

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012年2月2日(02.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/014906 A1

- (51) 国際特許分類:
C03B 5/225 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/067000
- (22) 国際出願日: 2011年7月26日(26.07.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-172230 2010年7月30日(30.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 旭硝子株式会社(ASAHI GLASS COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 広瀬 元之 (HIROSE, Motoyuki) [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP). 山下 達也(YAMASHITA, Tat-

suya) [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP). 増田 健一(MASUDA, Kenichi) [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP).

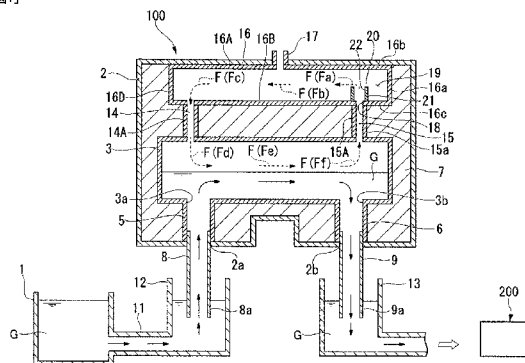
- (74) 代理人: 泉名 謙治, 外 (SENMYO, Kenji et al.); 〒1010035 東京都千代田区神田紺屋町17番地 S I A 神田スクエア4階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: DEVICE FOR DEPRESSURIZING AND DEFOAMING MOLTEN GLASS, METHOD FOR DEPRESSURIZING AND DEFOAMING MOLTEN GLASS, DEVICE FOR MANUFACTURING GLASS PRODUCT, AND METHOD FOR MANUFACTURING GLASS PRODUCT

(54) 発明の名称: 溶融ガラスの減圧脱泡装置、溶融ガラスの減圧脱泡方法、ガラス製品の製造装置およびガラス製品の製造方法

[図1]



(57) Abstract: One of the purposes of the present invention is to provide a depressurizing and defoaming device which highly effectively depressurizes and defoams molten glass. The present invention is a device (100) for depressurizing and defoaming molten glass, the device (100) being provided with a depressurizing and defoaming tank (3) which has an inner pressure set to be lower than the atmospheric pressure and which allows foams in supplied molten glass (G) to be lifted and broken. The device (100) for depressurizing and defoaming molten glass is also provided with: an atmosphere control unit (16) having a hollow structure and connected to the space above the molten glass containing section of the depressurizing and defoaming tank (3) through at least two connection paths (14, 15); a gas discharge opening (17) for depressurization, the gas discharge opening (17) being formed in the atmosphere control unit (16); and a flow regulation member (20) provided around the opening (18) on the outlet side of an inflow-side connection path (15), through which gas flows from the depressurizing and defoaming tank (3) to the atmosphere control unit (16), and regulating the flow of the gas.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/014906 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、溶融ガラスの減圧脱泡の効果に優れた減圧脱泡装置の提供を目的の 1 つとする。本発明は、内部の気圧が大気圧未満に設定され、供給された溶融ガラス G 中の泡を浮上および破泡させる減圧脱泡槽 3 を具備する溶融ガラスの減圧脱泡装置 100 であって、少なくとも 2 つの接続通路 14、15 により減圧脱泡槽 3 の溶融ガラス収容部より上の空間と接続される中空構造の雰囲気制御部 16 と、雰囲気制御部 16 に形成された減圧用の排気口 17 と、が設けられており、減圧脱泡槽 3 から雰囲気制御部 16 へとガスが流れる流入側接続通路 15 の出口側の開口部 18 周囲に、前記ガスの流れを整える整流部材 20 が設けられてなる。

明 細 書

発明の名称：

溶融ガラスの減圧脱泡装置、溶融ガラスの減圧脱泡方法、ガラス製品の製造装置およびガラス製品の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、溶融ガラスの減圧脱泡装置、溶融ガラスの減圧脱泡方法、ガラス製品の製造装置およびガラス製品の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、成形されたガラス製品の品質向上のため、溶融槽でガラス原料を溶融した後、溶融ガラスを成形装置で成形する前に、溶融ガラス内に発生した気泡を除去する目的で減圧脱泡装置が用いられている。

前記減圧脱泡装置は、内部が所定の減圧度に保持された減圧脱泡槽内に溶融ガラスを通過させることにより、溶融ガラス内に含まれる気泡を比較的短時間に成長させ、大きく成長した気泡の浮力を利用して気泡を溶融ガラスの表面に浮上させ、溶融ガラスの表面で気泡を破泡させることで、効率良く溶融ガラスから気泡を除去する装置である。

[0003] 前記減圧脱泡装置により溶融ガラスから気泡を除去する減圧脱泡の効果を向上するにあたり、理論上は、溶融ガラス上方の雰囲気気の減圧度を高めるほど（雰囲気気の絶対圧を低くするほど）、減圧脱泡の効果が向上し、溶融ガラス流内の気泡が減少するはずである。しかし、実際には、溶融ガラス上方の雰囲気気の減圧度がある段階に達すると、気泡の生成速度が破泡による気泡消滅速度を上回り、溶融ガラス表面で泡層が肥大化することにより、減圧脱泡能力が低下してしまう。このような現象を過減圧による泡層の肥大化という。結果として、溶融ガラス流内の気泡がかえって増加する。したがって、減圧脱泡の効果を十分発揮できる雰囲気気の減圧度の範囲は狭く、大気圧の変動等の外的要因によっても減圧脱泡の効果が影響されることが問題となっていた。

[0004] 本発明者らは、前記問題を解決するため検討した結果、熔融ガラス表面で気泡が破泡することによって発生したガス成分が、熔融ガラスの上方に滞留することにより、減圧脱泡の効果が低下することを見出した。熔融ガラスの上方に熔融ガラスからのガス成分が滞留すると、熔融ガラス上方の雰囲気で熔融ガラスからのガス成分の分圧が高くなるので、熔融ガラス表面に浮上した気泡が破泡しにくくなり、減圧脱泡の効果が低下すると考えられる。そこで、本発明者らは先に、減圧脱泡槽内の熔融ガラスの上方空間にガス供給を行うことでガスの流れ（ガス流）を生じさせることにより、熔融ガラスからのガス成分の滞留を解消して、過減圧による泡層の肥大化を抑制し、減圧脱泡の効果を向上する技術を提案した（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2009／107801号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明者らが先に提案した特許文献1では、熔融ガラスが流通する減圧脱泡槽の上部に、少なくとも2本の接続管を介して接続された雰囲気制御部を設け、前記2本の接続管を介して減圧脱泡槽内の熔融ガラスの上方空間と雰囲気制御部とを循環するガス流を生じさせることにより熔融ガラスからのガス成分の滞留を解消させている。特許文献1においては、減圧脱泡槽と雰囲気制御部とを接続する接続管と、雰囲気制御部とで形成される開口部の上部空間を横切るように、雰囲気制御部にガスを供給することにより、前記ガス流を生じさせている。このような関係を満たすように雰囲気制御部にガスを供給することで、ベンチュリ効果により雰囲気制御部と減圧脱泡槽との間に圧力差が生じ、この圧力差によって雰囲気制御部と、減圧脱泡槽内の熔融ガラスの上方空間とを循環するガス流が生じるのである。

[0007] なお、雰囲気制御部および減圧脱泡槽の熔融ガラスの上部空間における溶

融ガラスからのガス成分の流れは、その流速の程度は別にして減圧脱泡槽の減圧操作によって、前述の供給するガスの有無によらず発生している。また、減圧脱泡槽および雰囲気制御部での温度勾配も、熔融ガラスからのガス成分に流れを付与する一因となる。

[0008] 特許文献1の方法では、ガス供給およびそのガス供給の位置が前提となっているが、前述の如くガス供給によらず、熔融ガラスからのガスの流れは存在している。そのため、特許文献1の開示とは別に、なるべくガス供給およびその位置の制約を受けずに、雰囲気制御部および減圧脱泡槽の熔融ガラスの上部空間における熔融ガラスからのガス成分の流れを滞留させない方法が望まれる。

[0009] 以上のような背景から本発明は、熔融ガラスの減圧脱泡の効果に優れた減圧脱泡装置、より具体的には、過減圧による泡層の肥大化によって減圧脱泡の効果の低下が防止された熔融ガラスの減圧脱泡装置の提供を目的とする。

本発明は、上述の減圧脱泡装置を用いる熔融ガラスの減圧脱泡方法、ガラス製品の製造装置およびガラス製品の製造方法の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明者らは、鋭意検討を行った結果、以下のように、必ずしもガス供給をしなくても、熔融ガラスから発生するガスの流れを整流することにより、ガスの流れの停滞を少なくする方法を創出した。

すなわち、本発明は、内部の気圧が大気圧未満に設定され、供給された熔融ガラス中の泡を浮上および破泡させる減圧脱泡槽を具備する熔融ガラスの減圧脱泡装置であって、少なくとも2つの接続通路により前記減圧脱泡槽の熔融ガラス収容部より上の空間と接続される中空構造の雰囲気制御部と、前記雰囲気制御部に形成された減圧用の排気口と、が設けられており、前記減圧脱泡槽から前記雰囲気制御部へと熔融ガラスから発生したガスが流れる流入側接続通路の出口側の開口部周囲に、前記ガスの流れを整える整流部材が設けられてなる熔融ガラスの減圧脱泡装置を提供する。

[0011] 本発明の減圧脱泡装置において、前記流入側接続通路が、前記雰囲気制御

部の外周部より内側において、減圧脱泡槽の溶融ガラス収容部の上部空間と前記雰囲気制御部との間で接続されてなることが好ましい。

本発明の減圧脱泡装置において、前記整流部材が、前記流入側接続通路の出口側の開口部の少なくとも半周を覆って該開口部と前記雰囲気制御部の外周部との間を仕切る整流壁部を備えてなることが好ましい。

本発明の減圧脱泡装置において、前記整流部材の前記整流壁部内面に、前記減圧脱泡槽から前記流入側接続通路の出口側の開口部を介して前記雰囲気制御部へと流れるガスの流れを前記雰囲気制御部から減圧脱泡槽に通じる流出側接続通路側に誘導する案内面が形成されてなることが好ましい。

本発明の減圧脱泡装置において、前記整流部材の前記整流壁部が、前記流入側接続通路の出口側の開口部の全周を囲むように形成されてなることが好ましい。

[0012] 本発明の減圧脱泡装置において、前記整流部材が、前記流入側接続通路の出口側の開口部からのガスを該整流部材内部に導入する導入部と、該開口部から該整流部材内部に導入されたガスを前記雰囲気制御部へと導出する導出部とを備えてなることが好ましい。

本発明の減圧脱泡装置において、前記整流部材の形状が管状であることが好ましい。

本発明の減圧脱泡装置において、前記流入側接続通路の出口側の開口部が形成された位置における前記雰囲気制御部の室内の高さを H とし、前記整流部材高さの最大値を h としたとき、 $1/4 \leq h/H \leq 3/4$ の関係を満たすことが好ましい。

本発明の減圧脱泡装置において、前記減圧脱泡槽の溶融ガラス収容部より上の空間内、前記少なくとも2つの接続通路の内部、または前記雰囲気制御部の内部のいずれかにガス供給手段が設けられてなることが好ましい。

本発明の減圧脱泡装置において、前記減圧脱泡槽と前記雰囲気制御部を囲い真空吸引されて内部が減圧される減圧ハウジングと、この減圧ハウジング内に設けられ、溶融ガラスの減圧脱泡を行うための減圧脱泡槽と、該減圧脱

泡槽に溶融ガラスを供給するための供給機構と、脱泡後の溶融ガラスを次工程に送るための送出機構とを具備してなることが好ましい。

[0013] また、本発明は、上記した減圧脱泡装置を用いた溶融ガラスの減圧脱泡方法を提供する。本発明の溶融ガラスの減圧脱泡方法は、上記した減圧脱泡装置を用いて、前記減圧脱泡槽から前記雰囲気制御部へと溶融ガラスから発生したガスが流れる流入側接続通路の出口側の開口部周囲に設けた前記整流部材によって前記ガスの流れを整えて溶融ガラスを脱泡処理することが好ましい。

さらに、本発明は、上記した減圧脱泡装置と、該減圧脱泡装置よりも上流側に設けられたガラス原料を溶融して溶融ガラスを製造する溶融手段と、前記減圧脱泡装置よりも下流側に設けられた溶融ガラスを成形する成形手段と、成形後のガラスを徐冷する徐冷手段とを備えたガラス製品の製造装置を提供する。

さらにまた、本発明は、上記した減圧脱泡装置により溶融ガラスを脱泡処理する工程と、前記減圧脱泡装置よりも上流側でガラス原料を溶融して溶融ガラス製造する溶融工程と、前記減圧脱泡装置よりも下流側で溶融ガラスを成形する成形工程と、成形後のガラスを徐冷する徐冷工程とを含むガラス製品の製造方法を提供する。本発明のガラス製品の製造方法は、上記した減圧脱泡装置により前記減圧脱泡槽から前記雰囲気制御部へと溶融ガラスから発生したガスが流れる流入側接続通路の出口側の開口部周囲に設けた前記整流部材によって前記ガスの流れを整えて溶融ガラスを脱泡処理する工程と、前記減圧脱泡装置よりも上流側でガラス原料を溶融して溶融ガラスを製造する溶融工程と、前記減圧脱泡装置よりも下流側で溶融ガラスを成形する成形工程と、成形後のガラスを徐冷する徐冷工程とを含むことが好ましい。

発明の効果

[0014] 本発明の減圧脱泡装置によれば、ガス供給手段の有無によらず、減圧脱泡槽内の溶融ガラスの上部空間から雰囲気制御部へ流入する溶融ガラスから発生するガス流を整流することにより、溶融ガラスからのガス成分の滞留を解

消できるため、減圧脱泡の効果の低下を抑制できる。また、熔融ガラスからのガス成分の滞留が解消されることにより、過減圧による泡層の肥大が発生しにくくなるため、減圧脱泡槽内の減圧度をより高くすることができ、減圧脱泡の効果向上させることができる。さらに、本発明の減圧脱泡装置は、雰囲気制御部の流入側接続通路の開口部周囲に整流部材を設ける構成としたため、減圧脱泡槽内の熔融ガラスの上部空間と雰囲気制御部とを流れるガス流の流速が安定化され、熔融ガラスからのガス成分の滞留を安定して解消でき、減圧脱泡性能のバラつきを抑制して、減圧脱泡の効果向上させることができる。

本発明の減圧脱泡方法は、上述の減圧脱泡装置を用いることにより、優れた減圧脱泡の効果を実現できる。

また、上述の減圧脱泡装置を用いるガラス製品の製造装置と製造方法であるならば、高品質のガラス製品を提供できる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は本発明に係る減圧脱泡装置の一例の概略縦断面構造と該装置に成形装置が接続された状態を示す構成図。

[図2]図2は図1に示す減圧脱泡装置に適用される整流部材の各実施形態を示すもので、図2(a)は第1の実施形態を示す部分断面斜視図、図2(b)は第2の実施形態を示す部分断面斜視図、図2(c)は第3の実施形態を示す部分断面斜視図、図2(d)は第4の実施形態を示す部分断面斜視図。

[図3]図3は図1に示す減圧脱泡装置に適用される整流部材の各実施形態を示すもので、図3(a)は第5の実施形態を示す部分断面斜視図、図3(b)は第6の実施形態を示す部分断面斜視図、図3(c)は第7の実施形態を示す部分断面斜視図、図3(d)は第8の実施形態を示す部分断面斜視図。

[図4]図4は図1に示す減圧脱泡装置に適用される整流部材の各実施形態を示すもので、図4(a)は第9の実施形態を示す部分断面斜視図、図4(b)は第10の実施形態を示す部分断面斜視図、図4(c)は第11の実施形態を示す部分断面斜視図。

[図5]図5は本発明に係るガラス製品の製造方法に係る工程の一例を示すフロー図。

[図6]図6は実施例のシミュレーション解析に使用した減圧脱泡装置のモデル構造を示す縦断面図。

[図7]図7（a）は実施例の気流解析結果を示す図であり、図7（b）は比較例の気流解析結果を示す図である。

[図8]図8は実施例および比較例の減圧脱泡槽内の溶融ガラスの上部空間の圧力をプロットしたグラフである。

[図9]図9は実施例および比較例について、減圧脱泡槽から流出側接続通路を介して雰囲気制御部へと排出されるガス（上流排出ガス）の流量と、減圧脱泡槽から流入側接続通路を介して雰囲気制御部へと排出されるガス（下流排出ガス）の流量を示したグラフである。

[図10]図10は従来の減圧脱泡装置において、流入側接続通路が雰囲気制御部に接続され、雰囲気制御部の外周部に空間が形成されている場合の、該空間と流入側接続通路と開口部付近におけるガス流の挙動を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明に係る溶融ガラスの減圧脱泡装置の一実施形態について説明するが、本発明は以下に説明する実施形態に制限されるものではない。

図1は本発明に係る溶融ガラスの減圧脱泡装置の一例構造を模式的に示す縦断面図である。図1に示す減圧脱泡装置100は、溶融槽1から供給される溶融ガラスGを減圧脱泡して、後工程の成形装置200に連続的に供給するプロセスに用いられる装置である。

[0017] 本実施形態の減圧脱泡装置100は、使用時にその内部を減圧状態に保持できる金属製、たとえば、ステンレス鋼製の減圧ハウジング2を有している。減圧ハウジング2の内部には減圧脱泡槽3がその長軸を水平方向に向けるように收容配置されている。減圧脱泡槽3は、内部の気圧が大気圧未満に設定されており、供給された溶融ガラスG中の泡を浮上および破泡させる。減

圧脱泡槽 3 の一端側の下面には垂直方向に配向する上昇管 5 が導入口 3 a を介し接続され、他端側の下面には垂直方向に配向する下降管 6 が導出口 3 b を介し接続されている。上昇管 5 と下降管 6 は減圧ハウジング 2 の底部側に形成された導入口 2 a または導出口 2 b を介しそれぞれ外部に連通できるように配置されている。

[0018] 本実施形態の減圧脱泡装置 100 は、少なくとも 2 つの接続管 14 A、15 A により減圧脱泡槽 3 と接続される雰囲気制御部 16 を有している。雰囲気制御部 16 は、内部が中空構造であり、減圧脱泡槽 3 と同程度の幅を有し、減圧ハウジング 2 内で減圧脱泡槽 3 の上方に収容配置されており、その中央部に雰囲気制御部 16 内を排気して減圧するための排気口 17 が設けられている。接続管 14 A の内部に接続通路 14 が形成され、接続管 15 A の内部に接続通路 15 が形成されている。また、減圧ハウジング 2 の内部側において減圧脱泡槽 3 の周囲、上昇管 5 の周囲、下降管 6 の周囲、雰囲気制御部 16 の底部 16 B 周辺部と側壁部 16 D 周辺部、接続管 14 A の周囲、および接続管 15 A の周囲にはそれぞれ断熱材 7 が配設されていて、減圧脱泡槽 3 と上昇管 5 と下降管 6 と接続管 14 A、15 A の外部側および雰囲気制御部 16 の底部 16 B と側壁部 16 D の外部側が断熱材 7 により取り囲まれた構造とされている。

[0019] 前記構造の減圧脱泡装置 100 において、減圧脱泡槽 3、上昇管 5 および下降管 6 は電鍍レンガのような耐火レンガ製、または白金若しくは白金合金製の中空管状の形状からなる構造とされる。減圧脱泡槽 3 が耐火レンガ製の中空管である場合、減圧脱泡槽 3 は外形が矩形断面を有する耐火レンガ製の中空管であり、溶融ガラスの流路をなす内部形状は矩形断面を有することが好ましい。減圧脱泡槽 3 が白金製あるいは白金合金製の中空管である場合、減圧脱泡槽 3 における溶融ガラスの流路をなす内部断面形状が円形または楕円形を有することが好ましい。

[0020] 上昇管 5 および下降管 6 が耐火レンガ製の中空管である場合、上昇管 5 および下降管 6 は円形断面や矩形を含む多角形断面を有する耐火レンガ製の

空管であり、溶融ガラスの流路をなす内部断面形状が円形状断面を有することが好ましい。

上昇管 5 および下降管 6 が白金製または白金合金製の中空管である場合、上昇管 5 または下降管 6 における溶融ガラスの流路をなす内部断面形状が円形または楕円形を有することが好ましい。

なお、減圧脱泡装置 100 において、200 トン／日以上処理能力、あるいは 500 トン／日以上処理能力に達成するような大型の装置の場合、電鍍レンガのような耐火レンガにより減圧脱泡槽 3 が構成されていることが好ましい。

[0021] 上昇管 5 の下端には延長用の外管 8 が取り付けられ、下降管 6 の下端には延長用の外管 9 が取り付けられ、外管 8、9 が白金製または白金合金製とされている。

なお、上昇管 5 および下降管 6 が白金製または白金合金製の中空管である場合、延長用の外管 8、9 を別途設けることなく、図 1 において外管 8、9 と記載されている部分まで上昇管 5 と下降管 6 が一体的に延長された構造とされていても良い。このような構造とする場合、以下本願明細書における外管 8、9 に関する説明は、白金製または白金合金製の上昇管および下降管に関する記載として読み替えて適用できる。

[0022] 上昇管 5 は減圧脱泡槽 3 の一側底部と連通され、溶融槽 1 からの溶融ガラス G を減圧脱泡槽 3 に導入する。このため、上昇管 5 に取り付けられた外管 8 の下端（上流端）8 a は溶融槽 1 と導管 11 を介し接続された上流ピット 12 の開口端から嵌入され、上流ピット 12 内の溶融ガラス G に浸漬されている。

また、下降管 6 は減圧脱泡槽 3 の他側底部に連通され、減圧脱泡後の溶融ガラス G を次の処理槽（図示略）に導出する。このため、下降管 6 に取り付けられた外管 9 の下端（下流端）9 a は、下流ピット 13 の開口端に嵌入され、下流ピット 13 内の溶融ガラス G に浸漬されている。また、下流ピット 13 の下流側に成型装置 200 が接続されている。以上説明の減圧脱泡装置

100においては、上昇管5が溶融ガラスの供給機構を構成し、下降管6が溶融ガラスの送出機構を構成する。

なお、本明細書において、「上流」および「下流」といった場合、減圧脱泡装置100を流通する溶融ガラスGの流動方向における上流および下流を意味する。

[0023] 本実施形態の減圧脱泡装置100において外管8、9が白金製または白金合金製の筒状管からなる場合、白金合金の具体例としては、白金－金合金、白金－ロジウム合金などが挙げられる。白金または白金合金と記載した場合、白金または白金合金に金属酸化物を分散させてなる強化白金であっても良い。分散される金属酸化物として、 Al_2O_3 、または ZrO_2 若しくは Y_2O_3 に代表される、長周期表における3族、4族若しくは13族の金属酸化物が挙げられる。

[0024] 本実施形態の減圧脱泡装置100では、減圧ハウジング2を減圧吸引するとともに、排気口17から雰囲気制御部16内および減圧脱泡槽3内を排気して減圧し、減圧脱泡槽3内部の気圧を大気圧未満の減圧状態に保持する。本実施形態の減圧脱泡装置100において、雰囲気制御部16は、雰囲気制御部16の内部空間と減圧脱泡槽3内の溶融ガラスGの上部空間（溶融ガラス収容部より上の空間）と接続通路14、15とを流れるガス流Fの経路をなす。なお、図1において、ガス流Fが溶融ガラスGの上部空間と雰囲気制御部16の内部空間とを循環する場合を示しているが、ガス流は必ずしも循環する必要はない。たとえば、ガス流が、接続管14Aを通過して排気口17から排出される流れと、接続管15Aを通過して排気口17から排出される流れとからなってもよい。ガス流は、減圧脱泡槽の減圧操作によって排気口17から排出される流れがあり、前述の供給するガスの有無によらず発生している。さらに、減圧脱泡槽3および雰囲気制御部16での温度勾配も、溶融ガラスGからのガス成分に流れを付与する。また、ガス流Fは、溶融ガラスGから発生するガス成分を含み、減圧脱泡装置100が後述するガス供給手段を備える場合には、溶融ガラスGからのガス成分に加えて、ガス供給手段

によって供給したガス成分を含む。

ここで、雰囲気制御部 16 は、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間と該雰囲気制御部 16 の内部空間とを流れるガス流 F の経路をなすため、接続通路 14、15 は、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の液面よりも上方で減圧脱泡槽 3 と接続する必要がある。このため、図 1 に示すように、雰囲気制御部 16 を減圧脱泡槽 3 の上方に配置することは好ましい態様である。ただし、接続通路 14、15 が減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の液面よりも上方で減圧脱泡槽 3 と接続されるのであれば、雰囲気制御部 16 を減圧脱泡槽 3 の側方に配置してもよい。

[0025] また、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間と雰囲気制御部 16 の内部空間とを滞留なく流れるガス流 F の経路を形成するため、接続管 14 A、15 A は、少なくとも 2 本必要である。なお、図 1 に示す減圧脱泡装置 100 では、2 本の接続管 14 A、15 A で減圧脱泡槽 3 と雰囲気制御部 16 とを接続しているが、3 本以上の接続管で減圧脱泡槽 3 と雰囲気制御部 16 とを接続してもよい。

[0026] 雰囲気制御部 16、接続管 14 A、15 A は、溶融ガラス G の導管ではないので、その材質は特に限定されず、たとえば、ステンレス鋼、白金、白金合金等の金属材料、セラミックス、アルミナ等の耐火性・耐腐食性材料を用いることができる。

また、減圧脱泡槽 3 に流入するガス流 F の温度が低いと、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G に悪影響を及ぼすおそれがあるため、雰囲気制御部 16、および接続通路 14、15 は、加熱機構を有することが好ましい。但し、雰囲気制御部 16、および、接続通路 14、15 の全てに加熱機構を設けることは必ずしも必要ではなく、少なくとも、減圧脱泡槽 3 にガス流 F が流入する側の接続管（図 1 の場合、接続通路 14 の周囲）に加熱機構を設ければ、減圧脱泡槽 3 に温度が低いガス流 F が流入して、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G に悪影響を及ぼすおそれを解消することができる。

[0027] 本実施形態の減圧脱泡装置 100 は、ガス流 F を形成するために減圧脱泡

槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間（溶融ガラス収容部より上の空間）内、接続通路 1 4 の内部、接続通路 1 5 の内部、または雰囲気制御部 1 6 の内部の少なくともいずれかにガスを供給するガス供給手段（図示略）を設けてもよい。該ガス供給手段は、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間と接続通路 1 4、1 5 と雰囲気制御部 1 6 とを流れるガス流 F を形成することができれば、その設置位置やガス供給方法は特に限定されない。たとえば、減圧脱泡槽 3 の上流側天井部に形成された接続通路 1 4 の開口部より、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間へと、上流側から下流側へと流れるガス流 F d が生じるようにガスを供給することにより図 1 に示すようなガス流 F を形成できる。また、雰囲気制御部 1 6 の内部空間に下流側から上流側へと流れるガス流 F b を生じるようにガスを供給することにより、あるいは、雰囲気制御部 1 6 の内部空間から接続通路 1 4 側へと流れるガス流 F c を生じるようにガスを供給することにより、図 1 に示すようなガス流 F を形成できる。また、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間へと、上流側から下流側へと流れるガス流 F e が生じるようにガスを供給することにより、あるいは、減圧脱泡槽 3 の溶融ガラス G の上部空間から接続通路 1 5 側へと流れるガス流 F f が生じるようにガスを供給することにより、図 1 に示すようなガス流 F を形成できる。なお、本実施形態の減圧脱泡装置 1 0 0 においては、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間と接続通路 1 4、1 5 と、雰囲気制御部 1 6 とを流れるガス流 F を形成することができれば、ガス供給手段は、1 つだけ設けられていてもよく、2 つ以上設けられていてもよい。

[0028] 本実施形態の減圧脱泡装置 1 0 0 においては、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間（溶融ガラス収容部より上の空間）と接続通路 1 4、1 5 と雰囲気制御部 1 6 とを流れるガス流 F を整流することにより、溶融ガラス G からのガス成分の滞留を解消する。すなわち、溶融ガラス G からのガス成分は滞留することなく、ガス流 F によって雰囲気制御部 1 6 へと運ばれる。雰囲気制御部 1 6 に運ばれた溶融ガラス G からのガス成分は、排気口 1 7 から外部に放出される。ガス流 F が循環する場合に、雰囲気制御部 1 6 の内部空

間に運ばれた溶融ガラスGからのガス成分の一部が、ガス流Fによって運ばれて減圧脱泡槽3内の溶融ガラスGの上部空間に戻る場合もあるが、減圧脱泡槽3内の溶融ガラスGの雰囲気制御部16と減圧脱泡槽3とを循環するガス流Fが存在することから、溶融ガラスGからのガス成分の滞留のリスクは最小限に抑えられる。なお、ガス供給手段を利用する場合には、溶融ガラスGからのガス成分がガス供給手段からの供給ガスによって希釈されることにより、溶融ガラスGからのガス成分が冷却される過程で減圧脱泡装置100内に付着したり、排気口17から放出された後、系内に付着することが防止される。

[0029] 溶融ガラスGからのガス成分が滞留すると、溶融ガラスGの上方の雰囲気（減圧脱泡槽3の上部空間）において、溶融ガラスGからのガス成分の分圧が高くなるので、溶融ガラスG表面に浮上した気泡が破泡しにくくなり減圧脱泡の効果が低下すると考えられる。

本実施形態の減圧脱泡装置100は、減圧脱泡槽3内の溶融ガラスGの上部空間と雰囲気制御部16とを流れるガス流Fを整流することにより、溶融ガラスGからのガス成分の滞留が解消されるため、減圧脱泡の効果に優れている。

また、溶融ガラスGからのガス成分が滞留すると、過減圧による泡層の肥大化が起こり、減圧脱泡の効果が大幅に低下してしまうが、本実施形態の減圧脱泡装置100では、溶融ガラスGからのガス成分が滞留することなく、ガス流Fによって運ばれ、排気口17から外部に放出されるため、減圧脱泡槽3の減圧度を従来よりも高くしても過減圧による泡層の肥大化がより抑制できるようになる。したがって、減圧脱泡槽3の減圧度を従来よりも高くすることができ（すなわち、減圧脱泡槽3の絶対圧を従来よりも低くすることができ）、減圧脱泡の効果をより高めることができる。

[0030] 本発明において、溶融ガラスGの上方にガス流Fを形成するのは、溶融ガラスGからのガス成分の滞留を解消するためである。そのため、ガス供給手段を利用する場合には、供給されるガスは、溶融ガラスや製造されるガラス

製品、およびガラス製造設備、特に減圧脱泡装置に悪影響を及ぼすものでないことが好ましい。したがって、ガス供給手段から供給されるガスの成分には、腐食性、爆発性のガスを含まないことが好ましい。

上記を満足するガスとしては、大気、乾燥空気、 N_2 やArのような不活性ガス、 CO_2 等の低分子ガスが挙げられる。これらのガスは単独で使用してもよく、2種以上の混合ガスとして使用してもよい。

[0031] ガス供給手段から供給するガスとして、水蒸気濃度60mol%以下の低分子ガスを用いた場合、溶融ガラスGからのガス成分の滞留を解消する効果に加えて、減圧脱泡槽11内の溶融ガラスG上方の雰囲気の水蒸気濃度を低減する効果が期待されることから好ましい。

減圧脱泡槽3内の溶融ガラスG上方の雰囲気の水蒸気濃度は、60mol%以下に低減されることが好ましい。該雰囲気の水蒸気濃度を60mol%以下とすることにより、減圧脱泡槽3内の溶融ガラス表面の泡層が肥大化して突沸が生じることを防止でき、減圧脱泡の効果をさらに向上させることができる。

[0032] 減圧脱泡槽3が白金製または白金合金製である場合、ガス供給手段から供給するガスとして用いる低分子ガスは、酸素濃度が空気中の酸素濃度よりも低いガスであることが好ましい。ガス供給手段から供給するガスとして用いる低分子ガスは、空気中の酸素濃度よりも酸素濃度が低いガスを用いることにより、減圧脱泡槽3の材質として白金および白金合金を用いている場合に、その白金の酸化を抑制し、減圧脱泡槽3の寿命を延ばし、更に、ガラス製品において、この白金由来の欠陥の生成を抑制することができるので好ましい。

[0033] ガス流Fの幅方向平均流速は、溶融ガラスGからのガス成分の滞留を解消することができれば特に限定されないが、0.0005～1.50m/sとすることが好ましく、0.001～0.2m/sとすることがより好ましい。ガス流Fの流速を前記範囲に設定することにより、溶融ガラスGからのガス成分の滞留を解消して泡層の肥大化を防ぎ、減圧脱泡の効果を向上させる

ことができる。

[0034] 本実施形態の減圧脱泡装置 100 には、雰囲気制御部 16 内の、溶融ガラス G から発生したガス成分を含むガス流 F が減圧脱泡槽 3 から雰囲気制御部 16 へと流入する側の接続通路 15 の出口側の開口部 18 の周囲に、整流部材 20 が設けられている。整流部材 20 は、減圧脱泡槽 3 から接続通路 15 を介して雰囲気制御部 16 へと流れるガス流 F の中でも、開口部 18 から雰囲気制御部 16 の内部側へ流入する領域におけるガス流 F a の流れを整えるために設けられている。

以下、整流部材 20 について詳細に説明する。なお、以下の説明において、ガス流 F が雰囲気制御部 16 へと流入する側の接続通路 15 を「流入側接続通路 15」と称し、ガス流 F が雰囲気制御部 16 より流出する接続通路 14 を「流出側接続通路 14」と称することがある。また、流入側接続通路 15 を形成する接続管 15 A を「流入側接続管 15 A」と称し、流出側接続通路 14 を形成する接続管 14 A を「流出側接続管 14 A」と称することがある。

[0035] 整流部材 20 は、接続管 15 A が雰囲気制御部 16 に連通する部分である開口部 18 の周囲に設けられている。ここで、本実施形態の減圧脱泡装置 100 において、図 1 に示すように、流入側接続管 15 A は、雰囲気制御部 16 の外周部側壁 16 a よりも内側となるように雰囲気制御部 16 に接続されている。流入側接続管 15 A は外周部側壁 16 a により近い位置に設けることも可能であるが、雰囲気制御部 16 の外周部側壁 16 a と流入側接続管 15 A とを接近させると、流入側接続管 15 A と雰囲気制御部 16 の周囲に設けられた断熱材 7 の熱膨張率と、流入側接続管 15 A を形成する材料の熱膨張率と、雰囲気制御部 16 を形成する材料との熱膨張率とが異なるため、減圧脱泡時の高温において減圧脱泡装置 100 の構造を保つ事が難しくなる場合がある。そのため、図 1 に示すように、流入側接続管 15 A が雰囲気制御部 16 の外周部側壁 16 a よりも内側に設けられ、雰囲気制御部 16 の外周部の空間（外周部側壁 16 a と外周部天井部 16 b と外周部床部 16 c とで

囲まれた空間）１９（以下、「外周部の空間１９」を「空間１９」と略称することがある。）が形成されていることが好ましい。また、溶融ガラスＧからのガス成分が凝集物として雰囲気制御部１６の外周部側壁１６ａに付着し、それが落下した場合に、流入側接続管１５Ａが雰囲気制御部１６の外周部側壁１６ａよりも内側に設けられていれば、すなわち空間１９を形成していれば、凝集物が外周部床部１６ｃに落ち、減圧脱泡槽３内への落下を防げる点でも好ましい。

[0036] 同様の理由より、流出側接続管１４Ａも、雰囲気制御部１６の外周部側壁１６ａとは他側の外周部側壁よりも内側となるように雰囲気制御部１６に接続されていることが好ましい。

[0037] このように流入側接続管１５Ａが雰囲気制御部１６に接続され、雰囲気制御部１６の外周部の空間（外周部側壁１６ａと外周部天井部１６ｂと外周部床部１６ｃとで囲まれた空間）１９が形成されることは前記理由により好ましいが、後述する実施例に示すように、本発明者らが空間１９と流入側接続通路１５と開口部１８付近におけるガス流の挙動をシミュレーション解析したところ、空間１９が形成されていることにより、空間１９で生じた渦気流により開口部１８を上昇するガス流Ｆ（上昇気流）が阻害され、ガス流Ｆの流れが不安定になってしまうことが判明した。前述のように、ガス流Ｆの流れが不安定になってしまうと、ガス流Ｆの制御が難しくなり、減圧脱泡槽３内の溶融ガラスＧの上部空間において溶融ガラスＧからのガス成分が滞留している箇所と滞留が解消されている箇所とが生じ、減圧脱泡の効果にムラが出てしまい、製造されるガラスの品質にムラを生じるおそれがある。

[0038] 図１０は、従来の減圧脱泡装置において、流入側接続管１５Ａが雰囲気制御部１６に接続され、雰囲気制御部１６の外周部の空間（外周部側壁１６ａと外周部天井部１６ｂと外周部床部１６ｃとで囲まれた空間）１９が形成されている場合の、空間１９と流入側接続管１５Ａと開口部１８付近におけるガス流の挙動を模式的に示す図である。減圧脱泡装置において、雰囲気制御部１６の温度は、溶融ガラスＧが流通する減圧脱泡槽３の温度よりも低く、

また、雰囲気制御部 16 の天井部 16 A と、雰囲気制御部 16 の床部 16 B とでは、天井部 16 A の方が床部 16 B よりも温度が低く、その温度差は、たとえば 100℃程度である。このため、雰囲気制御部 16 の外周部天井部 16 b と、雰囲気制御部 16 の外周部床部 16 c とでは、該外周部天井部 16 b の方が該外周部床部 16 c よりも温度が低くなっている。このような温度環境の雰囲気制御部 16 において、減圧脱泡槽 3 から流入側接続通路 15 を上昇するガス流 F である上昇気流 S 1 は、開口部 18 を介して雰囲気制御部 16 に流入した後、その一部が雰囲気制御部 16 の外周部の空間 19 へと流れ込み、雰囲気制御部 16 内で相対的に温度の低い外周部天井部 16 b で冷却されて、外周部床部 16 c 側へと下降する。その結果、図 10 に示すような渦気流 S 2 が雰囲気制御部 16 の外周部の空間 19 において生じる。

[0039] 雰囲気制御部 16 の外周部の空間 19 で渦気流 S 2 が生じると、空間 19 の内側に形成された流入側接続通路 15 を上昇する上昇気流 S 1 は、開口部 18 付近において渦気流 S 2 とぶつかり合い、上昇気流 S 1 の流れが渦気流 S 2 により阻害されてしまう。このように、上昇気流 S 1 の流れが渦気流 S 2 により阻害されることにより、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間と雰囲気制御部 16 とを流れるガス流 F が不安定になってしまう。

[0040] 図 7 (b) は、後述の実施例において、流入側接続通路 15 が雰囲気制御部 16 に接続され、雰囲気制御部 16 の外周部の空間 19 が形成されている場合の、空間 19 と流入側接続通路 15 と開口部 18 付近におけるガス流の挙動をシミュレーション解析した結果を示す図である。図 7 (b) に示すように、外周部の空間 19 からの渦気流 S 2 が、流入側接続通路 15 から開口部 18 を介して雰囲気制御部 16 へと流入するガス流（上昇気流）S 1 の流れを阻害している。渦気流 S 2 の強さは上昇気流 S 1 の強さや周囲の温度環境等によって変化するため、このような状況では上昇気流 S 1 の流れが不安定になり、それが原因となってガス流 F も不安定になってしまう。また、このように開口部 18 付近で雰囲気制御部 16 への流入を阻害された上昇気流 S 1 の一部は、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の下流側の上部空間へと逆流

してしまうと考えられる。上昇気流 S 1 の逆流が起こると、ガス流 F の循環状態は不安定になってしまう。

[0041] 渦気流 S 2 による上昇気流 S 1 の阻害を抑制し、開口部 1 8 からのガス流 F a を安定化するため、本実施形態の減圧脱泡装置 1 0 0 は、雰囲気制御部 1 6 内の、熔融ガラス G から発生したガス成分を含むガス流 F が減圧脱泡槽 3 から雰囲気制御部 1 6 へと流入する側の流入側接続通路 1 5 の出口側の開口部 1 8 の周囲に、整流部材 2 0 を設ける構成とした。

整流部材 2 0 は、図 1 0 に示すような渦気流 S 2 が上昇気流 S 1 の流れを阻害することを抑制するために設けられるものであり、開口部 1 8 と雰囲気制御部 1 6 の外周部の空間 1 9 とを区切る整流壁部 2 1 を備える。

[0042] 図 2 (a) は、本実施形態の減圧脱泡装置 1 0 0 に設けられる整流部材の一実施形態と、減圧脱泡装置 1 0 0 の整流部材付近とを部分的に拡大して示す部分断面斜視図である。図 2 (a) に示す整流部材 2 0 は、雰囲気制御部 1 6 の外周部の空間 1 9 と開口部 1 8 とを仕切る整流壁部 2 1 が、開口部 1 8 の全周を覆って設けられており、管状（すなわち、筒状）の形状をしている。管状の整流部材 2 0 の底部には、流入側整流部材 1 5 の開口部 1 8 からのガスを該整流部材 2 0 内部に導入する導入部 2 3 が形成され、整流部材 2 0 の上面には、開口部 1 8 から整流部材 2 0 内部に導入されたガスを雰囲気制御部 1 6 へと導出する導出部 2 4 が形成されている。

図 2 (a) に示す整流部材 2 0 において、雰囲気制御部 1 6 の外周部の空間 1 9 と開口部 1 8 とを仕切る整流壁部 2 1 は、空間 1 9 で生じた渦気流 S 2 が開口部 1 8 へと流入することを抑制する。そのため、流入側接続通路 1 5 を流れる上昇気流 S 1 が、開口部 1 8 付近で該渦気流 S 2 とぶつかり合い、上昇気流 S 1 の流れが阻害されることを防ぐことができる。

[0043] 図 7 (a) は、後述の実施例において、流入側接続通路 1 5 の出口側の開口部 1 8 の周囲に図 2 (a) に示す形状の整流部材 2 0 を設けた場合の、雰囲気制御部 1 6 の外周部の空間 1 9 と流入側接続通路 1 5 と開口部 1 8 付近におけるガス流の挙動をシミュレーション解析した結果を示す図である。図

7 (a) に示すように、流入側接続通路 15 の出口側の開口部 18 の周囲に整流部材 20 を設けることにより、流入側接続通路 15 から開口部 18 を介して雰囲気制御部 16 へと流入するガス流 F (上昇気流 S1) は、空間 19 からの渦気流 S2 に阻害されず、ガス流 F の流速が安定化されている。

この結果より明らかなように、本実施形態の減圧脱泡装置 100 は、雰囲気制御部 16 の流入側接続通路 15 の出口側の開口部 18 周囲に整流部材 20 を設ける構成とすることにより、減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間と雰囲気制御部 16 とを流れるガス流 F の流速が安定化され、溶融ガラス G からのガス成分の滞留を安定して解消でき、減圧脱泡性能のバラつきを抑制して、減圧脱泡の効果を向上させることができる。

[0044] 整流部材 20 の導入部 23 の開口寸法、導出部 24 の開口寸法および整流部材 20 の内部空間 (整流部材 20 の内径) は、ガス流 F の流れを阻害せず、ガス流 F の流れを安定させることができるため、開口部 18 の寸法よりも大きく設定されることが好ましい。

整流部材 20 の整流壁部 21 の内面 22 は、ガス流 F の流れを誘導する (すなわち、ガス流 F の流路をなす) 案内面として機能する。案内面は、図 2 (a) に示す整流部材 20 のように、導出部 24 が開口部 18 の上方に形成され、ガス流 F を開口部 18 から鉛直方向上方に誘導するように形成されていてもよいし、後述の図 4 に示す実施形態のように、導出部 24 が雰囲気制御部 16 の流出側接続通路 14 側を向くように形成され、ガス流 F が雰囲気制御部 16 内を流入側接続通路 15 側から流出側接続通路 14 側へと流れるように誘導してもよい。整流部材 20 の整流壁部 21 の内面 22 である案内面が、ガス流 F を空間 19 側へと誘導しないように設定されていれば、図 1 に示すような減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間と雰囲気制御部 16 とを循環するガス流 F が形成される。

[0045] 整流部材 20 は、耐熱性に優れた材料で形成されており、たとえば、セラミックス系の非金属無機材料、緻密質耐火物が挙げられる。緻密質耐火物の具体例としては、例えば、アルミナ系電鍍耐火物、ジルコニア系電鍍耐火物

、アルミナ－ジルコニア－シリカ系電鍍耐火物等の電鍍耐火物、ならびに、緻密質アルミナ系耐火物、緻密質ジルコニア－シリカ系耐火物および緻密質アルミナ－ジルコニア－シリカ系耐火物等の緻密質焼成耐火物が挙げられる。

[0046] 整流部材 20 の高さの最大値 h は、流入側接続通路 15 の開口部 18 が形成された位置における雰囲気制御部 16 の室内高さを H としたとき、 $1/4 \leq h/H \leq 3/4$ の関係を満たすように設定することが上昇気流の流れを阻害しないために好ましく、 $1/3 \leq h/H \leq 2/3$ の関係を満たすように設定することが上昇気流の流れをより阻害しないためにより好ましい。

整流部材 20 の寸法は、使用する減圧脱泡装置に応じて適宜選択することができる。本発明の減圧脱泡装置の各構成要素の寸法は、必要に応じて適宜選択することができる。以下に各構成要素の寸法の一例を示す。なお、以下に示す整流部材 20 の寸法は、後述する第 2 ～ 第 11 の実施形態の整流部材 20B ～ 20L にも適用できる。

[0047] [減圧脱泡槽 3]

本発明の減圧脱泡装置の減圧脱泡槽の寸法は、減圧脱泡槽が白金製もしくは白金合金製、または緻密質耐火物製であるかによらず、使用する減圧脱泡装置や、減圧脱泡槽の形状に応じて適宜選択することができる。図 1 に示すような減圧脱泡槽 3 が円筒形状である場合、その寸法の一例は以下の通りである。

- ・ 水平方向における長さ：1 ～ 20 m
- ・ 内径：0.2 ～ 3 m（断面円形）

減圧脱泡槽 3 が白金製もしくは白金合金製である場合、肉厚は 4 mm 以下であることが好ましく、より好ましくは 0.5 ～ 1.2 mm である。

減圧脱泡槽 3 は、断面円形の円筒形状のものに限定されず、断面形状が楕円形や半円形状の略円形状のものや、断面が矩形の筒形状のものであってもよい。

[0048] [上昇管 5 および下降管 6]

上昇管 5 および下降管 6 は、白金製もしくは白金合金製、または緻密質耐火性であるかによらず、使用する減圧脱泡装置に応じて適宜選択することができる。たとえば、図 1 に示す減圧脱泡装置 100 の場合、上昇管 5 および下降管 6 の寸法の一例は以下の通り。

- ・内径：0.05～0.8 m、より好ましくは0.1～0.6 m
- ・長さ：0.2～6 m、より好ましくは0.4～4 m

上昇管 5 および下降管 6 が白金製もしくは白金合金製である場合、肉厚は0.4～5 mmであることが好ましく、より好ましくは0.8～4 mmである。

[0049] [雰囲気制御部 16]

雰囲気制御部 16 の寸法は、使用する減圧脱泡装置、特に減圧脱泡槽 3 に応じて適宜選択することができるが、その一例は以下の通りである。

- ・内径：0.1～3 m、より好ましくは0.1～2 m
- ・長さ：0.8～22 m、より好ましくは1～20 m
- ・開口部 18 の形成位置における室内高さ H：0.1～3 m、より好ましくは0.1～2 m

雰囲気制御部 16 の肉厚は、構成材料によっても異なるが、ステンレス鋼製である場合、0.5～2 mmであることが好ましく、より好ましくは0.5～1.5 mmである。

[0050] [流出側接続管 14 A および流入側接続管 15 A]

流出側接続管 14 A、流入側接続管 15 A の寸法は、使用する減圧脱泡装置、特に減圧脱泡槽 3 に応じて適宜選択することができるが、その一例は以下の通りである。

- ・内径：0.05～0.5 m、より好ましくは0.05～0.3 m
- ・長さ：0.1～1 m、より好ましくは0.1～0.8 m

流出側接続管 14 A および流入側接続管 15 A の肉厚は、構成材料によっても異なるが、ステンレス鋼製である場合、0.5～2 mmであることが好ましく、より好ましくは0.5～1.5 mmである。

開口部 18（流入側接続通路 15 A の内周面）と雰囲気制御部 16 の外周部側壁 16 a 内面との距離 D_1 は、流入側接続管 15 A の肉厚によっても異なるが、0.05～2 m であることが好ましく、より好ましくは 0.05～1 m である。

[0051] [整流部材 20]

整流部材 20 の寸法は、雰囲気制御部 16 の寸法、流入側接続管 15 A の内径や設置位置（すなわち、開口部 18 の寸法や形成位置）などにより異なるが、整流部材 20 の高さ h は、前述のように、雰囲気制御部 16 の開口部 18 の形成位置における室内高さ H との関係が、 $1/4 \leq h/H \leq 3/4$ を満たすことが好ましく、 $1/3 \leq h/H \leq 2/3$ を満たすことがより好ましい。具体的には、たとえば、整流部材 20 の高さ h は 0.03～2 m であることが好ましく、より好ましくは 0.05～1 m である。

整流部材 20 の肉厚は、構成材料によっても異なるが、1～50 mm が好ましく、より好ましくは 2～30 mm である。

整流部材 20 の導入部 23、導出部 24 およびその内部空間の寸法は、流入側接続管 15 A および開口部 18 の寸法などにより異なるが、開口部 18 からのガス流 F の流れを妨げないように、整流部材 20 の導入部 23、導出部 24 および内部空間の寸法を、開口部 18 の寸法よりも大きくなるように設定することが好ましい。一例として、図 2（a）に示す筒状（管状）の整流部材 20 の場合、整流部材 20 の内径を開口部 18 の寸法よりも 0～50 % 大きく設定することが好ましく、具体的には、整流部材 20 の内径を開口部 18 の寸法よりも 0～0.5 m 大きく設定することが好ましく、0～0.2 m 大きく設定することがより好ましい。

[0052] 本発明の減圧脱泡装置に設けられる整流部材は、上述した図 2（a）に示す円筒形状の整流部材 20 に限定されない。以下、本発明の減圧脱泡装置における整流部材の他の形態を図 2～図 4 に基づき説明する。なお、図 2～図 4 に示す整流部材において、その材質や好ましい形状、設置位置などは、図 2（a）に示す整流部材 20 で述べたものと同様である。

[0053] 図2の(b)から(d)は本発明の減圧脱泡装置に適用される整流部材の他の実施形態を示すもので、図2(b)は第2の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図、図2(c)は第3の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図、図2(d)は第4の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図である。

[0054] 図2(b)に示す整流部材20Bは、横断面形状が四角形の管状であり、四角形の導入部23Bおよび導出部24Bを有する。図2(b)に示すように、前記構造の整流部材20Bを開口部18の周囲を囲んで設置することにより、開口部18は整流壁部21Bにより空間19と仕切られ、空間19からの渦気流が、流入側接続通路15より開口部18を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。したがって、前記した整流部材20を設けた場合と同様に、本発明の減圧脱泡装置に図2(b)に示す整流部材20Bを適用することにより、ガス流の流れを安定化させて、溶融ガラスGからのガス成分の滞留を安定して解消でき、減圧脱泡性能のバラつきを抑制して、減圧脱泡の効果を向上させることができる。

[0055] 図2(c)に示す整流部材20Cは、横断面形状が三角形の管状であり、三角形の導入部23Cおよび導出部24Cを有する。図2(c)に示すように、前記構造の整流部材20Cを開口部18の周囲を囲んで設置することにより、開口部18は整流壁部21Cにより空間19と仕切られ、空間19からの渦気流が、流入側接続通路15より開口部18を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。

[0056] 図2(d)に示す整流部材20Dは、断面形状が涙滴形の管状であり、涙滴形の導入部23Dおよび導出部24Dを有する。図2(d)に示すように、前記構造の整流部材20Dを開口部18の周囲を囲んで設置することにより、開口部18は整流部材20Dの湾曲形状の整流壁部21Dにより空間19と仕切られ、空間19からの渦気流が、流入側接続通路15より開口部18を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。

[0057] 図3は本発明の減圧脱泡装置に適用される整流部材の他の実施形態を示す

もので、図 3（a）は第 5 の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図、図 3（b）は第 6 の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図、図 3（c）は第 7 の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図、図 3（d）は第 8 の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図である。

[0058] 本発明の減圧脱泡装置における整流部材は、雰囲気制御部 16 の外周部の空間 19 と開口部 18 とを仕切り、該空間 19 からの渦気流が開口部 18 へと流入してくることを抑制することができれば開口部 18 の全周を覆っていても本願発明の効果を奏することができる。

たとえば、図 3（a）に示す整流部材 20E のように、開口部 18 のうち空間 19 とは反対側に位置する部分の一部を除くように開口部 18 を囲んで整流壁部 21E が設けられていてもよい。図 3（a）に示す整流部材 20E は、横断面形状が C 形状であるが、この C 形状をなす整流壁部 21E が空間 19 と開口部 18 とを仕切っているため、空間 19 からの渦気流が、流入側接続通路 15 より開口部 18 を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。したがって、前記した整流部材 20 を設けた場合と同様に、本発明の減圧脱泡装置に図 3（a）に示す整流部材 20E を適用することにより、ガス流の流れを安定化させて、熔融ガラス G からのガス成分の滞留を安定して解消でき、減圧脱泡性能のバラつきを抑制して、減圧脱泡の効果を向上させることができる。

[0059] また、本発明の減圧脱泡装置における整流部材は、図 3（b）に示す整流部材 20F のように、開口部 18 のうち空間 19 と対向する側の少なくとも半周を覆うようにして空間 19 と開口部 18 とを仕切る整流壁部 21F が設けられていれば、空間 19 からの渦気流が開口部 18 へと流入してくることを抑制することができ、本願発明の効果を奏することができる。

[0060] 図 3（c）に示す整流部材 20G は、導入部 23G および導出部 24G を有する管状であり、その上面が空間 19 側から空間 19 とは反対側へと下降して形成されており、導出部 24G の開口が雰囲気制御部 16 内の流出側接続通路 14 側を向いている。図 3（c）に示すように、前記構造の整流部材

２０Ｇを開口部１８の周囲を囲んで設置することにより、開口部１８は整流部材２０Ｇの整流壁部２１Ｇにより空間１９と仕切られ、空間１９からの渦気流が、流入側接続通路１５より開口部１８を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。なお、図３（ｃ）に示すように、本発明の減圧脱泡装置における整流部材は、整流部材の導出部が空間１９側に向かないように設置されていることが好ましい。

[0061] 図３（ｄ）に示す整流部材２０Ｈは、導入部２３Ｈおよび導出部２４Ｈを有する管状であり、開口部１８の周囲を囲む壁部のうち、空間１９とは反対側に位置する壁面の上部が一部切除された形状をしている。図３（ｄ）に示す整流部材２０Ｈにおいても、開口部１８は整流部材２０Ｈの整流壁部２１Ｈにより空間１９と仕切られ、空間１９からの渦気流が、流入側接続通路１５より開口部１８を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。

[0062] 図４は本発明の減圧脱泡装置に適用される整流部材の他の実施形態を示すもので、図４（ａ）は第９の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図、図４（ｂ）は第１０の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図、図４（ｃ）は第１１の実施形態の整流部材を示す部分断面斜視図である。

[0063] 図４（ａ）に示す整流部材２０Ｊは、図２（ａ）に示す整流部材２０が導出部を空間１９とは反対方向に向くように折り曲げられた構造をした管状をしている。図４（ａ）に示す整流部材２０Ｊは、空間１９と開口部１８とを仕切る整流壁部２１Ｊの内面２２Ｊが、整流部材２０Ｊ内に開口部１８と導入部２３Ｊを介して流入したガス流を導出部２４Ｊへ誘導する案内面として機能している。図４（ｂ）に示す整流部材２０Ｋも前記形態同様、空間１９からの渦気流が、流入側接続通路１５より開口部１８を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。

[0064] 図４（ｂ）に示す整流部材２０Ｋは、図４（ａ）に示す整流部材２０Ｊにおける整流壁部２１Ｊの内面２２Ｊで形成される案内面が、曲線的に屈曲して形成された構造となっている。図４（ｂ）に示す整流部材２０Ｋは、整流壁部２１Ｋの内面２２Ｋが、整流部材２０Ｋ内に開口部１８と導入部２３Ｋ

を介して流入したガス流を導出部 24 K へ誘導する案内面として機能している。図 4 (b) に示す整流部材 20 K も前記形態同様、空間 19 からの渦気流が、流入側接続通路 15 より開口部 18 を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。

[0065] また、本発明の減圧脱泡装置において、図 4 (c) に示す整流部材 20 L のように、円筒形状（管形状）の管軸方向が鉛直方向に対して傾いた状態で、導出部 24 L が空間 19 とは反対方向に開口されてなることもできる。図 4 (c) に示す整流部材 20 L は、整流壁部 21 L の内面 22 L が、整流部材 20 L 内に開口部 18 と導入部 23 L を介して流入したガス流を導出部 24 L へ誘導する案内面として機能している。このような構造の整流部材 20 L を図 4 (c) に示すように開口部 18 の周囲に設置することにより、空間 19 からの渦気流が、流入側接続通路 15 より開口部 18 を介して流動する上昇気流を阻害することを抑制できる。

[0066] 本発明の減圧脱泡装置において、溶融ガラスからのガス成分の滞留を解消することができる限り、溶融ガラス G の上方に形成するガス流の流通方向は特に限定されない。図 1 に示すガス流 F の流通方向とは反対方向、すなわち、減圧脱泡槽 3 の下流側から上流側に向かうガス流であってもよい。この場合、減圧脱泡槽 3 天井部の下流側に設けられた接続通路 15 が雰囲気制御部 16 から減圧脱泡槽 3 へと流れるガス流の通路をなす流出側接続通路となり、減圧脱泡槽 3 天井部の上流側に設けられた接続通路 14 が減圧脱泡槽 3 から雰囲気制御部 16 へと流れるガス流の通路をなす流入側接続通路となる。そのため、ガス流の流通方向（循環方向）が図 1 に示すガス流 F と逆方向の場合は、接続通路 14 と雰囲気制御部 16 により形成された開口部周囲に前記した整流部材を設ける構成とすればよい。この場合、流入側接続通路を雰囲気制御部 16 の外周部側壁 16 D よりも内側に設け、当該流入側接続通路の出口側の開口部周囲に整流部材が設けられているので、雰囲気制御部 16 の外周部側壁 16 D 側の外周部に形成された空間側に生じた渦気流により、流入側接続通路を上昇する上昇気流の流れが阻害されるのを防止することが

できる。

[0067] また、図 1 に示す減圧脱泡装置 100 では、減圧脱泡槽 3 の長手方向全体にわたって、熔融ガラス G の流通方向と同一方向のガス流 F が形成されているが、熔融ガラスからのガス成分の滞留を解消することができる限り、熔融ガラス G の上部空間に複数のガス流を形成してもよい。複数のガス流は熔融ガラス G の流通方向と同一であってもよく、または反対方向であってもよい。

[0068] また、図示した態様では、2 本の接続通路 14、15 の位置関係が上流側および下流側であるが、接続通路の位置関係はこれに限定されない。たとえば、2 本の接続通路の位置関係を図面手前側および奥側にしてもよい。この場合、減圧脱泡槽 3 と雰囲気制御部 16 とを流れるガス流の方向は、図示した態様でのガス流 F の方向と直交する方向（雰囲気制御部 16 におけるガス流の方向が、それぞれ、図面手前側および奥側、または、図面奥側および手前側）となる。この場合、減圧脱泡槽 3 内におけるガス流 F の方向が、熔融ガラス G の移動方向と直交する方向になる。図示した態様のように、減圧脱泡槽 3 が熔融ガラス G の流動方向に長い形状である場合、減圧脱泡槽 3 内の熔融ガラス G の上方におけるガス流 F の方向は、熔融ガラス G の移動方向と同一方向または反対方向であることが、熔融ガラス G からのガス成分の滞留を解消させるうえで好ましいが、減圧脱泡槽が縦横方向における長さに有意な差が無い形状（たとえば、減圧脱泡槽の平面形状が正方形、六角形、八角形等の形状）の場合、減圧脱泡槽 3 内におけるガス流 F の方向が、熔融ガラス G の移動方向と直交する方向であって、熔融ガラス G からのガス成分の滞留を解消することができる。

[0069] なお、本発明の減圧脱泡装置 100 において、ガス供給手段によって供給するガスを利用する場合は、減圧脱泡槽 3 内の熔融ガラス G の上部空間と雰囲気制御部 16 とを流れるガス流 F により、熔融ガラス G からのガス成分の滞留を解消できればよいので、減圧脱泡の実施中、常時ガス流 F を生じさせておく必要は必ずしもない。熔融ガラス G からのガス成分の滞留を解消でき

る限り、減圧脱泡の実施中、定期的にガス流Fを生じさせるのでもよく、例えば、1時間毎に1～30秒程度の割合でガス流Fを生じさせるのでもよい。なお、定期的にガス流Fを生じさせるためには、ガス供給手段（図示略）から定期的にガス流Fを供給すればよい。

また、本発明の減圧脱泡装置は、上記以外の構造を有していてもよい。たとえば、熔融ガラスGの表面（液面）近くにガス流Fを形成するため、減圧脱泡槽3の天井部の内側にガス流Fを下方に誘導するための邪魔板を設けてもよい。

[0070] 次に、図1に示す減圧脱泡装置100の動作について説明する。

減圧脱泡装置100にあっては、減圧脱泡槽3の内部を大気圧未満の所定の減圧状態に保持した状態で、減圧脱泡槽3に熔融ガラスGを供給する。たとえば、減圧脱泡槽3は、その内部を51～613hPa（38～460mmHg）に減圧されている。減圧脱泡槽3の内部は、80～338hPa（60～253mmHg）に減圧されていることがより好ましい。

本実施形態の減圧脱泡装置100を用いて減圧脱泡するガラスGは、加熱熔融法により製造されるガラスである限り、組成的には制約されない。従って、ソーダライムガラスに代表されるソーダライムシリカ系ガラスやアルカリホウケイ酸ガラスのようなアルカリガラスであっても良い。

[0071] 建築用または車両用の板ガラスに使用されるソーダライムガラスの場合には、酸化物基準の質量百分率表示で、SiO₂: 65～75%、Al₂O₃: 0～3%、CaO: 5～15%、MgO: 0～15%、Na₂O: 10～20%、K₂O: 0～3%、Li₂O: 0～5%、Fe₂O₃: 0～3%、TiO₂: 0～5%、CeO₂: 0～3%、BaO: 0～5%、SrO: 0～5%、B₂O₃: 0～5%、ZnO: 0～5%、ZrO₂: 0～5%、SnO₂: 0～3%、SO₃: 0～0.3%という組成を有することが好ましい。

[0072] 液晶ディスプレイ用の基板に使用される無アルカリガラスの場合には、酸化物基準の質量百分率表示で、SiO₂: 39～70%、Al₂O₃: 3～25%、B₂O₃: 1～20%、MgO: 0～10%、CaO: 0～17%、Sr

O : 0 ~ 20 %、BaO : 0 ~ 30 %という組成を有することが好ましい。

プラズマディスプレイ用の基板に使用される混合アルカリ系ガラスの場合には、酸化物基準の質量百分率表示で、SiO₂ : 50 ~ 75 %、Al₂O₃ : 0 ~ 15 %、MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO : 6 ~ 24 %、Na₂O + K₂O : 6 ~ 24 %、という組成を有することが好ましい。

[0073] 本発明に係るガラス製品の製造装置は、前述した減圧脱泡装置100と、減圧脱泡装置100よりも上流側に設けられたガラス原料を溶融して溶融ガラスを製造する溶融手段（溶融装置）と、減圧脱泡装置100よりも下流側に設けられた溶融ガラスを成形する成形手段（成形装置）200と、成形後のガラスを徐冷する徐冷手段（徐冷装置）と、を備える装置である。なお、溶融手段、成形手段、徐冷手段については、公知技術の範囲である。たとえば、溶融手段においては、所望の組成になるように調整したガラス原料を溶融槽に投入し、ガラスの種類に応じた所定の温度、たとえば、建築用や車両用等のソーダライムガラスの場合、約1400~1600℃に加熱してガラス原料を溶融して溶融ガラスを得る。たとえば、成形手段としては、フロート法、フュージョン法またはダウンロード法などによる成形装置が挙げられる。

[0074] 前記の中でもフロート法のためのフロートバスを用いた成形手段が薄板状ガラスから厚板状ガラスまでの広範囲の厚さの高品質なガラス板を大量に製造できる理由から好ましい。たとえば、徐冷手段としては、成形後のガラスの温度を徐々に下げるための機構を備えた徐冷炉が一般的に用いられる。徐々に温度を下げる機構は、燃焼ガスまたは電気ヒータにより、その出力が制御された熱量を、炉内の必要位置に供給して成形後のガラスを徐冷する。これによって、成形後のガラスに内在する残留応力を無くすることができる。

[0075] 次に、本発明のガラス製品の製造方法について説明する。図5は、本発明のガラス製品の製造方法の一実施形態のフロー図である。

本発明のガラス製品の製造方法は、前述の減圧脱泡装置100を用いることを特徴とする。本発明のガラス製品の製造方法は、一例として、前述の減

圧脱泡装置 100 の前段の溶融手段により溶融ガラスを溶融して溶融ガラスを製造する溶融工程 K1 と、前述の減圧脱泡装置 100 により溶融ガラスの減圧脱泡を行う脱泡工程 K2 と、前述の減圧脱泡装置 100 よりも下流側で溶融ガラスを成形する成形工程 K3 と、その後工程において溶融ガラスを徐冷する徐冷工程 K4 と、徐冷後のガラスを切断する切断工程 K5 と、ガラス製品 K6 を得るガラス製品の製造方法である。

[0076] 本発明のガラス製品の製造方法は、前述した減圧脱泡装置 100 を利用することの他は、公知技術の範囲である。また、本発明のガラス製品の製造方法で利用する装置については、前述の通りである。図 5 では、本発明のガラス製品の製造方法の構成要素である溶融工程、および成形工程ならびに徐冷工程に加えて、さらに必要に応じて用いる切断工程、その他の後工程も示している。

実施例

[0077] 以下、実施例に基づいて本発明を具体的に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0078] 実施例では、熱流体解析ソフト FLUENT (Fluent 社) を用いて減圧脱泡槽内の溶融ガラス G の上部空間での気流解析を行い、減圧脱泡槽内の溶融ガラスの上部空間と雰囲気制御部とを流れるガス流 (本解析においては循環するガス流) による溶融ガラスからのガス成分の滞留の解消を評価した。なお、減圧脱泡装置としては、図 6 に示す減圧脱泡装置 100B のように、減圧脱泡槽 3 の上流側天井部の接続通路 14 の開口部のガス導入点 A (溶融ガラス G 表面からの高さ d_2 を 38 mm、減圧脱泡槽 3 の上流側端部から 0.1 m) より上流から下流向き 45 度の角度で、1060℃の N_2 ガスを体積流量 25 NL/min にて供給するものとしてモデル化した。なお、図 6 に示す減圧脱泡装置 100B は、シミュレーションに使用した計算モデルの減圧脱泡槽と雰囲気制御部近傍の要部のみを示しており、図 1 に示す構成要素と同じ要素には同じ符号を付した。

[0079] モデルとして使用した減圧脱泡装置 100B の各部の寸法は以下の通りで

ある。

・減圧脱泡槽 3 : 全長 $L_1 = 1.0 \text{ m}$ 、高さ $d_1 = 1 \text{ m}$ (断面半円形状)、
溶融ガラス G の上部空間の高さ $d_3 = 0.5 \text{ m}$

・雰囲気制御部 16 : 全長 $L_2 = 1.1 \text{ m}$ 、高さ $H = 2 \text{ m}$ (円筒形状)

・接続管 14A、15A : 全長 0.8 m 、内径 0.3 m (円筒形状)

接続管 14A は、減圧脱泡槽 3 の上流側端部から 0.1 m 、および雰囲気制御部 16 の上流側端部から 0.6 m の位置とした。接続管 15A は、減圧脱泡槽 3 の下流側端部から 0.1 m の位置とし、開口部 18 は雰囲気制御部 16 の下流側端部の内壁からの距離 D_1 を 0.6 m とした。

・排気口 17 : 内径 0.05 m 。雰囲気制御部 16 の長手方向中央の天井部に設けた。

[0080] 減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G の上部空間内の圧力および雰囲気制御部 16 内の圧力 350 mmHg 、減圧脱泡槽 3 の温度 1400°C 、雰囲気制御部 16 の天井部 16A の温度 100°C 、雰囲気制御部 16 の床部 16B の温度 200°C の場合について解析を行った。

気流解析には、非反応化学種の輸送モデル、標準 $k-\varepsilon$ モデル、標準壁関数を採用した。入口拡散、拡散エネルギー、および減圧脱泡槽 3 内での溶融ガラス G の動きについては考慮せず、その他の設定パラメータはデフォルト値を使用した。気流解析の流体物性は、FLUENT データベース内の N_2 および揮散 H_2O からなる混合物の値 (下記) を用いた。

[0081] ・粘度 : $1.72 \times 10^{-5} [\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}]$
 ・熱伝導率 : $0.0454 [\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}]$
 ・質量拡散係数 : $2.88 \times 10^{-5} [\text{m}^2/\text{s}]$
 ・密度 : $\rho = p M_w / R T$ (非圧縮性理想気体方程式)
 ・比熱 : $c_p = \sum_i Y_i c_{p,i}$ (化学種による比熱の質量分率平均式) $[\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}]$

減圧脱泡槽 3 内の溶融ガラス G からは、 SO_3 、 O_2 、 B_2O_3 、 H_2O 等、複数のガスが揮散すると考えられるが、本解析では便宜上 H_2O のみが溶融ガラ

スGの表面から垂直上向きに体積流量 $14.55\text{NL}/\text{min}$ で揮散すると仮定した。

[0082] (実施例)

図6および図2(a)に示すように、接続通路(流入側接続通路)15の開口部18の周囲に、肉厚 1.0mm 、内径 0.3m 、高さ h を 1m (円筒形状)とした整流部材20を、自重により設置した。

(比較例)

整流部材を設置しないこと以外は、実施例と同じ条件でシミュレーション解析をした。

[0083] 図7に、実施例および比較例の接続通路15近傍の雰囲気制御部16の気流解析結果を示す。図7(a)は実施例の気流解析結果を示す図であり、図7(b)は比較例の気流解析結果を示す図である。図7(a)に示すように、流入側接続通路15の出口側の開口部18の周囲に整流部材20を設けた本発明に係る実施例では、流入側接続通路15から開口部18を介して雰囲気制御部16へと流入するガス流S1が渦気流S2に阻害されることなく、安定な流れを形成している。これに対し、図7(b)に示す比較例では、外周部の空間からの渦気流S2が、流入側接続通路15から開口部18を介して雰囲気制御部16へと流入するガス流S1の上昇を阻害している。渦気流S2の強さは上昇気流S1の強さや周囲の温度環境等によって変化するため、このような状況では上昇気流S1の流れが不安定になり、それが原因となってガス流Fも不安定になってしまう。この結果より、整流部材が設けられている本発明に係る減圧脱泡装置は、減圧脱泡槽内の溶融ガラスの上部空間と雰囲気制御部とを循環するガス流の流速が安定化され、溶融ガラスからのガス成分の滞留を安定して解消でき、減圧脱泡性能のバラつきを抑制して、減圧脱泡の効果を向上させることができる。

[0084] 図8は、実施例および比較例について、減圧脱泡槽3内の溶融ガラスGの上部空間の圧力を、上流側から下流側までプロットしたグラフである。図8において、横軸は減圧脱泡槽の上流側端部(上流端)からの位置を減圧脱泡

槽 3 の全長に対して規格化した座標（規格化座標）であり、縦軸は比較例における減圧脱泡槽 3 内の熔融ガラス G の上部空間の上流端の圧力を 1 として規格化した圧力（規格化圧力）である。図 8 の結果より、整流部材 20 を設けた本発明に係る実施例では、比較例よりも減圧脱泡槽 3 内の熔融ガラス G の上部空間の上流端と下流端との圧力差が大きくなっており、熔融ガラス G の上部空間のガス流の流れ（循環）状態が良好であることがわかる。これに対し、比較例では、減圧脱泡槽 3 内の熔融ガラス G の上部空間の上流端と下流端との圧力差が小さいため、熔融ガラス G の上部空間のガス流の流れ（循環）が弱いことがわかる。これは、図 7 に示すように、整流部材 20 を有さない比較例では、流入側接続通路 15 の開口部 18 付近を通過するガス流である上昇気流が、外周部の空間からの渦気流により妨害され、開口部 18 付近でガス流の流速が低下するとともに、妨害されたガス流の一部が減圧脱泡槽 3 の下流端側へと逆流するため、減圧脱泡槽 3 の下流側の熔融ガラス G の上部空間の圧力が上昇したためと考えられる。

[0085] 図 9 は、実施例および比較例について、減圧脱泡槽 3 から接続通路 14 を介して雰囲気制御部 16 へと排出されるガス（上流排出ガス）の流量、および、減圧脱泡槽 3 から流入側接続通路 15 を介して雰囲気制御部 16 へと排出されるガス（下流排出ガス）の流量を示したグラフである。図 9 において、各ガスの排出流量は、実施例の下流排出ガスの流量を 1 として規格化して示した。図 9 の結果より、整流部材 20 を設けた本発明に係る実施例では、上流排出ガスの流量がマイナス、すなわち、雰囲気制御部 16 から接続通路 14 を介して減圧脱泡槽 3 へとガス流が流れており、ガス流の流れ（循環）状況が良好であることがわかる。これに対し、比較例では、上流排出ガスの流量がプラス、すなわち、減圧脱泡槽 3 から接続通路 14 を介して雰囲気制御部 16 へとガス流が流れており、熔融ガラス G の上部空間において、上流側から下流側へと流れるガスの流量が減少し、ガス流の流れ（循環）が弱いことがわかる。

[0086] 以上の結果より、整流部材が設けられている本発明に係る減圧脱泡装置は

、減圧脱泡槽内の溶融ガラスの上部空間と雰囲気制御部とを流れるガス流の流速が安定化され、溶融ガラスからのガス成分の滞留を安定して解消でき、減圧脱泡性能のバラつきを抑制して、減圧脱泡の効果を向上させることができる。

産業上の利用可能性

[0087] 本発明の減圧脱泡装置によれば、減圧脱泡の効果を向上させ、高品質のガラス製品を生産性良く、製造することができる。本発明の減圧脱泡装置、減圧脱泡方法、ガラス製品の製造装置、およびガラス製品の製造方法は、建材用、車両用、液晶表示装置・プラズマディスプレイ装置・有機ELディスプレイ装置等のフラットパネルディスプレイ用、光学用、医療用、その他幅広いガラス製品の製造に利用できる。

なお、2010年7月30日に出願された日本特許出願2010-172230号の明細書、特許請求の範囲、図面及び要約書の全内容をここに引用し、本発明の開示として取り入れるものである。

符号の説明

[0088] 1…溶融槽、2…減圧ハウジング、3…減圧脱泡槽、5…上昇管、6…下降管、7…断熱材、8、9…外管、11…導管、12…上流ピット、13…下流ピット、14…接続通路（流出側接続通路）、14A…接続管（流出側接続管）15…接続通路（流入側接続通路）、15A…接続管（流入側接続管）、16…雰囲気制御部、17…排気口、18…開口部、19…雰囲気制御部の外周部の空間、20、20E、20F、20H、20J、20K、20L…整流部材、21、21B、21C、21D、21E、21F、21G、21J、21K、21L…整流壁部、22、22J、22K、22L…整流壁部内面（案内面）、23、23B、23C、23D、23G、23H、23J、23K、23L…導入部、24、24B、24C、24D、24G、24H、24J、24K、24L…導出部、100…減圧脱泡装置、F…ガス流、200…成形装置、G…溶融ガラス、S1…上昇気流、S2…渦気流。

請求の範囲

- [請求項1] 内部の気圧が大気圧未満に設定され、供給された熔融ガラス中の泡を浮上および破泡させる減圧脱泡槽を具備する熔融ガラスの減圧脱泡装置であって、
- 少なくとも2つの接続通路により前記減圧脱泡槽の熔融ガラス収容部より上の空間と接続される中空構造の雰囲気制御部と、前記雰囲気制御部に形成された減圧用の排気口と、が設けられており、
- 前記減圧脱泡槽から前記雰囲気制御部へと熔融ガラスから発生したガスが流れる流入側接続通路の出口側の開口部周囲に、前記ガスの流れを整える整流部材が設けられてなる熔融ガラスの減圧脱泡装置。
- [請求項2] 前記流入側接続通路が、前記雰囲気制御部の外周部より内側において、減圧脱泡槽の熔融ガラス収容部の上部空間と前記雰囲気制御部との間で接続されてなる請求項1に記載の熔融ガラスの減圧脱泡装置。
- [請求項3] 前記整流部材が、前記流入側接続通路の出口側の開口部の少なくとも半周を覆って該開口部と前記雰囲気制御部の外周部との間を仕切る整流壁部を備えてなる請求項1または2に記載の熔融ガラスの減圧脱泡装置。
- [請求項4] 前記整流部材の前記整流壁部内面に、前記減圧脱泡槽から前記流入側接続通路の出口側の開口部を介して前記雰囲気制御部へと流れるガスの流れを前記雰囲気制御部から減圧脱泡槽に通じる流出側接続通路側に誘導する案内面が形成されてなる請求項3に記載の熔融ガラスの減圧脱泡装置。
- [請求項5] 前記整流部材の前記整流壁部が、前記流入側接続通路の出口側の開口部の全周を囲むように形成されてなる請求項3または4に記載の熔融ガラスの減圧脱泡装置。
- [請求項6] 前記整流部材が、前記流入側接続通路の出口側の開口部からのガスを該整流部材内部に導入する導入部と、該開口部から該整流部材内部に導入されたガスを前記雰囲気制御部へと導出する導出部とを備えて

なる請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の溶融ガラスの減圧脱泡装置。
。

[請求項7] 前記整流部材の形状が管状である請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の溶融ガラスの減圧脱泡装置。

[請求項8] 前記流入側接続通路の出口側の開口部が形成された位置における前記雰囲気制御部の室内の高さを H とし、前記整流部材高さの最大値を h としたとき、 $1/4 \leq h/H \leq 3/4$ の関係を満たす請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の溶融ガラスの減圧脱泡装置。

[請求項9] 前記減圧脱泡槽の溶融ガラス収容部より上の空間内、前記少なくとも 2 つの接続通路の内部、または前記雰囲気制御部の内部のいずれかにガス供給手段が設けられてなる請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の溶融ガラスの減圧脱泡装置。

[請求項10] 前記減圧脱泡槽と前記雰囲気制御部を囲い真空吸引されて内部が減圧される減圧ハウジングと、この減圧ハウジング内に設けられ、溶融ガラスの減圧脱泡を行うための減圧脱泡槽と、該減圧脱泡槽に溶融ガラスを供給するための供給機構と、脱泡後の溶融ガラスを次工程に送るための送出機構とを具備してなる請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の溶融ガラスの減圧脱泡装置。

[請求項11] 請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の減圧脱泡装置を用いた溶融ガラスの減圧脱泡方法。

[請求項12] 請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の減圧脱泡装置を用いて、前記減圧脱泡槽から前記雰囲気制御部へと溶融ガラスから発生したガスが流れる流入側接続通路の出口側の開口部周囲に設けた前記整流部材によって前記ガスの流れを整えて溶融ガラスを脱泡処理する溶融ガラスの減圧脱泡方法。

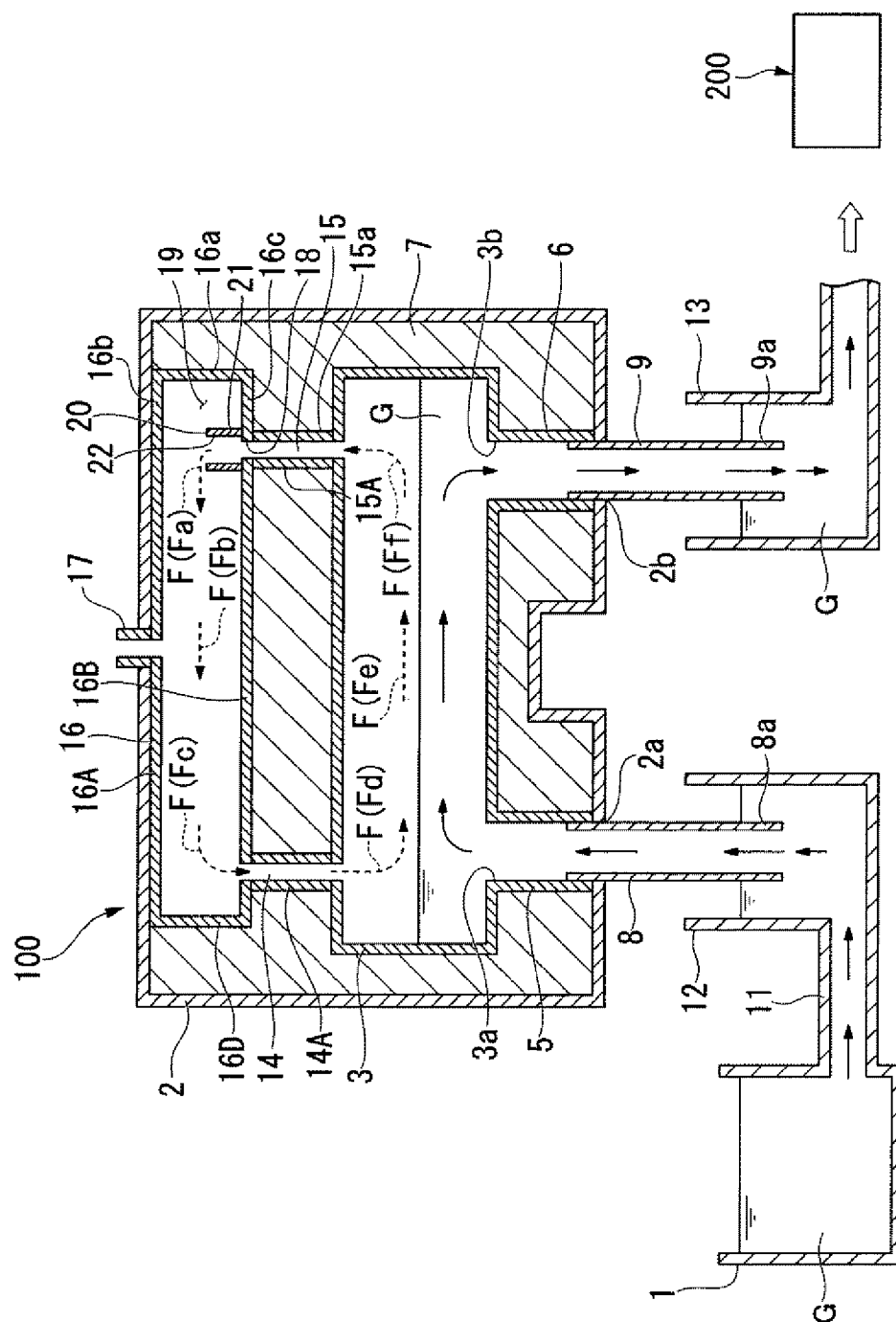
[請求項13] 請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の減圧脱泡装置と、該減圧脱泡装置よりも上流側に設けられたガラス原料を溶融して溶融ガラスを製造する溶融手段と、前記減圧脱泡装置よりも下流側に設けられた溶

融ガラスを成形する成形手段と、成形後のガラスを徐冷する徐冷手段とを備えたガラス製品の製造装置。

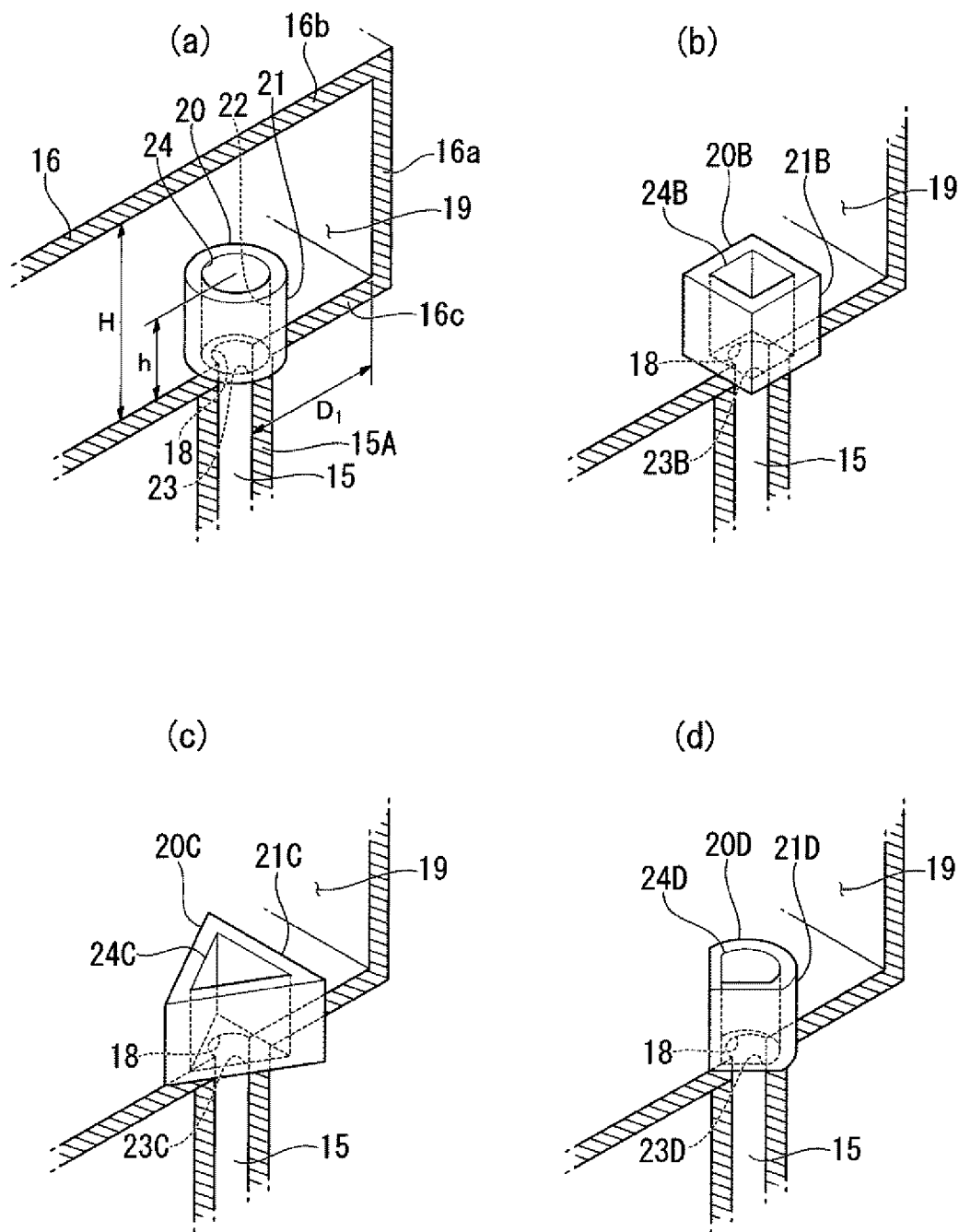
[請求項14] 請求項1～10のいずれか一項に記載の減圧脱泡装置により熔融ガラスを脱泡処理する工程と、前記減圧脱泡装置よりも上流側でガラス原料を熔融して熔融ガラスを製造する熔融工程と、前記減圧脱泡装置よりも下流側で熔融ガラスを成形する成形工程と、成形後のガラスを徐冷する徐冷工程とを含むガラス製品の製造方法。

[請求項15] 請求項1～10のいずれか一項に記載の減圧脱泡装置により前記減圧脱泡槽から前記雰囲気制御部へと熔融ガラスから発生したガスが流れる流入側接続通路の出口側の開口部周囲に設けた前記整流部材によって前記ガスの流れを整えて熔融ガラスを脱泡処理する工程と、前記減圧脱泡装置よりも上流側でガラス原料を熔融して熔融ガラスを製造する熔融工程と、前記減圧脱泡装置よりも下流側で熔融ガラスを成形する成形工程と、成形後のガラスを徐冷する徐冷工程とを含むガラス製品の製造方法。

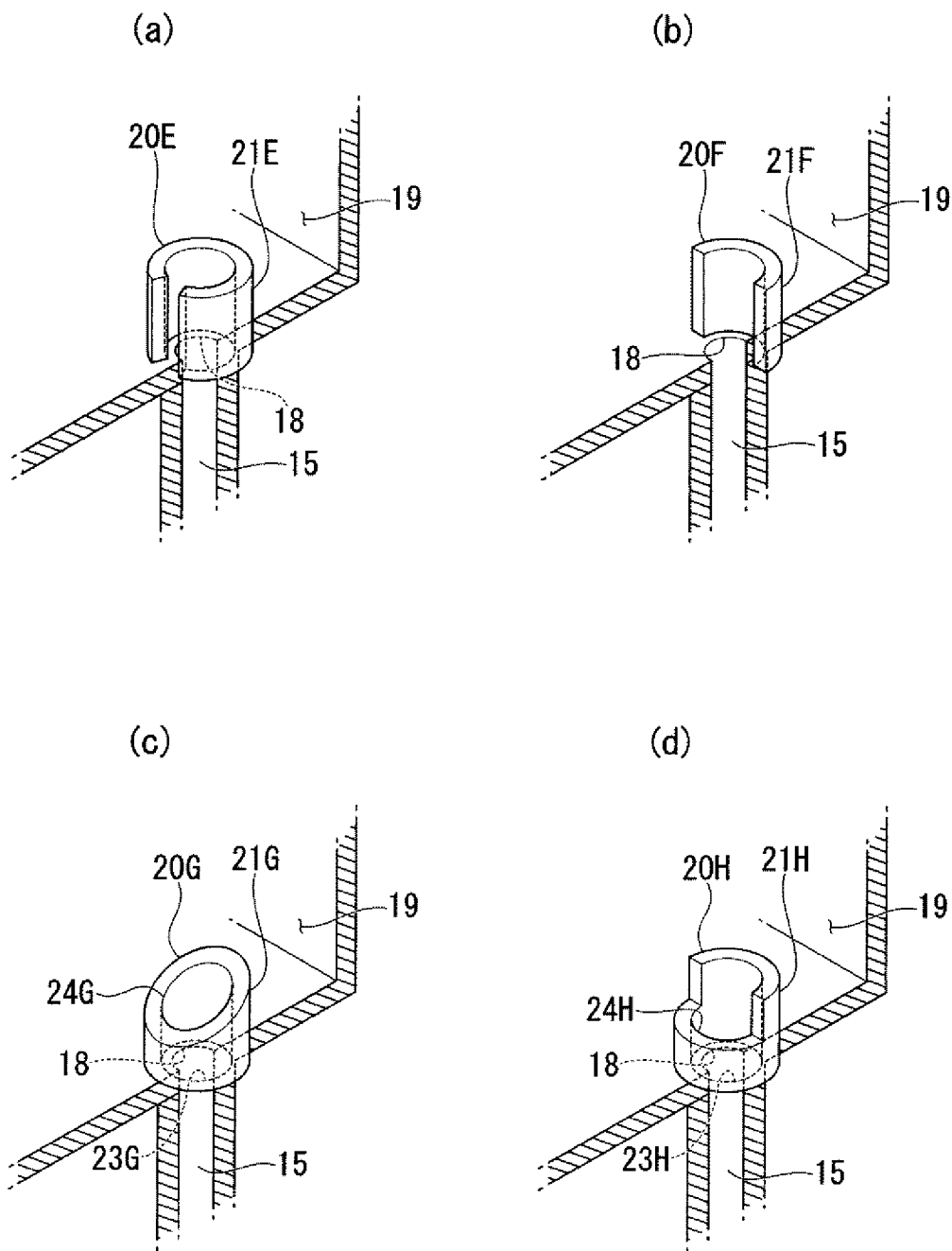
[図1]



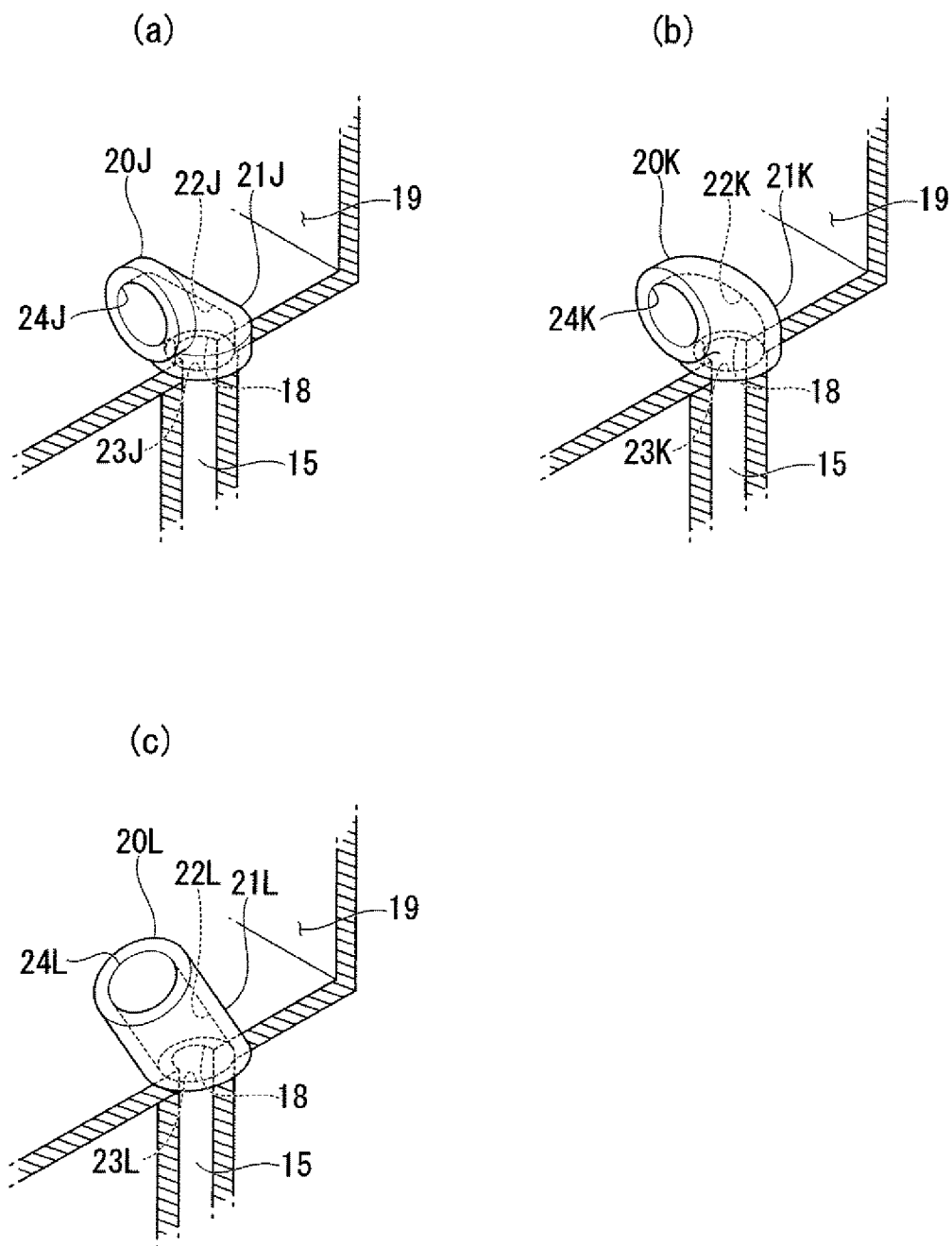
[図2]



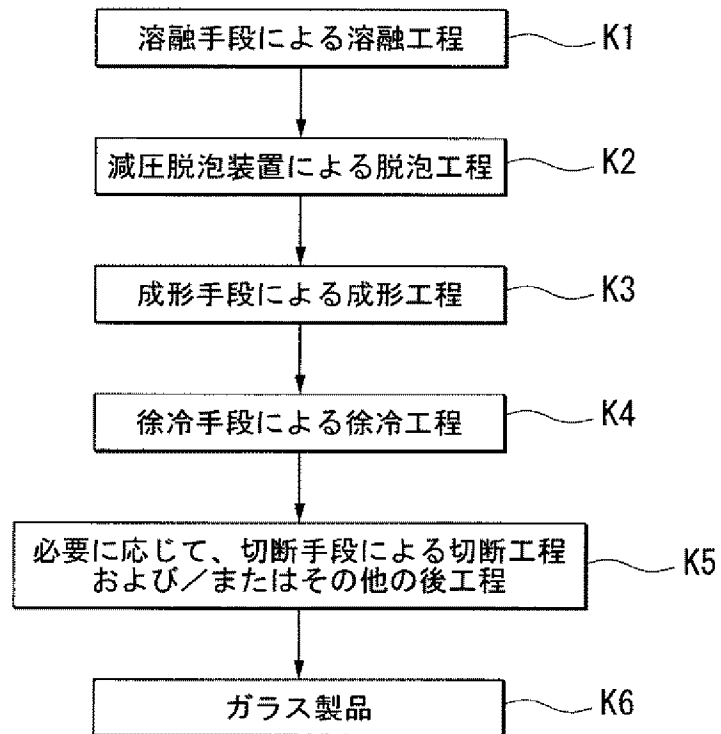
[図3]



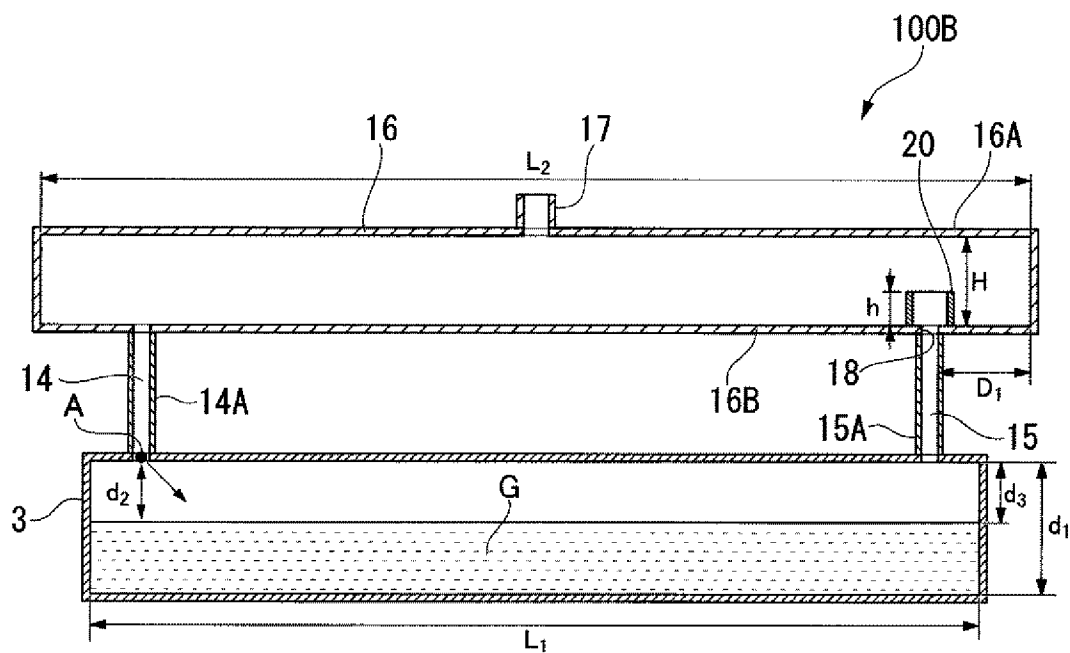
[図4]



[図5]

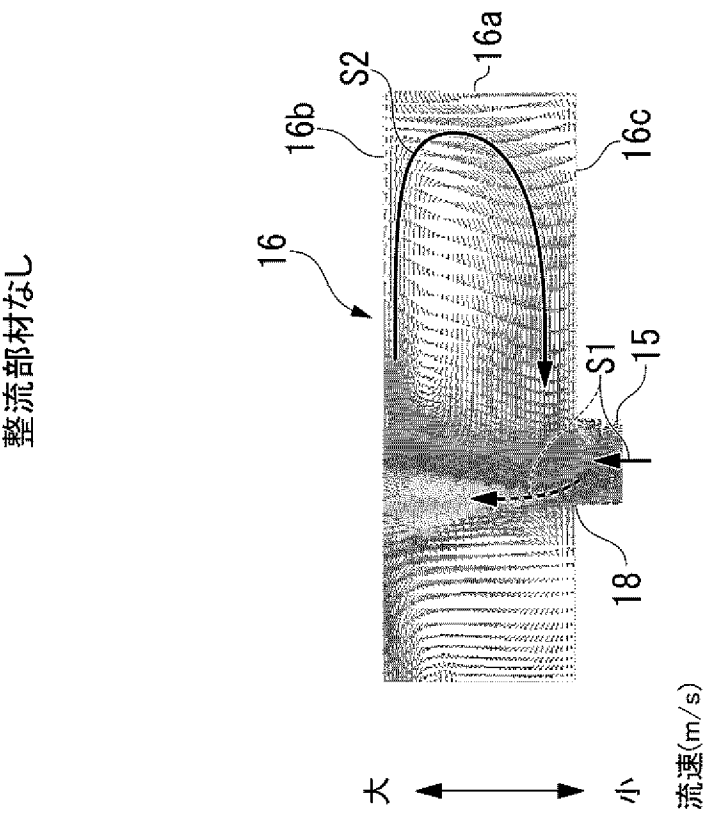


[図6]

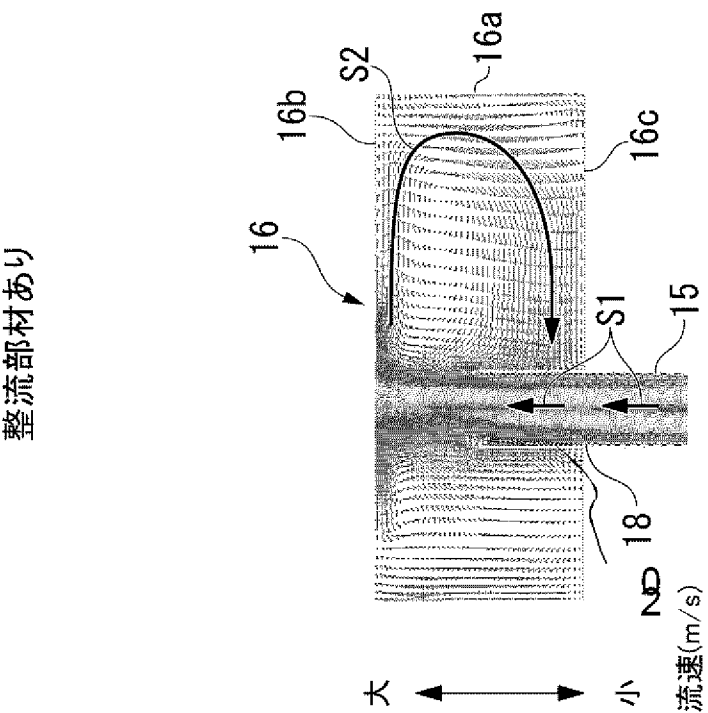


[図7]

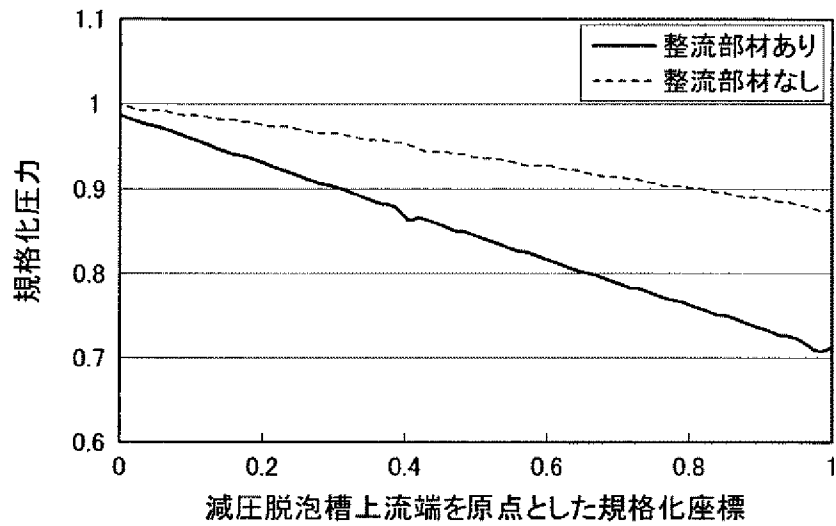
(b)
整流部材なし



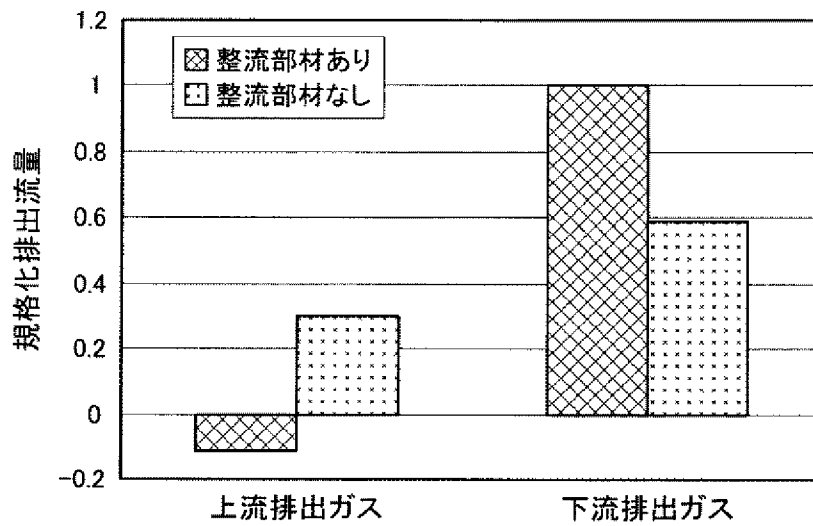
(a)
整流部材あり



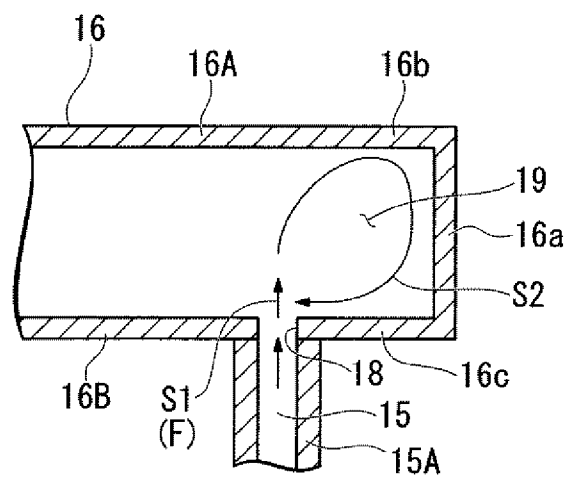
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/067000

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B5/225 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03B5/225

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/107801 A1 (Asahi Glass Co., Ltd.), 03 September 2009 (03.09.2009), claims; fig. 1 & CN 101959807 A & KR 10-2010-0085955 A	1-15
A	WO 2009/125750 A1 (Asahi Glass Co., Ltd.), 15 October 2009 (15.10.2009), claims & US 2010/0251772 A1 & EP 2228348 A1 & CN 101980977 A & KR 10-2010-0119538 A	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 August, 2011 (10.08.11)

Date of mailing of the international search report
23 August, 2011 (23.08.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C03B5/225 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C03B5/225

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2009/107801 A1（旭硝子株式会社）2009.09.03, 特許請求の範囲、図1 & CN 101959807 A & KR 10-2010-0085955 A	1-15
A	WO 2009/125750 A1（旭硝子株式会社）2009.10.15, 特許請求の範囲 & US 2010/0251772 A1 & EP 2228348 A1 & CN 101980977 A & KR 10-2010-0119538 A	1-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 0 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山崎 直也

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 5

4 T

3 2 3 4