

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4741468号
(P4741468)

(45) 発行日 平成23年8月3日(2011.8.3)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int.Cl. F I

F 2 5 J 1/02 (2006.01)

F 2 5 J 1/00 (2006.01)

F 2 5 B 1/00 (2006.01)

F 2 5 B 40/00 (2006.01)

F 2 5 J 1/02

F 2 5 J 1/00 B

F 2 5 B 1/00 3 9 6 B

F 2 5 B 1/00 3 9 6 T

F 2 5 B 40/00 V

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-506390 (P2006-506390)	(73) 特許権者	591035368
(86) (22) 出願日	平成16年3月16日 (2004. 3. 16)		エア プロダクツ アンド ケミカルズ
(65) 公表番号	特表2006-520885 (P2006-520885A)		インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成18年9月14日 (2006. 9. 14)		A I R P R O D U C T S A N D C H
(86) 国際出願番号	PCT/IB2004/000908		E M I C A L S I N C O R P O R A T E
(87) 国際公開番号	W02004/083752		D
(87) 国際公開日	平成16年9月30日 (2004. 9. 30)		アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレ
審査請求日	平成19年3月16日 (2007. 3. 16)		ンタウン ハミルトン ブールヴァード
(31) 優先権主張番号	10/391, 390		7 2 0 1
(32) 優先日	平成15年3月18日 (2003. 3. 18)		7 2 0 1 H a m i l t o n B o u l e
(33) 優先権主張国	米国 (US)		v a r d , A l l e n t o w n , P e
(31) 優先権主張番号	10/780, 613		n n s y l v a n i a 1 8 1 9 5 - 1 5
(32) 優先日	平成16年2月19日 (2004. 2. 19)		O 1 , U S A
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス液化用一体型多重ループ冷却方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガス（１）を液化するための方法であり、液化製品（１３）を提供するため３つの熱交換ゾーン（３１０、３１１及び３１２）を逐次的に通過する原料ガス流をそれぞれ第１、第２、及び第３の温度範囲で冷やすことを含み、前記第１の温度範囲で原料ガス流を冷やすための冷却を第１の冷却ループの第１の気化する冷媒（１１７）によって行い、第２の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を第２の冷却ループの第２の気化する冷媒（２１３）によって行い、第３の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を第３の冷却ループの第３の気化する冷媒（３１５）によって行い、前記第１、第２、及び第３の冷媒は互いに組成を異にする、ガス液化方法であって、前記第３の冷却ループでの冷却は前記第１及び第２の冷却ループでの冷却とは独立していること、且つ、前記第３の（最低温）熱交換ゾーン（３１２）で気化した前記第３の気化する冷媒（３１５）から得た、そしてそれと同じ組成の、補助冷媒（３７３、３７７）を、第２の熱交換ゾーン（３１１）の最低温度より高い温度と、前記最低温熱交換ゾーンにおける気化とは異なる圧力で気化させる（３５７、３７９）ことによって、前記第３の冷却ループで追加の冷却を行うことを特徴とするガス液化方法。

【請求項 2】

ガス（１）を液化するための方法であり、液化製品（１３）を提供するため２つの熱交換ゾーン（３１１及び３１２）を逐次的に通過する原料ガス流をそれぞれ第１及び第２の温度範囲で冷やすことを含み、前記第１の温度範囲で原料ガス流を冷やすための冷却を第

1の冷却ループの第1の気化する冷媒(213)によって行い、第2の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を、前記第1の冷却ループでの冷却とは独立して、第2の冷却ループの第2の気化する冷媒(315)によって行い、そして追加の冷却を、前記第2の(最低温)熱交換ゾーン(312)で気化した前記第2の気化する冷媒(315)から得た補助冷媒(373、377)を、第1の熱交換ゾーン(311)の最低温度より高い温度で気化させる(357、379)ことによって前記第2の冷却ループで行うガス液化方法であって、前記補助冷媒(373)が前記最低温熱交換ゾーン(312)で気化する冷媒(315)と同じ組成であるが、異なる圧力で気化(375)されることを特徴とするガス液化方法。

【請求項3】

前記最低温熱交換ゾーン(312)のための冷媒(315)を、

(1)前記最低温熱交換ゾーンからの気化した冷媒(316)を圧縮し(359)冷やし(363)て中間の圧縮冷媒(365)を提供すること、

(2)中間の圧縮冷媒(365)を気化した補助冷媒(367)と一緒にして一緒にした中間冷媒を提供すること、

(3)一緒にした中間冷媒を圧縮し(319)冷やし(320)て、冷やした圧縮冷媒(328)を提供すること、及び、

(4)冷やした圧縮冷媒(328)を気化する補助冷媒(373)との間接熱交換によって更に冷やし凝縮させ(357)て一緒にした冷媒(369)を提供し、その一部(329)が前記最低温熱交換ゾーン(312)のための冷媒(315)を提供し別の一部が当該補助冷媒(373)を提供すること、

によって提供する、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

原料ガス流(1)が天然ガスである、請求項1～3のいずれか1つに記載の方法。

【請求項5】

前記第1の冷媒が単一又は多成分の冷媒であり、前記第2及び第3の冷媒がそれぞれ多成分の冷媒である、請求項1～4のいずれか1つに記載の方法。

【請求項6】

前記第1の熱交換ゾーン(310)が原料ガス流を-35と-55の間に冷却し、前記第2の熱交換ゾーン(311)が原料ガス流を-40と-100の間に冷却し、前記第3の熱交換ゾーン(312)が原料ガス流を-85と-160の間に冷却する、請求項1～5のいずれか1つに記載の方法。

【請求項7】

ガス(1)を液化するための方法であり、液化製品(13)を提供するため3つの熱交換ゾーン(310、311及び312)を逐次的に通過する原料ガス流をそれぞれ第1、第2、及び第3の温度範囲で冷やすことを含み、前記第1の温度範囲で原料ガス流を冷やすための冷却を第1の冷却ループの第1の気化する冷媒(117)によって行い、第2の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を第2の冷却ループの第2の気化する冷媒(213)によって行い、第3の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を第3の冷却ループの第3の気化する冷媒(315)によって行い、前記第1、第2、及び第3の冷媒は互いに組成を異にし、前記第3の冷却ループでの冷却は前記第1及び第2の冷却ループでの冷却とは独立しており、前記第3の(最低温)熱交換ゾーン(312)で気化した前記第3の気化する冷媒(315)から得た、そしてそれと同じ組成の、補助冷媒(373、377)を、第2の熱交換ゾーン(311)の最低温度より高い温度と、前記最低温熱交換ゾーンにおける気化とは異なる圧力で気化させる(357、379)ことにより、前記第3の冷却ループで追加の冷却を行うガス液化方法によってガス流(1)を液化するためのシステムであり、液化製品(13)を提供するため第1、第2、及び第3のそれぞれの温度範囲を逐次的に通過するガス流(1)を冷やすための3つの熱交換ゾーン(310、311及び312)と、当該熱交換ゾーン(310、311及び312)へ組成を互いに異にするそれぞれ第1、第2、及び第3の冷媒(117、213及び315)を提供するための

10

20

30

40

50

それぞれの冷却システムとを含むガス流液化システムであって、前記最低温熱交換ゾーン（３１２）のための冷却システムがほかの熱交換ゾーン（３１０及び３１１）のための冷却システムから独立しており、且つ、前記第３の（最低温）熱交換ゾーン（３１２）で気化した前記第３の冷媒（３１５）から得た、それと同じ組成である補助冷媒（３７３、３７７）を、前記第２の熱交換ゾーン（３１１）の最低温度より高い温度と、前記最低温熱交換ゾーンにおける気化とは異なる圧力で気化させるために、更なる熱交換ゾーン（３５７、３７９）が存在することを特徴とするガス流液化システム。

【請求項８】

ガス（１）を液化するための方法であり、液化製品（１３）を提供するため２つの熱交換ゾーン（３１１及び３１２）を逐次的に通過する原料ガス流をそれぞれ第１及び第２の温度範囲で冷やすことを含み、前記第１の温度範囲で原料ガス流を冷やすための冷却を第１の冷却ループの第１の気化する冷媒（２１３）によって行い、第２の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を、前記第１の冷却ループでの冷却とは独立して、第２の冷却ループの第２の気化する冷媒（３１５）によって行い、そして追加の冷却を、前記第２の（最低温）熱交換ゾーン（３１２）で気化した前記第２の気化する冷媒（３１５）から得た補助冷媒（３７３、３７７）を、第１の熱交換ゾーン（３１１）の最低温度より高い温度で気化させる（３５７、３７９）ことによって前記第２の冷却ループで行い、前記補助冷媒（３７３）が前記最低温熱交換ゾーン（３１２）で気化する冷媒（３１５）と同じ組成であるが、異なる圧力で気化（３７５）されるガス液化方法によってガス流（１）を液化するためのシステムであり、液化製品（１３）を提供するためそれぞれ第１及び第２の温度範囲を逐次的に通過するガス流（１）を冷やすための２つの熱交換ゾーン（３１１及び３１２）と、当該熱交換ゾーン（３１１及び３１２）へそれぞれの冷媒（２１３及び３１５）を提供するためのそれぞれ第１及び第２の冷却システムと、前記ゾーン（３１２）で気化した冷媒（３１５）から得た補助冷媒（３７３、３７７）を前記第１の熱交換ゾーン（３１１）の最低温度より高い温度で気化させるための更なる熱交換ゾーン（３５７、３７９）とを含むガス流液化システムであって、前記補助冷媒（３７３）が前記最低温熱交換ゾーン（３１２）で気化する冷媒（３１５）と同じ組成であるが、前記更なる熱交換ゾーン（３５７）において異なる圧力で気化されることを特徴とするガス流液化システム。

【請求項９】

中間の圧縮冷媒（３６５）を提供するため前記最低温熱交換ゾーンからの気化した冷媒（３１６）を圧縮し（３５９）冷やす（３６３）ための手段、
 中間の圧縮冷媒（３６５）を気化した補助冷媒（３６７）と一緒にして一緒にした中間冷媒を提供するため手段、及び、
 一緒にした中間冷媒を圧縮し（３１９）冷やし（３２０）て冷やした圧縮冷媒（３２８）を提供するため手段、
 を含み、前記更なる熱交換手段（３５７）が、気化する補助冷媒（３７３）との間接熱交換によって前記冷やした圧縮冷媒（３２８）を更に冷やし凝縮して一緒にした冷媒（３６９）を提供し、その一部（３２９）が前記最低温熱交換ゾーン（３１２）のための冷媒（３１５）を提供し、別の一部が補助冷媒（３７３）を提供する、請求項７又は８に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【０００１】

多重ループ冷却システムは、低温でガスを液化するため広く使用されている。例えば、天然ガスの液化では、２つ又は３つの閉ループ冷却システムを一体化して逐次的に低くなる温度範囲で原料ガスを冷やし液化する寒冷を提供することができる。通常、こうした閉ループ冷却システムの少なくとも１つは、液体混合冷媒が気化する際選択した温度範囲の寒冷を提供し間接熱移動によって原料ガスを冷やす多成分又は混合冷媒を使用する。２つの混合冷媒システムを使用するシステムは周知であるが、用途によっては、プロパンなどの純粋成分冷媒を使用する第３の冷媒システムが原料ガスの初期冷却を行う。この第３の

10

20

30

40

50

冷媒システムを使用して、圧縮後の混合冷媒の一方又は両方を凝縮させる冷却の一部を行ってもよい。最低温度範囲の寒冷は、より高い温度範囲で動作する混合冷媒ループに一体化されたガスエキスパンドループによって提供してもよい。

【 0 0 0 2 】

天然ガスを液化する通常の多重ループ混合冷媒プロセスでは、低レベル又は最低温の冷却ループは、約 - 3 0 ~ 約 - 1 6 5 の温度範囲での気化により寒冷を提供して、冷やした原料ガスの最終的な液化と、随意的な過冷却を行う。例えば、代表的な米国特許第 6 1 1 9 4 7 9 号明細書及び第 6 2 5 3 5 7 4 号明細書に記載の通り、冷媒は最低温度範囲で完全に気化し、そしてそれを冷媒圧縮機に直接戻してもよい。あるいはまた、完全に気化した冷媒を、米国特許第 4 2 7 4 8 4 9 号明細書及び第 4 7 5 5 2 0 0 号明細書に記載の通り原料ガスを予冷するため、あるいはオーストラリア国特許第 4 3 9 4 3 / 8 5 号明細書に記載の通り冷媒流を冷やすために、圧縮前に加温してもよい。こうした通常の液化プロセスの一般的な特徴は、低レベル又は最低温の冷却ループの冷媒が、最低温度範囲の寒冷を提供しながら完全に気化するということである。こうして、気化した冷媒から他のプロセス流への顕熱の移動によって、圧縮前に冷媒による追加の冷却が行われる。

10

【 0 0 0 3 】

3 つの一体型閉ループ冷却システムを使用する既知の液化プロセスでは、第 3 又は最低温の冷却システムの処理設備の規模はより高温の 2 つの冷却システムに比較して小さくてよい。プロセスの液化能力が増大するにつれて、より高温の 2 つのシステムの圧縮設備と熱交換設備の大きさは設備の製造供給業者から入手可能な最大の大きさに達するが、最低温度の冷却システムの対応する設備の大きさはその最大の大きさより小さくなる。この液化プロセスの生産能力を更に増大するためには、高温の 2 つの冷却システムの圧縮及び / 又は熱交換器の大きさの制限のため、並列のトレインが必要になる。

20

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

入手可能な圧縮機及び熱交換器の大きさの限界にあるこの液化プロセスの最大生産能力を増大し、それによってより大型の単一トレインの液化方法の利用を可能にすることが望ましい。

【 課題を解決するための手段 】

30

【 0 0 0 5 】

本発明の態様はこの必要に対処するものであり、高温の冷却システムのための並列の複式設備を必要とすることなしに生産能力を増大した一体型冷却システムに関するものである。本発明の一つの態様は、第 1 及び第 2 の温度範囲を逐次的に通して原料ガス流を冷やし液化製品を提供することを含むガスを液化するための方法であって、第 1 の温度範囲で原料ガス流を冷やすための冷却を第 1 の気化する冷媒によって行い、第 2 の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を第 2 の気化する冷媒によって行い、そして更に、第 2 の気化する冷媒から得た補助冷媒が、第 1 の温度範囲の最低温度より高い温度で気化することによって追加の冷却を行うガス液化方法を提供する。

【 0 0 0 6 】

40

別の態様は、第 1、第 2、及び第 3 の温度範囲を逐次的に通過する原料ガス流を冷やして液化製品を提供することを含むガスを液化するための方法であって、第 1 の温度範囲で原料ガス流を冷やす冷却を第 1 の気化する冷媒によって行い、第 2 の温度範囲で当該流れを冷やす冷却を第 2 の気化する冷媒によって行い、第 3 の温度範囲で当該流れを冷やす冷却を第 3 の気化する冷媒によって行い、そして更に、第 3 の気化する冷媒から得た補助冷媒が、第 2 の温度範囲の最低温度より高い温度で気化することによって追加の冷却を行うガス液化方法に関する。

【 0 0 0 7 】

本発明の一つの態様は、(a) 第 1 の冷媒を気化させることによって第 1 の温度範囲で流れを冷やすための冷却を行い、(b) 第 1 の圧力で第 2 の冷媒の第 1 の部分を気化させ

50

ることによって第2の温度範囲で流れを冷やすための冷却を行い、(c)第2の圧力で第2の冷媒の第2の部分を気化させることによって第1の温度範囲の最低温度より高い温度で追加の冷却を行うことによって、第1及び第2の温度範囲を逐次的に通過する原料ガス流を冷やし液化製品を提供することを含む、ガスを液化するための方法を包含する。第1の圧力は、第2の圧力より低くてもよい。

【0008】

本発明の別の態様は、ガスを液化するための方法であって、第1、第2、及び第3の温度範囲を逐次的に通過する原料ガス流を、

(a)第1の冷媒を気化させることによって第1の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、

10

(b)第2の冷媒を気化させることによって第2の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、

(c)第1の圧力で第3の冷媒の第1の部分を気化させることによって第3の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、及び、

(d)第2の圧力で第3の冷媒の第2の部分を気化させることによって第2の温度範囲の最低温度より高い温度で追加の冷却を行うこと、

によって冷却して液化製品を提供することを含むガス液化方法を含む。

【0009】

第1の圧力は第2の圧力より低くてもよい。第1の冷媒は単一成分冷媒であることができ、第2及び第3の冷媒は多成分冷媒であることができる。第1の温度範囲は約35と約-70の間でよく、第2の温度範囲は約0と約-140の間の温度でよく、第3の温度範囲は約-90と約-165の温度でよい。原料ガス流は天然ガスでよい。

20

【0010】

第3の冷媒は、

(1)中間圧縮した冷媒を提供するため気化する冷媒を圧縮し冷やすこと、

(2)中間圧縮した冷媒を追加の気化した冷媒と一緒にして一緒にした中間冷媒を提供すること、

(3)一緒にした中間冷媒を圧縮し冷やして冷やした圧縮冷媒を提供すること、

(4)冷やした圧縮冷媒を更に冷やし凝縮させて第3の冷媒を提供し、この冷やし凝縮させるための冷却を第2の圧力で第3の冷媒の第2の部分を気化させることによって行うこと、

30

によって提供してもよい。

【0011】

第1の圧縮した蒸気の冷却は2相流を生じさせてもよく、そして本方法は更に、当該2相流を蒸気流と液体流とに分離すること、蒸気流を圧縮して更に圧縮した蒸気を生じさせること、液体流をポンプで処理し加圧した液体を提供すること、更に圧縮した蒸気と加圧した液体とを一緒にして一緒にした冷媒流を生じさせること、そして一緒にした冷媒流を冷やして冷やした圧縮冷媒を提供することを含んでもよい。

【0012】

本発明の別の広範な態様は、ガスを液化するための方法であって、第1及び第2の温度範囲を逐次的に通過する原料ガス流を、

40

(a)第1の冷媒を気化させることによって第1の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、

(b)第2の冷媒を気化させることによって第2の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、及び、

(c)第2の冷媒から得た補助冷媒を気化させることによって第1の温度範囲の最低温度より高い温度で追加の冷却を行うこと、

によって冷やして液化製品を提供することを含むガス液化方法に関する。

【0013】

本発明のもう一つの別態様は、ガスを液化するための方法であって、第1、第2、及び

50

第 3 の温度範囲を逐次的に通過する原料ガス流を、

(a) 第 1 の冷媒を気化させることによって第 1 の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、

(b) 第 2 の冷媒を気化させることによって第 2 の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、

(c) 第 3 の冷媒を部分的又は完全に気化させることによって第 3 の温度範囲で当該流れを冷やすための冷却を行うこと、及び、

(d) 第 3 の冷媒から得た補助冷媒を気化させることによって第 2 の温度範囲の最低温度より高い温度で追加の冷却を行うこと、

によって冷やして液化製品を提供することを含むガス液化方法に関する。

10

【 0 0 1 4 】

第 1 の冷媒は単一成分冷媒であることができる。第 2 及び第 3 の冷媒は多成分冷媒であることができる。第 1 の温度範囲は約 3 5 と約 - 7 0 の間でよく、第 2 の温度範囲は約 0 と約 - 1 4 0 の間でよく、第 3 の温度範囲は約 - 9 0 と約 - 1 6 5 の範囲にあることができる。原料ガス流は天然ガスでもよい。

【 0 0 1 5 】

補助冷媒は、

(1) 第 3 の冷媒を部分的又は完全に気化させて部分的又は完全に気化した加温した冷媒を提供すること、

(2) 加温した冷媒を冷やした減圧冷媒と一緒にして補助冷媒を提供すること、
によって提供してもよく、その際の冷やした減圧冷媒は、

20

(3) 補助冷媒を気化させて気化した補助冷媒を生じさせること、

(4) 気化した補助冷媒を圧縮し冷やして、冷やし、圧縮し、部分的に凝縮した補助冷媒にすること、

(5) 冷やし、圧縮し、部分的に凝縮した補助冷媒を液体部分と蒸気部分とに分離すること、

(6) 液体部分を気化する補助冷媒との間接熱交換によって更に冷やして冷やした液体冷媒を提供すること、及び、

(7) 冷やした液体冷媒を減圧して冷やした減圧冷媒を提供すること、
によって提供される。

30

【 0 0 1 6 】

第 1 の圧縮蒸気の冷却は 2 相流を生じさせてもよく、そして本方法は更に、この 2 相流を蒸気流と液体流とに分離すること、蒸気流を圧縮して更に圧縮した蒸気を生じさせること、液体流をポンプで処理して加圧した液体を提供すること、更に圧縮した蒸気と加圧した液体とと一緒にして一緒にした冷媒流を生じさせること、そして一緒にした冷媒流を冷やして、冷やし、圧縮し、部分的に凝縮した補助冷媒を提供することを含んでもよい。

【 0 0 1 7 】

以下の説明は、例示のみとして本発明の現在好適な態様を添付の図面を参照して行うものである。

【 発明を実施するための最良の形態 】

40

【 0 0 1 8 】

ここで説明する本発明の態様は、逐次的に温度が低下する 3 つの温度範囲を通して原料流を冷やす 3 つの閉ループ冷却システムを利用するガス液化用の改良冷却プロセスに関する。これらの態様は、これらの温度範囲のうち最低温の冷却を提供し、該最低温の温度範囲の冷却システムで使用する圧縮機と熱交換設備の寸法が、より高い温度範囲で使用する冷却システムの圧縮機及び熱交換器の寸法に対して増大する冷却システムの改良を対象とする。ここで使用する冷却という用語は、流体流から冷媒への周囲温度未満の温度の熱の間接移動を意味する。冷媒は、別の流れとの間接熱交換によってその流れからの熱を吸収する純粋又は混合流体である。

【 0 0 1 9 】

50

代表的な従来技術の液化プロセスの概略フローダイアグラムを図 1 に示す。管路 1 の供給ガス、例えば、水と他の容易に凝縮する不純物を除去するため前処理された天然ガスを、第 1 の熱交換器 3 で第 1 の気化する冷媒との間接熱交換によって第 1 の温度範囲を通して冷やす。冷媒は、プロパンのような純粋成分の冷媒でもよく、あるいはまた、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン、及びイソブタンから選択される 2 種以上の軽質炭化水素を含む多成分冷媒でもよい。

【 0 0 2 0 】

管路 5 の冷やした原料を、第 2 の熱交換器 7 で第 2 の気化する冷媒との間接熱交換によって第 2 の温度範囲を通して更に冷やす。管路 9 の更に冷やした原料を、第 3 の熱交換器 11 で第 3 の気化する冷媒との間接熱交換によって第 3 の温度範囲を通してなお更に冷やし液化する。冷媒は通常、メタン、エタン、エチレン、プロパン、及びプロピレンから選択される 2 種以上の冷媒成分を含む多成分冷媒である。管路 13 の最終液化製品は、管路 17 の最終液体製品をもたらすため膨張弁 15 を通して減圧してもよい。

【 0 0 2 1 】

この処理のための冷却は、一般的に、3つの入れ子式又はカスケード式の冷却システムによって提供する。第 1 の冷却システムは、管路 101 の蒸気冷媒を第 1 段の圧縮機 103 に供給することによって機能し、その際ガスは 2 ~ 4 bara に圧縮され（ここに記載の圧力は全て絶対圧力である）、後部冷却器 105 で冷やされ、第 2 の圧縮機 107 で 6 ~ 10 bara に更に圧縮され、後部冷却器 109 で冷やされて管路 111 の周囲温度の圧縮した冷媒を提供する。圧縮した冷媒は、第 1 の熱交換器 3 の熱交換通路で更に冷やされ少なくとも部分的に凝縮する。管路 113 の部分的又は完全に凝縮した冷媒を絞り弁 115 を通して減圧して管路 117 の減圧した冷媒を提供し、そしてこの冷媒を別個の熱交換通路で気化して第 1 の熱交換器 3 の冷却を行う。管路 101 の気化した冷媒を上記のように圧縮する。

【 0 0 2 2 】

第 2 の冷却システムは、管路 201 の蒸気冷媒を圧縮機 203 に供給することによって機能し、その際ガスは 10 ~ 20 bara に圧縮され、後部冷却器 205 でほぼ周囲温度まで冷やされる。管路 207 の圧縮した冷媒は第 1 の熱交換器 3 と第 2 の熱交換器 7 の熱交換通路で更に冷やされ、そして少なくとも部分的に凝縮する。管路 209 の部分的又は完全に凝縮した冷媒を絞り弁 211 を通して減圧して管路 213 の減圧した冷媒を提供し、そしてこの冷媒を別個の熱交換通路で気化して第 2 の熱交換器 7 の冷却を行う。管路 201 の気化した冷媒を上記のように圧縮する。

【 0 0 2 3 】

第 3 の冷却システムは、管路 301 の蒸気冷媒を圧縮機 302 に供給することによって機能し、その際ガスは約 35 ~ 約 60 bara に圧縮され、後部冷却器 303 でほぼ周囲温度まで冷やされる。管路 304 の圧縮した冷媒は第 1 の熱交換器 3、第 2 の熱交換器 7、及び第 3 の熱交換器 11 の熱交換通路で更に冷やされ、少なくとも部分的に凝縮する。管路 305 の部分的又は完全に凝縮した冷媒を絞り弁 307 を通し減圧して管路 309 の減圧した冷媒を提供し、そしてこの冷媒は別個の熱交換通路で気化して第 3 の熱交換器 11 の冷却を行う。管路 301 の気化した冷媒を上記のように圧縮する。熱交換器 11 と圧縮機 302 を含む第 3 の冷却ループを使用することによって、原料ガスを液化するために必要な総冷却負荷の一部が提供され、第 1 及び第 2 の冷却システムの冷却負荷と寸法が減少する。

【 0 0 2 4 】

図 1 の 3 つの冷却ループを使用する従来技術の方法に対する既知の改変又は代案が可能である。例えば、第 1 の冷却ループは、3つの異なる圧力で冷媒を気化し、気化した冷媒が多段圧縮機の異なる段に戻るカスケード冷却を利用してよい。第 2 の冷却ループは、熱交換器 7 の 2 つの別個の組の熱交換通路を通して 2 つの異なる圧力で冷媒を気化し、気化した各冷媒流を 2 つの別個の圧縮段に戻してもよい。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

別の改変では、第3の冷却ループは、熱交換器11の2つの別個の組の熱交換通路を通して2つの異なる圧力で冷媒を気化し、そして気化した各冷媒流を2つの別個の圧縮段に戻してもよい。圧縮機302の前の管路301の気化した冷媒は、第2の冷媒流215の一部と管路304の圧縮した冷媒の一部とを冷やすために別個の熱交換器で使用してもよい。

【0026】

3つの冷却ループによる別の周知の方法では、第1の冷却ループの気化する冷媒を使用して原料ガスを予冷し、第2の冷却ループからの気化する冷媒の一部によって第1の冷却ループの圧縮機の吐出物を冷やし凝縮する。圧縮前の第3の熱交換器からの第3の冷却ループの気化した冷媒を使用して、原料ガスを更に予冷する。次いで、この更に予冷した原料ガスを第3の熱交換器で冷やし凝縮する。第2の冷却ループは圧縮した第3の冷媒を冷やし凝縮する。

【0027】

こうした周知の液化方法に共通する特徴は、第3の冷却ループ、すなわち低レベル又は最低温の冷却ループの冷媒が、最低温度範囲の冷却を行いつつ完全に気化することである。圧縮の前に冷媒によって提供される追加の冷却はいずれも、気化した冷媒から他のプロセス流への顕熱の移動のみによって行われる。

【0028】

図2に示す本発明の第1の典型的態様を参照すると、管路1の原料ガス、例えば、水と他の凝縮可能な不純物を除去するため前処理した天然ガスを、第1の熱交換器310の第1の気化する冷媒との間接熱交換によって第1の温度範囲を通して冷やす。冷媒は、例えば、エタン、エチレン、プロパン、ブタン、n-ペンタン、及びi-ペンタン(すなわち2-メチルブタン)から選択される2種以上の軽質炭化水素を含む多成分冷媒でよい。あるいはまた、冷媒はプロパンのような単一成分でもよい。第1の温度範囲の高い方の温度は周囲温度でよく、第1の温度範囲の低い方の温度は約-35と約-55の間でよい。第1の温度範囲内の所望の低い方の温度を達成するのに、特定の冷媒組成を選択してもよい。

【0029】

管路5の冷やした原料ガスを、第2の熱交換器311の第2の気化する冷媒との間接熱交換により第2の温度範囲を通して、約-40と約-100の間の温度まで更に冷やす。冷媒は通常、多成分冷媒であり、例えば、メタン、エタン、エチレン、及びプロパンから選択される2種以上の成分を含むことができる。第2の温度範囲内の所望の低い方の温度を達成するのに、特定の冷媒組成を選択してもよい。

【0030】

管路9の更に冷やした冷媒を、第3の熱交換器312の第3の気化する冷媒との間接熱交換によって、約-85と約-160の間の低い方の温度に達する第3の温度範囲を通して、なお更に冷やし、液化する。この冷媒は多成分冷媒であり、例えば、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、4つの炭素原子を有する1種以上の炭化水素、n-ペンタン、i-ペンタン(すなわち、2-メチルブタン)、及び窒素から選択される2種以上の成分を含むことができる。この冷媒では、i-ペンタンが好適な(とは言え必須ではない)成分である。第3の温度範囲内の所望の低い方の温度を達成するのに、特定の冷媒組成を選択してもよい。管路17の最終液体製品をもたらすため、管路13の最終液化製品を膨張弁15を通して減圧してもよい。

【0031】

第1の温度範囲は第1の温度と第2の温度とによって定義することができ、第1の温度は周囲温度でもよい。第2の温度範囲は上記の第2の温度と第3の温度とによって定義することができ、第3の温度範囲は上記の第3の温度と第4の温度とによって定義することができる。第1の温度範囲は最高の又は一番温かい温度範囲であり、第3の温度範囲は最低の又は一番冷たい温度範囲である。第1の温度は最高温度であり、第4の温度は最低温度である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

この方法のための冷却は3つの入れ子式又はカスケード式の冷却システムによって提供してもよい。第1の冷却システムは、図1を参照して上記で説明した第1の冷却システムと同様のものでよく、管路101の蒸気冷媒を第1段の圧縮機103に供給することによって機能することができ、その際ガスは2～4 b a r aに圧縮され、後部冷却器105で冷やされ、第2の圧縮機107で6～10 b a r aに更に圧縮され、そして後部冷却器109で冷やされて、管路111の周囲温度の圧縮した冷媒を提供する。圧縮した冷媒は、第1の熱交換器310の熱交換通路で更に冷やされ、少なくとも部分的に凝縮する。管路113の部分的又は完全に凝縮した冷媒を絞り弁115を通し減圧して管路117の減圧した冷媒を提供し、そしてこの冷媒は別個の熱交換通路で気化して第1の熱交換器3の冷却を行う。管路101の気化した冷媒を上記のように圧縮する。

10

【 0 0 3 3 】

第2の冷却システムは、図1を参照して上記で説明した第1の冷却システムと同様のものでよく、管路201の蒸気冷媒を圧縮機203に供給することによって機能することができ、その際ガスは10～20 b a r aに圧縮され、後部冷却器205でほぼ周囲温度まで冷やされる。管路207の圧縮した冷媒は、第1の熱交換器310と第2の熱交換器311の熱交換通路で更に冷やされ、少なくとも部分的に凝縮する。管路209の部分的又は完全に凝縮した冷媒を絞り弁211を通し減圧して管路213の減圧した冷媒を提供し、そしてこの冷媒は別個の熱交換通路で気化して第2の熱交換器311の冷却を行う。管路201の気化した冷媒を上記のように圧縮する。

20

【 0 0 3 4 】

この態様の第3の冷却システムは、前に説明した従来技術の第3の冷却システムとは異なっており、第1及び第2の冷却システムとは独立して機能する。この第3の冷却システムでは、管路313の凝縮した冷媒を絞り弁314を通して減圧し、管路315からの減圧した凝縮冷媒を第3の熱交換器312で部分的に気化してそこにおける冷却を行う。

【 0 0 3 5 】

低温の熱交換器312への冷媒は、完全に気化させて周囲温度より低い温度で圧縮する。圧縮した冷媒の冷却の一部は、第3の熱交換器312の最高温度より高く且つ熱交換器311における原料流の最低温度より高い温度での熱交換器357における自己冷却によって行われる。熱交換器357の気化する冷媒の圧力は、低温の熱交換器312の気化する冷媒の圧力より高い。

30

【 0 0 3 6 】

管路316の気化した冷媒は、第1の圧縮機359で3～25 b a r aの範囲の圧力に圧縮し、管路361の圧縮した流れを冷却器363で周囲温度近くまで冷やして、管路365の中間の圧縮ガスを提供する。この中間の圧縮ガスを管路367の気化した補助冷媒流（下記で説明する）と一緒にし、そして一般に周囲温度に近くて20～50 b a r aの圧力にある一緒にした冷媒流を第2の圧縮機319で更に圧縮し、中間冷却器320で冷やして部分的に凝縮し、そして分離器321で分離して管路322の蒸気流と管路323の液体流とを提供する。

【 0 0 3 7 】

管路322の蒸気流を圧縮機324で30～70 b a r aの圧力に更に圧縮し、分離器321からの液体流323をポンプ325によって同じ圧力に加圧し、2つの加圧した流れを一緒にして2相冷媒流326にし、これを後部冷却器327で空気又は冷却水により更に冷やす。

40

【 0 0 3 8 】

管路328の部分的又は完全に凝縮した冷媒を熱交換器357で更に冷やして管路369の冷やした冷媒を提供し、そしてこの冷媒流を第1及び第2の部分に分ける。第1の部分絞り弁371を通して減圧し、補助冷媒として定義することができるこの減圧した冷媒は、管路373を流れて熱交換器357に至り、そこでそれを加温して気化させてそこでの冷却を行い、管路367の気化した補助冷媒流を生じさせる。冷やした冷媒の第2の

50

部分は管路 3 2 9 を流れ、熱交換器 3 1 2 の流動通路 3 5 6 で更に冷やされて、上述の冷媒 3 1 3 をもたらす。こうして、管路 3 6 7 及び 3 7 3 の補助冷媒が管路 3 1 5 の冷媒から得られ、この態様では管路 3 1 5 の冷媒と同じ組成を有する。

【 0 0 3 9 】

随意的に、分離器 3 2 1、ポンプ 3 2 5、圧縮機 3 2 4、及び冷却器 3 2 7 は使用せず、管路 3 2 8 の部分的又は完全に凝縮した冷媒は冷却器 3 2 0 から直接得られる。

【 0 0 4 0 】

通常、管路 3 1 5 の低圧冷媒流は熱交換器 3 1 2 において約 2 ~ 1 0 b a r a の圧力範囲で気化し、その一方、管路 3 7 3 の中間圧力冷媒流は熱交換器 3 5 7 において約 5 ~ 2 0 b a r a の範囲のより高い圧力で気化する。

10

【 0 0 4 1 】

上記の態様を天然ガスの液化のために使用する場合、メタンより重い炭化水素は、スクラブ塔又は他の部分凝縮及び/又は蒸留法を含めた既知の方法によって、最終的なメタン液化の前に凝縮し除去してもよい。これらの凝縮した天然ガス液体 (N G L) を分別して、冷却システムの冷媒のための選択した成分を提供してもよい。この態様に対する改変には、管路 3 1 5 及び 3 7 3 の低圧の気化する冷媒流によって行われるのより高温の冷却を行うためより高い第 3 の圧力で管路 3 6 9 の冷媒の一部を気化させるための方策を含めることができる。

【 0 0 4 2 】

第 3 の冷媒システムで使用する混合冷媒は、冷媒が広い温度範囲で気化するのを可能にする選択された成分と組成を有する。これらの成分と、冷媒が気化する温度範囲を選択する基準は、当業技術分野で周知の 3 ループ液化システムの第 3 又は低レベルの冷却ループで通常使用される混合冷媒を選択する基準と異なっている。本発明の第 3 のループの混合冷媒は、第 3 の温度範囲 (すなわち第 3 の熱交換器 3 1 2) でも第 2 の温度範囲の最低温度より高い温度 (すなわち第 2 の熱交換器 3 1 1 の最低温度より高い) でも気化することができるべきである。冷媒の組成と圧力に応じて、第 2 の温度範囲の最高温度より高い温度での気化が可能ながあり且つ望ましいことがある。

20

【 0 0 4 3 】

第 3 のループで使用する冷媒の代表的な組成 (モル %) は、5 ~ 1 5 % の窒素、3 0 ~ 6 0 % のメタン、1 0 ~ 3 0 % のエタン、0 ~ 1 0 % のプロパン、及び 0 ~ 1 5 % の i - ペンタンを含むことができる。冷媒中には 4 つの炭素原子を有する 1 種以上の炭化水素が存在してもよいが、好適には 4 つの炭素原子を有する 1 種以上の炭化水素の総濃度は i - ペンタンの濃度より低い。気化する圧力によるが、冷媒中の 4 つの炭素原子を有する 1 種以上の炭化水素に対する i - ペンタンのモル比は通常 1 より大きく、1 . 5 より大きくてもよい。冷媒中にはノルマルのペンタン (n - ペンタン) も存在してもよいが、その濃度は好適には i - ペンタンより低い。

30

【 0 0 4 4 】

第 3 の冷却ループで使用するための冷媒成分は、天然ガス原料の初期冷却によって凝縮するメタンより重い炭化水素液体から供給を受けてもよい。これらの凝縮した天然ガス液体 (N G L) を周知の方法によって回収及び分別して、好適な混合冷媒で使用するための個々の成分を得てもよい。例えば、天然ガス原料が n - ペンタンと i - ペンタンの両方を含む場合、そしてこれらの成分を第 3 の冷媒ループの冷媒で使用するため蒸留によって N G L から回収する場合には、冷媒中の n - ペンタンに対する i - ペンタンのモル比は原料ガス中の n - ペンタンに対する i - ペンタンのモル比より大きくてもよい。好適には、冷媒中の n - ペンタンに対する i - ペンタンのモル比は原料ガス中の n - ペンタンに対する i - ペンタンのモル比の 2 倍より大きい。i - ペンタンは n - ペンタンより凝固点が低く、そしてそれは冷媒をより低い温度で使用するのを可能にするので、この冷媒中で使用するのに i - ペンタンは n - ペンタン以上に好適である。

40

【 0 0 4 5 】

天然ガス原料が i - ペンタンと、4 つの炭素原子を有する 1 種以上の炭化水素の両方を

50

含む場合、そしてこれらの成分を第3の冷媒ループの冷媒で使用するため蒸留によってNGLから回収する場合には、冷媒中の4つの炭素原子を有する1種以上の炭化水素に対するi-ペンタンのモル比は原料ガス中の4つの炭素原子を有する1種の炭化水素に対するi-ペンタンのモル比より大きくてもよい。

【0046】

この態様の第3の冷却ループは自己冷却型であり、第1及び第2の冷却ループから独立している。図1の方法と対照的に、図2の第3の冷却ループの圧縮した冷媒は第1及び第2の冷却ループによって第1及び第2の熱交換ゾーンで冷やされることはない。このため、図1の方法と比較して、第1及び第2の冷却ループの負荷が軽減され、こうして第1及び第2の冷却ループの第1及び第2の熱交換ゾーンと圧縮設備の寸法が縮小する。これは、非常に大きな製品処理能力を得よう設計した液化システムで図2の方法を使用する場合に特に有益である。第1及び第2の冷却ループの圧縮及び熱交換設備の寸法が設備供給業者から入手可能な最大寸法に達している場合、図1の方法よりも図2の方法によって高い生産速度を達成できる。

【0047】

図2の方法の態様の变形が可能である。例えば、1段又は2段以上の圧縮を必要に応じて使用してもよく、これは蒸気圧縮段とともにポンプ送りするための複数の液体流を形成する。別の变形では、圧縮システムの冷媒の組成と圧力は、段間での凝縮が発生せず蒸気/液体の分離が必要ないようなものでもよい。

【0048】

図2の方法の別の態様では、第2の冷却システムは必要なく、熱交換器311、弁211、圧縮機203、冷却器205、及び関連する配管を使用しない。この別態様では、熱交換器310は管路207を通して供給される冷媒を冷やすための通路を含まない。従って、この態様の方法は、管路13の液化した製品を提供するため第1及び第2の温度範囲を逐次的に通過する管路1の原料ガスを冷やすことを含み、その際ガス流を冷やすための冷却は、第1の温度範囲で気化する管路117の第1の冷媒と、第2の温度範囲で気化し第1の温度範囲の最低温度より高い温度で更に気化する管路315の第2の冷媒とによって行われる。こうして、第1及び第2の冷媒が気化する温度範囲は重なり合う。この別態様では、第1の冷媒はプロパンでよく、第2の冷媒は多成分冷媒でよい。この態様の別のバージョンでは、両方の冷媒とも選択された多成分冷媒でよい。

【0049】

ここで図3の典型的態様を参照すると、低温の熱交換器312の冷却を行う第3の冷却ループを改変して、相分離によって第3の冷媒から得た内部的な補助液体冷媒による自己冷却を行う。図3の態様では、液化される管路9の原料流をこの低温熱交換器でその最終の最低温度に冷やし、減圧して管路13の液体製品を提供し、これを減圧して管路17の減圧した製品を提供してもよい。この最終の冷却のための寒冷は、管路329の冷媒を冷やして管路313の冷やした液体冷媒にし、絞り弁314を通して減圧し管路315の減圧した冷媒を生じさせ、そしてこの冷媒を部分的又は完全に気化させて熱交換器312の冷却を行うことによって提供する。

【0050】

管路316の部分的又は完全に気化した冷媒を、絞り弁375を通して減圧することによって得られる減圧した冷媒（下記で説明する）と一緒にして、管路377の一緒にした冷媒流を生じさせる。補助冷媒流と記述することができる、この一緒にした冷媒流を、熱交換器379で加温し気化させてそこでの冷却を行い、管路381の気化した補助冷媒を発生させる。この気化した補助冷媒を圧縮機319で圧縮し、中間冷却器320で冷やして部分的に凝縮し、そして分離器321で分離して管路322の蒸気流と管路323の液体流とを提供する。

【0051】

管路322の蒸気流は圧縮機324で30～70b a r aの圧力に更に圧縮し、分離器321からの液体流はポンプ325によって同じ圧力に加圧して、2つの加圧した流れを

10

20

30

40

50

一緒にして2相冷媒流326にし、これを後部冷却器327で空気又は冷却水によって更に冷やして、管路328の部分的に凝縮した補助冷媒を提供する。

【0052】

随意的に、分離器321、ポンプ325、圧縮機324、及び冷却器327は使用せず、管路328の部分的に凝縮した冷媒は冷却器320から直接提供される。

【0053】

この部分的に凝縮した補助冷媒流は管路328を通過して分離器330へと流れ、そこで分離されて管路385の蒸気冷媒部分と管路383の液体冷媒部分とを生じる。管路383の液体冷媒部分を熱交換器379で冷やして管路389の冷やした冷媒を生じさせ、これを絞り弁375を通して減圧し管路316の部分的又は完全に気化した冷媒と一緒にして、管路377の補助冷媒流を生じさせる。

10

【0054】

このように、管路383、389、377、及び381の冷媒は管路315の冷媒から得られる補助冷媒である。この態様では、この補助冷媒は管路315の冷媒と同じ成分を含むが組成が異なっている。組成が異なるのは、管路387の液体冷媒と管路385の蒸気冷媒とを生じさせる管路328の部分的に凝縮した冷媒の相分離の結果である。

【0055】

図2及び図3に例示した態様は両方とも、最低温度の冷却を行う第3の冷却ループからの冷媒を気化させて、熱交換器311の第2の冷却ループによって冷やされる原料の最低温度より高い温度と低い温度の両方の温度範囲の冷却を行う点で、従来技術と異なっている。このように、熱交換器311における原料の最低温度より高い温度での冷却が、最低温熱交換器312で冷却を行う管路315の冷媒から得た補助冷媒を気化させることによって熱交換器357(図2)又は379(図3)で行われる。熱交換器311で冷やされる原料の最低温度より低い温度での冷却が、熱交換器312で行われる。こうして、これらの2つの温度範囲での、すなわち熱交換器311における原料の最低温度より高い温度及び低い温度の両方での冷却が、第3の冷却ループによって行われる。

20

【0056】

更に、相分離後の管路383及び385の高圧冷媒を冷やすための冷却の全て又は大部分は第3の冷却ループの自己冷却によって行われ、そして第3の冷却ループにおける圧縮した冷媒のこの冷却は2つのより高温の冷却ループとは独立に行われる。この特徴は、2つのより高温の冷却ループの冷却の要求を大きく軽減し、それによって2つのより高温の冷却ループの圧縮機が工業的に入手できる最大寸法に達した場合に天然ガス液化プラントのより大きな生産能力を可能にする点で、有益である。

30

【0057】

図2及び図3の典型的方法に代わる別の態様を、それぞれ図4及び図5に示す。これらの別態様では、第1の冷却ループ(圧縮機103及び107、冷却器105及び109、そして絞り弁115)を単一構成要素のカスケード冷却システムに置き換える。第1の冷却ループの単一の冷媒としてプロパンを使用してもよい。第2及び第3の冷却ループは図2及び図3の態様と変わらない。

【0058】

40

多段圧縮機119と後部冷却器121は、周囲温度に近い温度及び10~15baraの範囲の圧力の管路123の圧縮した冷媒を提供するよう運転される。管路123の圧縮した冷媒は絞り弁125を通して減圧し、管路127の減圧した冷媒を熱交換器129で部分的に気化してそこでの冷却を行い、管路131の2相冷媒をもたらす。この2相冷媒を分離器133で分離して管路135の蒸気と管路137の液体を提供し、この蒸気は圧縮機119の低圧力段の吸引側に戻す。この液体は絞り弁139を通して減圧し、熱交換器129で部分的に気化してそこでの冷却を行う。管路141の2相冷媒を分離器143で分離して管路145の蒸気と管路147の液体にし、この蒸気は圧縮機119の中間段の吸引側に戻す。この液体は絞り弁149を通して減圧し、減圧した冷媒を熱交換器129で気化してそこでの更なる冷却を行う。管路151の蒸気を圧縮機119の入口に戻す

50

。

【 0 0 5 9 】

図 2 ~ 図 5 の態様のいずれかを、既存の 2 ループの複式混合冷媒液化プラント又は 2 ループのプロパン混合冷媒天然ガス液化プラントに改造設備として設置してもよい。

【 実施例 】

【 0 0 6 0 】

図 3 の方法を以下の非限定的な例によって説明するが、そこでは管路 1 の天然ガスの $100 \text{ kg} \cdot \text{mol} / \text{h}$ の原料ガス流を液化して管路 17 の液化天然ガス (LNG) 製品を提供する。管路 1 の原料ガスは、事前に精製 (図示せず) して水と酸性ガス不純物を除去されていて、温度 27°C 、圧力 60 bara で供給される。管路 1 の原料ガスと管路 207 の混合冷媒蒸気を第 1 の熱交換器 130 で、メタン 2 %、エタン 62 %、及びイソブタンとブタンを合わせて 34 % のモル組成を有する気化する混合冷媒により -39°C の温度に冷やす。この冷却を実行するため、混合冷媒流 113 を熱交換器 310 で気化させ加温してから、 5 bara の圧力で圧縮機 103 に供給する。圧縮機 103 は 19.5 bara の吐出圧力を有する。冷却水又は空気といった周囲温度の冷却媒体を使用して、混合冷媒を後部冷却器 105 で 36.5°C の温度に冷やし凝縮させる。結果として得られた流れを圧縮機 107 で 34 bar の圧力に更に圧縮し、後部冷却器 109 で冷却水又は空気といった周囲温度の冷却媒体を使用して 36.5°C に冷やす。管路 113 の総混合冷媒流量は $124 \text{ kg} \cdot \text{mol} / \text{h}$ である。

【 0 0 6 1 】

管路 5 の冷やした原料と管路 208 の第 2 の混合冷媒を第 2 の熱交換器 311 で -19°C の温度に冷やし、管路 9 の更に冷やした原料と管路 209 の更に冷やした第 2 の混合冷媒を生じさせる。管路 209 の混合冷媒を弁 211 を通して絞って 4.2 bara の圧力にし、管路 213 の減圧した混合冷媒を生じさせる。管路 213 の混合冷媒を熱交換器 311 で気化してそこでの冷却を行う。この第 2 の冷却ループのための混合冷媒は、 $87 \text{ kg} \cdot \text{mol} / \text{h}$ の流量と、27 モル % のメタン、63 モル % のエタン及び 10 モル % のプロパンの組成を有する。管路 201 の気化した第 2 の混合冷媒流を中間冷却する 3 段の圧縮機 203 で 57 bara の圧力に圧縮する。圧縮した混合冷媒を後部冷却器 205 で冷却水を使用して 36.5°C に冷やし、管路 207 の冷やした圧縮混合冷媒を提供する。

【 0 0 6 2 】

管路 9 の原料ガスと管路 329 の第 3 の混合冷媒を第 3 の熱交換器 312 で -15.6°C の最終温度に冷やし、それぞれ管路 17 の LNG 製品と管路 313 の凝縮した第 3 の混合冷媒を生じさせる。管路 313 の混合冷媒を弁 314 を通して絞って 3.7 bara の圧力にし、管路 315 の減圧した第 3 の混合冷媒を提供する。この減圧した第 3 の混合冷媒は第 3 の熱交換器 312 で部分的に気化してそこでの冷却を行い、管路 316 の部分的に気化した冷媒は 95 % の蒸気分率と -12.3°C の温度を有する。この第 3 の冷却ループのための管路 329 の混合冷媒は、 $59 \text{ kg} \cdot \text{mol} / \text{h}$ の流量と、12 % の窒素、52 % のメタン、18 % のエタン、6 % のプロパン、及び 12 % の i - ペンタンの組成 (モル %) を有する。

【 0 0 6 3 】

管路 389 の混合冷媒を 375 で約 3.6 bara の圧力に絞り、流れ 316 と一緒にして流れ 377 を作り、これを第 4 の熱交換器 379 で完全に気化し 26°C に加温してそこでの冷却を行う。管路 381 の気化した冷媒を第 1 段の圧縮機 319 で 17.7 bara に圧縮し、周囲空気又は水で冷却する中間冷却器 320 で 36.5°C に冷やし部分的に液化する。2 相の冷媒を分離器 321 で分離して管路 322 の冷媒蒸気と管路 323 の冷媒液体を生じさせる。冷媒液体をポンプ 325 で 47 bara に加圧する。管路 322 の冷媒蒸気を圧縮機 324 で 47 bara の圧力に圧縮し、ポンプ 325 からの加圧した冷媒と一緒にし、管路 326 の一緒にした流れを水冷式の後部冷却器 327 で 36.5°C に冷やし、管路 328 の冷やした混合冷媒を生じさせる。2 相の冷媒を分離器 330 で分離して、管路 385 の混合冷媒蒸気と管路 383 の混合冷媒液体とを生じさせる。この混合

冷媒液体を第４の熱交換器３７９で冷やして管路３８９の冷やした混合冷媒を提供する。混合冷媒蒸気は、第４の熱交換器３７９で冷やし液化して管路３２９の冷やした混合冷媒を提供し、これを前に説明したように第３の熱交換器３１２で更に冷やす。

【００６４】

図１～図５の上記の説明では、管路（すなわちプロセス流が流れる配管）の参照番号はそれらの管路を流れるプロセス流を指すこともある。特許請求の範囲の方法の請求項では、参照番号はそれらの管路を流れるプロセス流を示している。特許請求の範囲のシステムの請求項では、参照番号はそれらの管路を流れるプロセス流ではなく管路を示している。明確にするために特許請求の範囲の請求項に図２～５の参照番号が含まれるが、何らかの形で請求項の範囲を限定するのを意図するものではない。

【図面の簡単な説明】

【００６５】

【図１】従来技術によるガス液化及び冷却システムの概略フローダイヤグラムである。

【図２】最低温の冷媒の気化のために２つの圧力レベルを利用する本発明の典型的態様によるガス液化及び冷却システムの概略フローダイヤグラムである。

【図３】最低温度範囲で使用する冷媒の相分離を利用する本発明の別の典型的態様によるガス液化及び冷却システムの概略フローダイヤグラムである。

【図４】本発明のもう一つの典型的態様によるガス液化及び冷却システムの概略フローダイヤグラムである。

【図５】本発明の別の典型的態様によるガス液化及び冷却システムの概略フローダイヤグラムである。

【図１】

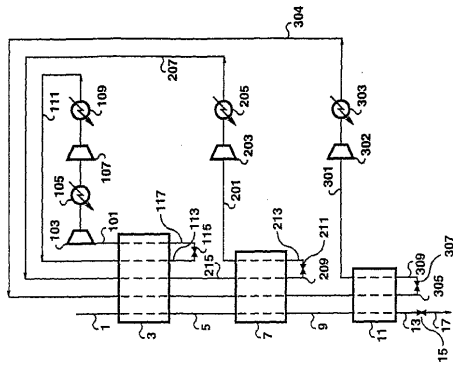


FIG. 1
(PRIOR ART)

【図２】

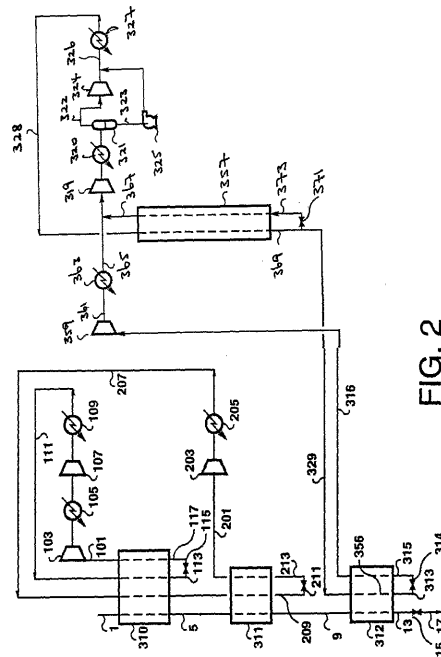


FIG. 2

【図 3】

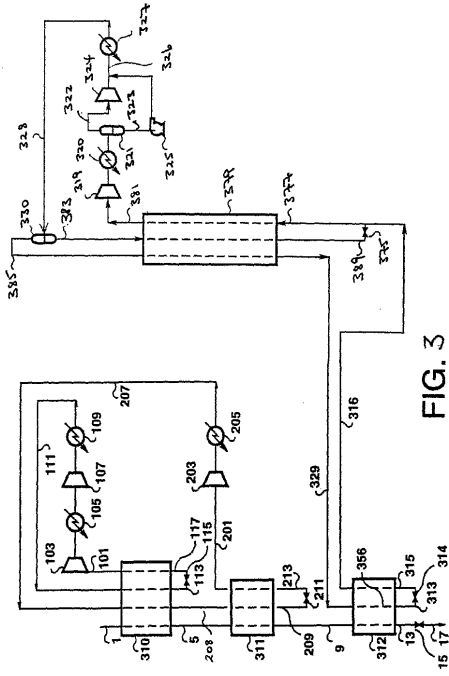


FIG. 3

【図 4】

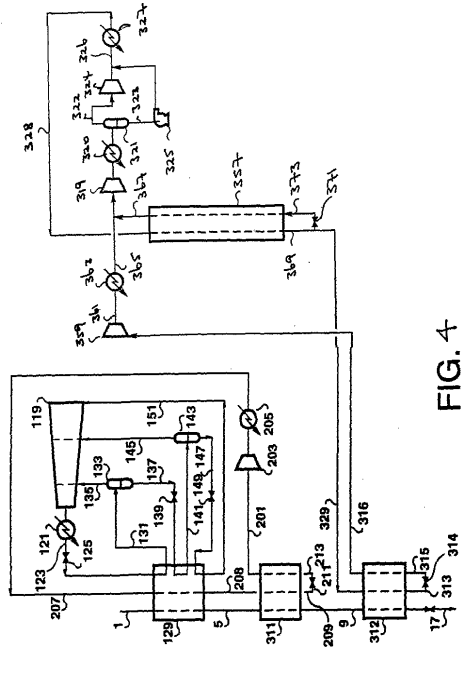


FIG. 4

【図 5】

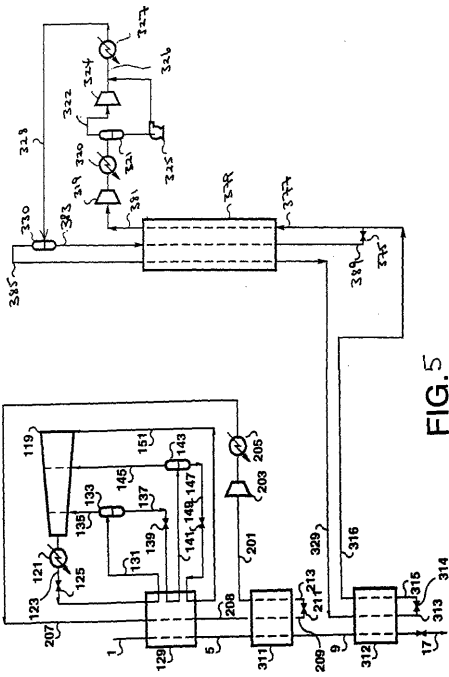


FIG. 5

フロントページの続き

(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 100111903

弁理士 永坂 友康

(74)代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(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 19529，ケンプトン，キャナリス ドライブ 8866

審査官 山本 吾一

(56)参考文献 米国特許第04057972(US, A)

特開昭61-003985(JP, A)

特開平01-219488(JP, A)

特表2000-512724(JP, A)

特開昭51-028101(JP, A)

特開昭56-105260(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25J 1/00

C10L 3/00

F25B 9/00