

(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2012-206099

(P2012-206099A)

(43) 公開日 平成24年10月25日(2012.10.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
C O 2 F 1/50 (2006.01)	C O 2 F 1/50 5 1 O E	
E O 2 B 1/00 (2006.01)	C O 2 F 1/50 5 2 O F	
F 2 8 B 9/04 (2006.01)	C O 2 F 1/50 5 3 1 J	
	C O 2 F 1/50 5 4 O A	
	C O 2 F 1/50 5 5 O C	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2011-75993 (P2011-75993)
 (22) 出願日 平成23年3月30日 (2011. 3. 30)

(71) 出願人 000211307
 中国電力株式会社
 広島県広島市中区小町4番33号
 301021533
 (71) 出願人 独立行政法人産業技術総合研究所
 東京都千代田区霞が関1-3-1
 (74) 代理人 110000176
 一色国際特許業務法人
 (72) 発明者 吉岡 一郎
 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内
 (72) 発明者 及川 ▲隆▼仁
 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内

最終頁に続く

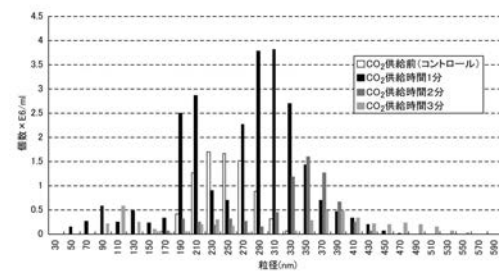
(54) 【発明の名称】 海洋生物の遊泳を阻害する方法および海洋生物の付着を抑制するシステムおよび方法

(57) 【要約】

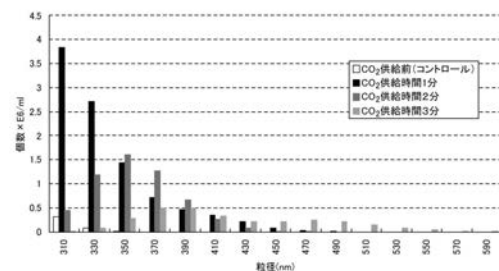
【課題】C O₂ ナノバブルを、海洋生物を含有する水に注入することによって、効果的に、海洋生物の付着を抑制する方法およびシステムと、海洋生物の遊泳を阻害する方法とを提供すること。

【解決手段】 海洋生物の遊泳を阻害する方法として、海洋生物を含有する水に、粒径が1～999nmであるC O₂ ナノバブルを注入する工程を含むようにする。

【選択図】図10



(a)



(b)

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

海洋生物の遊泳を阻害する方法であって、前記海洋生物を含有する水に、粒径が 1 ~ 999 nm である CO₂ ナノバブルを注入する工程を含む阻害方法。

【請求項 2】

前記 CO₂ ナノバブルの粒径が、40 ~ 480 nm であることを特徴とする、請求項 1 に記載の阻害方法。

【請求項 3】

前記 CO₂ ナノバブルの粒径が、300 ~ 410 nm であることを特徴とする、請求項 1 に記載の阻害方法。

【請求項 4】

前記海洋生物がフジツボ類の幼生であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の抑制方法。

【請求項 5】

熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制するシステムであって、

前記海洋生物を含有する水を、熱交換対象設備に供給するための供給装置と、

前記供給された熱交換水を用いて、前記熱交換対象設備と熱交換するための熱交換器と、

前記熱交換対象設備と熱交換後の水を、前記熱交換対象設備から放出するための放出装置と、

前記海洋生物を含有する水、前記供給された水、及び、前記熱交換対象設備と熱交換後の水のいずれか一つ以上に、粒径が 1 ~ 999 nm である CO₂ ナノバブルを注入するための注入装置とを備えたシステム。

【請求項 6】

前記 CO₂ ナノバブルの粒径が、40 ~ 480 nm であることを特徴とする、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記 CO₂ ナノバブルの粒径が、300 ~ 410 nm であることを特徴とする、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 8】

熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制する方法であって、

海洋生物を含有する水を、熱交換対象設備に供給する工程と、

前記供給された水を用いて、前記熱交換対象設備と熱交換する工程と、

前記熱交換対象設備と熱交換後の水を、前記熱交換対象設備から放出する工程と、

前記海洋生物を含有する水、前記供給された水、及び、前記熱交換対象設備と熱交換後の水のいずれか一つ以上に、粒径が 1 ~ 999 nm である CO₂ ナノバブルを注入する工程とを含む抑制方法。

【請求項 9】

前記 CO₂ ナノバブルの粒径が、40 ~ 480 nm であることを特徴とする、請求項 8 に記載の抑制方法。

【請求項 10】

前記 CO₂ ナノバブルの粒径が、300 ~ 410 nm であることを特徴とする、請求項 8 に記載の抑制方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、海洋生物の遊泳を阻害する方法および海洋生物の付着を抑制するシステムおよび方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

冷却水として海水を利用する火力発電所や原子力発電所などの発電プラントにおいては、海から海水を取り入れて復水器に供給する取水路や、復水器を通った海水を海へ放出するための放水路の内部に、フジツボ類やイガイ類をはじめとする貝等の海洋生物が付着し易い。海洋生物の付着量が多くなると、冷却水の流路が塞がれて冷却性能が低下するなどの不具合を招くおそれがある。

そこで、従来から、例えば、特許文献 1 ～ 5 に開示されるように、次亜塩素酸ナトリウム溶液や二酸化塩素などの塩素系薬剤を冷却水に注入することにより、冷却水流路への海洋生物の付着を抑制することが行われている。また、特許文献 6 に開示されるように、二酸化炭素のマイクロバブル（以下、 CO_2 マイクロバブルという）を冷却水に溶解させることにより、冷却水流路への海洋生物の付着を抑制する方法が報告されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 7 - 265867 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 37666 号公報

【特許文献 3】特開 2005 - 144212 号公報

【特許文献 4】特開 2005 - 144213 号公報

【特許文献 5】特開 2005 - 244214 号公報

【特許文献 6】特開 2010 - 43060 号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、二酸化炭素のナノバブル（以下、 CO_2 ナノバブルという）を、海洋生物を含有する水に注入することによって、効果的に、海洋生物の遊泳を阻害する方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明に係る海洋生物の遊泳を阻害する方法は、前記海洋生物を含有する水に、 CO_2 ナノバブルを注入する工程を含む。

【0006】

30

一方、本発明に係る熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制するシステムは、海洋生物を含有する水を、熱交換対象設備に供給するための供給装置と、前記供給された水を用いて、前記熱交換対象設備と熱交換するための熱交換器と、前記熱交換対象設備と熱交換後の水を、前記熱交換対象設備から放出するための放出装置と、前記海洋生物を含有する水、前記供給された水、及び、前記熱交換対象設備と熱交換後の水のいずれか一つ以上に、 CO_2 ナノバブルを注入するための注入装置とを備える。

【0007】

さらに、本発明に係る熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制する方法は、海洋生物を含有する水を、熱交換対象設備に供給する工程と、前記供給された水を用いて、前記熱交換対象設備と熱交換する工程と、前記熱交換対象設備と熱交換後の水を、前記熱交換対象設備から放出する工程と、前記海洋生物を含有する水、前記供給された水、及び、前記熱交換対象設備と熱交換後の水のいずれか一つ以上に、 CO_2 ナノバブルを注入する工程とを含む。

40

【0008】

上記いずれの発明においても、注入される CO_2 ナノバブルは、粒径が $1\text{ nm} \sim 999\text{ nm}$ の二酸化炭素の気泡をいうが、粒径は、 $10 \sim 900\text{ nm}$ であることが好ましく、 $40 \sim 480\text{ nm}$ であることがより好ましく、 $300 \sim 410\text{ nm}$ であることが特に好ましい。また、海洋生物の種類は特に限定されないが、例えば、フジツボ類やイガイ類などの貝類であっても良く、これらの中でもフジツボ類の幼生であることがより好ましい。

【発明の効果】

50

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、海洋生物を含有する水に CO_2 ナノバブルを注入することによって、効果的に、海洋生物の付着を抑制する方法およびシステムと、海洋生物の遊泳を阻害する方法とを、提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の一実施形態として説明する、熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制するシステムの全体構成を示す図である。

【図 2】本発明の一実施形態における、取水路、放水路、LNG気化器流路、および、復水器流路からなる、熱交換水流路を、模式的に示す図である。

【図 3】本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブル注入装置の詳細構成を示す図である。

【図 4】本発明の一実施形態における、注入管が供える注入口の構成例を示す図である。

【図 5】本発明の一実施形態における、注入管が供える注入口の別の構成例を示す図である。

【図 6】本発明の一実施形態における、 CO_2 のバブルを30秒～1分注入した際の、アカフジツボ幼生の麻痺率を示す図である。

【図 7】本発明の一実施形態における、 CO_2 のバブルを2分注入した際の、アカフジツボ幼生の麻痺率を示す図である。

【図 8】本発明の一実施形態における、 CO_2 のバブルを5分注入した際の、アカフジツボ幼生の麻痺率を示す図である。

【図 9】本発明の一実施形態における、 CO_2 マイクロバブルの粒径分布を示す図である。

【図 10】(a)本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを1～3分注入した際の、 CO_2 ナノバブルの粒径分布を示す図である。(b)本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを1～3分注入した際の、300nm以上の CO_2 ナノバブルの粒径分布を示す図である。

【図 11】(a)本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを1分注入した際の、 CO_2 ナノバブルの粒径分布を示す図である。(b)本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを1分注入した際の、300nm以上の CO_2 ナノバブルの粒径分布を示す図である。

【図 12】本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを注入する前の、ESRスペクトルを示す図である。

【図 13】本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを1分注入した際の、ESRスペクトルを示す図である。

【図 14】本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを3分注入した際の、ESRスペクトルを示す図である。

【図 15】本発明の一実施形態における、 CO_2 ナノバブルを1分注入した後、さらに、10分放置した際の、ESRスペクトルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、上記知見に基づき完成した本発明の実施の形態を、添付図面を用いて詳細に説明する。なお、本発明の目的、特徴、利点、および、そのアイデアは、本明細書の記載により、当業者には明らかであり、本明細書の記載から、当業者であれば容易に本発明を再現できる。以下に記載された発明の実施の形態及び具体的な実施例などは、本発明の好ましい実施態様を示すものであり、例示又は説明のために示されているのであって、本発明をそれらに限定するものではない。本明細書で開示されている本発明の意図並びに範囲内で、本明細書の記載に基づき、様々な改変並びに修飾ができることは、当業者にとって明らかである。

【 0 0 1 2 】

＝ 本発明に係る海洋生物の遊泳を阻害する方法 ＝

本発明に係る海洋生物の遊泳を阻害する方法は、海洋生物を含有する水に、 CO_2 ナノバブルを注入する工程を含む。

【0013】

ここでいう CO_2 ナノバブルとは、粒径が $1\text{ nm} \sim 999\text{ nm}$ の二酸化炭素の気泡をいうが、粒径は、 $10 \sim 900\text{ nm}$ であることが好ましく、 $40 \sim 480\text{ nm}$ であることがより好ましく、 $300 \sim 410\text{ nm}$ であることがさらに好ましい。このような粒径の CO_2 ナノバブルを注入することによって、二酸化炭素の水への溶解量をさらに低く抑えながら、注入された水に含まれる海洋生物が熱交換水流路に付着するのをより効果的に抑えることができる。

10

【0014】

CO_2 ナノバブルを発生させる方法は限定されないが、例えば、水などの液体が供給された時に気体を自動的に吸引する、自給式ナノバブル発生装置を用いて、 CO_2 ナノバブルを発生させることができる。このような自給式ナノバブル発生装置として、例えば、エジェクタ型、ベンチュリー型、ラインミキサー型、および、二相流旋回型などの旋回流方式があげられる。

供給する水の一例として、例えば、海水であっても良く、具体的には、後述するように熱交換のための水が挙げられ、二酸化炭素の水への溶解量を低く抑えながら、注入された水に含まれる海洋生物が熱交換水流路に付着するのを抑えることが可能となる。

【0015】

20

海洋生物の種類は特に限定されないが、例えば、フジツボ類やイガイ類などの貝類であっても良く、これらの中でもフジツボ類の幼生であることがより好ましい。

【0016】

このように、海洋生物を含有する水に、 CO_2 ナノバブルを注入することによって、二酸化炭素の水への溶解量を低く抑えながら、注入された水に含まれる海洋生物を麻痺状態などにすることができ、この結果、海洋生物の遊泳を阻害することができる。

海洋生物の遊泳を阻害すれば、例えば、海洋生物を含有する水の容器に、海洋生物が付着するのを防いだり、水から海洋生物を回収・除去したりするのが容易になる。なお、付着は変態という形態変化を伴う現象であるため、一定の割合の個体が麻痺状態になる環境下であれば、ほぼすべての個体が付着を忌避する可能性が高いと考えられる。

30

【0017】

＝ 本発明に係る熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制するシステムの構成 ＝

図1は、本発明の一実施形態として説明する、熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制するシステムの全体構成を示す図である。図1に示すように、本発明に係る、熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制するシステム（以下、単に「システム」と称する。）100は、海2に面する敷地に建設された火力発電所10を備える。火力発電所10は、燃料貯蔵設備12、LNGタンク14、発電設備16、LNG気化器17、取水路20、および、放水路22などを備える。

【0018】

40

発電設備16は、さらに、復水器18Aおよび18Bを備える。復水器18Aおよび18Bは、蒸気原動機に連結し、水蒸気を凝結させるとともに高い真空を作り、蒸気の膨張作用を助ける装置である。復水器18Aおよび18Bにおいて水蒸気を冷却して凝結させるために、復水器18Aおよび18Bは、冷却水が通る熱交換水流路として、復水器流路29Aおよび29Bを備える。なお、復水器18Aおよび18Bとして、冷却水が復水器流路29Aおよび29Bの内部を通る表面復水器を図示しているが、冷却水を復水器内部に直接導入し、冷却水と蒸気とを混合する直接接触復水器であっても良い。

【0019】

LNG気化器17は、LNG（液化天然ガス）を熱交換で気化させる装置である。LNG気化器17においてLNGを加温して気化させるために、LNG気化器17は、さらに、加温の熱源となる水が通る熱交換水流路として、LNG気化器流路27を備える。

50

【 0 0 2 0 】

取水路 2 0 は、取水された熱交換のための水を、熱交換対象設備へと供給するための流路である。取水路 2 0 は、さらに、水を取り水するための取水口 2 4 を備える。取水路 2 0 は、取水口 2 4 を通じて海洋生物を含有する海水を海 2 から取水し、このようにして取水された海水を、熱交換対象設備である復水器 1 8 A および 1 8 B を冷却するための、復水器流路 2 9 A および 2 9 B へと供給する。

ここで、熱交換対象設備は特に限定されないが、例えば、火力発電所などの発電プラントが備える、復水器や L N G 気化器であっても良い。

【 0 0 2 1 】

放水路 2 2 は、熱交換対象設備と熱交換後の水を、熱交換対象設備の外へと放出するための流路である。放水路 2 2 は、さらに、熱交換後の水を海へと放出するための放出口 2 6 を備える。即ち、放水路 2 2 は、復水器 1 8 A および 1 8 B との熱交換により加温された、復水器流路 2 9 A および 2 9 B 内部を流れる海水を、放出口 2 6 を通じて海へと放出する。

10

なお、本実施形態では、復水器 1 8 A および 1 8 B で加温された海水を有効に利用するべく、放水路 2 2 の一部は、L N G 気化器流路 2 7 へと通じている。これにより、復水器 1 8 A および 1 8 B で加温された海水は、L N G 気化器 1 7 へと送られるため、復水器 1 8 A および 1 8 B で発生した熱を利用して、L N G 気化器 1 7 を加温することができる。L N G 気化器 1 7 と熱交換後の、L N G 気化器流路 2 7 内部を流れる海水は、放水路 2 2 へと合流する。放水路 2 2 は、合流した L N G 気化器流路 2 7 内部を流れる海水を、放出口 2 6 を通じて海へと放出する。

20

【 0 0 2 2 】

上記のように、熱交換水流路である、取水路 2 0、放水路 2 2、L N G 気化器流路 2 7、および、復水器流路 2 9 A および 2 9 B には海水が流れるため、熱交換水流路の内部には、貝等の海洋生物が付着・繁殖しやすい。そして、熱交換水流路内に多量の海洋生物が付着すると、流路が塞がれて十分な流量が得られなくなる等のために、熱交換機能が低下してしまう可能性がある。

特に、取水路 2 0 については、復水器 1 8 A および 1 8 B を効率よく冷却するべく、低い水温の海水を取り込めるように、取水口 2 4 を陸地からかなり離れた沖合に設けるため、取水路 2 0 は非常に長くなって、海洋生物の付着の影響を受けやすい。また、L N G 気化器流路 2 7 については、復水器 1 8 A および 1 8 B で加温された海水が流れることより、海洋生物が繁殖しやすい状態となっており、さらに、L N G 気化器 1 7 との熱交換の効率を向上させるべく、流路直径が放水路 2 2 よりも細くなっているため、海洋生物が付着した場合の影響を受けやすい。

30

【 0 0 2 3 】

そこで、本実施形態では、取水口 2 4 から取水した熱交換のための海水に、C O ₂ ナノバブルを注入することによって、取水路 2 0、放水路 2 2、L N G 気化器流路 2 7、および、復水器流路 2 9 A および 2 9 B の内壁面における、貝等の海洋生物の付着を抑制している。

加えて、復水器 1 8 A および 1 8 B で加温された熱交換のための海水に、C O ₂ ナノバブルを注入することによって、特に L N G 気化器流路 2 7 の内壁面における、貝等の海洋生物の付着をさらに抑制している。

40

【 0 0 2 4 】

取水口 2 4 から取水した海水に C O ₂ ナノバブルを注入する際、取水路 2 0 の取水口 2 4 に近い箇所、C O ₂ ナノバブルを注入することが好ましい。それによって、熱交換水流路の上流で海洋生物の遊泳を阻害することができるため、C O ₂ ナノバブル注入箇所よりも下流にある熱交換水流路全体への海洋生物の付着を抑制することができる。

また、復水器 1 8 A および 1 8 B で加温された海水に C O ₂ ナノバブルを注入する際、L N G 気化器流路 2 7 の入り口に近い箇所、特定の C O ₂ ナノバブルを注入することが好ましい。それによって、L N G 気化器 1 7 と熱交換が行われる L N G 気化器流路 2 7 の

50

内壁面に対する海洋生物の付着を抑制し、LNG気化器流路27の熱交換機能の低下を効果的に防いでいる。

【0025】

図2は、取水路20、放水路22、LNG気化器流路27、および、復水器流路29Aおよび29Bからなる、熱交換水流路50を模式的に示す図である。

図2に示すように、取水路20は、復水器18Aおよび18Bとの接続部、即ち、復水器流路29Aおよび29Bとの接続部に、それぞれ第1の海水ポンプ30Aおよび30Bを備える。第1の海水ポンプ30Aおよび30Bは、取水口24を通じて、海水を海2から取水路20へと吸入する。

【0026】

取水路20は、好ましくは取水口24に近い箇所に、CO₂ナノバブル注入装置32Aを備える。また、LNG気化器流路27は、好ましくは入り口に近い箇所、即ち、放水路22との接続部に、CO₂ナノバブル注入装置32Bを備える。

【0027】

図3は、CO₂ナノバブル注入装置32Aが自給式ナノバブル発生装置である場合の、詳細構成を示す。図3に示すように、CO₂ナノバブル注入装置32Aは、CO₂ナノバブル発生装置40と、CO₂ナノバブル発生装置40を用いて発生させたCO₂ナノバブルを、取水路20を流れる熱交換のための海水に注入するための注入管42と、CO₂ナノバブル発生装置40に海水を供給するための第2の海水ポンプ44と、CO₂ナノバブル発生装置40に二酸化炭素を供給するためのCO₂ポンプ46とを備える。

【0028】

第2の海水ポンプ44は、取水路20から海水を取水し、取水した海水をCO₂ナノバブル発生装置40へと供給する。

【0029】

CO₂ポンプ46は、CO₂ポンプ46とCO₂ナノバブル発生装置40との間に、CO₂ライン47を備える。CO₂ライン47は、CO₂ポンプ46側から順に、減圧弁48と流量調節弁49とを備える。

CO₂ポンプ46からCO₂ライン47に流入する二酸化炭素は、減圧弁48で大気圧になるように圧力を調整され、流量調節弁49で流量を調整されて、CO₂ナノバブル発生装置40に送られる。この二酸化炭素は、CO₂ナノバブル発生装置40に第2の海水ポンプ44が取り込んだ海水の流水の力によって装置内が負の圧力となることで、自動的に装置内に取り込まれる。このようにしてCO₂ナノバブル発生装置40に取り込まれた二酸化炭素は、CO₂ナノバブル発生装置40において、CO₂ナノバブルとなる。

【0030】

注入管42は、CO₂ナノバブル発生装置40から注入管42に送られてきたCO₂ナノバブルを、取水路20を流れる熱交換のための海水に排気するための、注入口43を備える。注入管42は、CO₂ナノバブル発生装置40から発生させたCO₂ナノバブルを、注入口43を通じて、取水路20を流れる熱交換のための海水に注入する。

【0031】

図3に示す例では、CO₂ナノバブル発生装置40と接続していない側の注入管42の先端は、取水路20の下流側へ向けて屈曲し、その最先端に注入口43を備えている。なお、この場合において、図4に示すように、CO₂ナノバブル発生装置40と接続していない側の注入管42の先端部の断面を、注入口43へ向けて次第に拡がるように構成してもよい。

また、図5に示すように、CO₂ナノバブル発生装置40と接続していない側の注入管42の先端は屈曲せずに、注入管42の側面に設けた穴を注入口43としてもよい。このように、注入管42および注入口43として様々な構成が考えられる。

なお、注入管42は、同一箇所または複数個所に複数本あっても良い。

【0032】

注入口43から注入するCO₂ナノバブルの粒径を、40～480nmとすることが好

10

20

30

40

50

ましく、300～410nmとすることがより好ましい。このような粒径のCO₂ナノバブルを、熱交換のための海水に注入することによって、二酸化炭素の水への溶解量をさらに低く抑えながら、海洋生物が熱交換水流路に付着するのをより効果的に抑制できる。

【0033】

＝本発明に係る熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制する方法＝

次に、本実施の一形態として、特定のCO₂ナノバブルを熱交換のための水に注入することによって、熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制する方法について説明する。

まず、第1の海水ポンプ30Aおよび30Bを用いて、海洋生物を含有する海水を、海2から取水口24を通じて取水路20へと吸入する。

【0034】

次に、第2の海水ポンプ44を用いて、取水路20を流れる海水を、CO₂ナノバブル発生装置40へと供給する。それと同時に、減圧弁48と流量調節弁49とを経由させることによって、適量の大気圧のCO₂を、CO₂ボンベ46から、CO₂ライン47を通じて、海水を供給されたナノバブル発生装置40に供給する。

CO₂ナノバブル発生装置40から発生させたCO₂ナノバブルを、取水路20へと取水した海水に、注入管42を通じて注入口43から注入する。このように、CO₂ナノバブルを、海洋生物を含有する海水に注入することによって、二酸化炭素の水への溶解量を低く抑えながら、海洋生物の遊泳を阻害し、取水路20を含む熱交換水流路50への海洋生物の付着を抑制することができる。

【0035】

注入口43から注入するCO₂ナノバブルの粒径を、40～480nmとすることが好ましく、300～410nmとすることがより好ましい。このような粒径のCO₂ナノバブルを、熱交換のための海水に注入することによって、二酸化炭素の水への溶解量をさらに低く抑えながら、海洋生物が熱交換水流路に付着するのをより効果的に抑制できる。

【0036】

CO₂ナノバブルを注入した海水を、取水路20を通じて、復水器18Aおよび18Bの内部を通る復水器流路29Aおよび29Bへと供給する。復水器流路29Aおよび29Bへと供給された海水は、復水器18Aおよび18Bとそれぞれ熱交換することによって、復水器18Aおよび18Bを冷却する。

【0037】

復水器18Aおよび18Bと熱交換した後の海水を、復水器流路29Aおよび29Bから放水路22へと放出する。放水路22へと放出した海水の一部を、LNG気化器の内部を通るLNG気化器流路27へと供給する。

【0038】

LNG気化器流路27へと供給した海水に、上記CO₂ナノバブル注入装置32Aののと同様に、CO₂ナノバブル注入装置32Bから発生させたCO₂ナノバブルを注入する。CO₂ナノバブルを、LNG気化器流路27へと供給した海水に注入することによって、復水器18Aおよび18Bで加温されたために海洋生物が繁殖しやすい状態となっているLNG気化器流路27内部における、海洋生物の遊泳を阻害し、LNG気化器流路27および放水路22を含む熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制することができる。

【0039】

CO₂ナノバブルを注入したLNG気化器流路27内部の海水は、LNG気化器17と熱交換することによって、LNG気化器17を加温する。この際、LNG気化器流路27内部の海水は、復水器18Aおよび18Bによって加温されているため、復水器18Aおよび18Bで発生した熱を利用して、LNG気化器17を加温することができる。

【0040】

LNG気化器17と熱交換した後の海水を、LNG気化器流路27から放水路22へと放出する。ここで、復水器流路29Aおよび29Bから放水路22へと放出した海水のうち、LNG気化器流路27へと供給した海水と、LNG気化器流路27へと供給しなかった海水とが合流する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

合流した海水は、放水路 2 2 を通って、放水口 2 6 から海 2 へと放水する。

放水された海水は、塩素系薬剤を一切含んでおらず、さらに、 CO_2 ナノバブルは海水には溶解しにくいいため大気へと放出されることから、海 2 に与える負荷が少ない点で非常に優れている。

【 実施例 】

【 0 0 4 2 】

以下に本発明を実施例によって具体的に説明する。なお、これらの実施例は本発明を説明するためのものであって、本発明の範囲を限定するものではない。

【 0 0 4 3 】

10

[実施例 1] アカフジツボノープリウス 4 - 5 期幼生の調製

天然海域からサンプリングしたアカフジツボ成体を、2 3 の人工海水（八洲薬品株式会社製、アクアマリン S）に移した。アカフジツボ成体に、アルテミア幼生を毎日給餌し、毎日水換えをして飼育した。このように飼育している間に、ノープリウス幼生が孵出したので、光を当てて集めた。

【 0 0 4 4 】

0 . 4 5 μm のフィルターでろ過した後に、ペニシリン 3 mg / L およびストレプトマイシン 6 . 6 mg / L を添加した天然海水に、集めたノープリウス幼生を約 2 個体 / mL で入れ、2 3 で飼育した。ノープリウス幼生に、培養した浮遊珪藻 *Chaetoceros gracilis* を約 6 0 万細胞 / mL の濃度で毎日給餌し、2 ~ 3 日に 1 回水換えをして飼育した。

20

【 0 0 4 5 】

ノープリウス幼生を飼育し始めてから約 1 週間後の、ノープリウス 4 - 5 期まで成長したノープリウス幼生を、実施例 2 の遊泳阻害試験に用いた。

【 0 0 4 6 】

[実施例 2] CO_2 ナノバブルによるアカフジツボ幼生の麻痺効果試験

8 . 5 L の水槽に、5 L の天然海水を入れた。自給式バブル発生装置の一つである、旋回流方式のバブル発生装置（バブル注入口の直径：4 0 mm 、アクアエアー社製）を用いて、0 . 1 L / min の流量で CO_2 をバブル発生装置に供給することによって、 CO_2 ナノバブルを含む CO_2 のバブルを発生させ、発生させた CO_2 のバブルを水槽中の海水に注入した。

30

CO_2 のバブルを注入し始めてから 3 0 秒 ~ 1 分後（試験 1）、2 分後（試験 2）、および、5 分後（試験 3）にバブル発生装置を停止させた。発生装置停止直後から、0 分後、1 0 分後、2 0 分後、および、3 0 分後の海水について、アカフジツボ幼生の麻痺率、 DO （*Dissolved Oxygen*、溶存酸素）、および、 pH を測定した。また、これらの測定と併せて、注入した CO_2 のバブルのうち、 CO_2 マイクロバブルの粒径の分布を、液中パーティクルカウンター（Particle measuring systems 社製、LiQuilaz E 20P、計測範囲：2 μm ~ 1 2 5 μm ）を使用して測定した。

【 0 0 4 7 】

麻痺率の計測については、次の方法で行った。まず、 CO_2 のバブルを注入した海水約 2 0 0 mL を水槽から汲み出し、汲み出した海水約 2 0 0 mL を別の容器に移して、直ちに、実施例 1 で調製したアカフジツボのノープリウス幼生約 3 0 個体を加えた。このアカフジツボ幼生を加えた瞬間から 1 分後および 5 分後に、遊泳をしている個体と動きが止まっている個体を計数することによって、アカフジツボ幼生の麻痺率を計算した。

40

【 0 0 4 8 】

上記試験 1 ~ 3 のそれぞれについて、表 1 に示す条件で、3 回ずつ繰り返して行った。

DO および pH の測定結果を、試験 1 については表 2 に、試験 2 については表 3 に、そして、試験 3 については表 4 に、それぞれ示す。また、計測したアカフジツボ幼生の麻痺率の結果を、試験 1 については図 6 に、試験 2 については図 7 に、そして、試験 3 については図 8 に、それぞれ示す。測定した CO_2 マイクロバブルの粒径の分布を、図 9 に示す。

50

【 0 0 4 9 】

【 表 1 】

表 1

試験番号	回数	試験水量 (L)	CO ₂ 供給量 (L/min)	CO ₂ 供給時間
試験1	1回目	5	0.1	30秒
	2回目			40秒
	3回目			1分
試験2	1回目			2分
	2回目			
	3回目			
試験3	1回目			5分
	2回目			
	3回目			

10

【 0 0 5 0 】

【 表 2 】

表 2

試験番号	発生装置停止直後 からの経過時間(分)	水温 (℃)	DO (mg/L)	DO (飽和度、%)	pH	CO ₂ (mg/L)	CO ₂ (飽和度、%)
1回目	CO ₂ 供給前	21.7	7.7	108	8.5	0.5	0.0
	0	21.6	7.3	103	7.7	3.1	0.2
	10	21.5	7.3	103	7.6	3.9	0.3
	20	21.5	7.3	103	7.6	3.9	0.3
	30	21.5	7.2	102	7.6	3.9	0.3
2回目	CO ₂ 供給前	23.1	7.4	104	8.4	0.6	0.0
	0	22.6	7.1	100	7.9	2.0	0.1
	10	22.6	7.1	100	7.9	2.0	0.1
	20	22.5	7.1	100	7.9	2.0	0.1
	30	22.5	7.0	99	7.9	2.0	0.1
3回目	CO ₂ 供給前	23.1	7.4	104	8.4	0.6	0.0
	0	23.1	7.1	100	7.7	3.1	0.2
	10	23.1	7.0	99	7.8	2.5	0.2
	20	22.9	7.0	99	7.8	2.5	0.2
	30	22.9	7.0	99	7.7	3.1	0.2

20

30

【 0 0 5 1 】

【表 3】

表 3

試験番号	発生装置停止直後からの経過時間(分)	水温(°C)	DO(mg/L)	DO(飽和度、%)	pH	CO ₂ (mg/L)	CO ₂ (飽和度、%)
1回目	CO ₂ 供給前	21.7	7.7	108	8.5	0.5	0.0
	0	21.9	7.2	102	6.6	39.4	2.6
	10	21.8	7.2	102	6.6	39.4	2.6
	20	21.7	7.2	102	6.6	39.4	2.6
	30	21.7	7.2	102	6.6	39.4	2.6
2回目	CO ₂ 供給前	23.1	7.4	104	8.4	0.6	0.0
	0	23.1	7.1	100	6.4	62.5	4.3
	10	23.1	7.0	99	6.3	78.7	5.4
	20	23.0	7.0	99	6.3	78.7	5.4
	30	22.9	7.0	99	6.4	62.5	4.3
3回目	CO ₂ 供給前	23.1	7.4	104	8.4	0.6	0.0
	0	23.0	7.1	100	6.5	49.7	3.4
	10	23.0	7.1	100	6.5	49.7	3.4
	20	22.9	7.1	100	6.5	49.7	3.4
	30	22.8	7.1	99	6.5	49.7	3.4

【0052】

【表 4】

表 4

試験番号	発生装置停止直後からの経過時間(分)	水温(°C)	DO(mg/L)	DO(飽和度、%)	pH	CO ₂ (mg/L)	CO ₂ (飽和度、%)
1回目	CO ₂ 供給前	23.1	7.4	104	8.4	0.6	0.0
	0	23.3	6.7	94	6.2	99.1	6.8
	10	23.2	6.8	96	6.1	124.7	8.6
	20	23.2	6.8	96	6.1	124.7	8.6
	30	23.1	6.8	96	6.1	124.7	8.6
2回目	CO ₂ 供給前	23.1	7.4	104	8.4	0.6	0.0
	0	23.5	6.8	96	6.0	157.0	10.9
	10	23.4	6.8	96	6.0	157.0	10.9
	20	23.3	6.8	96	6.0	157.0	10.8
	30	23.2	6.8	96	6.0	157.0	10.8
3回目	CO ₂ 供給前	23.1	7.4	104	8.4	0.6	0.0
	0	23.2	6.8	96	6.1	124.7	8.6
	10	23.2	6.8	96	6.0	157.0	10.8
	20	23.1	6.8	96	6.0	157.0	10.8
	30	23.0	6.8	96	6.0	157.0	10.7

【0053】

図6が示すように、CO₂供給時間が1分以下である試験1においては、アカフジツボ幼生を加えた瞬間から1分後のアカフジツボ幼生の麻痺率は、50%を上回り、非常に高い値を示した。しかし、試験1のその他の観察時では、いずれの場合もアカフジツボ幼生の麻痺率は低く、おおむね10~20%となり、CO₂供給前の値と比較して有意な差はみられなかった。また、CO₂供給時間が2分である試験2においては、図7が示すように、全ての観察時においてアカフジツボ幼生の麻痺率は低く、おおむね10~20%に留まった。

一方、CO₂供給時間が5分である試験3においては、多量のCO₂が供給されたこと

により、海水の pH が低下した結果、アカフジツボ幼生を加えた瞬間から 1 分後のアカフジツボ幼生の麻痺率は 20 ~ 45 % であり、pH の影響が強く出てくる CO₂ 供給停止直後から 5 分後では、麻痺率は 60 % 以上となった。

【 0 0 5 4 】

溶存 CO₂ の影響によるアカフジツボ幼生の麻痺が起きない条件と考えられる pH 6 . 3 以上の条件を満たす、試験 1 と試験 2 とを比較すると、CO₂ 供給時間が 1 分以下である試験 1 の、CO₂ 供給停止直後の海水を使用し、幼生への暴露開始から 1 分後の場合のみで、高い麻痺率が観測された。なお、試験 1 ~ 3 のいずれにおいても、図 9 に示すように、パーティクルカウンターで測定した CO₂ マイクロバブルの粒径分布には差がないことは、パーティクルカウンターで測定されないサイズの CO₂ ナノバブルが、アカフジツボ幼生の麻痺に寄与していることを支持する。

10

【 0 0 5 5 】

なお、図 7 から明らかなように、試験 1 の、CO₂ 供給停止直後の海水を使用し、幼生への暴露開始から 1 分後の場合のみで高い麻痺率が観測され、その麻痺効果は、CO₂ 供給停止直後から 10 分後の海水を用いた場合には大幅に低下していた。すなわち、CO₂ ナノバブルがアカフジツボ幼生を麻痺させる効果は、CO₂ ナノバブルの供給後から 10 分以上は続かなかった。従って、CO₂ ナノバブルを、例えば、火力発電所や原子力発電所などの発電プラントにおける熱交換水流路への海洋生物の付着を抑制するために用いた場合には、海への排水時または排水直後には、用いた CO₂ ナノバブルの麻痺効果はほぼ無くなっており、排水による周辺環境への影響は非常に小さいという効果を有する。

20

【 0 0 5 6 】

[実施例 3] CO₂ ナノバブルの粒径分布

実施例 2 において発生している CO₂ ナノバブルの粒径分布を調べるべく、以下の実験を行った。なお、粒径分布を正確に測定するために、使用する天然海水は、孔径 0.2 μm のフィルターで予めろ過しておいた。

【 0 0 5 7 】

実施例 2 と同様に、旋回流方式のバブル発生装置を用いて、0 . 1 L / min の流量で CO₂ をバブル発生装置に供給することによって、CO₂ ナノバブルを含む CO₂ のバブルを発生させた。発生させた CO₂ のバブルを、8 . 5 L の水槽に入れた 5 L の天然海水の中に注入した。

30

CO₂ のバブルを注入し始めてから 1 分後 (試験 1) 、2 分後 (試験 2) 、および、3 分後 (試験 3) に、それぞれ、CO₂ のバブルを注入した海水約 200 mL を、水槽から汲み出した。汲み出した海水約 200 mL を別の容器に移した。この海水を移した瞬間を CO₂ 供給停止直後とし、CO₂ 供給停止直後から 30 分後までの間に、ナノ粒子解析システム (Nanosight LM10、カンタムデザイン社製) を用いて、CO₂ ナノバブルの粒径分布を 2 ~ 5 回測定した。また、CO₂ 供給停止直後から 30 分後までの間に、DO および pH を、2 ~ 4 回測定した。

なお、実施例 2 においては試験 3 の CO₂ 供給時間を 5 分としていたが、曝気時間が長くなると、海水中の塩分等の析出によるナノレベルの微細粒子の粒度分布をかく乱する可能性があることから、より精密な実験を行うために、実施例 3 においては CO₂ 供給時間を 3 分に設定した。

40

【 0 0 5 8 】

測定条件を表 5 に、そして、DO および pH の測定結果を、試験 1 については表 6 に、試験 2 については表 7 に、そして、試験 3 については表 8 に、それぞれ示す。また、測定した CO₂ ナノバブルの粒径分布を、試験 1 ~ 3 の結果を比較したものを図 10 (a) および (b) に、そして、実施例 2 において高い麻痺効果を示した試験 1 の、CO₂ 供給停止直後からの時間変化を図 11 (a) および (b) に示す。

【 0 0 5 9 】

【表 5】

表 5

試験番号	試験水量 (L)	CO ₂ 供給 量 (L/min)	CO ₂ 供給時間
試験1	5	0.1	1分
試験2			2分
試験3			3分

【0060】

10

【表 6】

表 6

発生装置停止直後 からの経過時間(分)	水温 (°C)	DO (mg/L)	DO (飽和度、%)	pH	CO ₂ (mg/L)	CO ₂ (飽和度、%)
CO ₂ 供給前	14.8	11.0	112	8.7	0.3	0.0
0	14.7	11.4	116	7.5	5.0	0.2
10	14.6	11.3	115	7.4	6.3	0.3
20	14.7	11.3	115	7.5	5.0	0.2
30	14.7	11.3	115	7.4	6.3	0.3

20

【0061】

【表 7】

表 7

発生装置停止直後 からの経過時間(分)	水温 (°C)	DO (mg/L)	DO (飽和度、%)	pH	CO ₂ (mg/L)	CO ₂ (飽和度、%)
CO ₂ 供給前	14.8	11.0	112	8.7	0.3	0.0
0	15.6	11.0	114	6.8	24.9	1.3
10	15.6	11.0	114	6.8	24.9	1.3

30

【0062】

【表 8】

表 8

発生装置停止直後 からの経過時間(分)	水温 (°C)	DO (mg/L)	DO (飽和度、%)	pH	CO ₂ (mg/L)	CO ₂ (飽和度、%)
CO ₂ 供給前	14.8	11.0	112	8.7	0.3	0.0
0	15.2	11.0	113	6.6	39.4	2.0
10	15.2	11.1	114	6.6	39.4	2.0
20	15.2	11.1	114	6.6	39.4	2.0

40

【0063】

図10(a)が示すように、試験1では、他の試験2および3と比較して、全体的により多くのCO₂ナノバブルが観測され、特に粒径300nm付近のCO₂ナノバブルが大量に発生していたことが分かる。この粒径300nm以上のCO₂ナノバブルに着目してみると、図10(b)が示すように、粒径300nm以上のCO₂ナノバブルは、試験1のときに最も多く、試験2、そして試験3の順に減少していったことが明らかである。

さらに、実施例2において高い麻痺効果を示した試験1の、CO₂供給停止直後からの時間変化を示した図11(a)および(b)を見てみると、CO₂供給停止1分後には、粒径40～480nmのCO₂ナノバブルが観測され、特に、CO₂供給前(コントロー

50

ル)ではほとんど検出されていない粒径300~410nmのCO₂ナノバブルが多量に観測されたことが分かる。この粒径300~410nmのCO₂ナノバブルは、時間の経過に伴って減少し、CO₂供給停止5分後以降にはほとんど検出されなくなった。図10(b)が示すように、粒径300nm以上のCO₂ナノバブルに絞って粒径分布の経時変化をみると、ナノバブルは発生後1分には高濃度分布を示すが、発生後5分以内には大きく減少した。

以上の実施例3の結果と、上述した実施例2の結果で示されるように、CO₂ナノバブルの存在によって、アカフジツボ幼生の麻痺が引き起こされる。

【0064】

[実施例4] CO₂ナノバブルの検出

ナノバブルは水中で消滅するときにフリーラジカルを発生することから、このフリーラジカルの発生を検出することによって、実施例2におけるCO₂ナノバブルの存在を以下のように確認した。なお、実施例2と同様に、使用する天然海水は、孔径0.2μmのフィルターで予めろ過しておいた。

【0065】

実施例2と同様に、旋回流方式のバブル発生装置を用いて、0.1L/minの流量でCO₂をバブル発生装置に供給することによって、CO₂ナノバブルを含むCO₂のバブルを発生させた。発生させたCO₂のバブルを、8.5Lの水槽に入れた5Lの天然海水の中に注入した。

CO₂のバブルを注入する前(コントロール)と、CO₂のバブルを注入し始めてから1分後(試験1)および3分後(試験3)とに、CO₂のバブルを注入した海水15mLを、それぞれ水槽から汲み出した。さらに、CO₂のバブルを注入し始めてから1分後には、もう15mLの海水を汲み出し、こちらは10分間放置した(試験1-10分後)。

【0066】

コントロール、試験1、試験3および試験1-10分後の、それぞれの海水に、スピントラップ剤(DMPO)30mgと塩酸0.3mLとを添加した後、電子スピン共鳴測定装置(キーコム社製、esr33)を用いて、CO₂ナノバブルから発生したフリーラジカルを測定した。

測定したESRスペクトルを、コントロールについては図12に、試験1については図13に、試験3については図14に、そして、試験1-10分後については図15に示す。

【0067】

図12が示すように、CO₂のバブルを注入する前のコントロールでは、左右の大きなマンガンピークの間には、ラジカルの発生を示すピークは認められなかった。これに対して、試験1の結果を示す図13には、水酸基ラジカルの発生による、特徴的な4つのピークを認めることができた。このことは、サンプルにDMPOを添加した時点において、CO₂ナノバブルが存在していたことを示している。そして、試験3の結果を示す図14には、わずかながらに水酸基ラジカルらしきピークが認められるが、そのピークは図13に比べて小さいものである。このことは、試験3では、CO₂ナノバブルとしてはほとんど残存しないことを示している。

また、試験1-10分後の結果を示す図15には、図13において認められた水酸基ラジカルのピークが認められなかった。このことは10分間放置した間に、生成していたCO₂ナノバブルは不安定化して水中で消滅してしまったことを示している。

【0068】

以上の実施例4の結果と、上述した実施例2の結果で示されるように、CO₂ナノバブルの存在によって、アカフジツボ幼生の麻痺が引き起こされる。

【符号の説明】

【0069】

2 海

10 火力発電所

10

20

30

40

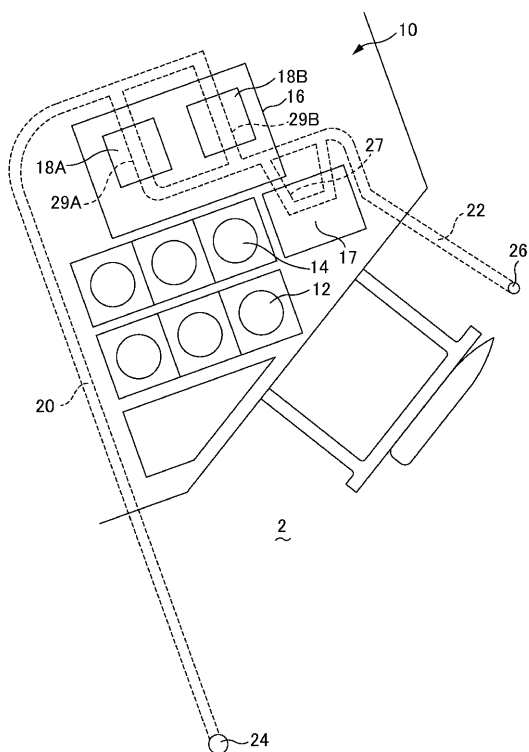
50

- 1 2 燃料貯蔵設備
- 1 4 L N G タンク
- 1 6 発電設備
- 1 7 L N G 気化器
- 1 8 A , 1 8 B 復水器
- 2 0 取水路
- 2 2 放水路
- 2 4 取水口
- 2 6 放水口
- 2 7 L N G 気化器流路
- 2 9 A , 2 9 B 復水器流路
- 3 0 A , 3 0 B 第 1 の海水ポンプ
- 3 2 A , 3 2 B C O ₂ ナノバブル注入装置
- 4 0 C O ₂ ナノバブル発生装置
- 4 2 注入管
- 4 3 注入口
- 4 4 第 2 の海水ポンプ
- 4 6 C O ₂ ポンペ
- 4 7 C O ₂ ライン
- 4 8 減圧弁
- 4 9 流量調節弁
- 5 0 熱交換水流路

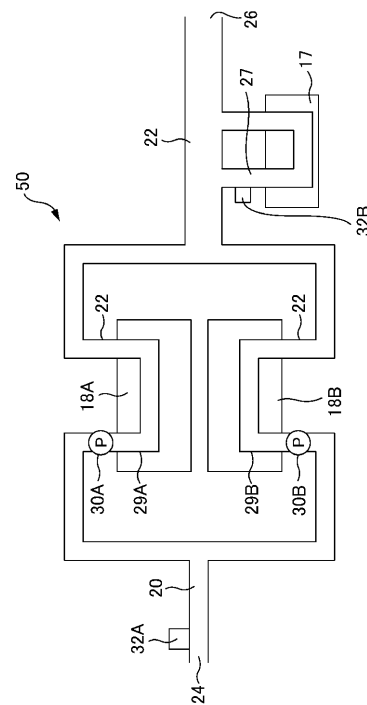
10

20

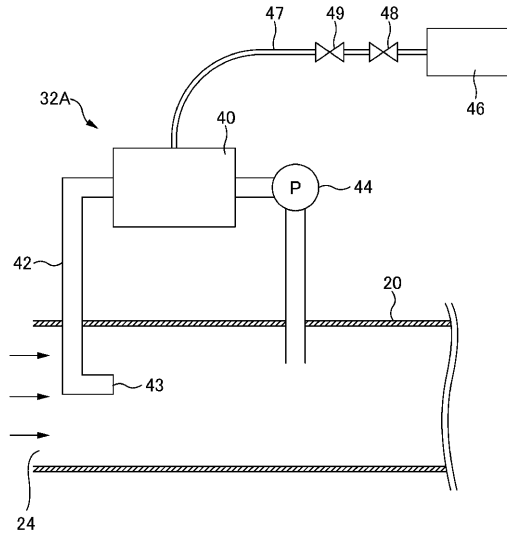
【 図 1 】



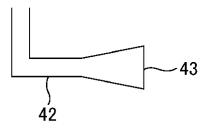
【 図 2 】



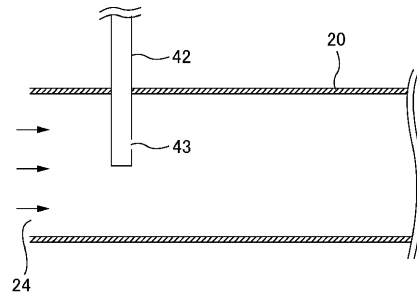
【図3】



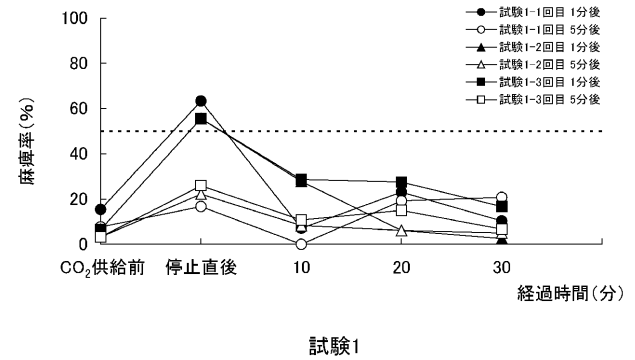
【図4】



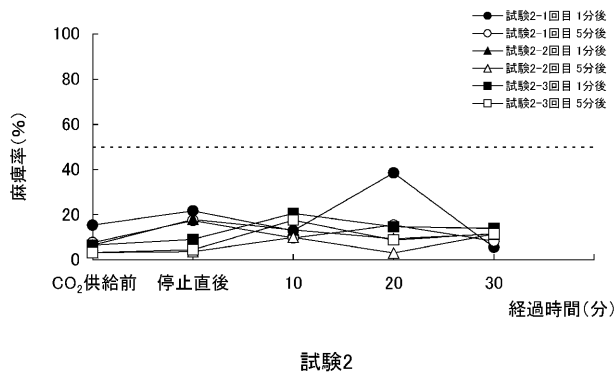
【図5】



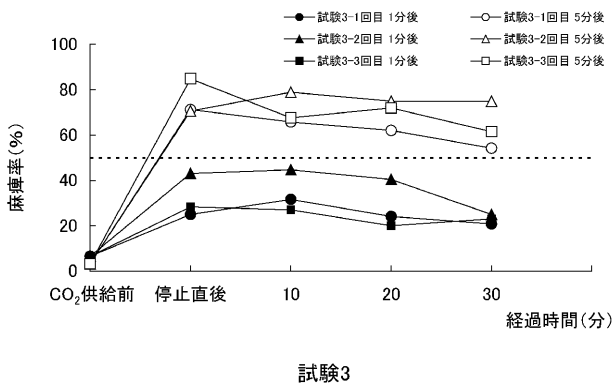
【図6】



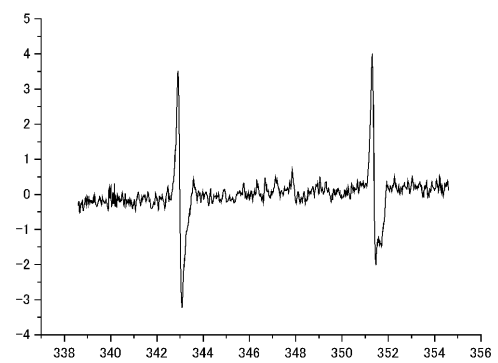
【図7】



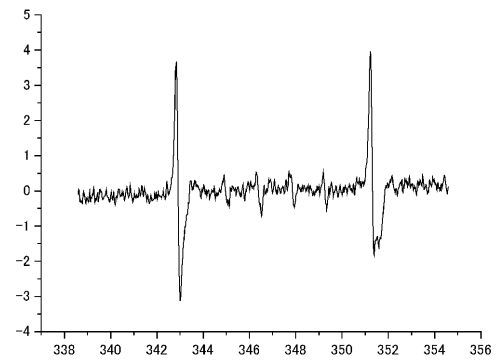
【図8】



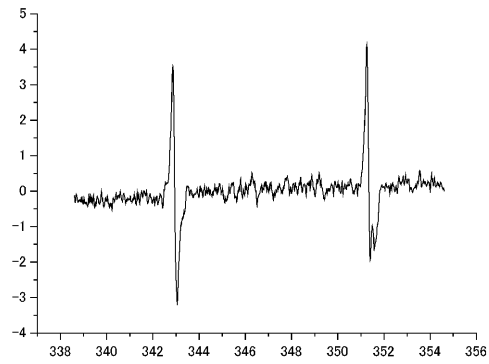
【図12】



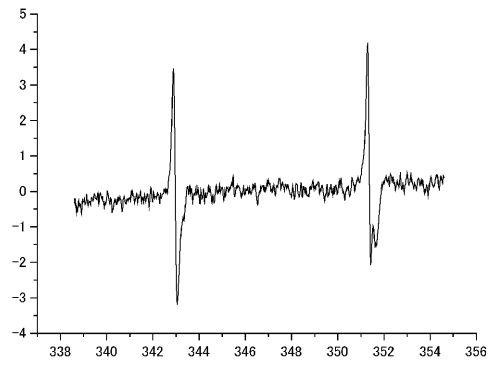
【図13】



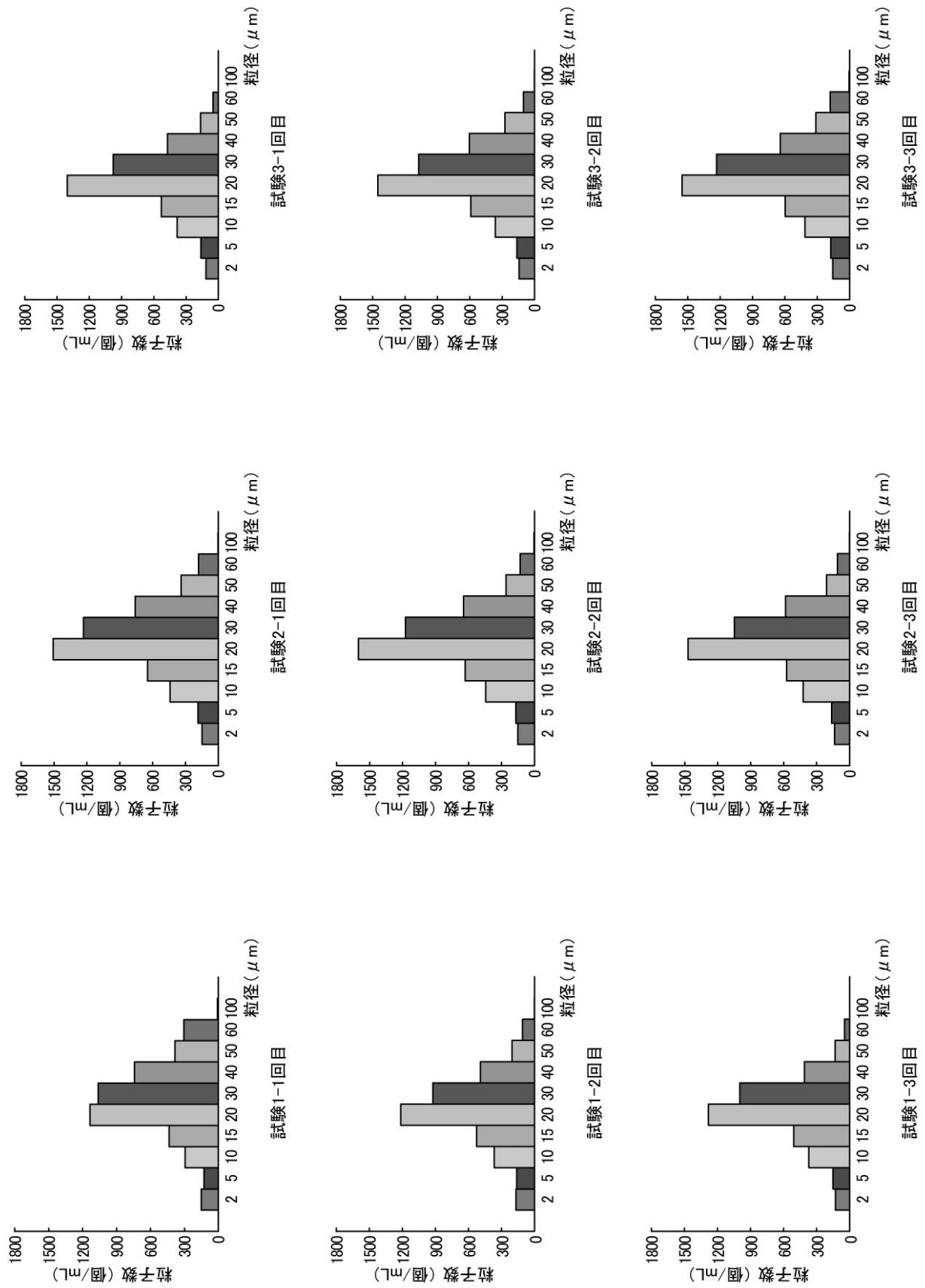
【図 14】



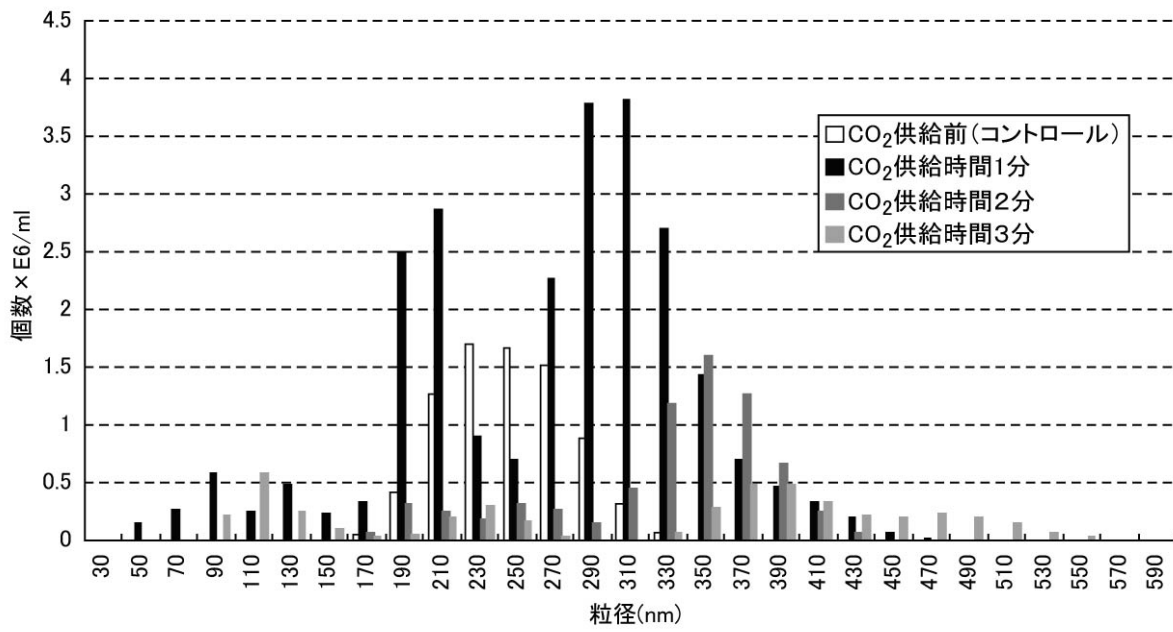
【図 15】



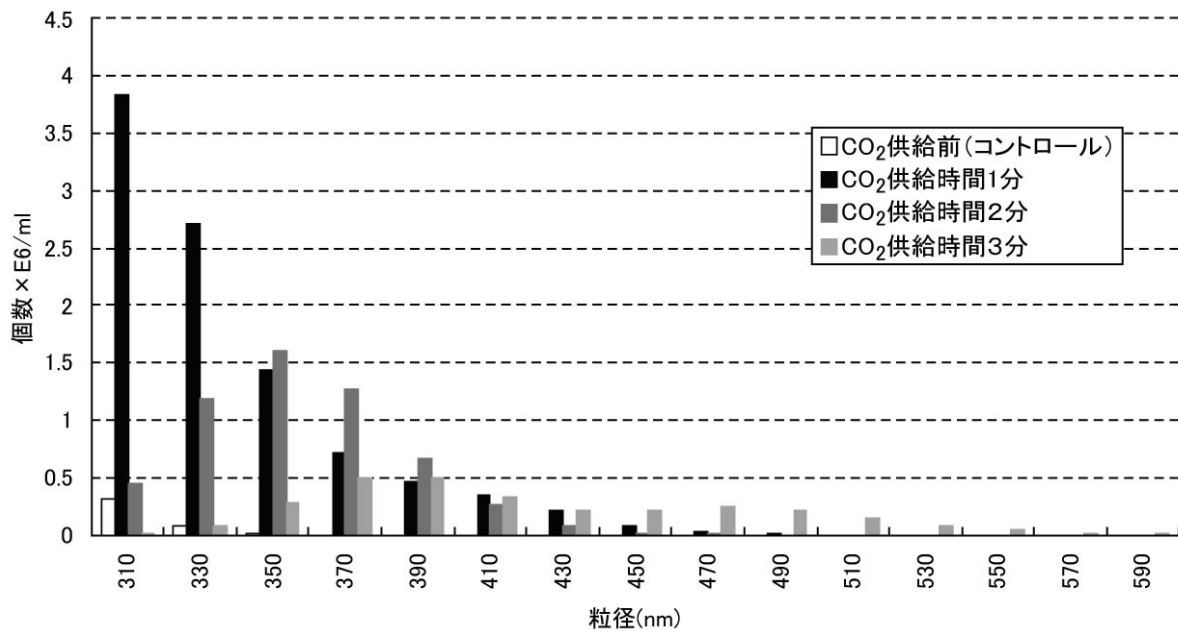
【図 9】



【図 10】

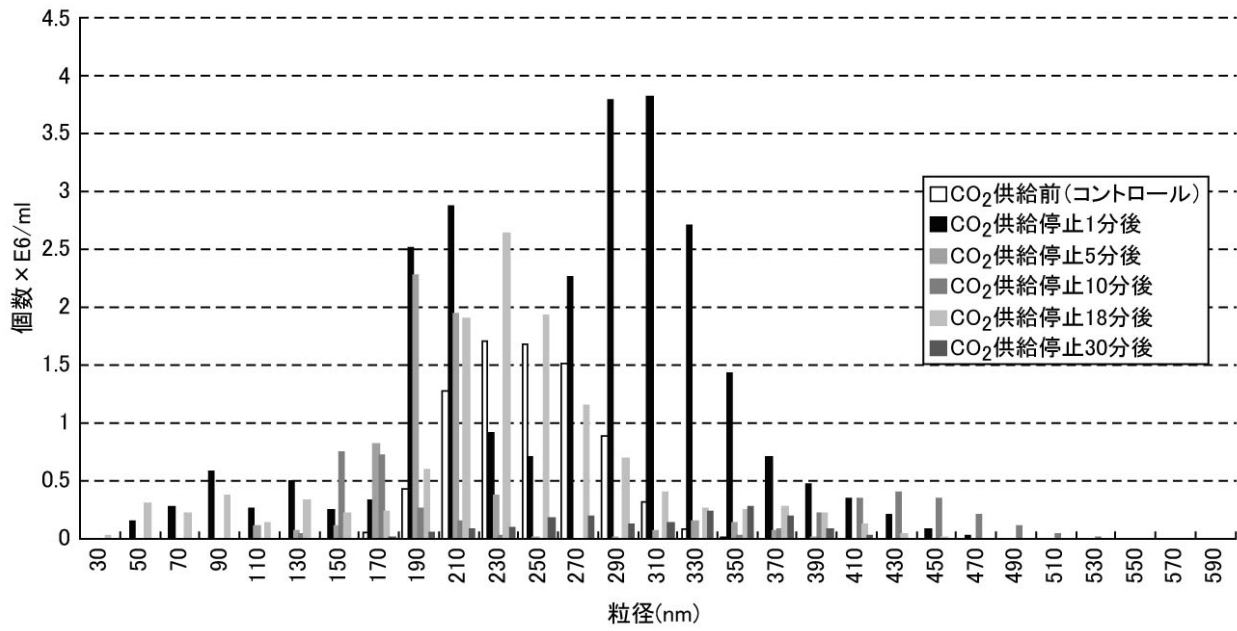


(a)

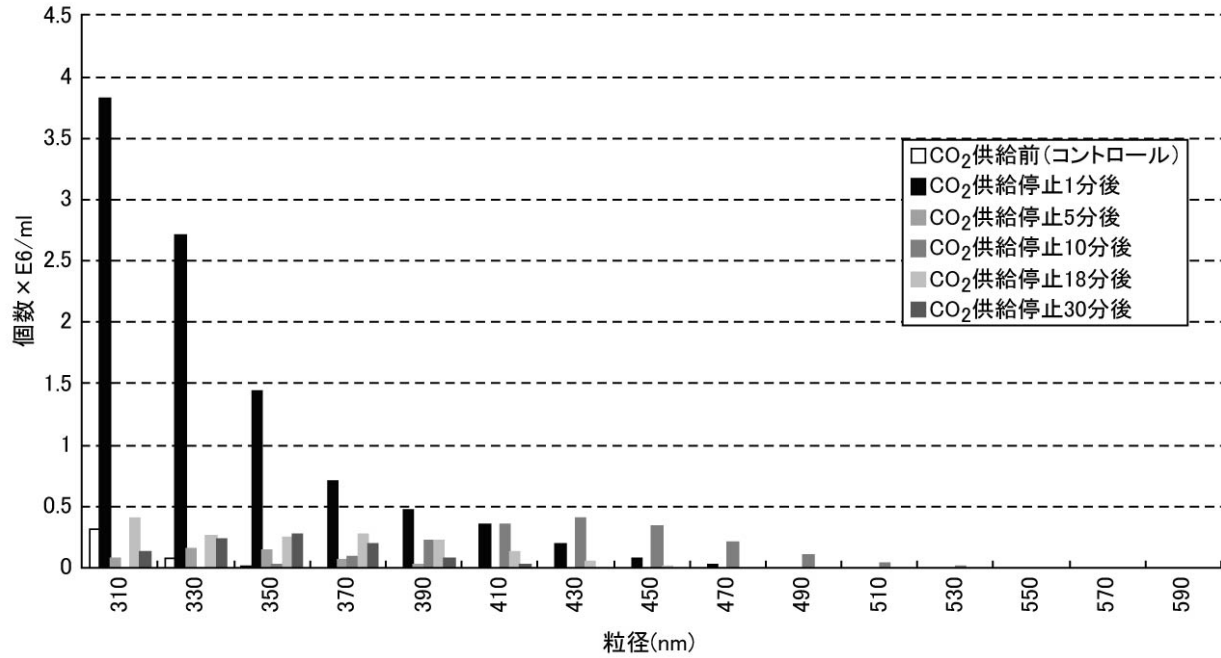


(b)

【図 1 1】



(a)



(b)

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	E 0 2 B 1/00 3 0 1 Z	
	F 2 8 B 9/04	

- (72) 発明者 篠田 龍一
広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内
- (72) 発明者 加世堂 栄彦
広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内
- (72) 発明者 柳川 敏治
広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内
- (72) 発明者 高橋 正好
茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内