

## 有害赤潮を発生させない底質改良技術の開発

担当機関 広島県水産試験場 資源環境部  
部長 高山 晴義  
研究員 横内 昭一  
調査期間 平成 11～13 年度

### 調査のねらい

近年、広島湾では漁場環境の悪化に伴い赤潮が頻繁に発生して、かき養殖を中心とした漁業に大きな被害を及ぼしている。特に、1995 年以来 *Heterocapsa circularisquama* (以後「ヘテカプサ」と呼ぶ) 赤潮が発生し、マガキ及びアサリに甚大な被害を与えており、1998 年(平成 10 年)には、広島湾の養殖かきが 38 億 3 千万円の被害をこうむった。

この漁場環境の悪化には、長期間に及ぶかき養殖で悪化した底質が大きく影響しているとされ、嫌気条件下で底質からの豊富な栄養塩の溶出は、ヘテカプサなど有害プランクトンが増殖する温床となるとの指摘がある。かき生産量も低迷しており、現地の漁業者からも底質改善の要望が多いが、冬場の海底耕うん以外に具体的な手法がなく、それも小型底曳網業者等の反対等であまり実施されないのが現状である。

本調査事業では、広島湾でも特に閉鎖的な環境にある江田島湾において、ヘテカプサ等有害赤潮を発生させない底質改良技術を開発することで、従来の沿岸漁場保全事業とあわせてより効果的に生物の生息場を創造する技術を開発することを目的とする。

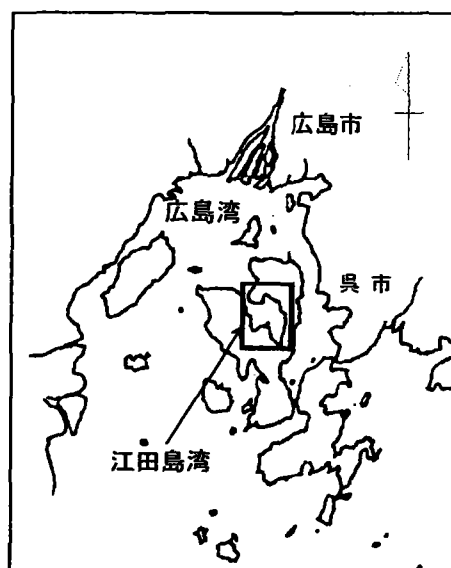
### 調査方法

#### 1) 調査海域

広島湾の南部に位置する江田島湾は、湾奥から湾口にかけて約 6km、幅は最大で 4km の二つの島に囲まれた内湾である。湾内のほとんどが水深 15～22m、海底は泥分 90%以上で、潮流も弱く、湾外からの海水の流れ込みが少ない閉鎖的な環境にある。

#### 2) 調査内容

今年度は、水酸化マグネシウムを主成分とする底質改良剤を調査海域に散布し、約半年後の底質の変化について調べた。この底質改良剤は、水酸化マグネシウムの働きで酸性になった海底を、弱アルカリ性で長期間保つことで、泥中の有機物の分解を促進しヘドロを減少させ、硫酸還元菌の増殖を抑制し硫化水素の発生を抑える。



また、リン酸塩の固定能力が高いため、赤潮の発生を抑制する効果もある。

また、同海域より泥を持ち帰り、屋内の水槽でも底質改良剤の効果を調べるの試験を行った。

### 3) 調査方法

海域での散布試験は、一昨年調査で底質の状態が悪かった湾内の2箇所(1ヶ所: 50m×50m)に、水酸化マグネシウムを主成分とする底質改良剤(クリアウォーター 5mm サイズ 宇部マテリアルズ(株)) 2,000kgを船上から散布した(図1)。8月27日に底質改良剤を0.4kg/m<sup>2</sup>となるよう均一に散布し、その後10月31日(2ヶ月後)、1月31日(5ヶ月後)に、散布区、対照区の2層(0-5cm層、5-10cm層)の泥を採取して、pH、全硫化物、底生生物の個体数、重量の変化を調べた。

また屋内での底質改良剤の効果試験は、同海域より10月に採取した泥をプラスチック容器(0.5m×0.2m×0.2m)9個に収容し、流水水槽(3.4m×1.6m×0.5m)に並べ、そのうち8試験区には底質改良剤(クリアウォーター 2mm サイズ)、海砂、粉碎かき殻、水砕スラグを組み合わせ(参考 図2)、10月24日に散布し、12月21日(2ヶ月後)、2月20日(4ヶ月後)のpH、全硫化物の変化を調べた。

### 調査結果

表1 底質改良剤散布試験調査結果

| 測定項目                                   | 層      | 試験区(データ数) | 8/27<br>(散布前) | 10/30<br>(2ヶ月後) | 1/30<br>(5ヶ月後) |
|--|--------|-----------|---------------|-----------------|----------------|
| pH                                     | 0-5cm  | 散布(n=8)   | 7.63          | 8.19            | 8.04           |
|  |        | 対照(n=4)   | 7.75          | 7.80            | 7.78           |
|  | 5-10cm | 散布(n=8)   | 7.76          | 7.86            | 7.98           |
|  |        | 対照(n=4)   | 7.83          | 7.78            | 7.83           |
| 全硫化物<br>(mg/g乾泥)                       | 0-5cm  | 散布(n=8)   | 0.47          | 0.47            | 0.49           |
|  |        | 対照(n=4)   | 0.45          | 0.46            | 0.49           |
|  | 5-10cm | 散布(n=8)   | 0.67          | 0.52            | 0.57           |
|  |        | 対照(n=4)   | 0.66          | 0.54            | 0.57           |
| 底生生物<br>(個又はg/<br>0.12m <sup>2</sup> ) | 個体数    | 散布(n=4)   | 307           | 178             | 91             |
|  |        | 対照(n=2)   | 400           | 239             | 127            |
|  | 重量     | 散布(n=4)   | 3.0           | 1.4             | 0.7            |
|  |        | 対照(n=2)   | 1.9           | 1.3             | 3.2            |

海域での散布試験の調査結果を表1に示す。調査点ごとの結果は表3-1、3-2に示す。

pHは、2ヶ所とも0-5cm層、5-10cm層においても散布区のほうが対照区に対して高い値を示し、その効果は約半年間続いた。

全硫化物は、散布前に値が高かったSt.1では値を下げる効果が見られたが、値の低かったSt.2では効果が見られず逆に高くなって、全体的には効果がみられなかった。

底生生物は個体数、重量ともに2ヶ所とも散布区、対照区と差が見られず、底質改良剤

の散布効果はみられなかった。

上記の結果をまとめると、底質改良剤は pH を高める効果があったが、全硫化物を減少し、底生生物を増加させる効果は約半年間にはみられなかった。

表 2 屋内底質改良剤効果試験結果

| 試験区                             |             | 10/24<br>(散布前) | 12/21<br>(2ヶ月後) | 2/20<br>(4ヶ月後) |
|---------------------------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|
| 対照区                             | p H         | 7.5            | 7.5             | 7.5            |
|                                 | 全硫化物 (mg/g) | 0.27           | 0.45            | 0.19           |
| 底質改良剤散布区 (400g/m <sup>2</sup> ) | p H         | 7.5            | 8.0             | 7.7            |
|                                 | 全硫化物 (mg/g) | 0.27           | 0.32            | 0.17           |
| 底質改良剤散布区 (200g/m <sup>2</sup> ) | p H         | 7.5            | 7.7             | 7.7            |
|                                 | 全硫化物 (mg/g) | 0.27           | 0.44            | 0.19           |

次に、屋内試験の結果を、表 2 に示す。全試験区の詳しい結果は表 4、5 に示す。

改良剤を規定量散布した区は、散布後 2 ヶ月後には他の試験区と比べて pH が高くなり、全硫化物は減少した。しかし、4 ヶ月後には pH、全硫化物とも対照区と比べて差が見られなくなった。

改良剤を規定量の半量散布した区は、pH をあげる効果も小さく、全硫化物の値の変化も対照区と差がなかった。

覆砂等で海底を覆ったものは 4 ヶ月後においても全硫化物の値が高かった。また、それらに底質改良剤を混ぜたものは効果がなかった。

#### 今後の課題

現場海域での底質改良試験は、海域の狭い範囲で試験してもその改善効果は短期間では現れにくく、広範囲で長期間にわたって行う必要があると考えられる。

しかし、広島湾は現在においてもかき養殖を中心多くの漁業者の利用する水産上重要な海域であって、底質の改善は一時的であるにしろ水質にも変化をもたらすために、その影響を考えると現地で大規模な試験を行うことは難しい。

今年度で 3 ヶ年の調査が終了となるが、初年度は現場の海域を調査することで底質悪化の原因について検討し、2 年目は潮流による底質改良についての調査、今年度は直接底質を改善する方法の調査をした。

しかし、具体的に事業に結びつくような底質改良の方向性については得られなかったが、底質改良について必要なことは「ゆっくりと時間をかけて」「漁場を守りながら」であることがはっきりしたため、今後調査結果を再度検討して、底質改良の方向性を示していきたい。

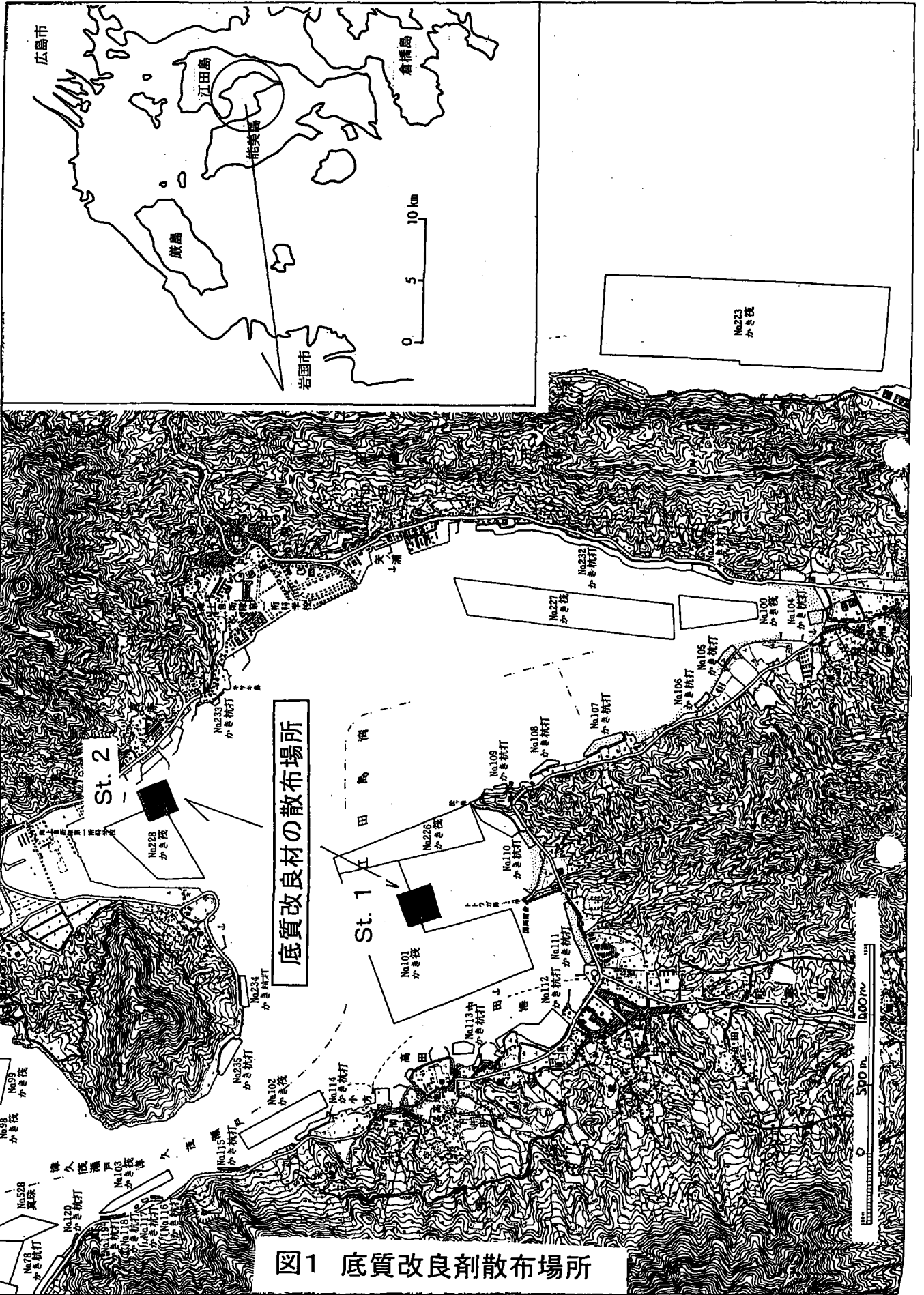


表3-1 江田島湾底質改良剤散布試験結果 (St. 1)

St. 1

|  |                                  | 層      |       | 8/27<br>(散布前) | 10/30<br>(2ヶ月後) | 1/30<br>(5ヶ月後) |
|--|----------------------------------|--------|-------|---------------|-----------------|----------------|
| pH   | 散布区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:4) | 0-5cm  | 平均    | 7.60          | 8.13            | 8.08           |
|  |                                  |        | S.D.  | ±0.00         | ±0.43           | ±0.13          |
|  |                                  | 5-10cm | 平均    | 7.70          | 7.78            | 7.95           |
|  |                                  |        | S.D.  | ±0.00         | ±0.15           | ±0.10          |
|  | 対照区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:2) | 0-5cm  | 平均    | 7.60          | 7.75            | 7.70           |
|  |                                  |        | S.D.  | ±0.00         | ±0.07           | ±0.00          |
| 5-10cm                                       |                                  | 平均     | 7.70  | 7.65          | 7.70            |                |
|  |                                  | S.D.   | ±0.00 | ±0.07         | ±0.00           |                |
| 全硫化物<br>単位 (mg/g<br>乾泥)                      | 散布区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:4) | 0-5cm  | 平均    | 0.60          | 0.69            | 0.55           |
|  |                                  |        | S.D.  | ±0.04         | ±0.14           | ±0.18          |
|  |                                  | 5-10cm | 平均    | 0.96          | 0.73            | 0.74           |
|  |                                  |        | S.D.  | ±0.16         | ±0.16           | ±0.15          |
|  | 対照区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:2) | 0-5cm  | 平均    | 0.75          | 0.76            | 0.88           |
|  |                                  |        | S.D.  | ±0.25         | ±0.01           | ±0.02          |
| 5-10cm                                       |                                  | 平均     | 0.96  | 0.82          | 0.90            |                |
|  |                                  | S.D.   | ±0.15 | ±0.14         | ±0.11           |                |
| 底生生物<br>単位<br>(個又は<br>g/0.12m <sup>2</sup> ) | 散布区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:2) | 個体数    | 平均    | 62            | 50              | 21             |
|  |                                  |        | S.D.  | ±35.36        | ±9.90           | ±0.00          |
|  |                                  | 重量     | 平均    | 0.55          | 1.60            | 0.62           |
|  |                                  |        | S.D.  | ±0.23         | ±1.83           | ±0.28          |
|  | 対照区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:1) | 個体数    | 平均    | 73            | 29              | 56             |
|  |                                  |        | S.D.  |               |                 |                |
| 重量   |                                  | 平均     | 0.61  | 0.74          | 3.95            |                |
|  |                                  | S.D.   |       |               |                 |                |

表 3-2 江田島湾底質改良剤散布試験結果 (St. 2)

St. 2

|  |                                  | 層      |       | 8/27<br>(散布前) | 10/30<br>(2ヶ月後) | 1/30<br>(5ヶ月後) |
|--|----------------------------------|--------|-------|---------------|-----------------|----------------|
| pH   | 0-5cm                            | 0-5cm  | 平均    | 7.65          | 8.25            | 8.00           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.06         | ±0.39           | ±0.27          |
|  |                                  | 5-10cm | 平均    | 7.83          | 7.95            | 8.00           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.05         | ±0.10           | ±0.14          |
|  | 対照区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:2) | 0-5cm  | 平均    | 7.90          | 7.85            | 7.85           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.00         | ±0.07           | ±0.07          |
|  |                                  | 5-10cm | 平均    | 7.95          | 7.90            | 7.95           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.07         | ±0.00           | ±0.07          |
| 全硫化物<br>単位 (mg/g<br>乾泥)                      | 散布区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:4) | 0-5cm  | 平均    | 0.34          | 0.25            | 0.42           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.09         | ±0.13           | ±0.22          |
|  |                                  | 5-10cm | 平均    | 0.38          | 0.31            | 0.40           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.10         | ±0.12           | ±0.20          |
|  | 対照区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:2) | 0-5cm  | 平均    | 0.15          | 0.16            | 0.11           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.01         | ±0.02           | ±0.00          |
|  |                                  | 5-10cm | 平均    | 0.36          | 0.25            | 0.24           |
|  |                                  |        | S. D. | ±0.25         | ±0.06           | ±0.07          |
| 底生生物<br>単位<br>(個又は<br>g/0.12m <sup>2</sup> ) | 散布区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:2) | 個体数    | 平均    | 553           | 303             | 161            |
|  |                                  |        | S. D. | ±85.56        | ±111.72         | ±198.70        |
|  |                                  | 重量     | 平均    | 5.48          | 1.19            | 0.69           |
|  |                                  |        | S. D. | ±3.03         | ±0.37           | ±0.93          |
|  | 対照区<br>( $\bar{x}$ - $s$<br>数:1) | 個体数    | 平均    | 727           | 448             | 198            |
|  |                                  | 重量     | 平均    | 3.16          | 1.80            | 2.37           |

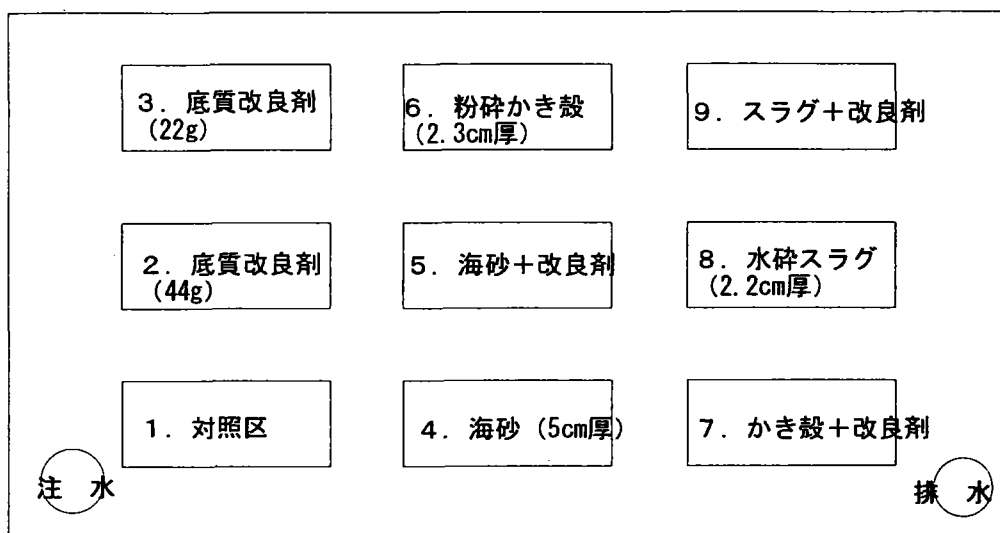


図2. 屋内試験イメージ図

### 屋内試験調査結果

表4 pHの変化

| No. | 試験区                           | 10/24 (散布前) | 12/21 (2ヶ月後) | 2/20 (4ヵ月後) |
|-----|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| 1   | 対照区                           | 7.5         | 7.5          | 7.5         |
| 2   | 改良剤散布区 (400g/m <sup>2</sup> ) | 7.5         | 8.0          | 7.7         |
| 3   | 改良剤散布区 (200g/m <sup>2</sup> ) | 7.5         | 7.7          | 7.7         |
| 4   | 覆砂 (5cm程度)                    | 7.5         | 7.6          | 7.7         |
| 5   | 覆砂 (5cm程度) +改良剤               | 7.5         | 7.8          | 7.8         |
| 6   | かき殻 (3cm程度)                   | 7.5         | 7.7          | 7.7         |
| 7   | かき殻 (3cm程度) +改良剤              | 7.5         | 7.8          | 7.8         |
| 8   | 水砕スラグ (3cm程度)                 | 7.5         | 7.6          | 7.7         |
| 9   | 水砕スラグ (3cm程度) +改良剤            | 7.5         | 7.7          | 7.7         |

表5 全硫化物の変化

単位 (mg/g)

| No. | 試験区                           | 10/24 (散布前) | 12/21 (2ヶ月後) | 2/20 (4ヵ月後) |
|-----|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| 1   | 対照区                           | 0.27        | 0.45         | 0.19        |
| 2   | 改良剤散布区 (400g/m <sup>2</sup> ) | 0.27        | 0.32         | 0.17        |
| 3   | 改良剤散布区 (200g/m <sup>2</sup> ) | 0.27        | 0.44         | 0.19        |
| 4   | 覆砂 (5cm程度)                    | 0.27        | 0.38         | 0.25        |
| 5   | 覆砂 (5cm程度) +改良剤               | 0.27        | 0.56         | 0.24        |
| 6   | かき殻 (3cm程度)                   | 0.27        | 0.48         | 0.29        |
| 7   | かき殻 (3cm程度) +改良剤              | 0.27        | 0.46         | 0.33        |
| 8   | 水砕スラグ (3cm程度)                 | 0.27        | 0.49         | 0.36        |
| 9   | 水砕スラグ (3cm程度) +改良剤            | 0.27        | 0.48         | 0.45        |

## 各種条件下における *Heterocapsa circularisquama* の培養実験 (*H. circularisquama* に対する寄生細菌の応用)

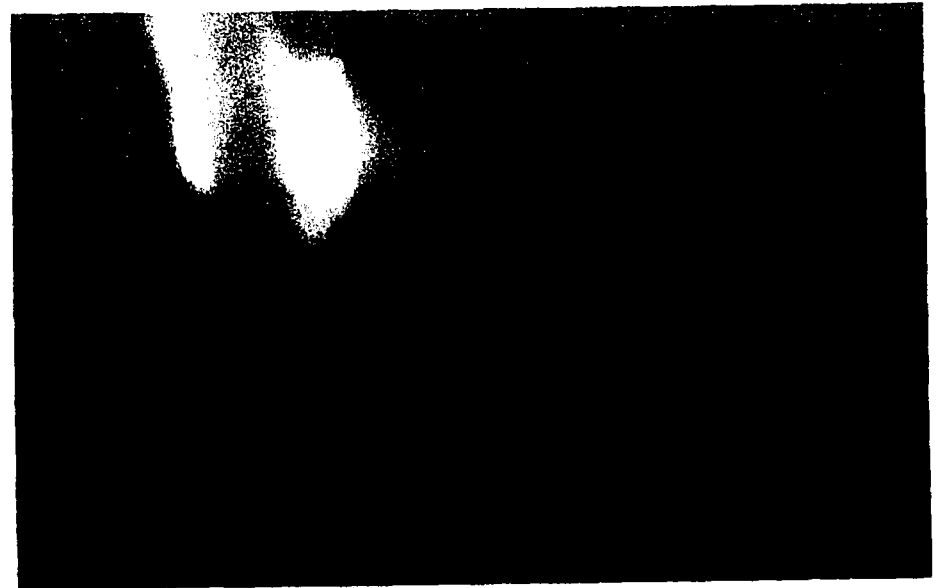
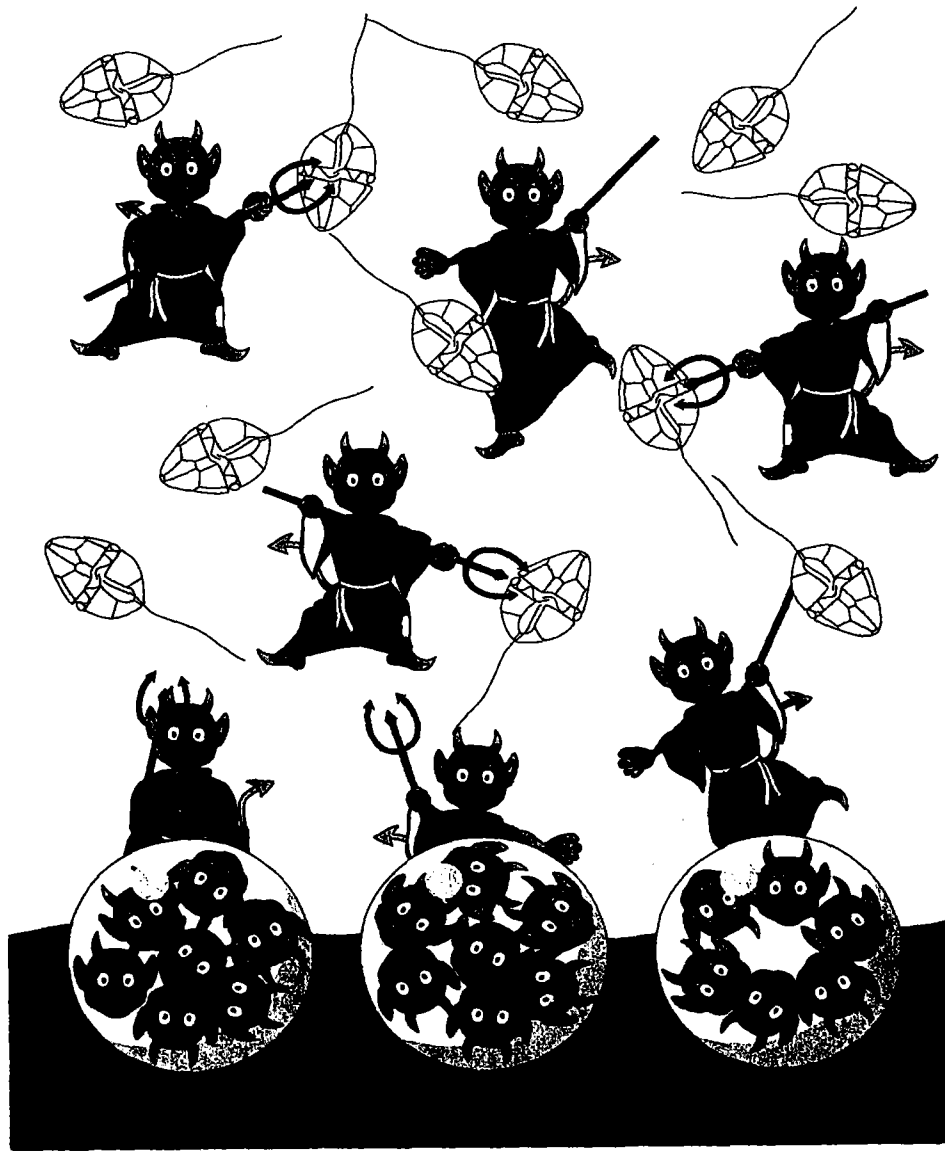
1999年に広島湾で *H. circularisquama* 赤潮発生した際分離した寄生細菌が、*H. circularisquama* に対する強い殺藻作用を有することが明らかになっている。産業経済省産業技術総合研究所中国技術研究所で、海洋細菌（有機スズ分解細菌など）をアルギニン酸カルシウムに固定（包埋）して有効に利用しようとする試みが行われている。今後、この手法が *H. circularisquama* 寄生細菌に応用できるかどうかを検討した。

*H. circularisquama* 寄生細菌を含む懸濁液をアルギニン酸ナトリウム水溶液に溶かし、塩化カルシウム液に滴下して直径3mm程度のゲル状ビーズを作成した。このビーズを培養中の *H. circularisquama* に作用させて殺藻効果があるかどうか観察した。

作成直後のビーズには殺藻効果が認められたが、短期間で効力を失った。ビーズの作成方法など検討し、長期間殺藻効果を保持できる手法を模索する。



# ヘテロカプサ寄生細菌の応用



アルギニンに封入して海底に散布