

(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
2024年4月4日(04.04.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/070490 A1

(51) 国際特許分類:

F03G 4/00 (2006.01)

C02F 5/00 (2023.01)

F01D 25/00 (2006.01)

F01K 9/00 (2006.01)

F01K 27/02 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2023/031960

(22) 国際出願日:

2023年8月31日(31.08.2023)

(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:

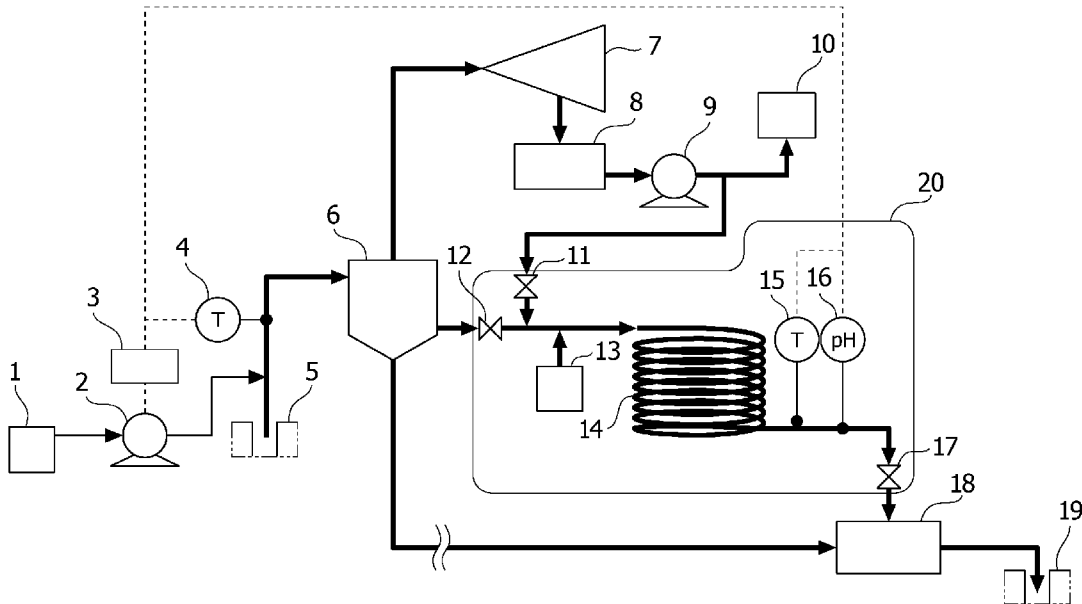
特願 2022-156629 2022年9月29日(29.09.2022) JP

(71) 出願人: 富士電機株式会社 (**FUJI ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 加藤 太一郎 (**KATO, Taichiro**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 宇井 慎弥(**UI, Shinya**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 和田 梓(**WADA, Azusa**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 姜 天龍(**JIANG, Tianlong**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 宇井 ふみ(**UI, Fumi**);

(54) **Title:** GEOTHERMAL POWER GENERATION SYSTEM AND SILICA SCALE DEPOSITION CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 地熱発電システム及びシリカ系スケール析出制御方法



(57) **Abstract:** Provided is a geothermal power generation system with which it is possible to control silica scale deposition. This geothermal power generation system comprises: a production well; a steam-water separator which separates a geothermal fluid obtained from the production well into steam and hot water; a turbine which rotates by means of the steam separated in the steam-water separator; a reinjection well which returns the geothermal fluid which has passed through the steam-water separator and/or the turbine; a pH measurement system which measures the pH of an extracted portion of the



〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番
1 号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 奥山 尚一, 外 (OKUYAMA, Shoichi et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂二丁目 1 7 番
7 号 赤坂溜池タワー 1 1 階 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

hot water separated in the steam-water separator, and a first thermometer which measures the temperature of the extracted portion of hot water; an injection device which injects an alkaline agent into the geothermal fluid; a second thermometer which measures the temperature of the geothermal fluid at a pH estimation point selected from among an injection part for the alkaline agent, an outlet of the steam-water separator, and a reinjection well inlet; and a control device which controls the injection of the alkaline agent by the injection device on the basis of the measurement results from the pH measurement system, the first thermometer, and the second thermometer.

(57) 要約: シリカ系スケールの析出を制御することができる地熱発電システム。生産井と、前記生産井から得られる地熱流体を蒸気と熱水に分離する汽水分離器と、前記汽水分離器で分離された蒸気により回転するタービンと、前記汽水分離器及び／またはタービンを経た地熱流体を還流する還元井と、前記汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、当該熱水の pH を測定する pH 測定システム、及び当該熱水の温度を測定する第 1 の温度計と、地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する注入装置と、前記アルカリ性薬剤の注入部、前記汽水分離器出口、または還元井入口から選択される pH 推算ポイントの地熱流体の温度を測定する第 2 の温度計と、前記 pH 測定システム、第 1 の温度計、及び第 2 の温度計の測定結果に基づき、前記注入装置によるアルカリ性薬剤の注入を制御する制御装置とを含む、地熱発電システム。

明 細 書

発明の名称：

地熱発電システム及びシリカ系スケール析出制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、地熱発電システム及びシリカ系スケール析出制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、発電プラント、船舶システム、ボイラシステム、鉄鋼プラントなど、流体の流通系を備えるシステムにおいて、スケールの析出が問題になっている。特に、地熱発電プラント等、地熱流体を利用するシステムにおいては、シリカ系のスケール析出が問題となる。シリカスケールの析出を抑制するために、地熱流体のpHを制御する試みがなされてきた。

[0003] 汽水分離器で分離された分離熱水を熱水還元井へ戻す熱水戻しラインの分離熱水中に、酸化剤を供給することにより、分離熱水中の硫化水素 (H_2S) から硫酸を地熱熱水中に生成させる地熱発電システムが知られている（例えば、特許文献1を参照）。特許文献1では、分離熱水を酸性側として、熱水系統におけるシリカ成分のスケール付着を防止することができると開示している。

[0004] 生産井から採取した地熱水にスケール抑制剤を添加する工程と、スケール抑制剤の添加と同時又は前記スケール抑制剤の添加後に、アルカリ剤を添加してpHを9以上に調整する工程を含むスケール抑制方法が知られている（例えば、特許文献2を参照）。特許文献2は、地熱水を高pHとしてシリカスケールの生成を抑制し、かつアルカリ剤の添加における無機陽イオンによる塩の析出を防止することができる。

[0005] カルシウム及びシリカを含むスケールを抑制するために、流体が流通する配管内に、キレート剤及びアルカリ剤を供給する工程を含むスケール抑制方法が知られている（例えば、特許文献3を参照）。特許文献3は、スケール

の析出を抑制しつつ、キレート剤の使用量を必要最小限に抑えることができる方法を提供する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2015-90147号公報

特許文献2：国際公開W0 2012/144277

特許文献3：特開2013-43145号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] スケールが問題になるプラントの中でも、地熱発電システムにおいては、内部を流通する地熱水の溶存シリカ濃度が高い。例えば、冷却水の溶存シリカ濃度が最大150ppm程度であるのに対し、日本国内の地熱水の溶存シリカ濃度は、450～900ppmにも達する。そのため、非晶質シリカなどのスケールを析出しやすいという問題があった。シリカ系スケールが析出することで、現状、タービン部や汽水分離器、熱交換器などでの定期的な開放点検が必須である。

[0008] 特許文献1に開示された方法では、地熱水を酸性領域に制御することを開示するが、目標とする酸性のpH5～5.5付近は変動幅が大きく、地熱水のpHの制御が困難である。地熱水のpHが5未満となると配管腐食の問題が顕著であり、5.5を超えるとスケール防止効果が少ないという問題があった。

[0009] また、特許文献1では、酸化剤を注入後にpH計でpHを測定して酸化剤の注入量を制御するが、pH計自体にスケールが付着することを防止する方法がないため、時間経過と共にpHを正確に測定できなくなるという問題があった。

[0010] 特許文献2、3に開示された方法では、地熱水をアルカリ性領域に制御するため、酸化剤を添加してもpHの変動は緩慢であり、配管腐食の問題は生

じにくい。しかし、pH計にスケールが付着し、pH測定の正確性が担保できない問題があった。これに加え、特許文献2、3に開示された方法では、スケール抑制剤やキレート剤の添加に、コストがかかる問題もあった。

[0011] 地熱発電システムにおいて、地熱流体に起因するスケール付着を防止するための、効果的かつ経済的な地熱流体のpH制御方法が求められる。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明者らは、pH計へのスケール付着を防止して、地熱流体のpHを正確に測定するとともに、地熱流体のpHをアルカリ性側の、特定の範囲内の値に制御する方法を見出し、本発明を完成するに至った。

[0013] すなわち、本発明の実施形態によれば、以下を含む。

[1] 生産井と、

前記生産井から得られる地熱流体を蒸気と熱水に分離する汽水分離器と、

前記汽水分離器で分離された蒸気により回転するタービンと、

前記汽水分離器及び／またはタービンを経た地熱流体を還流する還元井と

、

前記汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、当該熱水のpHを測定するpH測定システム、及び当該熱水の温度を測定する第1の温度計と、

地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する注入装置と、

前記アルカリ性薬剤の注入部、前記汽水分離器出口、または還元井入口から選択されるpH推算ポイントの地熱流体の温度を測定する第2の温度計と

、

前記pH測定システム、第1の温度計、及び第2の温度計の測定結果に基づき、前記注入装置によるアルカリ性薬剤の注入を制御する制御装置とを含む、地熱発電システムであって

前記pH測定システムが、螺旋管と、pH計とを備え、開閉バルブを介して前記タービン下流の復水ポンプに接続されている、地熱発電システム。

[2] 前記pH測定システムが、洗浄剤の注入部をさらに含む、[1]に記載のシステム。

〔３〕 前記注入装置が、前記生産井と前記汽水分離器の間の配管に接続される、〔１〕に記載のシステム。

〔４〕 前記第２の温度計が、前記生産井と前記汽水分離器の間の配管に設けられる〔３〕に記載のシステム。

〔５〕 前記第２の温度計が、前記還元井入口に設けられる〔３〕に記載のシステム。

〔６〕 前記注入装置が、前記汽水分離器の熱水部に接続される〔１〕に記載のシステム。

〔７〕 （ａ）地熱発電システムのｐＨ推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

（ｂ）汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してｐＨ及び温度を測定する工程と、

（ｃ）前記工程（ａ）及び（ｂ）の測定結果に基づき、前記ｐＨ推算ポイントにおける地熱流体のｐＨを推算する工程と、

（ｄ）前記工程（ｃ）の推算結果に基づき、地熱流体へのアルカリ性薬剤注入の要否を決定する工程と
を含む、シリカ系スケール析出制御方法。

〔８〕 前記工程（ｄ）において、ｐＨがアルカリ性領域の所定の範囲未満の場合に、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入が必要と決定する、〔７〕に記載の方法。

〔９〕 （ｅ）前記工程（ｄ）において、アルカリ性薬剤注入が必要と決定された場合に、アルカリ性薬剤の注入量を決定する工程と、

（ｆ）前記工程（ｅ）の決定結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程と、

（ｇ）前記工程（ｆ）の終了後、前記ｐＨ推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

（ｈ）前記工程（ｆ）の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してｐＨ及び温度を測定する工程と、

(i) 前記工程 (g) 及び (h) の測定結果に基づき、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の pH を推算する工程と、

(j) 前記工程 (i) の推算結果に基づき、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入量の増減または維持を決定する工程と
をさらに含む [7] に記載の方法。

[10] 前記工程 (j) において、pH がアルカリ性領域の所定の範囲未満の場合にアルカリ性薬剤注入量を増加すると決定し、pH がアルカリ性領域の所定の範囲を超える場合にアルカリ性薬剤注入量を低減すると決定し、pH がアルカリ性領域の所定の範囲内の場合にアルカリ性薬剤注入量を維持すると決定する、[9] に記載の方法。

[11] 前記工程 (j) において、アルカリ性薬剤注入量を増加すると決定された場合に、

(k) アルカリ性薬剤の増加後の注入量を決定する工程と、

(l) 前記工程 (k) の決定結果に基づき、地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程と、

(m) 前記工程 (l) の終了後、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

(n) 前記工程 (l) の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱して pH 及び温度を測定する工程と、

(o) 前記工程 (m) 及び (n) の測定結果に基づき、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の pH を推算する工程と
を含む、pH 上昇・推算操作を行い、

前記工程 (j) において、アルカリ性薬剤注入量を低減すると決定された場合に、

(p) アルカリ性薬剤の低減後の注入量を決定する工程と、

(q) 前記工程 (p) の決定結果に基づき、地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程と、

(r) 前記工程 (q) の終了後、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体

の温度を測定する工程と、

(s) 前記工程 (q) の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱して pH 及び温度を測定する工程と、

(t) 前記工程 (r) 及び (s) の測定結果に基づき、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の pH を推算する工程と
を含む、pH 低下・推算操作を行う、[10]に記載の方法。

[12] 前記工程 (o) または工程 (q) の推算結果に基づき、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入量の増減または維持を決定する工程をさらに含み、pH 推算値が所定のアルカリ性領域の所定の範囲に達するまで、前記 pH 上昇・推算操作または前記 pH 低下・推算操作を繰り返す、[11]に記載の方法。

発明の効果

[0014] 本発明に係る地熱発電システム、並びにシリカ系スケール析出制御方法によれば、pH 計へのスケールの付着を防止し、pH を長期間にわたって正確に測定することが可能になる。また、これにより、地熱流体の性状を pH が約 8 から 9 の間に保持し、シリカスケールの析出が問題となっているプラントにおいて、メンテナンス周期を長期化することができ、プラントの安定的な運転に資することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る地熱発電システムを概念的に示す図である。

[図2A]図 2 A は、本発明の一実施形態に係るシリカ系スケール析出制御方法を説明するフローチャートである。

[図2B]図 2 B は、本発明の一実施形態に係るシリカ系スケール析出制御方法を説明するフローチャートであって、図 2 A に続く制御を説明する図である。

[図3]図 3 は、本発明の第 2 実施形態に係る地熱発電システムを概念的に示す図である。

[図4]図4は、本発明の第3実施形態に係る地熱発電システムを概念的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、本発明は、以下に説明する実施の形態によって限定されるものではない。

[0017] 本発明は一実施形態によれば、地熱発電システム及びシリカ系スケール析出制御方法に関する。

[0018] 図1は、第1実施形態による地熱発電システムを概念的に示す図である。

図1に示す地熱発電システムは、地熱流体を動力源として、発電を行うシステムであって、主として、生産井5と、汽水分離器6と、タービン7と、復水器8と、復水ポンプ9と、還元井19とを備える。地熱発電システムは、スケール制御のための構成として、薬剤タンク1と、薬剤の注入装置の一例である薬剤注入ポンプ2と、制御装置3と、第1の温度計15と、第2の温度計4と、pH測定システム20とをさらに備える。図中、太い実線矢印は地熱流体と、地熱流体に由来する成分である蒸気、熱水、及び復水の流れを表す。細い実線矢印は薬剤の流れを表す。破線は制御に関する信号を表す。

[0019] 地熱発電システムにおける地熱流体の流れについて説明する。生産井5は、地中の地熱貯留層にある熱水、蒸気、またはそれらの混合物である地熱流体を地上に導き出す井戸である。生産井5から導き出された地熱流体は、汽水分離器6にて気体成分である蒸気と、液体成分である熱水に分離される。分離された蒸気はタービン7に導かれ、タービンの回転に使用されて、発電機にて電気を生産する。タービン7で仕事をした蒸気は、復水器8にて冷却・凝縮されて復水となる。復水は、復水ポンプ9にて、冷却塔10に送られる。一方、汽水分離器6にて分離された熱水は、任意選択的に、図示しない熱交換器等を経て、熱水ピット18に導かれ、還元井19に返送される。熱水ピット18に導かれる熱水の一部は、図示しない、温泉施設などの後段熱利用を行う施設に導かれる場合もある。

[0020] バイナリ発電システムの場合には、汽水分離器6の後段に、第2の汽水分

離器を設けて、第2の汽水分離器で分離された蒸気が低沸点媒体を加熱する。加熱された低沸点媒体は、第2のタービン回転に使用される。低沸点媒体は、循環しながら、蒸発・凝縮を繰り返して用いられ、汽水分離器6で分離された熱水は、低沸点媒体の加熱に用いることもある。本発明においては、低沸点媒体により第2のタービンを稼働させる発電の詳細は図示しないが、本発明に係る地熱発電システムは、バイナリ発電システムと、地熱蒸気のみによりタービンを稼働させるシステムに共通する構成について述べており、バイナリ発電システムと、地熱蒸気のみによりタービンを稼働させるシステムの両者が本発明の範囲に入るものとする。

[0021] 図1を参照すると、汽水分離器6には、pH測定システム20及び第1の温度計15が接続される。pH測定システム20には、汽水分離器6で分離した熱水成分の一部が流入可能に構成される。より詳細には、pH測定システム20は、主として、汽水分離器6から分岐した配管と、螺旋管14と、pH計16とが、この順に接続されて構成される。汽水分離器6から分岐した配管には、復水ポンプ9からの配管が接続され、任意選択的に洗浄剤注入装置13を接続することもできる。そして、汽水分離器6との間に位置する第1の開閉バルブ12、復水ポンプ9との間に位置する第2の開閉バルブ11、pH計16の後段に位置する第3の開閉バルブ17により、pH測定システム20の内部には、熱水を滞留させることができる。このような構成により、一定の時間にわたって、物質の移動を遮断した状態で、熱水のpHを測定することが可能となる。

[0022] pH測定システム20中、熱水が流通する管は、主として金属で構成することができ、ステンレス管等の腐食耐性のある金属で構成することが好ましい。熱水が流通する管は、直径が、例えば、外径が2～12.7mm程度であってよい。または、熱水が流通する管は、汽水分離器6から熱水ピット18に熱水を送る輸送管に対して、直径の比が外径比約0.004～0.028以下の、比較的細い管を用いることが好ましい。螺旋管14は、汽水分離器6から分離される200℃程度の高温の熱水の温度を、80℃程度まで低

減するために十分な表面積を確保することができればよく、螺旋の直径や巻数などは特に限定されない。ただし、螺旋管 14 は、その外表面が常温の大気に接触可能な態様で設置することが好ましい。pH 計 16 は、一般的に用いられる多孔質ガラス電極を備え、約 5 ～ 11 の範囲の pH を測定可能な装置であればよい。

[0023] pH 測定システム 20 の稼働について説明する。熱水の pH を測定する場合には、汽水分離器 6 との間の第 1 の開閉バルブ 12 を開放し、熱水を pH 測定システム 20 内部に導入する。第 2 の開閉バルブ 11 は、pH 測定中は閉じたままとする。汽水分離器 6 からの熱水は、高速で螺旋管 14 を通り、螺旋管 14 を通過する間に放熱して、pH 計 16 に到達する。pH 測定システム 20 の内部に熱水が満たされたら、第 1 の開閉バルブ 12、第 3 の開閉バルブ 17 を閉じる。これにより、熱水を pH 測定システム 20 の内部に滞留させた状態で、pH 計 16 で、熱水の pH を測定する。第 1 の温度計 15 で、pH 計 16 付近の配管の温度を測定することにより、熱水の温度を得るものであってよい。第 1 の温度計 15 は、配管に接触して温度を測定する温度計であってもよく、非接触で配管の温度を測定可能な温度計であってもよい。あるいは、配管の温度ではなく熱水の温度を直接測定する温度計であってもよい。

[0024] pH 計 16 で得られた熱水の pH 及び第 1 の温度計 15 で得られた熱水の温度は、制御装置 3 に送られる。pH 計 16 で得られた熱水の pH 及び第 1 の温度計 15 で得られた熱水の温度は、本明細書において、pH 測定ポイントで得られた熱水の pH 及び温度と指称する場合がある。

[0025] 熱水の pH 及び温度の測定後は、第 3 の開閉バルブ 17 を開放し、測定済の熱水を pH 測定システム 20 の内部から、熱水ピット 18 に放出する。次いで、pH 測定システム 20 内部の洗浄を行うことができる。pH 測定システム 20 の洗浄を行う際は、第 1 の開閉バルブ 12 は閉じ、第 3 の開閉バルブ 17 を開放した状態で、第 2 の開閉バルブ 11 を開放する。復水ポンプ 9 に接続される配管からは、常温にまで温度が低減された復水が高压で、汽水

分離器 6 から分岐した配管に流入する。これにより、pH 測定システム 20 内部の配管に、常温で、スケールの含有量が比較的少ない復水が、高速で流れる。なお、復水の速度は、復水ポンプ 9 の圧力で調整することができる。高速で流れる復水は、pH 測定中に配管に付着し、あるいは成長しつつあるスケールを物理的に剥離することができる。スケール付着が懸念される場合には、任意選択的に、洗浄剤注入装置 13 からスケールの洗浄剤を、pH 測定システム 20 の配管内に注入可能に構成することができる。洗浄剤としては、フッ酸、水酸化ナトリウムなどを用いることができるが、特定の洗浄剤には限定されない。

[0026] 洗浄の完了後、次の使用までの間、pH 測定システム 20 の配管には、復水や洗浄液、水道水等の液体を滞留させた状態で、バルブ 11、12、17 を閉止することができる。また、この際、pH 計の検知部については、pH 計の参照電極の溶液である KCl 溶液中に保存可能な構成とすることが好ましい。

[0027] 第 2 の温度計 4 は、生産井 5 と汽水分離器 6 との間の地熱流体の温度を測定する。より詳細には、生産井 5 と汽水分離器 6 との間の地熱流体が流れる配管の温度を測定することにより地熱流体の温度を得ることができる。第 2 の温度計 4 も、第 1 の温度計 15 と同様の構成であってよく、第 1 の温度計 15 について記述したとおりの他の方法で地熱流体の温度を得ることも可能である。第 2 の温度計 4 で得られた熱水の温度は、制御装置 3 に送られる。第 2 の温度計 4 で得られた温度は、第 2 の温度計 4 が設置される部位の地熱流体の pH を推算するために用いられる。このため、本明細書において、第 2 の温度計 4 で得られた温度は、pH 推算ポイントで得られた温度と指称する場合がある。

[0028] 薬剤タンク 1 と、薬剤注入ポンプ 2 は、pH を調整可能な薬剤、典型的にはアルカリ性の薬剤を、地熱発電システムを流れる地熱流体に注入可能な態様で接続される。図 1 に示す第 1 実施形態においては、生産井 5 と汽水分離器 6 との間の配管に、薬剤注入ポンプ 2 が接続される。薬剤注入の開始、停

止並びに、薬剤注入量は、制御装置 3 により制御可能に構成される。

[0029] 制御装置 3 は、pH 計 16、第 1 の温度計 15、第 2 の温度計 4 に電氣的に接続されて、これらの実測データを取得するとともに、実測データに基づいて、第 2 の温度計 4 が設置される部位である pH 推算ポイントの pH を推定する計算を行う。また、これらの計算結果に基づいて、薬剤注入ポンプ 2 の運転開始、停止、注入量の計算を行い、薬剤注入ポンプ 2 に指令を出すことができる。したがって、制御装置 3 は、これらの計算に関するアルゴリズムを組み込んだコンピュータであってよい。計算及び指令の詳細は、後述する。

[0030] 次に、図 1 に示す地熱発電システムを用いた、シリカ系スケール析出制御方法について説明する。シリカ系スケール析出制御方法は、地熱発電システム中の、所定の部位の pH の値を推算し、推算値を、8 以上であって 9 以下に保持するように、地熱流体への薬剤注入を制御することが可能な方法に関する。

[0031] より詳細には、シリカ系スケール析出制御方法は以下の工程を含む。

(a) 地熱発電システムの pH 推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

(b) 汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱して pH 及び温度を測定する工程

(c) 前記工程 (a) 及び (b) の測定結果に基づき、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の pH を推算する工程

(d) 前記工程 (c) の推算結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤注入の要否を決定する工程

[0032] 図 2 A、図 2 B は、シリカ系スケール析出制御方法の一例を説明するフローチャートである。以下、図 1 に示す第 1 実施形態による地熱発電システムの概念図及びフローチャートを参照して説明する。なお、工程 (c) における地熱流体は、pH 推算ポイントの位置により、蒸気と熱水の混合物である場合も、熱水である場合もあり、フローチャートでは熱水を例示して記載す

る。両者を含めて、地熱流体と指称する。

[0033] 地熱発電システムにおいて、シリカ系スケール析出制御方法は、定期的を実施することが好ましく、例えば、月に1回、2か月に1回程度実施することができる。しかし、必要に応じて、実施の頻度を増減させることができる。

[0034] 工程（a）では、地熱発電システムのpH推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する。第1実施形態において、pH推算ポイントは、生産井5と汽水分離器6の間であり、第2の温度計4によりpH推算ポイントにおける地熱流体が流れる配管の温度を測定することができる。工程（a）は、図2AのフローチャートのS1に対応する。

[0035] 工程（b）では、汽水分離器6で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する。工程（b）は、pH測定システム20を稼働し、pH計16で熱水のpHを測定する。また、第1の温度計15で、熱水が流れる配管の温度を測定し、熱水の温度を得ることができる。工程（b）は、図2AのフローチャートのS2、S3に対応する。

[0036] 工程（c）では、前記工程（a）及び（b）の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する。具体的には、工程（a）及び（b）で得られた測定値を、制御装置3に送る。そして、制御装置3に予め組み込まれたアルゴリズムに基づき、pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算することができる。アルゴリズムは、温度とpHの関係式に基づき、pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを算出可能なものであってよい。温度とpHの関係式は、例えば、The Geochemist's Workbench（登録商標）のような市販のソフトウェアを用いて計算することができる。工程（c）は、図2AのフローチャートのS4に対応する。

[0037] 工程（d）では、前記工程（c）の推算結果に基づき、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入の要否を決定する。より具体的には、pH推算値が、スケールを生成しにくいアルカリ性領域の、所定の範囲の下限值未満であるか

、下限値以上であるかにより、地熱流体に、アルカリ性薬剤を注入するか否かを決定する。スケールを生成しにくいアルカリ性領域の所定の範囲は、特に限定されないが、 pH 8～11の範囲内で当業者が範囲を設定することができ、例えば、 pH が8以上9以下とすることができる。フローチャート及び以下の説明は、アルカリ性領域の所定の範囲、すなわち、適正な pH 推算値の範囲が、8以上9以下である場合を例示して説明する。工程（d）は、図2AのフローチャートのS5に対応する。 pH 推算値が8以上である場合、地熱水がスケールの析出抑制が可能な性状にあると判断し、発電を継続する（S6）。制御装置3は、薬剤注入ポンプに指令を送ることなく、制御を終了する（END）。

[0038] 一方、工程（d）において、 pH 推算値が、8未満である場合、前記地熱流体にアルカリ性薬剤注入が必要と決定し、さらに以下の工程（e）～（j）を含む

（e）前記工程（d）において、アルカリ性薬剤注入が必要と決定された場合に、アルカリ性薬剤の注入量を決定する工程

（f）前記工程（e）の決定結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程

（g）前記工程（f）の終了後、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程

（h）前記工程（f）の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱して pH 及び温度を測定する工程

（i）前記工程（g）及び（h）の測定結果に基づき、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の pH を推算する工程

（j）前記工程（i）の推算結果に基づき、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入量の増減、または維持を決定する工程

[0039] 工程（e）では、アルカリ性薬剤の注入量を決定する。アルカリ性薬剤としては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、炭酸水素ナトリウムなどを用いることができるが、特定の薬剤には限定されない。アルカリ性薬剤の注入

量は、工程（c）で得られたpH推算値と、pH推算ポイントにおける地熱発電システムに固有の、設計仕様の熱水流量に基づいて、注入後の熱水のpH目標値が、8以上であって9以下となるように計算することができる。計算は、制御装置3に予め組み込まれたアルゴリズムにより実施することができる。工程（e）は、フローチャートのS7に対応する。

[0040] 工程（f）では、工程（e）の決定結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する。アルカリ性薬剤の注入は、制御装置3により、薬剤注入ポンプ2を稼働させて実施することができる。工程（f）は、フローチャートのS8、S9に対応する。

[0041] 工程（g）では、前記工程（f）の終了後に、再度、pH推算値を得るために、pH推算ポイントにおける温度を得る。操作は工程（a）と同様であってよい。また、工程（h）では、前記工程（f）の終了後に、再度、pH推算値を得るために、pH測定ポイントにおけるpH及び温度を得る工程である。操作は工程（b）と同様であり、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する。工程（g）は、フローチャートのS10に対応し、工程（h）は、S11、S12に対応する。

[0042] 工程（i）では、工程（g）及び（h）の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する。工程（i）は、フローチャートのS13に対応し、アルカリ性薬剤を注入後のpH推算値を得ることができる。

[0043] 工程（j）では、前記工程（i）の推算結果に基づき、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入量の増減、または維持を決定する。本工程では、pH推算値が、アルカリ性領域の所定の範囲未満（すなわち8未満）である場合、アルカリ性領域の所定の範囲内（すなわち、8以上9以下）である場合、アルカリ性領域の所定の範囲を超える場合（すなわち、9を超える場合）の3つの場合に分け、それぞれ制御を行う。フローチャートは、図2AのS13の後、図2BのフローチャートのAに進む。工程（j）は、図2BのフローチャートのS14に対応する。pH推算値が8以上9以下である場合には、

地熱水がスケールの析出抑制が可能な性状にあると判断し、S 1 5に進んで、発電を継続する。制御装置3は、薬剤注入ポンプ2に追加の指令を送ることなく、制御を終了する（END）。したがって、工程（e）で決定した量の薬剤の注入が継続され、発電が継続される。

[0044] 次に、工程（j）において、pH推算値が所定の好ましい範囲未満、例えば、8未満である場合には、アルカリ性薬剤注入量を増加すると決定され、以下の工程をさらに含む。

（k）アルカリ性薬剤の増加後の注入量を決定する工程

（l）前記工程（k）の決定結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程

（m）前記工程（l）の終了後、前記pH推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程

（n）前記工程（l）の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する工程

（o）前記工程（m）及び（n）の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する工程

これらの工程（k）から（o）を含む操作を、pH上昇・推算操作とすることができる。

[0045] 工程（k）、（l）は、pH推算値が、8未満である場合、すなわち、工程（e）で決定したアルカリ性薬剤の注入量が、pH推算ポイントにおけるpH値を上昇させるのに十分ではなかった場合に行う。S 1 4において、pH推算値が8未満の場合、S 2 1に進む。

[0046] 工程（k）では、アルカリ性薬剤の増加後の注入量を決定する。pH推算値が、8未満である場合には、工程（e）の計算に用いた、pH推算ポイントにおける設計仕様の熱水流量と比較して、pH推算ポイントにおける現実の熱水流量がより大きいと推測される。したがって、工程（e）で決定されたアルカリ性薬剤の注入量と、工程（j）において得られたpH推算値から、pH推算ポイントにおける現実の熱水流量を計算する。計算は、制御装置

3に予め組み込まれたアルゴリズムにより実施することができる。そして、計算により得られた、pH推算ポイントにおける現実の熱水流量から、アルカリ性薬剤の増加後の注入量を決定することができる。工程(k)は、フローチャートのS21、S22に対応する。

[0047] 続く工程(l)では、前記工程(k)の決定結果に基づき、地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する。工程(l)は、フローチャートのS23に対応する。

[0048] 工程(m)では、前記工程(l)の終了後に、再度、pH推算値を得るために、pH推算ポイントにおける温度を得る。操作は工程(a)と同様であってよい。また、工程(n)では、前記工程(l)の終了後に、再度、pH推算値を得るために、pH測定ポイントにおけるpH及び温度を得る。操作は工程(b)と同様であり、汽水分離器6で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する。工程(m)は、フローチャートのS24に対応し、工程(n)は、S25、S26に対応する。

[0049] 工程(o)では、工程(m)及び(n)の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する。工程(o)は、フローチャートのS27に対応する。これらのpH上昇・推算操作により、pHの上昇を狙ってアルカリ性薬剤の注入量を増加した後のpH推算値を得ることができる。

[0050] 一方、工程(j)において、pH推算値が、所定の好ましい範囲、例えば9を超える場合には、アルカリ性薬剤注入量を低減すると決定され、以下の工程をさらに含む。

(p) アルカリ性薬剤の低減後の注入量を決定する工程

(q) 前記工程(p)の決定結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程

(r) 前記工程(q)の終了後、前記pH推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程

(s) 前記工程(q)の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽

出し、放熱して pH 及び温度を測定する工程

(t) 前記工程 (r) 及び (s) の測定結果に基づき、前記 pH 推算ポイントにおける地熱流体の pH を推算する工程

これらの工程 (p) から (t) を含む操作を、pH 低下・推算操作ということができる。

[0051] 工程 (p) から (t) は、S 14 において、pH 推算値が、9 を超える場合、すなわち、工程 (e) で決定したアルカリ性薬剤の注入量が、熱水の pH を、適切な範囲を超えて上昇させた場合に行う。S 14 において、pH 推算値が、9 を超える場合、S 31 に進む。

[0052] 工程 (p) では、アルカリ性薬剤の低減後の注入量を決定する。pH 推算値が、9 を超える場合には、工程 (e) の計算に用いた、pH 推算ポイントにおける設計仕様の熱水流量と比較して、pH 推算ポイントにおける現実の熱水流量がより小さいと推測される。したがって、工程 (e) で決定されたアルカリ性薬剤の注入量と、工程 (j) において得られた pH 推算値から、pH 推算ポイントにおける現実の熱水流量を計算する。計算は、制御装置 3 に予め組み込まれたアルゴリズムにより実施することができる。そして、計算により得られた、pH 推算ポイントにおける現実の熱水流量から、アルカリ性薬剤の低減後の注入量を決定することができる。工程 (p) は、フローチャートの S 31、S 32 に対応する。

[0053] 続く工程 (q) では、前記工程 (p) の決定結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する。工程 (q) は、フローチャートの S 33 に対応する。

[0054] 工程 (r) では、前記工程 (q) の終了後に、再度、pH 推算値を得るために、pH 推算ポイントにおける温度を得る。操作は工程 (a) と同様であってよい。また、工程 (p) では、前記工程 (q) の終了後に、再度、pH 推算値を得るために、pH 測定ポイントにおける pH 及び温度を得る工程である。操作は工程 (b) と同様であり、汽水分離器 6 で分離された熱水の一部を抽出し、放熱して pH 及び温度を測定する。工程 (r) は、フローチャ

ートのS 3 4に対応し、工程（s）は、S 3 5、S 3 6に対応する。

[0055] 工程（t）では、工程（r）及び（s）の測定結果に基づき、前記p H推算ポイントにおける地熱流体のp Hを推算する。工程（t）は、フローチャートのS 3 7に対応する。これらのp H低下・推算操作により、p Hの低下を狙ってアルカリ性薬剤の注入量を低減した後のp H推算値を得ることができる。

[0056] フローチャートのS 2 7またはS 3 7で、アルカリ性薬剤の注入量の増加または低減後のp H推算値が得られたら、S 1 4に戻り、判定式に従って次の工程を決定する。すなわち、p Hが8未満の場合は、p H上昇・推算操作（工程（k）から（o）、S 2 1からS 2 7）を行い、p Hが9を超える場合は、p H低下・推算操作（工程（p）から（t）、S 3 1からS 3 7）を行う。p Hが8以上9以下の場合には、S 1 5に進んで制御を終了する。これらの操作は、p H推算値が、所定の好ましい範囲となるまで、例えば図2 Bでは、8以上9以下となるまで繰り返すことが好ましい。

[0057] このようにして、地熱発電システムを流れる地熱流体のp Hを、所定のp H推算ポイントにおいて、所定の値の範囲内に制御することにより、地熱流体がスケールを生成しやすい性状となることを防止し、シリカ系スケール析出を制御することができる。

[0058] 第1実施形態による地熱発電システムによれば、生産井5と汽水分離器6との間のp H推算値を得ること、並びに生産井5と汽水分離器6との間の地熱流体にアルカリ薬剤を注入することで、地熱流体のp Hを制御し、スケールの付着を抑制することができる。

[0059] 次に、図3は、本発明の第2実施形態による地熱発電システムを概念的に示す図である。図3に示す地熱発電システムは、汽水分離器3 6の熱水の出口に第2の温度計3 4を設ける点、並びに薬剤注入ポンプ3 2が、汽水分離器3 6内の熱水部に薬剤を注入するように構成されている点で、第1実施形態とは異なっている。その他の構成は、第1実施形態と同様である。また、シリカ系スケール析出制御方法の各工程についても、第1実施形態と同様で

ある。汽水分離器 3 6 内の熱水部とは、汽水分離器 3 6 に流入する地熱流体中の蒸気が分離されて得られる熱水が流れる部分をいう。

[0060] 本発明の第 2 実施形態による地熱発電システムによれば、アルカリ性薬剤を汽水分離器 3 6 内の熱水部に注入することにより、タービンで用いる地熱蒸気の温度を低下させるおそれがなく、第 1 実施形態の場合と比較して、熱損失を防止することができる。

[0061] 次に、図 4 は、本発明の第 3 実施形態による地熱発電システムを概念的に示す図である。図 4 に示す地熱発電システムは、還元井 7 9 の入口に第 2 の温度計 6 4 を設け、熱水ピットを設けない点で、第 1 実施形態とは異なっている。その他の構成は、第 1 実施形態と同様である。また、シリカ系スケール析出制御方法の各工程についても、第 1 実施形態と同様である。

[0062] 本発明の第 3 実施形態による地熱発電システムによれば、還元井 7 9 の入口を、pH 推算ポイントとし、還元井 7 9 に入る熱水の温度を、アルカリ性薬剤の注入量を決定するパラメータとする。これにより、還元井 7 9 に至るまでの配管のスケール生成を防止することができる。そのため、従来必須であった熱水ピットでのスケール沈殿工程を不要とし、熱水ピットを設けなくてもよくなるといった利点を得られる。

符号の説明

[0063] 1、3 1、6 1 薬剤タンク、2、3 2、6 2 薬剤注入ポンプ
3、3 3、6 3 制御装置、4、3 4、6 4 第 2 の温度計、5、3 5、
6 5 生産井
6、3 6、6 6 汽水分離器、7、3 7、6 7 タービン 8、3 8、6
8 復水器
9、3 9、6 9 復水ポンプ、1 0、4 0、7 0 冷却塔、
1 1、4 1、7 1 第 2 の開閉バルブ、1 2、4 2、7 2 第 1 の開閉バルブ、
1 3、4 3、7 3 洗浄剤注入装置、1 4、4 4、7 4 螺旋管
1 5、4 5、7 5 第 1 の温度計、1 6、4 6、7 6 pH 計

17、47、77 第3の開閉バルブ、18、48 熱水ピット
19、49、79 還元井

請求の範囲

- [請求項1] 生産井と、
前記生産井から得られる地熱流体を蒸気と熱水に分離する汽水分離器と、
前記汽水分離器で分離された蒸気により回転するタービンと、
前記汽水分離器及び／またはタービンを経た地熱流体を還流する還元井と、
前記汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、当該熱水のpHを測定するpH測定システム、及び当該熱水の温度を測定する第1の温度計と、
地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する注入装置と、
前記アルカリ性薬剤の注入部、前記汽水分離器出口、または還元井入口から選択されるpH推算ポイントの地熱流体の温度を測定する第2の温度計と、
前記pH測定システム、第1の温度計、及び第2の温度計の測定結果に基づき、前記注入装置によるアルカリ性薬剤の注入を制御する制御装置と
を含む、地熱発電システムであって
前記pH測定システムが、螺旋管と、pH計とを備え、開閉バルブを介して前記タービン下流の復水ポンプに接続されている、地熱発電システム。
- [請求項2] 前記pH測定システムが、洗浄剤の注入部をさらに含む、請求項1に記載のシステム。
- [請求項3] 前記注入装置が、前記生産井と前記汽水分離器の間の配管に接続される、請求項1に記載のシステム。
- [請求項4] 前記第2の温度計が、前記生産井と前記汽水分離器の間の配管に設けられる請求項3に記載のシステム。
- [請求項5] 前記第2の温度計が、前記還元井入口に設けられる請求項3に記載

のシステム。

[請求項6] 前記注入装置が、前記汽水分離器の熱水部に接続される請求項1に記載のシステム。

[請求項7] (a) 地熱発電システムのpH推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

(b) 汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する工程と、

(c) 前記工程(a)及び(b)の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する工程と、

(d) 前記工程(c)の推算結果に基づき、地熱流体へのアルカリ性薬剤注入の要否を決定する工程とを含む、シリカ系スケール析出制御方法。

[請求項8] 前記工程(d)において、pHがアルカリ性領域の所定の範囲未満の場合に、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入が必要と決定する、請求項7に記載の方法。

[請求項9] (e) 前記工程(d)において、アルカリ性薬剤注入が必要と決定された場合に、アルカリ性薬剤の注入量を決定する工程と、

(f) 前記工程(e)の決定結果に基づき、前記地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程と、

(g) 前記工程(f)の終了後、前記pH推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

(h) 前記工程(f)の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する工程と、

(i) 前記工程(g)及び(h)の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する工程と、

(j) 前記工程(i)の推算結果に基づき、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入量の増減または維持を決定する工程とをさらに含む請求項7に記載の方法。

[請求項10] 前記工程（j）において、pHがアルカリ性領域の所定の範囲未満の場合にアルカリ性薬剤注入量を増加すると決定し、pHがアルカリ性領域の所定の範囲を超える場合にアルカリ性薬剤注入量を低減すると決定し、pHがアルカリ性領域の所定の範囲内の場合にアルカリ性薬剤注入量を維持すると決定する、請求項9に記載の方法。

[請求項11] 前記工程（j）において、アルカリ性薬剤注入量を増加すると決定された場合に、

（k）アルカリ性薬剤の増加後の注入量を決定する工程と、

（l）前記工程（k）の決定結果に基づき、地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程と、

（m）前記工程（l）の終了後、前記pH推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

（n）前記工程（l）の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する工程と、

（o）前記工程（m）及び（n）の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する工程とを含む、pH上昇・推算操作を行い、

前記工程（j）において、アルカリ性薬剤注入量を低減すると決定された場合に、

（p）アルカリ性薬剤の低減後の注入量を決定する工程と、

（q）前記工程（p）の決定結果に基づき、地熱流体にアルカリ性薬剤を注入する工程と、

（r）前記工程（q）の終了後、前記pH推算ポイントにおける地熱流体の温度を測定する工程と、

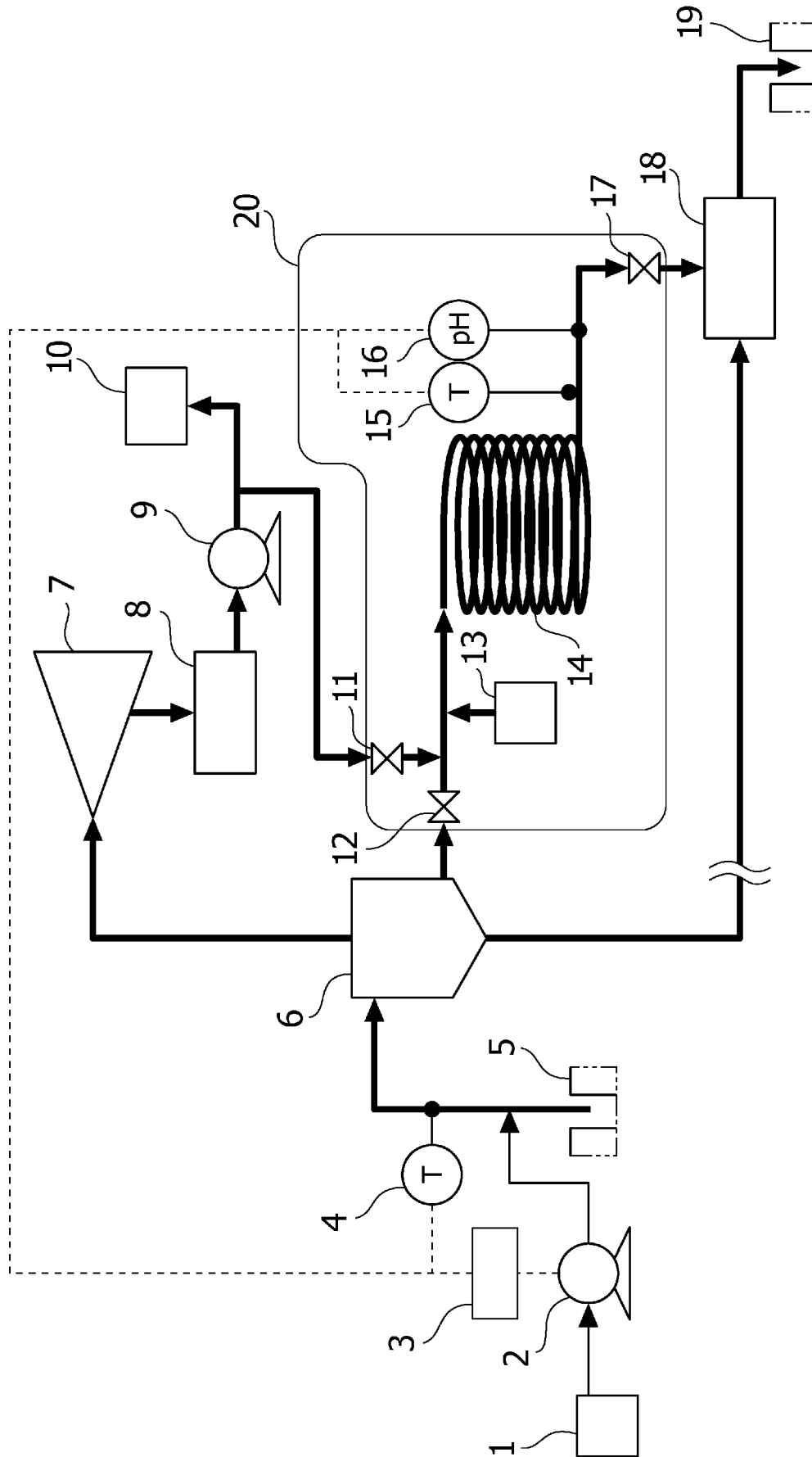
（s）前記工程（q）の終了後、汽水分離器で分離された熱水の一部を抽出し、放熱してpH及び温度を測定する工程と、

（t）前記工程（r）及び（s）の測定結果に基づき、前記pH推算ポイントにおける地熱流体のpHを推算する工程と

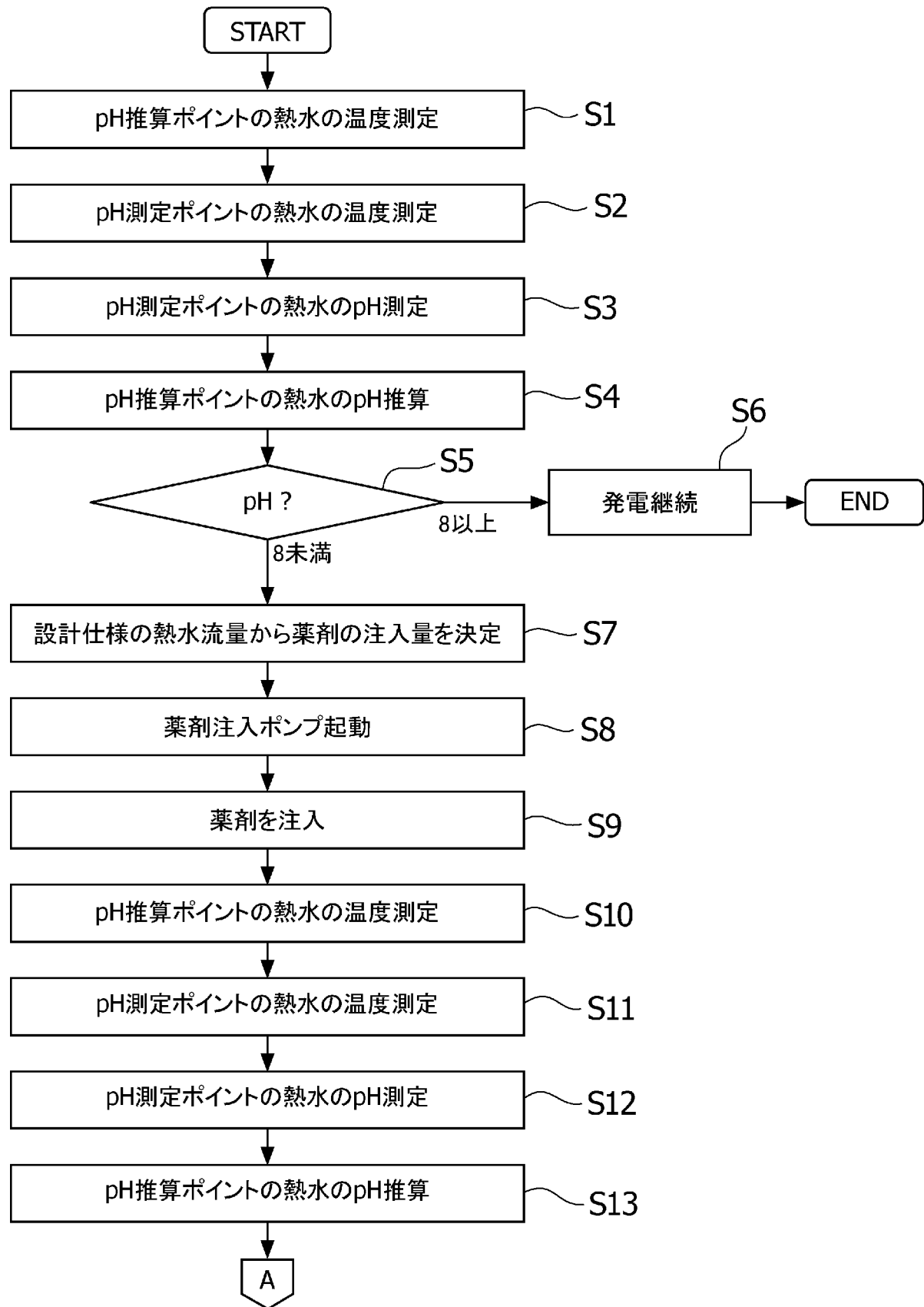
を含む、pH低下・推算操作を行う、請求項10に記載の方法。

[請求項12] 前記工程（o）または工程（q）の推算結果に基づき、前記地熱流体へのアルカリ性薬剤注入量の増減または維持を決定する工程をさらに含み、pH推算値が所定のアルカリ性領域の所定の範囲に達するまで、前記pH上昇・推算操作または前記pH低下・推算操作を繰り返す、請求項11に記載の方法。

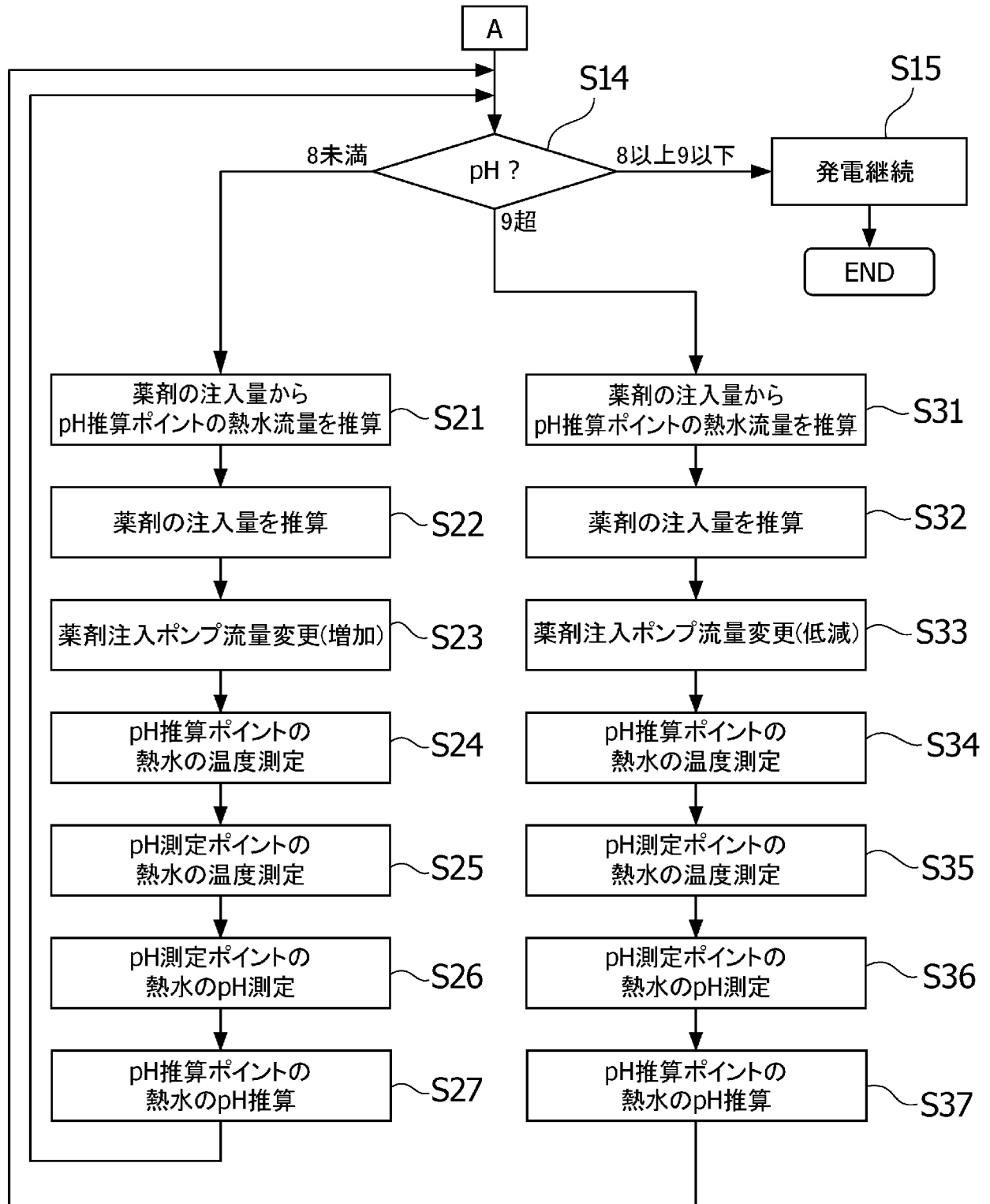
[図1]



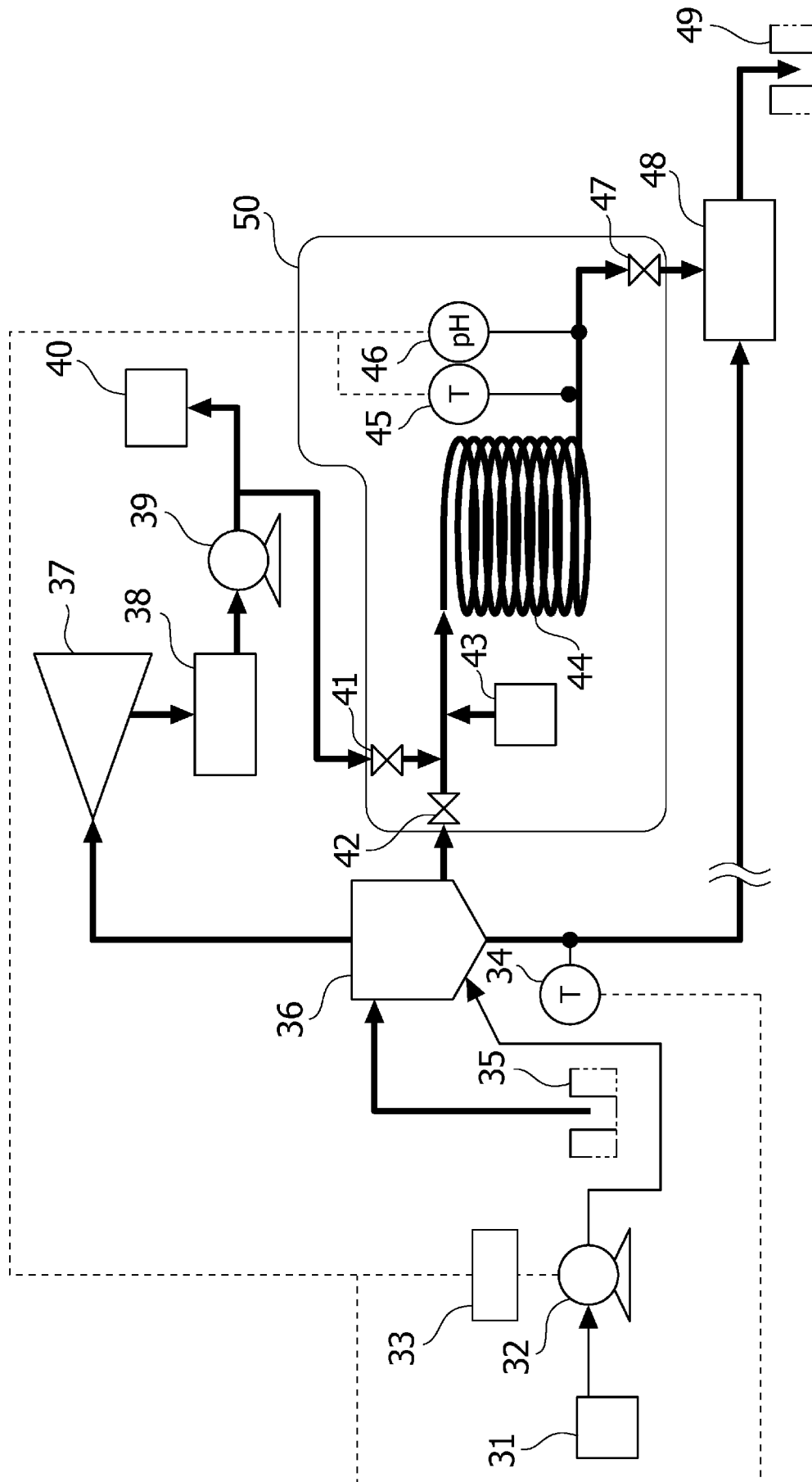
[図2A]



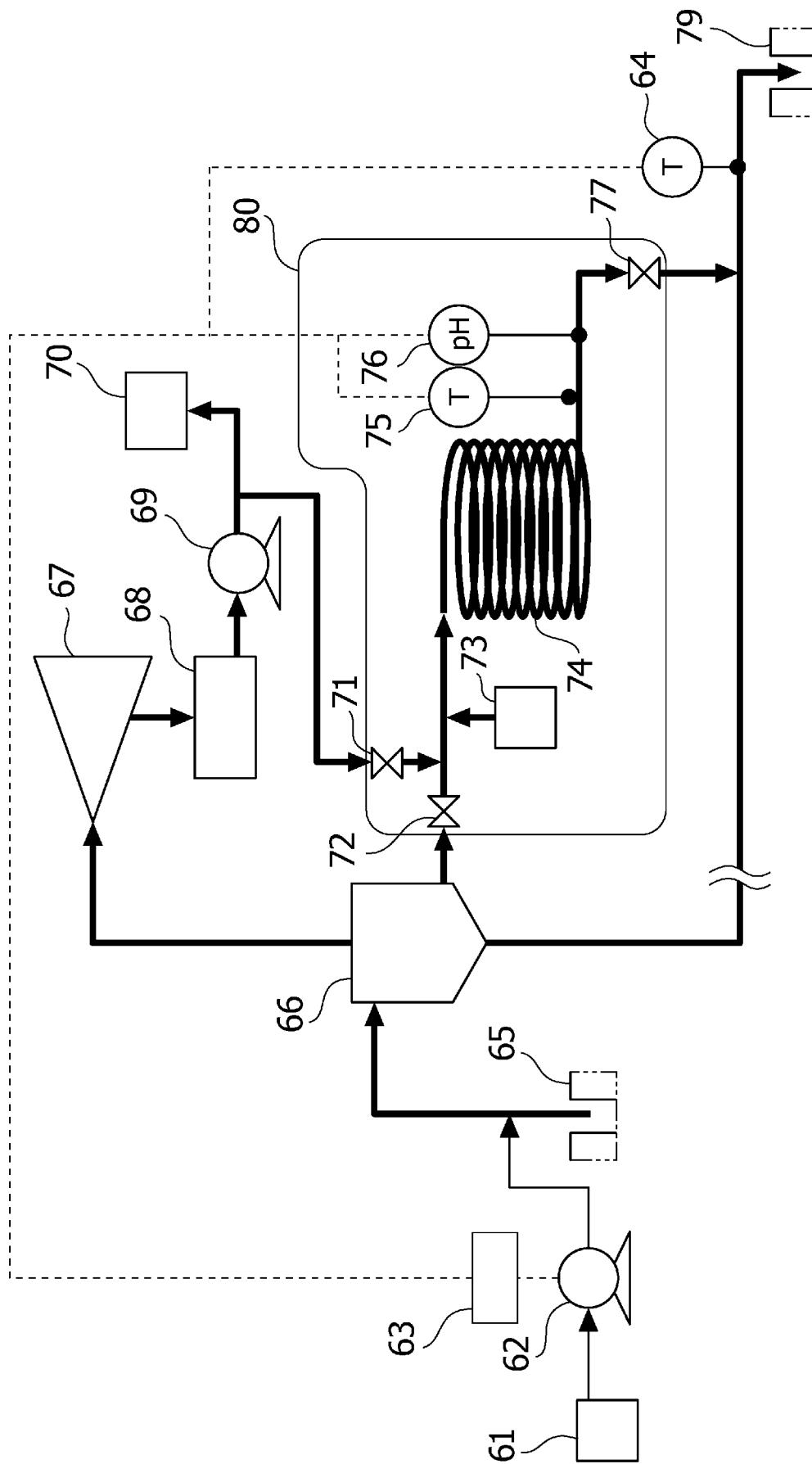
[図2B]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/031960

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03G 4/00(2006.01)i; **C02F 5/00**(2023.01)i; **F01D 25/00**(2006.01)i; **F01K 9/00**(2006.01)i; **F01K 27/02**(2006.01)i;
G01N 33/18(2006.01)i
 FI: F03G4/00 551; F01K9/00 G; F01D25/00 V; F01K27/02 Z; C02F5/00 610E; C02F5/00 620C; G01N33/18 101

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)

F03G4/00; C02F5/00; F01D25/00; F01K9/00; F01K27/02; G01N33/18; F03G7/04

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	JP 2011-196197 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 06 October 2011 (2011-10-06) paragraphs [0044]-[0056], fig. 9-11	1-12
A	WO 2013/027822 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 28 February 2013 (2013-02-28) entire text, all drawings	1-12
A	CN 113620478 A (CHONGQING HUAJIE GEOTHERMAL ENERGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 09 November 2021 (2021-11-09) whole document, all drawings	1-12
P, A	WO 2023/074697 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 04 May 2023 (2023-05-04) abstract, claims	1-12

☐ 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

06 November 2023

Date of mailing of the international search report

14 November 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 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/JP2023/031960

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2011-196197	A	06 October 2011	(Family: none)	
WO	2013/027822	A1	28 February 2013	US 2014/0165564 A1 whole document, all drawings	
CN	113620478	A	09 November 2021	(Family: none)	
WO	2023/074697	A1	04 May 2023	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F03G 4/00(2006.01)i; C02F 5/00(2023.01)i; F01D 25/00(2006.01)i; F01K 9/00(2006.01)i; F01K 27/02(2006.01)i; G01N 33/18(2006.01)i FI: F03G4/00 551; F01K9/00 G; F01D25/00 V; F01K27/02 Z; C02F5/00 610E; C02F5/00 620C; G01N33/18 101		
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）） F03G4/00; C02F5/00; F01D25/00; F01K9/00; F01K27/02; G01N33/18; F03G7/04 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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
A	JP 2011-196197 A（富士電機株式会社）06.10.2011（2011 - 10 - 06） 段落0044 - 0056、図9 - 11	1-12
A	WO 2013/027822 A1（富士電機株式会社）28.02.2013（2013 - 02 - 28） 全文、全図	1-12
A	CN 113620478 A（CHONGQING HUAJIE GEOTHERMAL ENERGY DEVELOPMENT CO., LTD.） 09.11.2021（2021 - 11 - 09） all docs. and figs.	1-12
P, A	WO 2023/074697 A1（富士電機株式会社）04.05.2023（2023 - 05 - 04） 要約、請求の範囲	1-12
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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 06.11.2023	国際調査報告の発送日 14.11.2023	
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） 家喜 健太 3G 8371 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/JP2023/031960

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2011-196197	A	06.10.2011	(ファミリーなし)	
WO	2013/027822	A1	28.02.2013	US 2014/0165564 A1 all docs. and figs.	
CN	113620478	A	09.11.2021	(ファミリーなし)	
WO	2023/074697	A1	04.05.2023	(ファミリーなし)	