

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-210077

(P2015-210077A)

(43) 公開日 平成27年11月24日 (2015. 11. 24)

|                |             |                  |         |             |           |
|----------------|-------------|------------------|---------|-------------|-----------|
| (51) Int. Cl.  |             | F I              |         | テーマコード (参考) |           |
| <b>F 2 5 J</b> | <b>3/08</b> | <b>(2006.01)</b> | F 2 5 J | 3/08        | 4 D 0 4 7 |
| <b>F 2 5 J</b> | <b>3/02</b> | <b>(2006.01)</b> | F 2 5 J | 3/02        | B         |
| <b>F 2 5 J</b> | <b>3/06</b> | <b>(2006.01)</b> | F 2 5 J | 3/06        |           |
| <b>C 1 0 L</b> | <b>3/10</b> | <b>(2006.01)</b> | C 1 0 L | 3/10        |           |

審査請求 有 請求項の数 25 O L 外国語出願 (全 31 頁)

|              |                            |          |                     |
|--------------|----------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2015-88475 (P2015-88475) | (71) 出願人 | 591035368           |
| (22) 出願日     | 平成27年4月23日 (2015. 4. 23)   |          | エア プロダクツ アンド ケミカルズ  |
| (31) 優先権主張番号 | 14/260, 678                |          | インコーポレイテッド          |
| (32) 優先日     | 平成26年4月24日 (2014. 4. 24)   |          | AIR PRODUCTS AND CH |
| (33) 優先権主張国  | 米国 (US)                    |          | EMICALS INCORPORATE |
|              |                            |          | D                   |
|              |                            |          | アメリカ合衆国 ペンシルヴェニア アレ |
|              |                            |          | ンタウン ハミルトン ブールヴァード  |
|              |                            |          | 7201                |
|              |                            |          | 7201 Hamilton 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】 中間供給ガス分離を使用した液化された天然ガスの生産における統合された窒素除去

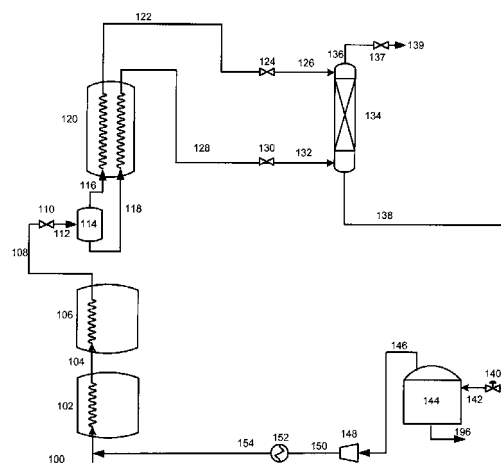
## (57) 【要約】

【課題】 良好な方法および装置を提供すること。

【解決手段】 天然ガス供給流が主熱交換器の暖かい終端の中に供給され、冷却されかつ少なくとも部分的に液化され、主熱交換器の中間の場所から回収され、そして分離された窒素を富化した天然ガス蒸気流と窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成し、液体および蒸気流は、主熱交換器の中間の場所の中に再導入され、そして並行してさらに冷却されて、第1のLNG流と第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流とを、それぞれ生成する、天然ガス供給流を液化しかつそこからの窒素を除去して窒素を枯渇させたLNG生成物を生成するための方法および装置。

【選択図】 図 1

図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

窒素を枯渇させた LNG 生成物を生成させるための方法であって、

(a) 主熱交換器の暖かい終端中に天然ガス供給流を導入し、該天然ガス供給流を冷却しかつ少なくとも部分的に液化し、そして該主熱交換器の中間の場所から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを回収することと、

(b) 該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を富化した天然ガス蒸気流と窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させることと、

(c) 該主熱交換器の中間の場所の中に該蒸気流と液体流とを別個に再導入し、並行して該蒸気流と液体流とをさらに冷却し、該液体流がさらに冷却されて第 1 の LNG 流を生成し、そして該蒸気流がさらに冷却されかつ少なくとも部分的に液化されて第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成し、そして該主熱交換器の冷たい終端から該第 1 の LNG 流と該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流とを回収することと、

(d) 該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第 2 の LNG 流とを生成させることと、

(e) 該第 2 の LNG 流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させた LNG 生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることと、

を含む、方法。

## 【請求項 2】

ステップ (e) が、該窒素を富化した天然ガス蒸気またはそれらの一部からリサイクル流を生成させることをさらに含み、そして該方法が、

(f) 該リサイクル流を圧縮して圧縮されたりリサイクル流を生成させることと、

(g) 冷却されかつ該天然ガス供給流と組み合わせられてまたは別個に少なくとも部分的に液化される該主熱交換器に該圧縮されたりリサイクル流を戻すことと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

該リサイクル流が天然ガス供給流と組み合わせられてかつ天然ガス供給流の一部として該主熱交換器中で冷却されかつ少なくとも部分的に液化されるように、ステップ (g) が該天然ガス供給流に該圧縮されたりリサイクル流を加えることを含む、請求項 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

ステップ (g) が、該主熱交換器の該暖かい終端または中間の場所中に該圧縮されたりリサイクル流を導入し、該圧縮されたりリサイクル流を冷却し、そして該天然ガス供給流と別個にかつ並行してそれらの全部または一部を少なくとも部分的に液化して、第 2 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成させ、そして該主熱交換器の該冷たい終端から該第 2 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を回収することをさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

## 【請求項 5】

ステップ (b) が、該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該流れを蒸気相と液相とに相分離器中で分離して、該窒素を富化した天然ガス蒸気流と該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させることを含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 6】

ステップ (e) が、該第 2 の LNG 流を膨張させて、該 LNG の一部分が蒸発し、それによって該窒素を富化した天然ガス蒸気と該窒素を枯渇させた LNG 生成物とを生成する LNG 貯蔵タンク中に該膨張した流れを移送することを含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 7】

ステップ（d）が、該第１の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該流れを蒸気相と液相とに相分離器中で分離して、該窒素に富んだ蒸気生成物と該第２のＬＮＧ流とを生成させることを含む、請求項１に記載の方法。

【請求項８】

ステップ（e）が、該第１のＬＮＧ流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して追加の窒素を枯渇させたＬＮＧ生成物と追加の窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることをさらに含む、請求項７に記載の方法。

【請求項９】

ステップ（d）が、該第１の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、蒸留塔の中に該流れを導入して該流れを蒸気相と液相とに分離し、該蒸留塔から回収されるオーバーヘッド蒸気から該窒素に富んだ蒸気生成物を生成させ、そして該蒸留塔から回収された下部の液体から該第２のＬＮＧ流を生成させることを含む、請求項１に記載の方法。

【請求項１０】

ステップ（e）が、該第１のＬＮＧ流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、追加の窒素を枯渇させたＬＮＧ生成物と追加の窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることをさらに含む、請求項９に記載の方法。

【請求項１１】

ステップ（d）が、該第１のＬＮＧ流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該蒸留塔の中に該流れを導入して該流れを蒸気相と液相とに分離し、該第１の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が該蒸留塔の中に導入される場所より下の場所において該第１のＬＮＧ流が該蒸留塔中に導入されることをさらに含む、請求項９に記載の方法。

【請求項１２】

該第１のＬＮＧ流が、該蒸留塔の中間の場所において該蒸留塔の中に導入され、そして該蒸留塔の中への該第１のＬＮＧ流の導入の前に、該第１のＬＮＧ流との間接的な熱交換を介して、再沸騰熱交換器中の該下部の液体の一部を加熱しかつ蒸発させることによって、該蒸留塔のための沸騰が提供される、請求項１１に記載の方法。

【請求項１３】

該第１のＬＮＧ流が、該蒸留塔の下部の中に導入される、請求項１１に記載の方法。

【請求項１４】

該蒸留塔の中への該流れの該導入の前に、該第１の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流の全部または一部との間接的な熱交換を介して、再沸騰熱交換器中の該下部の液体の一部を加熱しかつ蒸発させることによって、該蒸留塔のための沸騰が提供される、請求項９に記載の方法。

【請求項１５】

ステップ（b）が、該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して該窒素を富化した天然ガス蒸気流と、窒素を富化した天然ガス蒸気からなるストリッピングガス流と、該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを含み、そして、

ステップ（d）が、該蒸留塔の下部の中に該ストリッピングガス流を導入することをさらに含む、請求項９に記載の方法。

【請求項１６】

ステップ（d）が、該第１の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして蒸留塔中に該流れを導入して蒸気相と液相とに該流れを分離し、該第２の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該蒸留塔の中に該流れを導入して蒸気相と液相とに該流れを分離し、該蒸留塔から回収されたオーバーヘッド蒸気から該窒素に富んだ蒸気生成物を生成させ、そして該蒸留塔から回収された下部の液体から該第２のＬＮＧ流を生成

10

20

30

40

50

させることを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 17】

該第 2 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が、該蒸留塔の上部の中に導入される、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が、該蒸留塔の上部の中に導入される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 19】

該蒸留塔のための還流が、コンデンサー熱交換器中で該蒸留塔からの該オーバーヘッド蒸気の一部を凝結させることによって提供される、請求項 9 に記載の方法。

10

【請求項 20】

該蒸留塔から回収されたオーバーヘッド蒸気を暖めることによって、該コンデンサー熱交換器のための冷却が提供される、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

該コンデンサー熱交換器のための冷却が、該主熱交換器のために冷却を同様に提供する閉回路冷却システムによって提供され、該閉回路冷却システムによって循環する冷媒が該コンデンサー熱交換器を通過させられかつ該コンデンサー熱交換器中で暖められる、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 22】

該主熱交換器のための冷却が、閉回路冷却システムによって提供され、該閉回路冷却システムによって循環した冷媒が該主熱交換器を通過させられかつ該主熱交換器中で暖められる、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 23】

窒素を枯渇させた LNG 生成物を生成させるための装置であって、

(i) 主熱交換器の暖かい終端から主熱交換器の中間の場所に伸び、天然ガス供給流を受け、そして冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを生成するように該流れを冷却しかつ少なくとも部分的に液化するための、第 1 の冷却通路と、(ii) 該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、窒素を枯渇させた天然ガス液体流を受けかつさらに冷却して第 1 の LNG 流を生成させるための第 2 の冷却通路と、(iii) 該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、該窒素を枯渇させた天然ガス液体流と別個にかつ並行して、窒素を富化した天然ガス蒸気流を受けかつさらに冷却して、第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成させるための第 3 の冷却通路とを有する主熱交換器と、

30

該冷却通路を冷却するために該主熱交換器に冷媒を供給するための冷却システムと、

(i) 該主熱交換器の該第 1 の冷却通路から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを受け、(ii) 該流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、該窒素を富化した天然ガス蒸気流と該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させ、そして(iii) 該液体流および蒸気流を、それぞれ、該主熱交換器の該第 2 の冷却通路および第 3 の冷却通路に戻すための、該主熱交換器と流体流連通した、第 1 の分離システムと、

該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第 2 の LNG 流とを生成させるための、該主熱交換器と流体流連通した、第 2 の分離システムと、

40

該第 2 の LNG 流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させた LNG 生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させるための、該第 2 の分離システムと流体流連通した、第 3 の分離システムとを含む、装置。

【請求項 24】

該装置が、該窒素を富化した天然ガス蒸気またはそれらの一部から生成された、該第 3 の分離システムからリサイクル流を受け、該リサイクル流を圧縮して圧縮されたりサイクル流を生成させ、そして冷却されかつ該天然ガス供給流と組み合わせられてまたは別個に少なくとも部分的に液化される該主熱交換器に該圧縮されたりサイクル流を戻すための、該

50

第 3 の分離システムおよび主熱交換器と流体流連通した、圧縮機システムをさらに含む、請求項 2 3 に記載の装置。

【請求項 2 5】

該冷却システムが閉回路冷却システムであり、該第 1 の分離システムが膨張機器と相分離器とを含み、該第 2 の分離システムが膨張機器と相分離器または蒸留塔とを含み、そして該第 3 の分離システムが膨張機器と L N G タンクとを含む、請求項 2 3 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、天然ガス供給流を液化し、そしてそこから窒素を除去して、窒素を枯渇させた液化天然ガス (L N G) 生成物を生成するための方法に関する。本発明はまた、天然ガス供給流を液化し、そしてそこから窒素を除去して窒素を枯渇させた L N G 生成物を生成するための (例えば、天然ガス液化プラントまたは他の形態の処理設備等の) 装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

天然ガスを液化するための方法において、例えば、純度および／または回収への要求により、生成物 (メタン) の損失を最小化しながら、供給流から窒素を除去することが、多くの場合望ましいかまたは必要である。除去された窒素生成物は、燃料ガスに使用されるか、または大気中に放出されることができる。燃料ガスとして使用される場合、窒素生成物は、その熱量を維持するためにかなりの量のメタン (典型的には > 3 0 モル %) を含まなければならない。この場合、窒素の分離は、窒素生成物の純度への仕様を失うことにより困難ではなく、そしてその目的は、最小限の追加の装置および出力消費を有するもっとも効率的な方法を選択することである。しかし、電気モーターにより駆動される多くの小規模および中規模 L N G 設備において、燃料ガスへの要求はほとんどなく、そして窒素生成物は大気中に放出されなければならない。大気中に放出される場合、窒素生成物は環境への関心および／またはメタン回収への要求により、厳しい純度仕様 (例えば、> 9 5 モル %、または > 9 9 モル %) を満たさなければならない。この純度要求は分離への挑戦を生じる。天然ガス供給における非常に高い窒素濃度 (典型的には 1 0 モル % 超、ある場合には 2 0 モル % までまたは 2 0 モル % 超) の場合、貢献する窒素排除ユニット (N i t r o g e n R e j e c t i o n U n i t : N R U) は、窒素を効率的に除去し、そして純粋な (> 9 9 モル %) 窒素生成物を生成する堅牢な方法であることが証明された。しかし、大部分の場合、天然ガスは約 1 ~ 1 0 モル % の窒素を含む。供給中の窒素濃度がこの範囲内である場合、N R U の適用性は追加の装置に関連した複雑さによる高い資本コストにより阻まれる。多くの従来技術文献は、窒素リサイクル流を N R U に加えることかまたは貢献する清流塔を使用することを含む、天然ガスから窒素を除去する代替溶液を提案した。しかし、これらの方法は、多くの場合非常に複雑であり、(資本コストと関連した) 大量の装置を必要とし、特により低い窒素濃度 (< 5 %) の供給流では、運転が難しくかつ／または非効率である。さらに、天然ガス供給中の窒素濃度は随時変化することが多く、これは現在のところ窒素含有量の高い供給を取り扱う場合ですら、この場合に留まるであろうことを保証できないことを意味する。したがって、単純で効率的でかつ低い窒素濃度を有する天然ガス供給から効果的に窒素を除去できる方法を開発することが望ましい。

【0 0 0 3】

米国特許第 3、7 2 1、0 9 9 号明細書は、天然ガスを液化し、そして清溜によって液化天然ガスから窒素を分離するための方法を開示する。この方法において、天然ガス供給は、一連の熱交換器ユニット中で、予め冷却されかつ部分的に液化され、そして相分離器中で液相と蒸気相とに分離される。次に天然ガス蒸気流は、液化されかつ二重清溜塔の下部の中のパイプコイル中で過冷却され、高圧塔に沸騰の義務を提供する。パイプコイルからの液体天然ガス流は、次に熱交換器ユニット中でさらに過冷却され、膨張弁中で膨張させられ、そして高圧塔の中に導入され、そして分離される。高圧清溜塔の下部から引き出

10

20

30

40

50

されたメタンを富化した液体流および相分離器から得られたメタンを富化した液体流は、さらに熱交換器ユニット中で過冷却され、膨張バルブを通して膨張させられ、そして低压塔の中に導入されかつ分離される。低压塔への還流は、高压塔の上部から得られた窒素流を熱交換器ユニット中で液化することで得られた液体窒素流によって提供される。約0.5%の窒素を含む窒素を枯渇させたLNG（主に液体メタン）生成物は、低压塔の下部から得られ、そしてLNG貯蔵タンクに送られる。窒素を富化した流れは、（約95モル%の窒素を含む）低压塔の上部および高压塔の上部から得られる。LNGタンクからの窒素を富化した流れおよびボイルオフ（boil off）ガスは、種々の熱交換器ユニット中で暖められて、そこからの冷却を提供する。

#### 【0004】

米国特許第7、520、143号明細書は、98モル%の窒素を含む窒素放出流が窒素排除塔によって分離される方法を開示する。天然ガス供給流は、主熱交換器の第1の（暖かい）部分中で液化され、熱交換器の中間の場所から回収されるLNG流を生成し、膨張弁中で膨張させられ、そして窒素排除塔の下部に送られる。窒素排除塔からの下部の液体は、主熱交換器の第2の（冷たい）部分中で過冷却され、そしてフラッシュドラム中へと弁を通して膨張させられて、窒素を枯渇させたLNG生成物（1.5モル%未満の窒素）、および窒素放出流より純度が低く（30モル%の窒素）かつ燃料ガスに使用される窒素を富化した流れを提供する。窒素排除塔からのオーバーヘッド蒸気は分割されるとともに、蒸気の一部は窒素放出流として回収され、そして残りはフラッシュドラム中の熱交換器中で凝結されて、窒素排除塔に還流を提供する。主熱交換器のための冷却は、混合冷媒を用いた閉回路冷却システムによって提供される。

#### 【0005】

米国特許出願公開第2011/0041389号明細書は、米国特許第7、520、143号明細書中に記載されたものと類似する、高純度の窒素放出流（典型的には90～100体積%の窒素）を清溜塔中で天然ガス供給流から分離する方法を開示する。天然ガス供給流は、主熱交換器の暖かい部分中で冷却されて、冷却された天然ガス流を生成する。この流れの一部は、主熱交換器の第1の中間の場所から回収され、膨張させられかつストリップングガスとして清溜塔の下部に送られる。流れの残りは、主熱交換器の中間部分中でさらに冷却されかつ液化されて、熱交換器の第2の（より冷たい）中間の場所から回収されるLNG流を生成し、膨張させられかつ清溜塔の中間の場所に送られる。清溜塔からの下部の液体は、窒素を枯渇させたLNG流として回収され、主熱交換器の冷たい部分中で過冷却され、そして相分離器中に膨張させられて、窒素を枯渇させたLNG生成物、および圧縮されかつ天然ガス供給流にリサイクルされる窒素を富化した流れを提供する。清溜塔からオーバーヘッド蒸気は、分割されるとともに、蒸気の一部が高純度の窒素放出流として回収され、そして残りは相分離器中の熱交換器中で凝結されて清溜塔への還流を提供する。

#### 【0006】

i p . c o mデータベース上の文献I P C O M 0 0 0 2 2 2 1 6 4 Dは、スタンドアローンの窒素排除ユニット（NRU）が窒素を枯渇させた天然ガス流および純粋な窒素放出流を生成するために使用される方法を開示する。天然ガス供給流は、暖かい熱交換器ユニット中で、冷却されかつ部分的に液化され、そして相分離器中で天然ガス蒸気流と液体流とに分離される。蒸気流は、冷たい熱交換器ユニット中で液化され、そして蒸留塔の上部または中間の場所に送られる。液体流はさらに、蒸気流と別個にかつ並行して、冷たい熱交換器ユニット中でさらに冷却され、そして次に蒸留塔の（蒸気流が導入される場所より下の）中間の場所に送られる。蒸留塔ための沸騰は、冷たい熱交換器ユニット中の蒸留塔からの窒素を枯渇させた下部の液体の一部を暖めかつ蒸発させることによって提供され、それによってまたユニットのための冷却を提供する。窒素を枯渇させた下部の液体の残りはポンプで送られ、そして暖かい熱交換器ユニット中で暖められ、そして蒸発させられ、それによってそのユニットのための冷却を提供し、そして十分に蒸発させられた蒸気流として暖かい交換器を離れる。蒸留塔から回収された窒素を富化したオーバーヘッド蒸気は

、冷たいおよび暖かい熱交換器ユニット中で暖められて、このユニットにさらなる冷却を提供する。蒸気流が蒸留塔の中間の場所に導入される場所では、オーバーヘッド蒸気の一部を凝結させ、そしてこれを塔に戻すことによって、塔のための追加の還流を提供することができる。これは、エコマイザー熱交換器中でオーバーヘッド蒸気を暖めて、暖められたオーバーヘッド蒸気を分割し、そしてエコマイザー熱交換器中で暖められたオーバーヘッド蒸気の一部を凝結させ、そして凝結した部分を蒸留塔の上部に戻すことによって行われる。外部冷却はこの方法において使用されない。

#### 【0007】

米国特許出願公開第2011/0289963号明細書は、窒素ストリッピング塔が天然ガス流から窒素を分離するのに使用される方法を開示する。この方法において、天然ガス供給流は、単一混合冷媒を用いて、熱交換を介して主熱交換器の暖かい部分中で、冷却されかつ部分的に液化される。部分的に凝結した天然ガスは、主熱交換器から回収され、そして相分離器または蒸留容器中で天然ガス蒸気流と液体流とに分離される。液体流は、膨張させられ、そして窒素ストリッピング塔の中に導入される前に、主熱交換器の冷たい部分中でさらに冷却される。(1~3体積%の窒素を含む)窒素を枯渇させたLNG生成物は、ストリッピング塔の下部から回収され、そして(10体積%未満のメタンを含む)窒素を富化した蒸気流は、ストリッピング塔の上部から回収される。相分離器または蒸留容器から天然ガス蒸気流は、膨張させられ、そして別個の熱交換器中で冷却され、そしてストリッピング塔の上部の中に導入されて還流を提供する。ストリッピング塔からの下部の液体の一部を蒸発させること(それによって塔からの沸騰をまた提供する)によっておよびストリッピング塔の上部から回収された窒素を富化した蒸気流を暖めることによって、追加の熱交換器への冷却が提供される。

#### 【0008】

米国特許第8、522、574号明細書は、窒素が液化天然ガスから除去される、別の方法を開示する。この方法において、天然ガス供給流は、主熱交換器中で、最初に冷却されかつ液化される。次に液体流は第2熱交換器中で冷却され、そして窒素を富化した蒸気がメタンを富化した液体から分離されるフラッシュ容器中に膨張させられる。蒸気流は、さらに膨張させられ、そして分別塔(fractionation column)の上部に送られる。フラッシュ容器からの液体流は分割されるとともに、一部が分別塔の中間の場所中に導入され、そして別の部分が第2熱交換器中で暖められ、そして分別塔の下部の中に導入される。分別塔から得られた窒素を富化したオーバーヘッド蒸気は、第2の熱交換器中を通されかつその中で暖められて、追加の冷却をその熱交換器に提供する。生成物である液化天然ガスは、分別塔の下部から回収される。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

米国特許出願公開第2012/019883号明細書は、天然ガス流を液化し、そしてそれから窒素を除去する方法を開示する。天然ガス供給流は、主熱交換器中で液化され、膨張させられ、そして分離塔の下部の中に導入される。主熱交換器のための冷却は、混合冷媒を循環する閉回路冷却システムによって提供される。分離塔の下部から回収された窒素を枯渇させたLNGは、膨張させられ、そして相分離器中でさらに分離される。相分離器からの窒素を枯渇させたLNGは、LNG貯蔵タンクに送られる。相分離器からの蒸気流は、LNG貯蔵タンクからのボイルオフガスと組み合わせられ、主熱交換器中で暖められて主熱交換器に追加の冷却を提供し、圧縮され、そして天然ガス供給流中にリサイクルされる。分離塔の上部から回収された窒素を富化した蒸気(90~100体積%の窒素)はまた、主熱交換器中で暖められて、主熱交換器への追加の冷却を提供する。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

本発明の第1の形態によれば、窒素を枯渇させたLNG生成物を生成する方法が提供され、この方法は、

10

20

30

40

50

(a) 主熱交換器の暖かい終端中に天然ガス供給流を導入し、該天然ガス供給流を冷却しかつ少なくとも部分的に液化し、そして該主熱交換器の中間の場所から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを回収することと、

(b) 該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を富化した天然ガス蒸気流と窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させることと、

(c) 該主熱交換器の中間の場所の中に該蒸気流と液体流とを別個に再導入し、並行して該蒸気流と液体流とをさらに冷却し、該液体流がさらに冷却されて第1のLNG流を生成し、そして該蒸気流がさらに冷却されかつ少なくとも部分的に液化されて第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成し、そして該主熱交換器の冷たい終端から該第1のLNG流と該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流とを回収することと、

10

(d) 該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第2のLNG流とを生成させることと、

(e) 該第2のLNG流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させたLNG生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることと、を含む。

#### 【0011】

本発明の第2の形態によれば、窒素を枯渇させたLNG生成物を生成する装置が提供され、この装置は、

20

(i) 主熱交換器の暖かい終端から主熱交換器の中間の場所に伸び、天然ガス供給流を受け、そして冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを生成するように該流れを冷却しかつ少なくとも部分的に液化するための、第1の冷却通路と、(ii) 該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、窒素を枯渇させた天然ガス液体流を受けかつさらに冷却して第1のLNG流を生成させるための第2の冷却通路と、(iii) 該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、該窒素を枯渇させた天然ガス液体流と別個にかつ並行して、窒素を富化した天然ガス蒸気流を受けかつさらに冷却して、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成させるための第3の冷却通路とを有する主熱交換器と、

30

該冷却通路を冷却するために該主熱交換器に冷媒を供給するための冷却システムと、

(i) 該主熱交換器の該第1の冷却通路から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを受け、(ii) 該流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、該窒素を富化した天然ガス蒸気流と該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させ、そして(iii) 該液体流および蒸気流を、それぞれ、該主熱交換器の該第2の冷却通路および第3の冷却通路に戻すための、該主熱交換器と流体流連通した、第1の分離システムと、

該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第2のLNG流とを生成させるための、該主熱交換器と流体流連通した、第2の分離システムと、

該第2のLNG流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させたLNG生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させるための、該第2の分離システムと流体流連通した、第3の分離システムとを含む。

40

#### 【0012】

本発明の好ましい形態は、以下の形態、#1～#25を含む：

#1 窒素を枯渇させたLNG生成物を生成させるための方法であって、

(a) 主熱交換器の暖かい終端中に天然ガス供給流を導入し、該天然ガス供給流を冷却しかつ少なくとも部分的に液化し、そして該主熱交換器の中間の場所から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを回収することと、

(b) 該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を富化した天然ガス蒸気流と窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生

50

成させることと、

(c) 該主熱交換器の中間の場所の中に該蒸気流と液体流とを別個に再導入し、並行して該蒸気流と液体流とをさらに冷却し、該液体流がさらに冷却されて第1のLNG流を生成し、そして該蒸気流がさらに冷却されかつ少なくとも部分的に液化されて第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成し、そして該主熱交換器の冷たい終端から該第1のLNG流と該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流とを回収することと、

(d) 該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第2のLNG流とを生成させることと、

(e) 該第2のLNG流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させたLNG生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることと、を含む、方法。

#2 ステップ(e)が、該窒素を富化した天然ガス蒸気またはそれらの一部からリサイクル流を生成させることをさらに含み、そして該方法が、

(f) 該リサイクル流を圧縮して圧縮されたりサイクル流を生成させることと、

(g) 冷却されかつ該天然ガス供給流と組み合わせられてまたは別個に少なくとも部分的に液化される該主熱交換器に該圧縮されたりサイクル流を戻すことと、をさらに含む、形態#1に記載の方法。

#3 該リサイクル流が天然ガス供給流と組み合わせられてかつ天然ガス供給流の一部として該主熱交換器中で冷却されかつ少なくとも部分的に液化されるように、ステップ(g)が該天然ガス供給流に該圧縮されたりサイクル流を加えることを含む、形態#2に記載の方法。

#4 ステップ(g)が、該主熱交換器の該暖かい終端または中間の場所中に該圧縮されたりサイクル流を導入し、該圧縮されたりサイクル流を冷却し、そして該天然ガス供給流と別個にかつ並行してそれらの全部または一部を少なくとも部分的に液化して、第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成させ、そして該主熱交換器の該冷たい終端から該第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を回収することをさらに含む、形態#2に記載の方法。

#5 ステップ(b)が、該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該流れを蒸気相と液相とに相分離器中で分離して、該窒素を富化した天然ガス蒸気流と該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させることを含む、形態#1～#4のいずれか1つに記載の方法。

#6 ステップ(e)が、該第2のLNG流を膨張させて、該LNGの一部が蒸発し、それによって該窒素を富化した天然ガス蒸気と該窒素を枯渇させたLNG生成物とを生成するLNG貯蔵タンク中に該膨張した流れを移送することを含む、形態#1～#5のいずれか1つに記載の方法。

#7 ステップ(d)が、該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該流れを蒸気相と液相とに相分離器中で分離して、該窒素に富んだ蒸気生成物と該第2のLNG流とを生成させることを含む、形態#1～#6のいずれか1つに記載の方法。

#8 ステップ(e)が、該第1のLNG流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して追加の窒素を枯渇させたLNG生成物と追加の窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることをさらに含む、形態#7に記載の方法。

#9 ステップ(d)が、該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、蒸留塔の中に該流れを導入して該流れを蒸気相と液相とに分離し、該蒸留塔から回収されるオーバーヘッド蒸気から該窒素に富んだ蒸気生成物を生成させ、そして該蒸留塔から回収された下部の液体から該第2のLNG流を生成させることを含む、形態#1～#6のいずれか1つに記載の方法。

#10 ステップ(e)が、該第1のLNG流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離し

10

20

30

40

50

て、追加の窒素を枯渇させた L N G 生成物と追加の窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることをさらに含む、形態 # 9 に記載の方法。

# 1 1 ステップ (d) が、該第 1 の L N G 流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該蒸留塔の中に該流れを導入して該流れを蒸気相と液相とに分離し、該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が該蒸留塔の中に導入される場所より下の場所において該第 1 の L N G 流が該蒸留塔中に導入されることをさらに含む、形態 # 9 に記載の方法。

# 1 2 該第 1 の L N G 流が、該蒸留塔の中間の場所において該蒸留塔の中に導入され、そして該蒸留塔の中への該第 1 の L N G 流の導入の前に、該第 1 の L N G 流との間接的な熱交換を介して、再沸騰 (r e b o i l e r) 熱交換器中の該下部の液体の一部分を加熱しかつ蒸発させることによって、該蒸留塔のための沸騰 (b o i l - u p : ボイルアップ) が提供される、形態 # 1 1 に記載の方法。

10

# 1 3 該第 1 の L N G 流が、該蒸留塔の下部の中に導入される、形態 # 1 1 に記載の方法。

# 1 4 該蒸留塔の中への該流れの該導入の前に、該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流の全部または一部との間接的な熱交換を介して、再沸騰熱交換器中の該下部の液体の一部を加熱しかつ蒸発させることによって、該蒸留塔のための沸騰が提供される、形態 # 9 ~ # 1 2 のいずれか 1 つに記載の方法。

# 1 5 ステップ (b) が、該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して該窒素を富化した天然ガス蒸気流と、窒素を富化した天然ガス蒸気からなるストリップングガス流と、該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを含み、そして、

20

ステップ (d) が、該蒸留塔の下部の中に該ストリップングガス流を導入することをさらに含む、形態 # 9 ~ # 1 4 のいずれか 1 つに記載の方法。

# 1 6 ステップ (d) が、該第 2 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該蒸留塔の中に該流れを導入して蒸気相と液相とに該流れを分離することを含む、形態 # 9 ~ # 1 5 のいずれか 1 つに記載の方法。

# 1 7 該第 2 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が、該蒸留塔の上部の中に導入される、形態 # 1 6 に記載の方法。

30

# 1 8 該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が、該蒸留塔の上部の中に導入される、形態 # 9 ~ # 1 5 のいずれか 1 つに記載の方法。

# 1 9 該蒸留塔のための還流が、コンデンサー熱交換器中で該蒸留塔からの該オーバーヘッド蒸気の一部を凝結させることによって提供される、形態 # 9 ~ # 1 6 に記載の方法。

# 2 0 該蒸留塔から回収されたオーバーヘッド蒸気を暖めることによって、該コンデンサー熱交換器のための冷却が提供される、形態 # 1 9 に記載の方法。

# 2 1 該コンデンサー熱交換器のための冷却が、該主熱交換器のために冷却を同様に提供する閉回路冷却システムによって提供され、該閉回路冷却システムによって循環する冷媒が該コンデンサー熱交換器を通過させられかつ該コンデンサー熱交換器中で暖められる、形態 # 1 9 または # 2 0 に記載の方法。

40

# 2 2 該主熱交換器のための冷却が、閉回路冷却システムによって提供され、該閉回路冷却システムによって循環される冷媒が該主熱交換器を通過させられかつ該主熱交換器中で暖められる、形態 # 1 ~ # 2 1 のいずれか 1 つに記載の方法。

# 2 3 窒素を枯渇させた L N G 生成物を生成させるための装置であって、

(i) 主熱交換器の暖かい終端から主熱交換器の中間の場所に伸び、天然ガス供給流を受け、そして冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを生成するように該流れを冷却しかつ少なくとも部分的に液化するための、第 1 の冷却通路と、(i i) 該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、窒素を枯渇させた天然ガス液体流を受けかつさらに冷却して第 1 の L N G 流を生成させるための第 2 の冷却通路と、(i i i)

50

該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、該窒素を枯渇させた天然ガス液体流と別個にかつ並行して、窒素を富化した天然ガス蒸気流を受けかつさらに冷却して、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成させるための第3の冷却通路とを有する主熱交換器と、

該冷却通路を冷却するために該主熱交換器に冷媒を供給するための冷却システムと、

(i) 該主熱交換器の該第1の冷却通路から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを受け、(ii) 該流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、該窒素を富化した天然ガス蒸気流と該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させ、そして(iii) 該液体流および蒸気流を、それぞれ、該主熱交換器の該第2の冷却通路および第3の冷却通路に戻すための、該主熱交換器と流体流連通した、第1の分離システムと、

10

該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第2のLNG流とを生成させるための、該主熱交換器と流体流連通した、第2の分離システムと、

該第2のLNG流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させたLNG生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させるための、該第2の分離システムと流体流連通した、第3の分離システムとを含む、装置。

#24 該装置が、該窒素を富化した天然ガス蒸気またはそれらの一部から生成された、該第3の分離システムからリサイクル流を受け、該リサイクル流を圧縮して圧縮されたりリサイクル流を生成させ、そして冷却されかつ該天然ガス供給流と組み合わせられてまたは別個に少なくとも部分的に液化される該主熱交換器に該圧縮されたりリサイクル流を戻すための、該第3の分離システムおよび主熱交換器と流体流連通した、圧縮機システムをさらに含む、形態#23に記載の装置。

20

#25 該冷却システムが閉回路冷却システムであり、該第1の分離システムが膨張機器と相分離器とを含み、該第2の分離システムが膨張機器と相分離器または蒸留塔とを含み、そして該第3の分離システムが膨張機器とLNGタンクとを含む、形態#23または#24に記載の装置。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、液化しかつ天然ガス流から窒素を除去して窒素を枯渇させたLNG生成物を生成するための本発明の1つの態様による方法および装置を記載する図式のフロー図である。

30

【0014】

【図2】図2は、本発明の別の形態による方法および装置を記載する図式のフロー図である。

【0015】

【図3】図3は、本発明の別の形態による方法および装置を記載する図式のフロー図である。

【0016】

【図4】図4は、本発明の別の形態による方法および装置を記載する図式のフロー図である。

40

【0017】

【図5】図5は、本発明の別の形態による方法および装置を記載する図式のフロー図である。

【0018】

【図6】図6は、本発明の別の形態による方法および装置を記載する図式のフロー図である。

【0019】

【図7】図7は、図6中に記載された方法および装置において使用されるコンデンサー熱交換器での冷却曲線を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

50

## 【0020】

特に断らなければ、本明細書中で使用される冠詞「a」および「an」は、明細書および請求項中に記載された本発明の態様のなんらかの特徴に適用される場合、1つまたは2つ以上を意味する。「a」および「an」の使用は具体的にそのように記載しない限り、単一の特徴を意味するように制限しない。単数のまたは複数の名詞または名詞句に先行する冠詞「the」は、特別な特定の特徴または特別な特定の（複数の）特徴を意味し、そしてそれが使用される内容によって単数または複数の意味を有することができる。

## 【0021】

上記に記載したように、本発明の第1の形態によれば、窒素を枯渇させたLNG生成物を生成する方法であって、

(a) 主熱交換器の暖かい終端中に天然ガス供給流を導入し、該天然ガス供給流を冷却しかつ少なくとも部分的に液化し、そして該主熱交換器の中間の場所から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを回収することと、

(b) 該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を富化した天然ガス蒸気流と窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させることと、

(c) 該主熱交換器の中間の場所の中に該蒸気流と液体流とを別個に再導入し、並行して該蒸気流と液体流とをさらに冷却し、該液体流がさらに冷却されて第1のLNG流を生成し、そして該蒸気流がさらに冷却されかつ少なくとも部分的に液化されて第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成し、そして該主熱交換器の冷たい終端から該第1のLNG流と該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流とを回収することと、

(d) 該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第2のLNG流とを生成させることと、

(e) 該第2のLNG流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させたLNG生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気と生成させることと、を含む、方法が提供される。

## 【0022】

好ましい態様において、ステップ(e)は、該窒素を富化した天然ガス蒸気またはそれらの一部からリサイクル流を生成させることをさらに含み、そして該方法は、

(f) 該リサイクル流を圧縮して圧縮されたりリサイクル流を生成させることと、

(g) 冷却されかつ該天然ガス供給流と組み合わせられてまたは別個に少なくとも部分的に液化される該主熱交換器に該圧縮されたりリサイクル流を戻すことと、をさらに含む。

## 【0023】

本明細書中で使用される場合、用語「天然ガス」は、合成および代用天然ガスをまた含む。天然ガス供給流は、メタンおよび（典型的には主な成分であるメタンを有する）窒素を含む。典型的には、天然ガス供給流は、1～10モル%の窒素濃度を有し、そして本明細書中に記載された方法および装置は、たとえ天然ガス供給流中の窒素濃度が5モル%以下など比較的低くても、天然ガス供給流から窒素を効果的に除去できる。天然ガス流は、通常また、他の成分、例えば、1種または2種以上の他の炭化水素および／またはヘリウム、二酸化炭素、水素等の他の成分等を含むであろう。しかし、天然ガス流は、流れの冷却および液化の間に主熱交換器中で冷凍するであろう濃度でのなんらかの追加の成分を含まないことが好ましい。したがって、主熱交換器中に導入される前に、天然ガス供給流から水、酸ガス、水銀および重質炭化水素を除去することが必要な場合およびその必要に従って、天然ガス供給流は前処理されることができ、なんらかの凍結の問題とならないであろうそうしたレベルまで天然ガス供給流中のなんらかのそうした成分の濃度を低下させる。

## 【0024】

本明細書中で使用される場合、および特に断らなければ、流れ中の窒素の濃度が天然ガス供給流中の窒素の濃度より高い場合、流れは「窒素を富化した」ものである。流れ中の窒素の濃度が天然ガス供給流中の窒素の濃度より低い場合、流れは「窒素を枯渇させた」ものである。上記の様な本発明の第1の形態による方法において、窒素を富化した蒸気生成物は、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流（したがって天然ガス供給流に比較して窒素をさらに富化していると記載できる）より高い窒素濃度を有する。天然ガス供給流が、メタンおよび窒素に加えて他の成分を含む場合、「窒素を富化した」流れはまた、他の軽質成分（例えば、窒素の沸点と類似またはそれより低い沸点を有する例えば、ヘリウム等の他の成分）を富化していることができ、そして「窒素を枯渇させた」流れはまた、他の重質成分（例えば、メタンの沸点と類似またはより高い沸点を有する、例えば、より重い炭化水素等の他の成分）を枯渇させていることができる。

10

#### 【0025】

本明細書中で使用される場合、用語「主熱交換器」は、天然ガス流のすべてまたは一部を冷却しかつ液化して、第1のLNG流を生成することに責任を有する熱交換器をいう。下記で詳細を記載するように、熱交換器は、連続しておよび／または並行して並べられた1つまたは2つ以上の冷却部分からなることができる。それぞれのそうした部分は、それ自身のハウジングを有する別個の熱交換器ユニットを構成できるが、同様にそうした部分は共通のハウジングを共有する単一の熱交換器ユニット中に組み込まれることができる。熱交換器ユニットは、シェルおよび管、巻きコイル、またはプレートおよびフィンタイプの熱交換器ユニット等であるがこれらに限られない任意の好適なタイプであることができる。そうしたユニットにおいて、それぞれの冷却部分は、典型的にはそれ自身、管束（ユニットがシェルおよび管または巻きコイルタイプでできている）またはプレートおよびフィン束（ユニットがプレートおよびフィンタイプである）を含むことができるであろう。本明細書中で使用される場合、主熱交換器の「暖かい終端」および「冷たい終端」は、最も高い温度および最も低い温度（それぞれ）である主熱交換器の終端という相対的な用語であり、そして特に断らなければ、任意の特別な温度範囲を意味することを意図していない。主熱交換器の語句「中間の場所」は、暖かい終端と冷たい終端との間の場所、典型的には連続している2つの冷却部分の間の場所をいう。

20

#### 【0026】

典型的には、主熱交換器のためのいくつかまたはすべての冷却は、閉回路冷却システムによって提供され、閉回路冷却システムによって循環する冷媒は、主熱交換器を通過させられその中で暖められる。閉回路冷却システム（または1超が主熱交換器へ冷却を提供するために使用される閉回路冷却システム）は、任意の好適なタイプであることができる。1つまたは2つ以上の閉回路システムを含み、本発明により使用できる例示的な冷却システムは、単一混合冷媒（SMR）システム、デュアル混合冷媒（DMR）システム、ハイブリッドプロパン混合冷媒（C3MR）システム、窒素膨張サイクル（または他のガス状の膨張サイクル）システム、およびカスケード冷却システムを含む。

30

#### 【0027】

本明細書中に記載された方法および装置において、および特に断らなければ、流れは、膨張させられることができ、そして／または、液体または2相の流れの場合、任意の好適な膨張機器に流れを通すことによって膨張させられかつ部分的に蒸発させられることができる。流れは、例えば、膨張弁またはJ-T弁、または流れの（本質的に）等エンタルピー膨張（そしてそれ故にフラッシュ蒸発）を行うための任意の他の機器を通過させられることによって、膨張させられかつ部分的に蒸発させられることができる。さらにまたは代わりに、流れは、例えば、水力タービンまたはターボ膨張器等のワークエクストラクティング（work-extracting）機器を通過させられかつワークエクストラクトされることによって、例えば、膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、それによって流れの等エントロピー膨張（本質的に）を行うことができる。

40

#### 【0028】

一態様では、該リサイクル流が天然ガス供給流と組み合わせられてかつ天然ガス供給流の

50

一部として該主熱交換器中で冷却されかつ少なくとも部分的に液化されるように、この方法のステップ（g）は該天然ガス供給流に該圧縮されたりサイクル流を加えることを含む。

#### 【0029】

別の態様では、この方法のステップ（g）は、該主熱交換器の該暖かい終端または中間の場所中に該圧縮されたりサイクル流を導入し、該圧縮されたりサイクル流を冷却し、そして該天然ガス供給流と別個にかつ並行してそれらの全部または一部を少なくとも部分的に液化して、第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成させ、そして該主熱交換器の該冷たい終端から該第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を回収することをさらに含む。

10

#### 【0030】

好ましい態様では、この方法のステップ（b）は、相分離器を使用して、該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された天然ガス供給流を分離して窒素を富化した天然ガス蒸気流と窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させる。したがって、ステップ（b）は、該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該流れを蒸気相と液相とに相分離器中で分離して、該窒素を富化した天然ガス蒸気流と該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させることを含むことができる。

#### 【0031】

本明細書中で使用される場合、用語「相分離器」は、流れをその成分の蒸気相と液相とに分離するために二相流れを導入することができるドラムまたは他の形態の容器等の機器をいう。（下記に記載する）蒸留塔と対照的に、容器は、容器の内側で対向流の液体と蒸気流との間に質量移送を行うように設計された任意の分離部分を含まない。流れが、分離される前に、膨張させられるか（または膨張させられかつ部分的に蒸発させられる）場合、流れを膨張させるための膨張機器および流れを分離するための相分離器は、例えば（ドラムへの入口が膨張弁を取り込んでいる）フラッシュドラム等の単一の機器に組み合わされることができる。

20

#### 【0032】

好ましい態様では、この方法のステップ（e）は、LNG貯蔵タンクを使用して、第2のLNG流を分離して窒素を富化した天然ガス蒸気と窒素を枯渇させたLNG生成物とを生成させる。したがって、この方法のステップ（e）は、該第2のLNG流を膨張させて、該LNGの一部分が蒸発し、それによって該窒素を富化した天然ガス蒸気と該窒素を枯渇させたLNG生成物とを生成するLNG貯蔵タンク中に該膨張した流れを移送することを含むことができる。

30

#### 【0033】

一態様では、この方法のステップ（d）は、相分離器を使用して、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第2のLNG流とを生成させる。したがって、この方法のステップ（d）は、該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該流れを蒸気相と液相とに相分離器中で分離して、該窒素に富んだ蒸気生成物と該第2のLNG流とを生成させることを含むことができる。

40

#### 【0034】

ステップ（d）が上記のように相分離器を使用する場合、この方法のステップ（e）は、好ましくは、該第1のLNG流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して追加の窒素を枯渇させたLNG生成物と追加の窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることをさらに含む。第1のLNG流がまた、膨張され部分的に蒸発されかつ分離されて、追加の窒素を富化した天然ガス蒸気と追加の窒素を枯渇させたLNG生成物とを生成するこの態様および他の態様において、これは、第1のLNG流と第2のLNG流とを組み合わせ、そしてこの組み合わせられた流れを次に膨張させ部分的に蒸発させかつ分離することによって；この流れを別個に膨張させかつ部分的に蒸発させ、この膨張した流れを組み合わせ、そして次にこの組み合わせられた流れを分離することによって；またはそれぞれの流れを個別に

50

膨張させ部分的に蒸発させかつ分離することによって、行うことができる。

【0035】

他の態様では、この方法のステップ（g）は、蒸留塔を使用して、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を分離して、窒素を富化した蒸気生成物と第2のLNG流とを生成させる。したがって、この方法のステップ（d）は、該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、蒸留塔の中に該流れを導入して該流れを蒸気相と液相とに分離し、該蒸留塔から回収されるオーバーヘッド蒸気から該窒素に富んだ蒸気生成物を生成させ、そして該蒸留塔から回収された下部の液体から該第2のLNG流を生成させることを含むことができる。

【0036】

本明細書中で使用される場合、用語「蒸留塔」は、それぞれの分離部分が、接触を増加させ、したがって塔の内側の部分を通して上向きに上昇する蒸気と下向きに流れる液体流との間の質量移送を高めるパッキンおよび／または1つまたは2つ以上のトレイ等の挿入物からなる、1つまたは2つ以上の分離部分を含む塔（または一式の塔）をいう。このように、オーバーヘッド蒸気、すなわち、塔の上部に集まる蒸気中で（窒素等の）より軽い成分の濃度が増加し、そして下部の液体、すなわち、塔の下部に集まる液体中で（メタン等の）より重い成分の濃度が増加する。塔の「上部」は、分離部分より上の塔の部分という。塔の「下部」は、分離部分より下の塔の部分という。塔の「中間の場所」は塔の上部と下部との間の、典型的には連続した2つの分離部分の間の場所をいう。

【0037】

ステップ（d）が上記の様に蒸留塔を使用する場合、この方法のステップ（e）は、該第1のLNG流を膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して追加の窒素を枯渇させたLNG生成物と追加の窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させることをさらに含むことができる。再度この場合、この第1のLNG流および第2のLNG流は、上記のように個別にまたは組み合わせて、膨張させられかつ／または分離されることができる。

【0038】

代わりに、ステップ（d）は、該第1のLNG流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該蒸留塔の中に該流れを導入して該流れを蒸気相と液相とに分離し、該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が該蒸留塔の中に導入される場所より下の場所において該第1のLNG流が該蒸留塔中に導入されることをさらに含むことができる。第1のLNG流は、塔の中間の場所において蒸留塔の中に導入されることができる。第1のLNG流は、蒸留塔の下部の中に導入されることができる。

【0039】

蒸留塔のための沸騰は、蒸留塔の中への第1のLNG流の導入前に、第1のLNG流との間接的な熱交換を介して、再沸騰熱交換器中の下部の液体の一部を加熱しかつ蒸発させることによって、提供されることができる。

【0040】

蒸留塔のための沸騰は、蒸留塔の中への該流れの導入前に、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流のすべてまたは一部との間接的な熱交換を介して、再沸騰熱交換器中の下部の液体の一部を加熱しかつ蒸発させることによって、提供されることができる。

【0041】

蒸留塔のための沸騰は、（例えば、電気ヒーター等であるがこれに限られない）外部熱源に対して、再沸騰熱交換器中の下部の液体の一部を加熱しかつ蒸発させることによって、提供されることができる。

【0042】

一態様では、この方法のステップ（b）は、該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して該窒素を富化した天然ガス蒸気流と、窒素を富化した天然ガス蒸気からなるストリップングガス流と、該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを含むことができる。この方法のステップ（d）は、該蒸留塔の該下部の中

10

20

30

40

50

に該ストリップングガス流を導入することをさらに含むことができる。

【0043】

この方法のステップ（g）は、蒸留塔の下部の中への任意の好適な供給源から生成されたストリップングガス流の導入をさらに含むことができる。上記の供給源から生成されたストリップングガス流に加えて、追加のまたは代替供給源は、残りの圧縮されたりサイクルガスが主熱交換器中へ戻される前に、圧縮されたりサイクルガスの一部からストリップングガス流を生成させることと、天然ガス供給の一部からストリップングガス流を生成させることとを含むことができる。

【0044】

好ましくは、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流は、蒸留塔の上部の中に、または塔の中間の場所において蒸留塔の中に、導入される。

【0045】

第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流は、蒸留塔の中に導入される前に、膨張させられ部分的に蒸発させられかつ別個の蒸気流と液体流とに分離されることができ、液体流は、中間の場所において蒸留塔の中に導入され、そして蒸気流は、冷却され、そして塔から回収されたオーバーヘッド蒸気との間接的な熱交換を介して、コンデンサー熱交換器中で少なくとも部分的に凝結し、そして次に塔の上部の中に導入される。第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流は、相分離器中で別個の蒸気流と液体流とに好ましくは分離される。第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流が既に2相の流れである場合、流れの最小限の追加の膨張および蒸発が必要であることができ、この場合、相分離器（必要な任意の膨張および蒸発が、ドラムまたは他のそうした容器中への2相流れの導入において必然的に起こるであろう膨張および蒸発によって行われる）中へ流れを導入する前に、膨張機器を通して流れを通過させることが必要でないことができる。

【0046】

圧縮されたりサイクル流が主熱交換器中で別個に冷却されて第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成するこれらの態様において、この方法のステップ（d）は、該第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして蒸留塔中に該流れを導入して蒸気相と液相とに該流れを分離し、該第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を膨張させかつ部分的に蒸発させ、そして該蒸留塔の中に該流れを導入して蒸気相と液相とに該流れを分離し、該蒸留塔から回収されたオーバーヘッド蒸気から該窒素に富んだ蒸気生成物を生成させ、そして該蒸留塔から回収された下部の液体から該第2のLNG流を生成させることを含むことができる。この態様において、第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流は、該蒸留塔の該上部の中に導入されることが好ましい。

【0047】

蒸留塔のための還流は、コンデンサー熱交換器中で蒸留塔からのオーバーヘッド蒸気の一部を凝結させることによって、提供されることができる。コンデンサー熱交換器のための冷却は、蒸留塔から回収されたオーバーヘッド蒸気を暖めることによって、提供されることができる。コンデンサー熱交換器のための冷却は、主熱交換器のために冷却を同様に提供する閉回路冷却システム、閉回路冷却システムによって循環しコンデンサー熱交換器中を通過しかつコンデンサー熱交換器中で暖められた冷媒によって、提供されることができる。

【0048】

上記でまた記載したように、本発明の第2の形態により、窒素を枯渇させたLNG生成物を生成させるための装置が提供され、この装置は：

（i）主熱交換器の暖かい終端から主熱交換器の中間の場所に伸び、天然ガス供給流を受け、そして冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを生成するように該流れを冷却しかつ少なくとも部分的に液化するための、第1の冷却通路と、（ii）該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、窒素を枯渇させた天然ガス液体流を受

けかつさらに冷却して第 1 の L N G 流を生成させるための第 2 の冷却通路と、( i i i ) 該熱交換器の中間の場所から該熱交換器の冷たい終端に伸び、該窒素を枯渇させた天然ガス液体流と別個にかつ並行して、窒素を富化した天然ガス蒸気流を受けかつさらに冷却して、第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を生成させるための第 3 の冷却通路とを有する主熱交換器と、

該冷却通路を冷却するために該主熱交換器に冷媒を供給するための冷却システムと、

( i ) 該主熱交換器の該第 1 の冷却通路から該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された流れを受け、( i i ) 該流れを膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、該窒素を富化した天然ガス蒸気流と該窒素を枯渇させた天然ガス液体流とを生成させ、そして( i i i ) 該液体流および蒸気流を、それぞれ、該主熱交換器の該第 2 の冷却通路および第 3 の冷却通路に戻すための、該主熱交換器と流体流連通した、第 1 の分離システムと、

該第 1 の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素に富んだ蒸気生成物と第 2 の L N G 流とを生成させるための、該主熱交換器と流体流連通した、第 2 の分離システムと、

該第 2 の L N G 流を受け膨張させ部分的に蒸発させかつ分離して、窒素を枯渇させた L N G 生成物と窒素を富化した天然ガス蒸気とを生成させるための、該第 2 の分離システムと流体流連通した、第 3 の分離システムとを含む。

#### 【 0 0 4 9 】

本明細書中で使用される場合、用語「流体流連通」は、問題になっている機器またはシステムが、参照されている流れが問題になっている機器またはシステムによって送られかつ受けられることができる様式で相互に接続されていることを示す。機器またはシステムは、例えば、問題になっている流れを移送するための好適な管、通路または他の形態の導管によって、例えば、接続されていることができる。

#### 【 0 0 5 0 】

本発明の第 2 の形態による装置は、本発明の第 1 の形態による方法を行うのに好適である。したがって、第 2 の形態による装置の種々の好ましいまたは任意選択的特徴および態様は、第 1 の形態によるこの方法の種々の好ましいまたは任意選択的態様および特徴の上記の記載から明らかとなるであろう。

#### 【 0 0 5 1 】

例えば、好ましい態様において、該装置は、該窒素を富化した天然ガス蒸気またはそれらの一部から生成された、該第 3 の分離システムからリサイクル流を受け、該リサイクル流を圧縮して圧縮されたりリサイクル流を生成させ、そして冷却されかつ該天然ガス供給流と組み合わせられてまたは別個に少なくとも部分的に液化される該主熱交換器に該圧縮されたりリサイクル流を戻すための、該第 3 の分離システムおよび主熱交換器と流体流連通した、圧縮機システムをさらに含む。この冷却システムは、好ましくは閉回路冷却システムを含み。この第 1 の分離システムは、好ましくは膨張機器と相分離器とを含む。この第 2 の分離システムは、例えば、膨張機器および相分離器、膨張機器および蒸留塔、またはそれらのいずれかの組み合わせを含むことができる。この第 3 の分離システムは、好ましくは、膨張機器および L N G タンクを含む。

#### 【 0 0 5 2 】

単に例として、本発明の種々の好ましい態様は、下記で記載された図 1 ～ 7 を参照して記載されるであろう。これらの図において、特徴は、明確化および簡潔さのために、それぞれの図において、特徴に同じ参照番号が割り当てられた 1 超の図で共通である。

#### 【 0 0 5 3 】

図 1 を参照すると、本発明の態様の 1 つにより窒素、天然ガスを液化し、除去するための方法および装置が示されている。

#### 【 0 0 5 4 】

下記で詳細に記載されるであろうように、天然ガス供給流 1 0 0 は、最初に主熱交換器中で一式の冷却通路を通過させられて、天然ガス供給流を冷却し、そしてその一部を液化しかつ(典型的には)過冷却( s u b c o o l )させ、それによって第 1 の L N G 流 1 2

10

20

30

40

50

8を生成する。天然ガス供給流はメタンおよび窒素を含む。典型的には天然ガス供給流は1～10モル%の窒素濃度を有し、そして本明細書中に記載された方法および装置は、たとえ天然ガス供給流中の窒素濃度が5モル%以下等と比較的低くとも、天然ガスから窒素を効果的に除去できる。周知技術であるように、天然ガス供給流は、流れの冷却および液化の間に主熱交換器中で冷凍するであろう濃度で追加の成分を含まないことが好ましい。したがって、主熱交換器中に導入される前に、天然ガス供給流は、必要であればおよび必要に応じて処理されることができ、天然ガス供給流から水、酸ガス、水銀および重質炭化水素を除去し、天然ガス供給流中の任意のそうした成分の濃度を、なんら冷凍問題とならないであろう等のレベルまで低下させる。脱水、酸ガス除去、水銀除去および重質炭化水素除去を行うための適当な装置および技術は周知である。天然ガス流はまた、周囲圧力より上でなければならず、したがって必要であればおよび必要に応じて、主熱交換器中に導入される前に1つまたは2つ以上の圧縮機および後部冷却器（図に示されていない）中で、圧縮されかつ冷却されることができ。

10

#### 【0055】

図1中に記載された態様において、主熱交換器は、連続した3つの冷却部分、すなわち、天然ガス供給流100が予冷却される暖かい部分102と、冷却された天然ガス供給流104が少なくとも部分的に液化される中央部分または中間部分106と、天然ガス供給流の液化された部分118が過冷却される冷たい部分120と、その中へ天然ガス供給流100が導入されそれ故に主熱交換器の暖かい終端を構成する暖かい部分102の終端と、そこから第1のLNG流128が回収されそれ故に主熱交換器の冷たい終端を構成する冷たい部分120の終端と、からなる。認識されるであろうように、用語「暖かい」および「冷たい」は、これに関連して、冷却部分内部の相対的な温度のみをいかなるかの特定の温度範囲を意味しない。図1に記載された配置において、それぞれのこれらの部分は、それ自身のシェル、ケースまたは他の形態のハウジングを有する別個の熱交換器ユニットを構成するが、同様に2つまたはすべての3つの部分を、共通のハウジングを共有する単一の熱交換器ユニットに組み合わせることができであろう。熱交換器ユニットは、シェルおよび管、巻きコイル、またはプレートおよびフィンタイプの熱交換器ユニット等であるがこれらに限られない、任意の好適なタイプであることができる。そうしたユニットにおいて、それぞれの冷却部分は、典型的にはそれ自身（ユニットがシェルおよび管または巻きコイルタイプである）管束または（ユニットがプレートおよびフィンタイプである）プレートおよびフィン束を含むことができるであろう。

20

30

#### 【0056】

主熱交換器のためのいくつかまたはすべての冷却は、任意の好適な閉回路冷却システム（図に示されていない）によって提供されることができ。使用できる例示的な冷却システムは、単一混合冷媒（SMR）システム、デュアル混合冷媒（DMR）システム、ハイブリッドプロパン混合冷媒（C3MR）システム、窒素膨張サイクル（または他のガス状の膨張サイクル）システム、およびカスケード冷却システムを含む。SMRおよび窒素膨張サイクルシステムにおいて、冷却は、閉回路冷却システムによって循環する単一混合冷媒（SMRシステムの場合）によってまたは窒素（窒素膨張サイクルシステムの場合）によって、主熱交換器のすべての3つの部分102、106、110に供給される。DMRおよびC3MRシステムにおいて、2種の別個の冷媒（DMRシステムの場合は2つの異なる混合冷媒、およびC3MRシステムの場合はプロパン冷媒および混合冷媒）を循環させる2種の別個の閉回路冷却システムは、主熱交換器に冷媒を供給するのに使用され、主熱交換器の異なる部分は、異なる閉回路システムによって冷却されることができ。SMR、DMR、C3MR、窒素膨張サイクルおよび他のそうした閉回路冷却システムの運転は周知である。

40

#### 【0057】

天然ガス供給流100は、主熱交換器の暖かい終端の中に導入され、そしてこの流れが冷却されかつ少なくとも部分的に液化され、それによって冷却されかつ少なくとも部分的に液化された天然ガス流108を生成する、主熱交換器の暖かい部分102および中央部

50

分106を通る第1の冷却通路を通過させられる。該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された天然ガス流108は、次に主熱交換器の中央部分と冷たい部分との間の主熱交換器の中間の場所から回収され、そしてJ-T弁110またはワークイクストラクティング (work-extracting) 機器 (例えば水力タービンまたはターボ膨張器 (図に示されていない))、および (フラッシュドラム等の) 相分離器114等の膨張機器からなる第1の分離システム中で膨張させられ部分的に蒸発させられかつ分離されて、窒素を富化した天然ガス蒸气流116と窒素を枯渇させた天然ガス液体流118とを生成する。さらに具体的に言うと、少なくとも部分的に液化された天然ガス流108は膨張機器110を通過して、相分離器114中で蒸気相と液相とに分離される膨張させられかつ部分的に蒸発させられた流れ112を生成し該蒸気116と液体流118とを生成する。蒸気116と液体118流れとは次に主熱交換器の冷たい部分120内で並列してさらに冷却される、中央部分106と冷たい部分120との間の主熱交換器の中間の場所の中に別個に再導入される。さらに具体的に言うと、窒素を枯渇させた天然ガス液体流118は、第2の冷却通路の中に導入されかつ通過させられ、この通路は主熱交換器の冷たい部分120を通り、ここにおいて流れは第1の (過冷却された) LNG流128に過冷却される。窒素を富化した天然ガス蒸气流116は、第3の冷却通路の中に導入されかつ通過させられ、この通路は第2の冷却通路と別個でかつ並行して主熱交換器の冷たい部分120を通り、ここでこの流れは冷却されかつ少なくとも部分的に液化されて第1の少なくとも部分的に液化された (すなわち、部分的にまたは完全に液化された) 窒素を富化した天然ガス流122を生成する。第1のLNG流128および第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122は次に、主熱交換器の冷たい終端から回収される。

#### 【0058】

第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122および第1のLNG流128は次に膨張させられ部分的に蒸発させられ、そして蒸留塔134の中に導入され、この蒸留塔の中でこれらは蒸気相と液相とに分離されて窒素に富んだ蒸気生成物136、139と第2のLNG流138とを生成する。蒸留塔134は、パッキンおよび/または1つまたは2つ以上のトレイ等の挿入物からなる分離部分を含み、これは接触を増加させ、したがって塔内側の上向きに上昇する蒸気と下向きに流れる液体との間の質量移送を高める。第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122は、例えばJ-T弁124またはターボ膨張器 (図示されていない) を通して等の膨張機器を通して通過させられることによって、膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、蒸気相と液相とへの分離のために分離部分より上の該蒸留塔の該上部の中に導入され、それによって塔のための還流をまた提供する膨張させられかつ部分的に蒸発させられた流れ126を生成する。第1のLNG流128は、例えばJ-T弁130またはターボ膨張器 (図示されていない) を通して等の膨張機器を通して通過させられることによって、膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、蒸気相と液相との分離のために分離部分より下の蒸留塔の下部の中に導入され、それによって塔のためのストリップングガスをまた提供する膨張させられかつ部分的に蒸発させられた流れ132を生成する。第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122が部分的に液化された (すなわち、2相) 流れである場合、この流れは、他の態様では (図示されていない) 膨張させられかつ蒸留中に導入される前に別個の蒸气流と液体流とにまた分離されることができであろう。この場合は、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122は、相分離器中において液体と蒸气流とに分離された後で、これらの流れの両者は次に、蒸留塔の中に別個に導入される前に、J-T弁またはターボ膨張器等の膨張機器を通過させられることによって、膨張させられる (そして液体流の場合、部分的に蒸発させられる) であろう。

#### 【0059】

蒸留塔134からのオーバーヘッド蒸気は、窒素にさらに富んでおり (すなわち、このオーバーヘッド上記は第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122に対して窒素に富んでおり、したがって天然ガス供給流100に対してさらに窒素に富んでおり)、そして窒素に富んだ蒸気生成物流136を生成する蒸留塔の上部から回収

され、（蒸留塔の運転圧力を制御する）制御弁137を通過して、（その組成により次に燃料として使用されることができるとまたは放出されることができると）最終の窒素に富んだ蒸気生成物流139を生成する。最終の窒素に富んだ蒸気生成物流139は、他の冷媒流れとの熱一体化により暖められて冷却（図示されていない）を回収する。蒸留塔からの下部の液体は窒素をさらに枯渇され（すなわち、これは窒素を枯渇させた天然ガス液体流118から生成された第1のLNG流128に対して窒素を枯渇されており、したがって天然ガス供給流100に対して窒素をさらに枯渇されており）、そして蒸留塔134の下部から回収されて第2のLNG流138を生成する。

#### 【0060】

第2のLNG流138は、次に、例えば、J-T弁140またはターボ膨張器（図に示されていない）等の膨張機器を通して流れを通過させることによって、さらに膨張させられてLNG貯蔵タンク144中に導入される膨張させられたLNG流142を生成する。初期の膨張およびLNGのタンク中への導入の結果としておよび／または長い間の周囲加熱（貯蔵タンクは完全に断熱できないので）の結果として、LNG貯蔵タンク144中でLNGの一部は蒸発させられ、リサイクル流146としてタンクの上部にできた空間中に集まり、そしてそこから回収される窒素を富化した天然ガス蒸気を生成し、そしてタンク中に貯蔵される窒素を枯渇させたLNG生成物を残し、そして生成物流196として回収されることができると。他の態様では（記載されていない）、LNG貯蔵タンク128は、膨張させられたLNG流142が、液相と蒸気相とに、それぞれ分離され、窒素を枯渇させたLNG生成物196と窒素を富化した天然ガス蒸気からなるリサイクル流146とを生成する（フラッシュドラム等の）相分離器または他の形態の分離機器と置き換えることができるであろう。LNG貯蔵タンクが使用される場合、その中に集まりかつそこから回収される窒素を富化した天然ガス蒸気はまた、タンクフラッシュガス（TFG）またはボイルオフガス（BOG）と呼ばれることができる。相分離器が使用される場合、相分離器の中で生成されかつそこから回収される窒素を富化した天然ガス蒸気はまた、エンドフラッシュガス（EFG）と呼ばれることができる。

#### 【0061】

窒素を富化した天然ガス蒸気からなるリサイクル流146は、次に1つまたは2つ以上の圧縮機148中で再圧縮され、そして1つまたは2つ以上の後部冷却器152中で冷却されて圧縮されたリサイクル流154を生成し、これはこの態様において、天然ガス供給流100中に戻して導入されることによって主熱交換器に戻してリサイクルされ（それ故にこの流れはリサイクル流という）、これは天然ガス供給流およびその一部と混合されて主熱交換器中で冷却されかつ少なくとも部分的に液化される。この後部冷却器154は、周囲温度で例えば水または空気等の任意の好適な形態の冷却剤を使用することができる。

#### 【0062】

図1中に記載された態様は、燃料ガスとしての使用に好適か、または放出に好適な10モル％以下のメタン濃度を有する窒素に富んだ蒸気生成物139を得るために容易に適用できる。この態様は、比較的少ない装置数を有し、運転するのに効率的、簡素かつ容易であり、そして比較的低い窒素濃度の天然ガス供給組成物とでさえ十分に機能する方法および装置を提供する。

#### 【0063】

図2～6を参照すると、これらは、本発明のほかの態様により天然ガス流から窒素を液化しそして除去するため種々のさらなる方法および装置を記載する。

#### 【0064】

図2中に記載された方法および装置は、図1中に記載された装置と、（第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122と第1のLNG流128との両方とは対照的に）第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122のみが分離されて、窒素に富んだ蒸気生成物136、139と第2のLNG流138とを生成し、この分離は蒸留塔中におけるよりむしろ相分離器中で起こり、第1のLNG流128は、第2のLNG流138とともにLNG貯蔵タンク144に送られる点において異なる

る。

#### 【0065】

さらに具体的に言うと、主熱交換器の冷たい終端から回収された第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122は、流れが例えばJ-T弁124またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、そして（フラッシュドラム等の）相分離器234中で蒸気相と液相とに分離されて、それぞれ、窒素に富んだ蒸気生成物136、139と第2のLNG流138とを生成する。この第2のLNG流138は次に、膨張させられて、上記に記載したLNG貯蔵タンク144中に導入される膨張したLNG流142を生成する。上記のように、窒素に富んだ蒸気生成物は、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122に対して窒素に富んでおり、したがって天然ガス供給流100に対してさらに窒素に富んでいる。

10

#### 【0066】

主熱交換器の冷たい終端回収された第1のLNG流128は、流れがJ-T弁130またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって膨張させられて、膨張したLNG流142が第2のLNG流138から生成されるのとはほぼ同じ圧力において膨張したLNG流132を生成する。膨張した第1のLNG流132は、同様にLNG貯蔵タンク144の中に導入され、ここで上記の様に、LNGの一部が蒸発し、リサイクル流146としてタンクの上部にできた空間から回収される窒素を富化した天然ガス蒸気を提供し、そしてタンクの中に貯蔵されかつLNG生成物流196として回収されることができる窒素を枯渇させたLNG生成物を残す。このように、第1のLNG流128および第2のLNG流138は、膨張させられ混合され、そして共にリサイクル流146とLNG生成物196中とに分離される。しかし、他の態様では（記載されていない）、第1のLNG流128および第2のLNG流138は、膨張させられかつ異なるLNG貯蔵タンク（または他の形態の分離システム）中に導入されて、次に混合され、そして別個のLNG生成物流である別個のリサイクル流を生成することができるであろう。同様に、また別の態様では（記載されていない）、第1のLNG流128および第2のLNG流138は、（類似の圧力であるか、類似の圧力に調整されて）J-T弁、ターボ膨張器または他の形態の膨張機器を通して膨張させられる前に混合され、そして次にこの混合された膨張した流れはLNG貯蔵タンク（または他の形態の分離システム）中に導入されることができるであろう。

20

30

#### 【0067】

図3中に記載された方法および装置は、図1中に記載された方法および装置と、蒸留塔334が2つの分離部分（それぞれが、上記の様に、パッキンおよび／または1つまたは2つ以上のトレイ等の挿入物からなる）を有し、2つの分離部分の間の蒸留塔334の中間の場所の中に導入されることによって第1のLNG流128が蒸留塔中で蒸気相と液相とに分離される点で異なる。さらに具体的に言うと、主熱交換器の冷たい終端から回収された第1のLNG流128は、例えばJ-T弁333またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって、再沸騰熱交換器324中で、膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、そして部分的に蒸発させられた流れ335として蒸留塔334の中間の場所の中に導入される。この態様において、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122はまた、例えばJ-T弁328またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって膨張させられかつ部分的に蒸発させられる前に、再沸騰熱交換器324中で冷却され、そして部分的に蒸発させられた流れ330として該蒸留塔の該上部334中に導入され、それによって塔のための還流を提供する。蒸留塔334のための沸騰は、再沸騰熱交換器324中で塔からの下部の液体の流れ360を暖めかつ少なくとも部分的に蒸発させ、そしてこの暖められかつ少なくとも部分的に蒸発させられた流れ362を塔の下部に戻し、それによって塔にストリップングガスを提供することによって、提供される。再沸騰熱交換器中で蒸発させられていない下部の液体の残りは、蒸留塔の下部から回収されて第2のLNG流138を

40

50

生成する。

#### 【0068】

図4中に記載された方法および装置は、図1中に記載された方法および装置と圧縮されたりサイクル流154が、天然ガス供給流に加えられかつ混合されることによって主熱交換器にリサイクルされる点で異なる。むしろ、圧縮されたりサイクル流は、天然ガス供給流と別個にかつ並行して、主熱交換器の中に導入されかつ主熱交換器を通過させられ（および主熱交換器中で冷却され）第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流444を生成する。この流れは次に、主熱交換器の冷たい終端から回収され、そしてまた、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流と同様に、この場合蒸気相と液相とに分離される、2つの分離部分を含む蒸留塔434中に導入される。

10

#### 【0069】

さらに具体的に言うと、天然ガス供給流100とほぼ同じ温度（例えば周囲温度）で後部冷却器152を出た圧縮されたりサイクル流154は、天然ガス供給流から別個に主熱交換器の暖かい終端の中に導入され、そして第1の、第2のおよび第3の冷却通路と別個にかつ並行して、主熱交換器の暖かい部分102、中央部分104および冷たい部分120部分を通る第4の冷却通路を通過させられて、圧縮されたりサイクル流154は、天然ガス供給流100と別個にかつ並行して冷却される。リサイクル流が第4の冷却通路を通過させられるにつれて、リサイクル流は、冷却されかつ部分的に液化されて、主熱交換器の冷たい終端から回収される第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流444を生成する。

20

#### 【0070】

主熱交換器の冷たい終端から回収された第1のLNG流128、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122、および第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流444は次に、蒸気相と液相とに分離される蒸留塔434にすべて送られる。この例において蒸留塔434は、上記に記載したように、2つの分離部分を含む。（流れ128、122および444の中で最も低い窒素含有量を有する）第1のLNG流128は、例えばJ-T弁130またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通して通過させられることによって膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、そして蒸留塔434の下部の中に部分的に蒸発させられた流れ132として導入され、それによって塔のためのストリップングガスをまた提供する。第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122は、例えばJ-T弁124またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって、膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、そして部分的に蒸発させられた流れ126として、2つの分離部分の間の蒸留塔434の中間の場所の中に導入される。（流れ128、122および444の中で最も高い窒素含有量を有する）第2の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流444は、熱交換器446中において、例えばJ-T弁448またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって、膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、そして部分的に蒸発させられた流れ460として該蒸留塔の該上部434中に導入され、それによって塔のための還流をまた提供する。窒素を枯渇させた下部の液体は、蒸留塔434の下部から回収されて、上記のように膨張させられかつLNG貯蔵タンク144中に導入される第2のLNG流138を生成する。該蒸留塔の該上部から回収されたオーバーヘッド蒸気は、再度窒素に富んだ蒸気生成物流136を生成し、これはこの場合（第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流444との間接的な熱交換を介して）熱交換器446中で暖められて、暖められた窒素に富んだ蒸気生成物流139を提供する。この態様において、該蒸留塔の該上部から得られた窒素に富んだ蒸気生成物流136、139は、ほとんど純粋な窒素蒸気流であることができる。

30

40

#### 【0071】

天然ガス供給と並行してかつ別個に、リサイクル流を冷却しかつ少なくとも部分的に液化する主熱交換器の使用は、はっきりとした利点を提供する。リサイクル流は、天然ガス

50

供給流に比較して窒素に富んでおり、したがって天然ガス供給とは別個にこの流れを液化するかまたは部分的に液化し、そして次に生じる少なくとも部分的に凝結された窒素を富化した流れを分離することは、リサイクル流が天然ガス供給流の中に戻されかつ天然ガス供給流とともに分離される場合より、リサイクル流の窒素およびメタン成分を分離するより効率的なプロセスを提供する。同様に、リサイクル流はこれを行うために貢献した熱交換器および冷却システムを追加することによって、冷却されかつ少なくとも部分的に液化されることを可能にしながら、主熱交換器およびその関連する既存の冷却システムを使用してリサイクル流を冷却しかつ少なくとも部分的に液化させ、次にこれが窒素に富んだ生成物と追加の LNG 生成物とに分離できることは、よりコンパクトかつコスト効率的なプロセスおよび装置を提供する。

10

#### 【0072】

図4の中に記載した態様中で、圧縮されたリサイクル流154は、主熱交換器の暖かい終端の中に導入されるが、これは必ずしもそうである必要はないことに留意すべきである。特に、圧縮されたリサイクル流が、天然ガス供給流の温度より低い温度において得られる場合、圧縮されたリサイクル流は、圧縮されたリサイクル流の温度が（次に冷却される）天然ガス供給流の温度とより一致する主熱交換器の中間の場所の中に導入されることができる（第4の冷却通路は、この場合、該中間の場所から主熱交換器の冷たい終端に、主熱交換器を通して伸びる）。例えば、圧縮されたリサイクル流は、主熱交換器の、冷たい部分102と中央部分106との間、または中央部分106と冷たい部分120との間に導入されることができるであろう。リサイクル流146が圧縮機148中で圧縮される前に LNG 貯蔵タンク144をでるリサイクル流146に対して後部冷却器152からでるリサイクル流154を例えばエコマイザー熱交換器（図示されていない）中でさらに冷却することによって、圧縮されたリサイクル流154はより冷たい温度において得ることができるであろう。

20

#### 【0073】

図5中に記載された方法および装置は、図1中に記載された方法および装置と、第1の LNG 流128は蒸留塔134中に導入されないが、代わりに第2の LNG 流138と共に LNG 貯蔵タンク144の中に送られる点で、および蒸留塔のためのストリップングガスが相分離器114から得られた窒素を富化した天然ガス蒸気の一部574によって提供される点で異なる。

30

#### 【0074】

さらに具体的に言うと、図5に記載の態様において、主熱交換器の中央部分と冷たい部分との間の主熱交換器の中間の場所から回収された該冷却されかつ少なくとも部分的に液化された天然ガス流108は、（上記で記載したように）J-T弁110またはターボ膨張器（図示されていない）および（フラッシュドラム等の）相分離器114等の膨張機器からなる第1の分離システム中で膨張させられ、部分的に蒸発させられかつ分離されて、窒素を富化した天然ガス蒸気と窒素を枯渇させた天然ガス液体とを生成する。また上記で記載したように、窒素を枯渇させた天然ガス液体は、液体流118として相分離器114から回収され、これは次に主熱交換器の冷たい部分120中でさらに冷却されて第1の LNG 流128を生成する。相分離器114から回収された窒素を富化した天然ガス蒸気は、しかし、この態様では分離されて2つの窒素を富化した天然ガス蒸气流116、574を生成する。1つの蒸气流116は、上記で記載したように、主熱交換器の冷たい部分120中でさらに冷却されて、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122を生成する。他の蒸气流574は、流れがJ-T弁584またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって膨張させられ、そして蒸留塔134の下部に送られるストリップングガス流れを生成し、それによって該蒸留塔のためのストリップングガスを提供する。主熱交換器の冷たい終端から回収された第1の LNG 流128は膨張させられ、流れがJ-T弁130またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって、第2の LNG 流138から生成されかつ同様に LNG 貯蔵タンク144の中に導入される膨張した LNG 流142とほぼ同

40

50

じ圧力で膨張したLNG流132を生成する。この点で、第1のLNG流128は、この態様において、図2中に記載された態様中で第1のLNG流128が上記においてさらに詳しく記載されたのと同じ様式で、使用されかつ処理される。

#### 【0075】

図6中に記載された方法および装置は、図5中に記載された方法及び装置と、蒸留塔534が、この場合2つの分離部分を有し、第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122が、2つの部分の間の蒸留塔534の中に導入され、そして蒸留塔534のための還流がコンデンサー熱交換器554中でオーバーヘッド蒸気の一部分を凝結させることによって提供される点で異なる。図6はまた、さらに通常、本発明の先の態様のいずれかの中で主熱交換器に冷却を提供するのに使用できる1つの可能な閉回路冷却システムを具体的に示すのに役立つ。

10

#### 【0076】

さらに具体的に言うと、図6中に記載の態様において、主熱交換器の冷たい終端から回収された第1の少なくとも部分的に液化された窒素を富化した天然ガス流122は、例えばJ-T弁124またはターボ膨張器（図示されていない）等の膨張機器を通過させられることによって、膨張させられかつ部分的に蒸発させられ、そして蒸気相と液相とに分離される、部分的に蒸発させられた流れ126として2つの分離部分の間の蒸留塔534の中間の場所の中に導入される。蒸留塔534のための還流は、コンデンサー熱交換器554中で蒸留塔からのオーバーヘッド蒸気136の一部分を凝結させることによって提供される。

20

#### 【0077】

コンデンサー熱交換器554のための冷却は、この態様において、2つの異なる様式で提供される。オーバーヘッド蒸気の一部分を凝結させるのに必要な冷却のいくらかは冷たいオーバーヘッド蒸気それ自身によって提供される。いくらかの冷却は、主熱交換器のための冷却をまた提供する閉回路冷却システムによって提供される。

#### 【0078】

さらに具体的に言うと、蒸留塔534の上部から回収されたオーバーヘッド蒸気136は、コンデンサー熱交換器554の中で最初に暖められる。暖められたオーバーヘッドの一部分は次に、圧縮機566中で圧縮され、（例えば、周囲温度の空気または水等の冷却剤を使用して）後部冷却器568の中で冷却され、コンデンサー熱交換器554中でさらに冷却されかつ少なくとも部分的に液化され、例えばJ-T弁576を通して膨張させられ、そして蒸留塔534の上部に戻され、それによって塔への還流を提供する。暖められたオーバーヘッドの残りは、窒素に富んだ蒸気生成物139を生成する。蒸留塔462の上部をまたより冷たくする（コンデンサー熱交換器554、圧縮機566、および後部冷却器568を含む）この窒素ヒートポンプサイクルの使用を通して、またより高い純度の窒素に富んだ生成物170を得ることができる。

30

#### 【0079】

閉回路冷却システムをみると、主熱交換器のための冷却は、例えば、単一混合冷媒（SMR）システムによって提供されることができる。このタイプの閉回路システムにおいて、循環する混合冷媒は、窒素、メタン、エタン、プロパン、ブタンおよびイソペンタンの混合物等の成分の混合物からなる。また具体的な説明により、主熱交換器の冷却部分102、106および110のそれぞれは、この例において、巻きコイルタイプの熱交換器ユニットである。主熱交換器の暖かい終端からでる暖められた混合冷媒650は、圧縮機652中で圧縮されて、圧縮された流れ656を生成する。次に圧縮された流れは、後部冷却器を通過して冷却されかつ流れを部分的に凝結し、そして次に相分離器中で蒸気流658および液体流606に分離される。蒸気流658は、圧縮機660中でさらに圧縮されかつ冷却され、そして部分的に凝結して周囲温度で高圧混合冷媒流600を生成する。後部冷却器は、蒸発冷却塔からの空気、新たな水、海水または水等の任意の好適な周囲ヒートシンクを使用できる。

40

#### 【0080】

50

高圧混合冷媒流 600 は、相分離器中で蒸気流 604 および液体流 602 に分離される。液体流 602 および 606 は、次に圧力を低下されかつ混合されて冷たい冷媒流 628 を生成する前に、主熱交換器の暖かい部分 102 中で過冷却され、この冷たい冷媒流は、それが蒸発させられかつ暖められて冷却をこの部分に提供する主熱交換器の暖かい部分 102 のシェル側を通過させられる。蒸気流 604 は、主熱交換器の暖かい部分 102 中で冷却されかつ部分的に液化されて流れ 608 としてでる。次に流れ 608 は、相分離器中で蒸気流 612 および液体流 610 に分離される。液体流 610 は、主熱交換器の中央部分 106 中で過冷却され、そして次に圧力を低下させられて冷たい冷媒流 680 を生成し、この冷たい冷媒流は、それが蒸発させられかつ暖められて該部分に冷却を提供する主熱交換器の中央部分 106 のシェル側を通過させられる。蒸気流 612 は主熱交換器の中央部分 106 および冷たい部分 120 中で凝結されかつ過冷却されて流れ 614 としてでる。流れ 614 は膨張させられて冷たい冷媒流 632 を提供し、この冷たい冷媒流は、それが蒸発させられかつ暖められて該部分に冷却を提供する主熱交換器の冷たい部分 120 のシェル側を通過させられる。(流れ 632 から得られた)冷たい部分 120 のシェル側からでた暖められた冷媒は、中央部分 106 のシェル側中で冷媒流 680 と混合され、そこでさらに暖められかつ蒸発させられて、その部分に追加の冷媒を提供する。中央部分 106 のシェル側からでた混合され暖められた冷媒は、暖かい部分 102 のシェル側中で冷媒流 628 と混合されて、そこでさらに暖められかつ蒸発させられてその部分に追加の冷媒を提供する。暖かい部分 102 のシェル側からでた混合され暖められた冷媒は、十分に蒸発させられ、そして約 5℃まで過加熱され、そして暖められ混合された冷媒流 650 としてでて、このように冷却回路を完了する。

#### 【0081】

上記で述べたように、図 6 中に記載された態様において、閉回路冷却システムは、蒸留塔 534 からのオーバーヘッド蒸気 136 の一部を凝結させるコンデンサー熱交換器 554 のための冷却をまた提供して、塔への還流を提供する。これは、主熱交換器からでる冷却された混合冷媒を分割し、そしてコンデンサー熱交換器 554 中で暖められる該冷媒の一部を、主熱交換器中に戻されそしてその中でさらに暖められる前に、送ることによって達成される。さらに具体的に言うと、主熱交換器の冷たい終端からでる混合冷媒蒸気 614 は、2つの部分、より小さい部分 618 (典型的には 10%未満) および主な部分 616 に分割される。主な部分は膨張させられて、上記の様に、主熱交換器の冷たい部分 120 に冷媒を提供するのに使用される冷たい冷媒流 632 を提供する。より小さい部分 618 は、例えば、J-T 弁 220 (例えば、ターボ膨張器等の)別の好適な形態の膨張機器を通して流れを通過させることによって、膨張させられて、冷たい冷媒流 222 を生成する。次に流れ 222 は、コンデンサー熱交換器 554 中で暖められかつ少なくとも部分的に蒸発させられて、流れ 224 を生成し、これは、次に主熱交換器の冷たい部分 120 のシェル側からでた (流れ 632 から得られた)暖められた冷媒と混合され、そして中央部分 106 のシェル側に冷媒流 680 とともに入ることによって主熱交換器に戻される。代わりに、流れ 224 は、流れ 680 (図に示されていない)と直接混合されることもできるであろう。

#### 【0082】

コンデンサー熱交換器 554 のための冷却をまた提供するための閉回路冷却システムの使用は、窒素の凝結がおこる適当な温度において冷却を提供する混合冷媒とともに、コンデンサー熱交換器 554 中での内部温度の違いを最小化することによって、プロセスの全体的な効率を改善する。これは、図 6 および上記に記載された態様により運転される場合、コンデンサー熱交換器 554 で得られる図 7 中に記載された冷却曲線により、具体的に説明される。好ましくは、コンデンサー熱交換器 554 中で冷却されるオーバーヘッド蒸気 572 の圧縮されかつ暖められた部分が、混合冷媒が蒸発する温度よりちょうど上の温度において凝結するように、圧縮機 566 の放出圧力は選択される。蒸留塔 534 から回収されたオーバーヘッド蒸気 136 は、その露点 (約 -159℃)においてコンデンサー熱交換器 554 中に入ることができ、そして周囲条件の付近で暖められることができる。窒

素を富化した蒸気生成物 139 の回収後に、次に残りのオーバーヘッド蒸気は、圧縮機 566 中で圧縮され、周囲温度付近において後部冷却器 568 中で冷却され、そして冷却されかつ凝結されるコンデンサー熱交換器 554 に戻されて、上記のように蒸留塔 534 のための還流を提供する。

【実施例】

【0083】

本発明の操作を具体的に示すために、記載されかつ図 1 中に具体的に記載された方法を、柔軟な加熱バルブおよび 1 モル % のみの窒素を有する液化された天然ガス生成物を用いて窒素に富んだ上記生成物を得るために行った。供給ガスの組成を表 1 に示した。第 1 の流れの組成を表 2 中に示す。A S P E N P l u s ソフトウェアを使用して、データを生成した。表 2 中のデータからわかるように、この方法は、液化された天然ガス流から効果的に窒素を除去し、そして販売可能な L N G 生成物、および燃料ガスとして使用できる窒素流を提供する。

【表 1】

表 1. 考慮される供給条件および組成

|                 |      |
|-----------------|------|
| 温度 (°F)         | 91.4 |
| 圧力 (psia)       | 957  |
| 流速 (lbmol/時間)   | 4098 |
| 成分 (モル%)        |      |
| N <sub>2</sub>  | 5.0  |
| C <sub>1</sub>  | 92.0 |
| C <sub>2</sub>  | 1.5  |
| C <sub>3</sub>  | 1.0  |
| nC <sub>4</sub> | 0.40 |
| nC <sub>5</sub> | 0.10 |

【表 2】

表 2. 流れの組成

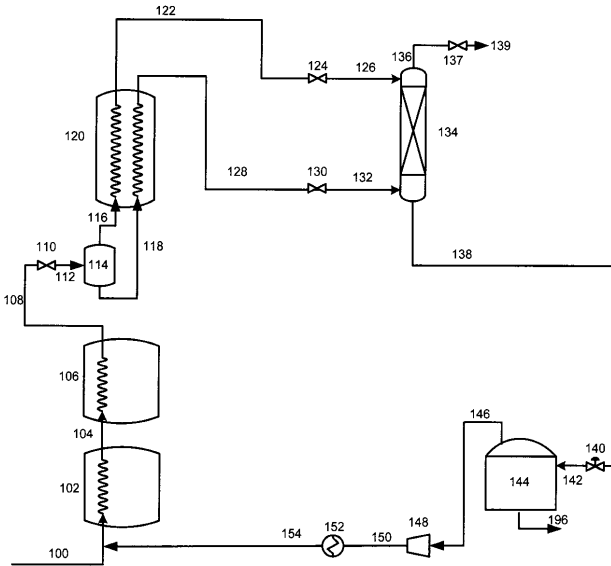
|                | 108    | 116    | 118    | 136    | 138    | 196    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| モル部分%          |        |        |        |        |        |        |
| N <sub>2</sub> | 6.1    | 20.5   | 4.0    | 70.0   | 2.4    | 1.0    |
| C1             | 91.1   | 79.4   | 92.8   | 30.0   | 94.7   | 95.8   |
| C2             | 1.4    | 0.1    | 1.6    | 0      | 1.5    | 1.6    |
| C3             | 0.9    | 0      | 1.1    | 0      | 1.0    | 1.1    |
| nC4            | 0.4    | 0      | 0.4    | 0      | 0.4    | 0.4    |
| nC5            | 0.1    | 0      | 0.1    | 0      | 0.1    | 0.1    |
| 温度°F           | -165.8 | -184.6 | -184.6 | -277.8 | -263.9 | -261.1 |
| 圧力psia         | 887.4  | 211.1  | 211.1  | 18.0   | 18.6   | 16.1   |
| 蒸気部分           | 0      | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      |
| 全流量            |        |        |        |        |        |        |
| lbmol/時間       | 4391.0 | 568.6  | 3822.4 | 243.6  | 4147.3 | 3873.3 |

【0084】

当然のことながら、本発明は、好ましい態様を参照して上記の詳細に限定されないが、多数の改質および変形を、以下の請求項に規定された本発明の精神および範囲を離れることなく行うことができる。

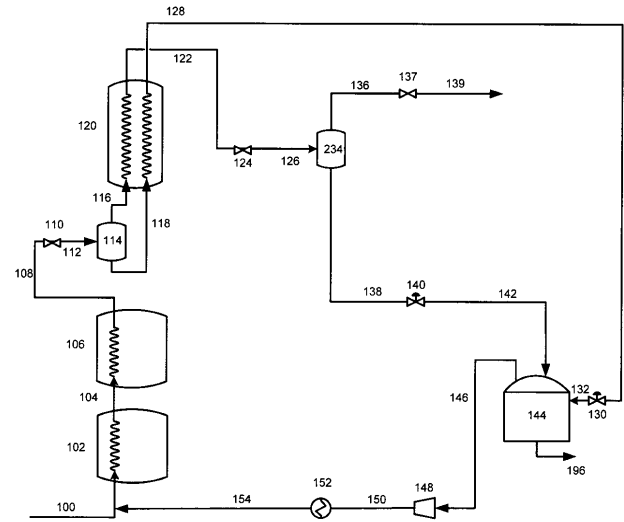
【図 1】

図1



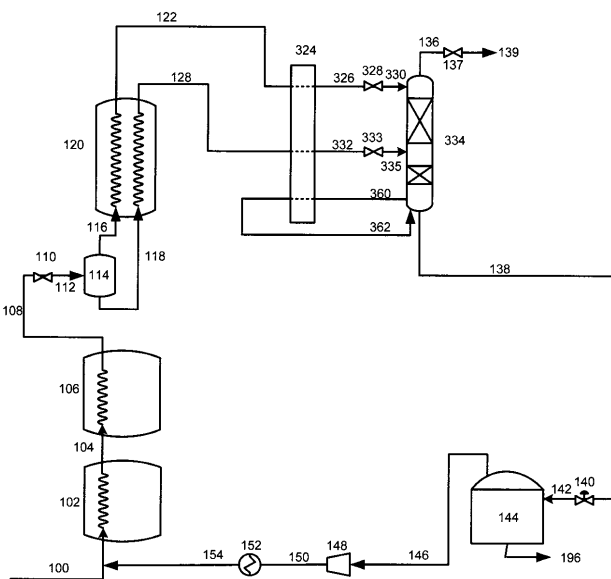
【図 2】

図2



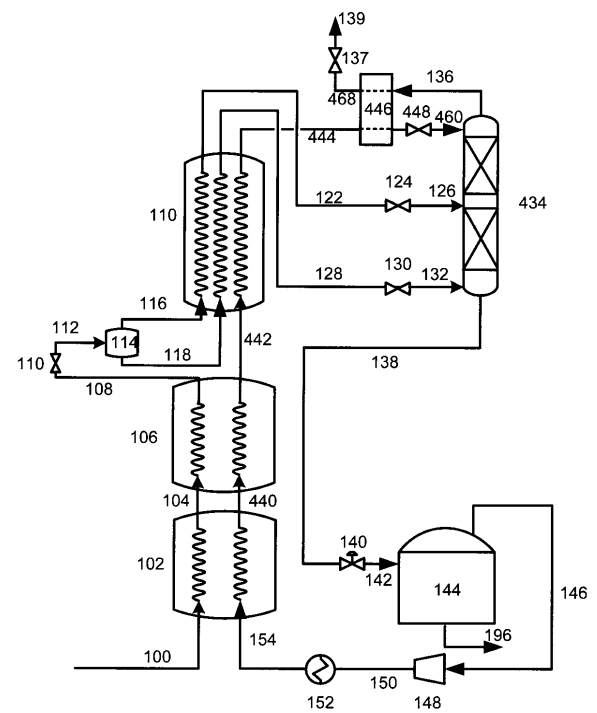
【図 3】

図3



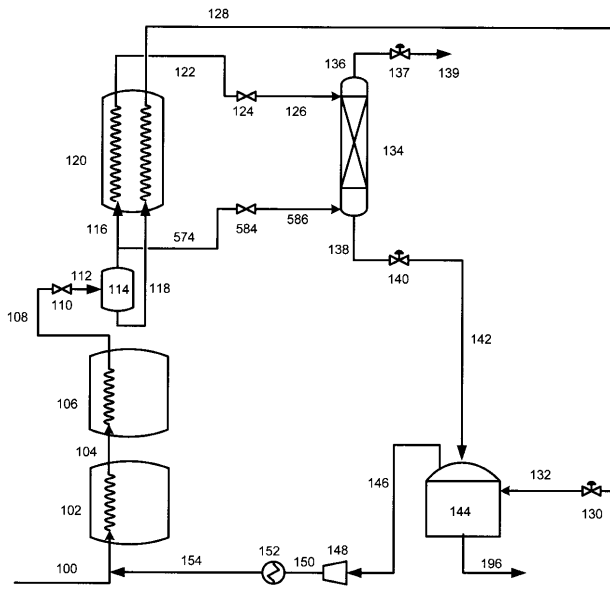
【図 4】

図4



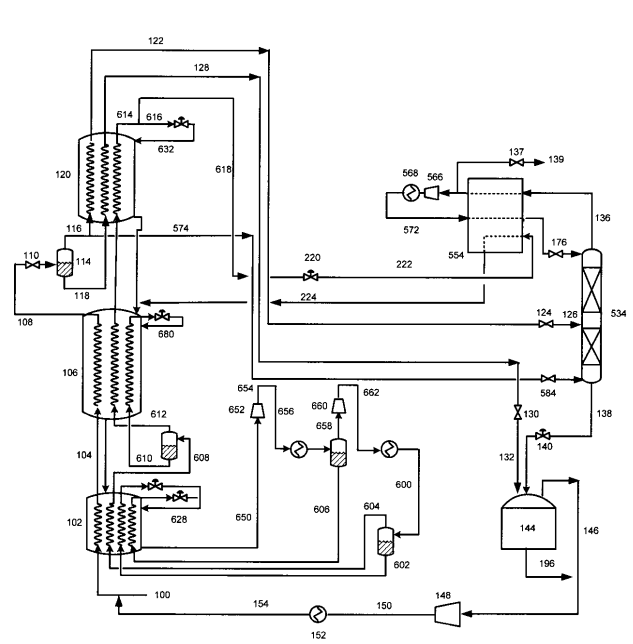
【図5】

図5



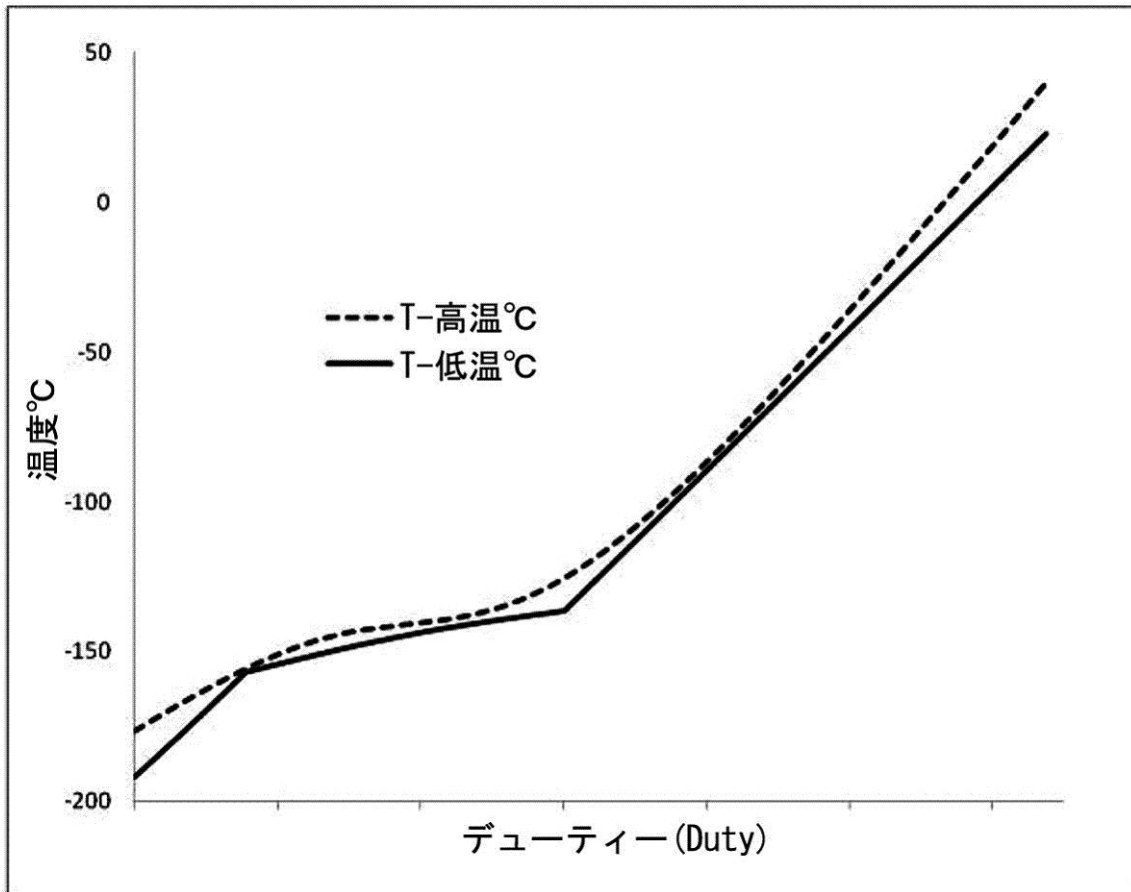
【図6】

図6



【図 7】

図7



---

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 100102990

弁理士 小林 良博

(74)代理人 100128495

弁理士 出野 知

(74)代理人 100147212

弁理士 小林 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 リュー ヤン

アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18031, ブレイニグスビル, モッサー ロード 1063  
, アpartment エフ105

(72)発明者 ゴウリ クリシュナムルティ

アメリカ合衆国, ペンシルベニア 18960, セラーズビル, マリーガン ドライブ 456

(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 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

Fターム(参考) 4D047 AA10 AB02 AB08 BA02 BA08 CA03 CA06 CA15 DA01 DA04

DA17

【外国語明細書】  
2015210077000001.pdf