

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5883103号
(P5883103)

(45) 発行日 平成28年3月9日(2016.3.9)

(24) 登録日 平成28年2月12日(2016.2.12)

| | |
|-----------------------------|-------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| BO1F 3/04 (2006.01) | BO1F 3/04 Z |
| BO1F 11/02 (2006.01) | BO1F 11/02 |
| BO1F 1/00 (2006.01) | BO1F 1/00 A |

請求項の数 2 (全 14 頁)

| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2014-205672 (P2014-205672) | (73) 特許権者 | 505433622 株式会社かがやき 京都府京都市中京区三条通烏丸東入る梅忠町2番地 |
| (22) 出願日 | 平成26年10月6日(2014.10.6) | (74) 代理人 | 100085338 弁理士 赤澤 一博 |
| (62) 分割の表示 | 特願2013-109335 (P2013-109335) の分割 | (74) 代理人 | 100148910 弁理士 宮澤 岳志 |
| 原出願日 | 平成25年5月7日(2013.5.7) | (72) 発明者 | 増田 光亮 京都市中京区三条通烏丸東入る梅忠町2番地 株式会社かがやき内 |
| (65) 公開番号 | 特開2015-27677 (P2015-27677A) | 審査官 | ▲高▼藤 啓 |
| (43) 公開日 | 平成27年2月12日(2015.2.12) | | |
| 審査請求日 | 平成26年10月6日(2014.10.6) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノバブルの製造方法及びナノバブル製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

可撓性を有する容器内に水及び空気を封入する封入工程と、
前記封入工程を経た前記容器を挟み込み装置により挟み込むことにより前記容器の内部を加圧する加圧工程と、
前記挟み込み装置によって前記容器を挟み込んだ状態で前記挟み込み装置ごと前記容器を振とうし、前記挟み込み装置による挟み込みを解除して前記容器内を過飽和溶解状態とする過飽和溶解状態生成工程と、
前記挟み込み装置による挟み込みが解除された前記容器に対し超音波照射を行う超音波照射工程とを有しているナノバブルの製造方法であって、
前記超音波照射工程が、水槽を有しこの水槽内に超音波を照射し得る超音波照射手段により、前記挟み込み装置による挟み込みが解除された前記容器を前記水槽内に配置して行われるものであるナノバブルの製造方法。

【請求項2】

請求項1に記載のナノバブルの製造方法に用いられるナノバブル製造装置であって、水及び空気を封入した容器を加圧する加圧手段と、前記加圧手段により加圧された前記容器内を過飽和溶解状態とする過飽和溶解状態生成手段と、水槽を有しこの水槽内に配置された前記過飽和溶解状態を経た前記容器に対し超音波を照射する超音波照射手段とを具備し、前記容器が可撓性を有するものであり、前記加圧手段が前記可撓性を有する容器を挟圧し容積を減少させ得る挟み込み装置であることを特徴とするナノバブル製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液体内に極微細な気泡であるナノバブルを製造する方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の粒径を持つ気泡、すなわち「ナノバブル」が、医療、水産業、農業、エネルギー産業といった様々な業界の注目を集めている。酸素ナノバブルについては、淡水魚と海水魚の共存を可能にするなど、生物活性作用を持つことが認められており、またオゾンナノバブルについては、生牡蠣に代表される各種生鮮食料品の効果的な殺菌が可能となることが確認されている。窒素ナノバブルを利用することで、遠洋にて釣り上げられた魚の酸化、腐敗を遅らせ、新鮮なまま港に運ぶ技術も確立されている。更に、燃料液体中に水のナノバブル（水の微少な粒）を混入させ、燃焼時にナノバブルが急激に蒸発膨張することを利用して、燃料の燃焼効果を増大させる、いわゆるエマルジョン燃料技術も脚光を浴びている。このほかにもナノバブルを用いた半導体素子の洗浄や、空気ナノバブルによる有害物質の分解・無毒化など、その利用・応用方法については枚挙に暇が無く、今後、ナノバブルの利用方法がさらなる発展を遂げることは想像に難くない。

【0003】

多岐にわたるナノバブル利用法の中で、特に生物活性効果は、医療分野における注目を浴びており、医学界との連携をとりつつ、現在精力的な研究がすすめられている。必要とするナノバブル水は、生体試料に添加するにしても、あるいは被験者の飲用に利用するにしても、たかだか $500\ \text{cc}$ 程度で十分である。既存の技術は、 $500\ \text{cc}$ どころか、 $10\ \text{L}$ 程度の大量の水を一気に処理する力を持つが、その反面、多くの問題点をもっている。

【0004】

ナノバブルを生成するためには、まず $1\ \mu\text{m}$ 以上の粒径をもつマイクロバブルを形成する必要がある。このマイクロバブルをなにがしかの方法で、細かく砕く、あるいは圧縮することにより、ナノバブルを生み出すことができる（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

マイクロバブルを生成するためにはこれまで、渦流ポンプに代表される水ポンプに気体と液体を送り込み、両者を混合するとともに、数気圧まで加圧することで、過飽和溶解状態を作ることが肝要とされてきた。こうして気体が過飽和溶解した液体を、（1）大気圧下の水槽中に開放する、（2）円筒中に放出・回転させ渦を作り、負圧領域を生成する、（3）微細気泡をもつノズルから放出する、などの方法をとることで、マイクロバブルを生成する。その後、超音波等による圧縮（圧壊）、オリフィス等によるせん断、あるいは前記（2）の渦によって生まれる圧力勾配を利用したせん断などを通じて、微細化し、ナノバブル化するのである。

【0006】

したがって、既存の何れの方法も、まずは水ポンプにて気体と液体とを混合し、圧縮することが前提となる。気体の取り込み速度は、どのような機材も通常1分間あたり数 $100\ \text{cc}$ であり、 $10\ \text{L}$ 程度の液体を処理する際の時間が10分のオーダーであることを考えると、消費される気体が1気圧換算で数 L になることが理解できる。つまり、液体 $1\ \text{L}$ につき、同じく $1\ \text{L}$ 程度の気体が必要ということである。その一方で、実際にナノバブルになる気体の総量は、液体 $1\ \text{L}$ あたり $1\ \text{cc}$ にも満たず、実に99%以上の原料気体が、そのまま廃棄されているのである。ナノバブル化されなかった原料気体を、再度ポンプに送り込む仕組みを作るとは可能であるが、水素、メタンといった爆発性気体を対象とする場合、装置操作中の換気は避けられず、安全面から、こうした操作を行うことは難しいといえる。また水ポンプは、通常数 $10\ \text{kg}$ 程度の質量をもち、駆動する際は、 $200\ \text{V}$ の三相電源を要求することが多い。結果として装置全体は、大きく、重たく、そして高価

10

20

30

40

50

となり、その相場は500万円から1000万円となっている。

【0007】

ところで上記した爆発性の水素を溶かした水、すなわち水素水が、人体内の活性酸素種のうち、もっとも有害とされるヒドロキシラジカルのみを選択的に還元消去できることが確認されており、水素水は、現在、医療機関における精力的な研究対象となっている。先ほど述べたように、酸素ナノバブルの生体活性効果が確認されているという背景から、ナノバブル化した水素を含む水素水が、医療的な注目を集めつつある。しかし上記した理由により、水素のナノバブルは、特別な技術をもつ工場にて、細心の注意を払って生成する必要があり、一般家庭、或いは医療現場において水素ナノバブル水の含まれた水素水を利用するためには、工場にて生成された水を宅配で送ってもらう以外に手が無いのが現状である。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許第4144669号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上述したような不具合に着目したものであり、本発明の所期の目的は、飲用として利用するに十分な量である500cc程度のナノバブル水を、高価な装置、多大な電力、そして危険性を伴うことなく、容易に生成する技術を提供する、またナノバブルの濃度として、既存の高価な装置と同程度、もしくはそれ以上を実現することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、このような目的を達成するために、次のような手段を講じたものである。

【0011】

すなわち請求項1に記載の発明は、可撓性を有する容器内に水及び空気を封入する封入工程と、前記封入工程を経た前記容器を挟み込み装置により挟み込むことにより前記容器の内部を加圧する加圧工程と、前記挟み込み装置によって前記容器を挟み込んだ状態で前記挟み込み装置ごと前記容器を振とうし、前記挟み込み装置による挟み込みを解除して前記容器内を過飽和溶解状態とする過飽和溶解状態生成工程と、前記挟み込み装置による挟み込みが解除された前記容器に対し超音波照射を行う超音波照射工程とを有しているナノバブルの製造方法であって、前記超音波照射工程が、水槽内に超音波を照射し得る超音波照射手段により、前記挟み込み装置による挟み込みが解除された前記容器を前記水槽内に配置して行われるものであるナノバブルの製造方法である。

30

【0012】

このようなものであれば、加圧状態を実現し得る容器と超音波を照射し得る手段さえあれば、一度容器に封入した気体を途中で開放することなくナノバブルを製造することができる。これにより、簡素な設備や資材を用いつつ、気体の取り扱いも容易にナノバブルが製造できる。その結果、所望量のナノバブル含有液を所要時に容易に入手することができる。

40

【0013】

請求項2に係る発明は、請求項1に記載のナノバブルの製造方法に用いられるナノバブル製造装置であって、水及び空気を封入した容器を加圧する加圧手段と、前記加圧手段により加圧された前記容器内を過飽和溶解状態とする過飽和溶解状態生成手段と、水槽を有しこの水槽内に配置された前記過飽和溶解状態を経た前記容器に対し超音波を照射する超音波照射手段とを具備し、前記容器が可撓性を有するものであり、前記加圧手段が前記可撓性を有する容器を挟圧し容積を減少させ得る挟み込み装置であることを特徴とするナノバブル製造装置である。

【0014】

50

【 0 0 1 5 】

【 0 0 1 6 】

【 0 0 1 7 】

【 0 0 1 8 】

【 0 0 1 9 】

【 0 0 2 0 】

【 0 0 2 1 】

【 0 0 2 2 】

【 0 0 2 3 】

【 発明の効果 】

10

【 0 0 2 4 】

本発明によれば、簡素な設備や資材を用いつつ、気体の取り扱いも容易にナノバブルが製造できる。その結果、所望量のナノバブル含有液を所要時に容易に入手することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 5 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る工程説明図。

【 図 2 】 同実施形態の要部を示す説明図。

【 図 3 】 同要部を示す説明図。

【 図 4 】 同実施形態の一工程を示す工程説明図。

20

【 図 5 】 同実施形態の一工程を示す他の工程説明図。

【 図 6 】 同実施形態の要部を示す説明図。

【 図 7 】 同実施形態の参考例の一工程を示す工程説明図。

【 図 8 】 本発明の実施例に係るナノバブルの粒径及び濃度を示すグラフ。

【 図 9 】 同上。

【 図 1 0 】 本発明の参考例に係るナノバブルの粒径及び頻度を示すグラフ。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 6 】

以下、本発明の一実施の形態について図面を参照して説明する。

【 0 0 2 7 】

30

本実施形態に係るナノバブル n b の製造方法は、容器 2 内に液体 6 及び気体 7 を封入する封入工程 S 1 と、封入工程 S 1 にある前記容器 2 内の液体 6 及び気体 7 を加圧する加圧工程 S 2 と、加圧工程 S 2 にある前記容器 2 内を過飽和溶解状態 P とする過飽和溶解状態生成工程 S 3 と、前記容器 2 に対し超音波により超音波照射を行う超音波照射工程 S 4 とを有していることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

そして本実施形態では、かかる製造方法をナノバブル製造装置 1 により実現している。このナノバブル製造装置 1 は、液体 6 及び気体 7 を封入した容器 2 を加圧する加圧手段たる挟み込み装置 3 と、前記加圧手段により加圧された前記容器 2 内を過飽和溶解状態 P とする過飽和溶解状態生成手段と、前記過飽和溶解状態 P を経た前記容器 2 に対し超音波を照射する超音波照射手段 4 とを具備することを特徴とする。

40

【 0 0 2 9 】

容器 2 は、図 1、図 2、図 4 ~ 図 7 に示すように、ポリエチレンテレフタレート製の一体成形品である容器本体 2 0 と、この容器本体 2 0 の注ぎ口を閉止するための蓋 2 1 とを有する、いわゆるペットボトルとしている。本実施形態では容器本体 2 0 が透明であり、容量が 5 0 0 m l 程度であるものを図示している。もちろんこの容器本体 2 0 はある程度の可撓性を有することにより、容積を小さくすることが可能である。

【 0 0 3 0 】

また本実施形態の参考例としては、気体 7 として水素 7 2 や酸素 7 3 を用いたい場合には、図 1 及び図 7 に示す発泡手段 5 を適用することができる。発泡手段 5 は、所望の気体

50

7を放出し得る発泡性物質たる発泡剤51と、発泡剤51を収容する試験管52と、試験管52の開口に取りつけられた逆止弁53とを有している。つまり本実施形態の発泡手段5は、試験管52外に所望の気体7を放出しつつ、試験管52内に不要に液体6が流入する不具合を回避し得る構成をなす。

【0031】

挟み込み装置3は、図1、図3及び図4に示すように、上記容器2を挟み込むことで容器2内を加圧するためのものである。この挟み込み装置3は、本実施形態では対をなす棒状のバー31と、これらバー31の一端同士を蝶着するヒンジ32と、バー31においてヒンジ32から所定距離離間した箇所に取りつけられたストッパ33とを有している。この挟み込み装置3は図4に示すように、対をなすバー31により容器2を挟み込み、ストッパ33同士を接続することにより容器2内を加圧する。また後に詳述するが、本実施形態ではこの挟み込み装置3により容器2を加圧した状態で容器2を往復振とうする振とう手段として用いることにより、容器2内を過飽和溶解状態Pとする。つまりかかる挟み込み装置3は上記の加圧手段のみならず、本実施形態では過飽和溶解状態生成手段としての役割も担っている。また、挟み込み装置3を振とう手段として機能させる際の振とうスピードを、本実施形態では1秒間に3～5往復程度としている。

10

【0032】

超音波照射手段4は、一般に超音波洗浄機と称されるもので、水槽内に超音波を照射することにより水槽内に配置した容器2に超音波を照射し得るものである。本実施形態ではかかる超音波照射手段4から照射される超音波の周波数を、例えば28kHz～100kHzに設定している。またこの超音波照射手段4は、超音波を照射する時間や超音波の強度を変更し得るものとなっているが、かかる構成に関しては既存の種々の構成を適用し得るため、詳細な説明を省略する。

20

【0033】

しかして本実施形態では、上記のナノバブル製造装置1により、空気71のナノバブルnbのみならず、酸素73や水素72のナノバブルnbを高濃度で含んだ水60を、所望のときに所望量だけ容易に得ることができる。以下に、本実施形態に係るナノバブルnbの製造方法に係る各工程及び手順について説明する。

【0034】

まず封入工程S1において、容器2に液体6及び気体7を封入する。本実施形態では液体6として専らミネラルウォーター等の水60を用いているが、もちろん蒸留水や他の液体6であっても良い。また気体7として空気71を適用する場合は、容器2内に空気71が50ml程度含まれるよう水60を入れ、容器本体20に蓋21を取りつけて封入する。

30

【0035】

そして図1及び図7に示すように、本実施形態に係る封入工程S1の参考例としては、容器2内に液体6とともに入れた発泡性物質を発泡させる手順、つまり発泡手段5を挿入する工程としても良い。すなわち、例えば酸素73や水素72といった空気71以外の気体7を用いてナノバブルnbを製造することができる。酸素73や水素72を放出し得る発泡性物質としては、過炭酸ナトリウム、金属マグネシウム、水素化マグネシウム等をあげることができる。

40

【0036】

加圧工程S2では、挟み込み装置3を用いて容器2を挟み込み凹ませる。これにより、容器2内の気圧が大気圧から例えば4気圧程度に上昇させる。また上記発泡手段5を用いた場合は、発泡後に挟み込み装置3にて加圧するのではなく、挟み込み装置3にて予め容器2の容量を減らした状態で発泡をさせるのが好ましい。こうすることで、後に挟み込み装置3より容器2を取り外した際、容器2内の圧力を大気圧程度まで減圧せしめ、過飽和状態Pを実現することが容易となる。

【0037】

過飽和溶解状態生成工程S3は、前記加圧工程S2を経た、換言すれば挟み込み装置3

50

によって容器 2 を挟み込んだ状態で挟み込み装置 3 ごと前記容器 2 を振とうさせる工程である。当該過飽和溶解状態生成工程 S 3 を経ることにより、容器 2 内の過飽和溶解状態 P が実現される。

【 0 0 3 8 】

前記超音波照射工程 S 4 では、過飽和溶解状態生成工程 S 3 を経た前記容器 2 を挟み込み装置 3 から取り外して速やかに超音波照射手段 4 にセットし、超音波を照射する工程である。ここで、挟み込み装置 3 から取り外された前記容器 2 内の気圧は大気圧に戻るが、過飽和溶解状態 P は、10 分程度の一定時間維持される。その間に超音波照射工程 S 4 を実行する。そして当該超音波照射工程 S 4 では図 1 に示すように、まず容器 2 内にマイクロバブル m b を生成するマイクロバブル形成工程 S 4 1 が実現される。すなわち容器 2 内に白濁が確認され、この白濁が、直径 1 μ m 以上の粒径を有するマイクロバブル m b である。しかしてさらに超音波照射を続けると、前記白濁が消失していく。このとき容器 2 内のマイクロバブル m b が圧壊されナノバブル n b が形成されるナノバブル形成工程 S 4 2 が実現される。

10

【 0 0 3 9 】

ここで、本実施形態では、前記加圧工程 S 2、前記過飽和溶解状態生成工程 S 3 及び前記超音波照射工程 S 4 を複数回、例えば 10 回程度繰り返し行うことにより、より多くのナノバブル n b を得るようにしている。

【 0 0 4 0 】

以上のようにすることにより、本実施形態に係るナノバブル n b の製造方法によれば、加圧状態を実現し得る容器 2 と超音波を照射し得る手段を用いるのみで、一度容器 2 に封入した気体 7 を途中で開放することなくナノバブル n b を製造することを実現している。これにより、簡素な設備や資材を用いつつ、気体 7 の取り扱いも容易にナノバブル n b が製造できる。その結果、気体 7 のロスも回避しつつ所望量のナノバブル n b 含有液を所要時に容易に入手することを実現している。

20

【 0 0 4 1 】

加圧工程 S 2 を容易に行い得るようするために本実施形態では、可撓性を有する容器 2 としてペットボトルを用い、このペットボトルを挟み込む工程としている。上記加圧工程 S 2 を適用することにより、空気 7 1 によるナノバブル n b を容易に製造することが実現される。

30

【 0 0 4 2 】

さらに、空気 7 1 以外のナノバブル n b を製造するために用い得る有効な方法として本実施形態では、封入工程 S 1 として、容器 2 内に液体 6 とともに入れた発泡性物質たる発泡剤 5 1 を発泡させる手順も適用できるようにしている。かかる手順を用いることにより空気 7 1 のみならず、例えば水素 7 2 や酸素 7 3 からなるナノバブル n b をも容易に製造することが実現される。

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態ではナノバブル n b を製造するために容器 2 内の液体 6 及び気体 7 を過飽和溶解状態 P とする。この過飽和溶解状態生成工程 S 3 を、前記加圧工程 S 2 を経た前記容器 2 を振とうさせる工程とすることにより、過飽和溶解状態 P を容易に実現している。本実施形態ではこのときの振とうスピードを、1 秒間に 3 ~ 5 往復程度とすることにより、より効率的に過飽和溶解状態 P を実現している。

40

【 0 0 4 4 】

さらに本実施形態では、超音波照射工程 S 4 を、マイクロバブル m b が生成された後、さらにこのマイクロバブル m b が圧壊されるまで継続して行うことにより、ナノバブル n b を効率よく生成している。換言すれば、前記超音波照射工程 S 4 が、前記容器 2 内にマイクロバブル m b を生成するマイクロバブル形成工程 S 4 1 と、このマイクロバブル m b を圧壊しナノバブル n b を形成するナノバブル形成工程 S 4 2 とを有するようにした。

【 0 0 4 5 】

特に本実施形態では、液体 6 内にナノバブル n b がより多く形成されるようするため

50

に、前記加圧工程 S 2、前記過飽和溶解状態生成工程 S 3 及び前記超音波照射工程 S 4 を複数回、例えば 10 回程度繰り返し行うようにしている。

【0046】

そして、上述したナノバブル nb の製造方法を実現するためのナノバブル製造装置 1 は、液体 6 及び気体 7 を封入した容器 2 を加圧する加圧手段である挟み込み装置 3 と、前記挟み込み装置 3 により加圧された前記容器 2 内を過飽和溶解状態 P とする過飽和溶解状態生成手段としての挟み込み装置 3 ごと容器 2 を振とうした後、前記過飽和溶解状態 P にある前記容器 2 に対し超音波を照射する超音波照射手段 4 とを具備するという簡素な構成により実現している。

【0047】

前記加圧手段を簡素に構成するために本実施形態は、前記容器 2 が可撓性を有するものとし、前記加圧手段を前記可撓性を有する容器 2 を挟圧し容積を減少させ得る挟み込み装置 3 を適用している。

【0048】

上記加圧手段つまり挟み込み装置 3 に挟み込んで容易且つ有効に加圧し得る容器 2 の一例としては、容量が 500 ml 程度の市販の飲料の容器 2 として使用されているペットボトルを用いている。つまり入手も容易なものを容器 2 として適用することで、より簡便にナノバブル nb を生成することができる。

【0049】

以上、本発明の実施形態について説明したが、各部の具体的な構成は、上述した実施形態のみに限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【0050】

超音波照射手段による照射時間や加圧する強度といった具体的な態様は上記実施形態のものに限定されることはなく、既存のものを含め、種々の態様のものを適用することができる。

【0051】

その他、各部の具体的な構成についても上記実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【実施例】

【0052】

以下に、本発明の各実施例について詳述する。なお以下の各実施例は本発明を何ら限定するものではない。

【0053】

< 実施例 1：大気を用いてナノバブルを形成する方法 >

炭酸飲料用のペットボトルにミネラルウォーターを注ぎ、図 1 及び図 2 のように 50 cc 程度空気をいれた状態で、蓋を閉める。続いて、図 3 に示すように蝶番と二つの棒からなる挟み込み装置で、図 4 のようにペットボトルを挟み込み、ペットボトル内の大気の大要領が 10 cc 程度になるようにする。これにより、ペットボトル内の圧力が 3 ~ 4 気圧にまで上昇する。

【0054】

続いて挟み込み装置を下に向け、ペットボトルの先端部と底部が円弧を描くように左右に回転させる。1 秒間に 3 ~ 5 回往復程度の速さで左右にペットボトルを振とうさせ、この動作を 10 秒程度続けると、ペットボトル内のミネラルウォーターに、空気が過飽和溶解状態で溶解することになる。これはヘンリーの法則に従って、空気の溶解度が増大したことによる。

【0055】

そして挟み込み装置からペットボトルを取り外すと、ペットボトル内の圧力が大気圧に戻るが、ミネラルウォーターに溶けた空気は、しばらくの間、過飽和溶解状態を維持する。この状態で、図 5 のようにペットボトルを超音波洗浄機に入れる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

ここで、1、2秒の間超音波を照射すると、図6のように超音波によって液体中に溶解していた大気がマイクロバブルとなって、一気に放出し始める。この様子は、ペットボトル内の液体が白濁することから容易に確認ができる。同図は、超音波洗浄機からペットボトルを取り出し、白濁の状況を図示したものである。

【 0 0 5 7 】

ペットボトル内の液体が白濁したのを確認したら、超音波を再度10秒程度照射する。そうすると、マイクロバブルが超音波によって圧壊され、図1のように、ミネラルウォーターが徐々に透明になっていくのが確認される。このとき、ナノバブルが形成されることになる。

10

【 0 0 5 8 】

マイクロバブルは負のゼータ電位をもつことが知られており、ミネラルウォーター内のカルシウムイオン、マグネシウムイオンなどの各種イオンはマイクロバブル表面にひきつけられている。マイクロバブルを超音波によって急激に圧壊すると、これらのイオンは液体中に逃げ出すことが出来ず、マイクロバブルの表面にひきつけられたまま、圧縮していく。これによりsolting-out現象が起こり、ナノバブルが安定化する。これは、特許第4144669号公報(ナノバブルの製造方法)に指摘されている通りである。

【 0 0 5 9 】

超音波照射を行うと、マイクロバブル、ナノバブルが形成されると同時に、液体からの脱気が起こり、過飽和が維持できなくなる。そのため、超音波を再度照射しても、マイクロバブルによる白濁が生じなくなる。しかしながら、図3の挟み込み装置でペットボトルを再度挟み込み、内圧を上昇させ、左右の回転振とうを行えば、気体の過飽和溶解状態を容易に復帰することができる。挟み込み操作、超音波によるマイクロバブルの発生、ナノバブルの形成を繰り返すことで、ナノバブル濃度を上昇させることができる。

20

【 0 0 6 0 】

実際にナノバブルが発生したかどうかを確認するために、光散乱法を利用したナノ粒子測定装置(NanoSight LM-20)による測定を行った。まず原料水であるミネラルウォーター(商品名vittel、カルシウム94mg/l、マグネシウム20mg/l)について測定を行ったところ、ナノバブルは全く検出されなかった。なお、ミネラルウォーターは、各種のフィルターを通してボトリングされているため、コンタミと呼ばれる小さなゴミが少なく、サンプルとして良好である。

30

【 0 0 6 1 】

次に上記の操作を1回だけ行って測定をしたところ、図8に示すように、粒径96nmに頻度のピークをもつ空気ナノバブルが、1ccあたり3000万個形成されたことが確認された。

【 0 0 6 2 】

上記の操作を10回行った後、ナノバブルの粒径頻度、濃度を測定した結果を図9に示す。粒径138nmに頻度のピークをもつ空気ナノバブルが、1ccあたり1.9億個形成されたことがわかる。この値は、高圧ポンプを利用した各種のナノバブル製造装置が生成できるナノバブル濃度と同程度か、もしくはそれ以上である。

40

【 0 0 6 3 】

ここで本実施例に対応する比較例としてあげられるものとして述べる。IDEC社のnanoGALFが発生できるナノバブルは、1億個/ccとされている。またLigatic社(旧協和機設)のバヴィダスも、同じくナノバブル総数1億個/ccとされている。現時点で最も濃度の高いナノバブルは、NANO X社のnanoQuickによって達成されている7億個/ccであるが、今回のペットボトルによって発生させたナノバブル濃度1.9億個/ccとさほど変わらない濃度といえる。ちなみに、これらの製品の値段は、何れも500万円から1000万円程度である。また上記した測定は、全てNanoSightによっておこなわれている。(参考http://www.idec.com/jpja/news_and_events/press_release/10/PR110105.html、<http://www.ligatec.co.jp/data.php>、

50

jp/nanobubble/)

なお、今回ペットボトルにて発生させたナノバブルの粒径の頻度は、138 nmにピークをもつが、100 nm以下の極めて微細なナノバブルも形成されていることがわかる。

【0064】

<参考例2：大気以外の特定の気体をナノバブルにする方法1>

ここでは、気体として水素を例にとって説明をする。水素を高濃度に溶解させた水（水素水）を生成する方法として、特許第4652479号公報（生体適用液への選択的水素添加器具）が存在する。この方法では、ペットボトルをミネラルウォーターで満たした後、図7のように水素発生剤を封入したチェックバルブ付きのプラスチック製試験管をいれ、蓋を閉じる。

【0065】

ところで、この状態から数分すると、水素発生剤から発した水素が徐々にペットボトル内にたまり、同時に内圧が4気圧程度にまで上昇する。この状態でペットボトルを手に取り、左右に振とうさせることで水素の過飽和溶解状態を作ることが出来る。1気圧での水素の過飽和度は1.6 ppmだが、圧力が高まっているため、ヘンリーの法則により、5 ppmまで水素を溶解させることが可能である。

【0066】

しかして本参考例では、水素が単に溶解しているのではなく、水素のナノバブルを形成するのが目的である。そのため、ペットボトルをあらかじめ図3の挟み込み装置に挟んだ状態で、換言すれば、ペットボトルの容量が予め500 ccより少なくするように調整して、ミネラルウォーターを満たす。そこに水素発生剤を入れたチェックバルブ付き試験管をいれ、蓋をしめる。数分すると、上記したと同じ現象が起こり、ペットボトル内に水素がたまると同時に、内圧が4気圧程度にまで上昇する。

【0067】

この状態で、挟み込み装置を下にむけて、左右に回転振とうすることで、水素がミネラルウォーターに過飽和溶解状態で溶解することになる。

【0068】

この状態で、挟み込み装置からペットボトルを外すと、ペットボトルの容積が増えるため、ペットボトルの内圧が大気圧程度にまで下がる。一方、空気を用いた実験と同様、水素の過飽和溶解状態は維持されている。

【0069】

ここで、ペットボトルを超音波洗浄機に入れ、1、2秒の間超音波を照射すると、超音波によってミネラルウォーターに溶解していた水素がマイクロバブルとなって、一気に放出しはじめる。この様子は、ペットボトル内の液体が白濁することから容易に確認ができる。ペットボトル内の液体が白濁したのを確認したら、超音波を再度10秒程度照射する。そうすると、マイクロバブルが超音波によって圧壊され、液体が透明になるのが、確認される。このとき、ナノバブルが形成されることになる。

【0070】

超音波の照射によって、マイクロバブル、ナノバブルが生成されると同時に、脱気が起こり、水素の過飽和溶解状態が維持できなくなる。しかしながら、挟み込み装置でペットボトルを挟み込むことで、再度内圧を上昇させ、左右の回転振とうを行えば、いつでも過飽和溶解状態を取り戻すことができる。この操作と、超音波によるマイクロバブルの発生、ナノバブルの形成を繰り返すことで、ナノバブル濃度を上昇させていくことができる。

【0071】

実際に上記の操作を10回行った後、光散乱法を利用したナノ粒子測定装置（NanoSight LM-20）をつかってナノバブルの粒径、濃度を測定した結果、図10に示すように、粒径176 nmに頻度のピークをもつ水素ナノバブルが1 ccあたり3.1億個形成されたことがわかった。上記操作が1回の場合、ナノバブル濃度は空気の場合と同様で数千万個/ccであった。操作を繰り返すことにより、水素ナノバブルの濃度を少なくとも3.1億個/ccまで上昇できることが確認された。粒径の頻度は、176 nmにピークを持つ

10

20

30

40

50

が、100nm以下の極めて微細なナノバブルも形成されていることがわかる。

【0072】

重要な点として、十分な濃度のナノバブルを得た後、ペットボトルをもう一度挟み込み装置で挟み、円弧を描くような左右の振とうを行えば、水素の過飽和溶解状態を形成することができることを指摘しておく。すなわち、5ppm程度の高濃度の水素水中のナノバブルが入った液体を準備することが可能となる。

【0073】

本参考例の比較例として対比できる、現在製品として市販されているLeeway社のナノバブル水素水は、1ccあたり水素ナノバブルが1500万個とされている。また溶解している水素は1ppmとされている。ここで提案した方法を用いると、高価な機材を用いることもなく、20倍も濃度が高い水素ナノバブルが生成できることがわかる。さらに溶け込んでいる水素の量も5ppm程度と数倍高いものが得られる。

10

【0074】

最後に、ここで示した方法が、水素に限るものではなく、試験管内の反応によって生成できる気体であれば、どれもがナノバブル生成の対象となり得ることを付記する。ごく簡単な例として、純粋な酸素を生成する薬剤が市販されているが、こうしたものを用いることで、純粋な酸素ナノバブルを生成することも可能である。

【0075】

<参考例3：大気以外の特定の気体をナノバブルにする方法2>

上記した方法は、水素の発生にあたり、特殊な薬剤を必要とする。一方、はじめに説明した大気をナノバブルにする方法は、極めて普遍的な方法であり、対象とする気体を発生する手法さえあれば、大気以外の特定の気体をナノバブルにすることが可能である。

20

【0076】

たとえば、水素、酸素の場合は、水の電気分解によって生成が可能であり、ミネラルウォーターを満たした水槽中で、50cc程度の気体をペットボトル内に誘導し、水槽内で栓をすれば、あとは空気と同じ手法でナノバブルの生成が可能である。水の電気分解を容易に行う方法として、燃料電池を用いることが考えうる。

【0077】

もちろん、ポンペに封入された各種気体を、同様の方法でペットボトル内に注入し、栓をすれば、ナノバブルの生成が可能である。

30

【0078】

本手法は、原料となる気体としてわずか50cc程度しか必要としない。それゆえ、水素、メタンに代表される可燃性気体を用いる場合も、従来手法に比べて高い安全性を確保することができる。また、高価な気体を対象とする場合も、原料を無駄にすることなくナノバブル化できることが大きな利点としてあげられる。

【産業上の利用可能性】

【0079】

本発明はナノバブルを製造する方法及び装置として利用することができる。

【符号の説明】

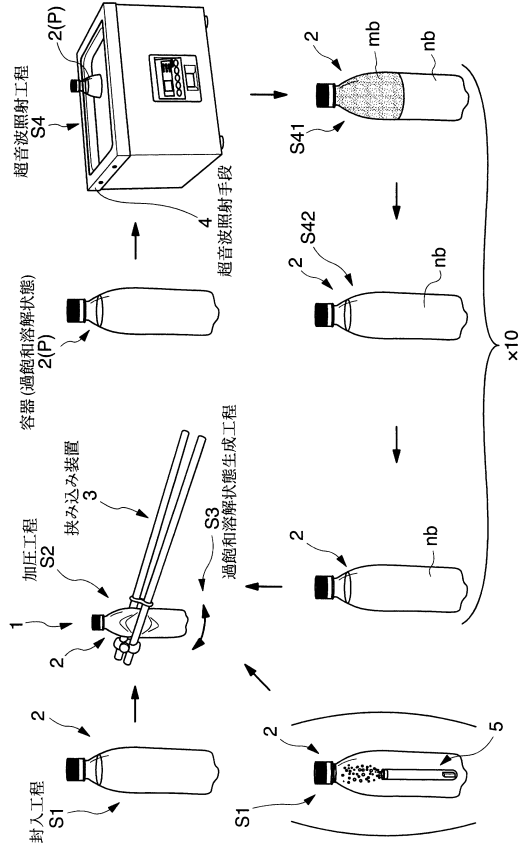
【0080】

40

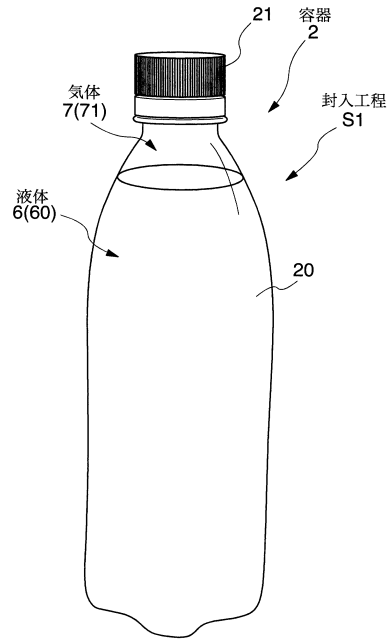
- 2 ... 容器
- 3 ... 加圧手段（挟み込み装置）
- 4 ... 超音波照射手段
- 6 ... 液体
- 7 ... 気体
- S 1 ... 封入工程
- S 2 ... 加圧工程
- S 3 過飽和溶解状態生成工程
- S 4 ... 超音波照射工程
- P ... 過飽和溶解状態

50

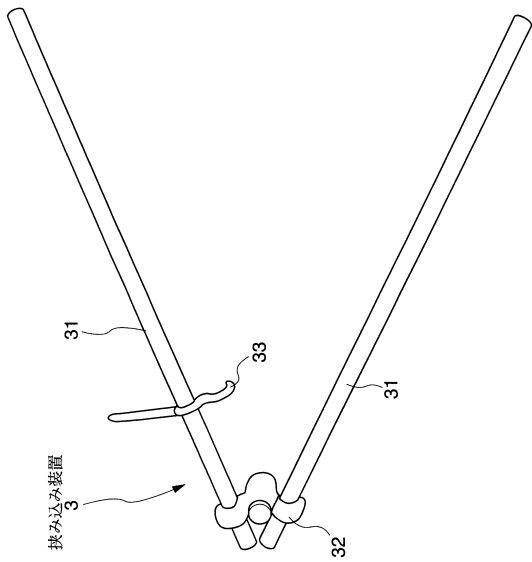
【 図 1 】



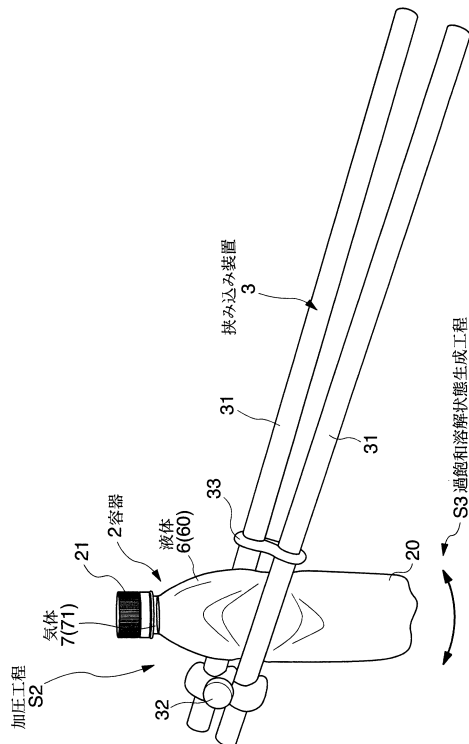
【 図 2 】



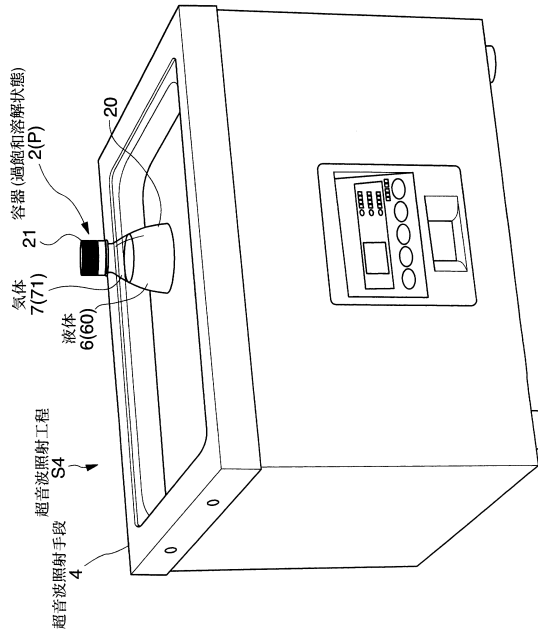
【 図 3 】



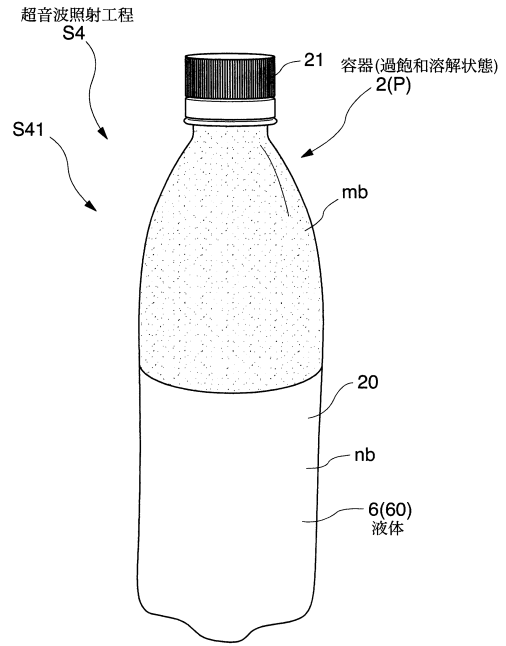
【 図 4 】



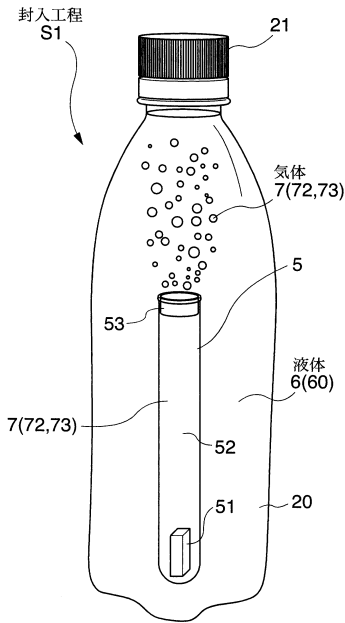
【 図 5 】



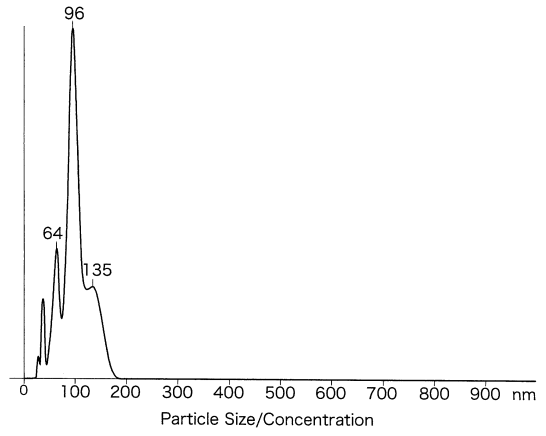
【 図 6 】



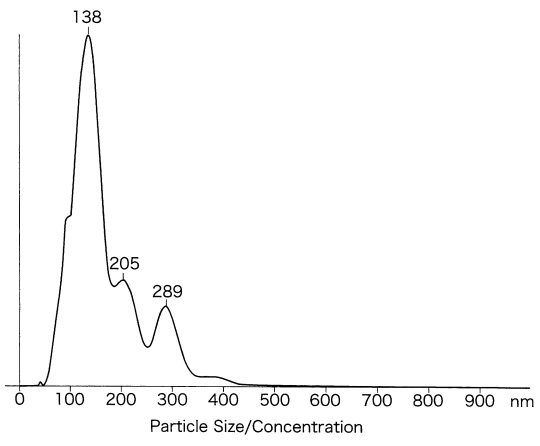
【 図 7 】



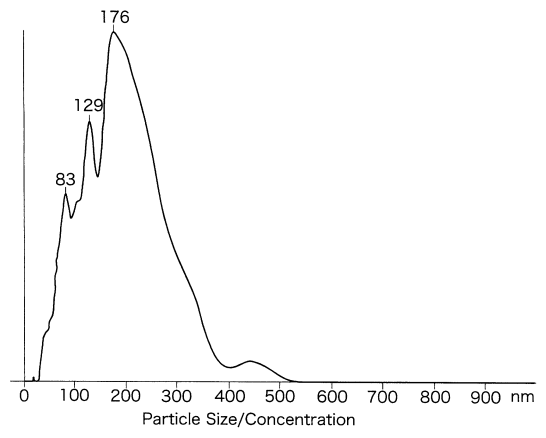
【 図 8 】



【 9 】



【 10 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-022484(JP,A)
特開2011-136727(JP,A)
特開2010-143625(JP,A)
特開2013-017963(JP,A)
米国特許第06832634(US,B1)
特開平05-223940(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01F 3/04
B01F 1/00
B01F 11/02