

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-317504

(P2004-317504A)

(43) 公開日 平成16年11月11日(2004. 11. 11)

(51) Int. Cl.⁷

GO 1 N 33/18

GO 1 B 7/00

F I

GO 1 N 33/18

1 O 6 Z

GO 1 N 33/18

A

GO 1 N 33/18

D

GO 1 N 33/18

E

GO 1 N 33/18

F

テーマコード (参考)

2 F O 6 3

審査請求 有 請求項の数 26 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-105147 (P2004-105147)
 (22) 出願日 平成16年3月31日 (2004. 3. 31)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-96837 (P2003-96837)
 (32) 優先日 平成15年3月31日 (2003. 3. 31)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 391060535
 株式会社ミキモト
 東京都中央区銀座4丁目5番5号
 (71) 出願人 502411322
 本城 凡夫
 福岡県嘉穂郡桂川町九郎丸695-13
 (71) 出願人 000151520
 株式会社東京測器研究所
 東京都品川区南大井6丁目8番2号
 (74) 代理人 100075812
 弁理士 吉武 賢次
 (74) 代理人 100091487
 弁理士 中村 行孝
 (74) 代理人 100094640
 弁理士 紺野 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有害な水質環境の検出方法および水質環境監視システム

(57) 【要約】

【課題】 有害な水質環境の高感度な検出方法であって、容易にかつ長期間にわたって安定して実施することができ、供試生物に対する負担が少ない方法の提供。

【解決手段】 本発明は、一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーが装着され、かつ他方の貝殻に磁界を発生させる部材が装着された二枚貝類 (Bivalvia) に属する貝を、試料水と接触させて、その貝の貝殻開閉運動の変化を該非接触センサーによって測定することを含んでなる、二枚貝類に属する貝に有害な水質環境の検出方法に関する。本発明によれば、有害な水質環境が貝への影響が軽微な段階のものであっても、それを鋭敏に検出することができる。このため、発生初期の段階から水質環境の異常を察知することができる。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーが装着され、かつ他方の貝殻に磁界を発生させる部材が装着された二枚貝類 (*Bivalvia*) に属する貝を、試料水と接触させて、その貝の貝殻開閉運動の変化を該非接触センサーによって測定することを含んでなる、二枚貝類に属する貝に有害な水質環境の検出方法。

【請求項 2】

二枚貝類に属する貝に有害な水質環境が、貝に有害な浮遊生物により生じた有害水質環境である、請求項 1 に記載の検出方法。

【請求項 3】

貝に有害な浮遊生物が、*Heterocapsa circularisquama* である、請求項 2 に記載の検出方法。

【請求項 4】

二枚貝類に属する貝に有害な水質環境が、水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境である、請求項 1 に記載の検出方法。

【請求項 5】

二枚貝類に属する貝に有害な水質環境が、水中の溶存硫化物の濃度の増大により生じた有害水質環境である、請求項 1 に記載の検出方法。

【請求項 6】

二枚貝類に属する貝に有害な水質環境が、水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境である、請求項 1 に記載の検出方法。

【請求項 7】

二枚貝類に属する貝に有害な水質環境が、水中の有毒化学物質の濃度の増大により生じた有害水質環境である、請求項 1 に記載の検出方法。

【請求項 8】

二枚貝類に属する貝に有害な水質環境が、水中の環境汚染物質の濃度の増大により生じた有害水質環境である、請求項 1 に記載の検出方法。

【請求項 9】

非接触センサーによる測定によって得られた時間に対する開殻距離を表すグラフにおいて、開殻距離変化のスパイクの波形を観察し、その波形から試料水が有害な水質環境であるか否かを判別することをさらに含んでなる、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 10】

二枚貝類 (*Bivalvia*) に属する貝に有害な水質環境の監視システムにおける、貝の一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーを装着し、他方の貝殻に磁界を発生させる部材を装着してなる、前記貝と試料水との接触により生ずる貝の貝殻開閉運動の変化を測定するセンシング手段から出力された電圧データより算出した、時間に対する開殻距離を表すグラフにおいて、

開殻距離変化のスパイクの波形を観察し、その波形から試料水が有害な水質環境であるか否かを判別することをさらに含んでなる、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 11】

試料水が、下記 (a) ~ (g) のいずれのタイプの有害な水質環境であるかを判定することをさらに含んでなる、請求項 9 または 10 に記載の検出方法：

- (a) *Heterocapsa circularisquama* の増加により生じた有害水質環境、
- (b) 水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境、
- (c) 水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境、
- (d) 水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境、
- (e) 水中の有毒化学物質濃度の増大により生じた有害水質環境、
- (f) 水中の環境汚染物質の濃度の増大により生じた有害水質環境、または、

10

20

30

40

50

(g) 前記(a)～(f)以外の原因による有害水質環境。

【請求項 1 2】

スパイク波形におけるスパイク頻度、スパイク時間およびスパイクの積分値からなる群から選択される少なくとも 1 種以上の指標に基づいて判定する、請求項 9 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 1 3】

スパイク波形における波形出現の有無、波の振幅、波長、周期、および、頻度からなる群から選択される少なくとも 1 種以上の指標に基づいて判定する、請求項 9 ～ 1 1 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 1 4】

非接触センサーが、ホール素子センサーである、請求項 1 ～ 1 3 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 1 5】

二枚貝類に属する貝が、アコヤガイ、またはアサリである、請求項 1 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 1 6】

磁界を発生させる部材が磁石である、請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 1 7】

試料水が、海、河川、または湖沼の水である、請求項 1 ～ 1 6 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 1 8】

非接触センサーと磁界を発生させる部材とを、それぞれ貝の殻体外面の開口部のある先方部付近の貝殻上に装着する、請求項 1 ～ 1 7 のいずれか一項に記載の検出方法。

【請求項 1 9】

二枚貝類 (*Bivalvia*) に属する貝に有害な水質環境を監視する、水質環境監視システムであって、

二枚貝類に属する貝の一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーを装着し、他方の貝殻に磁界を発生させる部材を装着してなる、前記貝と試料水との接触により生ずる貝の貝殻開閉運動の変化を測定するセンシング手段と；

前記センシング手段から出力された電圧データを経時的に記録する記録手段と；

前記記録手段に記録されている電圧データより算出された貝殻の開殻距離データと、前記記録手段に別途記録されているデータベースのデータとを比較して、試料水が貝に有害な水質環境であるか否かを判定する解析手段と；

前記解析手段の出力結果を、送信用データに変換して送信する、データ送信手段と；

前記データ送信手段から送られてくるデータを受信する、データ受信手段と；

前記データ受信手段が受信したデータを監視者に知らせるために表示する、表示手段とを具備してなる、水質環境監視システム。

【請求項 2 0】

センシング手段、記録手段、解析手段、および送信手段に供給する電力を充電してなる充電手段と；

前記充電手段に充電するための電力を発電する、起電手段とをさらに含んでなる、請求項 1 9 に記載の水質環境監視システム。

【請求項 2 1】

前記センシング手段が、水質環境の監視が必要な海、河川、または湖沼の水中に設けられてなる、請求項 1 9 または 2 0 に記載の水質環境監視システム。

【請求項 2 2】

前記解析手段におけるデータの比較を、スパイク波形におけるスパイク頻度、スパイク時間およびスパイクの積分値からなる群から選択される少なくとも 1 種以上の指標に基づいて行う、請求項 1 9 ～ 2 1 のいずれか一項に記載の水質環境監視システム。

10

20

30

40

50

【請求項 2 3】

非接触センサーが、ホール素子センサーである、請求項 1 9 ~ 2 2 のいずれか一項に記載の水質環境監視システム。

【請求項 2 4】

二枚貝類に属する貝が、アコヤガイ、またはアサリである、請求項 1 9 ~ 2 3 のいずれか一項に記載の水質環境監視システム。

【請求項 2 5】

二枚貝類に属する貝に有害な水質環境が、下記(a)~(g)より選択されるものである、請求項 1 9 ~ 2 4 のいずれか一項に記載の水質環境監視システム：

(a) *Heterocapsa circularisquama*の増加により生じた有害水質環境、

10

(b) 水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境、

(c) 水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境、

(d) 水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境、

(e) 水中の有毒化学物質濃度の増大により生じた有害水質環境、

(f) 水中の環境汚染物質の濃度の増大により生じた有害水質環境、または、

(g) 前記(a)~(f)以外の原因による有害水質環境。

【請求項 2 6】

前記表示手段が、パーソナルコンピュータ、携帯電話、または P D A である、請求項 1 9 ~ 2 5 のいずれか一項に記載の水質環境監視システム。

【発明の詳細な説明】

20

【発明の背景】

【0 0 0 1】

発明の分野

本発明は、有害な水質環境の検出方法に関する。より詳しくは、本発明は、二枚貝類に属する貝に有害な水質環境を非接触センサーを用いて検出する方法に関する。また本発明は、有害な水質環境の監視システムに関する。

【0 0 0 2】

背景技術

西日本の沿岸海域では、戦後の工業発展、都市への人口の集中化に伴い、水質の汚染・富栄養化が急速に進行し、赤潮が頻発するようになった。このため養殖魚介類などの水産生物が大量に斃死し、水産業に重大な被害をもたらした。赤潮発生件数は、高度経済成長と共に急速に増加し、1 9 7 8 年以降次第に減少してきたが、現在でも毎年発生している (T.Honjo, Rev.Fish.Sci.,2,225-253(1994); Y.Fukuyo et al., Uchida Rokakuho (Tokyo), p407(1990))。

30

【0 0 0 3】

特に、1 9 8 8 年以来新種の藻類、*Heterocapsa circularisquama* (T.Horiguchi, Phycol.Res.,43,129-136(1995)) が赤潮を形成するようになり、アコヤガイやアサリなどの貝類を特異的に斃死させ毎年多くの魚業被害を与えている (山本千裕および田中義興、福岡水試研報、16,43-44(1990); 松山幸彦ら、Nippon Suisan Gakkaishi,61,35-41(1995))。赤潮が発生した場合、採水とプランクトン種の同定・計数作業に時間と熟練を要するため、早急に被害防除対策を講じることが非常に困難である。

40

【0 0 0 4】

貝は生息環境状態により殻の開閉運動を変化させるため、このことを利用した海水中の汚染物質の検出が報告されている。例えば、Kramerは海水中の汚染物質に対する貝の応答を調べており (Baldwin,I.G.and Kramer,K.J.M, Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries,CRC Press, Boca Raton,FL,1-28(1994) (非特許文献1))、GaineyとShamwayは有毒プランクトン *Alexandrium* に対する貝の応答を調べている (Gainey Jr.L.E. & S.E. Shumway, J. Shellfish Res,7,623-628(1988) (非特許文献2))。また、Fujiiは潮汐等の貝閉殻筋の運動に与える影響について調査している (T.Fujii, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries,43(7),901(1977) (非特許文献3))。

50

【 0 0 0 5 】

このうち、Kramerは、ムラサキイガイの両殻に小さなコイル2個をそれぞれ送信器と受信器として装着し、貝の閉貝により送信器から受信器に信号が伝わり、その信号を受信器から陸上に送ることで、異常を検知する電気工学的な方法を用いた。また、Fujiiは、コの字状の金属板を貝の両殻にまたがるようにパテで装着し、貝の開閉運動により生じる金属片の歪みをストレインゲージで検知することで、殻の動きを検知した。

これら以外にも、貝殻開閉運動の変化を利用して海水中の汚染物質を検出する方法として、二枚貝においてその筋電位を測定する方法が報告されている（特許第3383223号（特許文献1））。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、Kramerによるコイルを使用する方法およびFujiiによるストレインゲージによる方法はいずれも、貝へのセンサー装着に高度な技術および熟練が必要であり、また、耐久性も必ずしも良好なものではなかった。またこれらの方法の場合、センサーを装着した貝に、過度の負担をかけることがあった。このため、養殖海域において長期間連続して測定することが難しいことがあった。したがって、これらの方法は、現場漁場海域に必ずしも好適であるとは言えないことがあった。

このため、供試生物に対する負担が少なく、かつ、貝殻開閉運動を容易にかつ長期間にわたって安定して測定できる方法が依然として望まれていた。

【 0 0 0 7 】

なお上記記載中で挙げられた文献を列記すると下記の通りである。

【 0 0 0 8 】

【非特許文献1】Baldwin, I.G. and Kramer, K.J.M, Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries, CRC Press, Boca Raton, FL, 1-28 (1994)

【非特許文献2】Gainey Jr. L.E. & S.E. Shumway, J. Shellfish Res, 7, 623-628 (1988)

【非特許文献3】T. Fujii, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 43(7), 901 (1977)

【特許文献1】特許第3383223号公報

【発明の概要】

【 0 0 0 9 】

本発明者らは、今般、非接触センサーをアコヤガイの貝殻に装着して、その貝殻開閉運動を測定することにより、アコヤガイの貝殻開閉運動の変化を極めて鋭敏に検出することができることを見出した。このようにして得られた貝殻開閉運動の変化の詳細なデータを利用することにより、二枚貝類に属する貝に有害な水質環境を鋭敏に検出できることを見出した。また、この得られたデータの波形を観察することにより、その有害な水質環境の種類を判別することができた。さらに、このような水質環境の検出および判別は、アコヤガイ以外の貝類、例えばアサリを用いても実施可能であった。本発明はこれらの知見に基づくものである。

【 0 0 1 0 】

よって本発明は、有害な水質環境の高感度な検出方法であって、容易にかつ長期間にわたって安定して実施することができ、供試生物に対する負担が少ない方法の提供をその目的とする。

【 0 0 1 1 】

本発明による二枚貝類に属する貝に有害な水質環境の検出方法は、一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーが装着され、かつ他方の貝殻に磁界を発生させる部材が装着された二枚貝類（*Bivalvia*）に属する貝を、試料水と接触させて、その貝の貝殻開閉運動の変化を該非接触センサーによって測定することを含んでなる。

【 0 0 1 2 】

本発明の好ましい態様によれば、前記有害な水質環境の検出方法は、非接触センサーによる測定によって得られた時間に対する開殻距離を表すグラフにおいて、開殻距離変化の

10

20

30

40

50

スパイクの波形を観察し、その波形から試料水が有害な水質環境であるか否かを判別することをさらに含んでなる。

【0013】

本発明による水質環境監視システムは、二枚貝類に属する貝に有害な水質環境を監視する、水質環境監視システムであって、

二枚貝類に属する貝の一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーを装着し、他方の貝殻に磁界を発生させる部材を装着してなる、前記貝と試料水との接触により生ずる貝の貝殻開閉運動の変化を測定するセンシング手段と；

前記センシング手段から出力された電圧データを経時的に記録する記録手段と；

前記記録手段に記録されている電圧データより算出された貝殻の開殻距離データと、前記記録手段に別途記録されているデータベースのデータとを比較して、試料水が貝に有害な水質環境であるか否かを判定する解析手段と；

前記解析手段の出力結果を、送信用データに変換して送信する、データ送信手段と；

前記データ送信手段から送られてくるデータを受信する、データ受信手段と；

前記データ受信手段が受信したデータを監視者に知らせるために表示する、表示手段とを具備してなるものである。

【0014】

本発明による方法においては、非接触センサーを使用するため、貝に簡便で速やかにセンサーを装着できる。このため、本発明の方法によれば、二枚貝類に属する貝であればその貝の形態によらず、ほとんどの二枚貝を用いて実施可能である。本発明による方法は、供試生物に対してほとんど負担をかけることがないため、長期間安定して連続実施することができる。本発明は、内湾、池、および湖などの現場漁場に直接かつ容易に設置することができる。また本発明の方法によれば、再現性のあるデータを容易に測定することができる。

本発明によれば、有害な水質環境が貝への影響が軽微な段階のもの、例えば有害な水質環境の濃度（または密度）が比較的低い場合、であっても、それを鋭敏に検出することができる。このため、発生初期の段階から水質環境の異常を察知することができる。したがって、本発明によれば、水産養殖や漁業において、有害な水質環境の発生または接近を早い段階で探知することができ、それへの対応をより迅速に行うことが可能となる。

【発明の具体的説明】

【0015】

有害な水質環境の検出方法

前記したように、本発明による二枚貝類に属する貝に有害な水質環境の検出方法は、一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーが装着され、かつ他方の貝殻に磁界を発生させる部材が装着された二枚貝類（*Bivalvia*）に属する貝を、試料水と接触させて、その貝の貝殻開閉運動の変化を該非接触センサーによって測定することを含んでなる。

【0016】

本発明による検出方法においては、まず、二枚貝類（*Bivalvia*）に属する貝と試料水とを接触させる。試料水は、漁場環境のモニターリングを実施する海域や養殖池から採取することができるがこれらに限定されるものではなく、例えば、海、河川、または湖沼の水であってもよい。「試料水と接触させる」ことには、二枚貝類に属する貝が、試料水の存在により貝殻開閉運動を変化させうる程度に試料水と接触するのであれば、いずれの態様で、貝と試料水とが接触してもよい。例えば、二枚貝類に属する貝を、モニターリングを実施する海域もしくは水域や養殖池の中に浸漬させる態様、およびさらにそこに固定して浸漬させる態様も、「試料水と接触させる」ことに包含される。漁場等への二枚貝の固定は、沖合に浮かべた筏に吊した養殖カゴ中で行ってもよく、また、ポンプにより陸上に汲み上げられた海水を満たした容器中で行ってもよい。

【0017】

ここで、二枚貝類に属する貝としては、海産二枚貝、および淡水産二枚貝が挙げられる。

海産二枚貝としては、弁鰓類(Lamellibranchia)に属する貝が挙げられ、例えば、アコヤガイ、シロチョウガイ、クロチョウガイ、マベガイなどのようなウグイスガイ科(Pteriidae)に属する貝；ムラサキイガイ、ミドリイガイなどのようなイガイ科(Mytilidae)に属する貝；タイラギなどのようなハボウキガイ科(Pinnidae)に属する貝；ホタテガイ、ヒオウギガイ、イタヤガイなどのようなイタヤガイ科(Pectinidae)に属する貝；マガキなどのようなイタボガキ科(Ostreidae)に属する貝；アサリ、ハマグリ、ウチムラサキなどのようなマルスダレガイ科(Veneridae)に属する貝；アカガイ、サルボウなどのようなフネガイ科(Arcidae)に属する貝などが挙げられる。

淡水産二枚貝としては、真弁鰓類(Eulamellibranchia)に属する貝が挙げられ、例えば、イケチョウガイ、ヒレイケチョウガイ、カラスガイなどのようなイシガイ科(Unionidae)に属する貝；マシジミ、ヤマトシジミなどのようなシジミガイ科(Corbiculidae)に属する貝などが挙げられる。

10

【0018】

本発明において、二枚貝類に属する貝は、好ましくは、ウグイスガイ科に属する貝、ハボウキガイ科に属する貝、イタボガキ科に属する貝、マルスダレガイ科に属する貝またはイガイ科に属する貝であり、より好ましくは、アコヤガイ、タイラギ、マガキ、アサリ、またはムラサキイガイであり、さらに好ましくは、アコヤガイまたはアサリである。

【0019】

本発明において、磁界を検出可能な非接触センサーとしては、磁界を発生させる部材と、接触することなく、磁界の強度を測定することができるセンサーであればいずれのものも包含されるが、例えば、ホール素子センサー、リード式センサーが挙げられる。

20

【0020】

ホール素子センサーとは、ホール効果を利用する磁電変換素子であるホール素子を用いたセンサーのことであり、磁界の強度を測定することが可能なものである。ホール素子センサーによれば、磁界を発生させる部材との距離を、鋭敏かつ詳細に逐次測定することができる。ホール素子センサーはその使用する材料によって分類することができ、例えば、GaAs（ガリウムヒ素）ホールセンサー、InSb（インジウム・アンチモン）ホールセンサー、Ge（ゲルマニウム）ホールセンサー、およびInAs（インジウムヒ素）ホールセンサー等が挙げられる。

【0021】

リード式センサーは、リードスイッチを利用したセンサーのことであり、磁界を発生させる部材の接近に応じて、リードスイッチのオン・オフ状態が切り替わることを利用したセンサーである。リード式センサーによれば、オン状態であるか、またはオフ状態であるかのいずれかの結果のみが得られるため、測定により得られるデータが単純化でき、データ量を少なくすることができる。本発明においてリード式センサーを利用する場合には、例えば、一つの二枚貝に対して複数のリード式センサーを、貝殻開閉運動のレベルが検出できるように配置することによって、貝殻開閉運動に関する情報をより詳細に得ることができる。

30

【0022】

本発明において、非接触センサーは、ホール素子センサーが好ましく、InSb型のホール素子センサーがより好ましい。また本発明において非接触センサーは、使用する二枚貝類に属する貝に容易に装着することができ、かつその貝殻開閉運動の障害にならない程度の小型のものであるのが好ましい。

40

【0023】

磁界を発生させる部材としては、永久磁石、電磁石のような磁石が挙げられる。好ましいものとしては、好適な磁力と耐腐蝕性を有するフェライト磁石や、サマリウムコバルト磁石が挙げられる。この内、サマリウムコバルト磁石は、小型で磁力が強力であるため、小型の二枚貝（例えば、アサリ、ムラサキイガイ、シジミ）を用いる場合に有利である。磁界を発生させる部材は、使用する二枚貝類に属する貝に容易に装着することができ、かつその貝殻開閉運動の障害にならない程度の小型のものであるのが好ましい。

50

【 0 0 2 4 】

使用する貝の貝殻に対して、非接触センサーおよび磁界を発生させる部材を装着する手段は、試料水との接触によりセンサー等が脱落しないように固定できるのであればいずれの手段により装着してもよい。例えば、歯科用セメントや慣用の接着剤を用いて貝殻上に接着させることによって、センサーおよび部材を貝に装着することができる。本発明においては、貝自体への影響が軽微であり、かつ長期に安定であるとの観点から、接着剤を用いてセンサーを貝殻に固定するのが好ましい。より好ましくは該接着剤として、エポキシ樹脂が使用され、さらに好ましくは水中ライニング用エポキシ樹脂が使用される。

【 0 0 2 5 】

本発明において、非接触センサーおよび磁界を発生させる部材は、二枚貝類に属する貝が有する2枚の貝殻のそれぞれに装着される。装着される位置は、通常、貝の貝殻の外側表面上であるが、好ましくは、それぞれの貝の殻体外面の先方部付近、すなわち二枚貝の開口部のある側の貝殻先端部分に装着されるのが好ましい。また、非接触センサーおよび磁界を発生させる部材は、貝殻開閉運動方向に対して平行な直線上に配置されるように装着されるのが好ましい。すなわち、2枚貝の左右の貝殻の合わせ目の面に対して対称な位置に、センサーと部材が配置されるのが好ましい。

【 0 0 2 6 】

本発明による方法によって、有害な水質環境、特に二枚貝類に属する貝に有害な水質環境を検出することができるが、このような有害な水質環境としては、例えば、貝に有害な浮遊生物により生じた有害水質環境が挙げられる。

ここで「貝に有害な浮遊生物」とは、貝の生存や生殖、成長を妨げる浮遊生物をいい、その多くは赤潮の原因となりうる。「浮遊生物」には、植物プランクトンのみならず動物プランクトンも包含される。

【 0 0 2 7 】

本発明による検出法により検出可能な浮遊生物は、アコヤガイまたはアサリを被験対象として用いた場合、渦鞭毛藻類 (*Dinophyceae*) およびラフィド藻類 (*Rhaphidophyceae*) に属する浮遊生物が挙げられ、特に、*Heterocapsa circularisquama*、*Chattonella antiqua*、*Gymnodinium mikimotoi*、*Gymnodinium catenatum*、*Cochlodinium polykrikoides*、*Alexandrium tamarense*、*Alexandrium catenella* および *Chattonella marina* が挙げられる。

【 0 0 2 8 】

なお、本発明による検出法は、アコヤガイまたはアサリを被験対象として用いた場合でも、アコヤガイまたはアサリのみならず、ホタテガイ、ヒオウギガイ、イタヤガイ、タイラギ、マガキ、ムラサキイガイ等に関する漁場環境のモニターリングに使用できることは言うまでもない。

【 0 0 2 9 】

貝に有害な浮遊生物は、好ましくは渦鞭毛藻類 (*Dinophyceae*) に属する浮遊生物であり、より好ましくは *Heterocapsa circularisquama* である。

【 0 0 3 0 】

「貝に有害な浮遊生物により生じた有害水質環境」とは、該浮遊生物が、試料水中に所定の濃度（または細胞密度）以上、例えば貝に有害である濃度以上、含まれている場合をいう。有害である濃度範囲は、当業者に公知である。

例えば、*Heterocapsa circularisquama* に関する場合、*Heterocapsa circularisquama* で海水が着色して見える細胞密度は、700細胞/ml（松山幸彦ら，「広島湾の *Heterocapsa circularisquama* 赤潮」，南西海区水産研究所研究報告，30,189-207(1997)）であり、アコヤガイ稚貝が閉殻する細胞密度は、50細胞/mlであることが報告されている（K.Nagai et al., Aquaculture, 144, 149-154(1996)）。

【 0 0 3 1 】

よって、本発明において、「*Heterocapsa circularisquama* の増加により生じた有害水質環境」とは、試料水中の *Heterocapsa circularisquama* 細胞密度が、例えば10細胞/ml以上である場合をいう。前記したような細胞密度の水質環境を検知できることは、He

10

20

30

40

50

terocapsa circularisquama赤潮の発生予察に有効である。

【0032】

本発明により検出可能な有害な水質環境としては、前記した貝に有害な浮遊生物により生じた有害水質環境の他に、(b) 水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境、(c) 水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境、(d) 水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境、(e) 水中の有毒化学物質の濃度の増大により生じた有害水質環境、および、(f) 水中の環境汚染物質の濃度の増大により生じた有害水質環境、が挙げられる。

【0033】

「水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境」とは、通常、貧酸素水塊として知られるものであり、貝の生存や生殖、成長を妨げる。このような水質環境は、例えば海底に堆積した動植物の死骸や糞等の有機物の酸化分解が原因となって発生することが知られている。本発明において、このような水質環境は、試料水の溶存酸素濃度が、例えば 0.5 mg/L 以下である状態のことをいう。水中の溶存酸素濃度は、慣用の電極型溶存酸素計（例えば多項目水質測定装置）またはウインクラー法により容易に測定することができる。

10

【0034】

「水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境」も、通常、貝の生存や生殖、成長を妨げるものであり、溶存酸素濃度の低下現象とともに複合的に発生することもある。このような水質環境は、例えば溶存酸素の低下に伴う嫌気性細菌（硫酸塩還元細菌）の繁殖により硫酸塩が還元され多量の硫化水素が発生することによることが知られている。生成した硫化水素は海底に多量に存在する鉄と結合して黒色の硫化鉄となり海面まで黒色を呈し、水質環境は腐水状態となることが知られている。硫化物としては、例えば硫化水素が挙げられる。本発明において、このような水質環境は、試料水に溶存する全硫化物（ S^{2-} ）濃度が、例えば 0.2 mg/L 以上である状態のことをいう。水中の溶存硫化物濃度は、慣用の測定法、例えばメチレンブルー法によって容易に測定することができる。

20

【0035】

内湾海域では、しばしば高密度の浮泥（懸濁粒子）により、養殖対象種が被害を受けることがある。ここでいう「水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境」とは、このような浮泥の増加した状態の水質環境をいう。このような水質環境は、例えば降雨による陸からの泥の流入、沿岸土木工事による砂泥の流れ込み、海底浚渫や波浪の影響による海底攪拌で生ずる底泥のまきあげが原因となって発生することが知られている。したがって、該懸濁粒子としては、例えば砂、泥、粘度、海底堆積物が挙げられる。本発明において、このような水質環境は、試料水中に、例えば、直径 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度の懸濁粒子が、例えば 5000 粒子/L 以上の濃度で存在する状態のことをいう。

30

【0036】

「水中の有毒化学物質の濃度の増大により生じた有害水質環境」とは、陸上からの流入または水上投棄により水域に生息する生物種や養殖対象種の生存、生殖、および成長を妨げるような有毒な化学物質の濃度が増加した状態の水質環境をいう。このような有害水質環境は、直接的または間接的に人間の健康をも損なう恐れがある。有毒化学物質としては、例えば、有機リン系農薬（例えば、EPN、パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン）、シアン化合物、重金属（例えば、カドミウム、クロム、水銀、銅）およびその化合物が挙げられる。この内、有機リン系農薬が本発明に好ましいものとして例示できる。本発明において、このような水質環境は、試料水中に、例えば有機リン系農薬（例えばEPN）が 0.76 ppm 以上の濃度で存在する状態のことをいう。EPN濃度は、慣用の測定法、例えばガスクロマトグラフ質量分析法によって測定することができる。

40

【0037】

「水中の環境汚染物質の濃度の増大により生じた有害水質環境」とは、生活排水や産業排水により水域に生息する生物種や養殖対象種の生存、生殖、および成長を妨げるような

50

環境汚染物質の濃度が増加した状態の水質環境をいう。このような環境汚染物質としては、例えば、界面活性剤のような合成洗剤（例えば、アニオン界面活性剤）、油性物質が挙げられる。本発明の一つの態様において、このような水質環境は、試料水中に、例えば界面活性剤（例えば、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム（LAS））が3.7 ppm以上の濃度で存在する状態のことをいう。界面活性剤濃度は、慣用の測定法、例えばメチレンブルー法で測定することができる。

【0038】

本発明による方法においては、貝殻開閉運動の変化を非接触センサーによって測定する。

例えば、非接触センサーがホール素子センサーである場合、貝殻開閉運動によって生ずるセンサーと磁石との間の距離の変化に応じて、センサーに電圧の変化が生ずる。この電圧変化を慣用の測定器によって測定することによって、開殻運動の変化を検出することができる。この場合、センサー出力電圧値と、開殻距離との間には、一定の関係式が成り立つことがあり、この関係式より、貝殻の開閉状態を正確にモニタリングすることができる。具体例としては、後述する実施例に示される関係式（1）および（2）が挙げられる。

【0039】

本発明において、非接触センサーによる測定によって得られたデータに基づいて、測定時間に対する開殻距離を表してなるグラフを作成すると、有害な水質環境において得られたグラフ波形は、二枚貝類に属する貝に実質的に無害な水質環境（正常な水質環境）において得られたグラフ波形に比べて明らかに異なる特徴を有する。例えば、グラフ中に発生するピーク、すなわち開殻距離変化のスパイク波形に関する、スパイク頻度、スパイク時間、およびスパイク積算時間において、正常な水質環境の場合と、有害な水質環境の場合とは、明らかな相違が見られる。

【0040】

したがって、目的とする試料水について、測定時間に対する開殻距離を表してなるグラフを得、このグラフと、予め得られている正常な水質環境におけるグラフと比較することによって、目的とする水質環境が、有害な水質環境であるのか否かを判別することができる。グラフを比較する際に、グラフにおけるスパイク頻度、スパイク時間、およびスパイク積算時間に着目すると、試料水が有害な水質環境であるのか否かの判別をより容易かつより確実なものとすることができる。

【0041】

よって、本発明の好ましい態様によれば、本発明による検出方法は、非接触センサーによる測定によって得られた時間に対する開殻距離を表すグラフにおいて、開殻距離変化のスパイクの波形を観察し、その波形から試料水が有害な水質環境であるか否かを判別することをさらに含んでなる。

【0042】

また本発明のより好ましい態様によれば、本発明による検出方法は、スパイク波形におけるスパイク頻度、スパイク時間およびスパイクの積分値からなる群から選択される少なくとも1種以上の指標に基づいて判定される。このとき、少なくとも2種以上の指標に基づいて判定されるのがさらに好ましい。

【0043】

ここで、スパイク頻度とは、所定の時間あたりに、グラフ波形において発生するスパイクの回数をいい、例えば、10分間、30分間、または60分間のような所定の時間あたりに発生するスパイク回数をカウントし、異なる経過時間においてそれぞれ得られたスパイク時間の平均値を算出することにより求めることができる。

スパイク時間とは、1つのスパイクが発生してから消滅するまでの平均時間をいい、より鋭いピークを持つスパイク波形の時間ほど短くなる傾向にある。

【0044】

スパイク積算時間は、所定の時間あたりに発生したスパイクのスパイク時間を合計した値であり、この値を異なる経過時間においてそれぞれ求め、得られた値の平均値を算出す

10

20

30

40

50

ることにより、算出することができる。例えば、30分間、または60分間のような所定の時間あたりのスパイク積算時間を、異なる経過時間においてそれぞれ求めてそれらの平均値を求めることにより算出することができる。

【0045】

本発明のさらに好ましい態様によれば、目的とする試料水について得られたグラフと、予め得られているグラフとを比較する場合、グラフにおけるスパイク頻度、スパイク時間、およびスパイク積算時間に着目する代わりに、またはそれらに加えて、スパイク波形における波形出現の有無、波の振幅、波長、周期、および、頻度からなる群から選択される少なくとも1種以上の指標に着目して判定することができる。このとき、少なくとも2種以上の指標に基づいて判定するのがさらに好ましい。

10

【0046】

該グラフの具体例として、後述する実施例に示されるグラフ(図3~7および図10、12、および13)が挙げられる。この内、図3および12は、正常な水質環境において得られたグラフ波形であり、図4~7、10および13は、有害な水質環境において得られたグラフ波形である。これらグラフを、スパイク頻度、スパイク時間、およびスパイク積算時間に着目して比較すると明らかに異なる傾向を有している。具体的には、図3または12の正常な場合に比べて、図4~7、10および13の場合は、スパイク頻度、スパイク時間、およびスパイク積算時間の少なくともいずれかが、顕著に増大している。

したがって、目的とする試料水について、測定時間に対する開殻距離を表してなるグラフを得、このグラフと、図3または12の正常な水質環境におけるグラフと比較することによって、目的とする水質環境が、有害な水質環境であるのか否かを判別することができる。

20

【0047】

なお、これらの図に基づく具体例では、120分間の運転時間内での波形の傾向を比較しているが、本発明の方法を適用する場合、さらに長期間の運転を行うのが通常である。より長期の運転時間で得られるグラフを比較することにより、グラフ中のスパイク波形の傾向がより明確になるため、試料水が有害水質環境か否かを判定をより容易にすることが可能となる。

また、これら具体例は貝としてアコヤガイまたはアサリを使用した場合の例であるが、他の二枚貝類に属する貝を使用しても同様の手法により水質環境を判定できることは、当業者に明らかであろう。

30

【0048】

本発明のさらに好ましい態様によれば、前記開殻距離変化のスパイクの波形を観察して、その波形から試料水が、下記(a)~(g)のいずれのタイプの有害な水質環境であるかを判定することができる：

- (a) *Heterocapsa circularisquama*の増加により生じた有害水質環境、
- (b) 水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境、
- (c) 水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境、
- (d) 水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境、
- (e) 水中の有毒化学物質濃度の増大により生じた有害水質環境、
- (f) 水中の環境汚染物質の増大により生じた有害水質環境、または、
- (g) 前記(a)~(f)以外の原因による有害水質環境。

40

すなわち、この検出方法においては、試料水が、(a)~(g)のいずれのタイプの有害な水質環境であるか、または二枚貝類に属する貝に実質的に無害な水質環境であるのかを判定する。あるいは、この検出方法には、試料水が、(a)~(g)のいずれか2以上のタイプの有害な水質環境の組合せの可能性があるかを判定することも包含され、さらに、試料水が、(a)~(g)のいずれかのタイプの有害な水質環境であるか特定できない場合には、可能性のあるタイプを列挙してそれらのいずれかであると判定することも包含する。

【0049】

なお、本発明の別のさらに好ましい態様によれば、前記開殻距離変化のスパイクの波形

50

を観察して、その波形から試料水が、前記(a)～(d)の水質環境または前記(a)～(d)以外の水質環境のいずれのタイプの有害な水質環境であるかを判定することができる。

【0050】

ここで、(a)～(f)の水質環境は前記定義のとおりであり、また(g)の有害水質環境とは、二枚貝類に属する貝に有害な水質環境であって、これら(a)～(f)のいずれの水質環境にも属しないと判定される水質環境をいう。

なお二枚貝類に属する貝に実質的に無害な水質環境とは、(a)～(g)のような有害な水質環境ではない正常な水質環境のことをいい、貝の生存や生殖、成長が実質的に妨げられることのない環境をいう。

【0051】

具体的には、供試貝として使用する貝毎に正常スパイク波形と、(a)～(f)の標準スパイク波形とを得、これを実際に測定された波形と比較することによって、目的とする試料水が有害な水質環境であるか否か、および、試料水が有害な水質環境である場合その有害水質環境が(a)～(g)のいずれのタイプであるか、を判定することができる。

なお、測定された波形から、試料水の水質環境が明らかに正常なものではないが、(a)～(f)のいずれの有害水質環境であるとも分類できない場合、この水質環境は前記(g)の有害水質環境であると判定される。

【0052】

正常な水質環境および(a)～(f)のタイプの有害水質環境を示すグラフのそれぞれにおいて、任意のスパイクを選択して、そのピーク前後で合計10分間のデータを抽出し、図8のA～Dおよび図11のAおよびBのようなグラフを得ることができる。図8および11のこれらのグラフは、前記各水質環境が示す典型的なモデル波形を表す。

ここで、図8Aは、試料水が正常な水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図8Bは、試料水が前記(b)または(d)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図8Cは、試料水が前記(c)または(d)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図8Dは、試料水が前記(a)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形である。また図11Aは、試料水が前記(e)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図11Bは、試料水が前記(f)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形である。

各水質環境について、このようなモデル波形を予め得ておき、これと、実際の測定された波形とを比較することによって、試料水の水質環境の判別をより容易に行うことができる。

【0053】

具体例として、後述する実施例の場合を例に挙げて以下さらに説明する。ここでは、供試貝としてアコヤガイを使用した場合を例として用いる。このようにアコヤガイを使用した場合、試料水が正常な水質環境であるのか、または(a)～(g)のいずれかの有害水質環境であるのかは、下記のようにして判定することができる。

【0054】

まず正常な水質環境である場合、および(a)～(f)の有害水質環境である場合のそれぞれの場合について、予め本発明の方法に従って非接触センサーによる測定によって、時間に対する開殻距離を表すグラフを得ておく(図3～7および10)。

ここで、図3は正常な水質環境である場合であり、図4は(a)のタイプの有害水質環境である場合であり、図5AおよびBおよび図6は(b)のタイプの有害水質環境である場合であり、図5CおよびDは(c)のタイプの有害水質環境である場合であり、図7は(d)のタイプの有害水質環境である場合である。また、図10Aは(e)のタイプの有害水質環境である場合であり、図10Bは(f)のタイプの有害水質環境である場合である。

【0055】

次に、目的とする試料水について、測定時間に対する開殻距離を表してなるグラフを得、このグラフと、図3～7および10のグラフと比較する。得られた試料水に関するグラフが、図3のグラフと同様の傾向を有すると判定される場合には、試料水は正常な水質環

10

20

30

40

50

境であると判定される。同様に、得られた試料水に関するグラフが、図 4、図 5 A と B および図 6、図 5 C および D、図 7、図 10 A および B のグラフと同様の傾向を有すると判定される場合には、それぞれ試料水は(a)、(b)、(c)、(d)、(e)および(f)のタイプの有害水質環境であると判定される。またそれ以外の傾向をグラフが示すときは、(g)のタイプの水質環境であると判定される。

【0056】

これらの判定を行う場合、前記したように、スパイク波形におけるスパイク頻度、スパイク時間およびスパイクの積分値からなる群から選択される少なくとも1種以上の指標に基づいて判定されることが好ましい。

【0057】

また、図 8 A ~ D および図 11 A および B のような前記各水質環境の典型的なモデル波形を表すグラフと比較することによって、水質環境の種類の判定をより容易に行うことができる。より好ましくは、図 8 A ~ D および図 11 A および B の各モデル波形のグラフに関する下記のような情報に基づいて、試料水の水質環境のタイプを判定することができる。これにより、該判定をより容易かつより確実にすることが可能となる。

【0058】

図 8 A は、試料水が正常な水質環境である場合に典型的に観察される特徴的な波形であり、10 分間あたり平均して通常 0 ~ 2、好ましくは 0 ~ 1 のスパイクを有し、そのスパイクのスパイク時間 (S T) は通常 12 ~ 200 秒であり、平均すると 81 ± 96 秒程度である。

【0059】

図 8 B は、試料水が(c)の水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境である場合、または(d)の水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境である場合に典型的に観察される特徴的な波形であり、10 分間あたり平均して通常 1 ~ 5、好ましくは 2 ~ 4 のスパイクを有し、そのスパイクのスパイク時間 (S T) は通常 10 ~ 35 秒であり、平均すると 19 ± 6 秒程度である。このため、スパイク波形は比較的均一である。

【0060】

図 8 C は、試料水が(b)の水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境である場合、または(d)の水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境である場合に典型的に観察される特徴的な波形であり、10 分間あたり平均して通常 1 ~ 3、好ましくは 1 ~ 2 のスパイクを有し、そのスパイクのスパイク時間 (S T) は通常 200 秒以上となる。

【0061】

図 8 D は、試料水が(a)の *Heterocapsa circularisquama* の増加により生じた有害水質環境である場合に典型的に観察される特徴的な波形であり、10 分間あたり平均して通常 5 ~ 13、好ましくは 7 ~ 12 のスパイクを有し、そのスパイクのスパイク時間 (S T) は通常 20 ~ 75 秒であり、平均すると 53 ± 30 秒程度である。

【0062】

図 11 A は、試料水が(e)の水中の有毒化学物質濃度の増大により生じた有害水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、10 分間あたり平均して通常 7 ~ 20、好ましくは 8 ~ 13、平均して 10.9 ± 2.6 のスパイクを有し、そのスパイクのスパイク時間 (S T) は平均すると 595 ± 10 秒程度である。

【0063】

図 11 B は、試料水が前記(f)の水中の環境汚染物質の濃度の増大により生じた有害水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、10 分間あたり平均して通常 0 ~ 16、好ましくは 3 ~ 7、平均して 4.6 ± 2.2 のスパイクを有し、そのスパイクのスパイク時間 (S T) は平均すると 583 ± 44 秒程度である。

図 11 A および B において、スパイクの特徴は、両者ともに先端が尖った形状 (直角三角形) の比較的均一のスパイクが規則的に現れるものであり、通常、スパイク形状は前者の方が鋭く、スパイク頻度も多い。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

目的とする試料水について、本発明に従って非接触センサーによる測定によって、時間に対する開殻距離を表すグラフを得、そのグラフの 10 分間毎の波形と、前記図 8 A ~ D および図 11 A および B のモデル波形とを比較し、いずれかのモデル波形と同じ波形の傾向がそのグラフ上に認められる場合には、この目的とする試料水は、図 8 A ~ D および図 11 A および B のそれぞれに相当する (a) ~ (f) のいずれかのタイプの水質環境であると判定される。

【 0 0 6 5 】

なお、得られたグラフの波形が、図 8 B または図 8 C である場合、試料水の水質環境はそれぞれ (c) もしくは (d) のいずれであるのか、または (b) もしくは (d) のいずれであるのか、判定が容易でないことがある。このような場合は、得られたグラフ全体の傾向を前記図 4 ~ 7 および図 10 と比較して判定することができ、またその際、スパイク頻度、スパイク時間、およびスパイク積算時間等に基づいて判定することもできる。

10

【 0 0 6 6 】

本発明のさらに好ましい態様によれば、目的とする試料水について、本発明に従って非接触センサーによる測定によって、時間に対する開殻距離を表すグラフを得、そのグラフについて例えば後述する実施例の表 1 のように分類することによって、試料水が、いずれのタイプの水質環境に属するものであるのかを判定することができる。

【 0 0 6 7 】

表 1 は後述する実施例の場合を例とした具体例である。

20

なお、表 1 のデータは、供試貝として、アコヤガイを使用し、かつ所定の環境下において測定した結果に基づくものである。したがって、現実の水質環境の判断にあたっては、使用する貝類の種類、実施する環境を考慮し、さらには個別に基準となるデータを事前に採取することによって、より精度の高い検出を実施することが可能になる。

【 0 0 6 8 】

ここではまず、目的とする試料水について、本発明に従って非接触センサーによる測定によって、時間に対する開殻距離を表すグラフを得る。次いで、そのグラフに基づいて、30 分間あたりおよび 60 分間あたりについて、スパイク頻度およびスパイク積算時間の平均を求める。このとき測定時間が長期にわたっている場合には、できるだけ長い期間にわたって、30 分間および 60 分間あたりのスパイク頻度およびスパイク積算時間の平均値を求めることが、データの安定性の観点からは、望ましい。

30

【 0 0 6 9 】

次いで、目的とする試料水について得られたスパイク頻度およびスパイク積算時間のデータを表 1 と比較することによって、該試料水がいずれのタイプの水質環境に属するものであるのかを判定することができる。

【 0 0 7 0 】

すなわち、30 分間あたりのスパイク頻度と、60 分間あたりのスパイク頻度との測定結果を、表 1 のデータを用いて分類することによって、目的とする試料水が、正常な水質環境であるのか、前記 (b)、(c) および (d) のタイプの水質環境であるのか、前記 (a) および (e) のタイプの水質環境であるのか、または、前記 (f) のタイプの水質環境のであるのかを判断することができる。

40

【 0 0 7 1 】

前記の判定により、目的とする試料水が前記 (b)、(c) および (d) のタイプの水質環境であると判定された場合にはさらに、30 分間あたりのスパイク積算時間と、60 分間あたりのスパイク積算時間との測定結果を、表 1 のデータを用いて分類することによって、それが、前記 (b) のタイプの水質環境であるのか、または、前記 (c) および (d) のタイプの水質環境のであるのかを判断することができる。

さらに、試料水が (c) のタイプの有害水質環境または (d) のタイプの有害水質環境を判定する場合には、60 分間あたりのスパイク頻度に対する 60 分間あたりのスパイク積算時間のグラフを作成し、そのグラフにおけるデータのプロットの傾向を見ることによって

50

、判定することができる（図9）。すなわち、このグラフにおいてデータが、右肩上がり
にプロットできる場合には、試料水は、(d)のタイプの有害水質環境であると判定でき、
そのようにプロットできない場合には、試料水は、(c)のタイプの有害水質環境であると
判定できる。試料水が(c)のタイプかまたは(d)のタイプかを判断するにあたっては、前者
の方法および後者の方法を組み合わせて判断してもよい。

【0072】

なお、前記グラフにおいてデータのプロットが右肩上がりであるか否かの判断は、最小
二乗法により各プロットの相関係数を求めて、プロットのばらつきを評価することによっ
て行うこともできる。

【0073】

前記の判定により、目的とする試料水が前記(a)および(e)のタイプの水質環境であると
判定された場合にはさらに、60分間あたりのスパイク積算時間の測定結果を、表1のデ
ータを用いて分類することによって、それが、前記(a)のタイプの水質環境であるのか、
または、前記(e)のタイプの水質環境のであるのかを判断することができる。

【0074】

さらに、目的とする試料水の水質環境を判断するにあたっては、表1にあるような、1
回あたりの平均スパイク時間、スパイク形状、スパイク周期の規則性、スパイクの特徴、
およびスパイク頻度に対するスパイク積算時間のグラフの傾向等の情報も組み合わせて用
いることによって、より正確な判断をすることができる。

【0075】

以上は貝としてアコヤガイを用いた場合の例であるが、他の貝を利用した場合でも同様
に予め指標となるデータを得ておくことにより、同様の分類手法を適用して試料水の水質
環境を判定できることは当業者に明らかであろう。

【0076】

水質環境監視システム

本発明による水質環境監視システムは、前記したように、二枚貝類に属する貝に有害な
水質環境を監視する、水質環境監視システムであって、

二枚貝類に属する貝の一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサー(32)を装着し
、他方の貝殻に磁界を発生させる部材を装着してなる、前記貝と試料水との接触により生
ずる貝の貝殻開閉運動の変化を測定するセンシング手段(31)と；

前記センシング手段から出力された電圧データを経時的に記録する記録手段(34)と
；

前記記録手段に記録されている電圧データより算出された貝殻の開殻距離データと、前
記記録手段に別途記録されているデータベースのデータとを比較して、試料水が貝に有害
な水質環境であるか否かを判定する解析手段(33)と；

前記解析手段の出力結果を、送信用データに変換して送信する、データ送信手段(35)
)と；

前記データ送信手段から送られてくるデータを受信する、データ受信手段(41)と；

前記データ受信手段が受信したデータを監視者に知らせるために表示する、表示手段(
42)と

を具備してなるものである。

【0077】

本発明の一つの好ましい態様によれば、水質環境監視システムは、

センシング手段、記録手段、解析手段、および送信手段に供給する電力を充電してなる
充電手段(36)と；

前記充電手段に充電するための電力を発電する、起電手段(37)と
をさらに含んでなる。

【0078】

前記水質環境監視システムにおいて、センシング手段は、典型的には、水質環境の監視
が必要な海、河川、または湖沼の水中に設けられてなる。センシング手段と、記録手段と

10

20

30

40

50

は、例えば、リード線等の有線の電圧伝達手段、または無線形式の信号伝達手段により接続されてなることができる。

【0079】

前記記録手段としては、例えば、ハードディスクなどのような磁気記録装置、光ディスク記録装置等が挙げられ、ここに、センシング手段から出力された電圧データを経時的に記録する。記録する際には、センシング手段が複数ある場合には、それぞれのデータを別々に記録することができる。また、この記録手段は、解析手段において利用する、水質環境判定用のデータベースを別途記録してなる。このデータベースには、判定用の各種水質環境の標準データが包含される。

【0080】

前記解析手段は、前記記録手段に記録されている電圧データより算出された貝殻の開殻距離データと、前記記録手段に別途記録されているデータベースのデータとを比較して、試料水が貝に有害な水質環境であるか否かを判定する。記録手段に記録されている電圧データから、貝殻の開殻距離データを算出するにあたっては、予め用意された換算式または検量線等を利用することができる。貝殻の開殻距離データと、データベースのデータとを比較して水質環境を判定するにあたっては、前記した検出方法における判定手法にしたがって行うことができる。

【0081】

前記データ送信手段は、解析手段の出力結果を、送信用データに変換して送信するものである。ここで、送信用データへの変換には、インターネットプロトコル形式（例えばEメール）への変換、およびデータの圧縮などが包含される。

【0082】

前記データ受信手段は、前記データ送信手段から送られてくるデータを受信するものである。データ受信手段は複数あってもよい。

データ送信手段およびデータ受信手段としては、例えば、アナログまたはデジタルによる無線または有線送受信機、携帯電話システム、無線モデム、無線LANなどが挙げられる。

【0083】

前記表示手段は、データ受信手段が受信したデータを監視者に知らせるために表示するものである。表示手段は、監視者である人間の五感に訴えることができる手段であれば特に制限はなく、例えば、視覚的または聴覚的な表示手段であることができる。表示手段としては、例えば、マイクロコンピュータ、グラフィコーダー、パーソナルコンピュータ、携帯電話、およびPDAが挙げ、好ましくはパーソナルコンピュータ、携帯電話、またはPDAである。表示手段は、複数あってもよい。

【0084】

前記充電手段は、センシング手段、記録手段、解析手段、および送信手段に供給する電力を充電してなるものである。充電手段は、充電池のように定期的に充電が行われるものである。充電手段は、起電手段より送られてくる電力を充電するものであってもよい。

【0085】

前記起電手段は、充電手段に充電するための電力を発電するものであり、例えば、太陽光発電機などが挙げられる。

【0086】

本発明において、センシング手段、解析手段、記録手段、データ送信手段、充電手段、起電手段は、典型的には、水上または水際（30）に存在するように構成することが望ましい。ここで水上とは、海、湖沼、河川等の水面上またはその付近を意味し、例えば、船や浮き等の上などが挙げられる。また水際とは、海、湖沼、河川等に近接した陸地部分を意味する。この内、海水による腐食等の問題を回避するため、解析手段、記録手段、データ送信手段、充電手段は好ましくは、防水ケース（39）に覆われてなる。

【0087】

本発明において、データ受信手段、表示手段は、地上の事務所（40）等に存在するよ

10

20

30

40

50

うに構成することが望ましい。

【0088】

本発明の別の態様によれば、本発明による二枚貝類に属する貝に有害な水質環境の監視システムは、

一方の貝殻に磁界を検出可能な非接触センサーが装着され、かつ他方の貝殻に磁界を発生させる部材が装着された、二枚貝類 (*Bivalvia*) に属する貝と、

該非接触センサーからの出力電圧を測定することによって、その貝と試料水との接触により生ずる貝の貝殻開閉運動の変化を検出する手段と、

検出された貝殻開閉運動の変化に基づいて、試料水が、貝に有害な水質環境であるか否かを判定する手段と

を含んでなる。

10

【0089】

ここで、「貝殻開閉運動の変化を検出する手段」としては、例えば、電圧測定器、波形記録器などが挙げられる。「試料水が、貝に有害な水質環境であるか否かを判定する手段」としては、例えば、マイクロコンピュータ、グラフィコーダー、パーソナルコンピュータなどが挙げられる。

【0090】

本発明の別の好ましい態様によれば、前記判定する手段は、非接触センサーによる測定によって得られた時間に対する開殻距離を表すグラフにおいて、開殻距離変化のスパイクの波形を観察し、その波形から試料水が有害な水質環境であるか否かを判別することを含んで成る。

20

【0091】

漁場環境のような水質環境のモニターリングは、漁場に置かれた二枚貝より得られる貝殻開閉運動により生じたセンサーの電圧変化を検出手段により検出し、そこで判定手法により判定し、その結果を送信機により有人施設へ送信してもよいが、センサーの電圧変化、または検出手段に送られたデータを送信機により有人施設へ送信して、受信機により受信した信号をそこで解析し、判定してもよい。また解析はモニターを通じて人為的に行うか、あるいは解析装置により行なうことができる。解析装置は更に警報装置に接続されていてもよく、警報装置は特定の信号が入力したときに自動的に警報を発することができる。

30

【実施例】

【0092】

本発明を以下の実施例によって詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0093】

実験 A : (アコヤガイを用いた実験)

貝へのセンサーの装着

実験では、英虞湾産アコヤガイ (*Pinctada fucata*) の 2 年貝を用いた。

非接触センサーとしてホール素子センサー (HW - 300A (旭化成株式会社製)) を用い、実験貝の左殻の殻体外面先方部にセンサーを接着剤で固定し、反対側の右殻の同位置に小型磁石を同様に接着剤で固定した (図 1)。

40

ここで接着剤は、エポキシ樹脂 (水中ライニング用エポキシ樹脂 スリーロンジー W - 801 (ペイントタイプ) (株式会社スリーボンド)) を使用した。なお、この接着剤は、アコヤガイに対して悪影響は認められなかった。またこの接着剤は、海水中において長期間 (例えば少なくとも半年間) に亘り強度な接着力を呈した。

【0094】

センサーによる開殻距離の測定

殻体の開閉状態によるセンサーと磁石間の距離の変化とによってセンサーに生じる電圧変化を、測定器 DC - 104R (株式会社東京測器研究所製) で連続的に記録した。センサー出力電圧値 (V) と開殻距離 (L) との間には、下記の関係式が成り立つ。下記式に

50

より開閉状態を正確にモニターリングすることが可能である。

(1) 開殻距離が10mm未満の場合：

$$V = 4079.6 e^{-0.1175L}$$

(相関係数： $R^2 = 0.9964$)

(2) 開殻距離が10～30mmの場合：

$$V = 2615.8 e^{-0.0728L}$$

(相関係数： $R^2 = 0.9947$)

【0095】

なお、アコヤガイの殻体は、内殻の真珠層と外殻の稜柱層で構成され、稜柱層は殻体先端部に伸長し比較的弾力性を有する。アコヤガイの閉殻は、通常の場合には殻体先端部（稜柱層）で閉じるものであるが（図2C）、高密度な赤潮等の異常時にはさらに強く閉殻して内殻の真珠層先端部で閉じることがある（完全閉殻状態）（図2D）。この場合、左殻と右殻先端部の弾力性のある稜柱層は密着し、右殻側の稜柱層は外側にやや反った状態となる。このため、アコヤガイの場合、閉殻状態においても、その閉殻の強さに応じてセンサー出力値は変化する。測定結果を評価するにあたってはこれらの点も考慮することが望ましい。

10

【0096】

例1： 正常な水質環境における貝殻開閉運動の測定

正常な水質の海水を満たした室内水槽（500L）および内湾漁場の養殖筏に、センサーを装着したアコヤガイを垂下して、センサーより得られる貝殻開閉運動に関するデータを記録した。

20

結果は図3に示されるとおりであった。

ここでは、室内水槽の場合に得られた結果を示す。また1回のスパイクは、アコヤガイの1回の閉殻運動に対応する。図中では、大きく開殻した状態で時々短時間の閉殻を示すスパイクが認められる。

また内湾漁場における海域（2m層）に、センサーを装着した貝を垂下して閉殻回数を測定したところ、閉殻回数はほとんどの場合、30分間当たりでは3回以下（93%）、60分間当たりでは5回以下（91%）であった。

【0097】

波形の解析：

30

前記実験を長期間（約3週間）連続して行い、得られた測定データに基づいて、グラフの波形の解析をおこなった。解析においては、スパイクの幅をスパイク時間（ST）として計測し、スパイクの頻度と各スパイク積算時間を30分間および60分間を一単位として求めた。

結果は下記の通りであった。

【0098】

30分間におけるスパイク頻度は、6回以内（約9割は3回以下）であった。連続測定の過程で、6回以上のスパイクが生じたとしても、長期間続くことはほとんどなかった。また60分間におけるスパイク頻度は、10回以内（約9割は5回以下）であった。連続測定の過程で、10回以上のスパイクが生じたとしても、長期間続くことはほとんどなかった。

40

【0099】

30分間隔におけるスパイク積算時間は、89%が300秒未満、98%が420秒未満であった。連続測定の過程で、これらの値を越えることがあっても長く継続することはなく、1200秒を越えることはほとんどなかった。また60分間隔におけるスパイク積算時間は、92%が600秒未満、99%が1200秒未満であった。連続測定の過程で、1200秒以上を越えることがあっても長く続くことはなく、1800秒を越えることはほとんどなかった。よって、30分間あたりおよび60分間あたりのスパイク積算時間の95%は、約400秒以下および650秒以内であった。

【0100】

50

以上の結果をまとめると、表 1 の通りであった。

【 0 1 0 1 】

例 2 : Heterocapsa circularisquamaの増大によって生じた有害水質環境における貝殻開閉運動の測定

赤潮による被害を低減するには、赤潮海域から貝を回避させる必要があり、赤潮発生予察を行なうことが重要であると言われる。Heterocapsa circularisquamaによる赤潮の発生予察を行なうには、低密度の段階で細胞を察知する必要がある。そこで、Heterocapsa circularisquamaの 5 0 細胞 / m l 前後の低細胞密度の水に暴露された時の、アコヤガイの貝殻開閉運動の変化を調べた。

【 0 1 0 2 】

2 - 1) 室内実験

室内の 1 0 0 L 円形水槽内に、Heterocapsa circularisquamaの細胞密度を 6 0 細胞 / m l とした海水を満たした。ここにセンサーを装着した貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は図 4 A に示されるとおりであった。

図のように、正常時に見られるスパイクとは異なる開殻時間の著しく短い波形が頻繁に現れた。短時間のスパイク回数が顕著に増加しており、Heterocapsa circularisquama細胞の存在により激しい貝殻開閉運動が生じているものと考えられる。

【 0 1 0 3 】

例 1 の場合と同様にして、実験を長期間連続して行い、得られた測定データに基づいて、グラフの波形の解析をおこなった。結果は下記の通りであった。 20

スパイク頻度は、3 0 分間あたりに約 5 ~ 2 0 回 (平均すると 1 2 回より多い) 、6 0 分間あたり約 1 0 ~ 4 0 回であった。

【 0 1 0 4 】

2 - 2) 内湾漁場実験

内湾漁場、具体的には三重県英虞湾の湾奥部 (2 m 層) に、センサーを装着した貝を垂下して、夏季に発生した比較的低細胞密度のHeterocapsa circularisquama赤潮海域 (4 3 細胞 / m l) におけるアコヤガイの貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は図 4 B および図 4 C に示されるとおりであった。

図のように、グラフ中、開殻時間の著しく短いスパイク波形が頻繁に現れた。 30

【 0 1 0 5 】

例 1 の場合と同様にして、実験を長期間連続して行い、得られた測定データに基づいて、グラフの波形の解析をおこなった。結果は下記の通りであった。

3 0 分間あたりのスパイク頻度および 6 0 分間あたりのスパイク頻度は、最大でそれぞれ 3 9 回および 7 3 回にまで達した。スパイク積算時間に対してスパイク頻度をプロットすると、グラフは右肩上りの傾向を示した。

【 0 1 0 6 】

以上の結果をまとめると、表 1 の通りであった。

【 0 1 0 7 】

例 3 : 水中の溶存酸素濃度の低下によって生じた有害水質環境 (貧酸素水塊) および水中の硫化物濃度の増大によって生じた有害水質環境における貝殻開閉運動の測定 40

貧酸素水塊発生時には、溶存酸素の低下に伴ない硫化物の影響も懸念される。そこで、貧酸素と硫化物による影響を分けて調べるために、室内において、貧酸素状態の海水と硫化物が溶存しかつ貧酸素状態の海水とに、センサーを装着したアコヤガイを暴露して、それぞれの場合の貝殻開閉運動の変化を測定した。

【 0 1 0 8 】

3 - 1) 貧酸素状態の海水への暴露

正常な水質の海水を採取し、これに毎分約 1 2 L の窒素ガスを通気することによって、溶存酸素濃度が 0 . 5 m g / L 以下である、貧酸素状態の海水を調製した。この貧酸素状態の海水を用いて、室内の 1 0 0 L の円形水槽を満たした。ここにセンサーを装着し 50

た貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は図 5 A および図 5 B に示されるとおりであった。

図のように、短時間の閉殻を示す鋭いスパイクが頻繁に現れ、閉殻回数が著しく増加した。このとき、スパイクの時間は短く、その大きさは比較的均一であった。

【 0 1 0 9 】

例 1 の場合と同様にして、実験を長期間連続して行い、得られた測定データに基づいて、グラフの波形の解析をおこなった。

【 0 1 1 0 】

3 - 2) 硫化物が溶存しかつ貧酸素状態の海水への暴露

正常な水質の海水を採取し、これに窒素通気を行い貧酸素状態の海水を調整した後、硫化水素ナトリウムを溶解させた原液を添加することによって、硫化物濃度が $0.87 \pm 0.11 \text{ mg/L}$ (S^{2-}) であって溶存酸素濃度が 0.5 mg/L 以下である、硫化物溶存貧酸素状態の海水を調製した。この海水を用いて、室内の 100 L の円形水槽を満たした。ここにセンサーを装着した貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は図 5 C および図 5 D に示されるとおりであった。

図のように、スパイクの時間が長くなり（スパイクの幅が広く）、閉殻している時間が長くなる傾向が認められた。

【 0 1 1 1 】

例 1 の場合と同様にして、実験を長期間連続して行い、得られた測定データに基づいて、グラフの波形の解析をおこなった。結果は下記の通りであった。

30 分間あたりのスパイク頻度は、4 ~ 12 回程度であった。貧酸素状態の海水の場合と比較すると、スパイクが不均一で閉殻時間が長いために、スパイク積算時間が著しく大きい値となる傾向が見られた。60 分間あたりのスパイク積算時間は、1600 秒より多い範囲、詳しくは 2000 ~ 3600 秒の範囲であった。また、60 分間あたりの場合では、スパイク頻度とスパイク積算時間との間に一定の関係は認められなかった（図 9 A）。

【 0 1 1 2 】

3 - 3) 内湾漁場における貧酸素海域への暴露

内湾漁場、具体的には三重県英虞湾の湾奥部に、センサーを装着した貝を垂下して、夏季に発生した貧酸素海域（溶存酸素濃度 0.5 mg/L 以下）におけるアコヤガイの貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は図 6 A および図 6 B に示されるとおりであった。

図のように、測定された波形は、短時間の閉殻を示す鋭いスパイクだけでなく、幅の広いスパイクや長時間に亘る閉殻状態が確認された。

【 0 1 1 3 】

例 1 の場合と同様にして、実験を長期間連続して行い、得られた測定データに基づいて、グラフの波形の解析をおこなった。結果は下記の通りであった。

30 分間あたりの場合および 60 分間あたりの場合のいずれも、スパイク頻度の増加と比較して、スパイク積算時間の増加が顕著であった。

60 分間あたりの場合では、スパイク頻度とスパイク積算時間との関係に一定の関係が認められず、硫化物含有貧酸素に暴露された解析パターンの特徴と一致した。したがって、これらの傾向は単に貧酸素だけで生じたものではなく、硫化物による影響を同時に受けていたものと推察された。

【 0 1 1 4 】

以上の結果をまとめると、表 1 の通りであった。

【 0 1 1 5 】

例 4 : 水中の懸濁粒子密度の増大によって生じた有害水質環境における貝殻開閉運動の測定

モデル微粒子懸濁物として、粒径 $20 \mu\text{m}$ のカーボン粒子（MCMB25G、大阪ガスケミカル株式会社より入手可能）を用いた。

正常な水質の海水を採取し、これに粒子密度が約 8000 粒/mL となるように前記微

粒子懸濁物を懸濁させ、懸濁粒子密度が増大した海水を調製した。この海水を用いて、室内の500Lの円形水槽を満たし、ここにセンサーを装着した貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は図7A～図7Cに示されるとおりであった。

図のように、短時間の鋭いスパイクや比較的幅の広いスパイクが多数現れ、スパイクの幅は不均一であった。

【0116】

図3～7に基づいて、アコヤガイの貝殻開閉運動から得られる特徴的かつ典型的なスパイク波形を得た(図8)。

【0117】

例1の場合と同様にして、実験を長期間連続して行い、得られた測定データに基づいて、グラフの波形の解析をおこなった。結果は下記の通りであった。

60分間あたりの場合で比較すると、スパイク積算時間1000～2000秒の範囲が著しく増加するに伴ないスパイク頻度も増加した。スパイク積算時間に対してスパイク頻度をプロットしたところ、右肩上りの傾向が見られた(図9B)。このような傾向は、硫化物溶存貧酸素状態の海水の場合には見られないものであった。

【0118】

以上の結果をまとめると、表1の通りであった。

【0119】

例5：水中の有毒化学物質の濃度の増大によって生じた有害水質環境における貝殻開閉運動の測定

有毒化学物質として、有機リン系農薬(EPN(EPN乳剤(日産化学工業株式会社)))を用いた。具体的には、この農薬の成分は、EPN(エチルパラニトロフェニルチオノベンゼンホスホネート)45%、有機溶剤・乳化剤55%(キシレン40%、トルエン1.7%)であった。

EPN乳剤を含有する海水(EPN濃度1ppm)を調製し、これを100Lの円形水槽に見たし、ここにセンサーを装着した貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

【0120】

結果は、図10Aに示されるとおりであった。図のように、スパイク時間が40～70秒程度の鋭いスパイクの著しい増加が見られ、激しく殻体開閉運動を行った。スパイク形状およびスパイクの間隔は、比較的均一であった。

【0121】

以上の結果をまとめると、表1の通りであった。

【0122】

例6：水中の環境汚染物質の濃度の増大によって生じた有害水質環境における貝殻開閉運動の測定

環境汚染物質として、界面活性剤、具体的には、合成洗剤(市販台所用合成洗剤)を用いた。この合成洗剤の成分は、界面活性剤(直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、脂肪酸アルカノールアミド)が37%のものであった。

合成洗剤を含有する海水(界面活性剤濃度3.7ppm)を調製し、これを100Lの円形水槽に見たし、ここにセンサーを装着した貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

【0123】

結果は、図10Bに示されるとおりであった。図のように、80～180秒のスパイク時間の規則的かつ均一なスパイクが著しく増加し、開殻状態で規則的に小刻みな殻体運動を行った。

【0124】

以上の結果をまとめると、表1の通りであった。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 5 】

なお前記実験において、水質環境の種類によっては、30分間あたりの場合や60分間あたりの場合よりも解析間隔を長くすることによって、より明確な識別が可能となる傾向が認められた。また観測時間が長くなるほど精度も高くなる傾向が認められた。

【 0 1 2 6 】

【表 1】

試料水	スパイク頻度(回)(平均±S.D.)		スパイク積算時間(秒)(平均±S.D.)		1回あたりの平均スパイク時間(平均±S.D.)	スパイク形状	スパイク周期の規則性	スパイクの特徴とスパイク頻度に対するスパイク積算時間のグラフ傾向
	30分間あたり	60分間あたり	30分間あたり	60分間あたり				
正常な水質環境	1.0 ± 1.1 (4未満)	2.1 ± 1.7 (6未満)	83 ± 150 (400未満)	158 ± 227 (600未満)	81 ± 96 (12-200)	鋭い棘状スパイク		
a) <i>Heterocapsa circularisquama</i> の増加により生じた有害水質環境	26.6 ± 6.7 (12より多い)	54.4 ± 10.7 (24より多い)	1287 ± 461 (400以上)	2623 ± 863 (600以上)	53 ± 30 (20-75)	スパイクの上部先端が湾曲(丸みを持つ)		スパイク頻度の増加に伴いスパイク積算時間も増加
b) 水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境	5.3 ± 3.3 (4-12)	10.0 ± 5.4 (6-24)	155 ± 146 (400-1100)	285 ± 232 (400-1600)	19 ± 6 (10-35)	極めて鋭い針状スパイク	規則的	スパイク頻度の増加に伴いスパイク積算時間も増加する
c) 水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境	4.3 ± 3.3 (4-12)	8.1 ± 4.3 (6-24)	1262 ± 681 (600-1800)	2587 ± 1184 (2000以上)	293 ± 474 (200以上)	スパイク頂上部が平坦な四角形状		データに一定の傾向が見られない
d) 水中の懸濁粒子濃度の増大により生じた有害水質環境	4.8 ± 2.7 (4-12)	9.0 ± 4.5 (6-24)	674 ± 1401 (400-1400)	1280 ± 554 (600-2000)	141 ± 113 (-)	極めて鋭い針状スパイク~鋭い棘状スパイク		スパイク頻度の増加に伴いスパイク積算時間も増加傾向を示すが、ばらつきがやや多い
e) 水中の有毒化学物質(EPN)濃度の増大により生じた有害水質環境	32.6 ± 7.7 (25以上)	65.1 ± 15.5 (50以上)	1785 ± 32 (1700以上)	3570 ± 69 (3400以上)	57.7 ± 13.1 (40-70)	スパイクの先端が尖った鋭い三角形	規則的	連続したスパイクで、スパイク頻度及びスパイク積算時間が著しく大きい
f) 水中の環境汚染物質(界面活性剤)濃度の増大により生じた有害水質環境	13.7 ± 6.7 (8-21)	27.5 ± 13.5 (15-40)	1749 ± 132 (1500以上)	3498 ± 264 (3000以上)	128.7 ± 43.3 (80-180)	スパイクの先端が尖った三角形(直三角形状)	規則的	連続したスパイクで、スパイク積算時間が著しく大きい

(注: 上記表中、括弧内の数値は、それぞれスパイク頻度、スパイク積算時間、および1回あたりの平均スパイク時間の最適値を意味する。)

【0127】

実験B：（アサリを用いた実験）貝へのセンサーの装着

供試貝としてアサリ（*Ruditapes philippinarum*）を使用し、かつ、小型磁石としてサマリウムコバルト磁石（4 × 3 mm）を使用した以外は、実験Aと同様にして、貝へセンサーを装着した。

【0128】

例7： 正常な水質環境における貝殻開閉運動の測定

例1と同様にして、正常な水質環境における貝殻開閉運動の測定を行った。

結果は、図12に示されるとおりであった。

10

鋭く振幅の大きいスパイクとやや幅の広いスパイクが表われ、各々すばやい開閉運動と緩慢な殻体運動を示していた。

【0129】

例8： *Heterocapsa circularisquama*の増大によって生じた有害水質環境における貝殻開閉運動の測定

室内の100L円形水槽内に、*Heterocapsa circularisquama*の細胞密度を10～50細胞/mlとした海水を満たした。ここにセンサーを装着した貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は、図13AおよびBに示されるとおりであった。

20～35秒の鋭いスパイクの著しい増加が認められ、激しく殻体開閉運動を行っていた。

20

以上の結果をまとめると、表2の通りであった。

【0130】

例9： 水中の有毒化学物質の濃度の増大によって生じた有害水質環境における貝殻開閉運動の測定

EPN乳剤を含有する海水（EPN濃度1ppm）を調製し、これを100Lの円形水槽に見たし、ここにセンサーを装着した貝を暴露して、その貝殻開閉運動の変化を測定した。

結果は、図13CおよびDに示されるとおりであった。

15～60秒の鋭いスパイクの著しい増加が447～3045秒程度続いた後、スパイク時間の463～9619秒程度の長い波形が交互に見られた。これは447～3045秒程度の開殻状態における小刻みな殻体運動と463～9619秒程度の長時間に亘る閉殻状態が交互に起こっていることを示していた。

30

以上の結果をまとめると、表2の通りであった。

【0131】

【表 2】

【アサリ】

試料水	スパイク頻度(回) (平均±S.D.)		スパイク積算時間(秒) (平均±S.D.)		1回あたりの 平均スパイク時間 (平均±S.D.)
	30分間あたり	60分間あたり	30分間あたり	60分間あたり	
正常な水質環境	5.5±5.1 (0-13)	11.0±10.4 (1-25)	226±197 (500未満)	446±296 (1000未満)	60.4±82.6
a) <i>Heterocapsa circularisquama</i> の増加により 生じた有害水質環境	54±18 (37-68)	108±36 (70-150)	1415±351 (900-1750)	2803±614 (1800-3500)	27.2±6.0
e) 水中の有毒化学物質(EP N)濃度の増大により生じた 有害水質環境	12.1±14.1 (3-34)	24.2±28.1 (10-70)	1749±84 (1600-1800)	3488±127 (3200-3600)	26.7±15.2

(注: 上記表中、括弧内の数値は、それぞれスパイク頻度、およびスパイク積算時間の最適値を意味する。)

10

20

30

40

【図面の簡単な説明】

【0132】

【図 1】非接触センサーと磁界を発生させる部材とが装着された二枚貝類に属する貝を示した図である。

【図 2】非接触センサーと磁界を発生させる部材とが装着されたアコヤガイの貝殻開閉運動の様子を示した図である。図中、A および B は開殻状態を示し、C および D は閉殻状態を示す。この内、D は完全閉殻状態を示す。また D において * は完全閉殻状態にある貝開口部を表す。

50

【図 3】本発明による方法にしたがって得られた、正常な水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アコヤガイの場合）。図中 A および B はそれぞれ室内実験における測定例である。

【図 4】本発明による方法にしたがって得られた、(a)Heterocapsa circularisquamaの増加により生じた有害水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アコヤガイの場合）。図中 A は室内実験における測定例であり、B および C は内湾漁場における測定例である。

【図 5】本発明による方法にしたがって得られた、(b)水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境および(c)水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アコヤガイの場合）。図中 A および B は水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境についての室内実験における測定例であり、図中 C および D は水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境についての室内実験における測定例である。

10

【図 6】本発明による方法にしたがって得られた、(b)水中の溶存酸素濃度の低下により生じた有害水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アコヤガイの場合）。図中 A および B はいずれも内湾漁場における測定例である。

【図 7】本発明による方法にしたがって得られた、(d)水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アコヤガイの場合）。図中 A は～C は室内実験における測定例である。

【図 8】本発明による方法にしたがって得られた、時間に対する開殻距離を表すグラフより抽出された各水質環境を示す典型的なモデル波形である。10 分間あたりで示されている。このうち、図 8 A は、試料水が正常な水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図 8 B は、試料水が(b)または(d)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図 8 C は、試料水が(c)または(d)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図 8 D は、試料水が(a)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形である。

20

【図 9】水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境の場合において、60 分間あたりのスパイク頻度に対する 60 分間あたりのスパイク積算時間を示したグラフである。図中 A は、(c)水中の溶存硫化物濃度の増大により生じた有害水質環境におけるグラフであり、図中 B は、(d)水中の懸濁粒子密度の増大により生じた有害水質環境におけるグラフである。

30

【図 10】本発明による方法にしたがって得られた、(e)水中の有毒化学物質濃度の増大により生じた有害水質環境、および(f)水中の環境汚染物質の増大により生じた有害水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アコヤガイの場合）。図中 A は水中の有毒化学物質（E P N を主成分とする有機リン系農薬）濃度の増大により生じた有害水質環境についての室内実験における測定例であり、図中 B は水中の環境汚染物質（アニオン界面活性剤）の増大により生じた有害水質環境についての室内実験における測定例である。

【図 11】本発明による方法にしたがって得られた、時間に対する開殻距離を表すグラフより抽出された各水質環境を示す典型的なモデル波形である。10 分間あたりで示されている。このうち、図 11 A は、試料水が(e)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形であり、図 11 B は、試料水が(f)の水質環境である場合に観察される特徴的なモデル波形である。

40

【図 12】本発明による方法にしたがって得られた、正常な水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アサリの場合）。図中 A および B はそれぞれ室内実験における測定例である。

【図 13】本発明による方法にしたがって得られた、(a)Heterocapsa circularisquamaの増加により生じた有害水質環境および(e)水中の有毒化学物質濃度の増大により生じた有害水質環境における時間に対する開殻距離を表すグラフである（アサリの場合）。図中 A および B はHeterocapsa circularisquamaの増加により生じた有害水質環境についての室

50

内実験における測定例であり、図中CおよびDは水中の有毒化学物質（EPNを主成分とする有機リン系農薬）濃度の増大により生じた有害水質環境についての室内実験における測定例である。

【図14】本発明による水質環境監視システムの構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

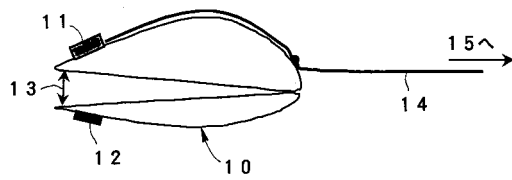
【0133】

- 10 二枚貝類に属する貝
- 11 非接触センサー
- 12 磁界を発生させる部材
- 13 開殻距離
- 14 リード線
- 15 測定装置
- 20 アコヤガイ
- 21 ホール素子センサー
- 22 磁石
- 23 開殻距離
- 30 水上または水際
- 31 センシング手段
- 32 非接触センサー
- 33 解析手段
- 34 記録手段
- 35 データ送信手段
- 36 充電手段
- 37 起電手段
- 38 各部電源
- 39 防水ケース
- 40 事務所
- 41 データ受信手段
- 42 表示手段

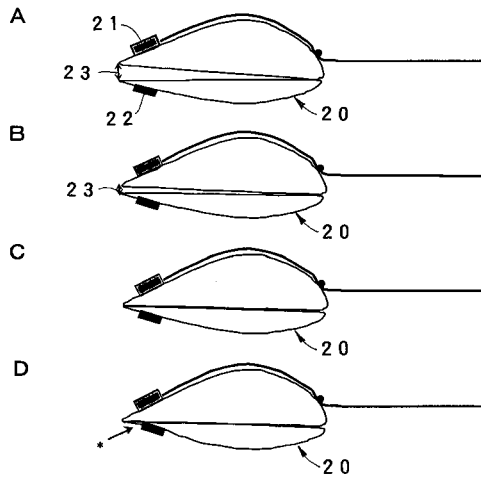
10

20

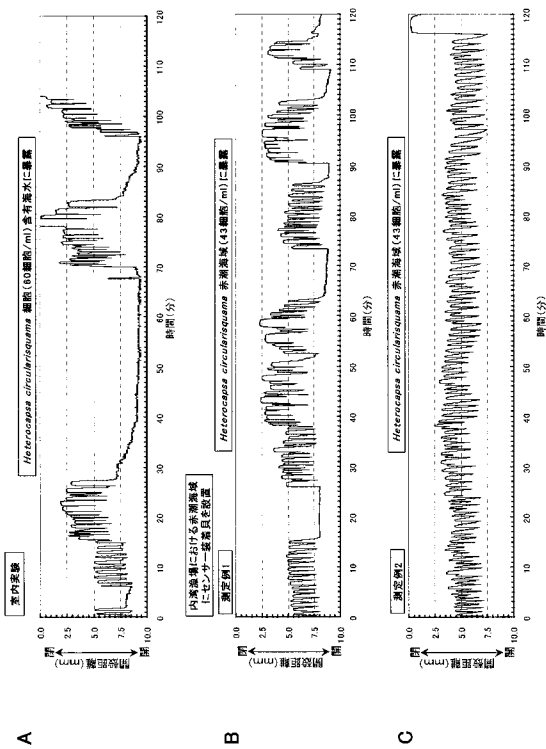
【図 1】



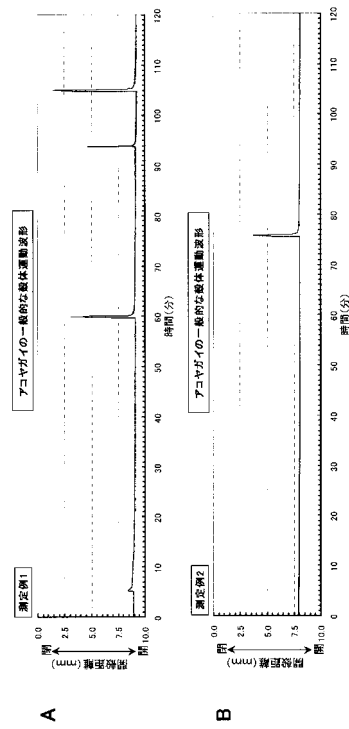
【図 2】



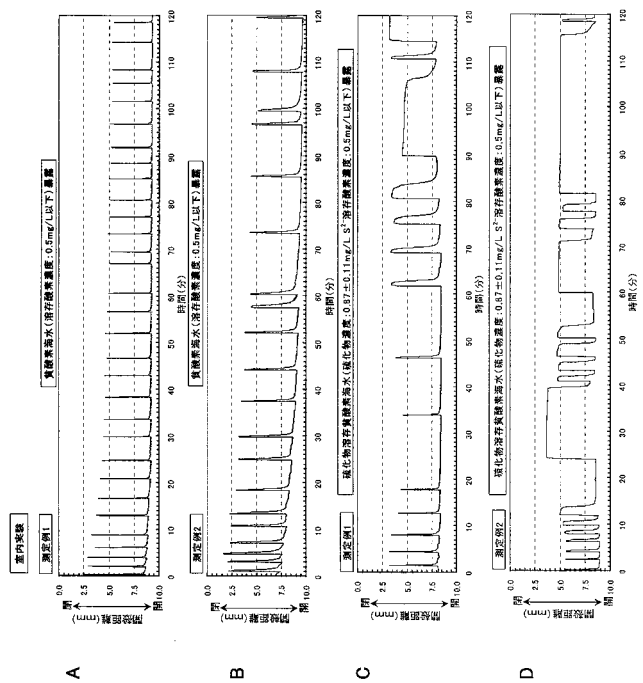
【図 4】



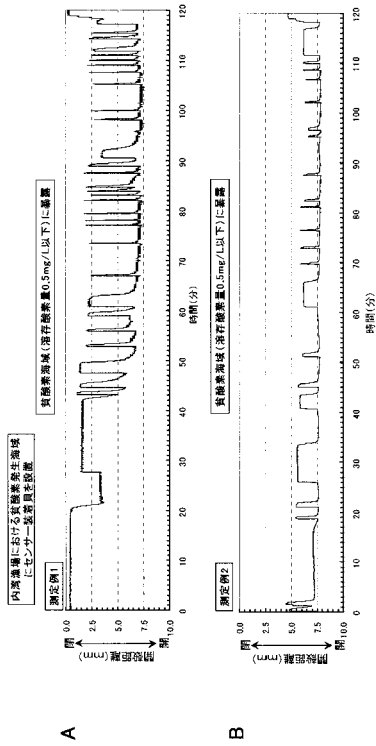
【図 3】



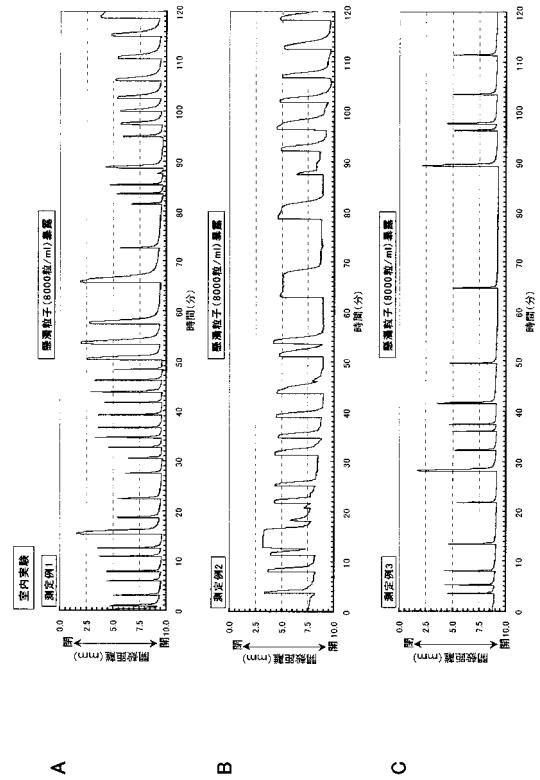
【図 5】



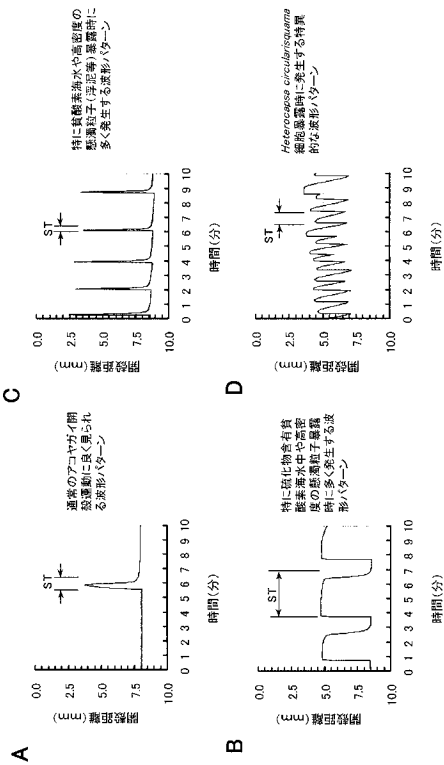
【図 6】



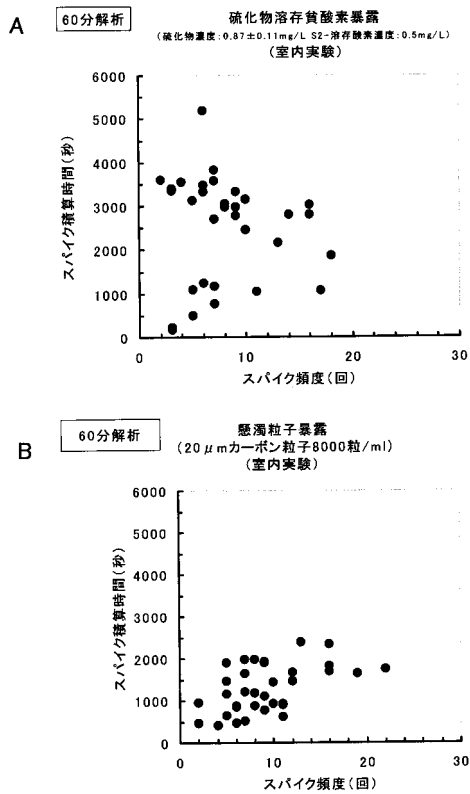
【図 7】



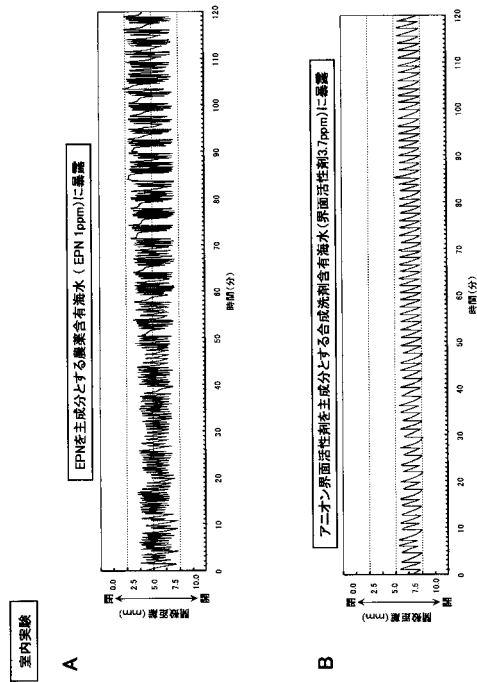
【図 8】



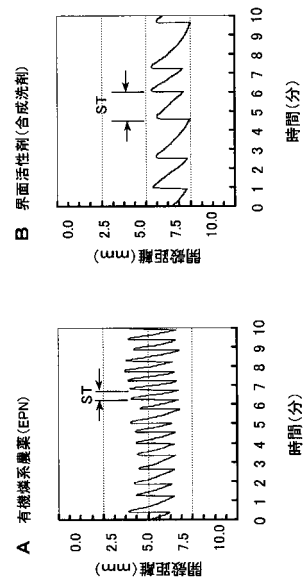
【図 9】



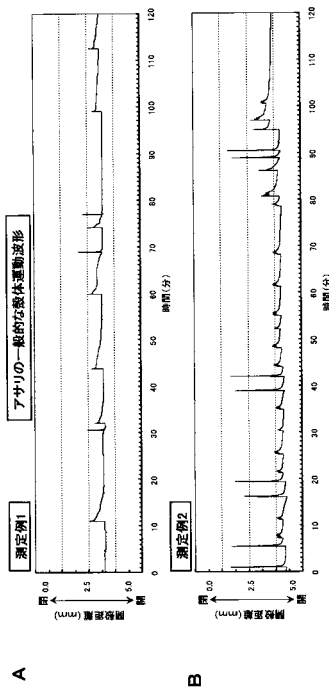
【図 1 0】



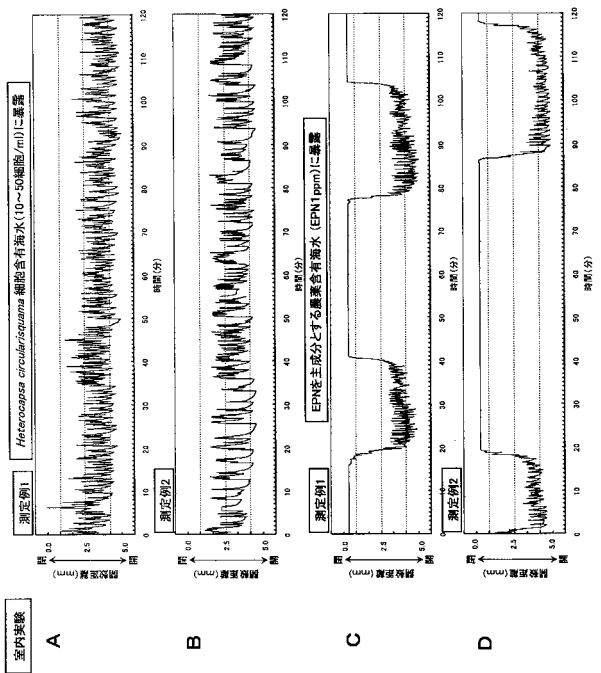
【図 1 1】



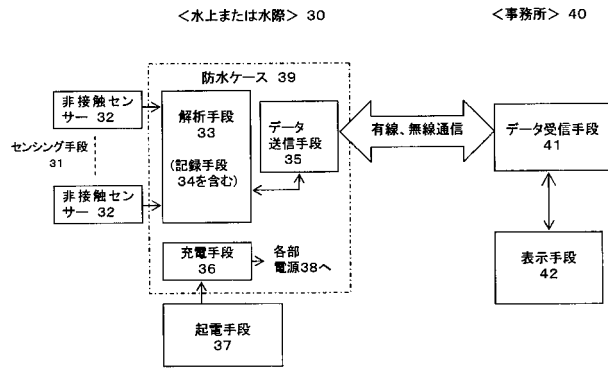
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ F I テーマコード(参考)
G 0 1 B 7/00 J

(74)代理人 100107342

弁理士 横田 修孝

(74)代理人 100111730

弁理士 伊藤 武泰

(72)発明者 永 井 清 仁

三重県志摩郡阿児町鶴方 3 0 7 7 - 1 エスパーク花菱 5 0 6 号

(72)発明者 本 城 凡 夫

福岡県嘉穂郡桂川町九郎丸 6 9 5 - 1 3

(72)発明者 郷 譲 治

三重県志摩郡阿児町甲賀 4 6 0 5 コテージマリンハウス 5

(72)発明者 高 橋 洋 一

埼玉県久喜市青葉 1 - 2 - 1 4 - 4 0 3

F ターム(参考) 2F063 AA02 BA29 BB08 BD15 CA29 DA01 DA05 DD02 GA52 NA01
NA02