

(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
2020年12月3日(03.12.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/240696 A1

(51) 国際特許分類:

G05B 23/02 (2006.01) *F25J 5/00* (2006.01)
F25J 1/00 (2006.01) *G01W 1/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/021095

(22) 国際出願日: 2019年5月28日(28.05.2019)

(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: 日揮グローバル株式会社 (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: 角谷 謙 (KAKUTANI, Yuzuru); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい

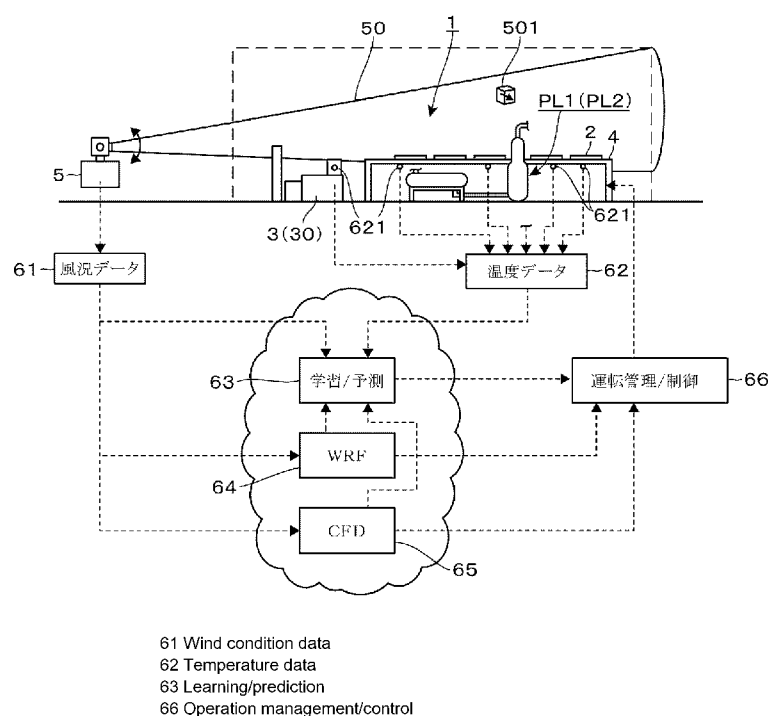
二丁目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 浅香 輝 (ASAKA, Teru); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい二丁目3番1号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人弥生特許事務所 (YAYOI PATENT OFFICE); 〒2310058 神奈川県横浜市中区弥生町2丁目15番1号ストー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,

(54) Title: OPERATION ANALYSIS METHOD FOR PRODUCTION PLANT

(54) 発明の名称: 製造プラントの稼働解析方法



(57) Abstract: An operation analysis method for a production plant 1 comprises: a step for acquiring the distribution of data of the three-dimensional wind conditions at selected positions in both an upper space, which includes a region where an air-cooled heat exchanger 2 is disposed, and a space surrounding the upper space, using a Doppler lidar 5; a step for acquiring environmental data representing natural environmental conditions that affect the operation of the air-cooled heat exchanger 2; and a step for, on the basis of the distribution of the three-dimensional wind condition data and the



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,
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))

environmental data, learning a correspondence between the distribution pattern of the three-dimensional wind condition data and the environmental data by means of numerical analysis using a computer.

(57) 要約: 製造プラント1の稼働解析方法は、ドップラーライダー5により、空冷式熱交換器2の配置領域を含む上方空間とその周囲空間の各位置における3次元風況データの分布を取得する工程と、空冷式熱交換器2の稼働に影響を及ぼす自然環境の状態を示す環境データを取得する工程と、コンピュータを用いた数値解析により、3次元風況データの分布と環境データとに基づいて、3次元風況データの分布パターンと環境データとの対応関係を学習する工程と、を含む。

明 細 書

発明の名称：製造プラントの稼働解析方法

技術分野

[0001] 本発明は、製造プラントの稼働を解析する技術に関する。

背景技術

[0002] 天然ガスの液化や天然ガス液の分離、回収などを行う天然ガス製造プラント、原油や各種中間製品の蒸留や脱硫などを行う石油精製プラント、石油化学製品や中間化学品、ポリマーなどの生産を行う化学プラント（以下、これらをまとめて「製造プラント」ともいう）には、各種の流体（被冷却流体）を冷却するための空冷式熱交換器（以下、ACHE（Air-Cooled Heat Exchanger）とも記す）を備えるものがある。ACHEは、被冷却流体が流れるチューブを束ねたチューブバンドルに向けて、回転式のファンを用いて冷却用空気を供給することにより被冷却流体を冷却する。

[0003] ACH Eは、空気を取り込んで冷媒の冷却を行う機器であり、取り込む空気の温度や、風速などに応じて冷却能力が変化する。ACH Eの冷却能力の変化は、製造プラントの稼働状態に大きな影響を及ぼす場合がある。

[0004] 従来、製造プラントには、敷地内に吹く風の風向や風速（以下、これらをまとめて「風況」ともいう）を測定するために、気象観測用ポールの先端に風向風速計が設けられる場合があった。しかしながら、敷地内の1点における風況を測定しているに過ぎない風向風速計では、広い敷地内に分散して配置されているACH Eの周囲の風況が製造プラントへ与える影響を精度よく把握することは困難である。

[0005] 特許文献1には、ウインドファームに設けられた風力タービンの運転操作に活用するデータとして、ドップラーライダー（Doppler LIDAR: Light Detection and Ranging）やドップラーソーダー（Doppler SODAR: SOnic Detection And Ranging）などを配置し、風向、風速などに係るデータを取得する技術が記載されている。

しかしながら、特許文献1にはACHEを備えた製造プラントの稼働を解析する技術の記載はない。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：米国特許第9587625号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、このような背景の下になされたものであり、空冷式熱交換器を備えた製造プラントの稼働を解析する技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の製造プラントの稼働解析方法は、空冷式熱交換器を備えた製造プラントの稼働解析方法であって、

ドップラーライダーにより、前記空冷式熱交換器の配置領域を含む、前記製造プラントの上方空間とその周囲空間の各位置における風向及び風速を示す3次元風況データの分布を取得する工程と、

前記空冷式熱交換器の稼働に影響を及ぼす自然環境の状態を示す環境データを取得する工程と、

コンピュータを用いた数値解析により、前記3次元風況データの分布と、前記環境データとに基づいて、前記3次元風況データの分布パターンと前記環境データとの対応関係を学習する工程と、を含むことを特徴とする。

[0009] 前記製造プラントの稼働解析方法は以下の特徴を備えてもよい。

(a) 前記環境データは、前記空冷式熱交換器に取り込まれる冷却用空気の温度データ、湿度データ、前記冷却用空気の取り込み口における風速データ、または前記取り込み口における風向データの少なくとも一つであること。

(b) 前記学習した対応関係と、前記ドップラーライダーにより得られた新たな3次元風況データの分布とを用いて、前記製造プラントの稼働に影響を及ぼす今後の自然環境の状態を予測する工程を含むこと。前記自然環境の状

態を予測する工程は、前記新たな3次元風況データの分布を用いて、今後の3次元風況データの分布を予測した予測分布に基づいて実施すること。このとき、前記予測分布は、前記新たな3次元風況データの分布を用いた数値流体解析、または気象シミュレーションにより得られたものであること。

(c) 前記今後の自然環境の状態を予測した結果に基づき、前記製造プラントの今後の稼働状況を予測する工程と、予測した前記今後の稼働状況が、前記製造プラントに含まれる機器の運転制約範囲を外れる稼働状況である場合に、前記運転制約範囲内の稼働状況とするための操作変数の操作量を求める工程と、を含むこと。

(d) 前記製造プラントは、冷媒圧縮機用ガスタービンまたはガスタービン発電機の少なくとも一方を備えることと、前記ドップラーライダーは、前記冷媒圧縮機用ガスタービンまたは前記ガスタービン発電機の吸気ユニットの配置領域を含む前記製造プラントの上方空間とその周囲空間の風況データを取得することと、前記環境データは、前記冷媒圧縮機用ガスタービンまたは前記ガスタービン発電機の燃焼用空気を取り込み温度データを含むこと。

発明の効果

[0010] 本技術によれば、ドップラーライダーを用いて取得した製造プラントの上方空間とその周囲空間の3次元風況データの分布と、当該製造プラントの稼働環境の状態を示す環境データとの対応関係を機械学習する。この結果、製造プラントの周囲の風況が稼働環境の状態に与える影響を精度のよく把握することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本例の稼働解析方法が適用されるLNGプラントの概要を示すブロック図である。

[図2]前記LNGプラントの設備配置レイアウトを示す平面図である。

[図3]ACHEの構成例を示す縦断側面図である。

[図4]HARの発生の様子を示す模式図である。

[図5]ドップラーライダーにより、前記LNGプラントの上方空間とその周囲

空間の風況を測定する様子を示す模式図である。

[図6] L N Gプラントの稼働解析システムの構成図である。

[図7] L N Gプラントの稼働解析方法の実施手順を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、天然ガス（N G : Natural Gas）の液化を行う L N G（Liquefied Natural Gas）プラントに対し、本例の稼働解析方法を適用した実施の形態について説明する。L N Gプラント（天然ガス製造プラント）は、本例の製造プラントに相当する。

図 1（a）は、L N Gプラント 1 の構成例を模式的に示したブロック図である。L N Gプラント 1 は、井戸元より産出された N G 中に含まれる水銀、酸性ガス（硫化水素、メルカプタン、二酸化炭素など）、水分や重質分などの各種の不純物の除去を行う前処理部 1 1 と、不純物が除去された後の N G を、冷媒を用いて冷却し、液化・過冷却する液化・過冷却部 1 2 とを備える。L N Gプラント 1 にて得られた液化天然ガス（L N G）は、L N Gタンク 1 3 に貯蔵された後、L N Gタンカーなどを介して外部に出荷される。

[0013] 液化・過冷却部 1 2 が混合冷媒方式を採用している場合、N G の液化・過冷却に用いられる冷媒（以下、「液化用冷媒」ともいう）には、窒素、メタン、エタン、エチレン、プロパン、ブタン、イソペンタンなどから選択された冷媒成分を含む混合冷媒（M R : Mixed Refrigerant）が用いられる。また、液化・過冷却部 1 2 が単体冷媒方式を採用している場合、冷媒にはプロパン、エチレン、メタン、エタン、窒素などの各単体冷媒が用いられる。

なお、液化した後の L N G は、上述の冷媒に加えて窒素エキスパンダーサイクルを利用して過冷却してもよい。また、L N G の一部を気化（エンドフラッシュ）させることにより、気化により得られた冷熱を L N G の生産のために有効利用される場合もある。

[0014] 液化・過冷却部 1 2 においては、不図示の熱交換器を介して N G と上述の冷媒との間の熱交換が行われる。さらに液化・過冷却部 1 2 は、熱交換により気化した冷媒を冷媒圧縮機 3 1 で圧縮した後、クーラーで冷却、液化し、

液化・過冷却部 1 2 へと再供給する液化用冷媒サイクル 1 2 1 を備えている。本例では、これらのクーラーとして、空冷式熱交換器（ACHE）2 を用いている。

ACHE 2 を採用するクーラーは、圧縮された冷媒蒸気を冷却するクーラー、冷却された蒸気を凝縮させる凝縮器、液化した後の冷媒を過冷却する過冷却器などであってもよい。

[0015] 図 1（a）においては、液化用冷媒サイクル 1 2 1 に冷媒圧縮機 3 1 と ACHE 2 との組を 1 つだけ示してあるが、冷媒の圧力段階に応じて冷媒圧縮機 3 1 と ACHE 2 との組を直列に複数設けてもよい。また、冷媒の取扱量などに応じて冷媒圧縮機 3 1 と ACHE 2 とを備えた複数の液化用冷媒サイクル 1 2 1 を液化・過冷却部 1 2 に対して並列に複数設けてもよい。

[0016] 次に、図 1（b）は、予冷用冷媒を用いて、液化される前の NG を冷却する予冷部 1 4 を備えた LNG プラント 1 の構成を模式的にしたブロック図である。NG の予冷に用いられる予冷用冷媒としては、プロパンの単体冷媒やエタンとプロパンとの混合冷媒などが用いられる。

[0017] 予冷部 1 4 においては、不図示の熱交換器を介して NG と予冷用冷媒との間の熱交換が行われる。さらに予冷部 1 4 は、熱交換により気化した冷媒を冷媒圧縮機 3 1 で圧縮した後、クーラーで冷却、液化し、予冷部 1 4 へと再供給する予冷用冷媒サイクル 1 4 1 が設けられている。本例では、これらのクーラーとしても、ACHE 2 を用いている。

ACHE 2 を採用するクーラーは、圧縮された冷媒を冷却する冷却器、冷媒を凝縮させる凝縮器、液化した後の冷媒を過冷却する過冷却器のいずれであってもよい。

[0018] また、図 1（b）に示す LNG プラント 1 は、液化・過冷却された後の予冷用冷媒の一部を予冷用冷媒サイクル 1 4 1 から抜き出し、液化・過冷却部 1 2 に供給される前の液化用冷媒を冷却するための冷媒冷却サイクル 1 4 2 を併設した構成となっている。冷媒冷却サイクル 1 4 2 を流れる予冷用冷媒は、冷却器 3 3 にて液化用冷媒サイクル 1 2 1 側の液化用冷媒を冷却した後

、予冷用冷媒サイクル１４１側の冷媒圧縮機３１の入口に戻される。

また図１（ｂ）には、ガスタービン（Ｇ／Ｔ）３２を駆動機として冷媒圧縮機３１を駆動する例を併記してある。

[0019] 予冷部１４においても、冷媒圧縮機３１とＡＣＨＥ２とを備えた複数の予冷用冷媒サイクル１４１を予冷部１４に対して並列に複数設けてもよい。また、予冷用冷媒サイクル１４１に複数の冷媒冷却サイクル１４２を並列に接続してもよい。

[0020] また、ＡＣＨＥ２は、図１（ａ）、（ｂ）を用いて説明した液化用冷媒や予冷用冷媒の冷却に用いられる他、前処理部１１に設けられている各種プロセスにも設けられる場合がある。

例えば、酸性ガスの除去プロセスにて、アミン吸収液を用いる場合に、アミン吸収液の再生塔の塔頂部から抜き出された蒸気を凝縮させる凝縮器としてＡＣＨＥ２を採用してもよい。

[0021] 図２は、ＬＮＧプラント１のプロットプランの一例を示している。ＬＮＧプラント１の敷地内には、メインパイプラック４を挟んで、ＬＮＧプラント１を構成する設備群ＰＬ１、ＰＬ２が整列配置されている。

例えば設備群ＰＬ１、ＰＬ２には、前処理部１１を構成する各種不純物の除去プロセスの機器や、予冷部１４、液化・過冷却部１２の機器として、静機器である塔槽や熱交換器、動機器であるポンプなどが設けられている。図２中の破線は、これらの設備の配置領域１００を示している。

[0022] 図２に示すように、本例のＬＮＧプラント１には、２系統のメインパイプラック４が隣り合って並列に配置されている。各メインパイプラック４は、上面側から見て細長い長方形の架構構造体として構成される。そして図４の側面図に示すように、メインパイプラック４は、上述の設備群ＰＬ１、ＰＬ２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１０を保持している。

[0023] 前記メインパイプラック４の上面には、既述の液化・過冷却部１２に設けられている液化用冷媒サイクル１２１の凝縮器や過冷却器を構成するＡＣＨ

E 2、また予冷部 1 4 が設けられている場合には、予冷用冷媒サイクル 1 4 1 や冷媒冷却サイクル 1 4 2 の減温器、凝縮器、過冷却器を構成する A C H E 2 などが配置されている。特に、予冷用冷媒サイクル 1 4 1、冷媒冷却サイクル 1 4 2 に設けられる A C H E 2 は設置台数が多く、数台～数十台の A C H E 2 を用いて凝縮器、過冷却器や凝縮器などを構成している場合もある。このため、規模によっては全体として 1 0 0 台を超える A C H E 2 を備えた L N G プラント 1 も存在する。

[0024] 図 2 に示すように、本例の L N G プラント 1 は、上面側から見て長方形のメインパイプラック 4 の上面に、前記長方形の短辺方向に沿って例えば 3 台の A C H E 2 を並べて 1 組とし、前記長方形の長辺方向に沿って、これら A C H E 2 の組を多数組、並べた構成となっている。従って、メインパイプラック 4 の上面は、これら A C H E 2 の配置領域に相当する。

なお図示の便宜上、後述の図 5 においては、メインパイプラック 4 の短辺方向に沿って並べられる A C H E 2 を 2 台で 1 組とした例を示してあるが、A C H E の台数はこれに限られない。

[0025] 次に図 3 を参照しながら A C H E 2 の構成例について説明する。

A C H E 2 は、被冷却流体（L N G プラント 1 にて取り扱われる被処理流体：液化用冷媒や予冷用冷媒、その他、前処理部のプロセスにて取り扱われる流体など）が流れる多数本のチューブ（伝熱管）2 3 を束ねたチューブバンドル（管束）2 3 0 と、チューブバンドル 2 3 0 に冷却用空気を供給するためのファン 2 2 とを備える。

[0026] チューブバンドル 2 3 0 は、上下両面が開放され、隣り合うチューブ 2 3 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ができる。またチューブバンドル 2 3 0 の側周部分を構成する枠体は、パイプラック 1 2 を構成する架構の上面に固定されている。チューブバンドル 2 3 0 の下面は、冷却用空気の取り込み口に相当する。

[0027] ファン 2 2 は、回転中心から放射状に伸びるように設けられた複数枚の動翼 2 2 0 を備える。各動翼 2 2 0 の基端部は、前記回転中心にて回転軸 2 2

2の上端部に接続され、当該回転軸222は上下方向へ伸びるように配置されている。回転軸222の下部側はチューブバンドル230を貫通し、その下端部は、当該チューブバンドル230の下方に配置された回転駆動部221と接続されている。

例えば回転駆動部221は、回転軸222の下端部に設けられた不図示のプーリー機構と回転モーター223とを備え、回転モーター223により回転軸222を回転させる構成としてもよい。また、回転軸222を回転モーターに直接、連結した構成としてもよい。

[0028] チューブバンドル230の枠体の上面から、ファン22の側方位置を通してその上方側に至る領域には、チューブバンドル230を通過した空気を通流させる排気経路を成すダクト21が設けられている。ダクト21は筒状の形態をしており、ファン22の上方側の位置にて、上面側へ向けて開口している。

[0029] なお、図3にはチューブバンドル230の上方側にファン22を配置した吸込型のACHE2の例を示したが、チューブバンドル230の下方側にファン22を配置した押込み型のACHE2を採用してもよい。この場合は、ファン22を構成する動翼220の下面側が冷却用空気の取り込み口となる。

[0030] 以上に例示した構成を備えるLNGプラント1において、各ACHE2は周囲から取り込んだ冷却用空気を用いて被冷却流体の冷却を行うため、周囲の環境の状態の影響を受け易い。

本例では、ACHE2の配置位置の周囲に吹く風の影響に着目する。例えば図4には、隣り合って並列に配置されたメインパイプラック4の一方側から他方側へ向けて風Wが吹いている例について示している。

[0031] この図には、風上側のACHE2より排出された温度の高い排出空気の一部が、風下側のACHE2の冷却用空気として取り込まれて、風下側のACHE2にて取り込まれる冷却用空気の温度を上昇させてしまうHAR (Hot Air Recirculation) が発生している例を示している。冷却用空気の温度上昇

は、A C H E 2 の冷却能力の低下を引き起こし得る。

また、風向や風速によっては、図 4 中に併記したように、ある A C H E 2 からの高温の排出空気の一部が、当該 A C H E 2 の下面側に回り込んで再び取り込まれる自己 H A R が発生する場合もある。

[0032] H A R の発生は、A C H E 2 による被冷却流体の冷却能力の低下を引き起こしてしまう場合がある。例えば冷媒の冷却を行う A C H E 2 の冷却能力が低下すると、図 1 (a) 、 (b) に示す冷媒圧縮機 3 1 の出口の圧力上昇を引き起こし、H A R 発生前と同じ冷媒の循環量を維持するためには冷媒圧縮機 3 1 の負荷を増加させる必要が生じる。この結果、冷媒圧縮機 3 1 を駆動する駆動機 (G / T 3 2 やモーター) の出力が上昇し、上限出力へと近づいてしまう場合がある。あるいは、冷媒圧縮機 3 1 の回転数を上げて負荷を増加させる余裕がない場合は、冷媒循環量が減少し、L N G の生産量の低下をもたらす場合もある。

[0033] このとき、H A R の影響が大きく、駆動機の出力が上限負荷に到達したり、あるいは圧縮機の吐出圧力がその設計圧力付近に達すると、駆動機の緊急停止 (トリップ) 機構が作動し、冷媒圧縮機 3 1 が停止してしまうおそれが生じる。冷媒圧縮機 3 1 が停止すると、L N G プラント 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。

[0034] さらに、冷媒圧縮機 3 1 の駆動機が G / T 3 2 である場合や、L N G プラント 1 にガスタービン発電機 3 (図 6 に示す例では G / T 3 0 を備える) が設けられている場合は、風況によってはこれらの G / T 3 2 、 3 0 の吸気温度が上昇してしまう場合もある。吸気温度の上昇は、冷媒圧縮機 3 1 の圧縮能力低下や発電量低下を引き起こすおそれがある。

[0035] このように、L N G プラント 1 の敷地内を吹く風の風況は、当該 L N G プラント 1 の稼働に対して重大な影響を及ぼす可能性がある。当該風況の把握を行う観点では、敷地に隣接する港湾荷役出入設備へ L N G タンカーの着棧や離棧の認可を判断するため、風向風速計を備えたポールが設置されている場合がある。

[0036] しかしながら、この種の風向風速計が設けられているのは敷地内の1ヶ所に過ぎない場合が多く、LNGプラント1の敷地内に分散して配置された多数のACHE2や、G/T32、30の周囲の風況を個別に正確に把握することは困難である。また、これらACHE2やG/T32、30の周囲の風況は、敷地全体で一様ではなく、その設置位置に応じて大きく異なることが多い。

[0037] このような観点に基づき、本例においてはドップラーライダー（Doppler LIDAR: LIght Detection And Ranging、以下、「DL」とも記す）5を用いてLNGプラント1が設置された敷地内およびその周辺地域の風況データを3次元的に測定する（図5）。

本例で使用するDL5の構成に特段の限定はなく、観測を行いたい領域の大気中に向けてレーザーパルスを照射し、大気に含まれるエアロゾルによるレーザーパルスの散乱光のドップラーシフトを検出した結果に基づき、前記照射位置における大気の風況（風向、風速）データを取得する公知のDL5を用いることができる。またDL5により取得した風況データは、汎用性ソフトウェアプログラムにより、リアルタイムに観測した3次元風況状態を可視化することができる。

[0038] 一般的なDL5は、例えば3km程度の半球状のレーザーパルス照射範囲内の3次元風況データを取得することができる。一方、LNGプラント1の敷地は、例えば図1のY方向の幅が100m、X方向の長さが300m、高さが50m程度なので、DL5は測定領域として当敷地内を十分にカバーすることができる。

図5、図6に示すように、DL5は、ACHE2の配置領域やガスタービン発電機3、冷媒圧縮機31のG/T32の吸気ユニットの配置領域を含む、LNGプラント1の上方空間とその周囲空間の各位置における風況を広範囲に測定する。例えばLNGプラント1の各機器が配置されている領域を含む、LNGプラント1の敷地内全体を測定対象とすることにより、前記上方空間とその周囲空間の風況測定を行うことができる。

[0039] 例えば上方側から下方側へ向けて吹き降ろす風は、H A Rの発生に大きな影響を及ぼす。そこで、A C H E 2の近傍の高さ範囲だけでなく、当該A C H E 2の配置位置よりも数十メートル程度上方の空間における風況データを取得することにより、吹き降ろしの風が刻々と変化する様子がリアルタイムに観測でき、H A Rの発生に影響を与える風況を詳細且つ的確に把握することができる。

[0040] 例えば地上20～25 m程度の高さのメインパイプラック4の上面にA C H E 2が設置されているとき、D L 5は当該メインパイプラック4の上面から、地上50～100 m程度までの高さ範囲の風況を測定する。このとき、図5、図6に示すようにパルスレーザーの走査範囲を上下左右に移動させて、風況の測定を行う測定領域50を移動させてもよい。

また、D L 5はパルスレーザーの照射方向と直交する風の風況の測定を行うことが困難なので、複数台のD L 5を設けて異なる方向からL N Gプラント1の上方空間の風況を測定する構成としてもよい。

[0041] D L 5は、上記測定領域50内の各位置における風況を数メートル立方（例えば6 m×6 m×6 m）の観測最小単位501で把握することができる（図6）。

D L 5を用いた風況の測定により、図5中に破線の矢印で模式的に示すように、ある場所ではA C H E 2に向けて吹き降ろす風が存在し、ある場所ではL N Gプラント1内の設備を回り込んでメインパイプラック4の上面側に横風が吹きこみ、またメインパイプラック4の上面側から横風が流れ出ていく様子をモニターなどに映して3次元的に視覚化することもできる。

[0042] さらに図6に示すように、L N Gプラント1内には、熱電対などにより構成される複数の温度測定部621が設けられている。これらの温度測定部621は、メインパイプラック4の上面側の各位置に配置されたA C H E 2の冷却用空気を取り込み口や、ガスタービン発電機3のG/T30、冷媒圧縮機31のG/T32の燃焼用空気の吸気口における空気の温度を測定する。なお、図6にはA C H E 2の吸気側やガスタービン発電機3側のG/T30

に温度測定部 6 2 1 を設けた例を示してある。

[0043] これらの温度測定部 6 2 1 により、H A R の発生に伴って生じる冷却用空気の温度上昇の発生位置や、燃焼用空気の吸気温度の上昇を把握することができる。これら局所的に空気の温度上昇が発生している位置は、「ホットスポット」と呼ばれる。温度測定部 6 2 1 にて測定された温度データは、L N G プラント 1 の稼働に影響を及ぼす自然環境の状態を示す環境データに相当する。

[0044] 図 6 は、D L 5 にて取得した 3 次元風況データの分布を利用して、L N G プラント 1 の稼働解析を行うシステムの構成例を示すブロック図である。

本システムは、D L 5 から 3 次元風況データを取得する風況データ取得部 6 1 と、各温度測定部 6 2 1 から温度データを取得する温度データ取得部 6 2 と、3 次元風況データの分布パターンと温度データの分布との対応関係の機械学習や予測を行う学習・予測部 6 3 と、L N G プラント 1 の敷地の周囲の気象予測を行う気象シミュレータ（図中に「W R F」と記載してある）6 4 と、L N G プラント 1 内の各位置における空気の流れなどの数値流体解析（C F D : Computational Fluid Dynamics）を行う流体シミュレータ（同じく「C F D」と記載してある）6 5 と、これらの予測やシミュレーション結果を活用して L N G プラント 1 の運転管理、制御を実施するための運転管理・制御部 6 6 と、を備える。

[0045] 風況データ取得部 6 1 は、D L 5 より 3 次元風況データの分布を取得し、例えば風況データが取得された時刻と対応付けられたデータセットとして学習・予測部 6 3、気象シミュレータ 6 4、流体シミュレータ 6 5 へ出力する。温度データ取得部 6 2 は、各温度測定部 6 2 1 より温度データを取得し、例えば各温度測定部 6 2 1 の識別データ、及び当該温度データが取得された時刻と対応付けられたデータセットとして気象シミュレータ 6 4 へ出力する。

[0046] D L 5 は、機械学習プログラムを搭載したコンピュータにより構成される。D L 5 は、学習・予測部 6 3 から取得した 3 次元風況データの分布に係る

データセットと、温度データ取得部 6 2 から取得した温度データに係るデータセットとを時間軸に沿って関連付ける。この結果、各時刻における 3 次元風況データの分布と、各温度データの分布（温度データの測定位置と、検出温度とを対応付けた温度分布）とを対応付けることができる。

[0047] 上記対応付けが行われたデータセットによれば、3 次元風況データの分布に応じて、ホットスポットが発生しているか否か、ホットスポットが発生している場合には、いずれの A C H E 2、G / T 3 0、3 2 の配置位置にてホットスポットが生じているのかを特定することができる。以下の説明では、ホットスポットの発生の有無と、ホットスポットが発生している場合の発生位置とをまとめて「ホットスポット発生状況」ともいう。ホットスポット発生状況は、A C H E 2 や G / T 3 0、3 2 の稼働に影響を及ぼす自然環境の状態を示している。

[0048] さらに D L 5 は、上述のように対応付けられた多数のデータセット群を用いて、機械学習により、3 次元風況データの分布パターンと、ホットスポット発生状況との対応関係を学習する。機械学習の手法に特段の限定は無く、公知のディープニューラルネットワーク、サポートベクターリグレッション、ランダムフォレストリグレッション、部分最小二乗法などを利用することができる。

[0049] 上記機械学習により、学習・予測部 6 3 は、3 次元風況データの分布パターンに応じて、ホットスポット発生状況の特定を行うことが可能となる。

さらに学習・予測部 6 3 は、D L 5 から新たに取得した 3 次元風況データの分布と、ホットスポット発生状況を特定するための 3 次元風況データの分布パターンとのパターンマッチングを行い、今後（例えば数分後～数十分後）のホットスポット発生状況を予測することもできる。

当該予測の結果は、運転管理・制御部 6 6 に出力され、モニターを通じてオペレータに提示され運転上の注意を喚起し、L N G プラント 1 の最適運転制御を行うための基礎情報として利用される。

[0050] また気象シミュレータ 6 4 にて気象シミュレーションを行った結果や流体

シミュレータ 65 にて流体シミュレーションを行った結果を、学習・予測部 63 の機械学習に利用してもよい。これらのシミュレーション結果を用いて、LNG プラント 1 上の空間全体に渡る 3 次元風況データの分布パターンや温度データの分布の解像度を向上させ、これらの分布の変化の様子を経時的に補充した様子をビジュアルに表示できる。

さらには、DL5 から新たに取得した 3 次元風況データを用いて今後の 3 次元風況データの分布をシミュレーションし、ホットスポット発生状況の予測を行うためのパターンマッチングに利用してもよい。

[0051] 次いで気象シミュレータ 64 は、WRF (Weather Research and Forecasting) モデルなどを用いた気象シミュレータを搭載したコンピュータにより構成されている。本例における WRF による気象シミュレーションの範囲は、およそ 10 km 四方である。気象シミュレータ 64 は、風況データ取得部 61 から 3 次元風況データの分布のデータセットを取得し、当該データセットをシミュレーション条件に組み込むことにより、さらに LNG プラント 1 周辺の局所における高精度の気象シミュレーションを行うことができる。

当該シミュレーションにより、例えば気象変化を経時的に予測して、数時間後などの 3 次元風況データの分布（予測分布）を取得することもできる。気象シミュレーションの結果は、学習・予測部 63 や運転管理・制御部 66 に出力される。

[0052] また流体シミュレータ 65 は、CFD プログラムを搭載したコンピュータにより構成されている。流体シミュレータ 65 は、風況データ取得部 61 から 3 次元風況データの分布のデータセットを取得し、当該データセットをシミュレーション条件に組み込むことにより、さらに高精度の流体シミュレーションを行うことができる。

当該シミュレーションにより、例えば機器の陰になっているため、DL5 による風況の測定ができない位置における 3 次元風況データの分布や、温度分布の推定データ（予測分布）を取得することもできる。流体シミュレーションの結果は、学習・予測部 63 や運転管理・制御部 66 に出力される。

[0053] 次いで運転管理・制御部66は、LNGプラント1の操業管理や運転制御を行うコンピュータシステムにより構成される。運転管理・制御部66は、学習・予測部63から取得したホットスポット発生状況の予測結果、気象シミュレータ64による気象シミュレーションの結果、流体シミュレータ65による流体シミュレーションの結果などを、モニターを介してオペレータに提示する機能を有する。

[0054] また運転管理・制御部66は、学習・予測部63、気象シミュレータ64、流体シミュレータ65から取得したホットスポット発生状況の予測結果や流体、気象シミュレーションの結果に基づき、各種被冷却流体の温度上昇などの影響をプロセスシミュレーションにより評価し、LNGプラント1における今後の稼働状況を予測する機能を備えてもよい。

[0055] この場合において、プラントシミュレーションの結果、LNGプラント1に含まれる機器の運転制約範囲を外れる危険で不安定な稼働状況となることが予測される場合に、当該運転制約範囲内の安定した稼働状況とするための操作変数の操作量を求めてオペレータに提示する構成としてもよい。例えば、ホットスポットの発生に伴うACHE2の冷却能力の低下により、冷媒圧縮機31の出口圧力が上昇することが予測される場合には、LNGの冷却能力を維持するため、冷媒循環量の増加量を求める場合や、LNG生産量を調整するため生産低減量を求める場合を例示できる。

また、プロセスシミュレーションにより求めた操作量をLNGプラント1の運転制御の設定値とするアドバンスドコントロールを行ってもよい。

[0056] 本例の稼働解析システムにおいて、学習・予測部63、気象シミュレータ64、流体シミュレータ65は、遠隔地に設けられたコンピュータにより構成し、コンピュータ通信により各種データの授受を行う構成としてもよい。また、学習・予測部63の構成について、機械学習機能を持つコンピュータ（学習部）と、予測機能を持つコンピュータ（予測部）とに分け、学習部は遠隔地に配置する一方、予測部は運転管理・制御部66に併設する構成としてもよい。もちろん、学習・予測部63、気象シミュレータ64、流体シミュ

ュレータ 6 5 の全てを L N G プラント 1 の敷地内に併設してもよい。

[0057] また、生産量低下などをもたらす著しいホットスポットの発生が予測された場合には、高温の空気が吹き込む位置に風防を設けるといった設備対策を施す際の基礎情報として、上述の予測結果を役立ててもよい。

[0058] 以上に説明した稼働解析システムを用いて、L N G プラント 1 の稼働解析を行う手法について図 7 を参照しながら説明する。

まず D L 5 により、L N G プラント 1 の上方空間とその周囲空間における 3 次元風況データの分布を取得する（処理 P 1）。また、各位置に配置された温度測定部 6 2 1 より、A C H E 2、G / T 3 0、3 2 に取り込まれる空気の温度データを取得する（処理 P 2）。次いで、得られたデータを用いて、3 次元風況データの分布パターンと、ホットスポット発生状況との対応関係を機械学習する（処理 P 3）。

[0059] 機械学習した前述の対応関係と、新たな 3 次元風況データの分布、流体・気象シミュレーションの結果を利用して、今後のホットスポット発生状況を予測する（処理 P 4）。D L 5 より取得した現在の 3 次元風況データの分布を用いる場合には、数分後～数十分後の予測を、また気象シミュレーションや流体シミュレーションの結果をさらに組み合わせた 3 次元風況データの予測分布を用いる場合には、数時間後の予測も可能となる。

[0060] 上記予測の結果、ホットスポットが発生し、L N G プラント 1 内の機器が運転制約範囲を外れる場合には、プロセスシミュレーションなどを行い、運転制約を順守可能な操作量（冷媒循環量、L N G 生産量など）を事前に提示する（処理 P 5）。この結果、速やかに L N G プラント 1 を安定稼働状態に導く制御が可能となる。

また既述のように、著しいホットスポットの発生が予測された場合には、高温の空気が吹き込む位置に風防を設けるといった設備対策を施す（処理 P 6）

[0061] 本例の稼働解析方法によれば以下の効果がある。D L 5 を用いて取得した L N G プラント 1 の上方空間の 3 次元風況データの分布と、A C H E 2 や G

／T 30、32に取り込まれる空気の温度データの分布（環境データ）との対応関係を機械学習する。この結果、LNGプラント1の周囲の風況が、ホットスポット発生状況に与える影響を精度よく学習することができる。

[0062] ここで、DL5を用いて取得した3次元風況データを用いたLNGプラント1の稼働解析は、ホットスポット発生状況の予測に限定されない。

例えばACHE2の周囲で強い横風が吹くと、ファン22の送風能力が低下し、チューブバンドル230に供給される冷却用空気の風量が不足して冷却能力の低下が引き起こされてしまう場合もある。この場合には、各ACHE2の冷却用空気の取り込み口における風速データや同位置における風向データが、風量不足の発生の有無や、発生の位置を判断する環境データとなる。

[0063] 一方で、ACHE2の下面側に位置する冷却用空気の取り込み口の外方には、メインパイプブラック4を構成する架構や各設備群PL1、PL2の構成機器が配置され、DL5を用いた3次元風況データの分布の取得が困難な場合もある。この場合には、既述のように3次元風況データの分布を用いて精度を向上させた流体シミュレーションの結果から、各ACHE2の取り込み口側の3次元風況データの分布を予測することが可能となる。また、前記取り込み口側の風況を測定する他のDL5を別途、設けて風速データ、風向データの少なくとも一方を取得してもよい。

[0064] しかる後、DL5から取得したLNGプラント1の上方空間とその周囲空間の3次元風況データの分布と、ACHE2の取り込み口側の風速データや風向データの分布とに基づいて、3次元風況データの分布パターンと、風量不足の発生状況との対応関係を機械学習する。そして、当該対応関係の学習結果を今後の風量不足の発生状況の予測やLNGプラント1の稼働状況の予測に活用する点は、既述のホットスポット発生状況の予測と同様である。

[0065] 上述の各例では、メインパイプブラック4の上面に複数のACHE2を配置した例を用いて説明を行ったが、本例の稼働解析方法を適用可能なACHE2の配置位置はこの例に限定されない。地上に設けたACHE2の支持用の

架台の上面側にACHE2を設けてもよい。この場合にも、架台に支持されたACHE2の配置領域を含む、LNGプラント1の上方空間及びその周囲空間の3次元風況データの分布が、DL5により取得される。

また、LNGプラント1の稼働に影響を及ぼす環境データは、ACHE2やG/T30、32に取り込まれる空気の温度データや、ACHE2の冷却用空気の取り込み口の風速データ、風向データに限定されない。例えば、ACHE2やG/T30、32の吸気温度を下げるために散霧装置が設置されることがある。また冷却水の温度を下げるためにクーリングタワーの設置されるプラントも存在するので、空気冷却に重要な取り込まれる空気の湿度データであってもよい。

[0066] 以上、本例の稼働解析方法をLNGプラント1に適用した実施の形態について説明したが、当該稼働解析方法を適用可能な製造プラントはLNGプラント1に限定されない。天然ガス製造プラントの他の例として、天然ガスから重質分を分離しガスの状態のまま軽質ガスを出荷するガス回収プラントに適用してもよい。また、原油や各種中間製品の蒸留や脱硫などを行う石油精製プラント、石油化学製品や中間化学品、ポリマーなどの生産を行う化学プラントがACHE2を備えている場合においても、本例の稼働解析方法は適用することができる。

符号の説明

[0067]	1	LNGプラント
	2	空冷式熱交換器（ACHE）
	5	ドップラーライダー（DL）
	6 1	風況データ取得部
	6 2	温度データ取得部
	6 3	学習・予測部
	6 6	運転管理・制御部

請求の範囲

- [請求項1] 空冷式熱交換器を備えた製造プラントの稼働解析方法であって、
ドップラーライダーにより、前記空冷式熱交換器の配置領域を含む、前記製造プラントの上方空間とその周囲空間の各位置における風向及び風速を示す3次元風況データの分布を取得する工程と、
前記空冷式熱交換器の稼働に影響を及ぼす自然環境の状態を示す環境データを取得する工程と、
コンピュータを用いた数値解析により、前記3次元風況データの分布と、前記環境データとに基づいて、前記3次元風況データの分布パターンと前記環境データとの対応関係を学習する工程と、を含むことを特徴とする製造プラントの稼働解析方法。
- [請求項2] 前記環境データは、前記空冷式熱交換器に取り込まれる冷却用空気の温度データ、湿度データ、前記冷却用空気の取り込み口における風速データ、または前記取り込み口における風向データの少なくとも一つであることを特徴とする請求項1に記載の製造プラントの稼働解析方法。
- [請求項3] 前記学習した対応関係と、前記ドップラーライダーにより得られた新たな3次元風況データの分布とを用いて、前記製造プラントの稼働に影響を及ぼす今後の自然環境の状態を予測する工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の製造プラントの稼働解析方法。
- [請求項4] 前記自然環境の状態を予測する工程は、前記新たな3次元風況データの分布を用いて、今後の3次元風況データの分布を予測した予測分布に基づいて実施することを特徴とする請求項3に記載の製造プラントの稼働解析方法。
- [請求項5] 前記予測分布は、前記新たな3次元風況データの分布を用いた数値流体解析により得られたものであることを特徴とする請求項4に記載の製造プラントの稼働解析方法。
- [請求項6] 前記予測分布は、前記新たな3次元風況データの分布を用いた気象

シミュレーションにより得られたものであることを特徴とする請求項 4 に記載の製造プラントの稼働解析方法。

[請求項7] 前記今後の自然環境の状態を予測した結果に基づき、前記製造プラントの今後の稼働状況を予測する工程と、

予測した前記今後の稼働状況が、前記製造プラントに含まれる機器の運転制約範囲を外れる稼働状況である場合に、前記運転制約範囲内の稼働状況とするための操作変数の操作量を求める工程と、を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の製造プラントの稼働解析方法。

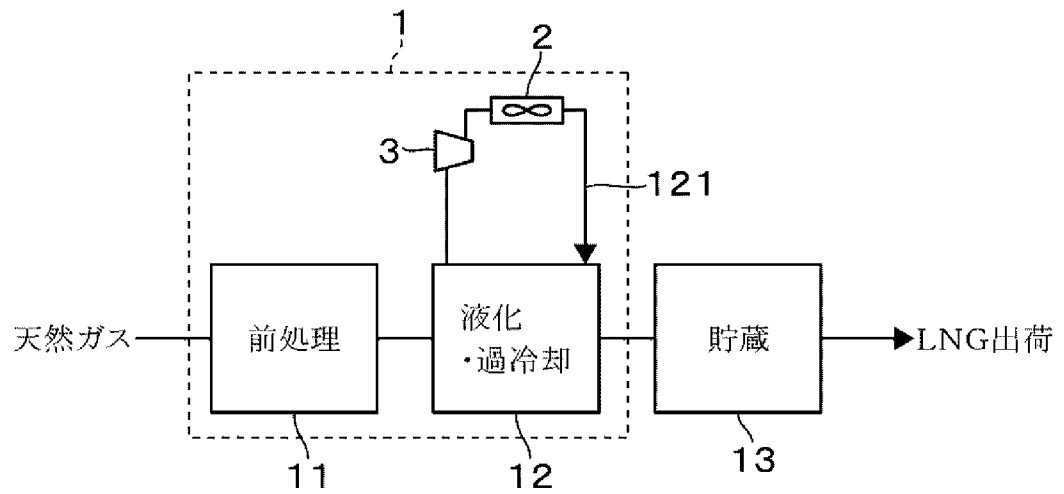
[請求項8] 前記製造プラントは、冷媒圧縮機用ガスタービンまたはガスタービン発電機の少なくとも一方を備えることと、

前記ドップラーライダーは、前記冷媒圧縮機用ガスタービンまたは前記ガスタービン発電機の吸気ユニットの配置領域を含む前記製造プラントの上方空間とその周囲空間の風況データを取得することと、

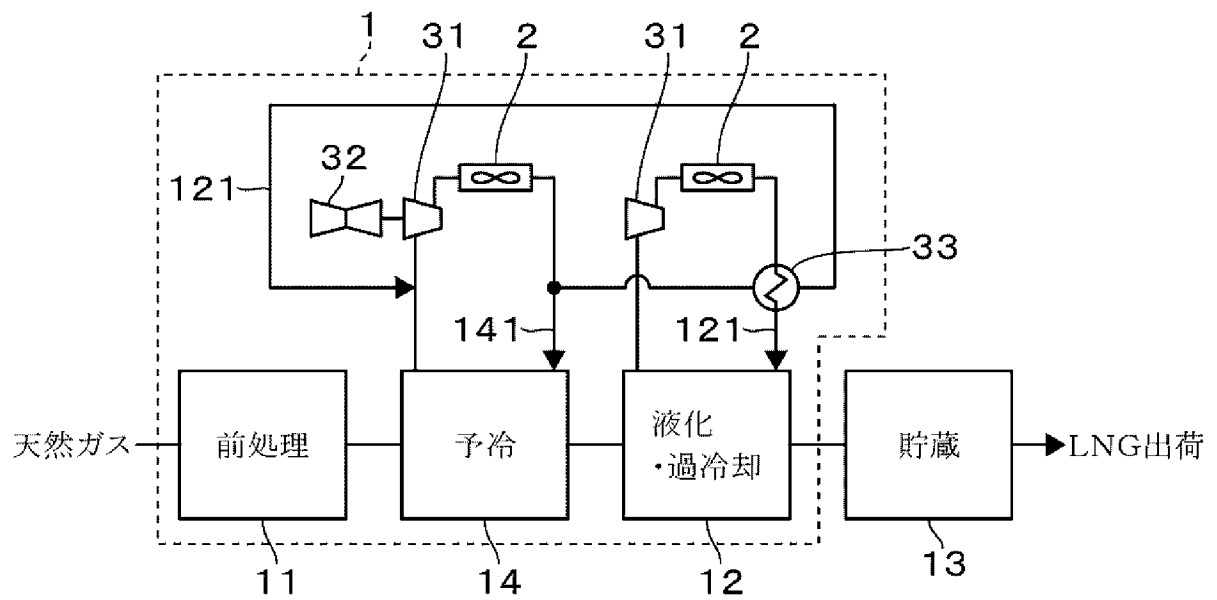
前記環境データは、前記冷媒圧縮機用ガスタービンまたは前記ガスタービン発電機の燃焼用空気を取り込み温度データを含むことと、を特徴とする請求項 1 に記載の製造プラントの稼働解析方法。

[図1]

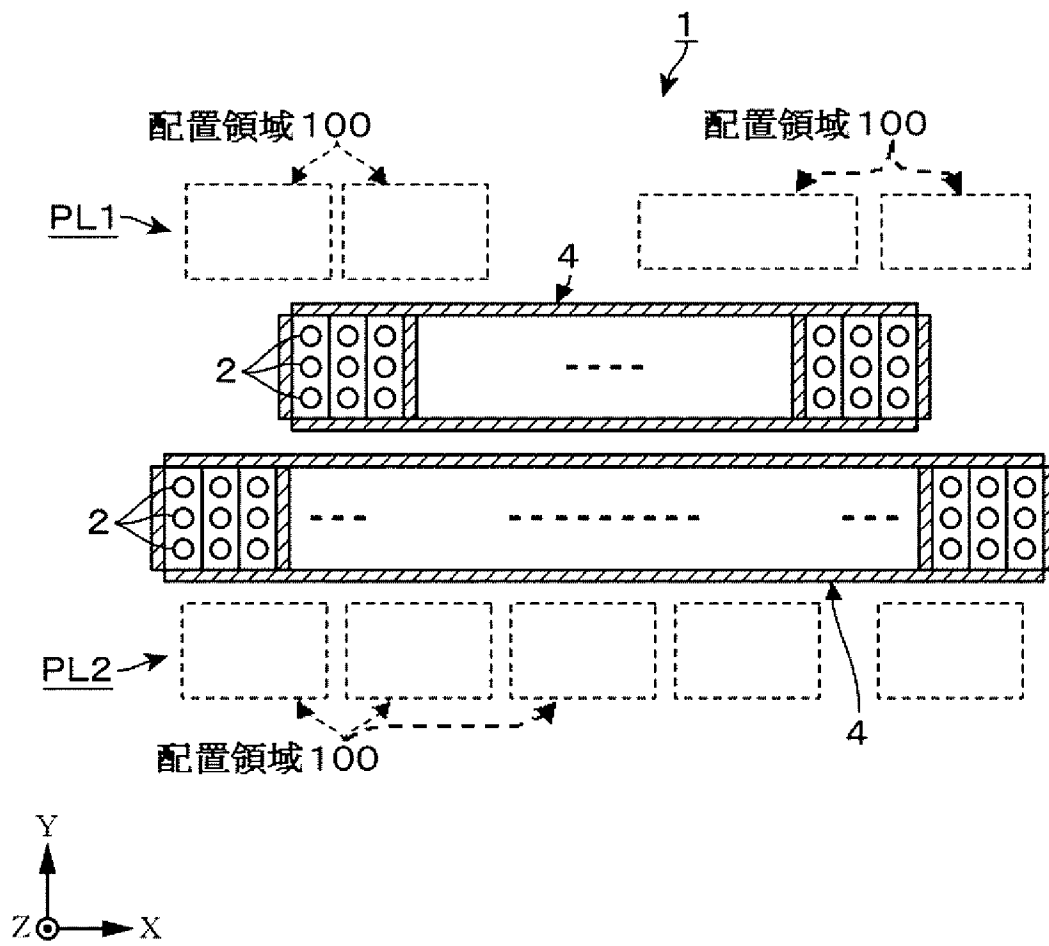
(a)



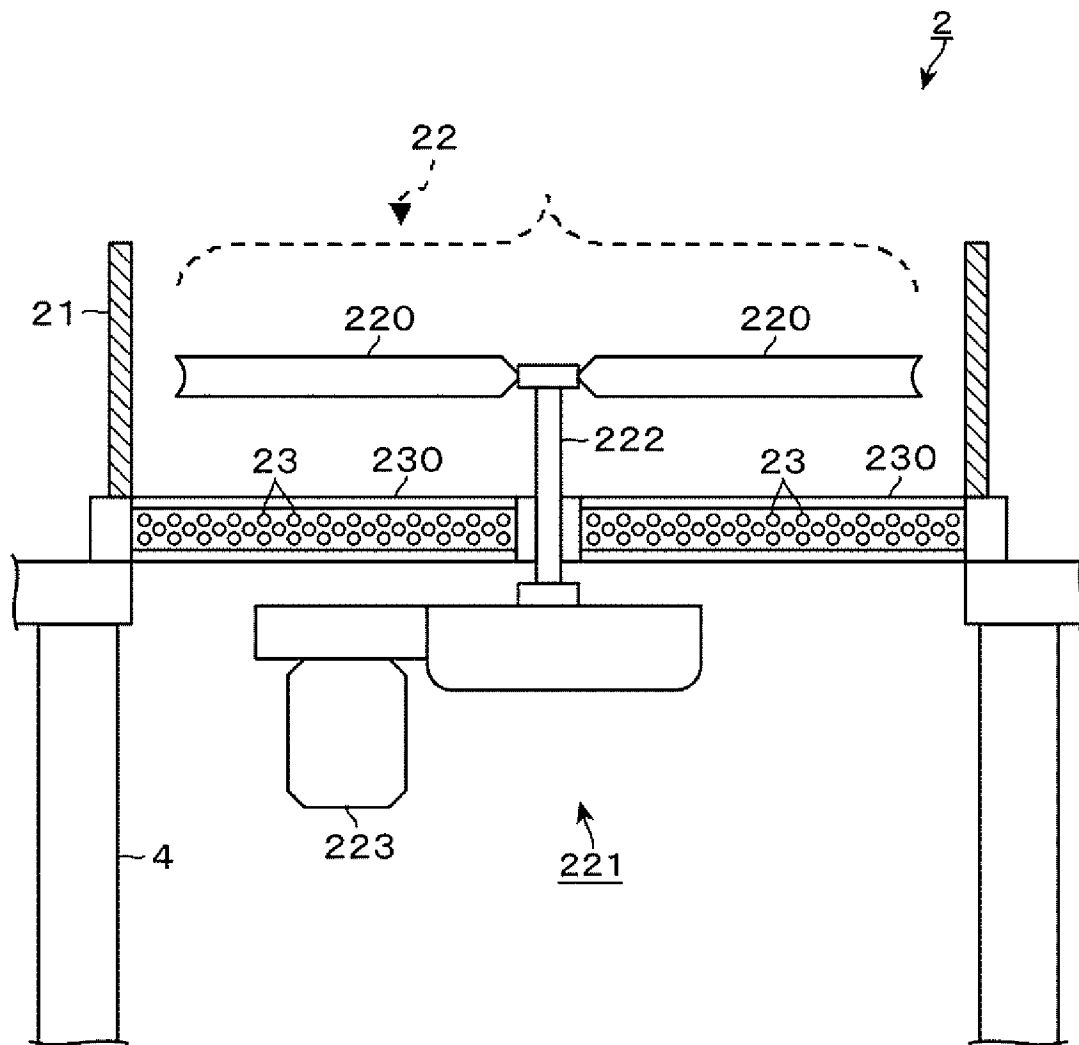
(b)



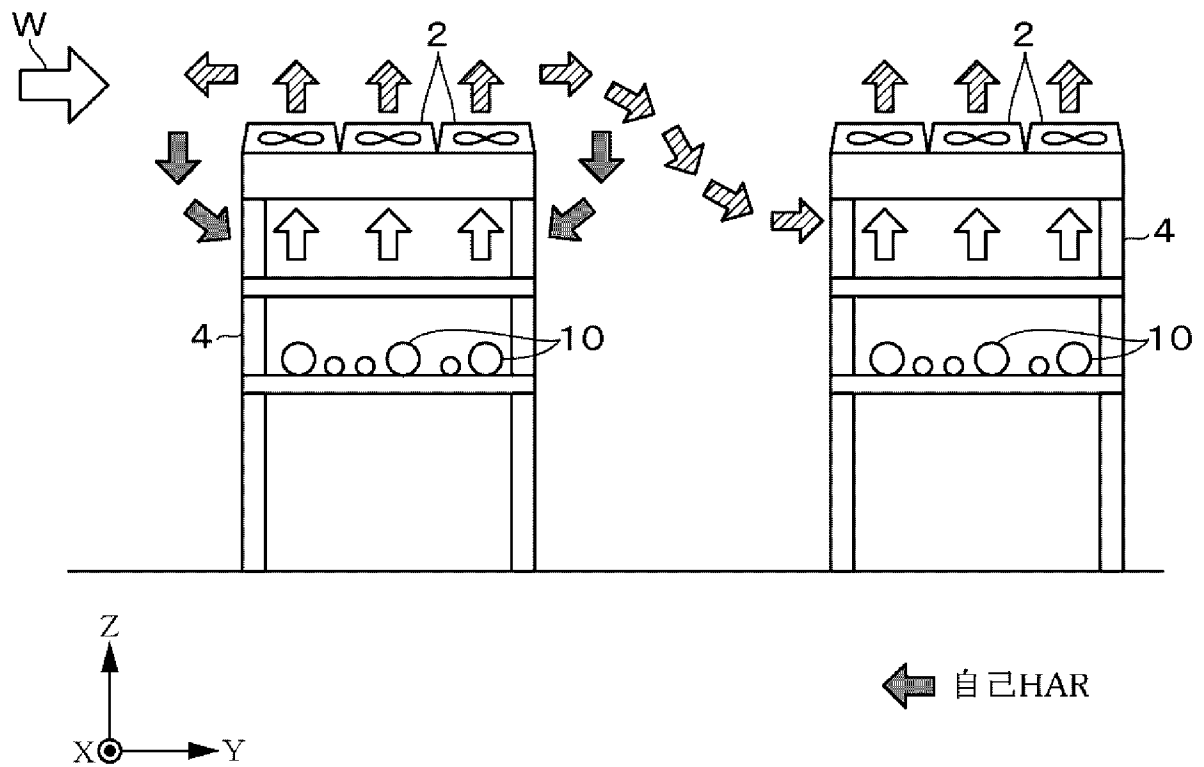
[図2]



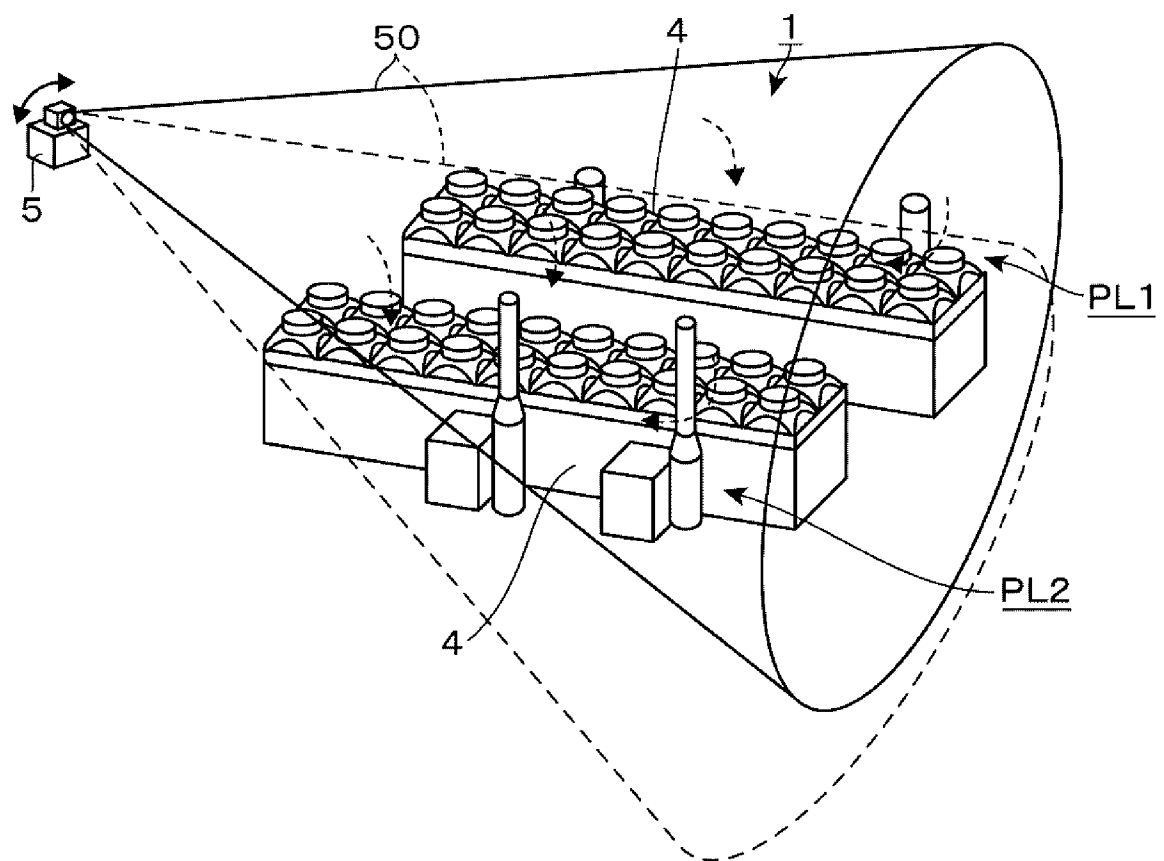
[図3]



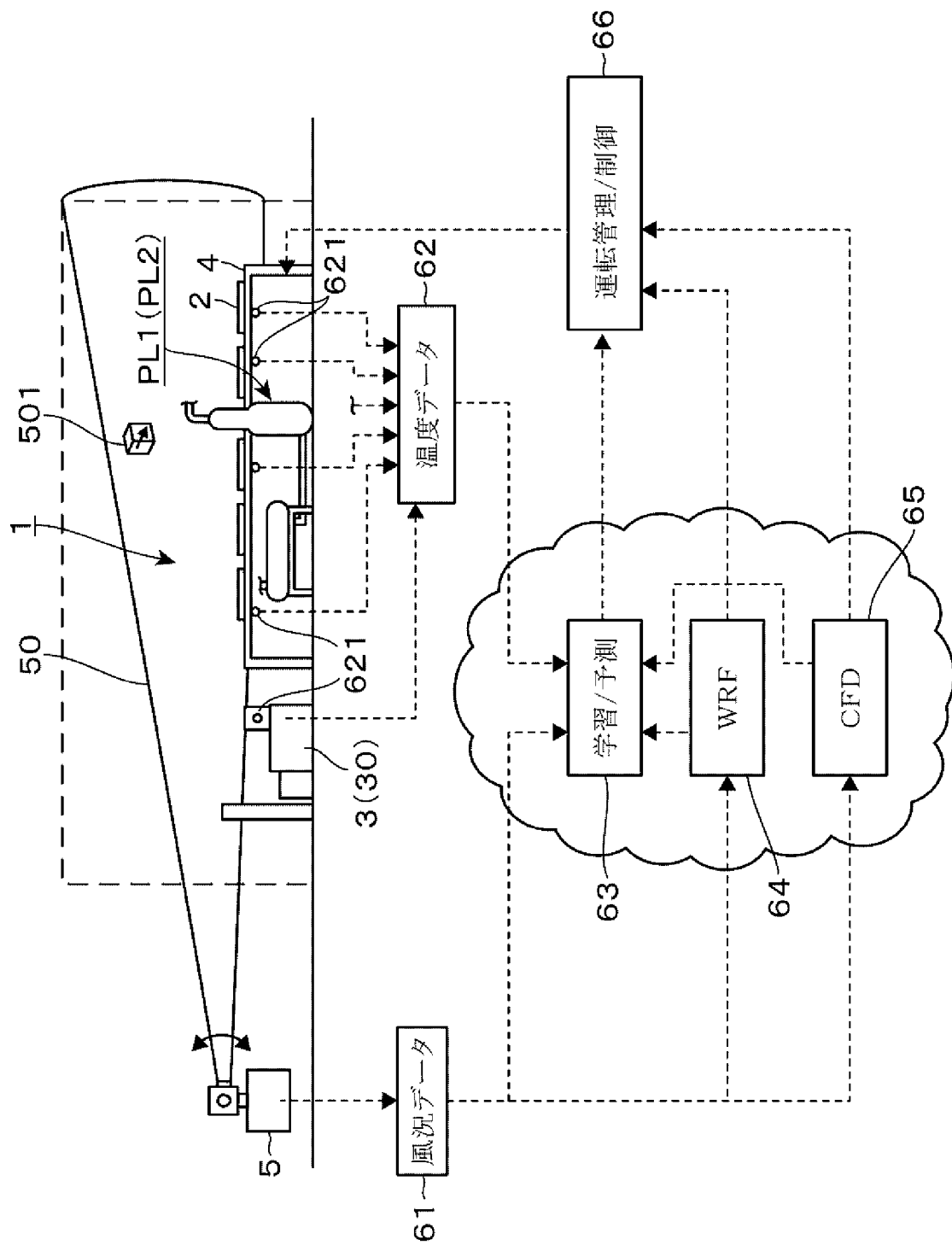
[図4]



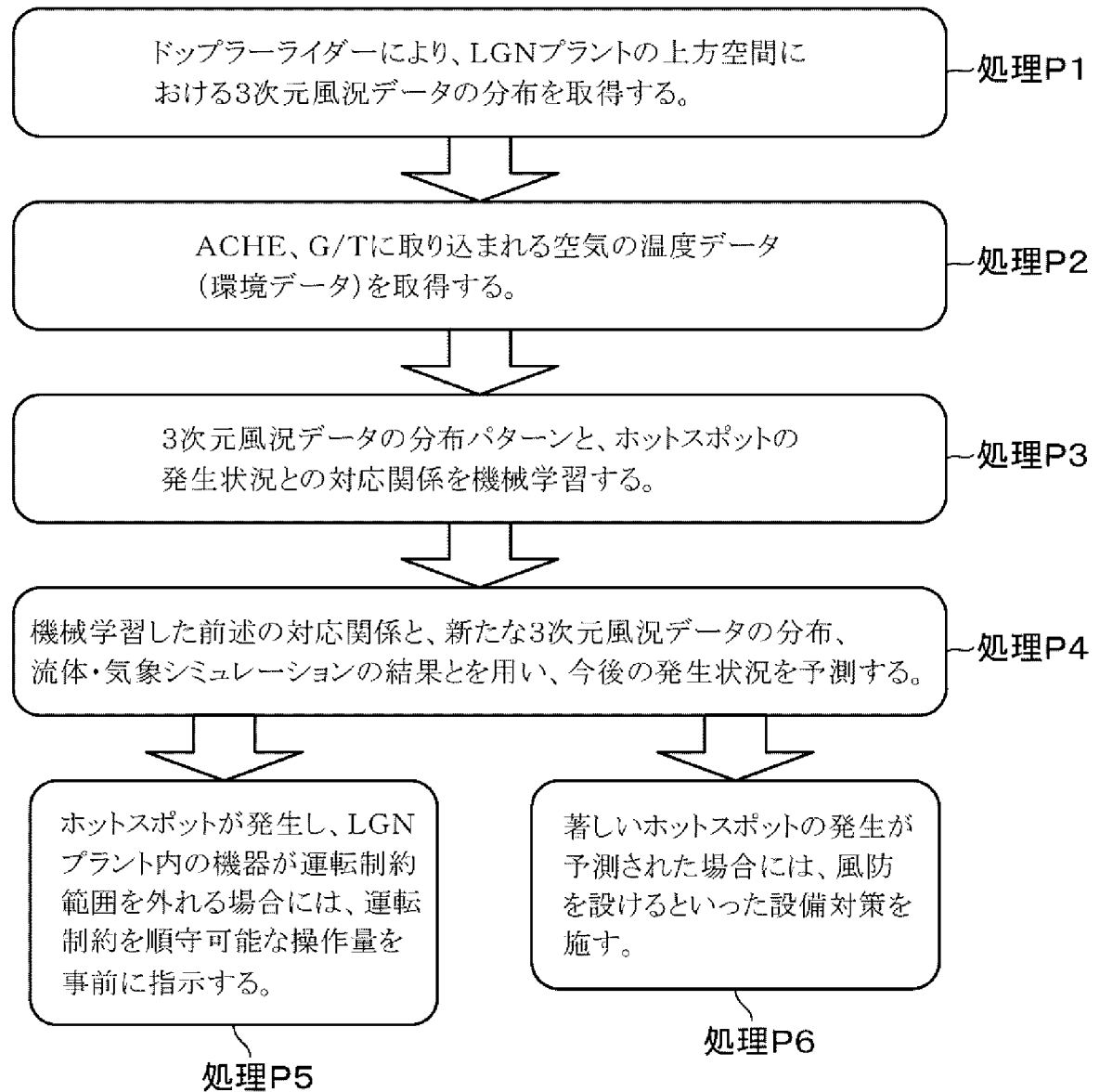
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/021095

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G05B23/02 (2006.01) i, F25J1/00 (2006.01) i, F25J5/00 (2006.01) i, G01W1/00 (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. G05B23/02, F25J1/00, F25J5/00, G01W1/00

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2019/097728 A1 (JGC CORPORATION) 23 May 2019, paragraphs [0011]-[0050], fig. 1-8 (Family: none)	1-8
Y	US 9587625 B2 (VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 07 March 2017, abstract, claims & WO 2013/000475 A1	1-8
Y	JP 2017-102760 A (METRO WETHER CO., LTD.) 08 June 2017, paragraphs [0013]-[0090], fig. 1-10 (Family: none)	1-8
A	WO 2019/017421 A1 (CHIYODA CORP.) 24 January 2019, entire text, all drawings (Family: none)	1-8

☒ 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
08.08.2019

Date of mailing of the international search report
20.08.2019

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/JP2019/021095

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/103332 A1 (JGC CORPORATION) 03 July 2014, entire text, all drawings & US 2015/0354887 A1, entire text, all drawings & CA 2894789 A1	1-8
A	WO 2019/097571 A1 (JGC CORPORATION) 23 May 2019, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	WO 2014/020778 A1 (JGC CORPORATION) 06 February 2014, entire text, all drawings & US 2015/0120193 A1, entire text, all drawings & US 2015/0066370 A1	1-8
A	WO 2014/021236 A1 (JGC CORPORATION) 06 February 2014, entire text, all drawings & US 2015/0066370 A1, entire text, all drawings & US 2015/0120193 A1	1-8
A	WO 2016/001952 A1 (JGC CORPORATION) 07 January 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	US 2009/0094982 A1 (GEA ENERGIE-TECHNIK GMBH) 16 April 2009, entire text, all drawings & WO 2007/107141 A2 & DE 102006013864 B3	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G05B23/02(2006.01)i, F25J1/00(2006.01)i, F25J5/00(2006.01)i, G01W1/00(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. G05B23/02, F25J1/00, F25J5/00, G01W1/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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)

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
Y	WO 2019/097728 A1 (日揮株式会社) 2019.05.23, 段落 [0011]-[0050], 図 1-8 (ファミリーなし)	1-8
Y	US 9587625 B2 (VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 2017.03.07, [要約], [特 許請求の範囲] & WO 2013/000475 A1	1-8
Y	JP 2017-102760 A (メトロウエザー株式会社) 2017.06.08, 段落 [0013]-[0090], 図 1-10 (ファミリーなし)	1-8

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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.08.2019

国際調査報告の発送日

20.08.2019

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)

山村 秀政

3 U

3744

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 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 2019/017421 A1 (千代田化工建設株式会社) 2019.01.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	WO 2014/103332 A1 (日揮株式会社) 2014.07.03, 全文, 全図 & US 2015/0354887 A1, 全文, 全図 & CA 2894789 A1	1-8
A	WO 2019/097571 A1 (日揮株式会社) 2019.05.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	WO 2014/020778 A1 (日揮株式会社) 2014.02.06, 全文, 全図 & US 2015/0120193 A1, 全文, 全図 & US 2015/0066370 A1	1-8
A	WO 2014/021236 A1 (日揮株式会社) 2014.02.06, 全文, 全図 & US 2015/0066370 A1, 全文, 全図 & US 2015/0120193 A1	1-8
A	WO 2016/001952 A1 (日揮株式会社) 2016.01.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	US 2009/0094982 A1 (GEA ENERGIETECHNIK GMBH) 2009.04.16, 全文, 全図 & WO 2007/107141 A2 & DE 102006013864 B3	1-8