

岡山県海域における地方産マガキの成長と成熟に伴う グリコーゲン含量の変化

尾田 正・草加耕司・藤澤邦康・小橋啓介・野坂元道

Growth and Glycogen Contents with the Maturation of the Local Pacific Oyster *Crassostrea gigas*
in the Waters of Okayama Prefecture

Tadashi ODA, Koji KUSAKA, Kuniyasu FUJISAWA, Keisuke KOBASHI, and Motomichi NOZAKA

キーワード：地方産マガキ，成長，成熟，生残，グリコーゲン

岡山県の海域は水深が浅く，夏季に高水温となるなどマガキ *Crassostrea gigas* (以下，カキ) 養殖にとって不利な条件が多い。9~10月にかけてみられる大量へい死は，夏季の成熟・産卵による疲弊が原因と考えられており¹⁾，夏季に高水温であった年ほど多い傾向が見られる²⁾。時には5割以上がへい死することもあり²⁾，養殖上大きな問題となっている。そのため，大量へい死がおさまる9月下旬まで内湾の抑制漁場にカキ筏を密集させて餌の供給量を抑えることにより成長を抑制してへい死を防いでいる。その後餌料の豊富な沖合の養成漁場へ移動させて身入りを図っているが，10，11月の出荷早期に身入りのよい大型のカキを出荷することができない。

これらの問題に対処するために，岡山県の海域に適したカキを作出する目的で1992年から水産庁の委託を受け，高生残・高成長系統のカキを選抜育種してきた。その過程で育種対象とする岡山，広島，宮城産各種苗について春から秋にかけての成長特性及び抑制漁場と養成漁場における生残状況を成熟特性との関連において検討したので報告する。なお，本研究は水産庁委託「水産生物育種の効率化基礎技術の開発」の一環として実施したものである。

材料と方法

種苗 岡山産種苗は邑久海域，広島産種苗は大野海域，宮城産種苗は万石浦でそれぞれ1996年夏に採苗され，'97年春まで現地で床上げされていたものを用いた。種板は1枚当たり稚貝数を30個体に揃え，1本のロープに5枚を約20cm間隔に挟んで5月22日，岡山県のカキ主要漁場である県東部海域の抑制漁場と養成漁場（図1）に本

垂下した。

相対形質等の測定 大量へい死が終息する10月まで1，2カ月毎に各漁場から1本のロープをカキが脱落しないように注意して引き上げ，水産試験場に持ち帰った。カキは付着生物等を取り除いた後に生貝と死貝を計数し，30個体について産地別，漁場別に殻高，殻長，殻幅，全重量を測定後，開殻して殻重量，肉重量を測定し，外套膜色調，熟度（表1）を観察した。

日間成長率（%）は以下の式で求めた。

$$\text{日間成長率 (\%)} = \{(\text{SHt}/\text{SH0})^3 - 1\} \times 100$$

SH0：0日目の殻高mm

SHt：t日目の殻高mm

t：養成日数

漁場環境 月に2~3回の頻度で試験用種板を垂下した筏付近の水深2m層から採水し，クロロフィルa，水温及び塩分を測定した。クロロフィルaはLorenzenの方法³⁾

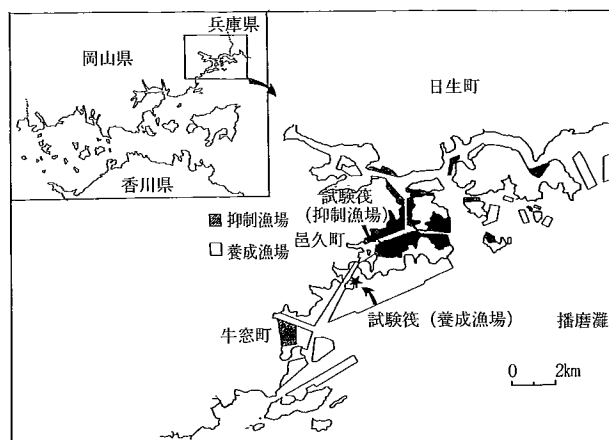


図1 岡山県東部カキ漁場の抑制漁場と養成漁場

により、水温は棒状水温計、塩分はDIG-AUTO MODEL3-G（鶴見精機社製）により測定した。

グリコーゲンの測定 測定まで-80℃の冷凍庫に保存していた軟体部から閉殻筋を切り出してグリコーゲン含量を測定した。漁場別・産地別に雄5個体、雌5個体ずつを測定したが、10月には雌雄の判別が不明瞭なのでランダムに10個体を測定した。測定はアンスロン硫酸法を用いた。その概要は以下のとおりである。

- 1) 閉殻筋約50mgを15ml試験管に入れ、秤量した後、30%水酸化カリウムを2ml加え、沸騰水中で15分間加熱分解した。
- 2) 室温まで冷却後、分解液0.2mlを遠沈管に取り、飽和硫酸ナトリウム液0.05mlと95%エタノール1mlを加えて攪拌し、3000rpmで10分間遠心分離した。
- 3) 上澄み液を捨て、蒸留水0.5mlと95%エタノール1mlを加え、再び遠心分離した。
- 4) 上澄み液を捨て、0.15%アンスロン試薬（75%硫酸液100mlにアンスロン0.15gを溶解）を3ml加え、沸騰水中で15分間反応させた。
- 5) ただちに冷却し、15分間放置した後、620nmで吸光度を測定した。

結 果

漁場環境 抑制及び養成漁場の4月から12月までのクロロフィルa、水温、塩分の推移を図2に示した。塩分は29～32を推移し、養成漁場がやや高めであった。7月下旬に台風9号による降雨で急低下したが、カキの生残に影響を与えることはなかった。水温は内湾で海水交換の悪い抑制漁場が高めに推移したが、秋には逆転し、低くなった。カキの餌料となる植物プランクトン量の多寡を表す指標であるクロロフィルaは、5月の本垂下時から取り上げ時の9月中旬までは常に養成漁場が抑制漁場の約2倍量あり、身入りのよい好漁場としての条件である3μg/lを上回っていた。抑制漁場は9月中旬まで1～2μg/lと低く、餌料環境としては養成漁場に劣っていた。また、7月中旬には抑制漁場に*Chattonella marina*が発生し、漁場の一部で溶存酸素量が表層、底層ともに10%台となり、養殖しているカキにわずかではあるがへい死が見られた。

外套膜色調 図3に示したように、広島産種苗は広島産の特徴である黒色が64%を占めており、宮城産種苗はやはり宮城産の特徴である淡い褐色を呈している個体の割合が多かった。岡山産種苗は両者の中間型を示していた。岡山県におけるカキ養殖は1952年（昭和27年）に邑

表1 外套膜色調と熟度の判定基準

外套膜色調基準	
1	黒い色素が全くない
2	中間型
3	縁辺部は黒い色素のみ
熟度の基準	
0	全く生殖巣の存在が認められないもの
1	わずかに生殖巣の存在が認められるもの
2	生殖巣が肉質部を覆っているが消化盲嚢がうすく透視できるもの
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

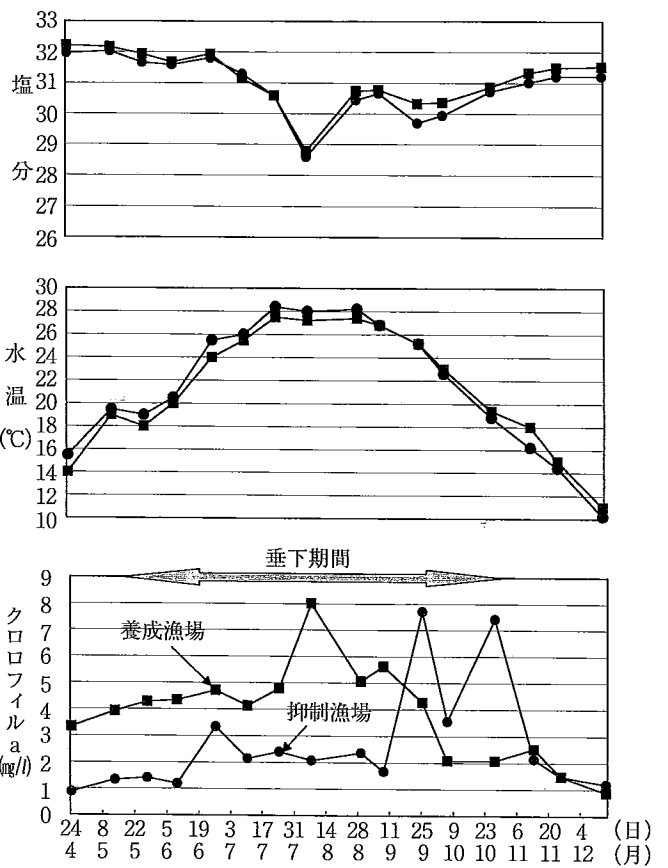


図2 養成漁場と抑制漁場における水質環境（1997年）

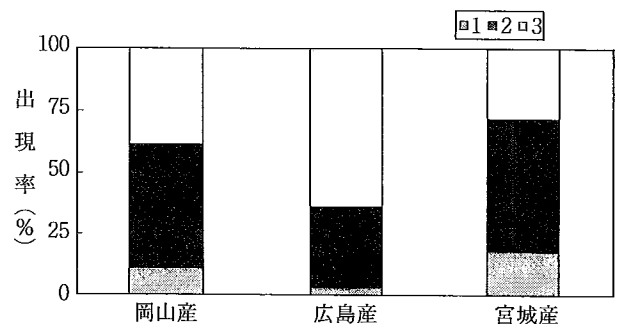


図3 各地方産マガキの外套膜色調の出現率

表2 抑制漁場と養成漁場における生残率

		抑制漁場					養成漁場				
		生貝数	死貝数	不明数	合計	生残率*(%)	生貝数	死貝数	不明数	合計	生残率(%)
岡山産	8月	101	22	27	150	82.1	146	2	2	150	98.6
	9月	119	27	4	150	81.5	114	18	18	150	86.4
	10月	130	13	7	150	90.9	108	28	14	150	79.4
広島産	8月	92	23	35	150	80.0	131	7	12	150	94.9
	9月	94	14	42	150	87.0	117	8	25	150	93.6
	10月	95	11	44	150	89.6	94	16	40	150	85.5
宮城産	8月	120	18	12	150	87.0	145	4	1	150	97.3
	9月	123	21	6	150	85.4	128	14	8	150	90.1
	10月	105	22	23	150	82.7	101	36	13	150	73.7

* 生貝数/(生貝数+死貝数)×100

表3 抑制漁場、養成漁場における各地方産マガキの相対形質測定結果 (平均値, N=30)

		殻高 (mm)		殻長 (mm)		殻幅 (mm)		全重量 (g)		肉重量 (g)		殻重量 (g)	
		抑制	養成	抑制	養成	抑制	養成	抑制	養成	抑制	養成	抑制	養成
岡山産	5月	21.95	21.95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8月	55.58	55.26	34.71	32.88	18.95	18.57	14.40	14.18	2.85	3.43	7.39	7.27
	9月	69.66	69.30	37.72	39.10	20.36	19.77	21.40	23.13	4.22	6.14	11.60	11.89
	10月	86.05	79.07	45.79	42.35	23.56	24.18	43.70	36.34	10.11	6.50	24.16	19.82
広島産	5月	16.68	16.68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8月	51.83	53.88	33.25	31.42	17.52	18.13	12.47	13.66	2.58	3.44	6.13	7.30
	9月	69.16	70.99	36.92	37.52	21.82	19.60	12.34	22.56	4.47	6.43	10.97	11.84
	10月	80.81	79.01	41.91	40.36	26.23	21.62	39.18	32.80	9.43	5.41	21.08	17.62
宮城産	5月	21.03	21.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8月	60.21	62.56	35.66	34.49	19.20	18.61	17.47	17.98	3.14	3.85	9.07	9.90
	9月	78.89	65.94	40.05	37.21	23.87	19.00	29.31	21.73	5.88	5.98	16.24	12.02
	10月	84.30	79.78	44.86	42.59	27.97	24.75	48.03	39.37	11.16	6.52	27.21	22.12

久郡裳掛村(現邑久町)で宮城産と広島産種苗を導入して始まっていること、また、1996年の種苗の産地別内訳は、広島産34%、宮城産30%、岡山産36%であることから、岡山産種苗は広島産と宮城産が天然海域で自然交配し、定着したものと考えられる。

生残率 生残率を表2に示した。抑制漁場において岡山産、広島産種苗の生残率が10月になって上がっているのは、垂下連により差が見られたことに因るものと考えられた。抑制漁場において8月に生残率が下がったが、その後はへい死しなかった。抑制漁場で7月中旬に発生した*Chattonella marina*による低酸素状態が生残率にどのような影響を与えたかは不明であるが、この時期に何らかの原因で種苗がへい死したと思われる。また、養成漁場においては9月から10月にかけて生残率が下がり

おり、これは放卵、放精による疲弊が原因と思われる。

両漁場において宮城産が最も生残率が低く、最も高かったのは、抑制漁場では岡山産、養成漁場では広島産であった。広島産の不明数が多いのは、本垂下開始時の殻高が他に比べて小さかったことから、初期のうちにへい死し、脱落したためと考えられた。そこで生残率を(生貝数/初期稚貝数×100)で表すといずれの漁場でも高い順に、岡山産>宮城産>広島産となった。

成長 相対形質の測定結果を表3に示した。殻高は岡山産、広島産ともに9月までは養成漁場、抑制漁場ともにほぼ同様な成長を示していたが10月には抑制漁場の方が成長が優れていた。それに対し、宮城産では8月には養成漁場が優れていたが、9月には抑制漁場の成長が優れていた。肉重量は岡山産、広島産ともに9月までは養

表4 各地方産マガキの日間成長率 (%)

	抑制漁場	養成漁場
岡山産	0.8910	0.8302
広島産	1.0368	1.0219
宮城産	0.9055	0.8638

期間：1997年5月20日～10月22日

成漁場が抑制漁場を上回っていたが、10月には抑制漁場が養成漁場の約2倍となった。宮城産は9月まではほぼ同じであったが、10月になってやはり抑制漁場が養成漁場の約2倍量となった。

5月から10月までの日間成長率を表4に示した。いずれも抑制漁場が優れており、岡山産と宮城産がほぼ同じで、広島産がやや高かった。しかし、これは本垂下時の殻高が小さかったために日間成長率がやや高めの数値になったためと思われる。

身入り状況を表すCondition Index(C.I:肉重量/全重量)を図4に示した。岡山産、広島産、宮城産ともに9月までは養成漁場のC.Iが高いが、10月には逆転している。宮城産のC.Iは8月には岡山産、広島産に比べると低いが、9月、10月にはほぼ同様になっていた。

熟度 餌料環境が劣る抑制漁場では熟度にばらつきが見られるのに対し、養成漁場では8、9月には熟度が高く、10月には低く偏っている傾向が見られた(図5)。特に広島産の養成漁場では8月、9月ともにすべてが熟度3であり、このことは広島産が産卵期に多回成熟・産卵することによるものであると考えられる。抑制漁場では成熟に必要な餌料が制限されるために成熟度合いに個体差が見られるが、餌料の豊富な養成漁場では一斉に成熟し、放卵・放精したものと考えられた。

養成漁場では、宮城産が8月には約60%が熟度2になり、9月には約90%が熟度3となって放卵・放精し、10月には熟度0あるいは熟度1となるパターンを示している。広島産では前述したとおり、すべての個体が8、9月に放卵・放精している。岡山産は8月に約30%が熟度2、約70%が熟度3となって一部放卵・放精して9月には7%が熟度0となった。しかし、大多数は再度成熟して9月には熟度3となって放卵・放精するものと考えられ、広島産と宮城産の両方の成熟特性を持っていた。

閉殻筋のグリコーゲン含量 8月における各地方産マガキのグリコーゲン含量はいずれも養成漁場が高く、餌料環境の優れた漁場では産卵期までにエネルギー源として蓄積していた(図6)。9月になると岡山産は更に高くなり、最高値の9.05mg/gを示したが、広島産と宮城産

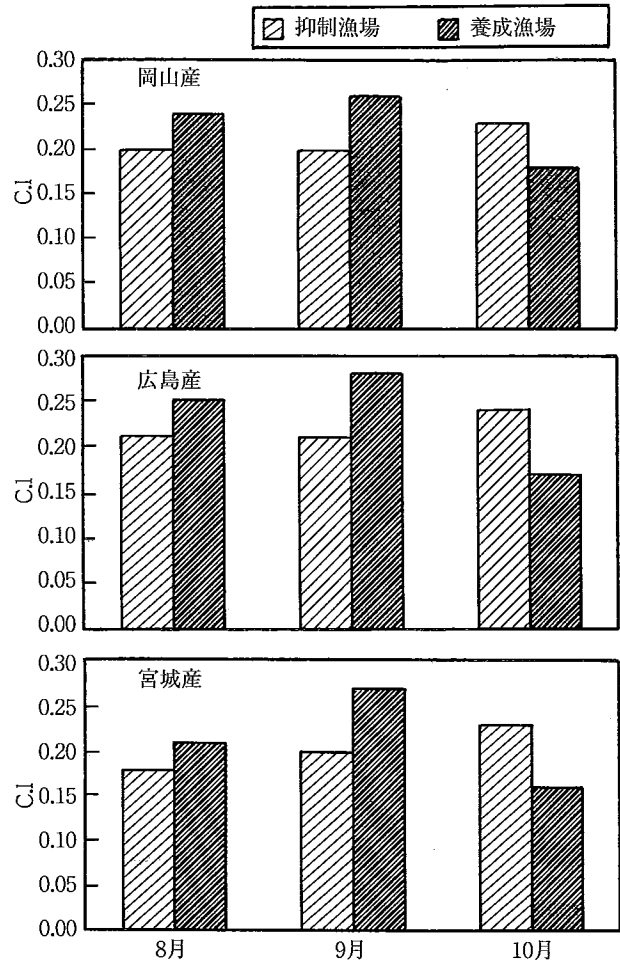


図4 各地方産マガキのCondition Index (C.I)

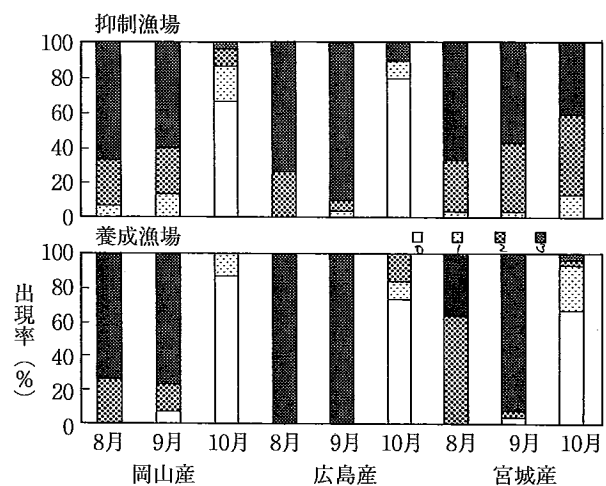


図5 各地方産マガキ熟度の推移

は低くなった。10月にはいずれの地方産マガキともに最も低くなった。広島産は8月から10月にかけての減少率が68%であるのに対し、岡山産は53%、宮城産は56%と約半分量になった。

抑制漁場においては、8月、9月は広島産、岡山産とも

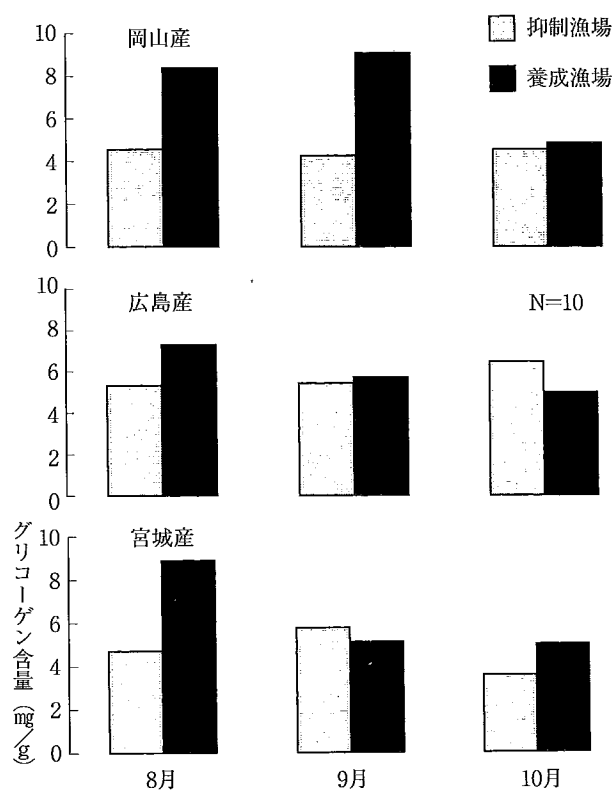


図6 閉殻筋中のグリコーゲン含量の推移

に養成漁場より低かったが、宮城産は8月には低いが、9月には高くなっていった。10月には岡山産、広島産とも8月、9月よりも高くなったが、宮城産は最も低くなった。傾向としては時期的な変動幅が少なく、成熟に伴うグリコーゲン含量に養成漁場ほどの変化は認められなかった。

考 察

日本には遺伝的特徴が異なる地方品種マガキがいくつかあり、相対形質や生理形質が地理的に連続して変化していることが知られている⁹⁾。岡山県のカキ養殖もこれら地方品種の遺伝的特徴を活かして発展してきた。産卵後の身入りがよい宮城産は早期出荷用に、また、殻が大きく見栄えがすることから殻付出荷用にも養殖されている。広島産は殻は小粒であっても身がつまって美味であることから養殖されており、岡山産は宮城産と広島産の養殖特性を備えていることと種苗を自家調達できることから養殖されて現在に至っている。

カキ種苗の2大産地である広島県と宮城県においても、過去に採苗が不調な年には、他から種苗を導入して養殖しているために既に純粋な地方品種と言えず、従って遺伝的特徴も地方品種間での交配によって弱められている

ことと推測される。広島産と宮城産の相対形質は、産地の違いよりも養成場所(環境)の違いにより大きく左右され、特に餌料環境の劣る場所では不明瞭化するという*。今回測定した成長形質である殻高、殻長、殻幅等においても、調査期間が8~10月の短い期間であったためその特徴が充分現れなかったが、外套膜の色調や成熟特性には各地方産の特徴が現れていた。

養成漁場のクロロフィルaは、抑制漁場より9月中旬までは約2倍あり、成熟の促進や閉殻筋のグリコーゲン蓄積に寄与していた。しかし、10月時点における成長は抑制漁場の方がいずれも優れていることから、夏季において豊富な餌料は摂取されて専ら生殖巣の発達のために用いられたのに対し、餌料が少ない環境のもとでは摂取された餌料は殻の成長などに用いられた。すなわち豊富な餌料環境では摂取されたエネルギーは種族維持のために、劣悪な餌料環境では個体維持に消費されるためであると考えられる。クロロフィルa量とカキの成長や身入りについては正の相関があるが^{6, 7)}藤沢⁸⁾は4~9月のクロロフィルaは成長に負となることを報告しており、今回の結果と一致していた。

カキがへい死する原因には高水温、高比重、低水温、低比重、環境悪化(底質、水質)、寄生虫、疾病等が挙げられるが⁹⁾、夏から秋にかけて大量へい死するのは、放卵・放精による疲弊により生理的活性が低下するためであると考えられている¹⁾。成熟に伴ってカキの生理的活性は低下し、それに伴ってグリコーゲン含量も平行的に低下し、産卵期に最低になることからグリコーゲン含量が生理的活性の指標として用いられている¹⁾。今回、閉殻筋のグリコーゲン含量について分析したが、もともと閉殻筋のグリコーゲン含量は少なく、軟体部全体に比べると、季節的变化も少ない¹⁰⁾。しかし、軟体部全体で測定すると、生殖巣が全体に占める割合によってその値が大きく変化するため、生理的活性の指標としては閉殻筋で測定する方がよいと思われる。ただ今回、養成漁場では産卵後にへい死する個体が抑制漁場に比べてわずかに多いという程度であったために、9月、10月のグリコーゲン含量の低下がどの程度生理的活性に影響があったのかについては不明であった。また、一方では片山ら¹¹⁾はモガイ *Scapharca subcrenata* の大量へい死原因を追求する過程で、閉殻筋のグリコーゲン含量を測定した結果、へい死との間に一定の関係が認められず、生理的活性の指標には用いられないとしている。

*薄 宏則, 1993: カキの優良形質評価手法, アワビ・カキ等の育種技術の開発, 農林水産技術会議事務局, 18-28.

今後は、フィールドでの養成以外に、水槽内で餌料量や水温を設定し、へい死しやすい条件にしてグリコーゲン含量とカキの生理的活性について検討していく必要があると考えられる。また、今回養成漁場と抑制漁場で生残率に大きな差がなかったことは、へい死原因が餌料環境と成熟だけではなく、今後はカキ自身の活性や未確認の原生動物による疾病などについても検討していかねばならない。

文 献

- 1) 森 勝義・今井丈夫・豊島清明・白杵 格, 1965: 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, 松島湾におけるカキの大量へい死に関する研究, 東北水研研究報告, 25, 49-63.
- 2) 草加耕司, 1996: 平成7年度カキ養殖概況, 岡山水試報, 11, 120-123.
- 3) Lorenzen, C. J., 1967: Determination of chlorophyll and pheo-pigment, spectrophotometric equations, *Limnol. Oceanogr.*, 12, 343.
- 4) 今井丈夫・沼知健一・大泉重一・佐藤 茂, 1965: II.移植試験による斃死要因の探究と防御策の検討, 松島湾におけるカキの大量へい死に関する研究, 東北水研研究報告, 25, 27-38.
- 5) Imai T. and Sakai S. 1961: Study of breeding of Japanese oyster, *Crassostrea gigas*, *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 12(2), 125-170.
- 6) 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.
- 7) 片山勝介・三宅与志雄・池田善平, 1984: 岡山県東部のカキ養殖場におけるクロロフィルaの分布, 昭和55年度岡山水試事報, 38-41.
- 8) 藤沢邦康, 1989: DO, クロロフィルa, プランクトン沈殿量を用いた養殖カキの生産量の推定, 岡山水試報, 4, 33-36.
- 9) 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, 内海区水研研報, 19, 1-153.
- 10) 高槻俊一, 1949: 牡蛎, pp262, 技報堂, 東京.
- 11) 片山勝介・池田善平・三宅与志雄, 1985: モガイの人工及び天然種苗の生長とへい死, 昭和59年度岡山水試事報, 36-42.