

(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2017-29117  
(P2017-29117A)

(43) 公開日 平成29年2月9日(2017.2.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
AO1K 61/10 (2017.01)	AO1K 61/00 A	2B104
AO1K 63/04 (2006.01)	AO1K 63/04 Z	2G084
HO5H 1/26 (2006.01)	HO5H 1/26	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-155525 (P2015-155525)	(71) 出願人	504139662 国立大学法人名古屋大学 愛知県名古屋市千種区不老町1番
(22) 出願日	平成27年8月5日(2015.8.5)	(74) 代理人	100087723 弁理士 藤谷 修
		(74) 代理人	100165962 弁理士 一色 昭則
		(72) 発明者	堀 勝 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大 学法人名古屋大学内
		(72) 発明者	水野 正明 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大 学法人名古屋大学内

最終頁に続く

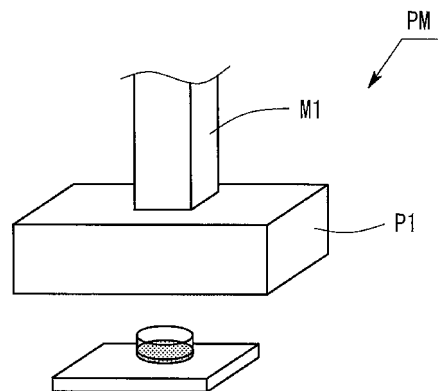
(54) 【発明の名称】 魚類の生産方法および稚魚の成長促進方法および魚類の成長促進剤

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】簡単な手順で稚魚の成長を促進させる魚類の生産方法および稚魚の成長促進方法および魚類の成長促進剤を提供する。

【解決手段】この魚類の生産方法は、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムとを含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、第1の水溶液に大気圧プラズマをプラズマ発生装置P1にて照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程からなり、第2の水溶液を育成水に添加して稚魚を育成する稚魚育成工程からなる。第2の水溶液は稚魚の成長を促進する成長剤である。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

L - 乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含む第 1 の水溶液を準備する水溶液準備工程と、

前記第 1 の水溶液に大気圧プラズマを照射して第 2 の水溶液とするプラズマ照射工程と、

前記第 2 の水溶液を稚魚の育成水に添加して前記稚魚を育成する稚魚育成工程と、を有すること

を特徴とする魚類の生産方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の魚類の生産方法において、

前記稚魚育成工程では、

前記稚魚の育成水における単位体積当たりのプラズマ密度時間積を  $3.75 \times 10^{11} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{m l}^{-1}$  以上  $7.5 \times 10^{16} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{m l}^{-1}$  以下とすること

を特徴とする魚類の生産方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の魚類の生産方法において、

前記第 2 の水溶液を冷凍する冷凍工程を有し、

前記冷凍工程では、

前記第 2 の水溶液を  $-196$  以上  $0$  以下の範囲内で冷凍すること

を特徴とする魚類の生産方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の魚類の生産方法において、

前記プラズマ照射工程では、

筒形状部を備える第 1 電極を前記第 1 の水溶液の外に配置するとともに第 2 電極を前記第 1 の水溶液の中に配置し、

前記第 1 電極の前記筒形状部から前記第 1 の水溶液に向かってガスを照射し、

その状態で前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧を印加すること

を特徴とする魚類の生産方法。

## 【請求項 5】

L - 乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含む第 1 の水溶液を準備する水溶液準備工程と、

前記第 1 の水溶液に大気圧プラズマを照射して第 2 の水溶液とするプラズマ照射工程と、

前記第 2 の水溶液を稚魚の育成水に添加して前記稚魚を育成する稚魚育成工程と、を有すること

を特徴とする稚魚の成長促進方法。

## 【請求項 6】

L - 乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含む第 1 の水溶液に大気圧プラズマを照射したものであること

を特徴とする魚類の成長促進剤。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本明細書の技術分野は、魚類の生産方法および稚魚の成長促進方法および魚類の成長促進剤に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

プラズマ技術は、電気、化学、材料の各分野に応用されている。プラズマの内部では、電子やイオン等の荷電粒子の他に、紫外線やラジカルが発生する。これらには、生体組織

10

20

30

40

50

の殺菌をはじめとして、生体組織に対する種々の効果があることが分かってきている。

【0003】

例えば、特許文献1には、水にプラズマを照射することにより水中の微生物等を殺菌する技術が開示されている。また、特許文献1のプラズマ装置は、水中に電流を流すことなくプラズマを水中に照射することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-183867号公報

【特許文献2】特開2014-195450号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献2には、酵母に大量の大気圧プラズマを照射した場合には酵母の生菌数は減少するが、酵母に少量の大気圧プラズマを照射した場合に酵母の生菌数は増加することが記載されている。このように、プラズマを照射することにより酵母を活性化の可能性および死滅させる可能性について研究されてきている。しかし、その他の生物へのプラズマの影響については必ずしも明らかではない。

【0006】

本明細書の技術は、前述した従来技術が有する問題点を解決するためになされたものである。すなわちその課題とするところは、簡単な手順で稚魚の成長を促進させる魚類の生産方法および稚魚の成長促進方法および魚類の成長促進剤を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

第1の態様における魚類の生産方法は、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、第2の水溶液を稚魚の育成水に添加して稚魚を育成する稚魚育成工程と、を有する。

【0008】

この魚類の生産方法は、育成水に第2の水溶液を投与して魚類を飼育する方法である。この第2の水溶液は、魚類の成長を促進させる成長促進剤である。

30

【0009】

第2の態様における魚類の生産方法においては、稚魚育成工程では、稚魚の育成水における単位体積当たりのプラズマ密度時間積を  $3.75 \times 10^{11} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$  以上  $7.5 \times 10^{16} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$  以下とする。

【0010】

第3の態様における魚類の生産方法においては、第2の水溶液を冷凍する冷凍工程を有する。冷凍工程では、第2の水溶液を  $-196$  以上  $0$  以下の範囲内で冷凍する。

【0011】

第4の態様における魚類の生産方法においては、プラズマ照射工程では、筒形状部を備える第1電極を第1の水溶液の外に配置するとともに第2電極を第1の水溶液の中に配置する。また、第1電極の筒形状部から第1の水溶液に向かってガスを照射する。そして、その状態で第1電極と第2電極との間に電圧を印加する。

40

【0012】

第5の態様における稚魚の成長促進方法は、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する第1の水溶液を準備する水溶液準備工程と、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とするプラズマ照射工程と、第2の水溶液を稚魚の育成水に添加して稚魚を育成する稚魚育成工程と、を有する。

【0013】

第6の態様における魚類の成長促進剤は、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、

50

塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する第 1 の水溶液に大気圧プラズマを照射したものである。

【発明の効果】

【0014】

本明細書では、簡単な手順で稚魚の成長を促進させる魚類の生産方法および稚魚の成長促進方法および魚類の成長促進剤が提供されている。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】実施形態のプラズマ発生装置のガス噴出口を走査するロボットアームの構成を説明するための概念図である。

10

【図 2】図 2 . A は第 1 のプラズマ発生装置の構成を示す断面図であり、図 2 . B は電極の形状を示す図である。

【図 3】図 3 . A は第 2 のプラズマ発生装置の構成を示す断面図であり、図 3 . B はプラズマ領域の長手方向に垂直な断面における部分断面図である。

【図 4】実施形態における第 3 のプラズマ発生装置の概略構成を示す図である。

【図 5】実施形態における第 3 のプラズマ発生装置の上部構造を示す概略構成図である。

【図 6】実施形態における第 3 のプラズマ発生装置の下部構造を示す概略構成図である。

【図 7】実施形態において第 3 のプラズマ発生装置がプラズマを照射している場合を説明するための図である。

【図 8】実験 A における実験方法を説明するための図である。

20

【図 9】3 週間飼育した後のゼブラフィッシュの体長を示すグラフである。

【図 10】第 2 の水溶液 (PAL) を投与せずに 3 週間飼育したゼブラフィッシュを示す写真である。

【図 11】第 1 の水溶液 (ラクテック (登録商標)) を 3 週間投与したゼブラフィッシュを示す写真である。

【図 12】第 3 のプラズマ発生装置によりプラズマを照射した第 2 の水溶液 (PAL) を 3 週間投与したゼブラフィッシュを示す写真である。

【図 13】第 2 のプラズマ発生装置によりプラズマを照射した第 2 の水溶液 (PAL) を 3 週間投与したゼブラフィッシュを示す写真である。

【発明を実施するための形態】

30

【0016】

以下、具体的な実施形態について、魚類の生産方法および稚魚の成長促進方法および魚類の成長促進剤を例に挙げて図を参照しつつ説明する。本明細書において、稚魚とは成魚以外の魚類を指すものとする。つまり、稚魚とは、繁殖能力を未だ備えていない魚類のことをいうものとする。また、後述する実施形態では、ゼブラフィッシュの稚魚について記載されている。しかし、本明細書の技術は、チョウザメ、タイ、ヒラメ等その他の魚類に対して適用することができる。

【0017】

(第 1 の実施形態)

第 1 の実施形態について説明する。第 1 の実施形態の魚類の生産方法および稚魚の成長促進方法に用いられる魚類の成長促進剤は、後述するように、水溶液に大気圧プラズマを照射したものである。そのため、まず、プラズマを照射するプラズマ照射装置について説明する。

40

【0018】

1 . 成長促進剤製造装置

1 - 1 . 成長促進剤製造装置の構成

本実施形態の成長促進剤製造装置 PM は、図 1 に示すように、プラズマ照射装置 P 1 と、アームロボット M 1 とを有している。プラズマ照射装置 P 1 は、プラズマを発生させるとともに、そのプラズマを溶液に向けて照射するためのものである。

【0019】

50

アームロボットM1は、図1に示すように、プラズマ照射装置P1の位置をx軸、y軸、z軸方向のそれぞれの方向に移動させることができるようになっている。なお、説明の便宜上、プラズマを照射する向きを-z軸方向としている。これにより、溶液の液面と、プラズマ照射装置P1との間の距離を調整することができる。また、この成長促進剤製造装置PMは、予めプラズマ照射時間を設定することにより、その時間だけプラズマを照射することができるものである。

#### 【0020】

プラズマ照射装置P1には、後述するように、3種類の方式(第1のプラズマ発生装置P10および第2のプラズマ発生装置P20および第3のプラズマ発生装置P30)がある。そして、いずれの方式を用いてもよい。なお、第3のプラズマ発生装置P30は、図1に示すロボットアームM1等を有していない。

10

#### 【0021】

##### 1-2. 第1のプラズマ発生装置

図2.Aはプラズマ発生装置P10の概略構成を示す断面図である。ここで、プラズマ発生装置P10は、プラズマを点状に噴出する第1のプラズマ発生装置である。図2.Bは、図2.Aのプラズマ発生装置P10の電極2a、2bの形状の詳細を示す図である。

#### 【0022】

プラズマ発生装置P10は、筐体部10と、電極2a、2bと、電圧印加部3と、を有している。筐体部10は、アルミナ( $Al_2O_3$ )を原料とする焼結体から成るものである。そして、筐体部10の形状は、筒形状である。筐体部10の内径は2mm以上3mm以下である。筐体部10の厚みは0.2mm以上0.3mm以下である。筐体部10の長さは10cm以上30cm以下である。筐体部10の両端には、ガス導入口10iと、ガス噴出口10oとが形成されている。ガス導入口10iは、プラズマを発生させるためのガスを導入するためのものである。ガス噴出口10oは、プラズマを筐体部10の外部に照射するための照射部である。なお、ガスの移動する向きは、図中の矢印の向きである。

20

#### 【0023】

電極2a、2bは、対向して配置されている対向電極対である。電極2a、2bの対向面方向の長さは、筐体部10の内径より小さい。例えば1mm程度である。電極2a、2bには、図2.Bに示すように、対向面のそれぞれに凹部(ホロー)Hが多数形成されている。そのため、電極2a、2bの対向面は、微細な凹凸形状となっている。なお、この凹部Hの深さは、0.5mm程度である。

30

#### 【0024】

電極2aは、筐体部10の内部であってガス導入口10iの近傍に配置されている。電極2bは、筐体部10の内部であってガス噴出口10oの近傍に配置されている。そのため、プラズマ発生装置P10では、電極2aの対向面の反対側からガスを導入するとともに、電極2bの対向面の反対側にガスを噴出するようになっている。そして、電極2a、2b間の距離は、24cmである。電極2a、2b間の距離は、これより小さい距離であってもよい。

#### 【0025】

電圧印加部3は、電極2a、2b間に交流電圧を印加するためのものである。電圧印加部3は、商用交流電圧である、60Hz、100Vを用いて9kVに昇圧するとともに、電極2a、2b間に電圧を印加する。

40

#### 【0026】

ガス導入口10iからアルゴンを導入するとともに、電圧印加部3により、電極2a、2b間に電圧を印加すると、筐体部10の内部にプラズマが発生する。図2.Aの斜線で示すように、プラズマが発生する領域をプラズマ発生領域Pとする。プラズマ発生領域Pは、筐体部10に覆われている。

#### 【0027】

##### 1-3. 第2のプラズマ発生装置

図3.Aはプラズマ発生装置P20の概略構成を示す断面図である。ここで、プラズマ

50

発生装置 P 2 0 は、プラズマを線状に噴出する第 2 のプラズマ発生装置である。図 3 . B は、図 3 . A のプラズマ発生装置 P 2 0 のプラズマ領域 P の長手方向に垂直な断面における部分断面図である。

【 0 0 2 8 】

プラズマ発生装置 P 2 0 は、筐体部 1 1 と、電極 2 a、2 b と、電圧印加部 3 と、を有している。筐体部 1 1 は、アルミナ (  $Al_2O_3$  ) を原料とする焼結体から成るものである。筐体部 1 1 の両端には、ガス導入口 1 1 i と、多数のガス噴出口 1 1 o とが形成されている。ガス導入口 1 1 i は、図 3 . A の左右方向を長手方向とするスリット形状をしている。ガス導入口 1 1 i からプラズマ領域 P の直上までのスリット幅 ( 図 3 . B の左右方向の幅 ) は 1 mm である。

10

【 0 0 2 9 】

ガス噴出口 1 1 o は、プラズマを筐体部 1 1 の外部に照射するための照射部である。ガス噴出口 1 1 o は、円筒形状もしくはスリット形状である。円筒形状の場合のガス噴出口 1 1 o は、プラズマ領域の長手方向に沿って一直線状に形成されている。ガス噴出口 1 1 o の内径は 1 mm 以上 2 mm 以下の範囲内である。また、スリット形状の場合には、ガス噴出口 1 1 o のスリット幅を 1 mm 以下とすることが好ましい。これにより、安定したプラズマが形成される。また、ガス導入口 1 1 i は、電極 2 a と電極 2 b とを結ぶ線と交差する向きにガスを導入するようになっている。

【 0 0 3 0 】

電極 2 a、2 b および電圧印加部 3 については、図 1 に示したプラズマ発生装置 P 1 0 と同じものである。そして、同様に、商用交流電圧を用いて、電極 2 a、2 b 間に電圧を印加する。これにより、プラズマを一直線状に噴出することができる。

20

【 0 0 3 1 】

また、この一直線状にプラズマを噴出するプラズマ発生装置 P 2 0 を図 3 . B の左右方向に列状に並べて配置すれば、プラズマをある長方形の領域にわたって平面的に噴出することができる。

【 0 0 3 2 】

1 - 4 . 第 3 のプラズマ発生装置

図 4 は、第 3 のプラズマ発生装置 P 3 0 の概略構成を示す概念図である。プラズマ発生装置 P 3 0 は、収容している溶液にプラズマを照射するためのものである。

30

【 0 0 3 3 】

図 4 に示すように、プラズマ発生装置 P 3 0 は、第 1 電極 1 1 0 と、第 2 電極 2 1 0 と、第 1 の電位付与部 1 2 0 と、第 2 の電位付与部 2 2 0 と、第 1 のリード線 1 3 0 と、第 2 のリード線 2 3 0 と、ガス供給部 1 4 0 と、ガス管結合コネクタ 1 5 0 と、ガス管 1 6 0 と、第 1 電極保護部材 1 7 0 と、第 2 電極保護部材 2 4 0 と、第 1 電極支持部材 1 8 0 と、密閉部材 1 9 1 と、結合部材 1 9 2 と、容器 2 5 0 と、封止部材 2 6 0 と、架台 2 7 0 と、を有している。

【 0 0 3 4 】

1 - 4 - 1 . 電極の概略構成

第 1 電極 1 1 0 は、筒形状部 1 1 0 a を有している。そして、その筒形状部 1 1 0 a の内部にプラズマガスを供給することができるようになっている。つまり、第 1 電極 1 1 0 の内部は、ガス供給部 1 4 0 と連通している。第 1 電極 1 1 0 は、筒形状部 1 1 0 a から第 2 電極 2 1 0 に向けてガスを吹き出すようになっている。そして、第 1 電極 1 1 0 の先端部は、注射針形状をしている。つまり、第 1 電極 1 1 0 の先端部は、第 1 電極 1 1 0 の軸方向に垂直な方向に対して傾斜する傾斜面を有している。そして、第 1 電極 1 1 0 の先端部には、マイクロホローが形成されている。

40

【 0 0 3 5 】

第 2 電極 2 1 0 は、第 1 電極 1 1 0 と対向する電極である。第 2 電極 2 1 0 は、棒状電極である。第 2 電極 2 1 0 は、円柱形状である。もしくは、多角柱形状であってもよい。もしくは、先端の尖った針形状であってもよい。ここで、第 2 電極 2 1 0 は、先端部 2 1

50

1を有している。第2電極210の先端部211は、イリジウムを含有するイリジウム合金でできている。例えば、イリジウムと白金との合金である。または、イリジウムと白金とオスミウムとの合金である。イリジウム合金は、硬度が高く、耐熱性に優れている。そのため、イリジウム合金は、第2電極210の先端部211に好適である。また、イリジウムの代わりに、白金を用いてもよい。もしくは、パラジウムであってもよい。または、イリジウムと白金とパラジウムとのうちの少なくとも一種以上を含む金属もしくは合金であるとよい。また、第2電極210の先端部211は金であってもよい。また、放電時には、第2電極210は、容器250に収容されている溶液に浸かっている。

#### 【0036】

第1の電位付与部120は、第1電極110に周期的に変化する電位を付与するためのものである。第2の電位付与部220は、第2電極210に周期的に変化する電位を付与するためのものである。ここで、第1の電位付与部120と第2の電位付与部220とのうちのどちらか一方は、接地されていてもよい。第1のリード線130は、第1電極110と第1の電位付与部120とを電気的に接続するためのものである。第1のリード線130は、ニッケル合金もしくはステンレスであるとよい。第2のリード線230は、第2電極210と第2の電位付与部220とを電気的に接続するためのものである。第2のリード線230は、ニッケル合金もしくはステンレスであるとよい。これにより、第1電極110と第2電極210との間に高周波の電圧が印加されることとなる。つまり、第1の電位付与部120および第2の電位付与部220は、第1電極110と第2電極210との間に電圧を印加するための電圧印加部である。

#### 【0037】

##### 1-4-2. ガス供給経路

プラズマ発生装置P30は、前述したように、ガス供給部140と、ガス管結合コネクタ150と、ガス管160と、を有している。そのため、ガス供給部140は、ガス管160およびガス管結合コネクタ150を介して、第1電極110の筒形状部の内部にプラズマガスを供給する。ここで、ガス供給部160は、例えば、Arガスを供給する。もしくは、その他の希ガスを供給してもよい。もしくは、酸素ガス等その他のガスを微量含んでいてもよい。そのため、プラズマガスは、第1電極110から溶液250に収容されている溶液に向けて吹き付けられることとなる。

#### 【0038】

##### 1-4-3. 上部構造の構成

図5は、プラズマ発生装置P30の上部構造を示す図である。図5に示すように、第1電極110は、先端部111を有している。先端部111は、図4に示すように、第2電極210に対面する位置に配置されている。第1電極110の先端部111は、傾斜面111aを有している。傾斜面111aは、第1電極110の軸方向に垂直な面に対して傾斜している面である。また、先端部111には、マイクロホロー111bが形成されている。マイクロホロー111bは、長さ0.5mm以上1mm以下、幅0.3mm以上0.5mm以下の微小な凹部である。

#### 【0039】

また、前述したように、プラズマ発生装置P30は、密閉部材191と、結合部材192と、を有している。密閉部材191は、図4に示す容器250に取り付けるとともに容器250の内部を密閉するためのものである。結合部材192は、第1電極110とガス管結合コネクタ150とを、密閉部材191等を介して連結するための部材である。

#### 【0040】

##### 1-4-4. 下部構造の構成

図6は、プラズマ発生装置P30の下部構造を示す図である。前述したように、プラズマ発生装置P30は、容器250と、封止部材260と、架台270と、を有している。容器250は、内部に溶液を収容することができるようになっている。ここで、溶液とは、水溶液や有機溶剤をも含むこととする。また、容器250は、第1電極110および第2電極210を内部に収容している。また、容器250は、目盛を有しているとよい。容

10

20

30

40

50

器 2 5 0 の内部に収容されている溶液の量を計量するためである。

【 0 0 4 1 】

封止部材 2 6 0 は、第 2 電極保護部材 2 4 0 と、容器 2 5 0 との間の隙間を塞ぐためのものである。封止部材 2 6 0 として、例えば、オーリングが挙げられる。容器 2 5 0 の密閉性を確保し、溶液が容器 2 5 0 の底部に漏れ出すのを防止するものであれば、これ以外の部材を適用してもよい。架台 2 7 0 は、容器 2 5 0 その他の各部材を支持するためのものである。

【 0 0 4 2 】

2 . プラズマ発生装置により発生されるプラズマ

2 - 1 . 第 1 のプラズマ発生装置および第 2 のプラズマ発生装置

プラズマ発生装置 P 1 0 、 P 2 0 により発生されるプラズマは、非平衡大気圧プラズマである。ここで、大気圧プラズマとは、0 . 5 気圧以上 2 . 0 気圧以下の範囲内の圧力であるプラズマをいう。

【 0 0 4 3 】

本実施の形態では、プラズマ発生ガスとして、主に Ar ガスを用いる。プラズマ発生装置 P 1 0 、 P 2 0 により発生されるプラズマの内部では、もちろん、電子と、Ar イオンとが生成されている。そして、Ar イオンは、紫外線を発生させる。また、このプラズマは大気中に放出されているため、酸素ラジカルや窒素ラジカル等を発生させる。

【 0 0 4 4 】

このプラズマのプラズマ密度は、 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以下の範囲内である。なお、誘電体バリア放電により発生されるプラズマにおけるプラズマ密度は、 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  程度である。したがって、プラズマ発生装置 P 1 0 、 P 2 0 により発生されるプラズマのプラズマ密度は、誘電体バリア放電により発生されるプラズマのプラズマ密度に比べて、3 桁程度大きい。したがって、このプラズマの内部では、より多くの Ar イオンが生成する。そのため、ラジカルや、紫外線の発生量も多い。なお、このプラズマ密度は、プラズマ内部の電子密度にほぼ等しい。

【 0 0 4 5 】

そして、このプラズマ発生時におけるプラズマ温度は、およそ 1 0 0 0 K 以上 2 5 0 0 K 以下の範囲内である。また、このプラズマにおける電子温度は、ガスの温度に比べて大きい。しかも、電子の密度が  $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以下の範囲内の程度であるにもかかわらず、ガスの温度はおよそ 1 0 0 0 K 以上 2 5 0 0 K 以下の範囲内である。このプラズマの温度は、プラズマの発生しているプラズマ発生領域 P での温度である。したがって、プラズマの条件や、ガス噴出口から水面までの距離を異なる条件とすることにより、液面の位置でのプラズマ温度を室温程度とすることができる。

【 0 0 4 6 】

また、三重項酸素原子の密度（ラジカル密度）は、 $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  以上  $1 . 6 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  以下の範囲内である。アルゴンガスに対して混入する酸素ガスの量を調整することにより、この三重項酸素原子の密度を調整することができる。

【 0 0 4 7 】

2 - 2 . 第 3 のプラズマ発生装置

図 7 は、プラズマ発生装置 P 3 0 がプラズマを発生させている様子を模式的に示す図である。プラズマ発生装置 P 3 0 により発生されるプラズマは、非平衡大気圧プラズマである。

【 0 0 4 8 】

図 7 に示すように、ガス供給部 1 4 0 から供給されるプラズマガスは、第 1 電極 1 1 0 から矢印 K 1 の向きに放出される。そして、第 1 電極 1 1 0 と第 2 電極 2 1 0 との間に高周波の電圧を印加すると、第 1 電極 1 1 0 と第 2 電極 2 1 0 との間にプラズマ発生領域 P G 1 が形成される。図 7 のプラズマ発生領域 P G 1 は、概念的に描かれている。

【 0 0 4 9 】

第 1 の電位付与部 1 2 0 および第 2 の電位付与部 2 2 0 が、第 1 電極 1 1 0 と第 2 電極

10

20

30

40

50



210との間に電圧を印加する電圧印加時には、第2電極210は、液体の内部に配置されている。このように、第1電極110と第2電極210の間には、容器250に収容されている液体と大気とがある。そして、第1電極と第2電極とを結ぶ線が、液体の液面LL1と交差している。

【0050】

そのため、液体の液面LL1と第1電極110との間にプラズマが発生する。このとき、液体の液面LL1は、第1電極110から矢印K1の向きに放出されるプラズマガスの風圧を受けて、液体の側に向かって凹んでいる。そして、液体の内部では溶液が部分的に電気分解し、気化する。その気化したガスの内部でもプラズマが発生する。また、プラズマ発生領域PG1は、液体の液面LL1に接触している。

10

【0051】

以上により、大気もしくは水に由来するラジカルが発生する。そして、溶液にラジカルが照射されることとなる。これにより、ラジカルは、水分子もしくは溶液中の溶質と反応する。

【0052】

3. 成長促進剤の製造方法

3-1. 水溶液準備工程

まず、第1の水溶液を準備する。第1の水溶液とは、プラズマを照射する前の水溶液のことをいう。第1の水溶液は、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する。

20

【0053】

3-2. プラズマ照射工程

次に、成長促進剤製造装置PMによりプラズマ発生領域に発生させた大気圧プラズマを第1の水溶液に照射する。プラズマを照射する際における液面とプラズマ噴出口との間の距離は、例えば、3mmである。また、この距離は、例えば、0.1cm以上3cm以下の範囲内で変えてもよい。プラズマ発生領域におけるプラズマ密度は、 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲内である。そして、このプラズマにおけるプラズマ温度は、およそ1000K以上2500K以下の範囲内である。ただし、このプラズマ温度は、液面では、室温程度(300K程度)まで下げることができる。これらのプラズマ条件を表1に示す。これらの条件は、あくまで一例である。

30

【0054】

[表1]

条件	数値範囲	
液面 - 噴出口距離	0.1cm以上	3cm以下
プラズマ密度	$1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 以上	$1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下
プラズマ温度	1000K以上	2500K以下

【0055】

このように、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射することにより、第1の水溶液を第2の水溶液にする。この第2の水溶液は、稚魚の成長を促進する成長促進剤である。

【0056】

なお、本実施形態の成長促進剤を製造するためには、第2の水溶液における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $3.75 \times 10^{15} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{m l}^{-1}$ 以上 $3.75 \times 10^{18} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{m l}^{-1}$ 以下であるとよい。ここで、単位体積当たりのプラズマ密度時間積とは、(プラズマ密度) × (照射時間) / (第1の水溶液の体積)である。つまり、単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、単位体積当たりの第1の水溶液に照射されるプラズマ生成物の量である。

40

【0057】

4. 成長促進剤の効果

本実施形態の成長促進剤は、L-乳酸ナトリウムを含有する水溶液にプラズマを照射したものである。より具体的には、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウ

50

ムと、塩化カルシウムと、を含有する第1の水溶液に大気圧プラズマを照射したものである。この成長促進剤は、後述するように、稚魚の成長促進効果を有する。つまり、この成長促進剤を育成水に混入して育成した稚魚は、成長促進剤を育成水に混入させずに育成した稚魚よりも大きい。

#### 【0058】

5．成長促進剤を用いた魚類の生産方法（稚魚の成長促進方法）

5-1．水溶液準備工程

前述したように、水溶液準備工程では、L-乳酸ナトリウムと、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、を含有する第1の水溶液を準備する。

#### 【0059】

5-2．プラズマ照射工程

次に、プラズマ照射工程を実施する。前述したように、この工程では、第1の水溶液に大気圧プラズマを照射して第2の水溶液とする。

#### 【0060】

5-3．稚魚育成工程

次に、稚魚育成工程を実施する。この工程では、第2の水溶液を稚魚の育成水に添加して稚魚を育成する。このとき、稚魚育成工程では、稚魚の育成水の全体の体積に対して第2の水溶液を50倍以上10000倍以下の濃度で添加する。このように、稚魚の育成水における単位体積当たりのプラズマ密度時間積を $3.75 \times 10^{11} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $7.5 \times 10^{16} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下とする。この第2の水溶液の希釈率は、好ましくは、100倍以上1000倍以下である。また、もちろん、稚魚に別途エサを与える。

#### 【0061】

6．変形例

6-1．第3のプラズマ発生装置

成長促進剤を製造するにあたってプラズマ発生装置P30を用いてもよい。そのために、プラズマ発生装置P30によりプラズマ発生領域に発生させた大気圧プラズマを第1の水溶液に照射する。第1電極110を第1の水溶液の外に配置するとともに第2電極210を第1の水溶液の中に配置する。そして、第1電極110の筒形状部110aから第1の水溶液に向かってガスを照射する。そして、その状態で第1電極110と第2電極210との間に電圧を印加する。

#### 【0062】

6-2．第3のプラズマ発生装置の第1電極

本実施形態のプラズマ発生装置P30では、第1電極110の筒形状部110aは、円筒形状である。しかし、円筒形状に限らない。筒形状であれば、多角形状であってもよい。

#### 【0063】

6-3．冷凍工程

また、第2の水溶液を保存するために冷凍工程を実施してもよい。冷凍工程は、プラズマ照射工程の後であって稚魚育成工程の前に実施する。冷凍工程では、第2の水溶液を $-196$ 以上 $0$ 以下の範囲内で冷凍する。具体的には、冷凍庫に保存する。冷凍庫として例えば、生物実験用冷蔵庫（例えば、日本フリーザー株式会社製のバイオフィリーザーGS-5203KHC）を用いることができる。

#### 【0064】

この冷凍庫で冷凍した第2の水溶液の温度は、 $-28$ 以上 $-14$ 以下の範囲内である。また、第2の水溶液の温度は、この範囲に限らない。通常の冷凍温度であればよい。例えば、 $-196$ 以上 $0$ 以下の範囲内である。好ましくは、 $-196$ 以上 $-10$ °以下である。より好ましくは、 $-150$ 以上 $-20$ 以下である。さらに好ましくは、 $-80$ 以上 $30$ 以下である。

#### 【0065】

10

20

30

40

50

この冷凍工程をすることにより、成長促進剤を保存することができる。そのため、稚魚の育成水に添加する前に冷凍状態の成長促進剤を解凍すればよい。

【0066】

7. 本実施形態のまとめ

以上詳細に説明したように、本実施形態の成長促進剤は、L-乳酸ナトリウムを含む第1の水溶液にプラズマを照射したものである。この成長促進剤を魚類の育成水に投与すると、魚類の成長は促進される。

【実施例】

【0067】

1. 実験A (稚魚の成長促進効果)

10

1-1. 稚魚

本実験では、ゼブラフィッシュの稚魚を育成した。実験開始時におけるゼブラフィッシュの体長は3mm程度である。

【0068】

1-2. 成長促進剤の製造

本実験の成長促進剤は、ラクテック(登録商標)と同じ成分の水溶液にプラズマを照射した溶液(PAL: Plasma Activated Lactec (Lactecは登録商標))である。ラクテック(登録商標)は、塩化ナトリウムと、塩化カリウムと、塩化カルシウムと、L-乳酸ナトリウムと、を含有する。塩化ナトリウムの濃度は、6.0g/Lである。塩化カリウムの濃度は、0.3g/Lである。塩化カルシウム水和物の濃度は、0.2g/Lである。L-乳酸ナトリウムの濃度は、3.1g/Lである。

20

【0069】

プラズマ装置として、プラズマ発生装置P20もしくはプラズマ発生装置P30を用いた。プラズマの照射時間は、5分であった。ガスの種類としてアルゴンガスを用いた。プラズマ発生装置P20では、プラズマ発生領域と第1の水溶液との間の距離は、2mmであった。プラズマ発生装置P30では、第1電極110と第1の水溶液の液面LL1との間の距離は、6mmであった。プラズマ発生装置P20におけるプラズマ密度は、 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0070】

1-3. 成長促進剤の添加

30

図8に示すように、ゼブラフィッシュを10cmディッシュの中で飼育した。飼育に用いた育成水の体積は30mLであった。そして、この育成水に1日1回0.1mLの第2の水溶液(PAL)を投与した。つまり、第2の水溶液を300倍に薄めた。そして、この投与を3週間継続した。また、3週間継続してエサをゼブラフィッシュに与えた。そして、3週間後にゼブラフィッシュに麻酔をかけて体長を測定した。

【0071】

1-4. 実験結果

図9は、3週間飼育した後のゼブラフィッシュの体長を示すグラフである。図9の一番左側のデータは、第2の水溶液(PAL)を投与せずに3週間飼育したゼブラフィッシュの体長である。図9の左側から2番目のデータは、第1の水溶液(ラクテック(登録商標))を3週間投与したゼブラフィッシュの体長である。図9に左側から3番目のデータは、第3のプラズマ発生装置P30によりプラズマを照射した第2の水溶液(PAL)を3週間投与したゼブラフィッシュの体長である。図9の一番右側のデータは、第2のプラズマ発生装置P20によりプラズマを照射した第2の水溶液(PAL)を3週間投与したゼブラフィッシュの体長である。

40

【0072】

図9に示すように、第2の水溶液(PAL)を投与したゼブラフィッシュの体長は、第2の水溶液(PAL)を投与しなかったゼブラフィッシュの体長よりも大きい。また、プラズマを照射していない第1の水溶液(ラクテック(登録商標))を育成水に投与するかどうかによるゼブラフィッシュの体長の変化はほとんどない。そして、ゼブラフィッシュの

50

体長は、第2の水溶液(PAL)を製造するためのプラズマ発生装置の種類にはほとんど依存しない。

【0073】

図10は、第2の水溶液(PAL)を投与せずに3週間飼育したゼブラフィッシュを示す写真である。ゼブラフィッシュの体長は、 $4.9 \pm 0.2$  mmであった。図11は、第1の水溶液(ラクテック(登録商標))を3週間投与したゼブラフィッシュを示す写真である。ゼブラフィッシュの体長は、 $5.0 \pm 0.1$  mmであった。図12は、第3のプラズマ発生装置P30によりプラズマを照射した第2の水溶液(PAL)を3週間投与したゼブラフィッシュを示す写真である。ゼブラフィッシュの体長は、 $5.7 \pm 0.3$  mmであった。図13は、第2のプラズマ発生装置P20によりプラズマを照射した第2の水溶液(PAL)を3週間投与したゼブラフィッシュを示す写真である。ゼブラフィッシュの体長は、 $5.6 \pm 0.1$  mmであった。

10

【0074】

以上説明したように、ラクテック(登録商標)にプラズマを照射した第2の水溶液(PAL)を魚類の飼育液に投与すると、魚類の成長は促進される。

【0075】

2. 単位体積当たりのプラズマ密度時間積

プラズマの照射量としてプラズマ密度時間積を用いる。プラズマ密度時間積は、プラズマ密度と照射時間との積である。プラズマ密度時間積は、プラズマを照射した量を表している。また、単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、第2の水溶液(PAL)の単位体積当たりに照射されたプラズマ生成物の量を表している。

20

【0076】

ここで、プラズマ発生装置P20におけるプラズマ密度は、 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。プラズマ照射時間は300 secである。第1の水溶液の体積は8 mlである。したがって、第2の水溶液(PAL)における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $7.5 \times 10^{17} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ である。そして、育成水においては、300倍に薄めて使用する。そのため、育成水における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $2.5 \times 10^{15} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ である。

【0077】

ここで、第2の水溶液(PAL)については、育成水に対して50倍以上10000倍以下に薄めてよい。その場合には、育成水における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $7.5 \times 10^{13} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $1.5 \times 10^{16} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下である。また、第2の水溶液(PAL)については、育成水に対して100倍以上1000倍以下に薄めるとなおよい。その場合には、育成水における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $7.5 \times 10^{14} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $7.5 \times 10^{15} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下である。

30

【0078】

また、第1の実施形態で説明したように、第2の水溶液における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $3.75 \times 10^{15} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $3.75 \times 10^{18} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下であるとよい。この場合に、育成水に対して50倍以上10000倍以下に薄める場合を考える。この場合には、育成水における単位体積当たりのプラズマ密度時間積は、 $3.75 \times 10^{11} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以上 $7.5 \times 10^{16} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{ml}^{-1}$ 以下である。

40

【符号の説明】

【0079】

P1... プラズマ照射装置

M1... ロボットアーム

PM... 成長促進剤製造装置

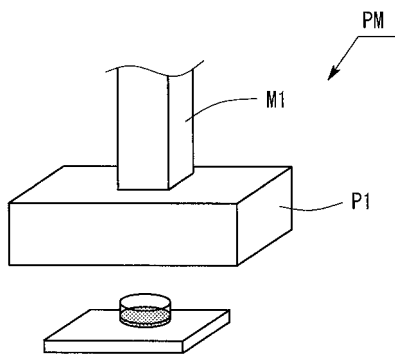
P10、P20、P30... プラズマ発生装置

10、11... 筐体部

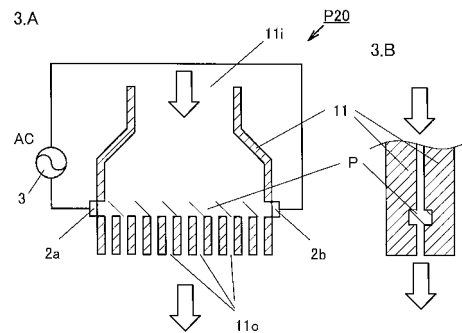
50

- 10i、11i ... ガス導入口
- 10o、11o ... ガス噴出口
- 2a、2b ... 電極
- P ... プラズマ領域
- H ... 凹部（ホロー）
- 110 ... 第1電極
- 120 ... 第1の電位付与部
- 130 ... 第1のリード線
- 140 ... ガス供給部
- 150 ... ガス管結合コネクタ
- 160 ... ガス管
- 170 ... 第1電極保護部材
- 210 ... 第2電極
- 220 ... 第2の電位付与部
- 230 ... 第2のリード線
- 240 ... 第2電極保護部材
- 250 ... 容器
- 260 ... 封止部材
- 270 ... 架台

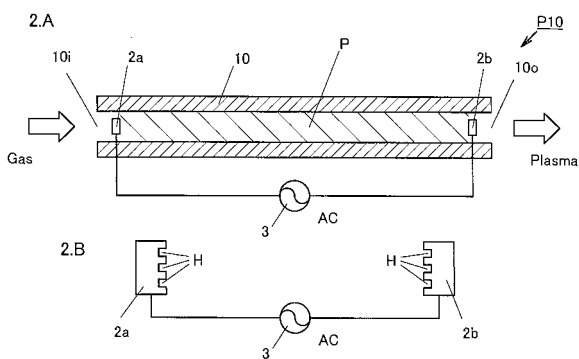
【図1】



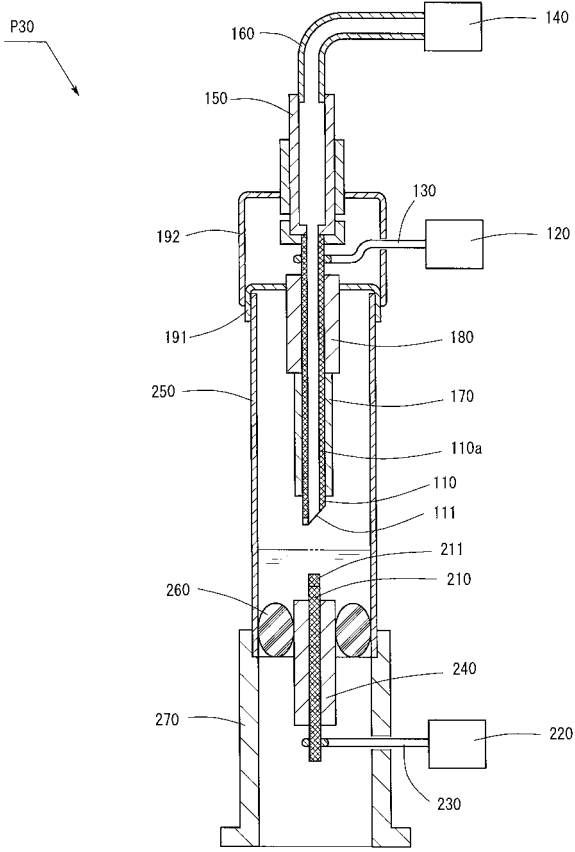
【図3】



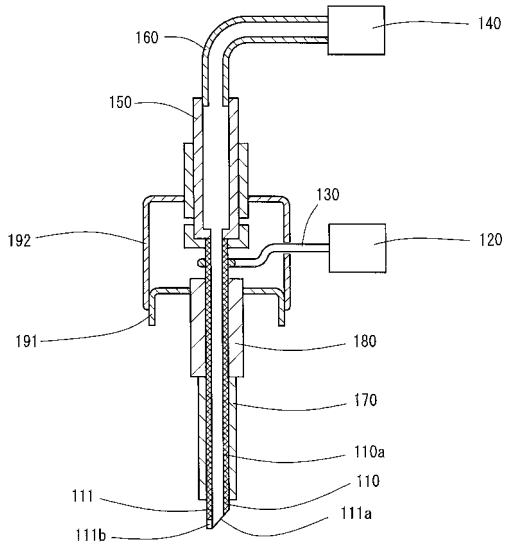
【図2】



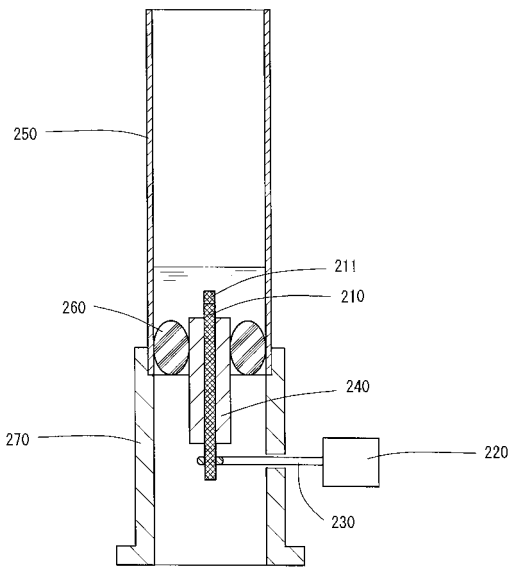
【 図 4 】



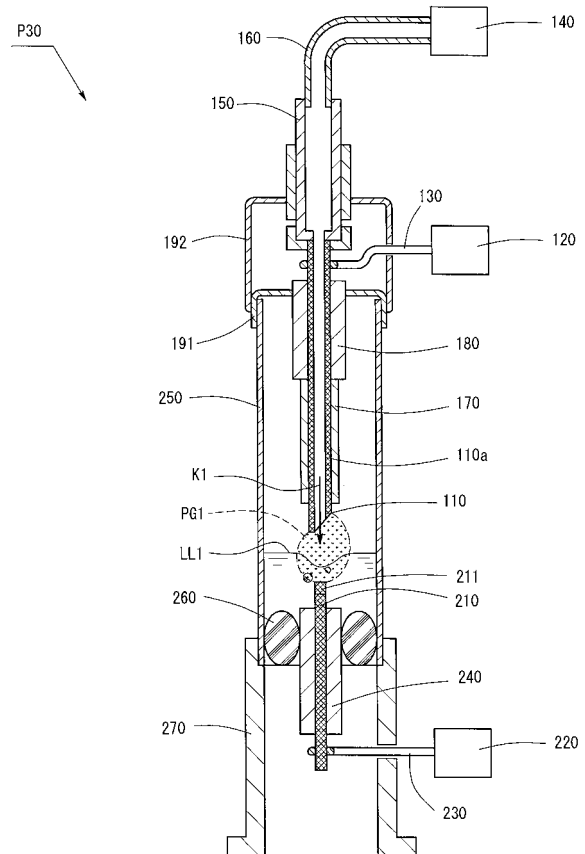
【 図 5 】



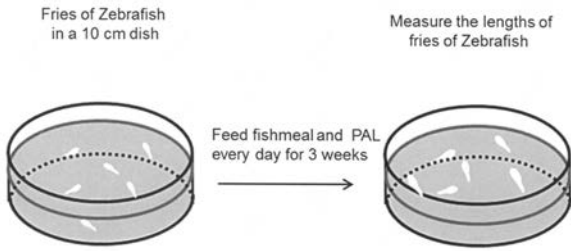
【 図 6 】



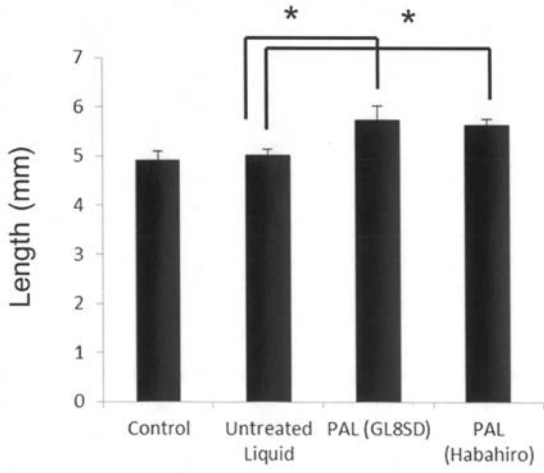
【 図 7 】



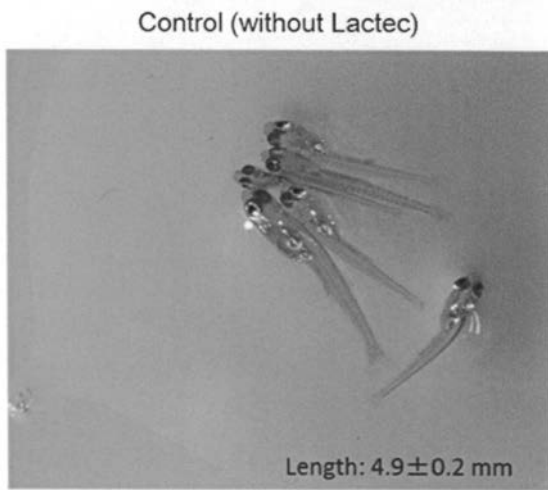
【 図 8 】



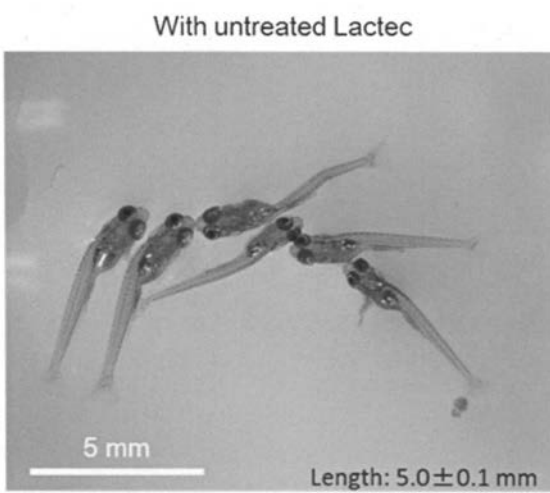
【 図 9 】



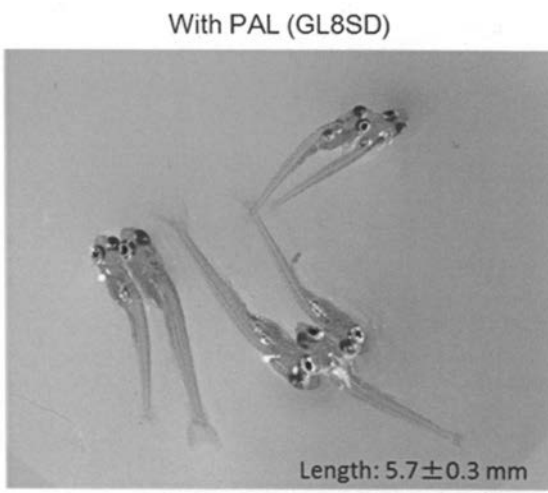
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】

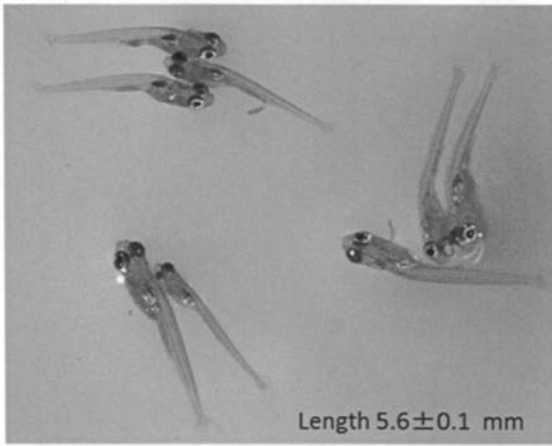


【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

With PAL (Habahiro)





## フロントページの続き

- (72)発明者 秋山 真一  
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 丸山 彰一  
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 吉川 史隆  
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 田中 宏昌  
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 加納 浩之  
愛知県みよし市黒笹いずみ2丁目3番地8 NUエコ・エンジニアリング株式会社内
- Fターム(参考) 2B104 AA01 BA06 BA08  
2G084 BB01 BB02 CC03 CC18 CC32 CC34 CC35 DD12 DD17 DD21  
DD63 GG02 GG04 GG12 GG13 GG14 GG30