

(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  
2019年5月23日(23.05.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/097728 A1

(51) 国際特許分類:

F25J 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/041685

(22) 国際出願日: 2017年11月20日(20.11.2017)

(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]; 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 古林 勇吾 (FURUBAYASHI, Yugo);  
〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP).  
内田 啓克 (UCHIDA, Hirokatsu); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP).  
松尾 知明 (MATSUO, Tomoaki); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番

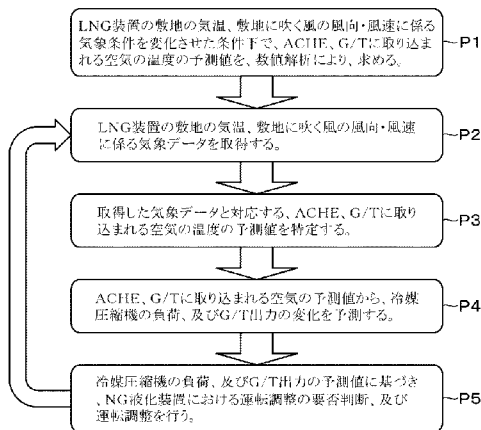
1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 大野拓也 (OONO, Takuya); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人弥生特許事務所 (YAYOY PATENT OFFICE); 〒2310058 神奈川県横浜市中区弥生町2丁目15番1号 ストックタワー大通り公園3601号 Kanagawa (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING NATURAL GAS LIQUEFACTION DEVICE

(54) 発明の名称: 天然ガス液化装置の運転方法



P1 Obtain by numerical analysis, predicted value for temperature of air taken in by ACHE and G/T under a condition in which meteorological conditions related to air temperature at installation site for LNG device, and wind direction/wind speed of wind blowing at site are changed.  
P2 Obtain meteorological data related to air temperature at installation site for LNG device and wind direction/wind speed of wind blowing at site.  
P3 Specify predicted value for temperature of air taken in by ACHE and G/T corresponding to obtained meteorological data.  
P4 Predict load on refrigerant compressors and change in G/T output on basis of predicted value for temperature of air taken in by ACHE and G/T.  
P5 Determine necessity of adjusting operation of NG liquefaction device and adjust operation on basis of load on refrigerant compressors and predicted value for G/T output.

(57) Abstract: [Problem] To provide a method for operating a natural gas liquefaction device stably and efficiently in accordance with changes in meteorological conditions. [Solution] A method for operating a natural gas liquefaction device 1 equipped with refrigerant compressors 35 and 36 which are used when liquefying natural gas, and a plurality of air-cooled heat exchangers 2 for cooling the compressed refrigerant, wherein: in an analysis process P1, a predicted value for the temperature of cooling air is determined by numerical analysis, by taking into account a case in which exhaust air discharged from the air-cooled heat exchangers 2 is again taken in, under a condition in which the air temperature, wind direction, and wind speed at the site where the natural gas liquefaction device 1 is installed are changed; in a meteorological data acquisition process P2, meteorological data related to the air temperature, wind direction, and wind speed at the site is acquired; and in determination processes P3–P5, a load change for the compressors 35 and 36 is predicted on the basis of the predicted value for the temperature of the cooling air corresponding to the meteorological data and a plant operation state obtained using the predicted value, and a determination regarding the necessity of adjusting the operation of the natural gas liquefaction device 1 is made.

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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 一 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))

---

(57) 要約: 【課題】気象条件の変化に応じ、安定、且つ効率的に天然ガス液化装置を運転する方法を提供する。【解決手段】天然ガスの液化を行う際に用いられる冷媒の圧縮機35、36と、圧縮された冷媒を冷却するための複数の空冷式熱交換器2と、を備えた天然ガス液化装置1の運転方法において、解析工程P1では天然ガス液化装置1が設置されている敷地の気温、風向、風速を変化させた条件下で、空冷式熱交換器2から排出された排気空気が再び取り込まれる場合を考慮して冷却用空気の温度の予測値を、数値解析により求める。気象データ取得工程P2では前記敷地の気温、風向、風速に係る気象データを取得し、判断工程P3～P5では前記気象データと対応する冷却用空気の温度の予測値、及び前記予測値を用いて求めたプラントの運転状態に基づき、圧縮機35、36の負荷変化を予測し、天然ガス液化装置1の運転調整の要否を判断する。

## 明 細 書

発明の名称：天然ガス液化装置の運転方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、気象条件の変化に対応して天然ガス液化装置を運転する技術に関する。

### 背景技術

[0002] 天然ガス（NG：Natural Gas）の液化を行うNG液化装置は、NGの予冷や液化・過冷却を行うための冷媒などを冷却する空冷式熱交換器（ACHE：Air-Cooled Heat Exchanger）や、被冷却流体の冷却後に気化した冷媒を圧縮するための圧縮機を駆動するガスタービン（G/T）が設けられている場合がある。

[0003] これらACHEやG/Tは、空気を取り込んで冷媒の冷却や、燃料の燃焼に利用する空気利用装置であり、取り込む空気の温度に応じてACHEの冷却能力やG/Tの出力が変化する。

この点、例えば特許文献1、2には、NG液化装置（液化プラント：以下の特許文献1、2の説明において括弧内の用語は、これらの特許文献にて用いられている用語である）の空気利用装置から排出される温められた空気が循環して再度利用されることに伴う能力低下を回避するために、NG液化装置が設けられる敷地（領域）の風向や温度などの気象条件を気象シミュレーションにより再現する技術が記載されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開WO2014/020778号

特許文献2：国際公開WO2014/021236号

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] ここで引用文献1、2に記載の技術は、所定の期間内で発生する確率が高

くなる風向や温度などの気象条件を予測し、空気利用装置の設計や配置位置の決定などに活用する技術である。

このため、実際にN G液化装置が設けられている敷地内にて経時的に変化する気象条件に応じ、N G液化装置の運転調整を行う技術は開示されていない。

[0006] 本発明は、このような背景の下になされたものであり、気象条件の変化に応じ、安定、且つ効率的に天然ガス液化装置を運転する方法を提供する。

### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明の天然ガス液化装置の運転方法は、天然ガスの液化を行う際に用いられる冷媒を圧縮するための圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された冷媒を冷却するための複数の空冷式熱交換器を含む熱交換器群と、を備えた天然ガス液化装置の運転方法において、

前記天然ガス液化装置が設置されている敷地の気温、及び当該敷地に吹く風の風向、風速の組み合わせである気象条件を変化させた条件下で、前記熱交換器群内の空冷式熱交換器から排出された排気空気が再び冷却用空気として取り込まれる場合を考慮し、当該熱交換器群内の空冷式熱交換器に取り込まれる冷却用空気の温度の予測値を、数値解析により求める解析工程と、

前記敷地の気温、当該敷地に吹く風の風向、風速に係る気象データを取得する気象データ取得工程と、

取得した前記気象データと対応する冷却用空気の温度の予測値を特定し、特定された予測値、及び前記予測値を用いて求めたプラントの運転状態に基づき、前記冷媒の冷却能力変化に伴う前記圧縮機の負荷変化を予測し、前記天然ガス液化装置の運転調整の要否を判断する判断工程と、を含み、

前記気象データ取得工程と判断工程とを繰り返し実施することを特徴とする。

[0008] 前記天然ガス液化装置の運転方法は以下の特徴を備えていてもよい。

(a) 前記判断工程にて、前記圧縮機の負荷が、設定された上限負荷以上となることが予測された場合に、当該圧縮機の負荷を低減するための天然ガス

液化装置の運転調整を行う負荷低減工程を含むこと。

(b) 前記天然ガス液化装置の運転調整は、当該天然ガス液化装置にて処理される天然ガスの処理量の増減、及び/または前記天然ガス液化装置内の被冷却流体の冷却器と、前記圧縮機との間を循環する冷媒の循環量の増減であること。

(c) 前記圧縮機はガスタービン圧縮機であり、前記解析工程では、さらに、前記排気空気が前記ガスタービン圧縮機を駆動するガスタービンに取り込まれる場合を考慮し、当該ガスタービンに取り込まれる空気の温度の予測値を、数値解析により求め、前記判断工程では、さらに前記気象データに対応する前記ガスタービンに取り込まれる空気の温度の予測値を特定し、この特定された予測値も含めて当該ガスタービン圧縮機の負荷変化を予測すること。

(d) 前記気象データは、気象シミュレーションを行って得られた予測値であること。

## 発明の効果

[0009] 本発明は、気象データを取得した結果に応じて空冷式熱交換器に取り込まれる空気の温度の予測や、それに基づき前記圧縮機の負荷変化を予測し、天然ガス液化装置の運転調整の要否を判断するので、気象条件の変化に応じた運転調整を行うことができる。

## 図面の簡単な説明

[0010] [図1] N G 液化装置の構成例を示す説明図である。

[図2] 前記 N G 液化装置が設置されている敷地を含む概略地形図である。

[図3] 前記 N G 液化装置を構成するモジュールの配置を示す模式図である。

[図4] 前記 N G 液化装置が設置されている敷地に吹く風の風向の経時変化を示す説明図である。

[図5] 前記敷地に吹く風と H A R との関係を示す説明図である。

[図6] H A R の発生が N G 液化装置の稼働状態に与える影響を示す説明図である。

[図7]前記NG液化装置の運転調整に係る処理の流れを示す説明図である。

[図8]前記運転調整に係るタイムチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0011] はじめに、本発明が適用される天然ガスNG液化装置1の構成例について図1を参照しながら説明する。

図1に示すNG液化装置1は、前処理により不純物が除去されたNGを予冷熱交換器31により予冷却し、スクラブカラム32にて気液分離した後、極低温主熱交換器(MCHE: Main Cryogenic Heat Exchanger)33にて液化、過冷却してLNGを得る。スクラブカラム32にて気液分離された液体は、精留部34にて精留され、精留の際に分離された軽質成分はMCHE33へと送られてLNGとなる。

[0012] このNG液化装置1には、予冷熱交換器31にてNGの予冷を行うC3冷媒の圧縮を行うC3冷媒圧縮機35の出口側や、MCHE33にて用いられる混合冷媒(MR: Mixed Refrigerant)の圧縮を行うMR圧縮機36の出口側に多数のACHE2(熱交換器群)が設けられている。図1に示すようにC3冷媒は、MR冷却器37にてMRを冷却する冷媒としても用いられる。

図1には、ガスタービン(G/T)351、361を用いてC3冷媒圧縮機35やMR圧縮機36を駆動する例を示してある。

[0013] ACH2は、C3冷媒やMRが流れる多数本のチューブを束ねた不図示のチューブバンドルの上方側、または下方側に回転駆動式のファン21を設けた構造となっている。チューブバンドルは、上下両面が開放され、隣り合うチューブの隙間を介して、下から上へ向かって冷却用空気を通流させることにより、チューブ内を流れる冷媒が冷却される。

従って、ACHE2に取り込まれる冷却用空気の温度が上昇すると、冷媒を冷却する能力が低下する。

[0014] また、図5に示すように、NG液化装置1に設けられる多数のACHE2は、例えばNG液化装置1を構成する機器間で授受されるNGや各種冷媒(液化用冷媒や予冷用冷媒)などの流体が流れる複数の配管42を保持したパ

イブラック 4 1 の上面に並べて設けられる。

[0015] さらに N G 液化装置 1 を構成する多数の機器は、例えば N G の前処理や予冷、液化・過冷却などの主要な工程単位でまとめられ、上述のパイブラック 4 1 に隣接して配置される。以下の説明では、上面側に多数の A C H E 2 が設けられたパイブラック 4 1 や、このパイブラック 4 1 に隣接して設けられる機器群のまとまりを「モジュール」ともいう。

[0016] 次に、N G 液化装置 1 が設置される地域の地形や気象環境の例について図 2 ～ 5 を参照しながら説明する。

例えば N G 液化装置 1 は、井戸元からパイラインを介して輸送されてきた N G を受け入れ、図 1 に例示したプロセスにて液化した後、L N G タンカーなどへの出荷のために L N G を一時的に貯蔵するタンクに向けて L N G を払い出す。このため、図 2 に模式的に示すように、N G 液化装置 1 は L N G の出荷が行われる海の近くに設けられる場合がある。

[0017] 図 2 に示す例では、上面側から見て細長い長方形に構成された 2 系統のパイブラック 4 1 に各々隣接して機器群が設けられた 2 組のモジュール 4 a、4 b によって N G 液化装置 1 が構成されている。

各モジュール 4 a、4 b は、その長辺を海岸線に沿った方向に向け、海岸線と交差する方向に向けて隣り合うように配置されている。以下、図 2、3 に示した、海に近い位置に設けられたモジュールを「海側モジュール 4 a」、海から遠い位置に設けられたモジュールを「陸側モジュール 4 b」という。

[0018] 海に近い地域においては、例えば 1 日のうちの特定の時刻や、1 年のうちの特定の季節に決まった方向から周期的に風が吹くように風向が変化する場合がある。

図 4 は、N G 液化装置 1 が設けられている敷地に吹く風の 1 日の風向変化の典型例を示している。図 4 の横軸は時刻、縦軸は風向（北向きを  $0^{\circ}$  とした  $360^{\circ}$  表示）を示している。図 4 によると、朝方と正午過ぎの数時間ずつ、海側モジュール 4 a、陸側モジュール 4 b の長辺と交差するように海側

から陸側へと海風が吹く時間帯が存在している。また、夜間の数時間は海側モジュール4 a、陸側モジュール4 bの長辺と交差するように陸側から海側へと陸風が吹く時間帯が存在している。

[0019] 一方で既述のNG液化装置1においては、所定の方向から吹く風がACHE2の冷却能力やG/T351、361の出力に影響を及ぼすHAR (Hot Air Recirculation) と呼ばれる現象が発生する。

[0020] 図5は、ACHE2におけるHARの発生メカニズムを模式的に示す説明図である。図4は、海側モジュール4 a、陸側モジュール4 bに設けられたパイプラック41を、これらのモジュール4 a、4 bの並び方向と交差する側面側から見た状態を示している。なお、図5においては、パイプラック41に隣接して配置される機器群の記載は省略してある。

[0021] 図5に示す位置関係にある海側モジュール4 a、陸側モジュール4 bにおいて、例えば図3に示す海側から陸側に向けた海風が吹くと、風上に位置する海側モジュール4 aに設けられたACHE2から排出された温度の高い排気空気が、風下側の陸側モジュール4 bへ向けて流れていく。この結果、温度の高い排気空気の一部が、陸側モジュール4 b側のACHE2の冷却用空気として取り込まれるHARが発生する。HARが発生すると、当該ACHE2の冷却能力が低下してしまうおそれがある。

[0022] またHARは、C3冷媒圧縮機35やMR圧縮機36を駆動するG/T351、361においても発生し得る。例えば海側モジュール4 a、陸側モジュール4 bに設けられたACHE2からの排気空気の一部が、G/T351、361の給気ダクトに流れ込むことにより、HARが発生する場合もある。また、C3冷媒圧縮機35とMR圧縮機36との一方のG/T351、361から排気された高温空気の一部が、他方のG/T361、351の給気ダクトに流れ込む場合もある。このような場合には、各G/T361、351の出力が低下し、C3冷媒やMRの循環量が低下してしまうおそれがある。

[0023] 発明者らは、上述の各HARは、図3に示す海風または陸風が吹く時間帯



に発生することを経験的に把握している（図4中に「HAR発生期間」と記載）。

そして、ACHE2、G/T351、361のいずれで発生するHARについても、各圧縮機35、36を駆動するG/T351、361の出力に影響を及ぼす。以下、図6を参照しながら、HARの発生がG/T351、361の出力上昇を引き起こすメカニズムについて、C3冷媒圧縮機35のG/T351の例を挙げて説明する。

[0024] 図6（A）は、HARの発生に伴う状態変化の内容を示し、図6（B）には、NG液化装置1中のC3冷媒圧縮機35、G/T351及びC3冷媒の凝縮器であるACHE2を抜き出して示してある。

はじめにACHE2側のHARの影響について説明する。例えば、図4中に海風によるHAR発生期間と記載されている時間帯にHARが発生すると、C3冷媒の凝縮器であって、陸側モジュール4b側に設けられているACHE2に取り込まれる空気（a）の温度が上昇する（図6（A）の状態S11）。

[0025] この結果、ACHE2の冷却能力が低下し、ACHE2のプロセス側（b）（空気によって冷却されるチューブ内）の温度が上昇する（図6（a）の状態S12）。プロセス側温度の上昇は、C3冷媒圧縮機35の出口（c）の圧力上昇を引き起こし（図6（A）の状態S13）、HAR発生前と同じC3冷媒の循環量を維持するためにはC3冷媒圧縮機35（d）の負荷を増加させる必要が生じる（図6（A）の状態S14）。この結果、C3冷媒圧縮機35を駆動するG/T351（f）の出力が上昇し、上限出力へと近づく（図6（A）の状態S3）。

[0026] 次いで、C3冷媒圧縮機35を駆動するG/T351側のHARの影響について説明する。

前記G/T351にてHARが発生すると、G/T351に取り込まれる空気（e）の温度が上昇する（図6（A）の状態S21）。空気の温度上昇に伴い、空気の密度が低下し、G/T351（f）の出力が低下する（図6

(A) の状態 S 2 2)。このとき、H A R 発生前と同じ C 3 冷媒の循環量を維持するためには G / T 3 5 1 ( f ) の出力を上げ、上限出力へと近づける必要がある ( 図 6 ( A ) の状態 S 3 ) 。

[0027] 以上に説明したメカニズムに基づき、H A R の発生に伴い G / T 3 5 1 の出力が上昇し、当該出力が上限値に到達すると ( C 3 冷媒圧縮機 3 5 の負荷が上限負荷に達すると ) 、 G / T 3 5 1 の緊急停止 ( トリップ ) 機構が作動し、C 3 冷媒圧縮機 3 5 が停止してしまうおそれが生じる。C 3 冷媒圧縮機 3 5 が停止すると、N G 液化装置 1 全体の稼働を停止しなければならず、大きな機会損失が発生してしまう。

[0028] H A R が発生したとしても G / T 3 5 1 が緊急停止しないようにするためには、H A R 発生期間中の出力上昇分を見越して G / T 3 5 1 の出力を下げておき、H A R に伴う出力上昇が発生した場合であっても、G / T 3 5 1 の出力が上限値に到達しないようにする運転調整が必要となる。

しかしながら G / T 3 5 1 の出力ダウンは、C 3 冷媒の循環量の減少、即ち、N G の予冷能力の低下につながり、機器余力があるにも係らず L N G の生産量を増やすことができないという機会損失の発生要因となる。

[0029] 以上に説明した H A R の発生に伴う問題点を踏まえ、本実施の形態に係る N G 液化装置 1 の運転方法は、N G 液化装置 1 が設置されている地域の気象データを取得した結果に基づいて当該 N G 液化装置 1 の運転調整を行う。

以下、図 7、8 を参照しながら当該運転方法の詳細について説明する。

[0030] はじめに、N G 液化装置 1 が設置されている敷地の気温、敷地に吹く風の風向・風速に係る気象条件を変化させた条件下で、数値解析により各 A C H E 2 や G / T 3 5 1、3 6 1 に取り込まれる空気の温度の予測値を求める ( 図 7 の処理 P 1 : 解析工程 ) 。

このとき、数値解析の際に設定する風の風向によっては、既述の海側モジュール 4 a に設けられている A C H E 2 から排出された排気空気が、陸側モジュール 4 b に設けられている A C H E 2 の冷却用空気として再び取り込まれる H A R を考慮した状態で、当該陸側モジュール 4 b の A C H E 2 に取り

込まれる冷却用空気の温度予測が行われることになる。

[0031] さらにこのとき、ACHE 2からの排気空気、またはC 3冷媒圧縮機 3 5とMR圧縮機 3 6との一方のG/T 3 6 1、3 5 1からの排気空気が、他方側のG/T 3 5 1、3 6 1に取り込まれるHARを考慮した状態で、各G/T 3 5 1、3 6 1に取り込まれる空気の温度予測をしてもよい。

[0032] 数値解析は、有限要素法や有限体積法、有限差分法などを利用して空気の流れを再現する公知の数値流体力学解析（CFD：Computational Fluid Dynamics）や、気温や風向、風速と、各位置のACHE 2、G/T 3 5 1、3 6 1に取り込まれる空気の温度との統計的な相関関係を求める重回帰分析など、公知の多変量解析を用いた解析手法を例示することができる。

[0033] そして、特定された温度の予測値を用い、例えば公知のプロセスシミュレータにより、NGの処理量や冷媒の循環量などのNG液化装置 1の運転状態（プラントの運転状態）を反映しつつ、取り込まれる空気の温度ごとに各ACHE 2の冷却能力やC 3冷媒圧縮機 3 5、MR圧縮機 3 6の負荷（即ち、G/T 3 5 1、3 6 1の出力）を求めるシミュレーションを行い、取り込まれる空気の温度とC 3冷媒圧縮機 3 5、MR圧縮機 3 6の負荷変化の相関関係をあらかじめ求めておく。

[0034] 数値解析により求めた各ACHE 2やG/T 3 5 1、3 6 1に取り込まれる空気の温度とC 3冷媒圧縮機 3 5、MR圧縮機 3 6の負荷変化の相関関係は、数値解析を行う際に設定した気象条件（気温、風向、風速）と対応付け、コンピューターや、NG液化装置 1の稼働制御を行う制御システムの記憶部などに記憶しておく。

[0035] 次いで、NG液化装置 1が稼働している期間中に、NG液化装置 1が設置されている敷地の気温、敷地に吹く風の風向・風速に係るリアルタイムの気象データを取得する（図 7の処理 P 2：気象データ取得工程）。

例えば図 5に示すように、これらの気象データは、NG液化装置 1が設置されている敷地内に気象ポール 5を設置し、当該気象ポール 5から取得してもよい。

[0036] 気象ポール5を設けることが困難な場合などにおいては、例えばNG液化装置1が設置されている敷地から、半径、数キロメートル～数十キロメートル程度の範囲の地域内に設けられた気象観測施設から風向、風速に係る実測値を取得し、これらの実測値に基づいてNG液化装置1の敷地内に吹く風の風向、風速を推定してもよい。なお、気温については前記敷地内のデータを容易に取得することができるので、必ずしも敷地から離れた地域で測定した結果からの推定を行わなくてもよい。

[0037] この他、気象データは、気温や風の風向、風速を測定した結果に基づいて取得する場合に限定されず、気象シミュレーションを行った結果から取得してもよい。気象シミュレーションの実行にあたって作成する気象解析モデルや、CFDによる数値流体力学解析、及びこの解析結果から所定の地域の温度や風の風向、風速を求める手法は、国際公開WO2014/020778号、WO2014/021236号に詳細に開示されている手法を活用することができる。

NG液化装置1の運転調整への活用にあたっては、例えば1日を数時間ごとに区切った各期間について気象シミュレーションを実施することにより、図4を用いて説明した風向変化などを再現することができる。

[0038] こうして気象データを取得したら、当該気象データに対応した、各ACHE2に取り込まれる冷却用空気の温度の予測値、及びG/T351、361に取り込まれる空気の温度の予測値を特定する（図7の処理P3：判断工程（1））。

[0039] そして、特定された温度の予測値および、取り込まれる空気の温度とC3冷媒圧縮機35、MR圧縮機36の負荷変化の相関関係から、C3冷媒圧縮機35、MR圧縮機36の負荷を予測する（図7の処理P4：判断工程（2））。

この結果、取得した気象データの条件下でHARが発生する場合には、図6（A）の状態S3を用いて説明した上限値に対して、G/T351、361の出力がどの程度まで上昇するのかを予測することができる。

[0040] しかる後、C 3 冷媒圧縮機 3 5、MR 圧縮機 3 6 の負荷の予測値に基づき、N G 液化装置 1 における運転調整の要否判断、及び運転調整を行う（図 7 の処理 P 5：判断工程（3））。

例えば C 3 冷媒圧縮機 3 5、MR 圧縮機 3 6 の負荷の予測値が、G / T 3 5 1、3 6 1 にて緊急停止が発生するおそれがある上限負荷以上となることが予測された場合には、これら C 3 冷媒圧縮機 3 5、MR 圧縮機 3 6 の負荷を低減するための N G 液化装置 1 の運転調整を行う（負荷低減工程）。

[0041] C 3 冷媒圧縮機 3 5、MR 圧縮機 3 6 の負荷を低減するための運転調整としては、N G 液化装置 1 にて処理される N G の処理量を下げてもよい。また、N G 液化装置 1 内にて N G の予冷、液化、MR の冷却を行う各冷却器（予冷熱交換器 3 1、M C H E 3 3、MR 冷却器 3 7）と、各圧縮機 3 5、3 6 との間を循環する冷媒（C 3 冷媒、MR）の循環量を低減してもよい。

[0042] これにより、H A R 発生時にも安定した状態で C 3 冷媒圧縮機 3 5、3 6 の稼働を継続することができる。

なお、上述の運転調整を実施する場合であっても、H A R 発生を見越して、N G の処理量や冷媒の循環量を通年で低く抑える場合に比べて大幅な機会損失の低減を図ることができる。

[0043] 以上に説明した図 7 の処理 P 2～P 5 を繰り返し実施する。これにより、H A R の発生が終了し、C 3 冷媒圧縮機 3 5、3 6 の負荷に余裕が生じるタイミングとなったら、N G の処理量や冷媒の循環量を元に戻すことができる。

[0044] 上述の運転調整は、例えば A P C（Advanced Process Control）システムなどに、処理 P 2～P 5 を実行する制御システムを組み込んで、自動的に実行してもよい。また、処理 P 2～P 4、及び処理 P 5 の運転調整要否の判断や運転調整量のシミュレーションは、オペレータがコンピューターを用いてオフラインで実行し、運転調整量を反映した N G 処理や冷媒循環量を、D C S（Distributed Control System）に入力して運転調整を実行してもよい。

[0045] 次に、図 7 を用いて説明した各処理の実施に伴って実現される N G 液化装

置 1 の運転調整の一例について、図 8 (a) ~ (d) に示すタイムチャートを参照しながら説明する。

始めに、図 8 (d) に示す NG の処理量の左端の状態において、同図 (c) に示すように上限負荷未満の負荷にて C 3 冷媒圧縮機 3 5 の運転が行われているとする。

[0046] このとき、気象データの取得結果から、時刻  $T_1$  にて H A R が発生することが確認され、C 3 冷媒圧縮機 3 5 の負荷が上限負荷に近づくことが予測されたら、NG 液化装置 1 の運転調整の判断を行う。図 8 に示す例では、NG 液化装置 1 における NG の処理量を低減することにより、C 3 冷媒圧縮機 3 5 の負荷を下げている。

この結果、図 8 (c) 中に破線で示した、C 3 冷媒圧縮機 3 5 の負荷が上限負荷を超えて上昇する状態を回避し、安定して C 3 冷媒圧縮機 3 5 の運転を継続することができる。

[0047] 次いで、気象データの取得結果から、H A R の終息が確認されたら、C 3 冷媒圧縮機 3 5 の負荷が減少し上限負荷に対して余裕ができることが分かる (時刻  $T_2$ )。そこで、NG 液化装置 1 における NG の処理量を増加させ、例えば H A R 発生前の稼働状態に戻す。

[0048] 本発明によれば以下の効果がある。気象データを取得した結果に応じて A C H E 2 に取り込まれる空気の温度の予測や、冷媒圧縮機の負荷を予測することにより NG 液化装置 1 の運転調整の要否を判断するので、H A R の発生など、気象条件の変化に応じた運転調整が可能となる。この結果、NG 液化装置 1 を安定、且つ効率的に稼働させることができる。

[0049] ここで、図 1 に示す実施の形態では、G / T 3 5 1、3 6 1 を用いて駆動する C 3 冷媒圧縮機 3 5、MR 圧縮機 3 6 を備えた NG 液化装置 1 の例を示したが、本発明はモーター駆動の C 3 冷媒圧縮機 3 5、MR 圧縮機 3 6 を備えた NG 液化装置 1 にも適用することができる。また、本発明は G / T および補助モーターを用いて駆動する C 3 冷媒圧縮機 3 5、MR 圧縮機 3 6 を備えた NG 液化装置 1 にも適用することができる。

[0050] 例えばH A Rの発生により、図6（A）の状態S 1 1～S 1 4を用いて説明した事象が起きると、C 3冷媒圧縮機3 5を駆動するモーターの出力が上限出力に到達し、緊急停止するおそれが生じ得る。この場合にも図7を用いて説明した処理P 1～P 5の実行により、C 3冷媒圧縮機3 5の停止を避けて安定した稼働を継続することができる。

[0051] また、本発明を適用可能なN G液化装置1のプロセス構成は図1に例示したものに限定されない。例えばC 3冷媒を用いた予冷を行わないN G液化装置1において、M R圧縮機3 6が上限負荷に到達することを防止するための運転調整に対して、図7を用いて説明した処理を適用してもよい。

### 符号の説明

|        |       |         |
|--------|-------|---------|
| [0052] | 1     | N G液化装置 |
|        | 2     | A C H E |
|        | 3 5   | C 3圧縮機  |
|        | 3 5 1 | G／T     |
|        | 3 6   | M R圧縮機  |
|        | 3 6 1 | G／T     |
|        | 4 a   | 海側モジュール |
|        | 4 b   | 陸側モジュール |
|        | 4 1   | パイプラック  |
|        | 5     | 気象ポール   |

## 請求の範囲

[請求項1] 天然ガスの液化を行う際に用いられる冷媒を圧縮するための圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された冷媒を冷却するための複数の空冷式熱交換器を含む熱交換器群と、を備えた天然ガス液化装置の運転方法において、

前記天然ガス液化装置が設置されている敷地の気温、及び当該敷地に吹く風の風向、風速の組み合わせである気象条件を変化させた条件下で、前記熱交換器群内の空冷式熱交換器から排出された排気空気が再び冷却用空気として取り込まれる場合を考慮し、当該熱交換器群内の空冷式熱交換器に取り込まれる冷却用空気の温度の予測値を、数値解析により求める解析工程と、

前記敷地の気温、当該敷地に吹く風の風向、風速に係る気象データを取得する気象データ取得工程と、

取得した前記気象データと対応する冷却用空気の温度の予測値を特定し、特定された予測値、及び前記予測値を用いて求めたプラントの運転状態に基づき、前記冷媒の冷却能力変化に伴う前記圧縮機の負荷変化を予測し、前記天然ガス液化装置の運転調整の要否を判断する判断工程と、を含み、

前記気象データ取得工程と判断工程とを繰り返し実施することを特徴とする天然ガス液化装置の運転方法。

[請求項2] 前記判断工程にて、前記圧縮機の負荷が、設定された上限負荷以上となることが予測された場合に、当該圧縮機の負荷を低減するための天然ガス液化装置の運転調整を行う負荷低減工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の天然ガス液化装置の運転方法。

[請求項3] 前記天然ガス液化装置の運転調整は、当該天然ガス液化装置にて処理される天然ガスの処理量の増減、及び/または前記天然ガス液化装置内の被冷却流体の冷却器と、前記圧縮機との間を循環する冷媒の循環量の増減であることを特徴とする請求項1に記載の天然ガス液化装



置の運転方法。

[請求項4]       前記圧縮機はガスタービン圧縮機であり、前記解析工程では、さらに、前記排気空気が前記ガスタービン圧縮機を駆動するガスタービンに取り込まれる場合を考慮し、当該ガスタービンに取り込まれる空気の温度の予測値を、数値解析により求め、前記判断工程では、さらに前記気象データに対応する前記ガスタービンに取り込まれる空気の温度の予測値を特定し、この特定された予測値も含めて当該ガスタービン圧縮機の負荷変化を予測することを特徴とする請求項1に記載の天然ガス液化装置の運転方法。

[請求項5]       前記気象データは、気象シミュレーションを行って得られた予測値であることを特徴とする請求項1に記載の天然ガス液化装置の運転方法。

補正された請求の範囲  
[2018年6月19日(19.06.2018) 国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 天然ガスの液化を行う際に用いられる冷媒を圧縮するための圧縮機と、前記圧縮機で圧縮された冷媒を冷却するための複数の空冷式熱交換器を含む熱交換器群と、を備えた天然ガス液化装置の運転方法において、

前記天然ガス液化装置が設置されている敷地の気温、及び当該敷地に吹く風の風向、風速の組み合わせである気象条件を変化させた条件下で、前記熱交換器群内の空冷式熱交換器から排出された排気空気が再び冷却用空気として取り込まれる場合を考慮し、当該熱交換器群内の空冷式熱交換器に取り込まれる冷却用空気の温度の予測値を、数値解析により求め、前記気象条件との対応付けを行う解析工程と、前記予測値と天然ガス液化装置の運転状態とに基づき、冷却用空気の温度の予測値と前記圧縮機の負荷変化との相関関係を求める相関関係特定工程と、を実施することと、

前記敷地の気温、当該敷地に吹く風の風向、風速に係る気象実測データを取得する気象データ取得工程と、前記解析工程にて対応付けられた前記気象条件と予測値との対応から、前記気象実測データと対応する冷却用空気の温度の予測値を特定する温度予測工程と、前記相関関係特定工程にて求めた前記予測値と前記圧縮機の負荷変化との相関関係から、前記温度予測工程にて特定した前記予測値に基づき、前記圧縮機の負荷変化を予測する負荷予測工程と、前記天然ガス液化装置の運転調整の可否を判断する判断工程と、を繰り返し実施することと、

前記判断工程にて、前記圧縮機の負荷が、設定された上限負荷以上となることが予測された場合に、前記冷却用空気の温度が前記予測値に到達した際に、前記圧縮機の負荷が前記上限負荷未満となるように、予め、当該圧縮機の負荷を低減するための天然ガス液化装置の運転調整を行う負荷低減工程を実施することと、を特徴とする天然ガス液

化装置の運転方法。

[請求項2] (削除)

[請求項3] 前記天然ガス液化装置の運転調整は、当該天然ガス液化装置にて処理される天然ガスの処理量の増減、及び/または前記天然ガス液化装置内の被冷却流体の冷却器と、前記圧縮機との間を循環する冷媒の循環量の増減であることを特徴とする請求項1に記載の天然ガス液化装置の運転方法。

[請求項4] (補正後) 前記圧縮機はガスタービン圧縮機であり、前記解析工程では、さらに、前記排気空気が前記ガスタービン圧縮機を駆動するガスタービンに取り込まれる場合を考慮し、当該ガスタービンに取り込まれる空気の温度の予測値を、数値解析により求め、前記負荷予測工程では、さらに前記気象実測データに対応する前記ガスタービンに取り込まれる空気の温度の予測値を特定し、この特定された予測値も含めて当該ガスタービン圧縮機の負荷変化を予測することを特徴とする請求項1に記載の天然ガス液化装置の運転方法。

[請求項5] (削除)

## 条約第19条(1)に基づく説明書

請求の範囲の第1項は、出願時の第2項の要件を加えると共に、(i) 冷却用空気の温度の予測値（以下、単に「予測値」ともいう）と天然ガス液化装置の運転状態とに基づき、予測値と圧縮機の負荷変化との相関関係を求めること（相関関係特定工程）、(ii) 気象条件と予測値との対応から、気象実測データと対応する予測値を特定すること（温度予測工程）、(iii)、予測値と圧縮機の負荷変化との相関関係から、温度予測工程にて特定した予測値に基づき、圧縮機の負荷変化を予測すること（負荷予測工程）、(iv) 圧縮機の負荷が、設定された上限負荷以上となることが予測された場合には、冷却用空気の温度が予測値に到達した際に、圧縮機の負荷が前記上限負荷未満となるように、予め、圧縮機の負荷を低減するための天然ガス液化装置の運転調整を行うこと（負荷低減工程）を明確にした。

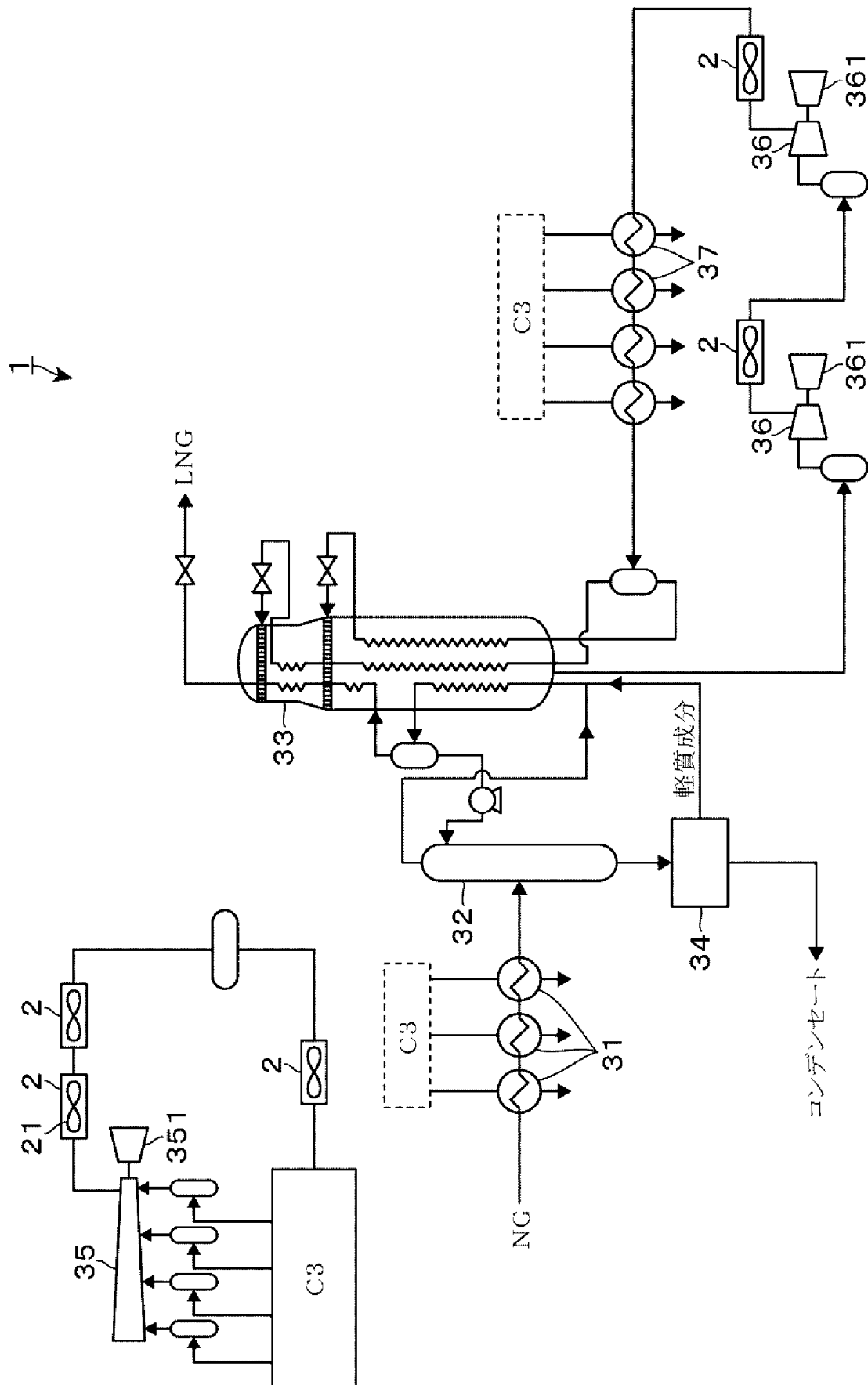
文献1の page 4, lines 6-15 に記載の各種運転調整は、HAR (Hot Air Circulation) が「発生した後」に実施される運転調整が列記されているに過ぎない。特に、同ページの lines 14-15, 17-18 には、"finally (adjustment of) the LNG flow until the discharge pressure of the propane compressor ... return to an acceptable level", "plant trips due to HAR have been eliminated, plant slowdowns are still a concern in order to sustainably maximize the LNG capacity" と記載されているところ、LNG 生産量の調整は、先行して列記された調整を行った後の最終手段であることが明確である。

これに対して本発明は、冷却用空気の温度の予測値に基づき、圧縮機の負荷変化を予測し、設定された上限負荷値との比較で運転調整の要否を判断したうえで、HAR が発生した場合であっても、圧縮機の負荷が上限負荷未満となるように、「予め天然ガス液化装置側の運転条件を変更してしまう」技術である。

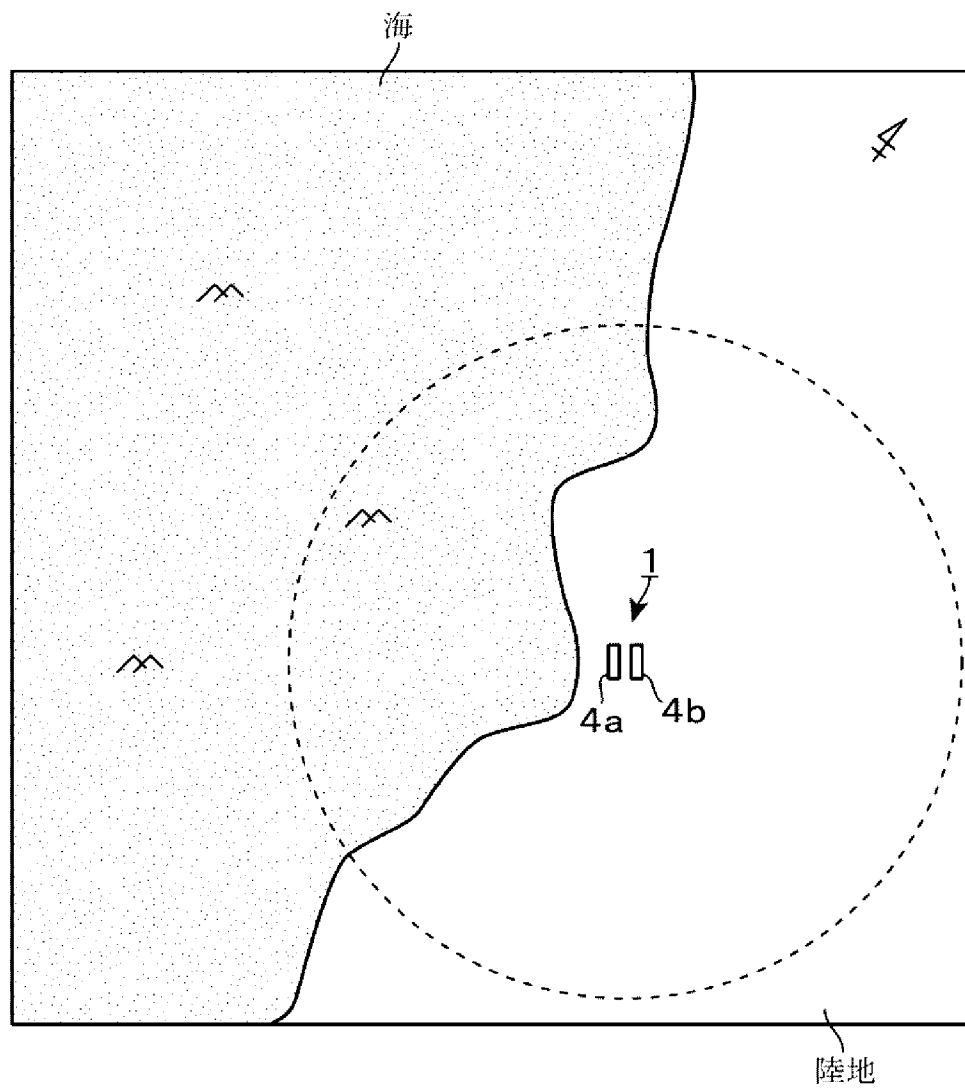
この結果、HAR の発生に備えて余裕を持って運転を行う場合に比べて、機会損失の低減を大幅に図ることができる（段落0027、0028、0042）。即ち、本発明は、文献1の Figure 3 に Power Margin (Low Alarm) と記載されている「余裕」をさらに小さくすることを可能とする。

このように、所定のタイミング（「圧縮機の負荷が、設定された上限負荷以上となることが予測された場合」）に限って、予め天然ガス液化装置側の運転条件を変更しておくことにより、余裕を小さくし、平均的に機会損失の小さい運転を実現する技術は、文献1には記載も示唆もされていない。

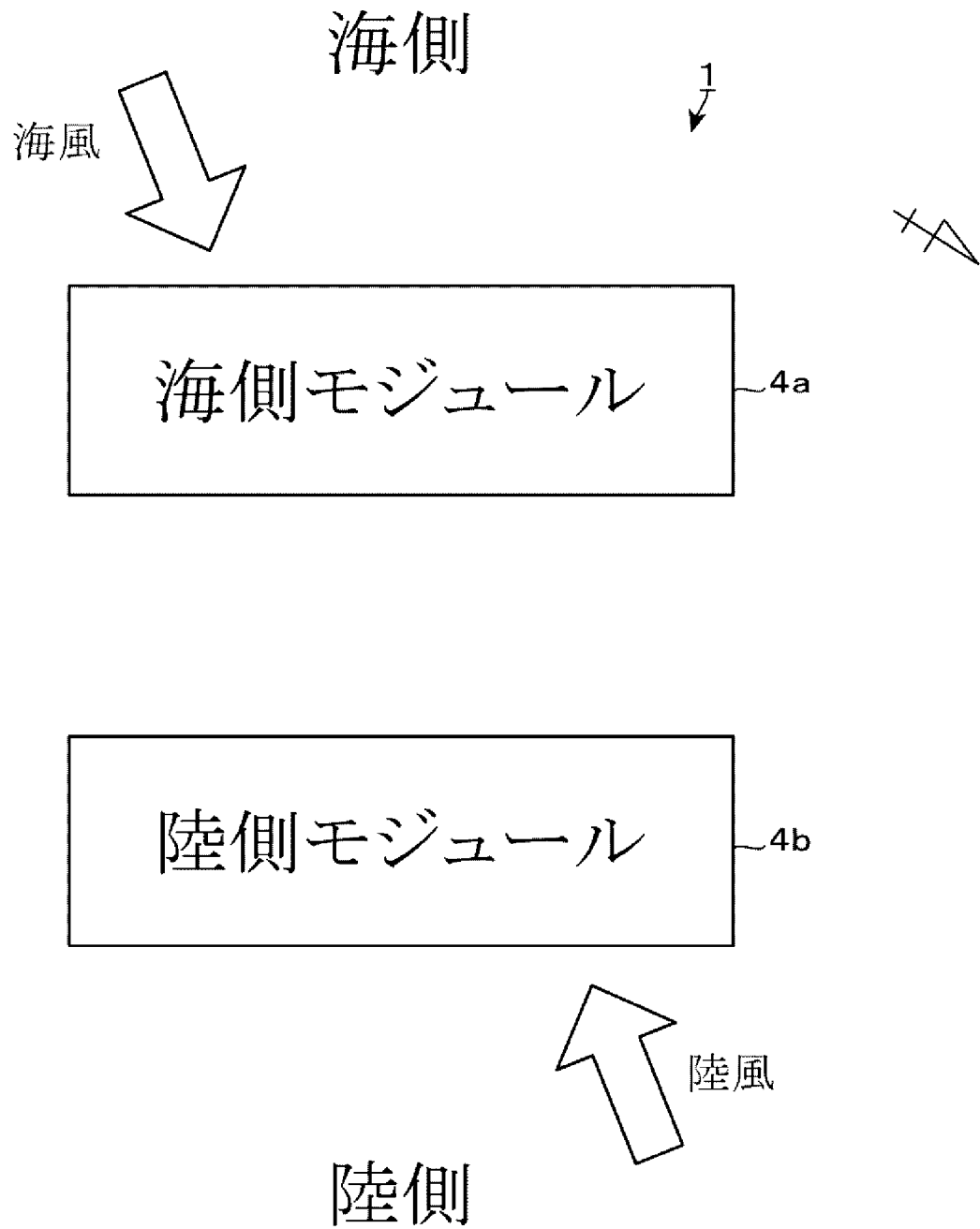
[図1]



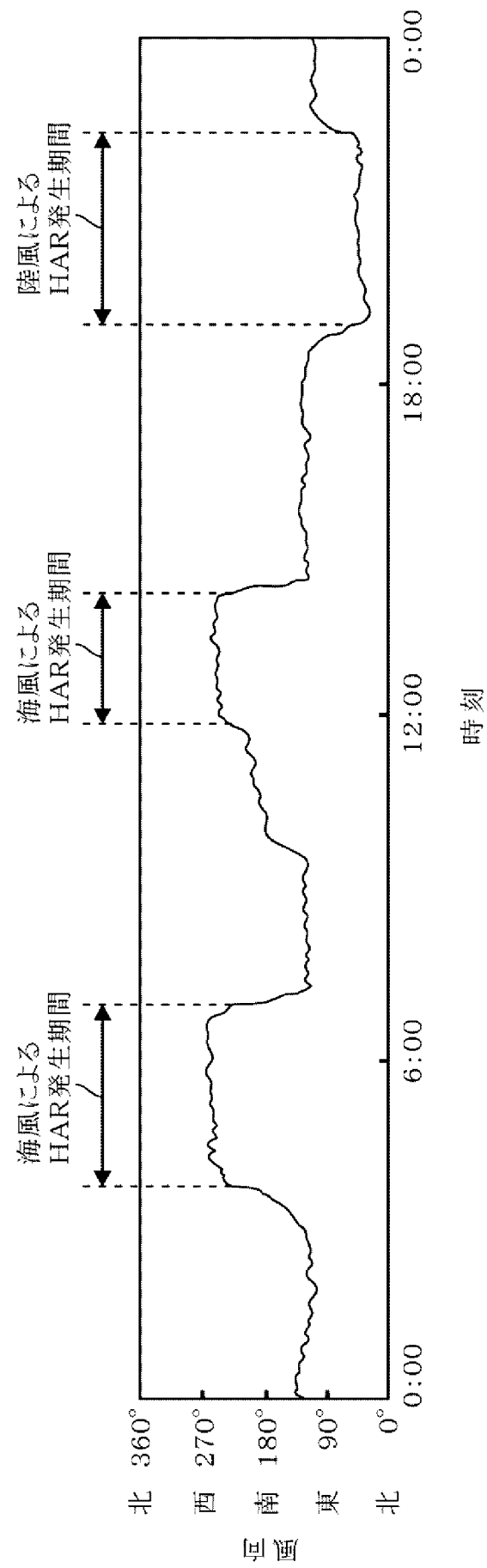
[図2]



[図3]

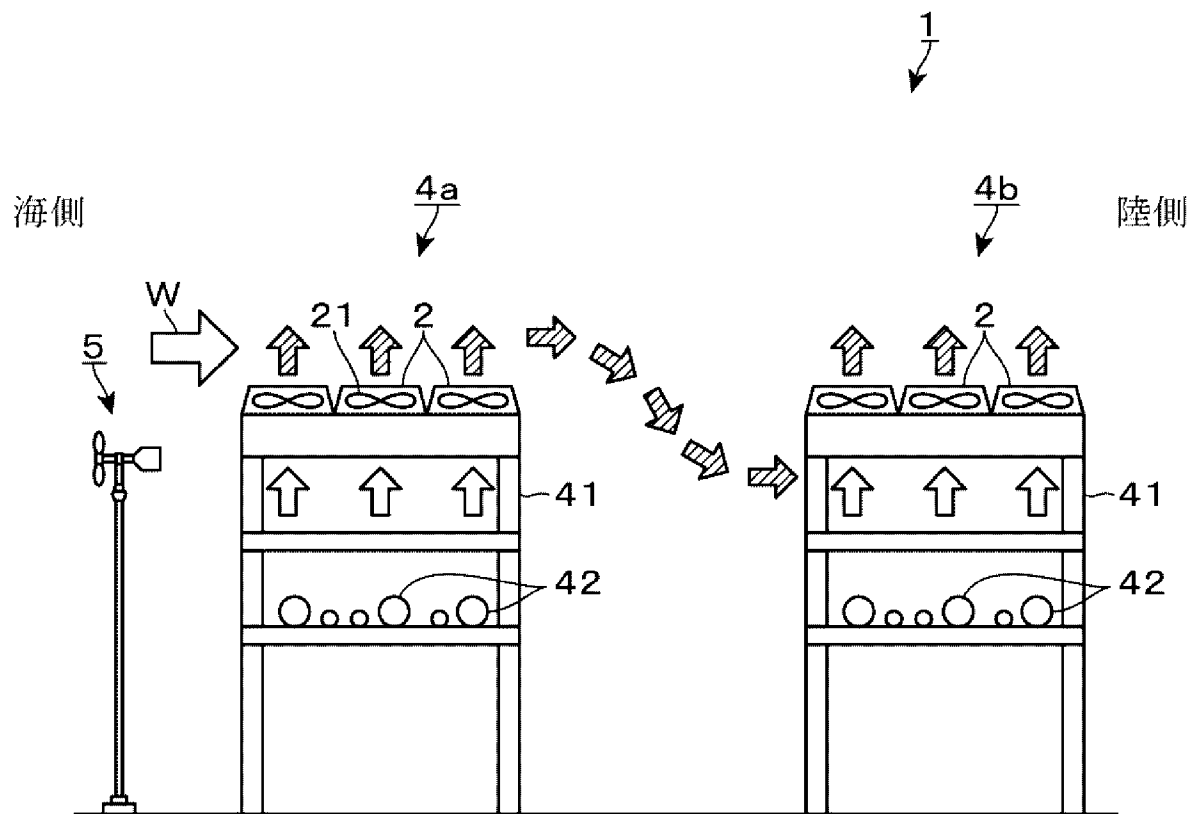


[図4]



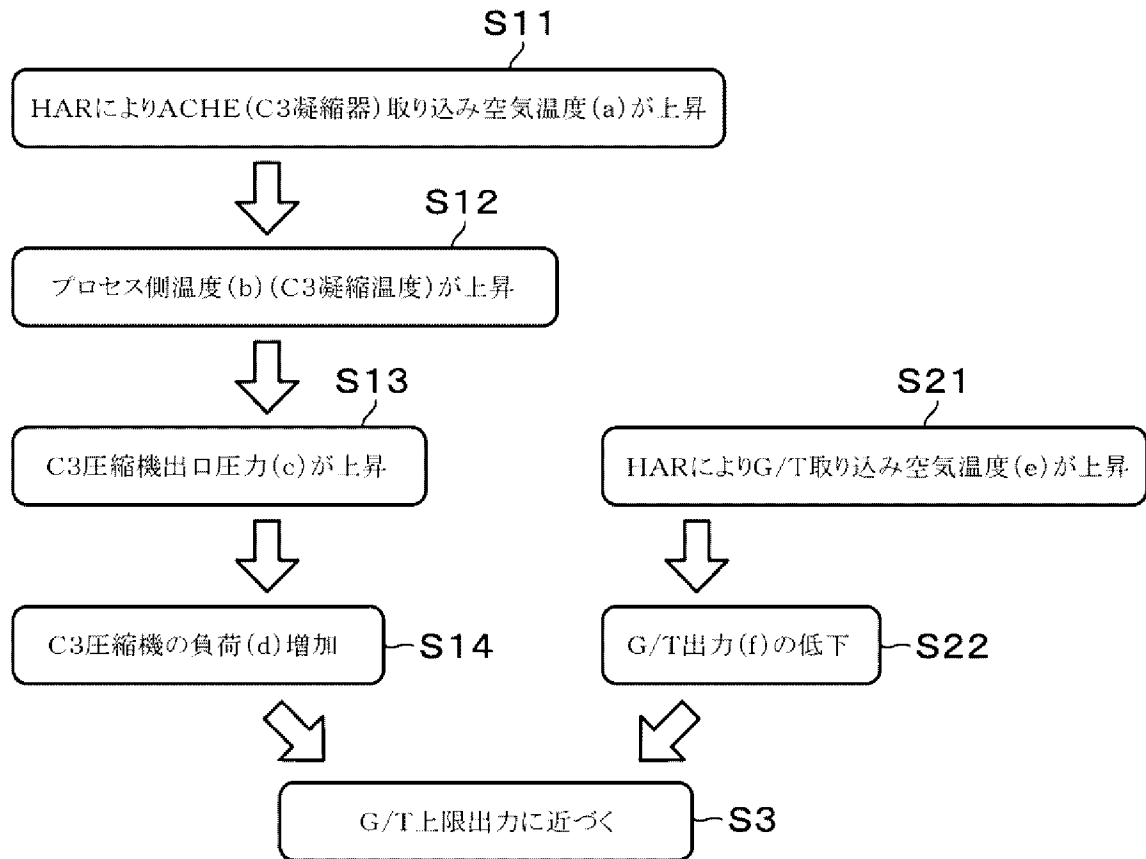


[図5]

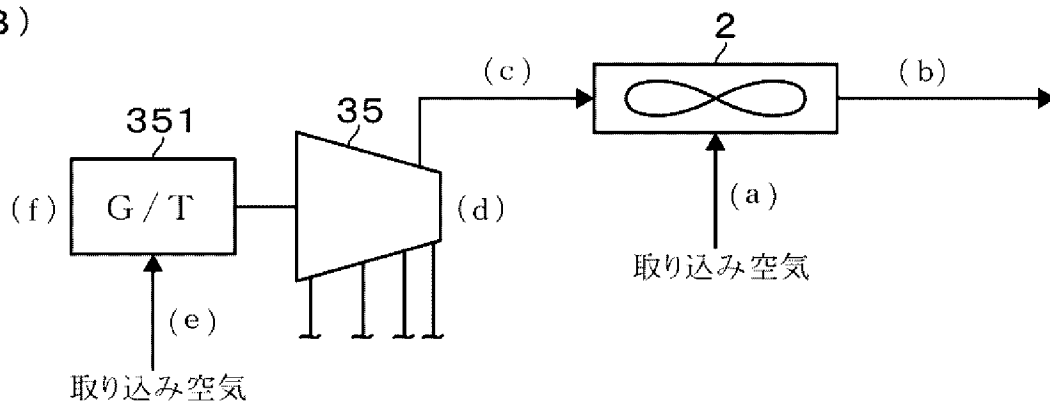


[図6]

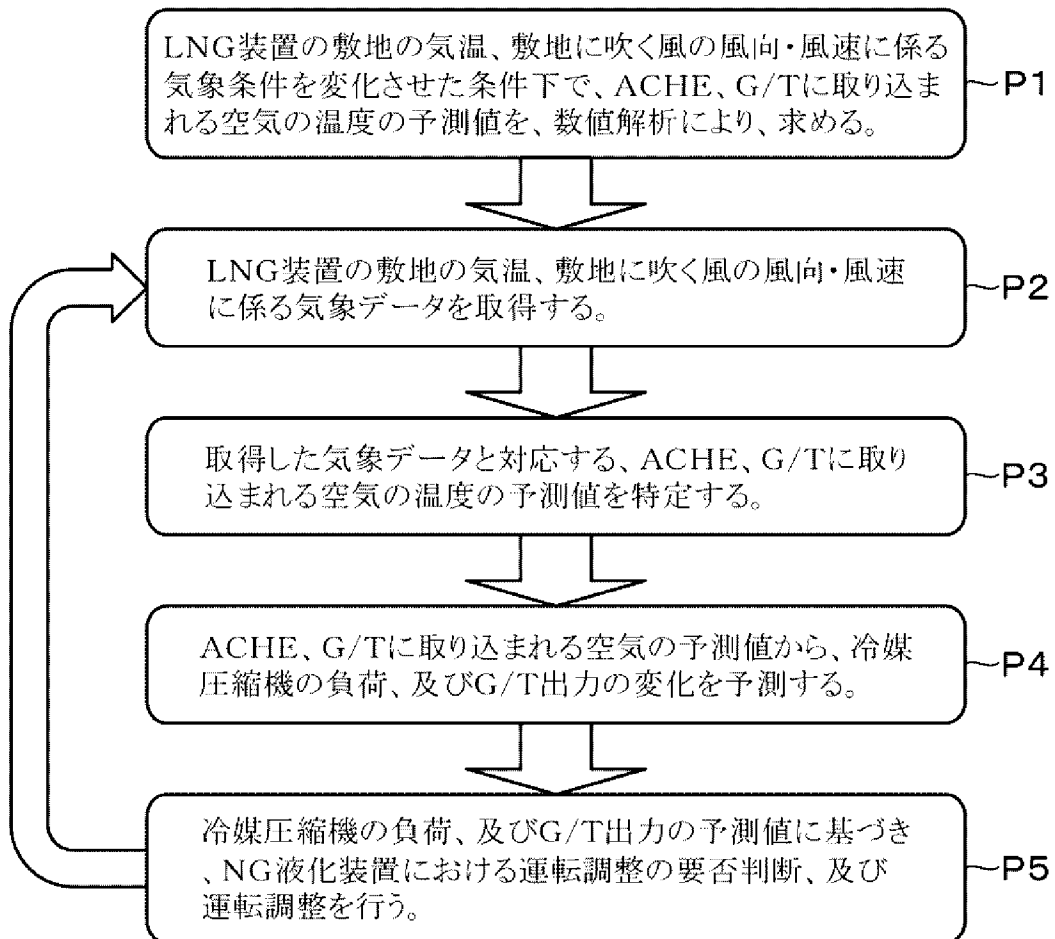
(A)



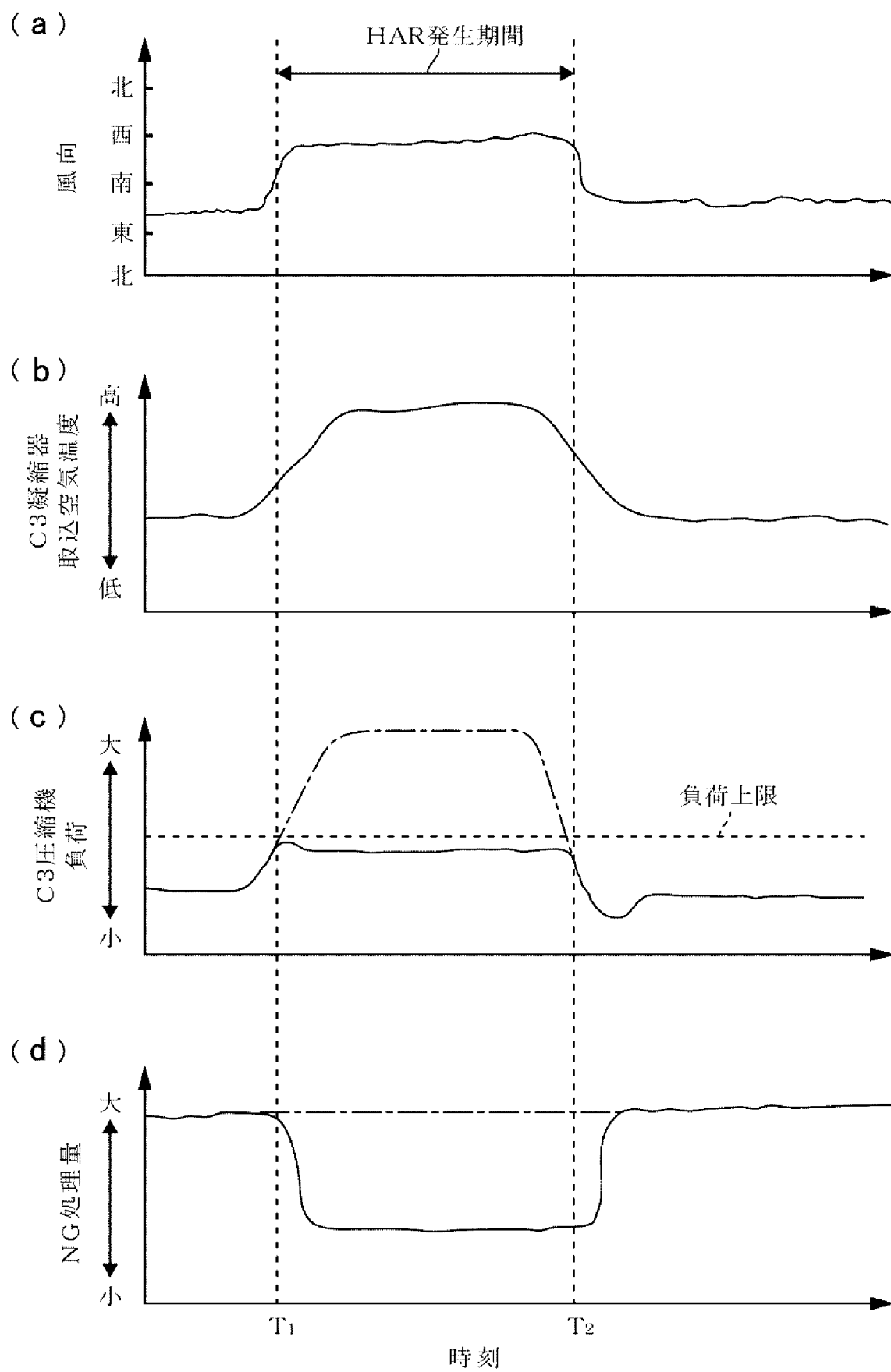
(B)



[図7]



[図8]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/041685

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F25J1/00 (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)

Int. Cl. F25J1/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII), CAPLUS/WPIDS/COMPENDEX/INSPEC (STN)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | Siti Farhana Bt M Shaari et al. Understanding of Hot Air Recirculation Phenomena in Air-Cooled Base Load LNG Plant, LNG 17Conference GAS TECHNOLOGY INSTITUTE [online], 2013, pp. 1-15, [retrieved on 26 January 2018], retrieved from the internet:<br><URL:<br>http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG 17-proceedings/Materials-6-Siti_Farhana_M_Shaari.pdf>, entire text | 1-5                   |
| A         | 久保田圭, 空冷式 LNG プラントにおける Hot Air Recirculation (HAR), 日揮技術ジャーナル, 2014, vol. 3, no. 2, p. 1-8 (KUBOTA, Kei. Hot Air Recirculation Phenomenon in an Air Cooled LNG Plant. JGC Technical Journal.)                                                                                                                                                                                           | 1-5                   |



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

26.01.2018

Date of mailing of the international search report

06.02.2018

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/JP2017/041685

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 2017-032146 A (JGC CORP.) 09 February 2017, & US 2016/0238312 A1 & WO 2015/115030 A1                                              | 1-5                   |
| A         | JP 5-196349 A (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.) 06 August 1993, & US 5139548 A & EP 529307 A1 & KR 10-1995-0000479 B & CN 1069117 A | 1-5                   |
| A         | WO 2014/020778 A1 (JGC CORP.) 06 February 2014, & US 2015/0120193 A1 & US 2015/0066370 A1 & WO 2014/021236 A1                        | 1-5                   |
| A         | WO 2014/021236 A1 (JGC CORP.) 06 February 2014, & US 2015/0066370 A1 & US 2015/0120193 A1 & WO 2014/020778 A1                        | 1-5                   |
| A         | WO 2014/103332 A1 (JGC CORP.) 03 July 2014, & JP 2016-65643 A & US 2015/0354887 A1                                                   | 1-5                   |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F25J1/00 (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 (IPC))

Int.Cl. F25J1/00

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   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2018年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2018年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2018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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII), Cplus/WPIDS/COMPENDEX/INSPEC (STN)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X               | Siti Farhana Bt M Shaari et al., Understanding of Hot Air Recirculation Phenomena in Air-Cooled Base Load LNG Plant, LNG 17 Conference   GAS TECHNOLOGY INSTITUTE [online], 2013, p. 1-15, [retrieved on 2018.01.26], Retrieved from the Internet: <URL: http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/Materials-6-Siti_Farhana_M_Shaari.pdf>, 全文 | 1-5            |

☒ 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、国際出願日以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

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.01.2018

国際調査報告の発送日

06.02.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

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)

木原 啓一郎

電話番号 03-3581-1101 内線 3468

4 Q

4867

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                            |                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | 浅香輝, AIRLIZE LNG JGC' S Innovative Technology Package for Operating and New Air-cooled LNG Plants, 日揮技術ジャーナル, 2016, Vol. 5, No. 1, p. 1-10 | 1-5            |
| A                     | 久保田圭, 空冷式 LNG プラントにおける Hot Air Recirculation (HAR), 日揮技術ジャーナル, 2014, Vol. 3, No. 2, p. 1-8                                                 | 1-5            |
| A                     | JP 2017-032146 A (日揮株式会社) 2017.02.09, & US 2016/0238312 A1 & WO 2015/115030 A1                                                             | 1-5            |
| A                     | JP 5-196349 A (エアー. プロダクツ. アンド. ケミカルス. インコーポレーテッド) 1993.08.06, & US 5139548 A & EP 529307 A1 & KR 10-1995-0000479 B & CN 1069117 A         | 1-5            |
| A                     | WO 2014/020778 A1 (日揮株式会社) 2014.02.06, & US 2015/0120193 A1 & US 2015/0066370 A1 & WO 2014/021236 A1                                       | 1-5            |
| A                     | WO 2014/021236 A1 (日揮株式会社) 2014.02.06, & US 2015/0066370 A1 & US 2015/0120193 A1 & WO 2014/020778 A1                                       | 1-5            |
| A                     | WO 2014/103332 A1 (日揮株式会社) 2014.07.03, & JP 2016-65643 A & US 2015/0354887 A1                                                              | 1-5            |