

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6928029号  
(P6928029)

(45) 発行日 令和3年9月1日 (2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月10日 (2021.8.10)

(51) Int.Cl.

F I

F 2 5 J 1/00 (2006.01)

F 2 5 J 1/00 B

C 1 0 L 3/10 (2006.01)

C 1 0 L 3/10

請求項の数 14 外国語出願 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2019-88852 (P2019-88852)	(73) 特許権者	591035368
(22) 出願日	令和1年5月9日 (2019.5.9)		エア プロダクツ アンド ケミカルズ
(65) 公開番号	特開2019-196900 (P2019-196900A)		インコーポレイテッド
(43) 公開日	令和1年11月14日 (2019.11.14)		AIR PRODUCTS AND CH
審査請求日	令和1年5月23日 (2019.5.23)		EMICALS INCORPORATE
(31) 優先権主張番号	15/977,535		D
(32) 優先日	平成30年5月11日 (2018.5.11)		アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレ
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		ンタウン ハミルトン ブールヴァード
			7201
			7201 Hamilton Boule
			vard, Allentown, Pe
			nnsylvania 18195-15
			01, USA
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モジュール化 LNG 分離装置およびフラッシュガス熱交換器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フラッシュガスを液化天然ガス (LNG) 流から分離して LNG 製品を製造し、分離されたフラッシュガスから冷却を回収する装置であって、前記装置は、熱交換ゾーンおよび分離ゾーンを取り囲むシェルケーシングを備え、前記熱交換ゾーンは、前記分離ゾーンの上方に位置して、前記分離ゾーンと流体連通しており、前記分離ゾーンは、前記フラッシュガスを前記 LNG 製品から分離するように構成され、前記熱交換ゾーンは、冷却を前記分離されたフラッシュガスから回収するように構成されており、

前記熱交換ゾーンは、前記熱交換ゾーンの管側およびシェル側を画定する少なくとも 1 つのコイル管束を含み、前記管側は、第 1 流体流を冷却および /  
または液化する前記熱交換ゾーンを通過する 1 つ以上の通路を画定し、前記シェル側は、分離されたフラッシュガスを暖める前記熱交換ゾーンを通過する通路を画定し、

前記分離ゾーンは、前記 LNG 製品から前記分離ゾーンにおいて分離されるフラッシュガスが、前記分離ゾーンから上方に流れて、前記熱交換ゾーンの  
前記シェル側に流れ込んで前記シェル側を通過するように構成され、

前記シェルケーシングは：

前記熱交換ゾーンの前記管側と流体流連通して、冷却および / または液化対象の前記第 1 流体流を導入する第 1 入口と、

前記熱交換ゾーンの前記管側と流体流連通して第 1 冷却流体流および / ま

たは液化流体流を引き出す第 1 出口と、  
前記熱交換ゾーンの前記シェル側と流体流連通して暖められたフラッシュ  
ガス流を引き出す第 2 出口と、  
前記分離ゾーンと流体流連通して、分離対象のフラッシュガスを含む L N  
G 流を導入する第 2 入口と、  
前記分離ゾーンと流体流連通して L N G 製品流を引き出す第 3 出口と、を  
有し、

前記装置は、前記熱交換ゾーンと前記分離ゾーンとの間に位置決めされるミス  
トエリミネーターをさらに備える、装置。

【請求項 2】

前記熱交換ゾーンを取り囲む前記シェルケーシングの部分、および前記分離ゾーンを取り  
囲む前記シェルケーシングの部分は、実質的に同じ直径を有する、請求項 1 に記載の装  
置。

【請求項 3】

前記分離ゾーンを取り囲む前記シェルケーシングの部分は、前記熱交換ゾーンを取り囲  
む前記シェルケーシングの部分よりも大きい直径を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記分離ゾーンは、下方に流れる流体を上昇蒸気に接触させる 1 つ以上の物質移動装置  
を含み、前記第 2 入口は、前記物質移動装置のうち 1 つ以上の物質移動装置の上方に位置  
決めされる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記装置は、前記 L N G の一部を、前記分離ゾーンの底部側から再沸騰させて、前記分  
離ゾーンを通過して上方に流れる蒸気を生成するリボイラー熱交換器をさらに備える、請  
求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記分離ゾーンは、L N G を回収する回収ゾーン、および前記回収ゾーンの上方にあり  
、かつフラッシュガスを回収する前記熱交換ゾーンの下方向にあるヘッドスペースゾーンを  
画定する前記シェルケーシングの中空部分である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記熱交換ゾーンは、第 2 コイル管束の上方に位置する第 1 コイル管束を含み、両前記  
コイル管束は、前記熱交換ゾーンの管側およびシェル側を画定し、前記管側は、第 1 流体  
流を冷却および / または液化する前記熱交換ゾーンを通過する 1 つ以上の通路を画定し、  
前記シェル側は、分離されたフラッシュガスを暖める前記熱交換ゾーンを通過する通路を  
画定し、

前記第 1 コイル管束により画定される前記管側は、前記第 1 入口と流体流連通  
して、前記第 1 流体流を冷却および / または液化する少なくとも 1 つの通路を  
画定し、

前記シェルケーシングは、前記第 1 コイル管束の前記管側と流体流連通して前  
記第 1 流体流の冷却部分および / または液化部分を前記第 1 コイル管束から引  
き出す第 4 出口を有し、

前記第 2 コイル管束により画定される前記管側は、前記第 1 コイル管束の前記  
管側および前記第 1 出口と流体流連通して、前記第 1 コイル管束からの前記第  
1 流体流の別の部分をさらに冷却および / または液化する少なくとも 1 つの通  
路を画定する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記シェルケーシングは、前記熱交換ゾーンの前記シェル側と流体流連通し、かつ前記  
第 2 出口の下方向に位置して暖められたフラッシュガス流を、前記第 2 出口から引き出され  
る前記暖められたフラッシュガス流よりも低い温度で部分的に引き出す第 4 出口を有する  
、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

液化天然ガス（ＬＮＧ）製品を製造し、冷却をフラッシュガスから回収するシステムであって、前記システムは：

天然ガス供給流を冷却および液化してＬＮＧ流を生成する主極低温熱交換器（ＭＣＨＥ）と、

前記ＭＣＨＥと流体流連通して主冷媒を循環させて１つ以上の低温冷媒流を、前記ＭＣＨＥを通過させて、前記天然ガス流を液化する冷却負荷を与える冷却回路であって、前記１つ以上の低温冷媒流を前記ＭＣＨＥにおいて、前記天然ガス流との間接熱交換により暖める、前記冷媒回路と、

前記ＭＣＨＥと流体流連通して前記ＬＮＧ流の全部または一部の圧力を減圧して減圧ＬＮＧ流を形成する第１減圧装置と、

前記第１減圧装置と流体流連通してフラッシュガスを前記減圧ＬＮＧ流から分離して、冷却を前記分離されたフラッシュガスから回収して、ＬＮＧ製品流および暖められたフラッシュガス流を生成する請求項１に記載の装置と、を備える、システム。

10

【請求項１０】

前記第１流体流は、前記熱交換ゾーンにおいて冷却および液化されて補助ＬＮＧ流を生成する補助天然ガス供給流であり、前記システムは、前記補助ＬＮＧ流の圧力を減圧するように構成され、請求項１に記載の前記装置は、減圧された前記補助ＬＮＧ流をさらに流入させ、フラッシュガスを減圧された前記補助ＬＮＧ流から分離し、冷却を前記分離されたフラッシュガスから回収するように構成される、請求項９に記載のシステム。

20

【請求項１１】

前記冷却回路は、請求項１に記載の前記装置と流体流連通し、前記第１流体流は、前記熱交換ゾーンにおいて冷却および／または液化されて冷却冷媒流および／または液化冷媒流となるガス冷媒流であり、前記冷却回路は、前記ガス冷媒流を前記装置の前記第１入口に導入して、前記冷却冷媒流および／または液化冷媒流を前記装置の前記第１出口から引き出して、前記冷却冷媒流および／または液化冷媒流を、前記ＭＣＨＥを通過させるように構成される、請求項９に記載のシステム。

【請求項１２】

液化天然ガス（ＬＮＧ）製品を製造する方法であって、前記方法は、請求項９に記載の前記システムを採用し、前記方法は：

30

（ａ）天然ガス供給流を、前記ＭＣＨＥを通過させて、前記天然ガス供給流を前記ＭＣＨＥにおいて冷却および液化してＬＮＧ流を生成することと、

（ｂ）前記ＬＮＧ流を前記ＭＣＨＥから引き出して、前記ＬＮＧ流の全部または一部の圧力を減圧して減圧ＬＮＧ流を形成することと、

（ｃ）前記減圧ＬＮＧ流を前記装置の前記分離ゾーンに導入してフラッシュガスを前記減圧ＬＮＧ流から分離してＬＮＧ製品流を生成することと、

（ｄ）冷却を前記分離されたフラッシュガスから前記装置の前記熱交換ゾーンにおいて回収して、暖められたフラッシュガス流を生成することと、を含む、方法。

【請求項１３】

40

前記第１流体流は、補助天然ガス供給流であり、ステップ（ｄ）は、前記補助天然ガス供給流を前記熱交換ゾーンにおいて冷却および液化して、補助ＬＮＧ流を生成することを含み、前記方法は、前記補助ＬＮＧ流の圧力を減圧することと、減圧された前記補助ＬＮＧ流を前記装置の前記分離ゾーンに導入して、フラッシュガスを減圧された前記補助ＬＮＧ流から分離することと、冷却を、減圧された前記補助ＬＮＧ流からの前記分離されたフラッシュガスから回収することと、をさらに含む、請求項１２に記載の方法。

【請求項１４】

前記第１流体流は冷媒流であり、ステップ（ｄ）は、前記冷媒流を前記装置の前記熱交換ゾーンにおいて冷却および／または液化して、冷却冷媒流および／または液化冷媒流とすることを含み、前記方法は、前記冷却冷媒流および／または液化冷媒流を前記装置から

50

引き出すことと、前記冷却冷媒流および／または液化冷媒流を、前記M C H Eを通過させることと、をさらに含む、請求項1 2に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、液化天然ガス（L N G）製品を製造する方法およびシステムに関する。より具体的には、本発明は、フラッシュガスをL N G流から分離してL N G製品を製造し、冷却をフラッシュガスから回収する装置に関する。本発明はまた、装置を利用するL N G製品を製造する方法およびシステムに関する。

【0002】

天然ガスの液化は重要な工業プロセスである。L N Gの全世界の生産能力は、年間3億トン以上（M T P A）である。天然ガスを冷却する、液化する、および任意であるがサブクールする多くの液化システムがこの技術分野において周知である。

【0003】

代表的な液化システムでは、第1の天然ガス供給流は、主極低温熱交換器（M C H E）で、1種類以上の冷媒との間接熱交換により予冷される、液化される、および任意であるがサブクールされて第1のL N G流を生成する。次に、第1のL N G流は、第1のL N G流をフラッシュ蒸発させて第1のフラッシュ蒸発L N G流を生成することにより、さらに処理することができ、次に第1のフラッシュ蒸発L N G流を気液分離器（フラッシュドラム）に送給してL N G製品をフラッシュガスから分離する。

【0004】

分離されたフラッシュガスは、気液分離器から取り出され、フラッシュガス熱交換器の低温側で暖められて暖められたフラッシュガス流を生成することにより、冷却をフラッシュガスから回収して、冷却負荷をフラッシュガス熱交換器に与える。次に、暖められたフラッシュガス流を圧縮することができ、冷却することができ、再利用して天然ガス供給流に戻すことができる。第2の天然ガス供給流（例えば、第1の天然ガス供給流をM C H Eで液化する前に第1の天然ガス供給流から分離される）をフラッシュガス熱交換器で冷却して液化することにより第2のL N G流を生成することができ、第2のL N G流をフラッシュ蒸発させて、第1のフラッシュ蒸発L N G流と合流させることができる。あるいは、M C H Eの冷却回路により循環させる冷媒流のような別の種類の流れを、フラッシュガス熱交換器の高温側を通過させて、高温側で冷却することができる。

【0005】

先行技術による液化システムの共通の特徴は、気液分離器およびフラッシュガス熱交換器が、配管接続される別々のユニットであることである。年間約300万トンのL N Gを生産する代表的な地上式L N Gプラントでは、上に説明したような気液分離器およびフラッシュガス熱交換器の配置に必要とされる区画スペースは、約10×20フィート（約3.048m×6.096m）であり、約100～300フィート（約30.48m～91.44m）の絶縁配管が24インチ（60.96cm）～30インチ（76.2cm）の直径を有する。

【0006】

L N G産業における現在の傾向は、天然ガスを液化させるシステムを浮遊式プラットフォーム上に構築することを必要とする離岸距離の大きい沖合ガス田を開発することであり、このような応用例は、この技術分野において浮遊式L N G（F L N G）生産設備としても知られている。このようなL N Gプラントを設計して浮遊式プラットフォーム上で運転することは、非常に多くの課題を提起する。主な問題の1つは、このような浮遊式プラットフォームで利用可能なスペース量が限定されていることである。通常、F L N G生産設備に利用できる区画スペースは、従来の地上式L N Gプラントの約60%である。

【0007】

この産業における別の傾向は、ピークシェーピング施設の場合のような小規模の液化施設、または単一の大容量トレインの代わりに、より小さい容量の複数の液化トレインが使

10

20

30

40

50

用されるモジュール化された液化施設の開発である。

【 0 0 0 8 】

結果として、この技術分野では、F L N G 生産設備、ピークシェーピング施設、および利用可能な設置面積が従来の地上式 L N G 施設よりも小さい他のシナリオにおける使用に適する天然ガス液化方法およびシステムに対するニーズが高まっている。

【 発 明 の 概 要 】

【 0 0 0 9 】

本明細書において開示されるのは、L N G 製品を製造する方法およびシステムである。方法およびシステムは、フラッシュガスを液化天然ガス ( L N G ) 流から分離して L N G 製品を製造し、冷却をフラッシュガスから回収する装置を使用する。装置は、コイル熱交換器を構成する熱交換ゾーン、および分離ゾーンを取り囲むシェルケーシングを含む。熱交換ゾーンは、分離ゾーンの上方に位置して、分離ゾーンと流体連通している。フラッシュガスは、L N G 製品から分離ゾーンにおいて分離され、分離ゾーンから上方に流れて熱交換ゾーンに流れ込み、冷却は分離されたフラッシュガスから回収される。本発明の装置は、従来の地上式 L N G 施設に対応する先行技術による液化システムおよび方法よりも小さい設置面積を有するさらに小型でコスト効率の高い液化システムおよび方法を実現する。

10

【 0 0 1 0 】

本発明による装置、システム、および方法の幾つかの好適な態様について以下に概括する。

20

【 0 0 1 1 】

態様 1 : フラッシュガスを液化天然ガス ( L N G ) 流から分離して L N G 製品を製造し、分離されたフラッシュガスから冷却を回収する装置であって、装置は、熱交換ゾーンおよび分離ゾーンを取り囲むシェルケーシングを備え、熱交換ゾーンは、分離ゾーンの上方に位置して、分離ゾーンと流体連通しており、分離ゾーンは、フラッシュガスを L N G 製品から分離するように構成され、熱交換ゾーンは、分離されたフラッシュガスから冷却を回収するように構成されており、

熱交換ゾーンは、熱交換ゾーンの管側およびシェル側を画定する少なくとも 1 つのコイル管束を含み、管側は、第 1 流体流を冷却および / または液化する熱交換ゾーンを通過する 1 つ以上の通路を画定し、シェル側は、分離されたフラッシュガスを暖める熱交換ゾーンを通過する通路を画定し、

30

分離ゾーンは、L N G 製品から分離ゾーンにおいて分離されるフラッシュガスが、分離ゾーンから上方に流れて、熱交換ゾーンのシェル側に流れ込んでシェル側を通過するように構成され、

シェルケーシングは :

熱交換ゾーンの管側と流体流連通して、冷却および / または液化対象の第 1 流体流を導入する第 1 入口と、

熱交換ゾーンの管側と流体流連通して第 1 冷却流体流および / または液化流体流を引き出す第 1 出口と、

熱交換ゾーンのシェル側と流体流連通して暖められたフラッシュガス流を引き出す第 2 出口と、

40

分離ゾーンと流体流連通して分離対象のフラッシュガスを含む L N G 流を導入する第 2 入口と、

分離ゾーンと流体流連通して L N G 製品流を引き出す第 3 出口と、を有する、装置。

【 0 0 1 2 】

態様 2 : 熱交換ゾーンと分離ゾーンとの間に位置決めされるミストエリミネーターをさらに備える、態様 1 に記載の装置。

【 0 0 1 3 】

態様 3 : 熱交換ゾーンを取り囲むシェルケーシングの部分、および分離ゾーンを取り囲

50

むシェルケーシングの部分は、実質的に同じ直径を有する、態様 1 または 2 に記載の装置。

【 0 0 1 4 】

態様 4：分離ゾーンを取り囲むシェルケーシングの部分は、熱交換ゾーンを取り囲むシェルケーシングの部分よりも大きい直径を有する、態様 1 または 2 に記載の装置。

【 0 0 1 5 】

態様 5：分離ゾーンは、下方に流れる流体を上昇蒸気に接触させる 1 つ以上の物質移動装置を含み、第 2 入口は、物質移動装置のうち 1 つ以上の物質移動装置の上方に位置決めされる、いずれかの前の態様に記載の装置。

【 0 0 1 6 】

態様 6：装置は、L N G の一部を、分離ゾーンの底部側から再沸騰させて、分離ゾーンを通過して上方に流れる蒸気を生成するリボイラー熱交換器をさらに備える、いずれかの前の態様に記載の装置。

【 0 0 1 7 】

態様 7：分離ゾーンは、L N G を回収する回収ゾーン、および回収ゾーンの上方にあり、かつフラッシュガスを回収する熱交換ゾーンの下方にあるヘッドスペースゾーンを画定するシェルケーシングの中空部分である、態様 1 から 4 のいずれか一態様に記載の装置。

【 0 0 1 8 】

態様 8：熱交換ゾーンは、第 2 コイル管束の上方に位置する第 1 コイル管束を含み、当該両コイル管束は、熱交換ゾーンの管側およびシェル側を画定し、管側は、第 1 流体流を冷却および / または液化する熱交換ゾーンを通過する 1 つ以上の通路を画定し、シェル側は、分離されたフラッシュガスを暖める熱交換ゾーンを通過する通路を画定し、

第 1 コイル管束により画定される管側は、第 1 入口と流体流連通して、第 1 流体流を冷却および / または液化する少なくとも 1 つの通路を画定し、

シェルケーシングは、第 1 コイル管束の管側と流体流連通して第 1 流体流の冷却部分および / または液化部分を第 1 コイル管束から引き出す第 4 出口を有し

、  
第 2 コイル管束により画定される管側は、第 1 コイル管束の管側および第 1 出口と流体流連通して、第 1 コイル管束からの第 1 流体流の別の部分をさらに冷却および / または液化する少なくとも 1 つの通路を画定する、

いずれかの前の態様に記載の装置。

【 0 0 1 9 】

態様 9：シェルケーシングは、熱交換ゾーンのシェル側と流体流連通し、かつ第 2 出口の下方に位置して暖められたフラッシュガス流を、第 2 出口から引き出される暖められたフラッシュガス流よりも低い温度で部分的に引き出す第 4 出口を有する、態様 1 から 7 のいずれか一態様に記載の装置。

【 0 0 2 0 】

態様 10：液化天然ガス ( L N G ) 製品を製造するシステムであって、システムは：

天然ガス供給流を冷却および液化して L N G 流を生成する主極低温熱交換器 ( M C H E ) と、

M C H E と流体流連通して主冷媒を循環させて 1 つ以上の低温冷媒流を、M C H E を通過させて、天然ガス流を液化する冷却負荷を与える冷却回路であって、1 つ以上の低温冷媒流を M C H E において、天然ガス流との間接熱交換により暖める、冷却回路と、

M C H E と流体流連通して L N G 流の全部または一部の圧力を減圧して減圧 L N G 流を形成する第 1 減圧装置と、

第 1 減圧装置と流体流連通してフラッシュガスを減圧 L N G 流から分離して、分離されたフラッシュガスから冷却を回収して、L N G 製品流および暖められたフラッシュガス流を生成する態様 1 から 9 のいずれか一態様に記載の装置と、を備える、システム。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

態様 1 1 : 第 1 流体流は、熱交換ゾーンにおいて冷却および液化されて補助 LNG 流を生成する補助天然ガス供給流であり、システムは、補助 LNG 流の圧力を減圧するように構成され、態様 1 から 9 のいずれか一態様に記載の装置は、減圧された補助 LNG 流をさらに流入させ、フラッシュガスを減圧された補助 LNG 流から分離し、分離されたフラッシュガスから冷却を回収するように構成される、態様 1 0 に記載のシステム。

## 【 0 0 2 2 】

態様 1 2 : 冷却回路は、態様 1 から 9 のいずれか一態様に記載の装置と流体流連通し、第 1 流体流は、熱交換ゾーンにおいて冷却および / または液化されて冷却冷媒流および / または液化冷媒流となる冷媒流であり、冷却回路は、冷媒流を装置の第 1 入口に導入して、冷却冷媒流および / または液化冷媒流を装置の第 1 出口から引き出して、冷却冷媒流および / または液化冷媒流を、M C H E を通過させるように構成される、態様 1 0 に記載のシステム。

## 【 0 0 2 3 】

態様 1 3 : 液化天然ガス ( L N G ) 製品を製造する方法であって、方法は、態様 1 0 に記載のシステムを採用し、方法は :

- ( a ) 天然ガス供給流を、M C H E を通過させて、天然ガス供給流を M C H E において冷却および液化して LNG 流を生成することと、
- ( b ) LNG 流を M C H E から引き出して、L N G 流の全部または一部の圧力を減圧して減圧 LNG 流を形成することと、
- ( c ) 減圧 LNG 流を装置の分離ゾーンに導入してフラッシュガスを減圧 LNG 流から分離して LNG 製品流を生成することと、
- ( d ) 分離されたフラッシュガスから冷却を装置の熱交換ゾーンにおいて回収して、暖められたフラッシュガス流を生成することと、を含む、方法。

## 【 0 0 2 4 】

態様 1 4 : 第 1 流体流は、補助天然ガス供給流であり、ステップ ( d ) は、補助天然ガス供給流を熱交換ゾーンにおいて冷却および液化して、補助 LNG 流を生成することを含み、方法は、補助 LNG 流の圧力を減圧することと、減圧された補助 LNG 流を装置の分離ゾーンに導入して、フラッシュガスを減圧された補助 LNG 流から分離することと、冷却を、分離されたフラッシュガスから回収することと、をさらに含む、態様 1 3 に記載の方法。

## 【 0 0 2 5 】

態様 1 5 : 第 1 流体流は冷媒流であり、ステップ ( d ) は、冷媒流を装置の熱交換ゾーンにおいて冷却および / または液化して、冷却冷媒流および / または液化冷媒流とすることを含み、方法は、冷却冷媒流および / または液化冷媒流を装置から引き出すことと、冷却冷媒流および / または液化冷媒流を、M C H E を通過させることと、をさらに含む、態様 1 3 に記載の方法。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 6 】

【 図 1 】 図 1 は、先行技術による天然ガス液化方法およびシステムを示す模式フロー図である。

## 【 0 0 2 7 】

【 図 2 】 図 2 は、先行技術による天然ガス液化方法およびシステムを示す模式フロー図である。

## 【 0 0 2 8 】

【 図 3 】 図 3 は、先行技術による天然ガス液化方法およびシステムを示す模式フロー図である。

## 【 0 0 2 9 】

【 図 4 】 図 4 は、第 1 の実施形態によるフラッシュガスを液化天然ガス ( L N G ) 流から分離する装置を示す模式フロー図である。

【 0 0 3 0 】

【図 5】図 5 は、第 2 の実施形態によるフラッシュガスを液化天然ガス（LNG）流から分離する装置を示す模式フロー図である。

【 0 0 3 1 】

【図 6】図 6 は、第 3 の実施形態によるフラッシュガスを液化天然ガス（LNG）流から分離する装置を示す模式フロー図である。

【 0 0 3 2 】

【図 7】図 7 は、第 4 の実施形態によるフラッシュガスを液化天然ガス（LNG）流から分離する装置を示す模式フロー図である。

【 0 0 3 3 】

【図 8】図 8 は、第 5 の実施形態によるフラッシュガスを液化天然ガス（LNG）流から分離する装置を示す模式フロー図である。

【 0 0 3 4 】

【図 9】図 9 は、先行技術による天然ガス液化方法およびシステムを示す模式フロー図である。

【 0 0 3 5 】

【図 10】図 10 は、先行技術による天然ガス液化方法およびシステムを示す模式フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 6 】

本明細書に記載されているのは、フラッシュガスを液化天然ガス（LNG）流から分離して LNG 製品を製造し、冷却をフラッシュガスから回収する装置、および装置を利用する、LNG 製品を製造する方法およびシステムである。本発明の装置、方法、およびシステムは、浮遊式 LNG（FLNG）生産設備、ピークシェーピング施設、モジュール式液化施設、小規模施設、および / またはプラントに利用可能な設置面積により制限が液化システムのサイズに課される任意の他の応用例に特に適しており、かつ魅力的である。

【 0 0 3 7 】

本明細書において使用されるように、特に断りのない限り、冠詞「a」および「an」は、本明細書および特許請求の範囲に記載される本発明の実施形態における任意の特徴に適用されるとき「one or more（1つ以上）」を意味する。「a」および「an」の使用は、このような限定が具体的に述べられていない限り、意味を単一の特徴に限定しない。単数形または複数形の名詞または名詞句の前に来る冠詞「the」は、特定の指定された特徴または特定の指定された複数の特徴を指し、単数形または複数形が使用される文脈に応じて単数形または複数形の意味合いを持つことができる。

【 0 0 3 8 】

文字が、ある方法に関して列挙されるステップ（例えば、（a）、（b）、および（c））を特定するために本明細書で使用される場合、これらの文字は、方法ステップを指し易くするためにのみ使用され、このような順序が具体的に列挙されていない限り、かつこのような順序が具体的に列挙されている場合を除き、クレームされるステップが実行される特定の順序を指すことを意図していない。

【 0 0 3 9 】

方法またはシステムに関して列挙される特徴を特定するために本明細書で使用される場合、「first」、「second」、「third」などのような用語は、問題の特徴を指して区別し易くするためにのみ使用され、このような順序が具体的に列挙されている場合を除き、特徴の任意の特定の順序を指すことを意図していない。

【 0 0 4 0 】

図面の図に関連して本明細書に導入される参照番号は、1つ以上の後続の図で、説明を追加することなく本明細書において繰り返されて、他の特徴に関する前後関係を明らかにしている。これらの図では、他の実施形態の構成要素と同様の構成要素は、値 100 だけ増やした参照番号により表わされる。例えば、図 1 の実施形態に関連する気液分離器 12

10

20

30

40

50



0 は、図 2 の実施形態に関連する気液分離器 220 に対応している。このような構成要素は、本明細書中で特に断りのない限り、または特に明示されていない限り、同じ機能および特徴を有すると見なされるべきであり、したがってこのような構成要素に関する説明は、複数の実施形態について繰り返されることがない。

#### 【0041】

本明細書において使用されるように、「natural gas (天然ガス)」および「natural gas stream (天然ガス流)」という用語は、合成天然ガスおよび/または代替天然ガスを含むガスおよび流れも含む。天然ガスの主成分はメタン(メタンは通常、供給流の少なくとも 85 モル%、より多くの場合において、少なくとも 90 モル%、および平均で約 95 モル%を構成する)である。天然ガスはまた、エタン、プロパン、ブタン、ペンタンなどのような、より少量で、より重い他の炭化水素を含むことができる。生の天然ガスの他の代表的な成分は、窒素、ヘリウム、水素、二酸化炭素、および/または他の酸性ガス、ならびに水銀のような 1 種類以上の成分を含む。しかしながら、本発明に従って処理される天然ガス供給流は、水分、酸性ガス、水銀、および/またはより重い炭化水素のような任意の(比較的)高い凝固点成分のレベルを、天然ガスが液化および/またはサブクールされることになる熱交換器セクションまたは複数の熱交換器セクションにおける凍結または他の動作上の問題を回避するのに必要なレベルまで低減する必要がある場合に、かつ必要に応じて前処理されることになる。

#### 【0042】

本明細書において使用されるように、「refrigeration cycle (冷却サイクル)」という用語は、ステップを循環冷媒に対して行なって、冷却を別の流体に供給する一連のステップを指し、「refrigeration circuit (冷却回路)」という用語は、冷媒が循環する一連の接続装置を指し、冷却サイクルの前述のステップを実行する一連の接続装置を指している。通常、冷却サイクルは、1 つ以上の高温冷媒流を圧縮して圧縮冷媒を形成することと、圧縮冷媒を冷却することと、冷却圧縮冷媒を膨張させて 1 つ以上の膨張低温冷媒流を、1 つ以上の熱交換器セクションにおいて形成して所望の冷却を供給することと、を含む。圧縮は、1 つ以上の圧縮機/圧縮段で行なうことができる。冷却は、1 つ以上のインタークーラーおよび/またはアフタークーラーにおいて、および/または膨張低温冷媒が暖められる 1 つ以上の熱交換器セクションにおいて行なうことができる。膨張は、1 つ以上のターボエキパンダーおよび/または J-Tバルブのような任意の適切な形態の減圧装置で行なうことができる。

#### 【0043】

本明細書において使用されるように、「mixed refrigerant (混合冷媒)」という用語は、特に断らない限り、メタンと、1 種類以上の重質成分および/または軽質成分と、を含む組成物を指している。「heavier component (重質成分)」という用語は、メタンよりも低い揮発性(すなわち、より高い沸点)を有する混合冷媒の成分を指している。「lighter component (軽質成分)」という用語は、メタンと同じ、またはより高い揮発性(すなわち、同じ沸点、またはより低い沸点)を有する成分を指している。代表的な重質成分は、これらに限定されないが、エタン/エチレン、プロパン、ブタン、およびペンタンのような重質炭化水素を含む。さらに別の、または別の重質成分は、ヒドロフルオロカーボン(HFC)を含むことができる。窒素も混合冷媒中に含まれることが多く、さらに別の例示的な軽質成分を構成する。

#### 【0044】

本明細書において使用されるように、「heat exchanger section (熱交換器セクション)」という用語は、間接熱交換が、1 つ以上の相対的に冷たい流体(冷媒のような)流と 1 つ以上の相対的に暖かい他の流体流との間で行なわれて、各流体流が熱交換器セクションを通過するときに相対的に冷たい流体流(群)が暖められ、相対的に暖かい流体流(群)が冷却されるユニットまたはユニットの一部を指している。

#### 【0045】

本明細書において使用されるように、「main cryogenic heat e

10

20

30

40

50

x c h a n g e r (主極低温熱交換器)」という用語は、主天然ガス供給流が液化される1つ以上の熱交換器セクションを含む熱交換器ユニットを指している。

【0046】

本明細書において使用されるように、「h e a t e x c h a n g e z o n e (熱交換ゾーン)」という用語は、間接熱交換が、2つ以上の流体流の間で行なわれているゾーンを指している。

【0047】

本明細書において使用されるように、「s e p a r a t i o n z o n e (分離ゾーン)」という用語は、気液混合物の分離が行なわれているゾーンを指している。分離ゾーンは、LNGを回収するシェルケーシングの底部にある回収ゾーンと、回収ゾーンの上方にあり、かつフラッシュガスを回収する熱交換ゾーンの下方面にあるヘッドスペースゾーンと、を画定する、装置のシェルケーシングの底部中空部分とすることができる。あるいは、分離ゾーンは、下方に流れる流体を上方に上昇蒸気と接触させる1つ以上の物質移動装置を含むことができる。1つ以上の物質移動装置は、例えばランダム充填層、構造化充填物、および/または1つ以上のプレートまたはトレイのようなこの技術分野で知られている任意の適切な装置とすることができる。

【0048】

本明細書において使用されるように、「i n d i r e c t h e a t e x c h a n g e (間接熱交換)」という用語は、2つの流体が所定の形態の物理的障壁により互いに分離された状態に保たれる2つの流体間の熱交換を指している。

【0049】

本明細書において使用される「f l u i d f l o w c o m m u n i c a t i o n (流体流連通)」という用語は、液体、蒸気、および/または二相混合物を、構成要素間を制御された態様で(すなわち、漏れが生じることなく)直接または間接的に移動させることができる2つ以上の構成要素間の接続性を指している。2つ以上の構成要素を、これらの構成要素が互いに流体流連通するように接続することは、溶接部、フランジ付き導管、ガスケット、およびボルトを使用する場合のような、この技術分野で知られている任意の適切な方法を含むことができる。2つ以上の構成要素は、これらの構成要素を分離することができるシステムの他の構成要素を介して、例えば流体流を選択的に制限または誘導することができるバルブ、ゲート、または他の装置を介して互いに接続することもできる。

【0050】

本明細書において使用されるように、「c o i l w o u n d h e a t e x c h a n g e r (コイル熱交換器)」という用語は、シェルケーシング内に封入される1つ以上のコイル管束を含む、この技術分野で知られている種類の熱交換器を指しており、各管束は、当該管束固有のシェルケーシングを有することができる、または2つ以上の管束は、共通のシェルケーシングを共有することができる。各管束は「c o i l w o u n d h e a t e x c h a n g e r s e c t i o n (コイル熱交換器セクション)」を表わすことができ、当該束の管側は通常、セクションの高温側を表わし、かつ当該セクションを通過する1つ以上の通路を画定し、当該束のシェル側は通常、当該セクションを通過する1つの通路を画定するセクションの低温側を表わしている。

【0051】

「b u n d l e (束)」、「t u b e b u n d l e (管束)」、および「c o i l w o u n d t u b e b u n d l e (コイル管束)」という用語は、本出願内で同じ意味に使用され、同義語であるものとする。

【0052】

本明細書において使用されるように、熱交換器セクションの一部を指すために使用される「w a r m s i d e (高温側)」という用語は、熱交換器セクションの低温側を通過して流れる流体との間接熱交換により冷却されることになる1つ以上の流体流が通過する熱交換器の側を指している。高温側は、単一の流体流が流れ込む熱交換器セクションを通過する単一の通路、または流体が熱交換器セクションを通過するときに互いに分離された

10

20

30

40

50

状態に保たれる同じ流体、もしくは異なる流体からなる複数の流体流が流れ込む熱交換器セクションを通過する1つよりも多くの通路を画定することができる。

【0053】

本明細書において使用されるように、熱交換器セクションの一部を指すために使用される「cold side（低温側）」という用語は、熱交換器セクションの高温側を通過して流れる流体との間接熱交換により暖められることになる1つ以上の流体流が通過する熱交換器の側を指している。低温側は、単一の流体流が流れ込む単一の通路、または流体が熱交換器セクションを通過するときに互いに分離された状態に保たれる複数の流体流が流れ込む1つよりも多くの通路を含むことができる。

【0054】

本明細書において使用されるように、「flashing（フラッシュ蒸発させる）」（この技術分野では「flash evaporating（フラッシュ蒸発）」とも表記される）という用語は、液体流または二相（すなわち、気液）流の圧力を減圧して、当該流れを部分的に蒸発させるプロセスを指し、これにより、圧力および温度が低下した二相流である「フラッシュ蒸発」流が生成される。フラッシュ蒸発流に含まれる蒸気（すなわち、ガス）は、本明細書では「flash gas（フラッシュガス）」と表記される。液体流または二相流は、当該流れを、当該流れの圧力を減圧することにより当該流れを部分的に蒸発させるのに適する任意の減圧装置、例えばJ-Tバルブまたは油圧タービン（または、他の作動膨張弁）を通過させることによりフラッシュ蒸発させることができる。

【0055】

本明細書において使用されるように、「J-T」バルブまたは「Joule-Thomson valve（ジュール-トムソンバルブ）」という用語は、バルブで、かつバルブを通過するように、流体の流れを調整することにより流体の圧力および温度をジュール-トムソン膨張により下げる当該バルブを指している。

【0056】

本明細書において使用されるように、「vapor-liquid separator（気液分離器）」という用語は、これらには限定されないが、フラッシュドラムまたはロックアウトドラムのような容器を指しており、容器の内部に、二相流を導入して、当該流れを、当該流れを構成する気相および液相に分離することにより、気相が容器の上部に回収され、気相を容器の上部から引き出すことができ、液相が容器の下部に回収され、液相を容器の下部から引き出すことができる。容器の上部に回収される蒸気は、本明細書では「overheads（オーバーヘッド）」または「vapor overhead（オーバーヘッド蒸気）」とも表記され、容器の下部に回収される液体は、本明細書では「bottoms（ボトム）」または「bottom liquid（ボトム液体）」とも表記される。J-Tバルブが液相流または二相流をフラッシュ蒸発させるために使用され、気液分離器（例えば、フラッシュドラム）が、結果として生じるフラッシュガスおよび液体を分離するために使用されている場合、バルブおよび分離器を組み合わせることで単体装置とすることができ、例えばバルブが分離器の入口に配置され、入口を介して液相流または二相流が導入される単体装置とすることができ。

【0057】

本明細書において使用されるように、「mist eliminator（ミストエリミネーター）」という用語は、付随液滴またはミストを蒸気流から取り出す装置を指している。ミストエリミネーターは、これらには限定されないが、メッシュパッドエリミネーターまたはベーンタイプのミストエリミネーターを含む、この技術分野において公知の任意の適切な装置とすることができ。

【0058】

次に、図1を参照すると、先行技術による天然ガス液化方法およびシステムが示されている。生の天然ガス供給流150は、任意であるが、前処理システム160において前処理されて、水銀、水、酸性ガス、および重炭化水素のような不純物を除去して、前処理さ

10

20

30

40

50

れた天然ガス供給流 151 を生成し、この天然ガス供給流 151 を任意であるが、予冷システム 161 において予冷することにより、天然ガス供給流 152 (本明細書では、主天然ガス供給流とも表記される) を生成することができる。

【0059】

次に、天然ガス供給流 152 を主極低温熱交換器 (MCH E) 162 の高温側で予冷し、液化し、サブクールして第 1 の LNG 流 100 を生成する。MCH E 162 は、図 1 に示すようなコイル熱交換器とすることができる、または MCH E 162 は、プレートアンドフィン熱交換器もしくはシェルアンドチューブ熱交換器のような別の種類の熱交換器、または当業者に知られている任意の他の適切な種類の熱交換器とすることができる。MCH E 162 は、1 つのセクションまたは複数のセクションにより構成されていてもよい。これらのセクションは、同じ種類または異なる種類とすることができ、別々のケーシングまたは単一のケーシングに収容されるようにしてもよい。MCH E 162 がコイル熱交換器である場合、セクション群は、熱交換器の管束とすることができる。

【0060】

図 1 に示す MCH E 162 は、3 つの熱交換器セクション、すなわち MCH E 162 の高温側に位置する第 1 熱交換器セクション 162 A (本明細書では、高温セクションとも表記される) であって、天然ガス供給流 152 が予冷されて予冷天然ガス流 153 を生成する、第 1 熱交換器セクション 162 A と、MCH E 162 の中央に位置する第 2 熱交換器セクション 162 B (本明細書では、中央セクションとも表記される) であって、第 1 セクション 162 A からの予冷天然ガス流 153 がさらに冷却および液化される、第 2 熱交換器セクション 162 B と、MCH E 162 の低温側 (本明細書では低温セクションとも表記される) にある第 3 熱交換器部 162 C (本明細書では、低温セクションとも表記される) であって、第 2 セクション 162 B からの LNG 流がサブクールされてサブクール LNG 流 100 を生成する、第 3 熱交換器部 162 C と、を有する。次に、MCH E 162 の低温セクション 162 C から流出するサブクール LNG 流 100 は、当該流れを、第 1 減圧装置 110 (例えば、J-Tバルブ) を通過させることによりフラッシュ蒸発させて、減圧 LNG 流 101 (本明細書では、フラッシュ蒸発 LNG 流、またはフラッシュ蒸発主 LNG 流とも表記される) を生成する。

【0061】

天然ガス供給流 152 は、MCH E 162 において、MCH E の低温側を通過して流れる低温蒸発冷媒または蒸発混合冷媒との間接熱交換により、予冷され、液化され、サブクールされる。

【0062】

MCH E 162 の冷却は、MCH E 162 のセクション 162 A ~ 162 C を含む冷却回路; 圧縮機 / 圧縮段 164、167、および 171、インタークーラー 165 および 168、ならびにアフタークーラー 172 を含む圧縮機トレイン; 相分離器 173; および J-Tバルブ 174 および 175 を循環する冷媒により供給される。この技術分野で周知のように、冷媒は通常、炭化水素 (主にメタン) および窒素の混合物を含む混合冷媒 (MR) である。

【0063】

図 1 を参照すると、高温ガス混合冷媒流 141 は MCH E 162 から引き出され、設計外の動作が一時的に行なわれている間に当該冷媒流中に含まれる液体は、第 1 ノックアウトドラム 163 において必ず除去することができる。次に、オーバーヘッド高温ガス冷媒流 142 を第 1 圧縮機 164 において圧縮して、第 1 圧縮冷媒流 143 を生成し、周囲空気または冷却水に対して第 1 インタークーラー 165 において冷却して第 1 冷却圧縮冷媒流 144 を生成する。設計外の動作が一時的に行なわれている間に第 1 冷却圧縮冷媒流 144 中に含まれる液体は、第 2 ノックアウトドラム 166 において必ず除去される。第 1 オーバーヘッド冷却圧縮冷媒流 145 は、第 2 圧縮機 167 においてさらに圧縮されて第 2 圧縮冷媒流 146 を生成し、周囲空気または冷却水に対して第 2 インタークーラー 168 において冷却されて第 2 冷却圧縮冷媒流 147 を生成する。設計外の動作が一時的に行

なわれている間に第2冷却圧縮冷媒流147中に含まれる液体は、第3ノックアウトドラム169において必ず除去される。第2オーバーヘッド冷却圧縮冷媒流148は、第3圧縮機171においてさらに圧縮されて第3圧縮混合冷媒流149を生成し、周囲空気または冷却水に対してアフタークーラー172において冷却されて第3冷却圧縮冷媒流153を生成する。

【0064】

第3冷却圧縮冷媒流153は予冷システム161に導入され、第3冷却圧縮冷媒流153が冷却されて二相冷媒流154を生成する。予冷システムは、例えばプロパン冷却サイクルのような、この技術分野で知られている任意の適切な冷媒回路/サイクルを使用することができる。二相冷媒流154は相分離器173に導入され、二相冷媒流154が、混合冷媒蒸気(MRV)流155および混合冷媒液(MRL)流156に分離される。

10

【0065】

MRL流156は、MCH E 162の高温セクション162Aおよび中央セクション162Bの高温側を、天然ガス供給流152が通過する通路とは別の高温側の通路を介して通過して、MCH E 162において冷却され、次に、J-Tバルブ174を通過して膨張することにより、MCH E 162の低温側に導入される低温冷媒流157を形成し、中央セクション162Bおよび高温セクション162Aの低温側を通過して流れる低温蒸発冷媒または蒸発混合冷媒となる。

【0066】

MRV流155は、MCH E 162の高温セクション162A、中央セクション162B、および低温セクション162Cの高温側を、天然ガス供給流152が通過する通路、およびMLR流156が通過する通路とは別の高温側の通路を介して通過して、冷却され、少なくとも部分的に液化され、次に、膨張装置175を通過して膨張することにより、MCH E 162の低温側に導入される低温冷媒流159を形成し、低温セクション162C、中央セクション162B、および高温セクション162Cの低温側を通過して流れる低温蒸発冷媒または蒸発混合冷媒となる。

20

【0067】

天然ガス供給流152がMCH E 162において液化される前に、天然ガス供給流152から分流された補助天然ガス供給流105は、フラッシュガス熱交換器130において冷却および液化されて補助LNG流106を生成し、補助LNG流106は、当該流れを、第2減圧装置170を通過させることによりフラッシュ蒸発させてフラッシュ蒸発補助LNG供給流111を生成し、次に、フラッシュ補助LNG供給流111をフラッシュ蒸発主LNG流101と混合させて混合LNG流112を生成する。

30

【0068】

混合LNG流112は気液分離器120に送給され、混合LNG流112が、フラッシュガスおよびLNG製品に分離される。分離されたフラッシュガスは、気液分離器120からフラッシュガス流103として取り出され、フラッシュガス熱交換器130に導入され、分離されたフラッシュガスが暖められて、暖められたフラッシュガス流104を生成することにより、冷却負荷をフラッシュガス熱交換器130に与える。フラッシュガス熱交換器130から流出する暖められたフラッシュガス流104は、圧縮および冷却されて圧縮フラッシュガス流を生成し、圧縮フラッシュガス流を再利用するために天然ガス供給流152(図示せず)に戻す。補助天然ガス供給流105をフラッシュガス熱交換器130においてフラッシュガス流103との間接熱交換により冷却および液化することにより、冷却をフラッシュガス流103から回収することができる。

40

【0069】

気液分離器120からの塔底流は、LNG製品流102として取り出され、LNG製品流102は(図示の通り)第3減圧装置180において減圧されて、LNG貯留タンク140に送給される減圧LNG製品流115を生成する。LNG貯蔵タンク内で生成される、またはLNG貯蔵タンクに含まれるボイルオフガス(または、別のフラッシュガス)は、タンクからボイルオフガス(BOG)流116として必ず取り出され、ボイルオフガス

50

流 1 1 6 は、プラント内で燃料として使用することができるか、または燃焼させることができる、もしくはフラッシュガス流 1 0 3 と混合させて、引き続き再利用するために供給部（図示せず）に戻すことができる。

【 0 0 7 0 】

図 2 は、図 1 に示す配置に代わる先行技術による別の配置を示している。図 2 では、補助天然ガス供給流を冷却および液化するのではなく、フラッシュガス熱交換器 2 3 0 を使用して冷媒流を冷却し、次に冷媒流を膨張させて M C H E 2 6 2 の低温側に導入する。図示の実施形態では、M R V 流は 2 つの部分に分流される。第 1 主要部分は、前述したように、流れ 2 5 2 として M C H E 2 6 2 の高温側を通過し、次に膨張装置 2 7 5 を通過して膨張することにより低温冷媒流 2 5 9 を形成し、次に低温冷媒流 2 5 9 を M C H E 2 6 2 の低温側に導入して、M C H E 2 6 2 の低温側を通過して流れる低温蒸発冷媒または蒸発冷媒となる。M R V 流の小さい方の第 2 部分は、流れ 2 0 5 として、フラッシュガス熱交換器 2 3 0 を通過し、フラッシュガス熱交換器 2 3 0 において冷却され、少なくとも部分的に液化されて、冷却冷媒流 2 0 6 を形成する。次に、冷却冷媒流 2 0 6 は膨張装置 2 7 0 を通過して低温冷媒流 2 1 1 を生成し、低温冷媒流 2 1 1 は、低温冷媒流 2 1 1 を M C H E 2 6 2 の低温側に導入する前に流れ 2 5 9 と合流させる。

【 0 0 7 1 】

図 3 は、図 1 に示す配置とはさらに別の先行技術による配置を示している。図 3 に示す配置では、L N G 製品流（図 1 の 1 0 2 に対応する）の減圧は、2 ステッププロセスであり、ヘリウムで凝縮させた流れを回収するために有用である。この場合、M C H E 3 6 2 から流出する L N G 流 3 0 0 は、第 1 減圧装置 3 1 0 により、約 2 ~ 7 b a r a（約 1 5 0 0 ~ 5 2 5 0 m m H g）の中間圧力まで減圧されて、フラッシュ蒸発 L N G 流 3 0 1 を形成する。

【 0 0 7 2 】

補助天然ガス供給流 3 0 5 はフラッシュガス熱交換器 3 3 0 において冷却および液化されて補助 L N G 流 3 0 6 を生成し、補助 L N G 流 3 0 6 は、当該流れを、第 2 減圧装置 3 7 0 を通過させることにより減圧されてフラッシュ蒸発補助 L N G 流 3 1 1 を、フラッシュ蒸発主 L N G 流 3 0 1 と同じ圧力で生成し、補助 L N G 流 3 0 6 をフラッシュ蒸発主 L N G 流 3 0 1 と混合させて、混合 L N G 流 3 1 2 を生成する。

【 0 0 7 3 】

次に、混合 L N G 流 3 1 2 を気液分離器 3 2 2 に導入し、気液分離器 3 2 2 が、混合 L N G 流 3 1 2 を低压気液分離器 3 2 0 に送給される L N G 流 3 1 3、およびヘリウムで凝縮させた低温フラッシュガス流 3 0 7 に分離する。主 L N G 流および補助 L N G 流が減圧される中間圧力は、ほんのわずかな蒸気（通常、混合 L N G 流 3 1 2 の 1 モル % 未満）しか得られず、ヘリウムをフラッシュガス流 3 0 7 中で凝縮させるように選択される。L N G 流 3 1 3 は、当該流れを、第 3 減圧装置 3 9 0 を通過させることにより、約 1 b a r a（約 7 5 0 m m H g）の中間圧力まで減圧して、フラッシュ蒸発 L N G 流 3 1 4 を形成する。次に、フラッシュ蒸発 L N G 流 3 1 4 を低压気液分離器 3 2 0 に導入し、低压気液分離器 3 2 0 が、当該流れを、L N G 製品流 3 0 2 および低温フラッシュガス流 3 0 3 に分離する。L N G 製品流 3 0 2 は、（図示の通り）第 4 減圧装置 3 8 0 において減圧されて、L N G 貯蔵タンク 3 4 0 に送給される減圧 L N G 製品流 3 1 5 を生成する。L N G 貯蔵タンク内で生成される、または L N G 貯蔵タンクに含まれるボイルオフガス（または、別のフラッシュガス）は、タンクからボイルオフガス（B O G）流 3 1 6 として取り出され、ボイルオフガス流 3 1 6 は、燃料としてプラント内で使用することができるか、または燃焼させることができる、もしくはフラッシュガス流 3 0 3 と混合させることができ、引き続き、再利用するために供給部（図示せず）に戻すことができる。

【 0 0 7 4 】

次に、フラッシュガス流 3 0 7 および 3 0 3 は、フラッシュガス熱交換器 3 3 0 の低温側の別々の通路で暖められる。補助天然ガス供給流 3 0 5 をフラッシュガス熱交換器 3 3 0 においてフラッシュガス流との間接熱交換により冷却および液化することにより、冷却

10

20

30

40

50

をフラッシュガス流 307 および 303 から回収することができる。

【0075】

図9は、窒素を含有する天然ガスを液化するために使用される先行技術による配置を示している。市販のLNGの代表的な仕様は、窒素含有量が1モル%未満であるが、多くの天然ガス供給原料は、より高い窒素含有量を有する。図9のシステムは、LNG製品の窒素含有量を減らすためにストリッピング塔920の形態の分離器を採用する。MCH E 962からの主LNG流900は、リボイラー965において、さらに冷却されて、再沸騰負荷をストリッピング塔920の底部に与える。次に、LNG流を任意の水力タービン964内で膨張させ、続いて第1減圧装置（例えば、J-Tバルブ）910により減圧LNG流901を生成し、次に減圧LNG流901をストリッピング塔920の頂部に、約10  
10  
b a r a（約750mmHg）の圧力で導入する。塔の内部には、蒸留トレイまたは包装部があり、塔を下方に流れるLNGは、リボイラー965により生成される上昇蒸気によって窒素が欠乏するようになる。ストリッピング塔920の頂部から出て行くフラッシュガス流903は、窒素を多く含み、塔の内部への全LNG供給流の約5～20%を占める。次に、フラッシュガス流903は、フラッシュガス熱交換器930において、図1と同様に補助天然ガス流905（図示のような）のような流体流に対して、あるいは図2と同様に、冷媒流（図示せず）に対して暖められる。

【0076】

図1、図2、図3、および図9に示す先行技術による配置の不具合は、気液分離器120/220/320/920およびフラッシュガス熱交換器130/230/330/9  
20  
30が配管接続される別々の容器であることである。別々の容器の使用は、大きな区画面積を必要とし、これは区画面積が限られているFLNG生産設備には望ましくない。さらに、ライン103/203/303/903に生じる圧力降下により、流れ104/204/304/904を圧縮して、当該流れをプラント用燃料として使用するために必要な、または当該流れを再利用するために天然ガス供給流に戻すために必要な動力を著しく増加させる。

【0077】

図10は、先行技術による別の配置を示している。この配置では、天然ガスは、ガスエキスパンダー冷却（または、Brayton（ブレイトン））サイクルを使用して液化され、一連のフラッシュステップでさらに冷却される。供給ガス流1000は、3つの天然  
30  
ガス流1002、1010、および1016に分流される。最大の流れであり、全供給原料の約2/3を占める主天然ガス流1016は、再利用フラッシュガス1028と混合され、次にMCH E 1018に送給され、主天然ガス流1016が、ガス冷媒との間接熱交換により液化されて主LNG流1020を生成する。次に、主LNG流1020を減圧装置において約8b a r a（約6000mmHg）まで減圧し、気液分離器1014に送給し、主LNG流1020がフラッシュガス流1024およびLNG流1022に分離される。次に、気液分離器からのLNG流1022は、別の減圧装置において約1b a r a（約750mmHg）まで減圧され、次に気液分離器1006に送給されてLNG製品流1008および別のフラッシュガス流1026を形成する。得られたフラッシュガス流1024および1026は、フラッシュガス熱交換器1012および1004のそれぞれにお  
40  
いて、補助天然ガス流1002および1010を冷却および液化しながら暖められる。次に、暖められたフラッシュガス流は、供給圧力に圧縮され、アフタークーラーにおいて冷却されて再利用フラッシュガス流1028を形成する。

【0078】

フラッシュガス熱交換器1004および1012はそれぞれ、高温セクション（例えば、熱交換器がコイル熱交換器である場合の高温管束）および低温セクション（例えば、低温管束）を含む。補助天然ガス流1002および1010は、フラッシュガス熱交換器1004および1012それぞれの高温セクションにおいて冷却される。冷却後、各流れ（1030および1032）の微小部分（約20%）が、各フラッシュガス熱交換器から引き出され、MCH Eにおいて主天然ガス流と合流する。これらの流れを取り出すことによ  
50

り、フラッシュ熱交換器の冷却曲線が改善される。補助天然ガス流の残りの部分は、フラッシュガス熱交換器 1 0 0 4 および 1 0 1 2 の低温セクションにおいて、さらに冷却および液化され、減圧装置において減圧され、次に気液分離器 1 0 0 6 および 1 0 0 4 にそれぞれ導入される。

#### 【 0 0 7 9 】

図 4 は、例えば気液分離器 1 2 0 / 2 2 0 ; フラッシュガス熱交換器 1 3 0 / 2 3 0、および関連する配管の代わりに図 1 または図 2 の先行技術による配置に使用することができる、本発明による装置の第 1 の例示的な実施形態を示している。装置は、熱交換ゾーン 4 3 0 および分離ゾーン 4 2 0 を取り囲むシェルケーシング 4 2 5 を含む。したがって、本発明は、ライン 1 0 3 / 2 0 3 およびラインに関連する圧力降下を無くしながら、図 1 / 図 2 の気液分離ドラム 1 2 0 / 2 2 0 およびフラッシュガス熱交換器 1 3 0 / 2 3 0 の機能を組み合わせて単一の小型容器に組み込んでいるので有利である。

#### 【 0 0 8 0 】

熱交換ゾーン 4 3 0 は、分離ゾーン 4 2 0 の上方に位置して分離ゾーン 4 2 0 と流体連通している。熱交換ゾーン 4 3 0 を取り囲むシェルケーシング 4 2 5 の部分および分離ゾーン 4 2 0 を取り囲むシェルケーシング 4 2 5 の部分は、実質的に同じ直径を有する。分離ゾーン 4 2 0 は、フラッシュガスを LNG 製品から分離するように構成され、熱交換ゾーン 4 3 0 は、冷却を、分離されたフラッシュガスから回収するように構成される。図 4 に示す実施形態では、分離ゾーン 4 2 0 は、シェルケーシング 4 2 5 の底部中空部分であり、LNG を回収する回収ゾーン 4 2 1 および回収ゾーン 4 2 1 の上方にあり、かつフラッシュガスを回収する熱交換ゾーン 4 3 0 の下方にあるヘッドスペースゾーン 4 2 2 を画定する。熱交換ゾーン 4 3 0 は、管束の管の内側の管側 4 3 2 を画定する少なくとも 1 つのコイル管束と、管束の管の外側表面とシェルケーシング 4 2 5 の内壁との間のシェル側 4 3 3 と、を含む。

#### 【 0 0 8 1 】

例えば、図 1 / 図 2 の LNG 流 1 0 0 または 2 0 0 のような M C H E ( 図示せず ) から流出する LNG 流 4 0 0 は、第 1 減圧装置 4 1 0 ( 例えば J - T バルブ ) において減圧されて減圧 LNG 流 4 0 1 を生成する ( 本明細書では、「 f l a s h e d m a i n L N G s t r e a m ( フラッシュ蒸発主 LNG 流 ) 」とも表記される ) 。

#### 【 0 0 8 2 】

図 4 の 1 つの実施形態では、補助天然ガス供給流 4 0 5 A ( 例えば、図 1 の流れ 1 0 5 のような ) は、熱交換ゾーン 4 3 0 に熱交換ゾーン 4 3 0 の上部にある第 1 入口 4 3 5 を介して導入され、補助天然ガス供給流 4 0 5 A が熱交換ゾーン 4 3 0 の管側 4 3 2 で冷却および液化されて、補助 LNG 流 4 0 6 A を生成し、補助 LNG 流 4 0 6 A は、熱交換ゾーン 4 3 0 から熱交換ゾーン 4 3 0 の底部に位置する第 1 出口 4 3 6 を介して取り出される。補助 LNG 流 4 0 6 A は、第 2 減圧装置 4 7 0 において減圧されてフラッシュ蒸発補助 LNG 流 4 1 1 を生成し、フラッシュ蒸発補助 LNG 流はフラッシュ蒸発主 LNG 流 4 0 1 と混合されて混合 LNG 流 4 1 2 を生成する。あるいは、補助 LNG 流 4 0 6 A を主 LNG 流 4 0 0 と合流させて混合流を形成し、次に混合流をフラッシュ蒸発させて混合 LNG 流 4 1 2 を形成する。

#### 【 0 0 8 3 】

混合 LNG 流 4 1 2 は、分離ゾーン 4 2 0 に第 2 入口 4 2 3 を介して導入され、LNG 製品がフラッシュガスから分離される。LNG 製品は、分離ゾーン 4 2 0 の底部にある回収ゾーン 4 2 1 に回収され、LNG 製品が、分離ゾーン 4 2 0 から第 3 出口 4 2 4 を介して LNG 製品流 4 0 2 として取り出される。ヘッドスペースゾーン 4 2 2 に回収される分離されたフラッシュガス流は、任意のミストエリミネーター 4 2 6 を通過して付随液滴を除去し、次に熱交換ゾーン 4 3 0 のシェル側 4 3 3 で暖められて暖められたフラッシュガス流 4 0 4 を生成することにより、冷却負荷を熱交換ゾーン 4 3 0 に与える。暖められたフラッシュガス流 4 0 4 は、熱交換ゾーン 4 3 0 から、熱交換ゾーン 4 3 0 の上部に位置する第 3 出口 4 3 4 を介して取り出され、任意であるが、圧縮および冷却されて圧縮フラ



ッシュガス流を生成し、圧縮フラッシュガス流を再利用するために天然ガス供給流中に戻すか、または燃料ガス（図示せず）に使用する。補助天然ガス供給流 405A を熱交換ゾーン 430 の管側 432 で、分離されたフラッシュガスとの間接熱交換により冷却および液化することにより、分離されたフラッシュガスから冷却を回収することができる。

【0084】

別の実施形態では、先行技術の図 2 と同様に、補助天然ガス供給流 405A を冷却および液化してフラッシュガス流 403 を暖めるのではなく、熱交換ゾーン 430 を代わりに使用して、冷媒流 405B を冷却することにより、冷却冷媒および/または液化冷媒 406 を生成することができる。冷媒流 405B（例えば、図 2 に関して説明した M R V 流の一部 205）は、第 1 入口 435 を介して熱交換ゾーン 430 の管側 432 に導入され、冷媒流 405B が、冷却されて冷却冷媒流 406B となり、冷却冷媒流 406B は、第 1 出口 426 を介して引き出される（および、冷却冷媒流 406B は、例えば次に、図 2 に関して説明した通りにさらに使用することができる）。

【0085】

図 5 は、本発明による装置のさらなる実施形態、および図 4 の変形例を示している。この実施形態では、分離ゾーン 520 を取り囲むシェルケーシングセクションは、熱交換ゾーン 530 を取り囲むシェルケーシングセクションよりも広い直径を有する。この配置は、熱交換ゾーンの最適直径が、分離ゾーン内での効率的な気液分離に必要な分離ゾーンの最小直径よりも大幅に小さい場合に好ましい。

【0086】

図 6 は、図 9 の先行技術による配置に適用される本発明による装置の実施形態を示している。この実施形態では、分離ゾーン 620 は、例えば複数のプレートまたは蒸留トレイ 619（図示の通りの）のような 1 つ以上の物質移動装置を含む。L N G 流 600（例えば、図 9 の L N G 流 900 のような）はリボイラー 616 において冷却されて冷却 L N G 流 613 を生成する。冷却 L N G 流 613 は、任意のターボエキパンダー 614 において膨張させ、当該流れを、減圧装置 615 を通過させることによりさらに減圧されて減圧 L N G 流 617 を生成する。減圧 L N G 流 617 は、分離ゾーン 620 に、1 つ以上の物質移動装置の上方の分離ゾーン 620 の上部に位置する第 1 入口 623 を介して導入され、任意の分流器 618 を通過する。分離ゾーン 620 を通過して下方に流れる L N G は、リボイラー 615 により生成される上昇蒸気に接触させる。分離されたフラッシュガス流は、任意のミストエリミネーターを通過して付随液滴（図示せず）を除去し、次に図 9 と同様に、熱交換ゾーン 630 のシェル側 633 で補助天然ガス流 605A のような流体流に対して暖められる、あるいは、図 2 と同様に、冷媒流 605B に対して暖められて、暖められたフラッシュガス流 604を生成することにより、冷却負荷を熱交換ゾーン 630 に与える。暖められたフラッシュガス 604は、熱交換ゾーン 630 から、熱交換ゾーン 630 の上部に位置する第 3 出口 634 を介して引き出され、例えば圧縮されて燃料ガス（図示せず）に使用されるように、任意の適切な目的に使用することができる。

【0087】

図 7 は、例えばフラッシュガス熱交換器 330、気液分離器 322、低圧気液分離器 320、および関連する配管の代わりに、図 3 の先行技術による配置に使用することができる本発明による装置の実施形態を示している。装置は、熱交換ゾーン 730、高圧分離ゾーン 722、および低圧分離ゾーン 720 を取り囲むシェルケーシング 725 を含み、2 つの分離ゾーンは皿状圧力容器ヘッド 721 により分離されている。熱交換ゾーン 730 は、第 1 コイル管束 731A および第 2 コイル管束 731B を含む。

【0088】

L N G 流 700（例えば、図 3 の L N G 流 300 のような）は、当該流れを、第 1 減圧装置 710 を通過させることにより減圧されてフラッシュ蒸発主 L N G 流 701 を生成する。

【0089】

図 7 の 1 つの実施形態では、補助天然ガス供給流 705A（例えば、図 3 の流れ 305

10

20

30

40

50

のような)は、熱交換ゾーン730に熱交換ゾーン730の上部にある第1入口735を介して導入され、補助天然ガス供給流705Aは、第1管束731Aの管側で冷却および液化されて補助LNG流706Aを生成し、補助LNG流706Aは、熱交換ゾーン730から、熱交換ゾーン730の底部に位置する第1出口736を介して取り出される。補助LNG流706Aを減圧してフラッシュ蒸発補助LNG流を生成することができ、フラッシュ蒸発補助LNG流をフラッシュ蒸発主LNG流701(図示せず)と混合させることができる。あるいは、補助LNG流706Aは、主LNG流700(図示せず)と合流させることができる。

#### 【0090】

フラッシュ蒸発主LNG流701は、高圧分離ゾーン722に第2入口723を介して導入され、フラッシュ主LNG流701は、LNG流およびヘリウムで凝縮させた低温フラッシュガス流に分離される(図3の高圧気液分離器322と同じ機能を果たす)。低温フラッシュガスは、任意のミストエリミネーター726を通過し、低温フラッシュガス流707として出口727を介して引き出される。LNG流713は、出口724を介して、第2減圧装置790を通過することにより中間圧力まで減圧されてフラッシュLNG流714を生成する。フラッシュ蒸発LNG流714は、低圧分離ゾーン720に入口728を介して導入され、フラッシュLNG流714が、LNG製品流702および分離されたフラッシュガス703に分離される。

#### 【0091】

分離されたフラッシュガス703は、低圧分離ゾーン720を通過して上昇し、任意のミストエリミネーター729を通過して熱交換ゾーン730のシェル側733に流れ込み、分離されたフラッシュガス703が暖められて暖められたフラッシュガス流704を生成することにより、冷却負荷を熱交換ゾーン730に与える。暖められたフラッシュガス流704は、熱交換ゾーン730から、熱交換ゾーン730の上部に位置する第3出口734を介して取り出される。フラッシュガス流707は、第2管束731Bの管側で暖められて、第2の暖められたフラッシュガス流708を生成する。第2の暖められたフラッシュガス流708は、熱交換ゾーン730から出口738を介して取り出される。補助天然ガス供給流705Aを熱交換ゾーン730の管側732で、分離されたフラッシュガスとの間接熱交換により冷却および液化することにより、冷却を分離されたフラッシュガスから回収することができる。

#### 【0092】

図7の別の実施形態では、先行技術の図2と同様に、補助天然ガス供給流705Aを冷却および液化して、フラッシュガス流703を暖めるのではなく、熱交換ゾーン730を代わりに使用して冷媒流705Bを冷却することにより、冷却冷媒および/または液化冷媒706Aを生成することができる。冷媒流705B(例えば、図2に関して説明したMRV流の一部205)は、熱交換ゾーン730に熱交換ゾーン730の上部にある第1入口735を介して導入され、冷媒流705Bは、第1管束731Aの管側で冷却および液化されて、第1出口736を介して引き出される冷却冷媒流706Bとなる(および、冷媒流705Bは、例えば図2に関して説明した通り、次にさらに使用することができる)。

#### 【0093】

図8は、図10の先行技術による配置に適用される本発明の装置のさらなる実施形態を示している。本発明によれば、図8の装置は、図10の気液分離器1014および1012に代えて用いることができる、あるいは図10のフラッシュガス熱交換器1006および1004に代えて用いることができる。図8では、熱交換ゾーン830は、第2(底部)コイル管束831Bの上方に位置する第1(上部)コイル管束831Aを含む。

#### 【0094】

LNG流800(例えば、図10のLNG流1000のような)は、第1減圧装置810(例えば、J-Tバルブ)を通過させることにより減圧されて、フラッシュ蒸発主LNG流801を生成し、フラッシュ蒸発主LNG流801は、分離ゾーン820に第2入口

10

20

30

40

50

823を介して導入され、LNG製品がフラッシュガスから分離される。LNG製品は、分離ゾーン820の底部にある回収ゾーン821に回収され、LNG製品は、分離ゾーン820から第3出口824を介してLNG製品流802として取り出される。ヘッドスペースゾーン822に回収される分離されたフラッシュガス流は、任意のミストエリミネーター826を通過し、次に底部（低温）コイル管束831Bにより画定される熱交換ゾーン830のシェル側で暖められ、続いて上部コイル管束831Aにより画定される熱交換ゾーン830のシェル側で暖めて、暖められたフラッシュガス流804を生成することにより、冷却負荷を熱交換ゾーン830に与える。暖められたフラッシュガス流804は、周囲温度近くの温度で、熱交換ゾーン830の上部に位置する出口834を介して引き出される。次に、暖められたフラッシュガス流804を圧縮機に送給することができ、圧縮機が、暖められたフラッシュガス流804を、プラント燃料に必要な圧力に圧縮するか、または流入する供給原料の圧力に圧縮する。

10

#### 【0095】

補助天然ガス供給流805を第1コイル管束831Aおよび第2コイル管束831Bにより画定される熱交換ゾーン830の管側で分離されたフラッシュガスとの間接熱交換により冷却および/または液化することにより、冷却を分離されたフラッシュガスから回収することができる。

#### 【0096】

補助天然ガス供給流805の冷却部分および/または液化部分808は、任意であるが、第1コイル管束831Aから第4出口838を介して引き出すことができ、補助天然ガス供給流805の残りの部分は、補助LNG流806として熱交換ゾーン830の底部に位置する出口836を介して流出する前に、第2コイル管束831Bの管側でさらに冷却および/または液化することができる。当該部分808を第4出口から取り出す利点は、図10の流れ1030および1032を取り出すことによる利点と同じである。

20

#### 【0097】

図8はまた、先行技術の図10には示されていない別の構成を示しており、部分的に暖められたフラッシュガス流809は、部分的に冷却および/または液化された補助天然ガス供給流の一部を熱交換ゾーン830の管側から取り出すのではなく、熱交換ゾーン830のシェル側から第4出口837を介して取り出される。これは、部分808を補助天然ガス供給流805から取り出すのと同様の利点をもたらす。

30

#### 【0098】

##### 実施例1

この例は、図4に記載され、かつ図示されている本発明による装置の応用例に基づいており、1MTPA（年間百万トン）を製造するLNGプラントの図2の先行技術による配置に使用される。図4の参照番号が使用され、結果は表1～表3に示される。

#### 【0099】

冷媒流405B（例えば、図2に関して説明されるMRV流の一部205）は、熱交換ゾーン430に第1入口435を介して導入される。冷媒流405Bは、周囲温度近くの温度、および約900PSIA（約46543mmHg）の圧力を有する。流量は約1100 lbmole/hr（約498949mole/hr）であり、MRV流の約4%に相当する。冷媒流405Bは、熱交換ゾーン430の管側432で冷却および液化される。冷却冷媒流406Bの流れは、熱交換ゾーン430から第1出口436を介して約-245°F（約-118）の温度で引き出される。次に、冷却冷媒流406Bは、約75PSIA（約3878mmHg）の圧力まで減圧されて、MCH Eの低温側に導入される冷却冷媒流を生成する。

40

#### 【0100】

主LNG流400は、約19,000 lbmole/hr（8,618,210mole/hr）の流量を有し、当該流れを、第1減圧装置410を通過させる前に、MCH Eから、約-232°F（約-111）の温度で流出して、約16.5 PSIA（約853mmHg）の圧力を有するフラッシュ蒸発主LNG流401を生成する。減圧によ

50

り、二相流が約 14 % の気化モル分率を有するようになる。フラッシュ蒸発主 LNG 流 401 は、分離ゾーン 420 に第 2 入口 423 を介して導入され、フラッシュ蒸発主 LNG 流 401 は、LNG 製品およびフラッシュガスに分離される。LNG 製品は回収ゾーン 421 に回収され、分離ゾーン 420 から第 3 出口 424 を介して引き出される。ヘッドスペースゾーン 422 に回収される分離されたフラッシュガス流は、ミストエリミネーター 426 を通過して付随液滴を除去し、次に分離されたフラッシュガスは、熱交換ゾーン 430 のシェル側 433 で暖められて暖められたフラッシュガス流を生成することにより、冷却負荷を熱交換ゾーン 430 に与える。暖められたフラッシュガス流 404 は、約 900 PSIA (約 46543 mmHg) の圧力に圧縮され、再利用されて天然ガス供給流と合流する前に、熱交換ゾーン 430 から第 3 出口 434 を介して約 15 PSIA (約 775 mmHg) の圧力で引き出される。

10

#### 【0101】

この例の場合、シェルケーシング 425 は、約 5.6 フィート (約 1.706 m) の全直径および約 70 フィート (約 21.33 m) の高さを有する。分離ゾーン 420 の高さは約 30 フィート (約 9.14 m) である。

#### 【0102】

表 1 および表 2 は、シェルケーシングの直径の代表的サイズを LNG 製造能力の関数として示している。これらの表は、MCH E から -232 °F (-111 °C) の温度および約 810 PSIA (41889 mmHg) の圧力で流出する主 LNG 流 400 に基づいている。LNG 流の圧力を約 18 PSIA (約 930 mmHg) (分離ゾーン 420 の底部における圧力) に下げた後、分離ゾーン 420 に流入する混合 LNG 流 412 は 12 % (モル) が蒸気である。

20

#### 【表 1】

表 1

容量、MTPA	最適束径、ft	分離器最小直径、ft	複合装置径、ft
1	5.61	6.24	6.24
2	7.57	8.41	8.41
3	8.93	9.92	9.92
4	10.30	11.44	11.44
5	11.34	12.60	12.60
6	12.46	13.84	13.84
7	13.51	15.01	15.01
8	14.32	15.91	15.91

30

【表 2】

表 2

容量、MTPA	最適束径、f t	分離器最小直径、f t	複合装置径、f t
1	5.61	4.93	5.61
2	7.57	6.65	7.57
3	8.93	7.84	8.93
4	10.30	9.04	10.30
5	11.34	9.96	11.34
6	12.46	10.94	12.46
7	13.51	11.87	13.51
8	14.32	12.58	14.32

## 【0103】

シェルケーシングの直径のサイズは、2つの要因に左右される。具体的には、分離ゾーン420における液滴の効果的な分離および離脱の必要性から、分離ゾーン420を取り囲むシェルケーシングの最小直径（表1および表2では「minimum separator diameter（分離器最小直径）」と表記される）が設定されるのに対し、熱交換ゾーン430を取り囲むシェルケーシングに最適な直径がさらに設定される（表1および表2では「optimal bundle diameter（最適束径）」と表記される）。

## 【0104】

表1は、ミストエリミネーターが無い状態の気液分離に基づいている。この例の場合、熱交換ゾーン430を取り囲むシャルケーシングの最適直径は、分離ゾーン420における効果的な分離に必要な最小直径よりも11%小さい。したがって、ミストエリミネーター装置を設けない場合、熱交換ゾーンを取り囲むシェルケーシングの最適直径よりも大きい合計直径（表1および表2では、「combined device diameter（複合装置径）」と表記される）を有するシェルケーシングを採用することが好ましい。あるいは、2つのゾーンに対応する可変直径を有するシェルケーシング、すなわち熱交換ゾーン430に対応する直径よりも分離ゾーン420に対応する直径が大きいシェルケーシング（図5に示すような）を採用する必要がある。

## 【0105】

表2は、ミストエリミネーターを使用して上昇蒸気中の付随液滴を捕捉することにより、分離ゾーンをより小さな最小直径で設計することができる気液分離に基づいている。この例では、ミストエリミネーターの使用により、分離ゾーン420を取り囲むシェルケーシングに必要な最小直径を、熱交換ゾーン430を取り囲むシェルケーシングの最適直径以下に抑えることができるので、容器を、熱交換ゾーン430の最適直径で作製することができる。表示の直径を、この技術分野の当業者に公知の標準的な熱交換器および分離容器設計手順を使用して生成した。

## 【0106】

表3のデータは、図1の先行技術による配置と比較したときの区画面積、機器点数、および圧力降下に関する本発明の利点を示している。圧力降下の抑制は、フラッシュドラムの作動圧力が低いので、大きな利点である。フラッシュを再圧縮するために必要な動力は、圧力降下を1 psi (51.715 mmHg) だけ抑制する場合、約2%減少する。

【表 3】

表 3

	先行技術	本発明
機器点数	2	1
設置面積	ドラム 120 に要する 10 f t × 10 f t (3.048 m × 3.048 m) フラッシュ熱交換器の冷温ボックス 130 に要する 10 f t × 10 f t (3.048 m × 3.048 m)	統合稼働に要する 10 f t × 10 f t (3.048 m × 3.048 m)
相互接続配管ライン 103	6 個の曲がり管が、フラッシュドラムオーバーヘッドおよび冷温ボックスを絶縁接続するために使用される状態で 300 f t (91.44 m)	削除
フラッシュドラム (気液分離器) 120 からフラッシュガス熱交換器 130 に至る圧力降下	1 ~ 1.5 p s i (51.715 ~ 77.572 mmHg)	0 p s i

## 【0107】

## 実施例 2

この例は、LNG プラントが 3 M T P A (年間 3 百万トン) を製造する場合の図 10 の先行技術による配置に適用される、図 8 に記載され、かつ図示されている本発明による装置の応用例に基づいている。図 8 の参照番号を使用する。

## 【0108】

LNG 流 800 は、M C H E (図 10 の 1000 に相当) から - 159 ° F ( - 70 . 5 ) の温度で流出し、153 P S I A (7912 mmHg) の圧力まで減圧されて、フラッシュ蒸発主 LNG 流 801 を生成する。フラッシュ蒸発主 LNG 流 801 は、分離ゾーン 820 に、補助 LNG 流 806 と一緒に導入されて、フラッシュ蒸発流が、18,000 l b m o l e / h (8,164,620 m o l e / h) の流量を有するようになり、このフラッシュ蒸発流は分離ゾーン 820 に流入する全供給原料の 23 % である。

## 【0109】

LNG 製品およびフラッシュガスは分離ゾーン 820 において分離される。LNG 製品は回収ゾーン 821 に回収され、分離ゾーン 820 から第 3 出口 824 を介して引き出される。分離されたフラッシュガスは、分離されたフラッシュガスを、底部コイル管束 831 B (低温セクション管束) により画定される熱交換ゾーン 830 のシェル側を通過させ、次に上部コイル管束 831 A (高温セクション管束) により画定される熱交換ゾーンのシェル側を順次通過させることにより周囲温度 (78 ° F (25.5)) 近くまで暖められる。底部コイル管束 831 B は、7.7 フィート (2.347 m) の直径、および 40 フィート (12.19 m) の長さを有し、上部コイル管束 831 A は、7.7 フィート (2.347 m) の直径、および 32 フィート (9.75 m) の長さを有する。

## 【0110】

分離されたフラッシュガスは、プラントへの全供給原料の約 20 % である補助天然ガス供給流 805 を冷却および液化することにより暖められる。補助天然ガス供給流 805 は、12,000 l b m o l e / h r (5,443,080 m o l e / h r) の流量、約 1350 P S I A (69815 mmHg) の圧力、および約 85 ° F (約 29.4) の温度を有する。補助天然ガス供給流 805 は、上部コイル管束 831 A で 0 ° F ( - 17

10

20

30

40

50

、 7 ) の温度に冷却され、 3 6 0 0 l b m o l e / h r ( 1 6 3 2 9 2 4 m o l e / h r ) の流量を有する補助天然ガス供給流 8 0 5 の冷却部分および / または液化部分 8 0 8 は、出口 8 3 8 を介して引き出され、 M C H E ( 図示せず ) に送給される。補助天然ガス供給流 8 0 5 の残りの部分は、底部コイル管束 8 3 1 B でさらに冷却および / または液化され、出口 8 3 6 を介して補助 L N G 流 8 0 6 として - 1 9 6 ° F ( - 9 1 . 1 ) の温度で引き出される。補助 L N G 流 8 0 6 は、 1 5 3 P S I A ( 7 9 2 1 2 m m H g ) に減圧されてフラッシュ蒸発補助 L N G 流 8 1 1 となり、次に第 1 のフラッシュ蒸発主 L N G 流 8 0 1 と合流して分離ゾーン 8 2 0 に導入され、混合流が、 L N G 製品およびフラッシュガスに分離される。

**【 0 1 1 1 】**

あるいは、高温分離されたフラッシュガス流の20%が、出口837を介して流れ809として取り出される。これにより、フラッシュ熱交換器の冷却曲線がさらに改善される。

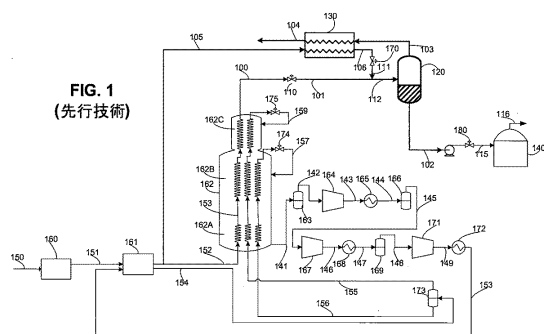
**【 0 1 1 2 】**

この例の場合、分離ゾーンはミストエリミネーターを含む。シェルケーシングは、約 8 フィート（約 2.43 m）の直径、および約 165 フィート（約 50.29 m）の高さを有する。

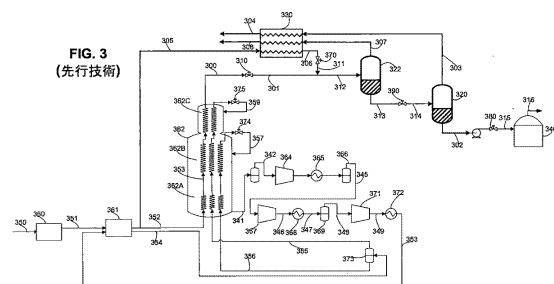
**【 0 1 1 3 】**

本発明は、好ましい実施形態を参照して上に説明した詳細に限定されるものではなく、多数の修正および変形を、以下の特許請求の範囲に規定される本発明の趣旨または範囲から逸脱することなく加えることができる。

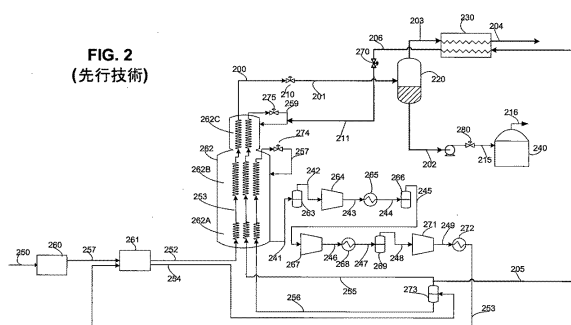
【圖 1】



【圖 3】

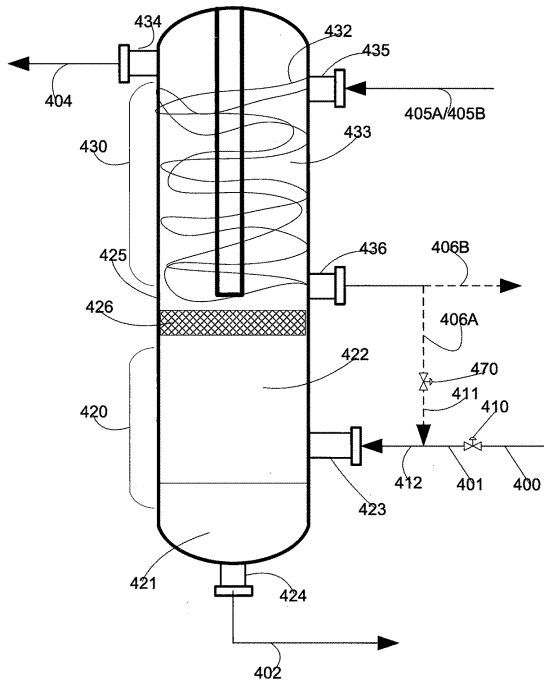


【图 2】



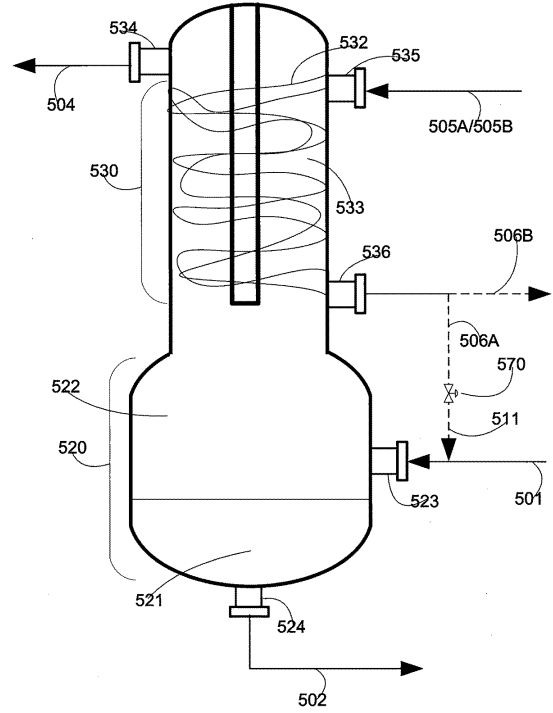
【図 4】

FIG. 4



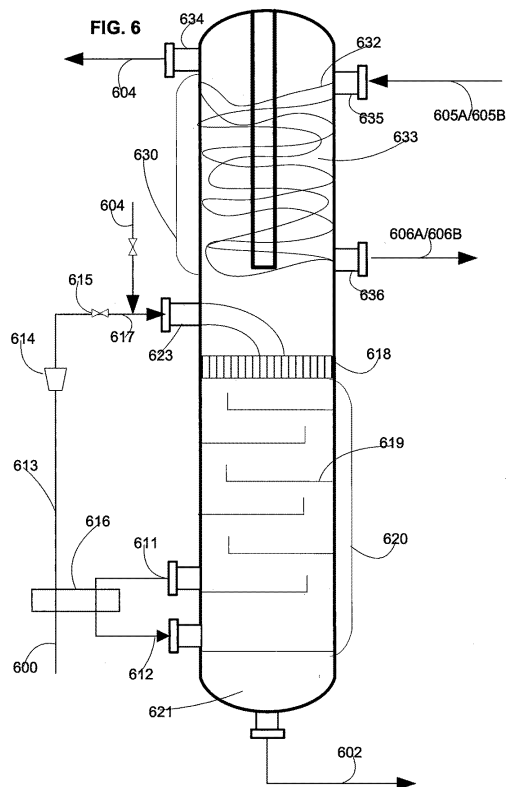
【図 5】

FIG. 5



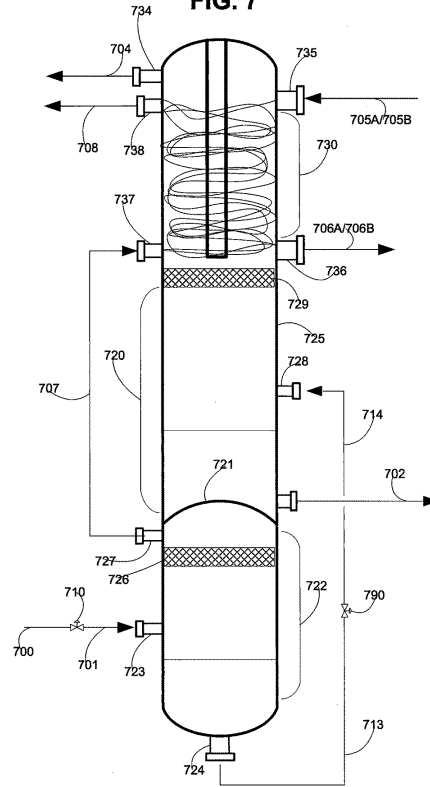
【図 6】

FIG. 6



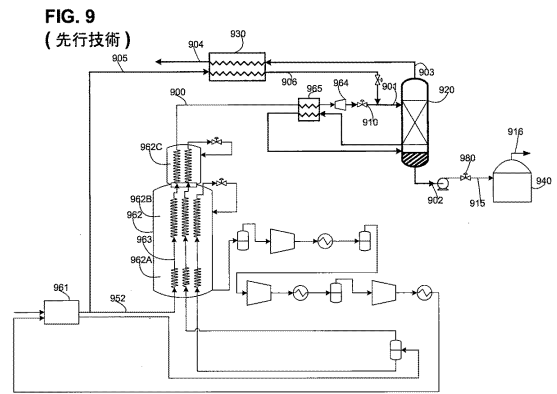
【図 7】

FIG. 7

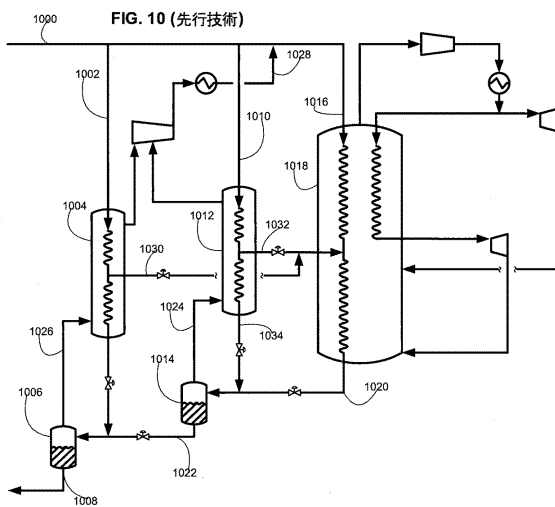




【 図 9 】



【 図 1 0 】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100123582  
弁理士 三橋 真二
- (74)代理人 100195213  
弁理士 木村 健治
- (74)代理人 100173107  
弁理士 胡田 尚則
- (74)代理人 100210686  
弁理士 田中 直樹
- (72)発明者 チェン フェイ  
アメリカ合衆国, ニュージャージー 08889, ホワイトハウス ステーション, ブーウリー  
プレイス 5
- (72)発明者 クリストファー マイケル オット  
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18062, マカンギー, シャブリ ドライブ 2273
- (72)発明者 アンマリー オット ウェイスト  
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18062, マカンギー, ミラー ドライブ 5235
- (72)発明者 マーク ジュリアン ロバーツ  
アメリカ合衆国, ペンシルベニア 19529, ケンプトン, カナリス ドライブ 8866

審査官 中村 泰三

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0206542 (US, A1)  
特表2012-518153 (JP, A)  
特表2008-537089 (JP, A)  
特開昭60-191175 (JP, A)  
特表平11-508027 (JP, A)  
欧州特許出願公開第02857782 (EP, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |      |
|------|------|
| F25J | 1/00 |
| C10L | 3/10 |