

クロロフィル-a濃度はアセトン抽出蛍光法(気象庁1990)により測定した。

養殖マガキの成育状態調査 漁場環境調査時に毎月1回,第1図に示した特定の養殖筏に垂下したマガキの同一吊り線から標本を30個体採集し,殻高,殻長,殻付重量,むき身重量を計測した。また,品質の良いマガキは洗浄や煮沸をしても身が縮まらないという相生地区での情報に基づき,各項目測定後のむき身を冷海水(5前後)に30秒浸漬したもの,およびその後30秒間煮沸したものの重量も計測した。また,これらの計測結果を用いて,次の指数を品質指標として計算した。

指数1:むき身重量/殻付重量×100(%)

指数2:冷海水浸漬後の重量/むき身重量×100(%)

指数3:煮沸後の重量/むき身重量×100(%)

同時に採集した15~20個体を用いて,Okumura *et al.*(2002)および奥村(2005)に従いホモジナイズしてアンスロン法によりグリコーゲン含量および水分含量を測定し,むき身乾重量(g)当たりのグリコーゲン含量を求めた。

漁場環境とマガキの成育の関係の解析 マガキ成育に関する項目(殻高,殻長,殻付重量,むき身重量,指数1,指数2,指数3,グリコーゲン含量)の日変化速度として,ある調査回の平均値からその前回の平均値を差し引いた値を2調査間の日数で除した値を用いた。また,この間の漁場環境調査項目(水温,塩分,クロロフィル-a濃度)の値について,2調査回に含まれる全調査点の値の平均値を計算した。マガキ成育に関する項目の日変化速度と漁場環境調査項目の平均値の間で回帰分析を行い,t検定により回帰係数の検定を行った。

なお,漁場環境項目について,全調査点の平均値を用いたのは,調査期間中に台風時の避難のため,筏を沖合域から湾内に移動したことが数回あったことと,

海水流動の影響を考慮したことによる。

結 果

漁場環境調査 漁場環境調査結果を第1表に示した。養殖漁場内の平均水温は9月16日の27.0 から3月1日の7.8 まで低下し,その後3月15日にかけて上昇している。平均塩分は29.46から30.78の間で変動し,1月~3月にかけての緩やかな上昇傾向が認められた。調査点間の差は少なく,沿岸と沖合の差も特に認められなかった。平均クロロフィル-a濃度は,9月~10月下旬にかけて上昇し,10月下旬には11.7 μg/lであったが,その後低下し,2.1~6.0 μg/lの間で増減を繰り返した。12月7日および12月21日には沿岸域で低く沖合域で高い傾向が認められ,9月16日,1月11日および1月18日には沿岸域で高く沖合域で低い傾向が認められたが,その他の調査回では沿岸域から沖合域にかけての傾向的な分布は認められなかった。

養殖マガキの成育状態調査 養殖マガキの成育状態調査結果を第2表に示した。殻高の成長は9月~11月にかけて停滞し,11月~1月に速くなり,1月~2月に停滞した後2月~3月に再び速くなった。殻長の成長は9月~11月にかけて停滞し,11月~2月に速くなり,2月~3月に停滞した。殻付重量の成長は9月~11月にかけて停滞し,11月以降速まり,2月~3月に最も速かった。むき身重量の成長も,殻付き重量と同様の変動を示した。

指数1は9月~10月の間はわずかに減少し,10月~2月には増加したが,2月~3月にはわずかに減少した。最低値は10月の16.1%,最高値は2月の28.5%であった。指数2は,11月~12月と1月~2月にわずかに減少した以外は漁期を通じて増加傾向を示した。最低値は9月の85.3%,最高値は3月の93.3%であった。指数3は,1月~2月にわずかに減少した以外は漁期を通じて増加傾向を示した。最低値は9月の62.0%,最高値は3月の83.5%であった。グリコーゲン含量は9

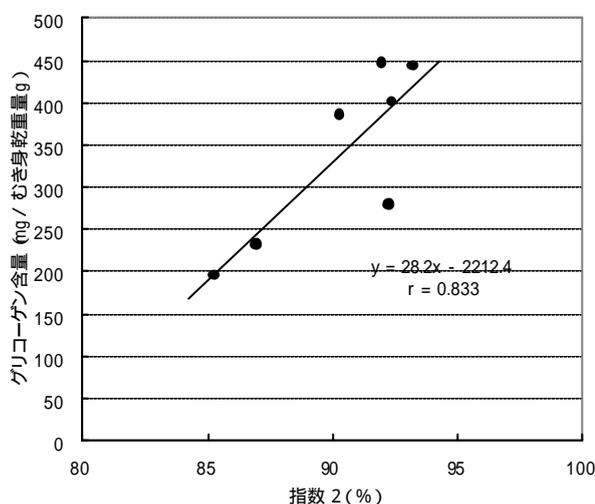
第1表 兵庫県相生養殖漁場における環境調査結果.

項目	年月日	調査点						平均
		1	2	3	4	5	6	
水温 ()	2004/9/16	27.0	27.0	26.8	27.1	27.1	27.0	27.0
	2004/10/4	24.8	24.8	24.6	24.6	25.1	24.7	24.8
	2004/10/26	20.8	20.7	20.8	21.0	20.8	20.9	20.8
	2004/11/9	19.5	19.6	19.6	19.7	19.5	19.6	19.6
	2004/11/16	18.0	18.3	18.6	18.8	18.0	18.1	18.3
	2004/12/7	14.8	14.9	15.7	16.3	14.9	14.9	15.3
	2004/12/21	14.0	14.2	14.2	14.1	13.8	13.4	14.0
	2005/1/11	9.2	10.0	10.2	10.2	9.5	9.4	9.8
	2005/1/18	9.4	9.5	9.5	9.9	9.3	9.2	9.5
	2005/2/8	8.2	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.1
	2005/2/15	8.1	8.2	8.2	8.1	8.0	8.0	8.1
	2005/3/1	7.8	7.9	8.0	7.9	7.5	7.4	7.8
	2005/3/15	9.7	8.7	8.6	8.4	8.5	8.5	8.7
	平均	14.7	14.8	14.8	14.9	14.6	14.5	14.7
塩分	2004/9/16	30.21	30.12	30.17	30.23	30.15	30.17	30.18
	2004/10/4	29.85	29.61	29.70	29.54	29.93	29.73	29.73
	2004/10/26	29.98	30.04	29.81	29.79	29.97	30.08	29.95
	2004/11/9	29.89	29.92	29.75	29.86	29.82	29.90	29.86
	2004/11/16	29.41	29.54	29.53	29.57	29.54	29.48	29.51
	2004/12/7	29.73	29.32	29.61	29.96	29.04	29.09	29.46
	2004/12/21	29.66	29.67	29.70	29.84	29.71	29.60	29.70
	2005/1/11	29.87	30.01	30.04	29.89	29.96	29.90	29.95
	2005/1/18	30.05	30.07	30.06	30.04	29.94	29.87	30.01
	2005/2/8	30.51	30.49	30.57	30.40	30.31	30.33	30.44
	2005/2/15	30.38	30.51	30.56	30.60	30.56	30.53	30.52
	2005/3/1	30.63	30.74	30.79	30.77	30.67	30.77	30.73
	2005/3/15	30.74	30.75	30.76	30.84	30.78	30.78	30.78
	平均	30.07	30.06	30.08	30.10	30.03	30.02	30.06
知071ル-a 濃度 (µg/l)	2004/9/16	4.9	6.7	3.7	3.0	5.1	5.9	4.9
	2004/10/4	14.4	14.0	4.5	12.3	2.3	10.2	9.6
	2004/10/26	9.8	11.4	10.7	10.4	14.0	13.8	11.7
	2004/11/9	5.1	4.5	3.5	5.1	4.7	5.5	4.7
	2004/11/16	0.9	1.7	2.7	3.1	1.4	2.6	2.1
	2004/12/7	1.6	3.5	2.4	3.9	1.6	1.4	2.4
	2004/12/21	4.3	4.5	6.5	7.0	3.4	5.2	5.2
	2005/1/11	3.2	2.0	2.2	1.5	2.5	2.8	2.4
	2005/1/18	2.0	1.7	1.2	0.8	3.5	3.3	2.1
	2005/2/8	6.8	5.7	6.8	4.9	5.4	6.5	6.0
	2005/2/15	5.2	5.1	5.0	5.7	5.4	5.6	5.3
	2005/3/1	2.0	3.8	4.3	4.6	2.9	5.1	3.8
	2005/3/15	4.4	5.0	5.5	5.1	3.7	5.4	4.9
	平均	5.0	5.4	4.5	5.2	4.3	5.7	5.0

第2表 養殖マガキの成育状態調査結果.

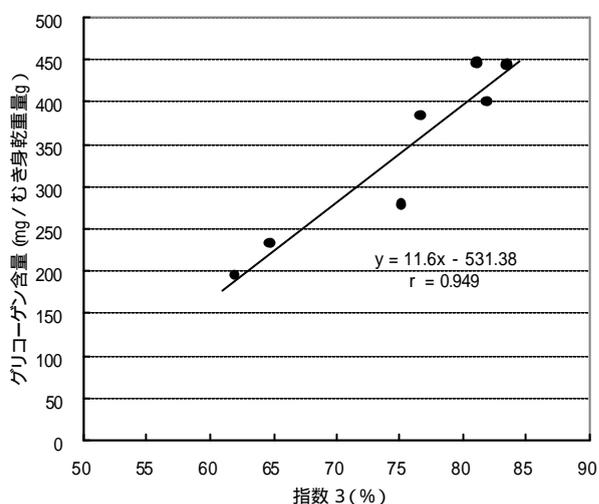
月 日	殻高 (mm)	殻長 (mm)	殻付重量 (g)	むき身重量 (g)	指数 ₁ %	指数 ₂ %	指数 ₃ %	グリコ-ゲン含量 (mg/むき身乾重量g)
2004/9/16	86.9	41.3	31.8	5.2	16.6	85.3	62.0	194
2004/10/4	89.6	39.4	31.3	5.0	16.1	87.0	64.9	231
2004/11/9	84.1	40.8	36.6	8.2	22.5	92.3	75.3	279
2004/12/7	92.2	45.8	50.2	12.3	24.8	90.3	76.8	385
2005/1/11	106.5	58.1	63.7	16.9	26.6	92.4	81.9	401
2005/2/8	108.6	63.6	75.3	21.4	28.5	92.0	81.2	446
2005/3/1	119.5	65.3	99.3	27.7	28.0	93.3	83.5	444

注) 指数₁: むき身重量 / 殻付重量 × 100 (%), 指数₂: 冷海水 30 秒浸漬後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%), 指数₃: 30 秒煮沸後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%).



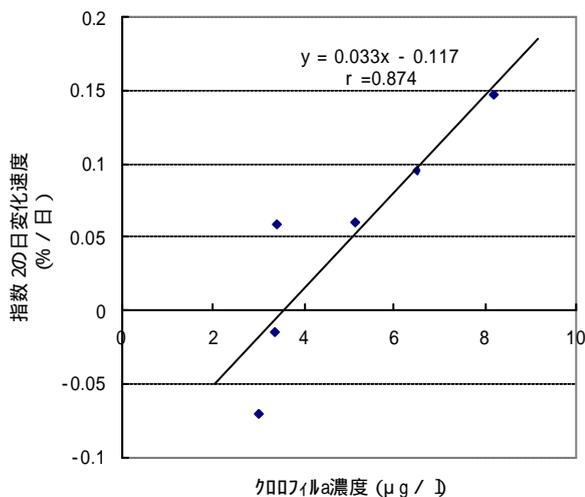
第2図 指数₂とグリコ-ゲン含量の関係.

注) 指数₂: 冷海水 30 秒浸漬後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%).



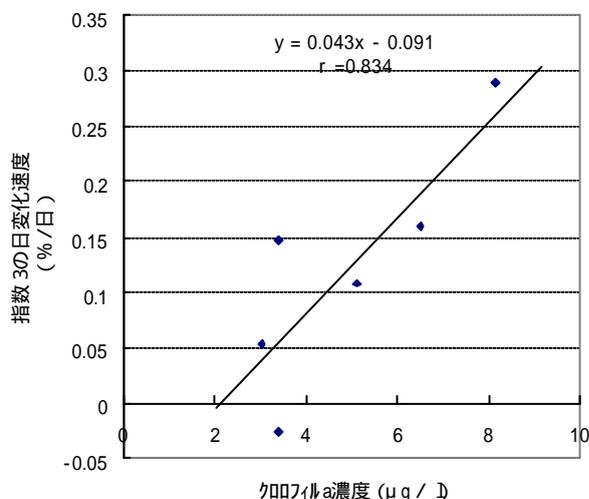
第3図 指数₃とグリコ-ゲン含量の関係.

注) 指数₃: 30 秒煮沸後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%).



第4図 クロロフィル-a 濃度と指数₂の日変化速度の関係.

注) 指数₂: 冷海水 30 秒浸漬後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%).



第5図 クロロフィル-a 濃度と指数₃の日変化速度の関係.

注) 指数₃: 30 秒煮沸後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%).

月～2月まで増加し続けたが、2月～3月にわずかに減少した。グリコーゲン含量の最低値は9月の194mg/むき身乾重量g,最高値は2月の446mg/むき身乾重量gであった。

第2図に指数2とグリコーゲン含量の関係を、第3図に指数3とグリコーゲン含量の関係を示した。グリコーゲン含量と指数2($P<0.05$)および指数3($P<0.01$)には相関関係が認められた。

第3表 マガキ成育調査項目ごとの日変化速度と漁場環境調査項目間の相関係数。

	水温	塩分	クロロフィル-a濃度
殻高	-0.539	0.332	-0.582
日 殻長	-0.622	-0.267	-0.745
変 殻付重量	-0.807	0.677	-0.367
化 むき身重量	-0.883 *	0.635	-0.386
速 指数1	0.176	-0.519	0.242
度 指数2	0.405	0.151	0.874 *
指数3	0.593	-0.217	0.834 *
グリコーゲン含量	0.493	-0.633	-0.207

*：危険率5%で有意。

注) 指数1：むき身重量 / 殻付重量 × 100 (%)，指数2：冷海水30秒浸漬後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%)，指数3：30秒煮沸後のむき身重量 / むき身重量 × 100 (%)。

漁場環境とマガキの成育の関係の解析 第3表にマガキ成育調査項目ごとの日変化速度と漁場環境調査項目間の相関係数を、第4図にクロロフィル-a濃度と指数2の日変化速度の関係を、第5図にクロロフィル-a濃度と指数3の日変化速度の関係を示した。平均水温とむき身重量の変化速度($P<0.05$)に負の相関関係が、平均クロロフィル-a濃度と指数2の変化速度($P<0.05$)および指数3の変化速度($P<0.05$)に正の相関関係が認められたが、殻高、殻長、殻付重量、指数1、グリコーゲン含量それぞれの変化速度はどの環境調査項目とも相関関係が認められなかった。

考 察

カキ類はグリコーゲンをエネルギー源として体内に

蓄え、その量は養殖生産期に当たる秋から春にかけて高く、成熟期から産卵期にかけて急激に減少することが報告されている(今井他 1971;奥村他 2005)。また、マガキの生産盛期にその量が増えるため、品質の指標と考えられている(今井他 1971;奥村他 2005)。今回の調査でも、漁期前半の9～12月にグリコーゲン含量が増加し、生産盛期である1月以降は、安定した値を保っており、品質を示す指標であることが明らかになった。また、指数2および3がグリコーゲン含量と有意な相関を示すことが明らかになり、これらの指数も品質を示す指標になると考えられた。指数2および3の測定は、グリコーゲン含量の測定に比べるときわめて簡易に行うことができる。今回の調査では、同一筏、同一吊り線に付着する別個体での比較であったが、今後同一個体について指数2,3およびグリコーゲン含量を測定し、それらの関係を明らかにすれば、マガキ品質の簡易判定法が確立できると考えられた。

今回の環境調査項目のうちクロロフィル-a濃度は、マガキなど二枚貝の餌料となる植物プランクトンの量を示すと考えられている(関1972;楠木1977a)。今回の調査では、クロロフィル-a濃度は品質と関係の深い指数2および3との間で有意な相関が認められ、殻付重量やむき身重量などの成長を示す数値との間には有意な相関が認められなかった。楠木(1977a)は、広島湾周辺のマガキ養殖場調査を行い、クロロフィル-a濃度と1ヶ月当たりの生肉重量(むき身重量)増加量の間には正の相関が認められると述べており、今回の結果とは異なっている。一方、長浜ら(2005)は飼育試験の結果から、クロロフィル-a濃度が $1\mu\text{g/l}$ を下回る状態が続くとマガキの成長が止まることを明らかにしている。今回の調査では、漁場の平均クロロフィル-a濃度が $1\mu\text{g/l}$ を下回ったことはなく、最低でも $2.1\mu\text{g/l}$ であった。また楠木(1977a)の報告に用いられたクロロフィル-a濃度のデータを見ると、 $2\mu\text{g/l}$ 以下が多く含まれている。これらのことから考えると、今回の調査期間では、クロロフィル-a濃度がマガキの成長に影響を与えるほど低くなることはなかった。

と推測できる。また、マガキ品質の指標となる指数2および3の増加に必要な最低限のクロロフィル-a濃度は、成長に必要なそれよりかなり高いということも推測できる。

今回の調査は1年という短期間であるが、漁場環境と成育の関係を明らかにすることができた。調査期間中に、台風の通過に伴う養殖筏の湾内への移動はあったが、ヘテロカプサ *Heterocapsa circularisquama* 赤潮などマガキの斃死や成育不良を引き起こす環境変化はなかった。ヘテロカプサ赤潮が発生した場合、クロロフィル-a濃度は高くても成育が進まなくなるということは予想でき、その場合今回のような明瞭な相関は得られないことも考えられる。今後データを積み重ね、赤潮のような特殊事例についても解析を重ねると、漁場環境と成育の関係はより明らかになり、養殖漁場評価手法が定式化できると期待できる。

謝 辞

本調査を進めるに当たり、多大なるご協力を賜りました相生漁業協同組合の皆様にご心からお礼申し上げます。

文 献

今井丈夫・沼知健一・森 勝義・菅原義男 (1971) カキの生物学的研究。「浅海完全養殖」(今井丈夫, 猪野 峻, 黒木宗尚, 藤永元作, 山本護太郎編), 恒星社厚生閣, 東京, 81-148.

気象庁 (1990) 「海洋観測指針」, 日本海洋学会, 東京, 257-263.

楠木 豊 (1977a) マガキの成育とクロロフィル a 量との関係. 広水試研報, 9, 28-36.

楠木 豊 (1977b) カキ養殖漁場における漁場老化に関する基礎的研究 - マガキの排せつ物量. 日水誌, 43, 163-166.

楠木 豊 (1977c) カキ養殖漁場における漁場老化に関する基礎的研究 - マガキの排せつ物の有機物含量. 日水誌, 43, 167-171.

楠木 豊 (1978) カキ養殖漁場における漁場老化に関する基礎的研究 - マガキ・フンの沈降速度と運搬距離. 日水誌, 44, 971-973.

長浜達章・川村芳浩・魚住香織・杉野雅彦 (2005) 魚類種苗生産試験(養殖カキの摂餌と成長に関する飼育試験. 平成15年度兵庫農技総七年報(水産編), 19.

Okumura T, Nagasawa T, Hayashi I, Sato Y (2002) Effect of starvation RNA : DNA ratio, glycogen content and C:N ratio in columellar muscle of the Japanese turban shell *Turbo (Batillus) comutus* (Gastropoda). Fish. Sci. 68, 306-312.

奥村卓二・三浦信昭・勢村 均・岸本好博 (2005) 秋田県戸賀湾, 秋田県金浦町地先, 鳥取県泊村地先, および島根県隠岐島島前湾におけるイワガキのグリコーゲン含量の季節変化. 日水誌, 71, 363-368.

関 政夫 (1972) 養殖環境におけるアコヤガイ, *Pinctada fucata* の成長および真珠品質に影響を及ぼす自然要因に関する研究. 三重水試研報, 1, 32-149.