃高かったにもかかわらず，早くから身入りが始まっていた。この状況は，前述の9月中旬の降雨で水温及び塩分が急降下したため，残存していた卵や精子が一斉に放出された結果であろうと推察される。以上のことから，身入りが始まる時期は産卵の動向に支配され，そのきっかけは水温の高低よりむしろ水温の降下にあると判断される。

大量へい死の原因について森ら<sup>8)</sup>は，その時期が産卵期に集中すること，また産卵期には著しくカキの活性が低下することなどから，急激な生殖巣の形成及び，産卵により引き起される代謝障害であると報告し，一般にへい死は大型化したカキに多いとしている。今回の試験のⅡ区とⅣ区でみられた大量へい死はこの報告と一致し

た。しかし，大量へい死は毎年必ず起るものでもないことから，産卵後の疲へいだけでは説明できず，へい死原因は判然としない。今年度の場合，8月に30℃以上の水温を記録しており，高水温など産卵期のカキに対する極限的な環境も影響している可能性が強い。今後は室内実験等を行い，どの環境因子がカキの活性の低下を助長し，死に至らしめるのかを検討する必要がある。

**移動系列の検討** 移動系列別の比較では，5月から9月下旬までに餌料の豊富な抑制漁場で養殖したⅡ，Ⅳ区で70%以上の大量へい死をみたのに対し，産卵期が終了するまで十分成長を抑制し，以後，餌料環境の良い養成漁場に移動したⅠ区で高成長，高生残を示す結果を得た。そして，これらの結果から，産卵期までの成長と生残は相反する要素であり，両立し難いことが明らかになった。

ところで，近年，早期需要の高まりから，県東部の漁協では10月下旬から収穫を開始し，価格の高い年内生産に重きをおいた出荷体制をとっている。そこで，10，12月におけるⅠ区とⅣ区の生肉重量の度数分布を図9に示した。12月までの生肉重量について販売対象の下限が6gであることを考慮して検討すると，当初から成長が早かったⅣ区は10月中旬に平均値が8.18gで6g以上の個体が90%を占めた。それに対してⅠ区は10月中旬に平均が3.92gと小さく，12月中旬でも8.94gで6g以上が81

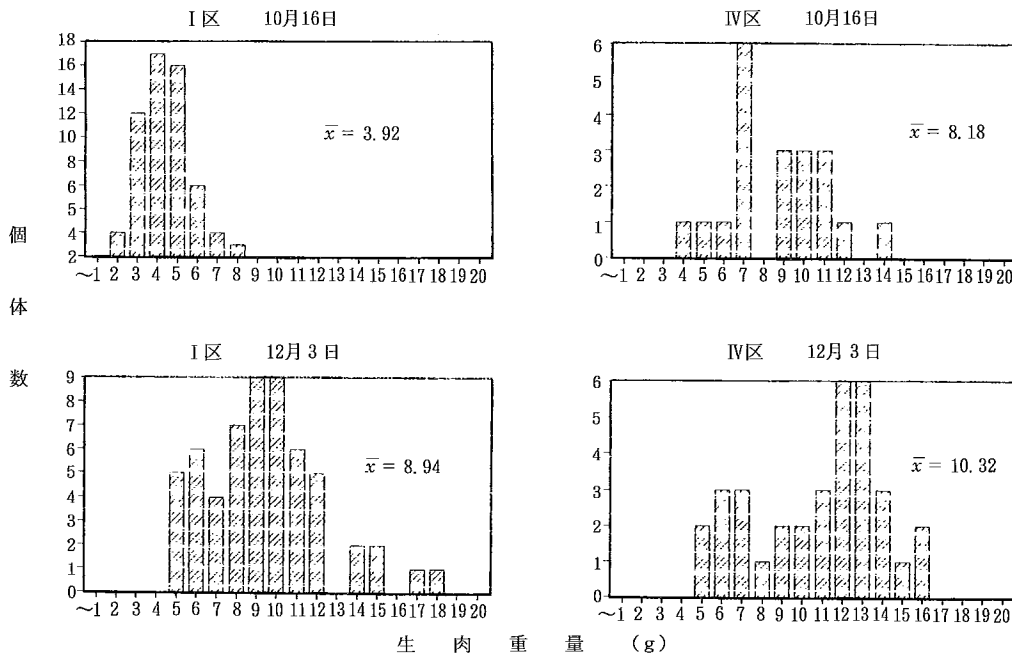


図9 生肉重量の度数分布

%と、年内生産の対象になりにくいことを示している。養殖経営の立場から考えると、9月までにある程度成長させた方が有利であり、I区が必ずしも優れているとは言えなかった。

これらの問題点をふまえ、今後は垂下当初から成長を促進させ、かつ成熟、産卵を抑制する移動系列について検討していきたい。

#### 要 約

1. 県東部における養殖カキの生物学的特性を把握し、大量へい死の原因を究明するとともに、有効な移動系列を検討する目的で、養殖試験を実施した。
2. カキは6~7月に急速に成熟し、産卵はその後9月下旬まで続き、その間に2~3回の産卵の山があったものと推察された。
3. 殻の伸長はほぼ直線的であったが、軟体部の増肉は産卵期に停滞した。軟体部の増肉、水分含量、及び結合組織の発達などは、成熟、産卵の影響を強く受けていた。
4. 大量へい死は8月下旬から10月中旬までにおこり、産卵期までに大型化した区では生残率は70%以上に低下した。へい死原因は成熟、産卵による疲へい死と考えられたが、この時期のカキに対する極限的な環境も影響している可能性が強く、'90年の場合は高水温が考えられた。
5. 移動系列別の比較では、9月まで餌料の少ない漁場で成長を抑制し、その後、餌料環境の良い漁場へ移動した区で高成長、高生残の結果を得た。しかし、近年の早

期出荷重視の養殖経営の立場からは、優れているとは言えなかった。

#### 文 献

- 1) 楠木 豊, 1977: マガキの成育とクロロフィルa量との関係, 広島水試研報, 9, 28-36
- 2) 藤沢邦康・小橋啓介・佐藤二郎, 1987: 虫明湾における養殖カキの成長と環境要因の関係, 岡山水試報, 2, 44-51
- 3) 木村知博, 1974: 広島湾北部水域における養殖カキの生育と貧酸素水塊の出現について, 水産増殖, 22, 27-33
- 4) 林 浩志・藤沢邦康・草加耕司, 1991: 岡山県下のカキ養殖場におけるクロロフィルaの分布, 岡山水試報, 6, 76-83
- 5) 小笠原義光・小林歌男・岡本 亮・古川 厚・久岡 実・野上和彦, 1962: カキ養殖における抑制種苗の使用とその生産的意義, 内水研研報, 19, 1-153
- 6) 片山勝介・池田善平, 1981: 片上湾とその周辺域におけるカキ幼生の分布と環境要因との関連, 岡山水試事報, 昭和55年度, 99-105
- 7) 広島県, 1985: カキ採苗の手引き, pp37
- 8) 森 勝義・今井丈夫・豊島清明・白杵 格, 1965: 松島湾におけるカキの大量斃死に関する研究IV, 性成熟及び産卵に伴うカキの生理的活性と糖原量の変化, 東北水研研報, 25, 49-63
- 9) 森 勝義・玉手英夫・今井丈夫・市川 収, 1965: 松島湾におけるカキの大量斃死に関する研究V, 性成熟及び産卵に伴うカキの脂質及び糖代謝の変化, 同誌, 65-88

付表1 調査時の水質環境

調査月日	区	St.	水温 (°C)	塩分 (‰)	DO (%)	クロロフィルa ( $\mu\text{g}/\ell$ )	透明度 (m)
5. 16	I	A	17.9	29.82		0.80	
	II	A	18.2	29.65		1.34	
	III	B	17.0	30.29		3.20	
	IV	C	16.2	30.71		2.94	
6. 12	I	A	22.7	30.00	72	3.83	
	II	D	22.8	29.22	100	5.30	
	III	B	21.8	30.53	79	4.20	
	IV	C	21.4	30.53	97	5.24	
7. 17	I	A	26.7	28.51	75	2.14	
	II	D	26.7	27.69	95	3.47	
	III	B	26.4	28.69	80	1.07	
	IV	C	25.8	28.58	80	4.81	
8. 15	I	A	30.0	30.49	89	6.94	2.0
	II	D	30.3	30.75	89	11.21	0.9
	III	B	29.6	30.98	83	1.34	3.2
	IV	C	28.4	31.09	72	5.07	2.0
8. 28	I	A	27.9	30.48	80	1.07	1.3
	II	D	27.7	30.88	74	1.34	0.8
	III	B	27.6	31.07	77	0.27	3.1
	IV	C	27.5	31.28	93	1.07	2.0
9. 12	I	A	28.4	31.45	76	0.53	1.9
	II	D	28.7	31.31	96	2.14	1.0
	III	B	28.4	31.25	76	0.80	2.2
	IV	C	28.2	31.54	96	1.07	2.8
9. 28	I	A	25.7	28.50	80	0.27	5.4
	II	D	25.2	28.49	71	0.53	1.1
	III	B	25.4	28.95	64	0.27	3.0
	IV	C	25.3	29.06	94	0.27	4.0
10. 16	I	H	22.6	29.21	82	2.40	3.7
	II	E	22.4	29.31	87	2.14	2.7
	III	G	22.4	28.66	91	1.87	4.1
	IV	F	22.4	29.40	86	1.87	2.3
12. 3	I	H	15.3	29.75	90	1.07	1.7
	II	E	15.4	29.78	91	1.34	1.5
	III	G	15.8	29.82	91	1.07	1.7
	IV	F	15.8	29.74	92	0.80	2.0
1. 29	I	H	8.0	31.96	119	7.74	3.0
	II	E	8.1	31.98	118	6.94	2.8
	III	G	8.2	31.98	118	8.54	2.8
	IV	F	8.2	32.03	121	5.87	3.8