

(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2004-226021  
(P2004-226021A)

(43) 公開日 平成16年8月12日(2004.8.12)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 2 5 J 1/02  
C O 1 B 23/00

F I

F 2 5 J 1/02  
C O 1 B 23/00

テーマコード(参考)

4 D O 4 7

A

審査請求有 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2003-15582 (P2003-15582)  
(22) 出願日 平成15年1月24日(2003.1.24)

(71) 出願人 503360115  
独立行政法人 科学技術振興機構  
埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
(74) 代理人 100099265  
弁理士 長瀬 成城  
(72) 発明者 武田 常広  
茨城県つくば市春日2-43-8  
Fターム(参考) 4D047 AA03 BA08 BB00 CA01 DA10  
DA11 EA07

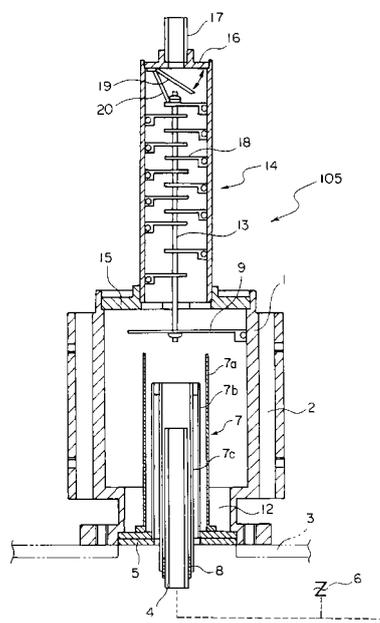
(54) 【発明の名称】 自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器

(57) 【要約】

【目的】 精製器を暖めた際に、比較的小さな容積内にある気体が膨張し急激な流速上昇がおこった時に、精製器からの出力部を自動的に閉止する閉鎖バルブを備えヘリウムガスが循環する系で2次的な閉塞が起きないようにした高性能ヘリウムガス精製器を提供する。

【構成】 液体ヘリウム再液化装置用の精製器であって、前記精製器は高温(約300K)ヘリウムガスを導入し同ガスを徐々に冷却するための精製器本体1と、前記精製器本体に連続して配置される窒素、酸素等の汚染物質を固化(氷結)する固化部14とからなる精製器において、前記固化部からのヘリウムガス流出路17に、流出路を閉鎖する閉鎖弁19を設けたことを特徴とする高性能ヘリウムガス精製器。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

液体ヘリウム再液化装置用の精製器であって、前記精製器は高温（約 300 K）ヘリウムガスを導入し同ガスを徐々に冷却するための精製器本体と、前記精製器本体に連続して配置される窒素、酸素等の汚染物質を固化（氷結）する固化部とからなる精製器において、前記固化部からのヘリウムガス流出路に、流出路を閉鎖する閉鎖弁を設けたことを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器。

**【請求項 2】**

前記精製器本体内にヘリウムガスを導入する導入パイプの周囲に、導入パイプの低温化防止壁を形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器。

10

**【請求項 3】**

前記低温化防止壁は、導入パイプを囲むようにステンレス製パイプを多重に配置して構成したことを特徴とする請求項 2 に記載の自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器。

**【請求項 4】**

前記多重に配置した最外周の低温化防止壁は導入パイプの出口よりも高さが高く形成してあることを特徴とする請求項 3 に記載の自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器。

**【請求項 5】**

前記閉鎖弁は、少なくとも精製器内の圧力あるいは精製器本体内の流速のいずれか一方が所定値以上になると閉鎖する弁で構成したことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器。

20

**【請求項 6】**

前記閉鎖弁は、電磁弁で構成したことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれかに記載に自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器。

**【請求項 7】**

前記精製器本体内に、ヘリウムガスを精製器本体内に導入する導入パイプを設け、このこの導入パイプに連通する流路に、ヘリウムガス圧を解除する安全弁を設けたことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれかに記載の自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

30

本発明はヘリウムガス精製器に関するものであり、特に液体ヘリウムの再液化装置に好適な自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器に関するものである。さらに具体的には、精製器を暖めた際に、比較的小さな容積内にある気体が膨張し急激な圧力および流速上昇（あるいはそれらのいずれか一方）がおこった時に、精製器からの出力部を自動的に閉止する閉鎖弁とともに気体圧力上昇を速やかに解除する安全弁を組み合わせ、これらによってヘリウムガスが循環する系で二次的な閉塞が起きないようにした自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器に関するものである。

**【0002】****【従来技術】**

極めて多くの低温物性研究や超伝導素子を用いた計測器等の冷却に、液体ヘリウムは不可欠である。また、人間の脳から発する磁界を検出する脳磁気計測システム等では脳の活動を高時空間分解能で非侵襲的に計測できる S Q U I D（超電導量子干渉計）が利用されており、この S Q U I D の冷却にも液体ヘリウムが利用されている。

40

**【0003】**

しかしながら、現在ほとんどの場合、冷却のための液体ヘリウムは蒸発した後、大気に放出する形となっており、上記システムに使用している従来からの液体ヘリウム槽でも、同槽から蒸発したヘリウムガスは、ほとんどの場合大気に開放している。しかし、この場合 1 リットル当たり約 1200 円する高価なヘリウムを多量に無駄に消費するため経済的かつ資源的に問題があり、このため、蒸発したヘリウムガスを回収し再度液化して再利用したいという要求は極めて強いものがある。

50

このため、最近では、液体ヘリウム貯留槽で気化したヘリウムガスを全量回収し、システム内でヘリウムガス内の汚染物質を除去した後、再凝縮して液化する再循環システムが研究されている（特許文献1）。

【0004】

【特許文献1】特開2000-105072

【0005】

しかしながら、こうした従来型の循環システムでは、システム内のパイプの接続部や機器内の種々のシール箇所から、極微量の酸素や窒素等の汚染物質が少しずつヘリウムガス内に混入することを防ぐことができず、このためヘリウムガスが冷却されていく過程において、ガス内に混入している極微量の酸素や窒素等の汚染物質が装置内の種々の箇所で凍りつき、循環システムを閉塞し、システムが正常に運転できないという問題がでてきた。また、精製器を使用することによりヘリウムガス内に混入している極微量の酸素や窒素等の汚染物質を取り除く場合でも、システム内の配管系に侵入する汚染物質は、システムの密封性をいくら高めても極くわずかつシステム内に侵入し、その凝固物は予測不能な部分で成長するため、単純に容積の大きなヘリウムガス精製器を作っても意外に早く閉塞が発生し、長期間の使用に耐えられないという問題が明らかとなってきた。

10

【0006】

このため、発明者らは汚染物質が一定以上に大きくなったとき精製器に取り付けたヒータを加熱して、汚染物質が気体にならない温度にまで汚染物質を暖めて液化し、精製器下部に設けた液だまりに貯蔵する精製器を提案し（特願2002-16430）、上記汚染物質を凝固して取り除くことに成功している。

20

しかし、精製器を暖めると、比較的小さな容積内にある気体が膨張するために、急激な圧力上昇または流速上昇がおり、液化した不純物が早い気体の流れに巻き上げられ、汚染物質が精製器より先の配管系に達し、そこで再度凝縮することにより閉塞を起こしてしまうことが判明した。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

そこで本発明は、精製器を暖めた際に、比較的小さな容積内にある気体が膨張し急激な圧力および流速上昇がおこった時に、精製器からの出力部を自動的に閉止する閉鎖弁とともに気体圧力上昇を速やかに解除する安全弁を組み合わせ、これらによってヘリウムガスが循環する系で2次的な閉塞が起きないようにした新しい自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器を提供し、上記問題点を解決することを目的とする。

30

また、従来の精製器では精製器本体内にヘリウムガスを導入する導入パイプの出口付近が40K近くまで冷却されると汚染物質が出口部に固化して出口を閉塞する等の問題があったが、導入パイプの周囲を低温化防止壁で囲むことにより出口部の低温化を防止し、さらにまた閉塞するまでの時間を長くできる汚染物質の固体化を防止できる自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器を提供する。

【0008】

【課題を解決するための手段】

このため、本発明が採用した課題解決手段は、液体ヘリウム再液化装置用の精製器であって、前記精製器は高温（約300K）ヘリウムガスを導入し同ガスを徐々に冷却するための精製器本体と、前記精製器本体に連続して配置される窒素、酸素等の汚染物質を固化（氷結）する固化部とからなる精製器において、前記固化部からのヘリウムガス流出路に、流出路を閉鎖する閉鎖弁を設けたことを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器である。

40

また、前記精製器本体内にヘリウムガスを導入する導入パイプの周囲に、導入パイプの低温化防止壁を形成したことを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器である。

また、前記低温化防止壁は、導入パイプを囲むようにステンレス製パイプを多重に配置して構成したことを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器である。

また、前記多重に配置した最外周の低温化防止壁は導入パイプの出口よりも高さが高く形

50

成してあることを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器である。

また、前記閉鎖弁は、精製器内の流速が所定値以上あるいは精製器本体内在が所定値以上の圧力になると閉鎖する弁で構成したことを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器である。

また、前記閉鎖弁は、電磁弁で構成したことを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器である。

また、前記精製器本体内に、ヘリウムガスを精製器本体内に導入する導入パイプを設け、このこの導入パイプに連通する流路に、ヘリウムガス圧を解除する安全弁を設けたことを特徴とする自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器である。

【0009】

10

【発明の実施形態】

以下、図面を参照して本発明に係る自動閉鎖弁付ヘリウムガス精製器（以下精製器という）の説明をすると、図1は、蒸発したヘリウムガスを再凝縮して液化する従来から公知の液体ヘリウム再液化装置の概略構成図、図2は同システム内で使用する精製器の断面図である。

【0010】

図1において、101は脳磁計を収容している液体ヘリウム貯留槽、102は前記貯留槽101内で気化したヘリウムガスを回収する循環ポンプ、103はヘリウムガス内に混入している水分を除去する水フィルタ、104は流量調整弁、105はヘリウムガス内に混入している不純物を除去する精製器、106は補助冷凍機、107は同補助冷凍機106の第一熱交換器、108は再凝縮冷凍機、109は再凝縮冷凍機108の再凝縮熱交換器である。液体ヘリウム貯留槽101で気化し昇温した後、約300Kになったヘリウムガスは、循環ポンプ102で吸引され、水フィルタ103で乾燥され、さらに本発明に係る精製器105でヘリウムガス中の不純物が除去される。不純物が除去されたヘリウムガスは補助冷凍機106で温度約40Kの極低温ヘリウムガスに冷却され、さらに再凝縮冷凍機108の再凝縮熱交換器109で温度4Kの液体ヘリウムに液化され、ここからトランスファ-ライン110を経由して液体ヘリウム貯留槽に供給される構成となっている。

20

なおこの液体ヘリウム再液化装置の基本的構成は、従来のシステムと同様であり、本発明の特徴ではないので詳細な説明は省略する。また、液体ヘリウム再液化装置は上記デュワー2を冷却するためのもの以外、他の同様な冷却装置にも適用できることは当然である。

30

【0011】

続いて上記装置内で使用する精製器105の一例を説明する。

図2は精製器の断面図である。精製器105は図2に示すように熱伝導性の良い銅材等で作られた円筒型をした精製器本体1を有しており、この精製器本体1の外周には加熱手段としてのヒータを取り付けるためのスペース2が形成されている。精製器本体1の下端は連結部材3を介して図1に示す40Kの冷凍機106に連結されており、また精製器本体1は、連結部材3にボルト等の固定手段により固定されている。

【0012】

精製器本体1内には液体ヘリウム貯留槽101からの蒸発ヘリウムガスを精製器本体1内に導入するステンレス製の導入パイプ4が挿入され、導入パイプ4は図示せぬ固定手段によりコールドルームを構成する断熱材に固定されている。また、導入パイプ4側には、精製器本体1内の圧力が所定圧以上に高くなると、ヘリウムガスを大気に放出できる安全弁（圧力弁）6が設けられている。

40

【0013】

精製器本体1内において、前記導入パイプ4の周囲には熱勾配を小さくする低温化防止壁（例えば導入パイプ4の外周との間に隙間を有する多重のステンレス製パイプ）7が配置され、最外側のパイプ7aおよびその直ぐ内側のパイプ7bは下端が精製器本体1の下部を閉じる銅製の熱アンカー5に、またパイプ7b、7cの上端は図に示すように接続され、各パイプの上下が交互に接続される構成となっている。そして最も内側のパイプ7cの下端が導入パイプ4にステンレスと同様の熱伝導を持つ材料8で結合されている。即ち、

50

この低温化防止壁は、導入パイプ4と熱アンカー5との熱伝達経路が長くなるように結合され、これにより導入パイプ4(300K)と多重パイプを構成する外側のパイプ7a(40K)との間の熱勾配を小さくしている。また最外側のパイプ7aは上端が精製器本体1の室内に開放されており、その上部には、精製器本体1に固定した邪魔板9が取り付けられている。この邪魔板9は後述する固化部で固化した汚染物質をヒータで加熱し液化した際に、液化した汚染物質が前記最外側のパイプ7a内に落下せぬように構成されている。即ち、邪魔板9は図3に示すように全体が円形の板で構成され、その周囲に液化した汚染物質が液溜まりに落下するように複数の孔10が形成されているが、図3に示すように最外側のパイプの直径内に入る範囲の孔は閉塞部11により閉塞した状態としてある。また精製器本体1内の前記最外側のパイプ7aの外側が液化した汚染物質の貯留部12となっている。

10

邪魔板9は精製器本体1の内側に配置され、後述するフィンを取り付ける支持棒13を保持している。

#### 【0014】

精製器本体1の上方には汚染物質を固化するための固化部14が、連結部材15によって取り付けられている。さらに、この固化部14の上方には出力部(流出用の管17)が蓋体16によって固定されており、また固化部14の内壁には、汚染物質を固化する固化部材18(以下フィンという)が互い違いに流路がジクザクになるように適宜数設けられており、前記支持棒13に取り付けられている。

#### 【0015】

固化部14の上方に取り付けた前記蓋体16には精製器の出力部を構成する流出管17が設けられている。この出力部(流出管17の入口部)には、精製器を暖めた時に、精製器本体1内にある気体が膨張し急激な圧力および流速上昇がおこった時に、精製器の流出管17の入口を自動的に閉止する閉鎖弁19が設けられている。この弁19は、常時は図示のように下方に垂れ下がった状態となり流出管17を開放しているが、急激な流速上昇がおこると、その流速により流出管17の入り口を閉じることができる閉鎖弁で構成されている。なお、この閉鎖弁19は、精製器本体1内の圧力や流速を検知し、所定の一定の値を越えた時に流出路を閉じる電磁弁等で構成することも可能である。図中20は支持棒13の上部を保持する保持部材である。

20

#### 【0016】

また、前述した、精製器本体1、固化部14、連結部材15、蓋体16、フィン18、支持棒13、邪魔板9はいずれも熱伝導性のよい銅等の材料によって構成され、フィン18が熱伝導性のよい材料を介して冷凍機5と同じ40Kに冷却される構成となっている。なお、フィン18の支持構造はフィンが40Kに冷却される構成であれば、先述した構成に限定されない。

30

#### 【0017】

この精製器では300Kの温度で精製器本体1内に流入した蒸発ヘリウムガスは、40Kに冷却されている固化部14(フィンで構成されたジクザグの流路)を通過する間に、40Kにまで冷却されるが、この冷却過程でガス内に混入している汚染物質(酸素や窒素等)がフィン18に凍りついて除去され、ヘリウムガスが精製され、40Kに冷却されたヘリウムガスは流出管17を介して図1に示す冷凍機5に供給され、液化されることになる。

40

#### 【0018】

この精製器において、フィン18に汚染物質が蓄積した場合には、その状態を適宜センサで検知し、図示せぬ制御機器を介して精製器本体1に取り付けたヒータ(図示せず)に通電し、汚染物質が液化する温度にまで精製器本体1を加熱する。この結果、熱伝導性のよい銅等の材料で構成されている精製器本体1とフィン18も加熱され、フィン18に蓄積した汚染物質が液化し、液化した汚染物質は邪魔板9に設けた孔から精製器本体1内の液貯留部12に貯留される。またヒータによる加熱を行っている時に、精製器本体1内にある気体が膨張し急激な圧力および流速上昇がおこった時には、精製器の固化部14の流出

50

管側に設けた閉鎖弁 19 がその圧力の作用によって自動的に閉止し、汚染物質が精製器から外の系内に流れ込むことを防止している。また、その時、同時に精製器内の圧力が所定値以上に高くなると、安全弁 6 よりヘリウムガスが大気に放出され、安全性を確保できるようにしている。

#### 【0019】

以上の構成からなるヘリウム精製器によるヘリウムガスの精製過程を説明する。

液体ヘリウム貯留槽（デュワー）101で気化したヘリウムガスは、300Kの状態では精製器の導入パイプ4に導入され、精製器本体1内の固化部14内のフィン18の間を迂回しながら徐々に40Kに冷却され、流出管17から図1に示す熱交換器107に送出される。この時、ヘリウムガス内に窒素或いは酸素等の汚染物質が混入していれば、窒素或いは酸素等の汚染物質は、温度約40Kに冷却されている固化部14のフィン18を蛇行する間に、フィン18上で固化（氷結）され除去される。

10

#### 【0020】

また、精製中に汚染物質がフィン18で固化堆積し、流路が閉塞されるとその状態を図示せぬ検知センサが検知し、図示せぬ制御機器を介してヒータを加熱し、ヒータにより固化部14、フィン18を加熱する。この加熱によりフィン18上で固化した窒素や酸素等の汚染物質は液化され、精製器本体1内の液貯留部12にたまる。この過程において、精製器本体1内に存在している気体が膨張し急激な圧力および流速上昇がおこった時には、精製器本体の流出用の管17の入口に設けた閉鎖弁19がその圧力および流速によって自動的に閉止し、汚染物質が系内に入り込むことを防止している。また、精製器本体1内の圧力高くなると安全弁6からヘリウムガスが大気に放出される。

20

#### 【0021】

また、前記導入パイプ4にはデュワー101で蒸発した300Kのヘリウムガスが流れるため、導入パイプ4は300Kであり、また精製器本体1は前述したように40Kであるため、できるだけその間の熱勾配を小さくする必要があることから両者は上記したように熱勾配を小さくする低温化防止壁7（ステンレス製の多重パイプ）を介して接続されている。

そして、最外側に導入パイプ4の高さよりも高いパイプ7aを配置したため、精製器本体1内の液貯留部12に液化した汚染物質が溜まってきても、そのパイプ7aの高さを越えるまで汚染物質が溜まらない限り、液化した汚染物質が最外側のパイプ7aの内側に流入することがない。この結果、液化した汚染物質が導入パイプ4の出口部を直接冷却して、この部分で汚染物質が固化し出口を塞ぐことがなくなる。

30

#### 【0022】

なお、液溜まりに貯蔵された液体汚染物質をヒータによって温めすぎると再び気化してシステム内に混入しヘリウムガスを汚染するため、温度計によりフィンの温度を監視し、フィン温度が約77K前後になったらヒータをOFFし、窒素の気化温度77Kより少し低い温度で再び自動的に精製器の運転を開始する。こうして断続的にフィン上に固化した汚染物質を液化する。

また、ヒータの作動は、ヘリウムガス通路の閉塞による管内の圧力が所定値となった時のみ、管内の温度が所定値となった時のみ、あるいは、ヘリウムガス通路内のガス流速が所定値になった時のみを検知して作動するようにしてもよい。そしてヒータ作動後は所定圧力、所定温度、所定時間経過後になったことを検知してヒータの作動を停止する。

40

#### 【0023】

本発明の実施形態について説明したが、本発明に係る閉鎖弁は上述した構成のものに限定することなく、精製器内の気体が膨張し急激な流速上昇または圧力上昇、さらには同時に圧力および流速上昇がおこった時に、流出路を閉じることができる弁であれば、現在公知の種々の弁を使用することができる。また、精製器本体1にヘリウムガスを導入する導入パイプ4の出口周囲を囲むように配置した低温防止壁も、ステンレス製のパイプに限定することなく、熱勾配を小さくできるものであれば、種々の形態を採用することができる。さらに、本発明はその精神または主要な特徴から逸脱することなく、他のいかなる形でも

50

実施できる。そのため、前述の実施形態はあらゆる点で単なる例示にすぎず限定的に解釈してはならない。

【 0 0 2 4 】

【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明によれば、精製器を暖めた際に、比較的小さな容積内にある気体が膨張し急激な圧力および流速上昇がおこった時に、精製器からの出力部を自動的に閉止する閉鎖弁を設けるとともに気体圧力上昇を速やかに解除する安全弁を組み合わせることにより、ヘリウムガスが循環する系で汚染物質による二次的な閉塞が起きることを防止する。また、従来の精製器では精製器本体 1 内にヘリウムガスを導入する導入パイプ 4 の出口付近が 40 K 近くまで冷却されると汚染物質が出口部に蓄積する等の問題があったが、導入パイプ 4 の周囲を低温化防止壁で囲むことにより出口部の低温化を防止し、汚染物質の固体化を防止できる等の優れた効果を奏することができる。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】本発明の精製器を使用する従来公知の液体ヘリウムの再液化装置の構成図である。

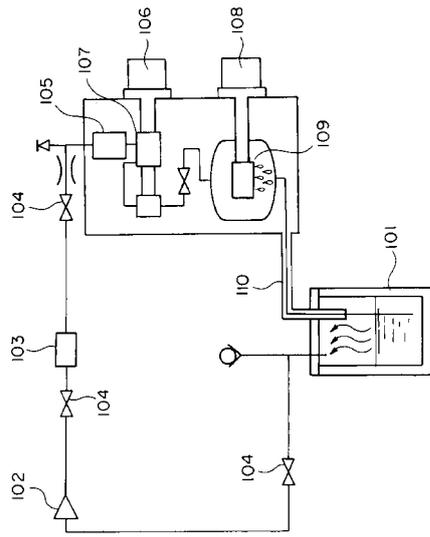
【 図 2 】本発明の精製器の断面図である。

【 図 3 】本発明の精製器内に配置する邪魔板の平面図である。

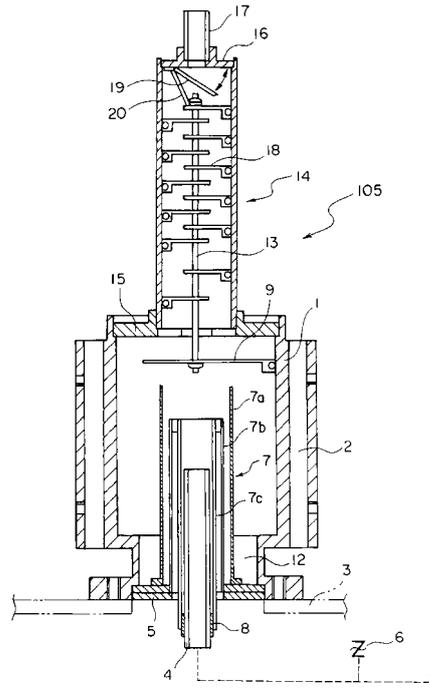
【 符号の説明 】

1	精製器本体	
2	スペース	20
3	連結部材	
4	導入パイプ	
5	熱アンカー	
6	安全弁	
7	低温防止壁	
9	邪魔板	
10	孔	
11	閉塞部	
12	貯留部	
13	支持棒	30
14	固化部	
15	連結部材	
16	蓋体	
17	出力部（流出管）	
18	フィン	
19	閉鎖弁	
20	保持部材	
101	液体ヘリウム貯留槽	
102	循環ポンプ	
103	水フィルタ	40
104	流量調整弁	
105	不純物を除去する精製器	
106	補助冷凍機	
107	補助冷凍機 106 の第一熱交換器	
108	再凝縮冷凍機	
109	再凝縮冷凍機 108 の再凝縮熱交換器	
110	トランスファ - ライン	

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

