

(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  
2018年1月18日(18.01.2018)



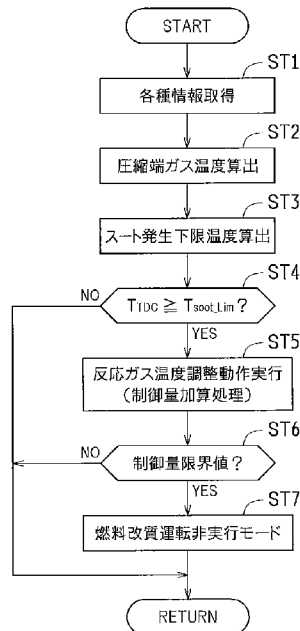
(10) 国際公開番号  
**WO 2018/012308 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*F02D 19/08* (2006.01)    *F02M 25/00* (2006.01)  
*F02D 21/08* (2006.01)    *F02M 26/17* (2016.01)  
*F02M 21/02* (2006.01)    *F02M 31/16* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                    PCT/JP2017/024048
- (22) 国際出願日:                    2017年6月29日(29.06.2017)
- (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 2016-139575    2016年7月14日(14.07.2016) JP
- (71) 出願人: ヤンマー株式会社 (YANMAR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5308311 大阪府大阪市北区茶屋町1-3-2 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 朝井 豪 (ASAI Go); 〒5308311 大阪府大阪市北区茶屋町1-3-2 ヤンマー株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人あーく特許事務所 (ARC PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5300057 大阪府大阪市北区曽根崎1丁目1番2号 Osaka (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, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND CONTROL METHOD FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法

【図8】



- ST1 Obtain each type of information  
 ST2 Compression end gas temperature calculation  
 ST3 Minimum soot generation temperature calculation  
 ST5 Reaction gas temperature adjustment execution (control amount addition)  
 ST6 Control amount limit value?  
 ST7 Fuel reforming operation non-execution mode

(57) Abstract: Reaction gas temperature adjustment for suppressing increase in reaction gas temperature inside a fuel reforming chamber (23) is executed, if the gas temperature in the fuel reforming chamber (23) at the time when a piston (22) reaches the compression top dead center in a fuel reforming cylinder (2) is estimated to be at least a minimum soot generation temperature set in accordance with the equivalence ratio inside the fuel reforming chamber (23). In addition, the closure timing for an air intake valve (26) is changed and the effective compression ratio of the fuel reforming chamber

WO 2018/012308 A1

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))

---

(23) is reduced.

(57) 要約：燃料改質気筒 (2) においてピストン (22) が圧縮上死点に達する時点における燃料改質室 (23) のガス温度が、燃料改質室 (23) 内の当量比に応じて設定されるスタート発生下限温度以上になると推定された場合、燃料改質室 (23) 内の反応ガス温度の上昇を抑制するための反応ガス温度調整動作を実行する。また、吸気バルブ (26) の閉鎖タイミングを変更して燃料改質室 (23) の有効圧縮比を低くする。

## 明 細 書

**発明の名称**：内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法

### 技術分野

[0001] 本発明は内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法に係る。特に、本発明は、燃料改質装置として機能することが可能な燃料改質気筒を備えた内燃機関に適用される制御装置および制御方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、燃料改質気筒と出力気筒とを備えた内燃機関が知られている（例えば特許文献1）。この種の内燃機関は、燃料改質気筒において燃料を改質する。そして、その改質後の燃料（以下、改質燃料という）を出力気筒において燃焼させることによって機関出力を得る。

[0003] 具体的には、燃料改質気筒に軽油や重油等の燃料を供給し、この燃料改質気筒内において当量比の高い混合気を断熱圧縮する。これにより、高温高压の環境下で燃料が改質し、水素、一酸化炭素、メタン等のアンチノック性の高い改質燃料（高オクタン価燃料）が生成される。そして、この改質燃料を空気と共に出力気筒に供給し、この出力気筒内において希薄混合気の燃焼（均一希薄燃焼）が行われることにより機関出力が得られる。

[0004] この種の内燃機関によれば、出力気筒内において均一希薄燃焼が行われるため、NO<sub>x</sub>排出量の低減を図ることができる。また、アンチノック性の高い燃料の燃焼が行われるため、ノッキングが抑制されると共にディーゼルマイクロパイロット着火（出力気筒内に微量の燃料を供給することによる改質燃料の着火）により最適な時期での燃焼が実現できることから、燃焼効率の向上を図ることもできる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2014-136978号公報

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

- [0006] このように燃料改質気筒において改質燃料を生成する場合、この燃料改質気筒内の当量比を高くして、酸化反応（燃焼）を抑制しながら改質反応が行われるようにしている。
- [0007] また、燃料改質気筒内に供給される燃料の量は、機関負荷に応じて変更される。つまり、内燃機関の低負荷運転時には、燃料改質気筒内に供給される燃料の量は少なくなる。このように燃料改質気筒内への燃料供給量が少なくなった場合、この燃料改質気筒内の当量比が（低下して）1に近づく可能性がある。このような状況では、燃料改質気筒内での燃料の酸化反応量（燃焼量）が多くなり、発生熱量が多くなって燃料改質気筒内の温度（反応ガス温度）が高くなってしまう。
- [0008] 図4は、縦軸を燃料改質気筒内の当量比とし、横軸を燃料改質気筒内の反応ガス温度とした場合における、改質反応可能域、改質反応不能域、および、改質反応可能域内におけるスート（炭素粒子）の生成域を示している。つまり、燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度がスート生成域にある状況では、生成された改質燃料中に比較的多量のスートが存在することになる。
- [0009] 内燃機関の中負荷運転時や高負荷運転時（燃料改質気筒内の当量比が比較的高い運転域）であって、燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が図中の点A（改質反応可能域内においてスート生成域から外れた点）にある状態から、機関負荷が低下し、燃料改質気筒内の当量比が1に近づいた場合には、前述した如く、酸化反応量の増大に伴い燃料改質気筒内の反応ガス温度が高くなる（図4における矢印Iを参照）。そして、この際の燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が点B（スート生成域内の点）の状態となった場合には、生成された改質燃料中に比較的多量のスートが含まれる状況となり、このスートが出力気筒に向けて導出されてしまうことになる。
- [0010] このようなスートが導出される状況では、出力気筒での改質燃料の燃焼に悪影響を与えたり、この出力気筒内でスートが処理できない場合には、大気

中にスートが放出されてしまう可能性がある。

[0011] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、燃料改質気筒および出力気筒を備えた内燃機関に対し、燃料改質気筒でのスートの発生を抑制することが可能な内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0012] 前記の目的を達成するための本発明の解決手段は、燃料改質装置として機能することが可能な燃料改質気筒と、この燃料改質気筒で生成された改質燃料が供給され当該改質燃料の燃焼によって機関出力を得る出力気筒とを備えた内燃機関に適用される制御装置を前提とする。そして、この内燃機関の制御装置は、燃料改質時における前記燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、この燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度によって規定されるスート生成域を外れた改質反応可能域となるように、前記燃料改質気筒内の当量比に応じて前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整する反応ガス温度調整部を備えていることを特徴とする。

[0013] この特定事項により、反応ガス温度調整部によって、燃料改質気筒内の当量比に応じた反応ガス温度の調整が行われ、燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反応可能域とされることになる。このため、燃料改質気筒でのスートの発生を抑制しながら改質燃料を生成することができる。その結果、スートが原因で出力気筒での改質燃料の燃焼に悪影響を与えたり、大気中にスートが放出されてしまったりすることが抑制される。

[0014] また、前記反応ガス温度調整部は、前記燃料改質気筒内の当量比が低下して1に近づいたことに伴う前記燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量を変更するようになっており、前記燃料改質気筒内の当量比が1に近づくほど、前記制御量を大きくするよう構成されていることが好ましい。

[0015] 前述した如く、燃料改質気筒内の当量比が低下して1に近づくほど、燃料

改質気筒内での燃料の酸化反応量が多くなり、燃料改質気筒内の反応ガス温度は高くなる。このため、燃料改質時における燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、前記スート生成域に入る可能性が高くなる。本解決手段では、燃料改質気筒内の当量比が1に近づくほど前記制御量（燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量）を大きくして、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するようにしている。これにより、燃料改質時における燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反応可能域となるようにしている。その結果、燃料改質気筒でのスートの発生を抑制することができる。

[0016] また、前記反応ガス温度調整部は、前記出力気筒から排出された排気ガスの前記燃料改質気筒内への還流量およびこの還流される排気ガスの温度のうち少なくとも一方を調整することによって、前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整するよう構成されていることが好ましい。

[0017] また、前記反応ガス温度調整部は、前記燃料改質気筒の有効圧縮比を調整することによって、前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整するよう構成されていてもよい。

[0018] このように、出力気筒から排出された排気ガスの燃料改質気筒内への還流量、この還流される排気ガスの温度、および、燃料改質気筒の有効圧縮比の何れを調整しても燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整することが可能である。そして、この燃料改質気筒内の反応ガス温度の調整により、燃料改質時における燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度がスート生成域を外れた改質反応可能域となるようにし、これによって、燃料改質気筒でのスートの発生を抑制することができる。

[0019] また、前記燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量が制御可能範囲の限界値に達しても、前記燃料改質時における前記燃料改質気筒の当量比および反応ガス温度が前記スート生成域にあると推定された場合には、前記燃料改質気筒での燃料改質運転を非実行とすることが好ましい。

[0020] これによれば、前記反応ガス温度調整部による制御ではスートの抑制ができないと判断されたことに伴い、燃料改質気筒での燃料改質運転を非実行とすることになる。例えば、燃料改質気筒内への燃料供給を停止する。これにより、スートの発生源である燃料が無くなることで、燃料改質気筒でのスートの発生を防止することができる。

[0021] また、前述した各解決手段に係る内燃機関の制御装置によって実施される内燃機関の制御方法も本発明の技術的思想の範疇である。つまり、燃料改質装置として機能することが可能な燃料改質気筒と、この燃料改質気筒で生成された改質燃料が供給され当該改質燃料の燃焼によって機関出力を得る出力気筒とを備えた内燃機関に適用される制御方法を前提とする。そして、この内燃機関の制御方法は、燃料改質時における前記燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、この燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度によって規定されるスート生成域を外れた改質反応可能域となるように、前記燃料改質気筒内の当量比に応じて前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整することを特徴とする。

[0022] この制御方法によっても、前述したように、燃料改質気筒でのスートの発生を抑制しながら改質燃料を生成することができる。その結果、スートが原因で出力気筒での改質燃料の燃焼に悪影響を与えたり、大気中にスートが放出されてしまったりすることが抑制される。

### 発明の効果

[0023] 本発明では、燃料改質時における燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度がスート生成域を外れた改質反応可能域となるように、燃料改質気筒内の当量比に応じて燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整するようにしている。このため、燃料改質気筒でのスートの発生を抑制しながら改質燃料を生成することができる。その結果、スートが原因で出力気筒での改質燃料の燃焼に悪影響を与えたり、大気中にスートが放出されてしまったりすることを抑制できる。

### 図面の簡単な説明

[0024] [図1]実施形態に係る内燃機関のシステム構成を示す図である。

[図2]内燃機関の制御系の概略構成を示す図である。

[図3]当量比および圧縮端ガス温度と、改質反応可能域との関係を示す図である。

[図4]燃料改質室内の当量比および反応ガス温度に応じた、改質反応可能域、改質反応不能域、および、改質反応可能域内におけるスートの生成域を示す図である。

[図5]冷却水温度に応じた修正ポリトロップ数の演算ロジックを示すブロック図である。

[図6]当量比に応じた修正ポリトロップ数の演算ロジックを示すブロック図である。

[図7]燃料改質室内の当量比、反応ガス温度およびスート発生量の関係を示す図である。

[図8]内燃機関の制御手順を示すフローチャート図である。

### 発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施形態では、船舶用の内燃機関に本発明を適用した場合について説明する。

[0026] ー内燃機関のシステム構成ー

図1は本実施形態に係る内燃機関のシステム構成を示す図である。

[0027] この図1に示すように、本実施形態に係る内燃機関1は、燃料改質気筒2および出力気筒3を備えている。また、この内燃機関1は、前記燃料改質気筒2や前記出力気筒3に対し、ガスの供給（導入）またはガスの排出（導出）を行うための配管系として、吸気系4、改質燃料供給系5、排気系6、EGR系7、および、出力気筒バイパス系8を備えている。

[0028] （燃料改質気筒および出力気筒）

燃料改質気筒2および出力気筒3は、共にレシプロ型で構成されている。具体的に、各気筒2, 3は、シリンダブロック（図示省略）に形成されたシリンダボア21, 31内にピストン22, 32が往復動自在に收容されて構

成されている。燃料改質気筒 2 では、シリンダボア 2 1、ピストン 2 2、図示しないシリンダヘッドによって燃料改質室 2 3 が形成されている。出力気筒 3 では、シリンダボア 3 1、ピストン 3 2、図示しないシリンダヘッドによって燃焼室 3 3 が形成されている。

[0029] 本実施形態に係る内燃機関 1 は、シリンダブロックに 4 つの気筒が備えられ、そのうちの 1 つの気筒が燃料改質気筒 2 として構成されており、他の 3 つの気筒が出力気筒 3 として構成されている。そして、燃料改質気筒 2 で生成された改質燃料が各出力気筒 3 それぞれに供給される構成となっている。各気筒 2, 3 の数はこれに限定されるものではない。例えば、シリンダブロックに 6 つの気筒が備えられ、そのうちの 2 つの気筒が燃料改質気筒 2 として構成されており、他の 4 つの気筒が出力気筒 3 として構成されていてもよい。

[0030] 各気筒 2, 3 のピストン 2 2, 3 2 はそれぞれコネクティングロッド 2 4, 3 4 を介してクランクシャフト 1 1 に連結されている。これにより、ピストン 2 2, 3 2 の往復運動とクランクシャフト 1 1 の回転運動との間で運動が変換されるようになっている。クランクシャフト 1 1 は、クラッチ機構（図示省略）を介して船舶のスクリー軸に連結可能となっている。燃料改質気筒 2 のピストン 2 2 と出力気筒 3 のピストン 3 2 とは前記コネクティングロッド 2 4, 3 4 およびクランクシャフト 1 1 を介して互いに連結されている。このため、これら気筒 2, 3 間での動力伝達や、これら気筒 2, 3 から出力された動力のスクリー軸への伝達等が可能となっている。

[0031] 燃料改質気筒 2 には、燃料改質室 2 3 に改質前の燃料として例えば軽油等の燃料を供給するインジェクタ 2 5 が備えられている。この燃料改質室 2 3 では、インジェクタ 2 5 から燃料が供給されることにより、当量比の高い混合気が断熱圧縮される。これにより、高温高圧の環境下で燃料が改質し、水素、一酸化炭素、メタン等のアンチノック性の高い改質燃料が生成される。

[0032] 出力気筒 3 には、燃焼室 3 3 に例えば軽油等の燃料を供給するインジェクタ 3 5 が備えられている。この燃焼室 3 3 では、前記燃料改質気筒 2 で生成

された改質燃料が空気と共に供給され、この燃焼室 33 で希薄混合気の希薄予混合燃焼が行われる。これにより、ピストン 32 の往復動に伴ってクランクシャフト 11 が回転し、機関出力が得られる。

[0033] (吸気系)

吸気系 4 は、燃料改質気筒 2 の燃料改質室 23 および出力気筒 3 の燃焼室 33 それぞれに空気（新気）を導入するものである。

[0034] この吸気系 4 は、メイン吸気通路 41、このメイン吸気通路 41 が 2 系統に分岐されて成る燃料改質気筒吸気通路 42 および出力気筒吸気通路 43 を備えている。メイン吸気通路 41 には、ターボチャージャ 12 のコンプレッサホイール 12a が備えられている。燃料改質気筒吸気通路 42 は燃料改質気筒 2 の吸気ポートに連通している。この吸気ポートと燃料改質気筒 2 の燃料改質室 23 との間には吸気バルブ 26 が開閉可能に配設されている。また、この燃料改質気筒吸気通路 42 には開度調整可能な吸気量調整弁 45 が備えられている。出力気筒吸気通路 43 は出力気筒 3 の吸気ポートに連通している。この吸気ポートと出力気筒 3 の燃焼室 33 との間には吸気バルブ 36 が開閉可能に配設されている。また、この出力気筒吸気通路 43 には吸気冷却器（インタクーラ）44 が備えられている。

[0035] (改質燃料供給系)

改質燃料供給系 5 は、前記燃料改質気筒 2 で生成された改質燃料を出力気筒 3 の燃焼室 33 に向けて供給するものである。

[0036] この改質燃料供給系 5 は改質燃料供給通路 51 を備えている。この改質燃料供給通路 51 には改質燃料冷却器 52 が備えられている。改質燃料供給通路 51 の上流端は燃料改質気筒 2 の排気ポートに連通している。この排気ポートと燃料改質気筒 2 の燃料改質室 23 との間には排気バルブ 27 が開閉可能に配設されている。また、改質燃料供給通路 51 の下流端は出力気筒吸気通路 43 に連通している。この改質燃料供給通路 51 と出力気筒吸気通路 43 との連通部分にはミキサ 53 が設けられている。このため、燃料改質気筒 2 で生成された改質燃料は、このミキサ 53 において、出力気筒吸気通路 4

3を流れる空気と混合されて出力気筒3の燃焼室33に供給されることになる。

[0037] (排気系)

排気系6は、前記出力気筒3で発生した排気ガスを排出するものである。この排気系6は排気通路61を備えている。この排気通路61には、ターボチャージャ12のタービンホイール12bが備えられている。排気通路61は出力気筒3の排気ポートに連通している。この排気ポートと出力気筒3の燃焼室33との間には排気バルブ37が開閉可能に配設されている。

[0038] (EGR系)

EGR系7は、燃料改質気筒EGR系7Aと出力気筒EGR系7Bとを備えている。

[0039] 燃料改質気筒EGR系7Aは、前記排気通路61を流れる排気ガスの一部を燃料改質気筒2の燃料改質室23に向けて供給するものである。この燃料改質気筒EGR系7Aは燃料改質気筒EGR通路71を備えている。この燃料改質気筒EGR通路71は、上流端が排気通路61に、下流端が燃料改質気筒吸気通路42における吸気量調整弁45の下流側にそれぞれ連通されている。燃料改質気筒EGR通路71にはEGRガス冷却器72が備えられている。また、燃料改質気筒EGR通路71におけるEGRガス冷却器72よりも下流側（燃料改質気筒吸気通路42側）にはEGRガス量調整弁73が備えられている。また、この燃料改質気筒EGR系7Aには、EGRガス冷却器72をバイパスしてEGRガスを流すためのクーラバイパス通路74が設けられている。このクーラバイパス通路74にはバイパス量調整弁75が備えられている。

[0040] 一方、出力気筒EGR系7Bは、前記排気通路61を流れる排気ガスの一部を出力気筒3の燃焼室33に戻すものである。この出力気筒EGR系7Bは出力気筒EGR通路76を備えている。この出力気筒EGR通路76は、上流端が排気通路61に、下流端が出力気筒吸気通路43におけるミキサ53の下流側にそれぞれ連通されている。出力気筒EGR通路76にはEGR

ガス冷却器 77 が備えられている。また、出力気筒 EGR 通路 76 における EGR ガス冷却器 77 よりも下流側（出力気筒吸気通路 43 側）には EGR ガス量調整弁 78 が備えられている。

[0041] （出力気筒バイパス系）

出力気筒バイパス系 8 は、前記燃料改質気筒 2 から排出されたガスを出力気筒 3 に供給することなく（出力気筒 3 をバイパスさせて）、前記排気通路 61 に導入するためのものである。この出力気筒バイパス系 8 は出力気筒バイパス通路 81 を備えている。この出力気筒バイパス通路 81 は、上流端が改質燃料供給通路 51 における改質燃料冷却器 52 の上流側に、下流端が出力気筒 EGR 通路 76 における EGR ガス冷却器 77 の上流側（排気通路 61 側）にそれぞれ連通されている。また、この出力気筒バイパス通路 81 にはバイパス量調整弁 82 が備えられている。

[0042] なお、前述した各系に備えられている冷却器 44, 52, 72, 77 は、ガスを冷却するための冷熱源として、エンジン冷却水または海水等が使用される。また、これら冷却器 44, 52, 72, 77 は空冷式のものであってもよい。

[0043] ー内燃機関の制御系ー

図 2 は、内燃機関 1 の制御系の概略構成を示す図である。内燃機関 1 には、この内燃機関 1 に備えられた各種アクチュエータを制御するための制御装置に相当する ECU (Electronic Control Unit) 100 が備えられている。この ECU 100 は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) およびバックアップ RAM 等を備えている。

[0044] ROM には、各種制御プログラムや、それら各種制御プログラムを実行する際に参照されるマップ等が記憶されている。CPU は、ROM に記憶された各種制御プログラムやマップに基づいて演算処理を実行する。また、RAM は CPU での演算結果や各センサから入力されたデータ等を一時的に記憶

するメモリである。また、バックアップRAMはシステム停止時等において保存すべきデータ等を記憶する不揮発性のメモリである。

- [0045] 図2に示すように、内燃機関1には、吸気流量センサ101、吸入ガス圧力センサ102、吸入ガス温度センサ103、吸入ガスO<sub>2</sub>センサ104、排気圧力センサ105、水温センサ106等が備えられている。
- [0046] 吸気流量センサ101は、前記メイン吸気通路41を流れる吸気（空気）の流量に応じた出力信号をECU100に送信する。
- [0047] 吸入ガス圧力センサ102は、燃料改質気筒吸気通路42を流れる吸入ガスの圧力に応じた出力信号をECU100に送信する。具体的には、燃料改質気筒吸気通路42に対する燃料改質気筒EGR通路71の連通部分よりも下流側の吸入ガス圧力に応じた出力信号をECU100に送信する。
- [0048] 吸入ガス温度センサ103は、燃料改質気筒吸気通路42を流れる吸入ガスの温度に応じた出力信号をECU100に送信する。具体的には、燃料改質気筒吸気通路42に対する燃料改質気筒EGR通路71の連通部分よりも下流側の吸入ガス温度に応じた出力信号をECU100に送信する。
- [0049] 吸入ガスO<sub>2</sub>センサ104は、燃料改質気筒吸気通路42を流れる吸入ガス中の酸素濃度に応じた出力信号をECU100に送信する。具体的には、燃料改質気筒吸気通路42に対する燃料改質気筒EGR通路71の連通部分よりも下流側の吸入ガス中酸素濃度に応じた出力信号をECU100に送信する。
- [0050] 排気圧力センサ105は、前記排気通路61を流れる排気の圧力に応じた出力信号をECU100に送信する。具体的には、排気通路61に対する燃料改質気筒EGR通路71の連通部分よりも上流側の排気圧力に応じた出力信号をECU100に送信する。
- [0051] 水温センサ106は、シリンダブロックに形成された冷却水通路13内を流れる冷却水の温度に応じた出力信号をECU100に送信する。具体的には、燃料改質気筒2の周囲に形成されている冷却水通路13内を流れる冷却水の温度に応じた出力信号をECU100に送信する。

[0052] また、ECU100には、前記各インジェクタ25, 35、各調整弁45, 73, 75, 78, 82等が電氣的に接続されている。また、燃料改質気筒2の吸気バルブ26および排気バルブ27それぞれには可変動弁装置28, 29が備えられており、各バルブ26, 27の開閉タイミングを調整することが可能となっている。ECU100は、この可変動弁装置28, 29にも電氣的に接続されている。ECU100は、前記した各種センサ101~106の出力信号等に基づいて、前記各インジェクタ25, 35の燃料噴射制御

(インジェクタ25, 35の開閉制御)、各調整弁45, 73, 75, 78, 82の開閉制御(ガス流量制御)、および、可変動弁装置28, 29による各バルブ26, 27の開閉タイミング制御を行う。

[0053] ー内燃機関の基本動作ー

次に、前述の如く構成された内燃機関1の基本動作について説明する。

[0054] 内燃機関1の暖機が完了している状態(燃料改質室23での燃料の改質反応が可能となっている状態)での基本動作として、メイン吸気通路41に導入される空気は、ターボチャージャ12のコンプレッサホイール12aによって加圧される。そして、この空気は、燃料改質気筒吸気通路42および出力気筒吸気通路43に分流される。この際、燃料改質気筒吸気通路42を流れる吸気の流量は吸気量調整弁45によって調整される。また、燃料改質気筒吸気通路42には、燃料改質気筒EGR系7Aを流れたEGRガスが導入される。この際、燃料改質気筒吸気通路42に導入されるEGRガス量はEGRガス量調整弁73によって調整される。また、燃料改質気筒吸気通路42に導入されるEGRガスの温度はバイパス量調整弁75の開度に応じてEGRガス冷却器72をバイパスするEGRガス量によって調整される。これにより、燃料改質気筒2の燃料改質室23には、空気およびEGRガスが導入されることになる。この際、吸気量調整弁45の開度によって調整される吸気の流量、EGRガス量調整弁73の開度によって調整されるEGRガスの流量、および、バイパス量調整弁75の開度によって調整されるEGRガ

スの温度は、燃料改質室 23 での当量比を高く設定し、また、燃料の改質を良好に行うことができる燃料改質室 23 のガス温度が確保できるように調整される。具体的には、吸気量調整弁 45、EGR ガス量調整弁 73 およびバイパス量調整弁 75 の開度は、後述するようにインジェクタ 25 から燃料改質室 23 に燃料が供給された際における燃料改質室 23 での当量比を例えば 2.5 以上（好ましくは 4.0 以上）に設定し、且つ燃料改質室 23 のガス温度が改質反応可能温度の下限値以上の値となるように、予め実験やシミュレーションに基づいて作成された開度設定マップに従って設定される。

[0055] このようにして燃料改質気筒 2 の燃料改質室 23 に、空気および EGR ガスが導入された状態で、インジェクタ 25 から燃料改質室 23 に燃料が供給される。このインジェクタ 25 からの燃料供給量は、基本的には機関要求出力に応じて設定される。具体的には、インジェクタ 25 に供給されている燃料圧力に応じ、目標とする燃料供給量が得られるように、インジェクタ 25 の開弁期間が設定される。また、この際のインジェクタ 25 の開弁タイミングは、燃料改質気筒 2 の吸気行程が終了するまでの間に前記目標とする燃料供給量の噴射が完了するように設定されることが望ましいが、ピストン 22 が圧縮上死点付近に到達する前に混合気が均一に混合可能である場合には、圧縮行程途中まで燃料噴射期間が継続されてもよい。これにより、ピストン 22 が圧縮上死点に達するまでに、燃料改質室 23 において均質な混合気（当量比の高い混合気）が生成されることになる。

[0056] ピストン 22 が圧縮上死点に向かって移動する間に、燃料改質室 23 の圧力および温度が上昇し、この燃料改質室 23 では、当量比の高い混合気（例えば 4.0 以上の当量比の混合気）が断熱圧縮される。これにより、高温高圧の環境下で、燃料の脱水素反応、部分酸化反応、水蒸気改質反応、熱解離反応が行われて、燃料が改質され、水素、一酸化炭素、メタン等のアンチノック性の高い改質燃料が生成される。

[0057] 燃料改質室 23 から排出された改質燃料は、改質燃料供給通路 51 を流れる際に改質燃料冷却器 52 において冷却される。この冷却により、出力気筒

吸気通路 4 3 や燃焼室 3 3 での改質燃料の過早着火が抑制される。そして、この冷却された改質燃料は、ミキサ 5 3 において、出力気筒吸気通路 4 3 を流れる空気と混合され、出力気筒 3 の燃焼室 3 3 に供給される。また、必要に応じて、EGR ガス量調整弁 7 8 が開放され、出力気筒 EGR 通路 7 6 を経て EGR ガスが出力気筒 3 の燃焼室 3 3 に導入される。

[0058] このようにして、出力気筒 3 の燃焼室 3 3 には、空気、改質燃料、EGR ガスがそれぞれ導入され、この燃焼室 3 3 内の当量比が 0.1 ~ 0.8 程度に調整される。

[0059] 出力気筒 3 では、圧縮行程において、希薄混合ガスの断熱圧縮が行われ、ピストン 3 2 が圧縮上死点に達した時点で、インジェクタ 3 5 から微量の燃料噴射が行われる。これにより、燃焼室 3 3 内の混合気が着火し、希薄予混合燃焼が行われる。なお、インジェクタ 3 5 からの燃料噴射を行わなくても燃焼室 3 3 の混合気が自着火（予混合圧縮自着火）する場合には、このインジェクタ 3 5 からの燃料噴射は必ずしも必要ない。

[0060] 前記燃焼によって、ピストン 3 2 が往復動し、クランクシャフト 1 1 が回転することで機関出力が得られる。この機関出力は前記スクリー軸に伝達される。また、この機関出力の一部は、燃料改質気筒 2 におけるピストン 2 2 の往復動の駆動源として使用される。

[0061] また、この内燃機関 1 の冷間始動時には、図示しないスタータによってクランクシャフト 1 1 が回転（クランキング）され、燃料改質気筒 2 および出力気筒 3 それぞれのインジェクタ 2 5, 3 5 から所定量の燃料噴射が行われる。この際の燃料噴射は、燃料改質室 2 3 および燃焼室 3 3 それぞれにおける当量比が 1 未満の値となるように設定される。これにより、燃料改質気筒 2 の燃料改質室 2 3 および出力気筒 3 の燃焼室 3 3 では、それぞれ圧縮着火燃焼が行われる。そして、燃料改質気筒 2 の暖機が進み、改質反応が可能な温度に達すると、前述した改質燃料の生成動作（燃料改質運転）に切り替えられることになる。このように、燃料改質気筒 2 は、出力気筒 3 と同様に機関出力を得るための気筒として機能することが可能であり、また、前述した

ように燃料改質装置として機能することが可能となっている。

[0062] なお、内燃機関 1 の緊急停止時等であって、出力気筒 3 への改質燃料の供給を停止させる際には、バイパス量調整弁 8 2 が開放される。これにより、改質燃料は、出力気筒バイパス通路 8 1 を経て排気通路 6 1 に導入されることになり、出力気筒 3 への改質燃料の供給は停止される。

[0063] この内燃機関 1 によれば、出力気筒 3 内において希薄混合気の燃焼（均一希薄燃焼）が行われるため、 $\text{NO}_x$  排出量の低減を図ることができる。これにより、排気ガスを浄化するための後処理装置を不要またはその容量を大幅に小型化することが可能である。また、アンチノック性の高い燃料の燃焼が行われるため、ノッキングが抑制されると共にディーゼルマイクロパイロット着火により最適な時期での燃焼が実現できることから、燃焼効率の向上を図ることもできる。

[0064] ー改質反応可能域ー

次に、燃料改質気筒 2 の燃料改質室 2 3 において改質反応を可能にするための条件について説明する。この改質反応を可能にするためには、燃料改質室 2 3 における混合気の当量比および燃料改質室 2 3 の温度（ガス温度）が共に、改質反応を可能にする範囲内にあることが必要である。また、燃料改質室 2 3 における混合気の当量比に応じて、燃料が改質反応を行うのに必要なガス温度は異なっており、改質反応を可能にするためには、混合気の当量比に応じた燃料改質室 2 3 の温度（改質反応を可能にする最低温度以上の温度）が必要となる。

[0065] 図 3 は、燃料改質室 2 3 における混合気の当量比（横軸）、および、燃料改質気筒 2 においてピストン 2 2 が圧縮上死点に達した時点での燃料改質室 2 3 内のガス温度（以下、圧縮端ガス温度という；縦軸）と、改質反応可能域との関係を示す図である。この図 3 に示すように、燃料改質室 2 3 において改質反応を可能にするためには、燃料改質室 2 3 における混合気の当量比として所定値以上（例えば 2 以上）の当量比が必要であり、且つその当量比が高いほど、改質反応を行うために必要な圧縮端ガス温度は高くなっている

。つまり、燃料改質室 2 3 において改質反応を行うためには、燃料改質室 2 3 における混合気の当量比が高いほど、圧縮端ガス温度を高くする必要がある。

[0066] ー燃料改質運転の制御ー

次に、本実施形態の特徴である燃料改質運転の制御について説明する。前述したように、燃料改質気筒 2 において改質燃料を生成する場合、燃料改質室 2 3 内の当量比を高くして、酸化反応（燃焼）を抑制しながら改質反応が行われるようにしている。また、燃料改質室 2 3 に供給される燃料の量は、機関負荷に応じて変更される。つまり、内燃機関 1 の低負荷運転時には、燃料改質室 2 3 に供給される燃料の量は少なくなる。このように燃料改質室 2 3 への燃料供給量が少なくなった場合、この燃料改質室 2 3 内の当量比が（低下して）1 に近づく可能性がある。このような状況では、燃料改質室 2 3 内での燃料の酸化反応量（燃焼量）が多くなり、発生熱量が多くなって燃料改質室 2 3 内の温度（反応ガス温度）が高くなってしまう。

[0067] 図 4 を用いて前述したように、内燃機関 1 の中負荷運転時や高負荷運転時であって、燃料改質室 2 3 内の当量比および反応ガス温度が図中の点 A にある状態から、機関負荷が低下し、燃料改質室 2 3 内の当量比が 1 に近づいた場合には、酸化反応量の増大に伴い燃料改質室 2 3 内の反応ガス温度が高くなる（図 4 における矢印 1 を参照）。そして、この際の燃料改質室 2 3 内の当量比および反応ガス温度が点 B（スート生成域内の点）の状態となった場合には、生成された改質燃料中に比較的多量のスートが含まれる状況となり、このスートが出力気筒 3 に向けて導出されてしまうことになる。このようなスートが導出される状況では、燃焼室 3 3 での改質燃料の燃焼に悪影響を与えたり、燃焼室 3 3 内でスートが処理できない場合には、大気中にスートが放出されてしまう可能性がある。

[0068] 本実施形態は、この点に鑑み、燃料改質時における燃料改質室 2 3 内の当量比および反応ガス温度が、この燃料改質室 2 3 内の当量比および反応ガス温度によって規定されるスート生成域を外れた改質反応可能域となるように

、燃料改質室 2 3 内の当量比に応じて燃料改質室 2 3 内の反応ガス温度を調整するようにしている。

[0069] 具体的には、燃料改質室 2 3 内における混合気の当量比に応じてスート発生下限温度を設定しておく。このスート発生下限温度は、混合気の当量比毎に設定されるものであって、その当量比においてスートが発生する反応ガス温度の下限値である。

[0070] そして、燃料改質気筒 2 においてピストン 2 2 が圧縮上死点に達する時点における燃料改質室 2 3 のガス温度（圧縮端ガス温度）が、前記スート発生下限温度以上になると推定された場合、つまり、改質反応時における反応ガス温度（前記圧縮端ガス温度に相当）が、現在の当量比にあってはスート生成域に入ると推定された場合には、この燃料改質室 2 3 の反応ガス温度の上昇（前述した、燃料改質室 2 3 内の当量比が 1 に近づいたことに起因する反応ガス温度の上昇）を抑制するための反応ガス温度調整動作を実行し、これによって、燃料改質時における燃料改質室 2 3 内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反応可能域となるようにしている。以下、具体的に説明する。

[0071] 本実施形態における燃料改質運転の制御では、推定される実際の圧縮端ガス温度と、前記スート発生下限温度とを比較する。

[0072] そして、実際の圧縮端ガス温度がスート発生下限温度未満であると推定された場合には、そのサイクル（または次回のサイクル）において、燃料改質気筒 2 での燃料改質運転を実行する（反応ガス温度調整動作を実行することなく、燃料改質運転を実行する）。つまり、インジェクタ 2 5 から燃料改質室 2 3 への燃料の供給（前記改質反応を行うべく燃料改質室 2 3 内の当量比を高く設定する燃料の供給）を実行する。

[0073] 一方、実際の圧縮端ガス温度がスート発生下限温度以上であると推定された場合には、そのサイクル（または次回のサイクル）において、燃料改質気筒 2 での燃料改質運転を実行しながらも、燃料改質室 2 3 の反応ガス温度の上昇を抑制するための反応ガス温度調整動作を実行する。

[0074] 以下、実際の圧縮端ガス温度の算出動作（推定動作）、スート発生下限温度（当量比に応じて設定されたスート発生下限温度）の設定動作、および、これら実際の圧縮端ガス温度およびスート発生下限温度を利用した燃料改質運転の制御について順に説明する。

[0075] （圧縮端ガス温度の算出動作）

先ず、実際の圧縮端ガス温度の算出動作（推定動作）について説明する。

[0076] 燃料改質室 2 3 での実際の圧縮端ガス温度は以下の式（1）によって算出（推定）することが可能である。

[0077] [数1]

$$T_{TDC} = C_{react} \cdot T_{ini} \cdot \varepsilon^{\kappa-1} \quad \dots (1)$$

[0078] この式（1）において、 $T_{TDC}$ は圧縮端ガス温度であり、 $T_{ini}$ は圧縮前のガス温度すなわち吸入ガス温度であり、 $\varepsilon$ は燃料改質気筒 2 の有効圧縮比であり、 $\kappa$ は燃料改質室 2 3 内の吸入ガスのポリトロップ数であり、 $C_{react}$ は燃料改質室 2 3 での改質反応（特に部分酸化反応）に伴う温度上昇分（ピストン 2 2 が圧縮上死点に達した時点での改質反応による温度上昇分）を考慮した補正係数である。

[0079] 以下、式（1）における各パラメータの算出について説明する。

[0080] （吸入ガス温度  $T_{ini}$ ）

吸入ガス温度  $T_{ini}$ は前記吸入ガス温度センサ 1 0 3 からの出力信号に基づいて算出される。ここで算出される吸入ガス温度  $T_{ini}$ は、燃料改質気筒吸気通路 4 2 に対する燃料改質気筒 EGR 通路 7 1 の連通部分よりも下流側の吸入ガス温度である。

[0081] また、吸入ガス温度  $T_{ini}$ としては、燃料改質気筒吸気通路 4 2 を流れる吸入ガスの温度に代えて、燃料改質気筒 2 の吸気ポートを流れる吸入ガスの温度を採用するようにしてもよい。または、ピストン 2 2 が吸入下死点に達した時点での燃料改質室 2 3 内のガス温度や、吸気バルブ 2 6 が閉弁した時点で

の燃料改質室 2 3 内のガス温度を検出または推定し、これを吸入ガス温度  $T_{ini}$  として採用するようにしてもよい。

[0082] (燃料改質気筒の有効圧縮比  $\varepsilon$ )

燃料改質気筒 2 の有効圧縮比  $\varepsilon$  は、燃料改質気筒 2 における吸気バルブ 2 6 が閉弁した時点での燃料改質室 2 3 の容積と、ピストン 2 2 が圧縮上死点に達した時点での燃料改質室 2 3 の容積との比として算出される。なお、この燃料改質気筒 2 の有効圧縮比  $\varepsilon$  は、ピストン 2 2 が下死点にある時点での燃料改質室 2 3 の容積とピストン 2 2 が上死点にある時点での燃料改質室 2 3 の容積との比（見かけの圧縮比）によって簡易的に求めるようにしてもよい。

[0083] (ポリトロープ数  $\kappa$ )

ポリトロープ数  $\kappa$  は、燃料改質室 2 3 内でのガスの圧縮行程における定圧比熱と定積比熱との比で定義される。吸入ガスの全量が空気であり、シリンダ壁面への熱流出が無い場合には  $\kappa = 1.4$  程度となる。しかしながら、燃料改質室 2 3 における吸入ガスの実際のポリトロープ数は、全量が空気である場合や熱流出が無い場合とは異なっているので、以下のような修正が行われる。

[0084] 以下に述べる冷却水温度に応じたポリトロープ数の修正、ガス組成に応じたポリトロープ数の修正および当量比に応じたポリトロープ数の修正は、何れか一つを行って前記式 (1) のポリトロープ数  $\kappa$  に適用するようにしてもよいし、2つ以上を組み合わせて修正を行って前記式 (1) のポリトロープ数  $\kappa$  に適用するようにしてもよい。

[0085] ・冷却水温度に応じたポリトロープ数の修正

前記ポリトロープ数  $\kappa$  は熱損失量に応じて変化する。前述したようにシリンダブロックには冷却水通路 1 3 が形成されており、この冷却水通路 1 3 を流れる冷却水に向けての熱流出が存在している。このため、前記水温センサ 1 0 6 からの出力に基づいて冷却水の温度を算出することで、熱損失量を予測することが可能である。または、冷却水温度と熱損失量との関係を予め把

握しておくことで、この冷却水温度から熱損失量を推定することが可能である。

[0086] 図5は、この冷却水温度に応じた修正ポリトロープ数の演算ロジックを示すブロック図である。この図5に示すように、水温センサ106からの出力に基づいて算出された冷却水の温度から、ポリトロープ数の低下量 $\Delta \kappa$ を求め、これを空気のポリトロープ数から減算することによって、冷却水温度に応じた（熱損失量に応じた）修正ポリトロープ数を求めることができる。

[0087] ・ガス組成に応じたポリトロープ数の修正

燃料改質室23内のガス組成によってもポリトロープ数 $\kappa$ は変化する。つまり、吸入ガスの全量が空気である場合、吸入ガスの大部分は2原子分子であるため、ポリトロープ数 $\kappa$ は「1.4」程度となる。これに対し、吸入ガス中に既燃ガス（ $\text{CO}_2$ や $\text{H}_2\text{O}$ ）や燃料が含まれていると、前記2原子分子の割合が低下することで、ポリトロープ数 $\kappa$ も低下することになる。

[0088] このため、前記吸入ガス $\text{O}_2$ センサ104からの出力信号に基づき、吸入ガス中の酸素のモル分率を基に、吸入ガス中の二酸化炭素のモル分率を計算し、各ガス成分のモル分率に基づいてポリトロープ数を推定する。

[0089] 例えば、先ず、以下の式（2）によって吸入ガスの定圧モル比熱を求める。

[0090] [数2]

$$C_{p\_intake} = \sum_i \psi_i \cdot C_{p\_i} \quad \dots (2)$$

[0091] この式（2）において、 $C_{p\#intake}$ は吸入ガスの定圧モル比熱であり、 $\psi_i$ は各ガス成分それぞれのモル分率であり、 $C_{p\#i}$ は各ガス成分それぞれの定圧モル比熱である。各ガス成分それぞれのモル分率 $\psi_i$ 、各ガス成分それぞれの定圧モル比熱 $C_{p\#i}$ は、燃料の種類および燃料改質室23内の当量比（現在の当量比）等に応じて決定されるものであり、実験やシミュレーションに基づいて作成されたマップ（前記ROMに記憶されたマップ）に従って求めることが可能

である。

[0092] これにより、以下の式（3）によって、吸入ガスのポリトロープ数 $\kappa$ を算出することができる。

[0093] [数3]

$$\kappa = \frac{C_{p\_intake}}{C_{p\_intake} - 8.314} \quad \dots (3)$$

[0094] このようにしてガス組成に応じた修正ポリトロープ数を求めることができる。

[0095] ・当量比に応じたポリトロープ数の修正

また、燃料改質室23内の当量比を推定し、この当量比からポリトロープ数 $\kappa$ を補正演算することも可能である。

[0096] 図6は、この当量比に応じた修正ポリトロープ数の演算ロジックを示すブロック図である。この図6に示すように、当量比から、ポリトロープ数の低下量 $\Delta\kappa$ を求め、これを空気のポリトロープ数から減算することによって、当量比に応じた修正ポリトロープ数を求めることができる。

[0097] この場合における当量比の算出手法としては、前記吸気流量センサ101からの出力信号に基づいて吸気の流量を算出する。また、吸入ガス圧力センサ102からの出力信号に基づいて算出された吸入ガスの圧力と、排気圧力センサ105からの出力信号に基づいて算出された排気の圧力との差からEGRガス量（燃料改質気筒2に導入されるEGRガス量）を算出する。そして、前記吸気の流量、前記EGRガス量、燃料改質室23への燃料供給量（インジェクタ25に対する噴射指令値から求められる燃料供給量）から当量比を算出する。また、EGRガス量を考慮しない場合には、吸気流量センサ101からの出力信号に基づいて算出された吸気の流量と、燃料改質室23への燃料供給量との比から当量比を算出するようにしてもよい。

[0098] （改質反応に伴う温度上昇分の補正係数 $C_{react}$ ）

改質反応に伴う温度上昇分の補正係数 $C_{react}$ は、ピストン22が圧縮上死点に達する前に改質反応が開始された場合、部分酸化反応によるガス温度の上昇分だけ圧縮端ガス温度を補正するためのものである。このため、前述したように、燃料改質室23内の当量比が1に近づいた場合には、燃料改質室23内の酸化反応量の増大に伴い、この補正係数 $C_{react}$ は大きな値として求められることになる。つまり、この補正係数 $C_{react}$ は、図4における矢印の傾き（当量比の変化に対する反応ガス温度の変化の割合）を表す値となる。

[0099] この補正係数 $C_{react}$ は、燃料改質室23内の温度（反応場の温度）、燃料改質室23内の酸素濃度、燃料改質室23内の燃料濃度等をパラメータとして算出することができる。また、この補正係数 $C_{react}$ は、運転条件に対する改質反応の開始時期や部分酸化反応による発熱量を実験等によって求めておくことで、この温度上昇分補正係数 $C_{react}$ を前記ROMに記憶させておき、実際の運転条件に応じた温度上昇分補正係数 $C_{react}$ を読み出すことで求めることもできる。

[0100] なお、ピストン22が圧縮上死点に達した時点で未だ改質反応が開始されない場合や、ピストン22が圧縮上死点に達した時点での改質反応による発熱量が比較的少ない場合には、この温度上昇分補正係数 $C_{react}$ を「1」に設定して式（1）に当て嵌めるようにしてもよい。

[0101] （スート発生下限温度の設定動作）

次に、前記スート発生下限温度の設定動作について説明する。前述したように、スート発生下限温度は、混合気の当量比等に応じて設定される。つまり、図4からも明らかなように、混合気の当量比が異なれば、スート発生下限温度（図4におけるスート生成域の低温側の境界値）も異なった値となる。

[0102] このスート発生下限温度は、燃料改質室23内の当量比をパラメータとして求めることが可能である。図7は、燃料改質室23内の当量比、燃料改質室23内の反応ガス温度、および、スート発生量の関係を示す図である。この図7に示すように、燃料改質室23内の当量比が不変であっても、燃料改

質室 2 3 内の反応ガス温度がある値以上であった場合にスートの発生量が急速に多くなる。この温度（スートの発生量が急速に多くなる温度）が前記スート発生下限温度である。このスート発生下限温度は、燃料改質室 2 3 内の当量比が低いほど、低くなっている。このように、スート発生下限温度は、燃料改質室 2 3 内の当量比に応じた値として、実験やシミュレーションに基づいて作成されたマップ（前記 ROM に記憶されたマップ）や演算式によって求めることが可能である。

[0103] このように、スート発生下限温度は、燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度によって規定されるスート生成域の下限温度に相当するものとなっている。

[0104] （反応ガス温度調整動作）

前述した燃料改質室 2 3 の反応ガス温度の上昇を抑制するための反応ガス温度調整動作としては、以下に述べる 2 種類の動作が挙げられる。実際の圧縮端ガス温度が、スート発生下限温度以上であってスート生成域にあると推定された場合には、これら反応ガス温度調整動作のうちの少なくとも一つが選択されて実行されることになる。以下、各反応ガス温度調整動作について説明する。

[0105] ・第 1 調整動作

先ず、第 1 調整動作について説明する。この第 1 調整動作は、燃料改質気筒 EGR 系 7 A を経て燃料改質室 2 3 に導入される EGR ガスの流量および温度を調整することによって反応ガス温度を調整するものである。

[0106] この第 1 調整動作では、EGR ガス量調整弁 7 3 およびバイパス量調整弁 7 5 の開度を調整する。

[0107] 例えば、EGR ガス量調整弁 7 3 の開度を大きくすることで燃料改質室 2 3 に導入される EGR ガスの量（本発明でいう、出力気筒から排出された排気ガスの燃料改質気筒内への還流量）を多くする。これにより、燃料改質室 2 3 に導入される不活性ガスが増量されることになり、同じ燃料供給量であっても当量比を高めることができる。また、燃料改質室 2 3 に導入される E

GRガスの量を多くすることで、燃料改質室23に導入される3原子分子（CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O）の量が増え、これによって、吸入ガスのポリトロップ数 $\kappa$ が低下し、前記圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ が低下することになる。

[0108] また、バイパス量調整弁75の開度を小さくする（EGRガス冷却器72を流れるEGRガスの量を多くする）ことで燃料改質室23に導入されるEGRガスの温度（本発明でいう、出力気筒から排出され燃料改質気筒内へ還流される排気ガスの温度）を低くする。

[0109] このようにして、燃料改質時における燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反応可能域となるようにする。つまり、EGRガス量調整弁73の開度を大きくするほど（本発明でいう、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量を大きくするほど）、EGRガスの量が多くなることで反応ガス温度は低くなる。また、バイパス量調整弁75の開度を小さくするほど（本発明でいう、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量を大きくするほど）、EGRガスの温度が低くなることで反応ガス温度は低くなる。これにより、燃料改質室23でのスートの発生を抑制することができる。

[0110] なお、この第1調整動作では、EGRガス量調整弁73の開度調整およびバイパス量調整弁75の開度調整のうち一方のみを行うようにしてもよい。つまり、バイパス量調整弁75の開度を変更することなく、EGRガス量調整弁73の開度を大きくすることで燃料改質室23に導入されるEGRガスの量を多くする。または、EGRガス量調整弁73の開度を変更することなく、バイパス量調整弁75の開度を小さくすることで燃料改質室23に導入されるEGRガスの温度を低くする。

[0111] ・第2調整動作

次に、第2調整動作について説明する。この第2調整動作は、燃料改質気筒2の有効圧縮比を低くすることによって反応ガス温度を調整するものである。

[0112] この第2調整動作では、前記吸気バルブ26の閉タイミングを遅角側に補

正する。つまり、ピストン 22 が吸入下死点に達したタイミングよりも遅角側で吸気バルブ 26 を閉鎖させ、これによって燃料改質気筒 2 の有効圧縮比を低くする。この場合、吸気バルブ 26 の閉鎖タイミングを遅角側に移行させるほど（本発明でいう、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量を大きくするほど）、燃料改質気筒 2 の圧縮端ガス温度は低くなる。また、ピストン 22 が吸入下死点に達するタイミングよりも進角側で吸気バルブ 26 を閉鎖させ、これによって燃料改質気筒 2 の有効圧縮比を低くするようにしてもよい。この場合、吸気バルブ 26 の閉鎖タイミングを進角側に移行させるほど（本発明でいう、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量を大きくするほど）、燃料改質気筒 2 の圧縮端ガス温度は低くなる。

[0113] これにより、燃料改質時における燃料改質室 23 内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反応可能域となるようにする。この第 2 調整動作によっても、燃料改質室 23 でのスートの発生を抑制することができる。

[0114] なお、この第 2 調整動作の変形例として、前記排気バルブ 27 の開タイミングを進角側に補正するようにしてもよい。つまり、燃料改質気筒 2 の圧縮行程の途中で排気バルブ 27 を開放させることによって燃料改質気筒 2 の有効圧縮比を低くするものである。

[0115] （燃料改質運転の制御）

次に、前記圧縮端ガス温度およびスート発生下限温度を利用した燃料改質運転の制御について説明する。

[0116] 図 8 は、内燃機関 1 の制御手順を示すフローチャート図である。

[0117] 先ず、ステップ S T 1 において、内燃機関 1 における各種情報の取得が行われる。ここで取得される情報としては、例えば、前記各種センサ 101 ~ 106 の出力信号等が挙げられる。また、現在の制御における吸気バルブ 26 の閉弁タイミングの情報（燃料改質気筒 2 の現在の有効圧縮比を算出するための情報）、燃料の種類の情報（修正ポリトロープ数を算出するための情

報) 等も取得される。

[0118] その後、ステップS T 2に移り、前記式(1)によって圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ の算出(推定)を行う。つまり、前述した吸入ガス温度 $T_{ini}$ の算出、燃料改質気筒2の有効圧縮比 $\varepsilon$ の算出、ポリトロップ数 $\kappa$ の算出、改質反応に伴う温度上昇分の補正係数 $C_{react}$ の算出が行われ、これらを前記式(1)に当て嵌めることによって圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ の算出を行う。なお、吸気バルブ26の閉弁タイミングが固定されている場合には、有効圧縮比 $\varepsilon$ の算出を行う必要はなく、この有効圧縮比 $\varepsilon$ は固定値となる。

[0119] このようにして圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ の算出を行った後、ステップS T 3に移り、前記スート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ の算出(推定)を行う。このスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ は、前述したように、実験やシミュレーションに基づいて作成されたマップや演算式(燃料改質室23内の当量比に応じてスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ を設定するためのマップや演算式)によって、燃料改質室23内の当量比に応じた値として求められる。

[0120] その後、ステップS T 4に移り、前記圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ と前記スート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ との比較によって、スートが発生する運転領域にあるか否かの判定を行う。つまり、現在の燃料改質室23内の当量比および圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ が前記スート生成域にあるか否かの判定を行う。具体的には、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 以上の値となっているか否かの判定を行う。

[0121] ここでは、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 未満の値となっている場合にはスートが発生する運転領域にはないと判定し、ステップS T 4でNO判定される。一方、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 以上の値となっている場合にはスートが発生する運転領域にあると判定し、ステップS T 4でYES判定される。

[0122] ステップS T 4でNO判定された場合には、前記反応ガス温度調整動作を実行する必要はない(反応ガス温度調整動作を実行しなくてもスートが発生することはない、または、スートの発生量は僅かである)として、反応ガス

温度調整動作を実行することなく、前述した燃料改質運転を継続する。

[0123] 一方、ステップS T 4でYES判定された場合には、ステップS T 5に移り、前記反応ガス温度調整動作を実行する。このステップS T 5では、前述した第1調整動作および第2調整動作のうち少なくとも一つの調整動作が実行される。ここで選択される調整動作は、内燃機関1の運転状態や各種温度等をパラメータとして実験やシミュレーションによって予め決められたものとなっている。

[0124] 第1調整動作が実行される場合には、前述したように、EGRガス量調整弁73の開度を大きくすることで燃料改質室23に導入されるEGRガスの量を多くする。また、バイパス量調整弁75の開度を小さくする（EGRガス冷却器72を流れるEGRガスの量を多くする）ことで燃料改質室23に導入されるEGRガスの温度を低くする。これにより、燃料改質時における燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反応可能域となるようにする。

[0125] 一方、第2調整動作が実行される場合には、前述したように、ピストン22が吸入下死点に達したタイミングよりも遅角側で吸気バルブ26を閉鎖させ、これによって燃料改質気筒2の有効圧縮比を低くする。または、ピストン22が吸入下死点に達するタイミングよりも進角側で吸気バルブ26を閉鎖させ、これによって燃料改質気筒2の有効圧縮比を低くする。

[0126] 例えば、前記圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ およびスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ が算出された時点で、今回のサイクルにおける燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度が既に確定している場合（前記EGRガス量、EGRガス温度、有効圧縮比が確定している場合）には、燃料改質気筒2における次のサイクルにおいて前記反応ガス温度調整動作が実行されることになる。また、今回のサイクルにおける燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度が確定する前に、前記圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ およびスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ が算出（推定）され、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 以上の値となることが事前に判定ができた場合には、燃料改質気筒2における今回のサ

イクルにおいて前記反応ガス温度調整動作が実行されることになる。

[0127] また、本実施形態にあっては、前記反応ガス温度調整動作によって調整される反応ガス温度は、スート生成域を外れた改質反応可能域となるものであればよいが、好ましくは、内燃機関1の運転状態などに応じて要求される改質燃料のガス組成が得られる反応ガス温度を目標温度として調整することが好ましい。例えば、同一の当量比であっても、圧縮端ガス温度を高く設定した場合には、アンチノック性の高い改質燃料である水素、一酸化炭素、メタンの濃度を高めることができ、圧縮端ガス温度を低く設定した場合には、アンチノック性の低い（着火性の高い）改質燃料であるエタン等の濃度を高めることができる。このため、反応ガス温度を、スート生成域を外れた改質反応可能域となるものとしながらも、要求される改質燃料のガス組成が得られるものとなるように反応ガス温度調整動作を行うことが好ましい。

[0128] このようにして反応ガス温度調整動作が実行された状態で、ステップS T 6に移り、この反応ガス温度調整動作におけるアクチュエータの制御量が限界値に達しているか否かを判定する。つまり、前記第1調整動作が実行される場合にあっては、EGRガス量調整弁73の開度を大きくする限界値、即ち、EGRガス量調整弁73の開度は全開、または、これ以上開度を大きくしてもEGRガス量が増加しない限界開度となっているか否かを判定する。また、バイパス量調整弁75の開度を小さくする限界値、即ち、バイパス量調整弁75の開度は零となっているか否かを判定する。つまり、この第1調整動作では、これ以上、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制することができない状態となっているか否かを判定する。

[0129] また、前記第2調整動作が実行される場合にあっては、吸気バルブ26を閉鎖させるタイミング（遅角側のタイミングまたは遅角側のタイミング）が限界値となっているか否かを判定する。つまり、この第2調整動作では、これ以上、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制することができない状態となっているか否かを判定する。

[0130] 反応ガス温度調整動作におけるアクチュエータの制御量が限界値に達して

おらず、ステップS T 6でNO判定された場合には、反応ガス温度調整動作を継続させるべく、そのままリターンされる。

[0131] 次回のルーチンにおいて、未だ、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 以上の値となっており、ステップS T 4でYES判定された場合には、ステップS T 5に移り、前記反応ガス温度調整動作を継続すると共に、反応ガス温度調整動作におけるアクチュエータの制御量の加算処理が行われる。つまり、第1調整動作が実行されている場合には、EGRガス量調整弁73の開度を更に大きくする。また、バイパス量調整弁75の開度を更に小さくする。なお、この場合、EGRガス量調整弁73の開度およびバイパス量調整弁75の開度のうち一方のみを更に変更するようにしてもよい。また、第2調整動作が実行されている場合には、燃料改質気筒2の有効圧縮比を更に低くするように、吸気バルブ26の閉鎖タイミングを変更する。

[0132] そして、反応ガス温度調整動作におけるアクチュエータの制御量が限界値に達していないことを条件に（ステップS T 6でNO判定されていることを条件に）、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 未満の値となるまで、この動作が繰り返される。これにより、燃料改質室23の反応ガス温度が低下していき、燃料改質時における燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度がスート生成域を外れた改質反応可能域となる。

[0133] 一方、反応ガス温度調整動作におけるアクチュエータの制御量が限界値に達し、ステップS T 6でYES判定された場合（本発明でいう、燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量が制御可能範囲の限界値に達しても、燃料改質時における燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度がスート生成域にあると推定された場合）には、ステップS T 7に移り、燃料改質運転を非実行とする。つまり、内燃機関1の運転モードとしては燃料改質運転非実行モードとなる。この燃料改質運転非実行モードでは、燃料改質室23への燃料の供給を停止する。つまり、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 未満の値になるまで、燃料改質室23への燃料の供給を停止する。この場合、出力気筒3のインジェクタ35からは機関要求

出力に応じた量の燃料噴射が行われる。これにより、出力気筒3から機関出力が得られることになる。なお、圧縮端ガス温度 $T_{TDC}$ がスート発生下限温度 $T_{soot\#Lim}$ 未満の値となって、通常の燃料改質運転に復帰した場合には、前記反応ガス温度調整動作におけるアクチュエータの制御量も解除され、これらアクチュエータも通常の制御に復帰されることになる。

[0134] このような動作が行われるため、図4に示すように、内燃機関1の中負荷運転時や高負荷運転時であって、燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度が図中の点Aにある状態から、機関負荷が低下し、燃料改質室23内の当量比が1に近づいた場合であっても、燃料改質室23内の反応ガス温度の上昇量は比較的少なく、この当量比の変化に伴う反応ガス温度の変化は、例えば図4における矢印IIに示すようになる。このため、燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反応可能域である点Cの状態となり、生成された改質燃料中にスートが含まれない状態を得ることができる。または、生成された改質燃料中のスートが微量である状態を得ることができる。

[0135] 前記の制御動作により、ステップST4およびステップST5の動作が、本発明でいう「反応ガス温度調整部による動作であって、燃料改質時における燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、この燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度によって規定されるスート生成域を外れた改質反応可能域となるように、燃料改質気筒内の当量比に応じて燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整する動作」に相当する。

[0136] このような燃料改質運転の制御は、前記ECU100によって実行される。このため、このECU100における、この制御を実行する機能部分が本発明でいう制御装置に相当する。また、このECU100により実行される制御の方法が本発明でいう制御方法に相当する。

[0137] 以上説明したように、本実施形態では、前記反応ガス温度調整動作によって、燃料改質室23内の当量比に応じた反応ガス温度の調整が行われ、燃料改質室23内の当量比および反応ガス温度が、スート生成域を外れた改質反

応可能域とされるようにしている。このため、燃料改質室 2 3 でのスートの発生を抑制しながら改質燃料を生成することができる。その結果、スートが原因で出力気筒 3 での改質燃料の燃焼に悪影響を与えたり、大気中にスートが放出されてしまったりすることを抑制できる。

[0138] ー他の実施形態ー

なお、前記実施形態は、すべての点で例示であって、限定的な解釈の根拠となるものではない。従って、本発明の技術的範囲は、前記した実施形態のみによって解釈されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて画定される。また、本発明の技術的範囲には、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

[0139] 例えば、前記実施形態では、船舶用の内燃機関 1 に本発明を適用した場合について説明したが、その他の用途（例えば発電機、車両等）の内燃機関に対しても本発明は適用が可能である。

[0140] また、前記実施形態では、各気筒 2, 3 に備えられるインジェクタ 2 5, 3 5 としては気筒内に直接的に燃料を噴射する直噴式のものであった。本発明はこれに限らず、各インジェクタ 2 5, 3 5 の両方または一方をポート噴射式のものとしてもよい。

[0141] また、前記実施形態では、燃料改質室 2 3 に供給する燃料を軽油としていた。本発明はこれに限らず、重油やガソリン等を燃料とすることも可能である。

[0142] また、前記実施形態では、燃料改質気筒 2 と出力気筒 3 とが同一回転速度で運転するものであった。本発明はこれに限らず、各気筒 2, 3 の間（各気筒 2, 3 間のクランクシャフト 1 1）に減速機を介在させ、燃料改質気筒 2 の回転速度が出力気筒 3 の回転速度よりも低速度となる構成としてもよい。

[0143] また、前記実施形態では、出力気筒 3 で得られる機関出力の一部を燃料改質気筒 2 におけるピストン 2 2 の往復動の駆動源として使用していた。本発明はこれに限らず、燃料改質気筒 2 の駆動源を個別に設けるようにしてもよい。例えば、燃料改質気筒 2 と出力気筒 3 とを切り離し（クランクシャフト

11で連結することなく)、燃料改質気筒2のピストン22を電動モータ等によって往復動させるようにしてもよい。

[0144] なお、本発明は、その主旨または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形で実施することができる。そのため、上述の各実施形態や各実施例はあらゆる点で単なる例示にすぎず、限定的に解釈してはならない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文にはなんら拘束されない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、全て本発明の範囲内のものである。

[0145] この出願は、日本で2016年7月14日に出願された特願2016-139575号に基づく優先権を請求する。その内容はこれに言及することにより、本出願に組み込まれるものである。また、本明細書に引用された文献は、これに言及することにより、その全部が具体的に組み込まれるものである。

### 産業上の利用可能性

[0146] 本発明は、燃料改質気筒と出力気筒とを備えた内燃機関の制御に適用可能である。

### 符号の説明

[0147] 1 内燃機関  
2 燃料改質気筒（燃料改質装置）  
21, 31 シリンダボア  
22, 32 ピストン  
26 吸気バルブ  
3 出力気筒  
73 EGRガス量調整弁  
75 バイパス量調整弁  
100 ECU

## 請求の範囲

[請求項1] 燃料改質装置として機能することが可能な燃料改質気筒と、この燃料改質気筒で生成された改質燃料が供給され当該改質燃料の燃焼によって機関出力を得る出力気筒とを備えた内燃機関に適用される制御装置において、

燃料改質時における前記燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、この燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度によって規定されるスート生成域を外れた改質反応可能域となるように、前記燃料改質気筒内の当量比に応じて前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整する反応ガス温度調整部を備えていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項2] 請求項1記載の内燃機関の制御装置において、

前記反応ガス温度調整部は、前記燃料改質気筒内の当量比が低下して1に近づいたことに伴う前記燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量を変更するようになっており、前記燃料改質気筒内の当量比が1に近づくほど、前記制御量を大きくすることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項3] 請求項1または2記載の内燃機関の制御装置において、

前記反応ガス温度調整部は、前記出力気筒から排出された排気ガスの前記燃料改質気筒内への還流量およびこの還流される排気ガスの温度のうち少なくとも一方を調整することによって、前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整するよう構成されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項4] 請求項1または2記載の内燃機関の制御装置において、

前記反応ガス温度調整部は、前記燃料改質気筒の有効圧縮比を調整することによって、前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整するよう構成されていることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項5] 請求項2記載の内燃機関の制御装置において、

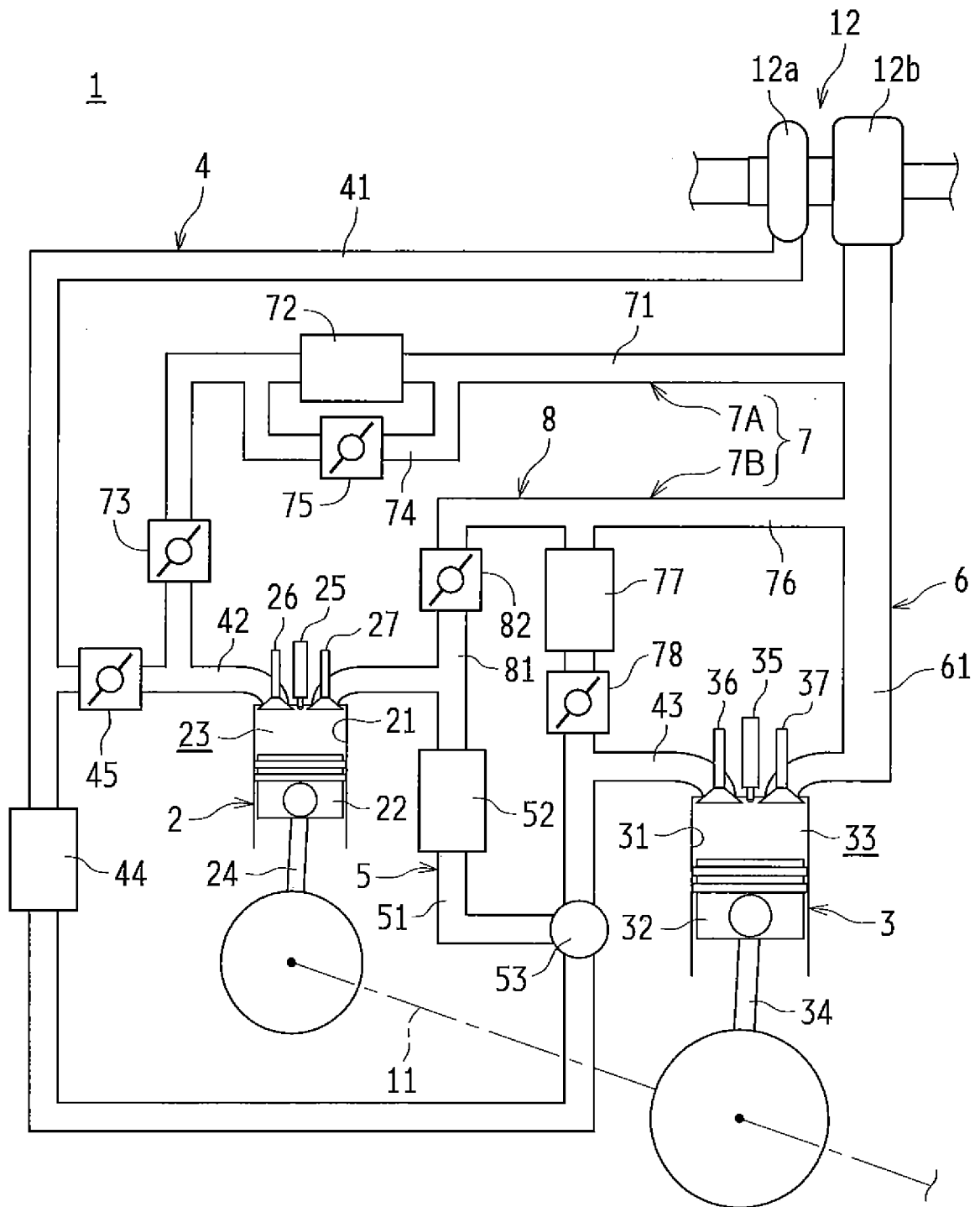
前記燃料改質気筒内の反応ガス温度の上昇を抑制するための制御の制御量が制御可能範囲の限界値に達しても、前記燃料改質時における前記燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が前記スタート生成域にあると推定された場合には、前記燃料改質気筒での燃料改質運転を非実行とすることを特徴とする内燃機関の制御装置。

[請求項6]

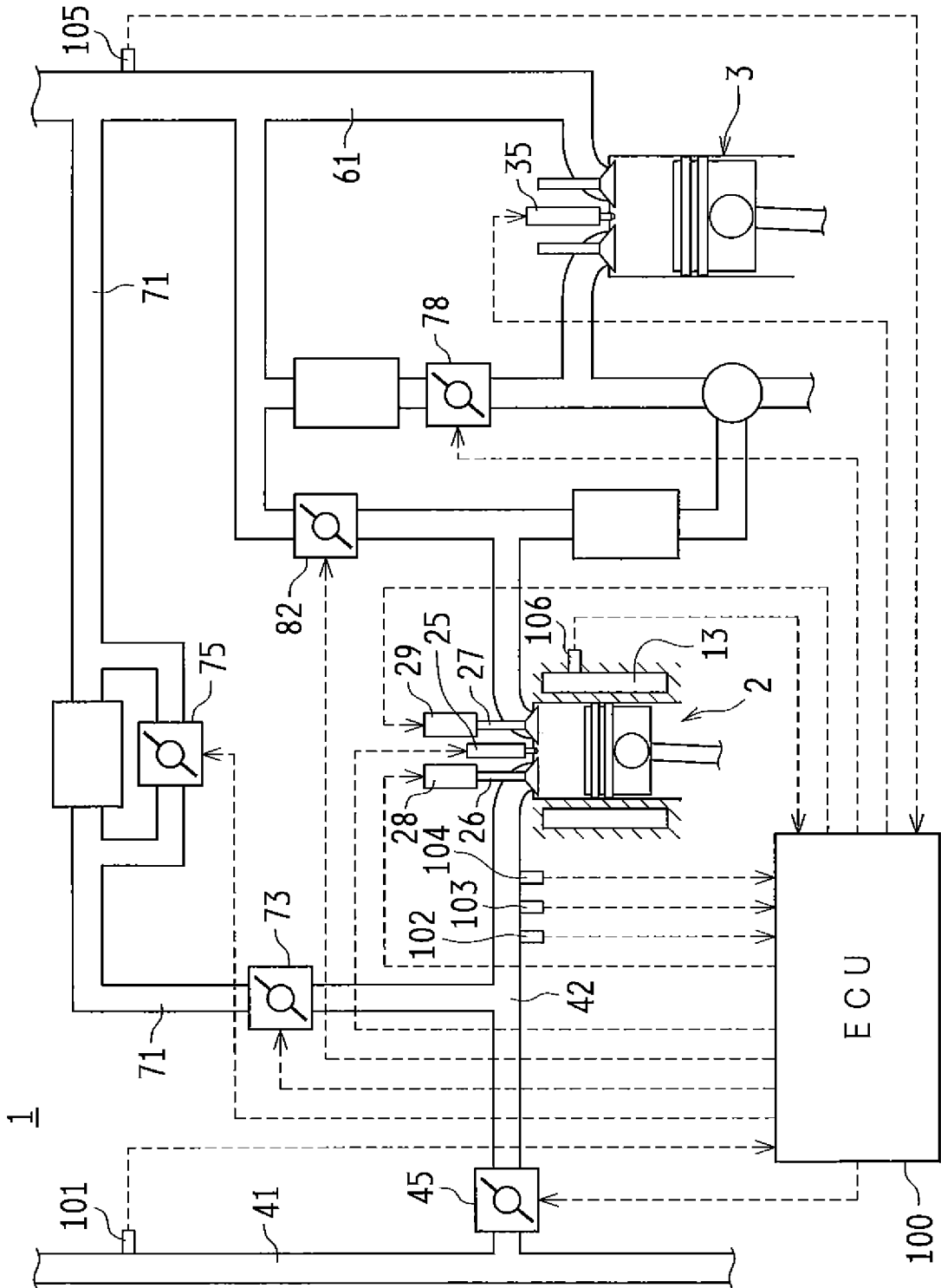
燃料改質装置として機能することが可能な燃料改質気筒と、この燃料改質気筒で生成された改質燃料が供給され当該改質燃料の燃焼によって機関出力を得る出力気筒とを備えた内燃機関に適用される制御方法であって、

燃料改質時における前記燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度が、この燃料改質気筒内の当量比および反応ガス温度によって規定されるスタート生成域を外れた改質反応可能域となるように、前記燃料改質気筒内の当量比に応じて前記燃料改質気筒内の反応ガス温度を調整することを特徴とする内燃機関の制御方法。

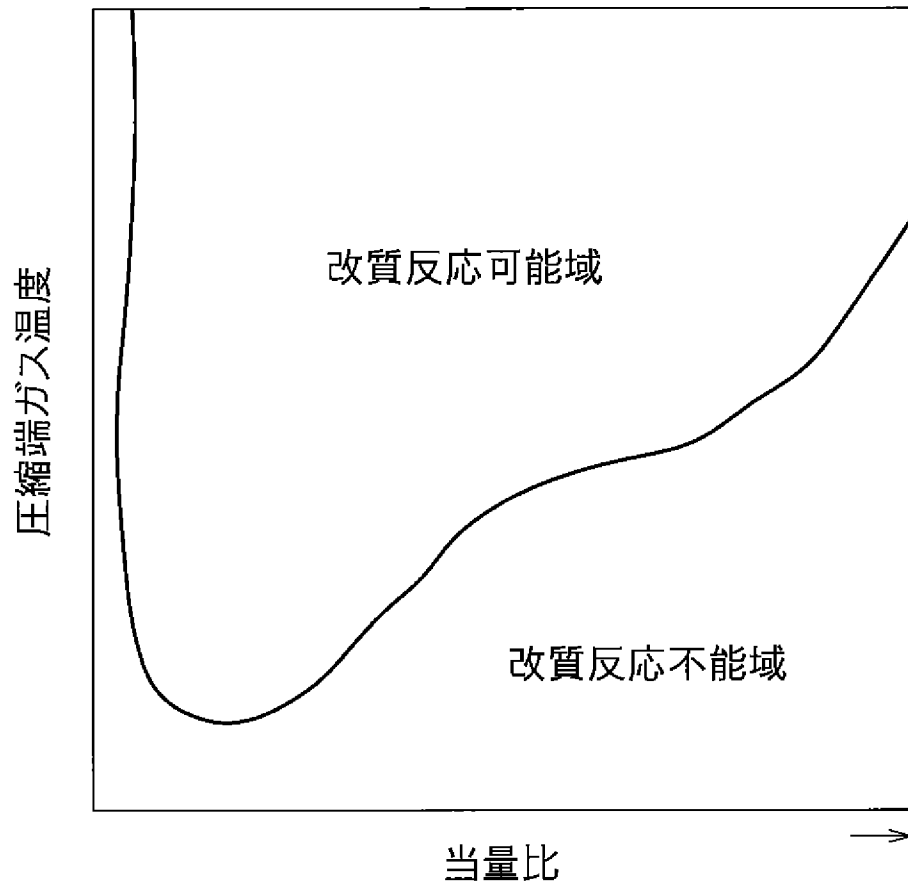
[図1]



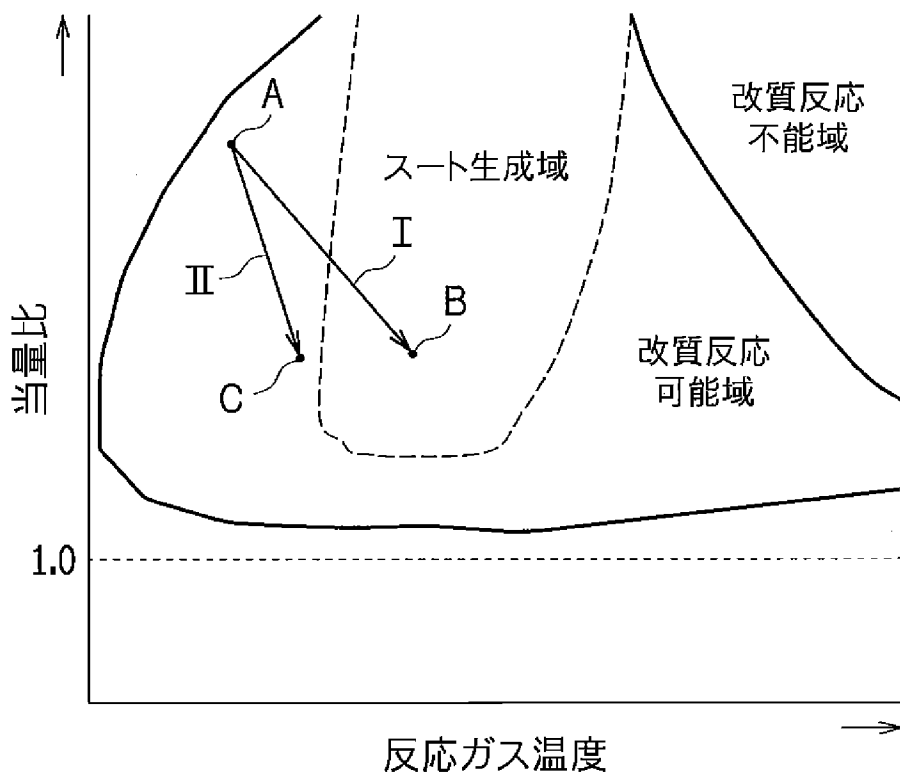
[図2]



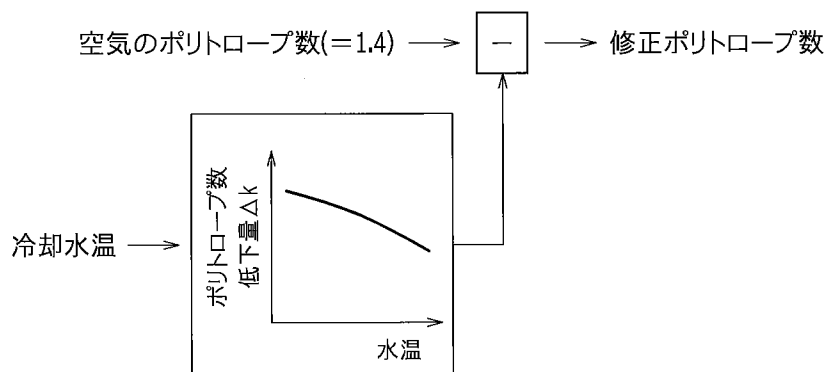
[図3]



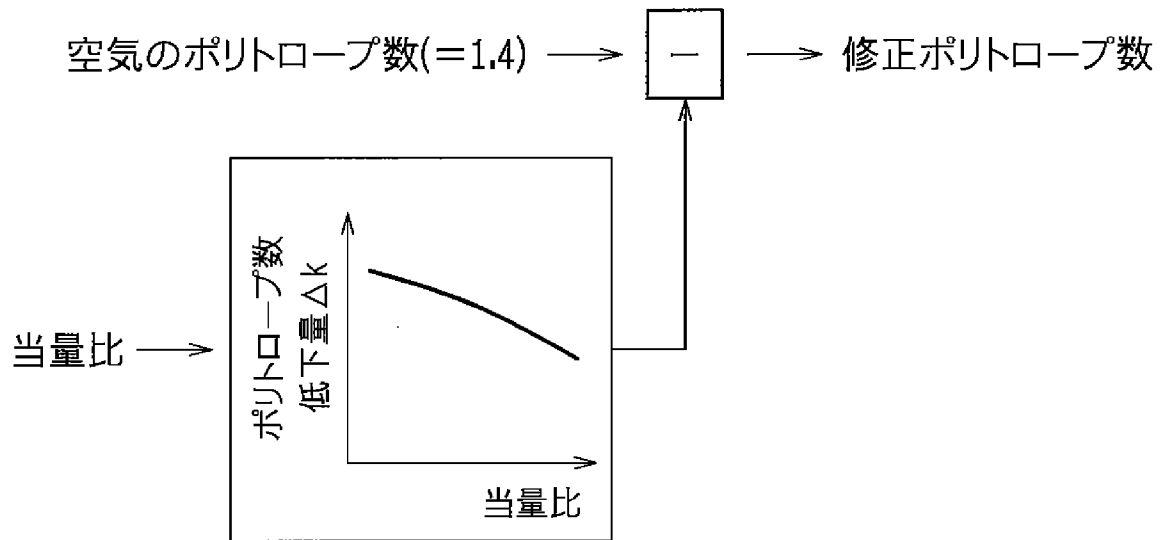
[図4]



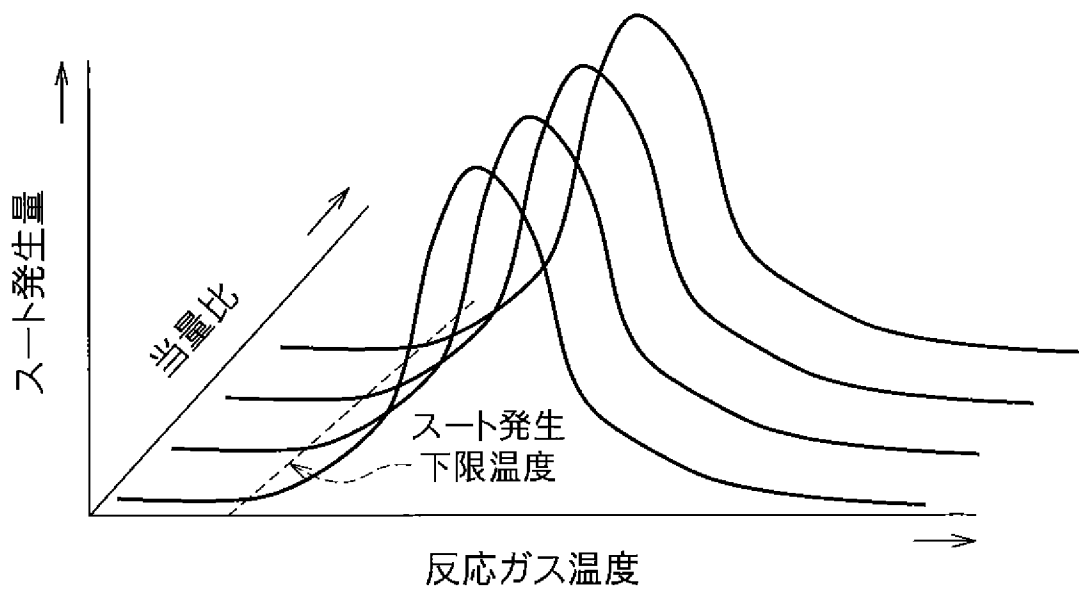
[図5]



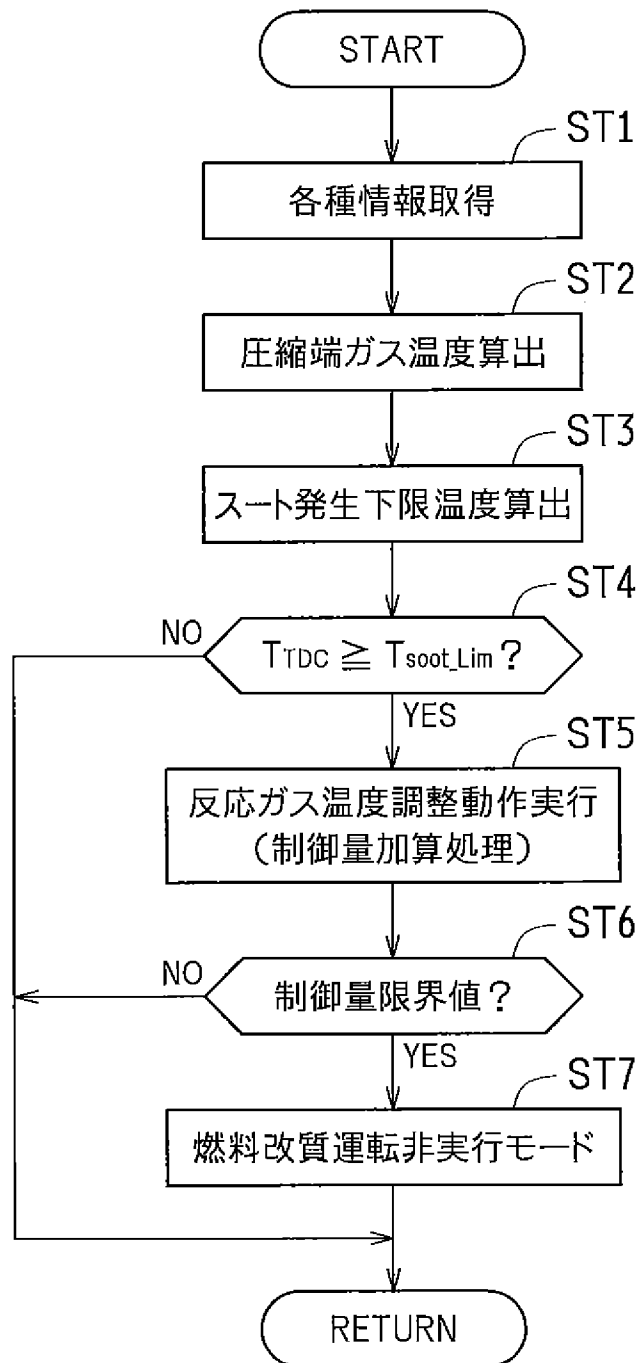
[図6]



[図7]



[図8]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2017/024048

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
*F02D19/08(2006.01)i, F02D21/08(2006.01)i, F02M21/02(2006.01)i, F02M25/00(2006.01)i, F02M26/17(2016.01)i, F02M31/16(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)  
 F02D19/08, F02D21/08, F02M21/02, F02M25/00, F02M26/17, F02M31/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	JP 2015-218676 A (Hitachi, Ltd.), 07 December 2015 (07.12.2015), paragraphs [0058] to [0068]; fig. 9 & US 2017/0089306 A1 paragraphs [0073] to [0085]; fig. 9 & WO 2015/178327 A1 & EP 3147492 A1	1-6
Y	JP 2006-226227 A (Denso Corp.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0037] to [0038]; fig. 3 to 4 (Family: none)	1-6

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 07 August 2017 (07.08.17)	Date of mailing of the international search report 15 August 2017 (15.08.17)
--	---

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/JP2017/024048

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-90272 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 28 March 2003 (28.03.2003), abstract; paragraphs [0032] to [0033], [0036]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-6
Y	US 7954472 B1 (Oded Eddie STURMAN), 07 June 2011 (07.06.2011), fig. 12; column 13, line 36 to column 14, line 12 (Family: none)	1-6
Y	WO 2016/035735 A1 (Yanmar Co., Ltd.), 10 March 2016 (10.03.2016), paragraphs [0085] to [0095]; fig. 1 to 2 & JP 2016-56704 A & JP 2016-70100 A & JP 2016-70101 A & JP 2016-94930 A & CN 106687679 A	3-5
A	US 2010/0206249 A1 (Leslie BROMBERG), 19 August 2010 (19.08.2010), paragraph [0035] & US 2010/0174470 A1 & WO 2009/064712 A1	1-6
A	JP 2002-160904 A (Toyota Motor Corp.), 04 June 2002 (04.06.2002), paragraphs [0024] to [0027], [0034] to [0038]; fig. 1 & US 2002/0031690 A1 fig. 1 & EP 1188712 A2	1-6
A	JP 2002-338207 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 27 November 2002 (27.11.2002), claim 9 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F02D19/08(2006.01)i, F02D21/08(2006.01)i, F02M21/02(2006.01)i, F02M25/00(2006.01)i, F02M26/17(2016.01)i, F02M31/16(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. F02D19/08, F02D21/08, F02M21/02, F02M25/00, F02M26/17, F02M31/16

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	JP 2015-218676 A (株式会社日立製作所) 2015.12.07, 段落 [0058]-[0068], 図9 & US 2017/0089306 A1, 段落[0073]-[0085], 図9 & WO 2015/178327 A1 & EP 3147492 A1	1-6
Y	JP 2006-226227 A (株式会社デンソー) 2006.08.31, 段落 [0037]-[0038], 図3-4 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2003-90272 A (三菱重工業株式会社) 2003.03.28, [要約], 段落 [0032]-[0033], [0036], 図1-2 (ファミリーなし)	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「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

07.08.2017

国際調査報告の発送日

15.08.2017

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)

山村 秀政

電話番号 03-3581-1101 内線 3395

3Z

3744

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
Y	US 7954472 B1 (Oded Eddie STURMAN) 2011.06.07, 図12, 第13欄第36行-第14欄第12行 (ファミリーなし)	1-6
Y	WO 2016/035735 A1 (ヤンマー株式会社) 2016.03.10, 段落 [0085]-[0095], 図1-2 & JP 2016-56704 A & JP 2016-70100 A & JP 2016-70101 A & JP 2016-94930 A & CN 106687679 A	3-5
A	US 2010/0206249 A1 (Leslie BROMBERG) 2010.08.19, 段落[0035] & US 2010/0174470 A1 & WO 2009/064712 A1	1-6
A	JP 2002-160904 A (トヨタ自動車株式会社) 2002.06.04, 段落 [0024]-[0027], [0034]-[0038], 図1 & US 2002/0031690 A1, 図1 & EP 1188712 A2	1-6
A	JP 2002-338207 A (日産自動車株式会社) 2002.11.27, 請求項9 (ファミリーなし)	1-6