

(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6月4日(04.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/110684 A1

(51) 国際特許分類:

F02C 6/16 (2006.01) *H02J 3/28* (2006.01)
F02C 1/04 (2006.01) *H02J 15/00* (2006.01)

県 神戸市 中央区 脇浜海岸通二丁目
2番4号 Hyogo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/044123

(72) 発明者: 佐藤 隆 (SATO, Takashi). 中道 亮
(NAKAMICHI, Ryo).

(22) 国際出願日: 2019年11月11日(11.11.2019)

(74) 代理人: 山尾 憲人, 外 (YAMAO, Norihito et al.); 〒5300017 大阪府 大阪市 北区 角田町
8番1号 梅田阪急ビル オフィスタワー
青山特許事務所 Osaka (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2018-222617 2018年11月28日(28.11.2018) JP

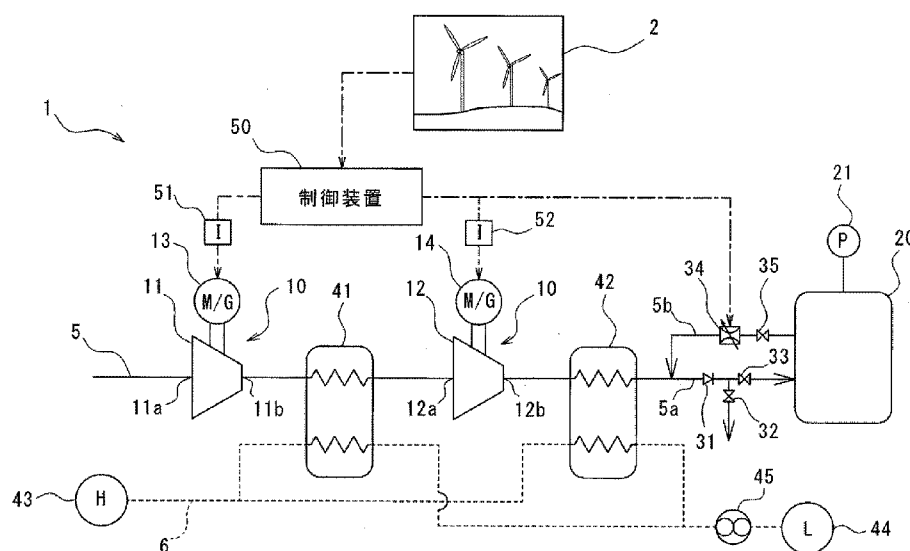
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(71) 出願人: 株式会社 神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫

(54) Title: COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE POWER GENERATION DEVICE AND COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE POWER GENERATION METHOD

(54) 発明の名称: 圧縮空気貯蔵発電装置および圧縮空気貯蔵発電方法

[図1]



50... CONTROL DEVICE

(57) Abstract: A compressed air energy storage power generation device 1 is provided with: a compression/expansion dual-purpose machine 10 having a function to produce compressed air by using electric power and a function to generate electric power by using the compressed air; a pressure accumulation unit 20 for accumulating the compressed air, the pressure accumulation unit 20 being connected with the compression/expansion dual-purpose machine 10 fluidically;

[続葉有]

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))

invertors 51, 52 for adjusting the number of rotations of the compression/expansion dual-purpose machine 10; a flow adjustment valve 34 for adjusting a volume of the compressed air supplied from the pressure accumulation unit 20 to the compression/expansion dual-purpose machine 10; and a control device 50 for reducing, at a time of receiving an instruction value to reduce a power generation amount of the compression/expansion dual-purpose machine 10, the number of rotations of the compression/expansion dual-purpose machine 10 by the invertors 51, 52, and reducing the power generation amount of the compression/expansion dual-purpose machine 10 by reducing a degree of opening of the flow adjustment valve 34.

(57) 要約: 圧縮空気貯蔵発電装置 1 は、電力を利用して圧縮空気を製造する機能および圧縮空気を利用して発電する機能を有する圧縮膨張兼用機 10 と、圧縮膨張兼用機 10 と流体的に接続され、圧縮空気を蓄える蓄圧部 20 と、圧縮膨張兼用機 10 の回転数を調整するインバータ 51, 52 と、蓄圧部 20 から圧縮膨張兼用機 10 に供給される圧縮空気の量を調整する流量調整弁 34 と、圧縮膨張兼用機 10 の発電量を減少させる指令値を受けたとき、インバータ 51, 52 によって圧縮膨張兼用機 10 の回転数を減少させ、かつ流量調整弁 34 の開度を小さくすることによって、圧縮膨張兼用機 10 の発電量を減少させる制御装置 50 とを備える。

明 細 書

発明の名称：圧縮空気貯蔵発電装置および圧縮空気貯蔵発電方法
技術分野

[0001] 本発明は、圧縮空気貯蔵発電装置および圧縮空気貯蔵発電方法に関する。

背景技術

[0002] 風力または太陽光などの再生可能エネルギーを利用した発電は、天候に応じて発電量が変動する。発電量の変動を平滑化するために、風力発電所または太陽光発電所などの再生可能エネルギーを利用した発電所には、エネルギー貯蔵装置が併設されることがある。そのようなエネルギー貯蔵装置の一例として、圧縮空気貯蔵（CAES：Compressed Air Energy Storage）発電装置が知られている。CAES発電装置は、電力を利用して圧縮空気を製造および貯蔵し、貯蔵した圧縮空気を利用してタービン発電機などで適時に発電するものである。

[0003] 特許文献1には、圧縮空気を貯蔵する前に圧縮空気から熱回収し、貯蔵された圧縮空気をタービン発電機に供給するときに再加熱する断熱圧縮空気貯蔵（ACAES：Adiabatic Compressed Air Energy Storage）発電装置が記載されている。ACAES発電装置は、圧縮熱を回収して発電時に使用するため、通常のCAES発電装置に比べて発電効率が高い。以降、ACAES発電装置とCAES発電装置とを区別することなく、単にCAES発電装置ともいう。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2013-509529号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] CAES発電装置では、設置スペースなどの観点から、電動機で駆動する圧縮機を発電機を駆動させる膨張機として兼用できる圧縮膨張兼用機が使用

されることがある。圧縮膨張兼用機は、電動機と発電機の両機能を有する電動発電兼用機（以下、電動発電機という。）を備えている。そのため、圧縮膨張兼用機は、圧縮機能（C A E S 発電装置における充電機能）と膨張機能（C A E S 発電装置における発電機能）とを有し、通常インバータによって圧縮膨張兼用機の回転数を制御することにより、状況に応じてそれらの機能が切り替えられる。

[0006] 例えば、発電から充電へと切り替えるときには、発電量を減少させてゼロにし、その後に充電を行う。特に発電量を減少させる際に、逆発電と称される現象が発生することがある。逆発電は、発電機の回転数（膨張機の回転数）を例えば定格からゼロまで減少させるためにインバータの出力周波数を変化させたときに制動トルクが生じ、この制動トルクが発電量の上昇に寄与し、過剰に発電することになる現象である。

[0007] 入力電力および需要電力に基づく指令値に応じて行われる発電量の調整においては、インバータでの逆発電の制御が難しく、意図せずに不要な電力が生成される。従って、適量の発電を行うために、逆発電を抑制する手法が求められている。

[0008] 本発明は、圧縮空気貯蔵発電装置および圧縮空気貯蔵発電方法において、電動発電機の回転数を変化させた際の逆発電を抑制することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の第1の態様は、電力を利用して圧縮空気を製造する機能および前記圧縮空気を利用して発電する機能を有する圧縮膨張兼用機と、前記圧縮膨張兼用機と流体的に接続され、前記圧縮空気を蓄える蓄圧部と、前記圧縮膨張兼用機の回転数を調整するインバータと、前記蓄圧部から前記圧縮膨張兼用機に供給される前記圧縮空気の量を調整する流量調整弁と、前記圧縮膨張兼用機が発電量を減少させる指令値を受けたとき、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機が発電量を減少させる制御装置とを備える、圧縮空気貯蔵発電装置を提供する。

- [0010] この構成によれば、インバータと流量調整弁の両方によって圧縮膨張兼用機の発電量を調整できる。特に発電量を減少させる際、インバータによる回転数の減少制御と合わせて流量調整弁の開度を小さくすることで圧縮膨張兼用機に供給される圧縮空気の量を減少させている。圧縮膨張兼用機は、同じ回転数であっても供給される圧縮空気が少なければ発電量が減少する。そのため、上記構成では、インバータのみを制御する場合と比べて、インバータと流量調整弁を合わせて制御することで発電量を適正に減少させることができる。これにより、インバータの回転数制御を従来から変更することなく、逆発電による発電量の増加を実質的に抑制できる。
- [0011] 前記制御装置は、前記圧縮膨張兼用機の定格回転数に対する現在の回転数の割合に応じて前記流量調整弁の開度を調整してもよい。
- [0012] この構成によれば、圧縮膨張兼用機に対して発電効率の観点から効率よく圧縮空気を供給できる。即ち、定格回転数のときに最も多くの圧縮空気を供給し、現在の回転数が減少している間には圧縮膨張兼用機に供給する圧縮空気量を減少させることで、逆発電を抑制した効率的な発電が可能となる。
- [0013] 前記制御装置は、前記圧縮膨張兼用機の停止後、前記流量調整弁の開度を全開にしてもよい。
- [0014] この構成によれば、圧縮膨張兼用機による発電を準備することができる。一旦、圧縮膨張兼用機を停止すると、再起動までには一定の時間がかかる。この時間は短い方が好ましく、円滑に再起動できることが好ましい。そこで、圧縮膨張兼用機を停止させた際に予め流量調整弁の開度を全開にし、圧縮空気の供給を予め準備しておくことで、円滑な再起動が可能となる。
- [0015] 前記指令値は、予測値であってもよい。
- [0016] この構成によれば、予測値に基づいて制御を行うため、時間遅れの少ない効率的な制御が可能となる。この予測値は、入力電力と需要電力の差の時間変化の予測値であり、例えば、同時間帯の過去のデータに基づいて算出されてもよい。また、例えば、圧縮膨張兼用機に入力される電力が太陽光または風力などの再生可能エネルギーによって発電された電力の場合には気象条件

に基づいて電力量（充電量）を予測してもよい。また、例えば、要求される発電量が工場等の設備で要求される電力量の場合には昼間または夜間などの工場等の設備の稼働時間帯に応じて予測されてもよい。

[0017] 前記制御装置は、前記圧縮膨張兼用機の1 MW以上の発電量が100秒以内に100%から0%まで減少させる指令値を受けたとき、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機発電量を減少させてもよい。

[0018] この構成によれば、大きな発電量を急激に減少させる指令値を受けた際に生じる大きな逆発電を抑制できる。逆発電は、発電量を大きく減少させる際に大きく発生する。特に、1 MW以上の発電量が100秒以内に100%から0%まで急激に減少されると、問題となり得る大きな逆発電が発生し得るため、これを抑制できる。

[0019] 前記圧縮膨張兼用機を発電から充電に切り替える指令値を受けたとき、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機発電量を減少させてもよい。

[0020] この構成によれば、発電から充電に切り替える際に生じる大きな逆発電を抑制できる。逆発電は、発電量を大きく減少させる際に大きく生じるため、発電から充電に切り替える際に大きく生じ得る。従って、発電から充電に切り替える際に発生し得る大きな逆発電を抑制できる。

[0021] 本発明の第2の態様は、電力を利用して圧縮空気を製造する機能および前記圧縮空気を利用して発電する機能を有する圧縮膨張兼用機と、前記圧縮膨張兼用機と流体的に接続され、前記圧縮空気を蓄える蓄圧部と、前記圧縮膨張兼用機の回転数を調整するインバータと、前記蓄圧部から前記圧縮膨張兼用機に供給される前記圧縮空気の量を調整する流量調整弁とを備える圧縮空気貯蔵発電装置を準備し、前記圧縮膨張兼用機発電量を減少させる指令値を受けたとき、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少

させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機の発電量を減少させることを含む、圧縮空気貯蔵発電方法を提供する。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、圧縮空気貯蔵発電装置および圧縮空気貯蔵発電方法において、圧縮膨張兼用機の回転数の制御に関してインバータだけでなく流量調整弁を使用しているため、逆発電を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施形態に係る圧縮空気貯蔵発電装置の概略構成図。

[図2]指令値と実際の充電量／発電量を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

[0025] 図1を参照して、圧縮空気貯蔵（CAES）発電装置1および風力発電所2は図示しない系統電源に電氣的に接続されている。風力発電所2の発電量は天候等に応じて変動するため、この変動する発電量を平滑化して系統電源に導電ないし系統電源から受電するためのエネルギー貯蔵装置としてCAES発電装置1が設けられている。代替的には、CAES発電装置1が風力発電所2に直接電氣的に接続されていてもよい。

[0026] CAES発電装置1は、圧縮膨張兼用機10と、蓄圧部20とを備える。これらは、空気配管5によって流体的に接続されている。空気配管5内には空気が流動している。

[0027] 圧縮膨張兼用機10は、2段型のスクリュ式である。圧縮膨張兼用機10は、低圧段本体11と、高圧段本体12とを備える。

[0028] 低圧段本体11は、低圧側の空気の出入口となる第1ポート11aと、高圧側の空気の出入口となる第2ポート11bとを備える。低圧段本体11は、図示しない雌雄一對のスクリュロータを有している。スクリュロータには、電動発電機13が機械的に接続されている。電動発電機13は電動機としての機能および発電機としての機能を有し、これらを切り替えて使用できる

。詳細には、電動発電機 13 を電動機として使用し、スクリュロータを回転させることによって空気を圧縮することができる。また、圧縮空気を膨張させてこのスクリュロータを回転させ、電動発電機 13 を発電機として駆動させることによって発電できる。従って、圧縮膨張兼用機 10 は、風力発電所 2 からの電力を消費して空気を圧縮する機能と、蓄圧部 20 からの圧縮空気を利用して発電する機能とを有する。

[0029] 同様に、高圧段本体 12 もまた、低圧側の空気の出入口となる第 1 ポート 12a と、高圧側の空気の出入口となる第 2 ポート 12b とを備える。高圧段本体 12 は、図示しない雌雄一對のスクリュロータを有している。スクリュロータには、電動発電機 14 が機械的に接続されている。電動発電機 14 は、上記の低圧段本体 11 と同様に圧縮機能および発電機能を有する。

[0030] 蓄圧部 20 は、空気配管 5 を介して高圧段本体 12 の第 2 ポート 12b と流体的に接続されており、圧縮空気を蓄える。CAES 発電装置 1 は、圧縮膨張兼用機 10 にて圧縮した圧縮空気を蓄圧部 20 に貯蔵するとともに、蓄圧部 20 に貯蔵した圧縮空気を圧縮膨張兼用機 10 に供給して発電する。蓄圧部 20 の態様は、圧縮空気を貯蔵できる態様であれば特に限定されず、例えば、鋼製のタンクまたは地下空洞などであり得る。

[0031] 蓄圧部 20 には、内圧を測定するための圧力センサ 21 が取り付けられている。蓄圧部 20 には、耐久性などの観点から貯蔵する圧縮空気量に許容値がある。そのため、圧力センサ 21 を用いた後述の制御により、当該許容値を超過しないようにしている。

[0032] 空気配管 5 には、低圧側から高圧側に向かって、低圧段本体 11、後述する第 1 熱交換器 41、高圧段本体 12、後述する第 2 熱交換器 42、および蓄圧部 20 が設けられている。特に、高圧段本体 12 の第 2 ポート 12b と蓄圧部 20 とを流体的に接続する空気配管 5 は途中で分岐しており、分岐した空気配管 5a、5b には後述する制御装置 50 によって制御されている様々な弁 31～35 が設けられている。

[0033] 上記分岐した空気配管 5a、5b のうち一方の空気配管 5a には、低圧側

から高压側に向かって、逆止弁 3 1、放気弁 3 2、および遮断弁 3 3がこの順に設けられている。逆止弁 3 1は、蓄圧部 2 0に向かって流れる空気の逆流を防止する。放気弁 3 2は、開かれることで圧縮空気を大気に解放できる。そのため、蓄圧部 2 0の内圧の許容値を超えて蓄圧部 2 0に圧縮空気を貯蔵することを防止できる。遮断弁 3 3は、蓄圧部 2 0への圧縮空気への流れを許容または遮断する。

[0034] 上記分岐した空気配管 5 a, 5 bのうち他方の空気配管 5 bには、低压側から高压側に向かって、流量調整弁 3 4および遮断弁 3 5がこの順に設けられている。流量調整弁 3 4は、蓄圧部 2 0から圧縮膨張兼用機 1 0に向かって流れる圧縮空気の流量を調整する。遮断弁 3 5は、蓄圧部 2 0から圧縮膨張兼用機 1 0への圧縮空気の流れを許容する。

[0035] また、C A E S発電装置 1は、第 1熱交換器 4 1と、第 2熱交換器 4 2と、高温蓄熱部 4 3と、低温蓄熱部 4 4と、ポンプ 4 5とを備える。これらは、熱媒配管 6によって流体的に接続されている（破線参照）。熱媒配管 6内には熱媒が流動している。熱媒の種類は特に限定されないが、例えば水または油などであり得る。

[0036] 第 1熱交換器 4 1では、低压段本体 1 1と高压段本体 1 2との間で延びる空気配管 5内を流れる圧縮空気と、熱媒配管 6内を流れる熱媒との間で、熱交換が行われる。第 1熱交換器 4 1は、例えば汎用のプレート式のものであってもよい。

[0037] 第 2熱交換器 4 2では、高压段本体 1 2と蓄圧部 2 0との間で延びる空気配管 5内を流れる圧縮空気と、熱媒配管 6内を流れる熱媒との間で、熱交換が行われる。第 2熱交換器 4 2は、例えば汎用のプレート式のものであってもよい。

[0038] 高温蓄熱部 4 3は、例えば鋼製のタンクであり得る。高温蓄熱部 4 3は、高温の熱媒を貯蔵している。高温蓄熱部 4 3に貯蔵された熱媒の温度は、第 1熱交換器 4 1および第 2熱交換器 4 2での後述する熱交換を行うことができる程度に高く維持されている。

- [0039] 低温蓄熱部 4 4 は、例えば鋼製のタンクであり得る。低温蓄熱部 4 4 は、低温の熱媒を貯蔵している。低温蓄熱部 4 4 に貯蔵された熱媒の温度は、第 1 熱交換器 4 1 および第 2 熱交換器 4 2 での後述する熱交換を行うことができる程度に低く維持されている。
- [0040] 本実施形態では、高温蓄熱部 4 3 と低温蓄熱部 4 4 とを繋ぐ熱媒配管 6 において、第 1 熱交換器 4 1 が介設された経路と、第 2 熱交換器 4 2 が介設された経路とが設けられている。即ち、第 1 熱交換器 4 1 と第 2 熱交換器 4 2 は、直列接続されているのではなく、並列接続されている。
- [0041] ポンプ 4 5 は、後述する制御装置 5 0 によって制御されており、熱媒配管 6 内の熱媒を流動させるものである。ポンプ 4 5 によって、高温蓄熱部 4 3 から低温蓄熱部 4 4 に熱媒を流すか、または、低温蓄熱部 4 4 から高温蓄熱部 4 3 に熱媒を流すかを切り替えることができる。
- [0042] また、C A E S 発電装置 1 は、制御装置 5 0 と、インバータ 5 1, 5 2 とを備える。これらは、有線または無線によって電氣的に接続されている（一点鎖線参照）。
- [0043] インバータ 5 1 は、制御装置 5 0 によって制御されている。インバータ 5 1 は、低圧段本体 1 1 の電動発電機 1 3 の回転数を調整する。
- [0044] インバータ 5 2 は、制御装置 5 0 によって制御されている。インバータ 5 2 は、高圧段本体 1 2 の電動発電機 1 4 の回転数を調整する。
- [0045] 制御装置 5 0 は、C P U (Central Processing Unit)、R A M (Random Access Memory)、および R O M (Read Only Memory) 等のハードウェアと、それらに実装されたソフトウェアとにより構築されている。
- [0046] 制御装置 5 0 は、風力発電所 2 からの電力（入力電力）および図示しない工場等から要求される電力（需要電力）に関するデータを受信している。詳細には、制御装置 5 0 は、入力電力から需要電力を差し引いた値を指令値として受信している。制御装置 5 0 は、指令値に応じて、電力が余剰であるか、または、不足しているかを判断し、C A E S 発電装置 1 の動作を制御する。即ち、制御装置 5 0 の当該判断に基づいて、圧縮膨張兼用機 1 0 の充電／

発電の切り替えや回転数制御が行われる。

[0047] 以上の構成を有するC A E S発電装置1の充電動作および発電動作について説明する。

[0048] 充電動作では、風力発電所2からの電力によって電動発電機13を電動機として駆動し、低压段本体11の第1ポート11aから空気を吸気して圧縮する。低压段本体11で圧縮された圧縮空気は、圧縮熱によって昇温するとともに第2ポート11bから吐出され、第1熱交換器41に供給される。

[0049] 充電動作では、熱媒は、ポンプ45の制御によって低温蓄熱部44から高温蓄熱部43に向かって流される。そのため、第1熱交換器41には、高温の圧縮空気と低温の熱媒とが供給され、これらの間で熱交換が実行される。従って、第1熱交換器41では、圧縮空気は冷却され、熱媒は加熱される。ここで冷却された圧縮空気は高压段本体12の第1ポート12aに供給され、加熱された熱媒は高温蓄熱部43に供給されて貯蔵される。

[0050] 高压段本体12では、風力発電所2からの電力によって電動発電機14を電動機として駆動し、第1ポート12aから供給された圧縮空気をさらに圧縮する。高压段本体12で圧縮された圧縮空気は、圧縮熱によって昇温するとともに第2ポート12bから吐出され、第2熱交換器42に供給される。

[0051] 充電動作では、熱媒は、前述のようにポンプ45の制御によって低温蓄熱部44から高温蓄熱部43に向かって流される。そのため、第2熱交換器42には、高温の圧縮空気と低温の熱媒とが供給され、これらの間で熱交換が実行される。従って、第2熱交換器42では、圧縮空気は冷却され、熱媒は加熱される。ここで冷却された圧縮空気は蓄圧部20に供給されて貯蔵され、加熱された熱媒は高温蓄熱部43に供給されて貯蔵される。このとき、空気配管5aの遮断弁33は開かれており、空気配管5bの遮断弁35は閉じられている。

[0052] また、充電動作では、圧力センサ21で測定された蓄圧部20の内圧が許容値に達すると、制御装置50によって放気弁32が開かれ、圧縮空気は蓄圧部20に貯蔵されずに大気に放気される。これにより、蓄圧部20の内圧

が許容値以上となることを防止できる。

[0053] 発電動作では、蓄圧部 20 の圧縮空気を第 2 熱交換器 42 に供給する。発電動作では、熱媒は、ポンプ 45 の制御によって高温蓄熱部 43 から低温蓄熱部 44 に向かって流される。そのため、第 2 熱交換器 42 には、低温の圧縮空気と高温の熱媒とが供給され、これらの間で熱交換が実行される。従って、第 2 熱交換器 42 では、圧縮空気は加熱され、熱媒は冷却される。ここで加熱された圧縮空気は高圧段本体 12 の第 2 ポート 12b に供給されて貯蔵され、冷却された熱媒は低温蓄熱部 44 に供給されて貯蔵される。このとき、空気配管 5b の遮断弁 35 は開かれており、空気配管 5a の遮断弁 33 は閉じられている。また、流量調整弁 34 は、後述するように制御装置 50 によって開度が調整されており、必要量の圧縮空気が高圧段本体 12 に供給される。

[0054] 高圧段本体 12 は、第 2 ポート 12b から供給された圧縮空気を膨張させることによって駆動され、電動発電機 14 を発電機として駆動させて発電する。高圧段本体 12 で膨張された圧縮空気は、第 1 ポート 12a から排気され、第 1 熱交換器 41 に供給される。

[0055] 発電動作では、熱媒は、前述のようにポンプ 45 の制御によって高温蓄熱部 43 から低温蓄熱部 44 に向かって流される。そのため、第 1 熱交換器 41 には、低温の圧縮空気と高温の熱媒とが供給され、これらの間で熱交換が実行される。従って、第 1 熱交換器 41 では、圧縮空気は加熱され、熱媒は冷却される。ここで加熱された圧縮空気は低圧段本体 11 の第 2 ポート 11b に供給され、冷却された熱媒は低温蓄熱部 44 に供給されて貯蔵される。

[0056] 低圧段本体 11 は、第 2 ポート 11b から供給された圧縮空気を膨張させることによって駆動され、電動発電機 13 を発電機として駆動させて発電する。低圧段本体 11 で膨張された圧縮空気は、第 1 ポート 11a から大気に排気される。

[0057] 高圧段本体 12 および低圧段本体 11 にて発電された電力は、図示しない工場などの供給先へと供給される。

[0058] 図2は、指令値と実際の充電量／発電量を示すグラフである。グラフの横軸が時間を示し、縦軸が充電量／発電量を示している。グラフの縦軸においては、正の値を発電量とし、負の値を充電量としている。破線で示す曲線は指令値を示しており、実線で示す曲線は実際の充電量／発電量を示している。グラフを見ると、指令値に対してわずかに遅れて、概ね指令値通りの実際の充電／発電が行われていることがわかる。

[0059] 図2のグラフの時間 $t_{c1} \sim t_{c3}$ の区間では、指令値が大きく減少し、時間 t_{c2} にて発電指令から充電指令に切り替わっている。それに応じて実際の充電量／発電量も時間 $t_{r1} \sim t_{r3}$ の区間では大きく減少し、時間 t_{r2} にて発電動作から充電動作に切り替わっている。ただし、図2のグラフはあくまで説明のための模式的な一例であり、実際のものとは異なる場合がある。例えば、発電から充電への切り替えは、実際には待機時間を要し、運転が一時的に停止されることがある。

[0060] 制御装置50は、図2のグラフの時間 $t_{c1} \sim t_{c3}$ に示すように圧縮膨張兼用機10の発電量を減少させる指令値を受けたとき、インバータ51，52によって圧縮膨張兼用機10の回転数を減少させ、かつ流量調整弁34の開度を小さくすることによって、圧縮膨張兼用機10の発電量を減少させる。即ち、制御装置50は、インバータ51，52による電動発電機13，14の回転数の制御と、流量調整弁34による蓄圧部20から圧縮膨張兼用機10に向かって流れる圧縮空気の流量の制御とを同時に行う。これにより、インバータ51，52と流量調整弁34とによって圧縮膨張兼用機10の発電量を調整できる。特に発電量を減少させる際、インバータ51，52による回転数の減少制御と合わせて流量調整弁34の開度を小さくすることで圧縮膨張兼用機10に供給される圧縮空気の量を減少させている。圧縮膨張兼用機10は、同じ回転数であっても供給される圧縮空気が少なければ制動トルクによる過剰な発電量を抑制でき、その分の発電量が減少する。そのため、本実施形態の構成では、インバータ51，52のみを制御する場合と比べて、インバータ51，52と流量調整弁34を合わせて制御することで発

電量を適正に減少させることができる。これにより、インバータ 51, 52 の回転数制御を従来から変更することなく、逆発電による発電量の増加を実質的に抑制できる。

[0061] 好ましくは、圧縮膨張兼用機 10 の 1 MW 以上の発電量を 100 秒以内に 100% から 0% まで急激に減少させる指令値を受けたとき、上記制御を実行する。これにより、急激に発電量を減少させる指令値を受けた際に生じる大きな逆発電を抑制できる。逆発電は、発電量を大きく減少させる際に大きく発生する。特に、1 MW 以上の発電量が 100 秒以内に 100% から 0% まで急激に減少されると、問題となり得る大きな逆発電が発生し得るため、これを抑制できる。

[0062] 好ましくは、図 2 のグラフの時間 $t_c 2$ に示すように圧縮膨張兼用機 10 を発電から充電に切り替える指令値を受けたとき、上記制御を実行する。これにより、発電から充電に切り替える際に生じる大きな逆発電を抑制できる。逆発電は、発電量を大きく減少させる際に大きく生じるため、発電から充電に切り替える際に大きく生じ得る。従って、発電から充電に切り替える際に発生し得る大きな逆発電を抑制できる。

[0063] 好ましくは、制御装置 50 は、圧縮膨張兼用機 10 の定格回転数に対する現在の回転数の割合に応じて流量調整弁 34 の開度を調整する。例えば、定格回転数 N_c とし、現在の回転数 N_r とすると、流量調整弁 34 の開度は、無次元量 N_r / N_c に応じて設定し、現在の回転数 N_r が定格回転数 N_c になっているときに流量調整弁 34 の開度を最大とする。これにより、圧縮膨張兼用機 10 に対して発電効率の観点から効率よく圧縮空気を供給できる。即ち、現在の回転数 N_r が定格回転数 N_c のときに流量調整弁 34 の開度が最大となり、最も多くの圧縮空気を供給し、現在の回転数 N_r が減少している間には圧縮膨張兼用機 10 に供給する圧縮空気量を減少させることで、逆発電を抑制した効率的な発電が可能となる。

[0064] 好ましくは、制御装置 50 は、圧縮膨張兼用機 10 の停止後、流量調整弁 34 の開度を全開にする。これにより、圧縮膨張兼用機 10 による発電を準

備することができる。一旦、圧縮膨張兼用機 10 を停止すると、再起動までには一定の時間がかかる。この時間は短い方が好ましく、円滑に再起動できることが好ましい。そこで、圧縮膨張兼用機 10 を停止させた際に予め流量調整弁 34 の開度を全開にし、圧縮空気の供給を予め準備しておくことで、円滑な再起動が可能となる。

[0065] 好ましくは、指令値は、予測値である。これにより、予測値に基づいて制御を行うため、時間遅れの少ない効率的な制御が可能となる。この予測値は、例えば、同時時間帯の過去のデータに基づいて算出されてもよい。また、例えば、本実施形態のように圧縮膨張兼用機 10 に入力される電力が風力などの再生可能エネルギーによって発電された電力の場合には気象条件に基づいて風力発電の電力量（充電量）を予測してもよい。また、例えば、要求される発電量が工場等の設備で要求される電力量の場合には昼間または夜間などの工場等の設備の稼働時間帯に応じて予測されてもよい。

[0066] 以上より、本発明の具体的な実施形態について説明したが、本発明は上記形態に限定されるものではなく、この発明の範囲内で種々変更して実施することができる。例えば、圧縮膨張兼用機 10 は、2 段型に限らず、単段型または 3 段型以上であってもよい。また、圧縮膨張兼用機 10 は、スクリュ式に限らず、スクロール式などの回転型のものであり得る。また、圧縮膨張兼用機 10 に供給される電力は、風力発電に限らず、太陽光、太陽熱、波力、潮力、流水、または潮汐等の自然の力で定常的ないし反復的に補充され、不規則に変動するエネルギーを利用した発電電力の全てを対象とし得る。さらに言えば、再生可能エネルギー以外にも不規則に稼働する発電設備を有する工場等のように、発電量が変動するものすべてを対象とし得る。

[0067] 上記実施形態では、低圧段本体 11 と高圧段本体 12 のそれぞれに対してインバータと電動発電機を設けているが、低圧段本体 11 と高圧段本体 12 はインバータと電動発電機を共有してもよい。具体的には、1 台のインバータが 1 台の電動発電機に電氣的に接続され、1 台の電動発電機がギアを介して低圧段本体 11 と高圧段本体 12 のそれぞれに機械的に接続されてもよい。

。

符号の説明

- [0068] 1 C A E S 発電装置（圧縮空気貯蔵発電装置）
- 2 風力発電所
- 5, 5 a, 5 b 空気配管
- 6 熱媒配管
- 1 0 圧縮膨張兼用機
- 1 1 低圧段本体
- 1 1 a 第 1 ポート
- 1 1 b 第 2 ポート
- 1 2 高圧段本体
- 1 2 a 第 1 ポート
- 1 2 b 第 2 ポート
- 1 3, 1 4 電動発電機
- 2 0 蓄圧部
- 2 1 圧力センサ
- 3 1 逆止弁
- 3 2 放気弁
- 3 3 遮断弁
- 3 4 流量調整弁
- 3 5 遮断弁
- 4 1 第 1 熱交換器
- 4 2 第 2 熱交換器
- 4 3 高温蓄熱部
- 4 4 低温蓄熱部
- 4 5 ポンプ
- 5 0 制御装置
- 5 1, 5 2 インバータ

請求の範囲

- [請求項1] 電力を利用して圧縮空気を製造する機能および前記圧縮空気を利用して発電する機能を有する圧縮膨張兼用機と、
前記圧縮膨張兼用機と流体的に接続され、前記圧縮空気を蓄える蓄圧部と、
前記圧縮膨張兼用機の回転数を調整するインバータと、
前記蓄圧部から前記圧縮膨張兼用機に供給される前記圧縮空気の量を調整する流量調整弁と、
前記圧縮膨張兼用機が発電量を減少させる指令値を受けたとき、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機が発電量を減少させる制御装置と
を備える、圧縮空気貯蔵発電装置。
- [請求項2] 前記制御装置は、前記圧縮膨張兼用機の定格回転数に対する現在の回転数の割合に応じて前記流量調整弁の開度を調整する、請求項1に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。
- [請求項3] 前記制御装置は、前記圧縮膨張兼用機の停止後、前記流量調整弁の開度を全開にする、請求項1または請求項2に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。
- [請求項4] 前記指令値は、予測値である、請求項1または請求項2に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。
- [請求項5] 前記制御装置は、前記圧縮膨張兼用機の1 MW以上の発電量が100秒以内に100%から0%まで減少させる指令値を受けたとき、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機が発電量を減少させる、請求項1または請求項2に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。
- [請求項6] 前記圧縮膨張兼用機を発電から充電に切り替える指令値を受けたと

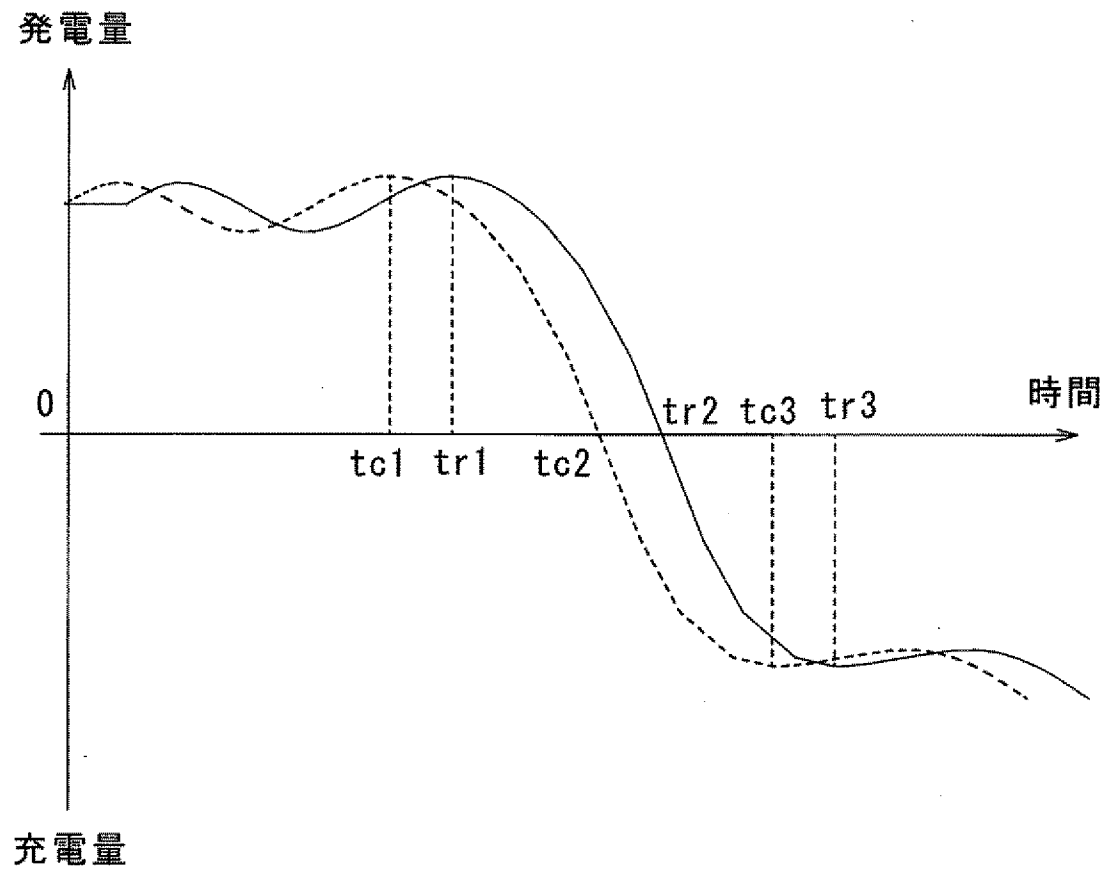
き、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機の発電量を減少させる、請求項1または請求項2に記載の圧縮空気貯蔵発電装置。

[請求項7] 電力を利用して圧縮空気を製造する機能および前記圧縮空気を利用して発電する機能を有する圧縮膨張兼用機と、前記圧縮膨張兼用機と流体的に接続され、前記圧縮空気を蓄える蓄圧部と、前記圧縮膨張兼用機の回転数を調整するインバータと、前記蓄圧部から前記圧縮膨張兼用機に供給される前記圧縮空気の量を調整する流量調整弁とを備える圧縮空気貯蔵発電装置を準備し、

前記圧縮膨張兼用機発電量を減少させる指令値を受けたとき、前記インバータによって前記圧縮膨張兼用機の回転数を減少させ、かつ前記流量調整弁の開度を小さくすることによって、前記圧縮膨張兼用機発電量を減少させる

ことを含む、圧縮空気貯蔵発電方法。

[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/044123

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02C 6/16(2006.01)i; F02C 1/04(2006.01)i; H02J 3/28(2006.01)i; H02J 15/00(2006.01)i

FI: F02C6/16; F02C1/04; H02J3/28; H02J15/00 E

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)

F02C6/16; F02C1/04; H02J3/28; H02J15/00

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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	JP 2018-168745 A (KOBE STEEL, LTD.) 01.11.2018 (2018-11-01) paragraphs [0022]-[0040], fig. 1-2	1-7
Y	JP 2013-509529 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 14.03.2013 (2013-03-14) paragraphs [0001]-[0008], [0026]-[0032], fig. 3	1-7
Y	JP 7-42573 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 10.02.1995 (1995-02-10) paragraphs [0001]-[0006], [0014]-[0016], fig. 1	1-7
Y	JP 2016-211402 A (KOBE STEEL, LTD.) 15.12.2016 (2016-12-15) paragraph [0060]	4
A	JP 2016-121675 A (KOBE STEEL, LTD.) 07.07.2016 (2016-07-07) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2017-66938 A (KOBE STEEL, LTD.) 06.04.2017 (2017-04-06) entire text, all drawings	1-7

☐ 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
15 January 2020 (15.01.2020)

Date of mailing of the international search report
28 January 2020 (28.01.2020)

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/044123

Patent referred in the Report	Documents in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-168745 A		01 Nov. 2018	WO 2018/181005 A1	
JP 2013-509529 A		14 Mar. 2013	US 2011/0094212 A1	
			paragraphs [0001]-[0008], [0029]-[0035], fig. 3	
			WO 2011/056296 A2	
			CN 102597458 A	
			(Family: none)	
JP 7-42573 A		10 Feb. 1995	US 2018/0156110 A1	
JP 2016-211402 A		15 Dec. 2016	paragraph [0068]	
			WO 2016/178358 A1	
			EP 3290671 A1	
			CN 107532510 A	
JP 2016-121675 A		07 Jul. 2016	US 2018/0266315 A1	
			entire text, all drawings	
			WO 2016/104222 A1	
			EP 3239491 A1	
			CN 107110024 A	
JP 2017-66938 A		06 Apr. 2017	US 2018/0283275 A1	
			entire text, all drawings	
			WO 2017/057144 A1	
			EP 3358167 A1	
			CN 108138652 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F02C 6/16(2006.01)i; F02C 1/04(2006.01)i; H02J 3/28(2006.01)i; H02J 15/00(2006.01)i FI: F02C6/16; F02C1/04; H02J3/28; H02J15/00 E														
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）） F02C6/16; F02C1/04; H02J3/28; H02J15/00														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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	JP 2018-168745 A（株式会社神戸製鋼所）01.11.2018（2018-11-01） 段落0022-0040、図1-2	1-7												
Y	JP 2013-509529 A（ゼネラル・エレクトリック・カンパニー）14.03.2013（2013-03-14） 段落0001-0008、0026-0032、図3	1-7												
Y	JP 7-42573 A（三菱重工業株式会社）10.02.1995（1995-02-10） 段落0001-0006、0014-0016、図1	1-7												
Y	JP 2016-211402 A（株式会社神戸製鋼所）15.12.2016（2016-12-15） 段落0060	4												
A	JP 2016-121675 A（株式会社神戸製鋼所）07.07.2016（2016-07-07） 全文・全図	1-7												
A	JP 2017-66938 A（株式会社神戸製鋼所）06.04.2017（2017-04-06） 全文・全図	1-7												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 15.01.2020	国際調査報告の発送日 28.01.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 高吉 続久 3S 1572 電話番号 03-3581-1101 内線 3355													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/044123

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2018-168745	A	01.11.2018	WO	2018/181005	A1	
JP	2013-509529	A	14.03.2013	US	2011/0094212	A1	
				[0001]-[0008], [0029]-[0035], 図3			
				WO	2011/056296	A2	
				CN	102597458	A	
JP	7-42573	A	10.02.1995	(ファミリーなし)			
JP	2016-211402	A	15.12.2016	US	2018/0156110	A1	
				[0068]			
				WO	2016/178358	A1	
				EP	3290671	A1	
				CN	107532510	A	
JP	2016-121675	A	07.07.2016	US	2018/0266315	A1	
				全文・全図			
				WO	2016/104222	A1	
				EP	3239491	A1	
				CN	107110024	A	
JP	2017-66938	A	06.04.2017	US	2018/0283275	A1	
				全文・全図			
				WO	2017/057144	A1	
				EP	3358167	A1	
				CN	108138652	A	