

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年9月14日(14.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/154044 A1

- (51) 国際特許分類:
F25J 1/00 (2006.01) *F25B 9/02* (2006.01)
C01B 3/38 (2006.01) *F25J 1/02* (2006.01)
F25B 9/00 (2006.01) *F25J 3/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/001347
- (22) 国際出願日: 2016年3月10日(10.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日揮株式会社 (JGC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目
2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 渡邊 嘉之(WATANABE, Yoshiyuki); 〒
2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-
3-1 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 大森 英
史(OMORI, Hidefumi); 〒2206001 神奈川県横浜市
西区みなとみらい2-3-1 日揮株式会社内
Kanagawa (JP). 松原 徹(MATSUHARA, Toru); 〒
2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-
3-1 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 渡辺 信
太郎(WATANABE, Shintaro); 〒2206001 神奈川県
横浜市西区みなとみらい2-3-1 日揮株式

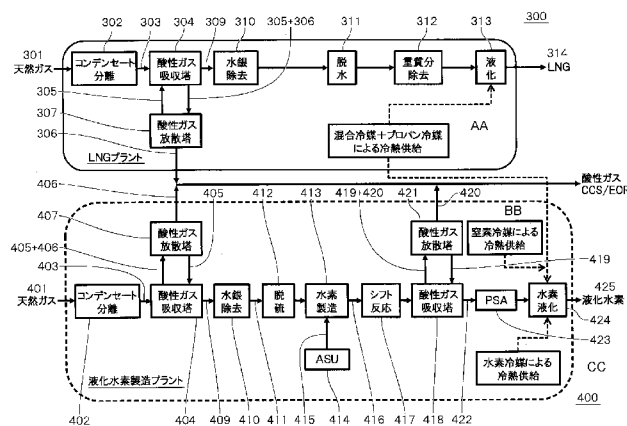
会社内 Kanagawa (JP). 中山 徹(NAKAYAMA,
Toru); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみら
い2-3-1 日揮株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 渡辺 喜平, 外(WATANABE, Kihei et al.);
〒1010041 東京都千代田区神田須田町一丁目 2
6番 芝信神田ビル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: NOVEL PRODUCTION EQUIPMENT AND PRODUCTION METHOD OF LIQUEFIED HYDROGEN AND LIQUEFIED NATURAL GAS

(54) 発明の名称: 液化水素及び液化天然ガスの新規な製造設備及び製造方法



- 300 LNG plant
301 Natural gas
302 Condensate separation
304, 404, 418 Acid gas absorption tower
307, 407, 421 Acid gas desorption tower
310, 410 Mercury removal
311 Dehydration
312 Heavy fraction removal
313 Liquefaction
400 Liquefied hydrogen production plant
401 Natural gas
412 Desulfurization
413 Hydrogen production
417 Shift reaction
424 Hydrogen liquefaction
425 Liquefied hydrogen
AA Coolant supply with mixed coolant + propane coolant
BB Coolant supply with nitrogen coolant
CC Coolant supply with hydrogen coolant

(57) Abstract: This equipment, for producing liquefied hydrogen and liquefied natural gas from natural gas, is provided with: a first heat exchanger which cools hydrogen gas by exchanging heat between the hydrogen gas and a mixed coolant for liquefying natural gas containing multiple types of coolants selected from a group consisting of methane, ethane, propane and nitrogen; a second heat exchanger which cools the mixed coolant by exchanging heat between the aforementioned mixed coolant and propane; and a third heat exchanger which cools hydrogen gas by exchanging heat between the hydrogen gas and a coolant containing hydrogen or helium, wherein the preliminary cooling temperature in the first heat exchanger is -100°C to -160°C.

(57) 要約: 天然ガスから液化水素及び液化天然ガスを製造するための設備であって、メタン、エタン、プロパン及び窒素からなる群から選択される複数種の冷媒を含む天然ガスを液化するための混合冷媒と、水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第一の熱交換器と、前記混合冷媒とプロパンとの間で熱交換を行って、前記混合冷媒を冷却する第二の熱交換器と、水素又はヘリウムを含む冷媒と水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第三の熱交換器とを備え、前記第一の熱交換器における予備冷却温度が-100°C~-160°Cである、液化水素及び液化天然ガスの製造設備。

WO 2017/154044 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：

液化水素及び液化天然ガスの新規な製造設備及び製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、液化水素及び液化天然ガスの新規な製造設備及び製造方法に関する。本発明は、より具体的には、液化天然ガスの製造設備（又は製造方法）と組み合わせた液化水素の新規な製造設備（又は製造方法）に関する。

背景技術

[0002] 液化水素と液化天然ガス（Liquefied Natural Gas：以下、「LNG」ともいう。）は、どちらも天然ガスを原料として製造できることが知られている。

例えば、液化天然ガスは、図1に示す工程にしたがって製造される。具体的には、原料である天然ガスに含まれるコンデンセート、酸性ガス、水銀、水分、重質分等を除去した後、冷媒により液化温度まで冷却して、液化天然ガスが得られる。

[0003] 一方、液化水素は、例えば、図2に示す工程にしたがって製造される。具体的には、原料である天然ガスに含まれるコンデンセート、酸性ガス、水銀、硫黄等を除去した後、水蒸気改質反応や部分酸化反応等により、水素、一酸化炭素、二酸化炭素を主成分とする改質ガスを生成させる。次いで、シフト反応により、一酸化炭素と水蒸気を水素と二酸化炭素に変換し、酸性ガス除去工程により炭酸ガスを除去した後、圧スイング吸着法（PSA）等により、微量で含まれる一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、水分等を除去して、99.999mol％程度の高純度水素ガスを得る。これを冷媒により液化温度まで冷却して液化水素が得られる。

[0004] 水素エネルギーや燃料電池に関して、現在、多くの研究開発や実証計画が遂行され、水素の活用が今後拡大していくことが見込まれている。水素の輸送・貯蔵のためには、通常的气体や圧縮ガスに比べて液化水素の形の方が、

効率が低い。水素は -253°C 程度の極低温で液化する。液化水素を製造するためには $10.8 \sim 12.7 \text{ kWh/kg}$ 程度の大きなエネルギーを必要とすることが課題である。

[0005] 液化水素を製造するために、エネルギー原単位や製造コストの低減を目指した例が知られている（例えば、特許文献1～3等を参照）。

また、液化天然ガスの消費国側の受入基地で液化天然ガスを気化させるための冷熱を利用して水素の液化にかかるエネルギーの削減を試みた例も存在する（特許文献4～6等を参照）。

[0006] しかし、エネルギー用途の液化水素を普及させるためには、液化水素製造に関わるエネルギーを低減するとともに、製造コストを低減することが課題である。水素を液化するための消費エネルギーをさらに削減できる、液化水素の新規で効率的な製造設備及び製造方法に対する必要性が存在する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平6-241647号公報

特許文献2：特開平8-178520号公報

特許文献3：特開平9-303954号公報

特許文献4：特開2002-243360号公報

特許文献5：特表2009-540259号公報

特許文献6：特開2012-237554号公報

発明の概要

[0008] 本発明の目的は、水素を液化するための消費エネルギーを削減できる、液化水素の新規で効率的な製造設備及び製造方法を提供することにある。

[0009] 本発明の一態様によれば、以下の液化水素及び液化天然ガスの製造設備等を提供できる。

1. 天然ガスから液化水素及び液化天然ガスを製造するための設備であって、

メタン、エタン、プロパン及び窒素からなる群から選択される複数種の冷

媒を含む天然ガスを液化するための混合冷媒と、水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第一の熱交換器と、

前記混合冷媒とプロパンとの間で熱交換を行って、前記混合冷媒を冷却する第二の熱交換器と、

水素又はヘリウムを含む冷媒と水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第三の熱交換器とを備え、

前記第一の熱交換器における予備冷却温度が -100°C ～ -160°C である、液化水素及び液化天然ガスの製造設備。

2. コンデンセートの分離装置、酸性ガスの除去装置、及び水銀の除去装置からなる群から選択される少なくとも1つの天然ガス前処理装置を備え、前記前処理装置に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる構成を有する、1に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。

3. 酸性ガスの除去装置を備え、前記酸性ガス除去装置に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる構成を有する、2に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。

4. 液化天然ガス製造ライン及び液化水素製造ラインの各々に酸性ガスの除去装置を備え、

前記液化天然ガス製造ラインの酸性ガス除去装置及び前記液化水素製造ラインの酸性ガス除去装置で吸収した酸性ガスをまとめて放散する単一の酸性ガス放散装置を備える、1～3のいずれかに記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。

5. 前記液化水素製造ラインに複数の酸性ガス除去装置を備え、

前記液化天然ガス製造ラインの酸性ガス除去装置及び前記液化水素製造ラインの複数の酸性ガス除去装置で吸収した酸性ガスをまとめて放散する単一の酸性ガス放散装置を備える、4に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。

6. 天然ガスから液化水素及び液化天然ガスを製造するための方法であって

、

液化天然ガスを製造するために使用する冷媒を、液化水素を製造するための予備冷却に使用し、

液化水素を製造するための予備冷却温度が -100°C ～ -160°C であり

、

天然ガスを液化するための前記冷媒が、メタン、エタン、プロパン及び窒素からなる群から選択される複数種の冷媒を含む混合冷媒であり、

前記混合冷媒とプロパンとの間で熱交換を行って前記混合冷媒を予備冷却し、

水素又はヘリウムを含む冷媒と水素ガスとの間で熱交換を行って水素ガスを冷却する、液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

7. コンデンセートの分離、酸性ガスの除去、及び水銀の除去からなる群から選択される少なくとも1つの前処理に天然ガスを供した後、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる、6に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

8. 酸性ガスの除去処理に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる、7に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

9. 液化天然ガス製造ライン及び液化水素製造ラインの各々において天然ガスから酸性ガスを除去し、前記液化天然ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガス及び前記液化水素ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガスをまとめて放散する、6～8のいずれかに記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

10. 前記液化水素製造ラインにおいてシフト反応後にプロセスガスから酸性ガスを除去し、前記液化天然ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガス及び前記液化水素ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガスと一緒に、まとめて放散する、9に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

[0010] 本発明によれば、水素を液化するための消費エネルギーを削減できる、液化水素及び液化天然ガスの新規で効率的な製造設備及び製造方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、液化天然ガスを製造するための従来 of 典型的なプロセスを示す工程ブロック図である。

[図2]図2は、液化水素を製造するための従来 of 典型的なプロセスを示す工程ブロック図である。

[図3]図3は、本発明の液化水素及び液化天然ガスを製造するためのプロセスを示す工程ブロック図である。

[図4]図4は、比較例1の水素液化工程を模式的に示した図である。

[図5]図5は、実施例1の水素液化工程を模式的に示した図である。

[図6]図6は、実施例3で用いた前処理工程を共用するプロセスを示す図である。

[図7]図7は、実施例4で用いたプロセスを示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本発明は、産ガス国において、エネルギー用途で安価な液化水素を製造する際に特に効果を奏する。産ガス国では、従来、天然ガスを輸出するために、液化天然ガス製造プラントを設置している場合が多い。本発明は、この液化天然ガス製造プラントに、液化水素製造プラントを併設して、必要な設備を共用、共通化することで、水素液化に関わる消費エネルギーを削減するとともに、液化水素製造プラントのコスト削減の実現に寄与するものである。これにより、液化水素の製造コストを低減させることができるため、エネルギー用途の液化水素の普及に貢献できると期待される。従来、液化天然ガスと液化水素の製造を組み合わせた設備や方法の例は存在しない。

[0013] 以下、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造設備等の好適な実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

[0014] [液化水素及び液化天然ガスの製造設備]

まず、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造設備の好適な実施形態について説明する。

本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造設備の一態様は、天然ガスから液化水素及び液化天然ガスを製造するための設備であって、メタン、エタン、プロパン及び窒素からなる群から選択される複数種の冷媒を含む天然ガスを液化するための混合冷媒と、水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第一の熱交換器と、前記混合冷媒とプロパンとの間で熱交換を行って、前記混合冷媒を冷却する第二の熱交換器と、水素又はヘリウムを含む冷媒と水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第三の熱交換器とを備え、前記第一の熱交換器における予備冷却温度が -100°C ～ -160°C であることを特徴とする。

本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造設備の一態様は、天然ガスを液化するための混合冷媒を、液化水素を製造するための水素ガスとの熱交換に利用することにより、水素液化に関わる消費エネルギーを削減するとともに、液化水素製造のためのコスト削減に寄与することができる。

本発明の製造設備の上記の態様は、例えば、図3に示す工程を備えるプロセスである。

[0015] また、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造設備の一態様は、さらに、コンデンセートの分離装置、酸性ガスの除去装置、及び水銀の除去装置からなる群から選択される少なくとも1つの天然ガス前処理装置を備え、前記前処理装置に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる構成を有するものであってもよい。

上記の特徴により、液化水素製造ラインと液化天然ガス製造ラインの間で、天然ガス前処理装置を共通化して共用することで、水素液化に関わる消費エネルギーを削減するとともに、液化水素製造プラントのコスト削減の実現に寄与することができる。

本発明の製造設備の上記の態様は、例えば、図6に示す工程を備えるプロセスである。

[0016] 本発明において、液化水素製造ライン（液化水素製造プラント）とは、原料である天然ガスから不純物を除去し、水蒸気改質により水素を主成分とする改質ガスとし、シフト反応により改質ガス中の一酸化炭素を水素に転換して、得られた水素を冷却して液化水素とする製造ライン（製造プラント）をいう。

また、本発明において、液化天然ガス製造ライン（液化天然ガス製造プラント）とは、原料である天然ガスから不純物を除去し、冷却して液化天然ガスとする製造ライン（製造プラント）をいう。

[0017] また、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造設備の一態様は、上記の天然ガス前処理装置のうち、酸性ガスの除去装置を備え、前記酸性ガス除去装置に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる構成を有するものであってもよい。

[0018] また、本発明の液化水素の及び液化天然ガスの製造設備の一態様は、液化天然ガス製造ライン及び液化水素製造ラインの各々に酸性ガスの除去装置を備え、前記液化天然ガス製造ラインの酸性ガス除去装置及び前記液化水素製造ラインの酸性ガス除去装置で吸収した酸性ガスをまとめて放散する単一の酸性ガス放散装置を備えるものであってもよい。

上記の特徴により、液化天然ガス製造ラインと液化水素製造ラインの間で酸性ガス放散装置を共有することで、製造設備の建設コストと運転コストを低減することができる。

本発明の製造設備の上記の態様は、例えば、図7に示す工程を備えるプロセスである。

[0019] さらに、本発明の液化水素の及び液化天然ガスの製造設備の一態様は、上記の態様において、前記液化水素製造ラインに複数の酸性ガス除去装置を備え、前記液化天然ガス製造ラインの酸性ガス除去装置及び前記液化水素製造ラインの複数の酸性ガス除去装置で吸収した酸性ガスをまとめて放散する単一の酸性ガス放散装置を備えるものであってもよい。

上記の特徴により、液化水素製造ラインに複数の酸性ガス除去装置を備え

ることで、酸性ガスを確実に除去することができ、酸性ガス放散装置を共有することで、製造設備の建設コストと運転コストを低減することができる。

[0020] 本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造設備のその他の特徴は、天然ガスから液化水素を製造するための製造ライン（液化水素製造プラント）と、天然ガスから液化天然ガスを製造するための製造ライン（液化天然ガス製造プラント）について既に知られている任意の特徴と同じものとすることができる。

[0021] [液化水素及び液化天然ガスの製造方法]

次に、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造方法の好適な実施形態について説明する。

本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造方法の一態様は、天然ガスから液化水素及び液化天然ガスを製造するための方法であって、液化天然ガスを製造するために使用する冷媒を、液化水素を製造するための予備冷却に使用し、液化水素を製造するための予備冷却温度が -100°C ～ -160°C であり、天然ガスを液化するための前記冷媒が、メタン、エタン、プロパン及び窒素からなる群から選択される複数種の冷媒を含む混合冷媒であり、前記混合冷媒とプロパンとの間で熱交換を行って前記混合冷媒を予備冷却し、水素又はヘリウムを含む冷媒と水素ガスとの間で熱交換を行って水素ガスを冷却することを特徴とする。

本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造方法の一態様は、天然ガスを液化するための混合冷媒を、液化水素を製造するための予備冷却に利用することにより、水素液化に関わる消費エネルギーを削減するとともに、液化水素製造のためのコスト削減に寄与することができる。

本発明の製造方法の上記の態様は、例えば、図3に示す工程を備えるプロセスを用いて実施することができる。

[0022] また、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造方法の一態様は、さらに、コンデンセートの分離、酸性ガスの除去、及び水銀の除去からなる群から選択される少なくとも1つの前処理に天然ガスを供した後、液化水素製造ラ

インと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させるものであってもよい。

上記の特徴により、液化水素製造ラインと液化天然ガス製造ラインの間で、使用する天然ガスの前処理を共通して実施することで、水素液化に関わる消費エネルギーを削減するとともに、液化水素製造プラントのコスト削減の実現に寄与することができる。

本発明の製造方法の上記の態様は、例えば、図6に示す工程を備えるプロセスを用いて実施することができる。

[0023] また、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造方法の一態様は、上記の天然ガスの前処理のうち、酸性ガスの除去処理に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させるものであってもよい。

[0024] また、本発明の液化水素及び液化天然ガスの製造方法の一態様は、液化天然ガス製造ライン及び液化水素製造ラインの各々において天然ガスから酸性ガスを除去し、前記液化天然ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガス及び前記液化水素製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガスをまとめて放散するものであってもよい。

上記の特徴により、液化天然ガス製造ラインと液化水素製造ラインの間で酸性ガスの放散をまとめて実施することで、製造設備の建設コストと運転コストを低減することができる。

本発明の製造方法の上記の態様は、例えば、図7に示す工程を備えるプロセスを用いて実施することができる。

[0025] さらに、本発明の液化水素の及び液化天然ガスの製造設備の一態様は、上記の態様において、前記液化水素製造ラインにおいてシフト反応後にプロセスガスから酸性ガスを除去し、前記液化天然ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガス及び前記液化水素製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガスと一緒に、まとめて放散するものであってもよい。

上記の特徴により、液化天然ガス製造ラインと液化水素製造ラインの間で酸性ガスの放散をまとめて実施することで、製造設備の建設コストと運転コ

ストを低減することができる。

実施例

[0026] 以下、実施例を示して本発明をさらに具体的に説明するが、本発明の範囲はこれら実施例の記載に何ら限定されるものではない。

[0027] 以下の各例において、年産500万トンの液化天然ガスを生産するプラントに年産10万トンの液化水素を生産するプラントを併設することを想定してシミュレーションを行った。原料の天然ガスはガス田から生産され、液化天然ガス製造プラント及び液化水素プラントに必要量が供給されるものとする。生産した液化天然ガス及び液化水素は消費地へと輸送される。

[0028] (比較例1)

図1に示す工程を備えた、混合冷媒とプロパン冷媒を用いた液化天然ガスの製造プラントと、図2に示す工程を備えた、窒素冷媒を用いて予備冷却する液化水素の製造プラントとが、それぞれ独立している場合を比較例1としてシミュレーションを行った。

[0029] 液化天然ガスの製造プラント100において、まず、ガス田から供給された天然ガス101は、コンデンセート分離装置102でコンデンセート（重質系炭化水素）が分離され、メタンを主成分とするガス103となる。このガス中には二酸化炭素や硫化水素などの酸性ガスが含まれているため、酸性ガス吸収塔104において溶剤105により酸性ガス106が吸収除去される。酸性ガス吸収塔104で吸収された酸性ガス106は、放散塔107で溶剤105から放散され、必要に応じて除害設備108で除害処理をした後、大気に放出される。酸性ガス106が除去された天然ガス109は、さらに水銀除去工程110においてガス中の水銀が除去され、脱水工程111において脱水された後、微量残存する重質分を重質分除去工程112において除去した後に、液化工程113において液化され、液化天然ガス114となる。

[0030] 一方、液化水素の原料となる水素は天然ガスの改質によって製造される。液化水素の製造プラント200では、コンデンセートの分離（コンデンセー

ト分離装置 202)、酸性ガスの吸収除去(酸性ガス吸収塔 204、酸性ガス放散塔 207)、水銀の除去(水銀除去工程 210)は、液化天然ガス製造プラント 100と同じプロセス構成である。

[0031] これらの前処理後のガス 211は、脱硫工程(具体的には、水素化脱硫と吸着脱硫) 212を経て、改質工程(水素製造工程) 213にて水蒸気と、また必要に応じて、空気分離装置(Air Separation Unit: ASU) 214により空気から分離した酸素 215と反応させて、水素を主成分とする改質ガス 216を得る。次いで、シフト反応工程 217において、改質ガス中の一酸化炭素を水蒸気と反応させて、水素と二酸化炭素に変換させ、生成された二酸化炭素 220は、酸性ガス吸収塔 218にて溶剤 219により吸収除去する。酸性ガス吸収塔 218で吸収された二酸化炭素 220は、放散塔 221で溶剤 219から放散され、大気に放出される。二酸化炭素 220が除去された水素ガス 222は、その後、圧力スイング吸着工程(Pressure Swing Adsorption: PSA) 223等により水分を除去して水素純度を高めた後、水素液化工程 224の原料ガスとして供給される。

[0032] 図 4 に、比較例 1 の水素液化工程を模式的に示す。水素液化工程では、窒素を冷媒とした冷凍サイクル(窒素冷媒ループ)により水素ガスを予備冷却した後、水素を冷媒とした冷凍サイクル(水素冷媒ループ)により水素ガスを冷却して、液化水素を得る。

尚、この過程で必要に応じて、触媒により、オルト・パラ変換を行う。

[0033] 具体的には、水素液化工程への原料水素 10を、原料水素圧縮機 11により昇圧し、冷却器 12で冷却した後、プレート熱交換器 13に供し、窒素冷媒、及び、水素冷媒との熱交換を行う。次いで、膨張弁 14により膨張させて、フラッシュドラム 15により、液化水素 16と水素ガス 17に分離する。液化水素 16は、液化水素タンク 18に貯留し、タンクで揮発したボイルオフガス 19は、プレート熱交換器 13にて原料水素、水素冷媒、窒素冷媒と熱交換した後、循環水素 20として再び原料水素圧縮機 11に供される。

フラッシュドラム 15 で分離した水素ガス 17 は、同様に、プレート熱交換器 13 にて原料水素、水素冷媒、窒素冷媒と熱交換した後、循環水素 20 として再び原料水素圧縮機 11 に供される。

[0034] 窒素冷媒ループ 30 では、窒素冷媒 31 を窒素冷媒圧縮機 32 で圧縮し、冷却器 33 で冷却した後、一部の窒素冷媒は窒素冷媒膨張タービン 34、35 により低温化してから、プレート型熱交換器 13 に供し、原料水素との熱交換を行う。また、残りの窒素冷媒は、膨張弁 36 により膨張させてから、フラッシュドラム 37 において液体窒素と窒素ガスとを分離し、それぞれプレート型熱交換器 13 に供して、原料水素との熱交換を行う。

[0035] 水素冷媒ループ 40 では、水素冷媒 41 を、低圧水素冷媒圧縮機 42 で圧縮し、冷却器 43 で冷却した後、高圧水素冷媒圧縮機 44 で圧縮し、冷却器 45 で冷却する。次いで、プレート型熱交換器 13 に供し、（窒素冷媒、冷熱利用可能な原料水素由来の水素ガス 17、液化水素タンク 18 からのボイルオフガス 19 や水素冷媒膨張タービン 46、47、フラッシュドラム 49 を経た水素冷媒との熱交換を行った後、）一部の水素冷媒は水素冷媒膨張タービン 46、47 により低温化／液化され、もう一方の水素冷媒は膨張弁 48 により膨張させてから、フラッシュドラム 49 において液化水素と水素ガスとを分離し、それぞれ再びプレート型熱交換器 13 に供して、原料水素との熱交換を行う。

[0036] 比較例 1 におけるプロセスパラメータを表 1 に示す。また、水素液化のために必要な動力を表 2 に示す。原料水素圧縮機の動力は 23.7 MW、水素冷媒圧縮機の動力は 56.7 MW であり、窒素冷媒圧縮機の動力は 35.5 MW であった。これらを合計した圧縮機の必要動力は 115.9 MW であり、液化水素生産量あたりのエネルギー消費量は 9.27 kWh/kg-LH₂ であった。

[0037]

[表1]

表1 比較例1のプロセスパラメータ

流体名称	流量 [kg/hr]	圧縮機入口温度 [°C]	圧縮機入口圧力 [barA]	圧縮機出口圧力 [barA]
原料水素	12,500	35	1.1	30.4
循環水素	1,500	—	—	—
低圧水素冷媒	5,000	35	1.1	6.1
高圧水素冷媒	60,500	35	6.1	40.5
窒素冷媒	443,900	35	1.2	22.6

[0038] 尚、原料水素圧縮機、水素冷媒圧縮機、窒素冷媒圧縮機のそれぞれの出口にある冷却器による冷却は37℃まで冷却可能とした。

[0039] [表2]

表2 水素液化動力の比較(300トン/日)

	比較例1	実施例1	実施例2
混合冷媒温度 [°C]	—	-137	-167
混合冷媒による水素予備冷却温度 [°C]	—	-106	-158
原料水素圧縮機動力 [MW]	23.7	23.7	23.7
水素冷媒圧縮機動力 [MW] *1	56.7	56.7	56.7
窒素冷媒圧縮機動力 [MW] *1	35.5	25.0	12.5
混合冷媒+プロパン冷媒の圧縮機動力 [MW]	—	6.2	11.9
圧縮機動力合計 [MW] *1	115.9	111.6	104.8
エネルギー消費量 [kWh/kg-LH ₂] *1	9.27 (100%)	8.93 (96.3%)	8.39 (90.5%)

*1 圧縮機で必要な動力から膨張タービンで動力回収した分を差し引いた数値である。

[0040] (実施例1)

液化天然ガス製造において使用する冷媒を水素液化の予備冷却に使用する、図3及び5に示す水素液化プロセスを実施例1としてシミュレーションを行った。

[0041] 液化天然ガスの製造プラント300において、まず、ガス田から供給された天然ガス301は、コンデンセート分離装置302でコンデンセートが分離され、メタンを主成分とするガス303となる。このガス中には二酸化炭素や硫化水素などの酸性ガスが含まれているため、酸性ガス吸収塔304において溶剤305により酸性ガス306が吸収除去される。酸性ガス吸収塔304で吸収された酸性ガス306は、放散塔307で溶剤305から放散され、好ましくはCCS (Carbon dioxide Capture

and Storage : CCS) や EOR (Enhanced Oil Recovery : EOR) のために地下に圧入する。酸性ガス 306 が除去された天然ガス 309 は、さらに水銀除去工程 310 においてガス中の水銀が除去され、脱水工程 311 において脱水された後、微量残存する重質分を重質分除去工程 312 において除去した後に、液化工程 313 において液化され、液化天然ガス 314 となる。

[0042] 液化水素の製造プラント 400 では、コンデンサートの分離（コンデンサート分離装置 402）、酸性ガスの吸収除去（酸性ガス吸収塔 404、酸性ガス放散塔 407）、水銀の除去（水銀除去工程 410）は、液化天然ガス製造プラント 300 と同じプロセス構成である。天然ガス 401 から除去した酸性ガス 406 は、液化天然ガスの製造プラント 300 からの酸性ガス 306 とまとめて、好ましくは CCS や EOR のために地下に圧入する。

[0043] これらの前処理後のガス 411 は、脱硫工程（具体的には、水素化脱硫と吸着脱硫）412 を経て、改質工程（水素製造工程）413 にて水蒸気と、また必要に応じて、空気分離装置（ASU）414 により空気から分離した酸素 415 と反応させて、水素を主成分とする改質ガス 416 を得る。次いで、シフト反応工程 417 において、改質ガス中の一酸化炭素を水蒸気と反応させて、水素と二酸化炭素に変換させ、生成された二酸化炭素 420 は、酸性ガス吸収塔 418 にて溶剤 419 により吸収除去する。酸性ガス吸収塔 418 で吸収された二酸化炭素 420 は、放散塔 421 で溶剤 419 から放散され、酸性ガス 306、406 とまとめて、好ましくは CCS や EOR のために地下に圧入する。二酸化炭素 420 が除去された水素ガス 422 は、その後、圧カスイング吸着工程（PSA）423 等により微量で含まれる一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、水分等を除去して水素純度を高めた後、水素液化工程 424 の原料ガスとして供給される。

[0044] 図 5 に、実施例 1 の水素液化工程を模式的に示す。水素液化工程では、窒素を冷媒とした冷凍サイクル（窒素冷媒ループ）、混合冷媒を用いた冷凍サイクル（混合冷媒ループ）、及びプロパンを冷媒とした冷凍サイクル（プロ

パン冷媒ループ)により、水素ガスを予備冷却した後、水素を冷媒とした冷凍サイクル(水素冷媒ループ)により、水素を冷却して、液化水素を得る。

尚、この過程で必要に応じて、触媒により、オルト・パラ変換を行う。

[0045] 具体的には、水素液化工程における原料水素10のフローは、予備冷却について、窒素を冷媒とした冷凍サイクル(窒素冷媒ループ)に加えて、混合冷媒を用いた冷凍サイクル(混合冷媒ループ)及びプロパンを冷媒とした冷凍サイクル(プロパン冷媒ループ)により行うことを除いては、比較例1で用いた図4の工程と同じである。

[0046] 窒素冷媒ループ30は、比較例1で用いた図4の工程と同じである。

[0047] 混合冷媒ループ50では、混合冷媒51を低圧混合冷媒圧縮機52で圧縮し、冷却器53で冷却した後、高圧水素冷媒圧縮機54で圧縮し、冷却器55で冷却する。その後、混合冷媒51は熱交換器56にてプロパン冷媒61と熱交換し、フラッシュドラム57にて気液分離した後、気体と液体をそれぞれプレート型熱交換器13に供して、ボイルオフガス、窒素冷媒、水素冷媒によって冷却される。次いで、膨張弁58、59を介して、再びプレート型熱交換器13に供して、水素ガスの予備冷却を行ってから、再び低圧混合冷媒圧縮機52に供される。

[0048] プロパン冷媒ループ60では、プロパン冷媒61をプロパン冷媒圧縮機62で圧縮し、冷却器63で冷却した後、膨張弁64を介し、一部のプロパン冷媒は熱交換器56にて混合冷媒51と熱交換する。残りのプロパン冷媒は、プレート型熱交換器13に供され、水素ガスの予備冷却が行われ、再びプロパン冷媒圧縮機62に供される。

[0049] 水素冷媒ループ40は、比較例1で用いた図4の工程と同じである。

[0050] 実施例1では、プロパン冷媒、及び、 -137°C まで冷却された混合冷媒により、 -106°C まで水素の予備冷却を行うことで、窒素冷媒による予備冷却負荷を軽減するプロセスとした。プロパン冷媒や混合冷媒は窒素冷媒よりも液化動力が少なく、効率の良い冷媒であることから、水素液化に関わるエネルギー消費量の削減が期待される。混合冷媒の組成を表3に示す。

[0051] [表3]

表3 実施例1、2の混合冷媒の組成 [モル分率]

	実施例1	実施例2
窒素	0.036	0.091
メタン	0.444	0.377
エタン	0.441	0.411
プロパン	0.079	0.121

[0052] 実施例1では、水素製造時に発生する酸性ガスを回収、固定化することで、水素製造時に二酸化炭素の発生を伴わない水素とするため、酸性ガス吸収塔で吸収された酸性ガスは、放散塔で放散され、圧縮した後、CCSやEORのために地中に圧入されることを想定した。

[0053] 実施例1におけるプロセスパラメータを表4に示す。また、水素液化のために必要な動力を表2に示す。尚、表2では、水素及び窒素の膨張エネルギーを膨張タービンで回収した動力を加味した数値を示した。原料水素圧縮機の動力は23.7MW、水素冷媒圧縮機の動力は56.7MW、窒素圧縮機の動力は25.0MW、混合冷媒+プロパン冷媒の圧縮機の動力は6.2MWであり、これらを合計した圧縮機の必要動力は111.6MWであった。液化水素生産量あたりのエネルギー消費量は8.93kWh/kg-LH₂であった。

[0054] [表4]

表4 実施例1のプロセスパラメータ

流体名称	流量 [kg/hr]	圧縮機入口温度 [°C]	圧縮機入口圧力 [barA]	圧縮機出口圧力 [barA]
窒素冷媒	279,800	35	1.2	22.6
プロパン冷媒	80,100	-37	1.3	22.0
混合冷媒	39,500	-36	5.2	56.0

* その他のパラメータは比較例1（表1）と同じである。

[0055] 尚、原料水素圧縮機、水素冷媒圧縮機、窒素冷媒圧縮機、プロパン冷媒圧縮機、混合冷媒圧縮機のそれぞれの出口にある冷却器による冷却は37℃まで冷却可能とした。

[0056] このように、実施例1の液化に必要なエネルギーは比較例1と比べて低減されることが分かる。また、液化天然ガス製造で使用する冷媒を水素液化の

予備冷却に使用するため、水素液化用に新たな冷媒設備を設置する必要がなく、コストダウンが期待できる。年産500万トンの液化天然ガスを生産するプラントの場合、液化天然ガス製造で使用するプロパン冷媒+混合冷媒を製造するための動力は160MWであり、一方、年産10万トンの液化水素製造で使用するプロパン冷媒+混合冷媒を製造するための動力は6MWである。したがって、液化天然ガス製造で使用する冷媒製造設備を166MW分としておけば、水素液化で使用する分もまかなえることとなる。

[0057] (実施例2)

−167℃まで冷却された混合冷媒により、−158℃まで水素の予備冷却をすること以外は実施例1と同様とした場合を実施例2とする。混合冷媒でより低温まで水素を予備冷却することにより、実施例1よりもさらなるエネルギー消費量の削減が期待される。

[0058] 混合冷媒の組成を表3に、実施例2におけるプロセスパラメータを表5に示す。また、水素液化のために必要な動力を表2に示す。尚、表2では、水素及び窒素の圧縮機動力は圧縮機で必要な動力から膨張タービンで動力回収した分を差し引いた数値で表した。原料水素圧縮機の動力は23.7MW、水素冷媒圧縮機の動力は56.7MW、窒素圧縮機の動力は12.5MW、混合冷媒+プロパン冷媒の圧縮機の動力は11.9MWであり、これらを合計した圧縮機の必要動力は104.8MWであった。液化水素生産量あたりのエネルギー消費量は8.39kWh/kg-LH₂であった。このように、実施例2の液化に必要なエネルギーは実施例1と比べてさらに低減されることが分かる。

[0059] [表5]

表5 実施例2のプロセスパラメータ

流体名称	流量 [kg/hr]	圧縮機入口温度 [℃]	圧縮機入口圧力 [barA]	圧縮機出口圧力 [barA]
窒素冷媒	321,700	35	1.2	4.5
プロパン冷媒	122,700	-37	1.3	22.0
混合冷媒	86,400	-36	3.2	48.3

* その他のパラメータは比較例1（表1）と同じである。

[0060] 尚、原料水素圧縮機、水素冷媒圧縮機、窒素冷媒圧縮機、プロパン冷媒圧縮機、混合冷媒圧縮機のそれぞれの出口にある冷却器による冷却は37℃まで冷却可能とした。

[0061] (実施例3)

液化天然ガス製造のための原料である天然ガスの前処理工程と、液化水素製造のために供給する水素を製造するための原料である天然ガスの前処理工程とを共用するプロセスを実施例3として図6に示す。

図6は、図3と比較して、液化水素の製造プラント400においてコンデンセート分離装置402、酸性ガス吸収塔404、酸性ガス放散塔407、水銀除去工程410が存在しないことを除いて、図3と同じである。同じ符号は、機器、工程等が同じであることを意味する。

[0062] 液化天然ガス製造プロセスと液化水素製造プロセスとにおいて、天然ガスの前処理工程を共用することにより、コンデンセートの分離、酸性ガスの除去、水銀の除去等に関わる機器を削減することができ、結果として、プラントコストの低減が期待できることから、液化水素製造コストをさらに低減できる。

[0063] (実施例4)

液化天然ガス製造のための原料である天然ガス中に含まれる酸性ガスを除去する酸性ガス除去工程で吸収した酸性ガスの放散と、液化水素製造のために供給する水素を製造する過程の改質ガスに含まれる酸性ガスを除去する酸性ガス除去工程で吸収した酸性ガスの放散を同一の放散塔で実施するプロセスを実施例4として図7に示す。

図7は、図3と比較して、液化水素の製造プラント400において酸性ガス放散塔407、421が存在せず、液化天然ガスの製造プラント300の酸性ガス放散塔307を共用していることを除いて、図3と同じである。同じ符号は、機器、工程等が同じであることを意味する。

[0064] 液化天然ガス製造と液化水素製造の過程で吸収した酸性ガスの放散を同一の放散塔で実施することにより、放散塔に関わる機器を削減することができ

、結果として、プラントコストの低減が期待できることから、液化水素製造コストをさらに低減できる。

[0065] 以上説明した本発明は、産ガス国においてエネルギー用途のために安価な液化水素を製造する際に特に有用である。産ガス国では、従来から天然ガスを輸出するために、液化天然ガスプラントを設置している場合が多い。本発明は、この液化天然ガスプラントと水素液化プラントを併設して、必要な設備を共用、共通化することで、水素液化に関わる消費エネルギーを削減するとともに、水素液化プラントのコスト削減の実現に寄与するものである。これにより、液化水素の製造コストを低減させることができるため、エネルギー用途の液化水素の普及に貢献できると期待される。

[0066] 上記に本発明の実施形態及び／又は実施例を幾つか詳細に説明したが、当業者は、本発明の新規な教示及び効果から実質的に離れることなく、これら例示である実施形態及び／又は実施例に多くの変更を加えることが容易である。従って、これらの多くの変更は本発明の範囲に含まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 天然ガスから液化水素及び液化天然ガスを製造するための設備であって、
- メタン、エタン、プロパン及び窒素からなる群から選択される複数種の冷媒を含む天然ガスを液化するための混合冷媒と、水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第一の熱交換器と、
- 前記混合冷媒とプロパンとの間で熱交換を行って、前記混合冷媒を冷却する第二の熱交換器と、
- 水素又はヘリウムを含む冷媒と水素ガスとの間で熱交換を行って、水素ガスを冷却する第三の熱交換器とを備え、
- 前記第一の熱交換器における予備冷却温度が -100°C ～ -160°C である、液化水素及び液化天然ガスの製造設備。
- [請求項2] コンデンセートの分離装置、酸性ガスの除去装置、及び水銀の除去装置からなる群から選択される少なくとも1つの天然ガス前処理装置を備え、前記前処理装置に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる構成を有する、請求項1に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。
- [請求項3] 酸性ガスの除去装置を備え、前記酸性ガス除去装置に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる構成を有する、請求項2に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。
- [請求項4] 液化天然ガス製造ライン及び液化水素製造ラインの各々に酸性ガスの除去装置を備え、
- 前記液化天然ガス製造ラインの酸性ガス除去装置及び前記液化水素製造ラインの酸性ガス除去装置で吸収した酸性ガスをまとめて放散する単一の酸性ガス放散装置を備える、請求項1～3のいずれかに記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。
- [請求項5] 前記液化水素製造ラインに複数の酸性ガス除去装置を備え、

前記液化天然ガス製造ラインの酸性ガス除去装置及び前記液化水素製造ラインの複数の酸性ガス除去装置で吸収した酸性ガスをまとめて放散する単一の酸性ガス放散装置を備える、請求項4に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造設備。

[請求項6] 天然ガスから液化水素及び液化天然ガスを製造するための方法であって、

液化天然ガスを製造するために使用する冷媒を、液化水素を製造するための予備冷却に使用し、

液化水素を製造するための予備冷却温度が -100°C ～ -160°C であり、

天然ガスを液化するための前記冷媒が、メタン、エタン、プロパン及び窒素からなる群から選択される複数種の冷媒を含む混合冷媒であり、

前記混合冷媒とプロパンとの間で熱交換を行って前記混合冷媒を予備冷却し、

水素又はヘリウムを含む冷媒と水素ガスとの間で熱交換を行って水素ガスを冷却する、液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

[請求項7] コンデンセートの分離、酸性ガスの除去、及び水銀の除去からなる群から選択される少なくとも1つの前処理に天然ガスを供した後、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる、請求項6に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

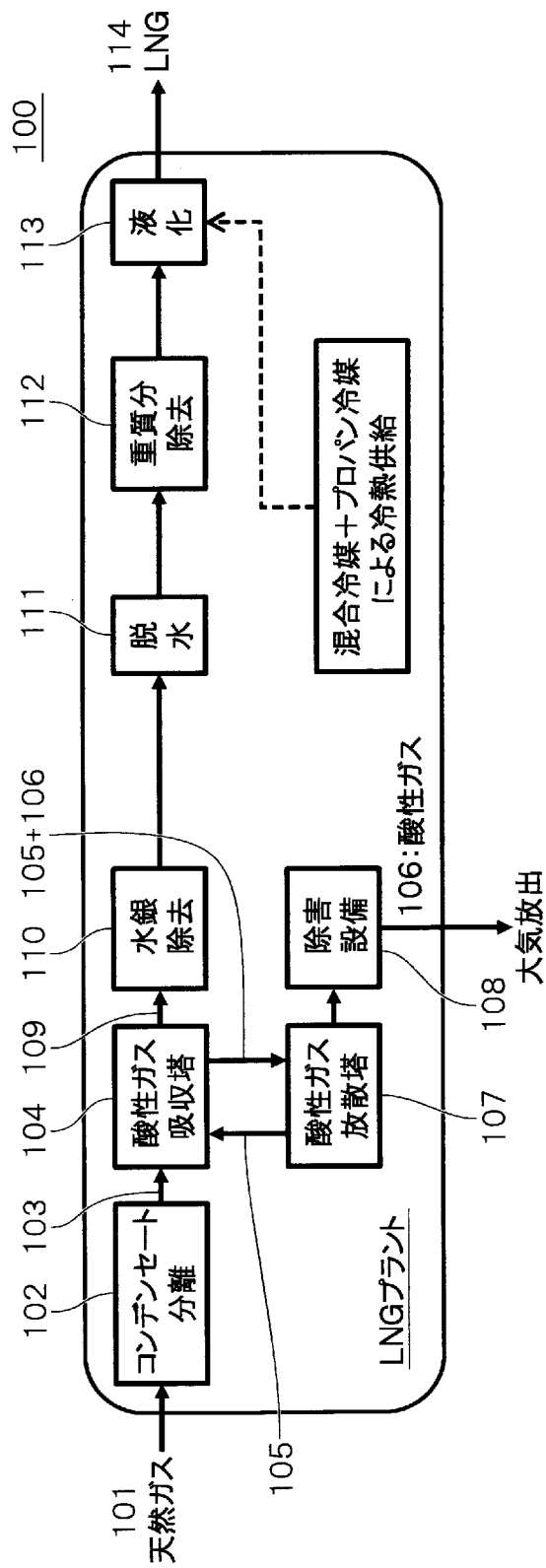
[請求項8] 酸性ガスの除去処理に供した天然ガスを、液化水素製造ラインと、液化天然ガス製造ラインとに分岐させる、請求項7に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

[請求項9] 液化天然ガス製造ライン及び液化水素製造ラインの各々において天然ガスから酸性ガスを除去し、前記液化天然ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガス及び前記液化水素製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガスをまとめて放散する、請求項6～

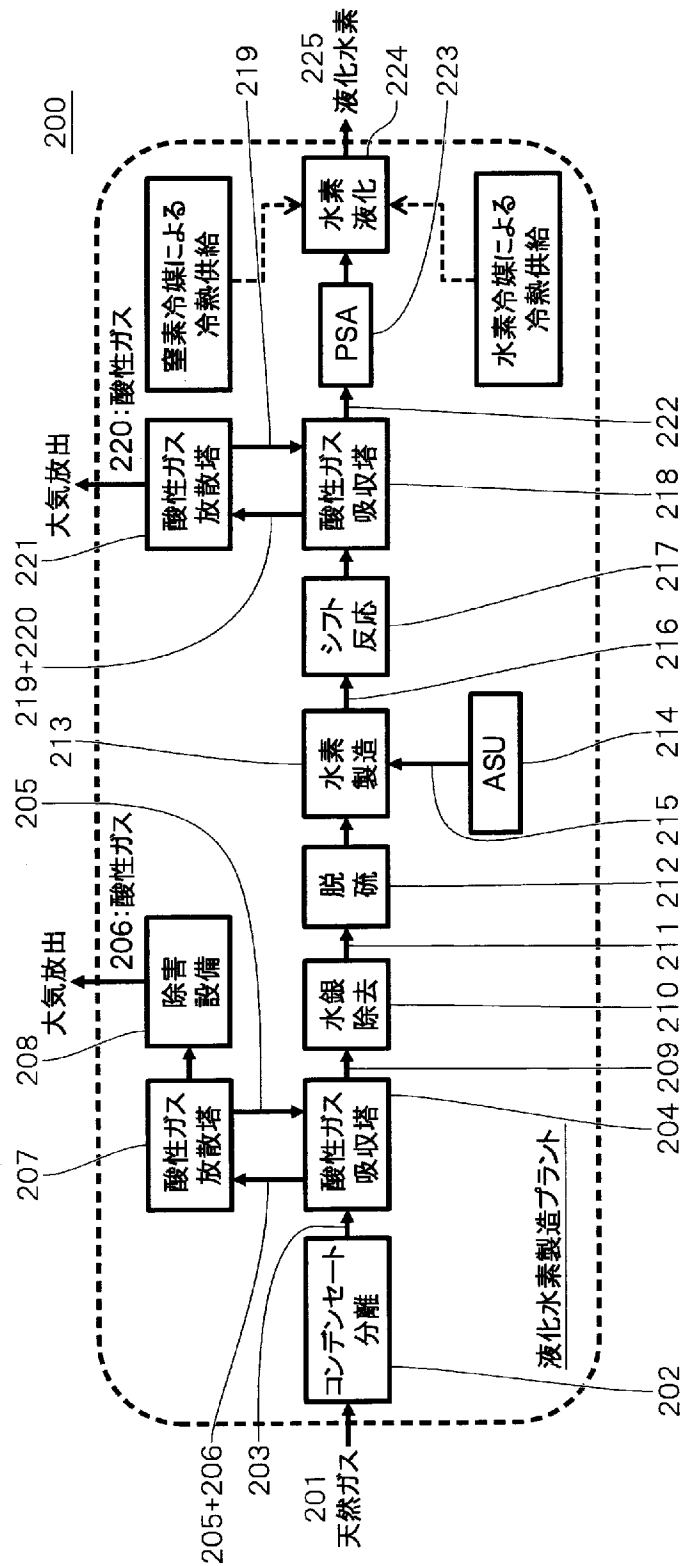
8のいずれかに記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

[請求項10] 前記液化水素製造ラインにおいてシフト反応後にプロセスガスから酸性ガスを除去し、前記液化天然ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガス及び前記液化水素ガス製造ラインにおいて天然ガスから除去した酸性ガスと一緒に、まとめて放散する、請求項9に記載の液化水素及び液化天然ガスの製造方法。

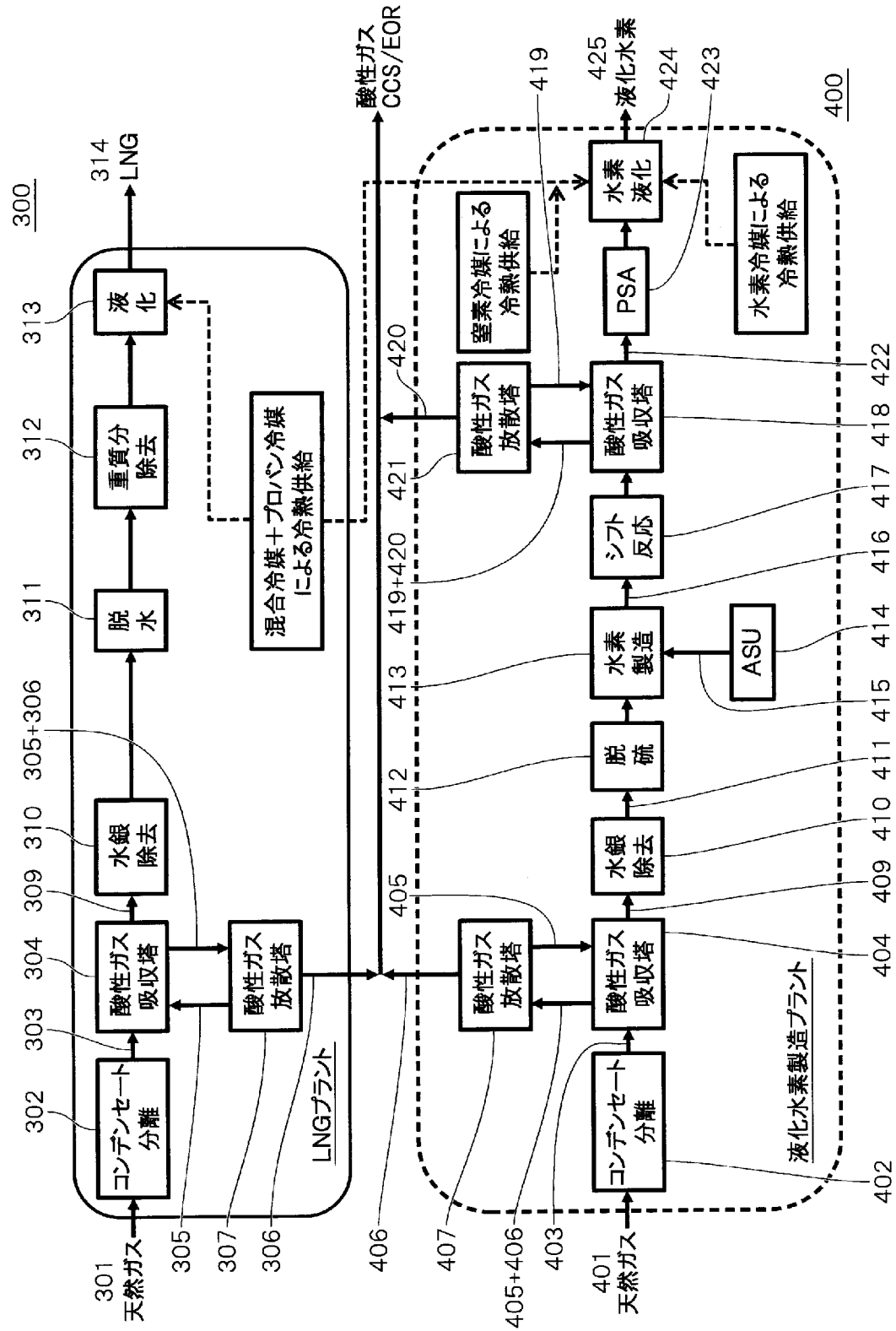
[図1]



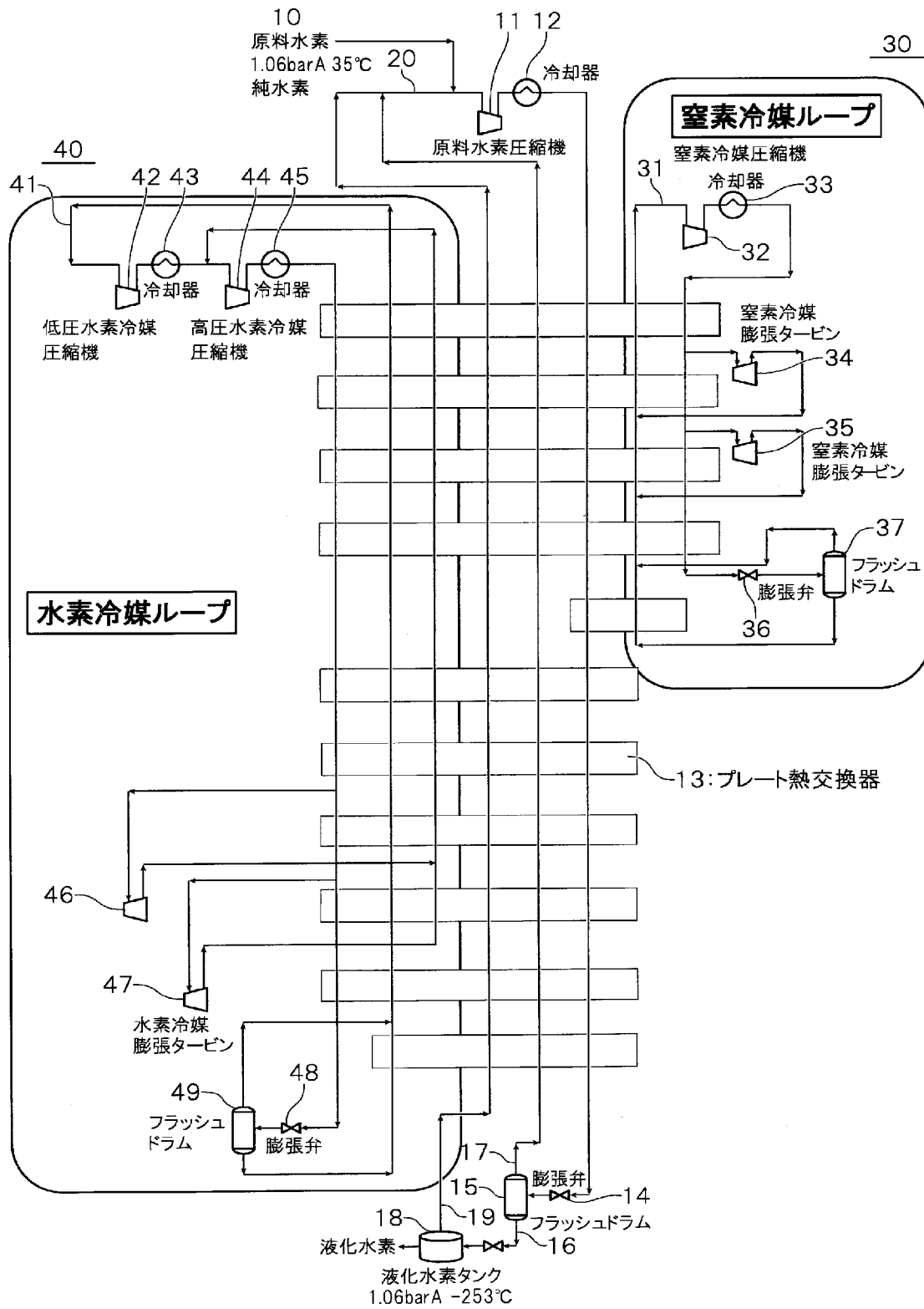
[図2]



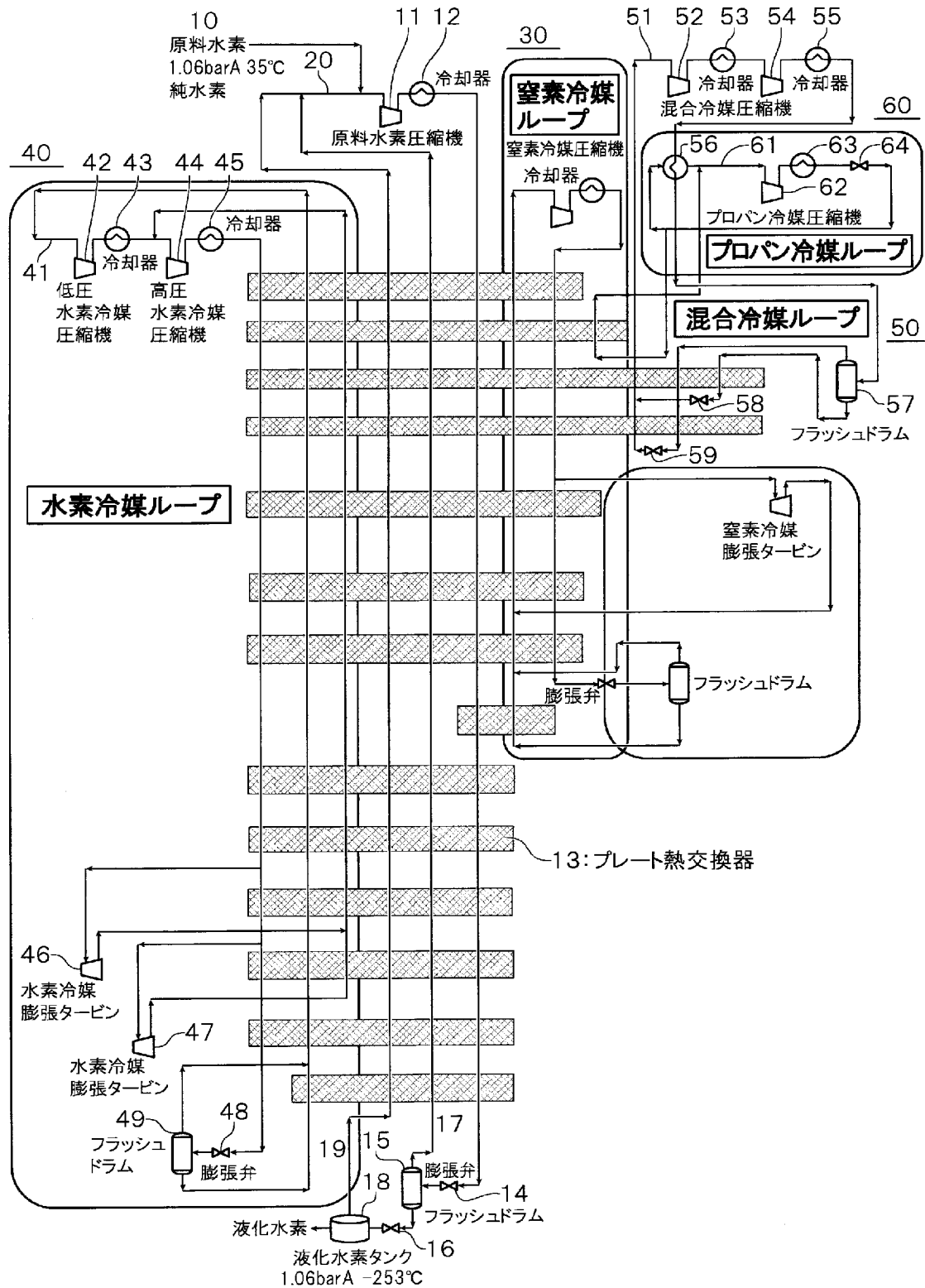
[図3]



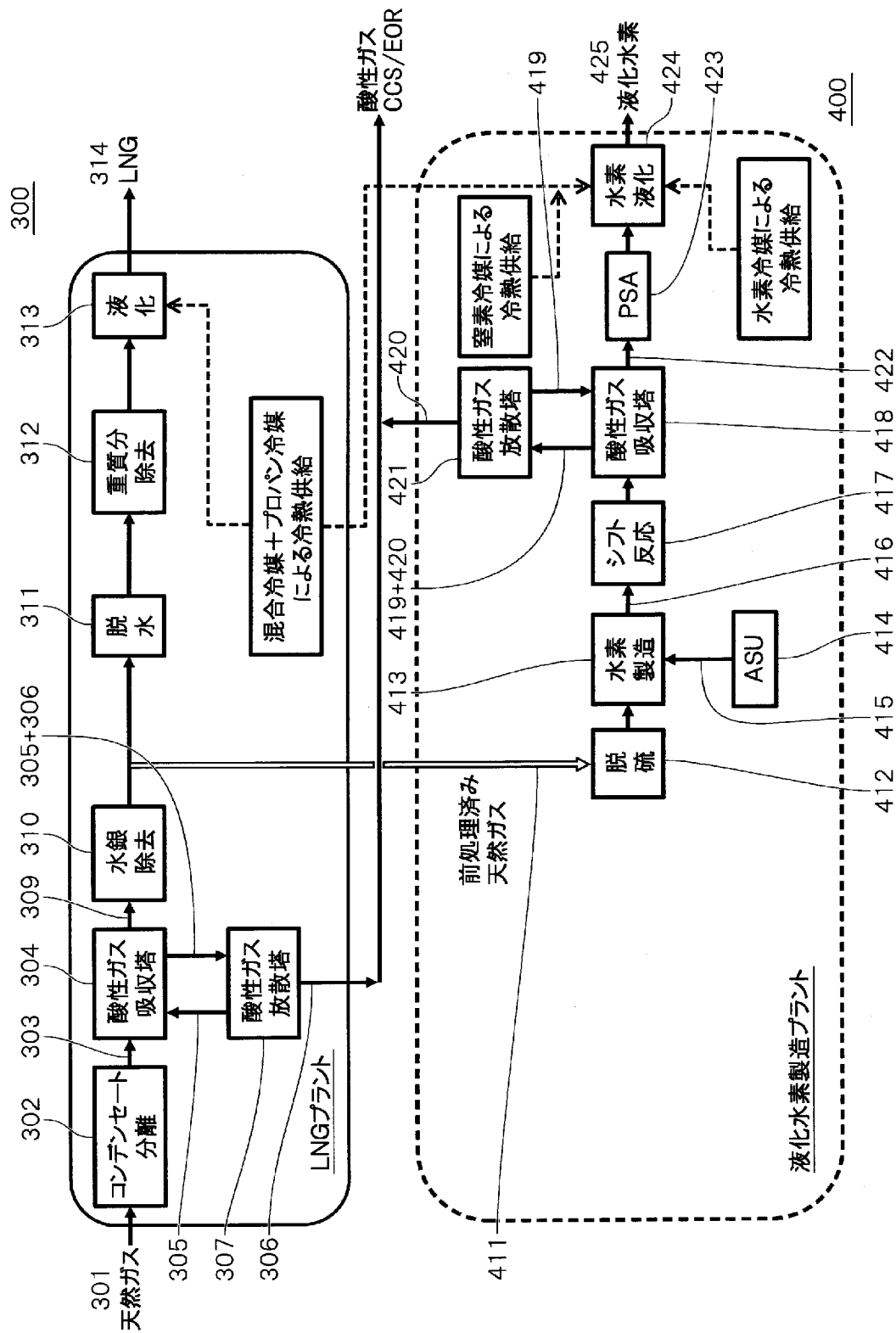
[図4]



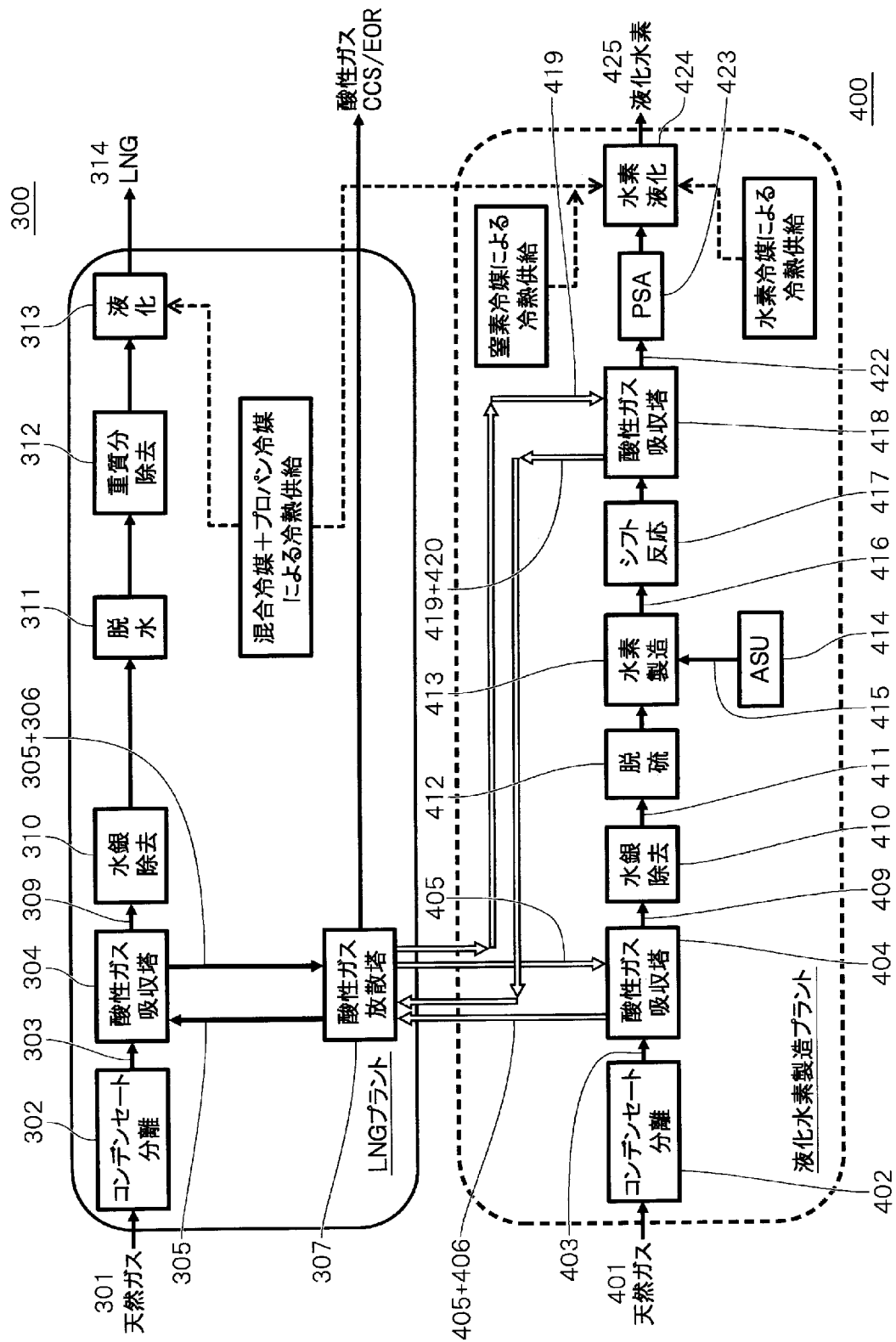
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/001347

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25J1/00(2006.01)i, C01B3/38(2006.01)i, F25B9/00(2006.01)i, F25B9/02(2006.01)i, F25J1/02(2006.01)i, F25J3/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F25J1/00, C01B3/38, F25B9/00, F25B9/02, F25J1/02, F25J3/06, C10L3/06, C10L3/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Japio-GPG/FX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2007/114277 A1 (Nippon Steel Engineering Co., Ltd.), 11 October 2007 (11.10.2007), paragraphs [0009], [0049] & AU 2007232926 A1 paragraphs [0009], [0049] & CN 101432402 A & RU 2008140160 A	1-10
A	JP 2009-540259 A (Linde AG.), 19 November 2009 (19.11.2009), entire text & US 2010/0083695 A1 whole documents & WO 2007/144078 A2 & DE 102006027199 A1 & CA 2655037 A1 & KR 10-2009-0016515 A & CN 101466990 A & RU 2009100154 A	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 May 2016 (19.05.16)

Date of mailing of the international search report

31 May 2016 (31.05.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/001347

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-237100 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 24 November 2011 (24.11.2011), paragraph [0002] & WO 2011/142115 A1	1-10
A	WO 2008/139536 A1 (Hitachi, Ltd.), 20 November 2008 (20.11.2008), paragraphs [0015] to [0019]; fig. 2 (Family: none)	1-10
A	CN 103697659 A (ZOKO ENERGY EQUIPMENT CO., LTD.), 02 April 2014 (02.04.2014), abstract (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F25J1/00(2006.01)i, C01B3/38(2006.01)i, F25B9/00(2006.01)i, F25B9/02(2006.01)i, F25J1/02(2006.01)i, F25J3/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F25J1/00, C01B3/38, F25B9/00, F25B9/02, F25J1/02, F25J3/06, C10L3/06, C10L3/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

Japio-GPG/FX

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2007/114277 A1 (新日鉄エンジニアリング株式会社) 2007. 10. 11, 段落[0009], [0049] & AU 2007232926 A1, [0009], [0049] & CN 101432402 A & RU 2008140160 A	1-10
A	JP 2009-540259 A (リンデ アクチエンゲゼルシャフト) 2009. 11. 19, 全文 & US 2010/0083695 A1, whole documents & WO 2007/144078 A2 & DE 102006027199 A1 & CA 2655037 A1 & KR 10-2009-0016515 A & CN 101466990 A & RU 2009100154 A	1-10

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 5 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

3 1 . 0 5 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

関根 崇

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 8

4 Q

3 8 3 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-237100 A (川崎重工業株式会社) 2011. 11. 24, 段落[0002] & WO 2011/142115 A1	1-10
A	WO 2008/139536 A1 (株式会社日立製作所) 2008. 11. 20, 段落 [0015]-[0019], 図 2 (ファミリーなし)	1-10
A	CN 103697659 A (ZOKO ENERGY EQUIPMENT CO LTD) 2014. 04. 02, abstract (ファミリーなし)	1-10