

(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
2019年8月1日(01.08.2019)



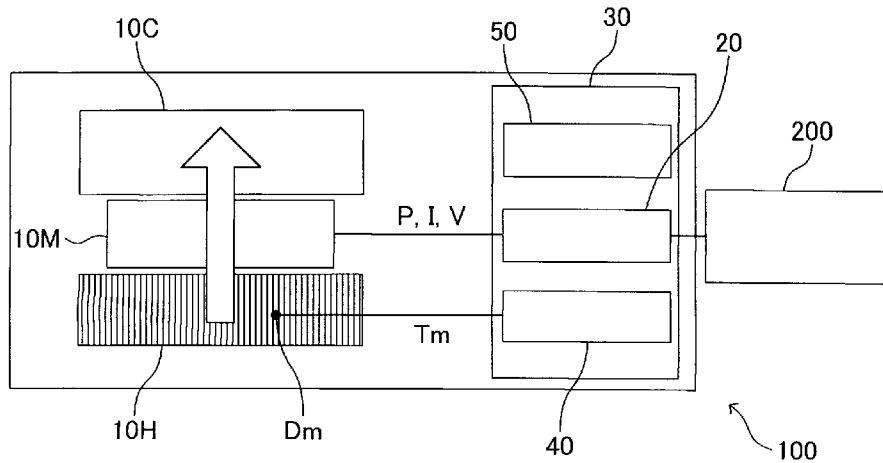
(10) 国際公開番号

WO 2019/146210 A1

- (51) 国際特許分類:
H02N 11/00 (2006.01) H01L 35/32 (2006.01)
H01L 35/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/041121
- (22) 国際出願日: 2018年11月6日(06.11.2018)
- (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 2018-009765 2018年1月24日(24.01.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社三五 (SANGO CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒4700294 愛知県みよし市福田町宮下1番1 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 加藤 孝司(KATOU Takashi); 〒4700294 愛知県みよし市福田町宮下1番1 株式会社三五内 Aichi (JP). 角田 壮志(SUMITA Takeshi); 〒4700294 愛知県みよし市福田町宮下1番1 株式会社三五内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人プロスペック特許事務所(PROSPEC PATENT FIRM); 〒4530801 愛知県名古屋市中村区太閤三丁目1番18号 名古屋KSビル12階 Aichi (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: THERMOELECTRIC POWER GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 熱電発電装置



(57) **Abstract:** This thermoelectric power generation device (device of the present invention) is provided with a thermoelectric power generation module, an output adjustment device, and a control unit. The thermoelectric power generation module includes a thermoelectric conversion element that generates power from a heat source temperature difference which is the temperature difference between a high-temperature heat source and a low-temperature heat source. The output adjustment device changes an output current value and/or an output voltage value, outputted by the thermoelectric power generation module, the output current value representing the magnitude of a current and the output voltage value representing the magnitude of a voltage. The control unit controls the output adjustment device and controls the output current value and/or the output voltage value. The device of the present invention is further provided with a temperature detection device that detects a temperature measurement point temperature which is the temperature at a temperature measurement point which is at least one location included in any one among the high-temperature heat source, the low-tem-

WO 2019/146210 A1

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, 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, 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))
- 一 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

perature heat source, and the thermoelectric power generation module. When it is determined, on the basis of at least the temperature measurement point temperature, that a high-temperature side interface temperature, which is the temperature of a high-temperature side interface that is an interface on the high-temperature heat source side of the thermoelectric conversion element, is higher than a predetermined upper limit temperature, the control unit reduces the high-temperature side interface temperature by controlling the output adjustment device to increase the output current value or decrease the output voltage value. Consequently, there is provided a thermoelectric power generation device that can operate at a high power generation efficiency while preventing damage to the thermoelectric conversion element.

(57) 要約 : 本発明に係る熱電発電装置 (本発明装置) は、熱電発電モジュールと出力調整装置と制御部とを備える。熱電発電モジュールは、高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電する熱電変換素子を含む。出力調整装置は、熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び/又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる。制御部は、出力調整装置を制御して出力電流値及び/又は出力電圧値を制御する。本発明装置は、高温熱源、低温熱源、及び熱電変換モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備える。制御部は、少なくとも測温点温度に基づいて熱電変換素子の高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に出力調整装置を制御して出力電流値を増大させるか又は出力電圧値を減少させることにより、高温側界面温度を低下させる。これにより、熱電発電素子の破損を防止しつつ高い発電効率にて稼働することが可能な熱電発電装置を提供する。

明 細 書

発明の名称：熱電発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、熱電発電装置に関する。より具体的には、本発明は、熱電変換素子の破損を防止しつつ高い発電効率にて稼働することが可能な熱電発電装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば温度調節及び排熱利用等の技術分野において、例えばペルチェ効果を利用して電気エネルギーを熱エネルギーに変換するペルチェ素子及びゼーベック効果を利用して熱エネルギーを電気エネルギーに変換するゼーベック素子等の熱電変換素子の活用が期待されている。特に、省エネルギーの観点から、熱電変換素子を利用して例えば内燃機関等の熱源からの排熱を電気へと変換する熱電発電装置等が盛んに開発されている。

[0003] 熱電変換素子は異なる種類の金属又は半導体の接合体によって構成され、電気エネルギーと熱エネルギーとの間でのエネルギー変換を行うものである。典型的には、p型熱電半導体とn型熱電半導体との組み合わせが熱電変換素子として用いられ、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である熱源温度差 ΔT_s の大きさに対応した大きさ（出力電力値P）の電力を出力する（発電する）。

[0004] 熱電変換素子は、一般に、異なる2種類の熱電半導体の組み合わせと、互いに対向し且つ当該組み合わせを挟持する2枚の支持基板と、これら2枚の支持基板の対向する表面に形成され且つ当該組み合わせを電氣的に接続する電極と、を含む所謂「熱電発電モジュール」として構成される。熱電発電モジュールにおいては、より大きい出力電力を得ることを目的として、例えば、上記2枚の支持基板の間において異なる2種類の熱電変換素子を格子状に配置し且つ交互に直列に電氣的に接続することにより、複数の熱電変換素子を直列に電氣的に接続してもよい。また、更により大きい出力電力を得るこ

とを目的として、例えば、複数の熱電発電モジュールが電氣的に直列に接続された構成を有する所謂「熱電発電ユニット」等もまた熱電発電装置において広く採用されている。

[0005] 上述したような構成を有する熱電発電装置は、高温熱源と低温熱源との間の温度差（熱源温度差）の大きさに対応した電力を発生する。例えば熱電変換素子の破損等の問題が生じない限りにおいて、一般的には、例えば図1のグラフに示すように、熱源温度差 ΔT_s が大きくなるほど熱電発電モジュールからの出力電力値 P が大きくなる。

[0006] また、一定の熱源温度差 ΔT_s における熱電発電モジュールからの出力電力値 P は熱電発電モジュールからの出力電流値 I によって変化する。具体的には、例えば図2のグラフに示すように、熱電発電モジュールからの出力電力値 P は、特定の出力電流値 I_p において最大値（最大出力電力値 P_p ）となる。換言すれば、この特定の出力電流値 I_p 未満の領域においては出力電流値 I が大きくなるほど出力電力値 P が大きくなり、この特定の出力電流値 I_p 以上の領域においては出力電流値 I が大きくなるほど出力電力値 P が小さくなる。

[0007] 更に、上記のような出力電流値 I と出力電力値 P との関係は熱源温度差 ΔT_s の大きさによって変化し、最大出力電力値 P_p が得られる特定の出力電流値 I_p 及び当該特定の出力電流値 I_p において得られる最大出力電力値 P_p も熱源温度差 ΔT_s の大きさによって異なる。一般的には、例えば図3のグラフに示すように、熱源温度差 ΔT_s が ΔT_{s1} 、 ΔT_{s2} 、 ΔT_{s3} と大きくなるほど、特定の出力電流値 I_p は I_{p1} 、 I_{p2} 、 I_{p3} と大きくなり、最大出力電力値 P_p は P_{p1} 、 P_{p2} 、 P_{p3} と大きくなる。従って、熱電発電装置において最大出力電力値 P_p を常に得るためには、その時々熱源温度差 ΔT_s の大きさに応じて出力電流値 I を調整する必要がある（例えば、特許文献1を参照。）。

[0008] 上記と同様に、一定の熱源温度差 ΔT_s における熱電発電モジュールからの出力電力値 P は熱電発電モジュールからの出力電圧値 V によっても変化する

る。具体的には、例えば図4のグラフに示すように、熱電発電モジュールからの出力電力値 P は、特定の出力電圧値 V_p において最大値（最大出力電力値 P_p ）となる。換言すれば、この特定の出力電圧値 V_p 未満の領域においては出力電圧値 V が大きくなるほど出力電力値 P が大きくなり、この特定の出力電圧値 V_p 以上の領域においては出力電圧値 V が大きくなるほど出力電力値 P が小さくなる。

[0009] 更に、上記のような出力電圧値 V と出力電力値 P との関係は熱源温度差 ΔT_s の大きさによって変化し、最大出力電力値 P_p が得られる特定の出力電圧値 V_p 及び当該特定の出力電圧値 V_p において得られる最大出力電力値 P_p も熱源温度差 ΔT_s の大きさによって異なる。一般的には、例えば図5のグラフに示すように、熱源温度差 ΔT_s が ΔT_{s1} 、 ΔT_{s2} 、 ΔT_{s3} と大きくなるほど、特定の出力電圧値 V_p は V_{p1} 、 V_{p2} 、 V_{p3} と小さくなり、最大出力電力値 P_p は P_{p1} 、 P_{p2} 、 P_{p3} と大きくなる。従って、熱電発電装置において最大出力電力値 P_p を常に得るためには、その時々熱源温度差 ΔT_s の大きさに応じて出力電圧値 V を調整する必要がある。

[0010] 加えて、当該技術分野においては、例えば太陽電池等の発電モジュールからの出力電流又は出力電圧をチャージコントローラ又はパワーコンディショナ（コンバータ）等によって調整して最大電力を取り出す制御方法が知られている。このような制御手法の具体例としては、「最大電力点追従制御」（MPPT: Maximum Power Point Tracking）を挙げることができる。

[0011] 最大電力点追従制御（MPPT）は、例えば、コントローラの電流制御により発電モジュールからの出力電流値 I を徐々に増やし、これに伴って出力電力値 P が増えれば更に出力電流値 I を増やし、逆に出力電力値 P が減れば出力電流値 I を減らすことにより、出力電力値 P を最大化する方法である。このようなMPPTを熱電発電装置に適用すれば、結果として、特許文献1に記載された発明のように、熱源温度差 ΔT_s の大きさに応じて出力電流値 I を調整して最大出力電力値 P_p を熱電発電モジュールから常に得ることが

できる。

[0012] ところで、図1のグラフを参照しながら説明したように、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である熱源温度差 ΔT_s が大きくなるほど、熱電発電モジュールからの出力電力値Pが大きくなる。従って、発電効率を高めるためには、例えば熱電変換素子の耐熱限界等によって定まる上限（上限温度 T_{max} ）を熱電変換素子の高温熱源側の界面である高温側界面 B_h の温度である高温側界面温度 T_{bh} が超えない範疇において、できるだけ大きい熱源温度差 ΔT_s にて熱電発電装置を稼働させることが好ましい。典型的には、熱電変換素子の高温側界面温度 T_{bh} を上限温度 T_{max} の近傍に維持しつつ熱電発電装置を稼働させることが好ましい。しかしながら、例えば、高温熱源の供給源及び／又は熱電発電装置の稼働状態によっては、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高くなり、例えば熱電変換素子の破損等の問題に繋がる虞がある。

[0013] 上記のような問題に対しては、以下のような対策が考えられる。

対策1：高温側界面温度 T_{bh} を上限温度 T_{max} よりも所定の温度幅だけ低い温度に常に維持して稼働させる。

対策2：高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高くなりそうなときに放熱によって熱電変換素子の高温熱源側の界面である高温側界面 B_h を冷却する。

[0014] しかしながら、上記対策1によれば、高温側界面温度 T_{bh} が常に上限温度 T_{max} よりも所定の温度幅だけ低くなるので、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しいときに得られる最大出力電力値 P_p である「臨界出力電力値 P_{max} 」を得ることができない。一方、上記対策2によれば、放熱のための手段（例えば、冷却装置等）の追加が必須であり、熱電発電装置の複雑化、大型化及びコストの増大を招く虞がある。また、放熱により熱電変換素子が保持している熱量が減少するため、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも十分に低くなったときに再び加熱して高温側界面温度 T_{bh} を上限温度 T_{max} に近づけて出力電力値Pを増大させるのに要する

時間が長くなる。

[0015] 以上のように、当該技術分野においては、熱電変換素子の破損を防止しつつ高い発電効率にて稼働することが可能な熱電発電装置が求められている。

先行技術文献

特許文献

[0016] 特許文献1：特開平06-22572号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0017] 上述したように、当該技術分野においては、熱電変換素子の破損を防止しつつ高い発電効率にて稼働することが可能な熱電発電装置が求められている。

課題を解決するための手段

[0018] 上記課題に鑑み、本発明者は、鋭意研究の結果、熱電変換素子に流れる電流を増大させると熱電変換素子の熱伝導率が大きくなり熱電変換素子の高温熱源側の界面から低温熱源側の界面への熱の移動が促進される現象を利用することにより熱電変換素子の高温側界面温度を迅速且つ効果的に下げることができることを見出した。

[0019] そこで、本発明に係る熱電発電装置（以降、「本発明装置」と称呼される場合がある。）は、熱電発電モジュール10Mと、出力調整装置30と、制御部Ucと、を備える熱電発電装置である。熱電発電モジュール10Mは、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である熱源温度差 ΔT_s により発電する熱電変換素子10Eを含む。出力調整装置30は、熱電発電モジュール10Mから出力される電流の大きさである出力電流値I及び／又は電圧の大きさである出力電圧値Vを変化させる。制御部Ucは、出力調整装置30を制御して出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを制御する。

[0020] また、本発明装置は、高温熱源10H、低温熱源10C、及び熱電変換モジュール10Mの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点Dm

の温度である測温点温度 T_m を検出する温度検出装置 40 を更に備える。更に、本発明装置においては、少なくとも測温点温度 T_m に基づいて高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合に出力調整装置 30 を制御して出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるように制御部 U_c が構成されている。高温側界面温度 T_{bh} とは、熱電変換素子 10E の高温熱源 10H 側の界面である高温側界面 B_h の温度である。

[0021] 詳しくは後述するように、少なくとも測温点温度 T_m に基づく高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いか否かの判断は種々の手法により行うことができる。例えば、測温点 D_m の温度（測温点温度 T_m ）と他の箇所の温度との差、これら 2 つの箇所の中の領域の熱伝導率 λ_m 及び熱通過面積 A_m 、並びにこれら 2 つの箇所の中の距離 L_m に基づいて特定される貫通熱量 W と、測温点 D_m と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率 λ_{bh} 及び熱通過面積 A_{bh} と、測温点温度 T_m と、測温点 D_m と高温側界面 B_h との距離 L_{bh} とに基づいて、高温側界面温度 T_{bh} を特定することができる。上記「他の箇所の温度」としては、例えば、もう 1 つの測温点の温度又は低温熱源 10C の温度等を採用することができる。

[0022] 或いは、本発明装置は出力検出装置 20 を更に備えることができる。出力検出装置 20 は、熱電発電モジュール 10M から出力される電力の大きさである出力電力値 P と、熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値 I 及び／又は電圧の大きさである出力電圧値 V と、からなる複数の検出値の組である出力関連値 M_{out} を検出する。この場合、制御部 U_c は、熱源温度差 ΔT_s と出力関連値 M_{out} との関係を表すデータである第 1 特性データを予め格納することができる。そして、制御部は、出力検出装置 20 によって検出された出力関連値 M_{out} と上記第 1 特性データとに基づいて高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するように構成され得る。当該判断もまた、詳しくは後述するように、種々の手法によって行うことができる。

[0023] 更に、本発明装置においては、高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} 以下であると判断された場合は、出力電力値 P が最大となるように出力調整装置 30 を制御して出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V を変更する制御である出力最大化制御を実行するように制御部 Uc が構成され得る。この場合、詳しくは後述するように、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するための演算処理負荷を軽減することができる。

発明の効果

[0024] 本発明装置においては、上述したように、高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合に出力調整装置 30 を制御して出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるように制御部 Uc が構成されている。これにより、熱電変換素子 10E の高温熱源側界面温度 T_{bh} を迅速且つ効果的に下げることができるので、熱電変換素子 10E の破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電装置を稼働させることができる。

[0025] 本発明の他の目的、他の特徴及び付随する利点は、以下の図面を参照しつつ記述される本発明の各実施形態についての説明から容易に理解されるであろう。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]熱電発電モジュールからの出力電力値 P と熱源温度差 ΔT_s との関係を示す模式的なグラフである。

[図2]熱源温度差 ΔT_s が一定である場合における熱電発電モジュールからの出力電力値 P と出力電流値 I との関係を示す模式的なグラフである。

[図3]熱電発電モジュールからの出力電流値 I と出力電力値 P との関係が熱源温度差 ΔT_s の大きさによって変化することを示す模式的なグラフである。

[図4]熱源温度差 ΔT_s が一定である場合における熱電発電モジュールからの出力電力値 P と出力電圧値 V との関係を示す模式的なグラフである。

[図5]熱電発電モジュールからの出力電圧値 V と出力電力値 P との関係が熱源

温度差 ΔT_s の大きさによって変化することを示す模式的なグラフである。

[図6]本発明の第1実施形態に係る熱電発電装置（第1装置）の構成の一例を示す模式図である。

[図7]第1装置を構成する高温熱源、低温熱源、及び熱電発電モジュールの模式的な部分断面図である。

[図8]熱電発電モジュールからの出力電流値 I の増大に伴って熱電変換素子の高温熱源側界面温度 T_{bh} が低下する様子を示す模式的なグラフである。

[図9]本発明の第1実施形態に係る熱電発電装置（第1装置）において実行される高温側界面温度制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。

[図10]熱電発電モジュールからの出力電流値 I と出力電力値 P との関係が熱源温度差 ΔT_s の大きさによって変化することを示す模式的なグラフである。

[図11]低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されている場合において熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しいとき（即ち、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しいとき）の出力電力値 P と出力電流値 I との関係を表す基準曲線 C_S に対して様々な状態における出力関連値 M_{out} に対応するプロットが存在し得る位置を示す模式的なグラフである。

[図12]本発明の第7実施形態に係る熱電発電装置（第7装置）において、ある時点における出力電流値 I から第1特性データに基づいて上限出力電力値 P_{max} を特定する様子を説明する模式的なグラフである。

[図13]本発明の第8実施形態に係る熱電発電装置（第8装置）において、ある時点における出力電力値 P から第1特性データに基づいて上限出力関連値 M_{max} を特定する様子を説明する模式的なグラフである。

[図14]本発明装置の1つの具体例としての熱電発電装置（実施例装置101）の構成を示す模式図である。

[図15]図14において破線によって囲まれている部分Aの模式的な拡大図であり、低温熱源における2つの熱電対の配設箇所付近を示している。

[図16]本発明装置のもう1つの具体例としての熱電発電装置（実施例装置1

02)において実行される高温側界面温度 T_{bh} の制御における出力電流値 I 及び出力電力値 P の変化を説明する模式的なグラフである。

[図17]実施例装置102において実行される高温側界面温度 T_{bh} の制御における実施例装置102の各部位の温度の変化を説明する模式的なタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0027] 《第1実施形態》

以下、本発明の第1実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第1装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0028] 〈構成〉

第1装置は、熱電発電モジュールと、出力調整装置と、制御部と、を備える熱電発電装置である。図6は、第1装置の構成の一例を示す模式図である。第1装置100は、熱電発電モジュール10M、出力調整装置30及び制御部Ucを備える。熱電発電モジュール10Mは、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間に介装されて高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である熱源温度差 ΔT_s により発電する熱電変換素子を含む。

[0029] 熱源温度差 ΔT_s は、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差であり、より具体的には、高温熱源10H内の任意の箇所における温度と低温熱源10C内の任意の箇所における温度との差である。典型的には、熱源温度差 ΔT_s は、高温熱源10Hの熱電発電モジュール側の界面における温度と低温熱源10Cの熱電発電モジュール側の界面における温度との差である。

[0030] 熱電発電モジュール10Mの構成は、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である熱源温度差 ΔT_s により発電することが可能である限り、特に限定されない。典型的には、熱電発電モジュール10Mは、互いに対向する一对の支持基板と、当該一对の支持基板の対向する面の所定箇所にそれぞれ形成された電極と、異なる2種の熱電半導体と、2つの電極部材と、を含む。

- [0031] 上記支持基板の形状及び大きさは、例えば、第1装置100の用途等に応じて、適宜定めることができる。また、上記電極は、良導体（例えば、銅等）によって構成され、例えば、はんだ付けによって熱電半導体と接合される。典型的には、上記一对の支持基板は所謂「配線基板」の一種である。
- [0032] 異なる2種の熱電半導体の材質及び構成もまた、例えば、第1装置100の用途において求められる熱電効果の大きさ等に応じて適宜選択することができる。具体的には、p型熱電半導体（例えば、 $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_3$ 等）及びn型熱電半導体（例えば、 Bi_2Te_3 等）の組み合わせを使用することができる。
- [0033] 熱電発電モジュール10Mに組み込まれる熱電半導体10P及び10Nの数は、例えば、第1装置100の用途において求められる熱電効果の大きさ等に応じて適宜定められる。熱電発電モジュールは、より大きい熱電効果の達成等を目的として、複数組の異なる2種の熱電半導体を含むのが一般的である。これら複数の異なる2種の熱電半導体は、上記電極によって交互に直列に電氣的に接続されて直列電気回路を形成する。
- [0034] 具体的には、例えば図7に示すように、一对の支持基板11H及び11Cの一方の基板11Hに形成された電極12Hを介して電氣的に接続された異なる2種の熱電半導体10P及び10Nによって1つの熱電変換素子10Eが構成される。即ち、当該熱電変換素子10Eは、所謂「 π 型」の構造を有する。そして、このようにして構成された複数の熱電変換素子10Eが、一对の基板の他方の基板11Cに形成された電極12Cを介して同じ向きに導通（電氣的に接続）される。即ち、複数の異なる2種の熱電半導体10P及び10Nは、上記電極12H及び12Cによって交互に直列に電氣的に接続されて直列電気回路を形成する。
- [0035] 尚、第1装置100の軽量化及び／又は小型化の観点からは、より小さい支持基板11H及び11Cの間に、より多くの熱電半導体10P及び10Nを密に（即ち、できる限り小さい間隙にて）配置することが望ましい。従って、熱電発電モジュール10Mにおいては、複数の異なる2種の熱電半導体

10P及び10Nが一对の支持基板11H及び11Cの間に挟持され且つ格子状配列となるように配置されるのが一般的である。

[0036] また、熱電発電モジュール10Mは、更により大きい熱電効果の達成等を目的として、直列に電氣的に接続された複数の熱電発電モジュール10Mを含む熱電発電ユニットとして構成することもできる。

[0037] 更に、上記のように形成される直列電気回路の両端と外部とを導通させるように、2つの電極部材（図示せず）が構成される。ここで言う「外部」とは、例えば、熱電発電モジュール10Mによって出力される電力を供給される他の装置、熱電発電モジュール10Mを含む熱電発電ユニットを構成する他の熱電発電モジュール、及び熱電発電モジュール10Mを含む熱電発電ユニットによって出力される電力を供給される他の装置等、熱電発電モジュール10M以外の装置等を指す。

[0038] ここで再び図6を参照すると、出力調整装置30は、熱電発電モジュール10Mから出力される電流の大きさである出力電流値I及び／又は電圧の大きさである出力電圧値Vを変化させる。出力調整装置30の構成は、出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを変化させることが可能である限り、特に限定されない。このような出力調整装置30の具体例としては、例えば、熱電発電モジュール10Mからの出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを調整することが可能なDC-DCコンバータ等の装置を挙げることができる。例えば、二次電池を充電するための充電装置として第1装置100を使用する場合、熱電発電モジュール10Mからの出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを調整する機能を有するチャージコントローラ又はパワーコンディショナ等の装置を出力調整装置30として使用することができる。

[0039] 制御部Ucは、出力調整装置30を制御して出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを制御する。制御部Ucの構成は、出力調整装置30を制御して出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを制御することが可能である限り、特に限定されない。このような制御部Ucの具体例としては、例えば、CPU、ROM、RAM及びインタフェース等を含むマイクロコンピュータを主要構

成部品として有する電子制御回路（ECU）等を挙げることができる。CPUは、メモリ（ROM）に格納されたインストラクション（ルーチン）を実行することにより、出力調整装置を制御して出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V を制御する。

[0040] 尚、制御部 U_c は、第1装置100を構成する他の構成要素とは別個の独立した構成要素として実装されていてもよく、或いは、第1装置100を構成する他の構成要素が備えるECU等において制御部 U_c としての機能が実現されていてもよい。更に、制御部 U_c としての機能は必ずしも1つの構成要素において実現される必要は無く、複数の構成要素において実行される処理により、全体として制御部 U_c としての機能が実現されていてもよい。図6に示す例においては、出力調整装置30が備えるECUによって制御部 U_c としての機能が実現されている。

[0041] 上記のような構成により、第1装置100は、熱電発電モジュール10Mからの出力電力を、例えば二次電池及び電子機器等の負荷に対して安定的に供給することができる。図6に示す例においては、このような負荷としての電力供給先200が出力調整装置30の出力側に接続されている。しかしながら、上述したように、例えば、高温熱源10Hの供給源及び／又は熱電発電装置の稼働状態によっては、高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高くなり、例えば熱電変換素子10Eの破損等の問題に繋がる虞が高まる場合がある。

[0042] 上記のような場合、上述した対策2のように、放熱によって熱電変換素子10Eの高温熱源10H側の界面である高温側界面 B_h （図7において太い実線によって示されている部分）を冷却することが考えられる。しかしながら、このような対策を実施するためには放熱のための手段（放熱手段）の追加が必須であり、第1装置100の複雑化、大型化及びコストの増大を招く虞がある。また、放熱により熱電変換素子10Eが保持している熱量が減少するため、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも十分に低くなったときに再び加熱して高温側界面温度 T_{bh} を上限温度 T_{max} に近づけて

出力電力値 P を増大させるのに要する時間が長くなる。

[0043] ところが、上述したように、熱電変換素子 10E に流れる電流を増大させると熱電変換素子 10E の熱伝導率が大きくなり、高温熱源 10H から低温熱源 10C への熱の移動が促進され、熱電変換素子 10E の高温熱源側界面温度 T_{bh} を迅速且つ効果的に下げることができる。具体的には、例えば図 8 に示すように時間の経過と共に出力電流値 I を段階的に増大させると、それに伴って熱電変換素子 10E の高温側界面温度 T_{bh} が低下する（グラフ中の矢印を参照。）。

[0044] そこで、第 1 装置 100 は、図 6 に示すように、高温熱源 10H、低温熱源 10C、及び熱電変換モジュール 10M の何れかに含まれる少なくとも 1 つの箇所である測温点 D_m の温度である測温点温度 T_m を検出する温度検出装置 40 を更に備える。温度検出装置 40 としては、例えば、測温点 D_m に配設された熱電対等、測温点 D_m の温度を直接的に測定する温度センサ等を採用することができる。但し、例えば、測温点温度 T_m を直接検出可能な位置に温度検出装置 40 を配設することが困難な場合等においては、測温点温度 T_m に相関を有する温度を検出可能な位置に温度検出装置 40 を配設し、その検出結果から測温点温度 T_m を算出又は推定するようにしてもよい。或いは、例えば、赤外線を用いるサーモビューア等、測温点温度 T_m を間接的に測定するセンサ等を採用してもよい。

[0045] 測温点 D_m の位置は、熱電発電モジュール 10M としての機能を実質的に損ねることが無い限り特に限定されず、例えば、高温熱源 10H 内の任意の箇所、低温熱源 10C 内の任意の箇所、及び熱電発電モジュール 10M 内の任意の箇所とすることができる。但し、現実的には熱電発電モジュール 10M 内に測温点 D_m を設けることは困難である場合が多いので、高温熱源 10H 内又は低温熱源 10C 内の任意の箇所に測温点 D_m を設けることが好ましい。典型的には、図 6 に示すように、測温点 D_m は高温熱源 10H 内の任意の箇所に設けられる。

[0046] 更に、第 1 装置 100 においては、少なくとも測温点温度 T_m に基づいて

熱電変換素子 10E の高温熱源側の界面である高温側界面 B h の温度である高温側界面温度 T b h が所定の上限温度 T m a x よりも高いと判断された場合に出力調整装置 30 を制御して出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるように制御部 U c が構成されている。

[0047] 上記「上限温度 T m a x」は、例えば、過度に高い高温側界面温度 T b h に起因して熱電変換素子 10E の破損等の問題が生じない限りにおける最高の高温側界面温度 T b h に基づいて定めることができる。第 1 装置 100 の実際の稼働時には、例えば、内燃機関からの排気等の高温熱源の温度（高温熱源温度 T h）の突発的な変動等も想定されるため、このような熱源の温度の変動幅を考慮して、上記最高の高温側界面温度 T b h よりも若干低い温度を上限温度 T m a x として定めることが望ましい。このようにして定められる上限温度 T m a x は、制御部 U c が備えるメモリ（ROM）等の記憶装置にデータとして格納しておき、必要に応じて CPU に参照させることができる。

[0048] また、少なくとも測温点温度 T m に基づいて高温側界面温度 T b h が所定の上限温度 T m a x よりも高いか否かを判断するための具体的な手法としては、例えば、第 1 装置 100 において検出される「高温側界面温度 T b h に相関を有する種々の検出値」に基づく様々な手法を挙げることができる。或いは、高温側界面温度 T b h に相関を有する状態量の値を検出する何らかの検出手段を更に設け、当該検出手段による検出結果に基づいて当該判断を行うこともできる。当該判断を行うための具体的な手法については、後述する本発明の他の実施形態についての説明において詳しく説明する。

[0049] 上述したように、制御部 U c は、少なくとも測温点温度 T m に基づいて高温側界面温度 T b h が上限温度 T m a x よりも高いと判断された場合に出力調整装置 30 を制御して出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるように構成されている。具体的には、制御部 U c は、出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるための指示信号を、例えば、出力調整装置 30 としての DC-DC コンバータに対して入力することによ

り、熱電発電モジュール10Mからの出力電流値Iを増大させたり或いは出力電圧値Vを減少させたりすることができる。

[0050] 尚、上記のように高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合における熱電発電モジュール10Mからの出力電流値Iの増大幅 ΔI 及び出力電圧値Vの減少幅 ΔV は、予め定められた固定値であってもよい。或いは、高温側界面温度 T_{bh} と上限温度 T_{max} との差の大きさに応じて当該増大幅 ΔI 及び減少幅 ΔV を変化させてもよい。この場合、具体的には、例えば、高温側界面温度 T_{bh} と上限温度 T_{max} との差が大きいほど、当該増大幅 ΔI 及び減少幅 ΔV が大きくなるようにしてもよい。

[0051] 〈作動〉

制御部Ucによって実行される制御に伴う第1装置100の作動につき、以下に詳しく説明する。図9は、第1装置100において制御部によって実行される制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。例えば、制御部を構成するCPUは、メモリ(ROM)に格納された当該制御ルーチンに対応するインストラクションを十分に短い所定の時間間隔にて繰り返し実行するように構成されている。

[0052] 図9に示す高温側界面温度制御ルーチンが一旦開始されると、CPUは、ステップS10において、高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いか否かについての判断を行うために必要な検出値を取得する。具体的には、高温熱源10H、低温熱源10C、及び熱電変換モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点Dmの温度である測温点温度 T_m を温度検出装置40から取得する。但し、後述する本発明の他の実施形態についての説明において詳しく説明するように、測温点Dmの温度(測温点温度 T_m)に加えて、他の箇所の温度(例えば、もう1つの測温点の温度又は低温熱源10Cの温度等)を取得してもよい。或いは、熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値Pと、熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値I及び/又は電圧の大

きさである出力電圧値 V と、からなる複数の検出値の組である出力関連値 $Mout$ を取得してもよい。

[0053] 次に、CPUは、ステップS20に進み、高温側界面温度 Tbh が上限温度 $Tmax$ よりも高いか否かについて判断する。当該判断を行うための具体的な手法は、上述したように、上記ステップS10において取得される検出値に応じて適宜選択される。例えば、前述したように、測温点 Dm の温度（測温点温度 Tm ）と他の箇所の温度との差、これら2つの箇所の間の領域の熱伝導率 λm 及び熱通過面積 Am 、並びにこれら2つの箇所の間の距離 Lm に基づいて特定される貫通熱量 W と、測温点 Dm と高温側界面 Bh との間の領域の熱伝導率 λbhm 及び熱通過面積 $Abhm$ と、測温点温度 Tm と、測温点 Dm と高温側界面 Bh との距離 $Lbhm$ とに基づいて、高温側界面温度 Tbh を特定することができる。

[0054] 或いは、熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値 P と熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値 I 及び／又は電圧の大きさである出力電圧値 V とからなる複数の検出値の組である出力関連値 $Mout$ を検出し、当該出力関連値 $Mout$ から特定される熱源温度差 ΔTs に基づいて、高温側界面温度 Tbh が上限温度 $Tmax$ よりも高いか否かを判断することもできる。このような判断を行うための手法の具体例の詳細については、後述する本発明の他の実施形態についての説明において詳しく説明する。

[0055] 高温側界面温度 Tbh が上限温度 $Tmax$ 以下である場合、CPUは、上記ステップS20において「No」と判断し、次のステップS90に進み、通常時に実行される制御ルーチン（以降、「通常制御ルーチン」と称呼される場合がある。）に従って出力調整装置30を制御し、出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V を制御する。この「通常制御ルーチン」の具体例としては、例えば、前述した最大電力点追従制御（MPPT）等、その時々々の熱源温度差 ΔTs に応じて出力電力値 P を最大化するための制御ルーチンである「出力最大化制御ルーチン」等を挙げることができる。

[0056] 一方、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い場合、CPU は、上記ステップ S 2 0 において「Yes」と判断し、次のステップ S 3 0 に進む。そして、CPU は、出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させることにより熱電変換素子 1 0 E の高温側界面温度 T_{bh} を下げる制御ルーチン（以降、「冷却制御ルーチン」と称呼される場合がある。）を実行する。具体的には、CPU は、例えば、出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるための指示信号を生成し、当該指示信号を出力調整装置 3 0 へと送付する。そして、当該指示信号を受け取った出力調整装置 3 0（例えば、DC-DCコンバータ等）は、熱電発電モジュール 1 0 M からの出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させる。その結果、図 8 のグラフを参照しながら説明したように、熱電変換素子 1 0 E の高温側界面温度 T_{bh} が低下する。

[0057] 〈効果〉

以上のように、第 1 装置 1 0 0 は、少なくとも測温点温度 T_m に基づいて高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合、熱電発電モジュール 1 0 M からの出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させることにより熱電変換素子 1 0 E に流れる電流を増大させる。その結果、熱電変換素子 1 0 E の熱伝導率が大きくなり、高温熱源 1 0 H から低温熱源 1 0 C へと移動する熱量が増大し、熱電変換素子 1 0 E の高温熱源側の界面である高温側界面 B_h の温度が低下する。即ち、第 1 装置 1 0 0 によれば、高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合、熱電発電モジュール 1 0 M からの出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させることにより、熱電変換素子 1 0 E の高温側界面温度 T_{bh} を迅速且つ効果的に下げることができる。これにより、例えば、高温側界面温度 T_{bh} の過剰な上昇に起因する熱電変換素子 1 0 E の破損等の問題を回避することができる。

[0058] 加えて、第 1 装置 1 0 0 によれば、前述したように熱電変換素子 1 0 E を放熱手段によって冷却する場合のように熱電発電装置の複雑化、大型化及び

コストの増大を招く虞が無い。また、上記のように出力電流値 I の増大又は出力電圧値 V の減少により熱電変換素子の高温側界面温度 T_{bh} を下げている期間中も高温熱源 $10H$ から熱電発電モジュールへと熱が供給され続けるので、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも十分に低くなった場合に通常制御ルーチンに切り替えたときに高温側界面温度 T_{bh} を上限温度 T_{max} に迅速に近付けて出力電力値 P を迅速に増大させることができる。

[0059] 但し、熱電変換素子 $10E$ を冷却するための放熱手段を備える第1装置 100 において上述した冷却制御ルーチンを実行してもよい。放熱手段による熱電変換素子 $10E$ の冷却にはある程度の期間を要するため、放熱手段による熱電変換素子の冷却効率が十分に高まるまでの期間において冷却制御ルーチンを実行することにより、熱電変換素子 $10E$ の高温熱源側の界面（高温側界面 B_h ）を迅速に冷却することができる。

[0060] 即ち、第1装置 100 によれば、熱電変換素子 $10E$ の高温側界面温度 T_{bh} を迅速且つ効果的に下げることができるので、熱電変換素子 $10E$ の破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電装置を稼働させることができる。

[0061] 《第2実施形態》

以下、本発明の第2実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第2装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0062] 〈構成〉

上述したように、少なくとも測温点温度 T_m に基づく高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いか否かの判断は、測温点 D_m の温度（測温点温度 T_m ）と他の箇所の温度とに基づいて行うことができる。そこで、第2装置は、以下の（a）乃至（d）に記載された点を除き、上述した第1装置 100 と同様の構成を有する。

[0063] （a）温度検出装置 40 は、熱電発電モジュール $10M$ を経由して高温熱源 $10H$ から低温熱源 $10C$ へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向において所定の間隔だけ離れて位置する2つの測温点である第1測温点 D_{m1} 及び第2測温点 D_{m2} の温度である第1測温点温度 T_{m1} 及び第2測温点温

度 T_{m2} をそれぞれ検出するように構成されている。

[0064] (b) 制御部 U_c は、第1測温点温度 T_{m1} と第2測温点温度 T_{m2} との差、熱流方向における第1測温点 D_{m1} と第2測温点 D_{m2} との間の領域の熱伝導率 λ_{m12} 及び熱通過面積 A_{m12} 、並びに熱流方向における第1測温点 D_{m1} と第2測温点 D_{m2} との距離 L_{m12} に基づいて、熱電発電モジュール $10M$ を経由して高温熱源 $10H$ から低温熱源 $10C$ へと移動する熱量の大きさである貫通熱量 W を特定するように構成されている。

[0065] (c) 制御部 U_c は、第1測温点温度 T_{m1} 及び／又は第2測温点温度 T_{m2} 、熱流方向における第1測温点 D_{m1} 及び／又は第2測温点 D_{m2} と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率 (λ_{bhm1} 及び／又は λ_{bhm2}) 及び熱通過面積 (A_{bhm1} 及び／又は A_{bhm2})、貫通熱量 W 、並びに熱流方向における第1測温点 D_{m1} 及び／又は第2測温点 D_{m2} と高温側界面 B_h との距離 (L_{bhm1} 及び／又は L_{bhm2}) に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} を特定するように構成されている。

[0066] (d) 制御部 U_c は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するように構成されている。

[0067] 上記 (a) に記載されているように、第2装置が備える温度検出装置 40 は、第1測温点 D_{m1} 及び第2測温点 D_{m2} の温度である第1測温点温度 T_{m1} 及び第2測温点温度 T_{m2} をそれぞれ検出するように構成されている。上記のように、第1測温点温度 T_{m1} 及び第2測温点温度 T_{m2} は、それぞれ、熱電発電モジュール $10M$ を経由して高温熱源 $10H$ から低温熱源 $10C$ へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向において所定の間隔だけ離れて位置する2つの測温点である第1測温点 D_{m1} 及び第2測温点 D_{m2} の温度である。

[0068] 第1測温点 D_{m1} 及び第2測温点 D_{m2} の具体的な位置は、熱電発電モジュールとしての機能を実質的に損ねることが無い限り特に限定されず、例えば、高温熱源 $10H$ 内の任意の箇所、低温熱源 $10C$ 内の任意の箇所、及び熱電発電モジュール $10M$ 内の任意の箇所とすることができる。但し、現実

的には熱電発電モジュール10M内に測温点D_mを設けることは困難である場合が多いので、高温熱源10H内又は低温熱源10C内の任意の箇所に第1測温点D_{m1}及び第2測温点D_{m2}を設けることが好ましい。典型的には、第1測温点D_{m1}及び第2測温点D_{m2}は低温熱源10C内の任意の2つの箇所に設けられる。

[0069] 制御部U_cは、上記(b)に記載されているように、第1測温点温度T_{m1}と第2測温点温度T_{m2}との差(ΔT_{m12}=T_{m1}-T_{m2})、熱流方向における第1測温点D_{m1}と第2測温点D_{m2}との間の領域の熱伝導率λ_{m12}及び熱通過面積A_{m12}、及び熱流方向における第1測温点と第2測温点との距離L_{m12}(即ち、上記「所定の間隔」)に基づいて、熱電発電モジュール10Mを經由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の大きさである貫通熱量Wを特定するように構成されている。具体的には、貫通熱量Wは以下に示す式(1)によって算出することができる。式(1)において、第1測温点温度T_{m1}及び第2測温点温度T_{m2}は温度検出装置40から取得することができ、熱伝導率λ_{m12}、熱通過面積A_{m12}及び距離L_{m12}は第2装置の設計仕様によって定まる既知の値である。

[0070] [数1]

$$\begin{aligned}
 W &= \left| \frac{\lambda_{m12} \times (T_{m1} - T_{m2}) \times A_{m12}}{L_{m12}} \right| \\
 &= \left| \frac{\lambda_{m12} \times \Delta T_{m12} \times A_{m12}}{L_{m12}} \right|
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

[0071] 更に、制御部U_cは、上記(c)に記載されているように、第1測温点温度T_{m1}及び/又は第2測温点温度T_{m2}、熱流方向における第1測温点D_{m1}及び/又は第2測温点D_{m2}と高温側界面B_hとの間の領域の熱伝導率(λ_{bhm1}及び/又はλ_{bhm2})及び熱通過面積(A_{bhm1}及び/又はA_{bhm2})、貫通熱量W、並びに熱流方向における第1測温点D_{m1}及び/又は第2測温点D_{m2}と高温側界面B_hとの距離(L_{bhm1}及び/又はL_{bhm2})に基づいて、高温側界面温度T_{bh}を特定するように構成さ

れている。

[0072] 具体的には、高温側界面温度 T_{bh} は以下に示す式 (2) 及び／又は式 (3) によって算出することができる。式 (2) 及び式 (3) において、第1測温点温度 T_{m1} 及び第2測温点温度 T_{m2} は温度検出装置40から取得することができる。熱伝導率 λ_{bhm1} 及び λ_{bhm2} 、熱通過面積 A_{bhm1} 及び A_{bhm2} 、並びに距離 L_{bhm1} 及び L_{bhm2} は第2装置の設計仕様によって定まる既知の値である。

[0073] [数2]

$$T_{bh} = T_{m1} + \frac{W \times L_{bhm1}}{\lambda_{bhm1} \times A_{bhm1}} \quad (T_{bh} > T_{m1})$$

$$T_{bh} = T_{m1} - \frac{W \times L_{bhm1}}{\lambda_{bhm1} \times A_{bhm1}} \quad (T_{bh} < T_{m1})$$

(2)

[0074] [数3]

$$T_{bh} = T_{m2} + \frac{W \times L_{bhm2}}{\lambda_{bhm2} \times A_{bhm2}} \quad (T_{bh} > T_{m2})$$

$$T_{bh} = T_{m2} - \frac{W \times L_{bhm2}}{\lambda_{bhm2} \times A_{bhm2}} \quad (T_{bh} < T_{m2})$$

(3)

[0075] 式 (2) に示すように、第1測温点 D_{m1} が高温側界面 B_h よりも低温熱源側に位置する場合 (即ち、 $T_{bh} > T_{m1}$)、式 (2) の右辺の第二項の前の符号はプラス (+) となる。一方、第1測温点 D_{m1} が高温側界面 B_h よりも高温熱源側に位置する場合 (即ち、 $T_{bh} < T_{m1}$)、式 (2) の右辺の第二項の前の符号はマイナス (-) となる。また、式 (3) に示すように、第2測温点 D_{m2} が高温側界面 B_h よりも低温熱源側に位置する場合 (即ち、 $T_{bh} > T_{m2}$)、式 (3) の右辺の第二項の前の符号はプラス (+) となる。一方、第2測温点 D_{m2} が高温側界面 B_h よりも高温熱源側に位置する場合 (即ち、 $T_{bh} < T_{m2}$)、式 (3) の右辺の第二項の前の符号はマイナス (-) となる。

[0076] 尚、式 (2) 及び式 (3) の何れか一方のみを使用して高温側界面温度 T_{bh} を算出してもよく、或いは、例えば、式 (2) によって算出される高温

側界面温度 T_{bh} と式 (3) によって算出される高温側界面温度 T_{bh} との
平均値等を高温側界面温度 T_{bh} として採用してもよい。

[0077] ところで、前述したように、第1装置及び第2装置を初めとする本発明装置においては、高温熱源10Hと熱電発電モジュール10Mと低温熱源10Cとが直列に繋がっている1本の熱回路に沿って、熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと熱量が流れる。従って、本発明装置における熱回路の何れの箇所においても貫通熱量 W は同じ大きさである。また、高温熱源10Hと熱電発電モジュール10Mとの界面から低温熱源10Cと熱電発電モジュール10Mとの界面へと熱量が移動する。更に、本発明装置は、一般に、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間に介装された板状の熱電発電モジュール10Mによって構成される。従って、この場合、本発明装置における熱回路の何れの箇所においても熱通過面積 A は同じ大きさであるとみなすことができる。即ち、本発明装置における熱回路の何れの箇所においても熱通過面積 A_{m12} 、 $A_{bh m1}$ 及び $A_{bh m2}$ を始めとする全ての熱通過面積は同じ大きさであるとみなすことができる。

[0078] 加えて、制御部 U_c は、上記(d)に記載されているように、上記(c)に記載されているようにして特定される高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するように構成されている。

[0079] 〈効果〉

以上のように、第2装置は、第1測温点温度 T_{m1} 及び第2測温点温度 T_{m2} に基づいて特定される高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合、熱電発電モジュール10Mからの出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させることにより熱電変換素子10Eに流れる電流を増大させる。従って、上述した第1装置100と同様の効果をより確実に達成することができる。即ち、第2装置によれば、熱電変換素子10Eの高温側界面温度 T_{bh} をより迅速且つ効果的に下げることができるので、熱電変換素子10Eの破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電装置を稼働させることができる。

[0080] 《第3実施形態》

以下、本発明の第3実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第3装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0081] 〈構成〉

前述したように、高温熱源温度 T_h は、例えば、高温熱源10Cの供給源（例えば、内燃機関等）の稼働状態等によって変動する可能性が高い。一方、低温熱源温度 T_c は、例えば熱電発電装置の設計仕様等により、一定の温度に維持されている場合がある。この場合、測温点 D_m の温度（測温点温度 T_m ）と低温熱源10C内の（低温熱源温度 T_c に対応する一定の温度が維持されている）任意の箇所の温度との差に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} を特定することができる。

[0082] そこで、第3装置は、以下の（e）乃至（g）及び（d）に記載された点を除き、上述した第1装置と同様の構成を有する。尚、以下の（d）は、上述した第2装置における（d）と同じである。

[0083] （e）低温熱源10Cに含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点 D_{mc} の温度である低温側測温点温度 T_{mc} が一定の温度に維持されている。

[0084] （f）制御部 U_c は、測温点温度 T_m と低温側測温点温度 T_{mc} との差、熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における測温点 D_m と低温側測温点 D_{mc} との間の領域の熱伝導率 λ_{mmc} 及び熱通過面積 A_{mmc} 、並びに熱流方向における測温点 D_m と低温側測温点 D_{mc} との距離 L_{mmc} に基づいて、熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の大きさである貫通熱量 W を特定するように構成されている。

[0085] （g）制御部 U_c は、測温点温度 T_m 、熱流方向における測温点 D_m 及び／又は低温側測温点 D_{mc} と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率（ λ_{bhm} 及び／又は λ_{bhmc} ）及び熱通過面積（ A_{bhm} 及び／又は A_{bhmc} ）

c)、貫通熱量 W 、並びに熱流方向における測温点 D_m 及び／又は低温側測温点 D_{mc} と高温側界面 B_h との距離 (L_{bhm} 及び／又は L_{bhmc}) に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} を特定するように構成されている。

[0086] (d) 制御部 U_c は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するように構成されている。

[0087] 第3装置は、上記(e)に記載されているように、低温熱源 $10C$ に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点 D_{mc} の温度である低温側測温点温度 T_{mc} が一定の温度に維持されている熱電発電装置である。低温側測温点 D_{mc} の具体的な位置は、熱電発電モジュールとしての機能を実質的に損ねることが無い限り特に限定されず、例えば低温熱源 $10C$ 内の(低温熱源温度 T_c に対応する一定の温度が維持されている)任意の箇所とすることができる。

[0088] 上記のように第3装置においては低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されているので、低温側測温点温度 T_{mc} は低温熱源温度 T_c に対応する一定の温度に維持されている。従って、第3装置においては低温側測温点温度 T_{mc} を実際に検出すること無く、測温点温度 T_m 及び低温側測温点温度 T_{mc} 等に基づいて貫通熱量 W を特定することができ、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断することができる。そのため、低温側測温点温度 T_{mc} を検出するための構成を追加する必要が無いので、例えば第3装置の複雑化、大型化及びコストの増大等の問題を回避することができる。

[0089] 尚、例えば低温熱源温度 T_c を一定の温度に維持すること等を目的として第3装置が備える温度検出装置40が低温熱源温度 T_c を検出するように構成されており且つ低温熱源温度 T_c を検出する測温点 D_c が熱電発電モジュール $10M$ を経由して高温熱源 $10H$ から低温熱源 $10C$ へと熱量が流れる熱回路に含まれる場合は、低温熱源温度 T_c を低温側測温点温度 T_{mc} として、測温点 D_c を低温側測温点 D_{mc} として、それぞれ採用することができる。この場合もまた低温側測温点温度 T_{mc} を検出するための構成を追加す

る必要が無いので、例えば第3装置の複雑化、大型化及びコストの増大等の問題を回避することができる。

[0090] 制御部U_cは、上記(f)に記載されているように、測温点温度T_mと低温側測温点温度T_{mc}との差(ΔT_{mmc}=T_m-T_{mc})、熱電発電モジュール10Mを經由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における測温点D_mと低温側測温点D_{mc}との間の領域の熱伝導率λ_{mmc}及び熱通過面積A_{mmc}、並びに熱流方向における測温点D_mと低温側測温点D_{mc}との距離L_{mmc}に基づいて、熱電発電モジュール10Mを經由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の大きさである貫通熱量Wを特定するように構成されている。具体的には、貫通熱量Wは以下に示す式(4)によって算出することができる。式(4)において、測温点温度T_mは温度検出装置40から取得することができ、低温側測温点温度T_{mc}、熱伝導率λ_{mmc}、熱通過面積A_{mmc}、及び距離L_{mmc}は第3装置の設計仕様によって定まる既知の値である。

[0091] [数4]

$$W = \left| \frac{\lambda_{mmc} \times (T_m - T_{mc}) \times A_{mmc}}{L_{mmc}} \right| \quad (4)$$

$$= \left| \frac{\lambda_{mmc} \times \Delta T_{mmc} \times A_{mmc}}{L_{mmc}} \right|$$

[0092] 更に、制御部U_cは、上記(g)に記載されているように、測温点温度T_m、熱流方向における測温点D_m及び/又は低温側測温点D_{mc}と高温側界面B_hとの間の領域の熱伝導率(λ_{bhm}及び/又はλ_{bhc})及び熱通過面積(A_{bhm}及び/又はA_{bhc})、貫通熱量W、並びに熱流方向における測温点D_m及び/又は低温側測温点D_{mc}と高温側界面B_hとの距離(L_{bhm}及び/又はL_{bhc})に基づいて、高温側界面温度T_{bh}を特定するように構成されている。具体的には、高温側界面温度T_{bh}は以下に示す式(5)及び/又は式(6)によって算出することができる。式(5)及び式(6)において、測温点温度T_mは温度検出装置40から取得するこ

とができ、低温側測温点温度 T_{mc} 、熱伝導率 λ_{bhm} 及び λ_{bhmc} 、熱通過面積 A_{bhm} 及び A_{bhmc} 、並びに距離 L_{bhm} 及び L_{bhmc} は第3装置の設計仕様によって定まる既知の値である。

[0093] [数5]

$$T_{bh} = T_m + \frac{W \times L_{bhm}}{\lambda_{bhm} \times A_{bhm}} \quad (T_{bh} > T_m)$$

$$T_{bh} = T_m - \frac{W \times L_{bhm}}{\lambda_{bhm} \times A_{bhm}} \quad (T_{bh} < T_m)$$

(5)

[0094] [数6]

$$T_{bh} = T_{mc} + \frac{W \times L_{bhmc}}{\lambda_{bhmc} \times A_{bhmc}} \quad (T_{bh} > T_{mc})$$

$$T_{bh} = T_{mc} - \frac{W \times L_{bhmc}}{\lambda_{bhmc} \times A_{bhmc}} \quad (T_{bh} < T_{mc})$$

(6)

[0095] 式(5)に示すように、高温側界面 B_h が測温点 D_m よりも高温熱源側に位置する場合(即ち、 $T_{bh} > T_m$)、式(5)の右辺の第二項の前の符号はプラス(+)となる。一方、高温側界面 B_h が測温点 D_m よりも低温熱源側に位置する場合(即ち、 $T_{bh} < T_m$)、式(5)の右辺の第二項の前の符号はマイナス(-)となる。また、式(6)に示すように、高温側界面 B_h が低温側測温点 D_{mc} よりも高温熱源側に位置する場合(即ち、 $T_{bh} > T_{mc}$)、式(6)の右辺の第二項の前の符号はプラス(+)となる。一方、高温側界面 B_h が低温側測温点 D_{mc} よりも低温熱源側に位置する場合(即ち、 $T_{bh} < T_{mc}$)、式(6)の右辺の第二項の前の符号はマイナス(-)となる。

[0096] 尚、式(5)及び式(6)の何れか一方のみを使用して高温側界面温度 T_{bh} を算出してもよく、或いは、例えば、式(5)によって算出される高温側界面温度 T_{bh} と式(6)によって算出される高温側界面温度 T_{bh} との平均値等を高温側界面温度 T_{bh} として採用してもよい。

[0097] ところで、前述したように、第1装置乃至第3装置を初めとする本発明装置における熱回路の何れの箇所においても貫通熱量 W は同じ大きさである。

また、本発明装置における熱回路の何れの箇所においても熱通過面積 A は同じ大きさであるとみなすことができる。即ち、本発明装置における熱回路の何れの箇所においても通過面積 A_{mmc} 、 A_{bhm} 及び A_{bhmc} を始めとする全ての熱通過面積は同じ大きさであるとみなすことができる。

[0098] 加えて、制御部 U_c は、上記(d)に記載されているように、上記(g)に記載されているようにして特定される高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するように構成されている。

[0099] 〈効果〉

以上のように、第3装置は、測温点温度 T_m 及び低温側測温点温度 T_{mc} に基づいて特定される高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合、熱電発電モジュール10Mからの出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させることにより熱電変換素子10Eに流れる電流を増大させる。従って、上述した第1装置と同様の効果をより確実に達成することができる。即ち、第3装置によれば、熱電変換素子10Eの高温側界面温度 T_{bh} をより迅速且つ効果的に下げることができるので、熱電変換素子10Eの破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電装置を稼働させることができる。

[0100] 《第4実施形態》

以下、本発明の第4実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第4装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0101] 〈構成〉

図3及び図5のグラフを参照しながら説明したように、熱電発電モジュール10Mからの出力電流値 I と出力電力値 P との関係及び出力電圧値 V と出力電力値 P との関係は、熱源温度差 ΔT_s の大きさによって、それぞれ変化する。また、最大出力電力値 P_p が得られる特定の出力電流値 I_p 及び当該特定の出力電流値 I_p において得られる最大出力電力値 P_p の大きさも熱源温度差 ΔT_s の大きさによって異なる。同様に、最大出力電力値 P_p が得られる特定の出力電圧値 V_p 及び当該特定の出力電圧値 V_p において得られる

最大出力電力値 P_p の大きさも熱源温度差 ΔT_s の大きさによって異なる。

[0102] 従って、熱電発電モジュール 10M における熱源温度差 ΔT_s と出力電力値 P 並びに出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V との関係を、例えば熱電発電モジュール 10M を用いる事前の実験等によって予め求めておくことにより、熱電発電モジュール 10M の稼働時における出力電力値 P 並びに出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V から当該関係に基づいて熱源温度差 ΔT_s を特定することができる。このようにして特定された熱源温度差 ΔT_s 並びに熱電発電モジュール 10M の対応する領域の熱伝導率 λ_s 等に基づいて貫通熱量 W を特定することができる。このようにして貫通熱量 W が特定されれば、例えば上述した第 3 装置と同様の手法により、高温側界面温度 T_{bh} を特定することができる。

[0103] そこで、第 4 装置は、以下の (h) 乃至 (l) 及び (d) に記載された点を除き、上述した第 1 装置と同様の構成を有する。尚、以下の (d) は、上述した第 2 装置及び第 3 装置における (d) と同じである。

[0104] (h) 第 4 装置は、熱電発電モジュール 10M から出力される電力の大きさである出力電力値 P と、熱電発電モジュール 10M から出力される電流の大きさである出力電流値 I 及び／又は電圧の大きさである出力電圧値 V と、からなる複数の検出値の組である出力関連値 M_{out} を検出する出力検出装置 20 を更に備える。

[0105] (i) 制御部 U_c は、熱源温度差 ΔT_s と出力関連値 M_{out} との関係を表すデータである第 1 特性データを予め格納している。

[0106] (j) 制御部 U_c は、出力検出装置 20 によって検出された出力関連値 M_{out} から第 1 特性データに基づいて熱源温度差 ΔT_s を特定するように構成されている。

[0107] (k) 制御部 U_c は、熱源温度差 ΔT_s 、熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱伝導率 λ_s 及び熱通過面積 A_s 、並びに熱電発電モジュール 10M を経由して高温熱源 10H から低温熱源 10C へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の長さ L_s に基

づいて、貫通熱量 W を特定するように構成されている。

[0108] (l) 制御部 U_c は、測温点温度 T_m 、熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率 λ_{bhm} 及び熱通過面積 A_{bhm} 、貫通熱量 W 、及び熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との距離 L_{bhm} に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} を特定するように構成されている。

[0109] (d) 制御部 U_c は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するように構成されている。

[0110] 第4装置は、上記(h)に記載されているように、出力関連値 M_{out} を検出する出力検出装置20を更に備える。出力関連値 M_{out} とは、熱電発電モジュール10Mから出力される電力の大きさである出力電力値 P と、熱電発電モジュール10Mから出力される電流の大きさである出力電流値 I 及び／又は電圧の大きさである出力電圧値 V と、からなる複数の検出値の組である。出力関連値 M_{out} は、出力電力値 P と出力電流値 I とからなる2つの検出値の組であってもよく、出力電力値 P と出力電圧値 V とからなる2つの検出値の組であってもよく、或いは出力電力値 P と出力電流値 I と出力電圧値 V とからなる3つの検出値の組であってもよい。

[0111] 出力検出装置20の構成は、出力電力値 P と、出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V とを検出することが可能である限り、特に限定されない。このような出力検出装置20の具体例としては、例えば、電流センサ及び電圧センサ等を挙げることができる。しかしながら、例えば、前述した出力調整装置30等、熱電発電モジュール10Mから出力される電力が供給される他の装置が備える電流センサ及び電圧センサ等を出力検出装置20として利用してもよい。

[0112] 制御部 U_c は、上記(i)に記載されているように、熱源温度差 ΔT_s と出力関連値 M_{out} との関係を表すデータである第1特性データを予め格納している。第1特性データは、上述したように、例えば第4装置を用いる事前の実験等により、熱電発電モジュール10Mにおける熱源温度差 ΔT_s と出力電力値 P 並びに出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V との関係を予め求

めることによって得ることができる。また、第1特性データは、当該関係を表す電子データとして、制御部が備えるメモリ（ROM）等の記憶装置に格納しておくことができる。

[0113] 第1特性データは、熱源温度差 ΔT_s と出力関連値 M_{out} との関係を表すデータである限り、特に限定されない。例えば、第1特性データは、様々な熱源温度差 ΔT_s 毎に纏められた出力電力値 P と出力電流値 I 又は出力電圧値 V との関係を表す複数のデータテーブル又はデータマップであってもよい。或いは、第1特性データは、熱源温度差 ΔT_s と出力電力値 P と出力電流値 I 又は出力電圧値 V との関係を表す1つのデータテーブル又はデータマップであってもよい。更に、第1特性データは、例えば、様々な熱源温度差 ΔT_s 毎に纏められた出力電力値 P と出力電流値 I 又は出力電圧値 V との関係を表す関数であってもよい。或いは、第1特性データは、熱源温度差 ΔT_s と出力電力と出力電流値 I 又は出力電圧値 V との関係を表す1つの関数であってもよい。

[0114] そして、出力検出装置20によって検出された出力関連値 M_{out} と第1特性データとに基づいて、以下のようにして、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断することができる。

[0115] 上記(j)に記載されているように、制御部 U_c は、先ず、出力検出装置20によって検出された出力関連値 M_{out} から第1特性データに基づいて、その時点における熱源温度差 ΔT_s を特定するように構成されている。例えば、ある時点において熱電発電モジュール10Mから出力される出力電力値 P_a 及び出力電流値 I_a が、出力関連値 M_{out} として、出力検出装置20によって検出された場合を想定する。また、第1特性データは、様々な熱源温度差 ΔT_s 毎に纏められた出力電力値 P と出力電流値 I との関係を表す複数のデータテーブル又はデータマップであるものとする。この場合、第1特性データは、例えば、図10に示すグラフによって表すことができる。図10のグラフにおける各々の曲線は、異なる熱源温度差 ΔT_s ($=\Delta T_{s1}$, ΔT_{s2} , ΔT_{s3} ...) における出力電力値 P と出力電流値 I との関係を

表す。図10において黒い丸印によって示すように、出力検出装置20によって検出された出力電力値 P_a と出力電流値 I_a との組み合わせに一致し得るのは熱源温度差 ΔT_s が ΔT_{s2} であるときの曲線のみである。このようにして、この時点における熱源温度差 ΔT_s が ΔT_{s2} に等しいということ特定することができる。

[0116] 更に、制御部 U_c は、上記(k)に記載されているように、熱源温度差 ΔT_s 、熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱伝導率 λ_s 及び熱通過面積 A_s 、並びに熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の長さ L_s に基づいて、貫通熱量 W を特定するように構成されている。この「熱源温度差 ΔT_s が生じている領域」とは、例えば、高温熱源10H内の測温点 D_h において検出される温度である高温熱源温度 T_h と低温熱源10C内の測温点 D_c において検出される温度である低温熱源温度 T_c の差として熱源温度差 ΔT_s が定義される場合、熱流方向において測温点 D_h と測温点 D_c との間に位置する第4装置（高温熱源10H、熱電発電モジュール10M、及び低温熱源10C）の領域を指す。

[0117] 貫通熱量 W は、例えば、以下に示す式(7)によって算出することができる。式(7)において、熱源温度差 ΔT_s は上記(j)に記載されているようにして特定することができ、熱伝導率 λ_s 、熱通過面積 A_s 、及び距離（長さ） L_s は第4装置の設計仕様によって定まる既知の値である。

[0118] [数7]

$$W = \left| \frac{\lambda_s \times \Delta T_s \times A_s}{L_s} \right| \quad (7)$$

[0119] 更に、制御部 U_c は、上記(l)に記載されているように、測温点温度 T_m 、熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率 λ_{bhm} 及び熱通過面積 A_{bhm} 、貫通熱量 W 、及び熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との距離 L_{bhm} に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} を特定するように構成されている。具体的には、高温側界面温度 T_{bh} は

以下に示す式（８）によって算出することができる。式（８）において、測温点温度 T_m は温度検出装置 40 から取得することができ、熱伝導率 λ_{bhm} 、熱通過面積 A_{bhm} 、及び距離 L_{bhm} は第 4 装置の設計仕様によって定まる既知の値である。

[0120] [数8]

$$T_{bh} = T_m + \frac{W \times L_{bhm}}{\lambda_{bhm} \times A_{bhm}} \quad (T_{bh} > T_m)$$

$$T_{bh} = T_m - \frac{W \times L_{bhm}}{\lambda_{bhm} \times A_{bhm}} \quad (T_{bh} < T_m) \quad (8)$$

[0121] 式（８）に示すように、測温点 D_m が高温側界面 B_h よりも低温熱源側に位置する場合（即ち、 $T_{bh} > T_m$ ）、式（８）の右辺の第二項の前の符号はプラス（+）となる。一方、測温点 D_m が高温側界面 B_h よりも高温熱源側に位置する場合（即ち、 $T_{bh} < T_m$ ）、式（８）の右辺の第二項の前の符号はマイナス（-）となる。

[0122] ところで、前述したように、第 1 装置乃至第 4 装置を初めとする本発明装置における熱回路の何れの箇所においても貫通熱量 W は同じ大きさである。また、本発明装置内の何れの箇所においても熱通過面積 A は同じ大きさであるとみなすことができる。即ち、本発明装置における熱回路の何れの箇所においても熱通過面積 A_s 及び A_{bhm} を始めとする全ての熱通過面積は同じ大きさであるとみなすことができる。

[0123] 加えて、制御部 U_c は、上記（d）に記載されているように、上記（l）に記載されているようにして特定される高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するように構成されている。

[0124] 〈効果〉

以上のように、第 4 装置は、出力関連値 M_{out} 、第 1 特性データ、及び測温点温度 T_m に基づいて特定される高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合、熱発電モジュール 10M からの出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させることにより熱電変換素子 10E に流れる電流を増大させる。従って、上述した第 1 装置と同

様の効果をより確実に達成することができる。即ち、第4装置によれば、熱電変換素子10Eの高温側界面温度 T_{bh} をより迅速且つ効果的に下げることができるので、熱電変換素子10Eの破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電装置を稼働させることができる。

[0125] 《第5実施形態》

以下、本発明の第5実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第5装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0126] 〈構成〉

前述したように、第1装置を始めとする本発明に係る熱電発電装置（本発明装置）においては、少なくとも測温点温度 T_m に基づいて高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合に出力調整装置30を制御して出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるように制御部が構成されている。これらの本発明装置のうち、上述した第2装置乃至第4装置においては、少なくとも測温点温度 T_m に基づいて高温側界面温度 T_{bh} を特定して上記判断を実施している。しかしながら、上記判断を実施するために、必ずしも高温側界面温度 T_{bh} そのものを特定する必要は無い。

[0127] そこで、第5装置は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における貫通熱量である上限貫通熱量 W_{max} を算出すると共に、上述した第4装置と同様にしてその時点における貫通熱量 W を特定し、これらを比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。

[0128] 具体的には、第5装置は、以下の(h)乃至(k)並びに(m)及び(n)に記載された点を除き、上述した第1装置と同様の構成を有する。尚、以下の(h)乃至(k)は上述した第4装置における(h)乃至(k)と同じである。

[0129] (h) 第5装置は、熱電発電モジュール10Mから出力される電力の大きさである出力電力値 P と、熱電発電モジュール10Mから出力される電流の

大きさである出力電流値 I 及び／又は電圧の大きさである出力電圧値 V と、
からなる複数の検出値の組である出力関連値 M_{out} を検出する出力検出装置 20 を更に備える。

[0130] (i) 制御部 U_c は、熱源温度差 ΔT_s と出力関連値 M_{out} との関係を表すデータである第 1 特性データを予め格納している。

[0131] (j) 制御部 U_c は、出力検出装置 20 によって検出された出力関連値 M_{out} から第 1 特性データに基づいて熱源温度差 ΔT_s を特定するように構成されている。

[0132] (k) 制御部 U_c は、熱源温度差 ΔT_s 、熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱伝導率 λ_s 及び熱通過面積 A_s 、並びに熱電発電モジュール 10M を経由して高温熱源 10H から低温熱源 10C へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の長さ L_s に基づいて、貫通熱量 W を特定するように構成されている。

[0133] (m) 制御部 U_c は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における測温点温度 T_m と高温側界面温度 T_{bh} との差、熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率 λ_{bhm} 及び熱通過面積 A_{bhm} 、並びに熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との距離 L_{bhm} に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合において測温点 D_m から高温側界面 B_h へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量 W_{max} を特定するように構成されている。

[0134] (n) 制御部 U_c は、測温点 D_m が高温側界面 B_h よりも高温熱源 10H に近い場合は貫通熱量 W が上限貫通熱量 W_{max} よりも小さいときに高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断し、測温点 D_m が高温側界面 B_h よりも低温熱源 10C に近い場合は貫通熱量 W が上限貫通熱量 W_{max} よりも大きいときに高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。

[0135] 上述したように、上記 (h) 乃至 (k) については、第 4 装置における (h) 乃至 (k) と同じであるので、ここでの改めての説明は割愛するが、上

述した (j) に記載されているようにして熱源温度差 ΔT_s を特定し、上述した (k) に記載されているようにして貫通熱量 W を算出することができる。

[0136] 更に、制御部 U_c は、上記 (m) に記載されているように、上限貫通熱量 W_{max} を特定するように構成されている。上限貫通熱量 W_{max} とは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合において測温点 D_m から高温側界面 B_h へと移動する熱量の大きさである。上限貫通熱量 W_{max} は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における測温点温度 T_m と高温側界面温度 T_{bh} との差 ($\Delta T_{bhmax} = |T_m - T_{max}|$)、熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率 λ_{bhm} 及び熱通過面積 A_{bhm} 、並びに熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との距離 L_{bhm} に基づいて特定することができる。

[0137] 上限貫通熱量 W_{max} は、例えば、以下に示す式 (9) によって算出することができる。式 (9) において、測温点温度 T_m は温度検出装置 40 から取得することができ、上限温度 T_{max} 、熱伝導率 λ_{bhm} 、熱通過面積 A_{bhm} 、及び距離 (長さ) L_{bhm} は第 5 装置の設計仕様によって定まる既知の値である。即ち、上限貫通熱量 W_{max} の値は測温点温度 T_m によって一意に定まる。

[0138] [数9]

$$\begin{aligned}
 W_{max} &= \frac{\lambda_{bhm} \times |T_m - T_{max}| \times A_{bhm}}{L_{bhm}} \\
 &= \frac{\lambda_{bhm} \times \Delta T_{bhmax} \times A_{bhm}}{L_{bhm}}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

[0139] ところで、上述したように、測温点 D_m の位置は、熱電発電モジュール 10M としての機能を実質的に損ねることが無い限り特に限定されず、例えば、高温熱源 10H 内の任意の箇所、低温熱源 10C 内の任意の箇所及び熱電発電モジュール 10M 内の任意の箇所とすることができる。従って、測温点 D_m は、高温側界面 B_h よりも高温熱源側に位置する場合があり、逆に高温側界面 B_h よりも低温熱源側に位置する場合もある。

[0140] 前者の場合、上限貫通熱量 W_{max} は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合に測温点 D_m から高温側界面 B_h へと移動する熱量の大きさである。高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい($T_{bh} = T_{max}$)とき、(例えば、上述した式(7)によって)算出される貫通熱量 W は上限貫通熱量 W_{max} に等しい筈である。また、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも低い($T_{bh} < T_{max}$)ときは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい($T_{bh} = T_{max}$)ときに比べて、測温点温度 T_m と高温側界面温度 T_{bh} との差($\Delta T_{bhmax} = |T_m - T_{max}|$)が大きくなる。従って、このときに(例えば、上述した式(7)によって)算出される貫通熱量 W は上限貫通熱量 W_{max} よりも大きい筈である。逆に、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い($T_{bh} > T_{max}$)ときは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい($T_{bh} = T_{max}$)ときに比べて、測温点温度 T_m と高温側界面温度 T_{bh} との差($\Delta T_{bhmax} = |T_m - T_{max}|$)が小さくなる。従って、このときに(例えば、上述した式(7)によって)算出される貫通熱量 W は上限貫通熱量 W_{max} よりも小さい筈である。

[0141] 一方、後者の場合、上限貫通熱量 W_{max} は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合に高温側界面 B_h から測温点 D_m へと移動する熱量の大きさである。この場合も、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい($T_{bh} = T_{max}$)とき、(例えば、上述した式(7)によって)算出される貫通熱量 W は上限貫通熱量 W_{max} に等しい筈である。また、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも低い($T_{bh} < T_{max}$)ときは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい($T_{bh} = T_{max}$)ときに比べて、測温点温度 T_m と高温側界面温度 T_{bh} との差($\Delta T_{bhmax} = |T_m - T_{max}|$)が小さくなる。従って、このときに(例えば、上述した式(7)によって)算出される貫通熱量 W は上限貫通熱量 W_{max} よりも小さい筈である。逆に、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い($T_{bh} > T_{max}$)ときは、高温側界面温度 T_{bh} が

上限温度 T_{max} に等しい ($T_{bh} = T_{max}$) ときに比べて、測温点温度 T_m と高温側界面温度 T_{bh} との差 ($\Delta T_{bhmax} = |T_m - T_{max}|$) が大きくなる。従って、このときに (例えば、上述した式 (7) によって) 算出される貫通熱量 W は上限貫通熱量 W_{max} よりも大きい筈である。

[0142] そこで、制御部 U_c は、上記 (n) に記載されているように、測温点 D_m が高温側界面 B_h よりも高温熱源 $10H$ に近い場合は貫通熱量 W が上限貫通熱量 W_{max} よりも小さいときに高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断し、測温点 D_m が高温側界面 B_h よりも低温熱源 $10C$ に近い場合は貫通熱量 W が上限貫通熱量 W_{max} よりも大きいときに高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。

[0143] 〈効果〉

以上のように、第5装置は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における貫通熱量である上限貫通熱量 W_{max} を算出すると共に、上述した第4装置と同様にしてその時点における貫通熱量 W を特定し、これらと比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。従って、第5装置においては、高温側界面温度 T_{bh} そのものを特定すること無く上記判断が実施される。即ち、第5装置によれば、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するために必要とされる演算処理負荷を軽減することができる。

[0144] 《第6実施形態》

以下、本発明の第6実施形態に係る熱電発電装置 (以降、「第6装置」と称呼される場合がある。) について説明する。

[0145] 〈構成〉

上述したように、第5装置は、ある時点における出力関連値 M_{out} から特定される熱源温度差 ΔT_s に基づいて貫通熱量 W を特定し、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における貫通熱量である上限貫通熱量 W_{max} と比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_m

a xよりも高いか否かを判断する。しかしながら、低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されている場合は、貫通熱量 W を特定すること無く、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断することができる。

[0146] そこで、第6装置は、低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されていることを前提として、ある時点における出力関連値 M_{out} から熱源温度差 ΔT_s を特定し、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における熱源温度差である上限熱源温度差 ΔT_{max} と比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。

[0147] 具体的には、第6装置は、以下の(e)、(h)乃至(j)、(m)、並びに(o)及び(p)に記載された点を除き、上述した第1装置と同様の構成を有する。尚、以下の(e)は上述した第3装置における(e)と同じであり、以下の(h)乃至(j)は上述した第4装置及び第5装置における(h)乃至(j)と同じであり、以下の(m)は上述した第5装置における(m)と同じである。

[0148] (e) 低温熱源 10°C に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点 D_{mc} の温度である低温側測温点温度 T_{mc} が一定の温度に維持されている。

[0149] (h) 第6装置は、熱電発電モジュール 10M から出力される電力の大きさである出力電力値 P と、熱電発電モジュール 10M から出力される電流の大きさである出力電流値 I 及び／又は電圧の大きさである出力電圧値 V と、からなる複数の検出値の組である出力関連値 M_{out} を検出する出力検出装置 20 を更に備える。

[0150] (i) 制御部 U_c は、熱源温度差 ΔT_s と出力関連値 M_{out} との関係を表すデータである第1特性データを予め格納している。

[0151] (j) 制御部 U_c は、出力検出装置 20 によって検出された出力関連値 M_{out} から第1特性データに基づいて熱源温度差 ΔT_s を特定するように構成されている。

- [0152] (m) 制御部Ucは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における測温点温度 T_m と高温側界面温度 T_{bh} との差、(熱電発電モジュール10Mを經由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の流れ方向である)熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率 λ_{bhm} 及び熱通過面積 A_{bhm} 、並びに熱流方向における測温点 D_m と高温側界面 B_h との距離 L_{bhm} に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合において測温点 D_m から高温側界面 B_h へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量 W_{max} を特定するように構成されている。
- [0153] (o) 制御部Ucは、上限貫通熱量 W_{max} 、熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱伝導率 λ_s 及び熱通過面積 A_s 、並びに熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱流方向における長さ L_s に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である上限熱源温度差 ΔT_{max} を特定するように構成されている。
- [0154] (p) 制御部Ucは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} よりも大きい場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。
- [0155] 上述したように、上記(e)については第3装置における(e)と同じであり、上記(h)乃至(j)については第4装置及び第5装置における(h)乃至(j)と同じであるので、ここでの改めての説明は割愛するが、上述した(j)に記載されているようにして熱源温度差 ΔT_s を特定することができる。また、上記(m)については第5装置における(m)と同じであるので、ここでの改めての説明は割愛するが、上述した(m)に記載されているようにして上限貫通熱量 W_{max} を特定することができる。
- [0156] 更に、制御部Ucは、上記(o)に記載されているように、上限熱源温度差 ΔT_{max} を特定するように構成されている。上限熱源温度差 ΔT_{max} とは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における高温

熱源 10H と低温熱源 10C との間の温度差である。上限熱源温度差 ΔT_{max} は、上限貫通熱量 W_{max} 、熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱伝導率 λ_s 及び熱通過面積 A_s 、並びに前記熱源温度差が生じている領域の前記熱流方向における長さに基づいて特定することができる。

[0157] 上限熱源温度差 ΔT_{max} は、例えば、以下に示す式 (10) によって算出することができる。式 (10) において、上限貫通熱量 W_{max} は上記 (m) に記載されているようにして特定することができ、熱伝導率 λ_s 、熱通過面積 A_s 、及び距離 (長さ) L_s は第 6 装置の設計仕様によって定まる既知の値である。

[0158] [数10]

$$\Delta T_{max} = \frac{W_{max} \times L_s}{\lambda_s \times A_s} \quad (10)$$

[0159] 上記のように、上限熱源温度差 ΔT_{max} は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における高温熱源 10H と低温熱源 10C との間の温度差である。しかも、第 6 装置においては、上記 (e) に記載されているように、低温熱源 10C に含まれる少なくとも 1 つの箇所である低温側測温点 D_{mc} の温度である低温側測温点温度 T_{mc} が一定の温度に維持されている。換言すれば、低温熱源 10C の温度 (低温熱源温度 T_c) が一定の温度に維持されている。

[0160] 従って、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい ($T_{bh} = T_{max}$) とき、上記 (j) に記載されているように出力検出装置 20 によって検出された出力関連値 M_{out} から第 1 特性データに基づいて特定される熱源温度差 ΔT_s は上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しい筈である。また、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも低い ($T_{bh} < T_{max}$) ときは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい ($T_{bh} = T_{max}$) ときに比べて熱源温度差 ΔT_s が小さくなる。従って、このときに上記のようにして特定される熱源温度差 ΔT_s は上限熱源温度差 ΔT_{max} よりも小さい筈である。逆に、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも

高い ($T_{bh} > T_{max}$) ときは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい ($T_{bh} = T_{max}$) ときに比べて熱源温度差 ΔT_s が大きくなる。従って、このときに上記のようにして特定される熱源温度差 ΔT_s は上限熱源温度差 ΔT_{max} よりも大きい筈である。

[0161] そこで、制御部 U_c は、上記 (p) に記載されているように、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} よりも大きい場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。

[0162] 〈効果〉

以上のように、第6装置においては低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されている。そこで、第6装置は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における高温熱源 $10H$ と低温熱源 $10C$ との間の温度差である上限熱源温度差 ΔT_{max} を算出すると共に、上述した第4装置及び第5装置と同様にしてその時点における熱源温度差 ΔT_s を特定し、これらと比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。従って、第6装置においては、高温側界面温度 T_{bh} そのものを特定すること無く上記判断が実施される。即ち、第6装置によれば、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するために必要とされる演算処理負荷を軽減することができる。

[0163] 《第7実施形態》

以下、本発明の第7実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第7装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0164] 〈構成〉

上述したように、第6装置は、低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されていることを前提として、ある時点における出力関連値 M_{out} から熱源温度差 ΔT_s を特定し、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における熱源温度差である上限熱源温度差 ΔT_{max} と比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。即ち、第6装置においては、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よ

りも高いか否かを判断するための指標として、出力関連値 M_{out} から特定される熱源温度差 ΔT_s が採用されている。

[0165] ところで、例えば図2及び図4のグラフに示したように、ある時点において検出される出力関連値 M_{out} （即ち、出力電力値 P と出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V ）は、その時点における熱源温度差 ΔT_s に応じた曲線上のプロットに対応する値を有する。また、例えば図3及び図5のグラフに示したように、出力電力値 P と出力電流値 I との関係を表す曲線及び出力電力値 P と出力電圧値 V との関係を表す曲線は、熱源温度差 ΔT_s が大きくなるほど出力電力値 P が大きくなる方向にシフトする。

[0166] 従って、低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されている場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いときの出力関連値 M_{out} に対応するプロットは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しいときの曲線に対して出力電力値 P がより大きい側（当該曲線の外側）に位置する筈である。一方、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも低いときの出力関連値 M_{out} に対応するプロットは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しいときの曲線に対して出力電力値 P がより小さい側（当該曲線の内側）に位置する筈である。

[0167] 例えば、図11のグラフにおいて実線によって描かれている曲線は、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しいとき（即ち、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しいとき）の出力電力値 P と出力電流値 I との関係を表す曲線（基準曲線 C_S ）である。低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されている場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも低いときは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} よりも小さい。従って、この時点における出力電力値 P と出力電流値 I との関係を表す曲線は、破線によって描かれている曲線 C_L のように、基準曲線 C_S に対して出力電力値 P がより小さい側（基準曲線 C_S の内側）に存在する。即ち、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも低いときの出力関連値 M_{out} に対応するプロットは、基準曲線 C_S の内側（斜線部）に存在する筈であ

る。

[0168] 一方、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いときは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} よりも大きい。従って、この時点における出力電力値 P と出力電流値 I との関係を表す曲線は、一点鎖線によって描かれている曲線 CH のように、基準曲線 CS に対して出力電力値 P がより大きい側（基準曲線 CS の外側）に存在する。即ち、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いときの出力関連値 M_{out} に対応するプロットは、基準曲線 CS の外側（斜線部よりも出力電力値 P がより大きい側）に存在する筈である。

[0169] 上記のように、ある時点における熱源温度差 ΔT_s が特定の温度差よりも大きいか否かは、その時点における出力関連値 M_{out} に対応するプロットが、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しいときの出力電力値 P と出力電流値 I との関係を表す曲線又は出力電力値 P と出力電圧値 V との関係を表す曲線（基準曲線）に対して、外側（出力電力値 P がより大きい側）にあるか或いは内側（出力電力値 P がより小さい側）にあるかによって判断することができる。即ち、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するための指標として、出力関連値 M_{out} （即ち、出力電力値 P 並びに出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V ）を構成する何れかの検出値を採用してもよい。

[0170] そこで、第7装置は、低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されていることを前提として、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における出力電力値である上限出力電力値 P_{max} を特定し、その時点における出力電力値 P と比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。

[0171] 具体的には、第7装置は、以下の（e）、（h）及び（i）、（m）及び（o）、並びに（q）及び（r）に記載された点を除き、上述した第1装置と同様の構成を有する。尚、以下の（e）は上述した第3装置及び第6装置における（e）と同じであり、以下の（h）及び（i）は上述した第4装置

乃至第6装置における(h)及び(i)と同じであり、以下の(m)は上述した第5装置及び第6装置における(m)と同じであり、以下の(o)は上述した第6装置における(o)と同じである。

[0172] (e) 低温熱源10Cに含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点D_{m c}の温度である低温側測温点温度T_{m c}が一定の温度に維持されている。

[0173] (h) 第7装置は、熱電発電モジュール10Mから出力される電力の大きさである出力電力値Pと、熱電発電モジュール10Mから出力される電流の大きさである出力電流値I及び/又は電圧の大きさである出力電圧値Vと、からなる複数の検出値の組である出力関連値M_{o u t}を検出する出力検出装置20を更に備える。

[0174] (i) 制御部U_cは、熱源温度差 ΔT_s と出力関連値M_{o u t}との関係を表すデータである第1特性データを予め格納している。

[0175] (m) 制御部U_cは、高温側界面温度T_{b h}が上限温度T_{m a x}に等しい場合における測温点温度T_mと高温側界面温度T_{b h}との差、(熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の流れ方向である)熱流方向における測温点D_mと高温側界面B_hとの間の領域の熱伝導率 $\lambda_{b h m}$ 及び熱通過面積A_{b h m}、並びに熱流方向における測温点D_mと高温側界面B_hとの距離L_{b h m}に基づいて、高温側界面温度T_{b h}が上限温度T_{m a x}に等しい場合において測温点D_mから高温側界面B_hへと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量W_{m a x}を特定するように構成されている。

[0176] (o) 制御部U_cは、上限貫通熱量W_{m a x}、熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱伝導率 λ_s 及び熱通過面積A_s、並びに熱源温度差 ΔT_s が生じている領域の熱流方向における長さL_sに基づいて、高温側界面温度T_{b h}が上限温度T_{m a x}に等しい場合における高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である上限熱源温度差 $\Delta T_{m a x}$ を特定するように構成されている。

- [0177] (q) 制御部Ucは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しく且つ出力電流値I及び／又は出力電圧値Vが出力検出装置20によって検出された出力電流値I及び／又は出力電圧値Vに等しい場合において熱電発電モジュール10Mから出力される電力の大きさである上限出力電力値 P_{max} を第1特性データに基づいて特定するように構成されている。
- [0178] (r) 制御部Ucは、出力検出装置20によって検出された出力電力値Pが上限出力電力値 P_{max} よりも大きい場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。
- [0179] 上述したように、上記(e)については第3装置及び第6装置における(e)と同じであり、上記(h)及び(i)については第4装置乃至第6装置における(h)及び(i)と同じであり、上記(m)については第5装置及び第6装置における(m)と同じであり、上記(o)については第6装置における(o)と同じであるので、ここでの改めての説明は割愛するが、上述した(o)に記載されているようにして上限熱源温度差 ΔT_{max} を特定することができる。
- [0180] 更に、制御部Ucは、上述した(q)に記載されているように、上限出力電力値 P_{max} を特定するように構成されている。上限出力電力値 P_{max} とは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しく且つ出力電流値I及び／又は出力電圧値Vが出力検出装置20によって検出された出力電流値I及び／又は出力電圧値Vに等しい場合において熱電発電モジュール10Mから出力される電力の大きさである。また、上限熱源温度差 ΔT_{max} とは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である。即ち、上限出力電力値 P_{max} とは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合において、出力電流値I及び／又は出力電圧値Vが出力検出装置20によって検出された出力電流値I及び／又は出力電圧値Vに等しいときに熱電発電モジュール10Mから出力されるであろう出力電力値である。換言すれば、上限出力電力値 P_{max} は、出力電流値I及び／又は出力電圧値Vが出力検出装

置 20 によって検出された出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V に等しい場合において、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しいときに熱電発電モジュール 10M から出力される筈の出力電力値である。

[0181] 上限出力電力値 P_{max} は、例えば、以下のようにして特定される。先ず、制御部 U_c (が備える CPU) は、上述した (o) に記載されているようにして特定される上限熱源温度差 ΔT_{max} に熱源温度差 ΔT が等しい場合における出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V と出力電力値 P との関係を第 1 特性データから抽出する。具体的には、例えば、図 12 に示した基準曲線 CS によって表される出力電流値 I と出力電力値 P との関係が当該関係に該当する。

[0182] そして、上記のようにして抽出された出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V と出力電力値 P との関係に基づいて、出力検出装置 20 によって検出された出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V に対応する出力電力値 P を上限出力電力値 P_{max} として特定することができる。具体的には、例えば、図 12 に示したように、その時点において出力検出装置 20 によって検出された出力電流値 I_a から、基準曲線 CS によって表される出力電流値 I と出力電力値 P との関係に基づいて、出力電流値 I_a に対応する出力電力値 P_a を上限出力電力値 P_{max} として特定する。

[0183] 上記のように、上限出力電力値 P_{max} は、出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V が出力検出装置 20 によって検出された出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V に等しい場合において、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しいときに熱電発電モジュール 10M から出力される筈の出力電力値である。しかも、第 7 装置においては、上記 (e) に記載されているように、低温熱源 10C に含まれる少なくとも 1 つの箇所である低温側測温点 D_{mc} の温度である低温側測温点温度 T_{mc} が一定の温度に維持されている。換言すれば、低温熱源 10C の温度 (低温熱源温度 T_c) が一定の温度に維持されている。

[0184] 従って、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい ($T_{bh} = T$

max) とき、出力検出装置 20 によって検出される出力電力値 P は上限出力電力値 P_{max} に等しい筈である。また、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも低い ($T_{bh} < T_{max}$) ときは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい ($T_{bh} = T_{max}$) ときに比べて熱源温度差 ΔT_s が小さくなる。従って、このときに出力検出装置 20 によって検出される出力電力値 P は上限出力電力値 P_{max} よりも小さい筈である (対応する出力関連値 M_{out} のプロットは基準曲線 CS の内側に存在する筈である)。逆に、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い ($T_{bh} > T_{max}$) ときは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい ($T_{bh} = T_{max}$) ときに比べて熱源温度差 ΔT_s が大きくなる。従って、このときに出力検出装置 20 によって検出される出力電力値 P は上限出力電力値 P_{max} よりも大きい筈である (対応する出力関連値 M_{out} のプロットは基準曲線 CS の外側に存在する筈である) (例えば、図 12 における白抜きの丸印を参照)。

[0185] そこで、制御部 Uc は、上記 (r) に記載されているように、出力検出装置 20 によって検出された出力電力値 P が上限出力電力値 P_{max} よりも大きい場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。

[0186] 〈効果〉

以上のように、第 7 装置においては低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されている。そこで、第 7 装置は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合において出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V が出力検出装置 20 によって検出された出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V に等しいときに熱電発電モジュール 10M から出力されるであろう出力電力値である上限出力電力値 P_{max} を特定すると共に、上述した第 4 装置乃至第 6 装置と同様にしてその時点において熱電発電モジュール 10M から実際に出力されている出力電力値 P を出力検出装置 20 によって検出し、これらを比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを

判断する。従って、第7装置においては、高温側界面温度 T_{bh} そのものを特定すること無く上記判断が実施される。即ち、第7装置によれば、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するために必要とされる演算処理負荷を軽減することができる。

[0187] 《第8実施形態》

以下、本発明の第8実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第8装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0188] 〈構成〉

上述したように、第7装置は、低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されていることを前提として、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における出力電力値である上限出力電力値 P_{max} を特定すると共に、その時点における出力電力値 P を検出し、これらと比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。即ち、第7装置においては、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するための指標として、出力関連値 M_{out} を構成する1つの検出値である出力電力値 P が採用されている。しかしながら、出力関連値 M_{out} を構成する他の検出値（即ち、出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V ）を当該指標として採用してもよい。

[0189] そこで、第8装置は、低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されていることを前提として、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合における出力電流値及び／又は出力電圧値である上限出力関連値 M_{max} を特定し、その時点における対応する出力関連値 M_{out} と比較することにより、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。

[0190] 具体的には、第8装置は、以下の（e）、（h）及び（i）、（m）及び（o）、並びに（s）に記載された点を除き、上述した第1装置と同様の構成を有する。尚、以下の（e）は上述した第3装置、第6装置及び第7装置における（e）と同じであり、以下の（h）及び（i）は上述した第4装置乃至第7装置における（h）及び（i）と同じであり、以下の（m）は上述

した第5装置乃至第7装置における(m)と同じであり、以下の(o)は上述した第6装置及び第7装置における(o)と同じである。即ち、第8装置は、上述した(q)及び(r)に代えて以下の(s)に記載された技術的特徴を備える点を除き、上述した第7装置と同様の構成を有する。

[0191] (e) 低温熱源10Cに含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点Dmcの温度である低温側測温点温度Tmcが一定の温度に維持されている。

[0192] (h) 第7装置は、熱電発電モジュール10Mから出力される電力の大きさである出力電力値Pと、熱電発電モジュール10Mから出力される電流の大きさである出力電流値I及び/又は電圧の大きさである出力電圧値Vと、からなる複数の検出値の組である出力関連値Moutを検出する出力検出装置20を更に備える。

[0193] (i) 制御部Ucは、熱源温度差 ΔTs と出力関連値Moutとの関係を表すデータである第1特性データを予め格納している。

[0194] (m) 制御部Ucは、高温側界面温度Tbhが上限温度Tmaxに等しい場合における測温点温度Tmと高温側界面温度Tbhとの差、(熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の流れ方向である)熱流方向における測温点Dmと高温側界面Bhとの間の領域の熱伝導率 λbhm 及び熱通過面積 $A bhm$ 、並びに熱流方向における測温点Dmと高温側界面Bhとの距離 $L bhm$ に基づいて、高温側界面温度Tbhが上限温度Tmaxに等しい場合において測温点Dmから高温側界面Bhへと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量 $Wmax$ を特定するように構成されている。

[0195] (o) 制御部Ucは、上限貫通熱量 $Wmax$ 、熱源温度差 ΔTs が生じている領域の熱伝導率 λs 及び熱通過面積 As 、並びに熱源温度差 ΔTs が生じている領域の熱流方向における長さ Ls に基づいて、高温側界面温度Tbhが上限温度Tmaxに等しい場合における高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である上限熱源温度差 $\Delta Tmax$ を特定するように構成さ

れている。

[0196] (s) 制御部Ucは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しく且つ出力電力値Pが出力検出装置によって検出された出力電力値Pに等しい場合において熱発電モジュール10Mから出力される出力電流I及び／又は出力電圧Vである上限出力関連値 M_{max} が第1特性データに基づいて特定されない場合、或いは、上限出力関連値 M_{max} が第1特性データに基づいて特定され且つ出力検出装置20によって検出された出力電流値I及び／又は出力電圧値Vが上限出力関連値 M_{max} の何れよりも大きいか若しくは小さい場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。

[0197] 上述したように、上記(e)については第3装置、第6装置及び第7装置における(e)と同じであり、上記(h)及び(i)については第4装置乃至第7装置における(h)及び(i)と同じであり、上記(m)については第5装置乃至第7装置における(m)と同じであり、上記(o)については第6装置及び第7装置における(o)と同じであるので、ここでの改めでの説明は割愛するが、上述した(o)に記載されているようにして上限熱源温度差 ΔT_{max} を特定することができる。

[0198] 更に、制御部Ucは、上述した(s)に記載されているように、上限出力関連値 M_{max} が第1特性データに基づいて特定されない場合、或いは、上限出力関連値 M_{max} が第1特性データに基づいて特定され且つ出力検出装置20によって検出された出力電流値I及び／又は出力電圧値Vが上限出力関連値 M_{max} の何れよりも大きいか若しくは小さい場合、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。

[0199] 上限出力関連値 M_{max} とは、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しく且つ出力電力値Pが出力検出装置20によって検出された出力電力値Pに等しい場合において熱発電モジュール10Mから出力されるであろう出力電流値I及び／又は出力電圧値Vである。

[0200] 例えば、図13に示すように、ある時点において出力検出装置20によっ

て検出された出力電力値 P_a が、熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しいときの最大出力電力値 P_p （即ち、臨界出力電力値 P_{max} ）に等しい場合（白抜きの丸印を参照）、熱電発電モジュール 10M から出力されるであろう出力電流値 I_a 及び／又は出力電圧値 V_a （図示せず）は 1 つだけ存在する。第 7 装置に関して図 11 を参照しながら説明したように、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いときの出力関連値 M_{out} のプロットは基準曲線 CS の外側に存在する。従って、この時点における高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い場合、上記のようにして特定される 1 つの上限出力関連値 M_{max} （即ち、1 つの出力電流値 I_a 及び／又は出力電圧値 V_a ）よりも大きいか又は小さい出力関連値 M_{out} が出力検出装置 20 によって検出される。換言すれば、上記のようにして特定される 1 つの上限出力関連値 M_{max} よりも大きいか又は小さい出力関連値 M_{out} が出力検出装置 20 によって検出される場合、この時点における高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断することができる。

[0201] 一方、ある時点において出力検出装置 20 によって検出された出力電力値 P_b が臨界出力電力値 P_{max} よりも小さい場合（黒塗りの丸印を参照）、熱電発電モジュール 10M から出力されるであろう出力電流値 I_b 及び／又は出力電圧値 V_b （図示せず）は 2 つ存在する。上記のように、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いときの出力関連値 M_{out} のプロットは基準曲線 CS の外側に存在する。従って、この時点における高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い場合、上記のようにして特定される 2 つの上限出力関連値 M_{max} （即ち、2 つの出力電流値 I_a 及び／又は出力電圧値 V_a ）の何れよりも大きいか又は小さい出力関連値 M_{out} が出力検出装置 20 によって検出される。換言すれば、上記のようにして特定される 2 つの上限出力関連値 M_{max} の何れよりも大きいか又は小さい出力関連値 M_{out} が出力検出装置 20 によって検出される場合、この時点における高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断することが

できる。

[0202] 更に、ある時点において出力検出装置 20 によって検出された出力電力値 P_c が臨界出力電力値 P_{max} よりも大きい場合、熱電発電モジュール 10 M から出力されるであろう出力電流値及び／又は出力電圧値を第 1 特性データに基づいて特定することはできない（基準曲線 CS 上に該当する点は存在しない）。この場合もまた、この時点における高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断することができる。

[0203] 従って、第 8 装置が備える制御部 Uc は、上述したように、以下の 2 つの場合に、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断するように構成されている。

(I) 熱源温度差 ΔT_s が上限熱源温度差 ΔT_{max} に等しく且つ出力電力値 P が出力検出装置によって検出された出力電力値 P に等しい場合において熱電発電モジュール 10 M から出力される出力電流 I 及び／又は出力電圧 V である上限出力関連値 M_{max} が第 1 特性データに基づいて特定されない場合、或いは

(II) 上限出力関連値 M_{max} が第 1 特性データに基づいて特定され且つ出力検出装置 20 によって検出された出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V が上限出力関連値 M_{max} の何れよりも大きいか若しくは小さい場合。

[0204] 〈効果〉

以上のように、第 8 装置においては低温熱源温度 T_c が一定の温度に維持されている。そこで、第 8 装置は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} に等しい場合において出力電力値 P が出力検出装置 20 によって検出された出力電力値 P に等しいときに熱電発電モジュール 10 M から出力されるであろう出力電流 I 及び／又は出力電圧 V である上限出力関連値 M_{max} に基づき、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。従って、第 8 装置においては、高温側界面温度 T_{bh} そのものを特定すること無く上記判断が実施される。即ち、第 8 装置によれば、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するために必要とされ

る演算処理負荷を軽減することができる。

[0205] 《第9実施形態》

以下、本発明の第9実施形態に係る熱電発電装置（以降、「第9装置」と称呼される場合がある。）について説明する。

[0206] 〈構成〉

前述したように、本発明に係る熱電発電装置（本発明装置）においては、高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} 以下であると判断された場合は、出力電力値 P が最大となるように出力調整装置30を制御して出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V を変更する制御である出力最大化制御を実行するように制御部 U_c を構成してもよい。この場合、詳しくは後述するように、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するための演算処理負荷を更に軽減することができる。

[0207] そこで、第9装置は、これまで説明してきた第1装置乃至第8装置を始めとする種々の本発明装置の何れか1つの熱電発電装置であって、以下の（t）乃至（w）に記載された特徴を更に備える。

[0208] （t）制御部 U_c は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} 以下であると判断された場合は、出力電力値 P が最大となるように出力調整装置30を制御して出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V を変更する制御である出力最大化制御を実行するように構成されている。

[0209] 出力最大化制御の具体例としては、上述した「最大電力点追従制御」（MPPT）を挙げることができる。最大電力点追従制御（MPPT）は、例えば、コントローラの電流制御により発電モジュールからの出力電流値 I を徐々に増やし、これに伴って出力電力値 P が増えれば更に出力電流値 I を増やし、逆に出力電力値 P が減れば出力電流値 I を減らすことにより、出力電力値 P を最大化する方法である。

[0210] （u）制御部 U_c は、出力最大化制御の実行時における熱源温度差 ΔT_s と、出力関連値 M_{out} に含まれる複数の検出値の組のうちの少なくとも1つの検出値である指標検出値 M_{index} と、の関係を表すデータである第

2特性データを第1特性データとして格納している。

[0211] 第2特性データもまた、上述した第1特性データと同様に、第9装置を用いる事前の実験等によって予め求めることができる。また、第2特性データもまた、第1特性データと同様に、制御部が備えるメモリ（ROM）等の記憶装置に格納しておくことができる。

[0212] 第2特性データは、熱源温度差 ΔT_s と指標検出値M i n d e xとの関係を表すデータである限り、特に限定されない。例えば、第2特性データは、熱源温度差 ΔT_s と最大出力電力値 P_p と対応する特定の出力電流値 I_p 又は出力電圧値 V_p との関係を表す1つのデータテーブル又はデータマップであってもよい。或いは、第2特性データは、熱源温度差 ΔT_s と最大出力電力値 P_p と対応する特定の出力電流値 I_p 又は出力電圧値 V_p との関係を表す1つの関数であってもよい。

[0213] 何れにせよ、出力最大化制御の実行に伴い、それぞれの熱源温度差 ΔT_s に対応する出力電力値 P 、出力電流値 I 及び出力電圧値 V が一意に定まる。従って、それぞれの熱源温度差 ΔT_s において出力電力値 P 、出力電流値 I 及び出力電圧値 V が変化する第1特性データに比べて、第2特性データの情報量が少なく、第2特性データを格納するための記憶媒体の容量を低減することができる。また、熱源温度差 ΔT_s 及び／又は上限熱源温度差 ΔT_{max} を特定するために必要とされる演算処理を簡素化することができる。

[0214] (v) 制御部 U_c は、出力検出装置20によって検出された指標検出値M i n d e xから第2特性データに基づいて熱源温度差 ΔT_s を特定するように構成されている。

[0215] 上記のように第9装置においては、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} 以下であると判断された場合、出力最大化制御が実行され、その時々熱源温度差 ΔT_s に応じて出力電力値 P が最大となるように出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V が制御される。換言すれば、それぞれの熱源温度差 ΔT_s に応じて、図2に示した特定の出力電流値 I_p （及び特定の出力電圧値 V_p ）となるように出力調整装置30が制御され、対応する最大出力電力値

P_p が達成される。即ち、それぞれの熱源温度差 ΔT_s に対応する出力電力値 P 、出力電流値 I 及び出力電圧値 V が一意に定まる。

[0216] 従って、第9装置においては、熱電発電モジュール10Mにおける熱源温度差 ΔT_s と出力電力値 P 並びに出力電流値 I 及び／又は出力電圧値 V との関係を表す第1特性データを参照するまでもなく、出力関連値 M_{out} に含まれる複数の検出値の組のうちの少なくとも1つの検出値である指標検出値 M_{index} によって熱源温度差 ΔT_s 及び／又は上限熱源温度差 ΔT_{max} を特定することができる。

[0217] (w) 制御部 U_c は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合は、出力最大化制御の実行を停止し、出力調整装置30を制御して出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させるように構成されている。即ち、制御部 U_c は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いと判断された場合は、上述したように出力電流値 I を増大させるか又は出力電圧値 V を減少させることにより熱電変換素子10Eの高温側界面温度 T_{bh} を下げる制御ルーチン（冷却制御ルーチン）を実行するように構成されている。

[0218] 〈効果〉

第9装置によれば、上述した種々の本発明装置と同様に、熱電変換素子10Eの高温熱源側界面温度 T_{bh} を迅速且つ効果的に下げることができるので、熱電変換素子10Eの破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電装置を稼働させることができる。加えて、第9装置においては、上述したように第1特性データに比べて少ないデータ容量を有する第2特性データを用いて冷却制御ルーチンを実行することができる。従って、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断するための演算処理負荷を更に軽減することができる。

実施例 1

[0219] ここで、本発明の実施例1に係る熱電発電装置の1つの具体例（以降、「実施例装置101」と称呼される場合がある。）について、図14及び図1

5等を参照しつつ、以下に詳しく説明する。

[0220] 図14は、本発明装置の1つの具体例としての熱電発電装置（実施例装置101）の構成を示す模式図である。実施例装置101は、熱電発電モジュール10Mと、出力検出装置20と、出力調整装置30と、温度検出装置40と、制御部50と、を備える。

[0221] 熱電発電モジュール10Mは、高温熱源10Hと低温熱源10Cとの間の温度差である熱源温度差 ΔT_s により発電する熱電変換素子（図示せず）を含む。熱電変換素子は、前述したように、交互に直列に電氣的に接続された複数の異なる2種の熱電半導体によって形成された直列電気回路によって構成され（何れも図示せず）、高温熱源10Hと低温熱源10Cとによって挟持されている。

[0222] 出力検出装置20は、熱電発電モジュール10Mから出力される電力である出力電力の大きさである出力電力値Pと、熱電発電モジュール10Mから出力される電流の大きさである出力電流値I及び／又は電圧の大きさである出力電圧値Vと、を検出する。出力調整装置30は、出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを変化させる。温度検出装置40は、高温側界面温度 T_{bh} に相関を有する状態量の値を検出する。制御部50は、出力調整装置30を制御して出力電流値I及び／又は出力電圧値Vを制御する。

[0223] 実施例装置101においては、出力調整装置30としてのDC-DCコンバータ（以降、「DC-DCコンバータ30」と称呼される。）が熱電発電モジュール10Mに接続されている。また、DC-DCコンバータ30は、出力検出装置20及び温度検出装置40をも含み、熱電発電モジュール10Mからの出力電力を昇圧及び平滑化して、バッテリー等の電力供給先（負荷）200に電力を供給する。更に、DC-DCコンバータ30は制御部50としても機能する。

[0224] 低温熱源10Cには2つの熱電対40x及び40yが配設されており、これら2つの熱電対40x及び40yはDC-DCコンバータ30に含まれる温度検出装置40に接続されている。

- [0225] 図15は、図14において破線によって囲まれている部分Aの拡大図であり、低温熱源10Cにおける2つの熱電対40x及び40yの配設箇所（即ち、測温点Dm1及びDm2）付近を示している。一方の熱電対40xに対し他方の熱電対40yは高温熱源10Hと低温熱源10Cとが熱電発電モジュール10Mを挟持している方向（即ち、これらの積層方向）に所定の距離だけ離れて配置されている。即ち、温度センサとしての熱電対40x及び40yを備える温度検出装置40は、熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の流れ方向である熱流方向において所定の間隔Lm12だけ離れて位置する2つの測温点である第1測温点Dm1及び第2測温点Dm2の温度である第1測温点温度Tm1及び第2測温点温度Tm2をそれぞれ検出するように構成されている。
- [0226] また、DC-DCコンバータ30が備える記憶装置（図示せず）には、熱電発電モジュール10Mの様々な熱源温度差 ΔT_s 毎の出力電力値VPと出力電流値Iとの関係を示すデータが格納されている。このデータは、前述した熱電発電モジュール10Mにおける熱源温度差 ΔT_s と出力電力値Pと出力電流値I及び/又は出力電圧値Vとの関係を表すデータである第1特性データに対応する。
- [0227] 制御部50としても機能するDC-DCコンバータ30が備える電子制御回路（ECU）を構成するCPUは、メモリ（ROM）に格納されたインストラクション（ルーチン）を実行することにより、以下に説明する処理を実行する。
- [0228] 制御部50は、温度センサとしての熱電対40x及び40yによって検出された2つの測温点Dm1及びDm2の温度（第1測温点温度Tm1及び第2測温点温度Tm2）の差、熱流方向における第1測温点Dm1と第2測温点Dm2との間の領域の熱伝導率 λ_{m12} 及び熱通過面積 A_{m12} 、並びに熱流方向における第1測温点Dm1と第2測温点Dm2との距離Lm12から、前述した式（1）に基づいて、熱電発電モジュール10Mを経由して高温熱源10Hから低温熱源10Cへと移動する熱量の大きさである貫通熱量

Wを算出する。そして、制御部50は、第1測温点温度 T_{m1} 及び／又は第2測温点温度 T_{m2} 、熱流方向における第1測温点 D_{m1} 及び／又は第2測温点 D_{m2} と高温側界面 B_h との間の領域の熱伝導率（ λ_{bhm1} 及び／又は λ_{bhm2} ）及び熱通過面積（ A_{bhm1} 及び／又は A_{bhm2} ）、貫通熱量W、並びに熱流方向における第1測温点 D_{m1} 及び／又は第2測温点 D_{m2} と高温側界面 B_h との距離（ L_{bhm1} 及び／又は L_{bhm2} ）に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} を特定する。以上の処理は、上述した図9のフローチャートにおけるステップS10に対応する。

[0229] 次に、上記のようにして特定された高温側界面温度 T_{bh} が所定の上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。この処理は、上述した図9のフローチャートにおけるステップS20に対応する。

[0230] 高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} 以下である場合、制御部50は、上述したように、通常時に実行される制御ルーチン（通常制御ルーチン）に従って出力調整装置30を制御し、出力電流値Iを制御する。この処理は、上述した図9のフローチャートにおけるステップS90に対応する。一方、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い場合、制御部50は、出力電流値Iを増大させることにより熱電変換素子10Eの高温側界面温度 T_{bh} を下げる制御ルーチン（冷却制御ルーチン）を実行する。この処理は、上述した図9のフローチャートにおけるステップS30に対応する。

[0231] 実施例装置101によれば、DC-DCコンバータ30が備える電子制御回路（ECU）を構成するCPUが上記ルーチンを所定の時間間隔にて繰り返し実行することにより、高温側界面温度 T_{bh} を上限温度 T_{max} 以下に維持して熱電発電素子10Eの破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電モジュール10Mを稼働させることができる。

実施例 2

[0232] ここで、本発明の実施例に係る熱電発電装置のもう1つの具体例（以降、「実施例装置102」と称呼される場合がある。）について、図16及び図17を参照しつつ、以下に詳しく説明する。実施例装置102は、基本的に

は、上述した実施例装置 101 と同様の構成を有する熱電発電装置である。

[0233] 但し、実施例装置 101 においては、上述したように、温度検出装置 40 を構成する温度センサとして熱電対 40x 及び 40y によって検出された低温熱源 10C 内の測温点 D_{m1} 及び D_{m2} の温度等に基づいて算出される高温側界面温度 T_{bh} と上限温度 T_{max} との比較により、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。しかしながら、実施例装置 102 においては、出力検出装置 20 によって検出される出力電力値 P 等に基づいて、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いか否かを判断する。

[0234] 図 1 のグラフを参照しながら説明したように、実施例装置 102 においても、例えば熱電変換素子 10E の破損等の問題が生じない限り、熱源温度差 ΔT_s が大きくなるほど熱電発電モジュール 10M からの出力電力値 P が大きくなる。更に、図 2 のグラフを参照しながら説明したように、実施例装置 102 においても、熱電発電モジュール 10M からの出力電力値 P は、特定の電流値 I_p において最大値（最大出力電力値 P_p ）となる。換言すれば、この特定の出力電流 I_p 未満の領域においては出力電流値 I が大きくなるほど出力電力値 P が大きくなり、この特定の出力電流 I_p 以上の領域においては出力電流値 I が大きくなるほど出力電力値 P が小さくなる。加えて、図 8 のグラフを参照しながら説明したように、実施例装置 102 においても、出力電流値 I を増大させると、それに伴って熱電発電モジュール 10M を構成する熱電変換素子 10E の高温熱源 10H 側の界面の温度（高温側界面温度 T_{bh} ）が低下する。

[0235] 上記のような熱電発電モジュール 10M の特性及び高温側界面温度 T_{bh} の上限（上限温度 T_{max} ）は、熱電発電モジュール 10M を構成する熱電半導体（10N 及び 10P）の材料及び当該熱電半導体によって形成される熱電変換素子 10E の構成等によって異なる。尚、実施例装置 102 においては、熱電発電モジュール 10M の上限温度 T_{max} は 280°C であり、高温側界面温度 T_{bh} が 280°C 以下である場合、前述した最大電力点追従制

御 (MPP T) を通常制御ルーチンとして実行するように制御部 50 が構成されているものとする。また、以下の説明においては、熱電発電モジュール 10 M を構成する熱電変換素子 10 E の低温熱源 10 C の温度 (低温熱源温度 T_c) は常に 30°C において一定の温度に維持されているものとする。

[0236] ここで、図 16 及び図 17 のグラフを参照しながら、実施例装置 102 において実行される高温側界面温度 T_{bh} の制御について詳しく説明する。図 16 における実線の曲線は、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} (280°C) に等しい状態 (状態 a) における出力電流値 I と出力電力値 P との関係を示す。上述したように低温熱源温度 T_c は 30°C において一定であるので、このときの熱源温度差 ΔT_s は 250°C ある。実施例装置 102 においては、上述したように高温側界面温度 T_{bh} が 280°C 以下である場合、通常制御ルーチンとして MPP T が実行される。その結果、出力電流値 I が約 3.3 A (I_{max}) となるように調整され、約 24 W (臨界出力電力値 P_{max}) の出力電力 P_a が出力される。この状態 a は、図 17 のグラフ (タイムチャート) における点 A に該当する。

[0237] 一方、図 16 における破線の曲線は、例えば高温熱源 10 H としての内燃機関からの排気の温度 (即ち、高温熱源温度 T_h) が高負荷運転等の原因により上昇し、図 16 のグラフにおける矢印 F1 によって示すように、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} (280°C) よりも高い温度に到達した状態 (状態 b) における出力電流値 I と出力電力値 P との関係を示す。高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高い温度へと上昇したことに伴い界面温度差 ΔT_s が増大する。その結果、このときの出力電流値 I は上記状態 a における出力電流 I に等しい ($= I_{max}$) にもかかわらず、出力電力値 P が P_a (即ち、 $P_{max} = \text{約 } 24\text{ W}$) から P_b (約 32.5 W) へと増大している。このように、出力電流値 I が変動しなくとも高温側界面温度 T_{bh} が変動することにより出力電力値 P は変動する。

[0238] 即ち、上記状態 b における出力電力 P_b は臨界出力電力値 P_{max} よりも大きい。臨界出力電力値 P_{max} は、前述したように、高温側界面温度 T_b

h が上限温度 T_{max} に等しいときに得られる最大電力 P_p である。従って、ある時点における出力電力値 P が臨界出力電力値 P_{max} よりも大きいということは、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} よりも高いことを意味する。

[0239] そこで、出力調整装置30及び制御部50としてのDC-DCコンバータは、上述した冷却制御ルーチンに従い、熱電発電モジュール10Mからの出力電流値 I を増大させる。この例においては、図16のグラフにおける矢印F2によって示すように、出力電流 I を約3.3Aから約7Aへと増大させる(状態c)。

[0240] 上記により、熱電発電モジュール10Mを構成する熱電変換素子10Eの熱伝導率が大きくなり、高温熱源側の界面(高温側界面 B_h)から低温熱源側の界面(低温側界面 B_c)への熱の移動が促進される。その結果、図17のタイムチャートにおける点Cに示すように、高温側界面温度 T_{bh} が低下し、低温側界面温度 T_{bc} が上昇する。即ち、界面温度差 ΔT_b が小さくなるので、熱電発電モジュール10Mからの出力電力値 P は P_c (約22.5W)へと低下する。但し、図17に示すように、高温側界面温度 T_{bh} 及び低温側界面温度 T_{bc} の上記変化は熱電変換素子10Eの高温側界面 B_h と低温側界面 B_c との間における熱の移動に起因するものであり、高温熱源温度 T_h 及び低温熱源温度 T_c には実質的に影響しない。即ち、熱源温度差 ΔT_s は実質的に変化しない。

[0241] その後、例えば内燃機関の運転負荷の低下等に起因して排気の温度が低下する等して、高温熱源10Hの温度 T_h が低下しても、出力電流値 I は状態cにおける大きい値のまま変化せず、熱電変換素子10Eの熱伝導率もまた大きいままである。従って、高温熱源側の界面 B_h から低温熱源側の界面 B_c へと移動する熱量も大きいままであるので、図17のタイムチャートにおける点Dに示すように、高温側界面温度 T_{bh} が低下し、やがて上限温度 T_{max} (280°C)よりも低い温度に到達する。その結果、界面温度差 ΔT_b が更に小さくなり、出力電力値 P も更に小さくなる。

[0242] 上記のようにして高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} 未満にまで低下したら、制御部 50 としての DC-DC コンバータ 30 は、通常制御ルーチンに従って出力調整装置 30 を制御し、出力電流値 I を制御する。具体的には、DC-DC コンバータ 30 は、出力電力値 P が最大となるように出力調整装置としての DC-DC コンバータ 30 を制御して出力電流値 I を変更する制御である出力最大化制御（この例においては、最大電力点追従制御（MPPT））を実行するように構成されている。その結果、図 17 のタイムチャートにおける点 E に示すように、やがて高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} の近傍へと戻り、これに合わせて、図 16 のグラフにおける矢印 F3 によって示すように、出力電流値 I が I_{max} へと戻り、出力電力値 P が $P_a (= P_{max})$ へと戻る。即ち、状態 c から状態 a へと戻る。

[0243] 以上のように、実施例装置 102 によれば、出力検出装置 20 によって検出される熱電発電モジュール 10M からの出力電流値 I 及び出力電力値 P と制御部 50 が備える記憶装置に格納された第 1 特性データとに基づき、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} より高いと判断された場合は、出力調整装置 30 によって出力電流値 I を増大させて熱電発電モジュール 10M の高温熱源 10H 側の界面の温度（高温側界面温度 T_{bh} ）を低下させる冷却制御を実行する。一方、高温側界面温度 T_{bh} が上限温度 T_{max} 以下であると判断された場合は、出力電力値 P が最大となるように出力調整装置 30 を制御して出力電流値 I を変更する制御である出力最大化制御（この例においては、MPPT）を実行する。

[0244] 上記により、実施例装置 102 においても、高温側界面温度 T_{bh} を上限温度 T_{max} 以下に維持して熱電発電素子 10E の破損を防止しつつ高い発電効率にて熱電発電モジュール 10M を稼働させることができる。

[0245] 以上、本発明を説明することを目的として、特定の構成を有する幾つかの実施形態及び実施例につき、時に添付図面を参照しながら説明してきたが、本発明の範囲は、これらの例示的な実施形態及び実施例に限定されると解釈されるべきではなく、特許請求の範囲及び明細書に記載された事項の範囲内

で、適宜修正を加えることが可能であることは言うまでも無い。

符号の説明

[0246] 10M…熱電発電モジュール、10E…熱電変換素子、10N及び10P…熱電半導体、10H…高温熱源、10C…低温熱源、11H…支持基板（高温熱源側）、11C…支持基板（低温熱源側）、12H…電極（高温熱源側）、12C…電極（低温熱源側）、20…出力検出装置、30…出力調整装置（DC-DCコンバータ）、40…温度検出装置、40x及び40y…熱電対、50…制御部、100…熱電発電装置（第1装置）、101及び102…熱電発電装置（実施例装置）、並びに200…電力供給先（負荷）。

請求の範囲

[請求項1] 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電す

る熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、

を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電変換モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されている、

熱電発電装置。

[請求項2] 請求項1に記載された熱電発電装置であって、

前記温度検出装置は、前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向において所定の間隔だけ離れて位置する2つの前記測温点である第1測温点及び第2測温点の温度である第1測温点温度及び第2測温点温度をそれぞれ検出するように構成されており、

前記制御部は、

前記第1測温点温度と前記第2測温点温度との差、前記熱流方向における前記第1測温点と前記第2測温点との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記第1測温点と前記第

2 測温点との距離に基づいて、前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の大きさである貫通熱量を特定し、

前記第 1 測温点温度及び／又は前記第 2 測温点温度、前記熱流方向における前記第 1 測温点及び／又は前記第 2 測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、前記貫通熱量、並びに前記熱流方向における前記第 1 測温点及び／又は前記第 2 測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いか否かを判断する、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項3]

請求項 1 に記載された熱電発電装置であって、

前記低温熱源に含まれる少なくとも 1 つの箇所である低温側測温点の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記制御部は、

前記測温点温度と前記低温側測温点温度との差、前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記低温側測温点との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記低温側測温点との距離に基づいて、前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の大きさである貫通熱量を特定し、

前記測温点温度、前記熱流方向における前記測温点及び／又は前記低温側測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、前記貫通熱量、並びに前記熱流方向における前記測温点及び／又は前記低温側測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いか否かを判断する、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項4]

請求項1に記載された熱電発電装置であって、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記出力関連値から前記第1特性データに基づいて特定される前記熱源温度差、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記熱源温度差が生じている領域の長さに基づいて、前記貫通熱量を特定し、

前記測温点温度、前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、前記貫通熱量、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いか否かを判断する、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項5]

請求項1に記載された熱電発電装置であって、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記出力関連値から前記第1特性データに基づいて特定される前記熱源温度差、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記熱源温度差が生じている領域の長さに基づいて、前記貫通熱量を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記測温点が前記高温側界面よりも前記高温熱源に近い場合は前記貫通熱量が前記上限貫通熱量よりも小さいときに前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断し、前記測温点が前記高温側界面よりも前記低温熱源に近い場合は前記貫通熱量が前記上限貫通熱量よりも大きいときに前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、

ように構成されている、

熱電発電装置。

[請求項6]

請求項1に記載された熱電発電装置であって、

前記低温熱源に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記出力関連値から前記第1特性データに基づいて前記熱源温度差を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記上限貫通熱量、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱源温度差が生じている領域の前記熱流方向における長さに基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記高温熱源と前記低温熱源との間の温度差である上限熱源温度差を特定し、

前記熱源温度差が前記上限熱源温度差よりも大きい場合、前記高

温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項7]

請求項1に記載された熱電発電装置であって、

前記低温熱源に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記上限貫通熱量、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱源温度差が生じている領域の前記熱流方向における長さに基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記高温熱源と前記低温熱源との間の温度差である上限熱源温度差を特定し、

前記熱源温度差が前記上限熱源温度差に等しく且つ前記出力電流

値及び／又は前記出力電圧値が前記出力検出装置によって検出された前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値に等しい場合において前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである上限出力電力値を前記第1特性データに基づいて特定し、

前記出力検出装置によって検出された前記出力電力値が前記上限出力電力値よりも大きい場合、前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項8]

請求項1に記載された熱電発電装置であって、

前記低温熱源に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記上限貫通熱量、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱源温度差が生じている領域の前記熱流方向における長さに基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記高温熱源と前記低温熱源との間の温度差である上限熱源温度差を特定し、

前記熱源温度差が前記上限熱源温度差に等しく且つ前記出力電力値が前記出力検出装置によって検出された前記出力電力値に等しい場合において前記熱電発電モジュールから出力される出力電流及び／又は出力電圧である上限出力関連値が前記第1特性データに基づいて特定されない場合、或いは、前記上限出力関連値が前記第1特性データに基づいて特定され且つ前記出力検出装置によって検出された前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値が前記上限出力関連値の何れよりも大きいか若しくは小さい場合、前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項9] 請求項4乃至請求項8の何れか1項に記載された熱電発電装置であって、

前記制御部は、

前記高温側界面温度が前記上限温度以下であると判断された場合は、前記出力電力値が最大となるように前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を変更する制御である出力最大化制御を実行するように構成されており、

前記出力最大化制御の実行時における前記熱源温度差と、前記出力関連値に含まれる前記複数の検出値の組のうちの少なくとも1つの検出値である指標検出値と、の関係を表すデータである第2特性データを前記第1特性データとして格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記指標検出値から前記第

2 特性データに基づいて前記熱源温度差を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断された場合は、前記出力最大化制御の実行を停止し、前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されている、
熱電発電装置。

補正された請求の範囲
[2019年3月27日 (27.03.2019) 国際事務局受理]

[請求項 1] (削除)

[請求項 2] (補正後) 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電する熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、

を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電発電モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されており、

前記温度検出装置は、前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向において所定の間隔だけ離れて位置する2つの前記測温点である第1測温点及び第2測温点の温度である第1測温点温度及び第2測温点温度をそれぞれ検出するように構成されており、

前記制御部は、

前記第1測温点温度と前記第2測温点温度との差、前記熱流方向における前記第1測温点と前記第2測温点との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記第1測温点と前記第2測温点との距離に基づいて、前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の大きさである貫通熱

量を特定し、

前記第 1 測温点温度及び／又は前記第 2 測温点温度、前記熱流方向における前記第 1 測温点及び／又は前記第 2 測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、前記貫通熱量、並びに前記熱流方向における前記第 1 測温点及び／又は前記第 2 測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いか否かを判断する

、
ように構成されている、

熱電発電装置。

[請求項 3] (補正後) 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電する熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、

を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電発電モジュールの何れかに含まれる少なくとも 1 つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されており、

前記低温熱源に含まれる少なくとも 1 つの箇所である低温側測温点の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記制御部は、

前記測温点温度と前記低温側測温点温度との差、前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記低温側測温点との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記低温側測温点との距離に基づいて、前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の大きさである貫通熱量を特定し、

前記測温点温度、前記熱流方向における前記測温点及び／又は前記低温側測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、前記貫通熱量、並びに前記熱流方向における前記測温点及び／又は前記低温側測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いか否かを判断する、
、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項 4] (補正後) 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電する熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、
を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電発電モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界

面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記出力関連値から前記第1特性データに基づいて特定される前記熱源温度差、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記熱源温度差が生じている領域の長さに基づいて、前記貫通熱量を特定し、

前記測温点温度、前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、前記貫通熱量、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いか否かを判断する、
ように構成されている、

熱電発電装置。

[請求項 5] (補正後) 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電する熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整

装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、

を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電発電モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記出力関連値から前記第1特性データに基づいて特定される前記熱源温度差、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記熱源温度差が生じている領域の長さに基づいて、前記貫通熱量を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並び

に前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記測温点が前記高温側界面よりも前記高温熱源に近い場合は前記貫通熱量が前記上限貫通熱量よりも小さいときに前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断し、前記測温点が前記高温側界面よりも前記低温熱源に近い場合は前記貫通熱量が前記上限貫通熱量よりも大きいときに前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、

ように構成されている、

熱電発電装置。

[請求項 6] (補正後) 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電する熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、

を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電発電モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されており、

前記低温熱源に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点

の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記出力関連値から前記第1特性データに基づいて前記熱源温度差を特定し、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記上限貫通熱量、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱源温度差が生じている領域の前記熱流方向における長さに基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記高温熱源と前記低温熱源との間の温度差である上限熱源温度差を特定し、

前記熱源温度差が前記上限熱源温度差よりも大きい場合、前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、

ように構成されている、

熱電発電装置。

[請求項 7] (補正後) 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差によ

り発電する熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、

を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電発電モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されており、

前記低温熱源に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱電発電モジュールを経由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱

伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記上限貫通熱量、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱源温度差が生じている領域の前記熱流方向における長さに基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記高温熱源と前記低温熱源との間の温度差である上限熱源温度差を特定し、

前記熱源温度差が前記上限熱源温度差に等しく且つ前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値が前記出力検出装置によって検出された前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値に等しい場合において前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである上限出力電力値を前記第1特性データに基づいて特定し、

前記出力検出装置によって検出された前記出力電力値が前記上限出力電力値よりも大きい場合、前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、

ように構成されている、

熱電発電装置。

[請求項 8]

(補正後) 高温熱源と低温熱源との間の温度差である熱源温度差により発電する熱電変換素子を含む熱電発電モジュールと、

前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値を変化させる出力調整装置と、

前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を制御する制御部と、

を備える熱電発電装置であって、

前記高温熱源、前記低温熱源、及び前記熱電発電モジュールの何れかに含まれる少なくとも1つの箇所である測温点の温度である測温点

温度を検出する温度検出装置を更に備え、

前記制御部は、少なくとも前記測温点温度に基づいて前記熱電変換素子の前記高温熱源側の界面である高温側界面の温度である高温側界面温度が所定の上限温度よりも高いと判断された場合に前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されており、

前記低温熱源に含まれる少なくとも1つの箇所である低温側測温点の温度である低温側測温点温度が一定の温度に維持されており、

前記熱電発電モジュールから出力される電力の大きさである出力電力値と、前記熱電発電モジュールから出力される電流の大きさである出力電流値及び／又は電圧の大きさである出力電圧値と、からなる複数の検出値の組である出力関連値を検出する出力検出装置を更に備え、

前記制御部は、

前記熱源温度差と前記出力関連値との関係を表すデータである第1特性データを予め格納しており、

前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記測温点温度と前記高温側界面温度との差、前記熱電発電モジュールを經由して前記高温熱源から前記低温熱源へと移動する熱量の流れ方向である熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との間の領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱流方向における前記測温点と前記高温側界面との距離に基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合において前記測温点から前記高温側界面へと移動する熱量の大きさである上限貫通熱量を特定し、

前記上限貫通熱量、前記熱源温度差が生じている領域の熱伝導率及び熱通過面積、並びに前記熱源温度差が生じている領域の前記熱流方向における長さに基づいて、前記高温側界面温度が前記上限温度に等しい場合における前記高温熱源と前記低温熱源との間の温度差である上限熱源温度差を特定し、

前記熱源温度差が前記上限熱源温度差に等しく且つ前記出力電力

値が前記出力検出装置によって検出された前記出力電力値に等しい場合において前記熱電発電モジュールから出力される出力電流及び／又は出力電圧である上限出力関連値が前記第1特性データに基づいて特定されない場合、或いは、前記上限出力関連値が前記第1特性データに基づいて特定され且つ前記出力検出装置によって検出された前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値が前記上限出力関連値の何れよりも大きいか若しくは小さい場合、前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断する、
ように構成されている、
熱電発電装置。

[請求項9] 請求項4乃至請求項8の何れか1項に記載された熱電発電装置であって、

前記制御部は、

前記高温側界面温度が前記上限温度以下であると判断された場合は、前記出力電力値が最大となるように前記出力調整装置を制御して前記出力電流値及び／又は前記出力電圧値を変更する制御である出力最大化制御を実行するように構成されており、

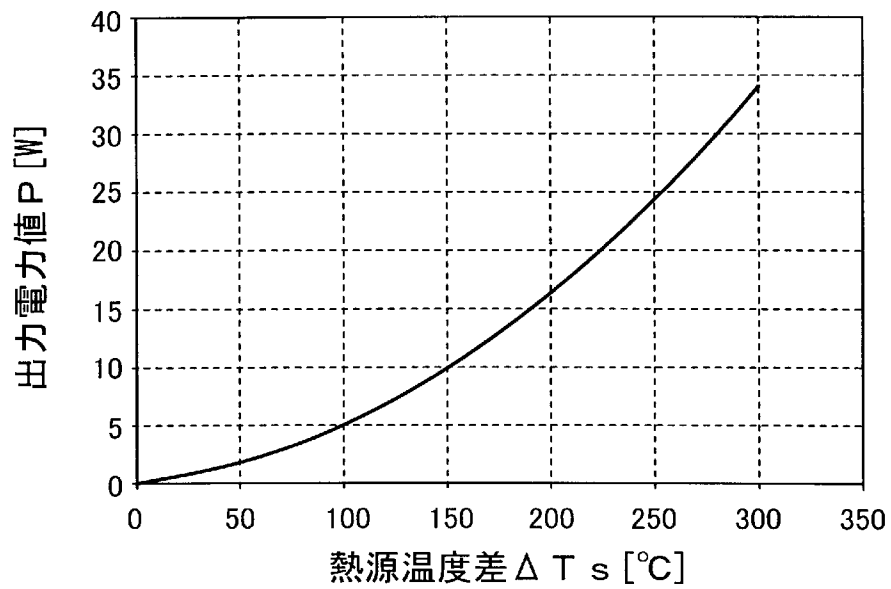
前記出力最大化制御の実行時における前記熱源温度差と、前記出力関連値に含まれる前記複数の検出値の組のうちの少なくとも1つの検出値である指標検出値と、の関係を表すデータである第2特性データを前記第1特性データとして格納しており、

前記出力検出装置によって検出された前記指標検出値から前記第2特性データに基づいて前記熱源温度差を特定し、

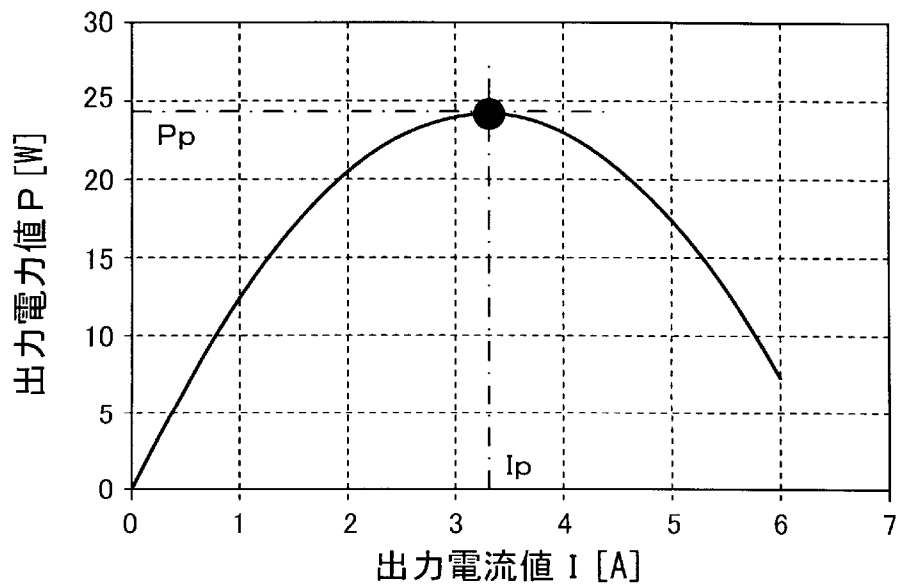
前記高温側界面温度が前記上限温度よりも高いと判断された場合は、前記出力最大化制御の実行を停止し、前記出力調整装置を制御して前記出力電流値を増大させるか又は前記出力電圧値を減少させるように構成されている、

熱電発電装置。

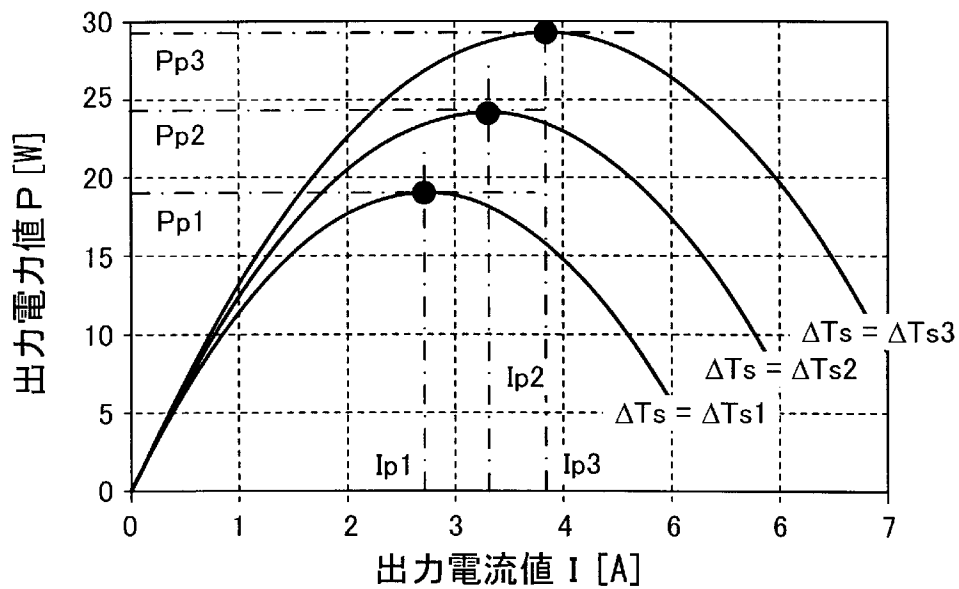
[図1]



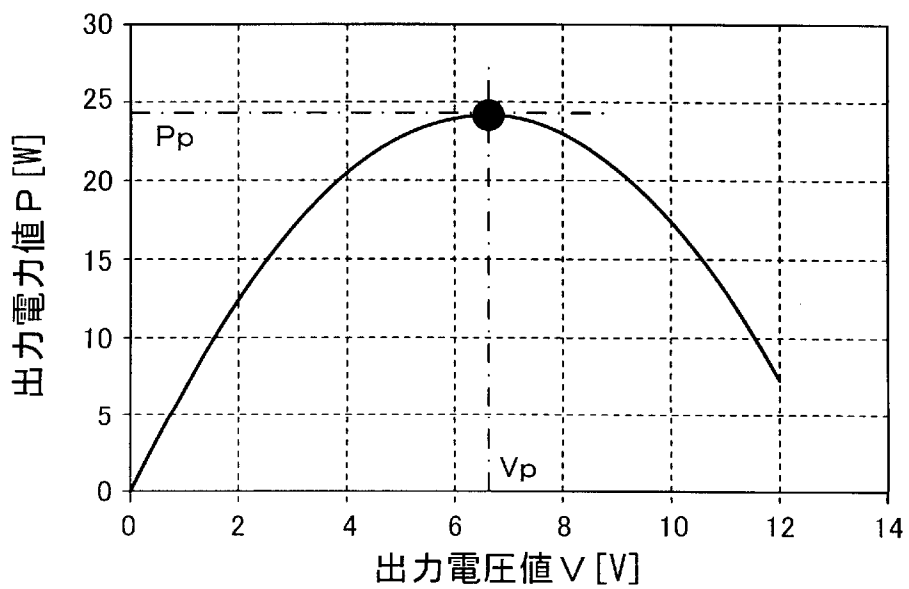
[図2]



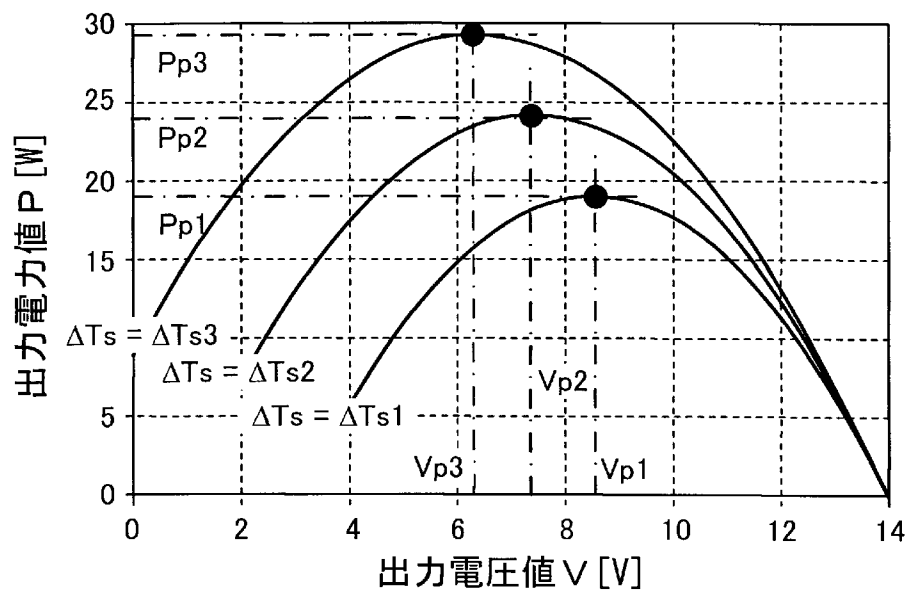
[図3]



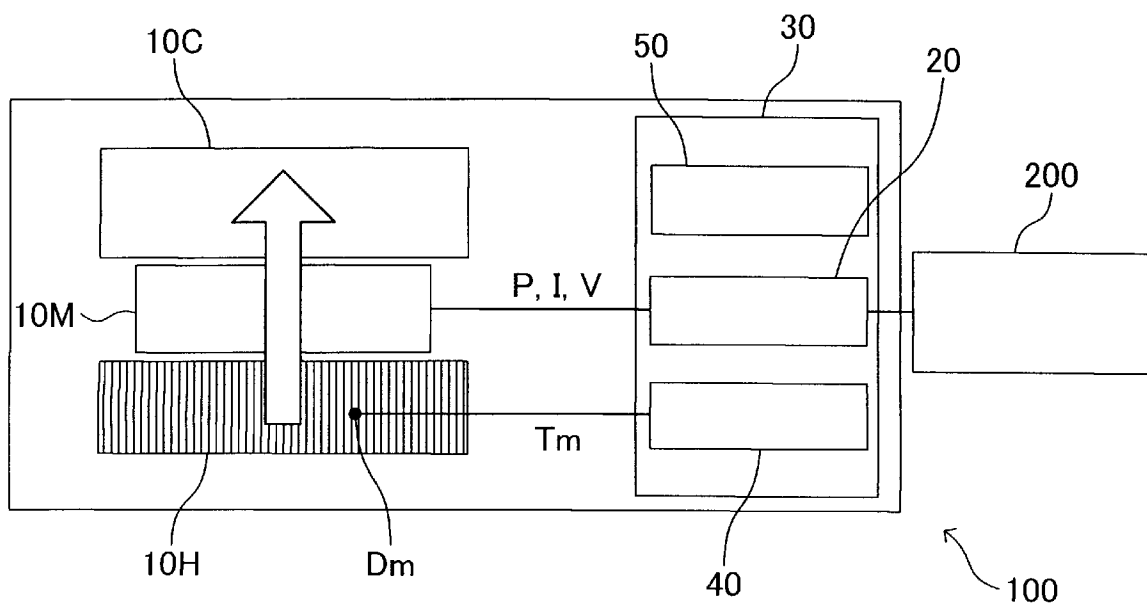
[図4]



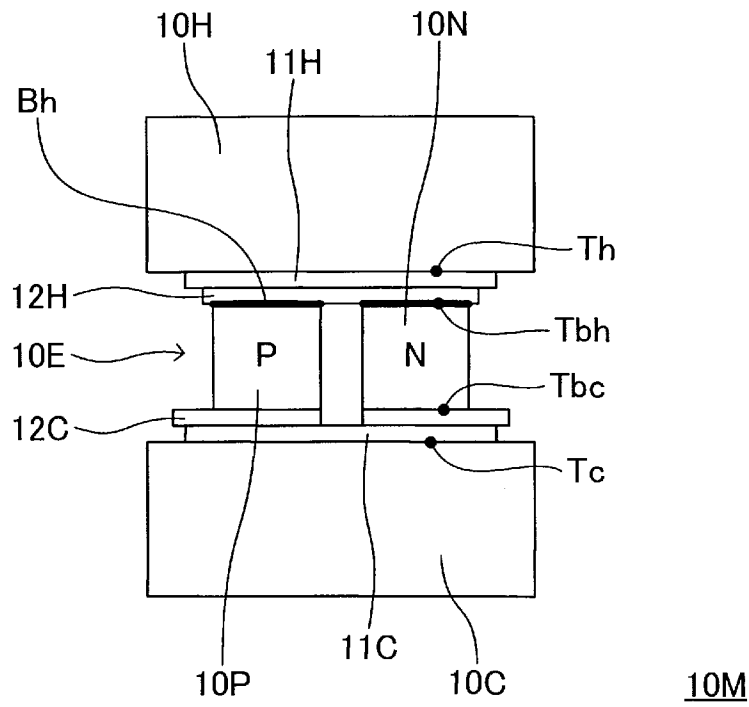
[図5]



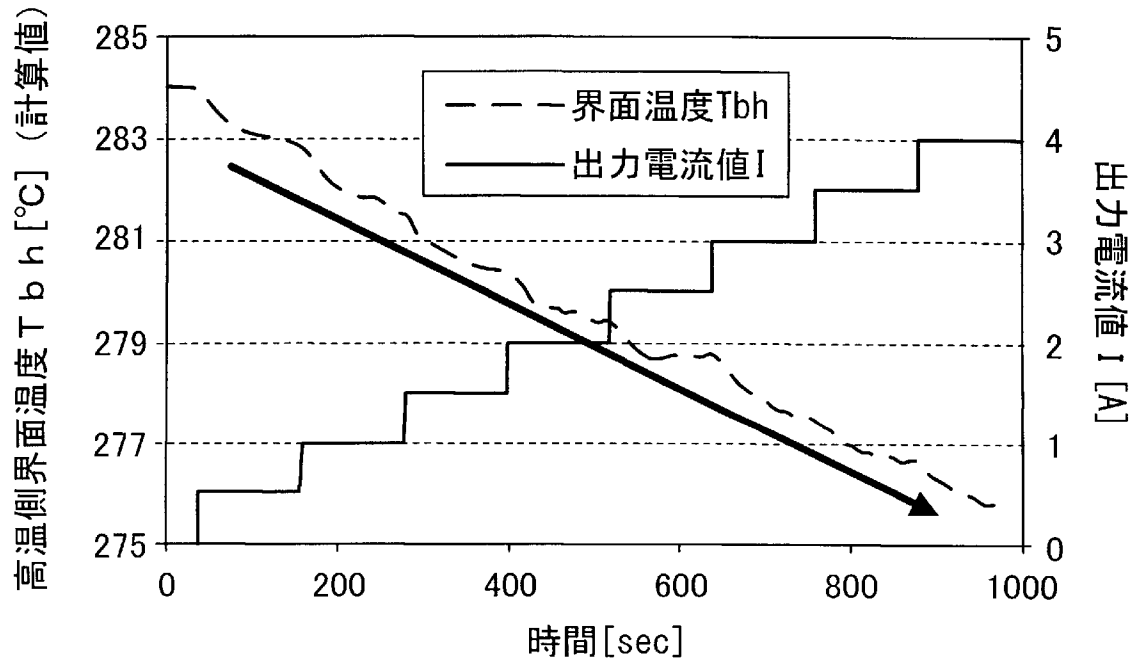
[図6]



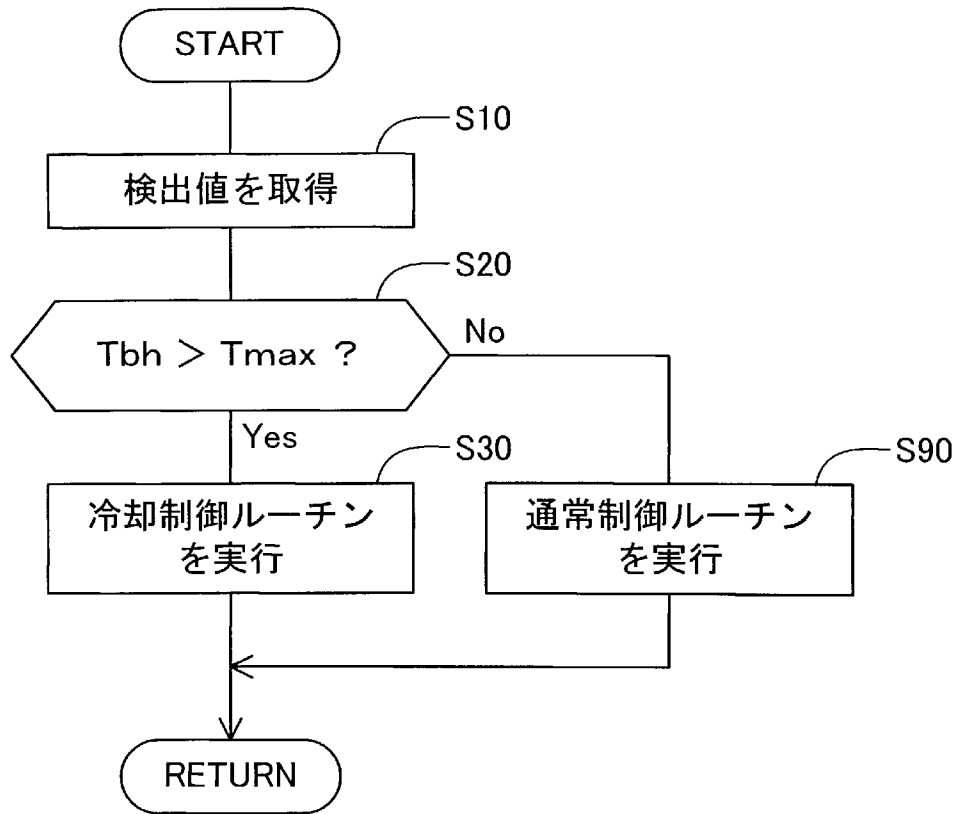
[図7]



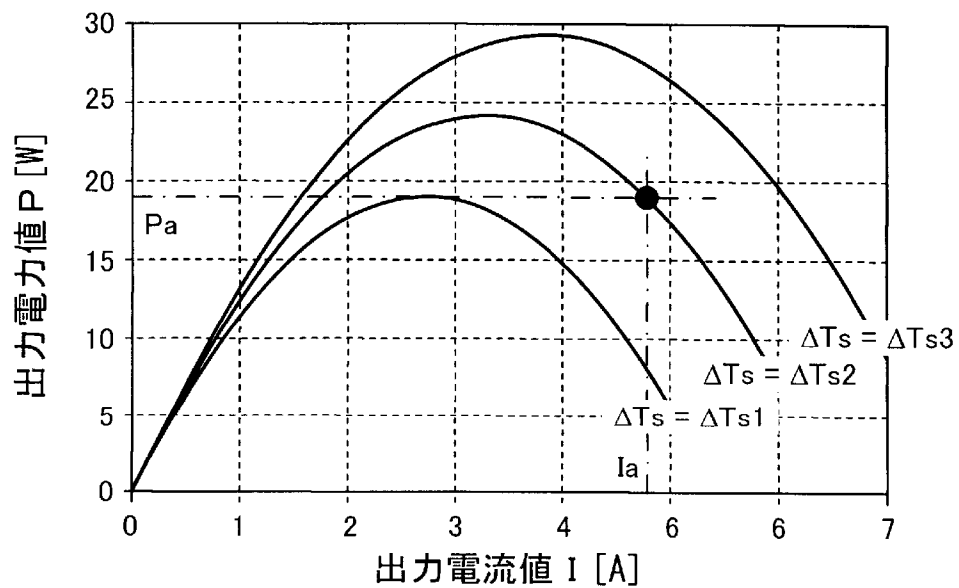
[図8]



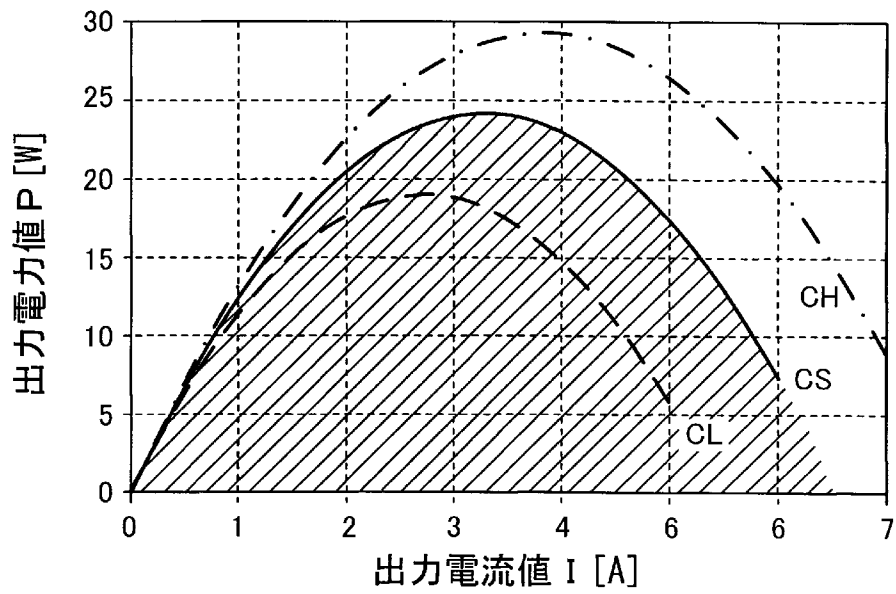
[図9]



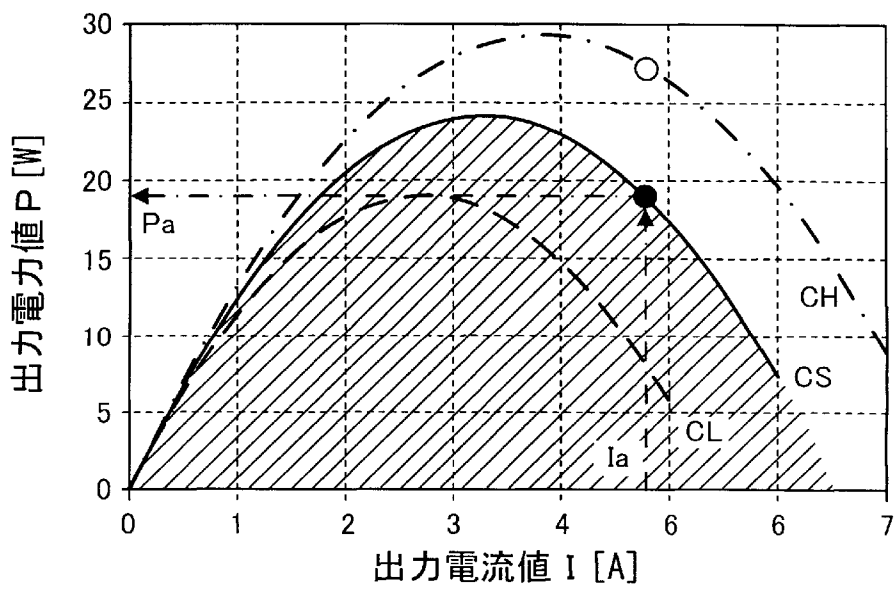
[図10]



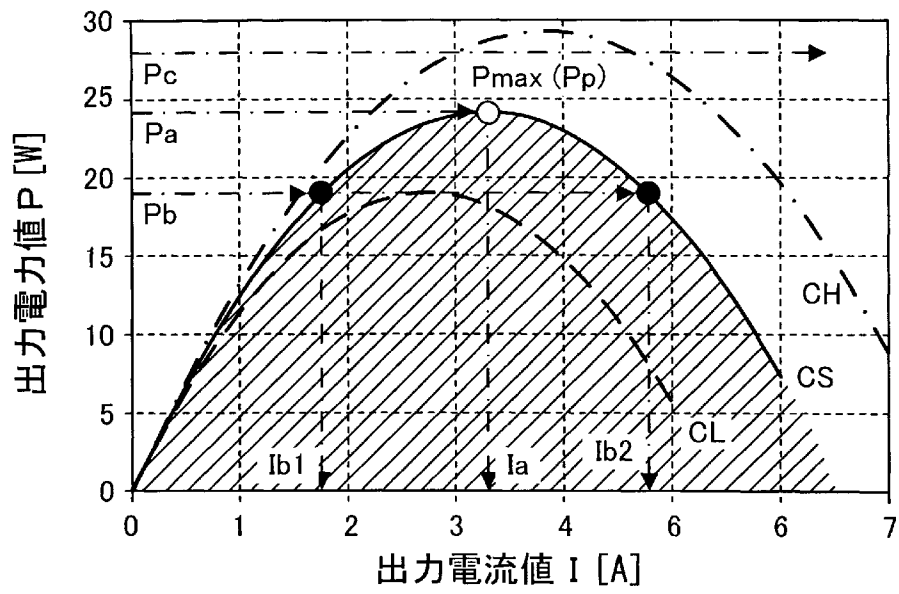
[図11]



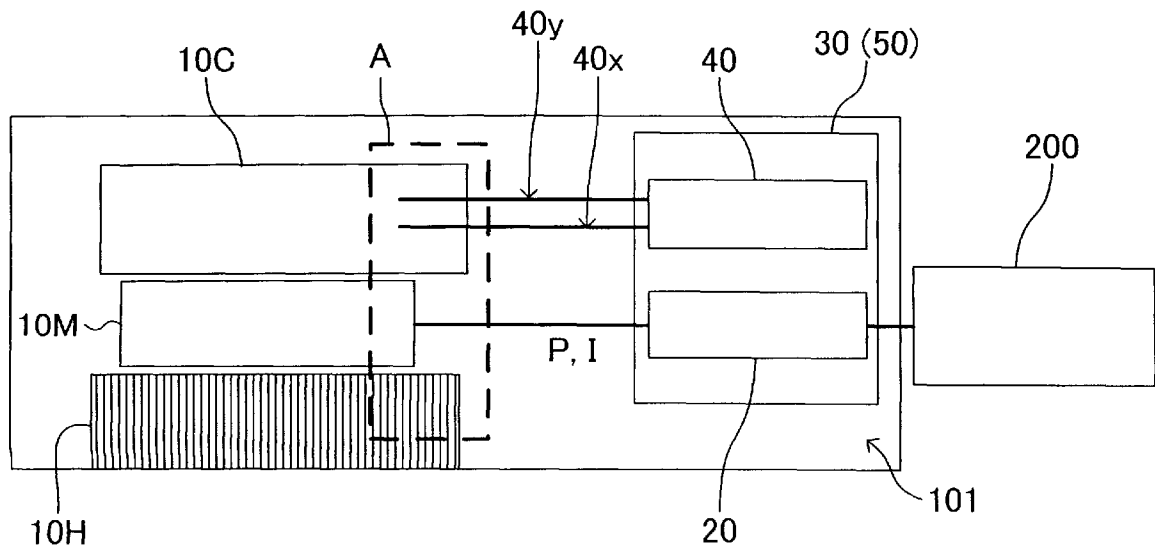
[図12]



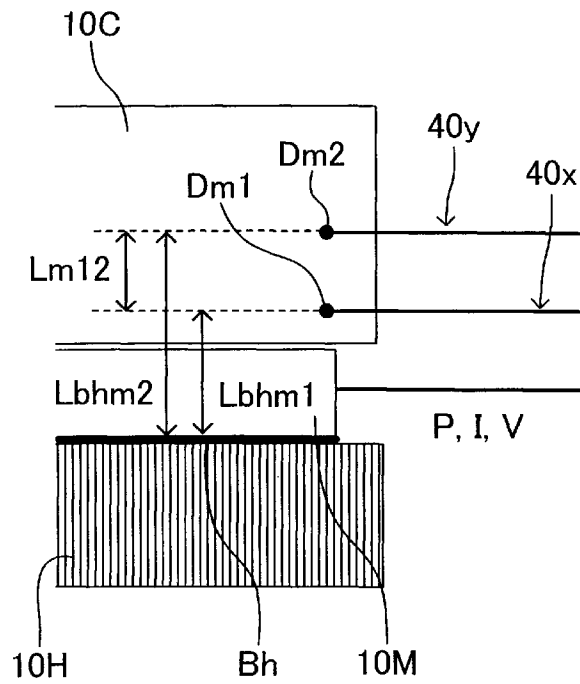
[図13]



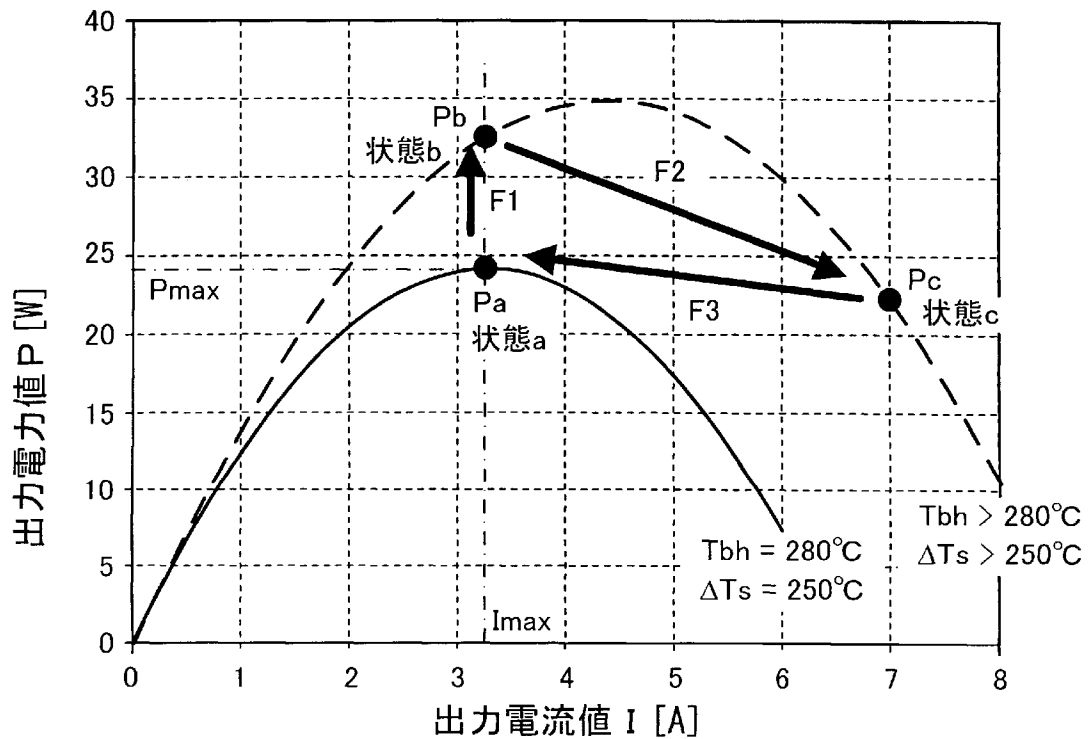
[図14]



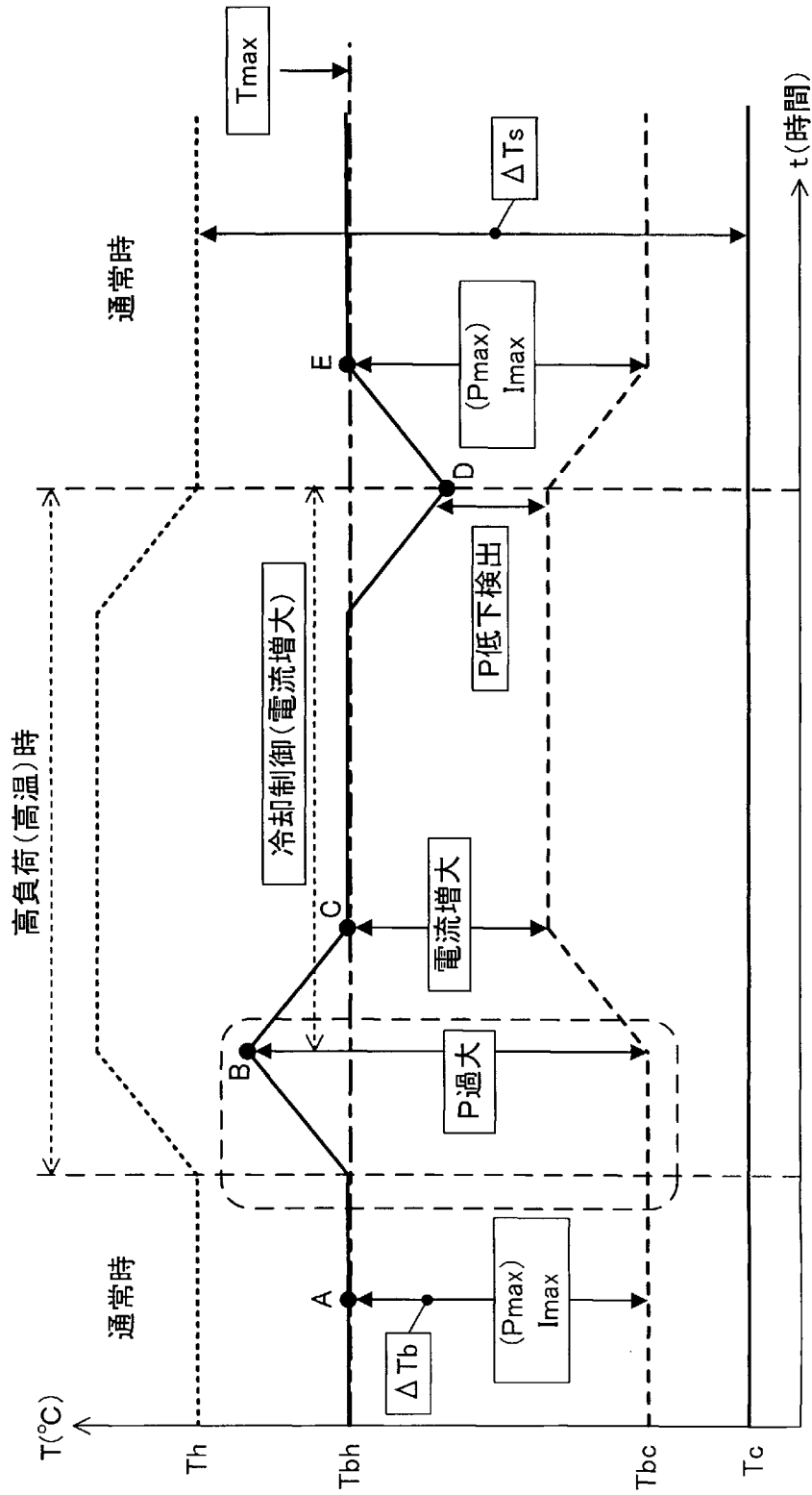
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/041121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02N11/00 (2006.01) i, H01L35/28 (2006.01) i, H01L35/32 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H02N11/00, H01L35/28, H01L35/32

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 A	JP 2015-188278 A (KELK LTD.) 29 October 2015, paragraphs [0004]-[0046], all drawings & US 2017/0125657 A1, paragraphs [0006]-[0061], all drawings & WO 2015/146411 A1 & CN 105940601 A	1 2-9
A	JP 2003-332641 A (SEIKO INSTRUMENTS INC.) 21 November 2003, paragraphs [0012]-[0025], all drawings (Family: none)	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 10.01.2019	Date of mailing of the international search report 22.01.2019
---	--

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

International application No.

PCT/JP2018/041121

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 2016-98931 A (MAZDA MOTOR CORP.) 30 May 2016, paragraphs [0056]-[0074], all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H02N11/00(2006.01)i, H01L35/28(2006.01)i, H01L35/32(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. H02N11/00, H01L35/28, H01L35/32			
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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019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	
X A	JP 2015-188278 A (株式会社K E L K) 2015.10.29, 段落 [0004] - [0046], 全図 & US 2017/0125657 A1 段落[0006]-[0061], 全図 & WO 2015/146411 A1 & CN 105940601 A	1 2-9	
A	JP 2003-332641 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2003.11.21, 段落 [0012] - [0025], 全図 (ファミリーなし)	1-9	
A	JP 2016-98931 A (マツダ株式会社) 2016.05.30, 段落 [0056]	1-9	
<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		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 10.01.2019		国際調査報告の発送日 22.01.2019	
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) 島倉 理	3V 4131 電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
	- [0074], 全図 (ファミリーなし)	