

(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
2025年1月23日(23.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/018199 A1

(51) 国際特許分類:

F03G 4/00 (2006.01)

B08B 3/08 (2006.01)

C02F 5/00 (2023.01)

C02F 5/08 (2023.01)

C02F 5/10 (2023.01)

F01D 25/00 (2006.01)

F01K 27/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2024/024562

(22) 国際出願日:

2024年7月8日(08.07.2024)

(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 2023-117850 2023年7月19日(19.07.2023) 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: 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). 小澤 梓 (OZAWA, 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). 福村 琢 (FUKUMURA, Taku); 〒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).

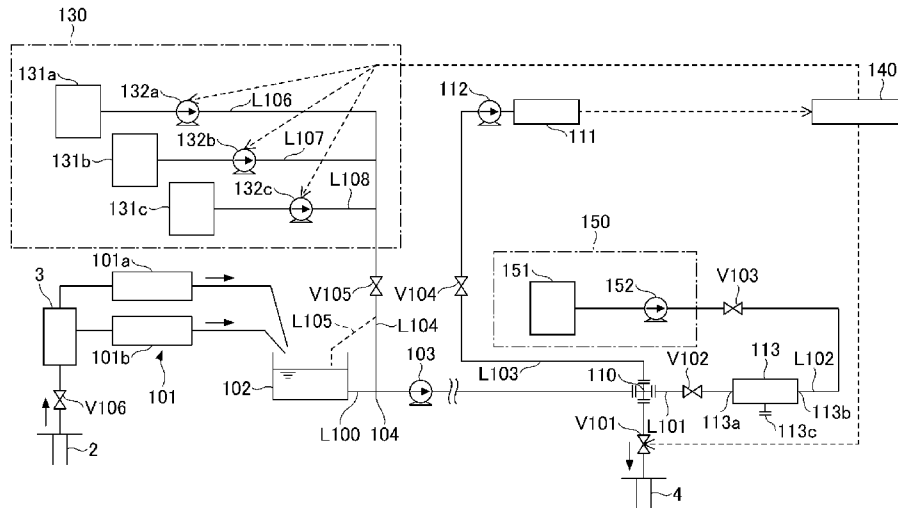
(74) 代理人: 弁理士法人 I T O H (ITO PATENT ATTORNEY CORPORATION); 〒1000005 東

(54) Title: GEOTHERMAL POWER GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 地熱発電システム

[図1]

100



(57) Abstract: A geothermal power generation system according to one aspect of the present invention comprises: a gas-liquid separator; a power generation device; a retention tank; a reinjection line; a reinjection pump; a chemical injection port provided in the reinjection line between the retention tank and the reinjection pump; a first chemical addition device that injects a chemical into the chemical injection port; a branch part that is provided in the middle of the reinjection line on the downstream side of the reinjection pump and above a reinjection well in the vertical direction, and branches a flow

京都千代田区丸の内二丁目1番1号 明治
安田生命ビル 16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))

of the geothermal water; a first liquid analyzer; a scale piece collector; a dissolving agent addition device; and a control device that, on the basis of the analysis result of the first liquid analyzer, switches between injecting of the chemical and stopping of injection by the first chemical addition device, and switches between injecting of the dissolving agent and stopping of injection by the dissolving agent addition device.

(57) 要約: 本発明の一態様に係る地熱発電システムは、気液分離器と、発電装置と、滞留槽と、還元ラインと、還元ポンプと、前記滞留槽と前記還元ポンプとの間の前記還元ラインに設けられた薬剤注入口と、前記薬剤注入口に薬剤を注入する第1薬剤添加装置と、前記還元ポンプの下流側且つ前記還元井の鉛直方向上方において、前記還元ラインの途中に設けられ、前記地熱水の流れを分岐する分岐部と、第1液体分析計と、スケール片捕集器と、溶解剤添加装置と、前記第1液体分析計の分析結果に基づき、前記第1薬剤添加装置による前記薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに、前記溶解剤添加装置による前記溶解剤の注入操作及び注入停止の切り替えを行う制御装置とを備える。

明 細 書

発明の名称：地熱発電システム

技術分野

[0001] 本発明は、地熱発電システムに関する。

背景技術

[0002] 地熱発電システムは、生産井から高温の地熱流体（地熱水及び地熱蒸気）を採取し、地熱流体から分離した地熱水又は地熱蒸気を利用して発電を行う。生産井から採取される地熱流体は、井戸水や河川水よりもカルシウムや溶存シリカ等を多く含んでいる。

[0003] 生産井から採取した地熱水中のカルシウムや溶存シリカは、地熱発電システムにおいて、減圧されることにより濃縮され、配管内を流通するうちに冷やされ、溶解度が低下する。そして、地熱水に含まれるシリカや溶存シリカ等が過飽和状態となると、重合して炭酸カルシウムや非晶質シリカとなり、スケールとして析出する。スケールは、配管の内壁等に付着して、配管の閉塞等を生じる可能性があるため、地熱発電システムにおいて、スケールの付着が問題となっている。

[0004] 特に、地熱発電システムにおいて、地熱水を還元井に戻すための還元ラインにスケールが付着し易く、還元ラインに付着したスケールを十分に洗浄することが求められている。例えば、特許文献1に記載の地熱発電システムでは、汽水分離器の後流側で、分離熱水に、酸化剤として過酸化水素水を供給し、地熱水系統におけるシリカ成分のスケール付着を防止している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-90147号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、通常、地熱発電システムにおいて、還元ラインは、長距離

に亘って配置されるため、還元ラインの上流側で供給した洗浄剤が、下流側になるに従い希釈されるため、下流側の配管に付着したスケールの洗浄が不十分となり、洗浄不良が発生する、という問題があった。

[0007] 本発明の一態様は、還元ラインのスケールを十分に除去することができる地熱発電システムを提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様に係る地熱発電システムは、生産井より噴出した地熱流体から地熱水と地熱蒸気とを分離する気液分離器と、前記気液分離器で分離された前記地熱水又は前記地熱蒸気を熱源として発電を行う発電装置と、前記発電装置で熱回収された前記地熱水を貯留する滞留槽と、前記滞留槽の出口部と還元井とを連結する還元ラインと、前記還元ラインの途中に設けられ、前記滞留槽から排出された前記地熱水を還元井に返送する還元ポンプと、前記滞留槽と前記還元ポンプとの間の前記還元ラインに設けられた薬剤注入口と、前記薬剤注入口に薬剤を注入する第1薬剤添加装置と、前記還元ポンプの下流側且つ前記還元井の鉛直方向上方において、前記還元ラインの途中に設けられ、前記地熱水の流れを分岐する分岐部と、前記分岐部から鉛直方向上方に連結された第1液体分析計と、前記分岐部から水平方向に連結され、残渣投入口と、溶解剤注入口と、残渣排出口とを有するスケール片捕集器と、前記溶解剤注入口に溶解剤を注入する溶解剤添加装置と、前記第1液体分析計の分析結果に基づき、前記第1薬剤添加装置による前記薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに、前記溶解剤添加装置による前記溶解剤の注入操作及び注入停止の切り替えを行う制御装置とを備える。

発明の効果

[0009] 本発明の一態様に係る地熱発電システムによれば、還元ラインのスケールを十分に除去することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一実施形態による地熱発電システムの概略構成図である。

[図2]一実施形態による地熱発電システムにおける洗浄の動作を示すタイムチ

ャートである。

[図3]一実施形態による地熱発電システムの他の例を示す概略構成図である。

[図4]図3の要部拡大図である。

[図5A]一実施形態による地熱発電システムの他の例における洗浄の動作を説明するための図3の要部拡大図（その1）である。

[図5B]一実施形態による地熱発電システムの他の例における洗浄の動作を説明するための図3の要部拡大図（その2）である。

[図5C]一実施形態による地熱発電システムの他の例における洗浄の動作を説明するための図3の要部拡大図（その3）である。

[図5D]一実施形態による地熱発電システムの他の例における洗浄の動作を説明するための図3の要部拡大図（その4）である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しながら説明する。まず、通常運転（発電）を停止して還元ラインL100を洗浄する場合の地熱発電システム100の実施形態について説明する。

[0012] 図1は、一実施形態による地熱発電システム100の概略構成図である。図1に示すように、地熱発電システム100は、気液分離器3、発電装置101、滞留槽102、還元ラインL100、還元ポンプ103、薬剤注入口104、第1薬剤添加装置130及び制御装置140を備える。図1において、矢印は流体の流れを示す。

[0013] 地熱発電システム100において、生産井2から採取された地熱流体は、気液分離器3に送られる。気液分離器3は、生産井2より噴出した地熱流体から地熱水と地熱蒸気とを分離する。気液分離器3で分離された地熱水及び地熱蒸気は、配管を介して発電装置101に送られ、発電装置101は、気液分離器3で分離された地熱水又は地熱蒸気を熱源として発電を行う。発電装置101で熱回収された地熱水は、配管を介して滞留槽102に導入される。

[0014] 図1に示す例では、気液分離器3で分離された地熱蒸気は、フラッシュ発

電装置 101a に送られ、フラッシュ発電装置 101a は、気液分離器 3 で分離された地熱蒸気を熱源として発電を行い、気液分離器 3 で分離された地熱水は、バイナリー発電装置 101b に送られ、バイナリー発電装置 101b は、気液分離器 3 で分離された地熱水を熱源として発電を行う。

[0015] 発電装置 101 は、特に限定されず、フラッシュ発電装置 101a 及びバイナリー発電装置 101b を有してよく、フラッシュ発電装置 101a 及びバイナリー発電装置 101b のいずれか一方を有していてもよい。

[0016] フラッシュ発電装置 101a は、気液分離器 3 で分離された地熱蒸気を供給することにより回転するタービン、タービンに接続された発電機、タービンから排出された地熱蒸気を凝縮する復水器、復水器で凝縮された凝縮水を冷却する冷却塔等を有する。バイナリー発電装置 101b は、熱交換して低沸点の熱媒体を蒸発させる媒体蒸発器、気化した熱媒体を供給することにより回転するタービン、発電機、媒体凝縮器等を有する。

[0017] 滞留槽 102 は、発電装置 101 で熱回収された地熱水を貯留する。そして、地熱水中のシリカの重合反応を進行させ、シリカ系不溶成分が十分に凝集沈澱するまで滞留させる。

[0018] 還元ライン L100 は、滞留槽 102 の出口部と還元井 4 とを連結するラインである。

[0019] 還元ポンプ 103 は、還元ライン L100 の途中に設けられ、滞留槽 102 から排出された地熱水を還元井 4 に返送する。滞留槽 102 から排出された地熱水は、還元ポンプ 103 により、還元ライン L100 を介して還元井 4 に戻される。

[0020] 薬剤注入口 104 は、滞留槽 102 と還元ポンプ 103 との間の還元ライン L100 に設けられている。

[0021] 第 1 薬剤添加装置 130 は、薬剤注入口に薬剤を注入する装置であり、薬剤を収容する複数の薬剤タンク 131a、131b、131c と、複数の薬剤タンク 131a、131b、131c のそれぞれに接続され、薬剤を薬剤注入口 104 に向けて吐出する複数の薬剤注入ポンプ 132a、132b、

132cとを有してよい。薬剤タンク131a、131b、131cの数は、図1に示す例では3つであるが、これに限らず、使用する薬剤種の数に応じて選択することができ、4つ以上であってもよい。薬剤注入ポンプ132a、132b、132cの数は、薬剤タンク131a、131b、131cの数に応じて選択することができる。

[0022] 複数の薬剤タンク131a、131b、131cには、それぞれ、トレーサ試薬、洗浄剤、及び還元ラインL100を構成する金属に対して腐食性を有する腐食剤が収容されていてよい。例えば、薬剤タンク131aには、トレーサ試薬を収容し、薬剤タンク131bには、洗浄剤を収容し、薬剤タンク131cには、腐食剤を収容する。以後、本明細書において、トレーサ試薬を収容した薬剤タンク131aに接続された薬剤注入ポンプをトレーサ試薬注入ポンプ132aと、洗浄剤を収容した薬剤タンク131bに接続された薬剤注入ポンプを洗浄剤注入ポンプ132bと、腐食剤を収容した薬剤タンク131cに接続された薬剤注入ポンプを腐食剤注入ポンプ132cと、称する場合がある。

[0023] トレーサ試薬は、還元ラインL100の下流側まで洗浄剤が到達したことを確認するための薬剤である。トレーサ試薬としては、例えば、ヨウ素、臭素等のハロゲン、ヨウ素131、臭素82、トリチウム等の放射性同位体、安息香酸ナトリウム、トルエンスルホン酸ナトリウム、キシレンスルホン酸ナトリウム、ベンゼンスルホン酸ナトリウム、1-ナフタレンスルホン酸、1,5-ナフタレンジスルホン酸等の芳香族スルホン酸塩、フルオレセインナトリウム、ローダミンWT、2,6,8-ナフチルアミンジスルホン酸（アミノG酸）等の蛍光染料、金属指示薬、安息香酸等が挙げられる。これらの中でも、トレーサ試薬は、芳香族スルホン酸塩であることが好ましい。

[0024] 洗浄剤は、還元ラインL100の配管内に付着したスケールを除去し、洗浄するための薬剤である。洗浄剤は、例えば、酸性薬剤、塩基性薬剤、キレート剤、過酸化水素系薬剤、分散剤、及びカタラーゼ系薬剤から選択される1種以上を含む薬剤とすることができる。

[0025] 酸性薬剤は、カルシウム系のスケールを溶解するために用いることができる。酸性薬剤としては、例えば、硫酸、塩酸、酢酸、クエン酸等が挙げられる。塩基性薬剤は、シリカ系のスケール（非晶質シリカ）を溶解するために用いることができる。塩基性薬剤としては、例えば、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、アンモニウム塩類等が挙げられる。キレート剤は、他の洗浄剤を使用する前に、予め、pH調整下において、地熱水中の溶存金属をマスキングし、他の洗浄剤の浪費を抑制するために用いることができる。キレート剤としては、例えば、エチレンジアミン四酢酸（EDTA）、ニトリロ三酢酸（NTA）、ヒドロキシエチレンジアミン三酢酸（HEDTA）、ジエチレントリアミン五酢酸（DTPA）、トリメタノールアミン、グルコン酸ソーダ等が挙げられる。過酸化水素系薬剤は、軟泥質を溶解するために用いることができる。過酸化水素系薬剤としては、例えば、過酸化水素水が挙げられる。分散剤は、配管の内壁等に付着したスケールを分散させ剥離するために用いることができる。分散剤としては、例えば、ポリアクリル酸ナトリウム、各種の界面活性剤等が挙げられる。カタラーゼ系薬剤は、過酸化水素系薬剤を使用した後、地熱水中に残存する過酸化水素系薬剤を分解するために用いることができる。

[0026] 腐食剤は、洗浄後の還元ラインL100に流通させ、還元ラインL100の配管を構成する金属を溶出させ、溶出した金属イオンの濃度によって、洗浄状態を判断するための薬剤である。腐食剤は、例えば、硫酸、塩酸、酢酸、及びクエン酸から選択される1種とすることができる。

[0027] 地熱発電システム100は、還元ラインL100の薬剤注入口104と連結された第4配管L104と、第4配管L104の途中に設けられ、第4配管L104の流路を開閉する第5の弁V105を備えていてよい。また、第1薬剤添加装置130は、第4配管L104から分岐して薬剤注入ポンプ132aの吐出口と連結する第6配管L106と、第4配管L104から分岐して薬剤注入ポンプ132bの吐出口と連結する第7配管L107と、第4配管L104から分岐して薬剤注入ポンプ132cの吐出口と連結する第8

配管L108とを有してよい。

[0028] 地熱発電システム100は、滞留槽102と還元ポンプ103との距離等により、必要に応じて、第4配管L104から分岐し、滞留槽102の入口部まで延びる、仮設の第5配管L105を備えてよい。この場合、第1薬剤添加装置130から供給された薬剤は、滞留槽102内の地熱水と共に、滞留槽102の出口部から還元ラインL100に供給される。

[0029] 地熱発電システム100は、還元ポンプ103の下流側且つ還元井4の鉛直方向上方において、還元ラインL100の途中に設けられ、地熱水の流れを分岐する分岐部110と、分岐部110から鉛直方向上方に連結された第1液体分析計111と、分岐部110から水平方向に連結されたスケール片捕集器113とを備える。分岐部110は、地熱水の流れを四方に分岐し、例えば、四方弁であってよい。地熱発電システム100は、分岐部110と還元井4との間の還元ラインL100に設けられ、分岐部110と還元井4との間の流路を開閉する第1の弁V101（還元弁）を備えてよい。

[0030] 第1液体分析計111は、分岐部110から分岐した第3配管L103に連結されている。第1液体分析計111は、流体に含まれる成分を分析し、検出する。第1液体分析計111は、少なくともトレーサ試薬を検出する。また、第1液体分析計111は、pH、誘電率、又は溶存イオン濃度を測定する。第1液体分析計111は、例えば、高速液体クロマトグラフであってよい。

[0031] 地熱発電システム100は、第3配管L103の途中に設けられ、還元ラインL100を流通する流体を第1液体分析計111の入口部に向けて吐出する送液ポンプ112と、送液ポンプ112の上流側における第3配管L103に設けられ、第3配管L103の流路を開閉する第4の弁V104とを備えてよい。

[0032] スケール片捕集器113は、残渣投入口113aと、溶解剤注入口113bと、残渣排出口113cとを有し、還元ラインL100の洗浄完了後に、遅延して還元ラインL100を流れるスケール片を捕集する。地熱発電シス

テム１００は、分岐部１１０と残渣投入口１１３aとを連結する第１配管Ｌ１０１と、第１配管Ｌ１０１に設けられ、第１配管Ｌ１０１の流路を開閉する第２の弁Ｖ１０２とを備えていてよい。

[0033] 地熱発電システム１００は、スケール片捕集器１１３の溶解剤注入口１１３bに溶解剤を注入する溶解剤添加装置１５０を備える。溶解剤添加装置１５０は、溶解剤を収容する溶解剤タンク１５１と、溶解剤タンク１５１に接続され、溶解剤を溶解剤注入口１１３bに向けて吐出する溶解剤注入ポンプ１５２とを有していてよい。溶解剤は、スケール片捕集器１１３に捕集されたスケールを溶解する薬剤であり、例えば、塩基性薬剤、フッ化物系薬剤、及び酸性薬剤から選択される１種とすることができる。

[0034] 塩基性薬剤及び酸性薬剤としては、上述の洗浄剤と同様の薬剤を用いることができる。フッ化物系薬剤としては、例えば、フッ化水素酸、ヘキサフルオロリン酸、フッ化アンモニウム等が挙げられる。

[0035] 地熱発電システム１００は、溶解剤注入口１１３bと溶解剤注入ポンプ１５２の吐出口とを連結する第２配管Ｌ１０２と、第２配管Ｌ１０２に設けられ、第２配管Ｌ１０２の流路を開閉する第３の弁Ｖ１０３とを備えていてよい。

[0036] 制御装置１４０は、第１液体分析計１１１の分析結果に基づき、第１薬剤添加装置１３０による薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに、溶解剤添加装置１５０による溶解剤の注入操作及び注入停止の切り替えを行う。具体的には、制御装置１４０は、第１液体分析計１１１の分析結果に基づき、複数の薬剤注入ポンプ１３２a、１３２b、１３２c、溶解剤注入ポンプ１５２、及び第１の弁Ｖ１０１を制御する。

[0037] 図２は、一実施形態による地熱発電システム１００における洗浄の動作を示すタイムチャートである。制御装置１４０は、第１薬剤添加装置１３０により、洗浄剤を供給させると同時に、トレーサ試薬を５分以上の間隔を空けて２回以上の供給回数にて供給させ、第１液体分析計１１１がトレーサ試薬を当該供給回数と同じ回数検知した後、洗浄剤の供給を停止させ、第１の弁

V 1 0 1（還元弁）を閉止することにより、洗浄操作を実行してよい。

[0038] 図2に示すように、制御装置140は、時点t0において、第1の弁V101（還元弁）を開放した状態で、トレーサ試薬注入ポンプ132aに、5分以上の間隔を空けて2回以上の供給回数にて吐出する指令を送ると共に、洗浄剤注入ポンプ132bに継続して吐出する指令を送る。制御装置140は、第1液体分析計111から、トレーサ試薬を当該供給回数と同じ回数検知した信号を受信した後、時点t1において、洗浄剤注入ポンプ132bに吐出を停止する指令を送ると同時に、第1の弁V101に閉止する指令を送る。制御装置140は、トレーサ試薬を当該供給回数と同じ回数検知した信号を受信したことにより、洗浄剤が還元ラインL100の下流側まで到達したことを確認することができる。時間T1は、洗浄剤が還元ラインL100の下流側まで到達させるための時間である。

[0039] 制御装置140は、第1の弁V101（還元弁）を閉止した時から、2時間～3時間経過後、第1の弁V101を開放し、第1の弁V101を開放した状態で、第1薬剤添加装置130により腐食剤を供給させた後、第1液体分析計111にて検出された金属イオンの濃度に基づき、洗浄状態を判断する。

[0040] 制御装置140は、洗浄剤注入ポンプ132bが停止し、第1の弁V101（還元弁）が閉止した時点t1から2時間～3時間（時間T2）経過した後、時点t2において、腐食剤注入ポンプ132cに吐出する指令を送ると同時に、第1の弁V101に開放する指令を送る。時間T2は、還元ラインL100の配管の内壁に洗浄剤を十分に接触させるための時間である。そして、制御装置140は、第1液体分析計111から、金属イオンの濃度の測定値を受信した後、時間T3経過後、時点t3において、洗浄状態を判断する。時間T3は、洗浄状態を確認するための時間である。

[0041] 洗浄が進む程、配管の内壁が露出し、配管を構成する金属が流体に溶け出すため、流体に含まれる金属イオンの濃度が上昇する。第1液体分析計111にて検出される金属イオンの濃度は、鉄イオンの濃度であってよい。例え

ば、制御装置 140 は、鉄イオンの濃度が 100 ppm に達したときに、洗浄完了と判断してもよい。第 1 液体分析計 111 にて分析される分析結果は、誘電率であってもよい。

[0042] 制御装置 140 は、第 1 液体分析計 111 にて検出された金属イオンの濃度が規定値未満である場合、洗浄が完了していないと判断し、再度、時間 T1 ~ T3 の洗浄操作を実行し、第 1 液体分析計 111 にて検出された金属イオンの濃度が規定値に到達するまで、時間 T1 ~ T3 の洗浄操作を繰り返す。時間 T4 は、時間 T1 ~ T3 の洗浄操作を繰り返す時間である。時間 T4 における、洗浄の動作を示すタイムチャートは、時間 T1 ~ T3 と同様であるため、図 2 では記載を省略する。

[0043] 制御装置 140 は、第 1 液体分析計 111 にて検出された金属イオンの濃度が規定値に到達した場合、時点 t5 において、洗浄完了と判断し、洗浄操作を終了し通常運転に戻る。時点 t4 から時点 t5 の時間 T5 は、複数回の洗浄状態を確認するための時間 T3 のうち最終回の時間である。

[0044] 制御装置 140 は、第 1 液体分析計 111 にて検出された金属イオンの濃度が規定値に到達し、洗浄が完了したと判断した場合、残渣投入口 113a に地熱水を流入させ、スケール片捕集器 113 にスケール片を捕集させた後、溶解剤添加装置 150 により溶解剤を溶解剤注入口 113b に注入させ、第 2 の弁 V102 及び第 3 の弁 V103 を閉止する。具体的には、制御装置 140 は、まず、第 1 液体分析計 111 にて検出された金属イオンの濃度が規定値に到達し、洗浄が完了したと判断した場合、1 週間以上の間、第 2 の弁 V102 を開放し、残渣投入口 113a に地熱水を流入させる制御を行うことが好ましい。これにより、地熱発電システム 100 は、洗浄後、遅延して還元ライン L100 を流れるスケール片をスケール片捕集器 113 に十分に捕集することができる。次に、制御装置 140 は、溶解剤添加装置 150 により溶解剤を溶解剤注入口 113b に注入させ、溶解剤が塩基性薬剤である場合、スケール片捕集器 113 内の流体の pH が規定値になったとき、第 2 の弁 V102 及び第 3 の弁 V103 を閉止する。なお、スケール片捕集器

113内の流体のpHは、例えば、スケール片捕集器113に設けられた、図示しないpH測定器によって検出することができ、制御装置140は、pH測定器からpHの測定値を受信する。

[0045] スケール片捕集器113は、還元井4の顕熱により高温に維持されるため、スケール片捕集器113内の溶解剤の効果を向上させ、スケール片の溶解を促進することができる。スケール片の溶解を促進する観点から、スケール片捕集器113内の温度を80℃以上に維持するようにスケール片捕集器113を配置することが好ましい。

[0046] 制御装置140は、第2の弁V102及び第3の弁V103を閉止し、48時間以上放置した後、第2の弁V102を開放することで、スケール片捕集器113内の溶解させたスケール片を含む流体を第2配管L102を介して還元井4へ送る制御を行う。具体的には、制御装置140は、図示しない加圧装置によって、スケール片捕集器113内に圧力を印加させることにより、開放した第2の弁V102を介して残渣投入口113aから流入する地熱水を押し戻し、スケール片捕集器113内の溶解させたスケール片を含む流体を第2配管L102を介して還元井4へ送る制御を行う。

[0047] そして、制御装置140は、スケール片捕集器113内に残留したスケール片、岩石の破片、鉄錆等を残渣排出口113cから外部に排出する制御を行う。

[0048] 制御装置140は、さらに、還元ポンプ103、送液ポンプ112、第4の弁V104、第5の弁V105、及び第6の弁V106を制御してもよい。

[0049] 次に、地熱発電システム100の他の例について説明する。地熱発電システム100の他の例は、通常運転中（発電中）に還元ラインL100を洗浄する場合の地熱発電システム100の実施形態である。図3は、一実施形態による地熱発電システム100の他の例を示す概略構成図であり、図4は、図3の要部拡大図である。図3及び図4において、矢印は流体の流れを示す。

[0050] 地熱発電システム100は、図1及び図2に示す上述の構成に加えて、図3及び図4に示すように、還元ポンプ103の下流側において、還元ラインL100から分岐し、還元ラインL100に連結された第1バイパス配管L121と、第1バイパス配管L121の下流側において、還元ラインL100から分岐し、還元ラインL100に連結された第2バイパス配管L122とを備えていてよい。また、地熱発電システム100は、還元ラインL100の途中に設けられ、還元ラインL100の流路を第1バイパス配管L121へ切り替え可能な第1切替弁V121と、還元ラインL100の途中に設けられ、還元ラインL100の流路を第2バイパス配管L122へ切り替え可能な第2切替弁V122とを備えていてよい。

[0051] さらに、地熱発電システム100は、図4に示すように、第1バイパス配管L121に設けられた薬剤調整部115、薬剤調整部115の上流側の第1バイパス配管L121に設けられた第1仕切弁V123、及び薬剤調整部115の下流側の第1バイパス配管L121に設けられた第2仕切弁V124と、第2薬剤添加装置170と、空気導入装置116とを備えていてよい。

[0052] 薬剤調整部115は、第1仕切弁V123と第2仕切弁V124との間の第1バイパス配管L121であり、薬剤調整部115内の薬剤に空気を導入し、還元ラインL100に供給する薬剤を調整するための部分である。

[0053] 第2薬剤添加装置170は、薬剤調整部115に薬剤を注入する。第2薬剤添加装置170は、薬剤を収容する薬剤タンク171と、薬剤タンク171に接続され、薬剤を薬剤調整部115に向けて吐出する薬剤注入ポンプ172とを有していてよい。薬剤タンク171の数は、図4に示す例では1つであるが、これに限らず、使用する薬剤種の数に応じて選択することができ、複数であってもよい。薬剤注入ポンプ172の数は、薬剤タンク171の数に応じて選択することができる。

[0054] 薬剤タンク171に収容される薬剤は、洗浄剤、又は洗浄剤及び還元ラインL100を構成する金属に対して腐食性を有する腐食剤が収容されていて

よい。薬剤タンク１７１の数は、複数であってよく、薬剤が洗浄剤及び腐食剤である場合、洗浄剤と腐食剤とは別々の薬剤タンク１７１に収容される。

[0055] 洗浄剤は、還元ラインＬ１００の配管内に付着したスケールを除去し、洗浄するための薬剤である。洗浄剤としては、図１に示す実施形態と同様の洗浄剤を用いることができる。

[0056] 腐食剤は、洗浄後の還元ラインＬ１００に流通させ、還元ラインＬ１００の配管を構成する金属を溶出させ、溶出した金属イオンの濃度によって、洗浄状態を判断するための薬剤である。腐食剤としては、図１に示す実施形態と同様の腐食剤を用いることができる。

[0057] 空気導入装置１１６は、薬剤調整部１１５内の薬剤に空気を供給する。空気導入装置１１６としては、例えば、エアコンプレッサ、ブロア等が挙げられる。地熱発電システム１００は、空気導入装置１１６の上流側に設けられたエアフィルタ１１７と、薬剤調整部１１５内の地熱水を排水する排水ポンプ１１８を備えていてよい。

[0058] 地熱発電システム１００は、薬剤調整部１１５に連結された第９配管Ｌ１２３と、第９配管Ｌ１２３から分岐し、第２仕切弁Ｖ１２４の下流側の第１バイパス配管Ｌ１２１に連結された第１０配管Ｌ１２４と、第９配管Ｌ１２３から分岐し、空気導入装置１１６の吹出口に連結された第１１配管Ｌ１２５と、第１１配管Ｌ１２５の途中から分岐し、薬剤注入ポンプ１７２の吐出口に連結された第１２配管Ｌ１２６とを備えていてよい。排水ポンプ１１８は、第１０配管Ｌ１２４の途中に設けられている。

[0059] 第９配管Ｌ１２３は、薬剤調整部１１５から鉛直方向下方に延びて設けられている。第９配管Ｌ１２３は、洗浄剤及び空気を薬剤調整部１１５へ送り、また、薬剤調整部１１５から排出される地熱水を第１０配管Ｌ１２４へ送る。地熱発電システム１００は、薬剤調整部１１５に連結され、薬剤調整部１１５から鉛直方向上方に延びて設けられた第１３配管Ｌ１２７を備えていてよい。第１３配管Ｌ１２７は、薬剤調整部１１５内の空気を外部に排出し、また、薬剤調整部１１５内に空気を導入する。地熱発電システム１００は

、第13配管L127の途中に設けられ、第13配管L127の流路を開閉する第15の弁V130を備えていてよい。

[0060] 地熱発電システム100は、第9配管L123の途中に設けられ、第9配管L123の流路を開閉する第7の弁V125と、第10配管L124における排水ポンプ118より下流側に設けられ、第10配管L124の流路を開閉する第8の弁V126と、第11配管L125の途中に設けられ、第11配管L125における、第12配管L126への分岐点より下流側の流路を開閉する第9の弁V127と、第12配管L126への分岐点より上流側の流路を開閉する第10の弁V129と、第12配管L126における薬剤注入ポンプ172より下流側に設けられ、第12配管L126の流路を開閉する第11の弁V128とを備えていてよい。

[0061] 地熱発電システム100は、第2バイパス配管L122に設けられた空気分離部120、空気分離部120の上流側の第2バイパス配管L122に設けられた第3仕切弁V131、及び空気分離部120の下流側の第2バイパス配管L122に設けられた第4仕切弁V132と、空気分離部120に接続された第2液体分析計121とを備えていてよい。

[0062] 空気分離部120は、空気分離部120内の流体（地熱水及び薬剤）から空気を分離する（脱気する）ための部分である。第2液体分析計121は、例えば、pH、誘電率、又は溶存イオン濃度を測定する。

[0063] 地熱発電システム100は、空気分離部120に連結され鉛直方向上方に延びる第14配管L128と、空気分離部120に連結され鉛直方向下方に延びる第15配管L129とを備えていてよい。第14配管L128は、空気分離部120内で分離された空気を外部に排出する。地熱発電システム100は、第14配管L128の途中に設けられた、空気抜き弁V133を備えていてよい。空気抜き弁V133は、空気分離部120内に溜まった空気を自動的に排出する。第15配管L129は、空気分離部120と第2液体分析計121とを連結し、空気分離部120内の流体を第2液体分析計121へ送る。地熱発電システム100は、第15配管L129の途中に設けら

れ、第15配管L129を流通する流体を第2液体分析計121の入口部に向けて吐出する送液ポンプ122と、送液ポンプ122の上流側における第15配管L129に設けられ、第15配管L129の流路を開閉する第12の弁V134とを備えてよい。

[0064] 制御装置140は、第2液体分析計121の分析結果に基づき、第2薬剤添加装置170による薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに空気導入装置116による空気の導入操作及び導入停止の切り替えを行うと共に、第1切替弁V121、第2切替弁V122、及び第1～第4仕切弁V123、V124、V131、V132を制御してよい。

[0065] 次に、地熱発電システム100の他の例における洗浄の動作について詳細に説明する。図5A～図5Dは、一実施形態による地熱発電システム100の他の例における洗浄の動作を説明するための図3の要部拡大図である。図5A～図5Dにおいて、開放している弁は、白色で示し、閉止している弁は黒色で示し、矢印は流体の流れを示す。

[0066] 制御装置140は、通常運転と、通常運転の後、薬剤調整部115内の地熱水を排出する排水操作と、地熱水が排出された薬剤調整部115に薬剤を注入する薬剤注入操作と、薬剤調整部115に注入された薬剤に空気を導入する空気導入操作と、還元ラインL100の流路を第1バイパス配管L121及び第2バイパス配管L122へ切り替えて洗浄を行う洗浄操作とを繰り返してよい。

[0067] 制御装置140は、図5Aに示すように、通常運転において、第1切替弁V121及び第2切替弁V122を開放し、第1～第4仕切弁V123、V124、V131、V132を閉止する。通常運転において、地熱水は、還元ラインL100を流通し、第1バイパス配管L121及び第2バイパス配管L122には流通しない。

[0068] 次に、制御装置140は、図5Bに示すように、薬剤調整部115内の地熱水を排出する排水操作において、第7の弁V125及び第8の弁V126を開放し、排水ポンプ118を作動させ、薬剤調整部115に溜まった地熱

水を排出し、第9配管L 1 2 3及び第10配管L 1 2 4を介して、第2仕切弁V 1 2 4より下流側の第1バイパス配管L 1 2 1へ送る。このとき、制御装置140が、第15の弁V 1 3 0を開放することにより、薬剤調整部115に溜まった地熱水が排水されると共に、第13配管L 1 2 7を介して薬剤調整部115内に空気が導入される。

[0069] 次に、制御装置140は、図5Cに示すように、薬剤調整部115に薬剤を注入する薬剤注入操作において、第8の弁V 1 2 6を閉止し、第7の弁V 1 2 5に加え、第9の弁V 1 2 7及び第11の弁V 1 2 8を開放し、薬剤注入ポンプ172を作動させ、第2薬剤添加装置170による薬剤の注入操作を開始する。このとき、薬剤調整部115に薬剤が注入されると共に、第13配管L 1 2 7を介して薬剤調整部115内の空気が外部に排出される。

[0070] 次に、制御装置140は、図5Dに示すように、薬剤に空気を導入する空気導入操作において、第11の弁V 1 2 8及び第15の弁V 1 3 0を閉止し、第7の弁V 1 2 5及び第9の弁V 1 2 7に加え、第10の弁V 1 2 9を開放する。また、制御装置140は、薬剤注入ポンプ172を停止させ、第2薬剤添加装置170による薬剤の注入を停止すると共に、空気導入装置116を作動させ、第9配管L 1 2 3及び第11配管L 1 2 5を介して薬剤調整部115内の薬剤に空気を供給する制御を行う。

[0071] そして、制御装置140は、還元ラインL 1 0 0の流路を第1バイパス配管L 1 2 1及び第2バイパス配管L 1 2 2へ切り替えて洗浄を開始するライン切替操作において、第1～第4仕切弁V 1 2 3、V 1 2 4、V 1 3 1、V 1 3 2を開放し、還元ラインL 1 0 0の流路を第1バイパス配管L 1 2 1及び第2バイパス配管L 1 2 2へ切り替えて、薬剤調整部115内の空気を含む薬剤を還元ラインL 1 0 0及び第2バイパス配管L 1 2 2へ流通させる制御を行う。

[0072] 薬剤調整部115内の薬剤に導入された空気は、空気分離部120で空気抜き弁V 1 3 3及び第14配管L 1 2 8を介して外部に排出される。即ち、地熱発電システム100は、空気分離部120内の流体（地熱水、薬剤及び

空気を含む流体) から空気を分離した後、空気を分離した流体を第2バイパス配管L 1 2 2より下流側の還元ラインL 1 0 0に流通させる。

[0073] 制御装置1 4 0は、ライン切替操作の後、所定時間経過後、再度、通常運転と、排水操作と、薬剤注入操作と、空気導入操作と、ライン切替操作とを繰り返す。

[0074] 制御装置1 4 0は、洗浄操作を実行した後、第1切替弁V 1 2 1及び第2切替弁V 1 2 2を閉止し、第1～第4仕切弁V 1 2 3、V 1 2 4、V 1 3 1、V 1 3 2を開放した状態で、第2薬剤添加装置1 7 0による薬剤の注入停止後、第2薬剤添加装置1 7 0により腐食剤を供給させた後、第2液体分析計1 2 1にて検出された金属イオンの濃度に基づき、洗浄状態を判断してよい。第2液体分析計1 2 1にて検出される金属イオンの濃度は、鉄イオンの濃度であってよい。例えば、制御装置1 4 0は、鉄イオンの濃度が1 0 0 p p mに達したときに、洗浄完了と判断してもよい。第1液体分析計1 1 1にて分析される分析結果は、誘電率であってもよい。

[0075] 制御装置1 4 0は、第2液体分析計1 2 1にて検出された金属イオンの濃度が規定値未満である場合、洗浄が完了していないと判断し、再度、通常運転、排水操作と、薬剤注入操作と、空気導入操作と、洗浄操作とを繰り返してよい。

[0076] 制御装置1 4 0は、第2液体分析計1 2 1にて検出された金属イオンの濃度が規定値に到達した場合、洗浄完了と判断し、通常運転を実行し、それ以降の薬剤注入操作、空気導入操作、及び洗浄操作の実行を終了してよい。

[0077] 地熱発電システム1 0 0は、気液分離器3と、発電装置1 0 1と、滞留槽1 0 2と、還元ラインL 1 0 0と、還元ポンプ1 0 3と、滞留槽1 0 2と還元ポンプ1 0 3との間の還元ラインL 1 0 0に設けられた薬剤注入口1 0 4と、第1薬剤添加装置1 3 0とを備える。また、地熱発電システム1 0 0は、分岐部1 1 0と、第1液体分析計1 1 1と、残渣投入口1 1 3 a、溶解剤注入口1 1 3 b、及び残渣排出口1 1 3 cを有するスケール片捕集器1 1 3と、溶解剤添加装置1 5 0と、第1液体分析計1 1 1の分析結果に基づき、

第1薬剤添加装置130による薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに、溶解剤添加装置150による溶解剤の注入操作及び注入停止の切り替えを行う制御装置140とを備える。

[0078] この構成により、制御装置140は、還元ラインL100の下流側に設けられた第1液体分析計111の分析結果に基づき、薬剤の到達を確認し、第1薬剤添加装置130による薬剤の注入操作及び注入停止の切り替えを行う。よって、地熱発電システム100は、地熱発電システム100を開放又は分解することなく閉鎖系とした状態で、還元ラインL100の上流側から下流側までの全体に薬剤を行き渡らせ、還元ラインL100を洗浄することができる。また、地熱発電システム100は、還元ラインL100を洗浄した後、還元ラインL100をスケール片が流通する場合においても、スケール片捕集器113によりスケール片を捕集し、制御装置140は、溶解剤添加装置150による溶解剤の注入操作及び注入停止の切り替えを行う。よって、地熱発電システム100は、地熱発電システム100を開放又は分解することなく閉鎖系とした状態で、洗浄後に還元ラインL100を流通するスケール片を溶解し除去することができる。以上により、地熱発電システム100は、還元ラインL100のスケールを十分に除去することができる。

[0079] 具体的には、地熱発電システム100は、第1の弁V101を備え、第1薬剤添加装置130は、複数の薬剤タンク131a、131b、131cと、複数の薬剤注入ポンプ132a、132b、132cとを有し、溶解剤添加装置150は、溶解剤タンク151と、溶解剤注入ポンプ152とを有する。また、制御装置140は、第1液体分析計111の分析結果に基づき、複数の薬剤注入ポンプ132a、132b、132c、溶解剤注入ポンプ152、及び第1の弁V101を制御する。

[0080] この構成により、制御装置140が、第1液体分析計111の分析結果に基づき、複数の薬剤の中から目的に応じた薬剤を選択し、当該薬剤を吐出する薬剤注入ポンプを制御することにより、地熱発電システム100は、還元ラインL100に目的に応じた薬剤を供給することができる。そして、制御

装置 140 が、還元ライン L100 の全体に薬剤を行き渡らせた後、第 1 の弁 V101 を閉じることにより、地熱発電システム 100 は、還元ライン L100 の配管の内壁に薬剤を十分に接触させ、洗浄効果を高めることができる。また、制御装置 140 が、第 1 液体分析計 111 の分析結果に基づき、溶解剤注入ポンプ 152 を制御することにより、地熱発電システム 100 は、洗浄後に還元ライン L100 を流通するスケール片を十分に溶解し除去することができる。以上により、地熱発電システム 100 は、還元ライン L100 のスケールをより十分に除去することができる。

[0081] 地熱発電システム 100 において、複数の薬剤タンク 131a、131b、131c には、それぞれ、トレーサ試薬、洗浄剤、及び還元ライン L100 を構成する金属に対して腐食性を有する腐食剤が収容されている。これにより、地熱発電システム 100 は、還元ライン L100 にトレーサ試薬を洗浄剤と同時に供給することにより、第 1 液体分析計 111 により洗浄剤の到達を確認することができ、還元ライン L100 の上流側から下流側までの全体に洗浄剤を行き渡らせ、還元ライン L100 を洗浄することができる。また、地熱発電システム 100 は、還元ライン L100 に腐食剤を供給することにより、還元ライン L100 の配管を構成する金属を溶出させ、溶出した金属イオンの濃度によって、洗浄状態を判断することができる。よって、地熱発電システム 100 は、還元ライン L100 のスケールをより十分に除去することができる。

[0082] 地熱発電システム 100 において、トレーサ試薬は、芳香族スルホン酸塩であることが好ましい。地熱発電システム 100 は、還元ライン L100 に、トレーサ試薬として芳香族スルホン酸塩を洗浄剤と同時に供給することにより、第 1 液体分析計 111 によりトレーサ試薬を容易に検出することができ、洗浄剤の到達を容易に確認することができる。

[0083] 地熱発電システム 100 において、洗浄剤は、酸性薬剤、塩基性薬剤、キレート剤、過酸化水素系薬剤、分散剤、及びカタラーゼ系薬剤から選択される 1 種以上を含む。これにより、地熱発電システム 100 は、スケールに含

まれる軟泥質、炭酸カルシウム、非晶質シリカ、鉄錆等のそれぞれに対して最適な洗浄剤を還元ラインL 100に供給することができる。

[0084] 地熱発電システム100において、腐食剤は、硫酸、塩酸、酢酸、及びクエン酸から選択される1種である。地熱発電システム100は、還元ラインL 100に腐食剤として、硫酸、塩酸、酢酸、及びクエン酸から選択される1種を供給することにより、還元ラインL 100の配管を構成する鉄を溶出させ、溶出した鉄イオンの濃度によって、洗浄状態を判断することができる。

[0085] 地熱発電システム100において、溶解剤は、塩基性薬剤、フッ化物系薬剤、及び酸性薬剤から選択される1種である。これにより、地熱発電システム100は、スケールに含まれる炭酸カルシウム、非晶質シリカ等のそれぞれに対して最適な溶解剤をスケール片捕集器113に供給することができる。

[0086] 地熱発電システム100において、制御装置140は、第1薬剤添加装置130により、洗浄剤を供給させると同時に、トレーサ試薬を5分以上の間隔を空けて2回以上の供給回数にて供給させ、第1液体分析計111がトレーサ試薬を当該供給回数と同じ回数検知した後、洗浄剤の供給を停止させ、第1の弁V101を閉止することにより、洗浄操作を実行する。

[0087] これにより、制御装置140は、第1液体分析計111により洗浄剤の到達を確認し、還元ラインL 100の全体に洗浄剤を行き渡らせた後、第1の弁V101を閉じることにより、地熱発電システム100は、還元ラインL 100の配管の内壁に洗浄剤を十分に接触させ、洗浄効果を高めることができる。よって、地熱発電システム100は、還元ラインL 100のスケールをより十分に除去することができる。

[0088] 地熱発電システム100において、制御装置140は、第1の弁V101を閉止した時から、2時間～3時間経過後、第1の弁V101を開放し、第1薬剤添加装置130により腐食剤を供給させた後、第1液体分析計111にて検出された金属イオンの濃度に基づき、洗浄状態を判断する。これによ

り、地熱発電システム１００は、洗浄状態に応じて還元ラインＬ１００を洗浄することができ、還元ラインＬ１００のスケールをより十分に除去することができる。

[0089] 地熱発電システム１００において、制御装置１４０は、第１液体分析計１１１にて検出された金属イオンの濃度が規定値未満である場合、洗浄が完了していないと判断し、再度、洗浄操作を実行し、第１液体分析計１１１にて検出された金属イオンの濃度が規定値に到達するまで、洗浄操作を繰り返す。これにより、地熱発電システム１００は、還元ラインＬ１００に洗浄不良が生じることを抑制でき、還元ラインＬ１００のスケールをより十分に除去することができる。

[0090] 地熱発電システム１００は、第２の弁Ｖ１０２と、第３の弁Ｖ１０３とを備え、制御装置１４０は、第１液体分析計１１１にて検出された金属イオンの濃度が規定値に到達し、洗浄が完了したと判断した場合、残渣投入口１１３ａに地熱水を流入させ、スケール片捕集器１１３にスケール片を捕集させた後、溶解剤添加装置１５０により溶解剤を溶解剤注入口１１３ｂに注入させ、第２の弁Ｖ１０２及び第３の弁Ｖ１０３を閉止する。これにより、地熱発電システム１００は、還元ラインＬ１００の洗浄が完了した後、還元ラインＬ１００をスケール片が流通する場合において、スケール片捕集器１１３によりスケール片を捕集し、溶解して除去することができる。よって、地熱発電システム１００は、還元ラインＬ１００のスケールを十分に除去することができる。

[0091] 地熱発電システム１００において、制御装置１４０は、第２の弁Ｖ１０２及び第３の弁Ｖ１０３を閉止し、４８時間以上放置した後、第２の弁Ｖ１０２を開放することで、スケール片捕集器内の溶解させたスケール片を含む流体を第２配管Ｌ１０２を介して還元井４へ送る制御を行う。制御装置１４０が、スケール片捕集器１１３に捕集されたスケール片を、還元井４の顕熱を受けて高温に維持された環境下で溶解剤に浸漬させることにより、地熱発電システム１００は、スケール片を十分に溶解して除去することができる。よ

って、地熱発電システム１００は、還元ラインＬ１００のスケールをより十分に除去することができる。

[0092] 地熱発電システム１００において、制御装置１４０は、スケール片捕集器内に残留したスケール片を残渣排出口１１３ｃから外部に排出する制御を行う。これにより、制御装置１４０は、スケール片捕集器１１３内で溶解剤により溶解できなかった難溶解性のスケール片を除去することができる。

[0093] 地熱発電システム１００は、第１バイパス配管Ｌ１２１と、第２バイパス配管Ｌ１２２と、第１切替弁Ｖ１２１と、第２切替弁Ｖ１２２と、薬剤調整部１１５、第１仕切弁Ｖ１２３、及び第２仕切弁Ｖ１２４と、第２薬剤添加装置１７０と、空気導入装置１１６と、空気分離部１２０と、第３仕切弁Ｖ１３１、及び第４仕切弁Ｖ１３２と、第２液体分析計１２１とを備える。また、制御装置１４０は、第２液体分析計１２１の分析結果に基づき、第２薬剤添加装置１７０による薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに空気導入装置１１６による空気の導入操作及び導入停止の切り替えを行うと共に、第１切替弁Ｖ１２１、第２切替弁Ｖ１２２、及び第１～第４仕切弁Ｖ１２３、Ｖ１２４、Ｖ１３１、Ｖ１３２を制御する。

[0094] この構成により、地熱発電システム１００は、通常運転中（発電中）においても、還元ラインＬ１００を洗浄することができる。制御装置１４０は、第２薬剤添加装置１７０により供給される薬剤に、空気導入装置１１６により空気を導入させる。そして、制御装置１４０は、第１切替弁Ｖ１２１、第２切替弁Ｖ１２２、及び第１～第４仕切弁Ｖ１２３、Ｖ１２４、Ｖ１３１、Ｖ１３２を制御することにより、還元ラインＬ１００の流路を第１バイパス配管Ｌ１２１及び第２バイパス配管Ｌ１２２へ切り替え、空気が導入された薬剤を還元ラインＬ１００に流通させる。これにより、薬剤と地熱水との接触面積を減らすことができ、還元ラインＬ１００を流通する間に薬剤が希釈されることを抑制することができる。また、制御装置１４０は、第２薬剤添加装置１７０により腐食剤を供給させることにより、第２液体分析計１２１にて検出された金属イオンの濃度に基づき、洗浄状態を判断することができ

る。よって、地熱発電システム１００は、還元ラインＬ１００が十分に洗浄されるまで洗浄を行うことができる。以上により、地熱発電システム１００は、通常運転中においても、還元ラインＬ１００のスケールを十分に除去することができる。

[0095] 地熱発電システム１００において、制御装置１４０は、通常運転と、通常運転の後、薬剤調整部１１５内の地熱水を排出する排水操作と、地熱水が排出された薬剤調整部１１５に薬剤を注入する薬剤注入操作と、薬剤調整部１１５に注入された薬剤に空気を導入する空気導入操作と、還元ラインＬ１００の流路を第１バイパス配管Ｌ１２１及び第２バイパス配管Ｌ１２２へ切り替えて洗浄を開始するライン切替操作とを繰り返す。これにより、還元ラインＬ１００において、空気を含む薬剤が地熱水中に繰り返し供給され、薬剤を取り巻く空気が障壁となって薬剤が地熱水へ拡散し難くなるため、地熱発電システム１００は、薬剤が還元ラインＬ１００を流通する間に希釈されることをより抑制することができる。

[0096] 地熱発電システム１００は、空気分離部１２０内の流体から空気を分離した後、空気を分離した流体を第２バイパス配管Ｌ１２２より下流側の還元ラインＬ１００に流通させる。これにより、地熱発電システム１００は、第２バイパス配管Ｌ１２２より下流側の還元ラインＬ１００を介して還元井４へ戻す地熱水の透水性を維持することができる。

[0097] 以上の通り、実施形態を説明したが、上記実施形態は、例として提示したものであり、上記実施形態により本発明が限定されるものではない。上記実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の組み合わせ、省略、置き換え、変更などを行うことが可能である。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると共に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

[0098] 本国際出願は２０２３年７月１９日に出願された日本国特許出願２０２３－１１７８５０号に基づく優先権を主張するものであり、その全内容を参照

によりここに援用する。

符号の説明

- [0099] 1 0 0 地熱発電システム
- 2 生産井
- 3 気液分離器
- 4 還元井
- 1 0 1 発電装置
- 1 0 2 滞留槽
- 1 0 3 還元ポンプ
- 1 0 4 薬剤注入口
- 1 1 0 分岐部
- 1 1 1 第1液体分析計
- 1 1 3 スケール片捕集器
- 1 1 3 a 残渣投入口
- 1 1 3 b 溶解剤注入口
- 1 1 3 c 残渣排出口
- 1 1 5 薬剤調整部
- 1 1 6 空気導入装置
- 1 2 0 空気分離部
- 1 2 1 第2液体分析計
- 1 3 0 第1薬剤添加装置
- 1 3 1 a、1 3 1 b、1 3 1 c 薬剤タンク
- 1 3 2 a、1 3 2 b、1 3 2 c 薬剤注入ポンプ
- 1 4 0 制御装置
- 1 5 0 溶解剤添加装置
- 1 5 1 溶解剤タンク
- 1 5 2 溶解剤注入ポンプ
- 1 7 0 第2薬剤添加装置

L 1 0 0	還元ライン
L 1 0 1	第1配管
L 1 0 2	第2配管
V 1 0 1	第1の弁
V 1 0 2	第2の弁
V 1 0 3	第3の弁
L 1 2 1	第1バイパス配管
L 1 2 2	第2バイパス配管
V 1 2 1	第1切替弁
V 1 2 2	第2切替弁
V 1 2 3	第1仕切弁
V 1 2 4	第2仕切弁
V 1 3 1	第3仕切弁
V 1 3 2	第4仕切弁

請求の範囲

- [請求項1] 生産井より噴出した地熱流体から地熱水と地熱蒸気とを分離する気液分離器と、
- 前記気液分離器で分離された前記地熱水又は前記地熱蒸気を熱源として発電を行う発電装置と、
- 前記発電装置で熱回収された前記地熱水を貯留する滞留槽と、
- 前記滞留槽の出口部と還元井とを連結する還元ラインと、
- 前記還元ラインの途中に設けられ、前記滞留槽から排出された前記地熱水を還元井に返送する還元ポンプと、
- 前記滞留槽と前記還元ポンプとの間の前記還元ラインに設けられた薬剤注入口と、
- 前記薬剤注入口に薬剤を注入する第1 薬剤添加装置と、
- 前記還元ポンプの下流側且つ前記還元井の鉛直方向上方において、前記還元ラインの途中に設けられ、前記地熱水の流れを分岐する分岐部と、
- 前記分岐部から鉛直方向上方に連結された第1 液体分析計と、
- 前記分岐部から水平方向に連結され、残渣投入口と、溶解剤注入口と、残渣排出口とを有するスケール片捕集器と、
- 前記溶解剤注入口に溶解剤を注入する溶解剤添加装置と、
- 前記第1 液体分析計の分析結果に基づき、前記第1 薬剤添加装置による前記薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに、前記溶解剤添加装置による前記溶解剤の注入操作及び注入停止の切り替えを行う制御装置とを備える地熱発電システム。
- [請求項2] 前記分岐部と前記還元井との間の前記還元ラインに設けられ、前記分岐部と前記還元井との間の流路を開閉する第1 の弁を備え、
- 前記第1 薬剤添加装置は、前記薬剤を収容する複数の薬剤タンクと、前記複数の薬剤タンクのそれぞれに接続され、前記薬剤を前記薬剤注入口に向けて吐出する複数の薬剤注入ポンプとを有し、

前記溶解剤添加装置は、前記溶解剤を収容する溶解剤タンクと、前記溶解剤タンクに接続され、前記溶解剤を前記溶解剤注入口に向けて吐出する溶解剤注入ポンプとを有し、

前記制御装置は、前記第1液体分析計の分析結果に基づき、前記複数の薬剤注入ポンプ、前記溶解剤注入ポンプ、及び前記第1の弁を制御する請求項1に記載の地熱発電システム。

[請求項3] 前記複数の薬剤タンクには、それぞれ、トレーサ試薬、洗浄剤、及び前記還元ラインを構成する金属に対して腐食性を有する腐食剤が収容されている請求項2に記載の地熱発電システム。

[請求項4] 前記トレーサ試薬は、芳香族スルホン酸塩である請求項3に記載の地熱発電システム。

[請求項5] 前記洗浄剤は、酸性薬剤、塩基性薬剤、キレート剤、過酸化水素系薬剤、分散剤、及びカタラーゼ系薬剤から選択される1種以上を含む請求項3に記載の地熱発電システム。

[請求項6] 前記腐食剤は、硫酸、塩酸、酢酸、及びクエン酸から選択される1種である請求項3に記載の地熱発電システム。

[請求項7] 前記溶解剤は、塩基性薬剤、フッ化物系薬剤、及び酸性薬剤から選択される1種である請求項1に記載の地熱発電システム。

[請求項8] 前記制御装置は、前記第1薬剤添加装置により、前記洗浄剤を供給させると同時に、前記トレーサ試薬を5分以上の間隔を空けて2回以上の供給回数にて供給させ、前記第1液体分析計が前記トレーサ試薬を前記供給回数と同じ回数検知した後、前記洗浄剤の供給を停止させ、前記第1の弁を閉止することにより、洗浄操作を実行する請求項3に記載の地熱発電システム。

[請求項9] 前記制御装置は、前記第1の弁を閉止した時から、2時間～3時間経過後、前記第1の弁を開放し、前記第1薬剤添加装置により前記腐食剤を供給させた後、前記第1液体分析計にて検出された金属イオンの濃度に基づき、洗浄状態を判断する請求項8に記載の地熱発電シス

テム。

[請求項10] 前記制御装置は、前記第1液体分析計にて検出された前記金属イオンの濃度が規定値未満である場合、洗浄が完了していないと判断し、再度、前記洗浄操作を実行し、前記第1液体分析計にて検出された前記金属イオンの濃度が規定値に到達するまで、前記洗浄操作を繰り返す請求項9に記載の地熱発電システム。

[請求項11] 前記分岐部と前記残渣投入口とを連結する第1配管に設けられ、前記第1配管の流路を開閉する第2の弁と、

前記溶解剤注入口と前記溶解剤注入ポンプの吐出口とを連結する第2配管に設けられ、前記第2配管の流路を開閉する第3の弁とを備え、

前記制御装置は、前記第1液体分析計にて検出された前記金属イオンの濃度が規定値に到達し、洗浄が完了したと判断した場合、前記残渣投入口に前記地熱水を流入させ、前記スケール片捕集器にスケール片を捕集させた後、前記溶解剤添加装置により前記溶解剤を前記溶解剤注入口に注入させ、前記第2の弁及び前記第3の弁を閉止する請求項10に記載の地熱発電システム。

[請求項12] 前記制御装置は、前記第2の弁及び前記第3の弁を閉止し、48時間以上放置した後、前記第2の弁を開放することで、前記スケール片捕集器内の溶解させたスケール片を含む流体を前記第2配管を介して前記還元井へ送る制御を行う請求項11に記載の地熱発電システム。

[請求項13] 前記制御装置は、前記スケール片捕集器内に残留したスケール片を前記残渣排出口から外部に排出する制御を行う請求項12に記載の地熱発電システム。

[請求項14] 前記還元ポンプの下流側において、前記還元ラインから分岐し、前記還元ラインに連結された第1バイパス配管と、

前記第1バイパス配管の下流側において、前記還元ラインから分岐し、前記還元ラインに連結された第2バイパス配管と、

前記還元ラインの途中に設けられ、前記還元ラインの流路を前記第1バイパス配管へ切り替え可能な第1切替弁と、

前記還元ラインの途中に設けられ、前記還元ラインの流路を前記第2バイパス配管へ切り替え可能な第2切替弁と、

前記第1バイパス配管に設けられた薬剤調整部、前記薬剤調整部の上流側の前記第1バイパス配管に設けられた第1仕切弁、及び前記薬剤調整部の下流側の前記第1バイパス配管に設けられた第2仕切弁と、

前記薬剤調整部に薬剤を注入する第2薬剤添加装置と、

前記薬剤調整部内の前記薬剤に空気を供給する空気導入装置と、

前記第2バイパス配管に設けられた空気分離部、前記空気分離部の上流側の前記第2バイパス配管に設けられた第3仕切弁、及び前記空気分離部の下流側の前記第2バイパス配管に設けられた第4仕切弁と、

前記空気分離部に接続された第2液体分析計とを備え、

前記制御装置は、前記第2液体分析計の分析結果に基づき、前記第2薬剤添加装置による前記薬剤の注入操作及び注入停止の切り替え、並びに前記空気導入装置による空気の導入操作及び導入停止の切り替えを行うと共に、前記第1切替弁、前記第2切替弁、及び前記第1～第4仕切弁を制御する請求項1に記載の地熱発電システム。

[請求項15]

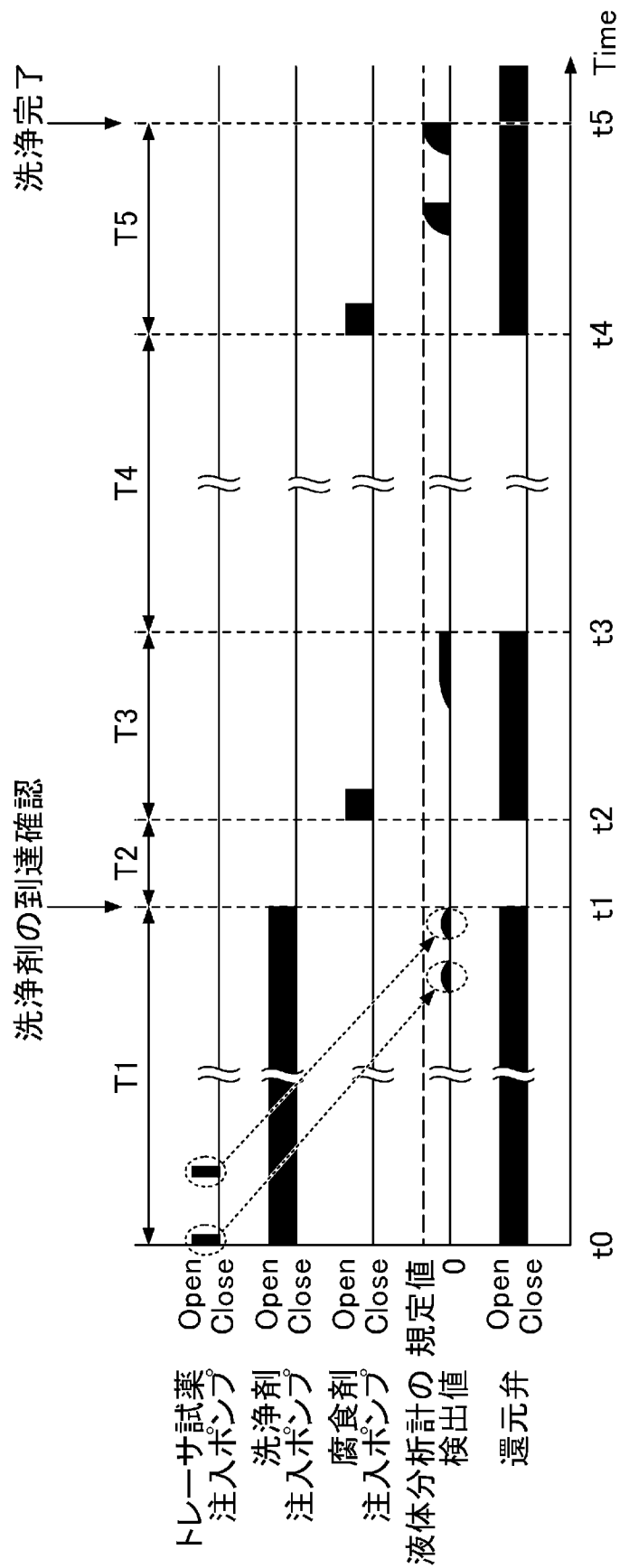
前記制御装置は、通常運転と、前記通常運転の後、前記薬剤調整部内の前記地熱水を排出する排水操作と、前記地熱水が排出された前記薬剤調整部に前記薬剤を注入する薬剤注入操作と、前記薬剤調整部に注入された前記薬剤に空気を導入する空気導入操作と、前記還元ラインの流路を前記第1バイパス配管及び前記第2バイパス配管へ切り替えて洗浄を開始するライン切替操作とを繰り返す請求項14に記載の地熱発電システム。

[請求項16]

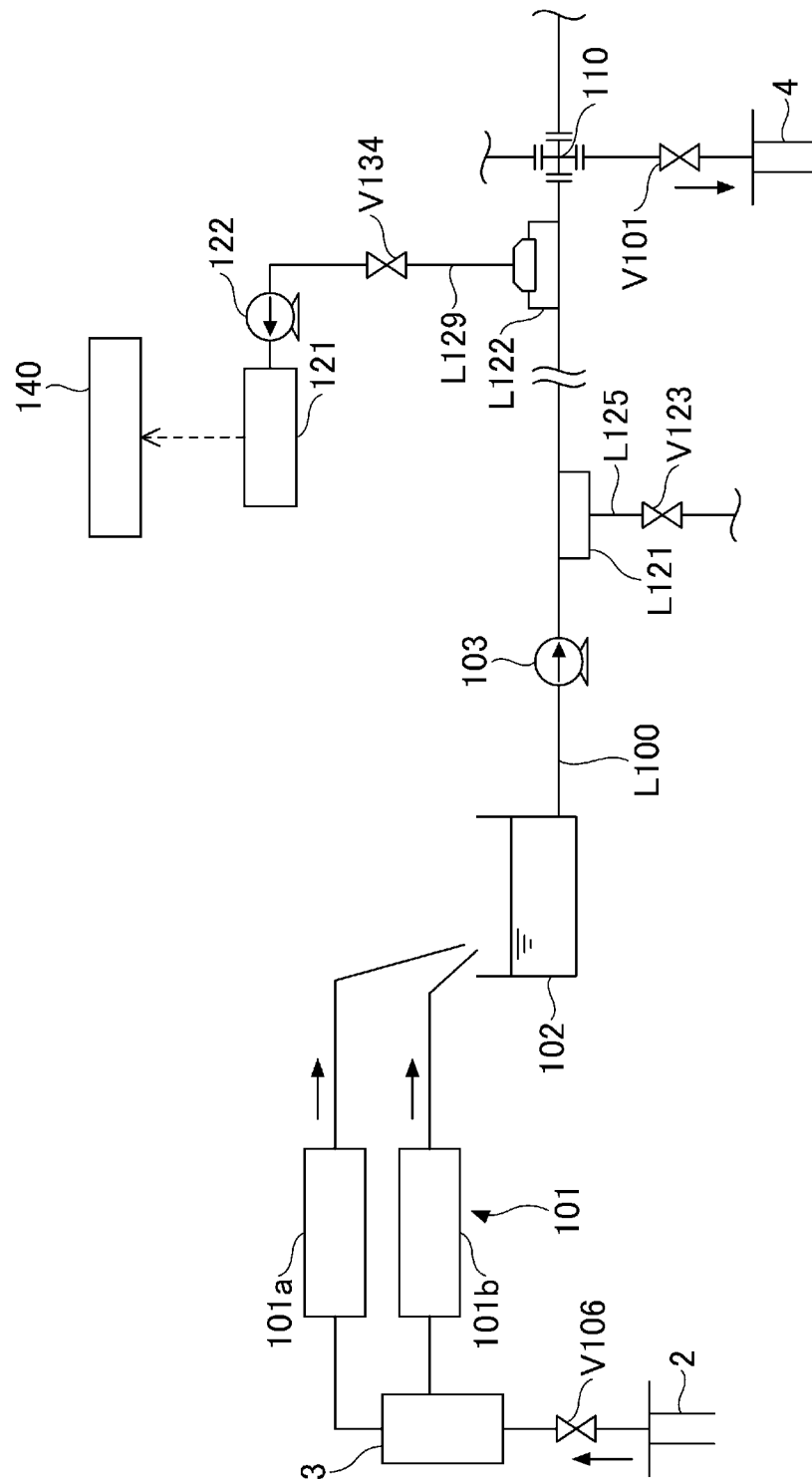
前記空気分離部内の流体から空気を分離した後、空気を分離した流

体を前記第 2 バイパス配管より下流側の前記還元ラインに流通させる
請求項 1 5 に記載の地熱発電システム。

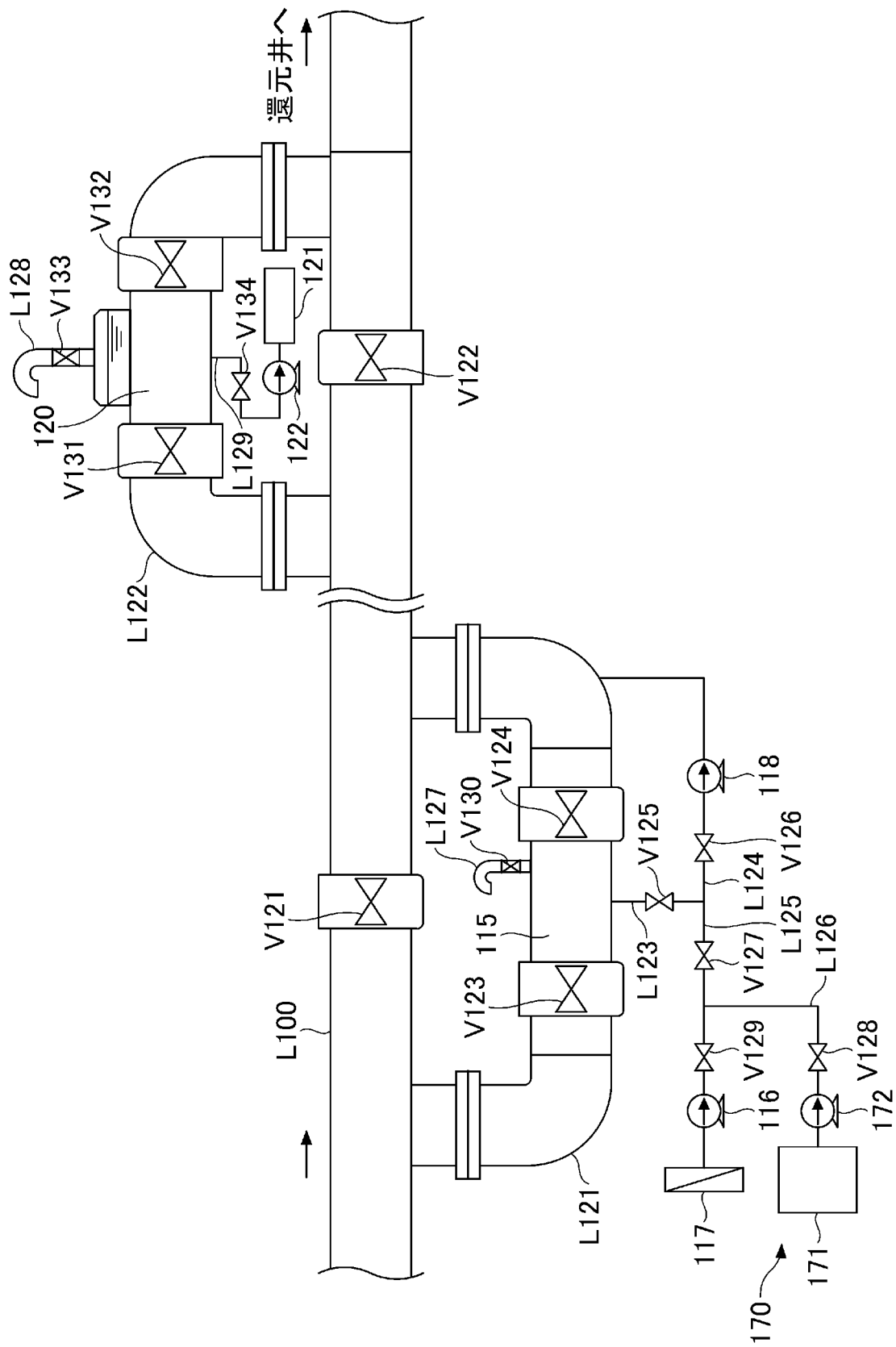
[図2]



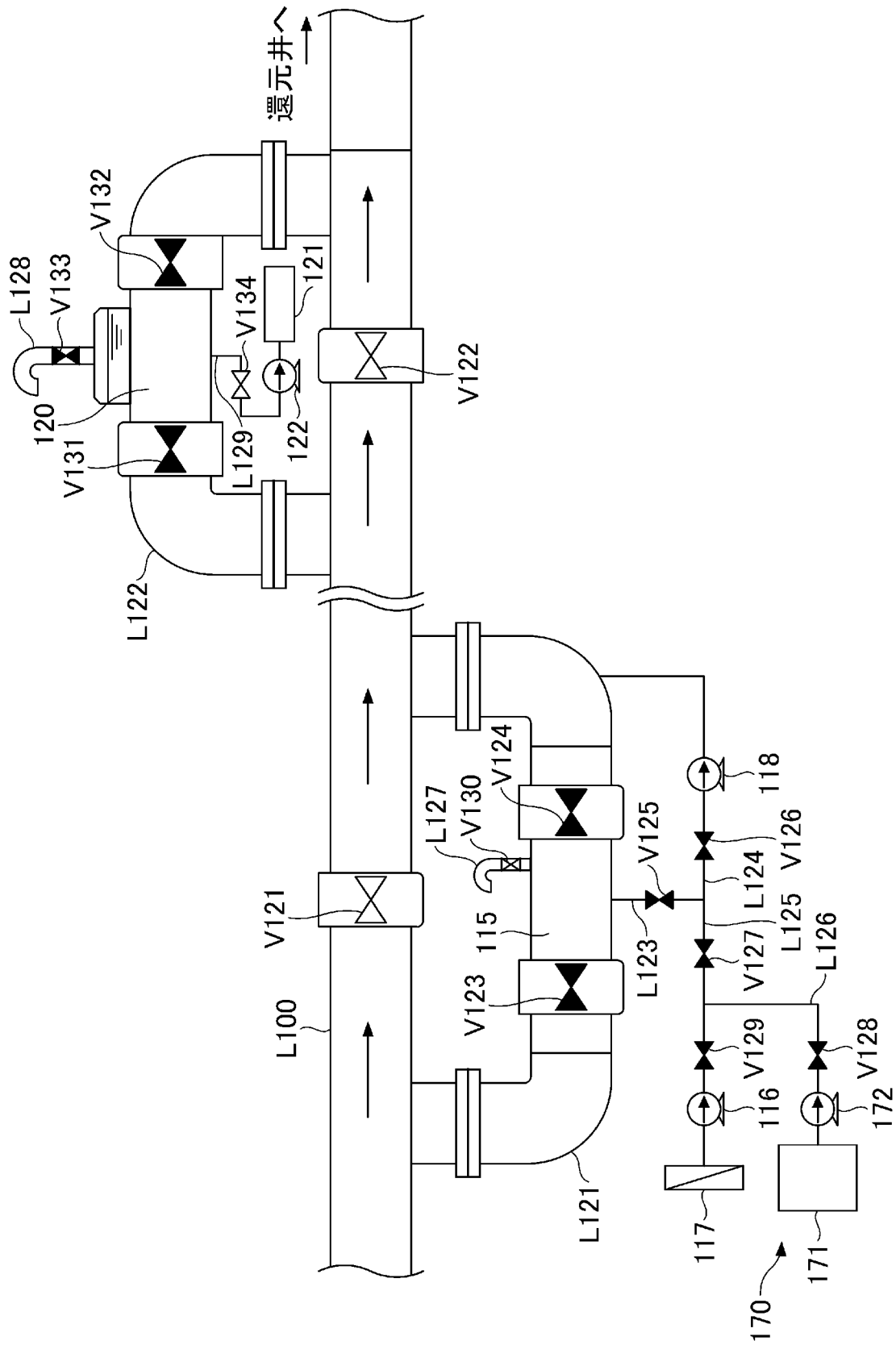
[図3]

100

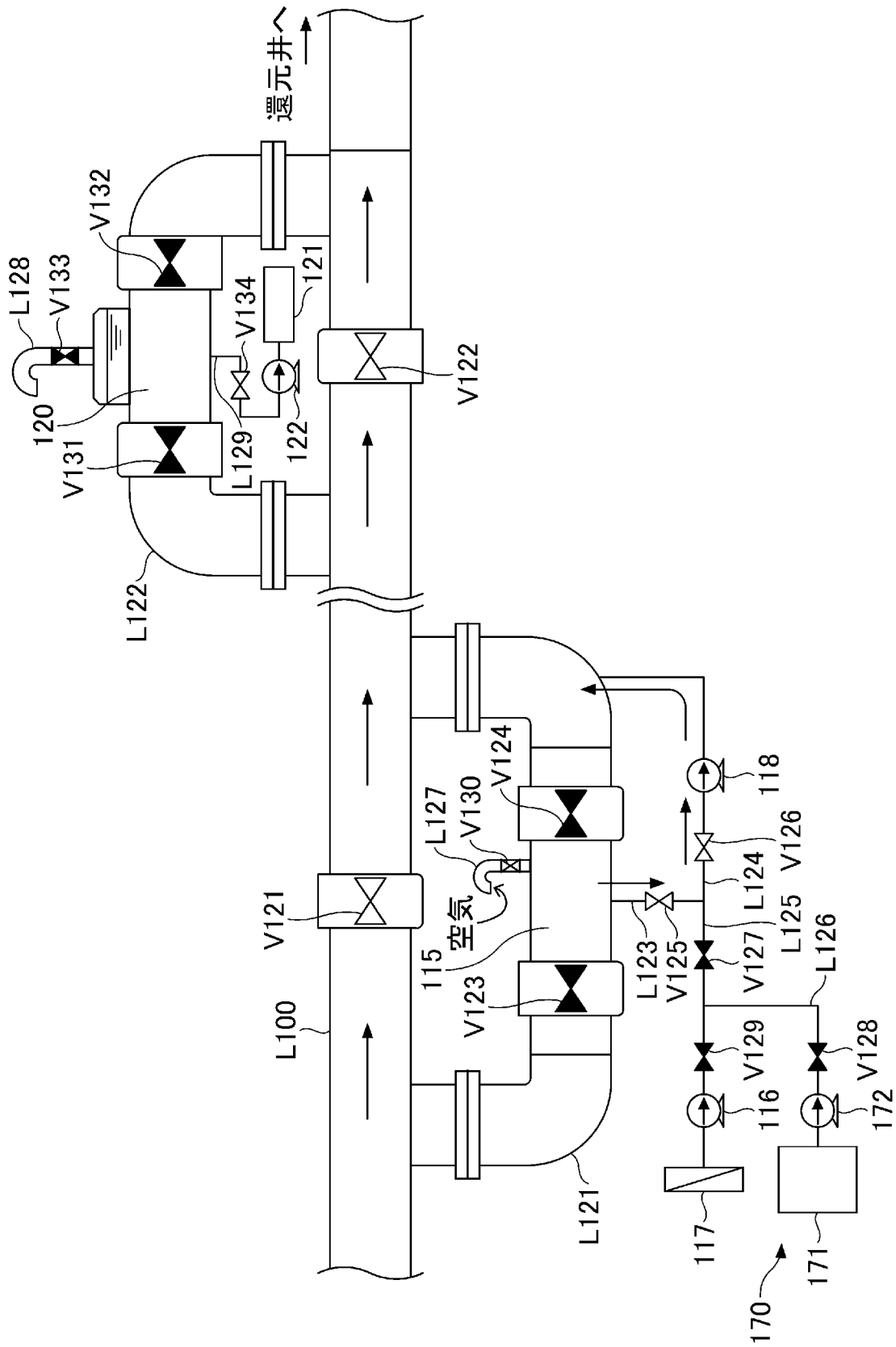
[図4]



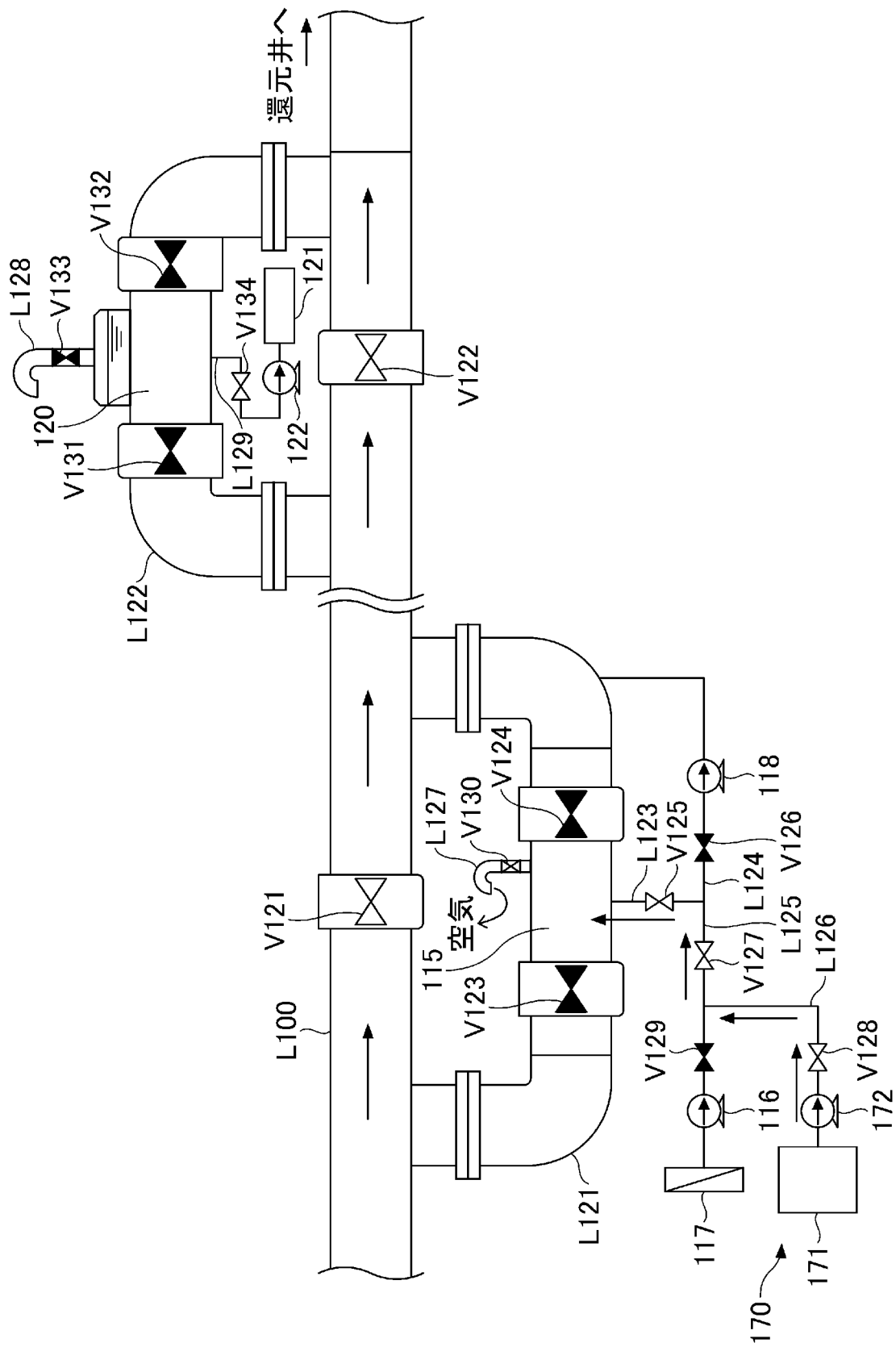
[図5A]



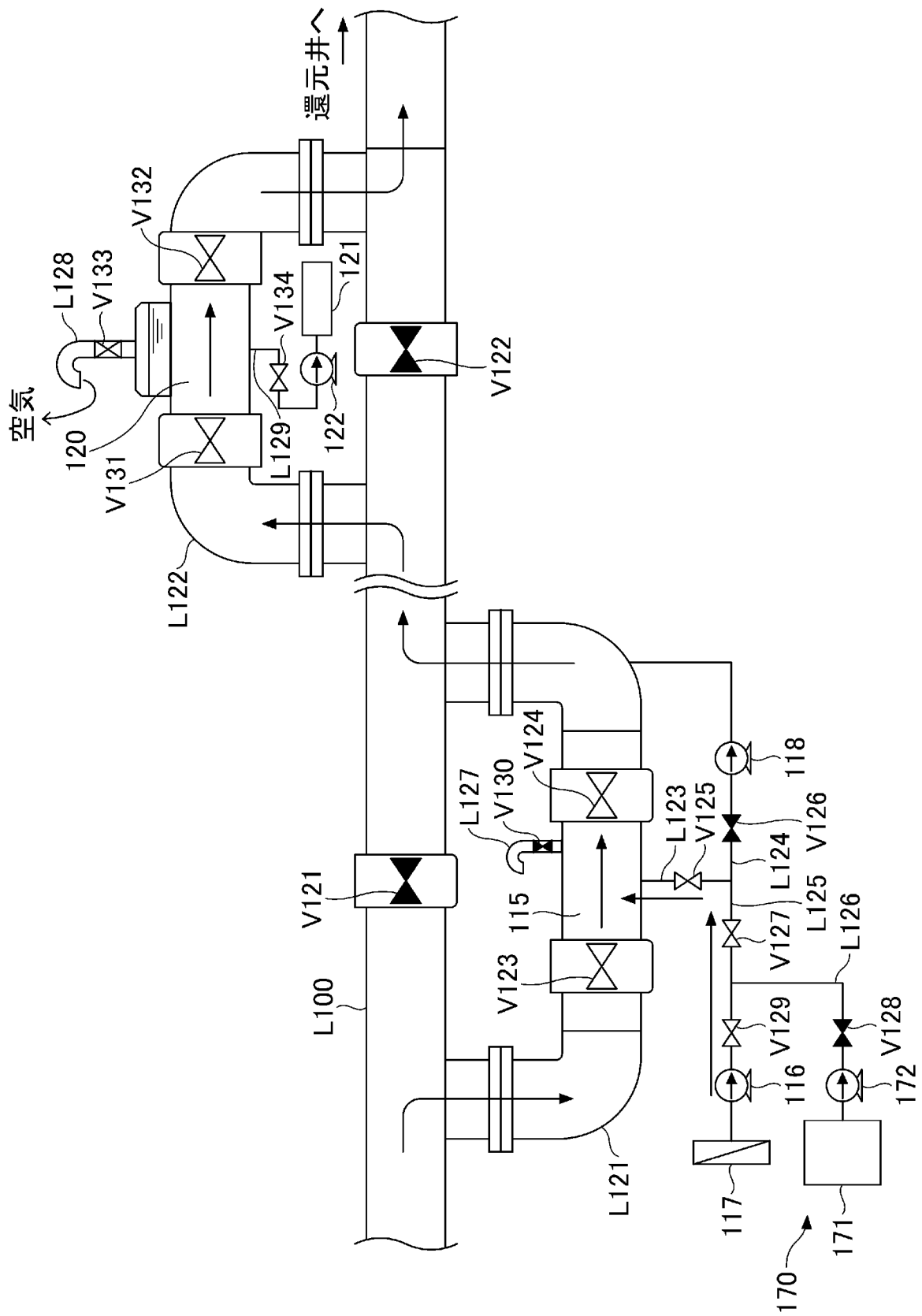
[図5B]



[図5C]



[図5D]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/024562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F03G 4/00</i> (2006.01)i; <i>B08B 3/08</i> (2006.01)i; <i>C02F 5/00</i> (2023.01)i; <i>C02F 5/08</i> (2023.01)i; <i>C02F 5/10</i> (2023.01)i; <i>F01D 25/00</i> (2006.01)i; <i>F01K 27/00</i> (2006.01)i FI: F03G4/00 551; B08B3/08; C02F5/00 620B; C02F5/08 C; C02F5/10 610; F01D25/00 R; F01K27/00 Z; C02F5/00 620C 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; B08B3/08; C02F5/00; C02F5/08; C02F5/10; F01D25/00; F01K27/00; E21B43/00; F24T10/00; F24T50/00 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 60-209672 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 22 October 1985 (1985-10-22) p. 2, upper left column, line 11 to lower left column, line 2, fig. 2	1-16
A	US 5598706 A (ORMAT INDUSTRIES LTD.) 04 February 1997 (1997-02-04) fig. 2	1-16
A	JP 2013-230432 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 14 November 2013 (2013-11-14) paragraphs [0001], [0017]-[0032], [0080], fig. 1-2, 10	1-16
A	JP 2-136573 A (JAPAN METALS & CHEMICALS CO., LTD.) 25 May 1990 (1990-05-25) p. 3, upper left column, line 7 to p. 4, left column, line 1, fig. 2	1-16
A	JP 54-124801 A (JAPAN METALS & CHEMICALS CO., LTD.) 28 September 1979 (1979-09-28) entire text, all drawings	1-16
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 10 September 2024		Date of mailing of the international search report 17 September 2024
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 57-157074 A (HITACHI, LTD.) 28 September 1982 (1982-09-28) entire text, all drawings	1-16
A	JP 2011-251210 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 15 December 2011 (2011-12-15) entire text, all drawings	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/024562

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	60-209672	A	22 October 1985	(Family: none)	
US	5598706	A	04 February 1997	NZ	250819 A
JP	2013-230432	A	14 November 2013	US	2015/0121867 A1
				paragraphs [0001], [0033]-[0055], [0127], fig. 1-2, 10	
				WO	2013/161324 A1
				NZ	700428 A
JP	2-136573	A	25 May 1990	(Family: none)	
JP	54-124801	A	28 September 1979	(Family: none)	
JP	57-157074	A	28 September 1982	(Family: none)	
JP	2011-251210	A	15 December 2011	(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; B08B 3/08(2006.01)i; C02F 5/00(2023.01)i; C02F 5/08(2023.01)i;
C02F 5/10(2023.01)i; F01D 25/00(2006.01)i; F01K 27/00(2006.01)i
FI: F03G4/00 551; B08B3/08; C02F5/00 620B; C02F5/08 C; C02F5/10 610; F01D25/00 R; F01K27/00 Z;
C02F5/00 620C

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; B08B3/08; C02F5/00; C02F5/08; C02F5/10; F01D25/00; F01K27/00; E21B43/00; F24T10/00;
F24T50/00

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

1971-2024年

日本国実用新案登録公報

1996-2024年

日本国登録実用新案公報

1994-2024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 60-209672 A（三菱重工業株式会社）22.10.1985（1985-10-22） 第2頁左上欄第11行-左下欄第2行、第2図	1-16
A	US 5598706 A（ORMAT INDUSTRIES LTD.）04.02.1997（1997-02-04） fig.2	1-16
A	JP 2013-230432 A（富士電機株式会社）14.11.2013（2013-11-14） 段落0001、0017-0032、0080、図1-2、10	1-16
A	JP 2-136573 A（日本重化学工業株式会社）25.05.1990（1990-05-25） 第3頁左上欄第7行-第4頁左欄第1行、第2図	1-16
A	JP 54-124801 A（日本重化学工業株式会社）28.09.1979（1979-09-28） 全文、全図	1-16
A	JP 57-157074 A（株式会社日立製作所）28.09.1982（1982-09-28） 全文、全図	1-16

☒ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

10.09.2024

国際調査報告の発送日

17.09.2024

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

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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 2011-251210 A (富士電機株式会社) 15.12.2011 (2011 - 12 - 15) 全文、全図	1-16

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/JP2024/024562

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	60-209672	A	22.10.1985	(ファミリーなし)	
US	5598706	A	04.02.1997	NZ	250819 A
JP	2013-230432	A	14.11.2013	US	2015/0121867 A1
				paragraphs [0001], [0033]-[0055], [0127], figs.1-2, 10	
				WO	2013/161324 A1
				NZ	700428 A
JP	2-136573	A	25.05.1990	(ファミリーなし)	
JP	54-124801	A	28.09.1979	(ファミリーなし)	
JP	57-157074	A	28.09.1982	(ファミリーなし)	
JP	2011-251210	A	15.12.2011	(ファミリーなし)	