

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

is provided with a low-stage compression unit (52) that compresses supercritical carbon dioxide expanded by the turbine and a high-stage compression unit (53) that compresses the supercritical carbon dioxide compressed by the low-stage compression unit. The radiator cools the supercritical fluid flowing from the low-stage compression unit to the high-stage compression unit.

(57) 要約: 放熱器の温度が臨界温度に近くなる運転条件において、圧縮装置における圧縮動力の急増を抑制することができる超臨界流体発電システムを提供すること。超臨界流体発電システム(1)は、受熱設備(10)、タービン(20)、放熱器(40)及び圧縮装置(50)を流路(81~92)で接続し、超臨界二酸化炭素を作動流体とした閉サイクルを用いる。圧縮装置は、タービンで膨張された超臨界二酸化炭素を圧縮する低段圧縮部(52)と、低段圧縮部で圧縮した超臨界二酸化炭素を圧縮する高段圧縮部(53)とを備えている。放熱器は、低段圧縮部から高段圧縮部を流れる超臨界流体を冷却する。

明 細 書

発明の名称：超臨界流体発電システム

技術分野

[0001] 本発明は、超臨界流体を作動流体として用いる超臨界流体発電システムに関する。

背景技術

[0002] 火力発電をはじめとする従来の蒸気発電システムに対し、高効率且つコンパクト化が期待される超臨界二酸化炭素発電サイクル（特許文献1参照）が盛んに研究されている。かかる研究において、様々な構成のサイクルが比較され分流再圧サイクルが高効率であるとする研究成果がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2018-514686号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、超臨界流体は臨界点近傍で物性値が急変する特徴を有しており、例えば超臨界二酸化炭素の場合、臨界温度の約31℃近傍でp-h線の等温線勾配が顕著に小さくなる（図2参照）。このため、超臨界二酸化炭素サイクルでは、外気温度や圧力等の放熱器での運転条件によって圧縮機に流入する超臨界二酸化炭素の比エンタルピが大きく変化し、圧縮機における動力急増を招く、という問題がある。

[0005] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、放熱器の温度が臨界温度に近くなる運転条件において、圧縮装置における圧縮動力の急増を抑制することができる超臨界流体発電システムを提供することを目的の一つとする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明における一態様の超臨界流体発電システムは、受熱設備、タービン

、放熱器及び圧縮装置を流路で接続し、超臨界流体を作動流体とする閉サイクルを用いた超臨界流体発電システムであって、前記圧縮装置は、前記タービンで膨張された超臨界流体を圧縮する低段圧縮部と、該低段圧縮部で圧縮した超臨界流体を圧縮する高段圧縮部とを備え、前記放熱器は、前記低段圧縮部から前記高段圧縮部を流れる超臨界流体を冷却することを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、圧縮装置での圧縮を低段圧縮部と高段圧縮部とで分割し、それらの間の超臨界流体を放熱器で冷却して該超臨界流体の圧力（中間圧）を調整することができる。これにより、外気温度が高い等により放熱器の放熱性能が低下しても、超臨界流体を１回だけ圧縮する従来構造の圧縮動力に対し、低段圧縮部及び高段圧縮部の圧縮動力の和を削減することができる。これにより、放熱器の温度が臨界温度に近くなる運転条件においても、圧縮動力の急増を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第１の実施の形態に係る超臨界流体発電システムの概略構成図である。
[図2]比較例の超臨界二酸化炭素サイクルのp-h線図である。
[図3]第１の実施の形態の超臨界二酸化炭素サイクルのp-h線図である。
[図4]第１の実施の形態における中間圧の制御の流れを示すフローチャートである。
[図5]第２の実施の形態に係る超臨界流体発電システムの概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の一実施の形態に係る超臨界流体発電システムについて、添付の図面を参照しながら詳細に説明する。なお、本発明に係る超臨界流体発電システムについては、以下の実施の形態に限定されるものではなく、その趣旨の範囲内で種々変形して実施することができる。

[0010] [第１の実施の形態]

図１は、第１の実施の形態に係る超臨界流体発電システムの概略構成図である。図１に示すように、超臨界流体発電システム１は、受熱設備１０、タ

ービン 20 と、再生熱交換器 30 と、放熱器 40 と、圧縮装置 50 と、検出装置 60 と、制御装置 70 とを備えている。超臨界流体発電システム 1 は、上記各装置等を配管等からなる流路 81 ～ 92 で接続している。各流路 81 ～ 92 の接続位置については後述する。超臨界流体発電システム 1 は、作動流体を超臨界流体、具体的には、超臨界二酸化炭素 (CO_2) とする閉サイクルを用いている。

[0011] 受熱設備 10 は、熱源からの熱を受けて超臨界二酸化炭素を加熱（昇温）する。受熱設備 10 の入口は、再生熱交換器 30 の出口と流路 81 によって接続され、受熱設備 10 の出口は、タービン 20 の入口と流路 82 によって接続される。受熱設備 10 の熱源は、火力や原子力その他、地熱や太陽熱、バイオマス等の周知の各種熱源を用いることができる。

[0012] タービン 20 は、流路 81 を通じて受熱設備 10 で加熱された超臨界二酸化炭素が流入し、通過する間に超臨界二酸化炭素を膨張させて機械的動力を生成する。タービン 20 は、例えば、駆動軸を回転して発電機（何れも不図示）を駆動し、該発電機にて発電を行うことができる。タービン 20 の出口は、再生熱交換器 30 の入口と流路 83 によって接続される。

[0013] 再生熱交換器 30 は、タービン 20 を経て放熱器 40 側へ流出する高温の超臨界二酸化炭素と、圧縮装置 50 を経て受熱設備 10 側へ流出する低温の超臨界二酸化炭素との間で熱交換する。再生熱交換器 30 は、高温再生熱交換器 31 と、低温再生熱交換器 32 とを備えて 2 段階で熱交換を行っている。

[0014] 高温再生熱交換器 31 及び低温再生熱交換器 32 は、高温側及び低温側の 2 つのラインをそれぞれ有している。高温再生熱交換器 31 の高温側ラインにおける入口は、タービン 20 の出口と流路 83 によって接続される。高温再生熱交換器 31 の高温側ラインにおける出口は、低温再生熱交換器 32 の高温側ラインにおける入口と流路 84 によって接続される。高温再生熱交換器 31 の低温側ラインにおける入口は、低温再生熱交換器 32 の低温側ラインにおける出口と流路 85 によって接続される。高温再生熱交換器 31 の低

温側ラインにおける出口は、受熱設備 10 の入口と流路 81 によって接続される。

[0015] 低温再生熱交換器 32 の高温側ラインにおける出口は、放熱器 40 の入口と流路 86 によって接続される。低温再生熱交換器 32 の低温側ラインにおける入口は、圧縮装置 50 の後述する高段圧縮部 53 の出口と流路 87 によって接続される。低温再生熱交換器 32 の低温側のラインにおける出口は、高温再生熱交換器 31 の低温側ラインの入口と流路 85 によって接続される。

[0016] 放熱器 40 は、外気を介して内部を流れる超臨界二酸化炭素から熱を除去して冷却する。放熱器 40 は、低压側及び高压側の 2 つのラインを有している。放熱器 40 の低压側ラインにおける入口は、低温再生熱交換器 32 の高温側ラインにおける出口と流路 86 によって接続される。

[0017] 圧縮装置 50 は、タービン 20 で膨張された超臨界二酸化炭素が流入し、通過する間に該超臨界二酸化炭素を所定の駆動力を介して圧縮する。圧縮装置 50 は、主圧縮機 51 と、バイパス圧縮機 54 とを備えている。主圧縮機 51 は、低段圧縮部 52 と、高段圧縮部 53 とを備え、主圧縮機 51 での圧縮工程を分割している。

[0018] 低段圧縮部 52 の入口は、放熱器 40 の低压側ラインにおける出口と流路 88 によって接続される。低段圧縮部 52 の出口は、放熱器 40 の高压側ラインにおける入口と流路 89 によって接続される。高段圧縮部 53 の入口は、放熱器 40 の高压側ラインにおける出口と流路 90 によって接続される。高段圧縮部 53 の出口は、低温再生熱交換器 32 の低温側ラインにおける入口と流路 87 によって接続される。

[0019] 低段圧縮部 52 は、タービン 20 で膨張されてから再生熱交換器 30 及び放熱器 40 を経て冷却された超臨界二酸化炭素を圧縮する。言い換えると、低段圧縮部 52 より上流側の超臨界二酸化炭素が再生熱交換器 30 及び放熱器 40 で冷却される。高段圧縮部 53 は、低段圧縮部 52 で圧縮されてから放熱器 40 で冷却された超臨界二酸化炭素を圧縮する。よって、低段圧縮部

５２から高段圧縮部５３を流れる超臨界二酸化炭素も放熱器４０で冷却される。

[0020] バイパス圧縮機５４の入口は、低温再生熱交換器３２と放熱器４０との間の流路８６から分岐される流路９１に接続される。バイパス圧縮機５４の出口は、低温再生熱交換器３２と高温再生熱交換器３１との間の流路８５と合流する流路９２に接続される。バイパス圧縮機５４は、主圧縮機５１より上流側となる低温再生熱交換器３２から放熱器４０に流れる超臨界二酸化炭素を抽気して圧縮し、高温再生熱交換器３１を経てタービン２０側に送出する。

[0021] 検出装置６０は、低压センサ６１と、中圧センサ６２と、高压センサ６３と、温度センサ６４とを備えている。低压センサ６１は、低段圧縮部５２の上流側における超臨界二酸化炭素の圧力を検出し、本実施の形態では、放熱器４０と低段圧縮部５２との間の流路８８を流れる超臨界二酸化炭素の圧力を検出する。

[0022] 中圧センサ６２は、低段圧縮部５２と高段圧縮部５３との間の超臨界二酸化炭素の中間圧（圧力）を検出し、本実施の形態では、放熱器４０と高段圧縮部５３との間の流路９０を流れる超臨界二酸化炭素の中間圧を検出する。

[0023] 高压センサ６３は、高段圧縮部５３の下流側における超臨界二酸化炭素の圧力を検出し、本実施の形態では、高段圧縮部５３と低温再生熱交換器３２との間の流路８７を流れる超臨界二酸化炭素の圧力を検出する。

[0024] 温度センサ６４は、放熱器４０での放熱温度を検出する。放熱器４０では外気を用いて冷却されるので、温度センサ６４の検出結果は外気温より高温となる。

[0025] 制御装置７０は、中央処理装置（ＣＰＵ）や、ＲＡＭ、ＲＯＭ等の記憶装置を含むコンピュータ等によって構成され、超臨界流体発電システム１全体を制御する。制御装置７０は、記憶装置に記憶されるアプリケーションや演算式、テーブル、データ等と、低压センサ６１、中圧センサ６２、高压センサ６３及び温度センサ６４の検出結果とに基づき、低段圧縮部５２及び高段

圧縮部 53 を制御する。かかる制御としては、各圧縮部 52、53 の回転数制御、それらを多段圧縮とした場合に抽気箇所を変更する制御、圧縮機静翼の迎え角制御等の何れか又はそれらを組合せとすることを例示できる。制御装置 70 による低段圧縮部 52 及び高段圧縮部 53 の制御によって、放熱器 40 の低压側ラインを流れる超臨界二酸化炭素の中間圧を調整することができる。

[0026] ここで、超臨界二酸化炭素サイクルでの運転について検討する。図 2 は、比較例の超臨界二酸化炭素サイクルの $p-h$ 線図である。図 2 の $p-h$ 線図は、比較例として、公知の超臨界二酸化炭素サイクルの一例を挙げたものである。状態 A → 状態 B にて、超臨界二酸化炭素がタービンで膨張されて圧力が低下する。状態 B → 状態 C a 又は状態 C b にて、超臨界二酸化炭素が放熱器等で冷却され、略等圧又は若干の圧力低下の条件下で比エンタルピが低下する。かかる比エンタルピの低下は放熱器の放熱温度に達するまで、言い換えると、 $p-h$ 線図の等温線（細い実線で表す）に交差する位置まで進行する。よって、放熱温度が 35℃ の場合の状態 C b の方が、放熱温度が 45℃ の場合の状態 C a より、比エンタルピが低下する。

[0027] 状態 C a 又は状態 C b → 状態 D a 又は状態 D b にて、圧縮（昇圧）工程として超臨界二酸化炭素が圧縮機で圧縮されて圧力が高くなる。このとき、 $p-h$ 線図での勾配は、理想的には等エントロピ線（二点鎖線で表す）と略平行となる。等エントロピ線は、比エンタルピが低くなると急勾配に、比エンタルピが高くなると緩勾配になる。状態 C a と状態 C b は略同圧であり、状態 D a と状態 D b は略同圧であるので、 $p-h$ 線図の勾配の違いにより、状態 C b → 状態 D b に比べて状態 C a → 状態 D a の方が比エンタルピの増加量が大きくなる。比エンタルピの増加量は圧縮機の圧縮動力の増加量となり、放熱温度が 35℃ の場合（状態 C b → 状態 D b）の圧縮動力 P_b とし、放熱温度が 45℃ の場合（状態 C a → 状態 D a）の圧縮動力 P_a とすると、圧縮動力 P_b より圧縮動力 P_a が増大する。

[0028] 図 2 の $p-h$ 線図において、圧縮動力 P_b を 100% とした場合、圧縮動

力 P_a は112%となった。従って、放熱器の放熱温度が35℃から45℃に上昇することで、圧縮動力が12%増加してしまった。そこで、第1の実施の形態においては、かかる圧縮動力の増加抑制を以下に述べるように実現している。

[0029] 図3は、第1の実施の形態の超臨界二酸化炭素サイクルの $p-h$ 線図である。図3の $p-h$ 線図における第1の実施の形態の超臨界二酸化炭素サイクルでは、比較例と比べるために放熱器40の放熱温度を45℃とし、比較例に対し超臨界二酸化炭素の圧縮工程を変えている。それ以外は、比較例と第1の実施の形態とで同条件となるので、状態A→状態B→状態Caでは上記比較例と同様に超臨界二酸化炭素が膨張及び冷却される。

[0030] 第1の実施の形態において、状態Caは、再生熱交換器30及び放熱器40の低压側ラインの下流側、且つ、低段圧縮部52の上流側（低压センサ61の位置）における超臨界二酸化炭素の状態とされる。状態Ca→状態Eにて、低段圧縮部52で超臨界二酸化炭素が圧縮（昇圧）され、また、昇温される。状態Eは、低段圧縮部52の下流側、且つ、放熱器40の高圧側ラインの上流側の流路89における超臨界二酸化炭素の状態とされる。状態Ca→状態Eにおいても、 $p-h$ 線図での勾配は等エントロピ線と略平行となり、この際の低段圧縮部52の動力を圧縮動力 P_{w1} とする。

[0031] 状態Fは、放熱器40の高圧側ラインの下流側、且つ、高段圧縮部53の上流側（中圧センサ62の位置）における超臨界二酸化炭素の状態とされる。状態E→状態Fにて、超臨界二酸化炭素が放熱器40の高圧側ラインを通過し、放熱器40の放熱温度45℃になるまで冷却される。よって、 $p-h$ 線図の状態E→状態Fでは、超臨界二酸化炭素の状態が略同圧にて45℃の等温線に交差する位置まで進行する。状態E→状態Fにおける超臨界二酸化炭素の圧力が中間圧とされる。

[0032] 状態Dcは、状態Db（図2参照）と略同圧であり、高段圧縮部53の下流側（高圧センサ63の位置）における超臨界二酸化炭素の状態とされる。状態F→状態Dcにて、高段圧縮部53で超臨界二酸化炭素が圧縮（昇圧）

される。状態F→状態D_cにおいても、 $p-h$ 線図での勾配は等エントロピ線と略平行となり、この際の高段圧縮部53の動力を圧縮動力 P_{w2} とする。よって、本実施の形態では、圧縮工程全体での圧縮動力 P_w は、圧縮動力 P_{w1} と圧縮動力 P_{w2} の和となり、圧縮動力 P_{w1} 及び圧縮動力 P_{w2} は状態E及び状態Fにおける中間圧によって変化する。従って、中間圧を調整することによって、比較例の放熱温度が45℃の圧縮動力 P_a に比べて圧縮動力 P_w を小さくすることができる。

[0033] 図3の $p-h$ 線図に示すように、等エントロピ線の勾配は比エンタルピが低くなるほど急になり、圧縮動力を低減する比エンタルピの低減効果を得ることができる。また、放熱温度における等温線の比エンタルピは高圧になるほど低くなる。よって、状態E→状態Fにおける超臨界二酸化炭素の中間圧が低くなると、比エンタルピの低減効果が小さくなり、状態F→状態D_cでの圧縮動力 P_{w2} の低減効果も小さくなる。一方、状態E→状態Fにおける超臨界二酸化炭素の中間圧が高くなると、状態F→状態D_cでの圧縮動力 P_{w2} の低減効果は得られるが、状態C_a→状態Eでの圧縮動力 P_{w1} を十分に削減できなくなる。従って、 $p-h$ 線図にて、状態C_aの圧力と状態D_cの圧力との間にて中間圧に対する運転中の放熱温度における各圧縮動力 P_{w1} 、 P_{w2} の関係を求め、それらの和となる圧縮動力 P_w を演算することで、最小となる圧縮動力 P_w 及びその際の最適な中間圧を求めることができる。

[0034] 図3の $p-h$ 線図にて、最適な中間圧を設定した場合の圧縮動力 P_w は、比較例の放熱温度が35℃の圧縮動力 P_b を100%とした場合に比べ、103%にすることができた。比較例の放熱温度が45℃の場合の圧縮動力 P_a は112%だったので、本実施の形態の方が9%削減できた。これにより、放熱器40の放熱温度が35℃から45℃となる放熱性能の低下が発生しても、比較例に比べて圧縮動力 P_w を削減することが可能となる。この結果、放熱器40の温度が超臨界二酸化炭素の臨界温度（31℃）に近くなる運転条件において、外気温等の変化により圧縮動力 P_w の急増を抑制すること

ができる。

[0035] 続いて、本実施の形態における制御装置 70 による中間圧の制御について、図 4 を参照して説明する。図 4 は、第 1 の実施の形態における中間圧の制御の流れを示すフローチャートである。なお、制御装置 70 には、 $p-h$ 線図等の各種データによって、ガスサイクルでの高圧値、低圧値に対する中間圧の最適値及びその不感帯 δ が予め記憶される。不感帯 δ を中間圧の最適値に加算及び減算した範囲において、該最適値に設定した場合と同等の圧縮動力に設定できる値とされる。

[0036] 図 4 のフローチャートにおいて、ステップ S T 1 では、制御装置 70 が、低圧センサ 61、中圧センサ 62、高圧センサ 63 及び温度センサ 64 の各検出値を取得する。ステップ S T 2 では、制御装置 70 が、取得した低圧センサ 61、高圧センサ 63 及び温度センサ 64 の各検出値と、記憶装置に記憶される各種データとから中間圧の最適値を演算する。

[0037] ステップ S T 3 では、制御装置 70 が、ステップ S T 2 の中間圧の最適値に不感帯 δ を減算した値に対し、中圧センサ 62 における中間圧の検出値の方が小さいか否かを判定する。かかる中間圧の検出値の方が小さいときは（ステップ S T 3 : Y e s）、ステップ S T 4 に進み、そうでないときは（ステップ S T 3 : N o）、ステップ S T 5 に進む。

[0038] ステップ S T 4 では、制御装置 70 が、中間圧が低いと判断する。そして、制御装置 70 が、低段圧縮部 52 及び高段圧縮部 53 の少なくとも一方を制御し、中間圧を調整して昇圧する制御を行う。

[0039] ステップ S T 5 では、制御装置 70 が、ステップ S T 2 の中間圧の最適値に不感帯 δ を加算した値に対し、中圧センサ 62 における中間圧の検出値の方が大きいと判定する。かかる中間圧の検出値の方が大きいときは（ステップ S T 5 : Y e s）、ステップ S T 6 に進み、そうでないときは（ステップ S T 5 : N o）、ステップ S T 7 に進む。

[0040] ステップ S T 6 では、制御装置 70 が、中間圧が低いと判断する。そして、制御装置 70 が、低段圧縮部 52 及び高段圧縮部 53 の少なくとも一方を

制御し、中間圧を調整して降圧する制御を行う。ステップS T 7では、制御装置70が適正な中間圧であると判断する。かかる中間圧の制御は、予め設定した時刻や、所定時間毎に実施される。

[0041] [第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。なお、以下の説明において、第1の実施の形態と同一若しくは同等の構成部分については同一符号を用いる場合があり、説明を省略若しくは簡略にする場合がある。図5は、第2の実施の形態に係る超臨界流体発電システムの概略構成図である。図5に示すように、第2の実施の形態では、第1の実施の形態に対し、圧縮装置50及び放熱器40の構成を変更している。

[0042] 第2の実施の形態において、圧縮装置50は、主圧縮機56と、バイパス圧縮機57とを備えている。バイパス圧縮機57は、低段バイパス圧縮部58と、高段バイパス圧縮部59とを備え、バイパス圧縮機57での圧縮工程を分割している。また、第2の実施の形態における放熱器40は、第1の実施の形態のように低圧側及び高圧側の2つのラインを有するものでなく、同圧の1つのラインを有する。

[0043] 低段バイパス圧縮部58の入口は、低温再生熱交換器32の高温側ラインにおける出口と流路94によって接続される。低段バイパス圧縮部58の出口は、放熱器40の入口と流路95によって接続される。高段バイパス圧縮部59の入口は、低段バイパス圧縮部58と放熱器40との間の流路95から分岐される流路96に接続される。高段バイパス圧縮部59の出口は、低温再生熱交換器32と高温再生熱交換器31との間の流路85と合流する流路97によって接続される。バイパス圧縮機57は、主圧縮機56より上流側となる放熱器40に流れる前の超臨界二酸化炭素を抽気して圧縮し、高温再生熱交換器31を経てタービン20側に送出する。

[0044] 主圧縮機56の入口は、放熱器40の出口と流路98によって接続される。主圧縮機56の出口は、低温再生熱交換器32の低温側ラインにおける入口と流路99によって接続される。

- [0045] 第2の実施の形態のガスサイクルでは、超臨界二酸化炭素が低段バイパス圧縮部58で圧縮された後、放熱器40で冷却される。その後、放熱器40で冷却された超臨界二酸化炭素が主圧縮機56で圧縮される。
- [0046] 従って、低段バイパス圧縮部58によって、タービン20で膨張された超臨界二酸化炭素を圧縮する低段圧縮部を構成でき、該低段圧縮部をバイパス圧縮機57の一部によって構成することができる。また、主圧縮機56によって、低段圧縮部となる低段バイパス圧縮部58によって圧縮した超臨界二酸化炭素を圧縮する高段圧縮部を構成することができる。そして、放熱器40は、低段バイパス圧縮部58（低段圧縮部）から主圧縮機56（高段圧縮部）を流れる超臨界二酸化炭素を冷却することとなる。
- [0047] 第2の実施の形態のガスサイクルにおいて、低压側は、タービン20を経てバイパス圧縮機57の低段バイパス圧縮部58で圧縮される前の状態となる。よって、低压センサ61は、低段バイパス圧縮部58の入口側の流路94に設けられる。
- [0048] また、第2の実施の形態のガスサイクルにおいて、高压側は、主圧縮機56を経た後の状態となる。よって、高压センサ63は、主圧縮機56の出口側の流路99に設けられる。
- [0049] 更に、第2の実施の形態のガスサイクルにおいて、低压側と高压側との間の中間圧は、低段バイパス圧縮部58と主圧縮機56と間の状態となる。よって、中圧センサ62は、放熱器40と主圧縮機56との間の流路98に設けられる。
- [0050] 制御装置70は、低压センサ61、中圧センサ62、高压センサ63及び温度センサ64の検出結果に基づき、低段バイパス圧縮部58及び主圧縮機56を制御する。制御装置70による低段バイパス圧縮部58及び主圧縮機56の制御によって、放熱器40を流れる超臨界二酸化炭素の中間圧を調整することができる。よって、第2の実施の形態においても、第1の実施の形態と同様に中間圧を調整することで、低段バイパス圧縮部58及び主圧縮機56の圧縮動力の和を抑制でき、放熱器40の温度が臨界温度に近くなって

も、圧縮動力の急増を抑制することができる。

[0051] 本発明の実施の形態は上記の各実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の趣旨を逸脱しない範囲において様々に変更、置換、変形されてもよい。さらには、技術の進歩又は派生する別技術によって、本発明の技術的思想を別の仕方で実現することができれば、その方法を用いて実施されてもよい。したがって、特許請求の範囲は、本発明の技術的思想の範囲内に含まれ得る全ての実施態様をカバーしている。

[0052] 上記各実施の形態では、再生熱交換器 30 が 2 段階の再生熱交換器 31、32 を備えた構成としたが、これに限られるものでなく、何れか一方を省略した構成としたり、更に再生熱交換器を増設したりしてもよい。また、超臨界流体発電システム 1 において、再生熱交換器 30 自体がない構成としてもよい。但し、超臨界流体発電システム 1 が再生熱交換器 30 を有することで、受熱設備 10 に導入される超臨界二酸化炭素を効率良く昇温できる点で有利となる。

[0053] また、第 1 の実施の形態では、1 台の放熱器 40 にて高压側及び低压側のラインを有する構成としたが、高压側及び低压側にて別々の放熱器 40 を設けてもよい。

[0054] また、第 1 の実施の形態において、低压センサ 61 の設置位置は、図 3 の $p-h$ 線図にて低压側の圧力変化が小さいので、低段圧縮部 52 より上流側でタービン 20 より下流側であれば流路 88 以外の箇所としてもよい。更に、第 2 の実施の形態における低压センサ 61 の設置位置は、低段バイパス圧縮部 58 より上流側でタービン 20 より下流側であれば流路 94 以外の箇所としてもよい。

[0055] また、第 1 の実施の形態において、中圧センサ 62 の設置位置は、図 3 の $p-h$ 線図にて中間圧の圧力変化が小さいので、低段圧縮部 52 より下流側となる流路 89 としてもよい。更に、第 2 の実施の形態における低压センサ 61 の設置位置は、低段バイパス圧縮部 58 より下流側となる流路 95 としてもよい。

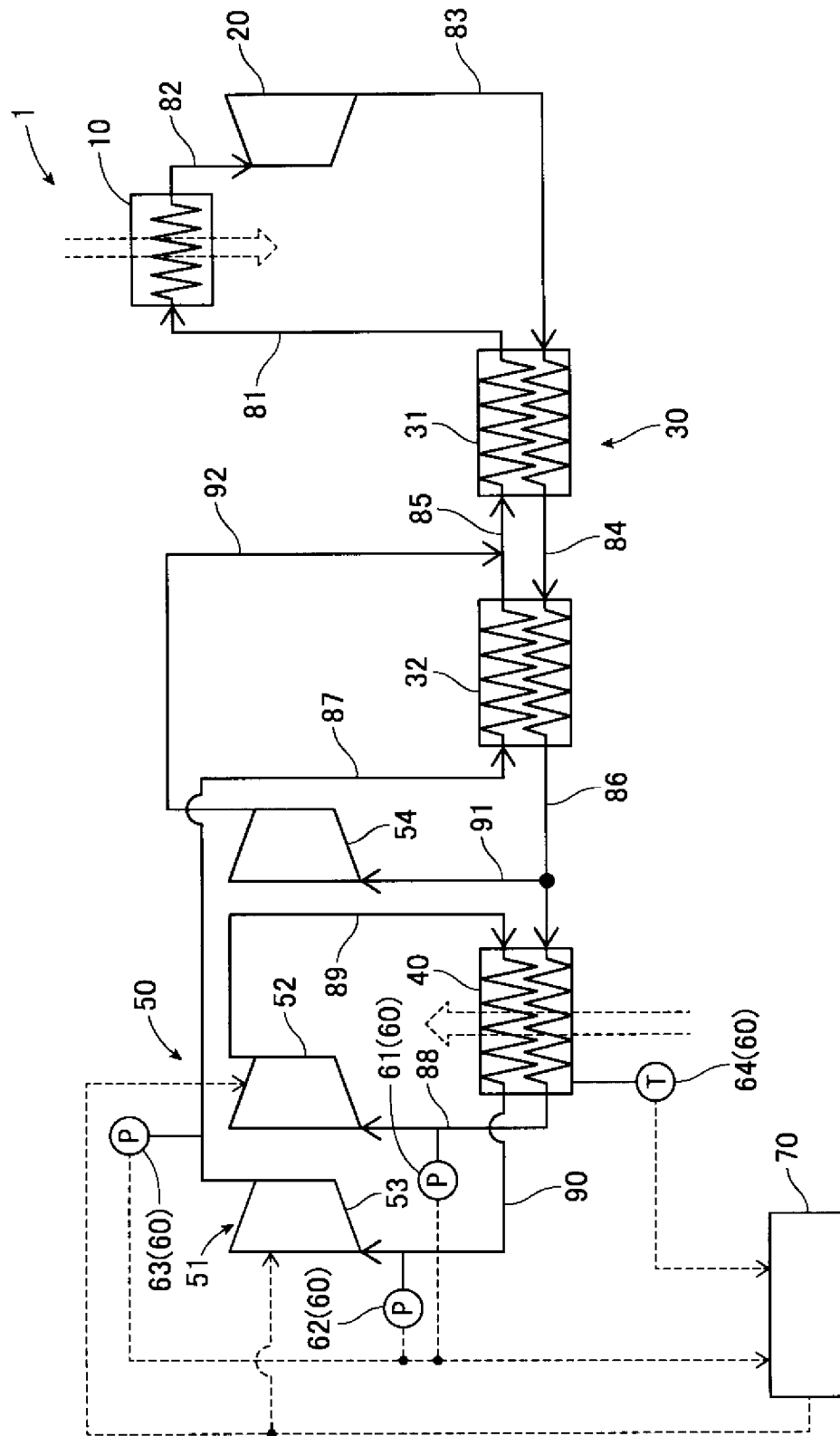
[0056] また、超臨界流体は、上記各実施の形態と同様に超臨界流体発電システム 1 を運転できれば、超臨界二酸化炭素に限定されるものでない。

請求の範囲

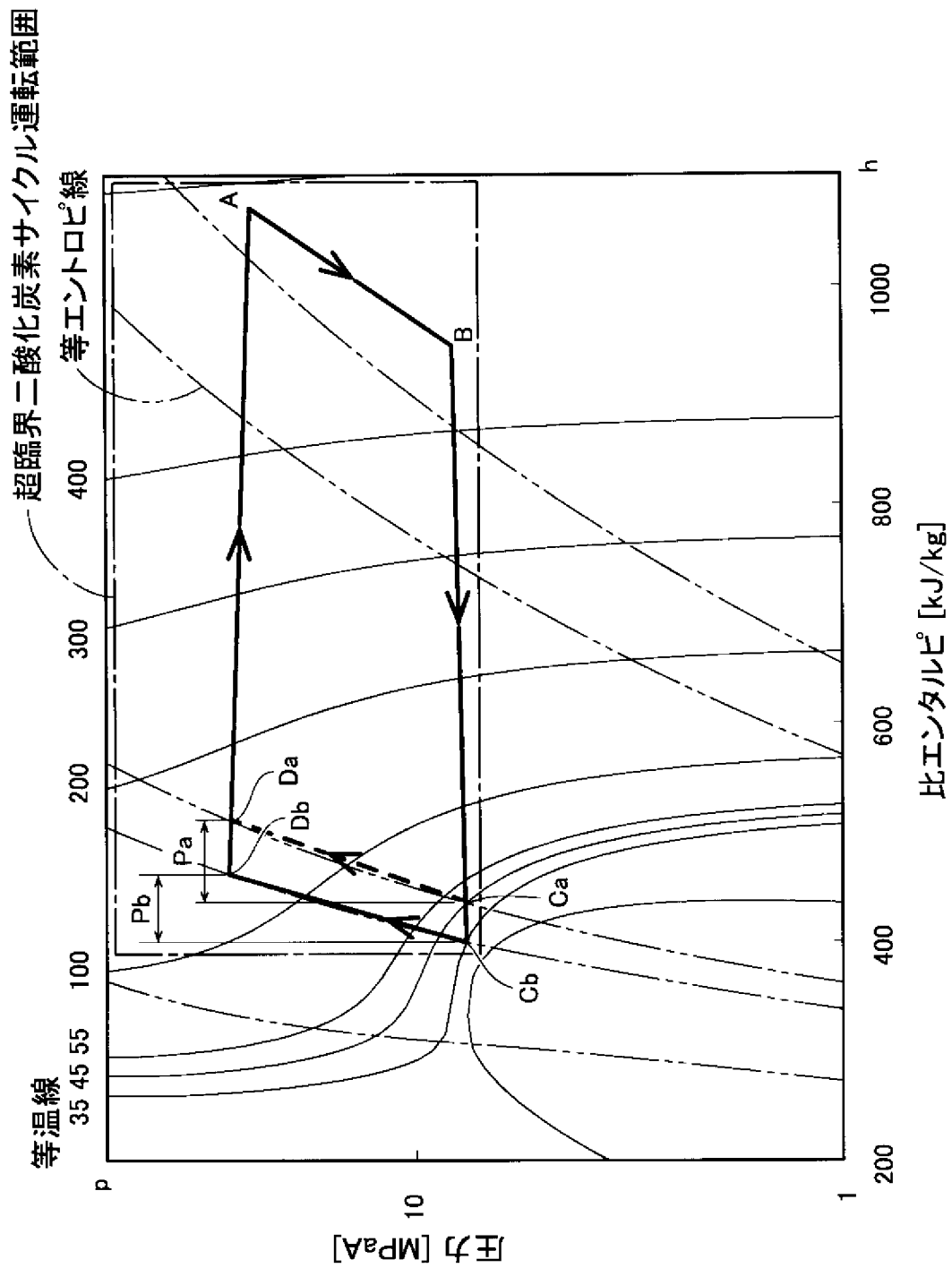
- [請求項1] 受熱設備、タービン、放熱器及び圧縮装置を流路で接続し、超臨界流体を作動流体とする閉サイクルを用いた超臨界流体発電システムであって、
- 前記圧縮装置は、前記タービンで膨張された超臨界流体を圧縮する低段圧縮部と、該低段圧縮部で圧縮した超臨界流体を圧縮する高段圧縮部とを備え、
- 前記放熱器は、前記低段圧縮部から前記高段圧縮部を流れる超臨界流体を冷却することを特徴とする超臨界流体発電システム。
- [請求項2] 前記圧縮装置は、主圧縮機と、該主圧縮機より上流側の超臨界流体を抽気して圧縮し、前記タービン側に送出するバイパス圧縮機とを備え、
- 前記低段圧縮部及び前記高段圧縮部によって前記主圧縮機が構成されることを特徴とする請求項1に記載の超臨界流体発電システム。
- [請求項3] 前記放熱器は、前記低段圧縮部より上流側の超臨界流体も冷却することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の超臨界流体発電システム。
- [請求項4] 前記圧縮装置は、主圧縮機と、該主圧縮機より上流側の超臨界流体を抽気して圧縮し、前記タービン側に送出するバイパス圧縮機とを備え、
- 前記低段圧縮部によって前記バイパス圧縮機の少なくとも一部が構成され、
- 前記高段圧縮部によって前記主圧縮機が構成されることを特徴とする請求項1に記載の超臨界流体発電システム。
- [請求項5] 前記タービンと前記低段圧縮部との間に再生熱交換器を備え、
- 該再生熱交換器は、前記タービンを経た超臨界流体と、前記圧縮装置を経た超臨界流体とで熱交換することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の超臨界流体発電システム。

- [請求項6] 前記低段圧縮部の上流側における超臨界流体の圧力を検出する低圧センサと、
- 前記低段圧縮部と前記高段圧縮部との間の超臨界流体の中間圧を検出する中圧センサと、
- 前記高段圧縮部の下流側における超臨界流体の圧力を検出する高圧センサと、
- 前記放熱器での放熱温度を検出する温度センサと、
- 前記各センサの検出結果に基づき、前記低段圧縮部及び前記高段圧縮部の制御を介して前記中間圧を調整する制御装置と、を備えていることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の超臨界流体発電システム。
- [請求項7] 超臨界流体は超臨界二酸化炭素であることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の超臨界流体発電システム。

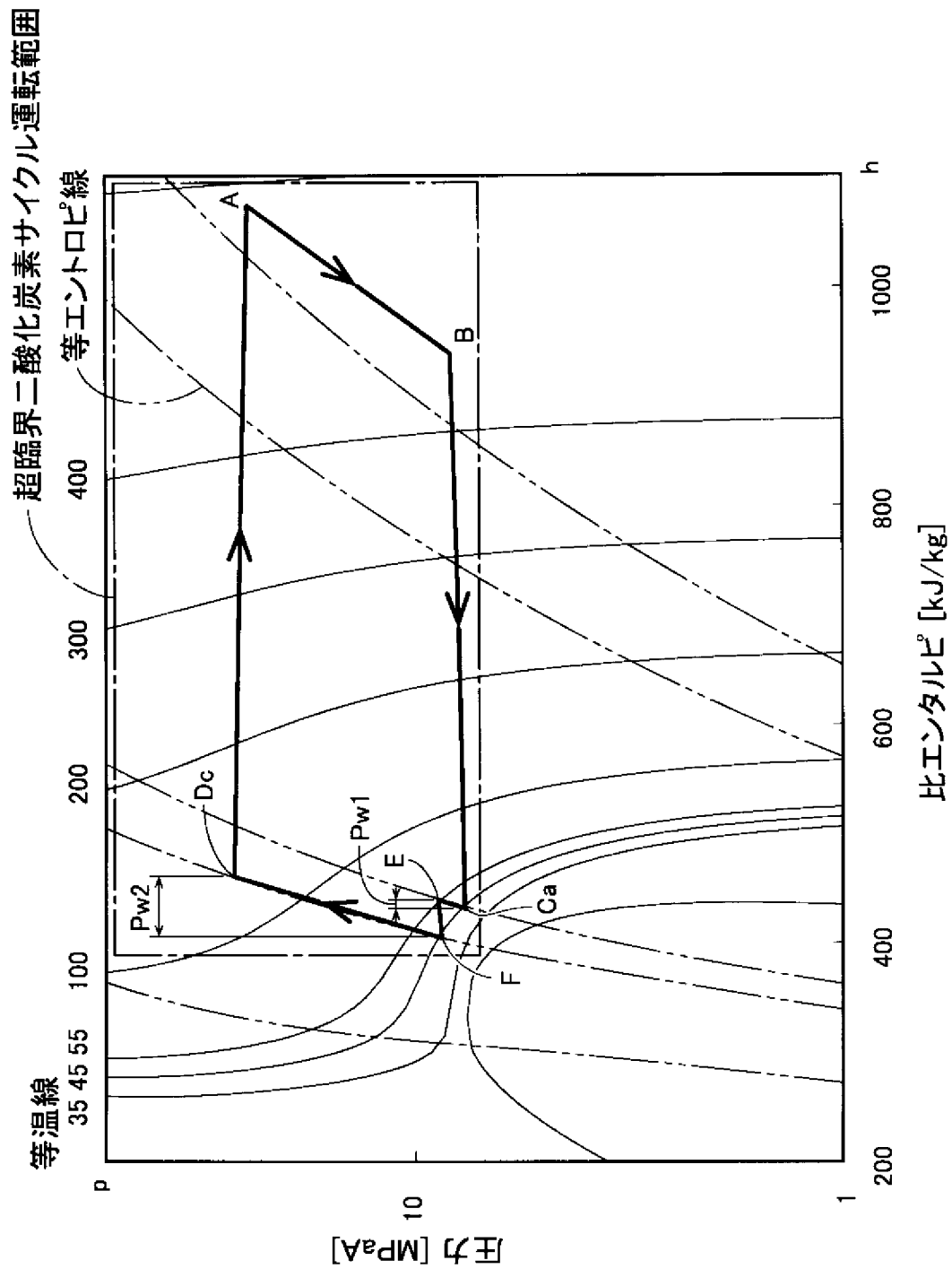
[図1]



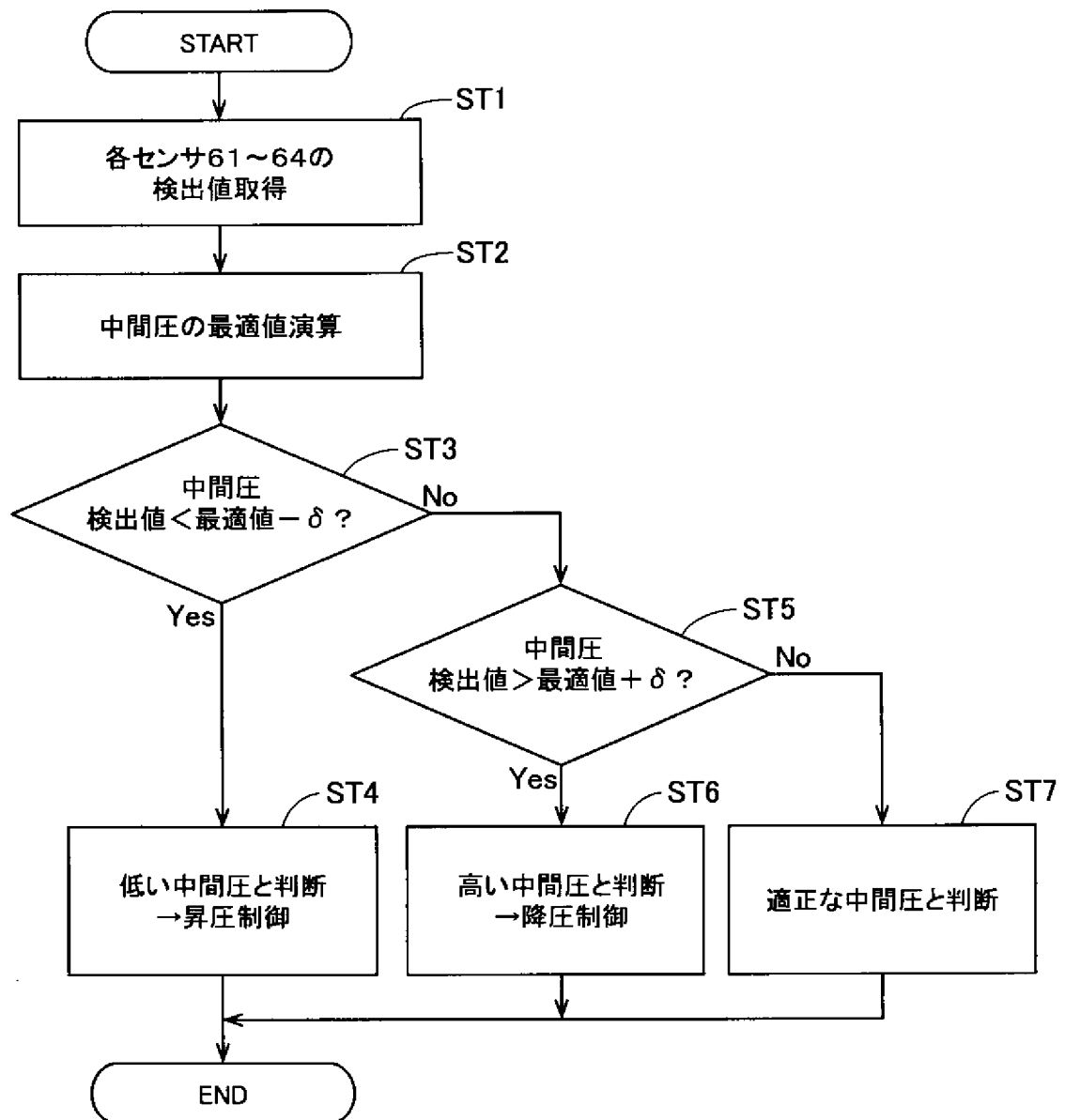
[図2]



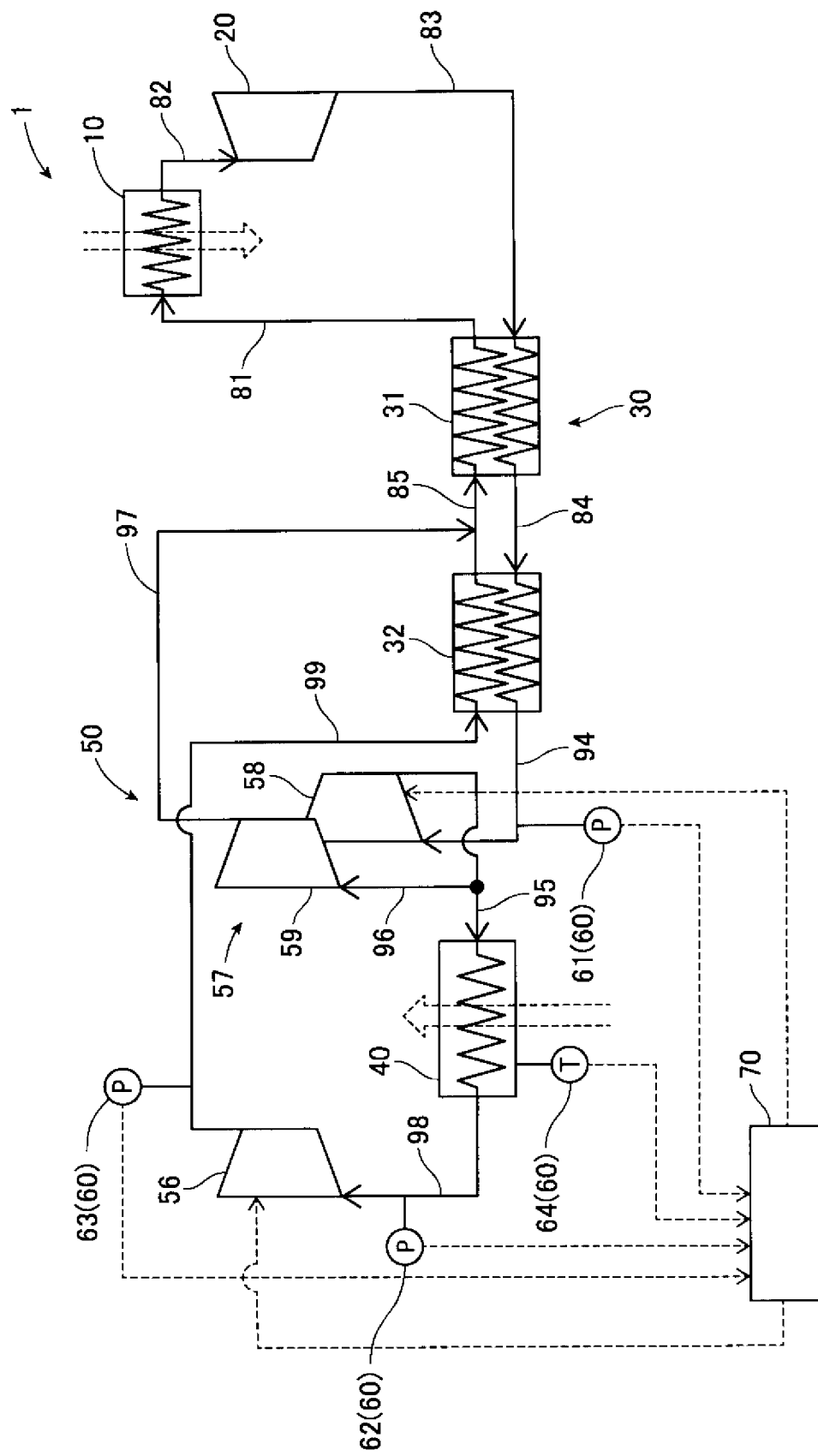
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/010103

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F01K7/32 (2006.01) i

FI: F01K7/32

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)

Int. Cl. F01K7/32

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X	JP 2012-145092 A (ISHIKAWA, Shintarou) 02 August 2012, paragraphs [0014]-[0026], fig. 2, 5	1-7
A	CN 108612573 A (HUABEIDIANLIDAXUE) 02 October 2018, paragraphs [0012]-[0014], fig. 1	1-7

☐ 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
08.05.2020

Date of mailing of the international search report
19.05.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2020/010103

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-145092 A	02.08.2012	(Family: none)	
CN 108612573 A	02.10.2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F01K 7/32(2006.01)i FI: F01K7/32														
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）） F01K7/32 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
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												
X	JP 2012-145092 A (石山新太郎) 02.08.2012 (2012 - 08 - 02) 段落014-026、図2, 5	1-7												
A	CN 108612573 A (HUABEIDIANLIDAXUE) 02.10.2018 (2018 - 10 - 02) 段落0012-0014, 図1	1-7												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 08.05.2020	国際調査報告の発送日 19.05.2020													
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） 山崎 孔徳 30 4025 電話番号 03-3581-1101 内線 3358													

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/JP2020/010103

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-145092	A	02.08.2012	(ファミリーなし)	
CN	108612573	A	02.10.2018	(ファミリーなし)	