

養殖マガキの大量へい死と水温、降水量との関係

赤 繁 悟・平 田 靖・高 辻 英 之・相 田 聡

Occurrence of mass mortality in oyster culture with relation to seawater temperature and rainfalls in Hiroshima

Satoru AKASHIGE, Yasushi HIRATA, Hideyuki TAKATSUJI and Satoshi AIDA

本県のマガキ養殖では、養殖期間や場所によっても異なるが収穫時に通常2～3割のへい死個体がみられるが、へい死個体出現率が4～5割以上で広範囲に発生すると養殖経営に深刻な影響を与え大量へい死とされる。養殖マガキ（以下、かきとする）では、赤潮や貧酸素などにより大量へい死が発生し大きな被害を受けることがある^{1,2)}。これ以外にも大量へい死が発生することがあり、この場合には原因が不明な場合または明確でない場合が多い。このような大量へい死は、1925から1930年にかけて神奈川県金沢において発生し、5～9割のかきがへい死した例、1930年には山口、岡山、高知、徳島、愛媛の各県で4～9割のかきがへい死した例がある³⁾。また、1945年には広島、岡山、島根、鳥取など中国地方で大量へい死がみられている⁴⁾。本県でも、1946年より1949年頃まで毎年7～8月に、広島湾全域で簡易垂下式で養殖中の2年生かきが大量にへい死し、この対策としてワカという1年生養殖が普及した⁴⁾。孟宗竹製筏による垂下式養殖が急速に普及した1953年頃以降では、1960～64年にかけて8月中旬～10月上旬に県下全域で抑制種苗、ワカ、2年生かきで5割以上のへい死が発生した⁵⁻⁹⁾。この時、広島産に比べて宮城産種苗によって養殖されたかきでへい死が多かったとされている⁶⁾。また、1979¹⁰⁾、1994、2001、2002年に大量へい死が発生した。

このような大量へい死は、産卵期またはその直後（8～10月）に発生するほかに、養殖期間の長い個体でへい死率が高い、同一養殖期間のものでは成長の良い大きな個体でへい死率が高い、また表層で養殖されている個体でへい死が多く下層では少ない、などの傾向がみられる。

大量へい死の原因としては、産卵による活力低下や代

謝障害^{11,12)}、高水温、低水温、天候不順、日照不足、餌不足など¹³⁾、病原菌の感染^{8,9,14-16)}などが単独又は複合的に作用すると様々な推論がなされているが、へい死の発生機構は解明されていない⁴⁾。

本報告ではへい死発生機構の解明の一助とするために、1970年以降に発生した大量へい死と、水温および降水量との関係について検討した。

材料と方法

大量へい死の発生年

かきの大量へい死は、既述のように1960～64年⁵⁻⁹⁾、1979年¹⁰⁾に発生の報告がある。これらの報告では、養殖場所や養殖水深、養殖期間によってへい死率は変動し、大量へい死が発生した年であっても養殖場所や養殖方法などによっては大きな被害を受けないこともある。その後、1994年と2001、2002年にもかきが大量にへい死したとの報告がかき養殖業者などからあり、当技術センターと広島県広島、呉および東広島地域事務所などによる現地調査や聞き取り調査が実施された。大量へい死は1953年以前にも発生しているが、当時は簡易垂下式養殖またはひび立て・地蒔き養殖であり⁴⁾、養殖海域や養殖水深が異なること、また1960～64年については、詳細な水温データがないため、今回の検討対象からは除外した。

水温の経年比較

1970年以降、当技術センターにおいてほぼ毎日測定された地先海面表層の水温をデータとして用いた。日曜日、土曜日、又はその他の事情により測定されなかった日の水温はその前後から線形補完して推定した。かきの産卵活動やへい死発生に影響する期間とその程度の目安として水温20、23、25℃以上の日数とその積算水温を経

年比較した。すなわち、水温20℃以上の日数（20℃超過日数とする）とその間の水温20℃以上の積算水温（ Σ （水温-20℃））、20℃超過積算水温とする）、水温23℃以上の日数とその間の水温23℃以上の積算水温（ Σ （水温-23℃））、水温25℃以上の日数とその間の水温25℃以上の積算水温（ Σ （水温-25℃））を各年について求めた。

降水量の経年比較

降水量は、広島地方気象台（広島市）により観測された降水量¹⁷⁾をデータとして用いた。1941年以降の各年について7、8、9、10月の各月の降水量と、この間の2ヶ月連続（7-8月、8-9月、9-10月）、3ヶ月連続（7-9月、8-10月）、4ヶ月連続（7-10月）の積算降水量を計算して経年比較した。

結果および考察

養殖業者や地域事務所などの情報をまとめると、1970年以降大量へい死が発生したと認められる年の状況は次の通りであった。

1979年：イキスカきのへい死率は県下全域で平均3割であったが、可部島から地御前あたりまで広島湾西部海域では、ヨクセイかきも含めてへい死率は4割以上に達した¹⁰⁾。

1994年：聞き取り調査の結果、宮島、峠島及び大黒神島の養殖場、美能、安芸津ではへい死率は4割に達し、例年より2～3割高めのへい死率であった。

2001年：音戸、倉橋、三高、美能、江田島、大柿、吉浦地区での聞き取り調査で広島産種苗により養殖したものではへい死率はノコシ5割、フルセ・イキス1～4割で例年並み又は少し高めであったのに対し、宮城産種苗により養殖した場合にはへい死率はノコシ・フルセ・イキスとも4～8割と高かった。この年は、1999年の天然採苗不調により不足した種苗が宮城産種苗により補われ、これにより養殖されたかきで大量へい死が発生したことが推定され、大量へい死発生年としては特異な年と考えられた。

2002年：10月上旬に実施した現地調査や聞き取り調査の結果では、漁業協同組合別にみると大野、大野町では7割、内能美4～8割、鹿川4～8割、江田島6～9割、切串6～8割と非常に多かった。その他についても、平年並みかややおおめであった。この年は、7月に高濃度のG、ミキモトイ赤潮が発生したことなどから、貧酸素水塊が早くから大規模に発生するなかきの成育環境は厳しい状況であった¹⁸⁾。

水温とへい死との関係

1970年から2004年までの当技術センター地先の日々の水温について、水温20℃、23℃、25℃それぞれの超過日数と、その超過積算水温を計算した。大量へい死発生年である1994年と2002年は水温20、23、25℃の超過日数とその超過積算水温のいずれも、[平均+標準偏差]以上であり高水温傾向の年であった。また、1979年は20℃以上の日数が[平均+標準偏差]以上で、高水温傾向の年であった。2001年を除く大量へい死発生年は共通して水温20℃超過日数において高水温傾向であったことから、以下これを指標と考えて検討した（図1）。

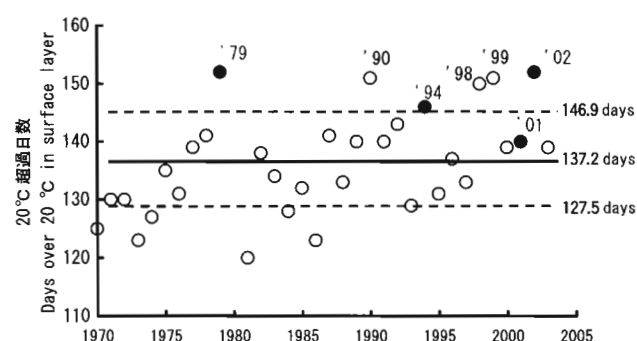


図1 1970年から2004年までの水温20℃超過日数の経年変化（水産海洋技術センター地先の表層水温）

Fig. 1 Days over 20°C in seawater surface temperature at HFMTTC.

水温20℃超過日数は年平均137.2日、標準偏差9.7日であるが、1970年代から徐々に増加する傾向がみられた。既述のように1979、1994、2002年の20℃超過日数はそれぞれ152、146、152であり、年平均+標準偏差=146.8日以上で高水温傾向の年であった。宮城産種苗により養殖したかきに大量へい死がみられた2001年は、水温20℃超過日数が140日と平均に近く、高水温傾向の年とはいえなかった。一方、大量へい死の報告されていない1990、1998、1999年も20℃超過日数は145日以上であり高水温傾向の年であった。

従って、水温20℃以上の日数から高水温傾向の年であれば大量へい死の可能性は大きいことがわかった。

降水量とへい死との関係

1941年以降の7～10月の間において、各月、2ヶ月連続、3ヶ月連続、4ヶ月連続の降水量を経年比較した結果、1970年以降についてみると、1994年には10月の降水量を除くその他の降水量は全て[平均-標準偏差]以下であり、少雨傾向の年であった。また、2002年には8～10月の3ヶ月及び4ヶ月の降水量は少雨傾向の年であった。1979年には7～8月の2ヶ月の降水量は少雨傾向

で、4ヶ月間の降水量も〔平均－標準偏差〕=442.5 mm 以下ではなかったが、それに近い降水量(476mm)で少雨傾向の年であった。2001年はいずれの項目でも少雨傾向の年とはいえなかった。2001年を除く大量へい死発生年は、4ヶ月間の降水量から少雨傾向の年であり、以下この4ヶ月間の降水量を指標として検討した(図2)。

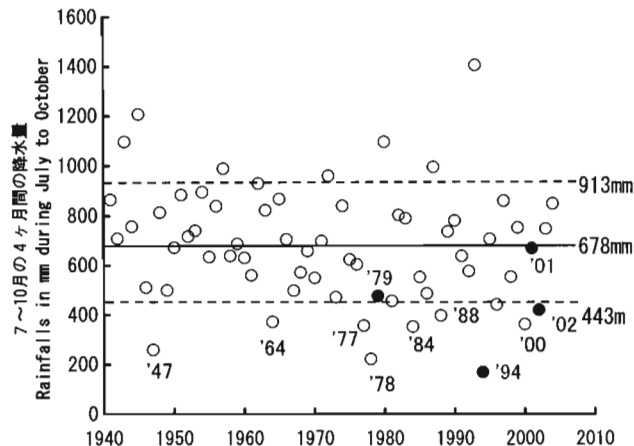


図2 1941年から2004年までの7～10月の4ヶ月間降水量の変化(広島地方気象台における降水量)

Fig. 2 Annual changes in total amount of rainfalls during July to October at Hiroshima Local Meteorological Observatory.

4ヶ月間の降水量は、平均677.9mm、標準偏差235.4mm、平均－標準偏差=442.5mmであった。既述のように、2001年を除く大量へい死発生年はこの値以下か又はこれに近い値を示した。しかし、1970年以降についてみれば、1977、1978、1984、1988年も少雨傾向の年であった。

従って、4ヶ月間の降水量から、少雨傾向の年であれば大量へい死の発生の可能性があることがわかった。

高水温かつ少雨とへい死との関係

高水温又は少雨傾向の年は、いずれも大量へい死の可能性はあるものの、必ずしも大量へい死が発生するとはいえないことがわかった。次に、1970年以降で水温20℃超過日数と4ヶ月間の降水量、これと大量へい死発生との関係について検討した(図3)。2001年を除く大量へい死発生年である1979、1994、2002年のみが高水温傾向かつ少雨傾向の年であった。すなわち、高水温でかつ少雨傾向の年には高い確率で大量へい死が発生すると推定された。

高水温でかつ少雨傾向の年にかきの大量へい死が発生しやすい要因として次の通り考察した。

かきは水温10℃を基準として積算水温600℃・日に達

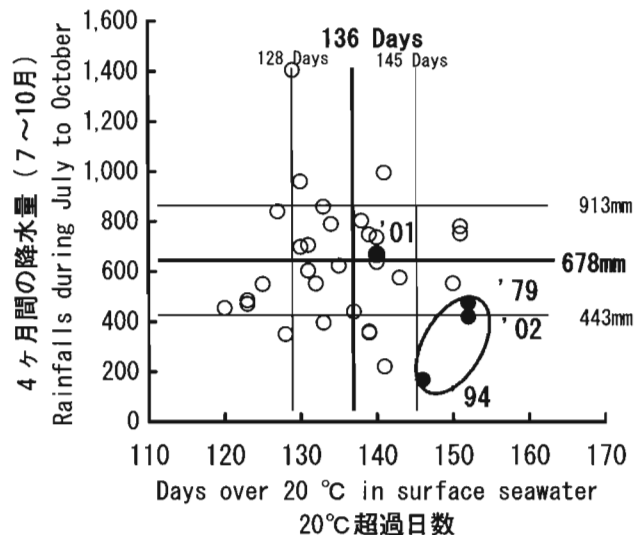


図3 大量へい死発生年と水温20℃超過日数および7～10月の4ヶ月間降水量との関係

Fig. 3 Relationship between rainfalls during July to October and days over 20°C in seawater surface layer at HPFMT. Closed circles represent the year when mass mortality occurred in oyster culture.

すると産卵可能な性成熟に達し、水温がほぼ20℃以上では一度産卵しても再び性成熟して産卵を繰り返す¹⁹⁾。本県の海域では、かきの産卵期は6月中下旬から9月までの期間で^{20,21)}、この間に同一個体でも産卵を繰り返していると推定される。マガキの産卵は、水温や塩分の急激な変化、他のマガキの卵や精子等が刺激となって誘発されるため^{22,23)}、年、海域、養殖水深などにより産卵状況が異なると考えられるが、20℃超過日数が長いことは産卵とその後の性成熟そして産卵という生理状態がより長期間にわたり繰り返されることを示している。

産卵期のマガキは、非産卵期のマガキに比較して、高水温下におかれ生理機能維持に必要なエネルギーは増大しているにもかかわらず、濾過水量は非産卵期に比べて低く抑えられ、従って摂餌量も減少していることが、へい死発生の直接あるいは間接的な原因となっている可能性が指摘されている²⁴⁾ように、生理的に厳しい状況にあると考えられる。このため、大量へい死発生年であっても通常2～3割の個体にへい死が発生している。

7～10月の降水量が少ないことは、この間に河川などを通してマガキ養殖海域に流入する河川水およびこれが運搬する栄養塩類の流入が少なく、珪藻等の植物プランクトンの増殖が抑制される可能性が考えられる。すなわち、産卵可能な時期が長期化するとともに、餌となる植物プランクトンが少なければ、生理機能維持のために必要な物質やエネルギーが満たされなくなる可能性が考え

られる。特にこれまでの知見ではエネルギーを多く必要とする大きな個体、養殖期間の長い個体でへい死の発生が起きやすいことからこのように推定されよう。

かきの大量へい死は、養殖海域で均一に発生するものではなく、海域、水深また養殖期間等によってへい死の発生率は異なることから、かきの養殖履歴による性成熟、産卵などの生理状態と水温、降水、餌料量等の環境条件との関連について明らかにし、へい死の発生を低減する養殖方法について検討する必要がある。近年、外国産かきの輸入が増大して価格が低迷しているが、本県かきの更なる高品質・低コスト化が求められている²⁵⁾。このためには、過密をさけて適正密度での養殖が必要である²⁶⁾。しかし、夏場のかきへい死が最近多くなったといわれており、かき養殖業者はへい死を見込んで養殖開始時の養殖量を多めに設定する傾向にあり、過密養殖の背景になるとともに底質への負荷増大による赤潮発生や貧酸素水塊の原因や誘引の可能性もあり、この面からも夏場のかきへい死を低減する方策が求められている。

謝 辞

かきのへい死状況に関する現地調査や聞き取り調査は、広島県農林水産部水産振興室、広島県広島・呉・東広島地域事務所、広島県漁業共済組合と当センターにより、かき養殖業者の協力をえて実施された。関係者の方々に謝意を表する。

文 献

- 楠木 豊・木村知博・荒川好満・橋本俊将 (1968)：海田湾奥におけるカキへい死原因調査－生育環境の悪化に関連して－。広水研，1，1－20。
- 高山晴義 (1998)：ヘテロカプサ・サーキュラリスカマ赤潮。水試だより (広島県水産試験場)，196，1－3。
- 関 晴雄 (1937)：垂下マガキへい死原因と将来の養殖。広島県水産会報，10，12－20。
- 木村知博・兼保忠之 (2003)：広島かき養殖のトピックス，「広島かきの養殖－主として昭和の発展と問題－」(木村知博・兼保忠之編著)，広島かき生産者協同組合，pp.31－56。
- 広島県水産試験場 (1960)：カキの異常へい死調査から，水試だより，87，3－4。
- 広島県水産試験場 (1961)：カキのへい死調査から，水試だより，99，3－4。
- 広島県水産試験場 (1963)：かきのへい死調査から，水試だより，113，1－4。
- 竹内卓三・木村知博・竹本義照・梶上邦武・荒木文雄 (1964)：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との対比－。広島県水産試験場報告，24(1)，29－46。
- 三好義照・木村知博・竹内卓三・荒木文雄 (1966)：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との対比。その2－。広島県水産試験場報告，27，1－8。
- 赤繁 悟・楠木 豊・橋本俊将 (1983)：1979～1981年の広島県下のカキへい死。広水試研報，13，1－17。
- 菅野 尚・佐々木 実・桜井保雄・渡辺 競・鈴木健三 (1965)：松島湾におけるカキの大量斃死に関する研究Ⅰ。大量斃死の状況と環境について。東北水研 研究報告，25，1－26。
- 森 勝義・今井丈夫・豊島清明・臼杵 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 研究報告，25，49－63。
- 小笠原義光・小林歌男・岡本 亮・古川 厚・久岡実・上野和彦 (1962)：かき養殖における抑制種苗の使用とその生産的意義。内海区水産研究所研究報告，19，1－153。
- 竹内卓三・松原孝之・広川泰子・築山 明 (1955)：広島湾産マガキ (*Ostrea gigas*) の異常斃死に関する細菌学的研究－Ⅰ。日水誌，20，1066－1070。
- 竹内卓三・松原孝之・広川泰子・築山 明 (1956)：広島湾産マガキ (*Ostrea gigas*) の異常斃死に関する細菌学的研究－Ⅱ。日水誌，21，1199－1203。
- 竹内卓三・松原孝之・広川泰子・築山 明 (1957)：広島湾産マガキ (*Ostrea gigas*) の異常斃死に関する細菌学的研究－Ⅲ。日水誌，23，19－23。
- 広島地方気象台 (1941～2004)：広島県気象年報，広島。
- 広島県水産試験場 (2003)：ヘテロカプサ赤潮発生原因調査，広島県水産試験場事業報告，2002年度，7－9。
- 大泉重一 (1971)：採苗生態。「改訂版 浅海完全養殖」(今井丈夫監修)，恒星社厚生閣，東京，pp.164－166。
- Kusuki, Y. (1991)：Oyster culture in Japan and adjacent countries: *Crassostrea gigas* (Thunberg). In “Estuarine and Marine Bivalve Mollusk Culture”，

- ed. by Winston Menzel, CRC Press, Inc., Boston, pp. 227-243.
- 21) 兼保忠之 (2003): かき採苗, 「広島かきの養殖—主として昭和の発展と問題—」(木村知博・兼保忠之編著), 広島かき生産者協同組合, pp. 86-122.
- 22) 楠木 豊・荒谷義章 (1986): 深吊りカキの大量産卵と水温の急上昇について. 広水試研報, **16**, 19-31.
- 23) 楠木 豊・赤繁 悟 (1984): カキ連の引き上げによる大量カキ産卵誘発. 広水試研報, **14**, 11-24.
- 24) 赤繁 悟・平田 靖・高山恵介・空本季里恵 (2005): 養殖マガキの酸素消費量および濾過水量の季節変化. 日水誌, **71**, 762-767.
- 25) 赤繁 悟 (2003): 養殖漁業の現状—かき養殖. 瀬戸内海, **36**, 23-26.
- 26) Hirata, Y. and S. Akashige (2004): The present situation and problems of oyster culture in Hiroshima Bay. Bull. Fish. Res. Agen. Supplement, **1**, 5-12.