

岡山県東部における養殖マガキの へい死原因と対策の検討

草加 耕司・藤沢 邦康

Studies on the Mass Mortality of Cultured Oyster *Crassostrea gigas* in the
Coastal Waters of Eastern Okayama Prefecture

K. KUSAKA and K. FUJISAWA

本県における養殖マガキ *Crassostrea gigas* の大量へい死は、カキの産卵後期にあたる8月下旬から10月上旬に集中してみられ、10月下旬からの早期出荷用に富栄養な漁場で大型化させたカキほどへい死率が高い。また、8~9月に高温を記録した年ほどその被害も大きくなる傾向があるため、成熟・産卵により疲弊または代謝障害をきたしたカキが、この時期の異常な環境によりへい死にいたるものと推察される¹⁾。

そこで、カキの活性の低下を助長する環境因子を検討し、へい死原因を究明するため、産卵期のカキを材料として高温及び低酸素に対する耐性試験を行った。また、へい死対策として、垂下当初から成長を促進させ、その後の成熟・産卵を抑制することによりへい死を最小限に抑える養殖方法の有効性を検討した。

材料と方法

養殖試験 試験場所は図1に示す県東部の虫明湾周辺の虫明、頭島北、米石南の3か所のカキ養殖漁場（以下、漁場）とした。県東部の漁業協同組合（以下、漁協）では、数か所の漁場をその使用目的に応じて抑制漁場と養成漁場に大別し、時期によって筏を移動させて養殖している。抑制漁場はカキの産卵期までのへい死と台風等の波浪の対策として本垂下直後の4月から9月に使用し、概して内湾や島影に位置する。養成漁場はやや沖合いに位置し、10~3月の身入りの促進を目的として使用される。これらの区分では、虫明及び頭島北は抑制漁場、米石南は養成漁場に相当する。

虫明は水深約5mの閉鎖的な虫明湾の湾奥に位置する漁場である。虫明湾は外海からの海水の流入が少ない貧栄養性の内湾で、例年カキの成長は遅いがへい死は少ない。頭島北は頭島と鹿久居島の水道部にあたるため潮流が早く開放的な水深8mの漁場で、餌料環境が良好なた

め成長は早いがへい死が多い。米石南は水深約10mで外海に面した養成漁場である。

本試験ではカキ垂下連を時期により漁場を移動させながら養殖した。その方法は表1に示した4通りの移動系列である。試験区はへい死の多発する5~9月の抑制期の移動系列を変化させることにより4区設定した。IとIV区は本垂下から養成漁場に移動するまでの期間、それぞれ虫明と頭島北で抑制する従来通りの養殖方法である。IIとIII区は頭島北で本垂下した後、II区は7月17日、3区は8月24日に虫明に移動した。餌料環境面からみると、I区は貧栄養、IV区富栄養、II区とIII区は富栄養から貧栄養な漁場への移動といえよう。広島県²⁾、宮城県³⁾でもへい死対策として5~9月の抑制期に同様の移植試験が行われ、成長度の低い漁場から高い漁場、つまり貧栄養から富栄養への移植で高い生残率を得ている。岡山県東部の漁協でも一部この方法を採用して早期出荷に対応しているが、生残率がきわめて低い¹⁾ため、今回の試験からは除外した。いずれの区も9月30日には米石南に移動し、10~12月は同一の漁場で養成した。

供試した種苗は1991年8月に広島市大黒神島周辺で採苗し、'92年3月まで干出を与えて成長を抑制した広島種苗である。試験開始時の種苗の平均殻高は14.1mmで、コレクター1枚当たりに平均68個体付着していた。垂下連には長さ3m、直径8mmのポリエチレン製のロープ

表1 試験区の移動系列

試験区	抑制漁場→養成漁場
	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, (月)
I	虫明, 米石南
II	頭島北, 虫明, 米石南
III	頭島北, 虫明, 米石南
IV	頭島北, 米石南

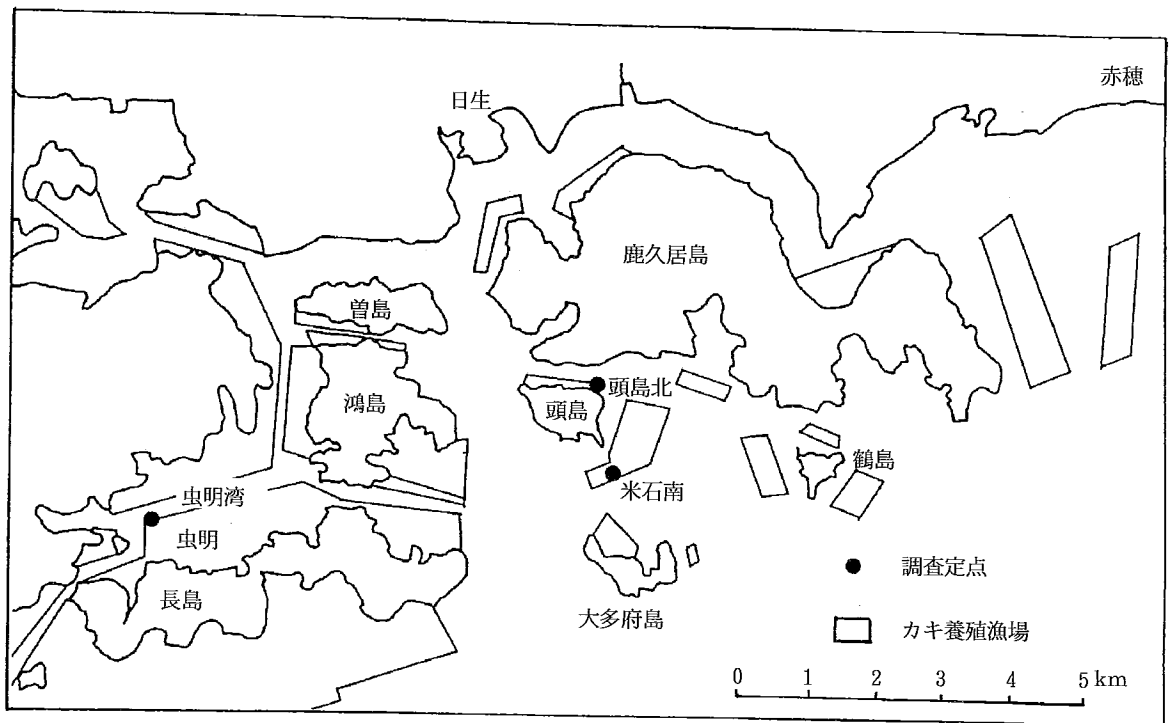
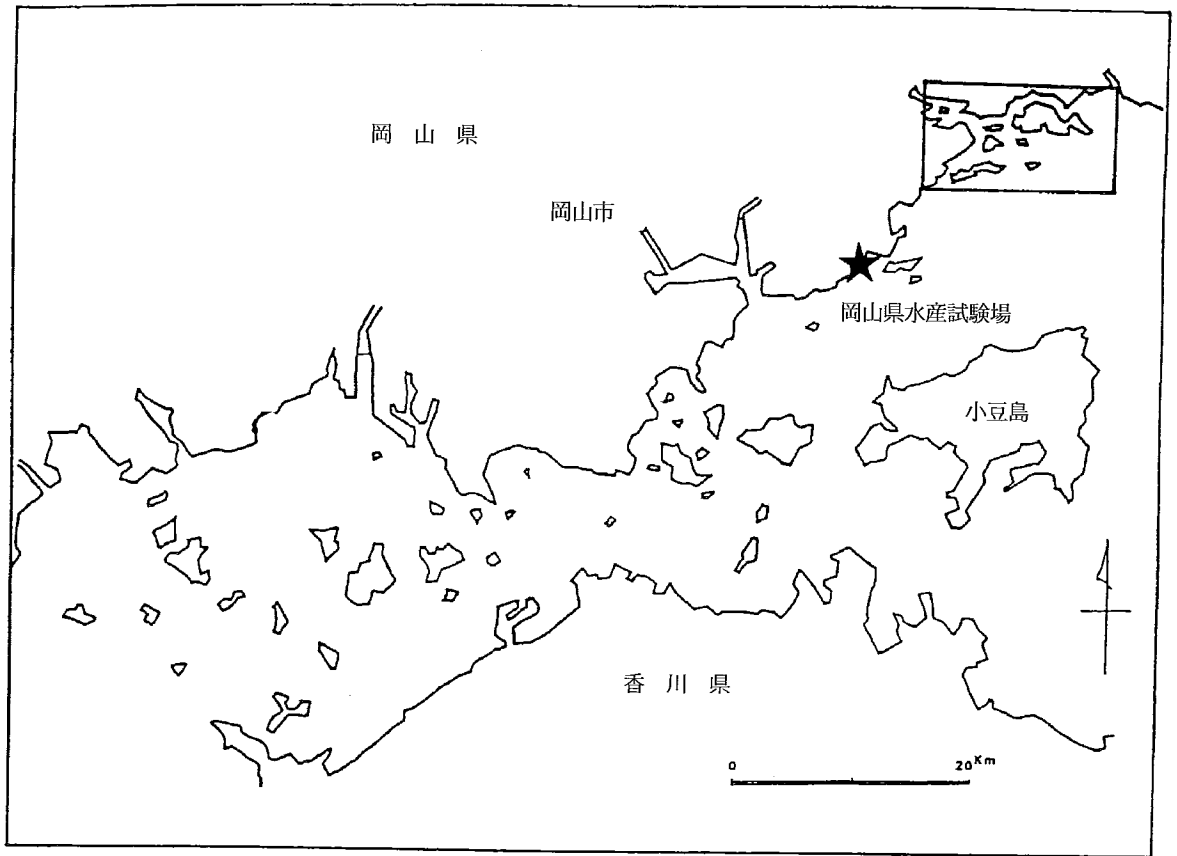


図1 試験場所

を用い、これに5枚のコレクターを間隔が約20 cmになるように取り付けた。

試験連は'92年5月11日に25×9 mの養殖筏の海面下1～3 mに垂下した。以後の調査は、同年7月17日、8

月24日、9月30日、11月16日及び12月16日に行った。持ち帰ったカキは生貝と死貝数を計数した後、各区50個体の殻高、生肉重量と、それらのうち30個体の乾燥肉重量を測定した。

表2 高温耐性試験の設定条件

試験開始年月日	試験区	種類	飼育日数(日)	個体数
'91. 8. 30 (1回目)	対照 (25.8~26.6°C) 30°C	虫明 広島種 虫明 宮城種 頭島北 広島種	20	20
'91. 9. 24 (2回目)	30°C 34°C 38°C	〃	19	20
'92. 9. 7 (1回目)	対照 (25.0~27.9°C) 32°C 34°C	水試 広島種 水試 宮城種	13	30
'92. 9. 21 (2回目)	対照 (22.5~24.5°C) 32°C 34°C	〃	15	30

調査時には水質環境として、各漁場の2m層の水温、塩分、DO、透明度を測定した。また、各漁場の餌料環境を把握するため、クロロフィルa量を測定し、餌料量の指標とした。

耐性試験

高温耐性試験 高温耐性試験の設定条件を表2に示した。試験は'91, '92年の8~10月に計4回行った。供試したカキは、'91, '92年とも前述の養殖試験と同様の方法で養殖した広島種と、宮城県石巻市地先で採苗した宮城種である。'91年は虫明で養殖した広島種と宮城種及び頭島北の広島種のそれぞれ20個体を、'92年は岡山県水産試験場(以下、水試)地先で養殖した広島種と宮城種の30個体ずつを用いた。漁場から持ち帰ったカキは、直ちにコレクターからはずして生残率と殻高を測定し、2~4日間、常温で飼育した後、試験に用いた。

試験には25l水槽を用い、石英ヒーターを用いて飼育水を各設定水温に昇温した。但し、対照区の水槽は常流流水のウオターバス内に収容した。飼育水は砂ろ過海水で、止水、無給餌とし、原則として1日1回全換水した。

生死の判定は、殻を開けたままの状態になったカキを取り上げ、閉殻筋に刺激を与えるなどしても無反応であった個体を死員と見なした。'91年は8月30日、9月24日、'92年には9月7日と9月21日から試験を開始し、飼育日数はへい死の状況により適宜変更した。

低酸素耐性試験 供試したカキは、虫明で養殖した広島種と宮城種及び頭島北で養殖した広島種の3種類で、試験は'91年8月30日から9月2日に行った。飼育水はあらかじめ窒素ガスにより溶存酸素をできる限り減少させておいた精密ろ過海水で、これを500ml容のポリエチレン製広口ビンにいれ、ビン1個当たり1個体のカキを密閉した。1種類当たり17個体、計51個体を26.3~26.6

°Cのウオターバスに収容して、生死を観察した。また、適宜飼育水を抜き取り、ウインクラー法によって溶存酸素を測定した。

結果と考察

養殖試験

試験地の環境 試験期間中の水温経過を把握するため、試験地から約20km南西に位置する水試地先2m層の水温経過を図2に示した。試験期間である5月から12月までの水温は、5月下旬から6月上旬が平年より約1°C低め、7月上旬から8月下旬までが0~2°C低めであったほかは、ほぼ平年並みに推移した。

各漁場における調査時の水質環境の測定結果を表3に示した。8月24日に台風の接近に伴う降雨の影響と考えられる低塩分が観測されたほかは、特に異常な数値は認められなかった。水温は虫明が頭島北より0.5~1.7°C高めであった。

漁場別のクロロフィル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⁴⁾の結果も併記した。5~9月の虫明におけるクロロフィルa量の平均値は2.44 µg/l、頭島北が3.8

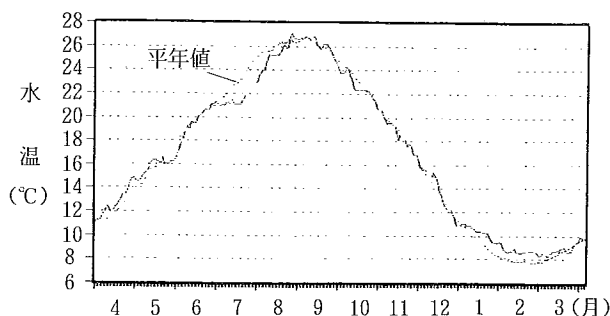


図2 平成4年度の水温経過

表3 調査時の水質環境

調査月日	漁場	水温 (°C)	塩分 (%)	DO (ml/L)	DO飽和度 (%)	クロロフィルa (μg/L)	透明度 (m)
5. 11	虫明 頭島北	18.4	31.30	5.13	95	0.53	5.0
		17.4	31.17	6.16	111	3.47	4.5
7. 17	虫明 頭島北	23.5	30.91	3.71	75	0.53	3.1
		21.8	31.27	4.21	82	2.14	6.0
8. 24	虫明 頭島北	28.3	23.04	6.15	129	4.54	4.0
		27.8	22.44	5.62	116	1.34	4.0
9. 30	虫明 頭島北 米石南	23.5	30.56	—	—	2.14	4.5
		23.0	30.85	—	—	4.01	—
11. 4	米石南	18.8	31.60	4.72	88	1.07	3.1
		11.9	31.14	5.59	90	0.89	2.9

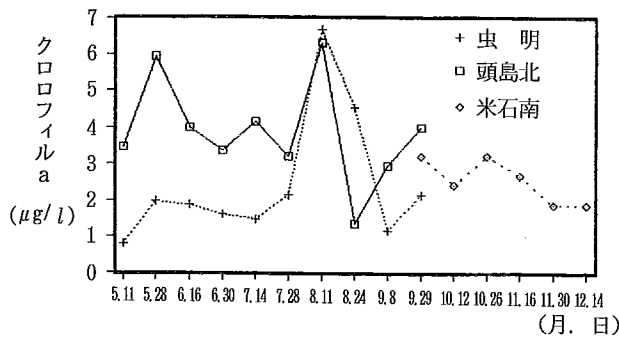


図3 漁場別のクロロフィルa量の推移

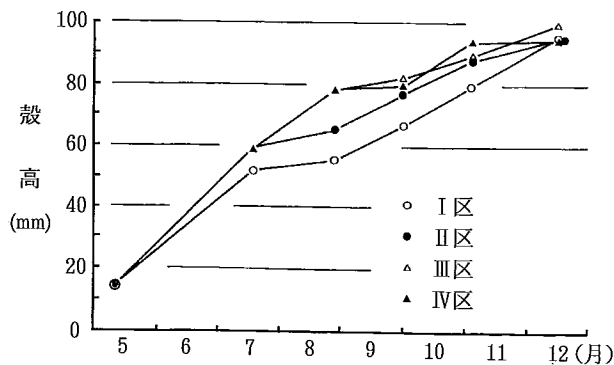


図4 殻高の推移

8 μg/lであり、9月下旬から12月までの米石南は2.54 μg/lであった。5～9月では8月11日と24日に、前述の台風による降雨の影響か虫明が高くなっているが、その期間を除いては頭島北のほうが高いレベルで推移した。

カキの成長 殻高の平均値の推移を図4に示した。殻高は8月下旬にはI < II < IV区の順になり、試験区間の較差はこの時期に最大となった。しかし、8月下旬から9月下旬までの間には試験区間の較差はむしろ縮まり、特に8月24日に移動したIII区とIV区の差はほとんどみら

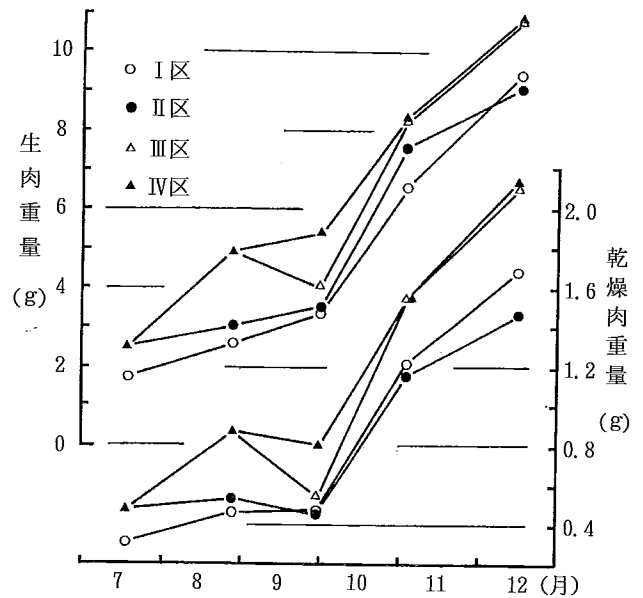


図5 生肉と乾燥肉重量の推移

れなかった。全区を米石南に移動した9月下旬以降は徐々に差は小さくなり、12月中旬には全区がほぼ同様の値となった。

生肉重量と乾燥肉重量の推移を図5に示した。生肉重量、乾燥肉重量ともに、全区で8～9月に産卵によると考えられる肉重量の減少あるいは停滞がみられ、その後12月までは急速に増肉した。試験区別に比較すると、I、II区は当初からIV区よりも低いレベルで推移し、7～9月に生じた差は12月に至っても縮まらなかった。しかし、III区は虫明に移動した後の9月に肉重量が減少したものの、11月にはIV区に劣らないまでに増肉した。

県東部の漁協では10月中・下旬から収穫を開始する。そこで、各試験区の早期出荷への対応を検討するため11月4日の生肉重量の度数分布を図6に示した。I区が生肉重量の平均は6.57g、II区は7.51g、III区は8.25g、

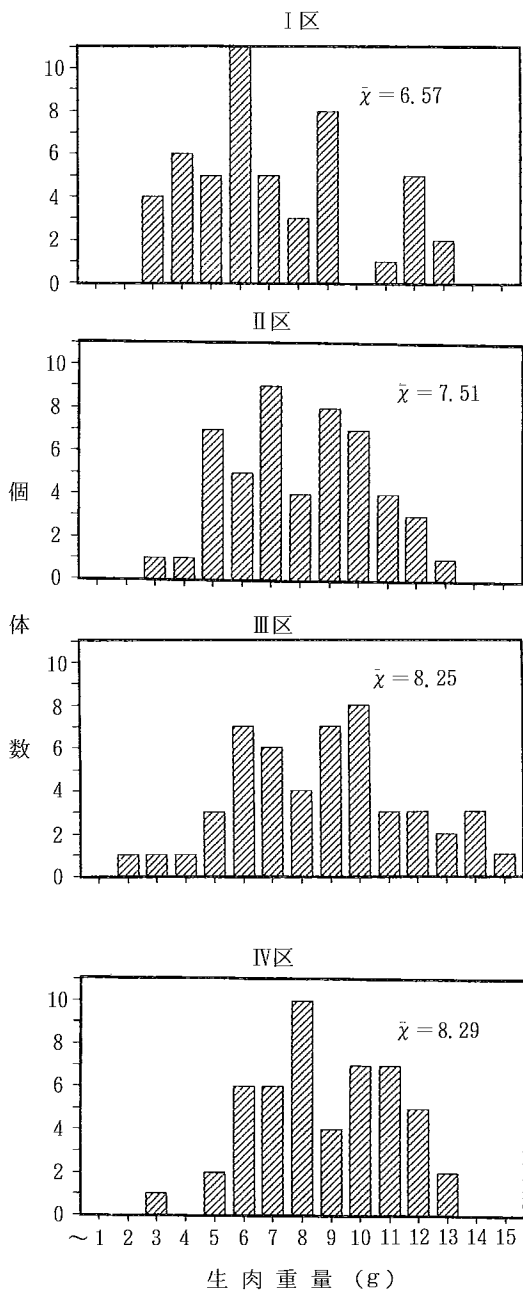


図6 生肉重量の度数分布

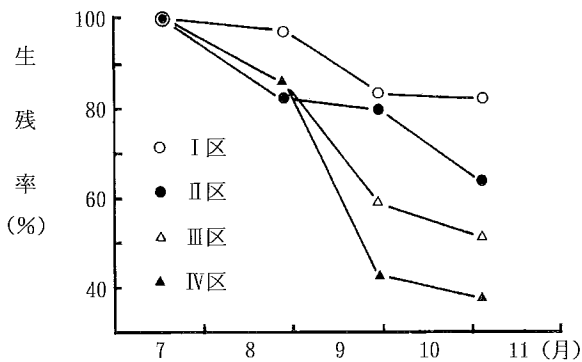


図7 生残率の推移

IV区は8.29gであり、頭島北で養殖した期間が長いほど、好結果になった。また、販売対象の下限を6gとすると、それ以上の割合はI区が48%、II区は72%、III区は74%、IV区は82%となり、II区とIII区はI区に比べて6g以上の割合が高く、改善されている。

へい死状況 生残率の推移を図7に示した。へい死は例年と同様に、8月下旬から9月下旬に多く見られた。11月4日の生残率は、I区が82.4%、II区が63.9%、III区が51.4%、IV区が37.6%であり、頭島北にあった期間が長い区ほど生残率が低くなった。

以上の結果から、カキを垂下当初から餌料環境の良好な漁場で大型化させた後、7~9月の成熟・産卵期に餌料の少ない漁場に移動すれば、へい死の抑制と収穫期までの身入りの促進に有効であることがわかった。森⁵⁾は二枚貝類の成熟に関する栄養条件について、生殖巣への栄養物質の動員は、個体生存に必要な代謝要求が満たされてはじめて起こり、配偶子の形成が進行するとしている。今回の試験や実際の漁場におけるカキの軟体部の観察でもこのことは明らかで、産卵期に貧栄養な環境下におかれたカキは、生殖のためのエネルギー源を蓄積することができず“水カキ”状態となる。したがって、7~8月の移動によって、成熟・産卵が抑制された結果、へい死個体が少なくなったものと推察される。

一方、今回のII、III区のような一時的にへい死の多い漁場から回避する方法でも、ある程度のへい死は起こることから、へい死はその時期の一時的な要因によるものではなく、カキの成熟・産卵等に伴う生理的な変調、あるいは環境要因の長期的な影響により、産卵後期の9月に起こるものとも考えられる。

耐性試験

高温耐性試験 高温耐性試験に用いたカキの殻高と漁場から取り上げた時点での生残率を表4に示し

表4 高温耐性試験に用いたカキの殻高と取り上げ時の生残率

年.月.日	種類	平均殻高 (mm)	生残率 (%)
'91. 8. 30 (1回目)	虫明 広島種	64.9	96.1
	虫明 宮城種	73.4	91.3
	頭島北 広島種	79.2	63.5
'91. 9. 24 (2回目)	"	67.1	65.2
	"	70.7	59.6
	"	90.7	50.4
'92. 9. 7 (1回目)	水試 広島種	66.6	85.6
	水試 宮城種	69.3	87.1
'92. 9. 21 (2回目)	"	69.2	25.0
	"	72.5	27.9

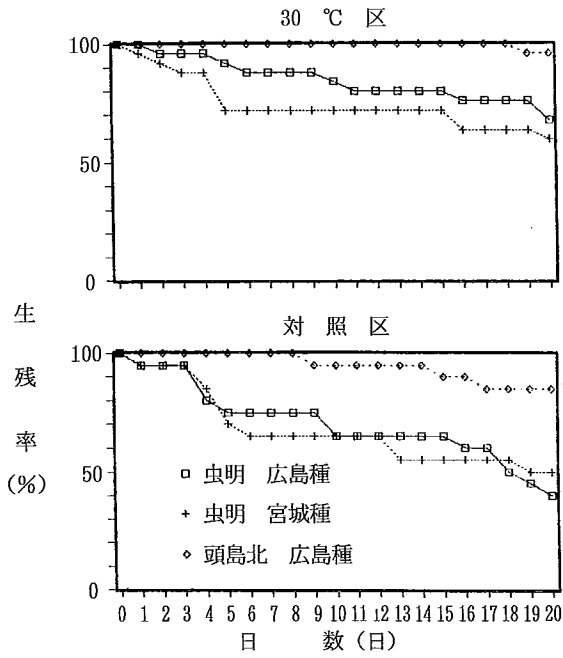


図8 '91年8月30日(第1回目)の高温試験

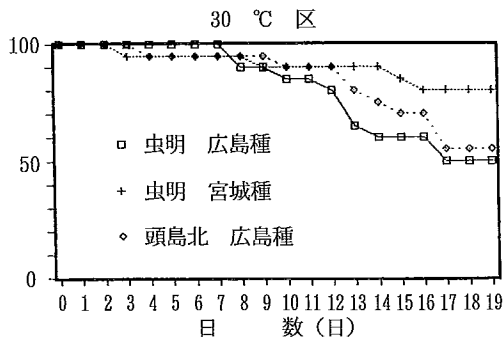
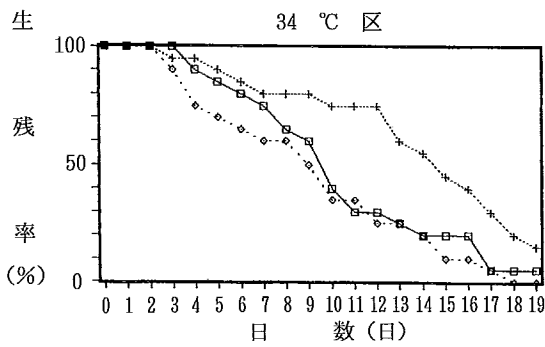
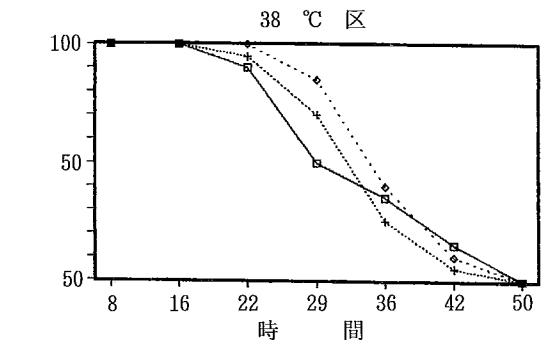


図9 '91年9月24日(第2回目)の高温試験

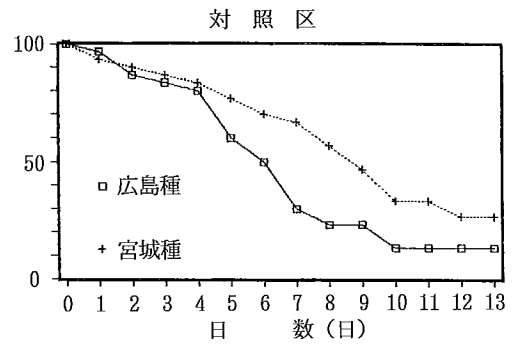
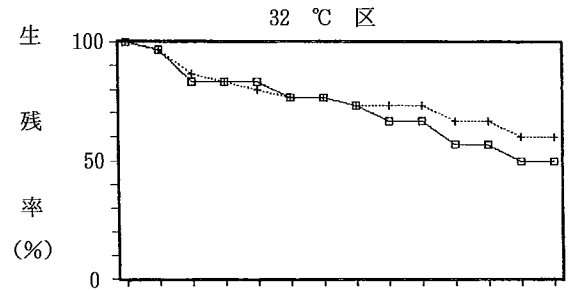
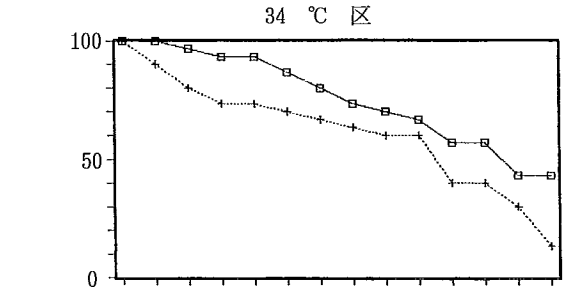


図10 '92年9月7日(第1回目)の高温試験

た。'91, '92年ともに生残率は1回目の試験時よりも2回目の方が低くなっており、特に'92年における1回目の試験は大量へい死の起こる直前、2回目は直後からの試験であったことが伺える。

'91年の試験の結果を図8, 9に示した。1回目の試験では、全種類とも対照区が30°C区よりも低い生残率の推移となった。2回目の試験では34°C区で高温の影響が顕著にみられた。38°C区では時間単位でへい死し、50時間以内に全個体がへい死した。

'92年の結果を図10, 11に示した。1回目の試験では、32及び34°C区よりむしろ対照区でへい死多くなった。2回目の試験では34°C区で顕著なへい死がみられた。

これらの結果から、生理活性の低下した産卵期のカキでも32°C前後までは影響ないが、34°C以上の高温になるとへい死の直接的な原因になるものと判断された。佐藤⁶⁾は夏期の大量へい死と水温について検討し、27°C以上の高水温の出現日数とへい死とは密接な関連があると述べている。本県でもカキ漁場の表層において30°C以上を観測することもあり、そのような高水温の年ほどへい死

が多い傾向がある。高水温がへい死の主因でないにしても、環境の悪化、バクテリアの増殖⁷⁾等の間接的な誘因として、またへい死を助長する程度の作用は及ぼしてい

るのかも知れない。

また、漁場における生残率は広島種より宮城種が低く⁸⁾、8月までに大型化したカキほど低い¹⁾ことから、品種やサイズによる耐性の違いを比較したが、明瞭な差は見られなかった。このことは、高水温がへい死の主因ではないことを示唆しているようにも思われる。

一方、'91、'92年ともに1回目には対照区が30、32℃区より低い生残率となっており興味深い。特に'92年の1回目は対照区が32、34℃区より明らかに低い生残率で推移し、2回目とは異なる結果になっている。'92年の1回目はへい死の始まる直前からの試験であり、高温に移すことにより、32、34℃区のカキでは生理的な変調が起こって一部の個体が回復し、対照区ではそのままの状態へい死に至ったとも考えられる。そして、2回目にはへい死が終了し“身入り”に向かった時期であるため、水温の高い順にへい死が多くなったと推察される。

実際の養殖現場でも、この時期に沖合いの養成漁場へ移動することによりへい死が止まる例があり、へい死が続く場合、沖出しするなどして環境を変化させてカキの生理を変調させるのも、大量へい死を抑える一方法かも知れない。

低酸素耐性試験 低酸素耐性試験の結果を図12に示した。低酸素試験に用いたカキの殻高の平均は、虫明の広島種が65.6mm、宮城種が72.7mm、頭島北の広島種が85.7mmであった。溶存酸素量は試験開始時には1.89 ml/lであったが、カキの酸素消費により急減し、12時間後には0.5ml/l以下の低酸素となり36時間後には0となった。へい死は36時間後から始まり、84時間には全

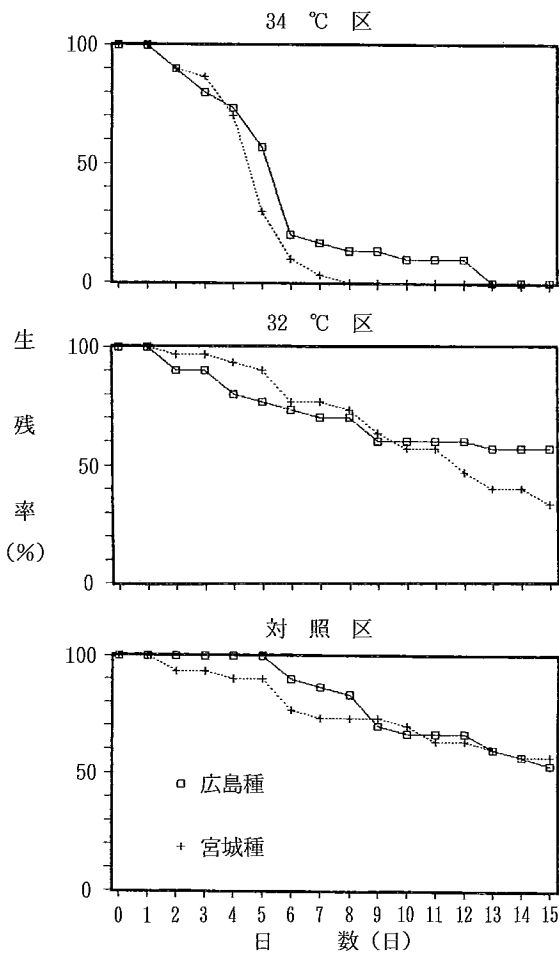


図11 '92年9月21日(第2回目)の高温試験

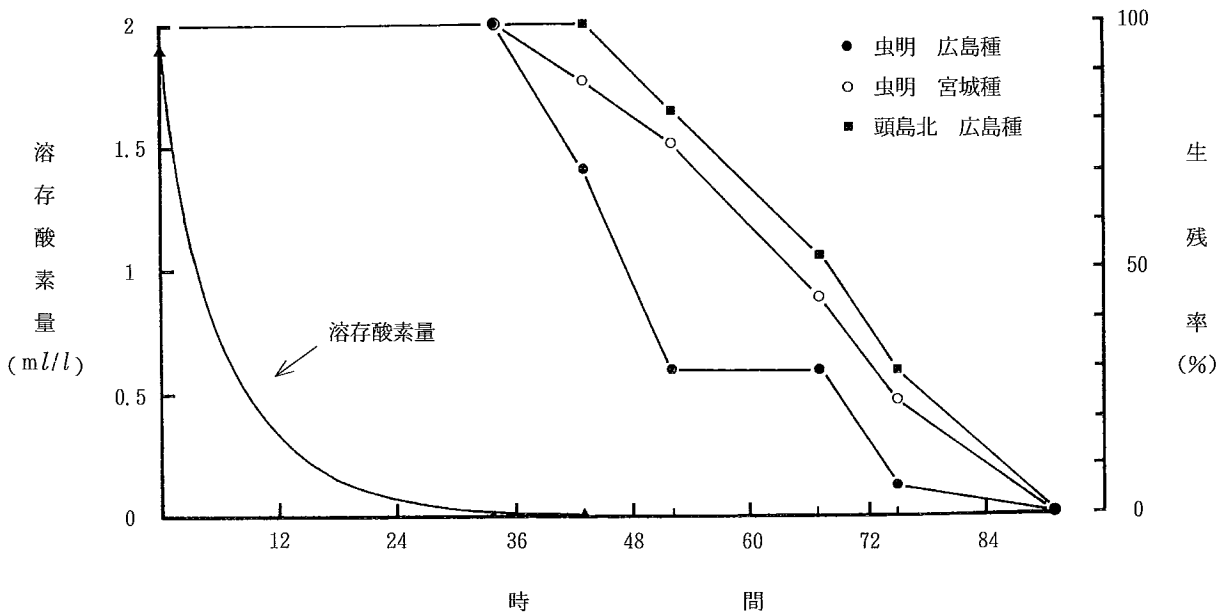


図12 低酸素試験における溶存酸素量と生残率の推移

個体がへい死した。従って、産卵期のカキでも、低酸素から2～3日、無酸素状態から1～2日は生存できることがわかった。また、種類別の比較では、生存時間は虫明広島種<虫明宮城種<頭島北広島種の順に長くなったが、耐性の差と考えられる様な明確な差異は認められず、カキの大きさ、種類による違いはないと判断された。

佐藤ら⁹⁾は岩手県大船渡湾におけるカキの大量へい死について調査し、その原因として飽和度30%以下の貧酸素化をあげている。また、小林ら¹⁰⁾は虫明湾における1昼夜観測を行い、成層の発達する8月に湾西部、北部、南部において、溶存酸素飽和度40%以下の低酸素化を確認した。しかし、これらの低酸素水は、海水が滞留しやすい海域の海底付近という特殊な環境下で観測されたに過ぎない。実際のカキ漁場において、大規模な赤潮でも起こらない限り表層から底層までの低酸素化が続くとは考えられず、カキが低酸素によってへい死している可能性は低いと思われる。

要 約

1. 養殖マガキのへい死原因を究明するための耐性試験と、その対策を検討するための養殖試験を実施した。
2. 養殖試験の結果、へい死の多発する産卵後期に一時的に貧栄養な漁場に移動することにより、へい死をある程度防ぐことができ、早期出荷への対策としても有効であった。
3. 耐性試験の結果、環境中で起こりうる高温及び低酸素でのへい死はみられなかった。
4. 広島種と宮城種、及びカキのサイズの違いによる耐性の差異は認められなかった。

文 献

- 1) 草加耕司・藤沢邦康・林 浩志, 1991: 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-, 岡山水試報6, 76-83
- 2) 竹内卓三・木村知博・竹本義照・梶上邦武・荒木文雄, 1963: カキへい死対策試験, -移植操作とへい死率の比較およびこれと病理組織像の対比-, 広島県水産試験場報告, 24(1), 29-46
- 3) 今井丈夫・沼地健一・大泉重一・佐藤 茂, 1965: 松島湾におけるカキの大量へい死に関する研究, II. 移植によるへい死要因の探究と防対策の検討, 東北水研研報, 25, 27-38
- 4) 林 浩志・藤沢邦康・草加耕司, 1993: 岡山県下のカキ養殖場におけるクロロフィル-aの分布(平成4年度), 本誌, 〇-〇
- 5) 森 勝彦, 1989: 二枚貝の成熟, 発生, 成長とその制御, 水族繁殖学, p p417, 緑書房
- 6) 佐藤忠勇, 1963: 垂下かきの異状へい死と水温, 昭和38年度日本水産学学会講演要旨集
- 7) 竹内卓三・松原孝之・広川泰子・松尾吉恭, 1957: 広島湾産マガキ*Ostrea gigas*の異常へい死に関する細菌学的研究-III, 日水誌, 23, 19-23
- 8) 草加耕司・藤沢邦康・林 浩志, 1991: 日生町地先におけるカキ養殖, -広島種と宮城種の成育特性の差異について-, 岡山水試報6, 84-87
- 9) 佐藤忠勇・今 久則・増田 裕, 1970: 大船渡湾における養殖かきの大量へい死について, 昭和45年度日本水産学学会講演要旨集
- 10) 小林雅人・小松輝久・藤沢邦康・草加耕司・林 浩志, 1991: 岡山県虫明湾におけるカキ養殖筏の移動に伴う環境変化, -90年8月と10月の1昼夜観測による比較から-, 平成3年度日本水産学会秋季大会講演要旨集