

(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11日(11.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/116167 A1

(51) 国際特許分類:

F03G 6/00 (2006.01)

F24S 90/00 (2018.01)

F01K 3/02 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

F24S 60/20 (2018.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/045446

(22) 国際出願日: 2019年11月20日(20.11.2019)

(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 2018-229838 2018年12月7日(07.12.2018) JP

(71) 出願人: 愛知製鋼株式会社 (AICHI STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 Aichi (JP).

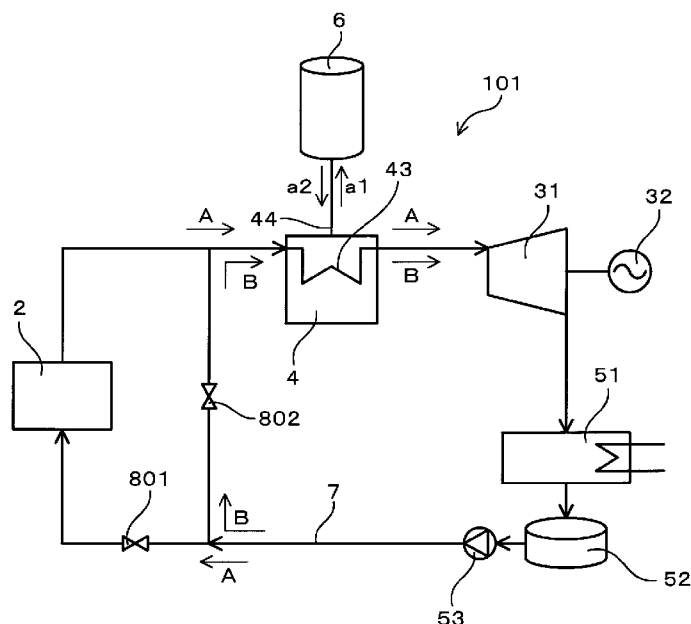
(72) 発明者: 岩瀬 哲矢 (IWASE Tetsuya); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 伊藤 幸夫 (ITO Yukio); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP). 神谷 啓志 (KAMIYA Hiroshi); 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 あいち国際特許事務所 (AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市

(54) Title: SOLAR THERMAL POWER GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 太陽熱発電システム

(図1)



(57) Abstract: This solar thermal power generation system has a solar heat collection device (2), a heat storage device (4), a vapor turbine (31), a generator (32), a condenser (51), a water tank (52), and a water supply pump (53). It is possible to switch between a daytime operation mode in which the storing of heat in the heat storage device (4) and the operation of the vapor turbine (31) are performed by heated vapor supplied from the solar heat collection device (2), and a nighttime operation mode in which the vapor turbine (31) is operated by heated vapor produced by heating by means of heat released

中村区名駅3丁目26番19号 名
駅永田ビル Aichi (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, 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))

from the heat storage device (4). The heat storage device (4) incorporates a chemical heat storage material capable of storing and releasing heat by means of a chemical reaction. Further, the heat storage device (4) is connected to a reactant storage (6) and is configured so that a reactant utilized for the chemical reaction of the chemical heat storage material can be supplied from the reactant storage (6) to the heat storage device (4).

(57) 要約: 太陽熱集熱装置(2)と、蓄熱装置(4)と、蒸気タービン(31)と、発電機(32)と、復水器(51)と、水タンク(52)と、給水ポンプ(53)を有する。太陽熱集熱装置(2)から供給された加熱蒸気により蓄熱装置(4)への蓄熱と蒸気タービン(31)の運転を行う昼運転モードと、蓄熱装置(4)の放熱を受けて加熱された加熱蒸気により蒸気タービン(31)の運転を行う夜運転モードとが切り替え可能である。蓄熱装置(4)は化学反応により蓄熱及び放熱が可能な化学蓄熱材を内蔵し、さらに反応物質貯蔵器(6)に連結されており、化学蓄熱材の化学反応に利用される反応物質を、反応物質貯蔵器(6)から蓄熱装置(4)へ供給可能に構成されている。

明 細 書

発明の名称： 太陽熱発電システム

技術分野

[0001] 本発明は、太陽熱発電システムに関する。

背景技術

[0002] 自然エネルギーを利用した発電システムの一つとして、太陽から発せられる熱エネルギーを利用して発電を行う太陽熱発電システムがある。太陽熱発電システムは、日照量の多い昼間においては、太陽熱を集熱して直接又は熱媒体を介して間接的に水（水又は蒸気）を加熱して過熱蒸気または飽和蒸気（以下、これらを総称して、「加熱蒸気」という。）を生成し、当該蒸気により蒸気タービンを回し、蒸気タービンに接続された発電機により発電を行うよう構成されている。そして、日照のない夜間においては、昼間に太陽熱の一部を蓄熱装置に蓄熱しておき、当該蓄熱装置からの放熱により加熱蒸気を生成して前記と同様に発電を行うよう構成されることが多い。

[0003] 太陽熱発電システムを有効活用するには、夜間発電をこれまで以上に効率よく行う必要がある。夜間発電を行うには、昼間に蓄熱し、夜間に放熱して直接又は熱媒体を介して間接的に水を加熱できる蓄熱装置の利用が不可欠である。熱媒体として油や熔融塩等を用いて熱媒体と水との熱交換を行って加熱蒸気を生成する方式では、熱媒体そのものを貯蔵して蓄熱装置とすることができる。一方、熱媒体として水を用いるDSG（Direct Steam Generation）方式を利用したシステムでは、加熱蒸気を貯蔵する蓄熱装置としてアキュムレータなどの蓄圧器が利用される場合がある。それらは長時間貯蔵・利用には不向きであるにも関わらず、巨大な装置が必要になる。

[0004] 一方で、設備コスト、伝授した太陽熱からの発電効率、環境面及びシステム構成のシンプル化等の観点では、熱媒体として水を用いるDSG方式を利用したシステムが有利であると考えられており、優れた蓄熱装置の開発が望

まれている。

[0005] 太陽熱発電システムとしては、例えば、特許文献1に記載のものが考えられているが、このシステムにおいては改善すべき課題がある。特許文献1の技術は、DSG方式を採用したものであって、蓄熱装置として、水の状態、つまり、過熱蒸気、飽和蒸気、及び飽和水の状態にそれぞれ対応する3種類の蓄熱タンクを備えるものである。しかし、3種類もの蓄熱装置を備えることは、配管構成等が複雑になると共に、熱媒体の輸送経路が長くなることで熱損失が増加し、さらに設備コストも高くなる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2014-092086号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記のように、太陽熱発電システムとしてDSG方式を採用した技術は従来より種々提案されているものの、蓄熱装置を設置するには配管を複雑に構成せざるを得ない場合が多く、その結果、熱損失の増大を招いている。

[0008] 本発明は、かかる背景に鑑みてなされたものであり、DSG方式を採用し、蓄熱装置に必要な経路での熱損失が少なく、かつシンプルな太陽熱発電システムを提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一態様は、集熱した太陽熱により水からなる熱媒体を直接加熱して加熱蒸気を生成する太陽熱集熱装置と、

前記熱媒体との熱交換を行って蓄熱及び放熱を行う蓄熱装置と、

加熱蒸気により駆動する蒸気タービンと、

該蒸気タービンの動力により発電を行う発電機と、

前記蒸気タービンから排出される蒸気を復水する復水器と、

復水された水を貯留する水タンクと、

該水タンクから水を圧送する給水ポンプと、を有し、

前記太陽熱集熱装置から供給された加熱蒸気により前記蓄熱装置への蓄熱と前記蒸気タービンの運転とを行う昼運転モードと、

前記蓄熱装置の放熱を受けて加熱された加熱蒸気により前記蒸気タービンの運転を行う夜運転モードと、を切り替え可能に構成されており、

前記蓄熱装置は、化学反応により蓄熱及び放熱が可能な化学蓄熱材を内蔵し、さらに反応物質貯蔵器に連結されており、前記化学蓄熱材の前記化学反応に伴って利用される反応物質を、前記反応物質貯蔵器から前記蓄熱装置へ供給可能に構成されている、太陽熱発電システムにある。

なお、上記夜運転モードとは夜間に限らず、昼間で曇天等の日照が不十分な場合も含む。

発明の効果

[0010] 前記太陽熱発電システムにおいては、上記のごとく、熱媒体として水（水、蒸気、水と蒸気の混合状態を含む。以下、同様。）を用いるDSG方式を採用した上で、化学蓄熱材を内蔵した蓄熱装置を採用している。前記化学蓄熱材は、熱媒体からの伝熱を受けて反応物質を放出する化学反応を起こして蓄熱し、前記反応物質を取り込む化学反応を起こして放熱する特性を有している。そして、その可逆反応を利用して、繰り返し蓄熱・放熱が可能であるとともに、蓄熱エネルギー密度も高く、長時間の安定した放熱利用が可能である。

[0011] ここで、前記太陽熱発電システムにおいては、前記化学蓄熱材の反応に伴って放出又は導入する前記反応物質として、前記反応物質貯蔵器に貯蔵された前記反応物質を利用するよう構成されている。この構成を積極的に採用することによって、前記蓄熱装置に必要な経路をシンプルかつ短縮化でき、熱効率の向上を図ることができる。

[0012] 以上のごとく、上記態様によれば、DSG方式を採用し、蓄熱装置に必要な経路での熱損失が少なく、かつシンプルな太陽熱発電システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施例1における、太陽熱発電システムの構成を示す説明図。

[図2]実施例2における、太陽熱発電システムの構成を示す説明図。

[図3]実施例3における、太陽熱発電システムの構成を示す説明図。

発明を実施するための形態

[0014] 前記太陽熱発電システムにおいて、前記太陽熱集熱装置としては、トラフ型、フレネル型、タワー型等の種々の形式を採用することができる。その他、蒸気タービン、発電機、復水器、給水ポンプ、配管構成その他の構成物についても、公知の種々のものを採用することができる。

[0015] また、前記蓄熱装置としては、上記のごとく、化学反応により蓄熱及び放熱を行う化学蓄熱材を内蔵したものを採用する。この種の化学蓄熱材としては、例えば、酸化カルシウム(CaO)や、酸化マグネシウム(MgO)、酸化バリウム(BaO)などのアルカリ土類金属の酸化物が挙げられる。

[0016] 前記化学蓄熱材は、水(H_2O)を取り込む水和反応、又は二酸化炭素(CO_2)を取り込む炭酸化反応に伴って放熱し、熱媒体からの伝熱を受けて水を放出する脱水反応、又は二酸化炭素を放出する脱炭酸反応によって蓄熱し、酸化物へと再生される。そして、その可逆反応を利用して繰り返し蓄熱・放熱が可能であるとともに、蓄熱エネルギー密度も高く、長時間の安定した放熱利用が可能である。

[0017] 前記太陽熱発電システムにおける前記蓄熱装置に内蔵される前記化学蓄熱材の化学反応に伴って利用される反応物質は、水、又は二酸化炭素のうち、いずれか一種である。

[0018] また、前記反応物質貯蔵器は、前記蓄熱装置に内蔵された前記化学蓄熱材の化学反応に伴って利用される前記反応物質を、前記蓄熱装置へ供給可能となるよう構成されている。このとき、前記反応物質を、前記反応物質貯蔵器と前記蓄熱装置とで授受できるようにしてもよい。すなわち、前記反応物質を前記反応物質貯蔵器から前記蓄熱装置へ供給するだけでなく、前記蓄熱装置から放出される前記反応物質を前記反応物質貯蔵器に回収して貯蔵するこ

とが可能である。

[0019] また、前記太陽熱発電システムは、複数の前記太陽熱集熱装置と、複数の前記蓄熱装置と、複数の前記反応物質貯蔵器と、を備えており、前記昼運転モードにおいては、前記熱媒体が、少なくとも、第1の前記太陽熱集熱装置、第1の前記蓄熱装置、第2の前記太陽熱集熱装置、第2の前記蓄熱装置、及び第3の前記太陽熱集熱装置を順次通過した後、前記蒸気タービンに供給され、前記夜運転モードにおいては、前記熱媒体の流路が分岐して第1及び第2の前記蓄熱装置にそれぞれ供給され、加熱された後、合流して前記蒸気タービンに供給されると共に、第1及び第2の前記反応物質貯蔵器からそれぞれ第1及び第2の前記蓄熱装置へ前記反応物質が供給されるように構成されていてもよい。

[0020] この場合には、複数の太陽熱集熱装置と複数の蓄熱装置とを組み合わせることにより、個々の蓄熱装置の能力が高くなくても、蓄熱量を増やすことが可能となる。また、蓄熱装置の小型化及び低能力化を図ることができるため、大型の蓄熱装置を備える場合よりも、設備コストを低減させることができる。また、昼夜の発電量のバランスを最適化することが可能となり、昼夜を通じてタービン規模に合わせた蒸気供給が可能となるため、エネルギー効率を向上させることができる。

[0021] また、個々の太陽熱集熱装置の能力が高くなくても、蓄熱装置が1回の熱交換によって蓄熱する熱量分だけ集熱すればよいので、太陽熱集熱装置を小型化及び低能力化することができ、大型の太陽熱集熱装置を備える場合よりも、設備コストの低減を図ることができるとともに、蓄熱におけるエネルギー効率を向上させることができる。

[0022] なお、前記太陽熱集熱装置と前記蓄熱装置の数は同じである必要はなく、また、さらに能力の異なるものを直列又は並列に組み合わせるなど、具体的な装置の個数や配列は適宜調整してもよい。以下、同様である。

[0023] また、前記太陽熱発電システムは、複数の前記太陽熱集熱装置を備えており、前記昼運転モードにおいては、第1の前記太陽熱集熱装置を通過した前

記熱媒体の流路が分岐して昼本流と昼分流とを形成し、昼本流の前記熱媒体が前記蒸気タービンに供給され、昼分流の前記熱媒体が第2の前記太陽熱集熱装置と前記蓄熱装置を順次通過した後、再び第2の前記太陽熱集熱装置及び前記蓄熱装置を順次通過する繰り返し循環を続け、前記夜運転モードにおいては、前記熱媒体が前記蓄熱装置に供給され、加熱された後、前記蒸気タービンに供給されると共に、前記反応物質貯蔵器から前記蓄熱装置へ前記反応物質が供給されるように構成されていてもよい。

[0024] この場合には、熱媒体の流路として循環経路を形成し、その循環経路内に太陽熱集熱装置と蓄熱装置とを配置することとなる。この構成を採用することによって、昼夜の発電量のバランスを最適化することが可能となり、昼夜を通じてタービン規模に合わせた蒸気供給ができるため、エネルギー効率が向上するという効果を得ることができる。また、循環経路内の太陽熱集熱装置の能力が高くないても、蓄熱装置が1回の熱交換によって蓄熱する熱量分だけ集熱すればよいから、その太陽熱集熱装置を小型化及び低能力化することができ、設備コストの低減を図ることができる。

実施例

[0025] (実施例1)

本願の太陽熱発電システム101に係る実施例につき、図1を用いて説明する。

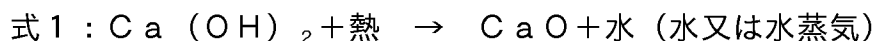
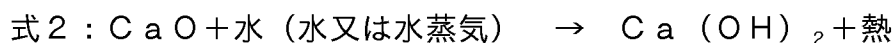
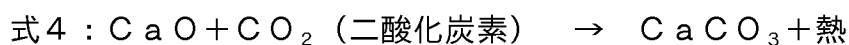
本実施例の太陽熱発電システム101は、図1に示すごとく、集熱した太陽熱により水からなる熱媒体を直接加熱して加熱蒸気を生成する太陽熱集熱装置2と、前記熱媒体との熱交換を行って蓄熱及び放熱を行う蓄熱装置4と、加熱蒸気により駆動する蒸気タービン31と、該蒸気タービン31の動力により発電を行う発電機32と、前記蒸気タービン31から排出される蒸気を復水する復水器51と、復水された水を貯留する水タンク52と、該水タンク52から水を圧送する給水ポンプ53と、を有する。そして、前記太陽熱集熱装置2から供給された加熱蒸気により前記蓄熱装置4への蓄熱と前記蒸気タービン31の運転とを行う昼運転モードと、前記蓄熱装置4の放熱を

受けて加熱された加熱蒸気により前記蒸気タービン 31 の運転を行う夜運転モードと、を切り替え可能に構成されている。前記蓄熱装置 4 は、化学反応により蓄熱及び放熱が可能な化学蓄熱材を内蔵し、さらに反応物質貯蔵器 6 に連結されており、前記化学蓄熱材の前記化学反応に伴って利用される反応物質を、前記反応物質貯蔵器 6 から前記蓄熱装置 4 へ供給可能に構成されている。

以下、さらに詳説する。

[0026] 本実施例の太陽熱発電システム 101 は、上述したごとく、太陽熱集熱装置 2、蓄熱装置 4、及び反応物質貯蔵器 6 を備えた構成のものである。そして、太陽熱集熱装置 2 と、蓄熱装置 4、蒸気タービン 31、復水器 51、水タンク 52、給水ポンプ 53 をつなぐように、熱媒体を流通させる配管 7 が複数の開閉弁 801、802 を介在しながら配設されている。

[0027] 本実施例の蓄熱装置 4 は、化学蓄熱材として $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaO/CaCO_3 、 $\text{MgO}/\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgO/MgCO_3 等を内蔵する。 CaO と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaO と CaCO_3 、 MgO と $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgO と MgCO_3 は、それぞれ可逆的に変化可能な特性を有している。具体的には、 CaO と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は、蓄熱時には式 1 の脱水反応を起こし、放熱時には式 2 の水和反応を起こす。また、 CaO と CaCO_3 は、蓄熱時には式 3 の二酸化炭素を放出する反応を起こし、放熱時には式 4 のように CaO と二酸化炭素とが反応し、 CaCO_3 となる反応を起こす。また、 MgO と $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgO と MgCO_3 も同様である。



[0028] そして、この蓄熱装置 4 は、化学蓄熱材との熱交換を行う熱媒体を内部において流通させる熱媒体流路 43 と、化学蓄熱材における化学反応時の反応物質を放出及び導入する反応物質流路 44 とを備えており、反応物質流路 4

4 は、反応物質貯蔵器 6 に連結されている。

[0029] 本実施例の反応物質貯蔵器 6 は、上述した反応物質として、水又は二酸化炭素を蓄熱装置 4 へ供給する。例えば、反応物質を水（以下、反応水という。）とした場合、蓄熱装置 4 の放熱時には、反応水を、反応物質貯蔵器 6 からポンプ等によって、反応物質流路 4 4 を介して蓄熱装置 4 へ供給できる。一方、蓄熱時には、蓄熱装置 4 に内蔵された化学蓄熱材の脱水反応によって生成された反応水は、蓄熱装置 4 からポンプ等によって、反応物質流路 4 4 を介して反応物質貯蔵器 6 へ送ることができる。つまり、反応物質貯蔵器 6 と蓄熱装置 4 との間で反応水を授受可能とする。

[0030] また、例えば、反応物質を二酸化炭素とした場合、蓄熱装置 4 の放熱時には、二酸化炭素が充填された高压タンクを反応物質貯蔵器 6 として、高压タンクのバルブを開放することで、反応物質流路 4 4 を介して蓄熱装置 4 へ二酸化炭素を供給できる。一方、蓄熱時には、蓄熱装置 4 に内蔵された化学蓄熱材から発生した二酸化炭素は、蓄熱装置 4 からポンプ等によって、反応物質流路 4 4 を介して反応物質貯蔵器 6 へ送ることができる。つまり、反応物質貯蔵器 6 と蓄熱装置 4 との間で二酸化炭素を授受可能とする。

[0031] 本実施例の構成における熱媒体の流路の詳細については、太陽熱発電システム 101 の昼運転モードと夜運転モードにわけて、以下に説明する。また、本実施例 1 及び以降の他の実施例において、図を用いてシステムの構成を示し、以下の説明文においては、わかりやすくするために、熱媒体の温度も記載するが、これは例示であって、実際には、各機器の能力の設定等によって変更されうることは言うまでもない。

[0032] 太陽熱発電システム 101 における昼運転モードの熱媒体の流路は、図 1 に示すごとく、まず、水タンク 5 2 内の熱媒体が給水ポンプ 5 3 により圧送され矢印 A の方向に沿って太陽熱集熱装置 2 に送られる。太陽熱集熱装置 2 においては、集熱した太陽熱により、30℃の熱媒体が加熱され、600℃の加熱蒸気となり、矢印 A の方向に沿って、蓄熱装置 4 の熱媒体流路 4 3 に

送られる。蓄熱装置４においては、 600°C の熱媒体から 100°C 分の熱が蓄熱される。そして、 500°C となった加熱蒸気が蓄熱装置４の熱媒体流路４３から蒸気タービン３１に送られ、蒸気タービン３１が駆動することでその動力により発電機３２が発電を行う。蒸気タービン３１から排出された加熱蒸気（熱媒体）は、復水器５１により復水されて水タンク５２に戻されて貯留される。

[0033] ここで、昼運転モードにおいては、上述したごとく、蓄熱装置４においては、 100°C 分の熱が蓄熱される。このとき、蓄熱装置４が内蔵する化学蓄熱材は上記で例示した式１や式３などの化学反応を起こし、反応物質を放出することとなる。この反応物質は、矢印a１の方向に沿って反応物質流路４４を通して反応物質貯蔵器６に向かって流れ、貯蔵されてもよい。

[0034] 次に、太陽熱発電システム１０１の夜運転モードにおいては、太陽熱集熱装置２につながる配管７の流路は開閉弁８０１の閉鎖によって止められる。一方、給水ポンプ５３から矢印Bの方向に沿って蓄熱装置４につながる配管７の開閉弁８０２は開放される。そして、水タンク５２の熱媒体が給水ポンプ５３により圧送され、矢印Bの方向に沿って蓄熱装置４に向かう。蓄熱装置４に向かった 30°C の熱媒体は、蓄熱装置４の熱媒体流路４３に供給され、化学蓄熱材との熱交換によって 500°C に加熱された後、蒸気タービン３１に供給され発電機３２による発電がなされる。蒸気タービン３１から排出された加熱蒸気（熱媒体）は復水器５１により復水され、水タンク５２に戻されて貯留される。

[0035] また、反応物質が反応物質貯蔵器６から矢印a２の方向に沿って、反応物質流路４４を通して蓄熱装置４に供給され、化学蓄熱材の放熱に伴う化学反応に利用される。蓄熱装置４においては、この反応物質と化学蓄熱材との化学反応で生じた熱によって上記のごとく熱媒体が加熱される。

[0036] 以上のような昼運転モード及び夜運転モードにおいて、熱媒体が通過した配管７における開閉弁は開となり、それ以外の開閉弁は閉となる。

[0037] 本実施例の太陽熱発電システム１０１は、所望の位置に反応物質貯蔵器６

を設置できるため、蓄熱装置４に必要な経路が短くなり、さらにシンプルな構成とすることができる。また、それに伴って、経路上での熱損失や、反応物質の輸送に必要なエネルギーの低減を図ることができる。

[0038] また、本実施例の太陽熱発電システム１０１においては、化学蓄熱材の反応に伴って放出又は導入する反応物質として、反応物質貯蔵器６に貯蔵された反応物質を利用可能に構成されている。つまり、太陽熱発電システム１０１の熱媒体の経路とは独立した反応物質の輸送経路を有する。この構成を積極的に採用することによって、化学蓄熱材に利用される反応物質が水に限定されず、二酸化炭素も利用できるため、化学蓄熱材及び反応物質の選択可能な幅が広がる。そのため、前記太陽熱発電システム１０１が設けられる立地や利用条件等に合わせた発電が可能となる。また、前記化学蓄熱材と前記反応物質の違いによって蓄熱に必要な温度及び放熱される温度が異なるため、好適な温度に調整された熱媒体を利用した発電が可能となる。

[0039] また、反応物質貯蔵器６は、蓄熱装置４に反応物質を供給可能としている。他は、前記太陽熱発電システム１０１の熱媒体経路等と干渉しないため、制御が容易となる。さらに、前記蓄熱装置４に利用される反応物質は水に限定されないため、水の使用量の低減にもつながる。

[0040] （実施例２）

本実施例の太陽熱発電システム１０２は、実施例１の構成を基本として、太陽熱集熱装置、蓄熱装置及び反応物質貯蔵器を増やした例である。すなわち、図２に示すごとく、第１の太陽熱集熱装置２１の下流側に第１の蓄熱装置４１を設け、その下流側に第２の太陽熱集熱装置２２を設け、その下流側に第２の蓄熱装置４２を設け、さらに、その下流側に第３の太陽熱集熱装置２３を設ける。また、それぞれの蓄熱装置４１、４２においては、反応物質流路４１４、４２４を介して反応物質貯蔵器６１、６２とつながっており、化学蓄熱材の化学反応に利用される反応物質が供給可能となっている。なお、説明の都合上、実施例１と同様の機能を有する構成要素については、実施例１と同じ符号を用いて説明する。以下、実施例３も同様とする。

[0041] 本例における昼運転モードにおいては、水タンク52内の熱媒体が給水ポンプ53により圧送され、矢印Aの方向に沿って、第1の太陽熱集熱装置21に送られる。第1の太陽熱集熱装置21においては、集熱した太陽熱により、30℃の熱媒体が600℃の加熱蒸気に加熱され、次に矢印Aの方向に沿って第1の蓄熱装置41の熱媒体流路413に送られる。第1の蓄熱装置41においては、600℃の熱媒体から100℃分の熱が蓄熱され、500℃の加熱蒸気となる。

[0042] 次に、500℃となった加熱蒸気は、矢印Aの方向に沿ってその下流の第2の太陽熱集熱装置22に送られ、再度600℃まで加熱された後、その下流の第2の蓄熱装置42の熱媒体流路423に送られて、600℃の熱媒体から100℃分の熱が蓄熱され、熱媒体は500℃となる。そして、矢印Aの方向に沿って、さらに下流の第3の太陽熱集熱装置23に送られ、再度600℃まで加熱された後、第3の太陽熱集熱装置23から蒸気タービン31に送られ、前記と同様に発電が行われる。蒸気タービン31から排出された加熱蒸気（熱媒体）は、復水器51により復水されて水タンク52に戻されて貯留される。

[0043] また、昼運転モードにおいては、第1及び第2の蓄熱装置41、42において、それぞれ100℃分の熱が蓄熱される。このとき、第1及び第2の蓄熱装置41、42から放出される反応物質は、矢印a1の方向に沿ってそれぞれの反応物質流路414、424を通して反応物質貯蔵器61、62へと送られ、貯蔵されてもよい。

[0044] 次に、太陽熱発電システム102の夜運転モードにおいては、第1～第3の太陽熱集熱装置21、22、23につながる配管7の流路は、開閉弁801、803、804の閉鎖によって止められる。一方、給水ポンプ53から矢印Bの方向に沿って第1及び第2の蓄熱装置41、42につながる配管7の開閉弁802、806、第1及び第2の蓄熱装置41、42から矢印Bの方向に沿って蒸気タービン31につながる配管7の開閉弁805、807は開放される。

- [0045] そして、水タンク 5 2 内の熱媒体が給水ポンプ 5 3 により圧送され、矢印 B の流路に沿って、第 1 及び第 2 の蓄熱装置 4 1、4 2 に向かう。それぞれの蓄熱装置 4 1、4 2 の熱媒体流路 4 1 3、4 2 3 に供給された熱媒体は、化学蓄熱材との熱交換によって 5 0 0℃に加熱される。
- [0046] それぞれの蓄熱装置 4 1、4 2 において加熱された熱媒体は、矢印 B の方向に沿って、太陽熱集熱装置 2 2、2 3 に送られることなくバイパス路 7 (b) を通って合流し、蒸気タービン 3 1 に供給され発電機 3 2 による発電がなされる。蒸気タービン 3 1 から排出された加熱蒸気（熱媒体）は、復水器 5 1 により復水されて水タンク 5 2 に戻されて貯留される。
- [0047] また、反応物質が反応物質貯蔵器 6 1、6 2 から矢印 a 2 の方向に沿って、蓄熱装置 4 1、4 2 に供給される。蓄熱装置 4 1、4 2 においては、この反応物質と化学蓄熱材との化学反応で生じた熱によって前記のごとく熱媒体が加熱される。
- [0048] 本実施例の場合は、複数の太陽熱集熱装置 2 1、2 2、2 3 を備え、かつ、これらの間に蓄熱装置 4 1、4 2 をさらに備えることにより、実施例 1 に示した作用効果に加え、昼夜の発電量のバランスを最適化できる。また、昼夜を通じてタービン規模に合わせた蒸気供給が可能となるため、エネルギー効率が向上するという効果を得ることができる。
- [0049] また、個々の蓄熱装置の能力が高くなくても、複数あることで蓄熱量を増やすことが可能となる。また、蓄熱装置の小型化及び低能力化を図ることができるため、大型の蓄熱装置を備える場合よりも設備コストを低減させることができる。
- [0050] また、個々の太陽熱集熱装置の能力が高くなくても、蓄熱装置が 1 回の熱交換によって蓄熱する熱量分だけ集熱すればよいから、太陽熱集熱装置を小型化及び低能力化することができ、大型の太陽熱集熱装置を備える場合よりも、設備コストの低減を図ることができるとともに、蓄熱におけるエネルギー効率を向上させることができる。
- [0051] (実施例 3)

本例の太陽熱発電システム１０３は、昼運転モードにおいて、太陽熱集熱装置と蓄熱装置を順次通過した後、再び太陽熱集熱装置及び蓄熱装置を順次通過する繰り返し循環流動を可能としたものである。すなわち、図３に示すごとく、蓄熱装置４の下流側と太陽熱集熱装置２２の上流側とが循環路７（ｃ）により連結されている。

[0052] 本例における昼運転モードにおいては、水タンク５２内の熱媒体が給水ポンプ５３により圧送され、矢印Ａの方向に沿って第１の太陽熱集熱装置２１に送られる。第１の太陽熱集熱装置２１においては、集熱した太陽熱により、３０℃の熱媒体が５００℃まで加熱され、加熱蒸気となる。

[0053] 第１の太陽熱集熱装置２１を通過した熱媒体の流路は分岐して、矢印Ａ１の方向に沿った昼本流と矢印Ａ２の方向に沿った昼分流とを形成し、昼本流の熱媒体が矢印Ａ１の方向に沿って蒸気タービン３１に供給され、前記と同様に発電が行われる。蒸気タービン３１から排出された加熱蒸気（熱媒体）は、復水器５１により復水されて水タンク５２に戻されて貯留される。

[0054] また、昼分流の熱媒体は矢印Ａ２の方向に沿ってまず第２の太陽熱集熱装置２２を通過して６００℃まで加熱され、次に、蓄熱装置４の熱媒体流路４３を通過して１００℃分の蓄熱がなされて５００℃となり、その後、矢印Ａ２の方向に沿って循環路７（ｃ）を進み、再び第２の太陽熱集熱装置２２及び蓄熱装置４を順次通過する繰り返し循環を続ける。

[0055] また、蓄熱時の蓄熱装置４における化学蓄熱材から放出された反応物質は、矢印ａ１の方向に沿って反応物質流路４４を通り、反応物質貯蔵器６へと送られ貯蔵されてもよい。

[0056] 次に、本実施例の夜運転モードにおいては、第１の太陽熱集熱装置２１につながる配管７の流路、第１の太陽熱集熱装置２１から矢印Ａ１の方向に沿って蒸気タービン３１へとつながる配管７の流路、循環路７（ｃ）の流路は、開閉弁８０１、８０８、８０９の閉鎖によって止められる。一方、給水ポンプ５３から矢印Ｂの方向に沿って蓄熱装置４につながる配管７の開閉弁８０２、蓄熱装置４から矢印Ｂの方向に沿って蒸気タービン３１につながる配

管 7 の開閉弁 8 1 0 は開放される。

[0057] そして、水タンク 5 2 内の 3 0 °C の熱媒体が給水ポンプ 5 3 により圧送され、矢印 B の方向に沿って蓄熱装置 4 の熱媒体流路 4 3 に供給され、化学蓄熱材との熱交換によって 5 0 0 °C に加熱された後、蒸気タービン 3 1 に供給され発電機 3 2 による発電がなされる。蒸気タービン 3 1 から排出された加熱蒸気（熱媒体）は、復水器 5 1 により復水されて水タンク 5 2 に戻されて貯留される。

[0058] また、反応物質は、反応物質貯蔵器 6 から矢印 a 2 の方向に沿って反応物質流路 4 4 を通って蓄熱装置 4 に送られ、化学蓄熱材に供給される。蓄熱装置 4 においては、この反応物質と化学蓄熱材による化学反応で生じた熱によって前記のごとく熱媒体が加熱される。

[0059] 本実施例の場合には、昼運転モードにおいて、太陽熱集熱装置 2 2 と蓄熱装置 4 を順次通過した後、再び太陽熱集熱装置 2 2 及び蓄熱装置 4 を順次通過する繰り返し循環流動を可能としたことにより、実施例 1 に示した作用効果に加え、昼夜の発電量のバランスを最適化することが可能となり、昼夜を通じてタービン規模に合わせた蒸気供給ができるため、エネルギー効率が向上するという効果を得ることができる。また、循環経路内の太陽熱集熱装置 2 2 の能力が高くないても、第 2 の太陽熱集熱装置 2 2 は蓄熱装置 4 通過後の高温の熱媒体に対して集熱すればよく、さらに蓄熱装置 4 が 1 回の熱交換によって蓄熱する熱量分だけ集熱すればよいから、その太陽熱集熱装置 2 2 を小型化及び低能力化することができ、設備コストの低減を図ることができる。

[0060] 以上のごとく、本実施例によれば、D S G 方式を採用し、蓄熱装置に必要な経路での熱損失が少なく、かつシンプルな太陽熱発電システムを提供することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 集熱した太陽熱により水からなる熱媒体を直接加熱して加熱蒸気を生成する太陽熱集熱装置と、
前記熱媒体との熱交換を行って蓄熱及び放熱を行う蓄熱装置と、
加熱蒸気により駆動する蒸気タービンと、
該蒸気タービンの動力により発電を行う発電機と、
前記蒸気タービンから排出される蒸気を復水する復水器と、
復水された水を貯留する水タンクと、
該水タンクから水を圧送する給水ポンプと、を有し、
前記太陽熱集熱装置から供給された加熱蒸気により前記蓄熱装置への蓄熱と前記蒸気タービンの運転とを行う昼運転モードと、
前記蓄熱装置の放熱を受けて加熱された加熱蒸気により前記蒸気タービンの運転を行う夜運転モードと、を切り替え可能に構成されており、
前記蓄熱装置は、化学反応により蓄熱及び放熱が可能な化学蓄熱材を内蔵し、さらに反応物質貯蔵器に連結されており、前記化学蓄熱材の前記化学反応に伴って利用される反応物質を、前記反応物質貯蔵器から前記蓄熱装置へ供給可能に構成されている、太陽熱発電システム。
- [請求項2] 前記太陽熱発電システムは、複数の前記太陽熱集熱装置と、複数の前記蓄熱装置と、複数の前記反応物質貯蔵器と、を備えており、
前記昼運転モードにおいては、前記熱媒体が、少なくとも、第1の前記太陽熱集熱装置、第1の前記蓄熱装置、第2の前記太陽熱集熱装置、第2の前記蓄熱装置、及び第3の前記太陽熱集熱装置を順次通過した後、前記蒸気タービンに供給され、
前記夜運転モードにおいては、前記熱媒体の流路が分岐して第1及び第2の前記蓄熱装置にそれぞれ供給され、加熱された後、合流して前記蒸気タービンに供給されると共に、第1及び第2の前記反応物質

貯蔵器からそれぞれ第1及び第2の前記蓄熱装置へ前記反応物質が供給されるように構成されている、請求項1に記載の太陽熱発電システム。

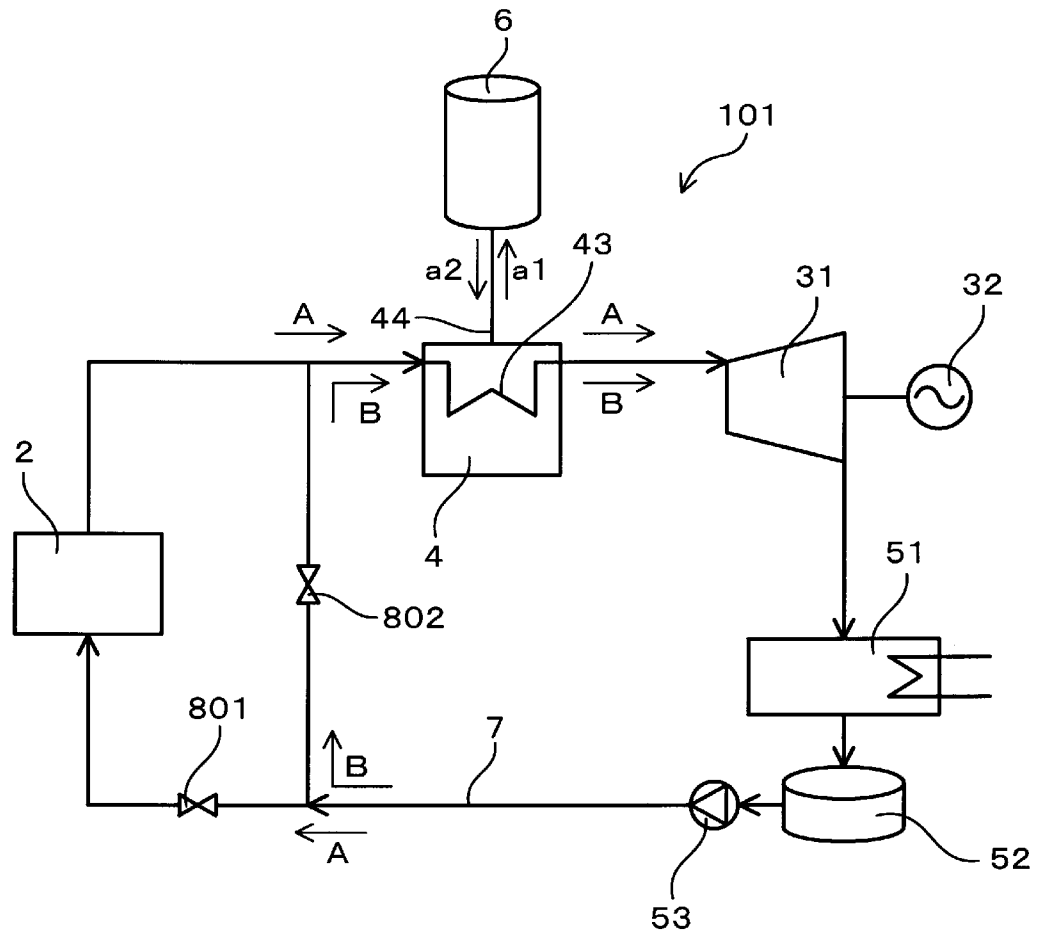
[請求項3] 前記太陽熱発電システムは、複数の前記太陽熱集熱装置を備えており、

前記昼運転モードにおいては、第1の前記太陽熱集熱装置を通過した前記熱媒体の流路が分岐して昼本流と昼分流とを形成し、昼本流の前記熱媒体が前記蒸気タービンに供給され、昼分流の前記熱媒体が第2の前記太陽熱集熱装置と前記蓄熱装置を順次通過した後、再び第2の前記太陽熱集熱装置及び前記蓄熱装置を順次通過する繰り返し循環を続け、

前記夜運転モードにおいては、前記熱媒体が前記蓄熱装置に供給され、加熱された後、前記蒸気タービンに供給されると共に、前記反応物質貯蔵器から前記蓄熱装置へ前記反応物質が供給されるように構成されている、請求項1に記載の太陽熱発電システム。

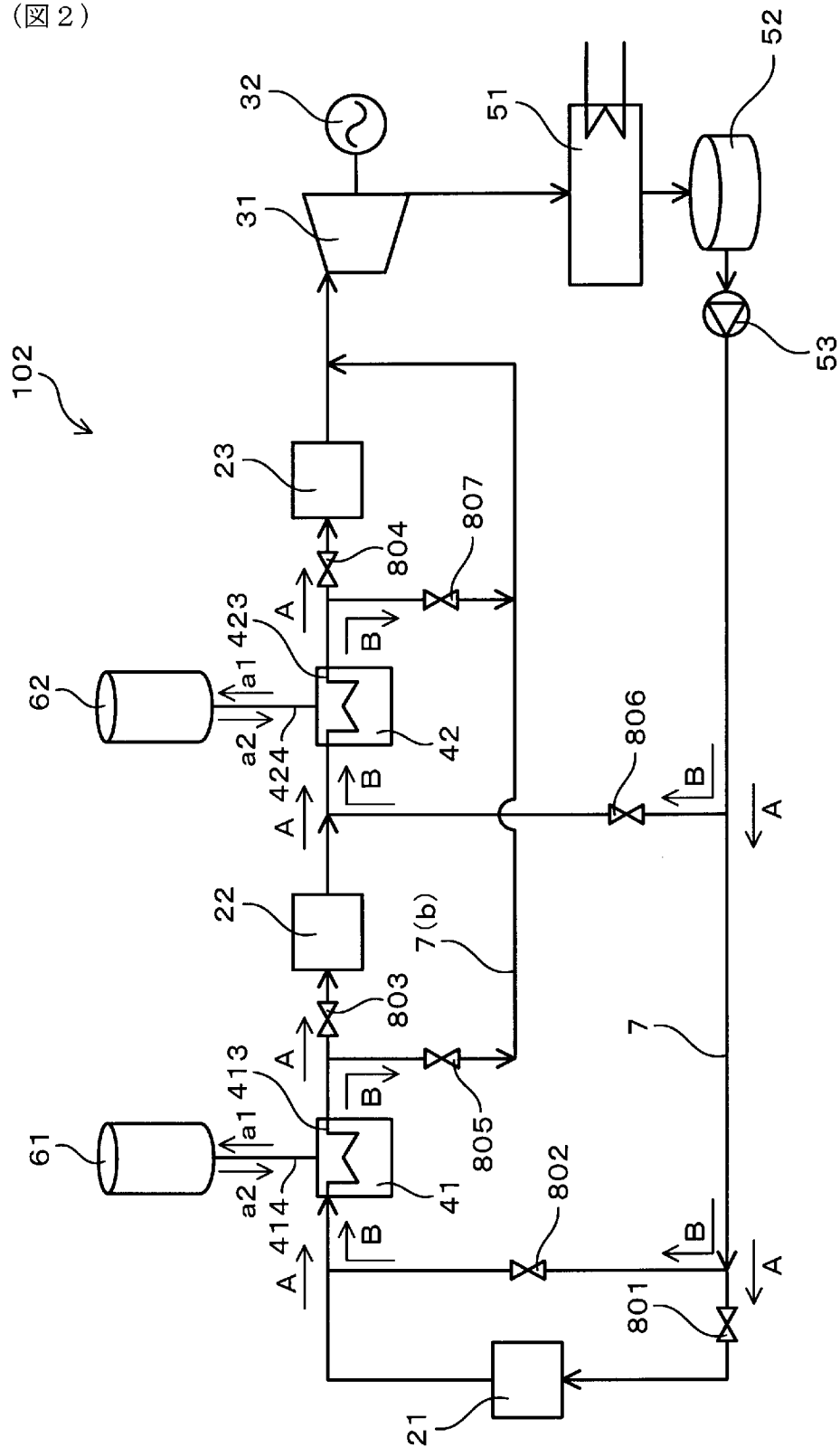
[図1]

(図 1)



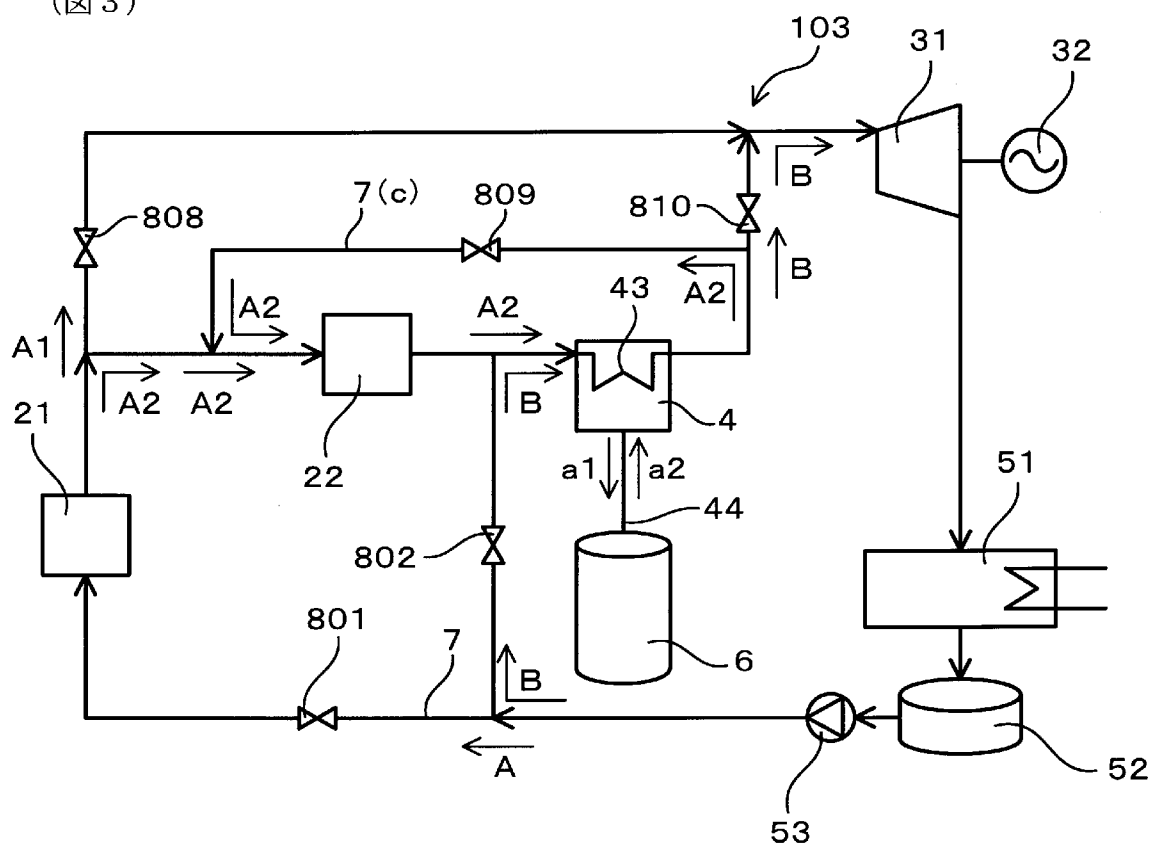
[図2]

(図 2)



[図3]

(図 3)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/045446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F03G6/00(2006.01)i, F01K3/02(2006.01)i, F24S60/20(2018.01)i,
F24S90/00(2018.01)i, F28D20/00(2006.01)i

FI: F03G6/00511, F01K3/02C, F28D20/00G, F24S60/20, F24S90/00210

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. F03G6/00, F01K3/02, F02C1/05, F24S60/00-60/30, F24S90/00,
F28D20/00

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)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII), DWPI (Derwent Innovation), 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.
X A	CN 106813402 A (NANJING TECH UNIVERSITY) 09.06.2017 (2017-06-09), abstract, claims 1, 7, paragraphs [0005]-[0023], fig. 1-3	1 2-3
A	JP 2014-92086 A (HITACHI, LTD.) 19.05.2014 (2014- 05-19), entire text, all drawings	1-3
A	JP 2017-525933 A (ZHONGYING CHANGJIANG INTERNATIONAL NEW ENERGY INVESTMENT CO., LTD.) 07.09.2017 (2017-09-07), entire text, all drawings	1-3
A	US 2013/0307273 A1 (BRIGHTSOURCE INDUSTRIES (ISRAEL) LTD.) 21.11.2013 (2013-11-21), entire text, all drawings	1-3



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
29.01.2020

Date of mailing of the international search report
10.02.2020

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

International application No.

PCT/JP2019/045446

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101968043 A (BEIJING CENTURY BENEFITS CO., LTD.) 09.02.2011 (2011-02-09), entire text, all drawings	1-3
A	US 2015/0226187 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD.) 13.08.2015 (2015-08-13), entire text, all drawings	1-3
A	JP 2011-169186 A (JFE ENGINEERING CORPORATION) 01.09.2011 (2011-09-01), entire text, all drawings	1-3
A	CN 103134213 A (BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY) 05.06.2013 (2013-06-05), entire text, all drawings	1-3
P, X	WO 2019/188517 A1 (AICHI STEEL WORKS LTD.) 03.10.2019 (2019-10-03), claims 1, 4-5, paragraphs [0010]-[0026], [0030]-[0056], fig. 1-3	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/045446

CN 106813402 A	09.06.2017	(Family: none)
JP 2014-92086 A	19.05.2014	(Family: none)
JP 2017-525933 A	07.09.2017	US 2017/0159945 A1 entire text, all drawings WO 2016/026351 A1 EP 3184931 A1 CN 104197310 A CA 2958917 A1 KR 10-2017-0044182 A
US 2013/0307273 A1	21.11.2013	WO 2012/107811 A2
CN 101968043 A	09.02.2011	(Family: none)
US 2015/0226187 A1	13.08.2015	EP 2757259 A1 CN 103925179 A
JP 2011-169186 A	01.09.2011	(Family: none)
CN 103134213 A	05.06.2013	(Family: none)
WO 2019/188517 A1	03.10.2019	JP 2019-173699 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F03G 6/00(2006.01)i; F01K 3/02(2006.01)i; F24S 60/20(2018.01)i; F24S 90/00(2018.01)i; F28D 20/00(2006.01)i FI: F03G6/00 511; F01K3/02 C; F28D20/00 G; F24S60/20; F24S90/00 210		
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）） F03G6/00; F01K3/02; F02C1/05; F24S60/00-60/30; F24S90/00; F28D20/00		
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 1971-2020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		
国際調査で利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/JST7580 (JDreamIII); DWPI (Derwent Innovation); 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
X	CN 106813402 A (南京工業大学) 09.06.2017 (2017-06-09) 要約, 請求項1, 7, 段落[0005]-[0023], 図1-3	1
A		2-3
A	JP 2014-92086 A (株式会社日立製作所) 19.05.2014 (2014-05-19) 全文, 全図	1-3
A	JP 2017-525933 A (中盈長江国際新能源投資有限公司) 07.09.2017 (2017-09-07) 全文, 全図	1-3
A	US 2013/0307273 A1 (BRIGHTSOURCE INDUSTRIES (ISRAEL) LTD.) 21.11.2013 (2013-11-21) 全文, 全図	1-3
A	CN 101968043 A (北京世紀源博科技有限責任公司) 09.02.2011 (2011-02-09) 全文, 全図	1-3
A	US 2015/0226187 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD) 13.08.2015 (2015-08-13) 全文, 全図	1-3
☒ 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、一般的な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 “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 29.01.2020		国際調査報告の発送日 10.02.2020
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） 西中村 健一 3S 3420 電話番号 03-3581-1101 内線 3391

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	JP 2011-169186 A (J F Eエンジニアリング株式会社) 01.09.2011 (2011 - 09 - 01) 全文, 全図	1 - 3
A	CN 103134213 A (北京化工大学) 05.06.2013 (2013 - 06 - 05) 全文, 全図	1 - 3
P, X	WO 2019/188517 A1 (愛知製鋼株式会社) 03.10.2019 (2019 - 10 - 03) 請求項1, 4-5, 段落[0010]-[0026], [0030]-[0056], 図1-3	1 - 3

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/JP2019/045446

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	106813402	A	09.06.2017	(ファミリーなし)	
JP	2014-92086	A	19.05.2014	(ファミリーなし)	
JP	2017-525933	A	07.09.2017	US 2017/0159945	A1
				全文, 全図	
				WO 2016/026351	A1
				EP 3184931	A1
				CN 104197310	A
				CA 2958917	A1
				KR 10-2017-0044182	A
US	2013/0307273	A1	21.11.2013	WO 2012/107811	A2
CN	101968043	A	09.02.2011	(ファミリーなし)	
US	2015/0226187	A1	13.08.2015	EP 2757259	A1
				CN 103925179	A
JP	2011-169186	A	01.09.2011	(ファミリーなし)	
CN	103134213	A	05.06.2013	(ファミリーなし)	
WO	2019/188517	A1	03.10.2019	JP 2019-173699	A