

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5130428号  
(P5130428)

(45) 発行日 平成25年1月30日(2013. 1. 30)

(24) 登録日 平成24年11月16日(2012. 11. 16)

(51) Int. Cl.	F 1	
<b>CO2F 1/24 (2006.01)</b>	CO2F 1/24	C
<b>BO1F 3/04 (2006.01)</b>	BO1F 3/04	F
<b>BO1F 5/00 (2006.01)</b>	BO1F 5/00	F
<b>BO1F 5/04 (2006.01)</b>	BO1F 5/04	
<b>AO1K 63/04 (2006.01)</b>	AO1K 63/04	C

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-314248 (P2007-314248)	(73) 特許権者	501168814
(22) 出願日	平成19年12月5日(2007. 12. 5)		独立行政法人水産総合研究センター
(65) 公開番号	特開2009-136739 (P2009-136739A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番3号
(43) 公開日	平成21年6月25日(2009. 6. 25)	(73) 特許権者	302002801
審査請求日	平成21年2月23日(2009. 2. 23)		有限会社栄和商事
			香川県高松市香南町岡173番地5
		(74) 代理人	100076244
			弁理士 藤野 清規
		(72) 発明者	山本 義久
			香川県高松市屋島東町234 独立行政法人水産総合研究センター・屋島栽培漁業センター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水の浄化方法とその方法に用いる泡沫分離装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

気泡供給部と懸濁物吸着部と泡沫除去部を備えた泡沫分離装置を用いて水中の懸濁物を分離・除去する水の浄化方法において、(イ) 気泡供給部では、浄化対象水をベンチュリ管を備えた空気自給式のイジェクターを通して加圧下で気泡を多量に発生させ、その気液混合水をイジェクターの吐出側の送水管内に取り付けた螺旋状の羽根を通過させて気泡を微細化し、微細な気泡を多量に含む気液混合水を生成して懸濁物吸着部へ送り、(ロ) 懸濁物吸着部では、イジェクターの吐出側の配管の口径に対して2～4倍の内径を有する蓋のない円筒状の初期反応槽の入口で気液混合水の圧力を開放して気泡を膨脹させ、表面積を大きくした多量の気泡に懸濁物を吸着させて泡沫化し、初期反応槽の上部に泡沫層を形成させ、(ハ) 泡沫除去部では、初期反応槽よりも大きくて深く、最上部を漏斗状に狭めて開口してある泡沫分離槽に多量の泡沫を滞留させ、さらに大きな安定泡沫を形成させて装置外へ排出することを特徴とする水の浄化方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の水の浄化方法に用いる装置であって、(1) 浄化対象水を圧送するポンプと(2) その下流側の送水管に取り付けてあるベンチュリ管を備えた空気自吸式のイジェクターと(3) イジェクターに結続してある空気供給管と(4) イジェクターの下流側の送水管内に取り付けてある螺旋状の羽根と(5) 螺旋状の羽根取付部の下流側に結続してある送水管の先端を底部に取り付けてあり、送水管の口径の2～4倍の内径を有する蓋のない円筒状の初期反応槽と(6) 初期反応槽を内蔵してあり、初期反応槽よりも大き

くて深く、最上部を漏斗状に狭めて開口してある泡沫分離槽と(7)泡沫分離槽と連通している水位調整槽とを備えた泡沫分離装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は水の浄化方法とその方法に用いる泡沫分離装置に関する。詳しくは、水棲生物の飼育水や工場廃水などの汚濁水に含まれているタンパク質や脂質や細菌などの懸濁物を効率的に除去する新規な水の浄化方法とその浄化方法に用いるための低コストで除去効率のすぐれた新規な泡沫分離装置に関する。

【背景技術】

【0002】

泡沫分離装置を用いる水の浄化方法では、浄化対象水の中に気泡を発生させ、水中に浮遊する懸濁物を気泡に吸着させて泡沫を生成し、その泡沫を分離・除去することで水を浄化する方法を採っており、この方法は多くの水の浄化システムに採用されている。

【0003】

水の浄化システムにおいて、泡沫分離装置は、生物濾過装置の前に設置して生物濾過槽の汚濁負荷を軽減させ、溶存酸素量を増大させる役割を担うことが多い。すなわち、生物濾過装置の前に泡沫分離装置を設置した水の浄化システムでは、泡沫分離装置によって水中の懸濁物の除去が可能であるため、生物濾過槽の濾材表面に懸濁物が沈着することによる目詰まりを軽減させる効果があり、生物濾過槽の硝化能力を維持すると共に目詰まりによる汚れを除去するための逆洗浄の回数を大幅に軽減するなどシステムの維持管理が容易となる。また、泡沫分離装置では激しい気液混合を行なうため水中へ酸素を速やかに溶解させる作用があり、生物濾過装置が大量に必要とする酸素を効率的に供給することが可能となる。なお、泡沫分離装置は、水の浄化システムが閉鎖循環式経路であっても、又はワンウェイ式経路であっても、使用可能である。

【0004】

一般的な泡沫分離装置は、気泡供給部と懸濁物吸着部と泡沫除去部で構成されている。気泡供給部では、気泡を連続的に発生させ、気液混合水を生成する。気液混合水は懸濁物吸着部に送られて気泡を浮上させ、気液混合水中に浮遊する懸濁物を気泡に吸着させて泡沫化し、その泡沫を泡沫除去部から装置外へ分離・除去するようにしている。

【0005】

従来から、泡沫分離装置として、いくつかのタイプのものが開発されている。その一つはプロテインスキマーと称されている装置で、気泡の発生・供給の方式は多様であるが、その典型的なものは、円筒形の内部に微細な気泡を発生させ、発生した気泡に水中の有機物を吸着させて円筒の上部に集め、排気管を用いて装置外へ排出する仕組みにしてあり、鑑賞魚の飼育水槽などの給水配管に組み込んで使用されることが多い。

【0006】

また、養殖漁業や活魚輸送などに適する汚濁物質の除去装置として特許文献1に記載の泡沫分離装置が開発されている。この装置は「KA式泡沫分離装置」と称されており、その説明図は非特許文献1の99頁にも示されている。この装置は、気泡の発生にエアレーターを使用するもので、液体を貯留するための液槽と該液槽に設置された中空回転軸とを備え、該中空回転軸の下端にはその軸方向に沿った翼板と該翼板を上下に挟む板材が設けられると共に該板材に挟まれた部分に多数の空気孔が穿設されており、中空軸の回転によって生じる負圧を利用して軸内に空気を吸い込み、上記空気孔から超微小気泡を回転軸に対して水平方向に放出する泡発生手段が形成されている。

【0007】

その他、泡沫分離装置や気泡供給装置として、多数の特許出願がみられる。例えば、特許文献2には、水中の汚濁物を水中に供給した泡に吸着させることにより、水から汚濁物を取り除く泡沫分離装置において、泡を発生する第一気泡発生部を有する第一処理槽と泡を発生する第二気泡発生部を有する第二処理槽とを備え、被処理水中の汚濁物の除去を第

10

20

30

40

50

一処理槽と第二処理槽との複数回に分けて行ない、泡と汚濁物とを効果的に吸着させることができる泡沫分離装置が開示されている。しかし、この装置は、気泡発生部と処理槽をそれぞれ2基備える必要があるため、イニシャルコストやランニングコストが高むものである。

【0008】

また、特許文献3には、気泡発生装置の気泡放出部から放出された気泡の流れる経路を規制する筒体を備え、この筒体には気泡放出流を誘導する誘導板が突出形成されている泡沫分離装置が開示されている。この装置は、気泡の流れを加速させて泡沫浄化処理能力を向上させることを目的にしているが、気泡自体を活性化させるものでないため、その効果には限度がある。

【0009】

また、特許文献4には、液体の流路の出口側端部に螺旋状の流れを形成する羽根を取り付けたラインミキサーを備えて微細な気泡を発生させる気泡発生装置が開示されている。この装置は、微細な気泡を生成することを目的とするが、気泡の吸着効率を高めることまでは考慮していない。

【0010】

泡沫分離装置に用いられる気泡供給部は、大別すると、エアーリフト式(散気式)、ベンチュリ式、ディスパレスレーター式(翼剪断式)、ミキサー式(ダウンリフト式)の4方式があり、また、空気の供給方法は、空気を自吸するタイプとブローなど圧送するタイプに分けることができる。上記の各方式のうち最も効率的で安定して気泡を供給できるのはディスパレスレーター式であり、次いでベンチュリ式であるとされている。ディスパレスレーター式は、モーターを用いて突起物が付いた回転板を強制的に攪拌し、空気と水を混合させることによって気泡を発生させる方式であり、特許文献1に記載の泡沫分離装置もこの方式の気泡供給部を採用している。しかし、この方式の気泡供給部を備えた泡沫分離装置は、水を循環させるポンプの他に、回転板を駆動するモーターが必要となるため、イニシャルコストとランニングコストが高くなるという問題がある。そのため、本発明者らは、新規な泡沫分離装置を開発するに当たって、気泡供給部はベンチュリ式を採用ことにした。

【0011】

ベンチュリ式は、イジェクターなどで流体に絞りを入れ、流速を局所的に速めることで生じる負圧によって空気を自吸し、流れの剪断力で気泡を微細化する方式である。しかしながら、ベンチュリ式の気泡供給部を有する従来の泡沫分離装置では、気泡を連続的に発生させて供給するのは容易であるが、気泡を微細化すると比重の大きい懸濁物は吸着しがたいという問題がある。そこで、本発明者らは、ベンチュリ式の気泡供給部を有するが、懸濁物の吸着能力をディスパレスレーター式と同等に向上させた泡沫分離装置の開発を志向し、種々試作・研究の末、本発明を完成するに至った。

【0012】

すなわち、泡沫分離装置を用いる水の浄化方法では、水中に浮遊する多種多様な懸濁物を吸着させるために多量の気泡が必要であり、そのために気泡を微細化して供給する必要がある。しかし、微細な気泡は水中に多量に存在していても比重の大きい懸濁物を吸着しがたいので懸濁物の除去効率が劣る。そこで本発明者らは、気泡を微細化して多量に供給すると共に、その多量の気泡を膨脹させて表面積を大きくし、大きな気泡を多量に供給する方法を開発した。気泡は加圧下で微細化すればするほど開放したときに膨脹しやすくなる。また、気泡は滞留時間を長くすると相互に接触してさらに大きくなりやすく、また、吸着効率が高くなる。この原理を応用すれば、比重の大きい懸濁物をはじめ多種多様な水中の懸濁物を吸着させることが容易となり、懸濁物の除去効率を高めることができる。

【特許文献1】特公平6-88017号公報

【特許文献2】特開2001-205057号公報

【特許文献3】特開2003-340202号公報

【特許文献4】特開2001-190439号公報

【非特許文献1】矢田貞実編著『養殖・畜養システムと水管理』（2004年12月15日・株式会社恒星社厚生閣発行）の97～125頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記の状況に鑑み、本発明は、泡沫分離装置を用いる水の浄化方法において、気泡を微細化して多量に供給すると共にその多量の気泡を膨脹させて表面積を大きくし、大きな気泡を大量に供給することによって懸濁物を吸着させやすくして懸濁物の吸着効率（懸濁物除去能力）を高めた水の浄化方法を提供することを第1の課題とする。また、本発明は、ベンチュリ式の気泡供給部を備えた泡沫分離装置であって、懸濁物の除去効率をディスプレイ式の気泡供給部を備えた装置と同等に向上させ、しかも、駆動部はポンプ1台であるため、イニシャルコストとランニングコストを低減できる泡沫分離装置を提供することを第2の課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記の第1の課題を解決するための本発明であって特許請求の範囲・請求項1に記載する発明は、気泡供給部と懸濁物吸着部と泡沫除去部を備えた泡沫分離装置を用いて水中の懸濁物を分離・除去する水の浄化方法において、（イ）気泡供給部では、浄化対象水をベンチュリ管を備えた空気自給式のイジェクターを通して加圧下で気泡を多量に発生させ、その気液混合水をイジェクターの吐出側の送水管内に取り付けた螺旋状の羽根を通過させて気泡を微細化し、微細な気泡を多量に含む気液混合水を生成して懸濁物吸着部へ送り、（ロ）懸濁物吸着部では、イジェクターの吐出側の配管の口径に対して2～4倍の内径を有する蓋のない円筒状の初期反応槽の入口で気液混合水の圧力を開放して気泡を膨脹させ、表面積を大きくした多量の気泡に懸濁物を吸着させて泡沫化し、初期反応槽の上部に泡沫層を形成させ、（ハ）泡沫除去部では、初期反応槽よりも大きくて深く、最上部を漏斗状に狭めて開口してある泡沫分離槽に多量の泡沫を滞留させ、さらに大きな安定泡沫を形成させて装置外へ排出することを特徴とする水の浄化方法である。

【0015】

また、上記第2の課題を解決するための本発明のうち特許請求の範囲・請求項2に記載する発明は、請求項1に記載の水の浄化方法に用いる装置であって、（1）浄化対象水を圧送するポンプと（2）その下流側の送水管に取り付けてあるベンチュリ管を備えた空気自吸式のイジェクターと（3）イジェクターに結続してある空気供給管と（4）イジェクターの下流側の送水管に取り付けてある螺旋状の羽根と（5）螺旋状の羽根取付部の下流側に結続してある送水管の先端を底部に取り付けてあり、送水管の口径の2～4倍の内径を有する蓋のない円筒状の初期反応槽と（6）初期反応槽を内蔵してあり、初期反応槽よりも大きくて深く、最上部を漏斗状に狭めて開口してある泡沫分離槽と（7）泡沫分離槽と連通している水位調整槽とを備えた泡沫分離装置である。

【0017】

以下、本発明に係る泡沫分離装置を用いて水を浄化する方法の機作について説明する。本発明に係る泡沫分離装置は、上記の構成であるから、まず、送水管内をポンプで圧送された浄化対象の水はベンチュリ管を備えた空気自吸式イジェクターを通過するが、イジェクターのベンチュリ管はその口径を局所的に狭めてあるため、負圧が上がって空気供給管を通して空気を連続的に自吸し、多量の気泡が発生して気液混合水の状態となる。さらに、イジェクターの吐出側の送水管内には螺旋状の羽根（スクリーブレード）を取り付けてあるため、気液混合水がその箇所を通過すると渦巻き状の回転流が発生し、この渦巻き流によって急激な攪拌混合作用が生じて気泡が攪拌され、微細化される。

【0018】

初期反応槽は蓋のない円筒状の空洞であるが、その内径をイジェクターの吐出側配管の口径に対して2～4倍の大きさにしてあるため、多量の微細な気泡を伴って圧送されてきた気液混合水は初期反応槽の入口で加圧下から一気に開放される。そのため、初期反応槽

の下部では乱流を伴った渦巻き流を呈し、気液混合水はさらに激しく攪拌されて上昇すると共に、気泡は急激に膨脹して表面積が大きくなり、活性化されて旋回しながら上方へ浮上して行く。

【0019】

初期反応槽の上部では、膨脹して安定した気泡が濃密に集約し、攪拌されて気液混合水中に浮遊している懸濁物を気泡の帯電性によって吸着し、泡沫となってさらに上昇する。初期反応槽の上部では広い口径が維持されているため乱流状態は軽減され、流速は緩やかとなり、初期反応槽の出口では煙突から煙が上昇するような観を呈しながら泡沫分離槽へ導入される。

【0020】

泡沫分離槽は筒状であり、初期反応槽よりも大きくて深く、その最上部を漏斗状に狭めて開口してあるため、泡沫分離槽内では、懸濁物を吸着した泡沫の上昇速度は著しく鈍化し、泡沫は泡沫分離槽内に滞留して隣接する泡沫どうしが相互に接合と合一を繰り返しながら、さらに大きくなって緩やかに上昇し、最終的には上部液面で大きな安定泡沫となって、吸着した懸濁物と共に泡沫分離槽の開口から排出される。このとき、大気圧に触れることによって泡沫は破れ、懸濁物を含む汚水となって除去される。なお、泡沫分離槽の内径は、初期反応槽の内径の2～4倍程度にすることが好ましい。

【0021】

泡沫を分離・除去した水は、初期反応槽から溢れて、その外壁にそって泡沫分離槽の下方へ流下し、泡沫分離槽から水位調整槽に流入してその水位を高めた後、水位調整槽の排水口から流出して回収される。なお、回収された水は、再び水槽に収容され、圧送ポンプによって初期反応槽へ送られる経路を循環する場合と、そのまま次の浄化経路、例えば生物濾過装置へ送られる場合などがある。

【0022】

本発明に係る水の浄化方法において、懸濁物の吸着効率を高めるためには、第一に微細な気泡を初期反応槽に多量に供給する必要がある。そのため、本発明に係る泡沫分離装置においてはイジェクターの下流側の送水管内に螺旋状の羽根を取り付けるのであるが、羽根の面に多数の孔を穿設したものをを用いると、気液混合水の渦巻き状の回転流が激しくなって乱流状態となり、気泡の微細化が促進されるので、きわめて好ましい。

【0023】

また、イジェクターの吐出側から初期反応槽の底部に至るまでの送水管をほぼ直角に2～4箇所ほど屈曲させておくと、気液混合水は送水管の内壁への衝突を繰り返すことになり、送水管内の気液混合水に急激な乱流を発生させ、気泡の微細化を促進することができる。なお、送水管を屈曲させる代わりに、送水管内に取り付けられた螺旋状の羽根の数を増やして羽根の長さを長くすれば、同じような効果を得ることができる。

【発明の効果】

【0024】

上記詳しく説明したとおり、本発明に係る水の浄化方法及びその方法に用いる泡沫分離装置は、懸濁物の吸着に必要な気泡を微細化して多量に供給する一方、気泡を加圧下から一気に開放して膨脹させ、活性化して大きな気泡を生成するため、気泡が懸濁物を吸着しやすくなると共に懸濁物を吸着した泡沫をしばらくの間滞留させるので、泡沫の懸濁物との接触時間が長くなり、また、泡沫どうしが凝集して濃縮されやすくなって安定泡沫に成長しやすく、安定泡沫を形成した状態で槽外へ排出されるので、懸濁物の除去能力を著しく高めることができる。

【0025】

また、本発明に係る泡沫分離装置は、ベンチュリ式の気泡供給部を備えた泡沫分離装置であるにもかかわらず、ディスパレスレーター式の気泡供給部を備えた泡沫分離装置と同等のすぐれた懸濁物の除去能力を有している。そのため、本発明に係る泡沫分離装置は、気泡の発生・供給にモーターを必要とせず、駆動部は装置全体としてポンプ1台で済むため、ディスパレスレーター式の気泡供給部を備えた従来の泡沫分離装置に比べて、イニシ

10

20

30

40

50

ヤルコストとランニングコストの両方を大きく軽減できる。

【0026】

本発明に係る泡沫分離装置は、仔稚魚・未成魚・成魚などの飼育や魚介類の養殖のみならず、全ての水棲生物の循環飼育システムの一部として取り付け、本発明に係る水の浄化方法を用いて飼育水を浄化することができる。すなわち、本発明に係る泡沫分離装置は、マダイ・ヒラメ・カンパチ・トラフグなどの人工飼育システムに組み込んで使用することができ、その場合、飼育水の浄化能力を向上させると共に、飼育コストを低減させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

本発明に係る泡沫分離装置には、イジェクター吐出側の送水管内に螺旋状の羽根を取り付けてあるが、送水管内に渦巻き状の回転流を作ることができるものであれば、羽根の長さや螺旋の形状などは任意である。また、送水管内に螺旋状の羽根を取り付ける方法も任意であり、例えば、送水管の内壁に羽根の端部を接着剤で固定してもよい。その作り方と取り付け方法の一例を示すと、市販のPVC材の板を長さ60mmで、高さは送水管の口径に合致するように切断し、これを摺り合わせて螺旋状の羽根のエレメントを作り、そのエレメントを適宜の数量、例えば2～5個程度、送水管内に並べてその螺旋状の端部を接着剤などで固定すればよい。また、板材はPVCに限るものではない。なお、送水管に取り付けたイジェクターの吐出口の直後に螺旋状の羽根を備えたインラインミキサーを組み込んでも差し支えない。

【0028】

また、本発明に係る泡沫分離装置においては、初期反応槽の内径を送水管の口径の2～4倍の大きさに形成する必要がある。初期反応槽の内径の大きさが送水管の口径の2倍未満であると、初期反応槽において気液混合水の圧力開放が十分に行なわれず、気泡の膨脹が不十分となるばかりでなく、初期反応槽での気泡が滞留せずに速い速度で気液混合水が放出され、泡沫分離槽上部の水面に激しく接触することになって、多くの気泡が消滅し、泡沫分離槽における安定泡沫の層が薄くなり、懸濁物の除去能力を十分に高めることができない。また、初期反応槽の内径の大きさが送水管の口径の4倍を越えると、気泡が膨脹し過ぎて壊れやすくなると共に循環水の排水口へ微細な気泡が吸い込まれやすくなって、懸濁物の除去能力を高めることができないので、注意を要する。

【0029】

本発明に係る泡沫分離装置において、泡沫分離槽（外筒）は初期反応槽（内筒）を内蔵している必要があるが、両槽は必ずしも独立した別個の槽とする必要はなく、例えば、大きな泡沫分離槽の内方の中心部を円筒状に仕切って、その仕切りの内側を初期反応槽とし、外側を泡沫分離槽としても差し支えない。また、初期反応槽は、その内径を送水管の口径の2～4倍のものとする必要があるため円筒状のものに限られるが、泡沫分離槽は必ずしも円筒状でなくてもよい。

【0030】

本発明に係る泡沫分離装置において、泡沫分離槽は水位調整槽と連通させてある。泡沫分離槽の気液界面の水位は、水位調整槽によって調整する。水位調整槽は、従来の泡沫分離装置に用いられている一般的な構造のものでよいが、泡沫を排出する際に水が過剰に排出されないようにミリ単位で水位の微調整が可能なものを設置することが好ましい。すなわち、泡沫分離槽からの泡沫の排出量は水位調整槽の水位を調節することによって調整できる。以下、本発明の実施例をその図面に基づいて詳しく説明する。

【実施例1】

【0031】

図1は、本実施例の泡沫分離装置の全体を示す説明図であり、図2は、その気泡供給部の説明図である。また、図3は、本実施例の泡沫分離装置の送水管内に取り付けるための、多数の孔を穿設してある螺旋状の羽根の説明図である。

【0032】

10

20

30

40

50

図1において、1は本実施例の泡沫分離槽、2は浄化対象の水を圧送するポンプ、3は蓋のない円筒状の初期反応槽、4は初期反応槽3よりも大きくて深い円筒状の泡沫分離槽で、初期反応槽3を内蔵している。泡沫分離槽4は、その最上部41を漏斗状に狭め、その中央には開口部42を設けてあり、その底部は隣接する水位調整槽5に連通してある。水位調整槽5はその頂部に水位調整ハンドル51を備え、下部に排水口52を設けてある。また、6は圧送ポンプ2によって初期反応槽3の底部31へ水を供給する送水管の総称であり、61・62・64・65は送水管6の一部分である。なお、圧送ポンプ2の入口側の送水管（図示せず）は浄化対象の水を貯留した水槽に繋がっている。

【0033】

図1・図2において、圧送ポンプ2の出口側の送水管61にはベンチュリ管71を備えた空気自吸式のイジェクター7が取り付けられている。なお、8はベンチュリ管71の絞り部の直後に連結させた空気吸入管である。なお、図2において垂直方向の矢印は水の流れを示し、水平方向の矢印は空気の流れを示す。また、図1・図2中の丸い小粒は気泡を示す。

【0034】

イジェクター7の吐出側の送水管62には、多数の孔92・92・・・を穿設してある螺旋状の羽根からなるエレメント91を送水管62の屈曲部64を挟んで3個と2個ずつ合計5個取り付け螺旋状の羽根取付部9を構成している。なお、63は送水管6に取り付けた水量の調整弁である。

【0035】

螺旋状の羽根取付部9の下流から初期反応槽3の底部31へ至るまでの送水管6は、屈曲部64・65の2か所においてほぼ直角に屈曲させてある。

【0036】

本実施例の泡沫分離装置1では、送水管6の口径は40mm、初期反応槽3の内径は1000mmで高さは460mm、泡沫分離槽4の内径は400mmで高さは1000mmに形成してある。なお、本発明では、初期反応槽の内径を送水管の口径の2～4倍の大きさにする必要があるが、その範囲内において任意に大きさを決めて差し支えない。また、初期反応槽の高さは380～500mm程度に形成することが好ましい。また、泡沫分離槽の内径と高さは、初期反応槽よりも大きくて深くする必要があるが、初期反応槽に対して内径は2～4倍程度、高さは1.5～2.5倍程度にすることが好ましい。

【0037】

本実施例においては、送水ポンプとして0.4kwの能力のものを使用したが、本発明では、送水ポンプは適宜の能力のものを使用しても差し支えない。

【0038】

本実施例において、初期反応槽や泡沫分離槽及び送水管などは市販のPVC材のものを用いてよい。また、螺旋状の羽根も市販のPVCの板材を螺旋状に曲げて作ったもので差し支えない。本実施例では、図3に示すように、1個のエレメントの長さが60mmで幅は40mm、厚さ4mm（送水管の内壁に端部を接着剤などで固定できる大きさ）のものを3個と2個に分けて連結してある。螺旋状の羽根に穿設した孔の大きさは、口径40mmの送水管に取り付ける場合、3～5mm程度のものが好ましいが、これも市販の孔あきPVC材を用いて作ったもので差し支えない。

【0039】

上記構成の泡沫分離装置1を用いて水を浄化する方法について説明する。まず、圧送ポンプ2を起動し、浄化対象の水を送水管6を通して初期反応槽3の底部31へ供給を開始する。圧送された水はベンチュリ管71を備えた空気自吸式のイジェクター7を通過するときベンチュリ管71の部分の負圧が高くなるので、空気吸入管8から空気を吸入し、多量の気泡が混入した気液混合水を生成する。気液混合水は、続いて多数の孔92を穿設してある螺旋状の羽根からなるエレメント91を5個備えた螺旋状の羽根取付部9を通過することによって激しく攪拌され、渦巻き状の乱流が生じ、気泡の微細化が促進される。

【0040】

また、微細化した気泡を含む気液混合水は、送水管6の屈曲部64・65を通過するとき、

10

20

30

40

50

屈曲部64・65の内壁に衝突することを繰り返し、急激な乱流を発生させ、気泡の微細化が一段と促進される。

【0041】

多量の微細な気泡を伴って加圧状態で送水管6内を通過した気液混合水(管内圧力は $0.6 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$ )は、初期反応槽3の底部31から初期反応槽3内へ流入するが、送水管6の内径は40mmであるのに、初期反応槽の内径は100mmであるため、初期反応槽3内へ流入したとき一気に加圧状態から開放され(管内圧力は $0.05 \sim 0.15 \text{ kg/cm}^2$ に急降下)、気液混合水の乱流状態はさらに強まり、激しく攪拌されながら初期反応槽3内を上昇すると共に、気泡は膨脹して大きくなり、活性化されて旋回しながら上方へ浮上して行く。

10

【0042】

初期反応槽3の上部では、膨脹して表面積が大きくなった気泡が濃密に集約し、水中に浮遊している懸濁物を気泡の帯電性によって吸着して泡沫となってさらに上昇する。初期反応槽3の上部では広い口径が維持されているため乱流状態は軽減され、流速は緩やかとなり、初期反応槽3の出口では、泡沫は煙突から煙が上昇するような観を呈しながら泡沫分離槽4へ流入する。

【0043】

初期反応槽3から浮上した泡沫は、泡沫分離槽4へ流入するが、泡沫分離槽4は、その最上部41を漏斗状に狭めてあるため、上昇速度はさらに鈍化してしばらくの間滞留し、隣接する泡沫どうしが相互に接合と合一を繰り返して大きくなり安定泡沫に成長する。最終的に泡沫は、泡沫分離槽4の最上部41に設けた開口部42から吸着した懸濁物と共に装置外へ排出され、懸濁物を含む汚水となって除去される。

20

【0044】

泡沫を分離・除去した水は、初期反応槽3から溢れて、その側壁の外側にそって泡沫分離槽4の下方へ流下し、泡沫分離槽4から水位調整槽5へ流入する。水位調整槽5では液面が次第に上昇するので、その水位調整ハンドル51を操作して液面の水位を調節する。水は水位調整槽5の排水口52から槽外へ流出して回収される。なお、回収された水は、再び水槽に収容され、圧送ポンプ2によって初期反応槽3へ送られる経路を循環する場合と、そのまま次の浄化経路、例えば生物濾過装置へ送られる場合などがある。

【0045】

上記の実施例の装置には、イジェクター7の吐出側の送水管62に多数の孔を穿設してある螺旋状の羽根のエレメント91(長さ60mm)を3個と2個に分けて合計5個取り付け螺旋状の羽根取付部9を構成している。しかし、螺旋状の羽根のエレメント91の数は5個に限定する必要はなく、また、その取付け方法も全く任意である。また、螺旋状の羽根取付部9として螺旋状の羽根を組み込んだインラインミキサーを使用してもよい。なお、上記の実施例のように、螺旋状の羽根に多数の孔を穿設したものをを用いると、攪拌がもっとも激しくなって気泡の微細化を促進するのできわめて好ましいが、送水管内の気液混合水を攪拌して螺旋状の回転流を作ることができるのであれば、孔を穿設したものでなくてもよく、また、螺旋状の羽根の長さや螺旋の形状などは任意である。

30

【0046】

また、上記の実施例の装置では、螺旋状の羽根取付部9の下流側から初期反応槽3の底部31へ至るまでの送水管6を、屈曲部64・65の2か所においてほぼ直角に屈曲させてあるが、これは、送水管内に螺旋状の羽根を取り付けるのと同様、送水管内で気液混合水を激しく攪拌して効率的に乱流を生じさせる一つ的手段であって、送水管内の気液混合水を激しく攪拌する手段としては、送水管を屈曲させることに代えて、或いは屈曲させた送水管と併用して、送水管内に取り付け螺旋状の羽根の数を増やしたり、長さを長くしたり、螺旋の形状を変えたり、又は多数の孔を穿設してある螺旋状の羽根と組み合わせたり、任意の手段を採ることができる。

40

【0047】

以下、本発明に係る泡沫分離装置の能力を試験例によって説明する。

50



## 《試験例 1》

<送水管の口径に対する初期反応槽の内径の適正範囲の確認試験>

## (1) 試験方法

実施例 1 の泡沫分離装置を用いることとし、ただし、初期反応槽（高さ 460 mm）はその内径を表 1 のように 7 段階に変化させたものを用い、各初期反応槽の底部に結続している送水管（口径 40 mm）から加圧した気液混合水を各初期反応槽に送り込んで開放し、気泡を膨脹させて浮上させて懸濁物を吸着させ、その泡沫が初期反応層の上部に滞留して形成した泡沫層の厚みを測定した。

## (2) 試験結果

試験結果は表 1 に示すとおりである。

【0048】

## (3) 考察

表 1 から、初期反応槽の内径をあまり大きくすると、その底部に設けてある循環水の排水口へ気泡が吸い込まれること、及び初期反応槽の内径を 75 ~ 150 mm にしたとき、気泡の発生が多くなると共に安定な状態になることが判明した。すなわち、送水管の口径は 40 mm であるから、初期反応槽の内径を送水管の口径の 2 ~ 4 倍に形成することが適切であることが、本試験例によって確認された。

【0049】

【表 1】

送水管の口径に対する初期反応槽の内径の適正範囲の確認試験

番号	初期反応層の内径	泡沫層の厚み	所見
1	40 mm	37 mm	初期反応槽の上部の開口部から気泡が噴出した。 同 上
2	50	38	
3	75	41	
4	100	45	
5	125	47	
6	150	50	循環水排水口への気泡の吸い込みが生じた。
7	200	51	

(注 1) 送水管の口径は 40 mm である。

【0050】

## 《試験例 2》

<懸濁物除去能力確認試験>

実施例 1 の泡沫分離装置と K A 式泡沫分離装置とを用いて、どちらも水処理速度 2.25 トン/時に設定し、懸濁物除去能力の比較試験を行なった。浄化対象水としては、市販の濃縮淡水クロレラを浮遊させた試験水を作り、2 基の水槽に等量ずつ収容して、両装置の取水口をそれぞれの水槽に結続して密閉循環式の浄化経路を作り、両装置とも同時にポンプを起動させて試験を開始した。

【0051】

試験の結果、実施例 1 の泡沫分離装置と K A 式泡沫分離装置は、どちらも、2 時間で約 45%、4 時間で約 68%、6 時間で約 75% の淡水クロレラを除去できることが判明した。この結果から、本発明に係る泡沫分離装置は K A 式泡沫分離装置と同等の懸濁物の除去能力があることが確認された。なお、淡水クロレラは、直径 2 ~ 10 ミクロンの単細胞緑藻類であり、きわめて微細な粒子である。実施例 1 の泡沫分離装置がこのような微細粒子を短時間で効率的に除去できる能力を有することは、特筆すべき特徴である。

【0052】

## 《試験例 3》

### < マダイ種苗の飼育試験 >

水処理速度を2.25トン/時に設定した実施例1の泡沫分離装置と同じ水処理速度のKA式泡沫分離装置をそれぞれ取り付けた2基の飼育水槽を用いて、マダイを対象にして孵化仔魚から全長約25mmの稚魚に成長するまでの間、飼育を続けた。

#### 【0053】

2基の4トン飼育水槽にそれぞれ約65000尾の孵化仔魚を収容して飼育した結果、実施例1の泡沫分離装置を取り付けた水槽では、日齢45、平均全長25.8mm、生産尾数29090尾、生残率44.2%であった。これに対して、KA式泡沫分離装置を取り付けた水槽では、日齢45、平均全長25.4mm、生産尾数28640尾、生残率44.5%であった。すなわち、両者とも生残率・成長性に差がなかった。この結果から、本発明に係る泡沫分離装置はKA式泡沫分離装置と同等の水の浄化能力があることが確認された。

#### 【0054】

##### 《試験例4》

### < 螺旋状の羽根の取付効果確認試験 >

#### (1) 試験方法

実施例1の泡沫分離装置において、送水管内に螺旋状の羽根を設置せず、初期反応槽の入口までにほぼ直角状の屈曲部を2箇所設けてある送水管を用いて0.4kwのポンプで送水して水を浄化し、送水開始5分後に泡沫分離槽に形成された気泡滞留層の厚みを測定した(これを「対照区1」と称する)。次いで、同じ泡沫分離装置の送水管のイジェクターの出口直後に孔を穿設していない螺旋状の羽根(長さ60mm)を4枚直列に設置し、同じポンプで送水して水を浄化し、送水開始5分後に泡沫分離槽に形成された気泡滞留層の厚みを測定した(これを「試験区1」と称する)。さらに、同じ泡沫分離装置の送水管の同じ位置に多数の孔(径4mm)を穿設した螺旋状の羽根(長さ60mm)を4枚直列に設置し、同じポンプで送水して水を浄化し、送水開始5分後に泡沫分離槽に形成された気泡滞留層の厚みを測定した(これを「試験区2」と称する)。

#### 【0055】

#### (2) 試験結果

形成された気泡滞留層の厚みは、試験区1では460mm、試験区2では500mmであった。また、対照区1では430mmであった。

#### (3) 考察

試験結果から、螺旋状の羽根をイジェクターと初期反応槽の間に設置することによって微細気泡の発生を促進でき、懸濁物の除去能力が高くなることが確認された。また、多数の孔を穿設した螺旋状の羽根を用いると微細気泡の発生をいっそう促進でき、懸濁物の除去能力がいっそう高くなることが確認された。

#### 【0056】

以上詳しく説明したとおり、本発明に係る水の浄化方法とその方法に用いる泡沫分離装置は、気泡供給部で気泡を微細化して大量に供給する一方、懸濁物吸着部(初期反応槽)では気泡を開放して膨脹させ、活性化して大きな気泡を大量に生成するので、気泡が懸濁物を吸着しやすくなる。また、泡沫除去部(泡沫分離槽)では懸濁物を吸着した泡沫をしばらく滞留させ、泡沫どうしが凝集して安定泡沫に成長しやすくし、その状態で装置外へ排出できる。そのため、本発明に係る水の浄化方法によれば、懸濁物の分離・除去効率を高くすることができる。また、本発明に係る泡沫分離装置は、ベンチュリ式の気泡供給部を備えた従来の泡沫分離装置に比べて、懸濁物の吸着・分離効率がすぐれており、ディスパレスレーター式の気泡供給部を備えた従来の泡沫分離装置と同等の懸濁物の分離・除去能力を有する。また、本発明に係る泡沫分離装置は、気泡の発生・供給にモーターを必要とせず、駆動部は装置全体として送水ポンプ1台であるため、ディスパレスレーター式の気泡供給部を備えた従来の泡沫分離装置に比べて、イニシャルコストとランニングコストの両方を大きく軽減できる。そのため、本発明に係る泡沫分離装置は、水の浄化システムに組み込んで用いるとその浄化能力の向上とコスト削減に大きく貢献することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 7 】

【図 1】本発明の実施例 1 の泡沫分離装置の全体の説明図である。

【図 2】本発明の実施例 1 の泡沫分離装置の気泡供給部の説明図である。

【図 3】本発明の実施例 1 の泡沫分離装置の送水管内に取り付けるための、多数の孔を穿設してある螺旋状の羽根の説明図である。

## 【符号の説明】

【 0 0 5 8 】

1 = 泡沫分離装置

2 = 圧送ポンプ

3 = 初期反応槽、31 = その底部

4 = 泡沫分離槽、41 = その最上部、42 = その開口部

5 = 水位調整槽、51 = 水位調整ハンドル、52 = その排水口

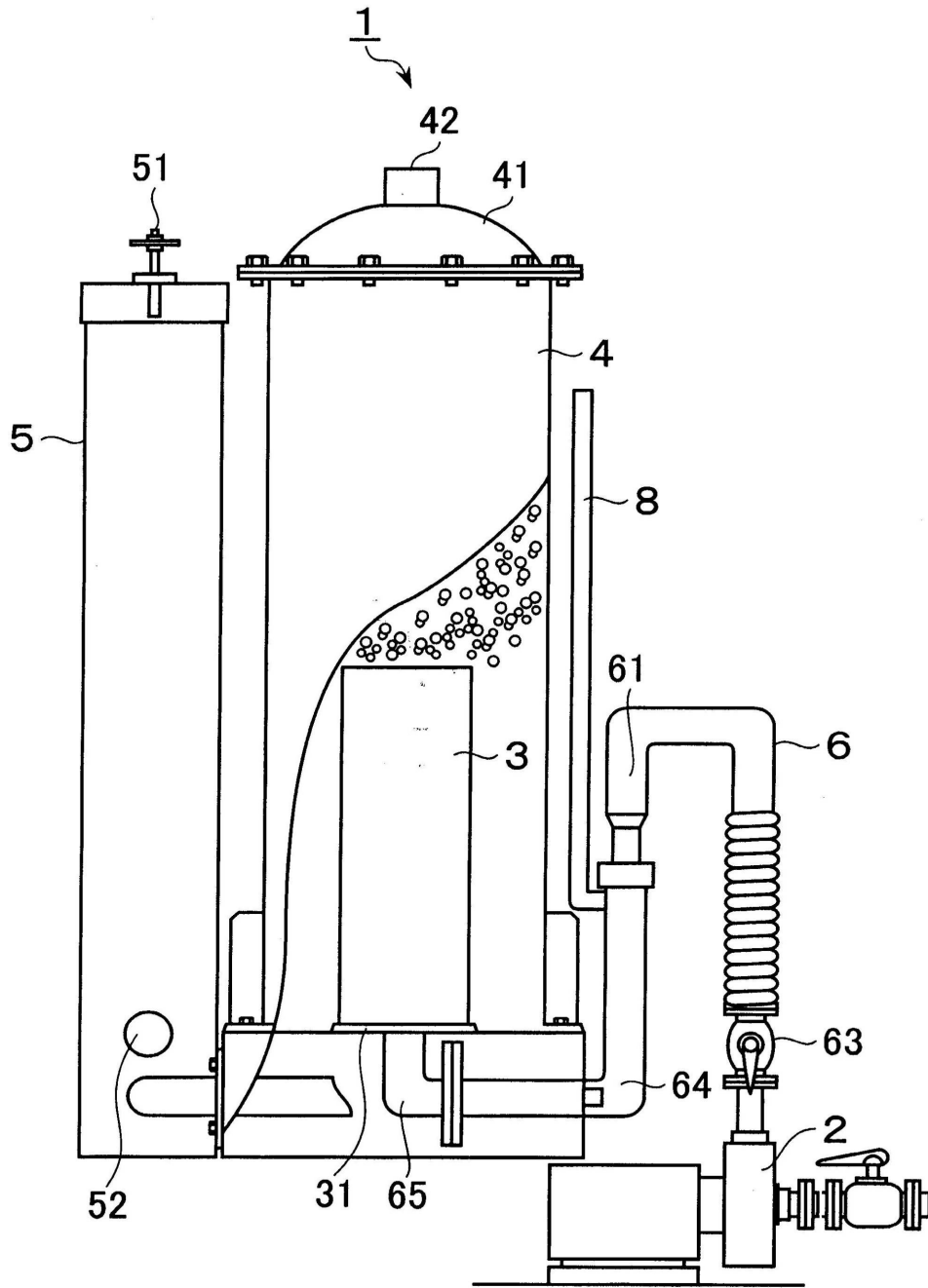
6 = 送水管の総称、61・62 = 送水管の一部、63 = 水量調節弁、64・65 = 送水管の屈曲部

7 = イジェクター、71 = ベンチュリ管

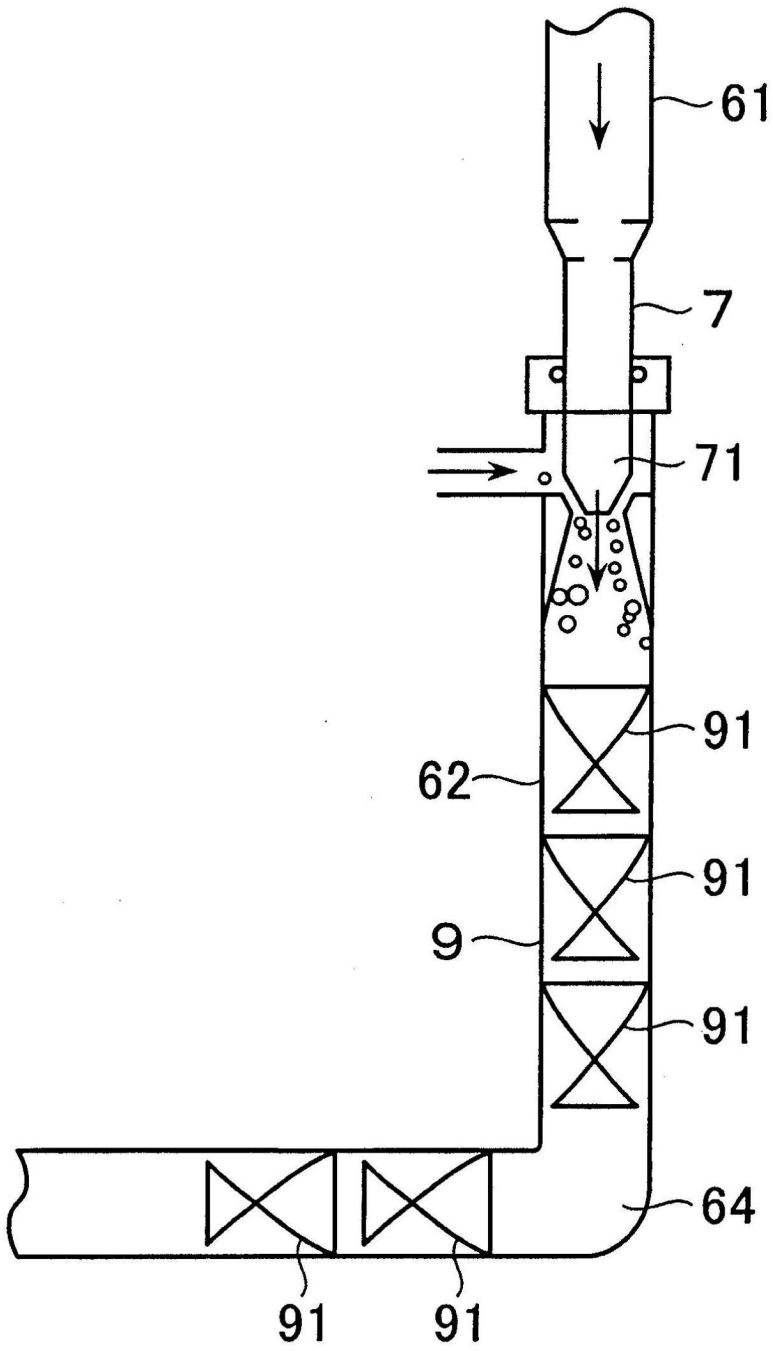
8 = 空気吸入管

9 = 螺旋状の羽根取付部、91 = 螺旋状の羽根の元素、92 = 羽根に穿設してある孔

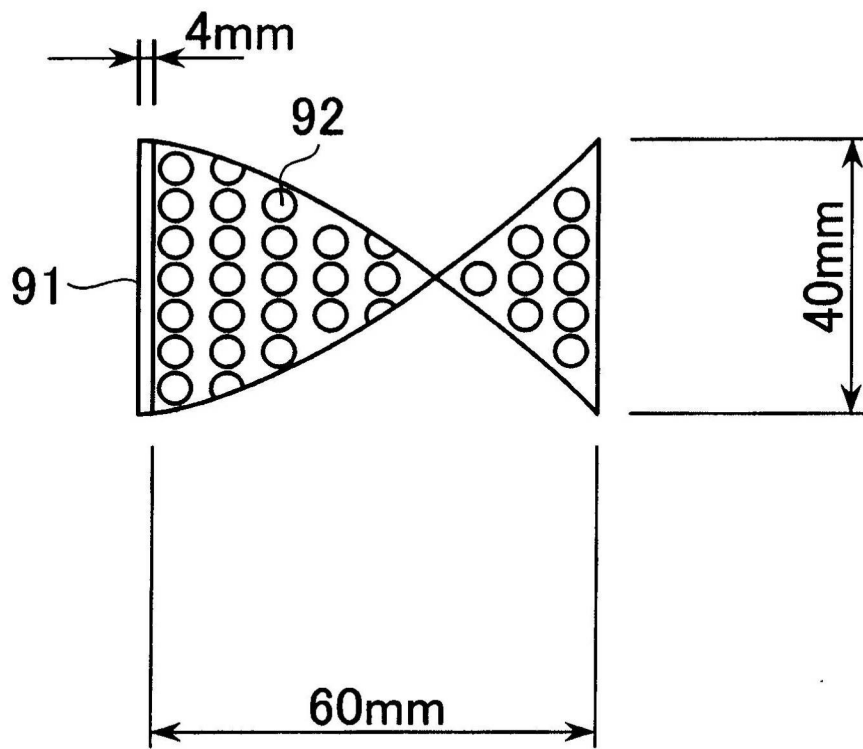
【図 1】



【図 2】



【図 3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 土居 和彦

香川県高松市香南町岡173-5 有限会社栄和商事内

審査官 川合 理恵

(56)参考文献 特開2006-136777(JP,A)

特開平05-317847(JP,A)

特開2007-260500(JP,A)

特開平08-257548(JP,A)

特開2000-140825(JP,A)

特開平11-197405(JP,A)

特開2004-261691(JP,A)

特開2005-144352(JP,A)

特開2007-029936(JP,A)

実開昭50-112750(JP,U)

特開平07-185529(JP,A)

特開2001-179239(JP,A)

実開昭63-090495(JP,U)

特開平02-290287(JP,A)

特開2001-327958(JP,A)

特開2004-141840(JP,A)

特開2003-094042(JP,A)

特開昭63-226519(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C02F 1/24

C02F 1/40

B01F 1/00-5/26