

(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10月26日(26.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/144277 A1

- (51) 国際特許分類:
C02F 5/00 (2006.01) F01D 25/00 (2006.01)
C02F 1/00 (2006.01) F01K 27/02 (2006.01)
C02F 5/10 (2006.01) F03G 4/00 (2006.01)
E21B 37/06 (2006.01) F03G 4/06 (2006.01)
E21B 43/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/055545
- (22) 国際出願日: 2012年3月5日(05.03.2012)
- (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 2011-092758 2011年4月19日(19.04.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 高橋 邦幸 (TAKAHASHI Kuniyuki) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県

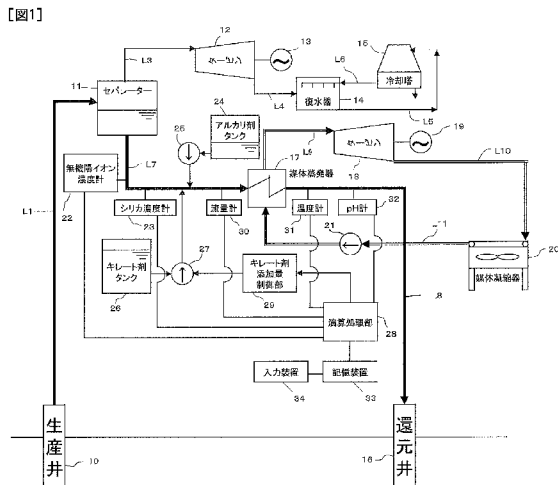
川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 川原 義隆(KAWAHARA Yoshitaka) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 松井 茂(MATSUI Shigeru); 〒1040061 東京都中央区銀座八丁目1番5号 銀座中央ビル2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, 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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) Title: SCALE INHIBITION METHOD AND GEOTHERMAL POWER GENERATING DEVICE

(54) 発明の名称: スケール抑制方法及び地熱発電装置



- 10 Production well
- 11 Separator
- 12, 18 Turbine
- 14 Condenser
- 15 Cooling tower
- 16 Injection well
- 17 Medium evaporator
- 20 Medium condenser
- 22 Inorganic cation concentration meter
- 23 Silica concentration meter
- 24 Alkaline agent tank
- 26 Chelating agent tank
- 28 Calculation processing unit
- 29 Chelating agent additive amount control unit
- 30 Flowmeter
- 31 Thermometer
- 32 pH meter
- 33 Storage device
- 34 Input device

(57) Abstract: Provided are a method for inhibiting scale including inorganic cations such as, for example, calcium and a geothermal power generating device that can be economically operated while inhibiting the deposition of the scale. The geothermal power generating device comprises: an inorganic cation concentration measuring device (22) for measuring the concentration of bivalent or more inorganic cations in geothermal water collected from a production well (10); a flowmeter (30) for measuring the flow rate of the geothermal water collected from the production well; a heat removal unit (17) for lowering the temperature of the geothermal water; a thermometer (31) for measuring the temperature of the geothermal water after removing heat; a pH measuring device (32) for measuring the pH of the geothermal water after removing heat; a calculation processing unit (28) for calculating the additive amount of a scale inhibitor, according to the value obtained by subtracting the saturation concentration of inorganic cations in the geothermal water after removing heat from the measured value by the inorganic cation concentration measuring device (22), the measured value by the flowmeter (30), the measured value by the thermometer (31), and the measured value by the pH measuring device (32); and a control unit (29) for adding the scale inhibitor to the geothermal water by the amount calculated by the calculation processing unit (28).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/144277 A1



ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

カルシウムなどの無機陽イオンを含むスケールの抑制方法及び、スケールの析出を抑制しつつ、経済的な運用が可能な地熱発電装置を提供する。地熱発電装置は、生産井 10 から採取される地熱水中の 2 価以上の無機陽イオン濃度を測定する無機陽イオン濃度測定装置 22 と、生産井から採取される地熱水の流量を測定する流量計 30 と、地熱水の温度を低下させる熱除去部 17 と、熱除去後の地熱水の温度を測定する温度計 31 と、熱除去後の地熱水の pH を計測する pH 測定装置 32 と、無機陽イオン濃度測定装置 22 の測定値から熱除去後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を引いた値と、流量計 30 の測定値と、温度計 31 の測定値と、pH 測定装置 32 の測定値に応じて、スケール抑制剤の添加量を算出する演算処理部 28 と、地熱水に演算処理部 28 で算出された量のスケール抑制剤を添加する制御部 29 とを備えている。

明 細 書

発明の名称：スケール抑制方法及び地熱発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、カルシウムなどの無機陽イオンを含むスケールの抑制方法及び、これらのスケールの析出を抑制して地熱水を用いて発電を行う地熱発電装置に関する。

背景技術

[0002] 地熱発電は、生産井から高温の地熱水を採取し、地熱水から分離した蒸気を利用して発電を行うものである。蒸気を分離した地熱水は、還元井から地中に返還される。

[0003] ところで、生産井から採取される地熱水は、井戸水や河川水よりもカルシウム等の無機イオンや、溶存シリカを多く含んでいる。

[0004] 生産井から採取した地熱水は高温であるが、減圧により地熱水から蒸気を取り出すフラッシュ工程により、無機陽イオンや溶存シリカが濃縮されるとともに、地熱水の温度が低下する。また発電所内の配管内を流通するうちに徐々に冷やされていき、無機陽イオンや溶存シリカの溶解度が低下する。地熱水に含まれるシリカが過飽和状態となると、重合して非晶質シリカとなり、シリカスケールとして析出する。また、無機陽イオンは、炭酸塩等の塩を形成して析出する。これらのスケールは、発電装置の配管内壁などに付着して、配管閉塞等を生じる恐れがある。

[0005] 例えば特許文献1に記載されるように、地熱水に酸を加えてpHを低下させて、シリカスケールの析出を抑制することが従来より行われている。シリカの重合速度は、pHが低いほど遅くなるので、地熱水のpHを低下させることで、シリカの重合速度が低下し、地熱発電装置の配管内でシリカスケールが析出しにくくなるというものである。

[0006] また、特許文献2に記載されるように、生産井に薬液を注入し、生産井内における炭酸カルシウム、硬石膏、マグネシウム珪酸塩等の無機陽イオンの

塩の析出を抑制することが従来より行われている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平6－304595号公報

特許文献2：特開平5－195684号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 地熱水のpHを低下させても、シリカの重合速度を低下させるだけなので、地熱水を還元井に返還するに際し、時間を要する場合においては、シリカスケールの析出を十分に抑制できるとは限らなかった。また、酸によって配管等が腐食するおそれがあった。更には、酸として硫酸を使用した場合においては、硬石膏等のスケールが析出するおそれがあった。

[0009] 一方、非晶質シリカの溶解度は、アルカリ性になるほど高くなり、特にpH8以上で急激に上昇するとされている。そのため、地熱水のpHを高めることでシリカスケールの析出を抑制できる。

[0010] しかしながら、地熱水のpHをアルカリ性にするに伴い、シリカと無機陽イオンとが塩を形成してスケールとして析出することがあった。

[0011] これに対して、特許文献2に記載されるように、生産井にスケール防止用の薬剤を注入して、地熱水に含まれる無機イオンを除去することで、シリカと無機陽イオンとの塩の析出を抑制できるが、地熱水には、無機陽イオンが大量に含まれているので、地熱水中の無機陽イオンの全てを除去しようとすると、処理コストがかさみ、地熱発電所の経済的な運用が困難であった。

[0012] よって、本発明の目的は、カルシウムなどの無機陽イオンを含むスケールの抑制方法及び、これらのスケールの析出を抑制しつつ、経済的な運用が可能な地熱発電装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 上記目的を達成するため、本発明のスケール抑制方法は、

生産井から採取した地熱水の流量と、2価以上の無機陽イオン濃度を計測する流入水計測工程と、

前記地熱水の熱を除去する熱除去工程と、

前記熱除去工程後の地熱水の温度及びpHを計測する流出水計測工程と、

前記熱除去工程後の地熱水の温度及びpHに基づいて、前記熱除去工程後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を求め、前記流入水計測工程で測定した前記地熱水の無機陽イオン濃度から前記熱除去工程後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を引いた値と、前記地熱水の流量とから、前記無機陽イオンを含む塩の析出を抑制するために必要なスケール抑制剤の添加量を演算するスケール抑制剤添加量演算工程と、

前記スケール抑制剤添加量演算工程で演算されたスケール抑制剤の添加量に基づいて、前記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スケール抑制剤添加工程とを含むことを特徴とする。

[0014] 本発明のスケール抑制方法によれば、まず、生産井から採取した地熱水の流量と、2価以上の無機陽イオン濃度を計測し、熱除去工程後の地熱水の温度及びpHを計測する。そして、熱除去工程後の地熱水の温度及びpHに基づいて、熱除去工程後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を求め、流入水計測工程で測定した前熱水の無機陽イオン濃度から熱除去工程後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を引いた値と、地熱水の流量とから、無機陽イオンを含む塩の析出を抑制するスケール抑制剤の添加量を演算する。こうして演算されたスケール抑制剤の添加量に基づいて、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。これによって、熱除去工程後の地熱水において、飽和濃度以上となって析出する無機陽イオンの量に応じたスケール抑制剤を添加でき、スケールの析出を抑制できると共に、スケール抑制剤の添加量を必要最小限に抑えることができる。

[0015] 本発明のスケール抑制方法は、前記生産井から採取した地熱水と同様なシリカ濃度及びpHで、前記無機陽イオン濃度を少しずつ増加させた試料水をそれぞれ作成し、前記各試料水を前記熱除去工程後の温度に所定時間保持し

た後、各処理水中の前記無機陽イオン濃度を測定し、前記試料水の無機陽イオン濃度よりも前記処理水の無機陽イオン濃度が最初に低くなるときの試料水の濃度を前記飽和濃度とすることが好ましい。

[0016] この態様によれば、試料水の無機陽イオン濃度よりも前記処理水の無機陽イオン濃度が最初に低くなるときの試料水の無機陽イオン濃度を求めることにより、無機陽イオンを含む塩の析出が始まる飽和濃度を求めることができる。なお、シリカ濃度、pH、熱処理除去後の温度が変動する場合には、シリカ濃度、pH、熱除去工程後の温度を変えた様々な条件の下で上記飽和濃度を予め求めておくことにより、熱除去工程後の地熱水の温度及びpHに基づいて、熱除去工程後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を求めることができる。

[0017] 本発明のスケール抑制方法は、前記無機陽イオンが、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、2価の鉄イオン、3価の鉄イオン及びアルミニウムイオンから選ばれる一種以上であることが好ましい。上記無機陽イオンは、いずれもアルカリ条件下でシリカと反応して溶解しにくい塩を形成し、析出しやすいので、本発明の方法を適用する必要性が高いものである。

[0018] 本発明のスケール抑制方法は、前記地熱水のpHを9以上に調整することが好ましい。地熱水のpHを9以上にすることによって、シリカの溶解度を高めてスケールの発生を抑制することができる。

[0019] 本発明のスケール抑制方法は、前記地熱水に、前記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以上に調整することが好ましい。地熱水に、スケール抑制剤の添加と同時又は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以上に調整することにより、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。

[0020] 本発明のスケール抑制方法の前記熱除去工程は、前記地熱水を減圧し、水蒸気を取り出すフラッシュ工程及び／又は前記地熱水から熱を回収して発電媒体を蒸発させる工程を含むことが好ましい。この態様によれば、地熱水の熱

を利用して発電を行うことができる。

[0021] 本発明のスケール抑制方法は、前記生産井から採取した地熱水を気液分離し、気液分離後の蒸気を発電設備に供給し、気液分離後の地熱水を前記熱除去工程に送ることが好ましい。この態様によれば、蒸気を分離した後の地熱水から更に熱を回収して、発電を行うことができる。

[0022] また、本発明の地熱発電装置は、
生産井から採取される地熱水中の2価以上の無機陽イオン濃度を測定する無機陽イオン濃度測定装置と、
前記生産井から採取される地熱水の流量を測定する流量計と、
前記地熱水の温度を低下させる熱除去部と、
前記熱除去後の地熱水の温度を測定する温度計と、
前記熱除去後の地熱水のpHを計測するpH測定装置と、
前記熱除去部で温度を低下させた後の地熱水の温度及びpHに基づいて、前記熱除去部で温度を低下させた後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を求め、前記無機陽イオン濃度測定装置で測定した前記地熱水の無機陽イオン濃度から前記熱除去部で温度を低下させた後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を引いた値と、前記地熱水の流量とから、前記無機陽イオンを含む塩の析出を抑制するために必要なスケール抑制剤の添加量を算出する演算処理部と、
前記地熱水に、前記演算処理部で算出された量のスケール抑制剤を添加する制御部とを備えていることを特徴とする。

[0023] 本発明の地熱発電装置によれば、演算処理部において、前記温度計によって測定した温度と、前記pH測定装置によって測定したpHに基づいて、前記熱除去部で温度を低下させた後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を求める。次いで、前記無機陽イオン濃度測定装置によって測定した無機陽イオン濃度から上記飽和濃度を差し引いた値と、前記流量計によって測定した流量とから、そのままでは析出すると予測される無機陽イオン量を算出し、その量の無機陽イオンの析出を抑制するために必要なスケール抑制剤の添加量を算出

する。そして、制御部において、上記演算処理部で算出された量のスケール抑制剤を添加することにより、スケールの析出を抑制しつつ、スケール抑制剤の添加量を必要最小限に抑えることができる。

[0024] 本発明の地熱発電装置は、前記熱除去部の前段に、気液分離器が配置され、気液分離後の地熱水を前記熱除去部に導入するように構成されていることが好ましい。この態様によれば、地熱水から発電用の蒸気を採取した後の地熱水を利用して、更に熱回収を行うことができる。

[0025] 本発明の地熱発電装置の前記熱除去部は、放熱する配管、減圧により地熱水から蒸気を取り出すフラッシュャー及び発電媒体に熱を与えて発電媒体を蒸発させる熱交換器から選ばれる1種以上であることが好ましい。この態様によれば、地熱水から蒸気を分離して蒸気タービンにより発電を行ったり、地熱水の熱により発電媒体を蒸発させて、発電を行うことができる。

[0026] 本発明の地熱発電装置は、試料水を貯留する溶液貯留部と、この溶液貯留部に貯留された試料水の温度を調整する温度制御部と、前記溶液貯留部に貯留された試料水に酸又はアルカリを添加して、pHを調整するpH調整部と、所定時間経過後に試料水中の2価以上の無機陽イオン濃度を測定する濃度計測部と、試料水として前記無機陽イオン濃度を徐々に高めたものを作成して順次、前記溶液貯留部に流入させる溶液供給部とを有する無機陽イオンの飽和濃度測定装置を備えていることが好ましい。この態様によれば、試料水のpH、温度を変えて、様々なpH及び温度条件下における無機陽イオンの飽和濃度を予め測定することができるので、地熱水の温度やpHを測定することにより、その地熱水における無機陽イオンの飽和濃度を求めることができる。

発明の効果

[0027] 本発明のスケール抑制方法によれば、前述したように、スケール抑制剤添加量演算工程で演算されたスケール抑制剤の添加量に基づいて、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ので、熱除去工程後の地熱水において、飽和濃度以上となって析出する無機陽イオンの量に応じたスケール

抑制剤を添加でき、スケールの析出を抑制できると共に、スケール抑制剤の添加量を必要最小限に抑えることができる。

[0028] また、本発明の地熱発電装置によれば、演算処理部において、そのままでは析出すると予測される無機陽イオン量を算出し、その量の無機陽イオンの析出を抑制するために必要なスケール抑制剤の添加量を算出して、制御部において、上記演算処理部で算出された量のスケール抑制剤を添加することにより、スケールの析出を抑制しつつ、スケール抑制剤の添加量を必要最小限に抑えることができ、発電装置の経済的な運用ができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明による地熱発電装置の一実施形態を示す概略構成図である。

[図2]本発明で用いる無機陽イオンの飽和濃度測定装置の一例を示す概略構成図である。

[図3]本発明において無機陽イオンの飽和濃度を測定する方法の一例を示す工程図である。

[図4]本発明の方法により特定条件におけるカルシウムイオンの飽和濃度を測定した結果を示す図表である。

[図5]溶液のpHとカルシウムシリケートの飽和濃度との関係を示す図表である。

[図6]本発明の一実施形態によりスケール抑制剤を添加する工程を示す図表である。

発明を実施するための形態

[0030] 本発明の地熱発電装置の一実施形態について、図1を参照して説明する。

[0031] 図1において、生産井10から採取された地熱水は、配管L1を通してセパレータ11に送られる。セパレータ11では、熱水と蒸気とが分離されて、蒸気は、配管L3を経て第1タービン12に送られ、第1発電機13による発電がなされる。セパレータ11は熱水を減圧して蒸気を取り出すフラッシュャーの機能を有する。なお、第1タービン12を通過した蒸気は、配管L4を経て復水器14に送られて凝縮水となり、更に配管L5を経て冷却塔15

に送られて冷却され、図示しない経路を通過して還元井 16 に戻される。なお、冷却塔 15 で冷却された水の一部は、配管 L 6 を介して復水器 14 に戻され、第 1 タービン 12 から送られてくる蒸気の冷却水として使用される。

[0032] この実施形態では、セパレータ 11 で蒸気と分離された地熱水から更に熱回収すると共に、熱回収した地熱水を還元井 16 に戻す間に無機陽イオンとシリカとが反応してスケールとして析出するのを防止するようにしている。すなわち、この実施形態では、セパレータ 11 で蒸気と分離された地熱水が、本発明における生産井から採取した地熱水に相当する。ただし、本発明では、生産井 10 から採取した地熱水をそのまま、以下に述べる媒体蒸発器 17 に供するようにしてもよい。

[0033] この媒体蒸発器を備えた地熱発電装置は、セパレータ 11 で分離された地熱水の熱を利用して、バイナリー発電を行うものである。すなわち、セパレータ 11 で分離された地熱水は、配管 L 7 を介して媒体蒸発器 17 に送られ、ここで熱交換して低沸点の熱媒体を蒸発させた後、配管 L 8 を介して還元井 16 に戻されるようになっている。この実施形態では、媒体蒸発器 17 が、本発明における熱除去部に相当する。

[0034] 媒体蒸発器 17 で気化された熱媒体は、配管 L 9 を介して第 2 タービン 18 に送られ、第 2 発電機 19 による発電がなされる。更に、第 2 タービン 18 を通過した熱媒体は、配管 L 10 を介して媒体凝縮器 20 に送られ、ここで凝縮液となって、更に途中にポンプ 21 を有する配管 L 11 を介して、媒体蒸発器 17 に戻されるようになっている。

[0035] このバイナリー発電における熱媒体としては、セパレータ 11 で分離された地熱水の熱を利用して気化することが可能な低沸点の熱媒体が用いられ、特に限定されないが、例えば、ノルマルヘプタン、イソヘプタン、ノルマルペンタン、イソペンタン、ノルマルブタン、イソブタン、ハイドロフルオロエーテル、R 245 f a、R 134 a、R 22、R 407 c などが好適に用いられる。

[0036] 上記のように、セパレータ 11 で分離された地熱水は、媒体蒸発器 17 を

通って熱回収された後、還元井16に戻されるのであるが、その間に温度低下して、シリカを主成分とするスケールが発生し、配管を閉塞させるという問題があった。これに対して、前述したように、アルカリ剤を添加してアルカリ性にするにより、非晶質シリカの溶解度を高めることが考えられるが、アルカリ性になると、2価以上の無機陽イオンとシリカとが塩を形成して析出しやすくなるという別の問題が発生する。

[0037] そこで、本発明では、地熱水中に含まれる2価以上の無機陽イオンの濃度に応じて、スケール抑制剤を添加して、無機陽イオンとシリカとの塩によるスケールの発生を抑制するようにする。

[0038] なお、本発明において、2価以上の無機陽イオンとしては、特に限定されるものではないが、例えばマグネシウムイオン、カルシウムイオン、2価の鉄イオン、3価の鉄イオン及びアルミニウムイオンから選ばれる一種以上が挙げられる。また、スケール抑制剤としては、例えば、EDTA、NTA（ニトリロ三酢酸）、HIDS（3-ヒドロキシ-2-2'-イミノジコハク酸）、カルボキシメチルエチレンイミン、クエン酸、酒石酸及びそれらの各種ナトリウム塩、カリウム塩、アンモニウム塩、水和物などのキレート剤、PAS（ポリアクリル酸Na）などが挙げられる。

[0039] 図1に基づいて、上記のようなスケール抑制方法を実施するための装置構成について説明すると、セパレータ11から媒体蒸発器17に至る配管L7には、無機陽イオン濃度計22及びシリカ濃度計23が接続されている。また、シリカ濃度計の下流には、アルカリ剤タンク24内のアルカリ剤がポンプ25を介して流入するようになっており、それとほぼ同じ箇所に、キレート剤タンク26内のキレート剤がポンプ27を介して流入するようになっている。アルカリ剤の流入箇所は、キレート剤の流入箇所と同じか、あるいはキレート剤の流入箇所よりも下流側であることが好ましい。

[0040] アルカリ剤タンク24から供給されるアルカリ剤の添加量は、地熱水のpHを好ましくは9以上、より好ましくは9.5~10.0になるように調整される。

- [0041] また、キレート剤の添加量は、演算処理部 28 からの信号を受けて、キレート剤添加量制御部 29 によって、ポンプ 27 を制御することによって調整されるようになっている。
- [0042] 配管 L7 のアルカリ剤の流入箇所よりも更に下流側には、流量計 30 が接続されており、媒体蒸発器 17 に流入する地熱水の流量を測定できるようになっている。なお、流量計 30 の設置箇所は、上記箇所に限られず、アルカリ剤やキレート剤の添加箇所よりも上流側であってもよい。
- [0043] 媒体蒸発器 17 と還元井 16 を連結する配管 L8 には、温度計 31 と pH 計 32 とが接続されており、媒体蒸発器 17 を経て還元井に戻される地熱水の温度や pH を測定するようになっている。なお、無機陽イオン濃度計 22、シリカ濃度計 23、流量計 30、温度計 31 及び pH 計 32 は、それぞれ演算処理部 28 に接続されている。また、演算処理部 28 には、記憶装置 33 が接続され、記憶装置 33 には入力装置 34 が接続されている。
- [0044] 図 2 には、本発明で好適に用いられる無機陽イオンの飽和濃度測定装置の一例が示されている。この無機陽イオンの飽和濃度測定装置 40 は、溶液貯留部 41 を有し、この溶液貯留部 41 に、温度制御部 42 と、溶液採取部 43 と、pH 調整部 44 と、陽イオン濃度計測部 45 とが接続されている。pH 調整部 44 には、pH 測定部 44a 及び酸アルカリ添加部 44b が設けられている。陽イオン濃度計測部 45 には、タイマ 45a が取付けられている。
- [0045] 図 3 には、上記飽和濃度測定装置 40 を用いて、無機陽イオンの飽和濃度を測定するフローチャートが示されている。この実施形態では、無機陽イオンとしてカルシウムイオンを選択し、カルシウムシリケートの析出開始点（飽和濃度）を求めている。
- [0046] すなわち、まず、シリカ濃度を 600 mg/L とし、カルシウム濃度を $0\sim 50\text{ mg/L}$ の範囲で徐々に高めた反応液を調整し、溶液採取部 43 を通して、溶液貯留部 41 に充填する（ステップ S1）。
- [0047] 次に、pH 調整部 44 の pH 測定部 44a にて pH を測定しながら、酸

アルカリ添加部44bから、例えば、塩酸又は水酸化ナトリウム水溶液を添加して、所定のpH、例えばpH9、10、11となるように調整する（ステップS2）。

[0048] こうして所定のカルシウム濃度及びpHに調整された反応液を、所定の条件、この実施形態では100℃、3時間という条件で恒温保持する（ステップS3）。この条件は、媒体蒸発器17を通して還元井16に戻されるときの温度や時間と同様になるように設定することが好ましい。

[0049] 次に、タイマ45aにて所定時間（この実施形態では3時間）経過したら、陽イオン濃度計測部45により陽イオン濃度（この実施形態ではカルシウム濃度）を測定する（ステップS4）。カルシウム濃度は、例えば、EDTA滴定やカルシウムイオン計で測定することができる。

[0050] そして、最初に添加したカルシウムイオン濃度が、反応後のカルシウムイオン濃度よりも高いかどうかを判断し（ステップS5）、NOの場合は、ステップS1に戻る。また、YESの場合は、そのときの試料水のカルシウムイオン濃度（ステップS1での濃度）を析出開始点（本発明における飽和濃度）と判定し（ステップS6）、終了する。

[0051] なお、カルシウムに限らず、例えばマグネシウムの場合には、ステップS1でマグネシウムの濃度を徐々に増加させた反応液を調整して、同様な測定を行えばよい。

[0052] 図4には、上記方法でpH9でカルシウムの飽和濃度を測定した結果が示されており、同図の横軸は、反応液調整時のカルシウム添加量（mg/L）を示し、縦軸は、反応後のカルシウムイオン濃度（mg/L、黒四角のグラフ）、及び同カルシウム添加量から反応後のカルシウムイオン濃度を引いた値（mg/L、黒三角のグラフ）を示している。したがって、シリカ濃度を600mg/Lとし、pH9で、100℃、3時間の処理を行った場合のカルシウムイオンの飽和濃度は、カルシウム添加量から反応後のカルシウムイオン濃度を引いた値が正の値に転じるカルシウム添加量である5mg/Lとなる。

- [0053] 図5には、各種pH条件下で図3に示した測定を繰り返して、それぞれのpHにおけるカルシウムの飽和濃度を測定した結果が示されている。このようにpHが上昇するにつれて、カルシウムの飽和濃度が低下することがわかる。
- [0054] こうして、媒体蒸発器17を通して還元井16に戻されるときの温度や時間と同様になるように設定された所定の条件で処理した場合の、各無機陽イオンの飽和濃度について、pHを変えて測定したデータを予め求めておき、そのデータを図1の入力装置34から記憶装置33に入力して格納しておく。なお、上記温度や時間が変動する場合は、各種の条件で上記データを求めておく。
- [0055] 次に、図1の演算処理部28で、スケール抑制剤であるキレート剤の添加量を求め、キレート剤添加量制御部29によりポンプ27を制御して、所定量のキレート剤を添加する手順について、図6を参照して説明する。
- [0056] まず、温度計31で測定された温度と、pH計32によって測定されたpHに基づいて、記憶装置33に格納された、各種条件下での各無機陽イオンの飽和濃度のデータから、上記測定された条件下における、地熱水中の無機陽イオンの飽和濃度を決定する（ステップS1）。
- [0057] 次に、無機陽イオン濃度計22で測定された、地熱水の無機陽イオン濃度から、上記で決定された飽和濃度を引いた値を算出する（ステップS12）。ここでセパレータ11により地熱水を蒸発させて蒸気を得る場合には、地熱水中の無機陽イオン濃度が上昇するため、蒸発量から濃縮率を推定し地熱水の無機陽イオン濃度とする。
- [0058] 次に、流量計30で測定された地熱水の流量と、上記地熱水の無機陽イオン濃度から飽和濃度を引いた値とから、スケール抑制剤（キレート剤）を添加しなかった場合に予測される、スケールとして析出する無機陽イオンの量を算出する（ステップS13）。
- [0059] 次に、上記予測される析出量の無機陽イオンの析出を抑制するために必要なスケール抑制剤（キレート剤）の添加量を算出する（ステップS14）。

。

[0060] 最後に、キレート剤添加量制御部 29 に信号を送り、上記で求められた添加量となるようにポンプ 27 を作動させて、スケール抑制剤を添加し（ステップ S 15）、ルーチンを終了する。

[0061] 上記演算処理部 28 による図 6 の操作は、例えば所定時間毎に行い、地熱水中に常に適切な量の析出抑制剤が添加されるようにする。

[0062] こうして、地熱水が配管中でスケールを析出するのを防止しつつ、第 1 タービン 12 による第 1 発電機 13 での発電と、第 2 タービン 18 による第 2 発電機 19 での発電とを行い、地熱水の熱エネルギーを有効利用して発電を行うことが可能となる。また、スケール析出抑制剤（キレート剤）の添加量を必要最小限に抑えることができるので、経済的な運転が可能となる。

符号の説明

- [0063] 10 生産井
11 セパレータ
12 第 1 タービン
13 第 1 発電機
17 媒体蒸発器
18 第 2 タービン
19 第 2 発電機
20 媒体凝縮器
21 ポンプ
22 無機陽イオン濃度計
23 シリカ濃度計
24 アルカリ剤タンク
25 ポンプ
26 キレート剤タンク
27 ポンプ
28 演算処理部

- 29 キレート剤添加量制御部
- 30 流量計
- 31 温度計
- 32 pH計
- 33 記憶装置
- 34 入力装置
- 40 飽和濃度測定装置
- 41 溶液貯留部
- 42 温度制御部
- 43 溶液採取部
- 44 pH調整部
 - 44a pH測定部
 - 44b 酸アルカリ添加部
- 45 陽イオン濃度計測部
 - 45a タイマ

請求の範囲

- [請求項1] 生産井から採取した地熱水の流量と、2価以上の無機陽イオン濃度を計測する流入水計測工程と、
前記地熱水の熱を除去する熱除去工程と、
前記熱除去工程後の地熱水の温度及びpHを計測する流出水計測工程と、
前記熱除去工程後の地熱水の温度及びpHに基づいて、前記熱除去工程後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を求め、前記流入水計測工程で測定した前記地熱水の無機陽イオン濃度から前記熱除去工程後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を引いた値と、前記地熱水の流量とから、前記無機陽イオンを含む塩の析出を抑制するために必要なスケール抑制剤の添加量を演算するスケール抑制剤添加量演算工程と、
前記スケール抑制剤添加量演算工程で演算されたスケール抑制剤の添加量に基づいて、前記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スケール抑制剤添加工程とを含むことを特徴とするスケール抑制方法。
- [請求項2] 前記生産井から採取した地熱水と同様なシリカ濃度及びpHで、前記無機陽イオン濃度を少しずつ増加させた試料水をそれぞれ作成し、
前記各試料水を前記熱除去工程後の温度に所定時間保持した後、各処理水中の前記無機陽イオン濃度を測定し、
前記試料水の無機陽イオン濃度よりも前記処理水の無機陽イオン濃度が最初に低くなるときの試料水の濃度を前記飽和濃度とする請求項1に記載のスケール抑制方法。
- [請求項3] 前記無機陽イオンが、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、2価の鉄イオン、3価の鉄イオン及びアルミニウムイオンから選ばれる一種以上である請求項1に記載のスケール抑制方法。
- [請求項4] 前記地熱水のpHを9以上に調整する請求項1～3のいずれか1つに記載のスケール抑制方法。

- [請求項5] 前記地熱水に、前記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以上に調整する請求項4に記載のスケール抑制方法。
- [請求項6] 前記熱除去工程は、前記地熱水を減圧し、水蒸気を取り出すフラッシュ工程及び／又は前記地熱水から熱を回収して発電媒体を蒸発させる工程を含む請求項1に記載のスケール抑制方法。
- [請求項7] 前記生産井から採取した地熱水を気液分離し、気液分離後の蒸気を発電設備に供給し、気液分離後の地熱水を前記熱除去工程に送る、請求項1に記載のスケール抑制方法。
- [請求項8] 生産井から採取される地熱水中の2価以上の無機陽イオン濃度を測定する無機陽イオン濃度測定装置と、
前記生産井から採取される地熱水の流量を測定する流量計と、
前記地熱水の温度を低下させる熱除去部と、
前記熱除去後の地熱水の温度を測定する温度計と、
前記熱除去後の地熱水のpHを計測するpH測定装置と、
前記熱除去部で温度を低下させた後の地熱水の温度及びpHに基づいて、前記熱除去部で温度を低下させた後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を求め、前記無機陽イオン濃度測定装置で測定した前記地熱水の無機陽イオン濃度から前記熱除去部で温度を低下させた後の地熱水の無機陽イオンの飽和濃度を引いた値と、前記地熱水の流量とから、前記無機陽イオンを含む塩の析出を抑制するために必要なスケール抑制剤の添加量を算出する演算処理部と、
前記地熱水に、前記演算処理部で算出された量のスケール抑制剤を添加する制御部とを備えていることを特徴とする地熱発電装置。
- [請求項9] 前記熱除去部の前段に、気液分離器が配置され、気液分離後の地熱水を前記熱除去部に導入するように構成されている、請求項8に記載の地熱発電装置。
- [請求項10] 前記熱除去部は、放熱する配管、減圧により地熱水から蒸気を取り出

すフラッシャー及び発電媒体に熱を与えて発電媒体を蒸発させる熱交換器、から選ばれる1種以上である請求項8に記載の地熱発電装置。

[請求項11]

試料水を貯留する溶液貯留部と、

この溶液貯留部に貯留された試料水の温度を調整する温度制御部と

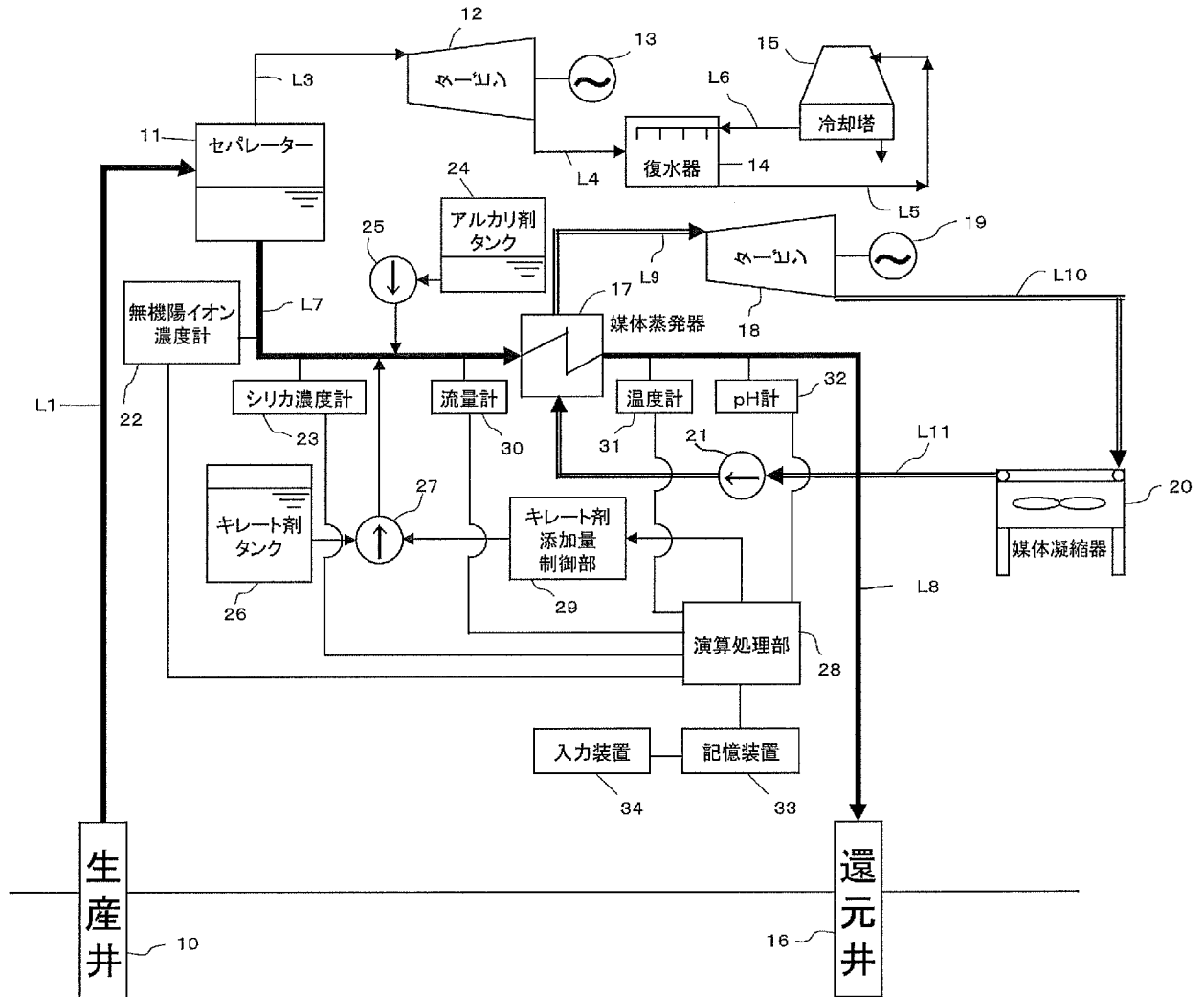
、

前記溶液貯留部に貯留された試料水に酸又はアルカリを添加して、
pHを調整するpH調整部と、

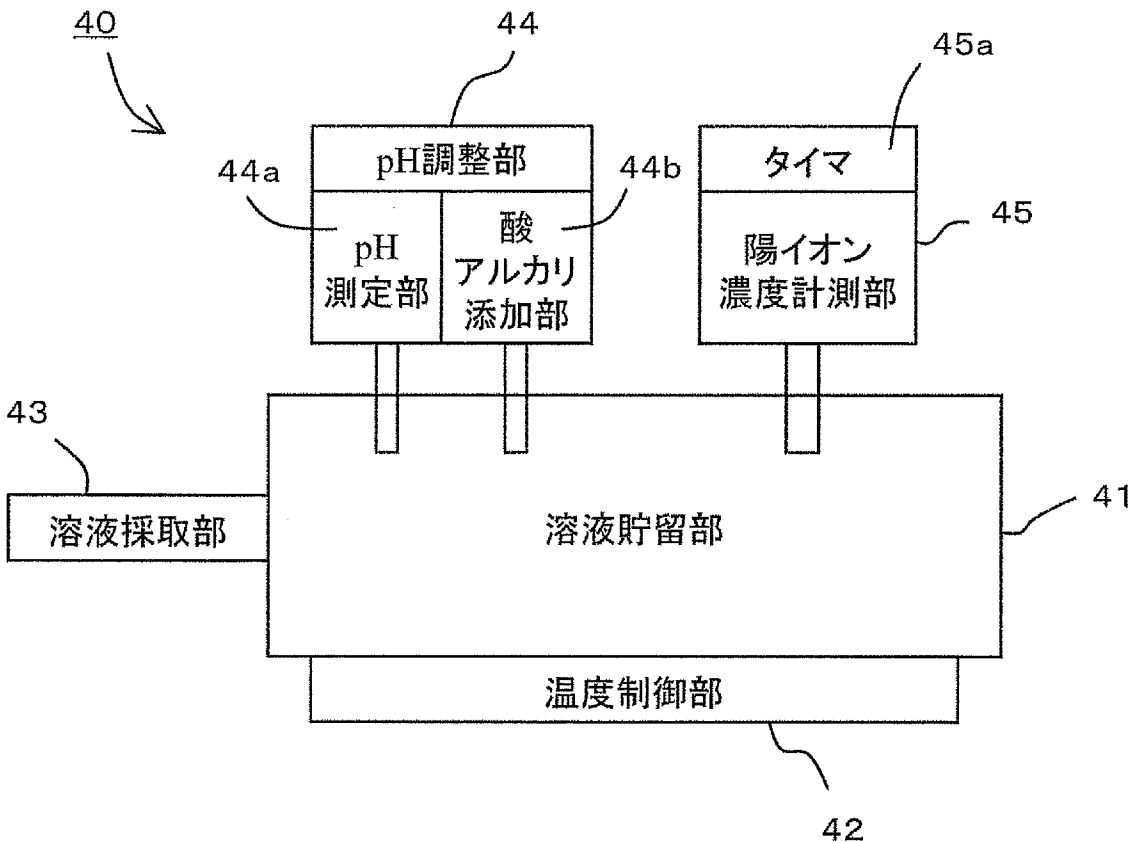
所定時間経過後に試料水中の2価以上の無機陽イオン濃度を測定する濃度計測部と、

試料水として前記無機陽イオン濃度を徐々に高めたものを作成して
順次、前記溶液貯留部に流入させる溶液供給部とを有する無機陽イオンの飽和濃度測定装置を備えている請求項8～10のいずれか1つに記載の地熱発電装置。

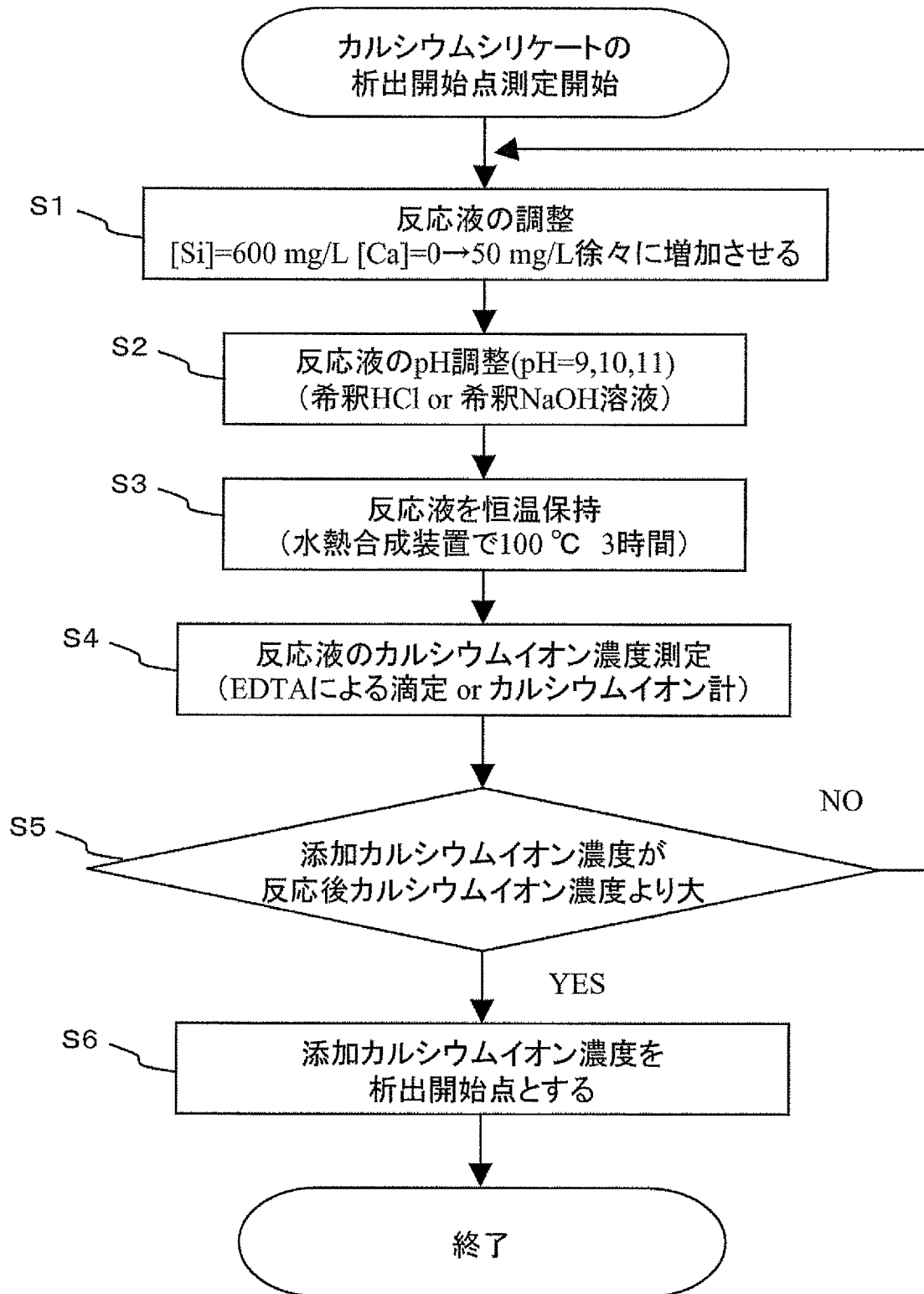
[図1]



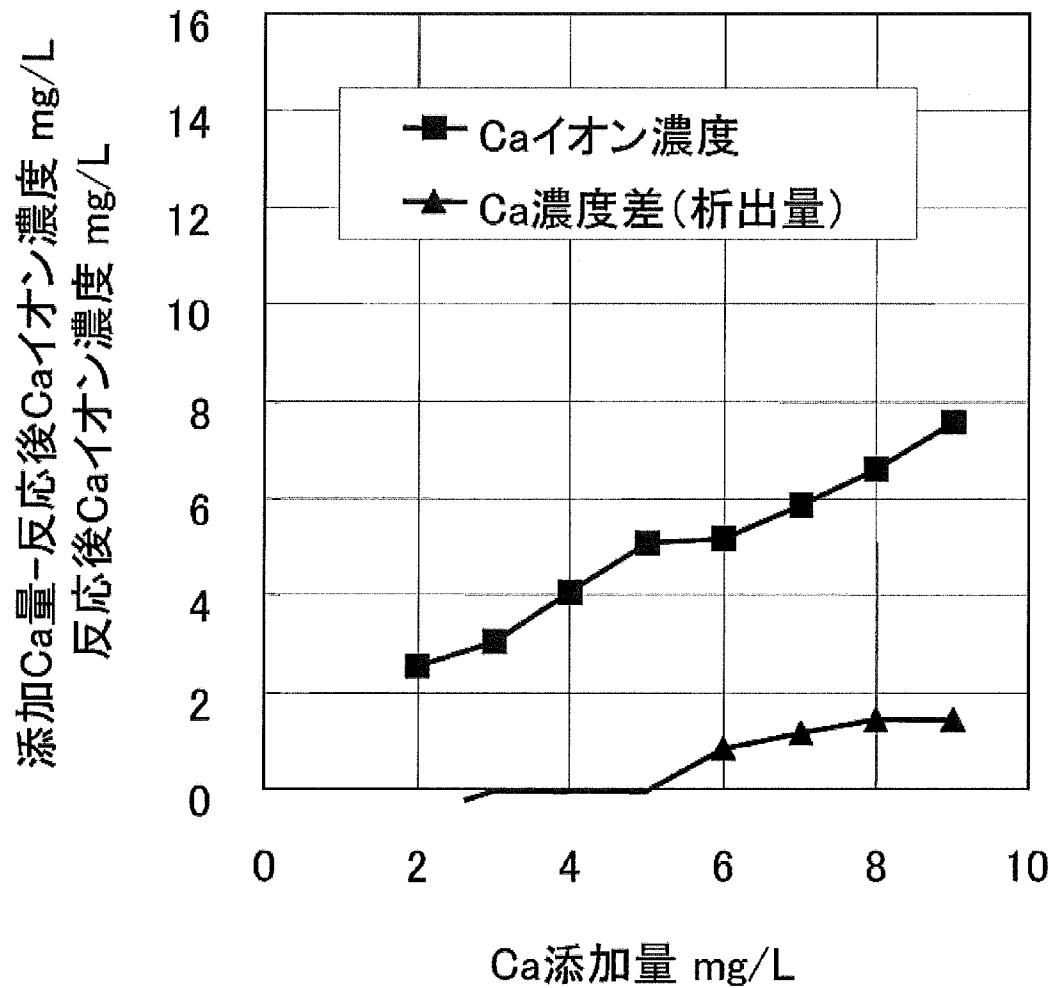
[図2]



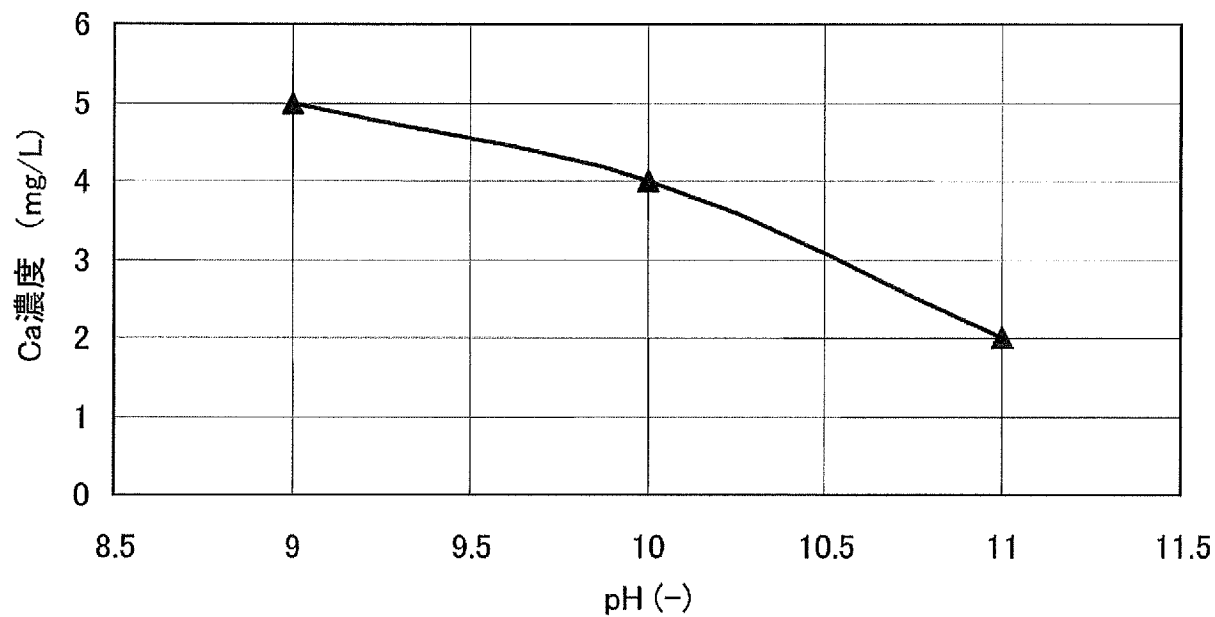
[図3]



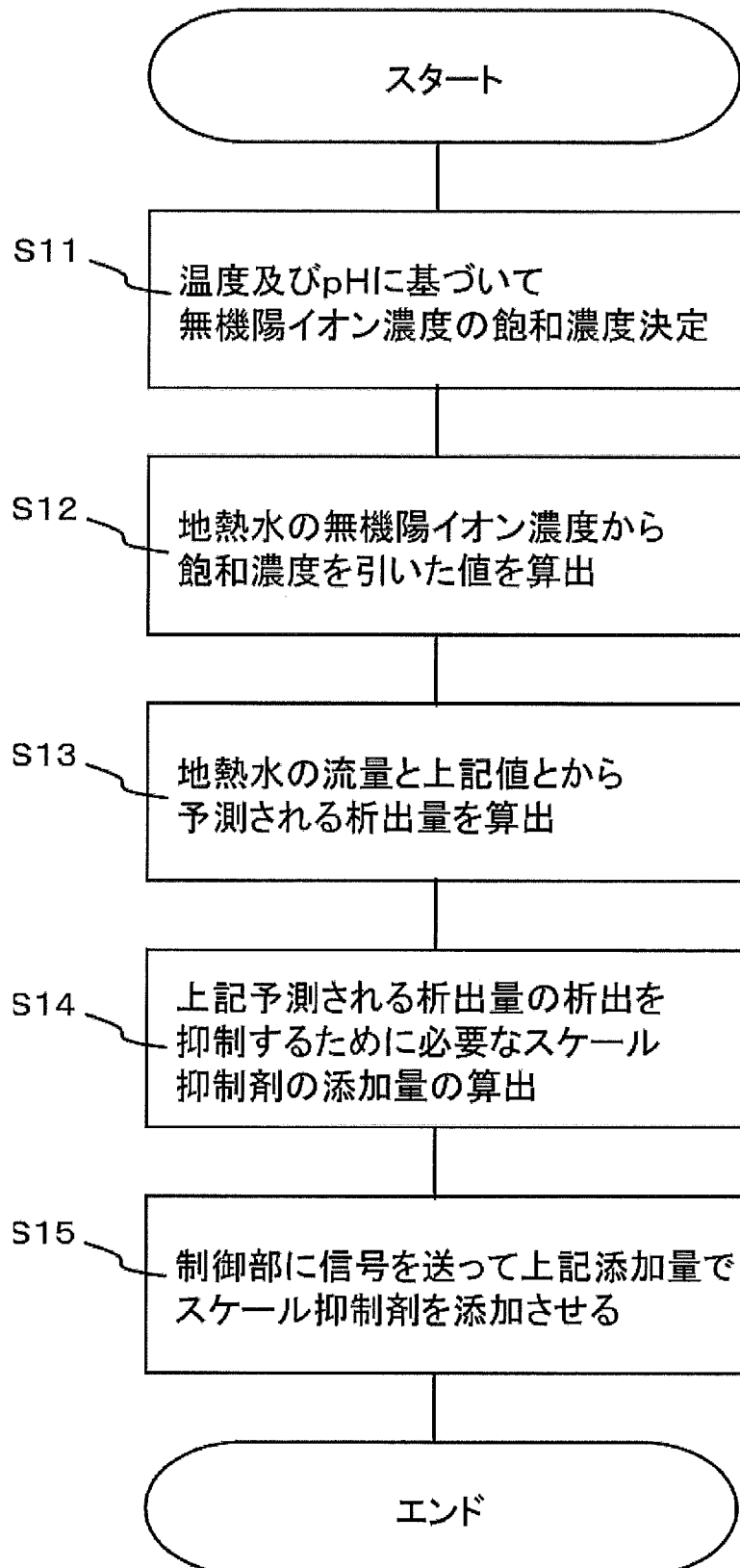
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/055545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C02F5/00(2006.01)i, C02F1/00(2006.01)i, C02F5/10(2006.01)i, E21B37/06(2006.01)i, E21B43/00(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F01K27/02(2006.01)i, F03G4/00(2006.01)i, F03G4/06(2006.01)i</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) <i>C02F5/00, C02F1/00, C02F5/10, E21B37/06, E21B43/00, F01D25/00, F01K27/02, F03G4/00, F03G4/06</i>												
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table border="0"> <tr> <td>Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1922-1996</td> <td>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</td> <td>1996-2012</td> </tr> <tr> <td>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1971-2012</td> <td>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1994-2012</td> </tr> </table>			Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012	Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012		
Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012									
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012									
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 61-220793 A (Sasakura Engineering Co., Ltd.), 01 October 1986 (01.10.1986), claims 1, 2 (Family: none)	1-11										
A	JP 4-281899 A (Hitachi Zosen Corp.), 07 October 1992 (07.10.1992), claims 1, 2 (Family: none)	1-11										
A	JP 4-48998 A (Hitachi Zosen Corp.), 18 February 1992 (18.02.1992), claims (Family: none)	1-11										
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.												
* Special categories of cited documents: <table border="0"> <tr> <td>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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)</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>“&” document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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	“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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	“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)	“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	“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family	“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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											
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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											
“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)	“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											
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family											
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 11 April, 2012 (11.04.12)		Date of mailing of the international search report 24 April, 2012 (24.04.12)										
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer										
Facsimile No.		Telephone No.										

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/055545

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 62-111095 A (Sasakura Engineering Co., Ltd.), 22 May 1987 (22.05.1987), claims 1 to 3 (Family: none)	1-11
A	JP 62-74499 A (Hisaka Works, Ltd.), 06 April 1987 (06.04.1987), claims 1, 2 (Family: none)	1-11
A	JP 57-112697 A (Mitsubishi Metal Corp.), 13 July 1982 (13.07.1982), claims 1 to 4 (Family: none)	1-11
A	JP 9-206733 A (Union Oil Company of California), 12 August 1997 (12.08.1997), claims 16, 17 & US 5665242 A & PH 31627 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int.Cl. C02F5/00(2006.01)i, C02F1/00(2006.01)i, C02F5/10(2006.01)i, E21B37/06(2006.01)i, E21B43/00(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F01K27/02(2006.01)i, F03G4/00(2006.01)i, F03G4/06(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. C02F5/00, C02F1/00, C02F5/10, E21B37/06, E21B43/00, F01D25/00, F01K27/02, F03G4/00, F03G4/06		
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	1971-2012年	
日本国実用新案登録公報	1996-2012年	
日本国登録実用新案公報	1994-2012年	
国際調査で使用了電子データベース (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 61-220793 A (株式会社笹倉機械製作所) 1986.10.01, 請求項1, 2 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 4-281899 A (日立造船株式会社) 1992.10.07, 請求項1, 2 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 4-48998 A (日立造船株式会社) 1992.02.18, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願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	11.04.2012	国際調査報告の発送日
		24.04.2012
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 富永 正史 電話番号 03-3581-1101 内線 3421	4D 8616

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 62-111095 A (株式会社笹倉機械製作所) 1987.05.22, 請求項 1-3 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 62-74499 A (株式会社日阪製作所) 1987.04.06, 請求項 1, 2 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 57-112697 A (三菱金属株式会社) 1982.07.13, 請求項 1-4 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 9-206733 A (ユニオン オイル コンパニー オブ カリフォルニア) 1997.08.12, 請求項 16, 17 & US 5665242 A & PH 31627 A	1-11