

(11) 特許出願公表番号

特表2012-509457

(P2012-509457A)

(43) 公表日 平成24年4月19日(2012.4.19)

(51) Int. Cl.	F 1			テーマコード (参考)
F 25 J 1/00 (2006.01)	F 25 J	1/00	B	4 D 0 4 7
C 1 0 L 3/06 (2006.01)	C 1 0 L	3/00	A	

審查請求 有 予備審查請求 未請求 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2011-543838 (P2011-543838)
(86) (22) 出願日	平成21年11月16日 (2009.11.16)
(85) 翻訳文提出日	平成23年6月2日 (2011.6.2)
(86) 国際出願番号	PCT/IB2009/007519
(87) 国際公開番号	W02010/058277
(87) 国際公開日	平成22年5月27日 (2010.5.27)
(31) 優先権主張番号	12/272, 909
(32) 優先日	平成20年11月18日 (2008.11.18)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(71) 出願人 591035368
 エア プロダクツ アンド ケミカルズ
 インコーポレイテッド
 AIR PRODUCTS AND CHEMICALS INCORPORATED
 アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレン
 タウン ハミルトン ブールヴァード
 7201
 7201 Hamilton Boulevard, Allentown, Pennsylvania 18195-1501, USA

(74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤

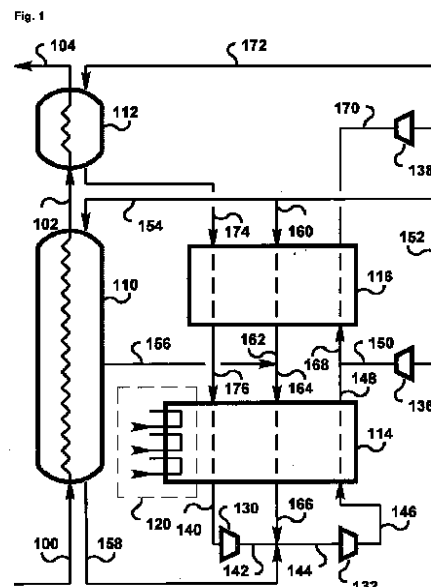
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 液化方法及び液化装置

(57) 【要約】

閉ループ冷却装置を用いて、供給ガスを液化する。ここで、圧縮し、冷却したガス状冷媒流れ（１５０）を膨張させて（１３６）、実質的に気相である第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５４）を得る。これを用いて、間接的な熱交換（１１０）によって、供給ガス流れ（１００）を冷却し、実質的に液化する。実質的に液化した供給ガス流れ（１０２）を、好ましくは、第二の膨張したガス状冷媒流れ（１７２）との間接的な熱交換（１１２）によってサブクール化する。第二の膨張したガス状冷媒流れも、実質的に気相であり、且つ圧縮し、冷却したガス状冷媒流れ（１７０）、又は第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５２）によって与えることができる。圧縮したガス状冷媒流れ（１４６）に関する冷却負荷を、第一に膨張したガス状冷媒流れ（１５２）の一部（１６０）、上記供給ガスとの熱交換（１１０）によって部分的に温まったガス状冷媒（１５６）、及び／又は上記サブクール化（１１２）によって部分的に温まった第二のガス状冷媒流れ（１７４）が担う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

次のステップを含む、閉ループ冷却装置を用いた液化方法：

(a) 少なくとも 1 つの圧縮機 (132) で、ガス状冷媒流れ (144) を圧縮するステップ；

(b) 第一の熱交換器 (114) で、圧縮した前記ガス状冷媒流れ (144) の少なくとも一部を冷却するステップ；

(c) 第一の膨張機 (136) で、前記第一の熱交換器 (114) からの、前記圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分 (150) を膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れ (152) を与えるステップ；

10

(d) 第二の熱交換器 (110) で、前記第一の膨張機 (136) からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分 (154) と間接的に熱交換することによって、供給ガス流れ (100) を冷却し、そして実質的に液化して、実質的に液化した供給ガス流れ (102) を形成するステップ、

ここで、前記第一の膨張機 (136) を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ (152) は、実質的に気相である。

【請求項 2】

サブクール化交換器 (112) で、第二の膨張機 (138) を出た第二の膨張したガス状冷媒流れ (172) と間接的に熱交換することによって、前記冷却し、そして実質的に液化した供給ガス流れ (102) を、サブクール化するステップをさらに含む、請求項 1

20

【請求項 3】

前記第二の膨張機 (138) を出た前記第二の膨張したガス状冷媒流れ (172) が、実質的に気相である、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記サブクール化交換器 (112) を出た前記第二の膨張したガス状冷媒流れ (174) を、低圧圧縮機 (130) で圧縮し；前記第二の熱交換器を出た少なくとも前記第一の膨張したガス状冷媒流れと混合し；そして高圧圧縮機 (132) で、前記混合した流れ (144) を、さらに圧縮する、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

30

前記第二の膨張したガス状冷媒流れを、前記第一の熱交換器 (114) からの前記圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの第二の部分 (168) から得る、請求項 2～4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記冷却したガス状冷媒流れ (148) の前記第二の部分 (168) を、第三の熱交換器 (116) で、前記第一の膨張機 (136) からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れ (152) の少なくとも第二の部分 (160) と間接的に熱交換することによって、さらに冷却し、そして、前記第二の膨張機 (138) に供給して、前記第二の膨張したガス状冷媒流れ (172) を与える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

40

前記第二の膨張したガス状冷媒流れを、前記第一の膨張したガス状冷媒流れの部分 (570) から得る、請求項 2～4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記部分 (570) を、サブクール化交換器 (112) を出た実質的に液化した供給ガス流れから分離された、圧縮した気相との熱交換 (116) によって、前記膨張 (138) の前に、温める、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

さらに、前記第二の熱交換器 (110) の中間の位置から、それを流下している前記ガス状冷媒流れの部分 (154) を抜き出すステップ、及び前記第一の熱交換器 (116) で、前記抜き出した部分 (154) を加熱するステップを含む、請求項 1～8 のいずれか

50

一項に記載の方法。

【請求項 10】

液化用の前記供給ガス流れが、天然ガスの流れである、請求項 1～9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記ガス状冷媒流れが、窒素流れである、請求項 1～10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記第一の膨張機（136）を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（152）の第二の部分、第三の熱交換器（136）及び前記第一の熱交換器（114）で暖めて、温めたガス状冷媒流れを形成するステップ、及び前記温めたガス状冷媒流れ（168）と、前記第二の熱交換器（110）を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（158）とを混合するステップを含む、請求項 1～11 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 13】

前記少なくとも 1 つの圧縮機（132）を出た前記圧縮したガス状冷媒流れ（146）を、第一の部分（247）と、第二部分（246）とに分けるステップ；気化している液体冷媒の少なくとも 1 つの段を含む追加の冷却装置（220）で、前記第一の部分（247）を冷却するステップ；請求項 1 のステップ（b）において、前記第一の熱交換器（114）で、前記第二の部分を冷却するステップ；及び請求項 1 のステップ（c）において、前記第一の膨張機（136）で膨張させるために、前記冷却した第一の部分（249）と、前記冷却した第二の部分（248）の少なくとも一部（250）とを混合するステップをさらに含む、請求項 1～12 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 14】

前記少なくとも 1 つの圧縮機（132）を出た前記圧縮したガス状冷媒流れ（146）を、第一の部分（447）及び第二の部分（446）に分けるステップ；第三の膨張機（434）で、前記第一の部分（447）を膨張させるステップ；前記第一の熱交換器（214）で、結果として得られる膨張させた第一の部分（449）を温めて、そして結果として得られる膨張させ、暖めた第一の部分（166）と、前記第二の熱交換器（110）を出た前記ガス状冷媒流れ（158）とを混合するステップ；及び請求項 1 のステップ（b）において、第一の熱交換器（114）で、前記第二の部分（446）を冷却するステップをさらに含む請求項 1～12 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 15】

次のステップを含む、請求項 3 に記載の方法：

（a）低圧圧縮機（130）で、ガス状冷媒流れ（140）を圧縮するステップ；

（b）高圧圧縮機（132）で、前記圧縮したガス状冷媒流れ（142）をさらに圧縮するステップ；

（c）第一の熱交換器（914）で、前記圧縮したガス状冷媒流れ（146）を冷却するステップ；

（d）第一の膨張機（136）で、前記第一の熱交換器（914）からの前記圧縮し、冷却したガス状冷媒流れ（148）の少なくとも第一の部分（150）を膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れ（152）を与えるステップであって、前記第一の膨張機（136）からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（152）が、第二の熱交換器（916）及び前記第一の熱交換器（914）に冷却を与えるステップ；

40

（e）前記第二の熱交換器（916）及び前記第一の熱交換器（914）で、供給ガス流れ（100）を、前記第一の膨張機（136）からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（152）と間接的に熱交換することによって、冷却し、そして実質的に液化するステップ；及び

（f）サブクール化交換器（112）で、冷却し、そして実質的に液化した供給ガス流れ（102）を、第二の膨張機（138）を出た第二の膨張したガス状冷媒流れ（172）と間接的に熱交換することによって、サブクール化するステップ、

50

ここで、前記第一の膨張機（１３６）を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５２）、及び前記第二の膨張機（１３８）を出た前記第二の膨張したガス状冷媒流れ（１７２）は、実質的に気相であり、且つ前記第二の膨張したガス状冷媒流れ（１７２）の圧力は、前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５２）の圧力より低い。

【請求項１６】

冷却回路を含む、請求項２に記載の方法によって冷却するための閉ループ装置であって、前記冷却回路が、次を具備する閉ループ装置：

第一の熱交換器（１１４）；

前記第一の熱交換器（１１４）と流通している、第二の熱交換器（１１６）；

前記第一の熱交換器（１１４）と流通し、且つ前記第一の熱交換器（１１４）からの冷媒の流れ（１５０）を受けるとともに構成されている、第一の膨張機（１３６）；

前記第二の熱交換器（１１６）と流通し、且つ前記第二の熱交換器（１１６）からの冷媒の流れ（１７０）を受けるとともに構成されている、第二の膨張機（１３８）；

前記第一の膨張機（１３６）と流通し、且つ前記第一の膨張機（１３６）からの第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５４）と供給ガス流れ（１１０）とを受けるとともに構成されている、第三の熱交換器（１１０）；及び

前記第三の熱交換器（１１０）及び前記第二の膨張機（１３８）と流通し、且つ前記第三の熱交換器（１１０）からの前記供給ガス流れ（１０２）を受けるとともに構成されている、サブクール化交換器（１１２）。

【請求項１７】

請求項３～１４のいずれか一項に記載の方法によって液化するための閉ループ装置に適合されている、請求項１６に記載の装置。

【請求項１８】

少なくとも２つの膨張機を有する、閉ループ気相膨張サイクルを用いたガス状供給物の液化方法であって、前記第二の膨張機の排出圧力が、前記第一の膨張機の排出圧力よりも低く、且つ前記第一の膨張機が、前記ガス状供給物を液化するのに必要な冷却の少なくとも一部を与える、冷却方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

逆ブレイトンサイクルでガス状冷媒を膨張させることにより冷却を行う、液化方法及び液化装置が知られている。これらの方法及び装置では、機器を通じた圧力降下の許容範囲内で、ガス状冷媒を実質的に等圧膨張させる膨張機を、典型的には２つ用いる。いくつかの装置では、他の膨張機の排出圧力よりも高い排出圧力の低温膨張機（cold expander）を含む、２つ以上の膨張機を具備する。これらの方法及び装置は、圧縮の段階の間に導入される流れがないので、単純な圧縮装置を有する場合があります、且つ流路及びヘッダーがほとんどないので、単純な熱交換器を有する場合があります。さらにいくつかの方法及び装置では、液化燃料を冷媒として用いる閉ループ装置を用いる。

【背景技術】

【０００２】

しかし、従来の液化方法及び液化装置は、いくつかの理由で問題がある。例えば、単純な圧縮装置、及び単純な熱交換機を用いることは、向上した効率を与えることができない。さらに、閉ループ装置を用いることによるコスト削減は、閉ループ装置を用いることの柔軟性より重要ではない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

予冷（precooling）、液化、及びサブクール化（subcooling）のステップが比較的安全であり、効率的であり、且つ信頼性のある、液化方法及び液化装置の必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の実施態様は、安全で、効率的で、且つ信頼性のある液化装置及び液化方法、特に天然ガスの液化装置及び液化方法を与えることによって、本分野におけるこの必要性を満たす。

【0005】

一つの典型的な実施態様では、閉ループ冷却装置を用いた液化方法を開示し、この方法は、次のステップを含む：（a）少なくとも一つの圧縮機で、ガス状冷媒流れを圧縮するステップ；（b）第一の熱交換器で、圧縮したガス状冷媒流れを冷却するステップ；（c）第一の膨張機で、第一の熱交換器からの、圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分を膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れを与えるステップ；及び（d）第二の熱交換器で、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分と間接的に熱交換することによって、供給ガス流れを冷却し、そして実質的に液化して、実質的に液化した供給ガス流れを形成するステップ。この方法では、第一の膨張機から出る第一の膨張したガス状冷媒流れは、実質的に気相である。

10

【0006】

他の一つの典型的な実施態様では、閉ループ冷却装置を用いた液化方法を開示し、この方法は、次のステップを含む：（a）低圧圧縮機で、ガス状冷媒流れを圧縮するステップ；（b）高圧圧縮機で、圧縮したガス状冷媒流れをさらに圧縮するステップ；（c）第一の熱交換器で、圧縮したガス状冷媒流れを冷却するステップ；（d）第一の膨張機で、第一の熱交換器からの圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分を膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れを与えるステップであって、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れが、第二の熱交換器及び第一の熱交換器を冷却するステップ；（e）第二の熱交換器及び第一の熱交換器で、供給ガス流れを、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れとの間接的な熱交換を通じて冷却し、そして実質的に液化するステップ；（f）サブクール化交換器で、第二の膨張機を出た第二の膨張したガス冷媒流れとの間接的な熱交換を通じて、冷却し、そして実質的に液化した供給ガス流れを、サブクール化するステップ。この方法では、第一の膨張機を出た第一の膨張したガス状冷媒流れ、及び第二の膨張機を出た第二の膨張したガス状冷媒流れは、実質的に気相であり、且つ第二の膨張したガス状冷媒流れの圧力は、第一の膨張したガス状冷媒流れの圧力よりも低い。

20

30

【0007】

さらに他の一つの典型的な実施態様では、液化用の閉ループ装置を開示し、これは冷却回路を備え、この冷却回路は、次のものを具備する：第一の熱交換器；第一の熱交換器と流通している第二の熱交換器；第一の熱交換器と流通し、第一の熱交換器からの冷媒流れを受けると構成されている第一の膨張機；第二の熱交換器と流通し、第二の熱交換器からの冷媒流れを受けると構成されている第二の膨張機；及び第一の膨張機と流通し、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れと供給ガス流れとを、受けると構成されている第三の熱交換器。この装置では、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れ、及び第二の膨張機からの第二の膨張したガス状冷媒流れは、実質的に気相である。

40

【0008】

本明細書中の液相又は気相の文脈で用いられる用語「実質的に」は、該当する流れが、液体の含量又は気体の含量を、それぞれ、少なくとも80mol%、好ましくは少なくとも90mol%、特に少なくとも95mol%有すること、を意味し、完全に液体又は気体となることもできる。例えば、「第一の膨張機を出た第一の膨張したガス状冷媒流れは、実質的に気相である」という記述は、その流れが、少なくとも80mol%気相であり、そして100mol%気相となることもできることを意味する。

【0009】

他の一つの典型的な実施態様では、少なくとも2つの膨張機を具備する閉ループ気相膨

50

張サイクルを用いたガス状供給物の液化方法を開示する。この方法では、第二の膨張機の排出圧力が、第一の膨張機の排出圧力より低く、且つ第一の膨張機が、ガス状供給物を液化するのに必要な冷却の少なくとも一部を与える。

【0010】

上記の発明の概要、及び次の発明を実施するための形態の典型的な実施態様は、添付の図面と共に読むことで、より深く理解できる。本発明の実施態様を例証する目的で、本発明の典型的な構成を図面で示す。しかし、本発明は、この図面で開示されている特定の方法及び手段に限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図2】図2は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図3】図3は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図4】図4は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図5】図5は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図6】図6は、本発明の態様に関する、典型的な予冷冷却装置及び予冷冷却方法を例示するフローチャートである。

【図7a】図7aは、本発明の実施態様に従う、冷却曲線のグラフの図解である。

【図7b】図7bは、本発明の実施態様に従う、冷却曲線のグラフの図解である。

【図7c】図7cは、本発明の実施態様に従う、冷却曲線のグラフの図解である。

【図8】図8は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図9】図9は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図10】図10は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【図11】図11は、本発明の態様に関する、典型的なガスの液化装置及び液化方法を例示するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

一つの典型的な実施態様では、液化プロセスは、2つの膨張機を用いることができ、2つの膨張機を出たガス状の冷媒流れは、各膨張機の排出口で、実質的に気相となることができる。用語「膨張機」は、これにより、外部仕事を生みながらガスを膨張させる機器、例えば遠心タービン又はレシプロ式膨張機 (reciprocating expander) を記載するために用いられる。このプロセスは、実質的に等エントロピーとすることができ、且つ仕事膨張 (work expansion) 又は可逆断熱膨張 (reversible adiabatic expansion) と呼ばれ、且つバルブによる等エンタルピー (ジュールトムソン) 絞り膨張 (throttling) とは異なる。

【0013】

低温膨張機の排出圧力を、高温 (又は最も高温の) 膨張機の排出圧力よりも低くして、より低い温度を達成することが出来る。低温膨張機の排出口からのガス状冷媒を用いて、液化生成物をサブクール化することができる。高温 (又は最も高温の) 膨張機の排出口からの冷媒を、液化のために用いることができる。2つの異なる圧力の使用は、例えば、天然ガスの液化 (すなわち、予冷、液化及びサブクール化) の冷却曲線と、よく合致する場合がある。高温 (又は最も高温の) 膨張機の排出口からのガス状冷媒流れを、ガス状冷媒

10

20

30

40

50

圧縮機の段の間に導入することができる。閉ループ圧縮サイクルで、供給ガス流れ、及び／又はガス状冷媒を、他の一つの冷媒、例えばプロパンによって予冷することができる。供給ガス流れ、及び／又はガス状冷媒を、例えば、第三の膨張機からのガス状冷媒によって予冷することもできる。

【0014】

他の一つの典型的な実施態様では、低温膨張機の排出口から来るガスを圧縮するのに用いた圧縮機の吸引圧力より高い吸引圧力を有する別個の圧縮機で、高温（又は最も高温の）膨張機の排出口からのガス状冷媒流れを、最終の排出圧力に圧縮することができる。

【0015】

供給ガス流れ、及び／又は冷媒を、例えば気化する液体冷媒によって、例えばCO₂、メタン、プロパン、ブタン、イソブタン、プロピレン、エタン、エチレン、R22、HFC冷媒（限定されないが、例えばR410A、R134A、R507、R23）又はこれらの混合物によって、予冷することができる。環境配慮型のフッ化炭化水素及びそれらの混合物が、沖合用途又は浮体式用途に関して好ましい場合がある。例えば、CO₂を冷媒として用いることができる。CO₂の予冷は、特に浮体式生産貯蔵積出設備（FPSO：Floating Production Storage and Offloading）用途に関して、物理的な設置面積を最小化する。

【0016】

一連の熱交換器で、液体冷媒を異なる圧力で気化し、多段の圧縮機で圧縮し、凝縮し、そして適切な圧力に調整して再度気化することができる。適切な密封系を用いて、圧縮機の吸引圧力を、減圧で保ち、低温に冷却させることができる。あるいは、第三の膨張機で同じガス状冷媒を膨張させることにより、供給ガス流れ、及び／又はガス状冷媒を、予冷することができる。

【0017】

他の一つの典型的な実施態様において、ガスを冷却しない少なくとも一つの交換器を具備する第一の一式の熱交換器で、供給ガス流れを、ガス状冷媒との間接熱交換により冷却することができる。ガス状冷媒を、少なくとも一つの交換器を具備する第二の一式の熱交換器で冷却することもできる。第一の一式の熱交換器は、例えば、巻きコイル式熱交換器（wound-coil heat exchanger）を具備することができる。第二の一式の熱交換器は、例えば、プレートフィンアルミニウム黄銅（コア）式熱交換器を具備することができる。

【0018】

さらに他の一つの典型的な実施態様では、ガス状冷媒の一部を中間で、好ましくは予冷工程と液化工程との間で抜き出すことができる熱交換器で、供給ガス流れを冷却することができる。第二の一式の熱交換器に属する熱交換器で、液体冷媒を気化することにより、ガス状冷媒を、予冷することができる。このような冷媒は、例えば、フッ素化炭化水素又はCO₂とすることができる。

【0019】

他の一つの典型的な実施態様では、気化する液体冷媒との一連のケトル式熱交換又はシェルチューブ式熱交換で、供給ガス流れを、予冷することができる。第二の一式の熱交換器に属する多重流式熱交換器（multi-stream heat exchanger）で、ガス状冷媒の一部を、冷却することもできる。気化している液体冷媒との一連のケトル式熱交換又はシェルチューブ式熱交換で、ガス状冷媒の他の一部を、おおよそ同じ温度に冷却することができる。これらの熱交換器は、供給ガス流れを予冷するのに用いる熱交換器と分離することができ、又は連結することができる。

【0020】

これから特定の図を参照して、様々な実施態様を用いることができる。一つの典型的な実施態様では、図1に示されたように、例えば、熱交換器110で、昇温する窒素であるガス状冷媒流れ154を用いて、供給ガス流れ100を、冷却、及び液化することができる。

10

20

30

40

50

【0021】

供給ガス流れ100は、例えば、天然ガスとすることができる。本明細書に開示した液化装置及び液化方法は、天然ガス以外のガスの液化に用いることができるため、供給ガス流れ100は、天然ガス以外のガスとすることができるが、残りの典型的な実施態様は、説明のために、供給ガス流れ100を天然ガス流れとして述べる。

【0022】

部分的に温めた流れ154の一部（流れ156）を、熱交換器110から抜き出して、強い冷却を必要としない熱交換器110の予冷（高温側）部分を、調節することができる。ガス状冷媒流れ158を、例えば、熱交換器110の高温側から出して、再利用させることができる。

10

【0023】

熱交換器110の低温側を出た実質的に液化された天然ガス（LNG）の流れ102を、例えば、サブクール化交換器112で、温まるガス状冷媒流れ172を用いてサブクール化することができる。例えば、サブクール化交換器112の低温側を出た後で、液化天然ガス生成物104として回収することができる。ガス状冷媒流れ174は、サブクール化交換器112の高温側から出ることができる。

【0024】

低压冷媒圧縮機130で、ガス状の低压冷媒流れ140を、圧縮することができる。結果として得られる流れ142を、流れ158及び166と混合することができる。高压冷媒圧縮機132に流れ144として入れることができる。低压冷媒圧縮機130及び高压冷媒圧縮機132は、後方冷却器及び中間冷却器を含むことができ、これは大気放熱体を用いて冷却する。放熱体は、例えば、給水塔、海水、真水からの冷却水、又は空気とすることができる。中間冷却器及び後方冷却器は、簡単化のために示していない。

20

【0025】

熱交換器114で、高压冷媒圧縮機132の排出口からの高压冷媒流れ146を、冷却することができる。結果として得られる流れ148を、流れ150と168とに分けることができる。

【0026】

膨張機136で、流れ150を膨張させて、流れ152を与えることができる。膨張機136は、例えば、気相膨張機とすることができる。気相膨張機は、排出物が実質的に気相である（すなわち、排出物流れが少なくとも80%気相である）、任意の膨張機である。流れ152を、熱交換器110（上述の流れ154）と、流れ160として熱交換器116とに分配することができる。熱交換器116で、流れ160を温めることができる。結果として得られる流れ162を、熱交換器110からの流れ156と混合することができる。熱交換器114で、結果として得られる流れ164を、さらに温めて、流れ166を与えることができる。

30

【0027】

熱交換器116で、流れ168を冷却することができる。結果として得られる流れ170を、膨張機138で膨張させて、上述の流れ172を得ることができ、サブクール化交換器112で、これをその後温めることができる。結果として得られる流れ174を、さらに熱交換器116で温めて、流れ176を与えることができる。熱交換器114で、流れ176をさらに温めて、流れ140を与えることができる。

40

【0028】

熱交換器114を、冷媒、例えばCO₂、メタン、プロパン、ブタン、イソブタン、プロピレン、エタン、エチレン、R22、HFC冷媒（限定されないが、例えばR410A、R134A、R507、R23）又はこれらの混合物を気化する少なくとも一つの段階を含む冷却装置120を用いて、冷却することができる。予冷用の液体冷媒としてCO₂を使用することは、物理的な設置面積を、特に浮体式生産貯蔵積出設備（FPSO）用途に関して、最小化すると考えられる。ガス状冷媒を用いる他の冷却サイクルを用いることもできる。

50

【0029】

例えば、熱交換器114、116を、1つの交換器に併合させることができ、例えば、熱交換器114、116を、プレートフィンアルミニウム黄銅（コア）式熱交換器とすることもできる。

【0030】

例えば、熱交換器110、112を、連結することができ、又は積み重ねることができ。例えば、熱交換器110、112を、プレートフィンアルミニウム黄銅（コア）式熱交換器とすることができる。例えば、熱交換器110、112を、比較的良好な安全性、耐久性及び信頼性を保証する巻きコイル式熱交換器とすることができる。天然ガスの冷却は相変化を伴い、これは熱交換器に大きな熱応力を引き起こす場合があるので、例えば、
10 強固な形式の熱交換を用いて、天然ガスを冷却することができる。巻きコイル式熱交換器を使用することが可能であり、これは、一般的に相変化の間の熱応力に敏感ではなく、コア式熱交換器より良好に漏れを防止し、且つ一般的に水銀腐食に影響を受けないからである。例えば、巻きコイル式熱交換器では、シェル側に冷媒の比較的低い圧力降下を与えることもできる。

【0031】

例えば、冷媒圧縮機132、134を、電気モーターで駆動させることができ、又は一以上のガスタービン機構により直接的に駆動させることができる。電気を、例えば、ガスタービン及び／又は蒸気タービン並びに発電機から、発生させることができる。

【0032】

冷媒圧縮機132、134の圧縮負荷の一部を、膨張機136、138から導くことができる。これは、順次的な圧縮の少なくとも1つの段が、又は単一の段の圧縮の場合には、圧縮機全体又は並列の関係にある複数の圧縮機が、膨張機によって直接的に又は間接的に駆動されることを、通常意味する。例えば、間接的な駆動がギアボックスの使用を伴うのに対し、直接的な駆動は、共通のシャフトを用いることを、通常意味する。
20

【0033】

図2～5、及び8～11では、図1で示された実施態様又は他の個別の実施態様における要素及び流体の流れに対応する要素及び流体の流れを、簡単のために、同じ番号で識別している。

【0034】

図2に示されたような、他の一つの典型的な実施態様では、高圧冷媒圧縮機132の排出口からの流れ146を、2つの流れ246、247に分ける。熱交換器214で、流れ246を冷却して、流れ248を与えて、これを流れ168及び250に分ける。流れ247は、熱交換器214を迂回して、液体冷媒を気化する少なくとも1つの段階を有する冷却装置220で冷却される。気化は、ケトルで、例えば図6で示されるような、シェル側で冷媒を沸騰させるシェルチューブ式熱交換器で、行うことができる。結果として得られる流れ249を、流れ250と混合して、膨張機136に入る流れ150を形成する。
30

【0035】

図3に示されたような、さらなる他の一つの典型的な実施態様では、天然ガスの供給流れ100を、例えば、液体冷媒を気化する少なくとも1つの段階を含む冷却装置320で
40 予冷させることができる。結果として得られる流れ301を、熱交換器310で液化して、実質的に液体の流れ102を与えることができる。図1及び図2の流れ156のように、310からのガス状冷媒、流れ356を、流れ162と混合することができる。

【0036】

例えば、冷却装置320及び220を、一連の熱交換器のシェル側で冷媒が沸騰し、チューブ回路で天然ガス流れと気相の冷媒流れとを冷却させる1つの冷却装置に、併合することができる。冷媒の圧縮機及び濃縮器は、好ましくは、図6で示されるように両方の装置に共通している。

【0037】

図4に示されたような、さらなる他の一つの典型的な実施態様では、流れ146を、2
50

つの流れ４４６、４４７に分けることができる。流れ４４６を、熱交換器２１４で冷却して、流れ４４８を与えることができる。流れ４４７は、熱交換器２１４を迂回して、膨張機４３４で膨張させることができる。結果として得られる流れ４４９を、流れ１５６及び１６２と混合して、流れ４６４を形成することができ、これは、図１及び図２の流れ１６４と同様の様式で、熱交換器２１４に入ることができる。

【００３８】

図５に示されたような、さらなる他の一つの典型的な実施態様では、膨張を、順次的な様式で実行することができる。流れ５４８を、流れ２４９と混合して、流れ１５０を与え、これを膨張機１３６で膨張させることができる。流れ１６０の一部を、部分的に熱交換器１１６で温めて（流れ５７０）、膨張機１３８で膨張させることができる。それゆえ、膨張機１３８への入口圧力を、膨張機１３６の出口圧力に近づけることができる。

10

【００３９】

流れ１６６を、ガス状冷媒圧縮機の段階の間に導入することができ、又は流れ１５８と混合させて、流れ５４４を与えることができ、これを別個の圧縮機５３２で圧縮して、流れ５４６を与える。その場合では、圧縮機５３０で、流れ１４０を圧縮して、流れ５４６と同じ圧力で流れ５４２を得ることができる。構成の選択は、圧縮機の適合性及び関連するコストに依存することがある。混合した流れ５４２と５４６とは、流れ５４７と２４７とに分かれることができる。流れ５４７を、熱交換器２１４で冷却して、流れ５４８を与えることができる。また、図２に示したように、流れ２４７は、熱交換器２１４を迂回し、冷却装置２２０で冷却させることができる。

20

【００４０】

サブクール化された生成物１０４を、バルブ５９０で比較的低い圧力に調整することができる。結果として得られる流れ５０６は、部分的に気相である。例えば、バルブ５９０を、水力タービンと置き換えることができる。相分離器５９２で、流れ５０６を、液体生成物５０８と、フラッシュ蒸気５８０とに分離することができる。圧縮機５９４で、流れ５８０を低温圧縮して、流れ５８２を与えることができ、これは流れ１６０及び１７４の温度と近い温度にすることができる。あるいは、サブクール化交換器１１２で、又は別個の熱交換器で、流れ５８０を、流れ１０２の一部を用いて温めることができる。

【００４１】

熱交換器１１６で、流れ５８２を温めて、流れ５８４を与えることができ、これを熱交換器２１４で、さらに温めて、流れ５８６を与えることができる。流れ５８６を、典型的には、高い圧力に圧縮することができ、そして例えば、１つ以上の発電機、蒸気タービン、ガスタービン、又は発電用の電気モーターのためのエネルギーとして用いることができる。

30

【００４２】

図５に示された３つの変更点（順次的膨張、並列のガス状燃料圧縮機、及びフラッシュガスからの冷却の回収）を、他の典型的な実施態様で示された構成にも適用することができる。

【００４３】

図６は、図１～３及び５に記載されている予冷冷却装置の典型的な実施態様を示す。熱交換装置６２０（前述の図の装置１２０、２２０及び３２０に相当）で、ガス状冷媒及び／又は天然ガス供給物である流れ６３０を冷却させて、流れ６３２を得ることができる。

40

【００４４】

冷却圧縮機６００で、ガス状冷媒を圧縮させることができる。結果として得られる流れ６０２を、濃縮器６０４で全て濃縮させることができる。液体の流れ６０６を、バルブ６０７で弁膨張させることができ、熱交換装置６２０の高圧気化器で部分的に気化させて、２相の流れ６０８を与えることができ、これをその後、相分離器６０９で分離させることができる。気相部分６１０を、高圧流れとして、６００の複数の段の間に導入することができる。液相部分６１１を、バルブ６１２で弁膨張させることができ、そして熱交換装置６２０の中圧気化器で部分的に気化させて、２相の流れ６１３を与えることができる。こ

50

れを次に、相分離器 6 1 4 で分離させることができる。気相部分 6 1 5 を、中圧流れとして 6 0 0 の複数の段の間に導入することができる。バルブ 6 1 7 で、液相部分 6 1 6 を弁膨張させ、熱交換器 6 2 0 の低圧気化器で完全に気化し、そして低圧流れ 6 1 7 として 6 0 0 の複数の段の間に導入することができる。したがって、冷却を、3つの気化器の圧力に対応する、3つの温度レベルで与えることができる。3つより多くの又は3つ未満の気化器及び温度／圧力レベルを有することも可能である。

【0045】

例えば、流れ 6 0 2 を、臨界圧力より高い圧力で超臨界状態とすることができる。その後、冷却器 6 0 4 で、これを相変化のない状態で冷却させて、高密度流体 6 0 6 を与えることができる。超臨界流れ 6 0 6 は、調整された後、部分的に液体となることができる。

10

【0046】

図 7 a ～ 7 c は、図 1 で示された典型的な実施態様に関する、冷却曲線のグラフのプロットを示す。図 7 a は、併合した熱交換器 1 1 4、1 1 6 を示す。図 7 b は、熱交換器 1 1 0 を示す。見て分かるように、引き出される流れ 1 5 6 は、交換器の効率を顕著に向上させる。図 7 c は、サブクール化交換器 1 1 2 を示す。

【0047】

図 8 に示されたような、さらなる他の一つの典型的な実施態様では、図 1 と同様の装置を用いることができるが、ガス状の冷媒は、1つの圧力レベルのみで、冷却を与えることができる。例えば、膨張機 1 3 8 の排出圧力は、膨張機 1 3 6 と実質的に同じとすることができる。流れ 1 5 2 を、流れ 8 6 0 及び 8 5 4 に分けることができる。流れ 8 5 4 を、併合された液化／サブクール化交換器 8 1 0 のシェル側に、液化部分とサブクール化部分との移行部分に対応する間の位置で、導入することができる。そこで、これを、温められた流れ 1 7 2 と混合することができる。例えば、流れ 8 5 6 を、熱交換器 8 1 0 内の、予冷部分と液化部分の移行部分に対応する間の位置で、抜き出すことができる。したがって、熱交換器 8 1 0 を、中間の液化部分で用いられる大部分の冷媒と、良好に釣り合わせる

20

【0048】

流れ 8 6 0 を、熱交換器 1 1 6 で温めて、流れ 8 6 2 を与えることができる。流れ 8 6 2 を、流れ 8 5 6 と混合して、流れ 8 6 4 を与えることができる。流れ 8 6 4 を、熱交換器 1 1 4 で温めて、流れ 8 4 0 を形成し、熱交換器 8 1 0 の高温側からの流れ 8 5 8 と混合し、そして冷却圧縮機 8 3 0 の吸引部に導入することができる。例えば、圧縮機 8 3 0 は、複数の段を有することができる。また、中間冷却器及び後方冷却器は、簡単化のため、示していない。

30

【0049】

図 9 に示されたような、さらなる他の一つの典型的な実施態様では、図 1 と同様の装置を用いることができるが、液化熱交換器 1 1 0、並びに熱交換器 1 1 6 及び 1 1 4 を、熱交換器 9 1 6 及び 9 1 4 に併合することができる。熱交換器 9 1 4 及び 9 1 6 を、併合することもできる。サブクール化交換器 1 1 2 を、熱交換器 9 1 6 と併合する場合がある。例えば、全ての 3つの交換器 9 1 4、9 1 6 及び 1 1 2 を、単一の熱交換器に併合することもできる。熱交換器 9 1 4 で、供給ガス流れ 1 0 0 を冷却して、流れ 9 0 1 を形成する。熱交換器 9 1 6 で、流れ 9 0 1 をさらに冷却して、実質的に液化したガス流れ 1 0 2 を形成することができる。

40

【0050】

図 1 0 に示されたような、さらなる他の一つの典型的な実施態様では、図 8 と同様の装置を用いることができるが、第三の膨張機 4 3 4 を、図 4 のように含むことができる。追加の膨張機 4 3 4 は、冷却装置 1 2 0 を置き換えることができ、ガス状冷媒、この場合は流れ 4 4 7 を予冷するための冷却を与える。

【0051】

図 1 1 に示されたような、さらなる他の一つの典型的な実施態様では、図 8 と同様の装置を用いることができるが、低温膨張機 1 3 8 を、液化熱交換器 8 1 0 の上部と共に省い

50

ている。予冷したガス状冷媒流れ 1 1 4 8 を、単一の膨張機 1 1 3 6 で膨張させる。例えば、結果として得られる膨張した流れ 1 1 5 4 を用いて、液化熱交換器 8 1 0 で、供給天然ガス 1 0 0 を液化させる。

【0052】

この典型的な実施態様は、温暖な温度範囲での液化天然ガスの生産に特に有用である。これらの温度としては、例えば、 $-215 \sim -80^{\circ}\text{F}$ ($-137 \sim -62^{\circ}\text{C}$) が挙げられる。

【0053】

図 1 の予冷装置 1 2 0 を、図 1 0 のように追加の膨張機と置き換え可能であること、又は図 2 のように交換器 1 1 4 の外部に設置可能であることは、当業者にとって明らかであろう。図 1 のように、2 つの膨張機を、1 つを予冷に、1 つを液化に用いる場合、それらは、2 つの異なる圧力で排出させることができる。ここでは、高温（予冷）膨張機からの 10
高压流れが、低压冷媒圧縮機と高压冷媒圧縮機との間に導入される。

【0054】

本発明のいくつかの態様及び実施態様は、次のとおりである：

1. 次のステップを含む、閉ループ冷却装置を用いた液化方法：

- (a) 少なくとも 1 つの圧縮機で、ガス状冷媒流れを圧縮するステップ；
 - (b) 第一の熱交換器で、圧縮したガス状冷媒流れを冷却するステップ；
 - (c) 第一の膨張機で、第一の熱交換器からの、圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分を膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れを得るステップ；
 - (d) 第二の熱交換器で、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分と、間接的に熱交換することによって、供給ガス流れを冷却し、そして実質的に液化して、実質的に液化した供給ガス流れを形成するステップ、
- ここで、第一の膨張機を出た第一の膨張したガス状冷媒流れは、実質的に気相である。

20

【0055】

2. 第二の膨張機を出た第二の膨張したガス状冷媒流れと、サブクール化交換器で間接的に熱交換させることによって、冷却し、そして実質的に液化した供給ガス流れを、サブクール化するステップであって、第二の膨張機を出た第二の膨張したガス状冷媒流れが、実質的に気相であるステップをさらに含む、# 1 に記載の方法。

【0056】

3. # 1 のステップ (a) のガス状冷媒流れの圧縮を、次のステップにより実行する、# 2 に記載の方法：

30

- (a) (1) 低压圧縮機で、ガス状冷媒流れを圧縮するステップ；
- (a) (2) 高压圧縮機で、ガス状冷媒流れをさらに圧縮するステップ。

【0057】

4. 第二の圧縮機を出た第二の膨張したガス状冷媒流れの圧力が、第一の圧縮機を出た第一の膨張したガス状冷媒流れの圧力より低い、# 3 に記載の方法。

【0058】

5. # 1 のステップ (d) において、第二の熱交換器で、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れの第一の部分が間接的な熱交換によって、供給ガス流れを冷却し、且つ第三の熱交換器で、第一の圧縮機からの第一の膨張したガス状冷媒流れの第二の部分が、第一の熱交換器からの圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの第二の部分を冷却する、# 1 に記載の方法。

40

【0059】

6. 少なくとも 1 つの気化している液体冷媒の段を有する、追加の冷却装置を用いた間接的な熱交換によって、第一の熱交換器に追加の冷却を与えるステップをさらに含む、# 1 に記載の方法。

【0060】

7. 気化している液体冷媒が、 CO_2 、メタン、プロパン、ブタン、イソブタン、プロピレン、エタン、エチレン、 $\text{R}22$ 、 HFC 冷媒（例えば、 $\text{R}410\text{A}$ 、 $\text{R}134\text{A}$ 、 R

50

507、R23)又はこれらの混合物を含有する、#6に記載の方法。

【0061】

#8. 液化させる供給ガス流れが、天然ガス流れである、#1に記載の方法。

【0062】

#9. 天然ガスの液化を、浮体式生産貯蔵積出設備(FPSO)船で行う、#8に記載の方法。

【0063】

#10. ガス状冷媒流れが、窒素流れである、#1に記載の方法。

【0064】

#11. 第三の熱交換器及び第一の熱交換器で、第一の膨張機を出た第一の膨張したガス状冷媒流れの第二の部分を暖めて、暖めたガス状冷媒流れを形成するステップ、及び#3のステップ(a)(1)と(a)(2)の間で、温めたガス状冷媒流れと、低圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れとを混合するステップを含む、#3に記載の方法。

10

【0065】

#12. 第一の膨張機を出た第一の膨張したガス状冷媒流れの第三の部分を、第三の熱交換器で加熱した後、第二の膨張機で膨張させる、#5に記載の方法。

【0066】

#13. 第二の熱交換器を流下しているガス状冷媒流れの部分を、第二の熱交換器の中間位置から抜き出すステップ、第一の熱交換器で、ガス状冷媒流れの抜き出した部分を加熱するステップ、及び#3のステップ(a)(1)と(a)(2)の間で、暖めたガス状冷媒流れと、低圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れとを混合するステップをさらに含む、#2に記載の方法。

20

【0067】

#14. 第一の熱交換器と第三の熱交換器とが、単一の熱交換器である、#1に記載の方法。

【0068】

#15. 第二の熱交換器とサブクール化交換器とが、単一の熱交換器である、#1に記載の方法。

【0069】

#16. 第一の熱交換器と第三の熱交換器とが、プレートフィンアルミニウム黄銅(コア)式熱交換器である、#1に記載の方法。

30

【0070】

#17. 第二の熱交換器とサブクール化交換器とが、巻きコイル式熱交換器である、#1に記載の方法。

【0071】

#18. 高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れを分けるステップ、気化している液体冷媒の少なくとも1つの段を含む追加の冷却装置で、高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れを冷却するステップ、及び#1のステップ(c)において、第一の膨張機での膨張のために、圧縮したガス状冷媒流れの第一の部分と、第一の熱交換器からの圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの第一の部分とを混合するステップをさらに含む、#3に記載の方法であって、#1のステップ(b)において、第一の熱交換器で、高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れの第二の部分を冷却する、#3に記載の方法。

40

【0072】

#19. #1のステップ(d)の前に、気化している液体冷媒の少なくとも1つの段を含む追加の冷却装置で、供給ガス流れを予冷するステップを含む、#18に記載の方法。

【0073】

#20. 供給ガス流れを予冷するための追加の冷却装置と、高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れの第一の部分を冷却するための追加の冷却装置とが、単一の冷却装置である、#19に記載の方法。

【0074】

50

2 1. 高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れを分けるステップ、第三の膨張機で、圧縮機の少なくとも1つを出た圧縮したガス状冷媒流れの第一の部分を膨張させるステップ、第一の熱交換器で、圧縮したガス状冷媒流れの膨張した第一の部分を温めて、そして# 3のステップ(a)(1)と(a)(2)の間で、圧縮したガス状冷媒流れの膨張し、暖めた第一の部分と、低圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れとを混合するステップ、及び# 1のステップ(b)において、第一の熱交換器で、高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れの第二の部分を冷却するステップをさらに含む、# 3に記載の方法。

【0075】

2 2. 高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れを分けるステップ、第三の膨張機で、高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れの第一の部分を膨張させるステップ、第一の熱交換器で、圧縮したガス状冷媒流れの膨張した第一の部分を暖めて、そして# 3のステップ(a)(1)と(a)(2)の間で、圧縮したガス状冷媒流れの膨張し、暖めた第一の部分と、低圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れとを混合するステップ、及び# 1のステップ(b)において、第一の熱交換器で、高圧圧縮機を出た圧縮したガス状冷媒流れの第二の部分を冷却するステップをさらに含む、# 4に記載の方法。

【0076】

2 3. 液化し、サブクール化した供給ガス流れを調整するステップ、相分離器で、液化し、サブクール化し、調整した供給ガス流れを、液体生成物と、フラッシュ蒸気とに分離するステップであって、このフラッシュ蒸気を、さらに圧縮し、暖め、そしてエネルギー生成のための燃料として用いることができるステップをさらに含む、# 2に記載の方法。

【0077】

2 4. 高圧貯蔵タンクで、冷却し、実質的に液化した供給ガス流れを貯蔵するステップをさらに含む、# 1に記載の方法。

【0078】

2 5. 次のステップを含む、閉ループ冷却装置を用いた冷却方法：

- (a) 低圧圧縮機で、ガス状冷媒流れを圧縮するステップ；
- (b) 高圧圧縮機で、ガス状冷媒流れをさらに圧縮するステップ；
- (c) 第一の熱交換器で、圧縮したガス状冷媒流れを冷却するステップ；
- (d) 第一の熱交換器からの圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分を、第一の膨張機で膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れを与えるステップであって、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れが、第二の熱交換器及び第一の熱交換器に冷却を与えるステップ；
- (e) 第二の熱交換器及び第一の熱交換器で、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れとの間接的な熱交換によって、供給ガス流れを冷却し、そして実質的に液化するステップ；

(f) サブクール化交換器で、第二の膨張機を出た第二の膨張したガス状冷媒流れと間接的に熱交換することによって、冷却し、実質的に液化した供給ガス流れを、サブクール化するステップであって、第一の膨張機を出た第一の膨張したガス状冷媒流れ、及び第二の膨張機を出た第二の膨張したガス状冷媒流れが、実質的に気相であり、且つ第二の膨張したガス状冷媒流れの圧力が、第一の膨張したガス状冷媒流れの圧力より低いステップ。

【0079】

2 6. 冷却回路を含む閉ループ装置であって、冷却回路が、次を具備する液化用閉ループ装置：

第一の熱交換器；

第一の熱交換器と流通している、第二の熱交換器；

第一の熱交換器と流通し、且つ第一の熱交換器からの冷媒の流れを受けるように構成されている、第一の膨張機；

第二の熱交換器と流通し、且つ第二の熱交換器からの冷媒の流れを受けるように構成されている、第二の膨張機；

第一の膨張機と流通し、且つ第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れと供給ガ

ス流れとを受けるように構成されている、第三の熱交換器、
ここで、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れ、及び第二の膨張機からの第二の膨張したガス状冷媒流れが、実質的に気相の流れである。

【0080】

27. 第三の熱交換器及び第二の膨張機と流通し、且つ第三の熱交換器からの供給ガス流れを受けるように構成されている、サブクール化交換器をさらに具備する、# 26に記載の装置。

【0081】

28. (a) 第一の熱交換器と流通している低圧冷媒圧縮機；及び

(b) 第一の熱交換器及び低圧冷媒圧縮機と流通し、且つ第一の熱交換器及び低圧冷媒圧縮機からの冷媒流れを受けるように構成されている高圧冷媒圧縮機をさらに具備する、# 26に記載の装置。

10

【0082】

29. 第二の膨張機からの第二の膨張したガス状冷媒流れが、第一の膨張機からの第一の膨張したガス状冷媒流れよりも圧力が低い、# 28に記載の装置。

【0083】

30. 第一の熱交換器に冷却を与えるように構成されている追加の冷却装置であって、気化している液体冷媒の少なくとも一つ段を含む追加の冷却装置をさらに含む、# 28に記載の装置。

【0084】

31. 気化している液体冷媒が、CO₂、メタン、プロパン、ブタン、イソブタン、プロピレン、エタン、エチレン、R 22、HFC冷媒（限定されないが、例えばR 410A、R 134A、R 507、R 23）又はこれらの混合物を含有する、# 30に記載の装置。

20

【0085】

32. 供給ガス流れが、天然ガス流れである、# 26に記載の装置。

【0086】

33. 浮体式生産貯蔵積出設備（FPSO）船で用いられる、# 32に記載の装置。

【0087】

34. 冷媒の流れが、窒素流れである、# 26に記載の装置。

30

【0088】

35. 第一の熱交換器と第二の熱交換器とが、単一の熱交換器である、# 26に記載の装置。

【0089】

36. 第三の熱交換器とサブクール化交換器とが、単一の熱交換器である、# 27に記載の装置。

【0090】

37. 第一の熱交換器と第二の熱交換器とが、プレートフィンアルミニウム黄銅（コア）式熱交換器である、# 26に記載の装置。

【0091】

38. 第三の熱交換器とサブクール化交換器とが、巻きコイル式熱交換器である、# 27に記載の装置。

40

【0092】

39. 高圧冷媒圧縮機と流通し、且つ高圧冷媒圧縮機からの圧縮したガス状冷媒流れを受けるように構成されている、追加の冷却装置をさらに具備する、# 28に記載の装置。

【0093】

40. 第三の熱交換器と流通し、且つ供給ガス流れを受けるように構成されている、追加の冷却装置をさらに具備する、# 26に記載の装置。

【0094】

41. 高圧冷媒圧縮機と流通し、且つ高圧冷媒圧縮機からの圧縮したガス状冷媒流れを

50

受けるように構成されている、第三の膨張機をさらに具備する、# 28に記載の装置。

【0095】

42. サブクール化交換器と流通し、且つサブクール化交換器からの供給ガス流れを受けるために構成されているバルブ；バルブと流通し、且つ供給ガス流れを液体生成物とフラッシュ蒸気とに分離するために構成されている相分離器をさらに具備する、# 27に記載の装置。

【0096】

43. 第一の熱交換器と流通している第一の低圧冷媒圧縮機；及び第三の熱交換器と流通している第二の低圧冷媒圧縮機をさらに具備する、# 26に記載の装置。

【0097】

44. 少なくとも2つの膨張機を有する閉ループ気相膨張サイクルを用いた、ガス状供給物の液化方法であって、第二の膨張機の排出圧力が、第一の膨張機の排出圧力より低く、且つ第一の膨張機が、ガス状供給物を液化するのに必要な冷却の少なくとも一部を与える、液化方法。

【0098】

45. ガス状供給物が、天然ガスを含む、# 44に記載の方法。

【0099】

46. 第二の膨張機から結果として得られる膨張した流れを、大気温度付近まで温め、圧縮し、第一の膨張機から結果として得られる、温めた膨張した流れと混合させる、# 44に記載の方法。

【0100】

47. 第一の膨張機と第二の膨張機からの混合した流れを、さらに圧縮し、そしてさらなる膨張のために冷却させる、# 46に記載の方法。

【0101】

48. 第一の膨張機から結果として得られる膨張した流れを分けて、それによって結果として得られる膨張した流れの第一の部分を用いて、間接的な熱交換によりガス状供給物を冷却し、且つ結果として得られる膨張した流れの第二の部分を用いて、熱交換器で冷却を与える、# 44に記載の方法。

【実施例】

【0102】

図3を参照する。113°F(45°C)且つ180psia(1.24MPa)で、約92%のメタン、1.6%の窒素、3.4%のエタン、2%のプロパン及び1%の重質成分を含む、3,160lbmol/時(1,433kgmol/時)の天然ガス(流れ100)を、3つのケトルと気相のR134A冷媒(C₂H₂F₂)を含む冷却装置320によって、約-31.6°F(-35.3°C)に予冷した。冷媒を、図6に示したような3段の圧縮機で圧縮した。冷媒圧縮機の吸入圧力は、絶対圧で約0.5bar(50kPa)であった。減圧で吸引圧力を保つことは、低温にサブクール化することを可能とする。不燃性冷媒を用いることで、安全操業を確保した。

【0103】

結果として得られる流れ301を、液化熱交換器310で、-136°F(-93°C)に冷却した。この温度で、流れ102は完全に液体である。これをその後、サブクール化交換器112で、-261°F(-163°C)までサブクール化し、結果として流れ104を得た。

【0104】

高圧冷媒圧縮機132の排出口からのガス状の窒素146は、104°F(40°C)且つ1200psia(8.27MPa)であった。その後、流れ146を、冷却装置220に向かう21,495lbmol/時(9,750kgmol/時)の流れと、連結した熱交換器214、116に向かう196,230lbmol/時(89,008kgmol/時)の流れとに、分けた。

【0105】

流れ 249 と 250 との混合から得られる流れ 150 を、 -49°F (-45°C) で、且つ 164, 634 lbmol/時 (74, 677 kgmol/時) の流量で、膨張機 136 に入れた。これを、約 475 psia (3.28 MPa)、 -141°F (-96°C) に膨張させ、そして、141, 326 lbmol/時 (64, 104 kgmol/時) で液化熱交換器 310 に入る流れ 154 と、連結した熱交換器 214、116 に入る流れ 160 とに、分けた。

【0106】

流れ 356 を、液化熱交換器 310 から、 -54.4°F (-48°C) で出した。これをその後、流れ 162 と混合し、連結された熱交換器 214、116 で、 97.5°F (36.4°C) に暖めて、そして低圧冷媒圧縮機 130 と高圧冷媒圧縮機 132 との間に、164, 634 lbmol/時 (74, 677 kgmol/時) の流量で導入した (流れ 166)。

10

【0107】

流れ 170 を、 -136°F (-93°C) で、且つ 53, 091 lbmol/時 (24, 082 kgmol/時) の流量で、膨張機 138 に入れた。流れ 170 を、約 192 psia (1.32 MPa)、 -165°F (-109°C) に膨張させ (流れ 172)、その後、サブクール化膨張機 112 に入れた。

【0108】

流れ 174 を、約 -140°F (-96°C) で、サブクール化交換器 112 から出した。流れ 174 を、その後、連結した熱交換器 214、116 で暖めて、 97.5°F (36.4°C) にし、そして低圧冷媒圧縮機 130 (流れ 140) の吸引口に入れた。

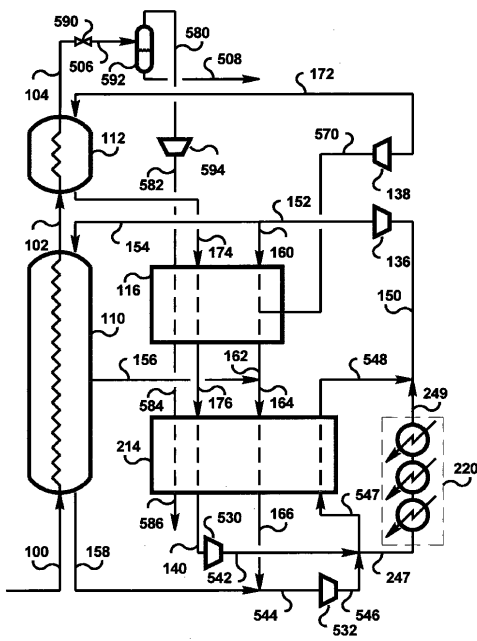
20

【0109】

本発明の態様を、様々な図の好ましい実施態様に関連して述べてきたが、本発明から離れることなく本発明と同じ機能を果たすために、他の同様の実施態様を用いることができ、又は記載された実施態様への変更及び付加をなすことができると、理解されるべきである。したがって、出願に係る発明は、あらゆる単一の実施態様に限定されるべきではなく、請求の範囲に従って幅及び範囲をもって解釈されるべきである。図面からの参照番号を、請求項で与えるが、単に理解を促進させるためであり、請求の範囲は限定されない。

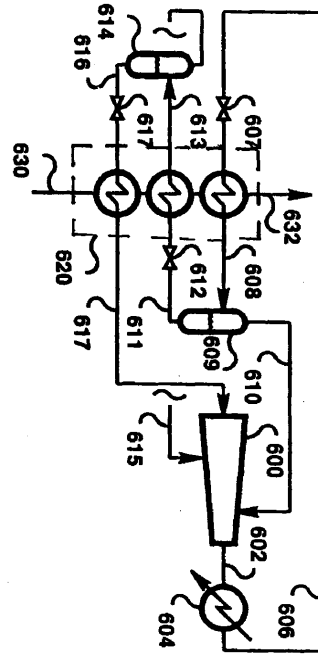
【図 5】

Fig. 5

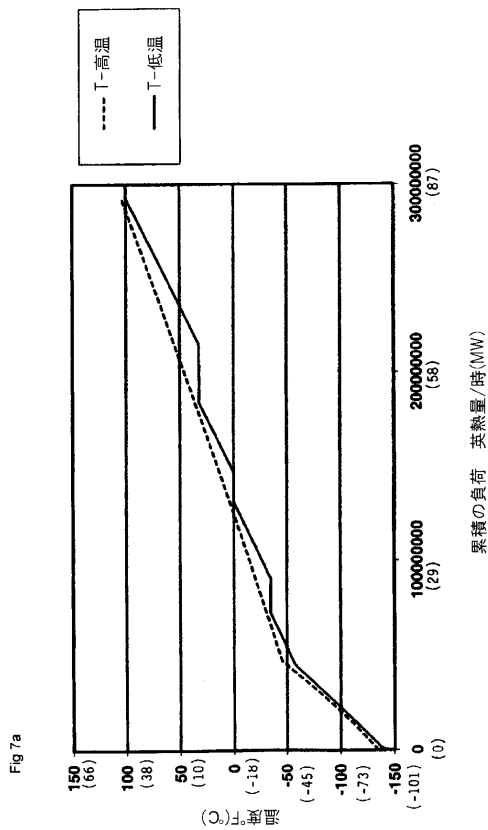


【図 6】

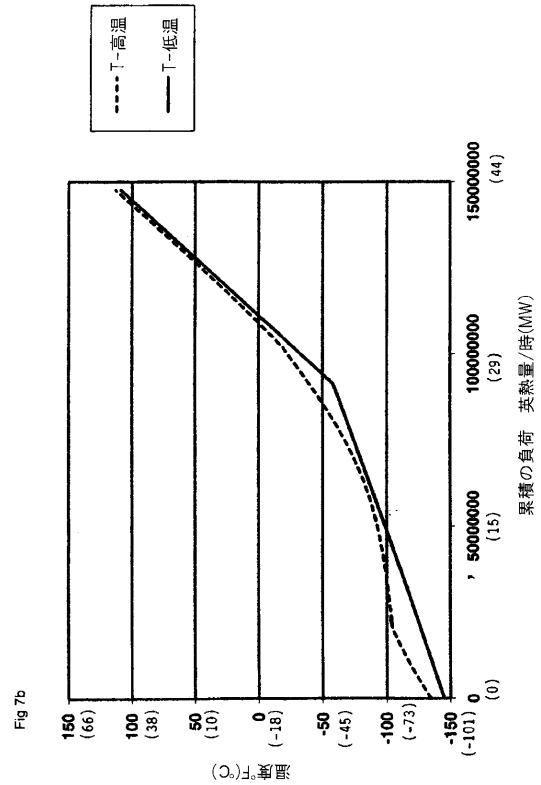
Fig. 6



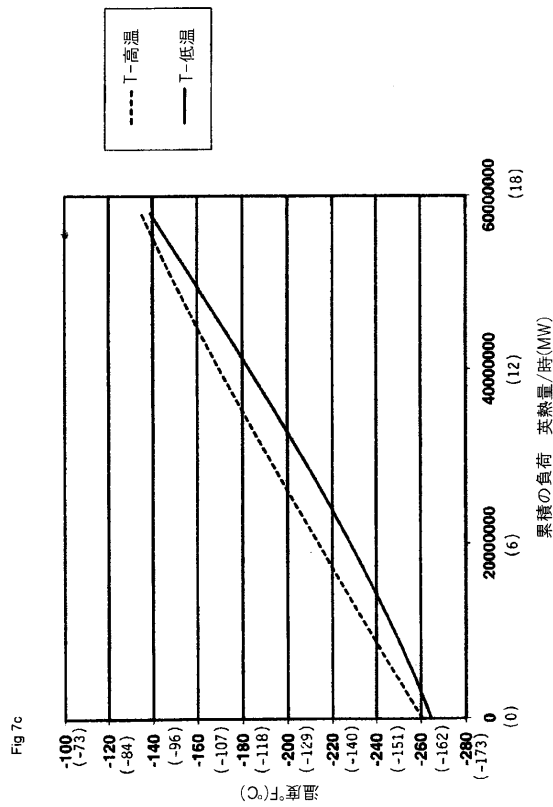
【図 7 a】



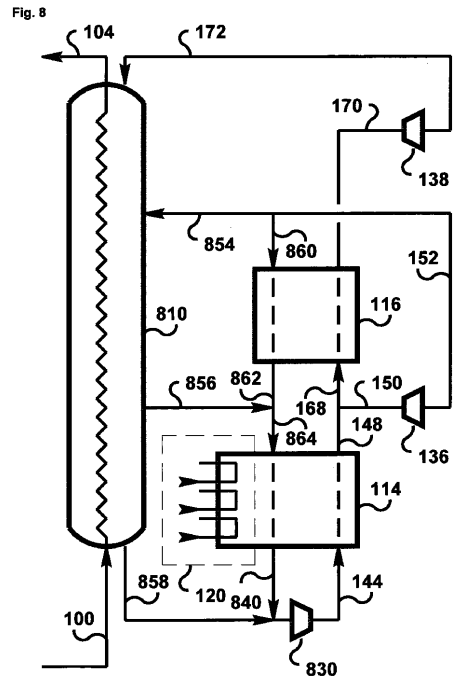
【図 7 b】



【図 7 c】

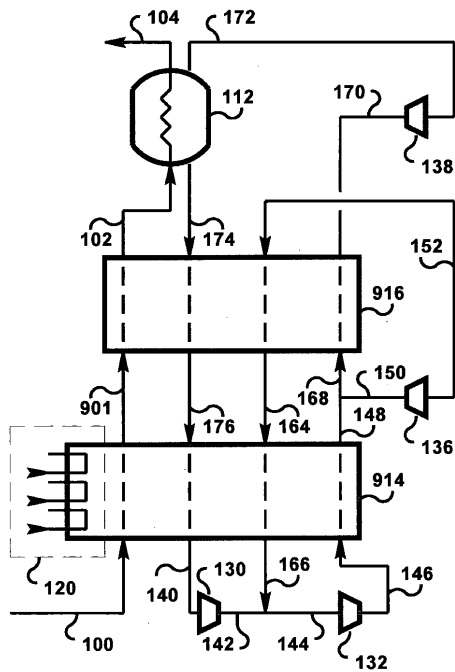


【図 8】



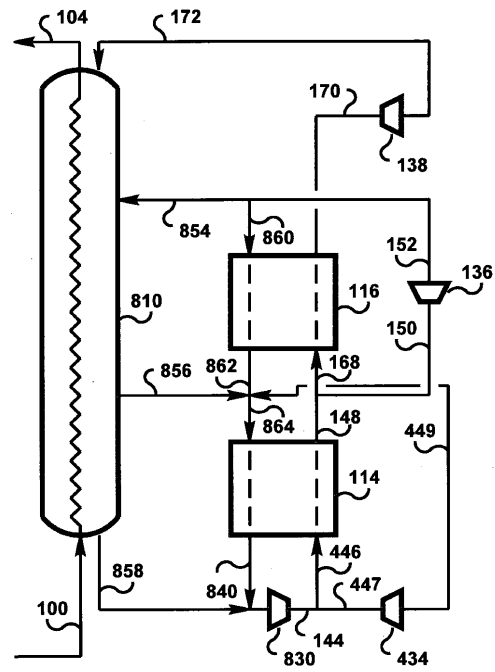
【図 9】

Fig. 9



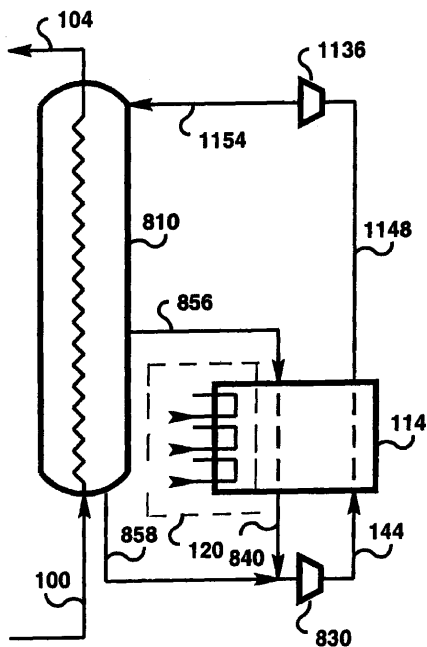
【図 10】

Fig. 10



【図 11】

Fig. 11



【手続補正書】

【提出日】平成23年6月20日(2011.6.20)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

次のステップを含む、閉ループ冷却装置を用いた液化方法：

(a) 少なくとも1つの圧縮機(132)で、ガス状冷媒流れ(144)を圧縮するステップ；

(b) 第一の熱交換器(114)で、前記圧縮したガス状冷媒流れ(146)の少なくとも一部を冷却するステップ；

(c) 第一の膨張機(136)で、前記第一の熱交換器(114)からの、前記圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分(150)を膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れ(152)を与えるステップ；

(d) 第二の熱交換器(110)で、前記第一の膨張機(136)からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れの少なくとも第一の部分(154)と間接的に熱交換することによって、供給ガス流れ(100)を冷却し、そして実質的に液化して、実質的に液化した供給ガス流れ(102)を形成するステップ、

ここで、前記第一の膨張機(136)を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ(152)は、実質的に気相である。

【請求項2】

サブクール化交換器(112)で、第二の膨張機(138)を出た第二の膨張したガス

状冷媒流れ（１７２）と間接的に熱交換することによって、前記冷却し、そして実質的に液化した供給ガス流れ（１０２）を、サブクール化するステップをさらに含む、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記第二の膨張機（１３８）を出た前記第二の膨張したガス状冷媒流れ（１７２）が、実質的に気相である、請求項２に記載の方法。

【請求項４】

前記サブクール化交換器（１１２）を出た前記第二の膨張したガス状冷媒流れ（１７４）を、低圧圧縮機（１３０）で圧縮し；前記第二の熱交換器（１１０）を出た少なくとも前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５８）と混合し；そして圧縮機（１３２）で、前記混合した流れ（１４４）を、さらに圧縮する、請求項３に記載の方法。

【請求項５】

前記第二の膨張したガス状冷媒流れを、前記第一の熱交換器（１１４）からの前記圧縮し、冷却したガス状冷媒流れの第二の部分（１６８）から得る、請求項２～４のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６】

前記冷却したガス状冷媒流れ（１４８）の前記第二の部分（１６８）を、第三の熱交換器（１１６）で、前記第一の膨張機（１３６）からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５２）の少なくとも第二の部分（１６０）と間接的に熱交換することによって、さらに冷却し、そして、前記第二の膨張機（１３８）に供給して、前記第二の膨張したガス状冷媒流れ（１７２）を与える、請求項５に記載の方法。

【請求項７】

前記第二の膨張したガス状冷媒流れを、前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５２）の部分（５７０）から得る、請求項２～４のいずれか一項に記載の方法。

【請求項８】

前記部分（５７０）を、サブクール化交換器（１１２）を出た実質的に液化した供給ガス流れから分離された、圧縮した気相との熱交換（１１６）によって、前記膨張（１３８）の前に、温める、請求項７に記載の方法。

【請求項９】

さらに、前記第二の熱交換器（１１０）の中間の位置から、それを流下している前記ガス状冷媒流れの部分（１５６）を抜き出すステップ、及び前記第一の熱交換器（１１４）で、前記抜き出した部分（１５６）を加熱するステップを含む、請求項１～８のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１０】

液化用の前記供給ガス流れが、天然ガスの流れである、請求項１～９のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１１】

前記ガス状冷媒流れが、窒素流れである、請求項１～１０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１２】

前記第一の膨張機（１３６）を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５２）の第二の部分（１６０）を、第三の熱交換器（１１６）及び前記第一の熱交換器（１１４）で暖めて、温めたガス状冷媒流れ（１６６）を形成するステップ、及び前記温めたガス状冷媒流れ（１６６）と、前記第二の熱交換器（１１０）を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ（１５８）とを混合するステップを含む、請求項１～１１のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１３】

前記少なくとも１つの圧縮機（１３２）を出た前記圧縮したガス状冷媒流れ（１４６）を、第一の部分（２４７）と、第二部分（２４６）とに分けるステップ；気化している液体冷媒の少なくとも１つの段を含む追加の冷却装置（２２０）で、前記第一の部分（２４

7) を冷却するステップ；請求項 1 のステップ (b) において、前記第一の熱交換器 (214) で、前記第二の部分の冷却するステップ；及び請求項 1 のステップ (c) において、前記第一の膨張機 (136) で膨張させるために、前記冷却した第一の部分 (249) と、前記冷却した第二の部分 (248) の少なくとも一部 (250) とを混合するステップをさらに含む、請求項 1～12 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

前記少なくとも 1 つの圧縮機 (132) を出た前記圧縮したガス状冷媒流れ (146) を、第一の部分 (447) 及び第二の部分 (446) に分けるステップ；第三の膨張機 (434) で、前記第一の部分 (447) を膨張させるステップ；前記第一の熱交換器 (214) で、結果として得られる膨張させた第一の部分 (449) を温めて、そして結果として得られる膨張させ、暖めた第一の部分 (166) と、前記第二の熱交換器 (110) を出た前記ガス状冷媒流れ (158) とを混合するステップ；及び請求項 1 のステップ (b) において、第一の熱交換器 (114) で、前記第二の部分 (446) を冷却するステップをさらに含む請求項 1～12 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

次のステップを含む、請求項 3 に記載の方法：

- (a) 低圧圧縮機 (130) で、ガス状冷媒流れ (140) を圧縮するステップ；
 - (b) 高圧圧縮機 (132) で、前記圧縮したガス状冷媒流れ (142) をさらに圧縮するステップ；
 - (c) 第一の熱交換器 (914) で、前記圧縮したガス状冷媒流れ (146) を冷却するステップ；
 - (d) 第一の膨張機 (136) で、前記第一の熱交換器 (914) からの前記圧縮し、冷却したガス状冷媒流れ (148) の少なくとも第一の部分 (150) を膨張させて、第一の膨張したガス状冷媒流れ (152) を与えるステップであって、前記第一の膨張機 (136) からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れ (152) が、第二の熱交換器 (916) 及び前記第一の熱交換器 (914) に冷却を与えるステップ；
 - (e) 前記第二の熱交換器 (916) 及び前記第一の熱交換器 (914) で、供給ガス流れ (100) を、前記第一の膨張機 (136) からの前記第一の膨張したガス状冷媒流れ (152) と間接的に熱交換することによって、冷却し、そして実質的に液化するステップ；及び
 - (f) サブクール化交換器 (112) で、冷却し、そして実質的に液化した供給ガス流れ (102) を、第二の膨張機 (138) を出た第二の膨張したガス状冷媒流れ (172) と間接的に熱交換することによって、サブクール化するステップ、
- ここで、前記第一の膨張機 (136) を出た前記第一の膨張したガス状冷媒流れ (152)、及び前記第二の膨張機 (138) を出た前記第二の膨張したガス状冷媒流れ (172) は、実質的に気相であり、且つ前記第二の膨張したガス状冷媒流れ (172) の圧力は、前記第一の膨張したガス状冷媒流れ (152) の圧力より低い。

【請求項 16】

冷却回路を含む、請求項 2 に記載の方法によって冷却するための閉ループ装置であって、前記冷却回路が、次を具備する閉ループ装置：

第一の熱交換器 (114) ；

前記第一の熱交換器 (114) と流通している、第三の熱交換器 (116) ；

前記第一の熱交換器 (114) と流通し、且つ前記第一の熱交換器 (114) からの冷媒の流れ (150) を受けるように構成されている、第一の膨張機 (136) ；

前記第三の熱交換器 (116) と流通し、且つ前記第三の熱交換器 (116) からの冷媒の流れ (170) を受けるように構成されている、第二の膨張機 (138) ；

前記第一の膨張機 (136) と流通し、且つ前記第一の膨張機 (136) からの第一の膨張したガス状冷媒流れ (154) と供給ガス流れ (100) とを受けるように構成されている、第二の熱交換器 (110) ；及び

前記第二の熱交換器 (110) 及び前記第二の膨張機 (138) と流通し、且つ前記第二

の熱交換器（１１０）からの前記冷却した供給ガス流れ（１０２）を受けるとように構成されている、サブクール化交換器（１１２）。

【請求項１７】

請求項３～１４のいずれか一項に記載の方法によって液化するための閉ループ装置に適合されている、請求項１６に記載の装置。

【請求項１８】

少なくとも２つの膨張機を有する、閉ループ気相膨張サイクルを用いたガス状供給物の液化方法であって、前記第二の膨張機の排出圧力が、前記第一の膨張機の排出圧力よりも低く、且つ前記第一の膨張機が、前記ガス状供給物を液化するのに必要な冷却の少なくとも一部を与える、冷却方法。

【国際調査報告】

61100550005



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2009/007519

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F25J1/00 F25J1/02

ADD.

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)

F25J

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/056051 A1 (ROBERTS MARK JULIAN [US] ET AL) 17 March 2005 (2005-03-17) paragraphs [0148], [0149]; figure 8 figures 3,7 figure 4	1-5,7,8, 10,11, 13,14, 16-18
X	US 5 768 912 A (DUBAR CHRISTOPHER ALFRED [AU]) 23 June 1998 (1998-06-23) figures 4,5	1-3,5, 10,11, 13,14, 16-18

☒ 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 document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubt 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

18 July 2011

Date of mailing of the international search report

27/07/2011

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Göritz, Dirk

08.11.2011

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2009/007519**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/IB2009/007519

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-6, 16-18(completely); 9-14(partially)

A method of liquefaction of a gaseous feed using a closed loop refrigeration system, the method comprising the steps of:

- (a) compressing a gaseous refrigerant stream in a low and a high pressure compressor;
 - (b) cooling at least a portion of the compressed gaseous refrigerant stream in a first heat exchanger;
 - (c) expanding at least a first portion of the cooled, compressed gaseous refrigerant stream from the first heat exchanger in a first expander to provide a first expanded substantially gaseous refrigerant stream;
 - (d) cooling and substantially liquefying a feed gas stream to form a substantially liquefied feed gas stream in a second heat exchanger through indirect heat exchange against at least a first portion of the first expanded gaseous refrigerant stream from the first expander; and
 - (e) subcooling the cooled and substantially liquefied feed gas stream through indirect heat exchange in a subcooler exchanger against a second expanded substantially gaseous refrigerant stream exiting a second expander at a pressure lower than the pressure of the first expanded gaseous refrigerant stream,
- wherein the second expanded gaseous refrigerant stream is derived from a second portion of the cooled compressed gaseous refrigerant stream from the first heat exchanger.
- A method of liquefaction of a gaseous feed using a closed-loop vapor expansion cycle having at least two expanders, wherein the discharge pressure of a second expander is lower than the discharge pressure of a first expander, and wherein the first expander provides at least a portion of the refrigeration required to liquefy the gaseous feed.

1.1. claim: 18

A method of liquefaction of a gaseous feed using a closed-loop vapor expansion cycle having at least two expanders, wherein the discharge pressure of a second expander is lower than the discharge pressure of a first expander, and wherein the first expander provides at least a portion of the refrigeration required to liquefy the gaseous feed.

2. claims: 1-4, 7, 8(completely); 9-14(partially)

A method and a system of liquefaction of a gaseous feed using a closed loop refrigeration system and comprising the features of:

- (a) compressing a gaseous refrigerant stream in a low and a

International Application No. PCT/IB2009/007519

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

high pressure compressor;
 (b) cooling at least a portion of the compressed gaseous refrigerant stream in a first heat exchanger;
 (c) expanding at least a first portion of the cooled, compressed gaseous refrigerant stream from the first heat exchanger in a first expander to provide a first expanded substantially gaseous refrigerant stream;
 (d) cooling and substantially liquefying a feed gas stream to form a substantially liquefied feed gas stream in a second heat exchanger through indirect heat exchange against at least a first portion of the first expanded gaseous refrigerant stream from the first expander; and
 (e) subcooling the cooled and substantially liquefied feed gas stream through indirect heat exchange in a subcooler exchanger against a second expanded substantially gaseous refrigerant stream exiting a second expander at a pressure lower than the pressure of the first expanded gaseous refrigerant stream,
 wherein the second expanded gaseous refrigerant stream is derived from a portion of the first expanded gaseous refrigerant stream exiting the first expander.

3. claims: 1-3, 15

A method of liquefaction of a gaseous feed using a closed loop refrigeration system, the method comprising the steps of:

(a) compressing a gaseous refrigerant stream in a low and a high pressure compressor;
 (b) cooling at least a portion of the compressed gaseous refrigerant stream in a first heat exchanger;
 (c) expanding at least a first portion of the cooled, compressed gaseous refrigerant stream from the first heat exchanger in a first expander to provide a first expanded substantially gaseous refrigerant stream, wherein the first expanded gaseous refrigerant stream from the first expander provides cooling to a second heat exchanger and the first heat exchanger;
 (d) cooling and substantially liquefying a feed gas stream through indirect heat exchange against the first expanded gaseous refrigerant stream from the first expander both in the second heat exchanger and the first heat exchanger; and
 (e) subcooling the cooled and substantially liquefied feed gas stream through indirect heat exchange in a subcooler exchanger against a second expanded substantially gaseous refrigerant stream exiting a second expander at a pressure lower than the pressure of the first expanded gaseous refrigerant stream.

5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2009/007519

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	VINK K J ET AL: "COMPARISON OF BASELOAD LIQUEFACTION PROCESSES//COMPARISON DES PROCEDES DE LIQUEFACTION DES USINES DE GRANDE CAPACITE", INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON LIQUEFIED NATURAL GAS, XX, XX, no. 12TH, 4 May 1998 (1998-05-04), pages 3.6/1-15, XP009081893, figure 5	1-3,5, 10,11, 16-18
X	DE 15 01 730 A1 (LINDE AG) 30 October 1969 (1969-10-30) figure 1	1,9-11, 14,18
A	DE 101 08 905 A1 (LINDE AG [DE]) 5 September 2002 (2002-09-05) the whole document	2-4,7,8, 10,11
A	DE 101 47 047 A1 (LINDE AG [DE]) 4 July 2002 (2002-07-04) the whole document	2-4,7,8, 11
X	WO 2005/071333 A1 (HAMWORTHY KSE GAS SYSTEMS AS [NO]; RUMMELHOFF CARL JOERGEN [NO]) 4 August 2005 (2005-08-04) figure 1	1-5,10, 11,15-18
Y		4,15
X	FR 2 873 192 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 20 January 2006 (2006-01-20) figure	1-4,10, 11,15-18
Y		4,15
X	DE 10 2006 039889 A1 (LINDE AG [DE]) 28 February 2008 (2008-02-28) paragraph [0028]; figure	1-5,10, 11,15-18
Y		4,15
X	WO 01/69149 A1 (STATOIL [NO]; FREDHEIM ARNE OLAV [NO]; PAUROLA PENTTI [NO]) 20 September 2001 (2001-09-20) figure 1	1-3,5,8, 10,11, 16,17
Y		4,15
X,P	WO 2009/072900 A1 (KANFA ARAGON AS [NO]; NILSEN INGE L [NO]) 11 June 2009 (2009-06-11) page 10 - page 11; figure 12	1-3,5, 10,11, 16-18
X,P	WO 2009/017414 A1 (KANFA ARAGON AS [NO]; LUND NILSEN INGE SVERRE [NO]) 5 February 2009 (2009-02-05) figure 4	1-3,5, 10,11, 16-18
E	WO 2011/018686 A2 (AIR PROD & CHEM [US]; ROBERTS MARK JULIAN [US]; BROSTOW ADAM ADRIAN [U]) 17 February 2011 (2011-02-17) figure 4	1-6, 9-11, 16-18

-/--

6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2009/007519

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO 2009/130466 A2 (STATOILHYDRO ASA [NO]; NEERAAS BENGT OLAV [NO]; SANDVIK TOR ERLING [NO] 29 October 2009 (2009-10-29) figure -----	1-4, 10, 11, 15-18

7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2009/007519

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005056051 A1	17-03-2005	AT 479064 T AU 2004274692 A1 CA 2540024 A1 CN 1853078 A EG 24796 A EP 1668300 A1 ES 2351340 T3 WO 2005028976 A1 JP 2007506064 A KR 20060085909 A MX PA06002864 A RU 2331826 C2 TW I251066 B	15-09-2010 31-03-2005 31-03-2005 25-10-2006 14-09-2010 14-06-2006 03-02-2011 31-03-2005 15-03-2007 28-07-2006 14-06-2006 20-08-2008 11-03-2006
US 5768912 A	23-06-1998	WO 9527179 A1 DE 69527351 D1 DE 69527351 T2 EP 0755499 A1 IN 183317 A1 JP 3868998 B2 JP 10501053 T NO 964222 A RU 2137066 C1	12-10-1995 14-08-2002 20-03-2003 29-01-1997 13-11-1999 17-01-2007 27-01-1998 03-12-1996 10-09-1999
DE 1501730 A1	30-10-1969	US 3511058 A	12-05-1970
DE 10108905 A1	05-09-2002	NONE	
DE 10147047 A1	04-07-2002	NONE	
WO 2005071333 A1	04-08-2005	NO 323496 B1	29-05-2007
FR 2873192 A1	20-01-2006	NONE	
DE 102006039889 A1	28-02-2008	WO 2008022689 A2	28-02-2008
WO 0169149 A1	20-09-2001	AU 4084701 A BR 0109253 A CA 2402526 A1 NO 20024383 A US 2003089125 A1	24-09-2001 24-12-2002 20-09-2001 14-11-2002 15-05-2003
WO 2009072900 A1	11-06-2009	AU 2008332005 A1 CA 2711372 A1 EP 2229567 A1 JP 2011506894 A	11-06-2009 11-06-2009 22-09-2010 03-03-2011
WO 2009072900 A1		KR 20100118564 A NO 328493 B1 US 2010236286 A1	05-11-2010 01-03-2010 23-09-2010
WO 2009017414 A1	05-02-2009	AU 2008283102 A1 CA 2692213 A1 CN 101711335 A EP 2165140 A1 KR 20100039353 A NO 329177 B1 US 2010132405 A1	05-02-2009 05-02-2009 19-05-2010 24-03-2010 15-04-2010 06-09-2010 03-06-2010

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

81

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2009/007519

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
W0 2011018686 A2	17-02-2011	US 2011036121 A1	17-02-2011
W0 2009130466 A2	29-10-2009	AU 2009239763 A1	29-10-2009
		CA 2721494 A1	29-10-2009
		GB 2459484 A	28-10-2009
		US 2011113825 A1	19-05-2011

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100077517

弁理士 石田 敬

(74)代理人 100087413

弁理士 古賀 哲次

(74)代理人 100128495

弁理士 出野 知

(74)代理人 100123593

弁理士 関根 宣夫

(74)代理人 100170874

弁理士 塩川 和哉

(72)発明者 ブロストウ, アダム エイドリアン

アメリカ合衆国, ペンシルベニア 1 8 9 4 9, エマウス, コロニアル コート 1 2 6

(72)発明者 ロバーツ, マーク ジュリアン

アメリカ合衆国, ペンシルベニア 1 9 5 2 9, ケンプトン, カナリス ドライブ 8 8 6 6

Fターム(参考) 4D047 AA10 AB08 CA06 CA13 CA17 DA17