

岡山県下の養殖漁場におけるマガキの成育とクロロフィルaとの関係

草加耕司・藤沢邦康・林 浩志

Relationship Between Growth of Cultured Oyster *Crassostrea gigas* and Chlorophyll *a* in the Coastal Waters of Okayama Prefecture

Koji KUSAKA, Kuniyasu FUJISAWA and Hiroshi HAYASHI

キーワード：マガキ，クロロフィルa，養殖基準

岡山県におけるマガキ *Crassostrea gigas* 養殖は、筏式養殖法の導入や新規養殖漁場の開発等により年々、養殖規模を拡大させ、着実に生産量を伸ばしてきた。しかし、近年、養成期の身入り不良を主とした生産性の低下から、単位施設当りの生産量は減少傾向にあり、海域の生産力に見合った養殖施設の規模及び配置など、養殖漁場（以下、漁場とする）利用の見直しが急務となっている。

カキの成長はその餌料量によって大きく左右される¹⁾ことが一般に知られており、楠木²⁾は広島湾周辺のカキの成育と環境との関係について検討し、カキの成育と海水中のクロロフィルa量には正の相関があることを報告している。そこで、餌料面から漁場の養殖適正基準を作成する方式を確立するための基礎資料を得ることを目的として、県下の数か所の漁場においてクロロフィルaの定量を行うとともにカキの養殖試験を実施した。また、それらの精度を高めるための室内実験も実施し、岡山県下の漁場におけるカキの成育とクロロフィルaの関係を明らかにしたので報告する。

材料と方法

養殖試験 試験は平成2～4年度漁期（1990～'93年）に、図1に示した岡山県東部の日生町と西部の寄島町地先のカキ漁場において実施した。養殖試験ではカキの試験連を各漁場に垂下し、特に10月以降の身入り時期のカキの軟体部の成長と漁場のクロロフィルa量との関係を明らかにすることを目的とした。

年度別の試験を実施した漁場と期間を表1に示した。試験を実施した漁場は平成2年度には、かや前、鶴島東及び米石南、3年度は、かや前、航路、米石南及び寄島、4年度は米石南及び寄島とした。試験期間は概ねカキの

身入り時期に当たる9月下旬から2月までとした。

表1 年度別の試験実施漁場及び期間

年 度	漁 場	期 間 (月/日)
2 年 ('90～'91年)	かや前	9/28～1/29
	鶴島東	〃
	米石南	〃
3 年 ('91～'92年)	かや前	9/24～2/17
	航路	〃
	米石南	〃
4 年 ('92～'93年)	寄島	10/21～2/6
	米石南	9/30～12/16
	寄島	11/16～2/19

供試した種苗は試験年の前年の夏に広島市大黒神島周辺で採苗し、試験年の4月まで干出を与えて成長を抑制した広島産種苗である。垂下連には長さ3m、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20cmになるように取り付けた。試験連は25×9mの養殖筏の海面下1～3m層に垂下した。養殖筏への本垂下は試験年の5月に行い、その後カキの産卵が終了する9月下旬までは試験漁場付近の内湾（抑制漁場）で養殖したあと、前述の漁場に筏を移動して試験を開始した。なお、3年と4年度の米石南には、抑制漁場が別でサイズの異なる2群（以下、米石南大と米石南小とする）の試験連を垂下した。カキの測定は試験開始時と取上げ時のほか、その中間時期にも適宜に行った。測定個体数は原則として50個体とした。

漁場のクロロフィルa量は、原則として毎月2回（1～3回/月）、各漁場の水深2m層から1lの海水を採水し、Lorenzen³⁾の方法により測定した。

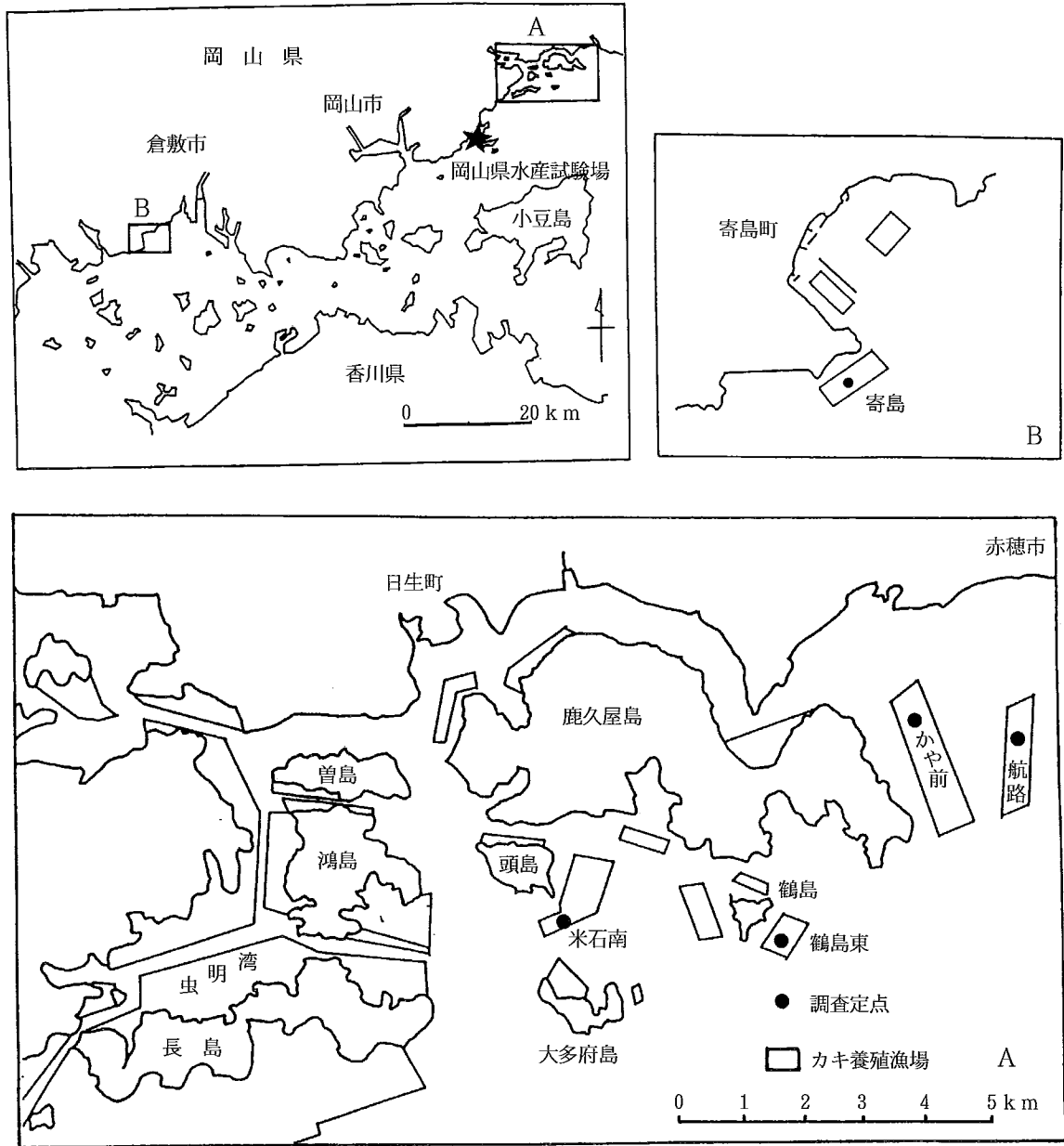


図1 試験実施場所

室内実験 室内実験では、特にクロロフィルa量が低レベルの環境水中におけるカキの成育を明らかにするため、ろ過施設を用いて得た異なる3段階の海水中でカキを飼育した。ろ過施設と試験区の模式図を図2に示した。ろ過施設は岡山県水産試験場内に設置されている緩速底面ろ過式の施設で、取水口は海岸線から約100m沖合いの海底上1mに設置されている。ろ過施設内

は碎石による一次槽とアンズラサイトによる二次槽に分かれている。

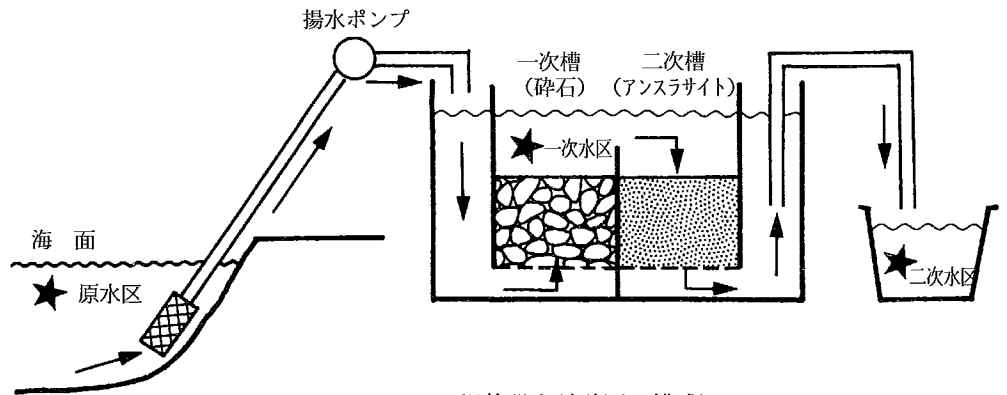


図2 ろ過施設と試験区の模式図

カキの飼育場所は、原海水の取水口から約30m離れた海面上の筏（以下、原水区とする）、碎石によるろ過水が貯水される一次槽内（一次水区）、及び2次槽を通過したろ過海水を蓄えた500 l水槽内（二次水区）の3通りとした。二次水区への注水量は、1時間当たりのカキのろ過水量を12 l/個体⁴⁾と仮定して、6 l/分に調節した。試験期間中のクロロフィルa量の測定は、原則として原水区と一次水区が週に2回、二次水区は週1回とした。

供試したカキは、県東部の虫明湾において前述の養殖試験と同様の方法で養殖された広島産の1年貝である。'93年10月20日に虫明湾から取上げたカキは、コレクターから取外した後に付着物を取除いて洗浄した。これらの内から殻形のそろった120個体を選別した後に、サイズが均一になるように30個体ずつの4群に区分けしてパールネットに収容した。試験の開始日までは4群と

も海面で養成した。11月1日に全個体の殻高、殻長、殻幅、全重量を計測し、更にその内の1群（以下、対照区とする）についてはむき身にして殻重量、生肉重量、及び乾燥肉重量を測定した。その他の3群については再びパールネットに収容し、各試験区に垂下した。取上げは試験開始から67日後の'94年1月7日に行い、上記の諸項目について測定した。

結果と考察

養殖試験 平成2～4年度の各漁場におけるクロロフィルa量の推移を表2～4に示した。全調査日の平均値は日生町地先が2.54～3.69 $\mu\text{g}/\text{l}$ であり、寄島が3.65と4.70 $\mu\text{g}/\text{l}$ と高かった。時期別にみるといずれの年も11月から12月にかけて減少し、その後1月にかけて増加した。

表2 2年度の各漁場におけるクロロフィルa量 ($\mu\text{g}/\text{l}$)

漁場\月・日	10.11	10.16	10.22	11.13	11.27	12.3	12.7	12.17	1.10	1.29	平均値
かや前	4.81	2.40	6.41	1.87	2.94	1.07	2.40	3.20	4.01	7.74	3.69
鶴島東	2.94	1.87	2.67	1.07	1.87	1.07	2.40	3.47	2.67	8.54	2.86
米石南	4.01	1.87	2.94	—	2.14	0.80	—	3.34	3.74	5.87	3.09

表3 3年度の各漁場におけるクロロフィルa量 ($\mu\text{g}/\text{l}$)

漁場\月・日	10.8	10.22	11.5	11.18	12.4	12.19	12.25	1.14	2.6	2.25	平均値
かや前	4.80	2.25	4.27	2.67	1.60	1.78	1.34	2.67	3.74	4.01	2.91
航路	3.74	3.93	3.47	1.34	1.60	2.14	1.34	2.67	4.81	4.01	2.91
米石南	6.94	1.49	2.14	1.60	2.14	2.40	1.07	1.87	6.94	2.40	2.90
寄島	—	1.34	1.87	3.47	2.40	4.81	—	7.21	11.8	—	4.70

表4 4年度の各漁場におけるクロロフィルa量 ($\mu\text{g}/\text{l}$)

漁場\月・日	9.29	10.12	10.26	11.16	11.30	12.14	1.18	2.8	2.22	平均値
米石南	3.20	2.40	3.20	2.67	1.87	1.87	—	—	—	2.54
寄島	—	—	—	3.20	2.14	4.27	2.40	4.27	5.61	3.65

平成2～4年度の養殖試験における生肉重量の測定結果と月当たりの生肉重量の増加量(以下、増肉量とする)を表5～7に示した。生肉重量は身入りの開始時期である9月下旬から10月には2.19～7.17gであったが、収穫盛期の12月には5.89～10.89gとなり、収穫終了期の1月下旬から2月には10.31～17.00gとなった。増肉量は9月下旬から12月までが1.21～2.60g/月、12月から2月が2.02～3.62g/月であり、年内より年明け後のほう

が高い結果となり、通算では1.70～3.12g/月であった。通算の増肉量を漁場別に比較すると、寄島が3g/月前後と高く、日生町地先では2年度のかや前と3年度の航路で2.5g/月を上回ったが、そのほかは1.7～2.3g/月であった。これらの結果から、岡山県下のカキ漁場における身入り時期の標準成長量は約2g/月と考えられた。

表5 2年度の試験における生肉重量と増肉量

漁場\月・日	生肉重量 ¹⁾ (g)			増肉量 ²⁾ (g/月)		
	9.28 (開始)	12.3	1.29 (終了)	9.28～12.3	12.3～1.29	通算
かや前	3.22	8.94	13.70	2.60	2.51	2.56
鶴島東	3.31	6.00	10.31	1.22	2.27	1.71
米石南	7.17	10.32	14.15	1.43	2.02	1.70

1) 生肉重量の平均値

2) (生肉重量の増加量/養殖日数) × 30日

表6 3年度の試験における生肉重量と増肉量

漁場\月・日	生肉重量 (g)			増肉量 (g/月)		
	9.24 (開始)	12.25	2.17 (終了)	9.24～12.25	12.25～2.17	通算
かや前	2.19	5.89	12.40	1.21	3.62	2.10
航路	4.66	10.70	17.00	2.00	3.50	2.54
米石南大	6.86	—	16.70	—	—	2.02
“ 小	3.15	—	14.30	—	—	2.29

漁場\月・日	生肉重量 (g)		増肉量 (g/月)
	10.21 (開始)	2.6 (終了)	通算
寄島	4.56	15.8	3.12

表7 4年度の試験における生肉重量と増肉量

漁場\月・日	生肉重量 (g)		増肉量 (g/月)
	9.30 (開始)	12.16 (終了)	通算
米石南大	5.41	10.86	2.12
“ 小	3.36	9.46	2.38

漁場\月・日	生肉重量 (g)		増肉量 (g/月)
	11.16 (開始)	2.19 (終了)	通算
寄島	5.11	14.56	2.98

室内実験 飼育期間中の各試験区におけるクロロフィル a 量の推移を表 8 に示した。原水区のクロロフィル a は 0.53~2.40 $\mu\text{g}/\text{l}$ の範囲で、平均は 1.48 $\mu\text{g}/\text{l}$ と県内のカキ漁場と比較してもかなり低い値であった。1 次水区は原水区より低い 0.36~1.78 $\mu\text{g}/\text{l}$ で平均が 0.85 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、2 次水区は更に低い 0.18~0.53 $\mu\text{g}/\text{l}$ で平均が 0.34 $\mu\text{g}/\text{l}$ であった。各試験区間の平均値の比較では、一次槽区は原水区の 58%、二次槽区は原水区の 23% に減少していた。

カキの飼育結果を表 9 に示した。なお、測定値は各区 30 個体の平均値を示したが、原水区と二次水区では 1 個体のへい死があったため、終了時の個体数は 29 であった。開始時と終了時との差は、個々の測定値の差を平均したものである。

各試験区における終了時の測定結果を比較すると、全ての項目で一次水区 < 二次水区 < 原水区の順になっており、明かな成長差がみられた。殻の成長を示す殻高、殻長及び殻幅で開始時と終了時の差をみると、一次水区と二次水区では僅かな成長または負の成長になった。生肉重量については開始時の測定が不可能であるため、対照

表 8 室内実験の各試験区におけるクロロフィル a 量の推移 ($\mu\text{g}/\text{l}$)

月. 日	原水区	一次水区	二次水区
10. 29	2.14	1.42	
11. 2	1.87	1.78	0.45
11. 5	1.34	0.53	
11. 8	1.87	0.89	0.18
11. 12	1.07	0.71	
11. 15	1.60	1.07	0.45
11. 19	1.34	0.53	
11. 22	1.34	0.53	0.27
11. 26	1.34	0.36	
11. 30	1.34	0.89	0.36
12. 3	1.34	0.89	
12. 6	1.60	0.89	0.53
12. 10	1.60	0.53	
12. 13	1.87	1.42	0.27
12. 17	1.07	0.53	
12. 20	1.07	0.53	0.18
12. 24	0.53	0.53	
1. 5	1.34	0.89	0.36
1. 10	2.40	1.25	0.36
平均値	1.48	0.85	0.34

表 9 実内実験におけるカキの飼育結果 (平均値 \pm 標準偏差)

項目	測定日 (月/日) \	対照区	原水区	一次水区	二次水区
殻高 (mm)	開始時(11/1)	84.4 \pm 8.15	83.7 \pm 7.56	85.6 \pm 7.62	84.7 \pm 6.84
	終了時(1/7)	—	88.3 \pm 7.51	86.8 \pm 7.67	84.7 \pm 6.87
	開始と終了の差	—	4.61 \pm 3.24	1.21 \pm 2.76	-0.30 \pm 0.29
殻長 (mm)	—	47.2 \pm 3.37	47.4 \pm 4.30	47.1 \pm 4.94	46.8 \pm 3.44
	—	—	50.2 \pm 5.00	47.1 \pm 5.38	46.3 \pm 3.25
	—	—	2.94 \pm 2.71	-0.06 \pm 1.62	-0.59 \pm 1.07
殻幅 (mm)	—	27.0 \pm 2.95	26.2 \pm 3.13	26.3 \pm 3.21	27.0 \pm 4.16
	—	—	27.7 \pm 3.13	27.2 \pm 2.99	26.8 \pm 4.01
	—	—	1.45 \pm 1.76	0.90 \pm 1.04	-0.28 \pm 1.30
全重量 (g)	—	50.9 \pm 9.76	50.0 \pm 10.0	51.1 \pm 11.0	49.8 \pm 8.23
	—	—	61.3 \pm 10.1	56.9 \pm 12.6	50.2 \pm 8.43
	—	—	11.0 \pm 3.62	5.85 \pm 2.43	0.12 \pm 0.70
殻重量 (g)	開始時(11/2)	26.2 \pm 6.00	—	—	—
	終了時(1/7)	—	34.9 \pm 6.86	32.9 \pm 6.67	26.7 \pm 4.59
生肉重量 (g)	—	10.4 \pm 2.37	—	—	—
	—	—	14.5 \pm 2.75	10.6 \pm 2.94	9.1 \pm 2.20
乾燥肉重量 (g)	—	1.87 \pm 0.50	—	—	—
	—	—	3.36 \pm 0.77	2.00 \pm 0.64	1.51 \pm 0.38
水分含率 (%)	—	82.2 \pm 2.16	—	—	—
	—	—	77.0 \pm 1.85	81.1 \pm 2.24	83.3 \pm 1.99
へい死数			1	0	1

区の平均値を開始時の重量とみなして成長を比較すると、原水区の増加量が4.1g、一次水区が0.2g、二次水区が-1.3gであった。乾燥肉重量や水分含率でも同様の傾向を示しており、前述のクロロフィルa量の違いがカキの成育に影響を及ぼした結果といえる。

室内実験は2か月余りの飼育期間であったが、0.5μg/l程度のクロロフィルa濃度の差異がカキの成育に大きく影響した。そして、餌料濃度が個体維持レベル以下になると肉重量が速やかに減少し、その限界はクロロフィルaで0.5μg/l前後の濃度と考えられた。また、貝殻の成長についても餌料濃度の影響を受け、栄養物質の供給なしでは炭酸カルシウムの形成は行われず、伸長しないことがわかった。貝類の殻の形成は海水中のCaイオンを材料として行われるため餌料の有無とは無関係とした報告もあるが、やはり殻は物質代謝系の複雑な共同のもとに形成される⁵⁾と考えてよさそうである。

カキの増肉量とクロロフィルaとの関係 今回の試験で得られたカキの増肉量とクロロフィルa量との関係を示すデータは、養殖試験における11例と室内実験における3例の計14例であった。これら14例の標本をプロットし、カキの増肉量とクロロフィルa量との関係を図3に示した。クロロフィルa量をX、増肉量をYとし、クロロフィルa(X)を自然対数(ln)に変換した対数回帰式で表すと、

$$Y = 0.770 + 1.386 \ln(X) \quad (r = 0.937, n = 14)$$

となり、rの値から判断すると1%水準での相関が見ら

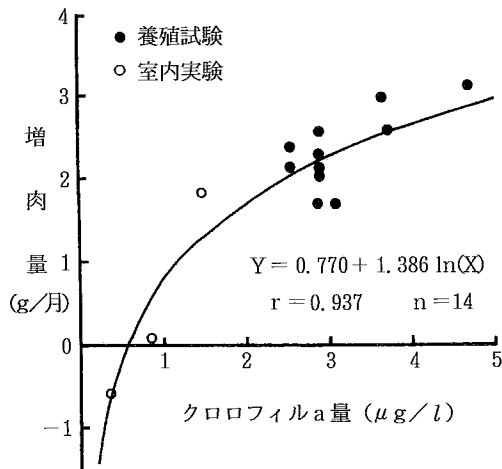


図3 カキの増肉量とクロロフィルa量との関係

表10 クロロフィルa濃度別の増肉量の期待値及びカキ漁場としての評価

クロロフィルa量 (μg/l)	増肉量 (g/月)	漁場としての評価
0.5未満	0以下	成育は望めず、歩減りする劣悪な漁場
0.5~1.5	0~1.3	歩減りはないが、成育も望めない漁場
1.5~2.5	1.3~2.0	成育は期待できるが、身入り漁場としてはやや悪い漁場
2.5~3.5	2.0~2.5	標準的な成育が期待できる並の漁場
3.5以上	2.5以上	標準以上の成育が期待できる優良な漁場

れた。得られた関係式は、広範囲のクロロフィルa濃度における増肉量をプロットした結果であり、かつ実際の現場でのクロロフィルaの推移とカキの身入り状況ともよく合致していると思われる。そこでこの回帰式をもとに、クロロフィルa濃度別の増肉量の期待値及びカキ漁場としての評価を表10にとりまとめた。これによると、岡山県下の漁場における標準成長量である2g/月の増肉量を得るには、2.5μg/l以上のクロロフィルa量が必要となる。そして、クロロフィルa量が1.5μg/l以下の漁場は、養成(身入り)漁場としては不適であるため、抑制漁場としての活用、または養殖筏数の削減等を検討すべきである。

上記したカキの成育とクロロフィルa量との関係に基づいて既存の環境データを整理すれば、ある程度の餌料面からの漁場利用の見直しが可能であり、さらには漁場計画設定時の目安としての利用も考えられる。ただし、この関係式は潮流、餌料効率、餌料の質などカキ養殖にとって重要な因子を考慮せずに求めたものであり、今後さらにこれらを加味した研究がなされ、より現場に即した方式が開発されるべきであろう。

要 約

1. カキ養殖漁場の養殖適正基準を作成するための基礎資料を得ることを目的として、カキの養殖試験及び室内実験を実施し、岡山県下の漁場におけるカキの成育とクロロフィルaの関係を明らかにした。
2. 養殖試験の結果、岡山県下の漁場における身入り時期のカキ軟体部の標準成長量は、約2g/月と考えられた。
3. 室内実験の結果、環境水中のクロロフィルaが0.5μg/l以下になるとカキの軟体部及び貝殻の成長は停止することが明らかになった。

4. 養殖及び室内実験の結果を総括してカキの成育とクロロフィル a との関係を求めると、

$Y = 0.770 + 1.386 \ln(X)$ で表せた。ここに Y はカキ軟体部の増肉量 (g/月), X はクロロフィル a 量 ($\mu\text{g}/l$) である。

5. 上記の関係式に基づいて、クロロフィル a 濃度別の増肉量の期待値及びカキ漁場としての評価をとりまとめた。これによると標準成長量である 2 g/月の増肉量を得るには、 $2.5 \mu\text{g}/l$ 以上のクロロフィル a 量が必要となった。

文 献

- 1) 楠木 豊・木村知博・馬久地隆幸・橋本俊将, 1983: カキの成育と餌料量との関係について, 広島水試報, 13, 7-19
- 2) 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
- 3) Lorenzen, C. J., 1967: Determination of Chlorophyll and Pheo-pigment, Spectrophotometric Equations, Limnol. Oceanogr., 12, 343
- 4) 楠木 豊, 1977: マガキのろ過水量の測定法について, 日水誌, 43(9), 1069-1076
- 5) 小林新二郎・渡部哲光, 1957: 真珠の研究, pp280, 技報堂