

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5147845号
(P5147845)

(45) 発行日 平成25年2月20日 (2013. 2. 20)

(24) 登録日 平成24年12月7日 (2012. 12. 7)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 5 J 1/00 (2006. 01)	F 2 5 J 1/00 B
F 2 5 J 3/02 (2006. 01)	F 2 5 J 3/02 B
C 1 0 L 3/06 (2006. 01)	C 1 0 L 3/00 A

請求項の数 13 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2009-528726 (P2009-528726)	(73) 特許権者	390023685
(86) (22) 出願日	平成19年9月20日 (2007. 9. 20)		シェル・インターナショナル・リサーチ
(65) 公表番号	特表2010-504499 (P2010-504499A)		・マーチャツピイ・ペー・ウイ
(43) 公表日	平成22年2月12日 (2010. 2. 12)		SHELL INTERNATIONAL
(86) 国際出願番号	PCT/EP2007/059960		E RESEARCH MAATSCHA
(87) 国際公開番号	W02008/034875		PP I J BESLOTEN VENNO
(87) 国際公開日	平成20年3月27日 (2008. 3. 27)		OTSHAP
審査請求日	平成22年9月13日 (2010. 9. 13)		オランダ国 2 5 9 6 ハーエル, ザ・ハ
(31) 優先権主張番号	06121110.8		ーグ, カレル・ヴァン・ピラントラーン
(32) 優先日	平成18年9月22日 (2006. 9. 22)		3 0
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100140109
			弁理士 小野 新次郎
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化水素流の液化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原料流から炭化水素流を液化する方法において、

(a) 原料流を供給する工程、

(b) 原料流を少なくとも2つの冷却段階に通して液化炭化水素流を供給する工程であって、各冷却段階は1つ以上の熱交換器を含み、該熱交換器のうちの第一の熱交換器は、第一混合冷媒の第一冷媒流を有する第一冷媒回路を含み、該熱交換器のうちの第二の熱交換器は、第二混合冷媒の第二冷媒流を有する第二冷媒回路を含む該工程、

(c) 該第一冷媒流を第一軽質冷媒流と第一重質冷媒流とに分離すると共に、該第二冷媒流を第二軽質冷媒流と第二重質冷媒流とに分離する工程、

(d) 該液化炭化水素流を膨張させると共に、該液化炭化水素流からフラッシュした蒸気を分離して、液化炭化水素生成物及びガス流を製造する工程、及び

(e) 該ガス流、第一軽質冷媒流及び第二軽質冷媒流を末端熱交換器に通して、該ガス流により第一及び第二軽質冷媒流を冷却する工程、

を少なくとも含む該方法。

【請求項 2】

工程 (d) における膨張工程が、前記液化炭化水素流を1つ以上の膨張段階に通す工程を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記少なくとも2つの冷却段階が、冷却流を供給する、予備冷却段階の形態の第一冷却

段階と、該冷却流を冷却する、主に極低温冷却段階の形態の第二冷却段階とを含む請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第二冷却段階が直列の 2 つ以上の熱交換器を含む請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第二冷却段階が並列の 2 つ以上の熱交換器を含む請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第二冷却段階の熱交換器の少なくとも 2 つが、別々の冷媒回路を有すると共に、これら別々の冷媒回路の少なくとも一部が、工程（c）の第一及び第二軽質冷媒流を供給する請求項 5 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記第一冷却段階が、予備冷却炭化水素流を供給し、該炭化水素流は 2 つ以上の部分流に分割され、各部分流は、第二冷却段階の 1 つ以上の極低温熱交換器中で別々に液化され、各極低温熱交換器は、液化炭化水素部分流を供給し、該液化炭化水素部分流は、組合されて工程（b）の液炭化水素流を供給する請求項 5 又は 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第一及び第二冷媒回路の混合冷媒が、独立に、窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン及びペンタンを含む郡から選ばれた 2 種以上の成分を含有する請求項 1～7 のいずれか 1 項以上に記載の方法。

【請求項 9】

20

前記末端熱交換器からのガス流の加温出口流を燃料ガス流として用いる工程（f）を更に含む請求項 1～8 のいずれか 1 項以上に記載の方法。

【請求項 10】

前記炭化水素流が天然ガス流である請求項 1～9 のいずれか 1 項以上に記載の方法。

【請求項 11】

原料流から炭化水素流を液化する装置において、

該原料流から液化炭化水素流を供給するための 2 つの冷却段階であって、各冷却段階は、1 つ以上の熱交換器を含み、該熱交換器のうちの第一の熱交換器は、第一混合冷媒の第一冷媒流を有する第一冷媒回路を含み、該熱交換器のうちの第二の熱交換器は、第二混合冷媒の第二冷媒流を有する第二冷媒回路を含む該冷却段階；

30

該第一混合冷媒流を第一冷媒回路において第一軽質冷媒流と第一重質冷媒流とに分離するため第一分離器、及び該第二混合冷媒流を第二冷媒回路において第二軽質冷媒流と第二重質冷媒流とに分離するための第二分離器；

液化炭化水素流（50，251）を受け入れると共に、液化炭化水素生成物及びガス流を供給するための気液分離器を備えた末端フラッシュシステム；及び

該ガス流、第一軽質冷媒流及び第二軽質冷媒流を受け入れると共に、該ガス流により第一及び第二軽質冷媒流を冷却するために配置した末端熱交換器；
を少なくとも備えた該装置。

【請求項 12】

前記末端フラッシュシステムが、膨張手段を更に有する請求項 11 に記載の装置。

40

【請求項 13】

前記膨張手段が、膨張器、膨張バルブ、及びフラッシュバルブよりなる群の 1 種以上の形態で供給される請求項 12 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は天然ガスのような炭化水素流の液化方法に関する。

【背景技術】

【0002】

多くの理由から天然ガスのような炭化水素流は液化することが望ましい。一例として、

50

液体は、ガスの形態よりも占有容積が小さく、高圧で貯蔵する必要がないので、天然ガスは、液体として貯蔵タンクに貯蔵できる上、ガスの形態よりも一層長距離に亘って容易に輸送できる。

LNG（又は他の液化炭化水素流）は、一旦目的地に着くと、通常、他の貯蔵タンクに荷下しされ、次いで、必要ならば、再気化され、パイプライン等を経由して最終ユーザーに輸送される。

【0003】

液化天然ガス（LNG）プラント又はシステムの製作及び運転コストは当然高く、多くは冷却配置構造のためである。したがって、プラント又はシステムにおけるエネルギー要件の低下は、顕著なコスト上の利点である。冷却配置構造のコストの低下は、特に有利である。

10

【0004】

米国特許第6,272,882B1号は、メタン豊富なガス流を液化して液化製品を得る方法に関する。この液化方法は、多数の工程を含み、その1つは、主熱交換器用の部分凝縮冷媒を液状重質冷媒フラクションとガス状軽質冷媒フラクションとに分離する工程である。液状冷媒フラクションは、主熱交換器の後で使用されるフラッシュ容器から取り出された排ガスで冷却、液化後、更に氷点以下に冷却される。米国特許第6,272,882B1号の方法は、液化用の単一“系列（train）”を示している。

【0005】

米国特許第6,389,844B1号は、天然ガス液化プラントに関する。更に詳しくは、予備冷却した二元熱交換器、二元冷媒システムを開示している。このプラントは、単一液化系列よりも40～60%高い液化処理能力を有し、予備冷却用熱交換器を1つと主熱交換器を2つ以上備えている。各主熱交換器は主冷媒を使用し、主冷媒は重質液状フラクションと軽質ガス状フラクションとに分離される。これらフラクションは、膨張前に、主熱交換器中で冷却されることが見られるにすぎない。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、液化プラント又は液化方法の効率を向上することである。

本発明の別の目的は、液化プラント又は液化方法のエネルギー要件を低減することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、原料流から天然ガスのような炭化水素流を液化する方法において、

（a）原料流を供給する工程、

（b）原料流を少なくとも2つの冷却段階に通して液化炭化水素流を供給する工程であって、各冷却段階は1つ以上の熱交換器を含み、該熱交換器のうちの第一の熱交換器は、第一混合冷媒の第一冷媒流を有する第一冷媒回路を含み、該熱交換器のうちの第二の熱交換器は、第二混合冷媒の第二冷媒流を有する第二冷媒回路を含む該工程、

（c）該第一冷媒流を第一軽質冷媒流と第一重質冷媒流とに分離すると共に、該第二冷媒流を第二軽質冷媒流と第二重質冷媒流とに分離する工程、

40

（d）該液化炭化水素流を膨張させると共に、該液化炭化水素流からフラッシュした蒸気を分離して、液化炭化水素生成物及びガス流を製造する工程、及び

（e）該ガス流、第一軽質冷媒流及び第二軽質冷媒流を末端熱交換器に通して、該ガス流により第一及び第二軽質冷媒流を冷却する工程、
を少なくとも含む該方法を提供する。

【0008】

別の局面では本発明は、原料流から天然ガスのような炭化水素流を液化する装置において、

該原料流から液化炭化水素流を供給するための2つの冷却段階であって、各冷却段階は

50

、1つ以上の熱交換器を含み、該熱交換器のうちの第一の熱交換器は、第一混合冷媒の第一冷媒流を有する第一冷媒回路を含み、該熱交換器のうちの第二の熱交換器は、第二混合冷媒の第二冷媒流を有する第二冷媒回路を含む該冷却段階；

該第一混合冷媒流を第一冷媒回路において第一軽質冷媒流と第一重質冷媒流とに分離するため第一分離器、及び該第二混合冷媒流を第二冷媒回路において第二軽質冷媒流と第二重質冷媒流とに分離するための第二分離器；

液化炭化水素流（50，251）を受け入れると共に、液化炭化水素生成物及びガス流を供給するための気液分離器を備えた末端フラッシュシステム；及び

該ガス流、第一軽質冷媒流及び第二軽質冷媒流を受け入れると共に、該ガス流により第一及び第二軽質冷媒流を冷却するために配置した末端熱交換器；

を少なくとも備えた該装置を提供する。

本発明を実施態様に従って添付の非限定的概略図を参照して例示だけで更に詳細に説明する。

【0009】

この説明の目的で、単一符号はライン及びそのラインで運ばれる流れを示す。同一符号は同様な構成部品、流れ又はラインをいう。

特に図1及び図3では冷媒回路は、熱交換器及び冷媒ライン用の記号を用いて概略的に示す。冷媒回路の他の構成部品、例えば圧縮機、周囲冷却器、膨張バルブ、蒸気再循環ライン等も当業界の通常の知識に従って備えてよいが、明確化のため、これらの形状（figure）を参照する際は、図示又は説明しない。ここに天然ガスのような炭化水素流を液化する方法及び装置を開示する。主としてメタンを含む天然ガスは、通常、高圧でLNGプラントに入り、予備処理されて極低温液化に好適な精製供給原料が生成する。この精製ガスは、液化が達成されるまで漸進的に温度低下させるため、複数の熱交換器を使用して複数の冷却段階により処理される。次いで液状天然ガスは、1段階以上の膨張段階で発生したフラッシュ蒸気を貯蔵及び輸送に好適な最終の大気圧に低下させるため、更に冷却される。各膨張段階からのフラッシュ蒸気は、プラント燃料ガスの供給源として使用できる。

【0010】

末端フラッシュ容器からのフラッシュ蒸気の冷エネルギーは、熱交換器、好ましくは向流熱交換器の形態で、少なくとも2つの軽質冷媒流又はその一部を（at）冷却することにより回収できる。この熱交換器は、以下及び特許請求の範囲において、ここで説明した方法及び装置に使用される他の熱交換器と見分けるため、“末端熱交換器”という。この方法でフラッシュ蒸気は、約-160℃から約-40℃となり、こうしてフラッシュ蒸気の冷エネルギーは、燃料ガスとして使用する前に回収される。

【0011】

ここで説明した方法は、2つ以上の軽質冷媒流の冷却の傍らに、液化プラント、液化システム又は液化装置においてガス状、液体又は両方、或はガス及び／又は液体の1つ以上の他の流れである炭化水素原料流を含む材料又は物質の2つ以上の流れに冷却を与えるガス流まで拡大する。

【発明の効果】

【0012】

したがって、ここで説明した方法の利点は、末端フラッシュシステムからのガス流を、第一及び第二の軽質冷媒流に部分冷却、実質的冷却又は完全冷却を与えるために使用することである。

【0013】

更に有利なことは、フラッシュ容器からのガス流が、いかなる中間冷媒プロセス又は中間冷媒流を必要とすることなく、多数軽質冷媒流又は複数の軽質冷媒流を冷却できることである。しかも、液化プラント又は液化方法のいずれのライン、流れ、ユニット、段階又はプロセス（或いはそれらの一部又はフラクションも冷却できる。これは、いかなる原料又は冷却炭化水素流の少なくとも幾つか又は一部の液化を含有し得る。また、第一及び第

10

20

30

40

50

二輕質冷媒流及び原料及び／又は炭化水素流、或いはそれらのフラクションのいずれの組合わせの冷却も含有し得る。

【0014】

したがって、ここで説明した方法は、炭化水素流の液化方法、液化プラント又は液化装置の全エネルギー要件を低減できる、及び／又は該方法、プラント又は装置を一層効率的にすると共に、なお一層経済的にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施態様による液化プラントの一部の全体図である。

【図2】本発明の第二の実施態様による液化プラントの更に詳細な図である。

10

【図3】本発明の第三の実施態様による液化プラントの一部の全体図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

原料流は、2つ以上の冷却段階に通して冷却される。いかなる数の冷却段階も使用でき、各冷却段階は、1つ以上の熱交換器及び任意に1つ以上の工程、レベル又は部分を有する。各冷却段階は、直列、並列又はそれらを組合わせた2つ以上の熱交換器を備えてよい。天然ガスのような炭化水素流を液化できる好適な熱交換器の配列は当業界で知られている。

【0017】

一配列は、第一冷却段階及び第二冷却段階を含む冷却段階を有し、第一冷却段階は、好ましくは予備冷却段階であり、第二冷却段階は、好ましくは主極低温段階である。

20

【0018】

ここで説明した方法に使用される各冷却段階は、1つ以上の熱交換器及び1つ以上の冷媒回路を備えてよい。冷却段階が2つ以上の熱交換器を備える場合、前記多数熱交換器の1つ以上は、別個の又は専用の冷媒回路を持っていてよい。このような冷媒回路の2つ以上は、別個であってよい。主極低温冷却段階のような冷却段階の全ての冷媒回路は、任意に別個であり、好ましくは流れ1つ当たり単一極低温熱交換器である。1つ以上の冷媒回路は、1つ以上の他の冷媒回路の冷却に少なくとも部分的に使用してもよい。

【0019】

一般に、原料流が通過する複数の冷却段階のうち、1つの冷却段階の1つの熱交換器は、第一冷媒回路を有し、この第一冷媒回路には、第一冷媒があり、したがって、第一冷媒流を供給する。同一又は異なる冷却段階の中の第二熱交換器は、第二冷媒を用い、したがって第二冷媒流を供給する第二冷媒回路を有する。

30

【0020】

ここで説明した方法に使用される第一及び第二（又は他の）冷媒流は、全冷媒流又はその一部又はフラクションを含有してよい。

ここで説明した方法は、前記末端熱交換器からのガス流の加温出口流を燃料ガス流として用いる工程（f）を更に含むことが好ましい。この実施態様の利点は、ガス流が全体のプラント中でなお使用可能な生成物であることである。

【0021】

40

原料流は、液化に好適ないかなる炭化水素含有流であってもよいが、通常は、天然ガス又は石油資源から得られる天然ガスである。代りに、天然ガス流は、フィッシャー・トロプシュ法のような合成供給源も含む他の供給源から得てもよい。

通常、天然ガス流は、実質的にメタンで構成される。原料流は、メタンを好ましくは60モル%以上、更に好ましくは80モル%以上含有する。

【0022】

供給源により、天然ガスは、各種量の、エタン、プロパン、ブタン及びペンタンのようなメタンより重質の炭化水素や幾つかの芳香族炭化水素を含有してよい。天然ガス流は、 H_2O 、 N_2 、 CO_2 、 H_2S 及びその他の硫黄化合物等を含有してもよい。

【0023】

50

所望ならば、原料流は、本発明で使用する前に予備処理してよい。この予備処理は、 CO_2 及び H_2S のような望ましくない化合物の除去、或いは予備冷却、予備加圧のような他の工程を含む。これらの工程は、当業者には周知なので、ここでは更に検討しない。

【0024】

末端フラッシュ容器は、生成物 LNG 流及びガス流を生成する。

ここで説明した方法は種々の炭化水素原料流に利用できるが、特に天然ガス流の液化に好適である。当業者ならば、炭化水素流の液化方法は容易に理解しているので、ここでは更に検討しない。

【0025】

当業者ならば、液化後、液化天然ガスは所望に応じて更に処理してよいことは、容易に理解している。一例として、得られた LNG は、ジュール・トムソンバルブ又は極低温ターボ膨脹器により、脱圧してよい。

【0026】

図1は、液化天然ガス (LNG) プラントの一部の全体配列を示す。天然ガス含有初期原料流10を示す。天然ガスは、メタンの他、若干の更に重質の炭化水素及び不純物、例えば二酸化炭素、窒素、ヘリウム、水、メルカプタン、水銀及び非炭化水素酸ガスを含有する。これら不純物をできるだけ分離除去すると共に、極低温での液化に好適な精製供給原料を得るため、原料流10は、通常、予備処理される。

【0027】

図1では、原料流10は、第一冷却段階2を通過して、予備冷却炭化水素流の形態の冷却流20を供給する。第一冷却段階2は、1つ以上の熱交換器を備えてよいが、冷媒回路100付きの1つの熱交換器12中に1つの熱交換工程を含むことを記号で示す。第一冷却段階2は、一般に原料流10を 0°C 未満、好ましくは $-20 \sim -50^\circ\text{C}$ の温度に冷却する。

【0028】

次いで予備冷却炭化水素流20は、流れ分裂器15により2部分の流れ30a、30bに分割される。この冷却流20は、いかなる数の部分流に分割してもよいが、図1は、単に例示のため、2つの部分流30a、30bへの分割を示す。冷却流20の分割は、いかなる質量及び／又は容量及び／又は流量の比に基づいてよい。この比率は、液化段階、液化システム又は液化ユニットの次の部品の大きさ又は処理能力によるか、或いはその他の考慮に従ってよい。比率の一例は、冷却流質量の同等分割である。

【0029】

図1において、部分流30a、30bは、第二冷却段階4を通り、ここで、各々一般にそれぞれ別々の熱交換器を有する2つの別々の液化システムにより液化され、それぞれ別々の液化部分流40a、40bを供給する。液化システム及びプロセス条件は、当業界で周知なので、ここでは更に説明しない。図1では、2つの液化システムが熱交換器14a、14bにより記号で示される。

【0030】

図1に示す例の第二冷却段階4の各熱交換器14a、14bは冷媒回路を使用している。即ち、第一熱交換器14aは第一冷媒回路104を使用し、第二熱交換器14bは第二冷媒回路106を使用している。これら冷媒回路104、106の各々は、同一又は異なる冷媒を使用できる。同じ冷媒を使用することが好ましい。各冷媒回路104、106の冷媒は、混合冷媒である。混合冷媒は、2種以上の冷媒をベースとしてよく、好ましくは、窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン及びペンタンよりなる群から選択される。

一般に冷却流20又は部分流30a、30bは、第二冷却段階4により少なくとも -100°C 未満に冷却される。

【0031】

一例では、図1に示す計画は、2つの主な、好ましくは極低温冷凍システムに奉仕する第一冷却段階2を有する2重熱交換器2重冷媒システムである。したがって、原料流10

10

20

30

40

50

、好ましくは天然ガス流が第一冷却される深さは低くてよい。更に、大地冷却段階 2 の条件及び第二段階 4 の液化条件、例えば冷媒の組成は、効率的な操作が行えるように容易に適応できる。更に、主液化システムの 1 つ又は該システムの操作の 1 つを減らすか或いは操作外に取り出す必要がある場合、これらの条件は、単一の主液化システムにより効率的に働くように適応できる。この方法で第二の第一冷却段階を追加する必要なく、液化処理能力を増大でき、かなりのコストが節約される。予備冷却式 2 重熱交換器 2 重冷媒システムの例が米国特許第 6, 389, 644 B 1 号に示されている。

【0032】

図 1 の配列は、各操作を個々に行う必要性、即ち、複数の別々の専用の液化システム（以下、“系列”ということがある）を必要とすることに比べて、資本コスト及び運転コストが低下するように組合わせた方法で行うという別の利点を有する。

10

【0033】

次に液化部分流 40 a、40 b は組合わされる。これらの部分流は、既知の方法及び既知の工程の組合わせに従って組合わせてよい。このような流れの組合わせは、液化部分流 40 a、40 b の膨張の後又は前であってよい。これら部分流の組合わせは、次に気液分離器 16 に通すため、十分に統合又は混合する必要はないかも知れない。これらの流れは、末端フラッシュ容器又は他の気液分離器に通す前に組合わせることが好ましい。この組合わせに必要な配列は、当業者に知られている。

【0034】

図 1 に例示の配列は、組合わせ液化炭化水素流 50 を供給するため、当業界に既知の組合わせ器 18 を用いた液化部分流 40 a、40 b の組合わせ用である。組合わせ器 18 は、一般にユニオン、接続部、配管又は導管を含み、任意に 1 つ以上のバルブを含むいずれの好適な配列であってもよい。

20

【0035】

第二冷却段階 4 により供給された組合わせ液化炭化水素流 50 は、フラッシュバルブ（図示せず）を通り、次いで気液分離器 16 に達し、ここで液体流は一般に液化炭化水素流 60 として回収され、蒸気はガス流 70 として供給される。液化炭化水素流 60 は、次いで 1 つ以上のポンプ（図示せず）により貯蔵及び／又は輸送設備に送られる。

【0036】

気液分離器 16 は、末端フラッシュ容器又は好適なタイプの分離塔を含む、末端フラッシュ蒸気分離を目的とする他のいずれの好適な分離器タイプでもよい。

30

気液分離器 16 から得られたガス流 70 は、熱交換器 22 に通される。この熱交換器 22 は、本プロセスの他の熱交換器と見分けるため、以下、“末端熱交換器”と言ってよい。末端熱交換器 22 では、図 1 に示す第一及び第二冷媒回路 104, 106 の第一及び第二軽質冷媒流 104 a、106 a のような 2 つ以上の冷媒流に対し、ガス流 70 の冷エネルギーを使用することができる。次いで、第一及び第二軽質冷媒流 104 a、106 a は、通常、向流で末端熱交換器 22 を通過する。末端熱交換器 22 からのガス流 70 の出口流 80 は、燃料ガスとして使用できる、及び／又は LNG プラントの他の部品に使用できる。

【0037】

LNG 製造法のような液化炭化水素法の末端分離から生じるガス流 70（この流れは、燃料ガス流と言ってもよい）は、 $-150 \sim -170^{\circ}\text{C}$ 、通常約 $-160 \sim -162^{\circ}\text{C}$ の温度を有する。

40

【0038】

ガス流 70 により付与される冷却は、流れを、末端熱交換器 22 に入る際のガス流 70 の温度まで完全に冷却することを含まなくてよい。ガス流 70 には、いずれかの好適な温度への冷却を行うことができ、このような冷却は、末端熱交換器 22 で冷却される各流れに対し同一でも異なってもよい。

【0039】

一例では、追加の好適な流れに対して冷却を行うため、ガス流 70 の冷却を使用するこ

50

とができる。該追加流の末端熱交換器 22 からの出口温度は、いずれかの温度をガス流 70 の導入温度、例えば -150°C 又は -160°C に冷却することを意図している。

【0040】

図 1 では、ガス流 70 は、第一及び第二軽質冷媒流 104 a、106 a を冷却して、それぞれ第二冷却段階 4 の第一及び第二熱交換器 14 a、14 b に使用される冷却冷媒流、好ましくは凝縮性第一及び第二冷媒流 104 b、106 b を供給する。

【0041】

図 1 の各第一及び第二冷媒回路 104、106 は、冷媒を軽質冷媒画分用及び重質冷媒画分用に分割するような気液分離器 105 a、105 b を備えてよい。第一及び第二軽質冷媒流 104 a、106 a として使用されるのは各冷媒回路の軽質冷媒画分である。第一及び第二軽質冷媒流 104 a、106 a は、末端熱交換器 22 に通され、この熱交換器にはガス流 70 を冷却するため、ガス流も通される。

【0042】

図 1 に示す例の利点は、液化炭化水素流 50 用に共通の末端フラッシュ冷却を使用することにより、単一ガス流 70 を冷却できること、即ち、その冷エネルギーが 2 つ以上の軽質冷媒流に対して回収可能なことである。これにより、別々の液化システムの末端で別々の冷エネルギー回収交換を供給するためのいずれの単一低圧末端フラッシュガス流の分裂も回避される。また多数液化システム用の冷エネルギー回収交換数が例えば 2 から 1 に減少し、その結果、明確な資本及び運転コストが低下する。更に、末端フラッシュガスの供給源と末端フラッシュ圧縮機吸引間の 2 つの交換に亘る (across) 流れバランスにより誘引されるいずれの追加の圧力降下も回避される。

【0043】

更に、主極低温熱交換用の冷媒流には低温、例えば -150°C ～ -170°C であることが望まれるので、図 1 に示す例の配列は、末端熱交換器 22 を通る第一及び第二軽質冷媒流 104 a、106 a に対するガス流 70 の冷エネルギーの完全な回収を含み得る。

【0044】

図 2 は、ここで説明した第二実施態様の更に詳細な計画を示す。図 1 で使用した原料流 10 と同様な原料流 210 は、2 部分原料流 215、216 に分割され、第一冷却段階 202 として、2 つの別々の並列する複数セットの第一熱交換器 222 a、222 b；222 c、222 d を通る。各セットの熱交換器は、別々の冷媒回路 203、203 a を有する。第一熱交換器 222 a、222 b、222 c、222 d 及び／又はこれらの熱交換器で使用される冷媒回路 203、203 a は、同一でも異なってもよい。

【0045】

第一部分原料流 215 を冷却する第一セットの第一熱交換器 222 a、222 b 間には、第一冷却流 217 がある。第二熱交換器 222 b の後には、予備冷却炭化水素流 220 がある。この流れ 220、及び第一冷却段階 202 の第二セットの第一熱交換器 222 c、222 d からの同等の予備冷却炭化水素流 220 a は、次いで 2 つの並列の第二熱交換器 284 a、284 b に入り、第二冷却段階 204 を形成する。

【0046】

明確化のため、第一冷却段階 202 及び冷媒回路 203 を、並列冷媒回路 203 a の対応する特徴 (括弧で示す) と共に更に詳細に説明する。部分原料流 216 (215) は、熱交換器 222 c、222 d (222 a、222 b) 内で、第一冷媒流で冷却され、冷却冷媒流を形成する。第一冷媒流は、冷却器 224 (224 a)、好ましくは周囲冷却器内で周囲雰囲気 (ambient) により冷却されている。この冷却冷媒流は、熱交換器 222 c (222 a) を通過する。冷媒流は熱交換器を出ると、第一分裂冷媒流と第二分裂冷媒流とに分裂される。

【0047】

第一分裂冷媒流は、膨張バルブ 226 a (226 c) に供給され、熱交換器 222 c (222 a) の外殻側に通される。第一分裂冷媒流は、熱交換器 222 c (222 a) を出ると、後述する圧縮機 228 b (228 d) からの第二分裂冷媒流と組合わされ、組合わ

10

20

30

40

50

せ冷媒流を形成し、圧縮機 228a (228c) に通される。次いで、圧縮機 228a (228c) を出た組合わせ冷媒流は、冷却器 224 (224a) に通される。

【0048】

第二分裂冷媒流は、熱交換器 222d (222b) を通過し、膨張バルブ 226b (226d) に供給され、熱交換器 222d (222b) に通される。第二分裂冷媒流は熱交換器 222d (222b) を出ると、圧縮機 228b (228d) を通り、熱交換器 222c (222a) を出る第一分裂冷媒流と組合わされる。

【0049】

第二冷却段階 204 の第二熱交換器 284a、284b は、糸巻き又は渦巻き型極低温熱交換器が好ましい。その操作は当業界で知られている。各第二熱交換器 284a、284b は、液化炭化水素部分流 250、250a を供給し、次いで、これら部分流 250、250a は、組合わせ液化炭化水素流 251 に組合わされる。第三熱交換器 225 を通過後、冷却組合わせ液化炭化水素流 252 を生成し、この炭化水素流 252 は、膨張器 290 を備えた末端フラッシュシステム、次いで任意に膨張バルブ 292 を通過し、引き続き、当業界で公知のいずれかのタイプの気液分離器 228、例えば末端フラッシュ容器に入る。末端フラッシュ容器 228 からは、液化炭化水素生成物流 260 が供給される。次いで、この炭化水素生成物流は、貯蔵及び／又は輸送のため、ポンプ 232 で送ることができる。

【0050】

末端フラッシュ容器 228 は、フラッシュ蒸気を含むガス流 270 も供給する。このガス流は末端熱交換器 238 に入る。末端熱交換器 238 を、後述するような 2 つの冷媒流と対抗して通過後、出口流 280 は、1 つ以上の圧縮機 293、295、及び通常、周囲冷却器である 1 つ以上の冷却器 294、296 (図 2 でそれぞれ 2 つを例示) に通して、最終燃料ガス流 281 を供給してよい。

【0051】

第二冷却段階 204 では、各第二熱交換器 284a、284b は、以下、第二熱交換器 284a のために働く第一冷媒回路 242 及び第二熱交換器 284b のために働く第二冷媒回路 244 という別々の冷媒回路を備える。

【0052】

第二冷却段階 204 では、第二熱交換器 284a、284b、及び／又は第一及び第二冷媒回路 242、244 は、同一でも異なってもよい。第二冷却段階の熱交換器は、特に部分原料流及び／又は引き続く冷却炭化水素流が質量、流れ、容積及び／又は組成のようないずれかの様式で異なる場合、第一冷却段階の熱交換器に適応するように合わせてよい。

【0053】

ここで説明した一実施態様では、第二冷却段階 204 の第二熱交換器 284a、284b は同一又は同様であり、また第一及び第二冷凍回路 242、244 は同一又は同様である。

図 2 に示す例では、第一及び第二冷媒回路 242、244 は、混合冷媒、好ましくは同一の混合冷媒を使用する。混合冷媒は、2 種以上の成分、更に好ましくは窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン及びペンタンよりなる群から選択された 2 種以上の成分をベースとしてよい。

【0054】

明確化のため、第二冷却冷媒回路 244 を、第一冷媒回路 242 の対応する特徴 (括弧で示す) と共に更に詳細に説明する。熱交換器 284b (284a) から、気化冷媒 246 (246a) の流れが供給され、2 つの圧縮機 231、233 (231a、233a) 及び通常、水又は空気冷却器 232、234 (232a、234a) の形態の 2 つの周囲冷却器で圧縮、冷却され、冷却冷媒流 248 (248a) を供給する。次いで、この冷却冷媒流 248 (248a) は、第二冷媒流に若干の冷却を与える第一冷却段階 202 の一部の 2 つの熱交換器 222c、222d (222a、222b) セットを通過する。こう

して更に冷却された冷媒流 254 (254a) は、次にそれぞれ第二、第一気液分離器 256、256a に入る。

【0055】

分離器 256 (256a) は、第二軽質冷媒流 258 (第一軽質冷媒流 258a) 及び第二重質冷媒流 262 (第一重質冷媒流 262a) を供給する。重質冷媒流 262 (262a) は、熱交換器 284b に入り、膨張器 265 (265a) で膨張されて、膨張冷却重質冷媒流 264 (264a) を供給され、その冷エネルギーは、当業界に公知の方法で熱交換器 284b (284a) において使用される。

【0056】

軽質冷媒流 258 (258a) は、以下、第一及び第二軽質画分 266 (266a)、272 (272a) という更に 2つの冷媒画分に分割される。第一軽質画分 266 (266a) は、冷却用熱交換器 284b に入り、第一冷却軽質画分 268 (268a) として流出する。

【0057】

一方、第一軽質冷媒流 258 の一部である第二軽質画分 272 (272a) は、末端熱交換器 238 に入り、末端フラッシュ容器 228 からのガス流 270 の流れに対し向流で通過する。第一冷媒回路 242 に流れる第一軽質冷媒流 256a の同様な第二軽質画分 272a も末端熱交換器 238 を通過する (この画分 272a は、第二軽質画分 272 の場合と同一又は同様な方法で供給される)。

【0058】

軽質冷媒画分 272、272a のこれらの流れは、末端熱交換器 238 を通過する際、ガス流 270 で別々の流れとして冷却される。末端熱交換器 238 を出る別々の冷却軽質冷媒画分 274、274a の温度は、熱交換器 284a、284b を通過し、冷却された第一軽質冷媒画分 268、268a と同じか同様の温度、例えば温度差 < 10℃であることが好ましい。次いで、別々の第一冷却軽質画分 268 及び 274 (並びに 268a 及び 274a) は、(例えば組合わせ器 276 (276a) により) 組合わされて、組合わせ軽質冷媒流 278 (及び 278a) を形成でき、更にバルブ 282 (及び 282a) で膨張させた後、炭化水素及び冷媒の通過ラインに対し冷却を行うため、熱交換器 284b (及び 284a) に再導入することができる。

【0059】

流れ 268 及び 274 (268a 及び 274a) の組合わせは、熱交換器 284a、284b に再導入する前に、個々の流れ又は組合わせ流のいずれの膨張の前、間又は後で起こり得る。図 2 に示す計画では、別々の冷却軽質冷媒画分 274 (274a) は、第一冷却軽質画分 268 (268a) と組合わせる前に、膨張バルブ 279 (279a) を通過する。

【0060】

図 1 に示す例に関連してここで説明した利点は、図 2 に示す例にも同等に適用する。

表 1 は、図 2 を参照してここで説明した例示の方法における種々の部分での流れの温度、圧力及び流量の代表的な実施例を示す。

【0061】

【表 1】

表 1

流れ番号	温度 (℃)	圧力 ($\text{h}^\circ\text{-R}$)	質量流量 (kg/s)	相
210	50.0	92.6	280.0	蒸気
215	50.0	92.6	140.0	蒸気
217	-4.5	90.8	140.0	蒸気
220	-41.5	89.0	140.0	蒸気
250	-151.4	83.5	140.0	液体
251	-151.4	83.5	280.0	液体
252	-156.8	81.0	280.0	液体
260	-162.5	1.1	251.6	液体
270	-165.1	1.0	28.4	蒸気
280	-44.5	0.9	28.4	蒸気
281	51.0	28.6	28.4	蒸気
246	-43.7	4.0	205.0	蒸気
248	46.0	53.3	205.0	蒸気
254	-41.5	49.0	205.0	混合物
262	-41.6	48.9	169.0	液体
258	-41.6	48.9	36.0	蒸気
272	-41.6	48.9	5.1	蒸気
266	-41.6	48.9	30.9	蒸気
264	-135.1	4.4	169.0	混合物
268	-151.42	42.8	30.9	液体
274	-162.1	48.4	5.1	液体
278	-157.5	4.5	36.0	混合物

10

20

30

【0062】

図3は、本発明の他の実施態様を取り入れた他のLNGプラントについての一般的な計画を示す。図3において、初期原料流10は、第一冷媒回路103を有する熱交換器12aとして記号で示す第一冷却段階2aを通して、前述のような予備冷却炭化水素流の形態の冷却流20を供給する。この実施態様では、第一冷媒回路、及び少なくとも一部は末端フラッシュシステムからのガス流で冷却される第一軽質冷媒流は、第一冷却段階に備えられ、又は供給され、一方、少なくとも一部は末端フラッシュシステムからのガス流で冷却される第二軽質冷媒流を用いる第一冷媒回路は第二段階に備えられる。更に詳しくは、第一冷媒回路103の冷媒は、ここで定義した混合冷媒である。第一冷媒回路103は、第一軽質冷媒流103aを供給する。第一冷媒回路103は、第一軽質冷媒流103a及び重質冷媒流113aを作るため、気液分離器107を有する。第一冷却段階2aからの冷却流20は、第二冷却段階4aに通され、液化炭化水素流50を供給する。

40

【0063】

任意に、そこから冷却流20の画分を（例えば流れ21として）分割し、第二冷却段階4aの他の並列する熱交換器で別途に液化することができる。

【0064】

第二冷却段階4aは、熱交換器14c及び第二冷媒回路102を有するものとして図3に記号で示す。第二冷媒回路102用の第二冷媒は、2種以上の成分、更に好ましくは窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン、ブタン及びペンタンよりなる群から選ばれた2種以上の成分を含む混合冷媒である。第二冷媒回路102は、第二軽質冷

50

媒流 102a を供給する。

【0065】

図3の第二冷媒回路102は、混合冷媒を第二軽質冷媒流102a及び第二重質冷媒流112aに分離するための気液分離器109を備える。

第二冷媒段階4aは、流れ20を冷却するため2つ以上の熱交換器を備えることができる。流れ20の冷却は、図3のLNGプラントに関係した及び／又は関係しない1つ以上の他の熱交換器、冷却器又は冷媒（図3には図示せず）で援助してもよい。

【0066】

前述の図1の例と同様、第二冷却段階4aで供給された液化炭化水素流50は、フラッシュバルブ（図示せず）を通り、次いで気液分離器16（末端フラッシュ容器でよい）に通すことができ、ここで液体流は一般に液化炭化水素生成物流60として回収され、また蒸気はガス流70として回収される。次に液化炭化水素生成物流60は、1つ以上のポンプにより貯蔵及び／又は輸送設備に送ってよい。

【0067】

末端フラッシュ容器16から得られたガス流70は、末端熱交換器24を通過する。末端熱交換器24では、第一及び第二冷媒回路103、102の第一及び第二軽質冷媒流103a、102aに対し、ガス流70の冷エネルギーを使用することができる。次いで、第一及び第二軽質冷媒流103a、102aは、通常、向流で末端熱交換器24を通過する。末端熱交換器24からのガス流70の出口流80は、燃料ガスとして使用できる、及び／又はLNGプラントの他の部品に使用できる。第一及び第二軽質冷媒流103b、102bは、熱交換器12a、14cに戻る。

当業者は、付属の特許請求の範囲を逸脱することなく、多数の各種方法で本発明を実施できることを理解している。

【符号の説明】

【0068】

2	第一冷却段階	
2a	第一冷却段階	
4	第二冷却段階	
4a	第二冷却段階	
10	原料流又は天然ガス含有初期原料流	30
12	熱交換器	
12a	熱交換器	
14a	第一熱交換器	
14b	第二熱交換器	
14c	熱交換器	
15	流れ分裂器	
16	末端フラッシュ容器又は気液分離器	
20	予備冷却炭化水素流又は冷却流	
22	末端熱交換器	
24	末端熱交換器	40
30a	部分流	
30b	部分流	
40a	液化部分流	
40b	液化部分流	
50	組合わせ液化炭化水素流	
60	液化炭化水素流	
70	ガス流	
80	出口流	
100	冷媒回路	
102	第二冷媒回路	50

1 0 2 a	第二輕質冷媒流	
1 0 2 b	第二輕質冷媒流	
1 0 3	第一冷媒回路	
1 0 3 a	第一輕質冷媒流	
1 0 3 b	第一輕質冷媒流	
1 0 4	第一冷媒回路	
1 0 4 a	第一輕質冷媒流	
1 0 4 b	凝縮性第一冷媒流	
1 0 5 a	気液分離器	
1 0 5 b	気液分離器	10
1 0 6	第二冷媒回路	
1 0 6 a	第二輕質冷媒流	
1 0 6 b	凝縮性第二冷媒流	
1 0 7	気液分離器	
1 0 9	気液分離器	
1 1 2 a	第二重質冷媒流	
1 1 3 a	重質冷媒流	
2 0 2	第一冷却段階	
2 0 3	冷媒回路	
2 0 3 a	冷媒回路	20
2 1 0	原料流	
2 1 5	部分原料流	
2 1 6	部分原料流	
2 1 7	第一冷却流	
2 2 0	予備冷却炭化水素流	
2 2 0 a	予備冷却炭化水素流	
2 2 2 a	第一熱交換器	
2 2 2 b	第一熱交換器	
2 2 2 c	第一熱交換器	
2 2 2 d	第一熱交換器	30
2 2 4	冷却器	
2 2 4 a	冷却器	
2 2 5	第三熱交換器	
2 2 6 a	膨張バルブ	
2 2 6 c	膨張バルブ	
2 2 8	気液分離器又は末端フラッシュ容器	
2 2 8 a	圧縮機	
2 2 8 b	圧縮機	
2 2 8 c	圧縮機	
2 2 8 d	圧縮機	40
2 3 1	圧縮機	
2 3 1 a	圧縮機	
2 3 2	ポンプ	
2 3 3	圧縮機	
2 3 3 a	圧縮機	
2 3 2	水又は空気冷却器、	
2 3 4	水又は空気冷却器	
2 3 2 a	水又は空気冷却器	
2 3 4 a	水又は空気冷却器	
2 3 8	末端熱交換器	50

2 4 2	第一冷媒回路	
2 4 4	第二冷媒回路	
2 4 6	気化冷媒	
2 4 6 a	気化冷媒	
2 4 8	冷却冷媒流	
2 4 8 a	冷却冷媒流	
2 5 2	冷却組合わせ液化炭化水素流	
2 5 0	液化炭化水素部分流	
2 5 0 a	液化炭化水素部分流	
2 5 1	組合わせ液化炭化水素流	10
2 5 4	冷媒流	
2 5 4 a	冷媒流	
2 5 6	第二気液分離器	
2 5 6 a	第一気液分離器又は第一軽質冷媒流	
2 5 8	第一軽質冷媒流	
2 5 8 a	第二軽質冷媒流	
2 6 0	液化炭化水素生成物流	
2 6 2	第二重質冷媒流	
2 6 2 a	第一重質冷媒流	
2 6 4	膨張冷却重質冷媒流	20
2 6 4 a	膨張冷却重質冷媒流	
2 6 5	膨張器	
2 6 5 a	膨張器	
2 6 6	第一軽質冷媒画分	
2 6 6 a	第一軽質冷媒画分	
2 6 8	第一冷却軽質冷媒画分	
2 6 8 a	第一冷却軽質冷媒画分	
2 7 0	ガス流	
2 7 2	第二軽質冷媒画分	
2 7 2 a	第二軽質冷媒画分	30
2 7 4	第二冷却軽質冷媒画分	
冷却軽質冷媒画分		
2 7 4 a	第二冷却軽質冷媒画分	
2 7 6	組合わせ器	
2 7 6 a	組合わせ器	
2 7 8	組合わせ軽質冷媒流	
2 7 8 a	組合わせ軽質冷媒流	
2 7 9	膨張バルブ	
2 7 9 a	膨張バルブ	
2 8 0	出口流	40
2 8 1	最終燃料ガス流	
2 8 2	バルブ	
2 8 2 a	バルブ	
2 8 4 a	第二熱交換器	
2 8 4 b	第二熱交換器又は冷却用熱交換器	
2 9 0	膨張器	
2 9 2	膨張バルブ	
2 9 3	圧縮機	
2 9 4	冷却器	
2 9 5	圧縮機	50

2 9 6 圧縮機

【先行技術文献】

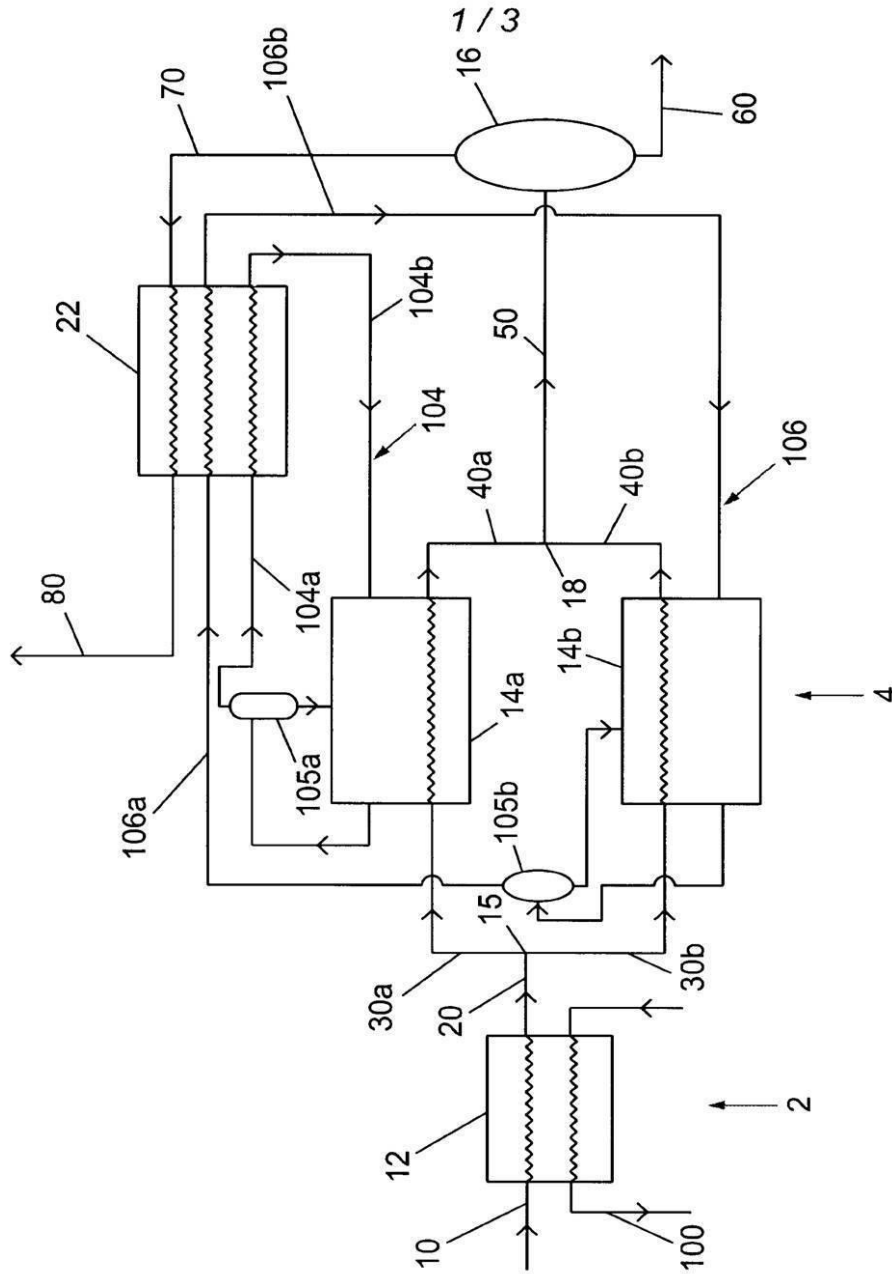
【特許文献】

【0 0 6 9】

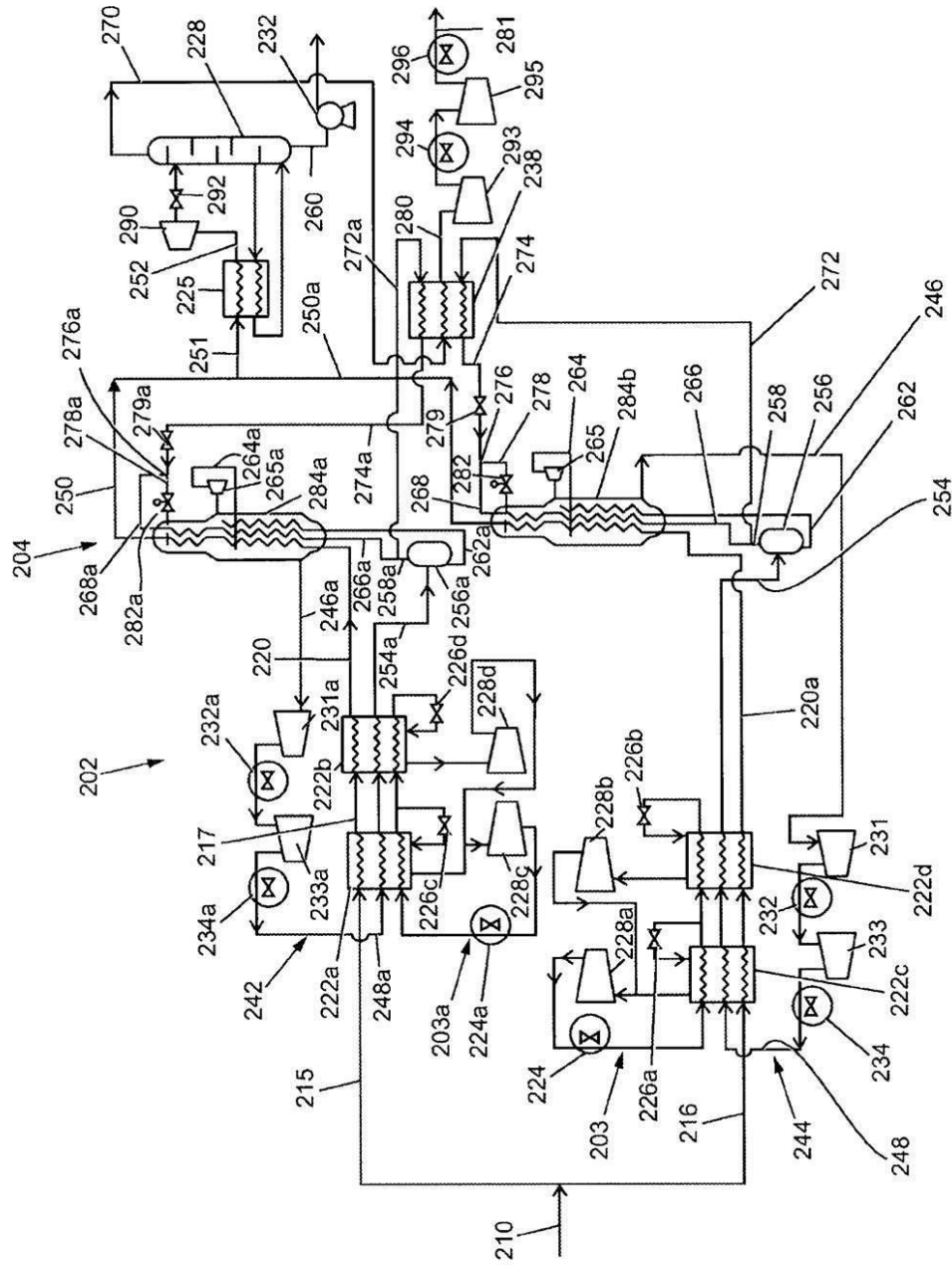
【特許文献 1】米国特許第 6, 2 7 2, 8 8 2 B 1 号

【特許文献 2】米国特許第 6, 3 8 9, 8 4 4 B 1 号

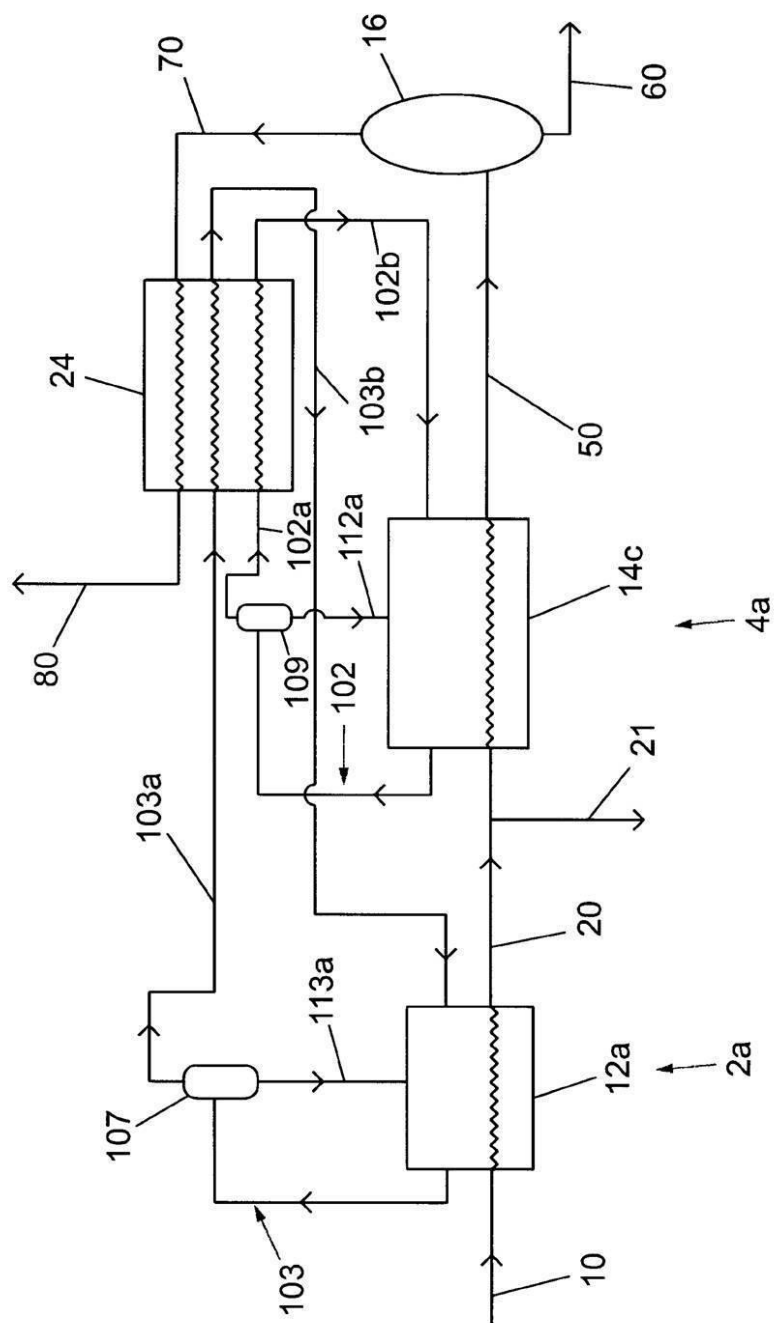
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100092967

弁理士 星野 修

(74)代理人 100094008

弁理士 沖本 一暁

(74)代理人 100122644

弁理士 寺地 拓己

(74)代理人 100137039

弁理士 田上 靖子

(74)代理人 100182394

弁理士 野口 勝彦

(74)代理人 100093919

弁理士 奥村 義道

(72)発明者 ウィレム・ダム

オランダ国 エヌエルー 2 5 9 6 エイチアール ザ ハーグ カレル ウァン ビラントラーン
2 3

(72)発明者 ミン・テック・コン

オランダ国 エヌエルー 2 5 9 6 エイチアール ザ ハーグ カレル ウァン ビラントラーン
2 3

(72)発明者 リーンダート・ヨハンネス・アーリエ・ゾエテメイヤー

オランダ国 エヌエルー 2 5 9 6 エイチアール ザ ハーグ カレル ウァン ビラントラーン
2 3

審査官 山本 吾一

(56)参考文献 国際公開第 2 0 0 6 / 0 8 7 3 3 0 (WO, A 1)

特開昭 5 9 - 0 8 1 4 8 3 (JP, A)

特表 2 0 0 2 - 5 0 8 4 9 9 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25J 1/00 - 5/00

C10L 3/00