

(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
2014年9月25日(25.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/148259 A1

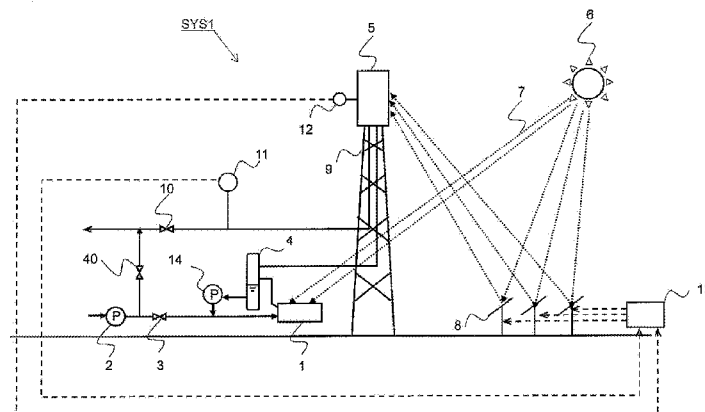
- (51) 国際特許分類:
F24J 2/42 (2006.01) F24J 2/38 (2014.01)
F24J 2/14 (2006.01) F24J 2/40 (2006.01)
F24J 2/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/055627
- (22) 国際出願日: 2014年3月5日(05.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-055282 2013年3月18日(18.03.2013) JP
- (71) 出願人: バブコック日立株式会社 (BABCOCK-HITACHI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3-3-1 Kanagawa (JP).

- (72) 発明者: 篠崎 康平(SHINOZAKI Kohei); 〒7378508 広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立株式会社 呉研究所内 Hiroshima (JP). 丸本 隆弘(MARUMOTO Takahiro); 〒7378508 広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立株式会社 呉研究所内 Hiroshima (JP). 四方 哲夫(SHIKATA Tetsuo); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3-3-1 バブコック日立株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 武和国際特許事務所 (THE PATENT BODY CORPORATE TAKEWA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1050003 東京都港区西新橋3丁目13番3号 西新橋ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.

[続葉有]

(54) Title: SOLAR HEAT COLLECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 太陽熱集熱システム



(57) Abstract: In order to reduce the risk of damage to heat exchanger tubes of a high-temperature heat collection device, this solar heat collection system is provided with a low-temperature heat collection device (1) which heats supplied water with solar heat to generate steam, a brackish water separation device (4) which separates a water-steam two-phase fluid generated in the low-temperature heat collection device into water and steam, a high-temperature heat collection device (5) which heats the steam separated by the brackish water separation device (4) with solar heat reflected by multiple heliostats (8) to generate superheated steam, and a heliostat control device (13) which controls the angle of the heliostats such that the metal temperature of the high-temperature heat collection device is less than or equal to a threshold temperature set in order to prevent overshoot of the steam temperature at the outlet of the high-temperature heat collection device.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/148259 A1



(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, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

高温集熱装置の伝熱管の損傷リスクを低減させる。 供給された水を太陽光の熱で加熱して蒸気を生成する低温集熱装置 (1) と、前記低温集熱装置で生成された水-蒸気二相流体を水と蒸気とに分離する汽水分離装置 (4) と、前記汽水分離装置で分離された蒸気を複数のヘリオスタット (8) で反射させた太陽光の熱で加熱して、過熱蒸気を生成する高温集熱装置 (5) と、前記高温集熱装置のメタル温度が、前記高温集熱装置の出口における蒸気温度のオーバーシュートを防止するために設定された閾値温度以下となるように、前記複数のヘリオスタットの角度を制御するヘリオスタット制御装置 (13) と、を備える太陽熱集熱システム。

明 細 書

発明の名称：太陽熱集熱システム

技術分野

[0001] 本発明は、太陽からの熱を集熱し、その熱で蒸気を生成する太陽熱集熱システムに関する。

背景技術

[0002] 本技術分野の背景技術として、例えば、国際公開第WO2013/002054号パンフレット（特許文献1）がある。このパンフレットには、給水ポンプから供給される水を太陽光の熱で加熱する低温加熱装置と、低温加熱装置によって生成した水－蒸気二相流体を水と蒸気とに分離する汽水分離装置と、汽水分離装置で分離された蒸気を太陽光の熱で加熱する高温加熱装置と、汽水分離装置で分離した水を低温加熱装置に供給する循環ポンプと、を備えた太陽熱集熱システムが記載されている（要約参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第WO2013/002054号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の太陽熱集熱システムを用いて蒸気を生成する場合の、（a）日射量、（b）低温集熱装置メタル温度、（c）汽水分離装置入口蒸気温度、（d）高温集熱装置入口（出口）蒸気流量、（e）高温集熱装置メタル温度、（f）高温集熱装置出口蒸気温度のそれぞれの変化を図15に示す。

[0005] 図15（a）に示すように時刻t1から日射量が増加し始めると、図15（b）および図15（e）に示すように、低温集熱装置および高温集熱装置が起動し、それぞれの集熱装置のメタル温度が増加し始める。そして、低温集熱装置に給水された水は、時刻t3の時点で飽和蒸気温度まで加熱され、飽和温度に達した水－蒸気二相流体は汽水分離装置で蒸気と水に分離される

(図15(c))。一方で、時刻 $t_1 \sim t_4$ (t_3 より若干遅い時刻)までの間、図15(d)に示すように、高温集熱装置にはまだ蒸気が流れておらず、メタル温度が上昇し続けている。この状態で汽水分離装置から徐々に増加しはじめた蒸気を高温集熱装置に流入させると、図15(f)に示すように、時刻 t_4 において、高温集熱装置出口の蒸気温度がオーバーシュートする。その結果、高温集熱装置の伝熱管が損傷する可能性がある。

[0006] 本発明は、上記した実状を鑑みてなされたものであり、その目的は、太陽熱集熱システムにおいて、高温集熱装置の伝熱管の損傷リスクを低減させることにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本発明の第1の手段は、供給された水を太陽光の熱で加熱して蒸気を生成する低温集熱装置と、前記低温集熱装置で生成された水-蒸気二相流体を水と蒸気とに分離する汽水分離装置と、前記汽水分離装置で分離された蒸気を複数のヘリオスタットで反射させた太陽光の熱で加熱して、過熱蒸気を生成する高温集熱装置と、前記高温集熱装置のメタル温度が、前記高温集熱装置の出口における蒸気温度のオーバーシュートを防止するために設定された閾値温度以下となるように、前記複数のヘリオスタットの角度を制御するヘリオスタット制御装置と、を備える太陽熱集熱システムである。

[0008] 第1の手段によれば、高温集熱装置のメタル温度が閾値温度以下に制御されるため、高温集熱装置出口の蒸気温度のオーバーシュートを防止できる。よって、高温集熱装置の伝熱管の損傷リスクを低減することができる。

[0009] 本発明の第2の手段は、前記第1の手段において、前記高温集熱装置のメタル温度を検出するメタル温度検出器と、前記高温集熱装置で生成された過熱蒸気の流量を検出する流量検出器と、を備え、前記ヘリオスタット制御装置は、前記メタル温度検出器で取得した温度データおよび前記流量検出器で取得した流量データに基づいて、前記複数のヘリオスタットの角度を制御することを特徴とする。

- [0010] 第2の手段によれば、高温集熱装置のメタル温度のデータと過熱蒸気の流量のデータとに基づいてヘリオスタットの制御を行っているため、高温集熱装置出口における蒸気温度を高精度で調整できる。よって、高温集熱装置の伝熱管の破損リスクはより一層低減される。
- [0011] 本発明の第3の手段は、前記第1または第2の手段において、前記汽水分離装置の入口の蒸気温度を検出する第1温度検出器を備え、前記ヘリオスタット制御装置は、前記低温集熱装置が起動されたタイミングより後、かつ、前記第1温度検出器で検出された温度が飽和蒸気温度に到達するより前の任意のタイミングで、太陽光が前記高温集熱装置に反射するように前記複数のヘリオスタットの角度を制御することを特徴とする。
- [0012] 第3の手段によれば、高温集熱装置のメタル温度が上昇を開始するのは、低温集熱装置の起動後となるから、高温集熱装置のメタル温度を閾値温度以下に制御するのが簡単である。即ち、第3の手段は、高温集熱装置の起動を低温集熱装置の起動より遅らせるという簡単な制御により、高温集熱装置のメタル温度の上昇を効果的に抑制して、伝熱管の破損リスクを低減しているのである。
- [0013] さらに、第3の手段では、高温集熱装置の起動は、第1温度検出器にて検出される温度が飽和蒸気温度に到達するより前であるから、高温集熱装置のメタル温度が飽和蒸気温度より低い状態で高温集熱装置に蒸気が流入するのを防止できる。
- [0014] 本発明の第4の手段は、前記第1または第2の手段において、前記低温集熱装置の出口の蒸気温度を検出する第2温度検出器を備え、前記ヘリオスタット制御装置は、前記低温集熱装置が起動されたタイミングより後、かつ、前記第2温度検出器で検出された温度が飽和蒸気温度に到達するより前の任意のタイミングで、太陽光が前記高温集熱装置に反射するように前記複数のヘリオスタットの角度を制御することを特徴とする。
- [0015] 第4の手段によれば、高温集熱装置のメタル温度が上昇を開始するのは、低温集熱装置の起動後となるから、高温集熱装置のメタル温度を閾値温度以

下に制御するのが簡単である。即ち、第4の手段は、高温集熱装置の起動を低温集熱装置の起動より遅らせるという簡単な制御により、高温集熱装置のメタル温度の上昇を効果的に抑制して、伝熱管の破損リスクを低減しているのである。

[0016] さらに、第4の手段では、高温集熱装置の起動は、第2温度検出器にて検出される温度が飽和蒸気温度に到達するより前であるから、高温集熱装置のメタル温度が飽和蒸気温度より低い状態で高温集熱装置に蒸気が流入するのを防止できる。

[0017] 本発明の第5の手段は、前記第1～第4の手段の何れか1つにおいて、前記低温集熱装置は、樋状に延びた集光ミラーの内周曲面の上方に伝熱管を配置し、太陽光を集光ミラーで伝熱管に集光することにより、伝熱管内を流通する水を加熱して蒸気を生成するトラフ式の集光・集熱装置、または略平面状の集光ミラーを多数並べて、その集光ミラー群の上方に伝熱管を配置し、太陽光を前記集光ミラー群で伝熱管に集光することにより、伝熱管内を流通する水を加熱して蒸気を生成するフレネル式の集光・集熱装置からなり、前記高温集熱装置は、所定の高さを有するタワーの上に伝熱管パネルを設置し、太陽光を前記複数のヘリオスタットで伝熱管パネルに集光することにより、伝熱管パネル内を流通する水を加熱して蒸気を生成するタワー式の集光・集熱装置からなり、前記ヘリオスタット制御装置は、前記タワーとの距離が遠い方の前記ヘリオスタットを、前記タワーとの距離が近い方の前記ヘリオスタットより先に前記伝熱管パネルに太陽光を集光させるよう角度の調整を行うことを特徴とする。

[0018] 第5の手段によれば、高温集熱装置のメタル温度が急激に上昇することを防止できるため、より一層伝熱管パネルの損傷リスクを抑えることができる。

[0019] 本発明の第6の手段は、前記第5の手段において、前記高温集熱装置にて生成された過熱蒸気に対して水を吹き付けて、当該過熱蒸気の温度を安定させるためのスプレ弁を設けたことを特徴とする。

[0020] 第6の手段によれば、過熱蒸気を安定した温度で供給することができるため、例えば、第6の手段に係る太陽熱集熱システムを太陽熱発電プラントなどに組み込んで用いることにより、プラント全体の性能が高まる。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、高温集熱装置の伝熱管の損傷リスクを低減させることができる。なお、上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明の第1実施形態に係る太陽熱集熱システムの概略構成図である。
- [図2]図1に示す高温集熱装置を設置したタワー式の集光・集熱装置の概略構成図である。
- [図3]図2に示す高温集熱装置の伝熱パネルの概略構成図である。
- [図4]第1実施形態に係る太陽熱集熱システムを用いて蒸気を生成する場合の各種データを示す図である。
- [図5]本発明の第2実施形態に係る太陽熱集熱システムの概略構成図である。
- [図6]トラフ式の集光・集熱装置の構成などを説明するための原理図である。
- [図7]フレネル式の集光・集熱装置の構成などを説明するための原理図である。
- [図8]本発明の第3実施形態に係る太陽熱集熱システムの概略構成図である。
- [図9]本発明の第4実施形態に係る太陽熱集熱システムの概略構成図である。
- [図10]第4実施形態に係る太陽熱集熱システムを用いて蒸気を生成する場合の各種データを示す図である。
- [図11] (a) はタワーとヘリオスタットとの距離Xに対するヘリオスタット1枚あたりの集光効率を示す図であり、(b) は高温集熱装置の上面図である。
- [図12]本発明の第5実施形態に係る太陽熱集熱システムの概略構成図である。
- [図13]本発明の第6実施形態に係る太陽熱集熱システムの概略構成図である。

。

[図14]本発明の第7実施形態に係る太陽熱集熱システムの概略構成図である

。

[図15]従来の太陽熱集熱システムを用いて蒸気を生成する場合の各種データを示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 本発明の内容を下記に記載の実施形態にて詳細に説明するが、本発明が本実施形態にて制限されるものではない。

[0024] 「第1実施形態」

図1は、本発明の第1実施形態に係る太陽熱集熱システムSYS1の概略構成図である。この太陽熱集熱システムSYS1は、太陽熱発電プラントの蒸気タービンに過熱蒸気を供給するために使用される。なお、太陽熱発電プラントは、図示しないが、太陽熱集熱システムSYS1の高温集熱装置5で生成された過熱蒸気で駆動する蒸気タービンと、蒸気タービンの動力で発電する発電機と、蒸気タービンに供給された過熱蒸気を復水する復水器と、復水器で復水された水を太陽熱集熱システムSYS1の低温集熱装置1に供給するラインとを備えて構成される。

[0025] 図1において、符号1は水を太陽光の熱で加熱する低温集熱装置、符号2は給水ポンプ、符号3は給水弁、符号4は低温集熱装置1で生成した水－蒸気二相流体を水と蒸気とに分離する汽水分離装置、符号5は蒸気を太陽光の熱で加熱する高温集熱装置、符号6は太陽、符号7は太陽からの太陽光、符号8はヘリオスタット、符号9はタワー、符号10は蒸気弁、符号11は高温集熱装置5からの蒸気流量を計測する流量計（流量検出器）、符号12は高温集熱装置5のメタル温度を測定する温度計（メタル温度検出器）、符号13は流量計11で取得した流量データおよび温度計12で取得した温度データに基づいて、任意のヘリオスタット8の角度を調整する演算装置（ヘリオスタット制御装置）、符号14は循環ポンプ、符号40はスプレ弁である。なお、スプレ弁40を給水ポンプ2と給水弁3とを繋ぐ配管から分岐した

分岐管に設けているのは、給水の温度が最も安定しており、流量の調整を行い易いからである。

[0026] また、以降の説明では、各構成要素を結ぶ配管をライン〇－〇と表記する。前記の〇には符号が入り、例えば、ライン２－３は給水ポンプ２と給水弁３を結ぶ配管を表している。

[0027] この太陽熱集熱システムＳＹＳ１は、図１に示すように、まず、給水ポンプ２から供給された水はライン２－３を通り、給水弁３により流量が調整され、ライン３－１を通り低温集熱装置１に送られる。この低温集熱装置１では太陽光の熱によって給水を加熱し、水－蒸気二相流体が生成される。生成された水－蒸気二相流体は、ライン１－４を通り汽水分離装置４に送られる。

[0028] 汽水分離装置４に導入された水－蒸気二相流体は、汽水分離装置４にて水と蒸気に分離される。分離された飽和蒸気は、ライン４－５を通り高温集熱装置５へ送られる。その高温集熱装置５に導入された飽和蒸気は、高温集熱装置５にて太陽熱でさらに加熱され、過熱蒸気が生成される。なお、汽水分離装置４で分離された水はライン４－１４を通り、循環ポンプ１４へ送られる。循環ポンプ１４で加圧された水はライン１４－１を通り、低温集熱装置１の入口へ送られる。

[0029] 高温集熱装置５で生成された過熱蒸気はライン５－１１を通り、流量計１１で流量が測定され、ライン１１－１０を通り蒸気弁１０で過熱蒸気の流量が調整される。なお、流量計１１の流量データを演算装置１３に入力する。また、温度計１２で高温集熱装置５のメタル温度が測定される。温度計１２の温度データを演算装置１３に入力する。さらに、演算装置１３は、入力された流量データおよび温度データに基づいて、任意のヘリオスタット８の角度を調整する仕組みとなっている（詳しくは後述する）。なお、本発明のメタル温度検出器は温度計に限定されず、サーモグラフィーやカメラによる撮影データ解析によるものも含まれる。

[0030] 図２は、図１に示す高温集熱装置５を設置したタワー式の集光・集熱装置

の概略構成図であり、図3は、高温集熱装置5の伝熱パネルの概略構成図である。

[0031] 図2に示すように、タワー式集光・集熱装置は、所定の高さ（30～100m程度）を有するタワー9の上に高温集熱装置5（伝熱管パネル27）を設置する。一方、地上面には多数のヘリオスタット8を色々な向きに配置して、太陽6の動きを追尾しながらヘリオスタット8群で高温集熱装置5（伝熱管パネル27）に集光して、過熱蒸気を生成する仕組みになっている。このタワー式の集光・集熱装置は、トラフ式の集光・集熱装置よりも高温の蒸気を生成することができるため、太陽熱発電プラントに用いた場合には、タービン効率を上げて、より多くの電力が得られるという長所を有している。

[0032] また、図3に示すように、高温集熱装置5に用いる伝熱管パネル27は、汽水分離装置4からの蒸気を均等に分配する過熱器下部ヘッダ22と、その過熱器下部ヘッダ22で分配された蒸気を流動させる多数本並列に配置された過熱器伝熱管21と、その過熱器伝熱管21から流出した過熱蒸気を集合させる過熱器上部ヘッダ23で構成される。過熱器上部ヘッダ23から出た過熱蒸気は、図示しない蒸気タービンへ供給される。

[0033] 次に、第1実施形態に係る太陽熱集熱システムSYS1を用いて蒸気を生成する場合の、（a）日射量、（b）低温集熱装置メタル温度、（c）汽水分離装置入口蒸気温度、（d）高温集熱装置入口（出口）蒸気流量、（e）高温集熱装置メタル温度、（f）高温集熱装置出口蒸気温度のそれぞれの変化について、図4を用いて説明する。

[0034] 図4（a）に示すように、時刻 t_1 において日射量が増加し始めると、図4（b）に示すように、低温集熱装置1が起動し、低温集熱装置1のメタル温度が増加し始める。そして、図4（c）に示すように、時刻 t_3 では、汽水分離装置4の入口において、蒸気温度が飽和蒸気温度 T_3 に到達する。このとき、図4（e）に示すように、高温集熱装置5のメタル温度が閾値温度 T_c （ $T_c = 600^{\circ}\text{C} \sim 660^{\circ}\text{C}$ ）を超えないように、演算装置13が、温度流量計11で取得した流量データおよび温度計12で取得した温度データ

に基づいて任意のヘリオスタット 8 の角度調整を行っている。

[0035] これにより、飽和蒸気温度 T_3 まで温度が上昇した飽和蒸気が高温集熱装置 5 に流入した瞬間（図 4（d）の時刻 t_4 ）であっても、高温集熱装置 5 の出口蒸気温度のオーバーシュートする温度量を低減することが可能となり、高温集熱装置 5 の伝熱管の熱的損傷リスクを低減することができる（図 4（f）参照）。

[0036] 「第 2 実施形態」

図 5 は、本発明の第 2 実施形態に係る太陽熱集熱システム SYS_2 の概略構成図である。本実施形態では、トラフ式の集光・集熱装置からなる低温集熱装置 15 を用いている。他の構成などは第 1 実施形態と同様であるので、重複する説明は省略する。

[0037] 図 6 は、トラフ式の集光・集熱装置の構成などを説明するための原理図である。このトラフ式の集光・集熱装置は、図 6 に示すように、樋状に延びた集光ミラー 30 の内周曲面上方の焦点位置に個別に伝熱管 31 を水平に配置し、太陽光 7 を集光ミラー 30 で伝熱管 31 に集光する。各伝熱管 31 内には水 33 が流通しており、伝熱管 31 に集められた熱によってその水 33 が加熱され、伝熱管 31 から水－蒸気二相流体 34 が得られる仕組みになっている。このトラフ式の集光・集熱装置は、高度な集光技術は不要であり、構造が比較的単純であるという長所を有している。

[0038] なお、第 2 実施形態において、トラフ式の集光・集熱装置からなる低温集熱装置 15 の代わりに、フレネル式の集光・集熱装置からなる低温集熱装置を用いても良い。図 7 は、フレネル式の集光・集熱装置の構成などを説明するための原理図である。図 7 に示すように、フレネル式の集光・集熱装置は、平面状あるいは若干曲面状の集光ミラー 35 を、角度を少しずつ変えて多数枚並べて、その集光ミラー 35 群の上方数メートルの所にパネル状になった伝熱管 31 群を水平に配置する。

[0039] 太陽光 7 を集光ミラー 35 群で伝熱管 31 群に集光し、各伝熱管 31 内を流通する水 33 を加熱して、伝熱管 31 から水－蒸気二相流体 34 が得られ

る仕組みになっている。このフレネル式の集光・集熱装置は、トラフ式の曲面集光ミラー30よりも製造が簡便であり、安価に製造でき、しかも集光ミラー35が風圧に影響され難いという長所を有している。

[0040] 「第3実施形態」

図8は、本発明の第3実施形態に係る太陽熱集熱システムSYS3の概略構成図である。図8において、符号17は低温集熱装置1の蒸気出口に設けられた温度計、符号18は低温集熱装置1から汽水分離装置4に導入される水-蒸気二相流体の流量を測定する流量計、符号43は、汽水分離装置4の蒸気入口に設けられた温度計、符号19は演算装置である。他の構成などは第1実施形態と同様であるので、重複する説明は省略する。

[0041] 第3実施形態では、低温集熱装置1の出口に設けられた温度計17で蒸気の温度を、流量計18で蒸気の流量をそれぞれ計測し、各計測データが所定の値になるように、演算装置19が給水弁3の弁開度を制御して低温集熱装置1への給水流量を調整している。具体的には、低温集熱装置1の出口の蒸気温度が300℃以下になるように、低温集熱装置1の給水流量を調整している。これにより、集熱量に応じて低温加熱装置1で生成する蒸気量を最適化することが可能となる。なお、低温集熱装置1の蒸気出口に設けられた温度計17の代わりに、汽水分離装置4の蒸気入口に設けられた温度計43を用い、この温度計43と流量計18とを用いて給水弁3の制御を行うようにしても良い。

[0042] 「第4実施形態」

図9は、本発明の第4実施形態に係る太陽熱集熱システムSYS4の概略構成図である。図9において、符号20は低温集熱装置1の蒸気出口に設けられた温度計、符号21は低温集熱装置1から汽水分離装置4に導入される水-蒸気二相流体の流量を測定する流量計、符号44は、汽水分離装置4の蒸気入口に設けられた温度計、符号22は演算装置である。他の構成などは第1実施形態と同様であるので、重複する説明は省略する。

[0043] 第4実施形態では、低温集熱装置1の出口に設けられた温度計20で蒸気

の温度を、流量計 2 1 で蒸気の流量をそれぞれ計測し、各計測データが所定の値になるように、演算装置 2 2 が低温集熱装置 1 の集熱量を調整している。具体的には、低温集熱装置 1 の出口の蒸気温度が 3 0 0℃以下になるように、低温集熱装置 1 の集熱量を調整している。これにより、給水流量に応じて低温加熱装置 1 で生成する蒸気量を最適化することが可能となる。なお、低温集熱装置 1 の蒸気出口に設けられた温度計 2 0 の代わりに、汽水分離装置 4 の蒸気入口に設けられた温度計 4 4 を用い、この温度計 4 4 と流量計 2 1 とを用いて低温集熱装置 1 の集熱量を制御するようにしても良い。

[0044] さらに、第 4 実施形態では、第 1 実施形態とは異なる制御によって高温集熱装置 5 のメタル温度が閾値温度 T_c 以下を保つようにしている。以下、その制御について、図 1 0 を用いて詳しく説明する。なお、第 4 実施形態において、高温集熱装置 5 のメタル温度の閾値温度 T_c は、6 0 0℃～6 6 0℃に設定してある。また、図 1 0 (d) , (f) , (g) において、実線は本発明の第 4 実施形態に係る太陽熱集熱システム S Y S 4 を用いた場合の変化を、二点鎖線は従来の太陽熱集熱システムを用いた場合の変化を、それぞれ示している。

[0045] 太陽熱集熱システム S Y S 4 では、図 1 0 (a) に示すように、日射量の上昇開始（時刻 t_1 ）と共に低温集熱装置 1 が起動して集光が開始される。すると、図 1 0 (b) に示すように、低温集熱装置 1 のメタル温度が増加し始める。また、低温集熱装置 1 が起動すると、徐々に低温集熱装置 1 を循環する水は加熱され、汽水分離装置 4 の入口流体温度は上昇していく。このとき、高温集熱装置 5 は起動していないため、高温集熱装置 5 のメタル温度は殆ど増加しない（図 1 0 (f) の時刻 $t_1 \sim t_2$ 間を参照）。

[0046] そして、汽水分離装置 4 の入口流体温度が所定の温度 T_2 に達すると（時刻 t_2 ）、図 1 0 (d) に示すようにヘリオスタット 8 の一部の枚数 (N_1 枚) が高温集熱装置 5 の伝熱パネル 2 7 (レシーバ部) に向かうように傾けられる。その結果、太陽光 7 の一部が反射光として高温集熱装置 5 の伝熱パネル 2 7 に当てられる。これにより、高温集熱装置 5 のメタル温度が時刻 t

2から徐々に上昇する（図10（f））。

[0047] さらに、タワー9の伝熱パネル27に向かうように傾けられるヘリオスタット8の枚数は時刻の経過と共に徐々に増えていき、汽水分離装置4の入口の流体温度（温度計44で測定される温度）が飽和蒸気温度 T_3 に到達する時刻 t_3 より少し後である時刻 t_4 になると、全部（ N_2 枚）のヘリオスタット8が伝熱パネル27を向くように傾けられる。

[0048] このように、高温集熱装置5が低温集熱装置1の起動から遅れて起動し、ヘリオスタット8の枚数も徐々に増加するので、高温集熱装置5の集光量は徐々に増加する。その結果、高温集熱装置5のメタル温度を時刻 t_2 から徐々に増加させることができ、かつ、汽水分離装置4で分離された飽和蒸気が高温集熱装置5に導入される時刻 t_4 において、高温集熱装置5のメタル温度を閾値温度 T_c に保持することができる。

[0049] ここで、複数のヘリオスタット8の制御の詳細について、図11を用いて説明する。図11（a）は、タワーとヘリオスタットとの距離 X に対するヘリオスタット1枚あたりの集光効率を示す図であり、図11（b）は高温集熱装置5の上面図である。図11（b）に示すように、ヘリオスタット8はタワー9の周囲に数多く設置されており、タワー9に近い方から順にエリア（a）、エリア（b）、エリア（c）の3つのエリアに分けられている。そして、図示の通り、各エリアに複数のヘリオスタット8が設置されている。

[0050] 図11（a）に示すように、原点であるタワー9からの距離が遠くなる（距離 X の値が大きくなる）ほど、集光効率は低下する。この理由としては、タワー9との距離が遠くなるにつれ、反射光を当てるためにヘリオスタット8の傾斜角が大きくなり、鏡の受光面積が減少するためである（コサイン効果）。なお、上記の集光効率とは、レシーバ部である伝熱パネル27に入射するエネルギー量と鏡の面積当たりの太陽のエネルギー量の比をとったものである。タワー9とヘリオスタット8との距離が近く、反射光を伝熱パネル27へ当てるためのヘリオスタット8の傾斜角が小さいと、受光面積が大きくなるため集光効率は大きくなる。

[0051] 本実施形態では、エリア（a）に設置されたヘリオスタット8は、受光面積が大きく、集光効率が1.0であるのに対し、距離Xの値が大きくなるにつれて集光効率が小さくなっていく。即ち、ヘリオスタット8の集光効率および受光面積の関係は、エリア（a）＞エリア（b）＞エリア（c）となる。

[0052] そして、本実施形態において、ヘリオスタット8の作動は、タワー9から遠い方から近い方の順で行われる。具体的には、演算装置13は、温度計44にて測定された温度データがT2に到達した時刻t2のタイミングで、まずエリア（c）に設置されたヘリオスタット8の角度を制御して太陽光7を高温集熱装置5に反射させるようにする。エリア（c）のヘリオスタット8の制御が完了すると、次に、エリア（b）に設置されたヘリオスタット8の角度を制御し、それが終わると、エリア（a）に設置されたヘリオスタット8の角度を制御する。こうして、図10（d）に示すように、時刻t2から時刻t4にかけてヘリオスタット8の枚数が段階的に増加する。

[0053] なお、図10（d）は、エリア（c）、エリア（b）、エリア（a）の順に段階的にヘリオスタット8の角度を制御し、さらに、各エリア内でもタワー9から遠い方から段階的にヘリオスタット8の角度を制御している例を示している。そのため、時刻t2から時刻t4にかけて曲線を描いてヘリオスタット8の枚数が増加している。なお、エリア毎に一斉にヘリオスタット8の角度を制御しても良く、この場合には、時刻t2～t4間において階段状にヘリオスタット8の枚数が増加することになる。

[0054] このように、タワー9から遠いエリアから近いエリアへと段階的にヘリオスタット8の角度を制御すると、タワー9から遠くなるほどヘリオスタット8の集光効率が低いため、高温集熱装置5に蒸気が流れていない状態において、高温集熱装置5のメタル温度が急激に増加することがない。よって、高温集熱装置5のメタル温度を高精度で調整することができる。その結果、高温集熱装置5の出口の蒸気温度のオーバーシュートの発生が抑えられ、伝熱パネル27の損失リスクが回避される。

[0055] なお、日射量の変動による蒸気温度の変化は、給水弁 3 を操作して給水量を増減することでカバーすれば良い。また、演算装置 13 は、温度計（第 1 温度検出器）44 で計測された温度データに基づいてヘリオスタット 8 を制御しているが、低温集熱装置 1 の蒸気出口に設けられた温度計（第 2 温度検出器）20 で計測された温度データに基づいて、上記したようにヘリオスタット 8 を制御しても良い。

[0056] 「第 5 実施形態」

図 12 は、本発明の第 5 実施形態に係る太陽熱集熱システム S Y S 5 の概略構成図である。図 12 において、符号 23 は汽水分離装置 4 の水位を計測する水位計、符号 25 は低温集熱装置 1 と汽水分離装置 4 の間の水の循環量を調整する循環流量制御弁、符号 24 は演算装置である。他の構成などは第 1 実施形態と同様であるので、重複する説明は省略する。

[0057] 第 5 実施形態では、汽水分離装置 4 の水位が所定の値になるように、給水弁 3 あるいは循環流量制御弁 25 によって給水流量あるいは循環量を調整することができるため、低温集熱装置 1 内の水の保有量を一定に保つことが可能となる。さらに、第 5 実施形態によれば、汽水分離装置 4 のタンクの容量オーバーにより、水が高温集熱装置 5 に流入するのを防止することができる。

[0058] 「第 6 実施形態」

図 13 は、本発明の第 6 実施形態に係る太陽熱集熱システム S Y S 6 の概略構成図である。この図において、符号 26 は熱媒体が循環する熱媒体流路、符号 27 はその熱媒体流路 26 の途中に設けられた熱媒体循環ポンプ、符号 28 は熱媒体流路 26 の途中に設けられ、太陽光 7 を集光して生じた熱を、熱媒体流路 26 を循環する熱媒体に伝達する集光・集熱装置、符号 29 は熱媒体流路 26 の一部が熱交換器として内側に設置された熱交換器付き低温集熱装置である。他の構成などは第 1 実施形態と同様であるので、重複する説明は省略する。

[0059] 第 6 実施形態では、集光・集熱装置 28 で集熱した熱を、熱媒体を介して

熱交換器付き低温集熱装置 29 内の水に伝達する構成になっているため、熱媒体に例えば油や熔融塩といった熱容量が大きい媒体を用いることで、日射量減衰時の低温集熱装置の温度低下を抑制し、日射量回復時に蒸気生成を早めることができる。

[0060] 「第 7 実施形態」

図 14 は、本発明の第 7 実施形態に係る太陽熱集熱システム S Y S 7 の概略構成図である。図 14 において、符号 41 は蒸気弁 10 の下流側に設けられ、図示しない蒸気タービンへ供給される蒸気の温度を計測するための温度計、符号 42 は演算装置である。他の構成などは第 1 実施形態と同様であるので、重複する説明は省略する。

[0061] 第 7 実施形態において、温度計 41 で計測された温度データは演算装置 42 に送られる。演算装置 42 は、温度計 41 の温度データに基づいて、スプレ弁 40 を開閉し、スプレ量を制御する。これにより、蒸気タービンに供給される蒸気の温度を安定させることができる。特に、スプレ弁 40 は図 14 に示す位置に設けられており、給水を使用するためスプレの温度が安定する。その結果、第 7 実施形態では、蒸気温度をより一層安定に保つことができる。

[0062] 以上説明したように、本発明の各実施形態によれば、高温集熱装置 5 のメタル温度を閾値温度以下になるように制御できるから、高温集熱装置出口の蒸気温度がオーバーシュートすることがなく、高温集熱装置の伝熱パネル 27 が損傷するリスクを低減することができる。

符号の説明

- [0063]
- 1 低温集熱装置
 - 4 汽水分離装置
 - 5 高温集熱装置
 - 7 太陽光
 - 8 ヘリオスタット
 - 9 タワー

- 1 1 流量計（流量検出器）
- 1 2 温度計（メタル温度検出器）
- 1 3 演算装置（ヘリオスタット制御装置）
- 1 5 トラフ式低温集熱装置（低温集熱装置）
- 2 0 温度計（第 2 温度検出器）
- 2 7 伝熱パネル
- 3 0 集光ミラー
- 3 1 伝熱管
- 3 5 集光ミラー
- 4 0 スプレ弁
- 4 4 温度計（第 1 温度検出器）
- T 3 飽和蒸気温度
- T c 閾値温度

請求の範囲

- [請求項1] 供給された水を太陽光の熱で加熱して蒸気を生成する低温集熱装置と、
- 前記低温集熱装置で生成された水－蒸気二相流体を水と蒸気とに分離する汽水分離装置と、
- 前記汽水分離装置で分離された蒸気を複数のヘリオスタットで反射させた太陽光の熱で加熱して、過熱蒸気を生成する高温集熱装置と、
- 前記高温集熱装置のメタル温度が、前記高温集熱装置の出口における蒸気温度のオーバーシュートを防止するために設定された閾値温度以下となるように、前記複数のヘリオスタットの角度を制御するヘリオスタット制御装置と、
- を備える太陽熱集熱システム。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記高温集熱装置のメタル温度を検出するメタル温度検出器と、
- 前記高温集熱装置で生成された過熱蒸気の流量を検出する流量検出器と、
- を備え、
- 前記ヘリオスタット制御装置は、前記メタル温度検出器で取得した温度データおよび前記流量検出器で取得した流量データに基づいて、前記複数のヘリオスタットの角度を制御することを特徴とする太陽熱集熱システム。
- [請求項3] 請求項1において、
- 前記汽水分離装置の入口の蒸気温度を検出する第1温度検出器を備え、
- 前記ヘリオスタット制御装置は、前記低温集熱装置が起動されたタイミングより後、かつ、前記第1温度検出器で検出された温度が飽和蒸気温度に到達するより前の任意のタイミングで、太陽光が前記高温集熱装置に反射するように前記複数のヘリオスタットの角度を制御す

ることを特徴とする太陽熱集熱システム。

[請求項4]

請求項 1 において、

前記低温集熱装置の出口の蒸気温度を検出する第 2 温度検出器を備え、

前記ヘリオスタット制御装置は、前記低温集熱装置が起動されたタイミングより後、かつ、前記第 2 温度検出器で検出された温度が飽和蒸気温度に到達するより前の任意のタイミングで、太陽光が前記高温集熱装置に反射するように前記複数のヘリオスタットの角度を制御することを特徴とする太陽熱集熱システム。

[請求項5]

請求項 1 において、

前記低温集熱装置は、

樋状に延びた集光ミラーの内周曲面の上方に伝熱管を配置し、太陽光を集光ミラーで伝熱管に集光することにより、伝熱管内を流通する水を加熱して蒸気を生成するトラフ式の集光・集熱装置、または略平面状の集光ミラーを多数並べて、その集光ミラー群の上方に伝熱管を配置し、太陽光を前記集光ミラー群で伝熱管に集光することにより、伝熱管内を流通する水を加熱して蒸気を生成するフレネル式の集光・集熱装置からなり、

前記高温集熱装置は、

所定の高さを有するタワーの上に伝熱管パネルを設置し、太陽光を前記複数のヘリオスタットで伝熱管パネルに集光することにより、伝熱管パネル内を流通する水を加熱して蒸気を生成するタワー式の集光・集熱装置からなり、

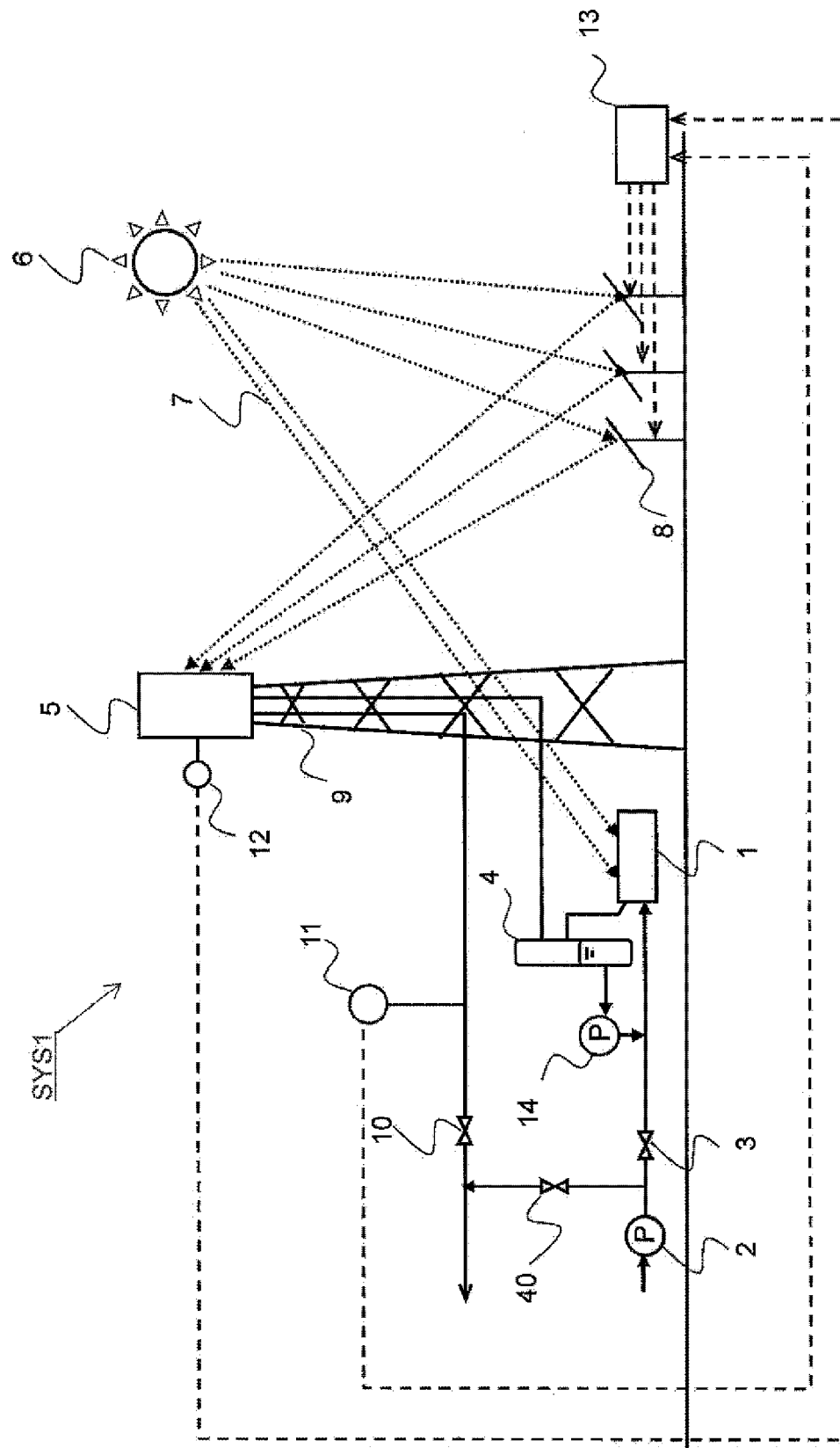
前記ヘリオスタット制御装置は、前記タワーとの距離が遠い方の前記ヘリオスタットを、前記タワーとの距離が近い方の前記ヘリオスタットより先に前記伝熱管パネルに太陽光を集光させるよう角度の調整を行うことを特徴とする太陽熱集熱システム。

[請求項6]

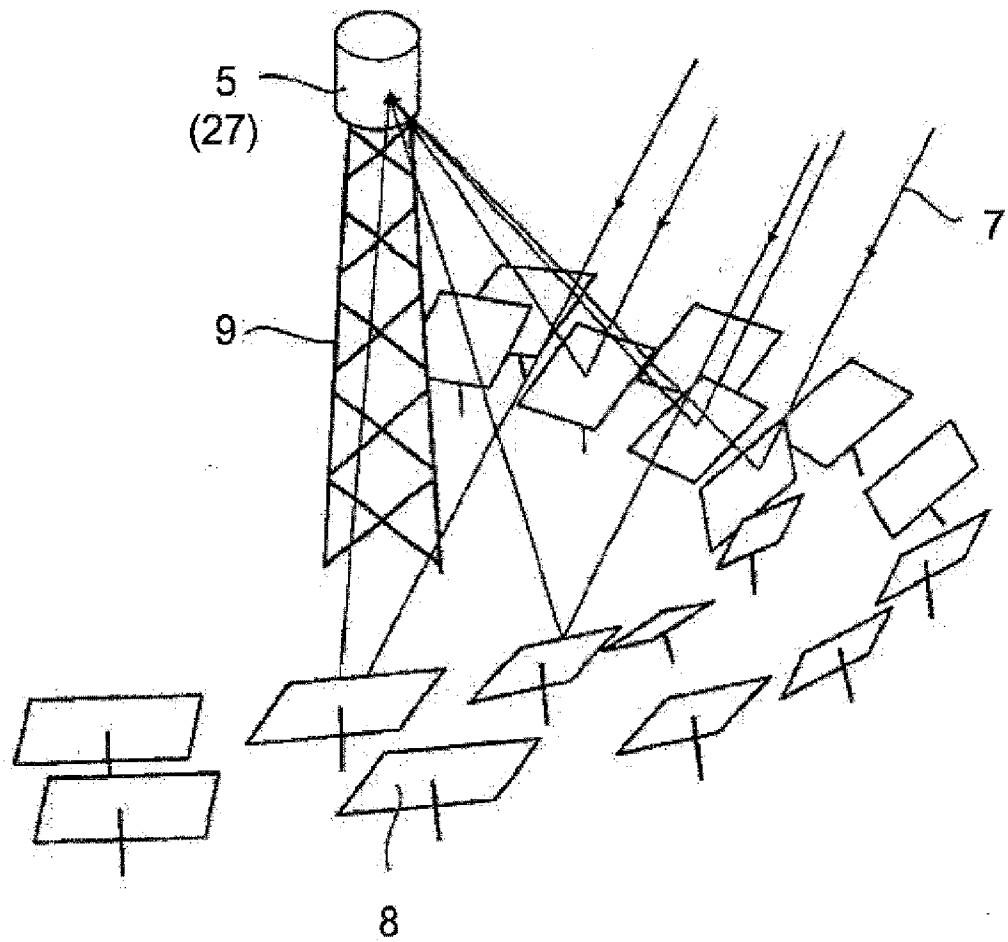
請求項 5 において、

前記高温集熱装置にて生成された過熱蒸気に対して水を吹き付けて、当該過熱蒸気の温度を安定させるためのスプレ弁を設けたことを特徴とする太陽熱集熱システム。

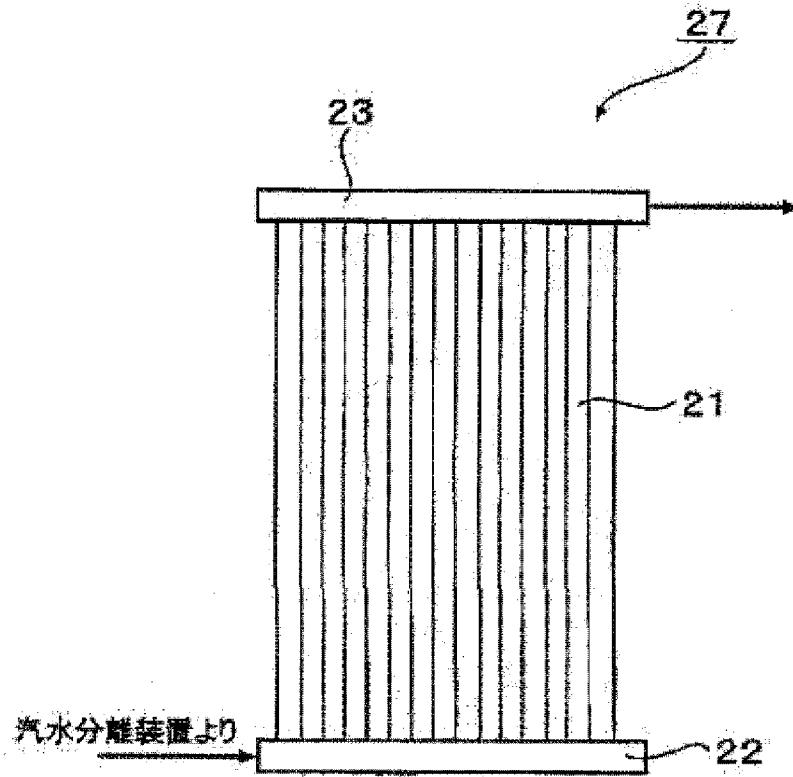
[図1]



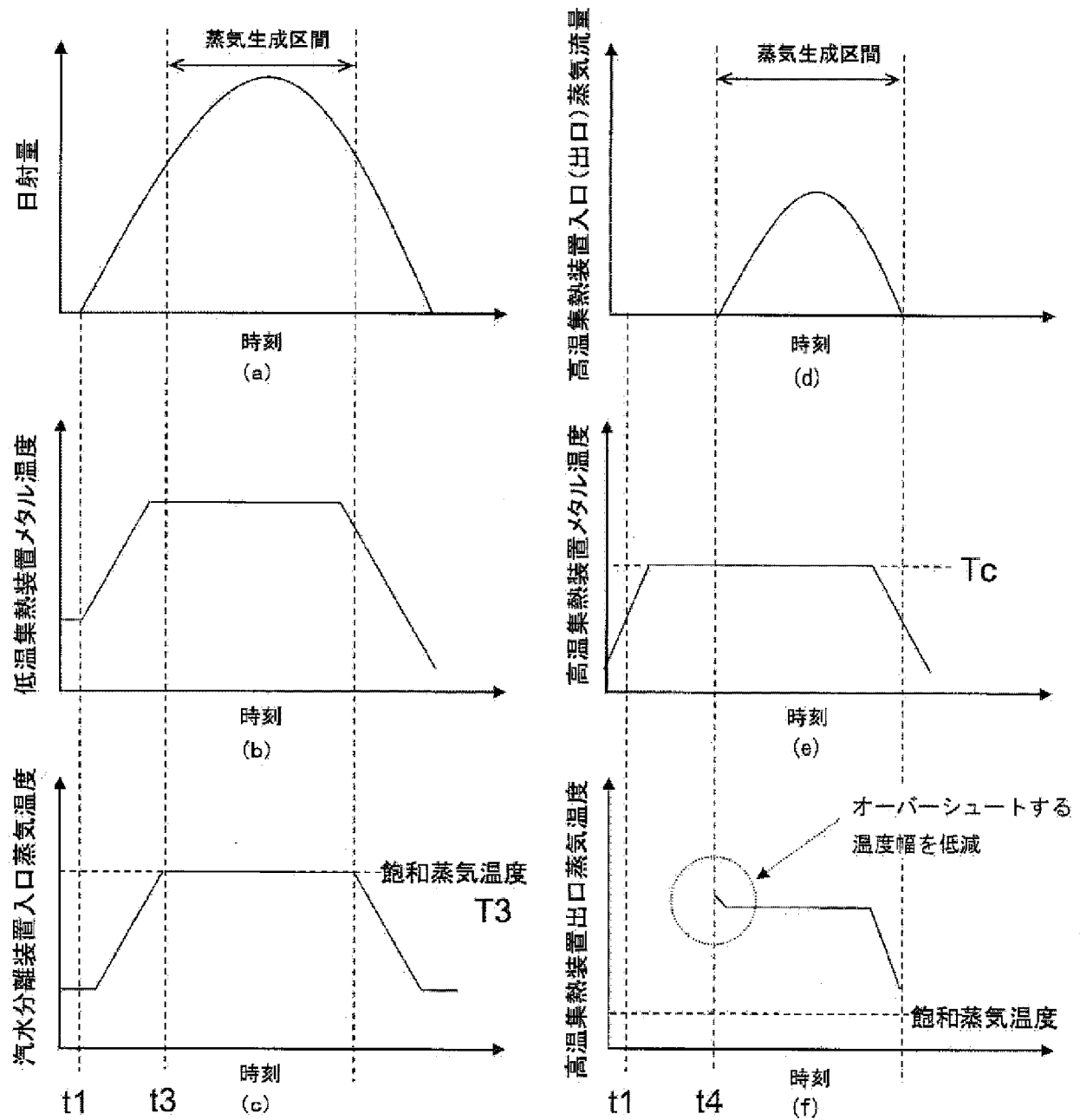
[図2]



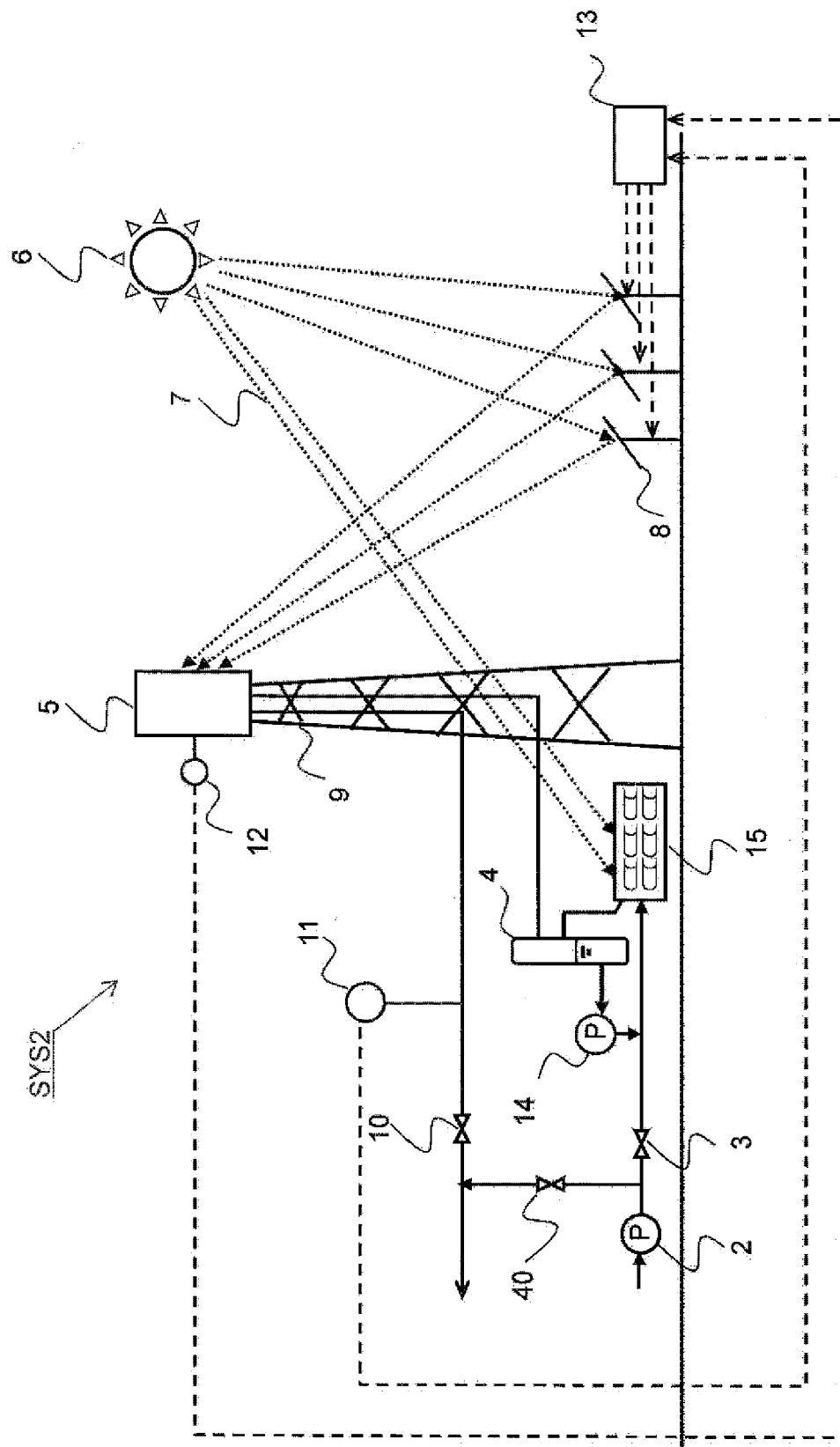
[図3]



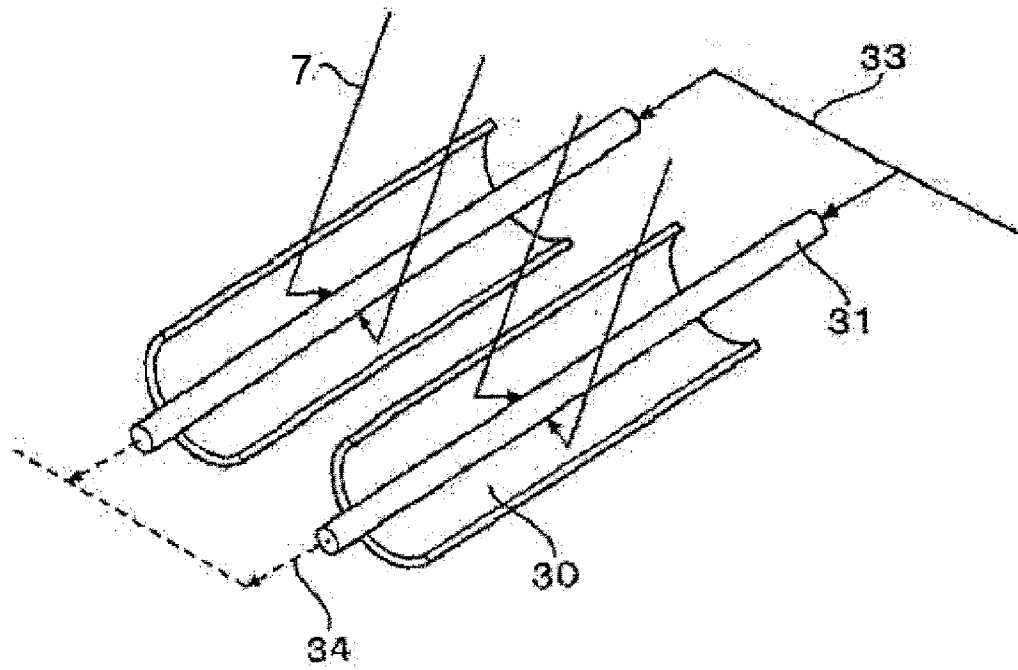
[図4]



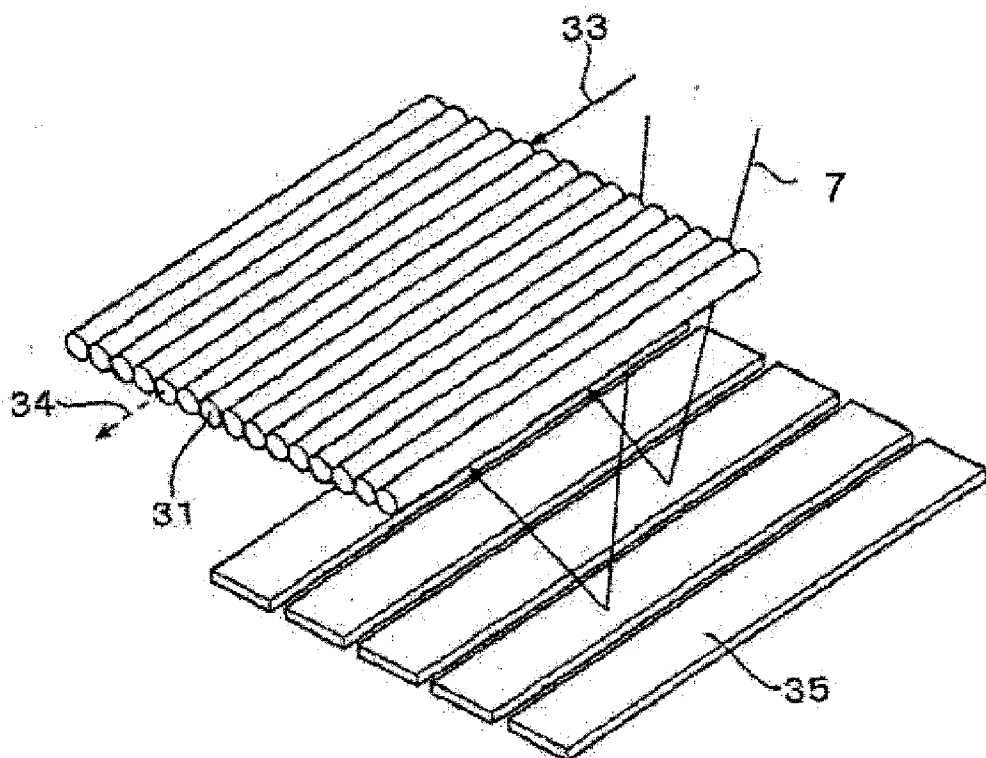
[図5]



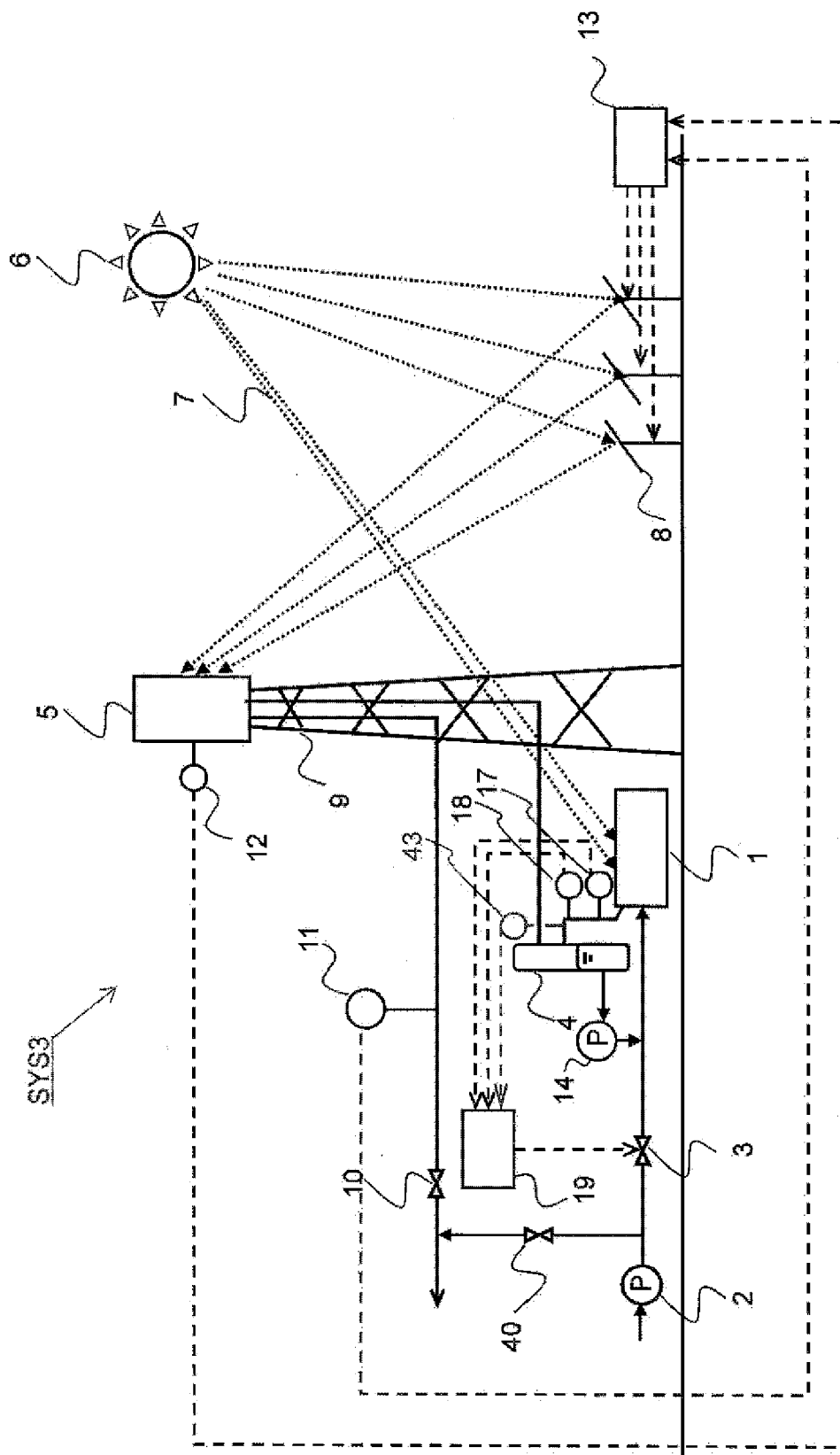
[図6]



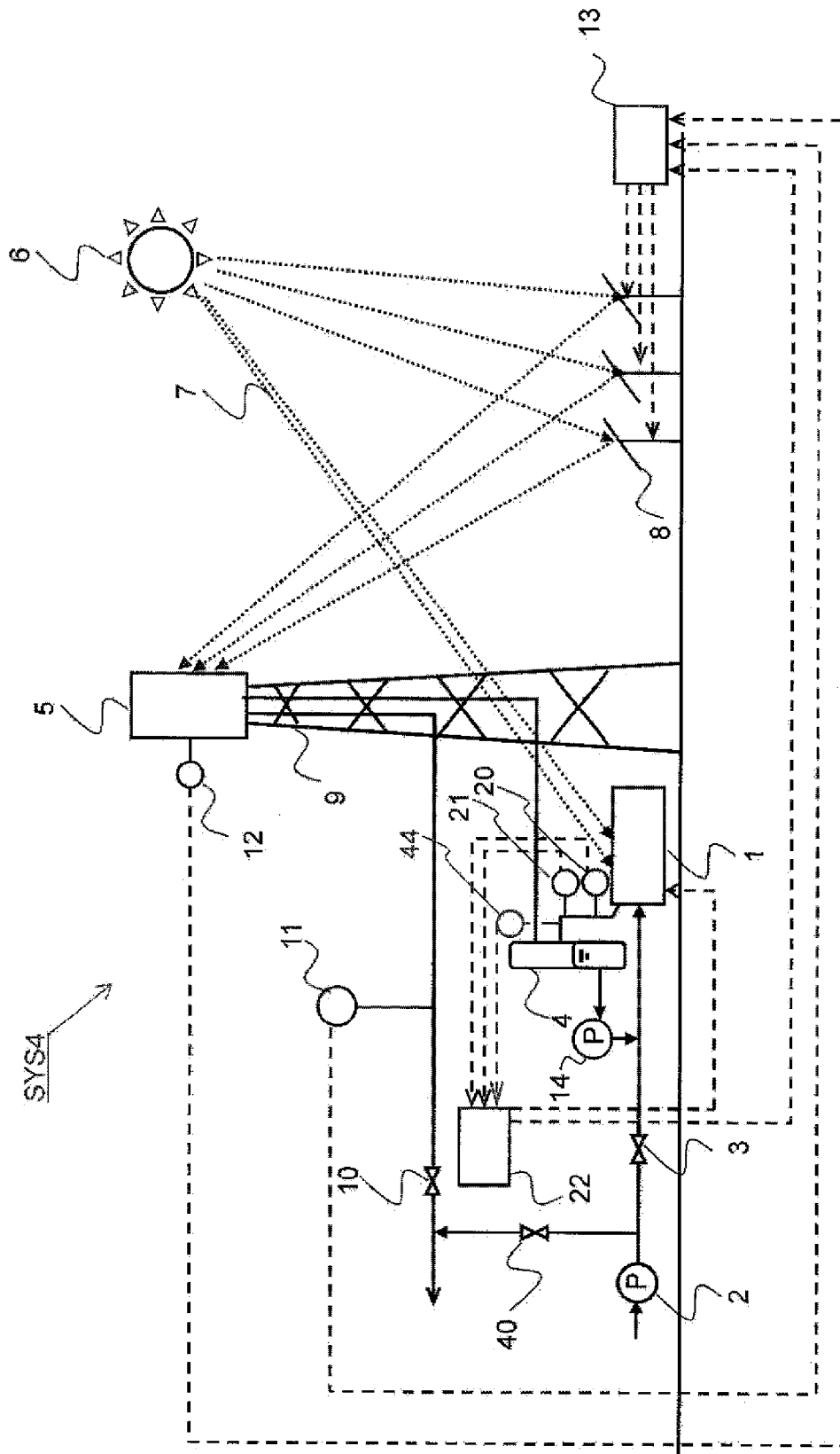
[図7]



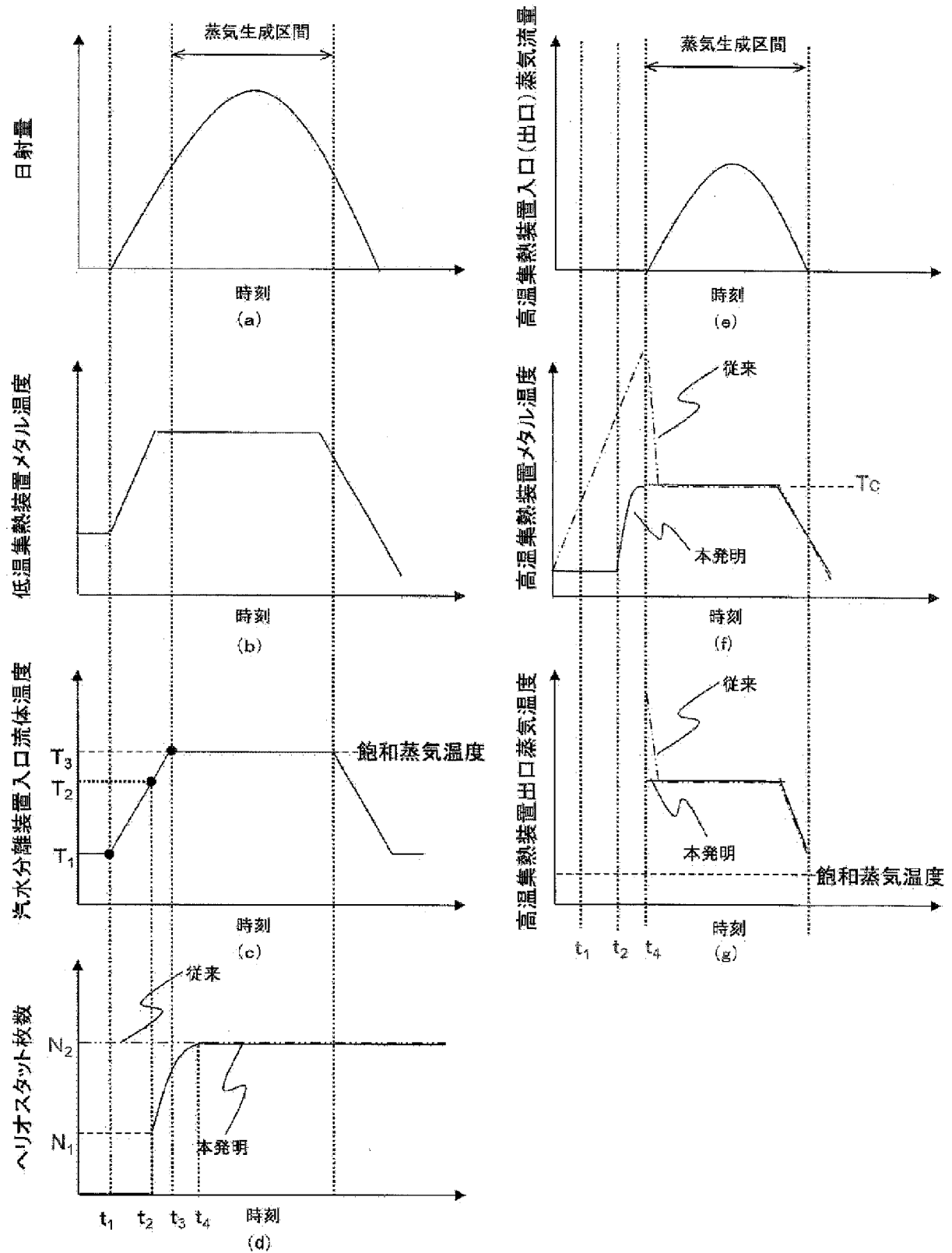
[図8]



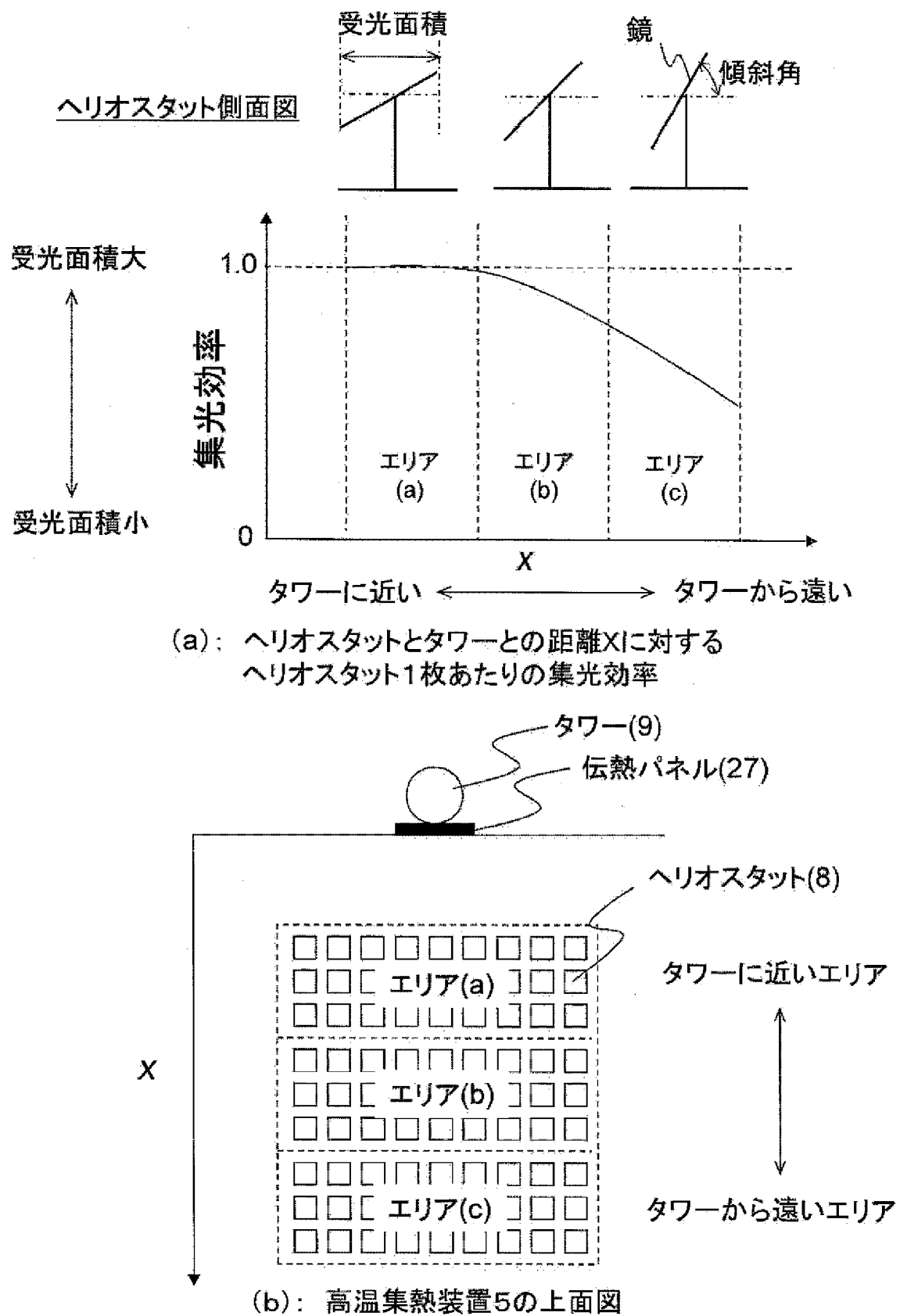
[図9]



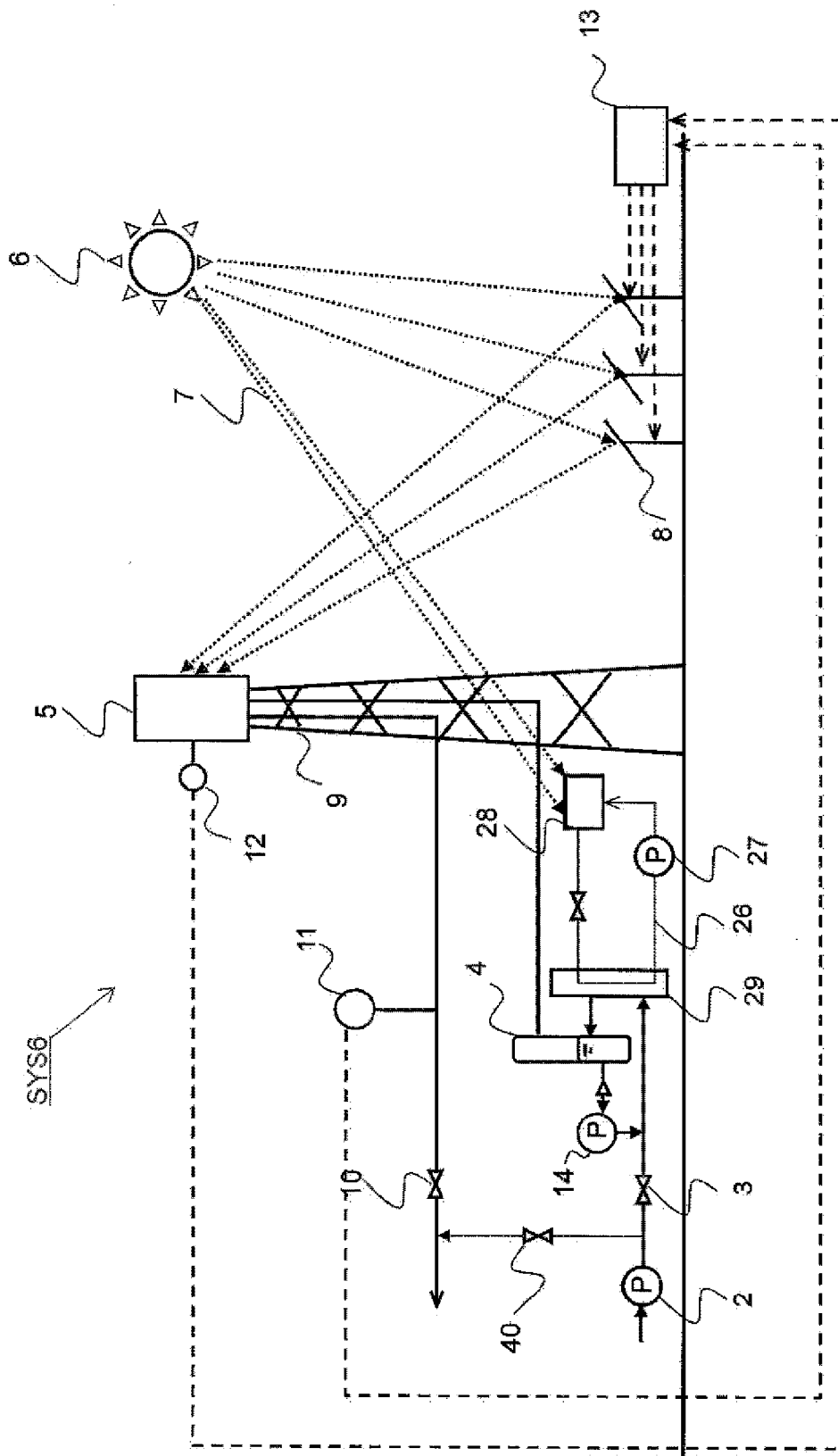
[図10]



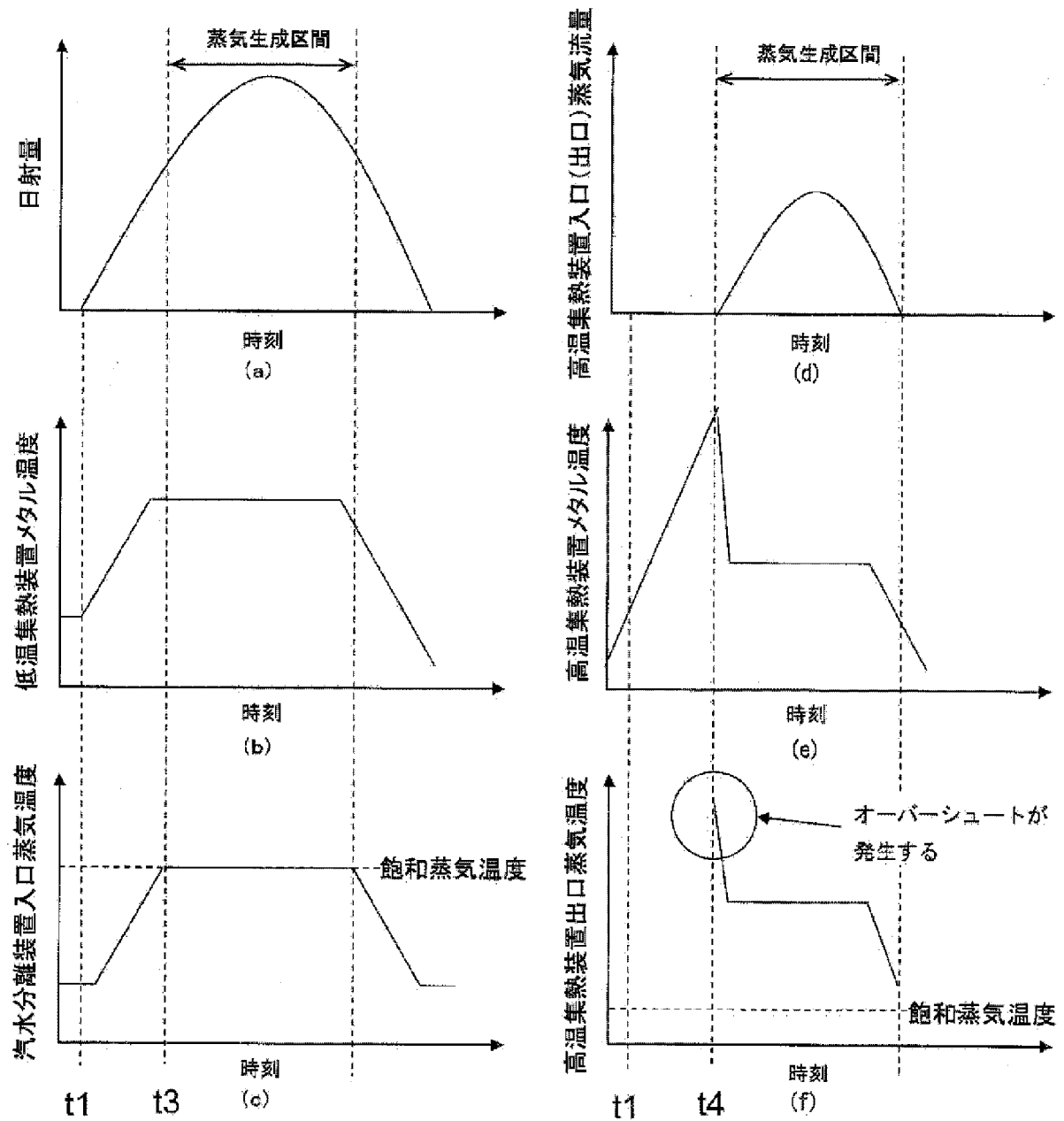
[図11]



[図13]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/055627

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F24J2/42(2006.01)i, F24J2/14(2006.01)i, F24J2/16(2006.01)i, F24J2/38(2014.01)i, F24J2/40(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)

F24J2/42, F24J2/14, F24J2/16, F24J2/38, F24J2/40

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 A	WO 2013/002054 A1 (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 03 January 2013 (03.01.2013), paragraphs [0051] to [0127]; fig. 1 to 16 (Family: none)	1-4 5-6
Y A	JP 2011-163594 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 25 August 2011 (25.08.2011), paragraphs [0021] to [0023], [0058] to [0064]; fig. 1 to 12 (Family: none)	1-4 5-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 May, 2014 (19.05.14)

Date of mailing of the international search report
03 June, 2014 (03.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/055627

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-127536 A (Hitachi Plant Technologies, Ltd.), 05 July 2012 (05.07.2012), paragraphs [0015] to [0024]; fig. 1 to 5 (Family: none)	2-4 1, 5-6
A	JP 56-155339 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 01 December 1981 (01.12.1981), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
P, A	WO 2013/065667 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 May 2013 (10.05.2013), paragraphs [0115] to [0123] & JP 2013-96626 A & JP 2013-96636 A	5-6
P, A	WO 2014/034656 A1 (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 06 March 2014 (06.03.2014), entire text; all drawings (Family: none)	5-6
A	JP 2011-47364 A (Toshiba Corp.), 10 March 2011 (10.03.2011), paragraph [0044]; fig. 1 & US 2011/0048011 A1 & DE 102010039799 A & AU 2010206100 A	6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F24J2/42(2006.01)i, F24J2/14(2006.01)i, F24J2/16(2006.01)i, F24J2/38(2014.01)i, F24J2/40(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F24J2/42, F24J2/14, F24J2/16, F24J2/38, F24J2/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 A	WO 2013/002054 A1（バブコック日立株式会社）2013.01.03, 段落 0051-0127, 図 1-16（ファミリーなし）	1-4 5-6
Y A	JP 2011-163594 A（三菱重工業株式会社）2011.08.25, 段落 0021-0023, 0058-0064, 図 1-12（ファミリーなし）	1-4 5-6
Y A	JP 2012-127536 A（株式会社日立プラントテクノロジー） 2012.07.05, 段落 0015-0024, 図 1-5（ファミリーなし）	2-4 1, 5-6

☒ 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

1 9 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

鈴木 貴雄

3 L

9 5 2 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 3 7

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	JP 56-155339 A (東京芝浦電気株式会社) 1981. 12. 01, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
P, A	WO 2013/065667 A1 (三菱重工業株式会社) 2013. 05. 10, 段落 0115-0123 & JP 2013-96626 A & JP 2013-96636 A	5-6
P, A	WO 2014/034656 A1 (バブコック日立株式会社) 2014. 03. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	5-6
A	JP 2011-47364 A (株式会社東芝) 2011. 03. 10, 段落 0044, 図 1 & US 2011/0048011 A1 & DE 102010039799 A & AU 2010206100 A	6