

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6415329号  
(P6415329)

(45) 発行日 平成30年10月31日 (2018.10.31)

(24) 登録日 平成30年10月12日 (2018.10.12)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>F 2 5 J 1/00 (2006.01)</b>	F 2 5 J 1/00 A
<b>F 2 5 J 3/06 (2006.01)</b>	F 2 5 J 3/06

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2015-3546 (P2015-3546)	(73) 特許権者	518018986
(22) 出願日	平成27年1月9日 (2015.1.9)		三菱重工エンジニアリング株式会社
(65) 公開番号	特開2016-128738 (P2016-128738A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成28年7月14日 (2016.7.14)	(74) 代理人	110002147
審査請求日	平成29年12月28日 (2017.12.28)		特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	松原 亘
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内
		(72) 発明者	行本 敦弘
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内
		(72) 発明者	西岡 信之
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス液化装置及びガス液化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、

前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、

熱交換により前記原料ガスの液化温度以下まで冷却された凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、

前記分離ドラムで分離されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスの供給方向と逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、

前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却に用いた前記冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、

前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを、該圧縮機より排出す圧縮ガス排出ラインと、

前記圧縮ガス排出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側で接続され、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、

前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間、又は前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間のいずれか一方又は両方において、前記原料ガス供給ラインから分岐され、熱交換後の原料ガスの一部を排出す排出ラインと、

前記排出ラインの先端が接続され、排出した原料ガスの一部を断熱膨張させる膨張タービンと、

10

20

前記膨張タービンで降温した冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器の上流側の前記冷媒ガス供給ラインに供給する冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置。

【請求項 2】

原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、

前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷媒ガスにより熱交換して冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、

前記原料ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却されて凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、

前記分離ドラムで分離され冷却されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスと逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、

前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、

前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを排出す圧縮ガス排出ラインと、

前記圧縮ガス排出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインと、前記常温熱交換器の上流側で接続し、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、

前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記常温熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を排出す第 1 排出ラインと、

前記第 1 排出ラインの先端が接続され、排出した原料ガスの一部を断熱膨張させる温膨張タービンと、

前記温膨張タービンで降温した第 1 冷却源ガスを、前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに供給する第 1 冷却源ガス供給ラインと、

前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記予備冷却熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を排出す第 2 排出ラインと、

前記第 2 排出ラインの先端が接続され、排出した原料ガスの一部を断熱膨張させる冷膨張タービンと、

前記冷膨張タービンで降温した第 2 冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器と前記分離ドラムの間の冷媒ガス供給ラインに供給する第 2 冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記液化・過冷却熱交換器を 2 つに分けて液化熱交換器及び過冷却熱交換器の 2 台とし、この 2 台の液化熱交換器及び過冷却熱交換器を直列して設けると共に、

前記温膨張タービンで降温した第 1 冷却源ガスを 2 つに分岐し、分岐した第 1 冷却源ガスを予備冷却熱交換器と前記液化熱交換器との間と、前記液化熱交換器と前記過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに各々供給することを特徴とするガス液化装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一つにおいて、

前記原料ガスを冷却する冷却器を、前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側に設けることを特徴とするガス液化装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一つにおいて、

前記原料ガスの一部を排出した排出液から重質分を分離する重質分分離器を設けることを特徴とするガス液化装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一つにおいて、

前記冷媒ガス供給ラインに接続する圧縮機の上流側に、ボイルオフガスを供給するボイルオフガス供給ラインを接続することを特徴とするガス液化装置。

【請求項 7】

原料ガスを液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物を製

10

20

30

40

50

造するオープンループサイクルプロセスのガス液化方法であって、

原料ガス供給ラインにより供給された前記原料ガスを順に冷却する常温熱交換工程、予備冷却熱交換工程及び液化・過冷却熱交換工程と、

熱交換により前記原料ガスの液化温度以下まで冷却された凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離工程と、

前記分離工程で分離されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換工程、前記予備冷却熱交換工程及び前記常温熱交換工程の順に、前記原料ガスの供給方向と逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインを有する冷媒ガス供給工程と、

前記冷媒ガス供給ラインの先端部に配置され、冷却に用いた前記冷媒ガスを圧縮する圧縮工程と、

前記圧縮工程で圧縮された圧縮ガスを、該圧縮工程より排出す圧縮ガス排出ラインを有する圧縮ガス排出工程と、

前記圧縮ガス排出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換工程の上流側で接続され、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合工程と、

前記常温熱交換工程と前記予備冷却熱交換工程との間、又は前記予備冷却熱交換工程と前記液化・過冷却熱交換工程との間のいずれか一方又は両方において、前記原料ガス供給ラインから分岐され、熱交換後の原料ガスの一部を排出す排出ライン

の先端が接続され、排出した原料ガスの一部を断熱膨張させる膨張タービン工程と、

前記膨張タービン工程で降温した冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換工程の上流側の前記冷媒ガス供給ラインに供給する冷却源ガス供給工程と、を有することを特徴とするガス液化方法。

【請求項 8】

原料ガスを液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物を製造するオープンループサイクルプロセスのガス液化方法であって、

原料ガスを供給する供給ラインに直列して順に配置され、前記原料ガスを冷媒ガスにより熱交換して冷却する常温熱交換工程、予備冷却熱交換工程及び液化・過冷却熱交換工程と、

前記原料ガス供給ラインの先端部に配置され、冷却されて凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離工程と、

前記分離工程で分離され冷却されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換工程、前記予備冷却熱交換工程及び前記常温熱交換工程の順に、前記原料ガスと逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインを有する冷媒ガス供給工程と、

前記冷媒ガス供給ラインの先端部に配置され、冷媒ガスを圧縮する圧縮工程と、

前記圧縮工程で圧縮された圧縮ガスを排出す圧縮ガス排出ラインを有する圧縮ガス排出工程と、

前記圧縮ガス排出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインと、前記常温熱交換工程の上流側で接続し、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合工程と、

前記常温熱交換工程と前記予備冷却熱交換工程との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記常温熱交換工程で熱交換後の原料ガスの一部を排出す第 1 排出ラインを有する第 1 排出工程と、

前記第 1 排出ラインの先端が接続され、排出した原料ガスの一部を断熱膨張させる温膨張タービン工程と、

前記温膨張タービン工程で降温した第 1 冷却源ガスを、前記予備冷却熱交換工程と前記液化・過冷却熱交換工程との間の冷媒ガス供給ラインに供給する第 1 冷却源ガス供給ラインを有する第 1 冷却源ガス供給工程と、

前記予備冷却熱交換工程と前記液化・過冷却熱交換工程との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記予備冷却熱交換工程で熱交換後の原料ガスの一部を排出す第 2 排出ラインを有する第 2 排出工程と、

10

20

30

40

50

前記第2 抽出ラインの先端が接続され、抽出した原料ガスの一部を断熱膨張させる冷膨張タービン工程と、

前記冷膨張タービン工程で降温した第2 冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換工程と前記分離工程の間の冷媒ガス供給ラインに供給する第2 冷却源ガス供給ラインを有する第2 冷却源ガス供給工程と、を有することを特徴とするガス液化方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば天然ガスを液化天然ガスとして液化するガス液化装置及びガス液化方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、天然ガス（NG：natural gas）を液化天然ガス（LNG：liquefied natural gas）として液化するプロセスは、特定組成の冷媒（例えば窒素（ $N_2$ ）や混合冷媒）を用いて、この専用の冷媒を閉鎖系として循環させるいわゆるクローズドループタイプを採用している為、簡素な装置が好まれる中小規模の天然ガスの液化プロセスとしては以下の課題がある。

【0003】

1) 冷媒の製造設備や貯蔵設備が必要となる、或いは冷媒を製造しない場合には購入することが必要となる。

2) クローズドループタイプで冷媒に混合冷媒を使用する場合、フィード組成が変化した場合に冷媒組成を調整する必要があり、煩雑となる。また、冷媒混合を正確に行う必要があるため、スタートアップとプラントの安定に時間を要する、という問題がある。よって、運転停止・再起動が頻繁に繰り返される場合には不向きとなる。

3) クローズドループタイプで、冷媒として窒素（ $N_2$ ）を使用する場合、一般に窒素冷媒圧力を80 kg/cm<sup>2</sup>以上の高压に昇圧する必要があるため、圧縮機等の機器設備や配管やバルブ等の供給設備が高価となる。

【0004】

そこで、近年天然ガスを直接冷媒として活用するオープンループサイクルプロセスとする技術が提案されている（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特表2010-537151号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の提案では、熱交換領域に複数の冷却ループを必要とし、熱交換設備が複雑となるので、さらなる設備コスト低減や動力低減を図る技術の出現が切望されている。

【0007】

本発明は、前記問題に鑑み、熱交換設備が簡易であると共に設備コスト低減や動力低減を図るガス液化装置及びガス液化方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した課題を解決するための本発明の第1の発明は、原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、熱交換により前記原料ガスの液化温度以下まで冷却された凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、前記分離ドラムで分離されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを

10

20

30

40

50

前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスの供給方向と逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却に用いた前記冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを、該圧縮機より拔出す圧縮ガス拔出ラインと、前記圧縮ガス拔出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側で接続され、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間、又は前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間のいずれか一方又は両方において、前記原料ガス供給ラインから分岐され、熱交換後の原料ガスの一部を拔出す拔出ラインと、前記拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる膨張タービンと、前記膨張タービンで降温した冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器の上流側の前記冷媒ガス供給ラインに供給する冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置にある。

10

**【 0 0 0 9 】**

第2の発明は、原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと、前記原料ガス供給ラインに直列して順に設けられ、前記原料ガスを冷媒ガスにより熱交換して冷却する常温熱交換器、予備冷却熱交換器及び液化・過冷却熱交換器と、前記原料ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷却されて凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離ドラムと、前記分離ドラムで分離され冷却されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換器、前記予備冷却熱交換器及び前記常温熱交換器の順に、前記原料ガスと逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインと、前記冷媒ガス供給ラインの先端部に設けられ、冷媒ガスを圧縮する圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された圧縮ガスを拔出す圧縮ガス拔出ラインと、前記圧縮ガス拔出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインと、前記常温熱交換器の上流側で接続し、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合部と、前記常温熱交換器と前記予備冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記常温熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を拔出す第1拔出ラインと、前記第1拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる温膨張タービンと、前記温膨張タービンで降温した第1冷却源ガスを、前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに供給する第1冷却源ガス供給ラインと、前記予備冷却熱交換器と前記液化・過冷却熱交換器との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記予備冷却熱交換器で熱交換後の原料ガスの一部を拔出す第2拔出ラインと、前記第2拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる冷膨張タービンと、前記冷膨張タービンで降温した第2冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換器と前記分離ドラムの間の冷媒ガス供給ラインに供給する第2冷却源ガス供給ラインと、を備えることを特徴とするガス液化装置にある。

20

30

**【 0 0 1 0 】**

第3の発明は、第2の発明において、前記液化・過冷却熱交換器を2つに分けて液化熱交換器及び過冷却熱交換器の2台とし、この2台の液化熱交換器及び過冷却熱交換器を直列して設けると共に、前記温膨張タービンで降温した第1冷却源ガスを2つに分岐し、分岐した第1冷却源ガスを予備冷却熱交換器と液化熱交換器との間と、前記液化熱交換器と前記過冷却熱交換器との間の冷媒ガス供給ラインに各々供給することを特徴とするガス液化装置にある。

40

**【 0 0 1 1 】**

第4の発明は、第1乃至3のいずれか一つの発明において、前記原料ガスを冷却する冷却器を、前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換器の上流側に設けることを特徴とするガス液化装置にある。

**【 0 0 1 2 】**

第5の発明は、第1乃至4のいずれか一つの発明において、前記原料ガスの一部を拔出した拔出液から重質分を分離する重質分分離器を設けることを特徴とするガス液化装置にある。

**【 0 0 1 3 】**

50

第6の発明は、第1乃至5のいずれか一つの発明において、前記冷媒ガス供給ラインに接続する圧縮機の上流側に、ボイルオフガスを供給するボイルオフガス供給ラインを接続することを特徴とするガス液化装置にある。

【0014】

第7の発明は、原料ガスを液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物を製造するオープンループサイクルプロセスのガス液化方法であって、原料ガス供給ラインにより供給された前記原料ガスを順に冷却する常温熱交換工程、予備冷却熱交換工程及び液化・過冷却熱交換工程と、熱交換により前記原料ガスの液化温度以下まで冷却された凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離工程と、前記分離工程で分離されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換工程、前記予備冷却熱交換工程及び前記常温熱交換工程の順に、前記原料ガスの供給方向と逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインを有する冷媒ガス供給工程と、前記冷媒ガス供給ラインの先端部に配置され、冷却に用いた前記冷媒ガスを圧縮する圧縮工程と、前記圧縮工程で圧縮された圧縮ガスを、該圧縮工程より拔出す圧縮ガス拔出ラインを有する圧縮ガス拔出工程と、前記圧縮ガス拔出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインの前記常温熱交換工程の上流側で接続され、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合工程と、前記常温熱交換工程と前記予備冷却熱交換工程との間、又は前記予備冷却熱交換工程と前記液化・過冷却熱交換工程との間のいずれか一方又は両方において、前記原料ガス供給ラインから分岐され、熱交換後の原料ガスの一部を拔出す拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる膨張タービン工程と、前記膨張タービン工程で降温した冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換工程の上流側の前記冷媒ガス供給ラインに供給する冷却源ガス供給工程と、を有することを特徴とするガス液化方法にある。

【0015】

第8の発明は、原料ガスを液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物を製造するオープンループサイクルプロセスのガス液化方法であって、原料ガスを供給する供給ラインに直列して順に配置され、前記原料ガスを冷媒ガスにより熱交換して冷却する常温熱交換工程、予備冷却熱交換工程及び液化・過冷却熱交換工程と、前記原料ガス供給ラインの先端部に配置され、冷却されて凝縮物を含む原料ガスからガス成分と液化成分とに分離する分離工程と、前記分離工程で分離され冷却されたガス成分を冷媒ガスとし、該冷媒ガスを前記液化・過冷却熱交換工程、前記予備冷却熱交換工程及び前記常温熱交換工程の順に、前記原料ガスと逆行する方向に供給し、前記原料ガスを冷却する冷媒ガス供給ラインを有する冷媒ガス供給工程と、前記冷媒ガス供給ラインの先端部に配置され、冷媒ガスを圧縮する圧縮工程と、前記圧縮工程で圧縮された圧縮ガスを拔出す圧縮ガス拔出ラインを有する圧縮ガス拔出工程と、前記圧縮ガス拔出ラインの先端が前記原料ガス供給ラインと、前記常温熱交換工程の上流側で接続し、前記原料ガスに前記圧縮ガスを混合する混合工程と、前記常温熱交換工程と前記予備冷却熱交換工程との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記常温熱交換工程で熱交換後の原料ガスの一部を拔出す第1拔出ラインを有する第1拔出工程と、前記第1拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる温膨張タービン工程と、前記温膨張タービン工程で降温した第1冷却源ガスを、前記予備冷却熱交換工程と前記液化・過冷却熱交換工程との間の冷媒ガス供給ラインに供給する第1冷却源ガス供給ラインを有する第1冷却源ガス供給工程と、前記予備冷却熱交換工程と前記液化・過冷却熱交換工程との間の原料ガス供給ラインから分岐され、前記予備冷却熱交換工程で熱交換後の原料ガスの一部を拔出す第2拔出ラインを有する第2拔出工程と、前記第2拔出ラインの先端が接続され、拔出した原料ガスの一部を断熱膨張させる冷膨張タービン工程と、前記冷膨張タービン工程で降温した第2冷却源ガスを、前記液化・過冷却熱交換工程と前記分離工程の間の冷媒ガス供給ラインに供給する第2冷却源ガス供給ラインを有する第2冷却源ガス供給工程と、を有することを特徴とするガス液化方法にある。

【発明の効果】

## 【 0 0 1 6 】

本発明によれば、常温熱交換器と予備冷却熱交換器との間、又は予備冷却熱交換器と液化・過冷却熱交換器との間のいずれか一方又は両方において、熱交換後の原料ガスの一部を抜き出し、膨張タービンにおいて断熱膨張させることにより降温した冷却源ガスを得るようにしている。この得られた冷却源ガスを冷媒ガスと合流させることで、各熱交換器で原料ガスを順次冷却するのに十分な冷却量とすることができ、熱交換設備が簡易な構成となり、設備コスト低減や動力低減を図ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 7 】

【図 1】図 1 は、実施例 1 に係るガス液化装置の概略図である。

10

【図 2 - 1】図 2 - 1 は、実施例 2 に係るガス液化装置の概略図である。

【図 2 - 2】図 2 - 2 は、試験例 1 に係るガス液化装置の概略図である。

【図 3】図 3 は、実施例 3 に係るガス液化装置の概略図である。

【図 4】図 4 は、実施例 4 に係るガス液化装置の概略図である。

【図 5 - 1】図 5 - 1 は、実施例 5 に係るガス液化装置の概略図である。

【図 5 - 2】図 5 - 2 は、試験例 2 に係るガス液化装置の概略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 8 】

以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

20

## 【実施例 1】

## 【 0 0 1 9 】

図 1 は、実施例 1 に係るガス液化装置の概略図である。図 1 に示すように、本実施例に係るガス液化装置 10A は、例えば天然ガス等の原料ガス 11 を供給する原料ガス供給ライン  $L_1$  と、原料ガス供給ライン  $L_1$  に直列して順に設けられ、原料ガス 11 を冷却する常温熱交換器 12、予備冷却熱交換器 13 及び液化・過冷却熱交換器 14 と、前記原料ガス供給ライン  $L_1$  の先端部に設けられ、熱交換により原料ガス 11 の液化温度以下まで冷却された液化凝縮物を含む原料ガス 11 からガス成分と液化成分とに分離する分離ドラム 15 と、分離ドラム 15 で分離されたガス成分を冷媒ガス 21 とし、該冷媒ガス 21 を液化・過冷却熱交換器 14、予備冷却熱交換器 13 及び常温熱交換器 12 の順に、原料ガス 11 の供給方向と逆行する方向に供給し、導入する原料ガス 11 を各熱交換部 12a、13a、14a で冷却する冷媒ガス供給ライン  $L_2$  と、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  の先端部に設けられ、冷却に用いた冷媒ガス 21 を圧縮する圧縮機 31 と、圧縮機 31 で圧縮された圧縮ガス 22 を、該圧縮機 31 より拔出す圧縮ガス拔出ライン  $L_3$  と、圧縮ガス拔出ライン  $L_3$  の先端が原料ガス供給ライン  $L_1$  の常温熱交換器 12 の上流側で接続され、原料ガス 11 に圧縮ガス 22 を混合する混合部 32 と、予備冷却熱交換器 13 と液化・過冷却熱交換器 14 との間において、原料ガス供給ライン  $L_1$  から分岐され、熱交換後の原料ガス 11 の一部 11a を拔出す拔出ライン  $L_4$  と、拔出ライン  $L_4$  の先端が接続され、拔出した原料ガス 11 の一部 11a を断熱膨張させる膨張タービン 33 と、膨張タービン 33 で降温した冷却源ガス 34 を、液化・過冷却熱交換器 14 の上流側の冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に供給する冷却源ガス供給ライン  $L_5$  と、を備えるものである。

30

40

## 【 0 0 2 0 】

本実施例では、原料ガス 11 として、例えばメタンを主成分として含む天然ガス (NG) を用いて液化して液化天然ガス (LNG) としている。この天然ガスの圧力としては、パイプラインにより供給される例えば 30 ~ 70 kg / cm<sup>2</sup> 程度のものである。なお、天然ガス以外として、例えば空気を液化する場合にも適用することができる。

## 【 0 0 2 1 】

本実施例では、原料ガス供給ライン  $L_1$  が、原料ガス 11 を供給する供給ガストリートの液化ラインを形成すると共に、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  が、冷媒ガス 21 を供給する

50

冷媒ガストリートの冷却ラインを形成し、これらが熱交換する箇所に、熱交換手段として、常温熱交換器 12、予備冷却熱交換器 13 及び液化・過冷却熱交換器 14 を順に設けている。そして、原料ガス供給ライン  $L_1$  により供給される原料ガス 11 に対して、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を対向して供給される冷媒ガス 21 により熱交換部 12a、13a、14a で間接的に冷却するようにしている。この際、液化ラインのエンドゾーンにて、原料ガス 11 の未液化のガス成分を冷媒ガス 21 として活用するオープンループサイクルプロセスを実現している。

【0022】

ここで、本実施例では、常温熱交換器 12、予備冷却熱交換器 13 及び液化・過冷却熱交換器 14 内部に各々設置される熱交換部 12a、13a、14a としては、例えばプレートフィン型の熱交換器を用いているが、冷媒ガス 21 を用いて原料ガス 11 を効率的に熱交換する手段であれば、これに限定されるものではない。

10

【0023】

先ず、常温熱交換器 12 は、常温（例えば 20 ~ 40 ）の原料ガス 11 を冷媒ガス 21 により、例えば 0 程度又は 0 以下まで熱交換するものである。

【0024】

予備冷却熱交換器 13 は、この 0 近傍まで冷却された原料ガス 11 を冷媒ガス 21 により例えば - 80 以下まで熱交換するものである。

【0025】

液化・過冷却熱交換器 14 は、この - 80 以下まで冷却された原料ガス 11 を冷媒ガス 21 により例えば - 120 以下まで熱交換するものである。なお、各熱交換器での冷却温度は目安であり、原料ガス 11 の組成、冷媒ガス 21 の条件により適宜変更される。

20

【0026】

液化・過冷却熱交換器 14 で冷却された原料ガス 11 は、液化・過冷却熱交換器 14 と分離ドラム 15 との間に介装された膨張弁 51 にて膨張した後、原料ガス供給ライン  $L_1$  の先端側に接続された分離ドラム 15 に導入される。この分離ドラム 15 において、フラッシュガスのガス成分と液化天然ガスの液化成分とに分離される。

【0027】

フラッシュガスは、冷却されているので冷媒ガス 21 として冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に導入され、液化・過冷却熱交換器 14、予備冷却熱交換器 13 及び常温熱交換器 12 の順に導入される。そして、各熱交換部 14a、13a、12a にて原料ガス 11 を冷却する冷媒ガスとして循環利用される。

30

【0028】

この原料ガス 11 の冷却に用いた冷媒ガス 21 は、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  の先端部に設けられた圧縮機 31 に導入される。この圧縮機 31 は本実施例では 2 段圧縮であるが、これに限定されるものではなく、2 台以上の複数段設置されていてもよい。そして、この圧縮機 31 で所定圧（原料ガスと同程度）まで圧縮させて、再度原料ガス 11 と混合部 32 にて混合させて再循環する。

【0029】

また、分離ドラム 15 で分離された液化成分の液化天然ガス（LNG）は、別途製品として採取される。

40

【0030】

本実施例では、原料ガス供給ライン  $L_1$  に設けられた予備冷却熱交換器 13 で熱交換された原料ガス 11 の一部 11a を拔出ライン  $L_4$  により拔出し、この拔出ライン  $L_4$  の先端に接続された膨張タービン 33 において、断熱膨張させることで、例えば - 150 以下に降温した冷却源ガス 34 を得るようにしている。

【0031】

そして、この得られた冷却源ガス 34 は、冷却源ガス供給ライン  $L_5$  を介して、液化・過冷却熱交換器 14 の上流側の液化・過冷却熱交換器 14 と分離ドラム 15 との間の冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に設けた冷媒合流部 41 において、冷媒ガス 21 と合流させている。

50



この冷却源ガス 3 4 を冷媒合流部 4 1 で冷媒ガス 2 1 へ合流させることにより、液化・過冷却熱交換器 1 4 及び予備冷却熱交換器 1 3 及び常温熱交換器 1 2 での冷却に要する熱交換容量分の冷媒を供給するようにしている。

【 0 0 3 2 】

このため、膨張タービン 3 3 で得られた冷媒源ガス 3 4 により、原料ガス 1 1 を所定温度まで冷却するだけの熱容量となるように、予備冷却熱交換器 1 3 で熱交換された原料ガス 1 1 の一部 1 1 a を拔出す拔出量を図示しない調整手段により又は予め調整するようにしている。

【 0 0 3 3 】

本実施例のガス液化装置 1 0 A の動作について、図 1 を参照しつつ説明する。先ず原料ガス供給ライン  $L_1$  により所定圧力 ( 4 0 k ) の原料ガス 1 1 が供給され、供給ガストリームが形成される。原料ガス供給ライン  $L_1$  には、熱交換部 1 2 a 、 1 3 a 、 1 4 a を有する常温熱交換器 1 2 、予備冷却熱交換器 1 3 及び液化・過冷却熱交換器 1 4 が原料ガス 1 1 の流れ方向順に設けられている。

【 0 0 3 4 】

常温熱交換器 1 2 、予備冷却熱交換器 1 3 及び液化・過冷却熱交換器 1 4 で冷媒ガス 2 1 により順次冷却されて液化された原料ガス 1 1 は、原料ガス供給ライン  $L_1$  の先端のエンドゾーンに設けられた分離ドラム 1 5 の手前に設置された膨張弁 5 1 にて膨張した後、ガス成分と液化成分とに分離される。液化成分は液化天然ガス ( L N G ) として、例えば貯蔵タンク又はパイプライン等に送られる。

【 0 0 3 5 】

この分離ドラム 1 5 で分離したガス成分は冷却されているので、冷媒ガス 2 1 として分離ドラム 1 5 の頂部から冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に送られ、冷媒ガストリームを形成する。そして、冷媒ガス 2 1 は、液化・過冷却熱交換器 1 4 、予備冷却熱交換器 1 3 及び常温熱交換器 1 2 と、原料ガス 1 1 の供給方向と逆行する方向に流れ、各熱交換部 1 4 a 、 1 3 a 、 1 2 a において間接的に原料ガス 1 1 を冷却する。この冷媒ガス 2 1 による熱交換冷却によって、原料ガス 1 1 は液化された液化成分が液化天然ガス ( L N G ) として分離され、液化されない未液化のガス成分は冷媒ガス 2 1 として冷却に用いられる。冷媒ガス 2 1 は、冷却に寄与した後、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  の先端のエンドゾーンに設けられた圧縮機 3 1 に送られ、ここで原料ガス 1 1 のガス圧と同程度に圧縮される。圧縮された圧縮ガス 2 2 は、混合部 3 2 で原料ガス 1 1 と混合され、再度原料ガス 1 1 として供給される。これにより原料ガス 1 1 の未液化のガスを冷媒ガスとして利用すると共に、再度原料ガス 1 1 と混合して液化に供して循環再利用するオープンループサイクルプロセスを構築している。

【 0 0 3 6 】

本実施例では、原料ガス供給ライン  $L_1$  に設けられた予備冷却熱交換器 1 3 で冷却された原料ガス 1 1 の一部 1 1 a を、拔出ライン  $L_4$  により拔出し、この拔出ライン  $L_4$  の先端に接続された膨張タービン 3 3 において、断熱膨張させることで、例えば - 1 5 0 以下に降温した冷却源ガス 3 4 を得るようにしている。

【 0 0 3 7 】

そして、この得られた冷却源ガス 3 4 は、冷却源ガス供給ライン  $L_5$  を介して、液化・過冷却熱交換器 1 4 の上流側の液化・過冷却熱交換器 1 4 と分離ドラム 1 5 との間の冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に設けた冷媒合流部 4 1 において、冷媒ガス 2 1 と合流させる。この合流により、冷媒ガス 2 1 に冷媒源ガス 3 4 を供給することとなり、液化・過冷却熱交換器 1 4 及び予備冷却熱交換器 1 3 及び常温熱交換器 1 2 での冷却に要する熱交換量を供給するようにしている。

【 0 0 3 8 】

このように、分離ドラム 1 5 で分離した冷媒ガス 2 1 のみでは、原料ガス 1 1 を十分に冷却することができないので、予備冷却熱交換器 1 3 で熱交換後の原料ガス 1 1 の一部 1 1 a を拔出し、膨張タービン 3 3 に導入して断熱膨張させて、冷媒源ガス 3 4 を得よう

10

20

30

40

50

にし、これを冷媒ガス供給ライン $L_2$ の冷媒合流部41で冷媒ガス21と合流させることで、各熱交換部14a、13a、12aで原料ガス11を順次冷却するのに十分な冷却量の冷媒ガス21としている。

【0039】

また、圧縮機31の動力は、同軸でつながれたこの膨張タービン33の動力で回収するようにして、圧縮動力の低減を図るようにしている。なお、圧縮機31には冷却器31a、31bが設けられ、圧縮されたガスを冷却している。

【0040】

本実施例によれば、原料ガスのストリームラインと、冷媒ガスのストリームラインとを対向するようにして、常温熱交換器12、予備冷却熱交換器13及び液化・過冷却熱交換器14の熱交換部12a、13a、14aで順に熱交換する熱交換設備が簡易な構成であるので、複雑な熱交換ループを必要とせず、設備コスト低減や動力低減を図ることができる。

【0041】

本発明のガス液化方法は、原料ガス（例えば天然ガス）11を液化温度まで冷却し、冷却されたガス成分と液化成分とからガス液化物の液化天然ガス（LNG）を製造するオープンループサイクルプロセスのガス液化製造方法であって、冷却されたガス成分を冷媒ガス21として、原料ガス11と対向して供給しつつ少なくとも2以上の熱交換部（本実施例では3つの熱交換部14a、13a、12a）で熱交換する熱交換工程と、例えば予備冷却熱交換器13の熱交換部13aと、液化・過冷却熱交換器14の熱交換部14aとの間において、予備冷却熱交換器13の熱交換部13aで冷却後の原料ガスの11の一部11aを抜き出し、膨張タービン33で断熱膨張させる断熱膨張工程と、断熱膨張工程で降温した冷却源ガス34を冷媒ガス21に供給する冷媒ガス供給工程とを有するものである。

【0042】

なお、本実施例では、予備冷却熱交換器13と液化・過冷却熱交換器14との間において、原料ガス供給ライン $L_1$ から分岐され、予備冷却熱交換器13での熱交換後の原料ガス11の一部11aを抜き出す抜き出しライン $L_4$ を設けるようにしているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば原料ガス供給ライン $L_1$ に設けた常温熱交換器12と予備冷却熱交換器13との間から、常温熱交換器12での熱交換後の原料ガス11の一部11aを抜き出す抜き出しライン $L_4$ を設けて、膨張タービン33に送り、この膨張タービン33で断熱膨張させ、降温した冷却源ガス34を得るようにし、この得られた冷媒源ガス34を冷媒合流部41で冷媒ガス21と合流させて、十分な冷却容量の冷媒体を供給するようにしてもよい。

【実施例2】

【0043】

本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図2-1は、実施例2に係るガス液化装置の概略図である。なお、図1に示す実施例1に係るガス液化装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図2-1に示すように、本実施例のガス液化装置10Bは、図1のガス液化装置10Aにおいて、常温熱交換器12と予備冷却熱交換器13との間の原料ガス供給ライン $L_1$ から分岐され、常温熱交換器12で熱交換後の原料ガス11の一部11aを抜き出す第1抜き出しライン $L_{4A}$ と、第1抜き出しライン $L_{4A}$ の先端が接続され、抜き出した原料ガス11の一部11aを断熱膨張させる温膨張タービン33Aと、温膨張タービン33Aで降温した第1冷却源ガス34Aを、予備冷却熱交換器13と液化・過冷却熱交換器14との間の冷媒ガス供給ライン $L_2$ の第1冷媒合流部41Aに供給する第1冷却源ガス供給ライン $L_{5A}$ と、予備冷却熱交換器13と液化・過冷却熱交換器14との間の原料ガス供給ライン $L_1$ から分岐され、予備冷却熱交換器13で熱交換後の原料ガス11の一部11bを抜き出す第2抜き出しライン $L_{4B}$ と、第2抜き出しライン $L_{4B}$ の先端が接続され、抜き出した原料ガス11の一部11bを断熱膨張させる冷膨張タービン33Bと、冷膨張タービン33Bで降温した第2冷却源ガス34Bを、液化・過冷却熱交換器14と分離ドラム15の間の冷媒ガス供給ライン $L_2$ の第2冷

媒合流部 4 1 B に供給する第 2 冷却源ガス供給ライン  $L_{5B}$  と、を備えるものである。

【0044】

本実施例では、温膨張タービン 3 3 A で得られた第 1 冷却源ガス 3 4 A は、第 1 冷却源ガス供給ライン  $L_{5A}$  を介して、予備冷却熱交換器 1 3 と液化・過冷却熱交換器 1 4 との間の冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に設けた第 1 冷媒合流部 4 1 A において、冷媒ガス 2 1 と合流させている。

【0045】

また、冷膨張タービン 3 3 B で得られた第 2 冷却源ガス 3 4 B は、第 2 冷却源ガス供給ライン  $L_{5B}$  を介して、液化・過冷却熱交換器 1 4 と分離ドラム 1 5 との間の冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に設けた第 2 冷媒合流部 4 1 B において、冷媒ガス 2 1 と合流させている。

10

【0046】

これらの第 1 及び第 2 冷却源ガス 3 4 A、3 4 B を、第 1 及び第 2 冷媒合流部 4 1 A、4 1 B で、順次冷媒ガス 2 1 へ合流させることにより、液化・過冷却熱交換器 1 4 及び予備冷却熱交換器 1 3 及び常温熱交換器 1 2 での冷却に要する熱交換容量の冷媒を供給するようにしている。

【0047】

[ 試験例 1 ]

本発明の実施例 2 の効果を確認する試験を行った。図 2 - 2 は、試験例 1 に係るガス液化装置の概略図である。図 2 - 2 においては、主要なラインに温度及び圧力の一例を記載している。なお、試験例 1 において、図中に圧力及び温度を例示して説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。また、図中、圧力 (  $\text{kg} / \text{cm}^2 \text{A}$  ) は丸で囲み、温度 ( ) は四角で囲むようにしている ( 図 5 - 2 も同様 ) 。

20

【0048】

図 2 - 2 に示すように、原料ガス 1 1 として 4 0 、 4 0  $\text{kg} / \text{cm}^2 \text{A}$  の天然ガスを用いて試験を行った。

【0049】

常温熱交換器 1 2 では、原料ガス 1 1 は冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を流れる - 3 4 . 4 の冷媒ガス 2 1 により冷却され、これにより原料ガスは 0 まで冷却される。この 0 の原料ガス 1 1 の一部 1 1 a は、温膨張タービン 3 3 A に送られ、ここで - 1 3 1 . 1 の第 1 冷媒源ガス 3 4 A となり、第 1 冷媒合流部 4 1 A で、冷媒ガス 2 1 へ合流させ、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を流れる - 1 5 3 . 1 の冷媒ガス 2 1 と混合して - 1 4 5 . 8 の冷媒ガス 2 1 となり、予備冷却熱交換器 1 3 に導入される。

30

【0050】

予備冷却熱交換器 1 3 では、原料ガス 1 1 は冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を流れる - 1 4 5 . 8 の冷媒ガス 2 1 により冷却され、これにより原料ガスは 0 から - 8 8 . 2 まで冷却される。この - 8 8 . 2 の原料ガス 1 1 の一部 1 1 b は、冷膨張タービン 3 3 B に送られ、ここで - 1 5 5 . 2 の第 2 冷媒源ガス 3 4 B となり、第 2 冷媒合流部 4 1 B で、冷媒ガス 2 1 へ合流させ、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を流れる - 1 5 4 . 1 の冷媒ガス 2 1 と混合して - 1 5 5 . 2 の冷媒ガス 2 1 となり、液化・過冷却熱交換器 1 4 に導入される。

40

【0051】

液化・過冷却熱交換器 1 4 では、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を流れる - 1 5 5 . 2 の冷媒ガス 2 1 により原料ガス 1 1 が冷却され、これにより原料ガス 1 1 は - 8 8 . 2 から - 1 2 7 . 0 まで冷却される。

【0052】

この - 1 2 7 . 0 に冷却された原料ガス 1 1 は、分離ドラム 1 5 の手前に設置された膨張弁 5 1 にて膨張した後、 - 1 5 4 . 1 のガス成分と液化成分とに分離ドラム 1 5 内でフラッシュ作用により分離される。液化成分は液化天然ガス ( LNG ) として、貯蔵タンク又はパイプライン等にも送られる。ガス成分は冷媒ガス 2 1 として、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に送られ、循環利用される。

50

## 【0053】

冷媒ガス21は、冷却に寄与した後、 $19.1$ 、 $1.2\text{ kg/cm}^2\text{A}$ のガスとなり、冷媒ガス供給ライン $L_2$ の先端のエンドゾーンに設けられた圧縮機31に送られ、ここで原料ガス11のガス圧と同程度の $40$ 、 $40.0\text{ kg/cm}^2\text{A}$ に圧縮され、混合部32で原料ガス11と合流され、再度液化される。

## 【実施例3】

## 【0054】

本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図3は、実施例3に係るガス液化装置の概略図である。なお、実施例1及び2に係るガス液化装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図3に示すように、本実施例のガス液化装置10Cは、図2-1のガス液化装置10Bにおいて、原料ガス11を供給する原料ガス供給ライン $L_1$ において、常温熱交換器12の上流側に予備冷却器52を設け、原料ガス11を予備冷却し、圧縮機31の動力低減を図るようにしている。

10

## 【0055】

また、冷媒ガス供給ライン $L_2$ の常温熱交換器12と圧縮機31との間の圧縮機31の手前側において、例えばLNG設備等において、自然入熱により一部ガス化したボイルオフガス(BOG)を外部より供給するボイルオフガス供給ライン $L_{11}$ を接続している。このボイルオフガス供給ライン $L_{11}$ を介してBOGを供給し、冷却に寄与した後の冷媒ガス21と合流させることにより、BOGを有効に再液化させることができる。これにより、BOG単独の再液化の設備が不要となる。

20

## 【0056】

また、本実施例では、常温熱交換器12で冷却された原料ガス11の一部11aを抜出す第1拔出ライン $L_{4A}$ に重質分分離部53aを設け、常温熱交換器12で冷却される際に発生した重質分の液を分離するようにしている。また、本実施例では、予備冷却熱交換器13で冷却された原料ガス11の一部11bを抜出す第2拔出ライン $L_{4B}$ に重質分分離部53bを設け、予備冷却熱交換器13で冷却される際に発生した重質分の液を分離するようにしている。なお、予備冷却熱交換器13での冷却条件において液が発生しない場合には、重質分分離部53bの設置は不要としてもよい。これにより、重質分を除去することにより、後流側の熱交換器での固化を防止するようにしている。なお、分離された重質分54は、例えばタービン駆動用の燃料として用いるようにしている。

30

## 【0057】

また、本実施例では、分離ドラム15の手前の膨張用の膨張弁51の代わりに、液化膨張タービン55aと調圧弁55bからなるリキッドエキスパンダ55を設けることにより、液化工程での消費エネルギーを電気エネルギーとして回収することができる。

## 【実施例4】

## 【0058】

本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図4は、実施例4に係るガス液化装置の概略図である。なお、実施例1及び2に係るガス液化装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図4に示すように、本実施例のガス液化装置10Dは、図2-1のガス液化装置10Bにおいて、圧縮機31と温膨張タービン33A、冷膨張タービン33Bを、ギアドコンパンダ(増速機内蔵型遠心圧縮機)61とし、各段階での効率が最適となる回転数を与えるようにしている。

40

## 【0059】

本実施例では、ギアドコンパンダ61を用いることにより、実施例2に較べて圧縮機の効率の向上を図るようにしている。

## 【実施例5】

## 【0060】

本発明による実施例に係るガス液化装置について、図面を参照して説明する。図5-1は、実施例5に係るガス液化装置の概略図である。なお、実施例1及び2に係るガス液化

50

装置と同一の構成については、同一符号を付して重複した説明は省略する。図5-1に示すように、本実施例のガス液化装置10Eは、実施例1に示す液化・過冷却熱交換器14を2つに分けて液化熱交換器14A及び過冷却熱交換器14Bの2台とし、この2台の液化熱交換器及び過冷却熱交換器を直列して設けている。そして、温膨張タービン33Aで降温した第1冷却源ガス34Aを2つに分岐し、分岐した第1冷却源ガス34Aを予備冷却熱交換器13と液化熱交換器14Aとの間の第1冷媒合流部41A-1に、第1冷却源ガス供給ライン $L_{5A-1}$ で送ると共に、液化熱交換器14Aと過冷却熱交換器14Bとの間の第2冷媒合流部41A-2に、第1冷却源ガス供給ライン $L_{5A-2}$ で送るようにしている。

【0061】

10

また、分離ドラム15を2台設け、動作圧力が異なる第1分離ドラム15Aと第2分離ドラム15Bとを設置している。

【0062】

第1分離ドラム15Aで分離した冷媒ガス21は、大気圧より高い圧力で冷媒ガス供給ライン $L_2$ を流れ、過冷却熱交換器14B、液化熱交換器14A、予備冷却熱交換器13及び常温熱交換器12の各熱交換部14b、14a、13a-2、13a-1、12aで各々熱交換した後、圧縮機31側に導入するようにしている。これにより、実施例1のような大気圧程度まで圧力を解放しない分、圧縮機31での動力低減を図るようにしている。

【0063】

20

また、冷膨張タービン33Bで降温した第2冷却源ガス34Bはガス成分と液化成分との混相となっているので、第2冷却源ガス供給ライン $L_{5B}$ の接続先は、第1分離ドラム15Aとしている。そして、この第1分離ドラム15Aに直接第2冷媒源ガス34Bを導入し、この内部でフラッシュさせてガス成分と液化成分とを分離するようにしている。

【0064】

第1分離ドラム15Aで分離された液化成分は、第2分離ドラム15Bの手前に設置された膨張弁51Bにて膨張した後、第2分離ドラム15B内でフラッシュされ、ここでガス成分と液化成分とに分離される。液化成分は液化天然ガス(LNG)として、貯蔵タンク又はパイプライン等送られる。ガス成分は燃料ガスとして別途利用される。

【0065】

30

[試験例2]

本発明の実施例5の効果を確認する試験を行った。図5-2は、試験例2に係るガス液化装置の概略図である。なお、試験例2において、図中に圧力及び温度を例示して説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0066】

図5-2に示すように、原料ガス11として40、40kg/cm<sup>2</sup>Aの天然ガスをを用いて試験を行った。

【0067】

常温熱交換器12では、原料ガス11は冷媒ガス供給ライン $L_2$ を流れる-26.3の冷媒ガス21により冷却され、これにより原料ガス11は-5.0まで冷却される。この-5.0の原料ガス11の一部11aは、温膨張タービン33Aに送られ、ここで-112.7の第1冷媒源ガス34A-1、34A-2となり、第1冷媒合流部41A-1で、液化熱交換器14Aで冷却した後の冷媒ガス供給ライン $L_2$ を流れる-91.4の冷媒ガス21へ合流させ、-95.0の冷媒ガス21となり、予備冷却熱交換器13に導入される。

40

【0068】

また、-112.7の第1冷媒源ガス34A-2を第2冷媒合流部41A-2にて、過冷却熱交換器14Bで冷却した後の冷媒ガス供給ライン $L_2$ を流れる-91.4の冷媒ガス21へ合流させ、-104.8の冷媒ガス21とし、液化熱交換器14Aに導入させている。

50

## 【 0 0 6 9 】

予備冷却熱交換器 1 3 では、原料ガス 1 1 は冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を流れる - 9 5 . 0 の冷媒ガス 2 1 により冷却され、これにより原料ガスは - 5 . 0 から - 8 8 . 4 まで冷却される。この - 8 8 . 4 の原料ガス 1 1 の一部 1 1 b は、冷膨張タービン 3 3 B に送られ、ここで - 1 4 4 . 3 の第 2 冷媒源ガス 3 4 B となり、第 1 分離ドラム 1 5 A に導入され、ここで、フラッシュして - 1 4 4 . 3 の冷媒ガス 2 1 となり、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  に導入され、過冷却熱交換器 1 4 B に導入される。

## 【 0 0 7 0 】

過冷却熱交換器 1 4 B では、原料ガス 1 1 は、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  を流れる - 1 4 4 . 3 の冷媒ガス 2 1 により冷却され、これにより原料ガスは - 8 8 . 4 から - 1 4 1 . 0 まで冷却される。 10

## 【 0 0 7 1 】

この - 1 4 1 . 0 に冷却された原料ガス 1 1 は、第 1 分離ドラム 1 5 A の手前に設置された膨張弁 5 1 A にて膨張した後、 - 1 4 4 . 3 、 3 . 5 k g / c m<sup>2</sup> A のガス成分と液化成分とに第 1 分離ドラム 1 5 A で分離される。この液化成分は、次いで第 2 分離ドラム 1 5 B の手前に設置された膨張弁 5 1 B にて膨張した後、 - 1 6 1 . 3 、 1 . 0 5 k g / c m<sup>2</sup> A のガス成分と液化成分とに第 2 分離ドラム 1 5 B で分離される。

## 【 0 0 7 2 】

液化成分は、液化天然ガス ( L N G ) として、例えば貯蔵タンク又はパイプライン等に送られる。ガス成分は燃料ガスとして、利用される。 20

## 【 0 0 7 3 】

冷媒ガス 2 1 は、冷却に寄与した後、 3 6 . 3 、 3 . 0 k g / c m<sup>2</sup> A のガスとなり、冷媒ガス供給ライン  $L_2$  の先端のエンドゾーンに設けられた圧縮機 3 1 に送られ、ここで原料ガス 1 1 のガス圧と同程度の 4 0 、 4 0 k g / c m<sup>2</sup> A に圧縮され、混合部 3 2 で原料ガス 1 1 と混合され、再度液化される。この再液化の際、冷媒ガスを試験例 1 よりも高い圧力としているので、圧縮機 3 1 の圧縮負荷が軽減され、動力低減を図ることができる。

## 【 0 0 7 4 】

この結果、本試験例 2 では、試験例 1 に較べて製造原単位の大幅な向上を図ることができる。 30

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 5 】

1 0 A ~ 1 0 E ガス液化装置

1 1 原料ガス

1 2 常温熱交換器

1 3 予備冷却熱交換器

1 4 液化・過冷却熱交換器

1 4 A 液化熱交換器

1 4 B 過冷却熱交換器

1 5 分離ドラム 40

2 1 冷媒ガス

2 2 圧縮ガス

3 1 圧縮機

3 2 混合部

$L_1$  原料ガス供給ライン

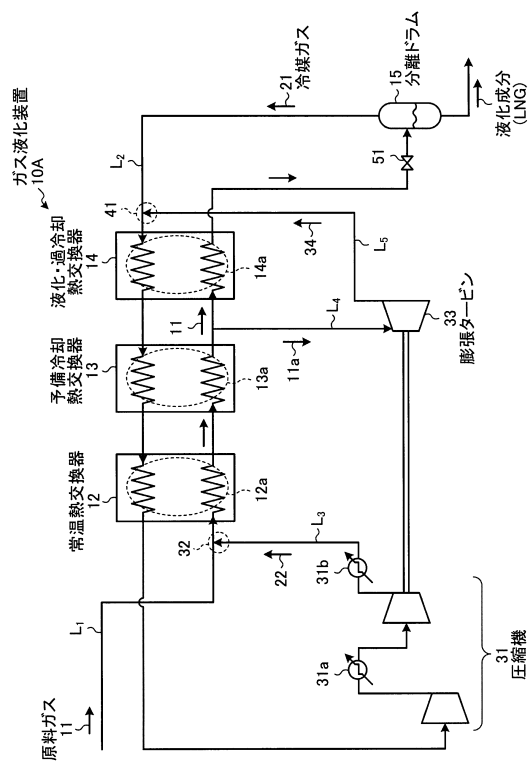
$L_2$  冷媒ガス供給ライン

$L_3$  圧縮ガス抜出ライン

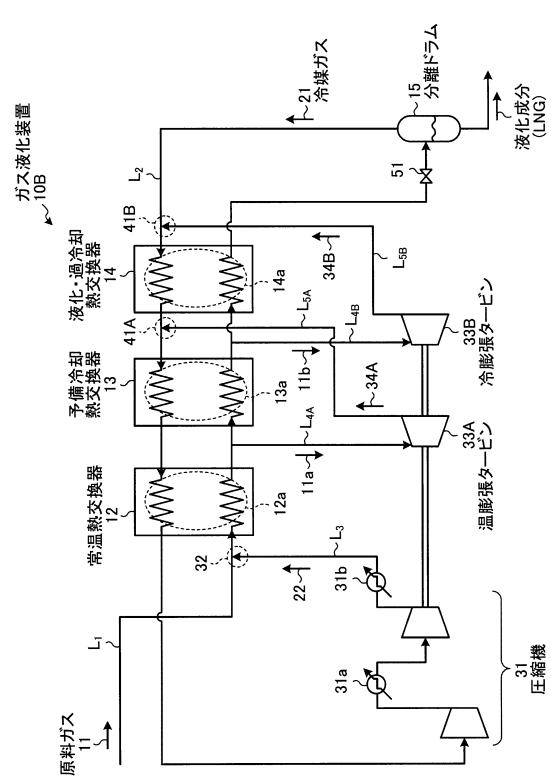
$L_4$  抜出ライン

$L_5$  冷却源ガス供給ライン

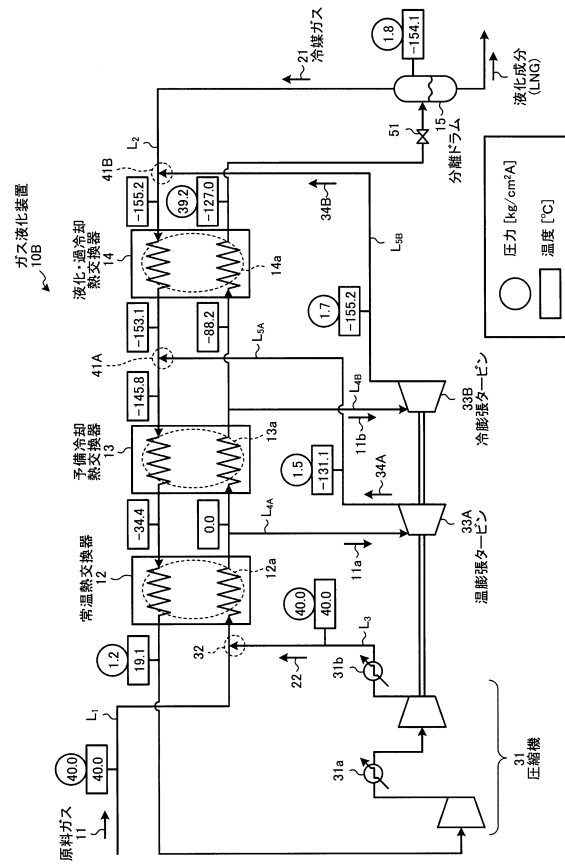
【図 1】



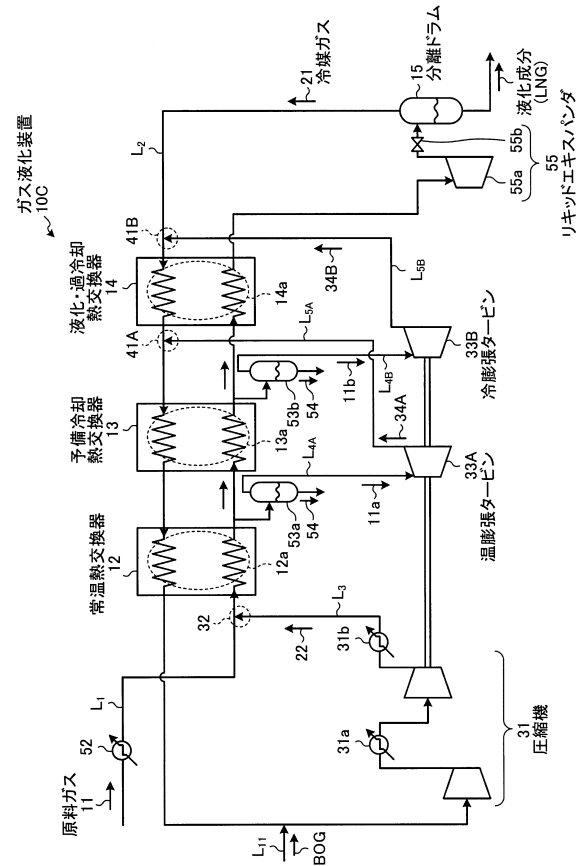
【図 2 - 1】



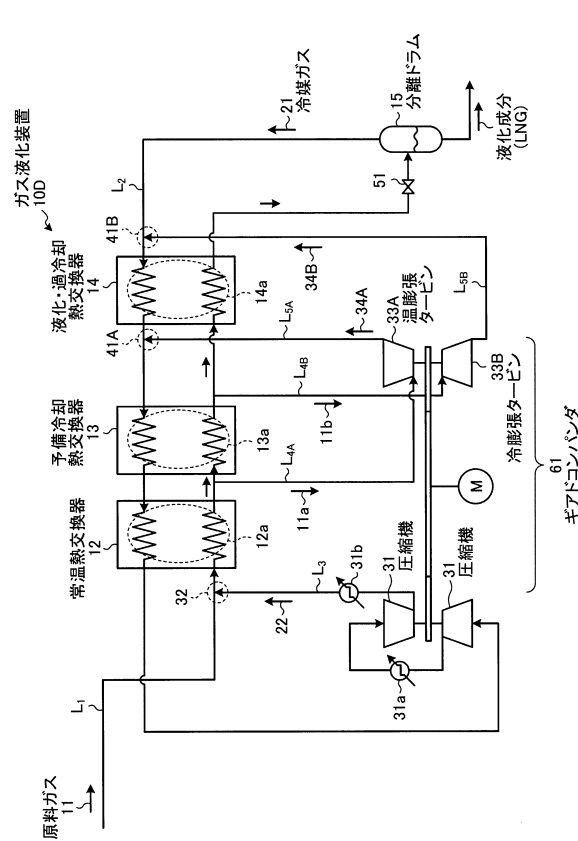
【図 2 - 2】



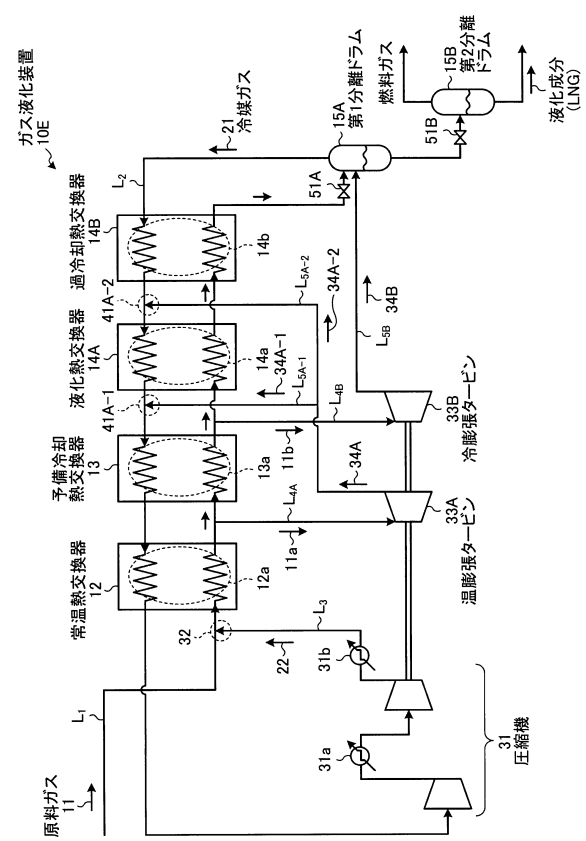
【図 3】



【図 4】

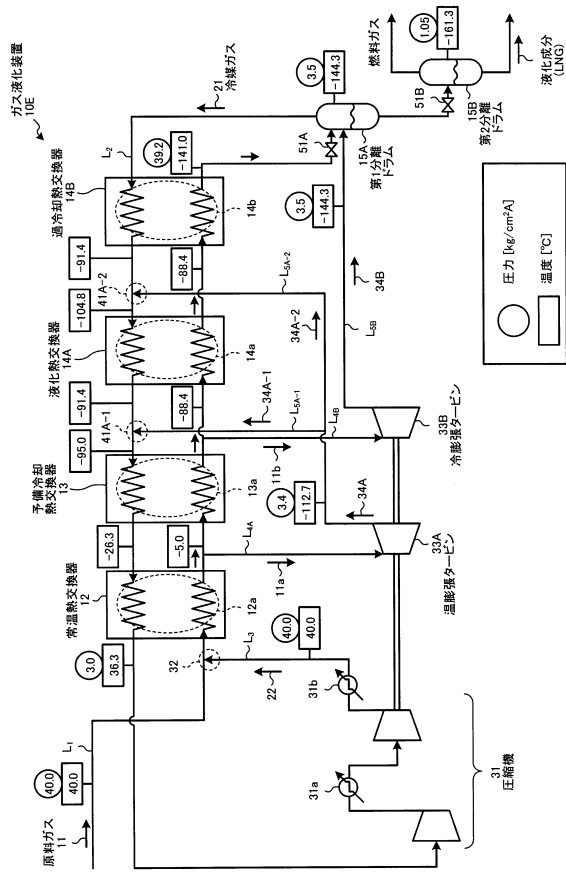


【図 5 - 1】





【図 5 - 2】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 古市 裕之  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 篠田 岳男  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 塩見 洋志  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内

審査官 田中 則充

- (56)参考文献 特表２００３－５１７５６１（ＪＰ，Ａ）  
米国特許出願公開第２００３／０１７７７８５（ＵＳ，Ａ１）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)  
Ｆ２５Ｊ１／００－５／００