

(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
2012年9月13日(13.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/120556 A1

- (51) 国際特許分類:
F03G 6/00 (2006.01) F22B 3/00 (2006.01)
F01K 23/10 (2006.01) F24J 2/42 (2006.01)
F01K 25/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/001305
- (22) 国際出願日: 2011年3月7日(07.03.2011)
- (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(米国を除く全ての指定国について): 株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 吉田 卓弥(YOSHIDA, Takuya) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内 Ibaraki (JP). 永淵 尚之(NAGAFUCHI, Naoyuki) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内 Ibaraki (JP). 小野英樹(ONO, Hideki) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社 日立製作

所 エネルギー・環境システム研究所内 Ibaraki (JP).

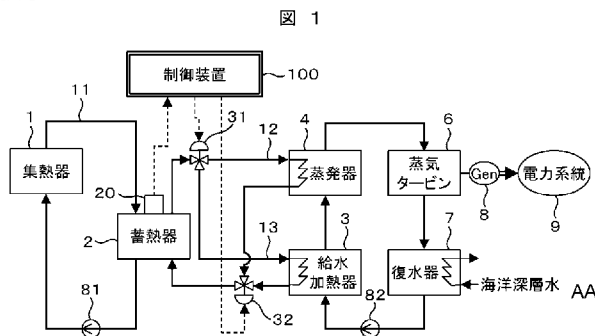
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE, Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社 日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SOLAR HEAT STEAM CYCLE SYSTEM

(54) 発明の名称: 太陽熱蒸気サイクルシステム

[図1]



- 1 Heat collector
- 2 Heat accumulator
- 3 Water supply heater
- 4 Evaporator
- 6 Steam turbine
- 7 Condenser
- 9 Power system
- 100 Control device
- AA Deep seawater

(57) Abstract: The objective of the present invention is to provide a solar heat steam cycle system capable of operating efficiently and stably in accordance with the status of collected heat or accumulated heat, and to provide a control method thereof. This solar heat steam cycle system is equipped with a heat collector (1) that collects solar heat energy, a heat accumulator (2) that stores the solar heat energy collected with the heat collector, a water supply heater (3) that heats supplied water, an evaporator (4) that causes the water supplied from the water supply heater to evaporate, and a steam turbine (6) driven by the steam generated by the evaporator, and is characterized by being equipped with an adjustment valve (31) that adjusts the allocation of the heating medium supplied to the evaporator and the water supply heater from the heat accumulator.

(57) 要約: 本発明の目的は、集熱或いは蓄熱の状況に応じて効率的かつ安定的に運用可能な太陽熱蒸気サイクルシステムとその制御方法を提供することである。太陽熱エネルギーを集熱する集熱器(1)と、該集熱器で集熱した太陽熱エネルギーを蓄える蓄熱器(2)と、給水を加熱する給水加熱器(3)と、該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器(4)と、該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービン(6)と、を備えた太陽熱蒸気サ

イクルシステムにおいて、前記蓄熱器から前記蒸発器及び給水加熱器に供給する熱媒体の配分を調節する調節弁(31)を備えたことを特徴とする。

WO 2012/120556 A1

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 太陽熱蒸気サイクルシステム

技術分野

[0001] 本発明は、太陽熱を利用して蒸気タービンを駆動するシステムに関する。

背景技術

[0002] 近年、エネルギー有効利用の観点から、従来あまり有効利用されていなかった自然エネルギーを利用した発電システムの開発、普及が進められている。この自然エネルギー利用システムの一つとして太陽熱発電システムがある。

[0003] 太陽熱発電システムは、太陽の放射熱を集熱装置で油など熱媒体の顕熱に変換し、こうして得た顕熱を蓄熱装置に蓄えた上で、蒸発器に供給して蒸気を発生させ、発生した蒸気で蒸気タービンを駆動して発電することが一般的である。このようなシステム構成について、例えば特許文献1に示されている。また、蓄熱装置に回収した熱を蒸発器に供給する代わりに、蒸発器の給水加熱用として供給する例が特許文献2に示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭59-180016号公報

特許文献2：特開2007-132330号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 太陽熱蒸気サイクルシステムは、供給側である太陽熱回収量と、需要側である電力需要がそれぞれ別々に変動するため、需給のバランスを取って安定的かつ効率的に運用することが求められる。この点について、集熱・蓄熱の状況や電力需要の変動に応じて効率的に運用するための太陽熱蒸気サイクルシステムの構成や運用制御方法について、上述の文献1、2に代表される従来技術では詳細に検討されていなかった。

[0006] 本発明の目的は、集熱或いは蓄熱の状況に応じて効率的かつ安定的に運用可能な太陽熱蒸気サイクルシステムとその制御方法を提供することである。

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、本発明の太陽熱蒸気サイクルシステムは、太陽熱エネルギーを集熱する集熱器と、該集熱器で集熱した太陽熱エネルギーを蓄える蓄熱器と、給水を加熱する給水加熱器と、該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器と、該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービンと、を備えた太陽熱蒸気サイクルシステムにおいて、前記蓄熱器から前記蒸発器及び給水加熱器に供給する熱媒体の配分を調節する調節弁を備えたことを特徴とする。

[0008] また、太陽熱エネルギーを集熱する集熱器と、給水を加熱する給水加熱器と、該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器と、該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービンと、を備えた太陽熱蒸気サイクルシステムにおいて、前記集熱器から前記蒸発器及び給水加熱器に供給する熱媒体の配分を調節する調節弁を備えたことを特徴とする。

[0009] また、太陽熱エネルギーを集熱する集熱器と、該集熱器で集熱した太陽熱エネルギーを蓄える蓄熱器と、給水を加熱する給水加熱器と、該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器と、該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービンと、を備えた太陽熱蒸気サイクルシステムにおいて、前記集熱器から前記蒸発器、給水加熱器及び蓄熱器に供給する熱媒体の配分を調節する調節弁を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、集熱或いは蓄熱の状況に応じて効率的かつ安定的に運用可能な太陽熱蒸気サイクルシステムとその制御方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の一実施例である太陽熱蒸気サイクルシステムの構成図。

[図2]本発明の他の実施例である太陽熱蒸気サイクルシステムの構成図。

[図3] 図2に示す制御装置の演算回路例。

[図4] 図2に示す制御装置の別の演算回路例。

[図5] 図2に示す制御装置の別の演算回路例。

[図6] 比較例1である太陽熱蒸気サイクルシステムの構成図。

[図7] 比較例2である太陽熱蒸気サイクルシステムの構成図。

[図8] 本発明の他の実施例である太陽熱蒸気サイクルシステムの構成図。

発明を実施するための形態

[0012] 太陽熱蒸気サイクルシステムでは、供給側である太陽熱回収量と、需要側である電力需要がそれぞれ別々に変動するため、需給のバランスを取り、かつ高効率を維持して運用することが困難であった。特に、日射量の変化により蒸気圧力が変動し、蒸気タービン効率を常時最大に保つことができないという課題がある。

[0013] これに対して、以下詳述する本実施例の概要は次の通りである。

(1) 集熱装置での集熱状態に応じて、熱媒体の顕熱の供給先を、蒸発器と給水加熱器と蓄熱器で切替える弁と配管からなる集熱切替システムを備える。

(2) 蓄熱装置での蓄熱状態に応じて、蓄熱装置で蓄えた熱の供給先を、蒸発器と給水加熱器で切替える弁と配管からなる蓄熱切替システムを備える。

(3) 集熱・蓄熱状態によって取出可能な蒸気圧力・流量に応じて、蒸気タービン効率が最大となるような補助ボイラの蒸気発生量を特定する、補助ボイラ最適蒸気流量演算回路を備える。

(4) 集熱・蓄熱状態によって取出可能な蒸気圧力・流量と、電力需要に応じて、蒸気タービン効率が最大となるような補助ボイラの蒸気発生量を特定する、補助ボイラ最適蒸気流量演算回路を備える。

(5) 集熱・蓄熱状態によって取出可能な蒸気熱量と設定圧力に応じて、蒸気タービン効率が最大となるような補助ボイラの蒸気発生量を特定する、補助ボイラ最適蒸気流量演算回路を備える。

[0014] 上述の手段(1)～(3)を用いて集熱・蓄熱状況に応じて熱の利用先を切替えることにより、従来は利用できなかった運転範囲で熱を有効利用で

きるようになるため、運用の安定性とシステムの熱効率が向上する。

[0015] 上述の手段（３）～（５）を用いて、集熱・蓄熱状況や電力需要の変動に応じて、蒸気タービン運転効率が最大になるよう運用制御できるので、システムの熱効率が向上する。

[0016] （比較例の太陽熱蒸気サイクルシステムと問題点）

本発明と対比するため、はじめに、比較例となる太陽熱蒸気サイクルシステムを説明する。

[0017] 図６に、比較例１の太陽熱蒸気サイクルシステムの構成例を示す。本システムは、太陽熱エネルギーを集める集熱器１と、該集熱器１で集めた熱エネルギーを貯える蓄熱器２と、給水を熱する給水加熱器３と、該給水加熱器３から供給された水を熱して蒸気を発生させる蒸発器４と、該蒸発器４で発生した蒸気によって駆動する蒸気タービン６と、該蒸気タービン６から排出された蒸気を冷却・凝縮させて水に戻す復水器７を基本構成要素として、集熱器１に集められた太陽熱エネルギーを保持する熱媒体を配管経路１１を通して蓄熱器２に輸送して貯え、蓄熱器２に貯えた熱を別の熱媒体によって配管経路１２を通じて蒸発器４に輸送して供給することにより、太陽熱エネルギーを蒸気タービン６を含む蒸気サイクルに有効利用する仕組みとなっている。

[0018] 図７に、比較例２として太陽熱蒸気サイクルシステムの別の構成例を示す。本システムは、集熱器１，蓄熱器２，給水加熱器３，蒸発器４，蒸気タービン６，復水器７という基本構成要素は前述の図６と同じであり、蓄熱器２に貯えた熱を図６のように配管経路１２を通じて熱媒体を輸送して蒸発器４に供給するのではなく、代わりに、配管経路１３を通じて熱媒体を輸送して給水加熱器３に供給する点が異なる。

[0019] これら比較例は、集熱器１における集熱量の時間的変動を蓄熱器２で吸収する効果がある。しかし、蓄熱器２の蓄熱状態に応じて効率的にシステム運用する観点ではなお課題があった。例えば、図６の比較例１は、蓄熱器２の蓄熱量が相対的に小さく、蓄熱媒体の温度が蒸発器４での蒸気発生に必要な

温度よりも低い場合、蓄熱器 2 に貯えた熱を給水加熱器 3 と蒸発器 4 と蒸気タービン 6 からなる蒸気サイクル側で有効利用できない。また、図 7 の比較例 2 は、蓄熱器 2 の蓄熱量が相対的に大きく、蓄熱媒体の温度が蒸発器 4 での蒸気発生に必要な温度よりも高い場合であっても、貯えた熱をより温度の低い給水加熱器 3 の給水を加熱するのにしか使うことができず、貯えた熱量に応じて高い温度範囲で有効利用できない。

[0020] (実施例 1)

図 1 に、本発明の太陽熱蒸気サイクルシステムの第 1 の実施例を示す。本システムは、上述の比較例 (図 6, 図 7) と同様に、集熱器 1, 蓄熱器 2, 給水加熱器 3, 蒸発器 4, 蒸気タービン 6, 復水器 7, 蓄熱器 2 に貯えた熱を蒸発器 4 に利用するために熱媒体を輸送する配管経路 1 2、蓄熱器 2 に貯えた熱を給水加熱器 3 で利用するために熱媒体で輸送する配管経路 1 3 を有している。これに加えてさらに、蓄熱器 2 から蒸発器 4 への配管経路 1 2 と蓄熱器 2 から給水加熱器 3 への配管経路 1 3 に通流させる前記熱媒体の流量の配分を変化させる流量調節弁 3 1 と、蒸発器 4 と給水加熱器 3 から蓄熱器 2 に還流する熱媒体の流れを切替えもしくは合流させる弁 3 2 と、蓄熱器 2 に貯えられた熱の温度または総熱量 (以下、蓄熱量と総称) を計測ないし推定する蓄熱量取得手段 2 0 と、蓄熱量取得手段 2 0 で得た蓄熱量の情報を入力として、該蓄熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、前記蒸発器向け熱利用配管 1 2 への前記熱媒体の流量配分を相対的に多くし、蓄熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、前記給水加熱器向け熱利用配管 1 3 への熱媒体の流量配分を相対的に多くするよう、前記流量調節弁 3 1 と弁 3 2 の開度を決定する制御装置 1 0 0 を備えている。

[0021] 本システムは、例えば蓄熱器 2 に貯えた蓄熱量 (すなわち、蓄熱量取得手段 2 0 で計測ないし、計算、推定された蓄熱量) の判定基準を「蓄熱媒体の温度が蒸発器 4 での蒸気発生に必要な温度よりも高いかどうか」とすると、この基準を満たす場合には蒸発器 4 への熱利用が相対的に多くなるので、高温で貯えられた熱を高温の用途で有効利用することができる。一方、この基

準を満たさない場合には、例えば蒸発器 4 への熱供給を遮断し、給水加熱器 3 への熱利用に全量を回すように弁 3 1 と 3 2 を切替えるような運用ができるため、低温で貯えられた熱であっても有効利用することができる。このように、蓄熱器 2 に蓄えた熱量の大小に応じて、熱の利用先での高温用と低温用途の割合（蒸発器 4 での利用温度は給水加熱器 3 での利用温度よりも高い）を変えることができるので、蓄熱状態に応じてより効率的に給水加熱器 3 と蒸発器 4 と蒸気タービン 6 からなる蒸気サイクル側で熱利用できる。

[0022] さらに第二の判定基準として、「蓄熱媒体の温度が給水加熱器 3 で給水を加熱するのに必要な温度よりも高いかどうか」とし、制御装置 100 において、この判定基準を満たす場合には給水加熱器 3 には熱供給するよう弁 3 2 の開度指令値を決定し、満たさない場合は熱供給しないよう弁 3 1, 3 2 の全閉指令を発生させるよう給水加熱器への熱利用の関わる演算回路を構成することも可能である。こうすると、第二の判定基準を満たさない場合においては、蓄熱器 2 にそのまま熱を貯え続け、給水加熱器 3 と蒸発器 4 と蒸気タービン 6 からなる蒸気サイクル側では効率を落とすことなく全体システムを運用できる（もし、この第二の判定基準による運用がない場合、判定基準に満たない場合に相当する蓄熱状態では給水加熱器 3 に低温の熱媒体が供給されて給水温度を下げるため、蒸気サイクル側の効率を下げることになる）。

[0023] なお、前記蓄熱量取得手段 20 における蓄熱量は、例えば蓄熱器 2 に設置された温度センサー（図では省略）で取得され蓄熱体の温度 T と、蓄熱体の質量 M と、比熱 C_p を用いて、計算式 $Q = (T - T_0) \times M \times C_p$ により推定できる（ここで温度 T_0 は熱量計算の基準温度を示す）。あるいは蓄熱体の質量が一定値に近い場合などは蓄熱体の温度 T が貯えた熱量の程度を実質的に示すことになるので、 $T - T_0$ によって間接的に蓄熱量を示すことも可能である。また蓄熱器への流入・流出エネルギーが計測されている場合、その流入・流出量の差を時間に沿って積分して蓄熱量を推定することも可能である。蓄熱量取得手段 20 はこのように蓄熱器 2 の蓄熱体温度の計測値または関連情報の推定値を入力として、蓄熱体に貯えられた熱量の程度を前述の

式のように定量的に計算する演算回路を備え、計算された蓄熱量を出力するものであればよい。

[0024] また、前述した蓄熱器 2 に貯えた蓄熱量の判定基準（例えば「蓄熱媒体の温度が蒸発器 4 での蒸気発生に必要な温度よりも高いかどうか」、「蓄熱媒体の温度が給水加熱器 3 で給水を加熱するのに必要な温度よりも高いかどうか」）の該非判定の機械的演算方法としては、加熱対象となる温度（蒸発器 4 の場合は蒸気温度、給水加熱器 3 の場合は給水温度または給水加熱の目標温度）と、蓄熱量取得手段 20 で取得された温度（または蓄熱量取得手段 20 で取得された熱量から上述の関係式等（例えば $Q = (T - T_0) \times M \times C_p$ ）に基づいて算出された温度）を入力とし、これらの大小比較に基づいて評価するものであればよい。

[0025] また、前述の制御装置 100 は、具体的には入出力端子と内部回路を有する制御盤として実現され、前記蓄熱量取得手段 20 で取得された蓄熱量が制御盤への入力信号であり、当該蓄熱量が上述した蓄熱量の判定基準を満たすかどうかの機械的演算と、判定結果に応じた配管経路 12 と配管経路 13 への流量配分値または切替えの有無は、制御盤内に実装された内部演算回路で予め定められた計算式によって実行され、最終的に流量調整弁 31 及び弁 32 への開度指令または開閉指令（切替指令含む）として制御盤から出力される信号となる。前記内部演算回路で予め定められた計算式とは、例えば、判定結果が前述の第一の蓄熱量の判定基準「蓄熱媒体の温度が蒸発器 4 での蒸気発生に必要な温度よりも高いかどうか」を満たす場合は、前記蒸発器向け熱利用配管 12 への前記熱媒体の流量配分を相対的に多くし、満たさない場合は、前記給水加熱器向け熱利用配管 13 への熱媒体の流量配分を相対的に多くするような弁 31、32 の開度を決定するものであればよく、あるいは例えば前述の第二の判定基準「蓄熱媒体の温度が給水加熱器 3 で給水を加熱するのに必要な温度よりも高いかどうか」の判定基準を満たす場合には弁 31、32 を開いて給水加熱器 3 に熱供給し、満たさない場合は熱供給しないよう弁 31、32 を全閉するよう弁 31、32 の開度を決定するものであれ

ばよい。

[0026] また、本システムの復水器7は、流入する蒸気を凝縮させるために深さ約200メートル以深から管路で取得された海洋深層水を通流させて熱交換する冷却手段を備えているとなおよい。この場合、システム全体の効率をさらに向上させることができる。これは、海洋深層水の温度は一般に約10℃以下と、通常冷却水として用いられる海水等の温度よりも低いために復水器の真空度が増し、これによって蒸気タービンの熱落差が増加し、かつ、蒸気タービン低圧段から排出された蒸気の復水器への吸引効果が増加し、蒸気タービンの効率と出力が増加するためである。本システムをこのように構成した場合、周辺環境において、太陽熱という最も高温の自然熱源と、海洋深層水という最も低温の自然熱源の温度差を活用することにより、立地環境に応じた汲み上げ可能なエネルギーを効率的に周囲の自然環境から取得することができる。

[0027] なお、以上のように本図は復水器7を含む復水タービンシステムを例に説明してきたが、これとは別に復水器を含まない背圧タービンシステムとして全体を構成することも可能である。この場合、図1との違いは、復水器7がなく蒸気タービン6から排出される蒸気が熱利用などの用途に供給されるか放出されることと、給水加熱器3への給水が復水器7からの循環でなく、独立した給水システムになることであり、このほかに蒸気タービン6の仕様が復水タービンから背圧タービンに変わることがある。しかし、蓄熱状態に応じて熱の利用先を蒸発器と給水加熱器で切替えることにより、効率的に熱利用できることに変わりはない。

[0028] (実施例2)

図2に、本発明の太陽熱蒸気サイクルシステムの第2の実施例を示す。本システムは、前述の比較例(図6, 図7)と同様に、集熱器1, 蓄熱器2, 給水加熱器3, 蒸発器4, 蒸気タービン6、および、集熱器1から蓄熱器2に熱媒体を通流させる蓄熱器向け配管経路11(図では集熱器1から弁33, 36を経て蓄熱器2に至る経路)、蓄熱器2に貯えた熱を蒸発器4に利用

するために熱媒体を輸送する配管経路 1 2（図では蓄熱器 2 から弁 3 7, 3 8, 3 9, 3 4 を経て蒸発器 4 に至る経路）、蓄熱器 2 に貯えた熱を給水加熱器 3 で利用するために熱媒体で輸送する配管経路 1 3（図では蓄熱器 2 から弁 3 7, 3 8, 3 9 を経て給水加熱器 3 に至る経路）を有している。これに加えてさらに、集熱器 1 から蒸発器 4 に熱媒体を通流させる配管経路 1 5（図では集熱器 1 から弁 3 3, 3 4 を経て蒸発器 4 に至る経路）と、集熱器 1 から給水加熱器 3 に熱媒体を通流させる配管経路 1 6（図では集熱器 1 から弁 3 3, 3 6, 3 8, 3 9 を経て給水加熱器 3 に至る経路）と、集熱器 1 または蓄熱器 2 から供給される熱媒体の流れを給水加熱器 3 を回避して還流させるための配管経路 1 4（図では集熱器 1 から弁 3 3, 3 6, 3 8, 3 7, 4 0 を経てポンプ 8 1 に至る流れ、または蓄熱器 2 から弁 3 7, 4 0 を経てポンプ 8 1 に至る流れ）と、蓄熱器 2 から蒸発器 4 への前記配管経路 1 2 と給水加熱器 3 への前記配管経路 1 3 に通流させる前記熱媒体の流量の配分を変化させる流量調節弁 3 9 と、蒸発器 4 と給水加熱器 3 から集熱器 1 に還流する熱媒体の流れを切替えもしくは合流させる弁 3 5 と、集熱器 1 から蓄熱器 2 への前記配管経路 1 1 と蒸発器への前記配管経路 1 5 に通流させる熱媒体の流量の配分を変化させる流量調節弁 3 3 と、集熱器 1 から蒸発器 4 への前記配管経路 1 5 と蓄熱器 2 から蒸発器 4 への前記配管経路 1 2 を切替えもしくは合流させる弁 3 4 と、集熱器 1 から蓄熱器 2 への前記配管経路 1 1（ここでは特に弁 3 6 から蓄熱器 2 への経路部分）と集熱器 1 から給水加熱器 3 への配管経路 1 7（図では番号省略。弁 3 3 から 3 6, 3 8, 3 9 を経て給水加熱器 3 に至る経路。ここでは特に弁 3 6 以降の経路）に通流させる熱媒体の流量の配分を変化させる流量調節弁 3 6 と、集熱器 1 から給水加熱器 3 への前記配管経路 1 7（特に弁 3 8 から 3 9 を経て給水加熱器 3 に至る経路）と集熱器 1 から給水加熱器 3 への熱供給を回避する前記配管経路 1 4（特に弁 3 8 から 3 7, 4 0 を経てポンプ 8 1 に至る流れ）の熱媒体の流量の配分を変化させる流量調節弁 3 8 と、蓄熱器 2 から給水加熱器 3 への前記配管経路 1 3 に通流させる熱媒体の流量あるいはさらに給水加熱器 3 への熱

供給を回避する前記配管経路 14（ここでは特に弁 37 から 40 を経てポンプ 81 に至る流れ）の熱媒体の流量を変化させる流量調節弁 37 と、蓄熱器 2 と給水加熱器 3 から集熱器 1 に還流する熱媒体の流れを切替えもしくは合流させる弁 40 と、集熱器 1 に集められた熱の温度または総熱量（以下、集熱量と総称）を計測ないし推定する集熱量取得手段 10 と、蓄熱器 2 に貯えられた熱の温度または総熱量（以下、蓄熱量）を計測ないし推定する蓄熱量取得手段 20 と、弁 33 から 41 及び給水ポンプ 83 を制御する制御装置 100 を備えている。

[0029] 制御装置 100 は、集熱量取得手段 10 で得た集熱量または蓄熱量取得手段 20 で得た蓄熱量の情報（以下適宜、取出可能熱量と総称）を入力として、i) 該集熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、集熱器 1 から蒸発器 4 への配管経路 15 の流量が集熱器 1 から給水加熱器 3 への配管経路 16 よりも大きくなるように流量調整弁 33 の開度指令値（当該 2 経路の全閉全開切替えを含む）を決定し、ii) 前記集熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、集熱器 1 から蒸発器 4 への配管経路 15 の流量が集熱器 1 から給水加熱器 3 への配管経路 16 よりも小さくなるように、流量調整弁 33 の開度指令値（当該 2 経路の切替えを含む）を決定する。あるいは、i) 該蓄熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、蓄熱器 2 から蒸発器 4 への配管経路 12 の流量が蓄熱器 2 から給水加熱器 3 への配管経路 13 の流量よりも大きくなるように流量調整弁 39 の開度指令値（当該 2 経路の切替えを含む）を決定し、ii) 前記蓄熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、蓄熱器 2 から蒸発器 4 への配管経路 12 の流量が蓄熱器 2 から給水加熱器 3 への配管経路 13 の流量よりも小さくなるように流量調整弁 39 の開度指令値（当該 2 経路の切替えを含む）を決定する。

[0030] 本システムは、前述の図 1 の例と同様に、蓄熱器 2 に蓄えた熱量の判定基準に応じて、熱の利用先での高温用途と低温用途の割合（蒸発器 4 での利用温度は給水加熱器 3 での利用温度よりも高い）を変えることができるので、蓄熱状態に応じてより効率的に熱を蒸気サイクル側（給水加熱器 3、蒸発器

4、蒸気タービン6で構成される系統)で有効利用できる。また、図1の例で述べた第二の判定基準を用いた場合についての構成と効果も同様である。

[0031] 本システムが図1の例と異なる点としては、弁33と弁36の組合せにより集熱器1で集めた熱を蒸発器4または給水加熱器3または蓄熱器2に供給して利用する割合が配分調整可能となっている。すなわち、弁33によって蒸発器4への熱利用の配分が調整でき、弁36によって蒸発器4に配分されなかった残りの熱量を給水加熱器3と蓄熱器2にそれぞれどれだけ配分するか調整できる。従って、例えば集熱器1で集めた熱量に関する前記判定基準を「集熱器1で加熱されて弁33に向かって供給される熱媒体の温度が蒸発器4での蒸気発生に必要な温度よりも高いかどうか」とすると、この基準を満たす場合には蒸発器4への熱利用が相対的に多くして、高温で集められた熱を高温の用途で有効利用することができ、一方、この基準を満たさない場合には給水加熱器3への熱利用が相対的に多くするか、全量を給水加熱器3の熱利用に回す(蒸発器4への熱利用を遮断)ことによって、低温で集められた熱であってもそのまま有効利用することができ、また残りの熱を蓄熱器2に貯留しておくことができる。このように、集熱器1に集められた熱量の大小に応じて、熱の利用先での高温と低温の割合(蒸発器4での利用温度は給水加熱器3での利用温度よりも高い)を変えることができるので、集熱状態に応じてより効率的に熱を蒸気サイクル側(給水加熱器3、蒸発器4、蒸気タービン6で構成される系統)で有効利用できる。

[0032] また、集熱器1で集めた熱量(すなわち集熱量取得手段10で計測ないし計算、推定された熱量)に関する第二の判定基準として、「集熱器1で加熱されて弁33を経て供給される熱媒体の温度が給水加熱器3で給水を加熱するのに必要な温度よりも高いかどうか」とし、制御装置101において、この判定基準を満たす場合には給水加熱器3に熱供給するように、満たさない場合は熱供給しないように、弁36における蓄熱器2向けと給水加熱器3向けの流量配分に応じた弁開度指令値を決定するよう給水加熱器への熱利用の関わる演算回路を構成することも可能である。このようにすると、集熱量が

第二の判定基準を満たさない場合においては、蓄熱器 2 にそのまま熱を貯え続け、給水加熱器 3 と蒸発器 4 と蒸気タービン 6 からなる蒸気サイクル側では効率を落とすことなく全体システムを運用できる。（もし、この第二の判定基準による運用がない場合、判定基準を満たさない場合に相当する集熱状態では給水加熱器 3 に低温の熱媒体が供給されて給水温度を下げるため、蒸気サイクル側の効率を下げることになる）。

[0033] 上述の集熱量の第二の判定基準を用いた制御装置の別の例としては、前述の第二の判定基準を満たさない場合において、弁 3 3 については蒸発器 4 への経路を閉じ、弁 3 6 については蓄熱器 2 への経路を閉じ、弁 3 8 においては給水加熱器 3 への経路を閉じ、弁 3 7 に集熱器 1 に還流する経路を開くよう、これらの弁の開閉指令（開度を含む）を生成する低集熱量時用の演算回路を制御装置 1 0 1 内に構成してもよい。このようにすると、集熱量が第二の判定基準を満たさない場合においては、集熱器で集められた温度の低い熱を、蒸発器 4、給水加熱器 3、蓄熱器 2 のすべてをバイパスして集熱器 1 に還流させることができ、起動時や悪天候で集熱量が低いときに蒸気サイクル系（給水加熱器 3、蒸発器 4、蒸気タービン 6 で構成される系統）の給水や蒸気が冷却されて効率低下することを回避して運用可能である。

[0034] なお、前記集熱量取得手段 1 0 における集熱量は、例えば集熱器 1 に設置された温度センサー（図では省略）で取得された集熱器を通流する熱媒体の温度 T と、集熱器 1 に流入または集熱器 1 から流出する配管に備えられた流量センサーで取得された熱媒体の流量 G と、熱媒体の比熱 C_p を用いて、計算式 $q = (T - T_0) \times G \times C_p$ により推定できる（ここで温度 T_0 は熱量計算の基準温度を示す）。あるいは熱媒体の温度 T は、温度差を用いて利用可能な熱の質を示すことになるので、 $T - T_0$ によって間接的に熱量を示すことも可能である。また集熱器への流入・流出流体のエネルギーが計測されている場合、その流入・流出量の差を時間に沿って積分して集熱量を推定することも可能である。集熱量取得手段 1 0 はこのように集熱器 1 を通流する熱媒体温度の計測値または推定値を入力として、集熱器に集められた熱量の

程度を前述の式のように定量的に計算する演算回路を備え、計算された集熱量を出力するものであればよい。

[0035] また、前述した集熱器 1 に集められた熱量の判定基準（例えば「熱媒体の温度が蒸発器 4 での蒸気発生に必要な温度よりも高いかどうか」、「熱媒体の温度が給水加熱器 3 で給水を加熱するのに必要な温度よりも高いかどうか」）の該非判定の機械的演算方法としては、加熱対象となる温度（蒸発器 4 の場合は蒸気温度、給水加熱器 3 の場合は給水温度または給水加熱の目標温度）と、集熱量取得手段 10 で取得された温度（または集熱量取得手段 10 で取得された熱の量ないし質の指標から上述の関係式等（例えば $q = (T - T_0) \times M \times C_p$ ）に基づいて算出された温度）を入力として、これらの大小比較に基づいて評価するものであればよい。

[0036] また、蓄熱量取得手段 20 における蓄熱量の計測ないし計算・推定方法と、蓄熱量の判定基準については、図 1 と同様である。

[0037] また、前述の制御装置 101 は、具体的には入出力端子と内部回路を有する制御盤として実現され、前記集熱量取得手段 10 で取得された集熱量または前記蓄熱量取得手段 20 で取得された蓄熱量の少なくとも一方（以下、利用可能熱量と総称）が制御盤への入力信号であり、当該利用可能熱量が上述した判定基準を満たすかどうかの機械的演算と、判定結果に応じた蒸発器 4 ・給水加熱器 3 ・蓄熱器 2 への熱媒体の流量配分値に対応する各弁の開度指令（開閉切替指令を含み、また全てをバイパスして集熱器 1 に還流する場合を含む）は、制御盤内に実装された内部演算回路で予め定められた計算式によって実行され、最終的に弁 33, 36, 38, 37 への開度指令または開閉指令（切替指令含む）として制御盤から出力される信号となる。前記内部演算回路で予め定められた計算式とは、前述のシステム構成の説明で制御装置 101 について述べたように、集熱量または蓄熱量の判定結果に応じて上記各弁の開度または開閉の指令値を決定するものであればよく、あるいはさらに例えば前述の第二の判定基準「蓄熱媒体の温度が給水加熱器 3 で給水を加熱するのに必要な温度よりも高いかどうか」の判定基準を満たす場合には

弁 37, 38 を通流する経路から給水加熱器 3 に熱供給し、満たさない場合は熱供給しないよう弁 37 から弁 40, 35 を通る経路に熱媒体を還流させるよう、各弁の開度を決定するものであればよく、同様に、第二の判定基準の別の例「集熱器 1 で加熱された熱媒体の温度が給水加熱器 3 で給水を加熱するのに必要な温度よりも高いかどうか」の判定基準を満たす場合には弁 33, 36, 38 を通流する経路から給水加熱器 3 に熱供給し、満たさない場合は熱供給しないよう弁 33, 36, 38 を経て弁 37, 40 へと通流する経路に熱媒体を還流させるよう、各弁の開度を決定するものであってもよい。

[0038] 本例（図 2）が前述の図 1 の例と異なる特徴として、より時間スケールの短い変動に対応できることがある。これは、集熱器 1 での集熱量（すなわち集熱量取得手段 10 で取得される集熱量）は、蓄熱器 2 の蓄熱量（蓄熱量取得手段 20 で取得される蓄熱量）よりも時間に沿った変動が大きく、これに対して、弁 33, 36, 38, 37 を設けて、集熱状況（特に温度または熱量）に応じて熱の供給先を蒸発器 4 と給水加熱器 3 と蓄熱器 2 で切替可能になっており、太陽日射状況に依存して変動する回収熱量をそのまま損失なく使いきることができるためである。このように、集熱器 1 で集められた熱を蓄熱器 2 を介さずに蒸発器 4 と給水加熱器 3 と蓄熱器 2 に配分制御する本システムは、蓄熱器 2 が保守や故障によって停止している場合や、蓄熱器 2 の容量を超過する熱量が集熱器 1 で集められた場合にも使うことができ、有用である。

[0039] また、このように集熱器 1 で集められた熱を蓄熱器 2 を介さずに蒸発器 4 と給水加熱器 3 と蓄熱器 2 に配分制御するシステムは、敷地面積の制限等により蓄熱器 2 を設けられない場合に対しても有効であり、このような場合に対応するシステムは、図 2 の構成要素から蓄熱器 2 と、蓄熱量取得手段 20 と、蓄熱器 2 への熱の入力と出力を調整する弁 36, 37 を除いて構成することができる。

[0040] なお、本システムの復水器 7 に関しては、先に図 2 で説明したのと同様に

、蒸気を凝縮させるための冷却水として海洋深層水などを用いると、システム全体の効率をさらに向上させることができる。また同様に、復水器 7 をシステム構成から除いて、蒸気タービン 6 を復水タービンでなく、背圧タービンとして構成することも可能で、この場合も、上述した、より時間スケールの短い変動への対応、蓄熱器の保守時や故障時や蓄熱容量超過時の柔軟な運用性、といった効果を発揮できる。

[0041] (実施例 3)

図 3, 図 4, 図 5 に、蒸気サイクルの機器特性を考慮してさらに高効率に運用する制御方法の例を示す。これらは、太陽熱蒸気サイクルシステムの課題、すなわち、日射量の変化により蒸気圧力が変動し、蒸気タービン効率を常時最大に保つことができないという課題を解決するものである。(なお日射量によって蒸気圧力が変動するのは、日射量によって集熱器 1 または蓄熱器 2 に集められた熱媒体の温度が変化し、この熱媒体と蒸発器 4 で熱交換して得られる蒸気の温度が熱媒体温度を超えることができないためである。例えば、早朝や夜など日射量の低い時間帯に熱媒体の温度が低ければ、蒸気温度も日中と比べて低くなる)。

[0042] 前提となるシステム構成は図 2 と共通であるが、本実施例に係る特有の構成としては以下の通りである。第一に、実施例 2 で述べた構成要素の他に、蒸発器 4 とは別の熱源ないし燃料を用いて蒸気を発生させる補助ボイラ 5 と、蒸発器 4 の圧力と流量をそれぞれ計測または推定・計算して取得する圧力取得手段 7 3 および流量取得手段 7 4 と、蒸発器 4 に集熱器 1 から供給される熱媒体の温度と流量をそれぞれ計測または推定・計算して取得する温度取得手段 7 1 および流量取得手段 7 2 を備えている。第二に、制御装置 1 0 1 は、これらの圧力取得手段 7 3, 流量取得手段 7 4, 温度取得手段 7 1, 流量取得手段 7 2 で得た信号を適宜入力情報に用いられる。以下、図 3, 図 4, 図 5 それぞれについて説明する。

[0043] 図 3 は、制御装置 1 0 1 (図 2) に備えられた演算回路の例 (最適補助蒸気流量演算回路 1 0 1 1) を示している。最適補助蒸気流量演算回路 1 0 1

1は、前記圧力取得手段73（図2）で取得された蒸気圧力131（図3）と、前記流量取得手段74（図2）で取得された蒸発器流量132（図3）（蒸発器4への給水流量または蒸発流量）を入力として受けて、蒸気タービン6（図2）の効率を高く維持するための蒸気タービン最適蒸気流量135（図3）と補助ボイラ最適流量141（図3）（補助ボイラ5の給水流量又は蒸発流量）を出力する。最適補助蒸気流量演算回路1011は内部に、前記蒸気圧力131の入力を受け、その圧力において蒸気タービン6（図2）の効率が最大になるような蒸気流量135を予め定められた関係に基づいて計算して出力する最適流量演算回路111と、この最適流量演算回路111から出力された蒸気タービン最適流量135および前述の蒸発器流量132の入力を受け、前者から後者を差し引いたものを補助ボイラ流量141として算出して出力する（負値の場合は流量ゼロとする）補助ボイラ流量演算回路112を備えている。前記最適流量演算回路111は、蒸気圧力を入力したときに、タービン効率が最大になる蒸気流量が出力されるよう、予め、蒸気タービン6の特性に基づいて、圧力と流量の関係が数表または相関式などの形で関数化されている。

[0044] 最適補助蒸気流量演算回路1011を用いた全体システム運用制御の仕組みを前述の図2を用いて説明すると以下の通りである。最適補助蒸気流量演算回路1011（図3）は制御装置101（図2）内に組み込まれており、制御装置101内では、最適補助蒸気流量演算回路1011から出力された補助ボイラ最適流量141と蒸気タービン最適流量135が取得される。取得された補助ボイラ最適流量141は、補助ボイラ5の流量がこれに一致するよう、（給水加熱器3から）蒸発器4と補助ボイラ5への給水流量を配分する流量調整弁41への開度指令値に変換される。これは予め定められた弁41の流量－開度関係に基づいて、制御装置101内で実行される。同様に、取得された蒸気タービン最適流量135は蒸気サイクル（給水加熱器3，蒸発器4，補助ボイラ5，蒸気タービン6からなる系統）全体に給水するポンプ83への給水指令値に変換される。こうして得られた開度指令値が流量

調節弁 4 1 に、給水指令値が給水ポンプ 8 3 に信号として伝送され、流量調整弁 4 1 と給水ポンプ 8 3 がこれに応答して作動することによりシステム全体が運用制御される。

[0045] 本システムは、変動する蒸気圧力に対して、蒸気タービン効率の点で最適な蒸気流量を最適流量演算回路 1 1 1 で計算し、蒸気タービン 6（或いは蒸発器 4 と補助ボイラ 5 の発生蒸気が導かれる合流器 5 0）に供給される蒸気流量がこの流量と一致するように、補助ボイラ 5 の流量を補助ボイラ流量演算回路 1 1 2 で定めることにより、蒸気タービン 6 の効率を高く保って運転できる。この点で本システムは、太陽熱システムで発生した蒸気の圧力と流量に基づいてシステムを最適運用するのに適している。

[0046] また、本システムは蒸気タービン 6 の発電出力が、蒸気圧力 1 3 1 と流量 1 3 5 に従属して決まるため、発電出力の指令値に従った運転が求められないような場合、すなわち、電力系統 9（図 2）に対する電力供給設備が本システムのプラント（以下、本プラント）以外にも存在しており、本プラントでは必要な電力需要に対して太陽熱から回収可能な量だけ発電すればいいような場合に好適である。

[0047] なお図 2 は、補助ボイラへの給水系統が、給水加熱器 3 から蒸発器 4 への系統から分岐しているが、補助ボイラ 5 への給水系統は蒸発器への給水とは別に構成されていてもよい。この場合の補助ボイラ給水流量制御システムは、前記補助ボイラ最適流量 1 4 1（最適補助蒸気流量演算回路 1 0 1 1 で計算された値）になるように補助ボイラ 5 への給水ポンプ流量を操作する構成になっていればよい。以降の例（図 4，図 5）についても同様である。

[0048] また本例では、最適補助蒸気流量演算回路 1 0 1 1 の中を複数の演算回路（最適流量演算回路 1 1 1 と補助ボイラ流量演算回路 1 1 2）で構成して示したが、これは制御回路がこのように別々の演算チップから構成されていることを示すものではなく、機能の構成を説明するものであり、実際の制御回路がこれらの回路に相当する機能を有しているものであればよい（以降の例についても同様である）。

[0049] (実施例 4)

図 4 は、制御装置 101 (図 2) に備えられた演算回路の別の例 (最適蒸気圧力・流量演算回路 1012) を示している。最適蒸気圧力・流量演算回路 1012 は、集熱器 1 (図 2) に集められるか蓄熱器 2 (図 2) に貯えられるかした形で存在する利用可能熱量 133 (図 4) の値と、蒸気タービン 6 (図 2) の発電機 8 (図 2) で発生させた電力が供給される電力系統 9 (図 2) の電力需要量 134 (図 4) を入力として受けて、蒸気タービン 6 (図 2) の効率を高く維持するための蒸気タービン最適圧力 136 (図 4) と、蒸気タービン最適流量 138 (図 4)、補助ボイラ最適流量 141 (図 4) (補助ボイラ 5 の給水流量又は蒸発流量) を出力する。ここで、利用可能熱量 133 とは、具体的には集熱量取得手段 10 (図 2) または蓄熱量取得手段 20 (図 2) で取得された熱量、あるいは、温度取得手段 71 で取得された温度 T と流量取得手段 72 で取得された流量 G を用いて式 $Q = (T - T_0) \times C_p \times G$ に基づいて計算された集熱器 1 からの利用可能熱量 (式中で T_0 は熱量計算の基準温度、 C_p は比熱を表す) の値である。また、電力需要 134 の値は時系列予測やニューラルネットなど任意の公知手法により別途取得されたものである。

[0050] この最適蒸気圧力・流量演算回路 1012 は、その内部に、前記電力需要量 134 の入力を受けて、その電力需要に相当する発電量を得るための蒸気タービン 6 (図 2) の最適運転条件、すなわち、蒸気タービン効率が最も高くなるような最適蒸気圧力 136 と最適蒸気流量 138 の組合せを特定して出力する蒸気タービン最適運転条件演算回路 113 と、この蒸気タービン最適運転条件演算回路 113 から出力された最適蒸気圧力 136 と前述の利用可能熱量 133 を入力として受け、この利用可能な熱量 133 を蒸発器 4 で蒸気圧力 136 の蒸気に変換したときに得られる蒸気流量 137 (以下、利用可能蒸気流量) を推定して出力する蒸発器流量演算回路 114 と、この蒸発器流量演算回路 114 から出力された利用可能蒸気流量 137 および蒸気タービン最適運転条件演算回路 113 から出力された最適蒸気流量 138 の

入力を受け、後者から前者を差し引いたものを補助ボイラ流量 1 4 1 として出力する（負値の場合は流量ゼロとする）補助ボイラ流量演算回路 1 1 2 を備えている。

- [0051] ここで、蒸気タービン最適運転条件演算回路 1 1 3 は、予め、蒸気タービン 6 の蒸気圧力 P と蒸気流量 G に応じた、発電出力 W とタービン効率 η の特性についての次式のような関数関係が予め数式や数表等に基づく演算回路として実装されており（ f は関数を示す）、

$$(W, \eta) = f(P, G) \quad (1)$$

さらに、発電出力 W が電力需要量 1 3 4 すなわち電力系統 9 から要求されている発電出力値を満たし、かつタービン効率 η が最大になるような、蒸気圧力 P と流量 G の組合せを特定する最適値探索機能を有している。この最適値探索機能はニュートン法など公知の任意の最適化アルゴリズムを用いて実装可能である。

- [0052] また、蒸発器流量演算回路 1 1 4 の演算は、利用可能熱量を Q 、蒸気圧力を P 、飽和蒸気エンタルピーを $H_s = f(P)$ （ f は関数を示す）、給水エンタルピーを H_{fw} 、蒸気発生効率を η として、蒸気流量 G を、計算式 $G = Q \times \eta \div (H_s - H_{fw})$ 、で示される内容を実装することにより実現できる。

- [0053] 最適蒸気圧力・流量演算回路 1 0 1 2（最適蒸気圧力・流量演算回路）を用いた全体システム運用制御の仕組みを前述の図 2 を用いて説明すると以下の通りである。最適蒸気圧力・流量演算回路 1 0 1 2（図 4）は制御装置 1 0 1（図 2）内に組み込まれており、制御装置 1 0 1 内では、最適蒸気圧力・流量演算回路 1 0 1 2 から出力された蒸気タービン最適圧力 1 3 6 と、蒸気タービン最適流量 1 3 8、最適補助ボイラ流量 1 4 1 が取得される。取得された蒸気タービン最適圧力 1 3 6 は、圧力取得手段 7 3 で計測される蒸気サイクル（給水加熱器 3、蒸発器 4、補助ボイラ 5、蒸気タービン 6 で構成される系統）の圧力がこれと一致するよう、蒸気サイクルに設けられた圧力調整弁 4 3（図 2 では省略）の開度を操作するのに用いられる。同様に、取

得された最適補助ボイラ流量 141 は、補助ボイラ 5 の流量がこれと一致するよう、（給水加熱器 3 から）蒸発器 4 と補助ボイラ 5 への給水流量を配分する流量調整弁 41 への開度指令値に変換される。これは予め定められた弁 41 の流量－開度関係を用いて制御装置 101 内で実行される。同様に、取得された蒸気タービン最適流量 138 は蒸気サイクル（給水加熱器 3、蒸発器 4、補助ボイラ 5、蒸気タービン 6 からなる系統）全体に給水するポンプ 83 への給水指令値に変換される。このように、得られた最適蒸気圧力値が蒸気サイクルの圧力調整弁 43 に、開度指令値が流量調節弁 41 に、給水指令値が給水ポンプ 83 に信号として伝送され、圧力調整弁 43 と流量調整弁 41 と給水ポンプ 83 がこれに応答して作動することによりシステム全体が運用制御される。

[0054] 本システムは、電力需要の変動に対応して蒸気タービン効率が最大になる蒸気圧力 136 と流量 138 を蒸気タービン最適運転条件演算回路 113 で計算し、この条件が満たされるように蒸気サイクルの圧力を制御するとともに、蒸気タービン 6 に供給される蒸気流量がこの最適流量 138 と一致するよう、最適流量 138 から太陽熱システムから回収利用可能な蒸気量の推定値 137 を差し引いて補助ボイラ 5 の流量を定める（補助ボイラ流量演算回路 112）ことにより、蒸気タービン 6 の効率を高く保って運転できる。

[0055] この点で本システムは、太陽熱システムでの回収可能熱量と電力系統側の電力需要の両方の情報が取得可能な場合にシステム最適運用するのに適している。とりわけ、電力系統側から発電出力の指令値を受け取って系統連係して運転する場合や、電力系統 9 が対象地域の外部と切り離されて独立で存在するような所謂アイランドオペレーションが求められる場合に好適である。

[0056] （実施例 5）

図 5 は、制御装置 101 に備えられた演算回路の別の例（最適蒸気流量演算回路 1013）を示している。最適蒸気流量演算回路 1013 は、集熱器 1（図 2）に集められるか蓄熱器 2（図 2）に貯えられるかした形で存在する利用可能熱量 133（図 5）の値と、前記圧力取得手段 73（図 2）で取

得された蒸気圧力 131 (図5) を入力として、蒸気タービン6 (図2) の効率を高く維持するための蒸気タービン最適蒸気流量 135 (図5) と補助ボイラ最適流量 141 (図5) (補助ボイラ5の給水流量又は蒸発流量) を出力する。

[0057] 最適蒸気流量演算回路 1013 は、その内部に、上記利用可能熱量 133 と蒸気圧力 131 を入力として受け、この利用可能な熱量 133 を蒸発器4で蒸気圧力 131 の蒸気に変換したときに得られる蒸気流量 137 (以下、利用可能蒸気流量) を推定して出力する蒸発器流量演算回路 114 と、前記蒸気圧力 131 の入力を受け、その圧力において蒸気タービン6 (図2) の効率が最大になるような蒸気流量 135 を予め定められた関係に基づいて計算して出力する最適流量演算回路 111 と、この最適流量演算回路 111 から出力された蒸気タービン最適流量 135 および前述の蒸発器4で発生した利用可能蒸気の流量 137 の入力を受け、前者から後者を差し引いたものを補助ボイラ流量 141 として出力する (負値の場合は流量ゼロとする) 補助ボイラ流量演算回路 112 を備えている。

[0058] ここで、蒸発器流量演算回路 114 の内容は先に図4で示した通りであり、最適流量演算回路 111 は図3、補助ボイラ流量演算回路 112 は図3、図4で示した演算回路と同様である。

[0059] 最適蒸気流量演算回路 1013 を用いた全体システム運用制御の仕組みを前述の図2を用いて説明すると以下の通りである。最適蒸気流量演算回路 1013 (図5) は制御装置 101 (図2) 内に組み込まれており、制御装置 101 内では、最適蒸気流量演算回路 1013 から出力された補助ボイラ最適流量 141 と蒸気タービン最適流量 135 が取得される。取得された補助ボイラ最適流量 141 と蒸気タービン最適流量 135 に基づいて全体システム (図2) が運用制御される仕組みは図3の場合と同様である。

[0060] 本システムは、太陽熱の日射条件によって変動する蒸気圧力 131 に対して蒸気タービン6のタービン効率が最大となる最適蒸気流量 135 を最適流量演算回路 111 で計算し、蒸気タービン6に供給される蒸気流量がこの最

適流量 135 と一致するよう、最適流量 135 から太陽熱システムの回収可能蒸気量 137 を差し引いて補助ボイラ 5 の流量 141 を定める（補助ボイラ流量演算回路 112）ことにより、蒸気タービン 6 の効率を高く保って運転できる。

[0061] 本システムは、蒸気タービンの圧力を（太陽熱システムの熱回収条件に依存させずに）予め何らかの基準に従って静的あるいは動的に決めた上で、太陽熱システムでの回収可能熱量を考慮してシステム全体を最適運用するような場合に適しており、例えば一定圧力運転する場合はこれに含まれる。

[0062] また、本システムは、図 3 の場合と同様に、本プラントが発電出力の指令値に従った運転が求められず、系統 9 で必要な電力需要に対して太陽熱から回収可能な量だけ発電すればいいような場合に好適である。

[0063] （実施例 6）

図 8 は、前述した実施例 1（図 1）のシステムに対して、蓄熱器 2 を備えず、集熱器 1 で集めた熱をそのまま蒸発器 4 または給水加熱器 3 に供給して熱利用するシステムを示す。運用制御の違いは、制御装置 100 における蒸発器 4 と給水加熱器 3 への熱供給の配分・切替えの決定が、実施例 1（図 1）では蓄熱器 2 に貯えられた蓄熱量の情報に基づいてなされていたのに対して、本例では集熱器 1 に集められた熱量の情報に基づいてなされることである。この集熱量の情報は、集熱器 1 に集められた熱の温度または総熱量（以下、蓄熱量と総称）を計測ないし推定する集熱量取得手段 10 で得られた熱量、または、集熱器 1 から熱の利用先側（蒸発器 4 または給水加熱器 3）に供給される熱媒体の温度と流量をそれぞれ計測または推定・計算して取得する温度取得手段 71 および流量取得手段 72 で得られた値に基づいて予め定められた方法で算出された熱量として取得される。集熱量取得方法の詳細は、集熱量取得手段 10 に基づく場合については実施例 2（図 2）、温度取得手段 71 及び流量取得手段 72 に基づく場合は実施例 4、5（図 2、図 4、図 5）で述べた通りである。また、本例での制御装置 100 の演算処理内容、すなわち、蒸発器 4 と給水加熱器 3 での熱利用配分切替・調整のための弁

31, 32の開度指令の決定手順は、実施例1(図1)での入力情報のうち、蓄熱量の信号が、本例で集熱量に関する信号になるだけで、得られた熱量に基づく処理内容は実施例1(図1)の場合と同様である。

[0064] 本システムは、蓄熱器2がなくても、集熱量の変動に応じて熱利用先を蒸発器4と給水加熱器3で切替えるので、簡素なシステム構成が求められる場合に有効である。例えば、集熱量の変動が比較的小さい立地条件や、集熱量と電力の需要量の日内変動パターンのずれが比較的小さい場合のように、需給バランス変動吸収のための大きな蓄熱容量が必要とされない場合、あるいは、敷地面積の制限等により蓄熱器2が設置困難な場合などに好適である。

産業上の利用可能性

[0065] 本発明は太陽熱利用発電システムとして利用することができる。

符号の説明

- [0066]
- 1 集熱器
 - 2 蓄熱器
 - 3 給水加熱器
 - 4 蒸発器
 - 5 補助ボイラ
 - 6 蒸気タービン
 - 7 復水器
 - 10 集熱量取得手段
 - 20 蓄熱量取得手段
 - 100, 101 制御装置
 - 111 最適流量演算回路
 - 112 補助ボイラ流量演算回路
 - 113 蒸気タービン最適運転条件演算回路
 - 114 蒸発器流量演算回路
 - 1011 最適補助蒸気流量演算回路

1 0 1 2 最適蒸気圧力・流量演算回路

1 0 1 3 最適蒸気流量演算回路

請求の範囲

- [請求項1] 太陽熱エネルギーを集熱する集熱器と、
該集熱器で集熱した太陽熱エネルギーを蓄える蓄熱器と、
給水を加熱する給水加熱器と、
該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器と、
該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービンと、を備えた太陽熱蒸気サイクルシステムにおいて、
前記蓄熱器から前記蒸発器及び給水加熱器に供給する熱媒体の配分を調節する調節弁を備えたことを特徴とする太陽熱蒸気サイクルシステム。
- [請求項2] 前記蓄熱器に蓄えられた熱の温度又は総熱量に関する蓄熱量情報を取得する蓄熱量取得手段と、
該蓄熱量取得手段で得られた蓄熱量情報を入力として、蓄熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、前記蒸発器に供給する熱媒体の配分を相対的に多くし、前記蓄熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、前記給水加熱器に供給する熱媒体の配分を相対的に多くするよう、前記調節弁の開度を決定する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項1に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。
- [請求項3] 前記蓄熱器に蓄えられた熱の温度又は総熱量に関する蓄熱量情報を取得する蓄熱量取得手段と、
該蓄熱量取得手段で得られた蓄熱量情報を入力として、蓄熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、前記蒸発器に供給する熱媒体の配分を100%とし、前記蓄熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、前記給水加熱器に供給する熱媒体の配分を100%とするよう、前記調節弁の開度を決定する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項1に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

- [請求項4] 太陽熱エネルギーを集熱する集熱器と、
給水を加熱する給水加熱器と、
該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器と、
該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービンと、を備えた太陽熱蒸気サイクルシステムにおいて、
前記集熱器から前記蒸発器及び給水加熱器に供給する熱媒体の配分を調節する調節弁を備えたことを特徴とする太陽熱蒸気サイクルシステム。
- [請求項5] 前記集熱器で集められた熱の温度又は総熱量に関する集熱量情報を取得する集熱量取得手段と、
該集熱量取得手段で得られた集熱量情報を入力として、集熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、前記蒸発器に供給する熱媒体の配分を相対的に多くし、前記集熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、前記給水加熱器に供給する熱媒体の配分を相対的に多くするよう、前記調節弁の開度を決定する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項4に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。
- [請求項6] 前記集熱器で集められた熱の温度又は総熱量に関する集熱量情報を取得する集熱量取得手段と、
該集熱量取得手段で得られた集熱量情報を入力として、集熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、前記蒸発器に供給する熱媒体の配分を100%とし、前記集熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、前記給水加熱器に供給する熱媒体の配分を100%とするよう、前記調節弁の開度を決定する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項4に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。
- [請求項7] 太陽熱エネルギーを集熱する集熱器と、
該集熱器で集熱した太陽熱エネルギーを蓄える蓄熱器と、

給水を加熱する給水加熱器と、
該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器と、
該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービンと、を備えた太陽熱蒸気サイクルシステムにおいて、
前記集熱器から前記蒸発器、給水加熱器及び蓄熱器に供給する熱媒体の配分を調節する調節弁を備えたことを特徴とする太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項8] 前記集熱器で集められた熱の温度又は総熱量に関する集熱量情報を取得する集熱量取得手段と、
該集熱量取得手段で得られた集熱量情報を入力として、集熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、前記蒸発器に供給する熱媒体の配分を相対的に多くし、前記集熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、前記給水加熱器又は蓄熱器に供給する熱媒体の配分を相対的に多くするよう、前記調節弁の開度を決定する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項7に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項9] 前記集熱器で集められた熱の温度又は総熱量に関する集熱量情報を取得する集熱量取得手段と、
該集熱量取得手段で得られた集熱量情報を入力として、集熱量が予め定めた基準よりも大きい場合は、前記蒸発器に供給する熱媒体の配分を100%とし、前記集熱量が予め定めた基準よりも小さい場合は、前記蒸発器に供給する熱媒体の配分を0%とするよう、前記調節弁の開度を決定する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項7に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項10] 前記給水加熱器で加熱された給水が供給される補助ボイラと、
前記蒸発器の蒸気の圧力を計測する蒸気圧力計測手段と、蒸気の流量を計測する蒸気流量計測手段と、

前記蒸気圧力計測手段及び蒸気流量計測手段で計測された蒸気圧力と流量に基づいて、前記補助ボイラに供給する給水流量を演算する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項 11]

前記制御装置は、前記蒸気圧力計測手段で取得された蒸気圧力を入力とし、蒸気タービン効率が最大になる蒸気流量を演算する最適流量演算回路と、

前記蒸気流量計測手段で取得された蒸気流量と前記最適流量演算回路から出力された蒸気流量を入力とし、前記補助ボイラへの給水流量を演算する補助ボイラ流量演算回路と、
を備えたことを特徴とする請求項 10 に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項 12]

前記給水加熱器で加熱された給水が供給される補助ボイラと、
前記集熱器で集められた熱又は前記蓄熱器に蓄えられた熱の総量に関する取出可能熱量を取得する取出可能熱量取得手段と、
該取出可能熱量取得手段で取得された取出可能熱量と、前記蒸気タービンを駆動して発生させる電力に対する需要量に基づいて、前記補助ボイラに供給する給水流量を演算する制御装置と、
を備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項 13]

前記制御装置は、前記電力需要を入力とし、蒸気タービン効率が最大になる蒸気圧力と流量を演算する蒸気タービン最適運転条件演算回路と、

該蒸気タービン最適運転条件演算回路から出力された蒸気圧力と前記取出可能熱量取得手段で取得された取出可能熱量を入力とし、取出可能な蒸気流量を演算する蒸発器流量演算回路と、

該蒸発器流量演算回路から出力された取出可能蒸気流量と前記蒸気

タービン最適運転条件演算回路から出力された蒸気流量を入力とし、前記補助ボイラへの給水流量を演算する補助ボイラ流量演算回路と、を備えたことを特徴とする請求項 1 2 に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項14] 前記給水加熱器で加熱された給水が供給される補助ボイラと、前記集熱器で集められた熱又は前記蓄熱器に蓄えられた熱の総量に関する取出可能熱量を取得する取出可能熱量取得手段と、前記蒸発器の蒸気の圧力を計測する蒸気圧力計測手段と、前記取出可能熱量取得手段で取得された取出可能熱量と、前記蒸気圧力計測手段で計測された蒸気圧力に基づいて、前記補助ボイラに供給する給水流量を演算する制御装置と、を備えたことを特徴とする請求項 7 に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

[請求項15] 前記制御装置は、前記取出可能熱量取得手段で取得された熱量と前記蒸気圧力計測手段で取得された蒸気圧力を入力とし、取出可能な蒸気流量を演算して出力する蒸発器流量演算回路と、前記蒸気圧力計測手段で取得された蒸気圧力を入力として受け、蒸気タービン効率が最大になる蒸気流量を演算して出力する蒸気タービン最適流量演算回路と、前記蒸発器流量演算回路から出力された取出可能蒸気流量と前記蒸気タービン最適流量演算回路から出力された蒸気流量を入力とし、前記補助ボイラへの給水流量を演算する補助ボイラ流量演算回路と、を備えたことを特徴とする請求項 1 4 に記載の太陽熱蒸気サイクルシステム。

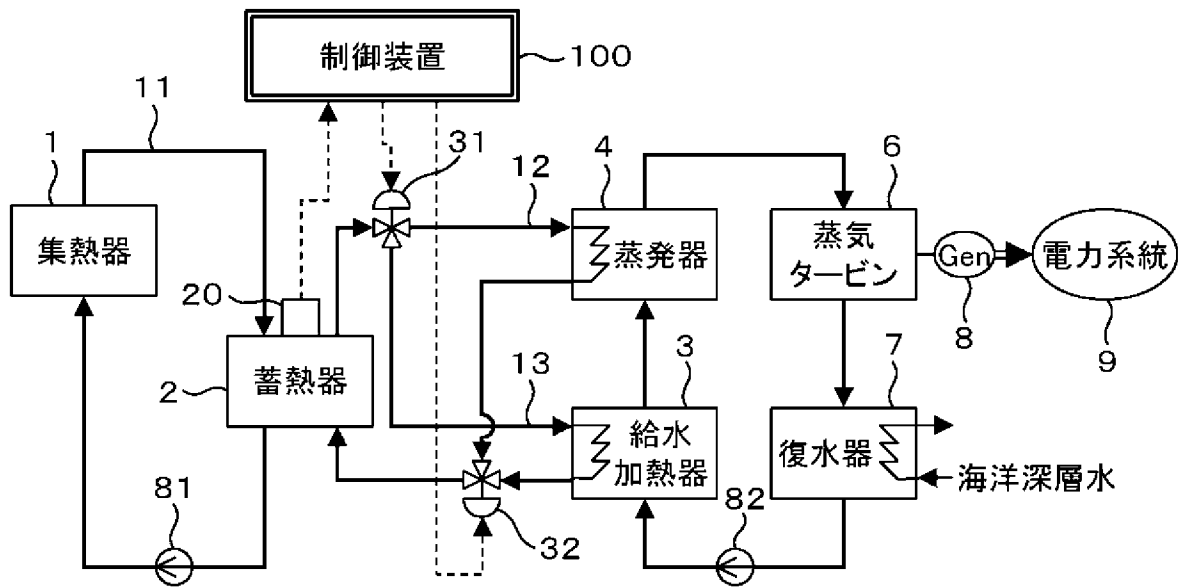
[請求項16] 太陽熱エネルギーを集熱する集熱器と、該集熱器で集熱した太陽熱エネルギーを蓄える蓄熱器と、給水を加熱する給水加熱器と、該給水加熱器から供給された給水を蒸発させる蒸発器と、

該蒸発器で発生した蒸気により駆動される蒸気タービンと、を備えた太陽熱蒸気サイクルシステムの制御方法において、

前記蓄熱器に蓄えられた熱の温度又は総熱量に関する蓄熱量情報に基づいて、前記蓄熱器から前記蒸発器及び給水加熱器に供給する熱媒体の配分を調節することを特徴とする太陽熱蒸気サイクルシステムの制御方法。

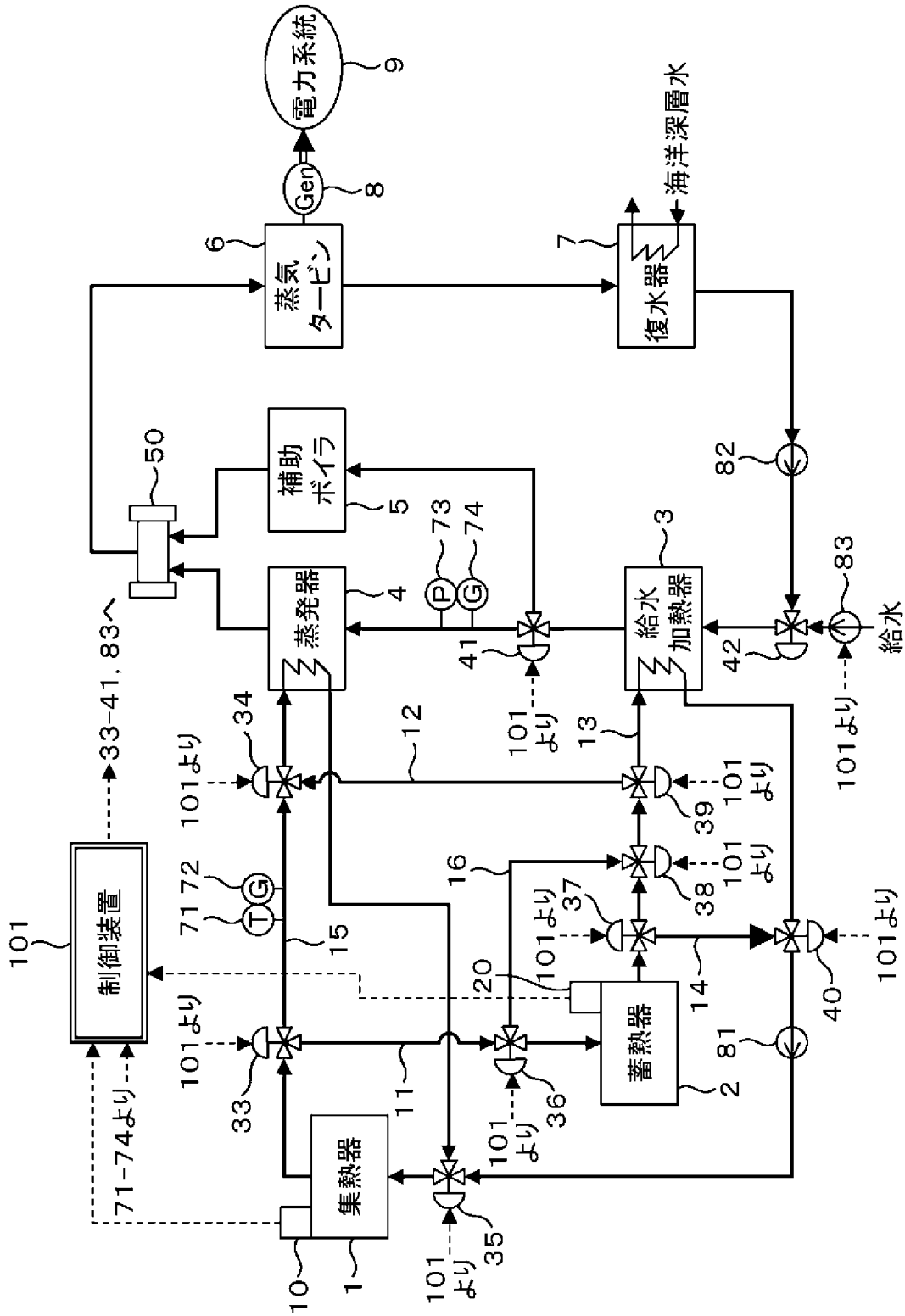
[図1]

図 1



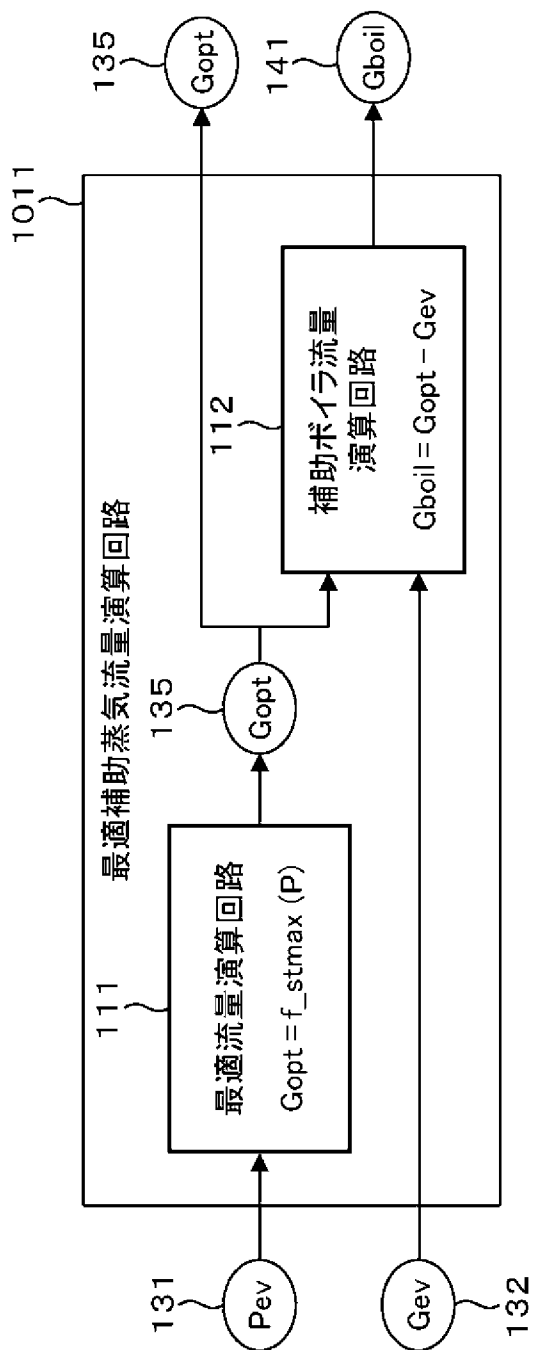
[図2]

図 2



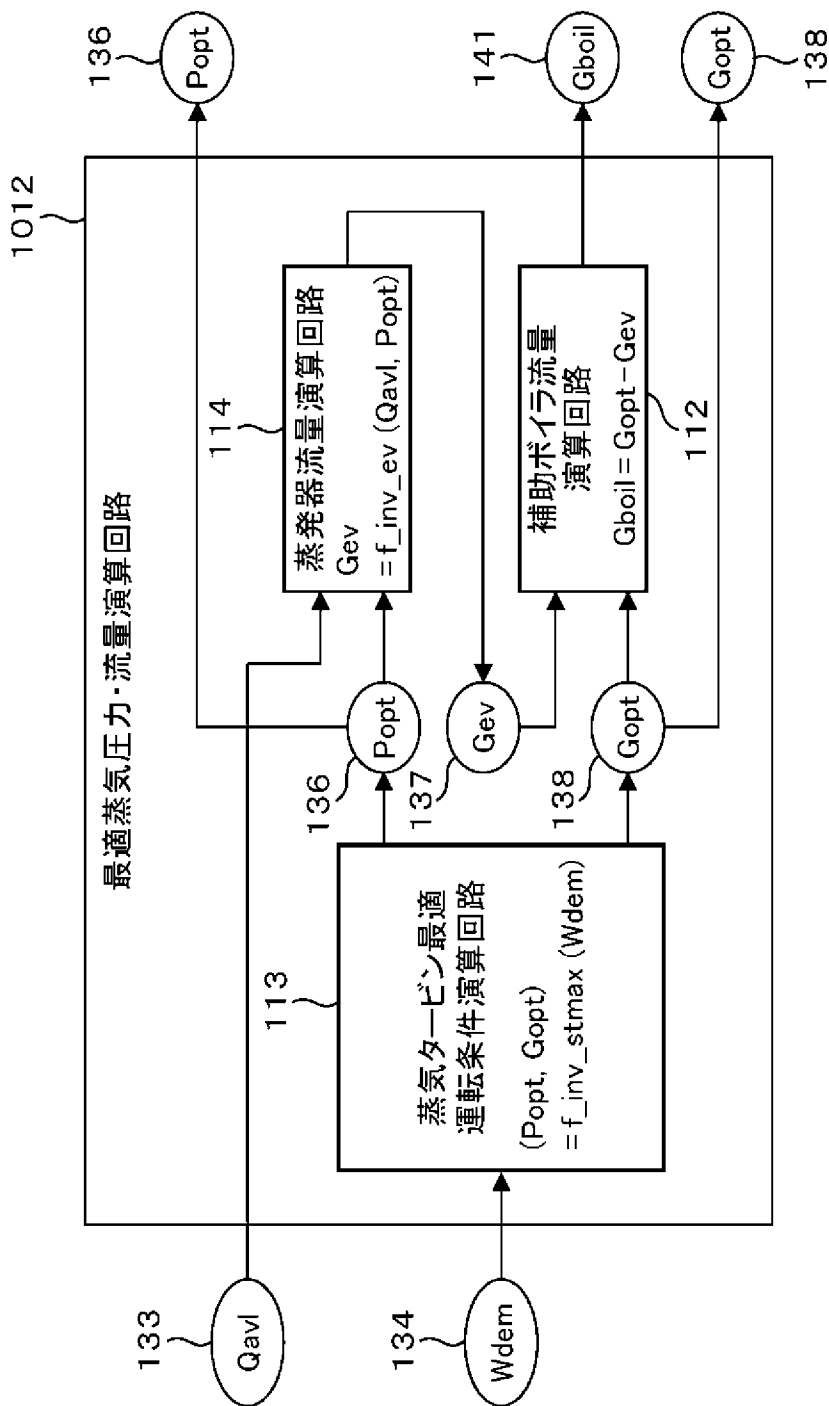
[図3]

図 3

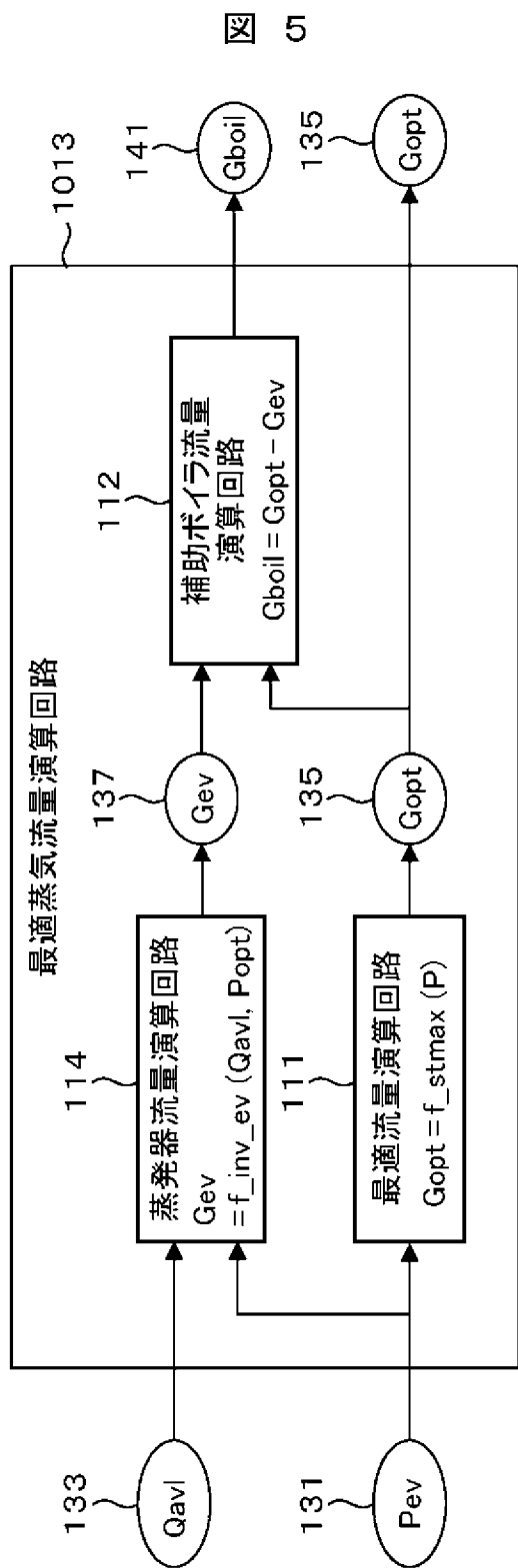


[図4]

図 4

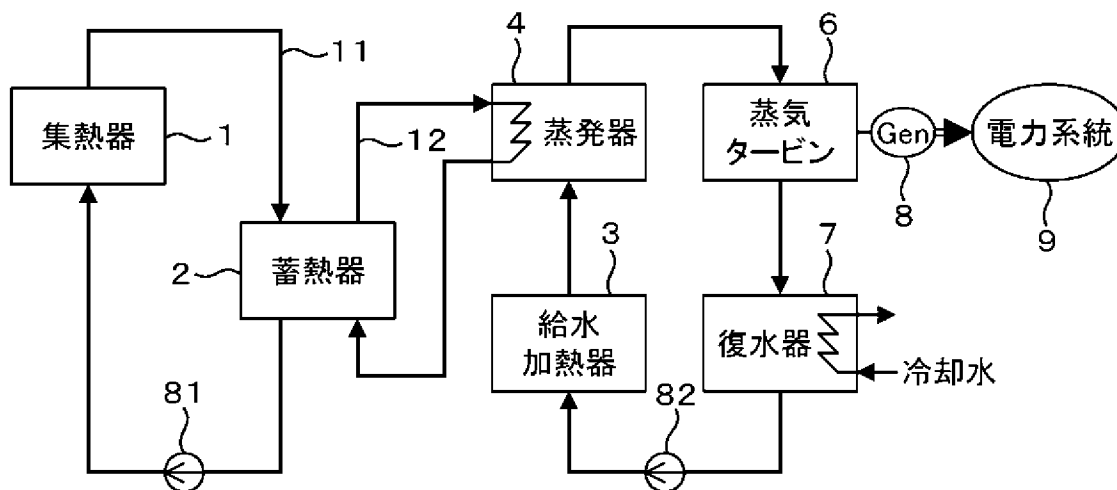


[図5]



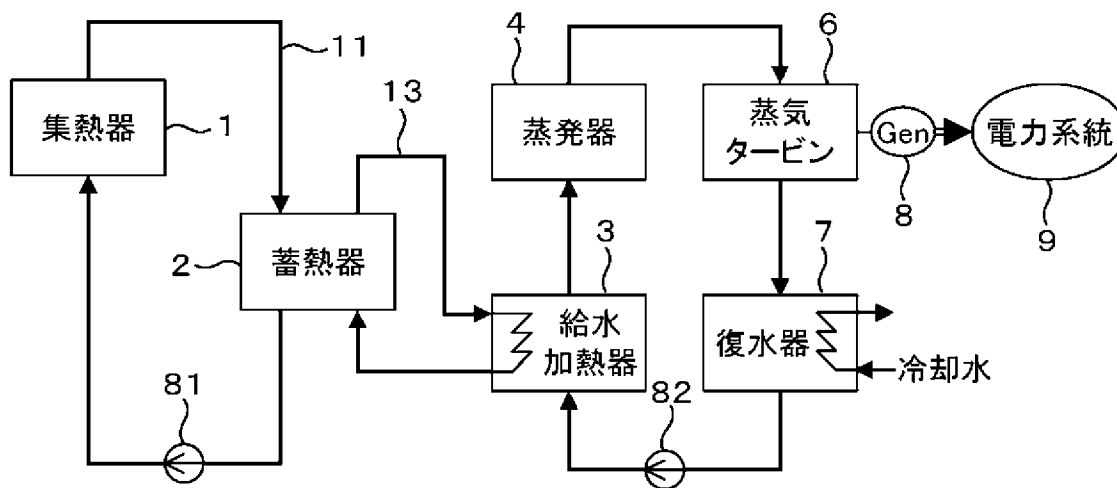
[図6]

図 6



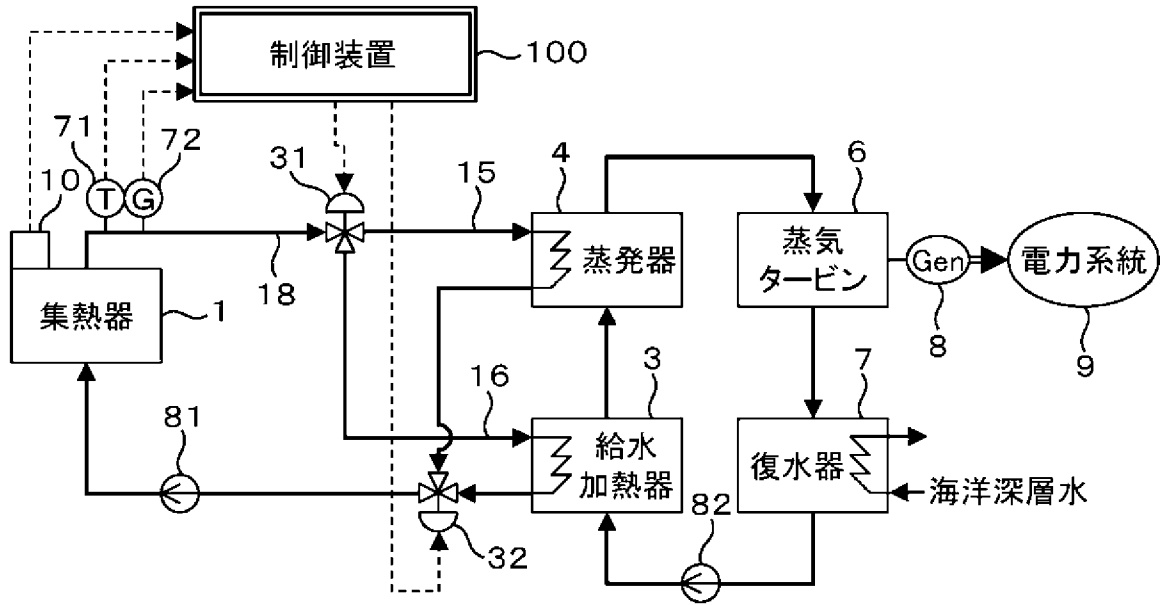
[図7]

図 7



[図8]

図 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/001305

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03G6/00(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i, F01K25/10(2006.01)i, F22B3/00(2006.01)i, F24J2/42(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)

F03G6/00, F01K23/10, F01K25/10, F22B3/00, F24J2/42

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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	JP 2010-190460 A (Hitachi Plant Technologies, Ltd.), 02 September 2010 (02.09.2010), abstract; paragraphs [0020] to [0021]; fig. 4 (Family: none)	1, 4, 7, 16 2, 3, 5, 6, 8-15
Y	JP 5-272306 A (Toshiba Corp.), 19 October 1993 (19.10.1993), abstract; paragraphs [0013] to [0015]; fig. 1 (Family: none)	1, 4, 7, 16
Y	JP 62-96704 A (Toshiba Corp.), 06 May 1987 (06.05.1987), claims; page 2, upper right column, lines 13 to 19; page 3, upper left column, line 4 to upper right column, line 9; fig. 1 (Family: none)	1, 4, 7, 16

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
13 May, 2011 (13.05.11)

Date of mailing of the international search report
24 May, 2011 (24.05.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/001305

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 57-150757 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 17 September 1982 (17.09.1982), entire text; all drawings & US 4449517 A & DE 3209131 A1 & FR 2501840 A1 & AU 8116882 A & AU 529431 B2	2, 3, 5, 6, 8, 9
A	DE 4243401 A1 (BERGER, Axel), 30 June 1994 (30.06.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F03G6/00(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i, F01K25/10(2006.01)i, F22B3/00(2006.01)i, F24J2/42(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. F03G6/00, F01K23/10, F01K25/10, F22B3/00, F24J2/42

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	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011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	JP 2010-190460 A (株式会社日立プラントテクノロジー) 2010.09.02, 要約, 段落 0020-0021, 図4 (ファミリーなし)	1, 4, 7, 16 2, 3, 5, 6, 8-15
Y	JP 5-272306 A (株式会社東芝) 1993.10.19, 要約, 段落 0013-0015, 図1 (ファミリーなし)	1, 4, 7, 16
Y	JP 62-96704 A (株式会社東芝) 1987.05.06, 特許請求の範囲, 第2頁右上欄 13-19行, 第3頁左上欄 4行-右上欄 9行, 第1図 (ファミリーなし)	1, 4, 7, 16

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

13.05.2011

国際調査報告の発送日

24.05.2011

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)	3T	9820
稲葉 大紀		
電話番号 03-3581-1101 内線 3395		

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 57-150757 A (工業技術院長) 1982.09.17, 全文, 全図 & US 4449517 A & DE 3209131 A1 & FR 2501840 A1 & AU 8116882 A & AU 529431 B2	2, 3, 5, 6, 8, 9
A	DE 4243401 A1 (BERGER, Axel) 1994.06.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16