

(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
2014 年 8 月 7 日(07.08.2014)



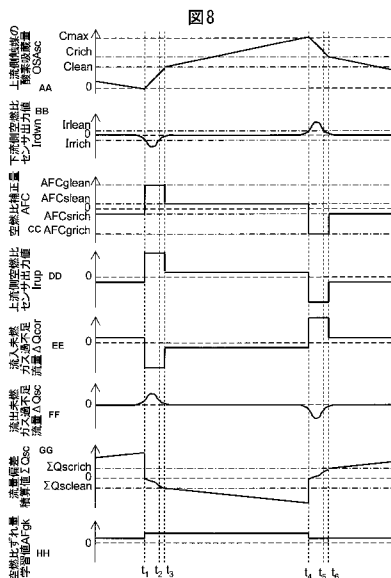
(10) 国際公開番号
WO 2014/118889 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 41/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/051908
- (22) 国際出願日: 2013 年 1 月 29 日(29.01.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人 (米国についてのみ): 中川 徳久 (NAKAGAWA, Norihisa) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 岡崎 俊太郎 (OKAZAKI, Shuntaro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 山口 雄士 (YAMAGUCHI, Yuji) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目 5 番 1 号 虎ノ門 3 7 森ビル青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置



(57) Abstract: A control device for an internal combustion engine, equipped with: an exhaust purification catalyst (20) capable of storing oxygen; a downstream-side air-fuel ratio sensor (41) arranged downstream in the direction of flow of exhaust from the exhaust purification catalyst; and an air-fuel ratio control device that controls the air-fuel ratio such that air-fuel ratio of the exhaust flowing into the exhaust purification catalyst reaches a target air-fuel ratio. The control device changes the target air-fuel ratio to a lean air-fuel ratio setting when the exhaust air-fuel ratio detected by the downstream-side air-fuel ratio sensor reaches a rich air-fuel ratio, and then changes the target air-fuel ratio to a slightly lean air-fuel ratio setting before the exhaust air-fuel ratio detected by the downstream-side air-fuel ratio sensor reaches a lean air-fuel ratio, and then changes the target air-fuel ratio to a rich air-fuel ratio setting when the exhaust air-fuel ratio detected by the downstream-side air-fuel ratio sensor reaches a lean air-fuel ratio, and then changes the target air-fuel ratio to a slightly rich air-fuel ratio setting before the exhaust air-fuel ratio detected by the downstream-side air-fuel ratio sensor reaches a rich air-fuel ratio.

(57) 要約: 内燃機関の制御装置は、酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒 20 と、排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に配置された下流側空燃比センサ 41 と、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比が目標空燃比となるように空燃比を制御する空燃比制御装置とを具備する。当該制御装置は、下流側空燃比センサによって検出された排気空燃比がリッチ空燃比になったときに目標空燃比をリーン設定空燃比まで変化させ、その後、下流側空燃比センサによって検出される排気空燃比がリーン空燃比になる前に目標空燃比を弱リーン設定空燃比に変化させ、下流側空燃比センサによって検出された排気空燃比がリーン空燃比になったときに目標空燃比をリッチ設定空燃比まで変化させ、その後、下流側空燃比センサによって検出される排気空燃比がリッチ空燃比になる前に目標空燃比を弱リッチ設定空燃比に変化させる。

AA Upstream-side catalyst oxygen storage amount (OSAsc)
BB Downstream-side air-fuel sensor output value (Irdwn)
CC Air-fuel ratio correction amount (AFC)
DD Upstream-side air-fuel ratio sensor output value (Irup)
EE Inflowing unburned gas excess/deficiency flow volume (AQoor)
FF Effluent unburned gas excess/deficiency flow volume (AQosc)
GG Flow volume deviation integrated value (Σ Dec)
HH Air-fuel ratio deviation amount learning value (AFgk)

WO 2014/118889 A1



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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、空燃比センサの出力に応じて内燃機関を制御する内燃機関の制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来から、内燃機関の排気通路に空燃比センサを設け、この空燃比センサの出力に基づいて内燃機関に供給する燃料量を制御する内燃機関の制御装置が広く知られている（例えば、特許文献１～９を参照）。

[0003] このうち、特許文献１～４に記載の内燃機関では、排気通路内に設けられた酸素吸蔵能力を有する排気浄化触媒が用いられる。酸素吸蔵能力を有する排気浄化触媒は、酸素吸蔵量が上限吸蔵量と下限吸蔵量との間の適当な量であるときには、排気浄化触媒に流入する排気ガス中の未燃ガス（HCやCO等）やNO_x等を浄化できる。すなわち、排気浄化触媒に理論空燃比よりもリッチ側の空燃比（以下、「リッチ空燃比」ともいう）の排気ガスが流入すると、排気浄化触媒に吸蔵されている酸素により排気ガス中の未燃ガスが酸化浄化される。逆に、排気浄化触媒に理論空燃比よりもリーン側の空燃比（以下、「リーン空燃比」ともいう）の排気ガスが流入すると、排気ガス中の酸素が排気浄化触媒に吸蔵される。これにより、排気浄化触媒表面上で酸素不足状態となり、これに伴って排気ガス中のNO_xが還元浄化される。その結果、排気浄化触媒は、酸素吸蔵量が適当な量である限り、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比に関わらず、排気ガスを浄化することができる。

[0004] そこで、特許文献１～４に記載の制御装置では、排気浄化触媒における酸素吸蔵量を適切な量に維持すべく、排気浄化触媒の排気流れ方向上流側に空燃比センサを設け、排気流れ方向下流側に酸素センサを設けるようにしている。これらセンサを用いて、制御装置は、上流側の空燃比センサの出力に基づいてこの空燃比センサの出力が目標空燃比に相当する目標値となるように

フィードバック制御を行う。加えて、下流側の酸素センサの出力に基づいて上流側の空燃比センサの目標値を補正する。なお、以下の説明では、排気流れ方向上流側を単に「上流側」と称し、排気流れ方向下流側を単に「下流側」と称する場合もある。

[0005] 例えば、特許文献 1 に記載の制御装置では、下流側の酸素センサの出力電圧が高側閾値以上であって、排気浄化触媒の状態が酸素不足状態であるときには、排気浄化触媒に流入する排気ガスの目標空燃比がリーン空燃比とされる。逆に、下流側の酸素センサの出力電圧が低側閾値以下であって、排気浄化触媒の状態が酸素過剰状態であるときには、目標空燃比がリッチ空燃比とされる。特許文献 1 によれば、これにより、酸素不足状態又は酸素過剰状態にあるときに、排気浄化触媒の状態を速やかにこれら両状態の中間の状態（すなわち、排気浄化触媒に適当な量の酸素が吸蔵されている状態）に戻すことができることとされている。

[0006] 加えて、上記制御装置では、下流側の酸素センサの出力電圧が高側閾値と低側閾値との間にある場合、酸素センサの出力電圧が増大傾向にあるときには目標空燃比がリーン空燃比とされる。逆に、酸素センサの出力電圧が減少傾向にあるときには目標空燃比がリッチ空燃比とされる。特許文献 1 によれば、これにより、排気浄化触媒の状態が酸素不足状態又は酸素過剰状態となることを未然に防止することができるとされている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開 2011-069337 号公報
特許文献2：特開平 8-232723 号公報
特許文献3：特開 2009-162139 号公報
特許文献4：特開 2001-234787 号公報
特許文献5：特開平 8-312408 号公報
特許文献6：特開平 6-129283 号公報
特許文献7：特開 2005-140000 号公報

特許文献8：特開2003-049681号公報

特許文献9：特開2000-356618号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 図2に、排気浄化触媒の酸素吸蔵量と排気浄化触媒から流出する排気ガス中の NO_x 及び未燃ガスの濃度との関係を示す。図2（A）は、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比であるときの、酸素吸蔵量と排気浄化触媒から流出する排気ガス中の NO_x 濃度との関係を示す。一方、図2（B）は、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比であるときの、酸素吸蔵量と排気浄化触媒から流出する排気ガス中の未燃ガスの濃度との関係を示す。

[0009] 図2（A）からわかるように、排気浄化触媒の酸素吸蔵量が少ないときには、最大酸素吸蔵量まで余裕がある。このため、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比（すなわち、排気浄化触媒に流入する排気ガスが NO_x 及び酸素を含む）であっても、排気ガス中の酸素は排気浄化触媒に吸蔵され、これに伴って NO_x も還元浄化される。この結果、排気浄化触媒から流出する排気ガス中にはほとんど NO_x は含まれない。

[0010] しかしながら、排気浄化触媒の酸素吸蔵量が多くなると、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比である場合、排気浄化触媒において排気ガス中の酸素を吸蔵しにくくなり、これに伴って排気ガス中の NO_x も還元浄化されにくくなる。このため、図2（A）からわかるように、酸素吸蔵量が或る上限吸蔵量 C_{uplim} を超えて増大すると排気浄化触媒から流出する排気ガス中の NO_x 濃度が急激に上昇する。

[0011] 一方、排気浄化触媒の酸素吸蔵量が多いときには、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比（すなわち、排気ガスが HC や CO 等の未燃ガスを含む）であると、排気浄化触媒に吸蔵されている酸素が放出される。このため、排気浄化触媒に流入する排気ガス中の未燃ガスは酸化浄化される。この結果、図2（B）からわかるように、排気浄化触媒から流出する

排気ガス中にはほとんど未燃ガスは含まれない。

[0012] しかしながら、排気浄化触媒の酸素吸蔵量が少なくなると、排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比である場合、排気浄化触媒から放出される酸素が少なくなり、これに伴って排気ガス中の未燃ガスも酸化浄化されにくくなる。このため、図2（B）からわかるように、酸素吸蔵量が或る下限吸蔵量 $C_{low\ limit}$ を超えて減少すると排気浄化触媒から流出する排気ガス中の未燃ガスの濃度が急激に上昇する。

[0013] 排気浄化触媒の酸素吸蔵量と排気浄化触媒から流出する排気ガス中の未燃ガス濃度及び NO_x 濃度とは上述したような関係を有する。ここで、特許文献1に記載された制御装置では、下流側の酸素センサの出力電圧が高側閾値以上である場合、すなわち下流側酸素センサによって検出された排気ガスの空燃比（以下、「排気空燃比」という）が高側閾値に対応する下限空燃比以下となったときには、目標空燃比が所定のリーン空燃比（以下、「設定リーン空燃比」という）に切り替えられて、その後その空燃比に固定される。一方、下流側の酸素センサの出力電圧が低側閾値以下である場合、すなわち下流側酸素センサによって検出された排気空燃比が低側閾値に対応する上限空燃比以上となったときには、目標空燃比が所定のリッチ空燃比（以下、「設定リッチ空燃比」という）に切り替えられて、その後その空燃比に固定される。

[0014] ここで、下流側酸素センサによって検出された排気空燃比が高側閾値に対応する下限空燃比以下となったときには、排気浄化触媒から或る程度の未燃ガスが流出している。このため、設定リーン空燃比の理論空燃比からの差、すなわちリーン度合いを大きく設定すると、排気浄化触媒からの未燃ガスの流出を迅速に抑制することができる。しかしながら、設定リーン空燃比のリーン度合いを大きく設定すると、その後、排気浄化触媒の酸素吸蔵量が急激に増大して排気浄化触媒から NO_x が流出するまでの期間が短くなる上、排気浄化触媒から NO_x が流出するときの NO_x の流出量が多くなってしまふ。

[0015] 一方、設定リーン空燃比のリーン度合いを小さく設定すると、排気浄化触媒の酸素吸蔵量を緩やかに増加させることができ、よって排気浄化触媒から NO_x が流出するまでの時間を長くすることができる。加えて、排気浄化触媒から NO_x が流出するときの NO_x の流出量を少量にすることができる。しかしながら、設定リーン空燃比のリーン度合いを小さく設定した場合には、下流側酸素センサによって検出された排気空燃比が下限空燃比以下となって目標空燃比を設定リッチ空燃比から設定リーン空燃比に切り替えた際に、排気浄化触媒からの未燃ガスの流出を迅速に抑制することができなくなる。

[0016] また、下流側酸素センサによって検出された排気空燃比が低側閾値に対応する上限空燃比以上となったときには、排気浄化触媒からある程度の NO_x が流出している。このため、設定リッチ空燃比の理論空燃比からの差、すなわちリッチ度合いを大きく設定すると、排気浄化触媒からの NO_x の流出を迅速に抑制することができる。しかしながら、設定リッチ空燃比のリッチ度合いを大きく設定すると、その後、排気浄化触媒の酸素吸蔵量が急激に減少して排気浄化触媒から未燃ガスが流出するまでの期間が短くなる上、排気浄化触媒から未燃ガスが流出するときの未燃ガスの流出量が多くなってしまう。

[0017] 一方、設定リッチ空燃比のリッチ度合いを小さく設定すると、排気浄化触媒の酸素吸蔵量を緩やかに減少させることができ、よって排気浄化触媒から未燃ガスが流出するまでの時間を長くすることができる。加えて、排気浄化触媒から未燃ガスが流出するときの未燃ガスの流出量を少量にすることができる。しかしながら、設定リッチ空燃比のリッチ度合いを小さく設定した場合には、下流側酸素センサによって検出された排気空燃比が上限空燃比以上となって目標空燃比を設定リーン空燃比から設定リッチ空燃比に切り替えた際に、排気浄化触媒からの NO_x の流出を迅速に抑制することができなくなる。

[0018] 加えて、特許文献1に記載の制御装置では、排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に酸素センサを用いている。酸素センサにおける排気空燃比と出力電

圧との関係は、基本的に、図3に破線で示したような関係となる。すなわち、起電力は、理論空燃比近傍で大きく変化し、排気空燃比がリッチ空燃比になると起電力が高くなり、逆に、排気空燃比がリーン空燃比になると起電力が低くなる。

[0019] ところが、酸素センサでは、センサの電極上において未燃ガスや酸素等の反応性が低いことにより、実際の排気空燃比が同一であっても空燃比の変化の方向に応じて起電力が異なる値となる。換言すると、酸素センサは、排気空燃比の変化の方向に応じてヒステリシスを有する。図3はその様子を示しており、実線Aは空燃比をリッチ側からリーン側へと変化させたときの関係、実線Bは空燃比をリーン側からリッチ側へと変化させたときの関係をそれぞれ示している。

[0020] このため、排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に酸素センサを配置した場合には、実際の排気空燃比が或る程度理論空燃比からリッチ側へ変化してから初めて酸素センサによってリッチ空燃比が検出される。同様に、実際の排気空燃比がある程度理論空燃比からリーン側へ変化してから初めて酸素センサによってリーン空燃比が検出される。すなわち、下流側に酸素センサを配置した場合には、実際の排気空燃比に対して応答性が低い。このように、下流側の酸素センサの応答性が低いと、排気浄化触媒から或る程度 NO_x が流出してから目標空燃比をリッチ空燃比に切り替えることになり、また、排気浄化触媒から或る程度未燃ガスが流出してから目標空燃比をリーン空燃比に切り替えることになる。

[0021] このように、特許文献1に記載の制御装置によれば、排気浄化触媒から流出する未燃ガスや NO_x を十分に低減することはできていなかった。

[0022] そこで、上記課題に鑑みて、本発明の目的は、排気浄化触媒から流出する未燃ガスや NO_x を十分に低減することができる、内燃機関の制御装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0023] 上記課題を解決するために、第1の発明では、内燃機関の排気通路に配置

されると共に酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒と、該排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に配置されると共に前記排気浄化触媒から流出する排気ガスの空燃比を検出する下流側空燃比検出装置と、前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比が目標空燃比となるように該排気ガスの空燃比を制御する空燃比制御装置とを具備する、内燃機関の制御装置において、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリッチ空燃比になったときに、前記目標空燃比を理論空燃比よりもリーンのリーン設定空燃比まで変化させる空燃比リーン切替手段と、該空燃比リーン切替手段によって空燃比を変化させた後であって前記下流側空燃比検出装置によって検出される排気空燃比がリーン空燃比になる前に前記目標空燃比を前記リーン設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリーン空燃比に変化させるリーン度合い低下手段と、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリーン空燃比になったときに、前記目標空燃比を理論空燃比よりもリッチのリッチ設定空燃比まで変化させる空燃比リッチ切替手段と、該空燃比リッチ切替手段によって空燃比を変化させた後であって前記下流側空燃比検出装置によって検出される排気空燃比がリッチ空燃比になる前に前記目標空燃比を前記リッチ設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリッチ空燃比に変化させるリッチ度合い低下手段とを具備する、内燃機関の制御装置が提供される。

[0024] 第2の発明では、第1の発明において、前記リーン度合い低下手段は、前記目標空燃比を変化させるときには、該目標空燃比を前記リーン設定空燃比から、該リーン設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さい所定のリーン空燃比へ、ステップ状に切り替える。

[0025] 第3の発明では、第1又は第2の発明において、前記リッチ度合い低下手段は、前記目標空燃比を変化させるときには、該目標空燃比を前記リッチ設定空燃比から、該リッチ設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さい所定のリッチ空燃比へ、ステップ状に切り替える。

[0026] 第4の発明では、第1～第3のいずれか一つの発明において、前記リーン度合い低下手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃

比が理論空燃比に収束した後に前記目標空燃比を変化させる。

[0027] 第5の発明では、第1～第5のいずれか一つの発明において、前記リッチ度合い低下手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比が理論空燃比に収束した後に前記目標空燃比を変化させる。

[0028] 第6の発明では、第1～第3のいずれか一つの発明において、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量を推定する酸素吸蔵量推定手段を更に具備し、前記リーン度合い低下手段は、前記酸素吸蔵量推定手段によって推定された酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量よりも少ない予め定められた吸蔵量以上となったときに前記目標空燃比を変化させる。

[0029] 第7の発明では、第1～第4のいずれか一つの発明において、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量を推定する酸素吸蔵量推定手段を更に具備し、前記リッチ度合い低下手段は、前記酸素吸蔵量推定手段によって推定された酸素吸蔵量が零よりも多い予め定められた吸蔵量以下となったときに前記目標空燃比を変化させる。

[0030] 第8の発明では、第6又は第7の発明において、前記排気浄化触媒の排気流れ方向上流側に配置されると共に前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの排気空燃比を検出する上流側空燃比検出装置を更に具備し、前記酸素吸蔵量推定手段は、前記上流側空燃比検出装置によって検出された空燃比及び前記内燃機関の吸入空気量に基づいて、前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比である場合に対して過剰となる未燃ガス又は不足する未燃ガスの流量を算出する流入未燃ガス過不足流量算出手段と、前記下流側空燃比検出装置によって検出された空燃比及び前記内燃機関の吸入空気量に基づいて、前記排気浄化触媒から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比である場合に対して過剰となる未燃ガス又は不足する未燃ガスの流量を算出する流出未燃ガス過不足流量算出手段と、前記流入未燃ガス過不足流量算出手段によって算出された過不足な未燃ガスの流量と前記流出未燃ガス過不足流量算出手段によって算出された過不足な未燃ガスの流量とに基づいて前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量を算出する吸蔵量算出手段とを具備する。

[0031] 第9の発明では、第8の発明において、前記空燃比リーン切替手段によって目標空燃比をリーン設定空燃比に変化させてから前記空燃比リッチ切替手段によって目標空燃比を最大リッチ空燃比に変化させるまでの間に前記吸蔵量算出手段において算出された前記積算値と、前記空燃比リッチ切替手段によって目標空燃比をリッチ設定空燃比に変化させてから前記空燃比リーン切替手段によって目標空燃比をリーン設定空燃比に変化させるまでの間に前記吸蔵量算出手段において算出された前記積算値とに基づいて、前記目標空燃比に対して実際に排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比のずれを補正するための空燃比ずれ量学習値を算出する学習値算出手段を更に具備し、前記空燃比制御装置は、前記学習値算出手段によって算出された空燃比ずれ量学習値に基づいて、前記空燃比リーン切替手段、前記リーン度合い低下手段、前記空燃比リッチ切替手段及び前記リッチ度合い低下手段によって設定された目標空燃比を補正する。

[0032] 第10の発明では、第1～第9のいずれか一つの発明において、前記空燃比リーン切替手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比が理論空燃比よりもリッチなリッチ判定空燃比となったときに、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリッチ空燃比になったと判断し、前記空燃比リッチ切替手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比が理論空燃比よりもリーンなリーン判定空燃比となったときに、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリーン空燃比になったと判断する。

[0033] 第11の発明では、第10の発明において、前記下流側空燃比検出装置は、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、該空燃比センサには、排気空燃比が前記リッチ判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧が印加され、前記空燃比リーン切替手段は、前記出力電流が零以下となったときに排気空燃比がリッチ空燃比になったと判断する。

[0034] 第12の発明では、第10の発明において、前記下流側空燃比検出装置は

、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、該空燃比センサには、排気空燃比が前記リーン判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧が印加され、前記空燃比リッチ切替手段は、前記出力電流が零以下となったときに排気空燃比がリーン空燃比になったと判断する。

[0035] 第13の発明では、第10～第12のいずれか一つの発明において、前記下流側空燃比検出装置は、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、該空燃比センサには、排気空燃比が前記リッチ判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧と排気空燃比が前記リーン判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧とが交互に印加される。

[0036] 第14の発明では、第1～第10のいずれか一つの発明において、前記排気浄化触媒の排気流れ方向上流側に配置されると共に前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの排気空燃比を検出する上流側空燃比検出装置を更に具備し、前記空燃比制御装置は、前記上流側空燃比検出装置によって検出された空燃比が前記目標空燃比になるように前記内燃機関の燃焼室に供給される燃料又は空気の量を制御する。

[0037] 第15の発明では、第14の発明において、前記上流側空燃比検出装置及び下流側空燃比検出装置は、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、前記上流側空燃比検出装置における印加電圧と前記下流側空燃比検出装置における印加電圧とは異なる値とされる。

[0038] 第16の発明では、第1～第15のいずれか一つの発明において、前記下流側空燃比検出装置よりも排気流れ方向下流側において排気通路に配置されると共に酸素を吸蔵可能な下流側排気浄化触媒を更に具備する。

発明の効果

[0039] 本発明に係る内燃機関の制御装置によれば、排気浄化触媒から流出する未燃ガスや NO_x を十分に低減することができる。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]図1は、本発明の第一実施形態に係る制御装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

[図2]図2は、排気浄化触媒の酸素吸蔵量と NO_x 又は未燃ガスの流出量との関係を示す図である。

[図3]図3は、酸素センサにおける排気空燃比と出力電圧との関係を示した図である。

[図4]図4は、下流側空燃比センサの概略的な断面図である。

[図5]図5は、下流側空燃比センサの動作を概略的に示した図である。

[図6]図6は、下流側空燃比センサにおけるセンサ印加電圧と出力電流との関係を示した図である。

[図7]図7は、電圧印加装置及び電流検出装置を構成する具体的な回路の一例を示す図である。

[図8]図8は、上流側排気浄化触媒の酸素吸蔵量等のタイムチャートである。

[図9]図9は、制御装置の機能ブロック図である。

[図10]図10は、酸素吸蔵量推定制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

[図11]図11は、空燃比補正量の算出制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

[図12]図12は、上流側排気浄化触媒の酸素吸蔵量等のタイムチャートである。

[図13]図13は、各排気空燃比におけるセンサ印加電圧と出力電流との関係を示す図である。

[図14]図14は、各センサ印加電圧における排気空燃比と出力電流との関係を示す図である。

[図15]図15は、図13にX-Xで示した領域を拡大して示した図である。

[図16]図16は、図14にYで示した領域を拡大して示した図である。

[図17]図17は、空燃比センサの空燃比と出力電流との関係を示す図である。

[図18]図 18 は、上流側排気浄化触媒の酸素吸蔵量等のタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0041] 以下、図面を参照して本発明の内燃機関の制御装置について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同様な構成要素には同一の参照番号を付す。図 1 は、本発明の第一実施形態に係る制御装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

[0042] <内燃機関全体の説明>

図 1 を参照すると 1 は機関本体、2 はシリンダブロック、3 はシリンダブロック 2 内で往復動するピストン、4 はシリンダブロック 2 上に固定されたシリンダヘッド、5 はピストン 3 とシリンダヘッド 4 との間に形成された燃焼室、6 は吸気弁、7 は吸気ポート、8 は排気弁、9 は排気ポートをそれぞれ示す。吸気弁 6 は吸気ポート 7 を開閉し、排気弁 8 は排気ポート 9 を開閉する。

[0043] 図 1 に示したようにシリンダヘッド 4 の内壁面の中央部には点火プラグ 10 が配置され、シリンダヘッド 4 の内壁面周辺部には燃料噴射弁 11 が配置される。点火プラグ 10 は、点火信号に応じて火花を発生させるように構成される。また、燃料噴射弁 11 は、噴射信号に応じて、所定量の燃料を燃焼室 5 内に噴射する。なお、燃料噴射弁 11 は、吸気ポート 7 内に燃料を噴射するように配置されてもよい。また、本実施形態では、燃料として排気浄化触媒における理論空燃比が 14.6 であるガソリンが用いられる。しかしながら、本発明の内燃機関は他の燃料を用いても良い。

[0044] 各気筒の吸気ポート 7 はそれぞれ対応する吸気枝管 13 を介してサージタンク 14 に連結され、サージタンク 14 は吸気管 15 を介してエアクリーナ 16 に連結される。吸気ポート 7、吸気枝管 13、サージタンク 14、吸気管 15 は吸気通路を形成する。また、吸気管 15 内にはスロットル弁駆動アクチュエータ 17 によって駆動されるスロットル弁 18 が配置される。スロットル弁 18 は、スロットル弁駆動アクチュエータ 17 によって回動せしめ

られることで、吸気通路の開口面積を変更することができる。

[0045] 一方、各気筒の排気ポート 9 は排気マニホルド 19 に連結される。排気マニホルド 19 は、各排気ポート 9 に連結される複数の枝部とこれら枝部が集合した集合部とを有する。排気マニホルド 19 の集合部は上流側排気浄化触媒 20 を内蔵した上流側ケーシング 21 に連結される。上流側ケーシング 21 は、排気管 22 を介して下流側排気浄化触媒 24 を内蔵した下流側ケーシング 23 に連結される。排気ポート 9、排気マニホルド 19、上流側ケーシング 21、排気管 22 及び下流側ケーシング 23 は、排気通路を形成する。

[0046] 電子制御ユニット（ECU）31 はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス 32 を介して相互に接続された RAM（ランダムアクセスメモリ）33、ROM（リードオンリメモリ）34、CPU（マイクロプロセッサ）35、入力ポート 36 および出力ポート 37 を具備する。吸気管 15 には、吸気管 15 内を流れる空気流量を検出するためのエアフロメータ 39 が配置され、このエアフロメータ 39 の出力は対応する AD 変換器 38 を介して入力ポート 36 に入力される。また、排気マニホルド 19 の集合部には排気マニホルド 19 内を流れる排気ガス（すなわち、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス）の空燃比を検出する上流側空燃比センサ（上流側空燃比検出装置）40 が配置される。加えて、排気管 22 内には排気管 22 内を流れる排気ガス（すなわち、上流側排気浄化触媒 20 から流出して下流側排気浄化触媒 24 に流入する排気ガス）の空燃比を検出する下流側空燃比センサ（下流側空燃比検出装置）41 が配置される。これら空燃比センサ 40、41 の出力も対応する AD 変換器 38 を介して入力ポート 36 に入力される。なお、これら空燃比センサ 40、41 の構成については後述する。

[0047] また、アクセルペダル 42 にはアクセルペダル 42 の踏込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 43 が接続され、負荷センサ 43 の出力電圧は対応する AD 変換器 38 を介して入力ポート 36 に入力される。クランク角センサ 44 は例えばクランクシャフトが 15 度回転する毎に出力パルスが発生し、この出力パルスが入力ポート 36 に入力される。CPU 35 ではこ

のクランク角センサ 44 の出力パルスから機関回転数が計算される。一方、出力ポート 37 は対応する駆動回路 45 を介して点火プラグ 10、燃料噴射弁 11 及びスロットル弁駆動アクチュエータ 17 に接続される。なお、ECU 31 は、各種センサ等の出力に基づいて内燃機関を制御する機関制御装置として機能する。

[0048] なお、本実施形態に係る内燃機関は、ガソリンを燃料とする無過給内燃機関であるが、本発明に係る内燃機関の構成は、上記構成に限定されるものではない。例えば、本発明に係る内燃機関は、気筒数、気筒配列、燃料の噴射態様、吸排気系の構成、動弁機構の構成、過給器の有無、及び過給態様等が、上記内燃機関と異なるものであってもよい。

[0049] <排気浄化触媒の説明>

上流側排気浄化触媒 20 及び下流側排気浄化触媒 24 は、いずれも同様な構成を有する。排気浄化触媒 20、24 は、酸素吸蔵能力を有する三元触媒である。具体的には、排気浄化触媒 20、24 は、セラミックから成る担体に、触媒作用を有する貴金属（例えば、白金（Pt））及び酸素吸蔵能力を有する物質（例えば、セリア（CeO₂））を担持させたものである。排気浄化触媒 20、24 は、所定の活性温度に達すると、未燃ガス（HC や CO 等）と窒素酸化物（NO_x）とを同時に浄化する触媒作用に加えて、酸素吸蔵能力を発揮する。

[0050] 排気浄化触媒 20、24 の酸素吸蔵能力によれば、排気浄化触媒 20、24 は、排気浄化触媒 20、24 に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりもリーン（リーン空燃比）であるときには排気ガス中の酸素を吸蔵する。一方、排気浄化触媒 20、24 は、流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりもリッチ（リッチ空燃比）であるときには、排気浄化触媒 20、24 に吸蔵されている酸素を放出する。なお、「排気ガスの空燃比」は、その排気ガスが生成されるまでに供給された空気の質量に対する燃料の質量の比率を意味するものであり、通常はその排気ガスが生成されるにあたって燃焼室 5 内に供給された空気の質量に対する燃料の質量の比率を意味する。

[0051] 排気浄化触媒 20、24 は、触媒作用及び酸素吸蔵能力を有することにより、酸素吸蔵量に応じて NO_x 及び未燃ガスの浄化作用を有する。すなわち、図 2 (A) に示したように、排気浄化触媒 20、24 に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比である場合、酸素吸蔵量が少ないときには排気浄化触媒 20、24 により排気ガス中の酸素が吸蔵され、 NO_x が還元浄化される。また、酸素吸蔵量が多くなると、上限吸蔵量 C_{uplim} を境に排気浄化触媒 20、24 から流出する排気ガス中の酸素及び NO_x の濃度が急激に上昇する。

[0052] 一方、図 2 (B) に示したように、排気浄化触媒 20、24 に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比である場合、酸素吸蔵量が多いときには排気浄化触媒 20、24 に吸蔵されている酸素が放出され、排気ガス中の未燃ガスは酸化浄化される。また、酸素吸蔵量が少なくなると、下限吸蔵量 C_{lowlim} を境に排気浄化触媒 20、24 から流出する排気ガス中の未燃ガスの濃度が急激に上昇する。

[0053] 以上のように、本実施形態において用いられる排気浄化触媒 20、24 によれば、排気浄化触媒 20、24 に流入する排気ガスの空燃比及び酸素吸蔵量に応じて排気ガス中の NO_x 及び未燃ガスの浄化特性が変化する。なお、触媒作用及び酸素吸蔵能力を有していれば、排気浄化触媒 20、24 は三元触媒とは異なる触媒であってもよい。

[0054] <空燃比センサの構成>

次に、図 4 を参照して、本実施形態における空燃比センサ 40、41 の構成について説明する。図 4 は、空燃比センサ 40、41 の概略的な断面図である。図 4 から分かるように、本実施形態における空燃比センサ 40、41 は、固体電解質層及び一対の電極から成るセルが 1 つである 1 セル型の空燃比センサである。

[0055] 図 4 に示したように、空燃比センサ 40、41 は、固体電解質層 51 と、固体電解質層 51 の一方の側面上に配置された排気側電極（第一電極）52 と、固体電解質層 51 の他方の側面上に配置された大気側電極（第二電極）

５３と、通過する排気ガスの拡散律速を行う拡散律速層５４と、排気ガス中の酸素及び未燃ガスを反応させる触媒層５５と、空燃比センサ４０、４１の加熱を行うヒータ部５６とを具備する。

[0056] 固体電解質層５１の一方の側面上には拡散律速層５４が設けられ、拡散律速層５４の固体電解質層５１側の側面とは反対側の側面上には触媒層５５が設けられる。本実施形態では、固体電解質層５１と拡散律速層５４との間には被測ガス室５７が形成される。この被測ガス室５７には拡散律速層５４を介して空燃比センサ４０、４１による検出対象であるガス、すなわち排気ガスが導入せしめられる。また、排気側電極５２は被測ガス室５７内に配置され、したがって、排気側電極５２は拡散律速層５４を介して排気ガスに曝されることになる。なお、被測ガス室５７は必ずしも設ける必要はなく、排気側電極５２の表面上に拡散律速層５４が直接接触するように構成されてもよい。

[0057] 固体電解質層５１の他方の側面上にはヒータ部５６が設けられる。固体電解質層５１とヒータ部５６の間には基準ガス室５８が形成され、この基準ガス室５８内には基準ガスが導入される。本実施形態では、基準ガス室５８は大気に開放されており、よって基準ガス室５８内には基準ガスとして大気が導入される。大気側電極５３は、基準ガス室５８内に配置され、したがって、大気側電極５３は、基準ガス（基準雰囲気）に曝される。本実施形態では、基準ガスとして大気を用いられているため、大気側電極５３は大気に曝されることになる。

[0058] ヒータ部５６には複数のヒータ５９が設けられており、これらヒータ５９によって空燃比センサ４０、４１の温度、特に固体電解質層５１の温度を制御することができる。ヒータ部５６は、固体電解質層５１を活性化するまで加熱するのに十分な発熱容量を有している。

[0059] 固体電解質層５１は、 ZrO_2 （ジルコニア）、 HfO_2 、 ThO_2 、 Bi_2O_3 等に CaO 、 MgO 、 Y_2O_3 、 Yb_2O_3 等を安定剤として配当した酸素イオン伝導性酸化物の焼結体により形成されている。また、拡散律速層５４は、ア

ルミナ、マグネシア、けい石質、スピネル、ムライト等の耐熱性無機物質の多孔質焼結体により形成されている。さらに、電極 5 2、5 3 は、白金等の触媒活性の高い貴金属により形成されている。

[0060] また、排気側電極 5 2 と大気側電極 5 3 との間には、E C U 3 1 に搭載された電圧印加装置 6 0 によりセンサ印加電圧 V_r が印加される。加えて、E C U 3 1 には、電圧印加装置 6 0 によってセンサ印加電圧 V_r を印加したときに固体電解質層 5 1 を介してこれら電極 5 2、5 3 間に流れる電流（出力電流）を検出する電流検出装置 6 1 が設けられる。この電流検出装置 6 1 によって検出される電流が空燃比センサ 4 0、4 1 の出力電流である。

[0061] <空燃比センサの動作>

次に、図 5 を参照して、このように構成された空燃比センサ 4 0、4 1 の動作の基本的な概念について説明する。図 5 は、空燃比センサ 4 0、4 1 の動作を概略的に示した図である。使用時において、空燃比センサ 4 0、4 1 は、触媒層 5 5 及び拡散律速層 5 4 の外周面が排気ガスに曝されるように配置される。また、空燃比センサ 4 0、4 1 の基準ガス室 5 8 には大気が導入される。

[0062] 上述したように、固体電解質層 5 1 は、酸素イオン伝導性酸化物の焼結体で形成される。したがって、高温により活性化した状態で固体電解質層 5 1 の両側面間に酸素濃度の差が生じると、濃度の高い側面側から濃度の低い側面側へと酸素イオンを移動させようとする起電力 E が発生する性質（酸素電池特性）を有している。

[0063] 逆に、固体電解質層 5 1 は、両側面間に電位差が与えられると、この電位差に応じて固体電解質層の両側面間で酸素濃度比が生じるように、酸素イオンの移動を引き起こそうとする特性（酸素ポンプ特性）を有する。具体的には、両側面間に電位差が与えられた場合には、正極性を与えられた側面における酸素濃度が、負極性を与えられた側面における酸素濃度に対して、電位差に応じた比率で高くなるように、酸素イオンの移動が引き起こされる。また、図 4 及び図 5 に示したように、空燃比センサ 4 0、4 1 では、大気側電

極 5 3 が正極性、排気側電極 5 2 が負極性となるように、これら電極 5 2、5 3 間に一定のセンサ印加電圧 V_r が印加されている。なお、本実施形態では、空燃比センサ 4 0、4 1 におけるセンサ印加電圧 V_r は同一の電圧となっている。

[0064] 空燃比センサ 4 0、4 1 周りにおける排気空燃比が理論空燃比よりもリーンのときには、固体電解質層 5 1 の両側面間での酸素濃度の比はそれほど大きくない。このため、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、固体電解質層 5 1 の両側面間ではセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比よりも実際の酸素濃度比の方が小さくなる。このため、固体電解質層 5 1 の両側面間の酸素濃度比がセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比に向けて大きくなるように、図 5 (A) に示した如く、排気側電極 5 2 から大気側電極 5 3 に向けて酸素イオンの移動が起こる。その結果、センサ印加電圧 V_r を印加する電圧印加装置 6 0 の正極から、大気側電極 5 3、固体電解質層 5 1、及び排気側電極 5 2 を介して電圧印加装置 6 0 の負極へと電流が流れる。

[0065] このとき流れる電流（出力電流） I_r の大きさは、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、排気中から拡散律速層 5 4 を通って被測ガス室 5 7 へと拡散によって流入する酸素量に比例する。したがって、この電流 I_r の大きさを電流検出装置 6 1 によって検出することにより、酸素濃度を知ることができ、ひいてはリーン領域における空燃比を知ることができる。

[0066] 一方、空燃比センサ 4 0、4 1 周りにおける排気空燃比が理論空燃比よりもリッチのときには、排気中から拡散律速層 5 4 を通って未燃ガスが被測ガス室 5 7 内に流入するため、排気側電極 5 2 上に酸素が存在しても、未燃ガスと反応して除去される。このため、被測ガス室 5 7 内では酸素濃度が極めて低くなり、その結果、固体電解質層 5 1 の両側面間での酸素濃度の比は大きなものとなる。このため、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、固体電解質層 5 1 の両側面間ではセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比よりも実際の酸素濃度比の方が大きくなる。このため、固体電解質層 5 1 の両側面間の酸素濃度比がセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比に向けて

小さくなるように、図5（B）に示した如く、大気側電極53から排気側電極52に向けて酸素イオンの移動が起こる。その結果、大気側電極53から、センサ印加電圧 V_r を印加する電圧印加装置60を通して排気側電極52へと電流が流れる。

[0067] このとき流れる電流（出力電流） I_r の大きさは、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、固体電解質層51中を大気側電極53から排気側電極52へと移動せしめられる酸素イオンの流量によって決まる。その酸素イオンは、排気中から拡散律速層54を通して被測ガス室57へと拡散によって流入する未燃ガスと排気側電極52上で反応（燃焼）する。よって、酸素イオンの移動流量は被測ガス室57内に流入した排気ガス中の未燃ガスの濃度に対応する。したがって、この電流 I_r の大きさを電流検出装置61によって検出することで、未燃ガス濃度を知ることができ、ひいてはリッチ領域における空燃比を知ることができる。

[0068] また、空燃比センサ40、41周りにおける排気空燃比が理論空燃比のときには、被測ガス室57へ流入する酸素及び未燃ガスの量が化学当量比となっている。このため、排気側電極52の触媒作用によって両者は完全に燃焼し、被測ガス室57内の酸素及び未燃ガスの濃度に変動は生じない。この結果、固体電解質層51の両側面間の酸素濃度比は、変動せずに、センサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比のまま維持される。このため、図5（C）に示したように、酸素ポンプ特性による酸素イオンの移動は起こらず、その結果、回路を流れる電流は生じない。

[0069] このように構成され且つ動作する空燃比センサ40、41は、図6に示した出力特性を有する。すなわち、空燃比センサ40、41では、排気空燃比が大きくなるほど（すなわち、リーンになるほど）、空燃比センサ40、41の出力電流 I_r が大きくなる。加えて、空燃比センサ40、41は、排気空燃比が理論空燃比であるときに出力電流 I_r が零になるように構成される。

[0070] <電圧印加装置及び電流検出装置の回路>

図 7 に、電圧印加装置 60 及び電流検出装置 61 を構成する具体的な回路の一例を示す。図示した例では、酸素電池特性により生じる起電力を E 、固体電解質層 51 の内部抵抗を R_i 、両電極 52、53 間の電位差を V_s と表している。

[0071] 図 7 からわかるように、電圧印加装置 60 は、基本的に、酸素電池特性により生じる起電力 E がセンサ印加電圧 V_r に一致するように、負帰還制御を行っている。換言すると、電圧印加装置 60 は、固体電解質層 51 の両側面間の酸素濃度比の変化によって両電極 52、53 間の電位差 V_s が変化した際にも、この電位差 V_s がセンサ印加電圧 V_r となるように負帰還制御を行っている。

[0072] したがって、排気空燃比が理論空燃比となっていて、固体電解質層 51 の両側面間に酸素濃度比の変化が生じない場合には、固体電解質層 51 の両側面間の酸素濃度比はセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比となっている。この場合、起電力 E はセンサ印加電圧 V_r に一致し、両電極 52、53 間の電位差 V_s もセンサ印加電圧 V_r となっており、その結果、電流 I_r は流れない。

[0073] 一方、排気空燃比が理論空燃比とは異なる空燃比となっていて、固体電解質層 51 の両側面間に酸素濃度比の変化が生じる場合には、固体電解質層 51 の両側面間の酸素濃度比がセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比とはなっていない。この場合、起電力 E はセンサ印加電圧 V_r とは異なる値となる。このため、負帰還制御により、起電力 E がセンサ印加電圧 V_r と一致するように固体電解質層 51 の両側面間で酸素イオンの移動をさせるべく、両電極 52、53 間に電位差 V_s が付与される。そして、このときの酸素イオンの移動に伴って電流 I_r が流れる。この結果、起電力 E はセンサ印加電圧 V_r に収束し、起電力 E がセンサ印加電圧 V_r に収束すると、やがて、電位差 V_s もセンサ印加電圧 V_r に収束することになる。

[0074] したがって、電圧印加装置 60 は、実質的に、両電極 52、53 間にセンサ印加電圧 V_r を印加しているといえることができる。なお、電圧印加装置 6

0の電気回路は必ずしも図7に示したようなものである必要はなく、両電極52、53間にセンサ印加電圧 V_r を実質的に印加することができれば、如何なる態様の装置であってもよい。

[0075] また、電流検出装置61は、実際に電流を検出するのではなく、電圧 E_0 を検出してこの電圧 E_0 から電流を算出している。ここで、 E_0 は、下記式(1)のように表せる。

$$E_0 = V_r + V_0 + I_r R \quad \cdots (1)$$

ここで、 V_0 はオフセット電圧(E_0 が負値とならないように印加しておく電圧であり例えば3V)、 R は図7に示した抵抗の値である。

[0076] 式(1)において、センサ印加電圧 V_r 、オフセット電圧 V_0 及び抵抗値 R は一定であるから、電圧 E_0 は電流 I_r に応じて変化する。このため、電圧 E_0 を検出すれば、その電圧 E_0 から電流 I_r を算出することが可能である。

[0077] したがって、電流検出装置61は、実質的に、両電極52、53間に流れる電流 I_r を検出しているといえることができる。なお、電流検出装置61の電気回路は必ずしも図7に示したようなものである必要はなく、両電極52、53間を流れる電流 I_r を検出することができれば、如何なる態様の装置であってもよい。

[0078] <空燃比制御の概要>

次に、本発明の内燃機関の制御装置における空燃比制御の概要を説明する。本実施形態では、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} に基づいて上流側空燃比センサ40の出力電流(すなわち、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比に相当) I_{rup} が目標空燃比に相当する値となるようにフィードバック制御が行われる。

[0079] 本実施形態では、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの目標空燃比は、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} 及び上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} に基づいて設定される。具体的には、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} がリッチ判定基準値 I_{rich} 以下となったときに、下流側空燃比センサ41によって検出された排気ガスの

空燃比がリッチ空燃比になったと判断される。この場合、リーン切替手段により、目標空燃比がリーン設定空燃比とされ、その空燃比に維持される。ここで、リッチ判定基準値 I_{rich} は、理論空燃比よりも僅かにリッチである予め定められたリッチ判定空燃比（例えば、14.55）に相当する値である。また、リーン設定空燃比は、理論空燃比よりも或る程度リーンである予め定められた空燃比であり、例えば、14.65～20、好ましくは14.68～18、より好ましくは14.7～16程度とされる。

[0080] その後、目標空燃比をリーン設定空燃比に設定した状態で上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が零よりも多い所定の吸蔵量に到達すると、リーン度合い低下手段により、目標空燃比が弱リーン設定空燃比に切り替えられる（なお、このときの酸素吸蔵量を「リーン度合い変更基準吸蔵量」という）。弱リーン設定空燃比は、リーン設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリーン空燃比であり、例えば、14.62～15.7、好ましくは14.63～15.2、より好ましくは14.65～14.9程度とされる。また、リーン度合い変更基準吸蔵量は、零からの差が所定の変更基準差 α である吸蔵量とされる。

[0081] 一方、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} がリーン判定基準値 I_{lean} 以上となったときに、下流側空燃比センサ41によって検出された排気ガスの空燃比がリーン空燃比になったと判断される。この場合、リッチ切替手段により、目標空燃比がリッチ設定空燃比とされ、その空燃比に維持される。ここで、リーン判定基準値 I_{lean} は、理論空燃比よりも僅かにリーンである予め定められたリーン判定空燃比（例えば、14.65）に相当する値である。また、リッチ設定空燃比は、理論空燃比よりも或る程度リッチである予め定められた空燃比であり、例えば、10～14.55、好ましくは12～14.52、より好ましくは13～14.5程度とされる。

[0082] その後、目標空燃比をリッチ設定空燃比に設定した状態で上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が最大吸蔵量よりも少ない所定の吸蔵量に

到達すると、リッチ度合い低下手段により、目標空燃比が弱リッチ設定空燃比に切り替えられる（なお、このときの酸素吸蔵量を「リッチ度合い変更基準吸蔵量」という）。弱リッチ設定空燃比は、リッチ設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリッチ空燃比であり、例えば、13.5～14.58、好ましくは14～14.57、より好ましくは14.3～14.55程度とされる。また、リッチ度合い変更基準吸蔵量は、最大酸素吸蔵量からの差が上記所定の変更基準差 α である吸蔵量とされる。

[0083] この結果、本実施形態では、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} がリッチ判定基準値 I_{rich} 以下になると、まず、目標空燃比がリーン設定空燃比に設定され、その後、酸素吸蔵量 OSA_{sc} がある程度多くなると弱リーン設定空燃比に設定される。その後、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} がリーン判定基準値 I_{lean} 以上になると、まず、目標空燃比がリッチ設定空燃比に設定され、その後、酸素吸蔵量 OSA_{sc} が或る程度少なくなると弱リッチ設定空燃比に設定され、同様な操作が繰り返される。

[0084] なお、リッチ判定空燃比及びリーン判定空燃比は、理論空燃比の1%以内、好ましくは0.5%以内、より好ましくは0.35%以内の空燃比とされる。したがって、リッチ判定空燃比及びリーン判定空燃比の理論空燃比からの差は、理論空燃比が14.6の場合には、0.15以下、好ましくは0.0073以下、より好ましくは0.051以下とされる。また、目標空燃比（例えば、弱リッチ設定空燃比やリーン設定空燃比）の理論空燃比からの差は、基準差よりも大きくなるように設定される。

[0085] また、本実施形態では、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} の推定は、酸素吸蔵量推定手段によって行われる。酸素吸蔵量推定手段は、上流側空燃比センサ40によって検出された空燃比及びエアフロメータ39の出力値等に基づいて算出された内燃機関の吸入空気量に基づいて、流入未燃ガス過不足流量算出手段により、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比にしようとしたときに過剰となる未燃ガス又は不

足する未燃ガスの流量（以下、「流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} 」という）を算出する。

[0086] すなわち、流入未燃ガス過不足流量算出手段は、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中の酸素及び未燃ガス等が完全に反応したと仮定したときに、この排気ガス中に含まれる未燃ガスの流量又はこの排気ガス中に含まれる酸素を燃焼させるのに必要な未燃ガスの流量を算出する。具体的には、流入未燃ガス過不足流量算出手段は、エアフロメータ 39 等に基づいて算出された内燃機関の吸入空気量と、上流側空燃比センサ 40 によって検出された空燃比の理論空燃比に対する差とに基づいて、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} を算出している。

[0087] 同様に、酸素吸蔵量推定手段は、下流側空燃比センサ 41 によって検出された空燃比及びエアフロメータ 39 の出力等に基づいて算出された内燃機関の吸入空気量に基づいて、流出未燃ガス過不足流量算出手段により、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比を理論空燃比にしようとしたときに過剰となる未燃ガス又は不足する未燃ガスの流量（以下、「流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} 」という）を算出する。

[0088] すなわち、流出未燃ガス過不足流量算出手段は、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガス中の酸素及び未燃ガス等が完全に反応していると仮定したときに、この排気ガス中に含まれる未燃ガスの流量又はこの排気ガス中に含まれる酸素を燃焼させるのに必要な未燃ガスの流量を算出する。具体的には、流出未燃ガス過不足流量算出手段は、エアフロメータ 39 等に基づいて算出された内燃機関の吸入空気量と、下流側空燃比センサ 41 によって検出された空燃比の理論空燃比に対する差とに基づいて、流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} を算出している。

[0089] 加えて、酸素吸蔵量推定手段は、吸蔵量算出手段により、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} から流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} を減算した流量差（ $\Delta Q_{cor} - \Delta Q_{sc}$ ）を積算した流量差積算値 ΣQ_{sc} （ $= \Sigma (\Delta Q_{cor} - \Delta Q_{sc})$ ）に基づいて、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OS

A_{sc} を算出している。ここで、上記流量差は、上流側排気浄化触媒 20 で燃焼除去された未燃ガスの流量又は上流側排気浄化触媒 20 に吸蔵された酸素の流量に相当する。したがって、流量差積算値 ΣQ_{sc} は上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $O_{SA_{sc}}$ に比例するため、この流量差積算値 ΣQ_{sc} に基づいて酸素吸蔵量を正確に推定することができる。

[0090] なお、上述した酸素吸蔵量推定手段は、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス又は上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスにおける未燃ガスの過不足流量に基づいて上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $O_{SA_{sc}}$ を推定している。しかしながら、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス又は上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスにおける酸素の過不足流量に基づいて上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $O_{SA_{sc}}$ を推定してもよい。この場合、酸素過不足流量は、燃料噴射弁 11 から燃焼室 5 内に供給された燃料量に空燃比センサ 40、41 によって検出された空燃比の理論空燃比に対する差を乗算することによって算出される。

[0091] なお、上述した目標空燃比の設定や酸素吸蔵量の推定は、ECU 31 によって行われる。したがって、ECU 31 は、空燃比リーン切替手段、リーン度合い低下手段、空燃比リッチ切替手段、リッチ度合い低下手段、流入未燃ガス過不足流量算出手段、流出未燃ガス過不足流量算出手段及び吸蔵量算出手段を有しているといえる。

[0092] <タイムチャートを用いた制御の説明>

図 8 を参照して、上述したような操作について具体的に説明する。図 8 は、本実施形態に係る内燃機関の制御装置における空燃比制御を行った場合の、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $O_{SA_{sc}}$ 、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} 、空燃比補正量 AFC 、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} 、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} 、流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} 、流量差積算値 ΣQ_{sc} 及び空燃比ずれ量学習値 g_k のタイムチャートである。

[0093] なお、上述したように、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} は、

上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比であるときに零になり、当該排気ガスの空燃比がリッチ空燃比であるときに負の値となり、当該排気ガスの空燃比がリーン空燃比であるときに正の値となる。また、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比又はリーン空燃比であるときには、理論空燃比からの差が大きくなるほど、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} の絶対値が大きくなる。

[0094] 下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} も、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比に応じて、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} と同様に变化する。また、空燃比補正量 $AF C$ は、目標空燃比に関する補正量である。空燃比補正量 $AF C$ が 0 のときには目標空燃比は理論空燃比とされ、空燃比補正量 $AF C$ が正の値であるときには目標空燃比はリーン空燃比となり、空燃比補正量 $AF C$ が負の値であるときには目標空燃比はリッチ空燃比となる。

[0095] また、空燃比ずれ量学習値 $AF g k$ は、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの目標空燃比に対して、実際に上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比がずれた場合に、このずれを補正するために用いられる。具体的には、目標空燃比に対して実際の排気空燃比がずれた場合には、このずれ量に応じて空燃比ずれ量学習値 $AF g k$ が更新され、次回以降の目標空燃比は更新された空燃比ずれ量学習値 $AF g k$ を考慮して設定される。

[0096] 図示した例では、時刻 t_1 以前の状態では、目標空燃比の空燃比補正量 $AF C$ が弱リッチ設定補正量 $AF C_{srich}$ とされている。弱リッチ設定補正量 $AF C_{srich}$ は、弱リッチ設定空燃比に相当する値であり、0 よりも小さな値である。したがって、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの目標空燃比はリッチ空燃比とされ、これに伴って上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} が負の値となる。上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中には未燃ガスが含まれることになるため、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は徐々に減少していく。しかしながら、排気ガス中に含まれている未燃ガスは、上流側排気浄化触媒 20 で浄化されるため、下

流側空燃比センサの出力電流 I_{rdwn} はほぼ 0（理論空燃比に相当）となる。また、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中には僅かながら未燃ガスが含まれているため、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} は正の値、すなわち未燃ガス過剰となっている。

[0097] 一方、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中の未燃ガスは上流側排気浄化触媒 20 に吸蔵されている酸素により酸化、浄化される。このため、上流側排気浄化触媒 20 からの酸素（及び NO_x ）排出量のみならず未燃ガス排出量も抑制される。したがって、流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} はほぼ零となっている。この結果、流量差積算値 ΣQ_{sc} は徐々に増大し、これは、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が徐々に減少していることを表している。

[0098] 加えて、図示した例では、時刻 t_1 以前において、空燃比ずれ量学習値 AF_{gk} が正の値となっている。したがって、図示した例では、時刻 t_1 以前において、空燃比補正量 AF_C をリーンにずらした値（ $AF_C + AF_{gk}$ ）が目標空燃比として設定される。

[0099] 上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が徐々に減少すると、酸素吸蔵量 OSA_{sc} は下限吸蔵量（図 2 の C_{lowlim} 参照）を超えて減少する。酸素吸蔵量 OSA_{sc} が下限吸蔵量よりも減少すると、上流側排気浄化触媒 20 に流入した未燃ガスの一部は上流側排気浄化触媒 20 で浄化されずに流出する。このため、図 8 の時刻 t_1 直前においては、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が減少するのに伴って、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} が徐々に低下する。なお、上流側排気浄化触媒 20 から流出した排気ガス中に含まれる未燃ガスは、下流側排気浄化触媒 24 によって酸化、浄化される。

[0100] このように上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガス中に未燃ガスが含まれていて、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} が徐々に低下すると、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} に基づいて算出される流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} が増加する。ただし、上流側排気浄化触

媒 20 から流出する排気ガス中の未燃ガス流量は少量であるため、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} よりも流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} の方がその絶対値が小さく、よってこのときも流量差積算値 ΣQ_{sc} は徐々に増大する。これは、このときも上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は徐々に減少していることを表している。

[0101] その後、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} は徐々に低下して、時刻 t_1 においてリッチ判定空燃比に相当するリッチ判定基準値 I_{rich} に到達する。本実施形態では、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} がリッチ判定基準値 I_{rich} 以下になると、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} の減少を抑制すべく、空燃比補正量 $AF C$ がリーン設定補正量 $AF C_{lean}$ に切り替えられる。リーン設定補正量 $AF C_{lean}$ は、リーン設定空燃比に相当する値であり、0 よりも大きい値である。

[0102] なお、本実施形態では、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} がリッチ判定基準値 I_{rich} に到達してから、すなわち上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比がリッチ判定空燃比に到達してから、空燃比補正量 $AF C$ の切替を行っている。これは、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量が十分であっても、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比から極わずかにずれてしまう場合があるためである。すなわち、仮に出力電流 I_{rdwn} が理論空燃比に相当する値（すなわち、零）から僅かにずれた場合にも上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量が下限吸蔵量を超えて減少していると判断してしまうと、実際には十分な酸素吸蔵量があっても、酸素吸蔵量 OSA_{sc} が下限吸蔵量を超えて減少したと判断される可能性がある。そこで、本実施形態では、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比がリッチ判定空燃比に到達して始めて酸素吸蔵量が下限吸蔵量を超えて減少したと判断することとしている。逆に言うと、リッチ判定空燃比は、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量が十分であるときには上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比がほとん

ど到達することのないような空燃比とされる。なお、後述するリーン判定空燃比についても同じことがいえる。

[0103] 時刻 t_1 において、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの目標空燃比をリーン設定空燃比に切り替えると、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比もリッチ空燃比からリーン空燃比に変化する（実際には、目標空燃比を切り替えてから上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比が変化するまでには遅れが生じるが、図示した例では便宜上同時に変化するものとしている）。

[0104] 時刻 t_1 において上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比に変化すると、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} は正の値になると共に、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は増大し始める。また、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中には多量の酸素が含まれているため、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} は負の値、すなわち未燃ガス不足となっている。

[0105] なお、図示した例では、目標空燃比を切り替えた直後は、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} が低下している。これは、目標空燃比を切り替えてからその排気ガスが上流側排気浄化触媒 20 に到達するまでに遅れが生じ、上流側排気浄化触媒 20 から未燃ガスが流出したままとなるためである。したがって、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} に基づいて算出される流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} は正の値となっている。ただし、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガス中の未燃ガス流量は少量であるため、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} の絶対値よりも流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} の絶対値の方が少なく、よって時刻 t_2 以降には流量差積算値 ΣQ_{sc} は徐々に減少している。これは、このときには上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が徐々に増大していることを表している。

[0106] また、流量差積算値 ΣQ_{sc} は、時刻 t_1 において零にリセットされている。これは、本実施形態において、流量差積算値 ΣQ_{sc} は、目標空燃比をリッチ空燃比からリーン空燃比に切り替えたとき、またはリーン空燃比からリ

ッチ空燃比に切り替えたときを基準に積算を行っているためである。同時に、時刻 t_1 においては、空燃比ずれ量学習値 $AFgk$ の更新が行われる。このとき、空燃比ずれ量学習値 $AFgk$ の更新は、下記式 (2) に基づいて、時刻 t_1 直前における流量差積算値 ΣQsc に所定の係数 C を乗算したものを、それまでの値に加算することによって行われる（なお、式 (2) における i は更新回数を表す）。

$$AFgk(i) = AFgk(i-1) + C \cdot \Sigma Qsc \quad \dots (2)$$

[0107] その後、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OSA sc$ の増大に伴って、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比へと変化し、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 $lrdown$ も 0 に収束する。このため、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 $lrdown$ は、時刻 t_2 以降においてリッチ判定基準値 $lrrich$ 以上になる。この間も、目標空燃比の空燃比補正量 AFc は、リーン設定補正量 AFc_{lean} に維持され、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 $lrup$ は正の値に維持される。

[0108] 上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OSA sc$ の増大が続くと、時刻 t_3 においてリーン度合い変更基準吸蔵量 C_{lean} に到達し、このとき、流量差積算値 ΣQsc がリーン度合い変更基準積算値 ΣQsc_{lean} に到達する。本実施形態では、流量差積算値 ΣQsc がリーン度合い変更基準積算値 ΣQsc_{lean} 以下になると、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OSA sc$ の増加速度を遅くすべく、空燃比補正量 AFc が弱リーン設定補正量 AFc_{slean} に切り替えられる。弱リーン設定補正量 AFc_{slean} は、弱リーン設定空燃比に相当する値であって、 AFc_{lean} よりも小さく且つ 0 よりも大きな値である。

[0109] 時刻 t_3 において、目標空燃比を弱リーン設定空燃比に切り替えると、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比の理論空燃比に対する差も小さくなる。これに伴って、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 $lrup$ の値は小さくなると共に、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OSA sc$ の増加速度が低下する。加えて、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス

中に含まれる酸素の量が減少するため、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} の絶対値は低下する。

[0110] 一方、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガス中の酸素は、上流側排気浄化触媒20に吸蔵される。このため、上流側排気浄化触媒20からの未燃ガス排出量のみならず酸素排出量も抑制される。したがって、流出未燃ガス過不足流量 ΣQ_{sc} はほぼ零となっている。この結果、流量差積算値 ΣQ_{sc} は徐々に減少し、これは、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が徐々に増加していることを表している。なお、このときには、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガス中の NO_x も上流側排気浄化触媒20において還元、浄化されるため、上流側排気浄化触媒20からの NO_x 排出量も抑制される。

[0111] 時刻 t_3 以降においては、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は、その増加速度が遅いながらも徐々に増加していく。上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が徐々に増加すると、酸素吸蔵量 OSA_{sc} は上限吸蔵量（図2の $Cuplim$ 参照）を超えて増加する。酸素吸蔵量 OSA_{sc} が上限吸蔵量よりも増大すると、上流側排気浄化触媒20に流入した酸素の一部は、上流側排気浄化触媒20で吸蔵されずに流出する。このため、図8の時刻 t_4 直前においては、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が増加するのに伴って、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} が徐々に上昇する。なお、上流側排気浄化触媒20において酸素の一部が吸蔵されなくなるのに伴って NO_x も還元、浄化されなくなるが、この NO_x は下流側排気浄化触媒24によって還元、浄化される。

[0112] このように上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガス中に酸素が含まれていて、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} が徐々に上昇すると、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} に基づいて算出される流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} が減少する。ただし、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガス中の酸素流量は少量であるため、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} よりも流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} の方がその絶対値

が小さく、よってこのときも流量差積算値 ΣQ_{sc} は徐々に減少する。これは、このときも上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が徐々に増加していることを表している。

[0113] その後、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} は徐々に上昇して、時刻 t_4 においてリーン判定空燃比に相当するリーン判定基準値 I_{rlean} に到達する。本実施形態では、下流側空燃比センサ41の出力電流がリーン判定基準値 I_{rlean} 以上になると、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} の増大を抑制すべく、空燃比補正量 $AF C$ がリッチ設定補正量 $AF C_{rich}$ に切り替えられる。リッチ設定補正量 $AF C_{rich}$ は、リッチ設定空燃比に相当する値であり、0よりも小さい値である。

[0114] 時刻 t_4 において、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの目標空燃比をリッチ設定空燃比に切り替えと、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比もリーン空燃比からリッチ空燃比に変化する（実際には、目標空燃比を切り替えてから上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比が変化するまでには遅れが生じるが、図示した例では便宜上同時に変化するものとしている）。

[0115] 時刻 t_4 において上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比に変化すると、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} は負の値になると共に、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は減少し始める。また、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガス中には多量の未燃ガスが含まれているため、流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} は正の値、すなわち未燃ガス過剰となっている。

[0116] なお、時刻 t_4 において流量差積算値 ΣQ_{sc} は零にリセットされ、同時に、空燃比ずれ量学習値 $AF g k$ の更新が行われる。このとき、空燃比ずれ量学習値 $AF g k$ の更新は、上記式(2)に基づいて、時刻 t_4 直前における流量差積算値 ΣQ_{sc} に所定の係数 C を乗算したものを、それまでの値に加算することによって行われる。

[0117] その後、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} の減少に伴って

、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比へと変化し、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} も 0 に収束する。このため、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} は、時刻 t_5 以降においてリーン判定基準値 I_{rlean} 以下になる。この間も、目標空燃比の空燃比補正量 $AF C$ は、リッチ設定補正量 $AF C_{grich}$ に維持され、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} は負の値に維持される。

[0118] 上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OS A s c$ の減少が続くと、時刻 t_6 においてリッチ度合い変更基準吸蔵量 $C r i c h$ に到達し、このとき、流量差積算値 $\Sigma Q s c$ がリッチ度合い変更基準積算値 $\Sigma Q s c r i c h$ に到達する。本実施形態では、流量差積算値 $\Sigma Q s c$ がリッチ度合い変更基準積算値 $\Sigma Q s c r i c h$ 以上になると、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OS A s c$ の減少速度を遅くすべく、空燃比補正量 $AF C$ が弱リッチ設定補正量 $AF C s r i c h$ に切り替えられる。弱リッチ設定補正量 $AF C s r i c h$ は、弱リッチ設定空燃比に相当する値であり、 $AF C_{grich}$ よりも大きく且つ 0 よりも小さな値である。

[0119] 時刻 t_6 において、目標空燃比を弱リッチ設定空燃比に切り替えると、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比の理論空燃比に対する差も小さくなる。これに伴って、上流側空燃比センサ 40 の出力電流 I_{rup} の値は大きくなると共に、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OS A s c$ の減少速度が低下する。加えて、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中に含まれる未燃ガスの量が減少するため、流入未燃ガス過不足流量 $\Delta Q c o r$ の絶対値は低下する。

[0120] 一方、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中の未燃ガスは、上流側排気浄化触媒 20 において酸化、浄化される。このため、上流側排気浄化触媒 20 からの酸素及び NO_x 排出量のみならず未燃ガス排出量も抑制される。したがって、流出未燃ガス過不足流量 $\Sigma Q s c$ はほぼ零となっている。この結果、流量差積算値 $\Sigma Q s c$ は徐々に増加し、これは、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 $OS A s c$ が徐々に減少していることを表している。

[0121] 時刻 t_3 以降においては、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は、その減少速度が遅いながらも徐々に減少していき、その結果、上流側排気浄化触媒 20 から未燃ガスが流出し始め、その結果、時刻 t_1 と同様に下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} がリッチ判定基準値 I_{rich} に到達する。その後は、時刻 $t_1 \sim t_6$ の操作と同様な操作が繰り返される。

[0122] <本実施形態の制御における作用効果>

上述した本実施形態の空燃比制御によれば、時刻 t_1 において目標空燃比がリッチ空燃比からリーン空燃比に変更された直後、及び時刻 t_4 において目標空燃比がリーン空燃比からリッチ空燃比に変更された直後には、理論空燃比からの差が大きなものとされる（すなわち、リッチ度合い又はリーン度合いが大きいものとされる）。このため、時刻 t_1 において上流側排気浄化触媒 20 から流出していた未燃ガス及び時刻 t_4 において上流側排気浄化触媒 20 から流出していた NO_x を迅速に減少させることができる。したがって、上流側排気浄化触媒 20 からの未燃ガス及び NO_x の流出を抑制することができる。

[0123] また、本実施形態の空燃比制御によれば、時刻 t_1 において目標空燃比をリーン設定空燃比に設定した後、上流側排気浄化触媒 20 からの未燃ガスの流出が止まり且つ上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} がある程度回復してから、時刻 t_3 において目標空燃比が弱リーン設定空燃比に切り替えられる。このように目標空燃比の理論空燃比からの差を小さくすることにより、時刻 t_3 から時刻 t_4 において、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} の増加速度を遅くすることができる。これにより、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの時間間隔を長くすることができる。この結果、単位時間当たりにおける上流側排気浄化触媒 20 からの NO_x や未燃ガスの流出量を減少させることができる。さらに、上記空燃比制御によれば、時刻 t_4 において、上流側排気浄化触媒 20 から NO_x が流出するときにもその流出量を少なく抑えることができる。したがって、上流側排気浄化触媒 20 からの NO_x の流出を抑制することができる。

[0124] 加えて、本実施形態の空燃比制御によれば、時刻 t_4 において目標空燃比をリッチ設定空燃比に設定した後、上流側排気浄化触媒 20 からの NO_x （酸素）の流出が止まり且つ上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} がある程度減少してから、時刻 t_6 において目標空燃比が弱リッチ設定空燃比に切り替えられる。このように目標空燃比の理論空燃比からの差を小さくすることにより、時刻 t_6 から時刻 t_7 （時刻 t_1 に相当する制御を行う時刻）において、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} の減少速度を遅くすることができる。これにより、時刻 t_6 から時刻 t_7 までの時間間隔を長くすることができる。この結果、単位時間当たりにおける上流側排気浄化触媒 20 からの NO_x や未燃ガスの流出量を減少させることができる。さらに、上記空燃比制御によれば、時刻 t_7 において、上流側排気浄化触媒 20 から未燃ガスが流出するときにもその流出量を少なく抑えることができる。したがって、上流側排気浄化触媒 20 からの未燃ガスの流出を抑制することができる。

[0125] さらに、本実施形態では、下流側において排気ガスの空燃比を検出するセンサとして、図 4 に示した構成を有する空燃比センサ 41 を用いている。この空燃比センサ 41 では、酸素センサと異なり、図 3 に示したような排気空燃比の変化の方向に応じたヒステリシスを有しない。このため、空燃比センサ 41 によれば実際の排気空燃比に対して応答性が高く、上流側排気浄化触媒 20 からの未燃ガス及び酸素（及び NO_x ）の流出を迅速に検出することができる。したがって、このことによっても、本実施形態によれば、上流側排気浄化触媒 20 からの未燃ガス及び NO_x （及び酸素）の流出を抑制することができる。

[0126] また、酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒では、その酸素吸蔵量をほぼ一定に維持すると、その酸素吸蔵能力の低下を招く。したがって、酸素吸蔵能力を可能な限り維持するためには、排気浄化触媒の使用時にその酸素吸蔵量を上下に変化させることが必要になる。本実施形態に係る空燃比制御によれば、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は、零近傍と最大酸素吸蔵量近傍との間で上下に繰り返し変化する。このため、上流側排気浄化触媒 2

Oの酸素吸蔵量 $O S A s c$ をできるだけ高く維持することができる。

[0127] <具体的な制御の説明>

次に、図9～図11を参照して、上記実施形態における制御装置について具体的に説明する。本実施形態における制御装置は、機能ブロック図である図9に示したように、A1～A11の各機能ブロックを含んで構成されている。以下、図9を参照しながら各機能ブロックについて説明する。

[0128] <燃料噴射量の算出>

まず、燃料噴射量の算出について説明する。燃料噴射量の算出に当たっては、筒内吸入空気量算出手段A1、基本燃料噴射量算出手段A2、及び燃料噴射量算出手段A3が用いられる。

[0129] 筒内吸入空気量算出手段A1は、エアフロメータ39によって計測される吸入空気流量 $G a$ と、クランク角センサ44の出力に基づいて算出される機関回転数 $N E$ と、ECU31のROM34に記憶されているマップ又は計算式とに基づいて各気筒への吸入空気量 $M c$ を算出する。

[0130] 基本燃料噴射量算出手段A2は、筒内吸入空気量算出手段A1によって算出された筒内吸入空気量 $M c$ を、後述する目標空燃比設定手段A6によって算出された目標空燃比 $A F T$ で除算することにより、基本燃料噴射量 $Q b a s e$ を算出する($Q b a s e = M c / A F T$)。

[0131] 燃料噴射量算出手段A3は、基本燃料噴射量算出手段A2によって算出された基本燃料噴射量 $Q b a s e$ に、後述するF/B補正量 $D Q i$ を加えることで燃料噴射量 $Q i$ を算出する($Q i = Q b a s e + D Q i$)。このようにして算出された燃料噴射量 $Q i$ の燃料が燃料噴射弁11から噴射されるように、燃料噴射弁11に対して噴射指示が行われる。

[0132] <目標空燃比の算出>

次に、目標空燃比の算出について説明する。目標空燃比の算出に当たっては、酸素吸蔵量算出手段A4、学習値推定手段A5、基本目標空燃比算出手段A6、目標空燃比補正量算出手段A7、及び目標空燃比設定手段A8が用いられる。

[0133] 酸素吸蔵量算出手段A4は、筒内吸入空気量算出手段A1によって算出された筒内吸入空気量 M_c 、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} 及び下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} に基づいて、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量を表す値として流量差積算値 ΣQ_{sc} を算出する。また、学習値算出手段A5は、酸素吸蔵量算出手段A4において算出された流量差積算値 ΣQ_{sc} に基づいて空燃比ずれ量学習値 AF_{gk} を算出する。具体的には、酸素吸蔵量算出手段A4及び学習値算出手段A5は、図10に示したフローチャートに基づいて流量差積算値 ΣQ_{sc} 及び空燃比ずれ量学習値 AF_{gk} を算出する。

[0134] 図10は、流量差積算値 ΣQ_{sc} 及び空燃比ずれ量学習値 AF_{gk} の算出制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。図示した制御ルーチンは一定時間間隔の割り込みによって行われる。

[0135] まず、ステップS11では、後述する目標空燃比補正量算出手段A7において、空燃比補正量 AF_C が正から負又は負から正に変更されたか否かが判定される。すなわち、ステップS11では、目標空燃比がリッチからリーンへ又はリーンからリッチへ切り替えられたか否かが判定される。

[0136] ステップS11において、空燃比補正量 AF_C の正負が変更されていないと判定された場合には、ステップS12へと進む。ステップS12では、筒内吸入空気量算出手段A1によって算出された筒内吸入空気量 M_c 、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} 及び下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} が取得される。なお、筒内吸入空気量 M_c は現在の筒内吸入空気量 M_c のみならず、過去の複数サイクルにおける筒内吸入空気量 M_c も取得される。

[0137] 次いで、ステップS13では、燃焼室5内に吸気ガスが吸気されてから上流側空燃比センサ40にそのガスが到達するまでの遅れに相当するサイクル数分前の筒内吸入空気量 M_c 及び上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} に基づいて流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} が算出される。具体的には、所定サイクル数分前の筒内吸入空気量 M_c に上流側空燃比センサ40の出

力電流 I_{rup} 及び所定の係数 K を乗算することによって算出される ($\Delta Q_{cor} = K \cdot M_c \cdot I_{rup}$)。

[0138] ステップ S 1 4 では、燃焼室 5 内に吸気ガスが吸気されてから下流側空燃比センサ 4 1 にそのガスが到達するまでの遅れに相当するサイクル数分前の筒内吸入空気量 M_c 及び下流側空燃比センサの出力電流 I_{rdwn} に基づいて流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} が算出される。具体的には、所定サイクル数分前の筒内吸入空気量 M_c に下流側空燃比センサ 4 1 の出力電流 I_{rdwn} 及び所定の係数 K を乗算することによって算出される ($\Delta Q_{sc} = K \cdot M_c \cdot I_{rdwn}$)。

[0139] 次に、ステップ S 1 5 では、ステップ S 1 3 において算出された流入未燃ガス過不足流量 ΔQ_{cor} 及びステップ S 1 4 において算出された流出未燃ガス過不足流量 ΔQ_{sc} に基づいて、下記式 (3) により流量差積算値 ΣQ_{sc} が算出される。なお、下記式 (3) において、 k は計算回数を表す。

$$\Sigma Q_{sc}(k) = \Sigma Q_{sc}(k-1) + \Delta Q_{cor} - \Delta Q_{sc} \quad \dots \quad (3)$$

[0140] 一方、ステップ S 1 1 において、空燃比補正量 AFC の正負が変更されたと判定された場合、すなわち、目標空燃比がリッチからリーンへ又はリーンからリッチへ切り替えられたと判定された場合には、ステップ S 1 6 へと進む。ステップ S 1 6 では、上記式 (2) により、空燃比ずれ量学習値 $AFgk$ の更新が行われる。次に、ステップ S 1 7 では、流量差積算値 ΣQ_{sc} が 0 にリセットされて、制御ルーチンが終了せしめられる。

[0141] 再び図 9 に戻ると、基本目標空燃比算出手段 A 6 では、空燃比制御の中心となるベース空燃比 (本実施形態では理論空燃比) AFB に、空燃比ずれ量学習値 $AFgk$ を加えた値が基本目標空燃比 AFR として算出される。基本目標空燃比 AFB は、目標空燃比と実際に上流側排気浄化触媒 2 0 に流入する排気ガスの空燃比とが常に一致している場合には、ベース空燃比と同一の値となる。

[0142] 目標空燃比補正量算出手段 A 7 では、酸素吸蔵量算出手段 A 4 によって算

出された流量差積算値 ΣQ_{sc} 及び下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} とに基づいて、目標空燃比の空燃比補正量 $AF C$ が算出される。具体的には、空燃比補正量 $AF C$ は、図11に示したフローチャートに基づいて設定される。

[0143] 図11は、空燃比補正量 $AF C$ の算出制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。図示した制御ルーチンは一定時間間隔の割り込みによって行われる。

[0144] 図11に示したように、まず、ステップS21において、リッチフラグ F_r が1にセットされているか否かが判定される。リッチフラグ F_r は、目標空燃比がリッチ空燃比（すなわち、弱リッチ設定空燃比又はリッチ設定空燃比）に設定されているときには1、リーン空燃比（すなわち、弱リーン設定空燃比又はリーン設定空燃比）に設定されているときには0とされるフラグである。ステップS21において、リッチフラグ F_r が0にセットされている場合、すなわち目標空燃比がリーン空燃比に設定されていると判定された場合には、ステップS22へと進む。

[0145] ステップS22では、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} がリーン判定基準値 I_{rlean} よりも小さいか否かが判定される。上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が少なく、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガス中に酸素がほとんど含まれていない場合には、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} はリーン判定基準値 I_{rlean} よりも小さいと判定されてステップS23へと進む。

[0146] ステップS23では、流量差積算値 ΣQ_{sc} がリーン度合い変更基準積算値 ΣQ_{sclean} よりも大きいかが判定される。上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が少なく、流量差積算値 ΣQ_{sc} がリーン度合い変更基準積算値 ΣQ_{sclean} よりも大きい場合（すなわち、図8の時刻 $t_1 \sim t_3$ ）には、ステップS24へと進む。ステップS24では、空燃比補正量 $AF C$ がリーン設定補正量 $AF C_{glean}$ に設定され、制御ルーチンが終了せしめられる。

- [0147] その後、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が増大して、流量差積算値 ΣQ_{sc} が減少すると、次の制御ルーチンでは、ステップ S 23 において、流量差積算値 ΣQ_{sc} がリーン度合い変更基準積算値 ΣQ_{sc_lean} 以下であると判定されてステップ S 25 へと進む（図 8 における時刻 t_3 に相当）。ステップ S 25 では、空燃比補正量 AFC が弱リーン設定補正量 AFC_{lean} に設定され、制御ルーチンが終了せしめられる。
- [0148] 上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が更に増大して、上流側排気浄化触媒 20 から酸素が流出し始めると、次の制御ルーチンではステップ S 22 において、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} はリーン判定基準値 I_{r_lean} 以上であると判定されて、ステップ S 26 へと進む（図 8 における時刻 t_4 に相当）。ステップ S 26 では、空燃比補正量 AFC がリッチ設定補正量 AFC_{rich} に設定される。次いで、ステップ S 27 では、リッチフラグ F_r が 1 にセットされて、制御ルーチンが終了せしめられる。
- [0149] リッチフラグ F_r が 1 にセットされると、次の制御ルーチンでは、ステップ S 21 からステップ S 28 へと進む。ステップ S 28 では、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} がリッチ判定基準値 I_{r_rich} よりも大きいか否かが判定される。上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が少なく、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガス中に未燃ガスがほとんど含まれていない場合には、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} はリッチ判定基準値 I_{r_rich} よりも小さいと判定されてステップ S 29 へと進む。
- [0150] ステップ S 29 では、流量差積算値 ΣQ_{sc} がリッチ度合い変更基準積算値 ΣQ_{sc_rich} よりも小さいか否かが判定される。上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が多くて、流量差積算値 ΣQ_{sc} がリッチ度合い変更基準積算値 ΣQ_{sc_rich} よりも小さい場合（すなわち、図 8 の時刻 $t_4 \sim t_6$ ）には、ステップ S 30 へと進む。ステップ S 30 では、空燃比補正量 AFC がリッチ設定補正量 AFC_{rich} に設定され、制御ルーチン

が終了せしめられる。

[0151] その後、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が減少して、流量差積算値 ΣQ_{sc} が増加すると、次の制御ルーチンでは、ステップ S29 において、流量差積算値 ΣQ_{sc} がリッチ度合い変更基準積算値 ΣQ_{scrich} 以上であると判定されて、ステップ S31 へと進む（図 8 における時刻 t_6 に相当）。ステップ S31 では、空燃比補正量 $AF C$ が弱リッチ設定補正量 $AF C_{srich}$ に設定され、制御ルーチンが終了せしめられる。

[0152] 上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が更に減少して、上流側排気浄化触媒 20 から未燃ガスが流出し始めると、次の制御ルーチンではステップ S28 において、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} がリッチ判定基準値 I_{rrich} 以下であると判定されて、ステップ S32 へと進む（図 8 における時刻 t_1 に相当）。ステップ S32 では、空燃比補正量 $AF C$ がリーン設定補正量 $AF C_{glean}$ に設定される。次いで、ステップ S33 では、リッチフラグ F_r が 0 にセットされて、制御ルーチンが終了せしめられる。

[0153] 目標空燃比設定手段 A8 は、基本目標空燃比算出手段 A6 において算出された基本目標空燃比 $AF R$ に、目標空燃比補正量算出手段 A7 で算出された空燃比補正量 $AF C$ を加算することで、目標空燃比 $AF T$ を算出する。したがって、目標空燃比 $AF T$ は、理論空燃比よりも僅かにリッチである弱リッチ設定空燃比（空燃比補正量 $AF C$ が弱リッチ設定補正量 $AF C_{srich}$ の場合）、理論空燃比よりもかなりリッチであるリッチ設定空燃比（空燃比補正量 $AF C$ がリッチ設定補正量 $AF C_{grich}$ の場合）、理論空燃比よりも僅かにリッチである弱リーン設定空燃比（空燃比補正量 $AF C$ が弱リッチ設定補正量 $AF C_{slean}$ の場合）、理論空燃比よりもかなりリーンであるリーン設定空燃比（空燃比補正量 $AF C$ がリーン設定補正量 $AF C_{glean}$ の場合）のいずれかとされる。このようにして算出された目標空燃比 $AF T$ は、基本燃料噴射量算出手段 A2 及び後述する空燃比差算出手段 A8 に入力される。

[0154] <F / B補正量の算出>

次に、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} に基づいたF / B補正量の算出について説明する。F / B補正量の算出に当たっては、数値変換手段A9、空燃比差算出手段A10、F / B補正量算出手段A11が用いられる。

[0155] 数値変換手段A9は、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} と、空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} と空燃比との関係を規定したマップ又は計算式（例えば、図6に示したようなマップ）とに基づいて、上流側排気空燃比 A_{Fup} を算出する。したがって、上流側排気空燃比 A_{Fup} は、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比に相当する。

[0156] 空燃比差算出手段A10は、数値変換手段A9によって求められた上流側排気空燃比 A_{Fup} から目標空燃比設定手段A8によって算出された目標空燃比 A_{FT} を減算することによって空燃比差 D_{AF} を算出する（ $D_{AF} = A_{Fup} - A_{FT}$ ）。この空燃比差 D_{AF} は、目標空燃比 A_{FT} に対する燃料供給量の過不足を表す値である。

[0157] F / B補正量算出手段A11は、空燃比差算出手段A10によって算出された空燃比差 D_{AF} を、比例・積分・微分処理（PID処理）することで、下記式（4）に基づいて燃料供給量の過不足を補償するためのF / B補正量 D_{Fi} を算出する。このようにして算出されたF / B補正量 D_{Fi} は、燃料噴射量算出手段A3に入力される。

$$D_{Fi} = K_p \cdot D_{AF} + K_i \cdot S D_{AF} + K_d \cdot D D_{AF} \quad \dots (4)$$

[0158] なお、上記式（4）において、 K_p は予め設定された比例ゲイン（比例定数）、 K_i は予め設定された積分ゲイン（積分定数）、 K_d は予め設定された微分ゲイン（微分定数）である。また、 $D D_{AF}$ は、空燃比差 D_{AF} の時間微分値であり、今回更新された空燃比差 D_{AF} と前回更新されていた空燃比差 D_{AF} との差を更新間隔に対応する時間で除算することで算出される。また、 $S D_{AF}$ は、空燃比差 D_{AF} の時間積分値であり、この時間積分値 D

D A F は前回更新された時間積分値 D D A F に今回更新された空燃比差 D A F を加算することで算出される ($S D A F = D D A F + D A F$)。

[0159] なお、上記実施形態では、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比を上流側空燃比センサ 40 によって検出している。しかしながら、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比の検出精度は必ずしも高い必要はないことから、例えば、燃料噴射弁 11 からの燃料噴射量及びエアフロメータ 39 の出力に基づいて上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比を推定するようにしてもよい。

[0160] また、上記実施形態では、流量差積算値 $\Sigma Q s c$ がリーン度合い変更基準積算値 $\Sigma Q s c l e a n$ 以下となったときに、目標空燃比を理論空燃比からの差を小さくなるように変化させている。しかしながら、目標空燃比を理論空燃比からの差を小さくなるように変化させるタイミングは、時刻 $t_1 \sim t_4$ の間のいつでもよい。例えば、図 12 に示したように、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 $I r d w n$ がリーン判定基準値 $I r r i c h$ 以上になったときに、目標空燃比を理論空燃比からの差を小さくなるように変化させてもよい。

[0161] 同様に、上記実施形態では、流量差積算値 $\Sigma Q s c$ がリッチ度合い変更基準積算値 $\Sigma Q s c r i c h$ 以上となったときに、目標空燃比を理論空燃比からの差を小さくなるように変化させている。しかしながら、目標空燃比を理論空燃比からの差を小さくなるように変化させるタイミングは、時刻 $t_4 \sim t_7$ (t_1) の間のいつでもよい。例えば、図 12 に示したように、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 $I r d w n$ がリッチ判定基準値 $I r r i c h$ 以下になったときに、目標空燃比を理論空燃比からの差を小さくなるように変化させてもよい。

[0162] さらに、上記実施形態では、時刻 $t_3 \sim t_4$ の間、及び時刻 $t_6 \sim t_7$ (t_1) の間、目標空燃比は弱リーン設定空燃比又は弱リッチ設定空燃比に固定されている。しかしながら、これら期間において、目標空燃比は、その差が段階的に小さくなるように設定されてもよいし、その差が連続的に小さくなるよう

に設定されてもよい。

[0163] これらをまとめて表現すると、本発明によれば、ECU 31は、下流側空燃比センサ41によって検出された排気空燃比がリッチ空燃比になったときに、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの目標空燃比をリーン設定空燃比まで変化させる空燃比リーン切替手段と、空燃比リーン切替手段によって目標空燃比を変化させた後であって下流側空燃比センサ41によって検出される排気空燃比がリーン空燃比になる前に目標空燃比をリーン設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリーン空燃比に変化させるリーン度合い低下手段と、下流側空燃比センサ41によって検出された排気空燃比がリーン空燃比になったときに、目標空燃比をリッチ設定空燃比まで変化させる空燃比リッチ切替手段と、空燃比リッチ切替手段によって空燃比を変化させた後であって下流側空燃比センサ41によって検出される排気空燃比がリッチ空燃比になる前に目標空燃比をリッチ設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリッチ空燃比に変化させるリッチ度合い低下手段とを具備すると言える。

[0164] <第二実施形態>

次に、図13～図17を参照して、本発明の第二実施形態に係る内燃機関の制御装置について説明する。第二実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御は、基本的に、上記実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御と同様である。しかしながら、上記実施形態では、下流側空燃比センサのセンサ印加電圧は一定であったのに対して、本実施形態では、状況に応じてセンサ印加電圧を変化させることとしている。

<空燃比センサの出力特性>

本実施形態の上流側空燃比センサ40及び下流側空燃比センサ41は、第一実施形態の空燃比センサ40、41と同様に、図4及び図5を用いて説明したよう構成され且つ動作する。これら空燃比センサ40、41は、図13に示したような電圧－電流（V－I）特性を有する。図13からわかるように、センサ印加電圧 V_r が0以下及び0近傍の領域では、排気空燃比が一定

である場合には、センサ印加電圧 V_r を負の値から徐々に増加していくと、これに伴って出力電流 I_r が増加していく。

[0165] すなわち、この電圧領域では、センサ印加電圧 V_r が低いため、固体電解質層 51 を介して移動可能な酸素イオンの流量が少ない。このため、拡散律速層 54 を介した排気ガスの流入速度よりも固体電解質層 51 を介して移動可能な酸素イオンの流量が少なくなり、よって、出力電流 I_r は固体電解質層 51 を介して移動可能な酸素イオンの流量に応じて変化する。固体電解質層 51 を介して移動可能な酸素イオンの流量はセンサ印加電圧 V_r に応じて変化するため、結果的にセンサ印加電圧 V_r の増加に伴って出力電流が増加する。なお、このようにセンサ印加電圧 V_r に比例して出力電流 I_r が変化する電圧領域は比例領域と称される。また、センサ印加電圧 V_r が 0 のときに出力電流 I_r が負値をとるのは、酸素電池特性により固体電解質層 51 の両側面間の酸素濃度比に応じた起電力 E が生じるためである。

[0166] その後、排気空燃比を一定としたまま、センサ印加電圧 V_r を徐々に増加していくと、これに対する出力電流の増加の割合は次第に小さくなり、ついにはほぼ飽和状態となる。その結果、センサ印加電圧 V_r を増加しても出力電流はほとんど変化しなくなる。このほぼ飽和した電流は限界電流と称され、以下では、この限界電流が発生する電圧領域を限界電流領域と称する。

[0167] すなわち、この限界電流領域では、センサ印加電圧 V_r が或る程度高いため、固体電解質層 51 を介して移動可能な酸素イオンの流量が多い。このため、拡散律速層 54 を介した排気ガスの流入速度よりも固体電解質層 51 を介して移動可能な酸素イオンの流量の方が多くなる。したがって、出力電流 I_r は拡散律速層 54 を介して被測ガス室 57 に流入する排気ガス中の酸素濃度や未燃ガス濃度に応じて変化する。排気空燃比を一定としてセンサ印加電圧 V_r を変化させても、基本的には拡散律速層 54 を介して被測ガス室 57 に流入する排気ガス中の酸素濃度や未燃ガス濃度は変化しないことから、出力電圧 I_r は変化しない。

[0168] ただし、排気空燃比が異なれば、拡散律速層 54 を介して被測ガス室 57

に流入する排気ガス中の酸素濃度や未燃ガス濃度も異なることから、出力電流 I_r は排気空燃比に応じて変化する。図 13 からわかるように、リーン空燃比とリッチ空燃比とでは限界電流の流れる向きが逆になっており、リーン空燃比であるときには空燃比が大きくなるほど、リッチ空燃比であるときには空燃比が小さくなるほど、限界電流の絶対値が大きくなる。

[0169] その後、排気空燃比を一定としたまま、センサ印加電圧 V_r をさらに増加していくと、これに伴って再び出力電流 I_r が増加し始める。このように高いセンサ印加電圧 V_r を印加すると、排気側電極 52 上では排気ガス中に含まれる水分の分解が発生し、これに伴って電流が流れる。また、センサ印加電圧 V_r をさらに増加していくと、水の分解だけでは電流をまかなえなくなり、今度は固体電解質層 51 の分解が発生する。以下では、このように水や固体電解質層 51 の分解が生じる電圧領域を水分解領域と称する。

[0170] 図 14 は、各センサ印加電圧 V_r における排気空燃比と出力電流 I_r との関係を示す図である。図 14 からわかるように、センサ印加電圧 V_r が 0.1 V から 0.9 V 程度であれば、少なくとも理論空燃比の近傍においては、排気空燃比に応じて出力電流 I_r が変化する。また、図 14 からわかるように、センサ印加電圧 V_r が 0.1 V から 0.9 V 程度であれば、理論空燃比の近傍においては、排気空燃比と出力電流 I_r との関係はセンサ印加電圧 V_r に無関係にほぼ同一である。

[0171] 一方、図 14 からわかるように、或る一定の排気空燃比以下に排気空燃比が低くなると、排気空燃比が変化しても出力電流 I_r がほとんど変化しなくなる。この一定の排気空燃比はセンサ印加電圧 V_r に応じて変化し、センサ印加電圧 V_r が高いほど高い。このため、センサ印加電圧 V_r を或る特定の値以上に増大させると、図中に一点鎖線で示したように、排気空燃比が如何なる値であっても出力電流 I_r が 0 にならなくなる。

[0172] 一方、或る一定の排気空燃比以上に排気空燃比が高くなると、排気空燃比が変化しても出力電流 I_r がほとんど変化しなくなる。この一定の排気空燃比もセンサ印加電圧 V_r に応じて変化し、センサ印加電圧 V_r が低いほど低

い。このため、センサ印加電圧 V_r を或る特定の値以下に低下させると、図中に二点鎖線で示したように、排気空燃比が如何なる値であっても出力電流 I_r が 0 にならなくなる（例えば、センサ印加電圧 V_r を 0 V とした場合には排気空燃比に関わらず出力電流 I_r は 0 にならない）。

[0173] <理論空燃比近傍における微視的特性>

ところで、本発明者らが鋭意研究を行ったところ、センサ印加電圧 V_r と出力電流 I_r との関係（図 13）や排気空燃比と出力電流 I_r との関係（図 14）を巨視的に見ると上述したような傾向になるが、これら関係を理論空燃比近傍で微視的に見るとこれとは異なる傾向になることを見出した。以下、これについて説明する。

[0174] 図 15 は、図 13 の電圧－電流線図について、出力電流 I_r が 0 近傍となる領域（図 13 において X－X で示した領域）を拡大して示した図である。図 15 からわかるように、限界電流領域においても、排気空燃比を一定としたときに、センサ印加電圧 V_r が増大するのに伴って出力電流 I_r もごく僅かながら増大する。例えば、排気空燃比が理論空燃比（14.6）である場合を例にとってみると、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V 程度のときには出力電流 I_r は 0 となる。これに対して、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V よりも或る程度低く（例えば、0.2 V）すると、出力電流は 0 よりも低い値となる。一方、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V よりも或る程度高く（例えば、0.7 V）すると、出力電流は 0 よりも高い値となる。

[0175] 図 16 は、図 14 の空燃比－電流線図について、排気空燃比が理論空燃比近傍であって且つ出力電流 I_r が 0 近傍である領域（図 14 において Y で示した領域）を拡大して示した図である。図 16 からは、理論空燃比近傍の領域においては、同一の排気空燃比に対する出力電流 I_r がセンサ印加電圧 V_r 毎に僅かに異なることがわかる。例えば、図示した例では、排気空燃比が理論空燃比である場合、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V としたときに出力電流 I_r が 0 になる。そして、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V よりも大きくすると出力電流 I_r も大きくなり、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V より

も小さくすると出力電流 I_r も小さくなる。

[0176] 加えて、図 16 からは、センサ印加電圧 V_r 毎に、出力電流 I_r が 0 となるときの排気空燃比（以下、「電流零時の排気空燃比」という）が異なることがわかる。図示した例では、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V である場合には排気空燃比が理論空燃比であるときに出力電流 I_r が 0 になる。これに対して、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V よりも大きい場合には、排気空燃比が理論空燃比よりもリッチであるときに出力電流 I_r が 0 になり、センサ印加電圧 V_r が大きくなるほど電流零時の排気空燃比は小さくなる。逆に、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V よりも小さい場合には、排気空燃比が理論空燃比よりもリーンであるときに出力電流 I_r が 0 になり、センサ印加電圧 V_r が小さくなるほど電流零時の排気空燃比は大きくなる。すなわち、センサ印加電圧 V_r を変化させることにより、電流零時の排気空燃比を変化させることができる。

[0177] ここで、図 6 における傾き、すなわち排気空燃比の増加量に対する出力電流の増加量の比率（以下、「出力電流変化率」という）は、同様な生産工程を経ても必ずしも同一にはならず、同一型式の空燃比センサであっても個体間でバラツキが生じてしまう。加えて、同一の空燃比センサにおいても、経年劣化等により出力電流変化率は変化する。この結果、たとえ図 17 に実線 A で示した出力特性を有するように構成されている同一型式のセンサを用いても、使用したセンサや使用期間等によって、図 17 に破線 B で示したように出力電流変化率が小さくなったり、一点鎖線 C で示したように出力電流変化率が大きくなったりする。

[0178] このため、同一型式の空燃比センサを用いて同一の空燃比の排気ガスの計測を行っても、使用したセンサや使用期間等によって、空燃比センサの出力電流は異なるものになってしまう。例えば、空燃比センサが実線 A で示したような出力特性を有する場合には、空燃比が $a f_1$ である排気ガスの計測を行ったときの出力電流は、 I_2 になる。しかしながら、空燃比センサが破線 B や一点鎖線 C で示したような出力特性を有する場合には、空燃比が $a f_1$ である

排気ガスの計測を行ったときの出力電流は、それぞれ I_1 及び I_3 となり、上述した I_2 とは異なる出力電流となってしまう。

[0179] しかしながら、図 17 から分かるように、空燃比センサの個体間でバラツキが生じたり、同一の空燃比センサにおいて経年劣化等によってバラツキが生じたりしたとしても、電流零時の排気空燃比（図 17 の例では理論空燃比）はほとんど変化しない。すなわち、出力電流 I_r が零以外の値をとるときには、排気空燃比の絶対値を正確に検出することは困難であるのに対して、出力電流 I_r が零となるときには、排気空燃比の絶対値（図 17 の例では理論空燃比）を正確に検出することができる。

[0180] そして、図 16 を用いて説明したように、空燃比センサ 40、41 では、センサ印加電圧 V_r を変化させることにより、電流零時の排気空燃比を変化させることができる。すなわち、センサ印加電圧 V_r を適切に設定すれば、理論空燃比以外の排気空燃比の絶対値を正確に検出することができる。特に、センサ印加電圧 V_r を後述する「特定電圧領域」内で変化させた場合には、電流零時の排気空燃比を理論空燃比（14.6）に対して僅かにのみ（例えば、 $\pm 1\%$ の範囲（約 14.45～約 14.75）内）調整することができる。したがって、センサ印加電圧 V_r を適切に設定することにより、理論空燃比とは僅かに異なる空燃比の絶対値を正確に検出することができるようになる。

[0181] なお、上述したように、センサ印加電圧 V_r を変化させることにより、電流零時の排気空燃比を変化させることができる。しかしながら、センサ印加電圧 V_r を或る上限電圧よりも大きくするか又は或る下限電圧よりも小さくすると、センサ印加電圧 V_r の変化量に対する電流零時の排気空燃比の変化量が大きくなる。したがって、斯かる電圧領域では、センサ印加電圧 V_r が僅かにずれると、電流零時の排気空燃比が大きく変化してしまう。したがって、斯かる電圧領域では、排気空燃比の絶対値を正確に検出するためには、センサ印加電圧 V_r を精密に制御することが必要になり、あまり実用的ではない。このため、排気空燃比の絶対値を正確に検出する観点からは、センサ

印加電圧 V_r は或る上限電圧と或る下限電圧との間の「特定電圧領域」内の値とすることが必要になる。

[0182] ここで、図 15 に示したように、空燃比センサ 40、41 は、各排気空燃比毎に、出力電流 I_r が限界電流となる電圧領域である限界電流領域を有する。本実施形態では、排気空燃比が理論空燃比であるときの限界電流領域が「特定電圧領域」とされる。

[0183] なお、図 14 を用いて説明したように、センサ印加電圧 V_r を或る特定の値（最大電圧）以上に増大させると、図中に一定鎖線で示したように、排気空燃比が如何なる値であっても出力電流 I_r が 0 にならなくなる。一方、センサ印加電圧 V_r を或る特定の値（最小電圧）以下に低下させると、図中に二点鎖線で示したように、排気空燃比が如何なる値であっても出力電流 I_r が 0 にならなくなる。

[0184] したがって、センサ印加電圧 V_r が最大電圧と最小電圧との間の電圧であれば、出力電流が零となる排気空燃比が存在する。逆に、センサ印加電圧 V_r が最大電圧よりも高い電圧或いは最小電圧よりも低い電圧であれば、出力電流が零となる排気空燃比が存在しない。したがって、センサ印加電圧 V_r は、少なくとも、排気空燃比がいずれかの空燃比であるときに出力電流が零となる電圧であること、すなわち、最大電圧と最小電圧との間の電圧であることが必要になる。上述した「特定電圧領域」は、最大電圧と最小電圧との間の電圧領域である。

[0185] <各空燃比センサにおける印加電圧>

本実施形態では、上述した理論空燃比近傍での微視的特性に鑑みて、上流側空燃比センサ 40 によって排気ガスの空燃比を検出するときには、上流側空燃比センサ 40 におけるセンサ印加電圧 V_{rup} は、排気空燃比が理論空燃比（本実施形態では 14.6）であるときに出力電流が零となるような電圧（例えば、0.45V）に小知恵される。換言すると、上流側空燃比センサ 40 では電流零時の排気空燃比が理論空燃比となるようにセンサ印加電圧 V_{rup} が設定される。

[0186] 一方、下流側空燃比センサ41におけるセンサ印加電圧 V_r は、図18に示したように、目標空燃比がリッチ空燃比（すなわち、リッチ設定空燃比又は弱リッチ設定空燃比）であるときには、排気空燃比が理論空燃比よりも僅かにリッチである予め定められた所定空燃比（リッチ判定空燃比）であるときに出力電流が零となるような電圧（例えば、0.7V）とされる。換言すると、目標空燃比がリッチ空燃比であるときには、下流側空燃比センサ41では、電流零時の排気空燃比が理論空燃比よりも僅かにリッチであるリッチ判定空燃比となるようにセンサ印加電圧 V_{rdwn} が設定される。

[0187] 一方、図18に示したように、目標空燃比がリーン空燃比（すなわち、リーン設定空燃比又は弱リーン設定空燃比）であるときには、下流側空燃比センサ41におけるセンサ印加電圧 V_r は、排気空燃比が理論空燃比よりも僅かにリーンである予め定められた所定空燃比（リーン判定空燃比）であるときに出力電流が零となるような電圧（例えば、0.2V）とされる。換言すると、目標空燃比がリーン空燃比であるときには、下流側空燃比センサ41では、電流零時の排気空燃比が理論空燃比よりも僅かにリーンであるリーン判定空燃比となるようにセンサ印加電圧 V_{rdwn} が設定される。

[0188] このように、本実施形態では、下流側空燃比センサ41におけるセンサ印加電圧 V_{rdwn} は、上流側空燃比センサ40におけるセンサ印加電圧 V_{rup} とは異なる電圧とされると共に、上流側空燃比センサ40におけるセンサ印加電圧 V_{rup} よりも高い電圧と低い電圧に交互に設定される。

[0189] したがって、両空燃比センサ40、41に接続されたECU31は、上流側空燃比センサ40の出力電流 I_{rup} が零になったときに上流側空燃比センサ40周りの排気空燃比は理論空燃比であると判断する。一方、ECU31は、下流側空燃比センサ41の出力電流 I_{rdwn} が零になったときには、下流側空燃比センサ41周りの排気空燃比はリッチ判定空燃比又はリーン判定空燃比、すなわち、理論空燃比とは異なる予め定められた空燃比であると判断する。これにより、下流側空燃比センサ41によってリッチ判定空燃比及びリーン判定空燃比を正確に検出することができる。

[0190] なお、図 18 に示したように、本実施形態では、下流側空燃比センサ 41 のセンサ印加電圧 V_{rdwn} を 0.7 V としている場合に、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} が零以下となったときに、下流側空燃比センサ 41 のセンサ印加電圧 V_{rdwn} が 0.2 V に変更される。また、下流側空燃比センサ 41 のセンサ印加電圧 V_{rdwn} を 0.2 V としている場合に、下流側空燃比センサ 41 の出力電流 I_{rdwn} が零以上となったときに、下流側空燃比センサ 41 のセンサ印加電圧 V_{rdwn} が 0.7 V に変更される。

[0191] なお、本明細書において、排気浄化触媒の酸素吸蔵量は、最大酸素吸蔵量と零との間で変化するものとして説明している。このことは、排気浄化触媒によって更に吸蔵可能な酸素の量が、零（酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量である場合）と最大値（酸素吸蔵量が零である場合）の間で変化することを意味するものである。

符号の説明

- [0192]
- | | |
|----|-----------|
| 5 | 燃焼室 |
| 6 | 吸気弁 |
| 8 | 排気弁 |
| 10 | 点火プラグ |
| 11 | 燃料噴射弁 |
| 13 | 吸気枝管 |
| 15 | 吸気管 |
| 18 | スロットル弁 |
| 19 | 排気マニホルド |
| 20 | 上流側排気浄化触媒 |
| 21 | 上流側ケーシング |
| 22 | 排気管 |
| 23 | 下流側ケーシング |
| 24 | 下流側排気浄化触媒 |

- 3 1 E C U
- 3 9 エアフロメータ
- 4 0 上流側空燃比センサ
- 4 1 下流側空燃比センサ

請求の範囲

[請求項1]

内燃機関の排気通路に配置されると共に酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒と、該排気浄化触媒の排気流れ方向下流側に配置されると共に前記排気浄化触媒から流出する排気ガスの空燃比を検出する下流側空燃比検出装置と、前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比が目標空燃比となるように該排気ガスの空燃比を制御する空燃比制御装置とを具備する、内燃機関の制御装置において、

前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリッチ空燃比になったときに、前記目標空燃比を理論空燃比よりもリーンのリーン設定空燃比まで変化させる空燃比リーン切替手段と、

該空燃比リーン切替手段によって空燃比を変化させた後であって前記下流側空燃比検出装置によって検出される排気空燃比がリーン空燃比になる前に前記目標空燃比を前記リーン設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリーン空燃比に変化させるリーン度合い低下手段と、

前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリーン空燃比になったときに、前記目標空燃比を理論空燃比よりもリッチのリッチ設定空燃比まで変化させる空燃比リッチ切替手段と、

該空燃比リッチ切替手段によって空燃比を変化させた後であって前記下流側空燃比検出装置によって検出される排気空燃比がリッチ空燃比になる前に前記目標空燃比を前記リッチ設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さいリッチ空燃比に変化させるリッチ度合い低下手段とを具備する、内燃機関の制御装置。

[請求項2]

前記リーン度合い低下手段は、前記目標空燃比を変化させるときには、該目標空燃比を前記リーン設定空燃比から、該リーン設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さい所定のリーン空燃比へ、ステップ状に切り替える、請求項1に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項3]

前記リッチ度合い低下手段は、前記目標空燃比を変化させるときに

は、該目標空燃比を前記リッチ設定空燃比から、該リッチ設定空燃比よりも理論空燃比からの差が小さい所定のリッチ空燃比へ、ステップ状に切り替える、請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項4] 前記リーン度合い低下手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比が理論空燃比に収束した後に前記目標空燃比を変化させる、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項5] 前記リッチ度合い低下手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比が理論空燃比に収束した後に前記目標空燃比を変化させる、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項6] 前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量を推定する酸素吸蔵量推定手段を更に具備し、

前記リーン度合い低下手段は、前記酸素吸蔵量推定手段によって推定された酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量よりも少ない予め定められた吸蔵量以上となったときに前記目標空燃比を変化させる、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項7] 前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量を推定する酸素吸蔵量推定手段を更に具備し、

前記リッチ度合い低下手段は、前記酸素吸蔵量推定手段によって推定された酸素吸蔵量が零よりも多い予め定められた吸蔵量以下となったときに前記目標空燃比を変化させる、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項8] 前記排気浄化触媒の排気流れ方向上流側に配置されると共に前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの排気空燃比を検出する上流側空燃比検出装置を更に具備し、

前記酸素吸蔵量推定手段は、前記上流側空燃比検出装置によって検出された空燃比及び前記内燃機関の吸入空気量に基づいて、前記排気

浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比である場合に対して過剰となる未燃ガス又は不足する未燃ガスの流量を算出する流入未燃ガス過不足流量算出手段と、

前記下流側空燃比検出装置によって検出された空燃比及び前記内燃機関の吸入空気量に基づいて、前記排気浄化触媒から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比である場合に対して過剰となる未燃ガス又は不足する未燃ガスの流量を算出する流出未燃ガス過不足流量算出手段と、

前記流入未燃ガス過不足流量算出手段によって算出された過不足な未燃ガスの流量と前記流出未燃ガス過不足流量算出手段によって算出された過不足な未燃ガスの流量とに基づいて前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量を算出する吸蔵量算出手段とを具備する、請求項 6 又は 7 に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項 9]

前記空燃比リーン切替手段によって目標空燃比をリーン設定空燃比に変化させてから前記空燃比リッチ切替手段によって目標空燃比を最大リッチ空燃比に変化させるまでの間に前記吸蔵量算出手段において算出された前記酸素吸蔵量と、前記空燃比リッチ切替手段によって目標空燃比をリッチ設定空燃比に変化させてから前記空燃比リーン切替手段によって目標空燃比をリーン設定空燃比に変化させるまでの間に前記吸蔵量算出手段において算出された前記酸素吸蔵量とに基づいて、前記目標空燃比に対して実際に排気浄化触媒に流入する排気ガスの空燃比のずれを補正するための空燃比ずれ量学習値を算出する学習値算出手段を更に具備し、

前記空燃比制御装置は、前記学習値算出手段によって算出された空燃比ずれ量学習値に基づいて、前記空燃比リーン切替手段、前記リーン度合い低下手段、前記空燃比リッチ切替手段及び前記リッチ度合い低下手段によって設定された目標空燃比を補正する、請求項 8 に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項10] 前記空燃比リーン切替手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比が理論空燃比よりもリッチなりッチ判定空燃比となったときに、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリッチ空燃比になったと判断し、

前記空燃比リッチ切替手段は、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比が理論空燃比よりもリーンなりリーン判定空燃比となったときに、前記下流側空燃比検出装置によって検出された排気空燃比がリーン空燃比になったと判断する、請求項1～9のいずれか1項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項11] 前記下流側空燃比検出装置は、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、該空燃比センサには、排気空燃比が前記リッチ判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧が印加され、

前記空燃比リーン切替手段は、前記出力電流が零以下となったときに排気空燃比がリッチ空燃比になったと判断する、請求項10に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項12] 前記下流側空燃比検出装置は、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、該空燃比センサには、排気空燃比が前記リーン判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧が印加され、

前記空燃比リッチ切替手段は、前記出力電流が零以下となったときに排気空燃比がリーン空燃比になったと判断する、請求項10に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項13] 前記下流側空燃比検出装置は、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、該空燃比センサには、排気空燃比が前記リッチ判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧と排気空燃比が前記リーン判定空燃比であるときに出力電流が零となる印加電圧とが交互に印加される、請求項10～12のい

れか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項14] 前記排気浄化触媒の排気流れ方向上流側に配置されると共に前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの排気空燃比を検出する上流側空燃比検出装置を更に具備し、

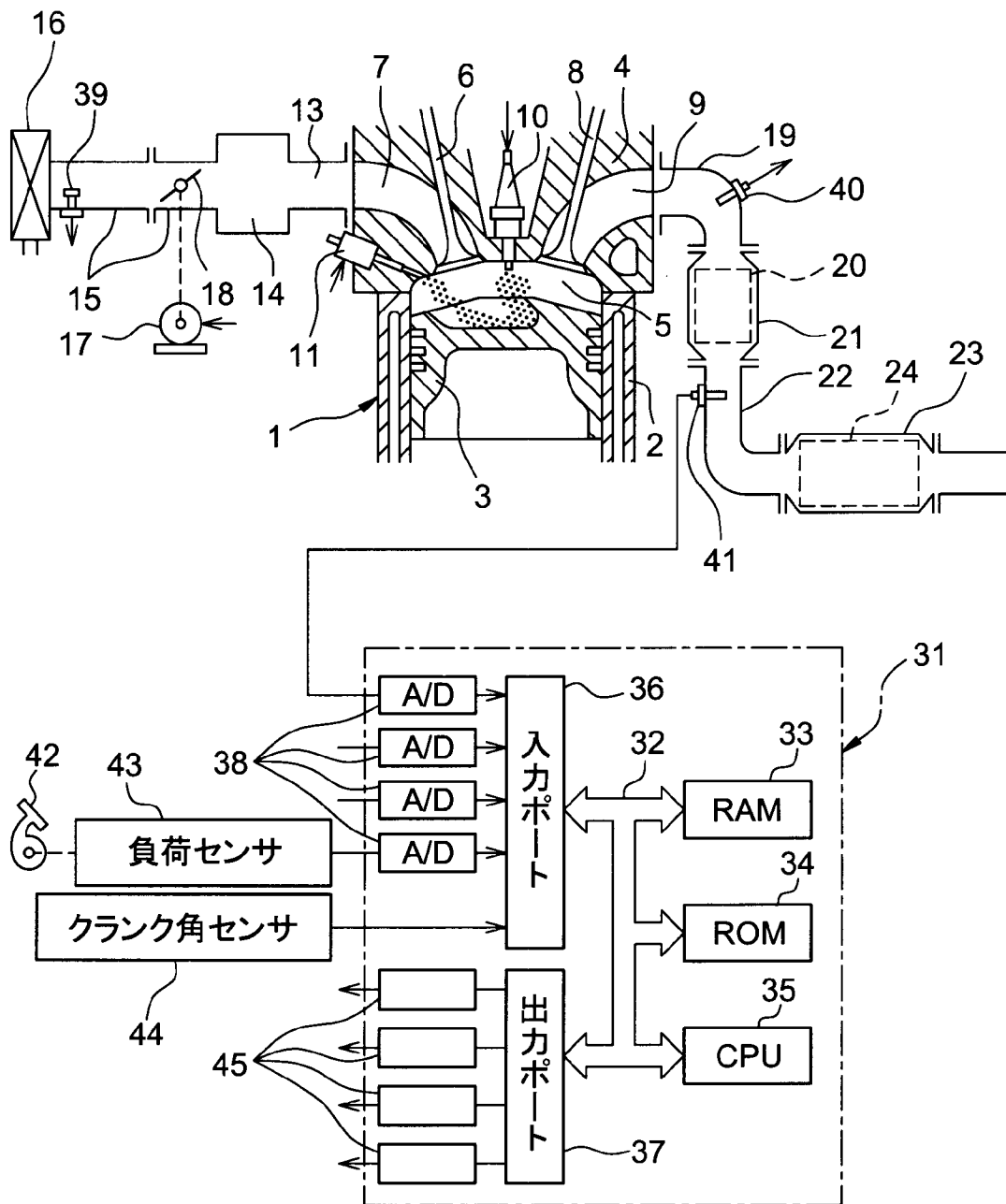
前記空燃比制御装置は、前記上流側空燃比検出装置によって検出された空燃比が前記目標空燃比になるように前記内燃機関の燃焼室に供給される燃料又は空気の量を制御する、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項15] 前記上流側空燃比検出装置及び下流側空燃比検出装置は、排気空燃比に応じて出力電流が零となる印加電圧が変化する空燃比センサであり、前記上流側空燃比検出装置における印加電圧と前記下流側空燃比検出装置における印加電圧とは異なる値とされる、請求項 14 に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項16] 前記下流側空燃比検出装置よりも排気流れ方向下流側において排気通路に配置されると共に酸素を吸蔵可能な下流側排気浄化触媒を更に具備する、請求項 1 ～ 15 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[図1]

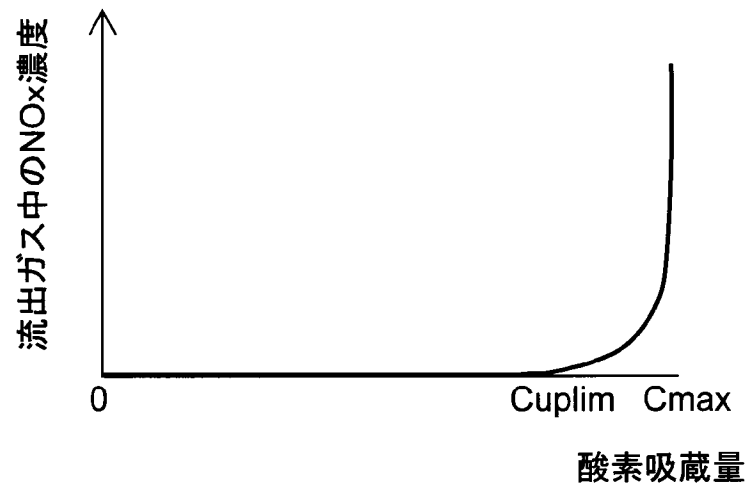
図1



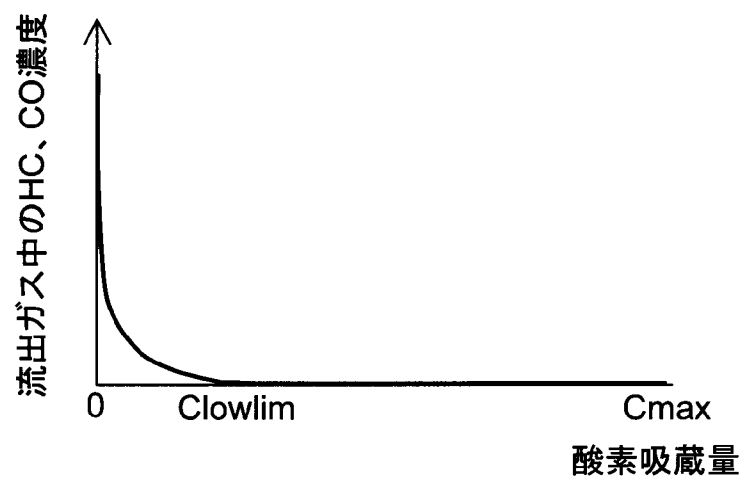
[図2]

図2

(A)

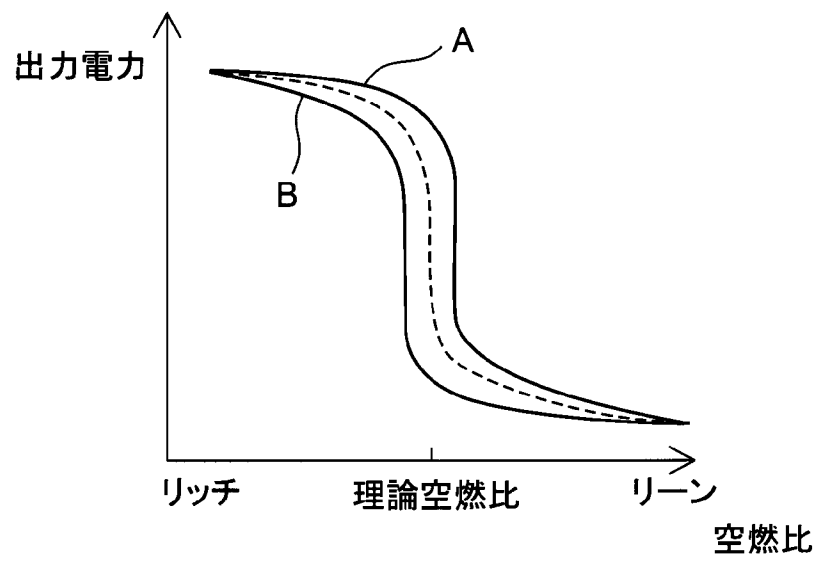


(B)



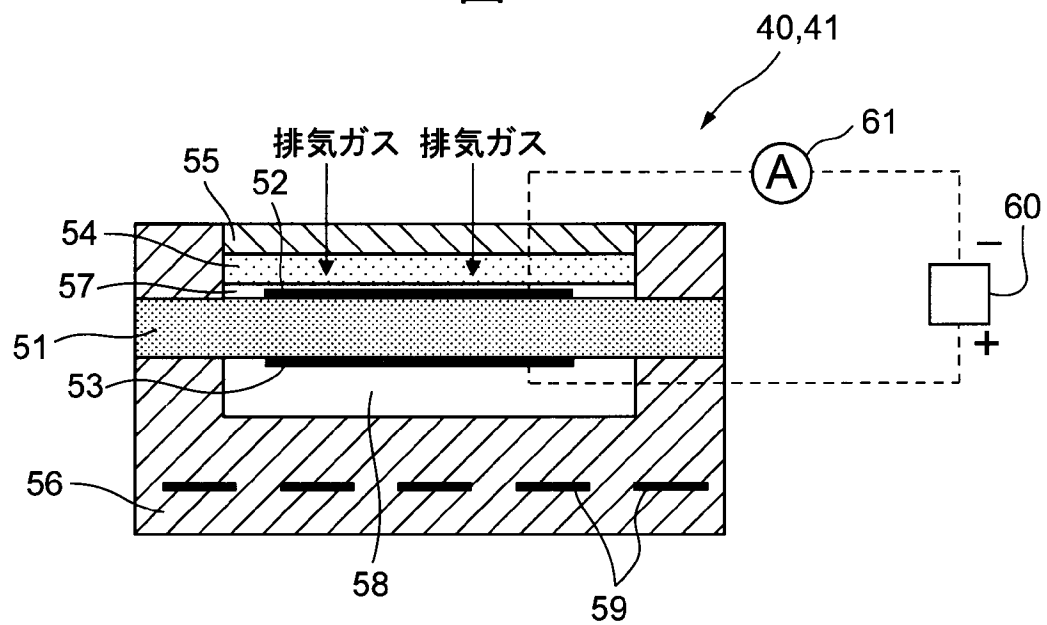
[図3]

図3

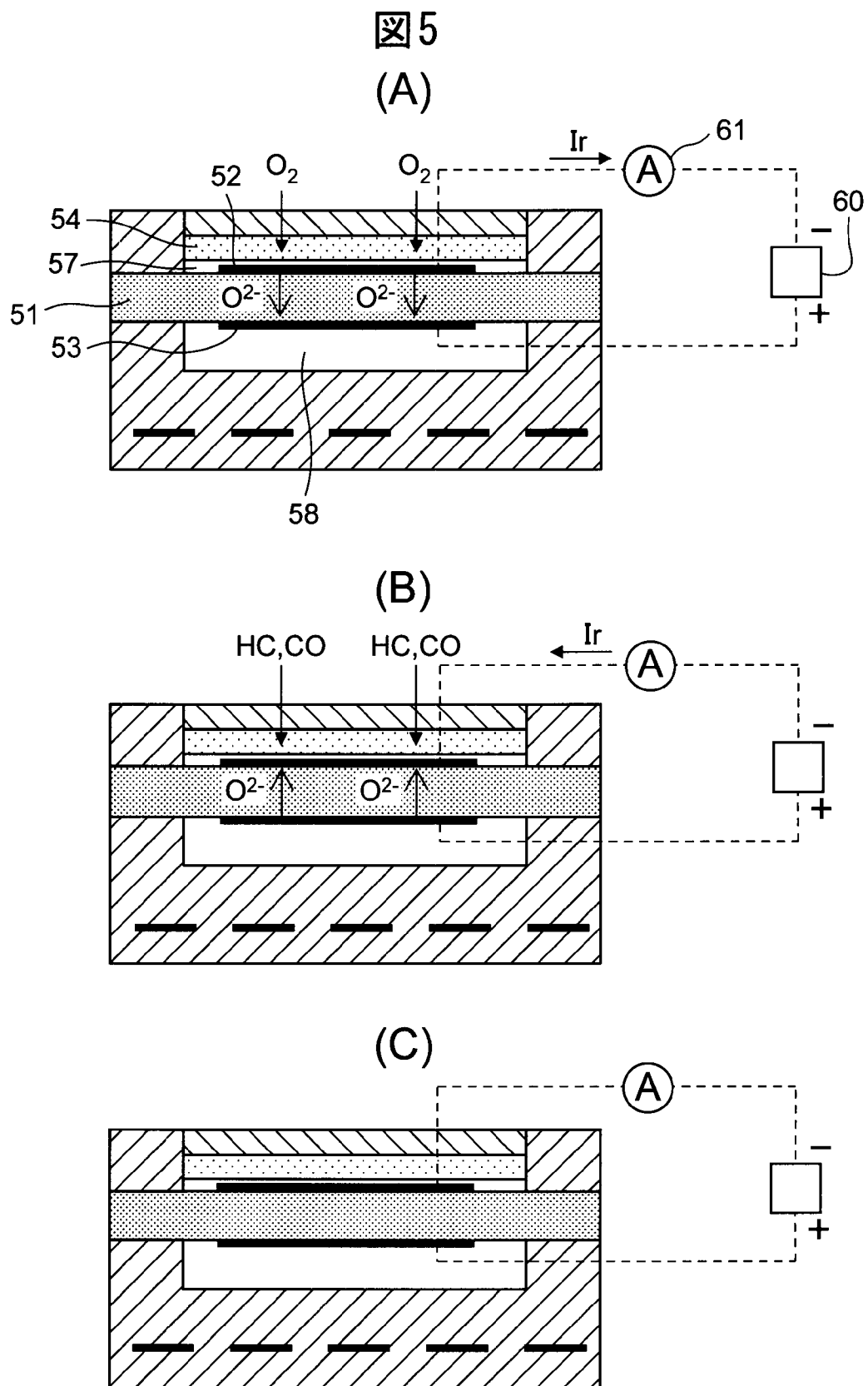


[図4]

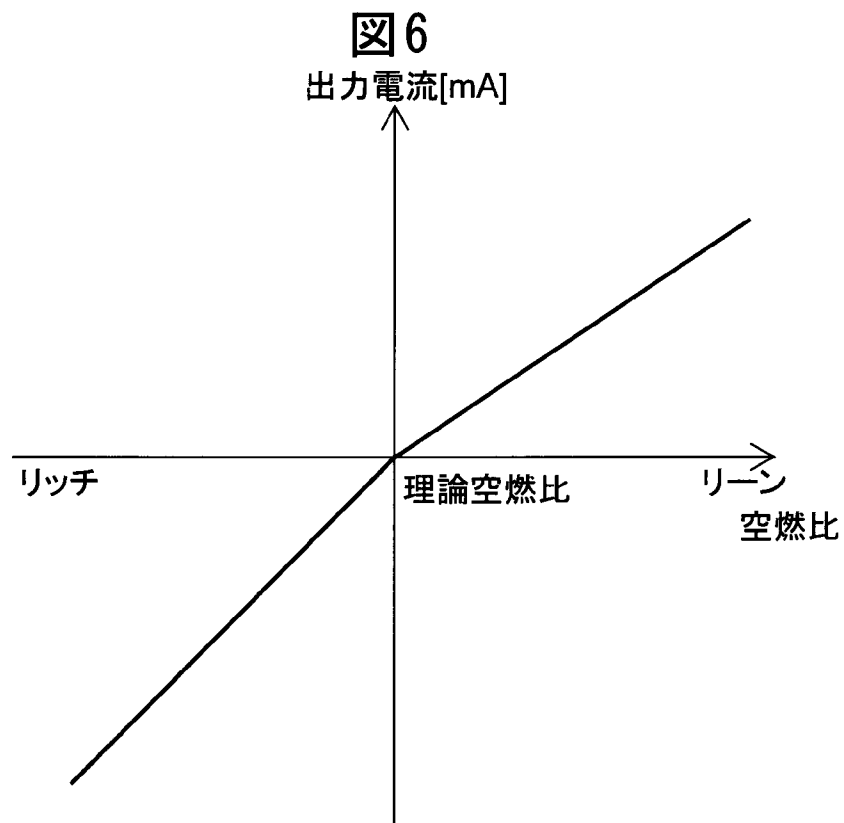
図4



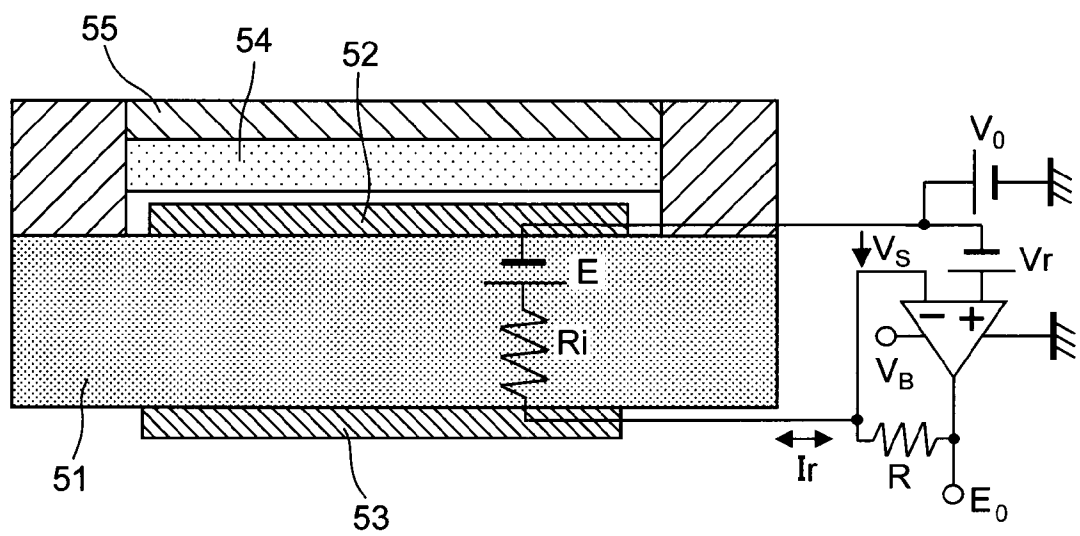
[図5]



[図6]

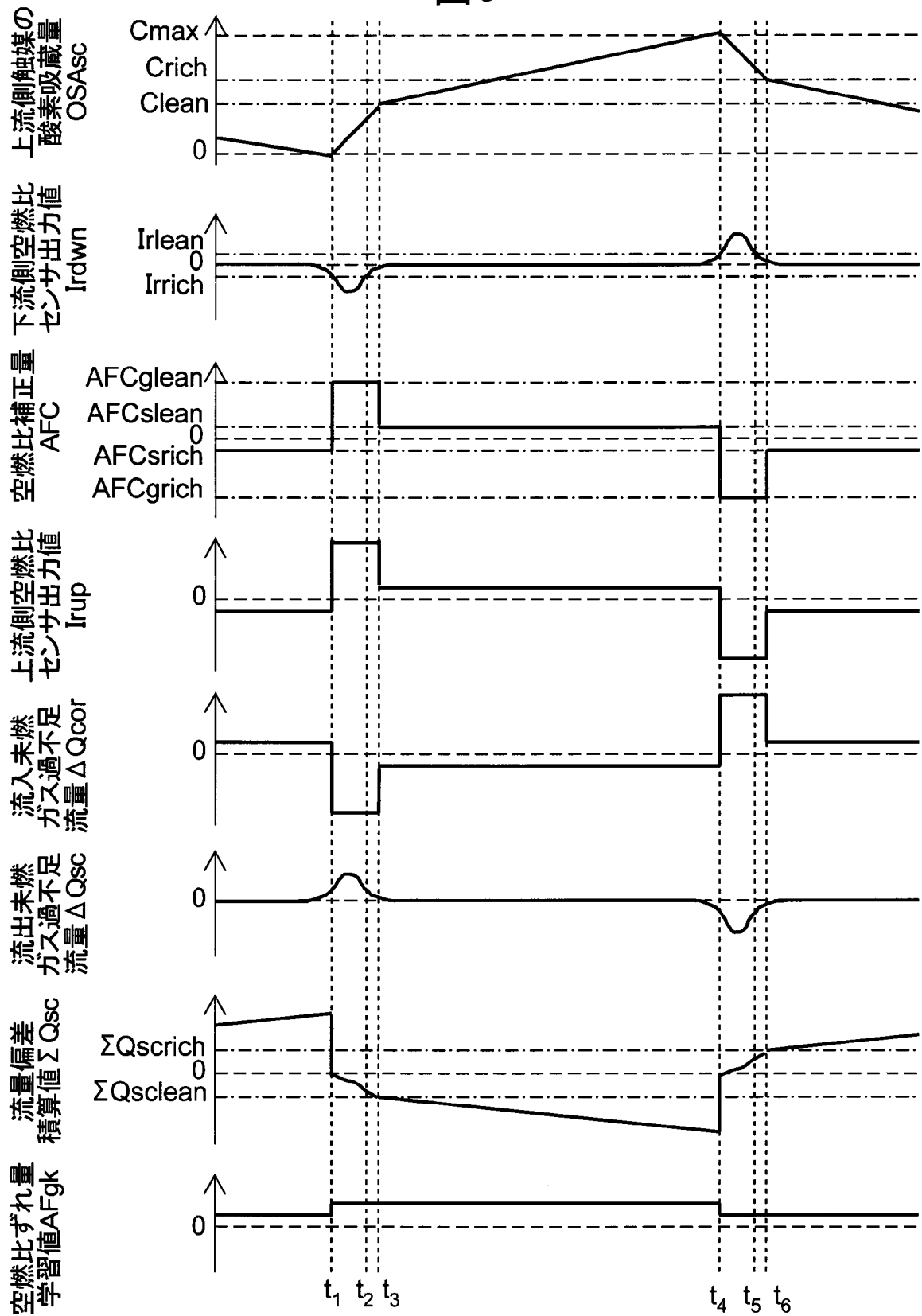


[図7]

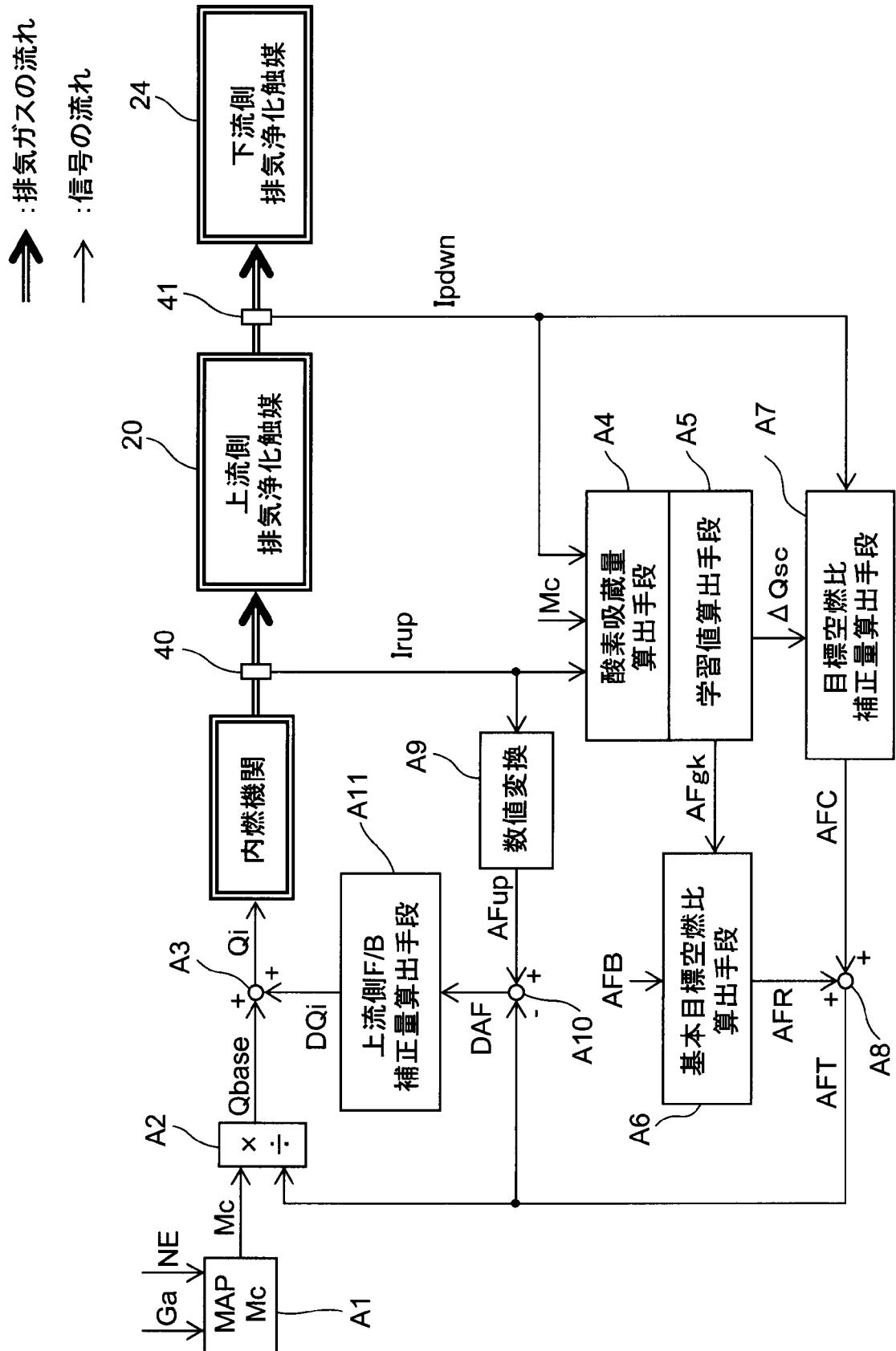
図 7

[図8]

図8

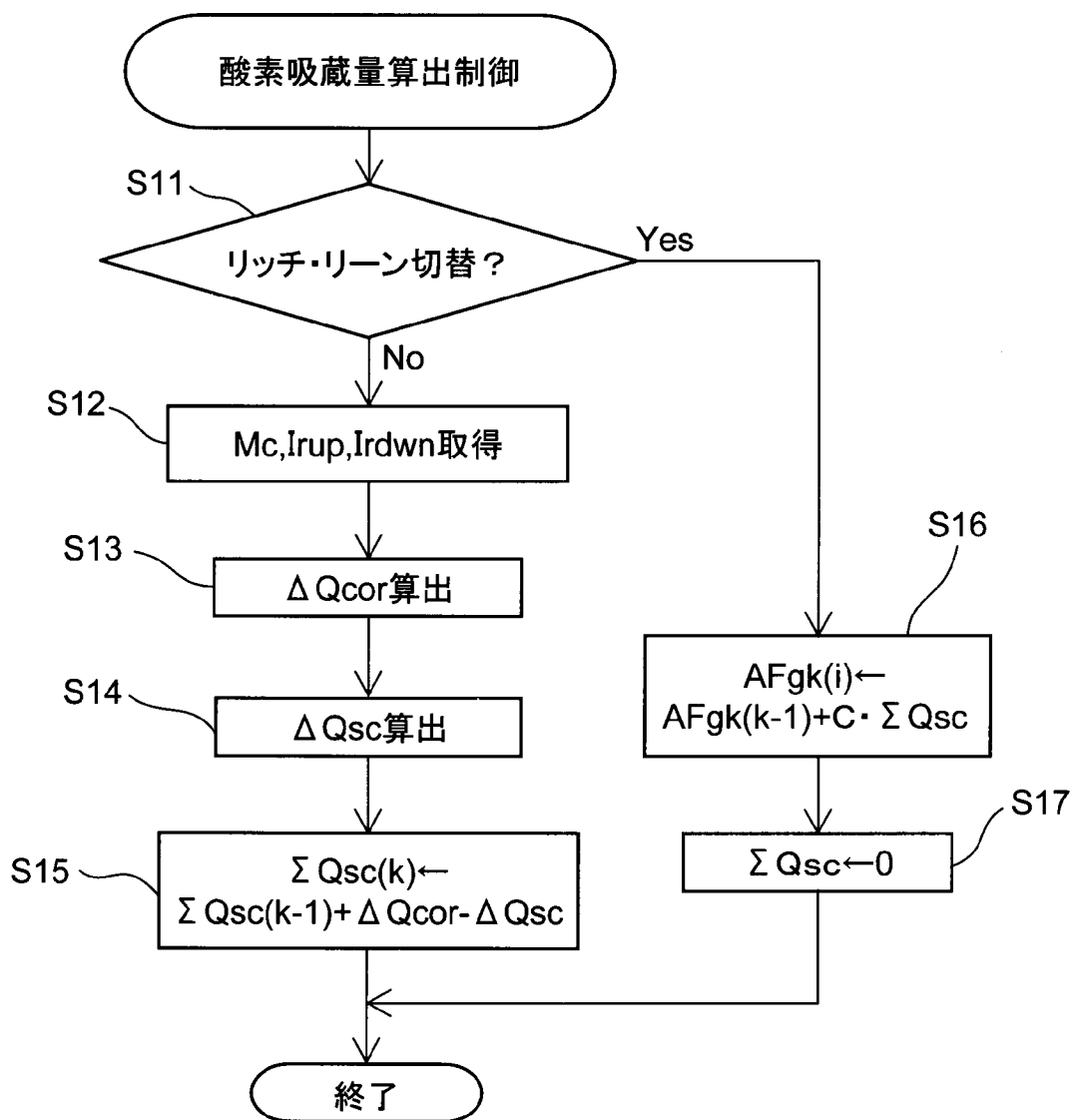


[図9]



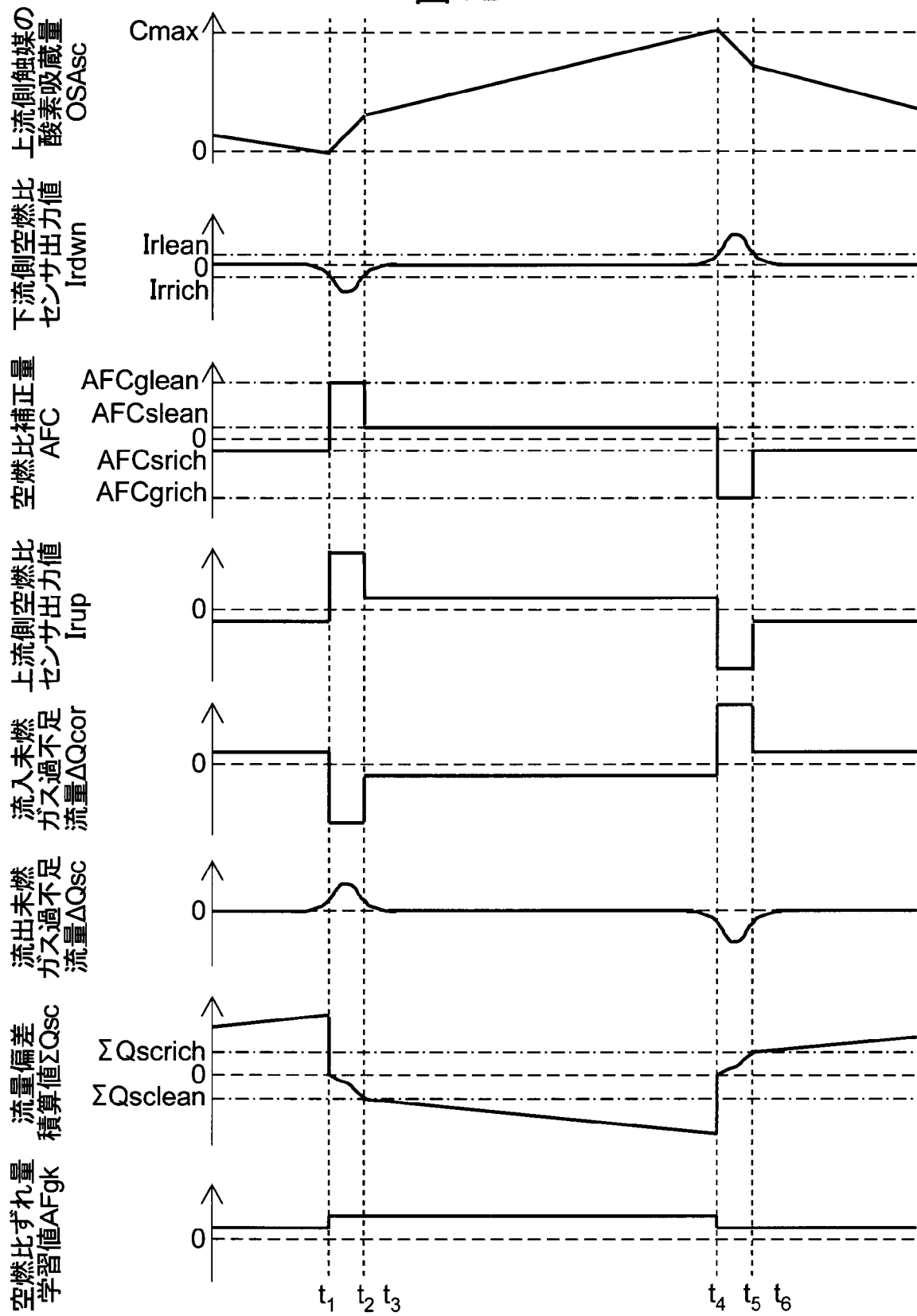
[図10]

図10



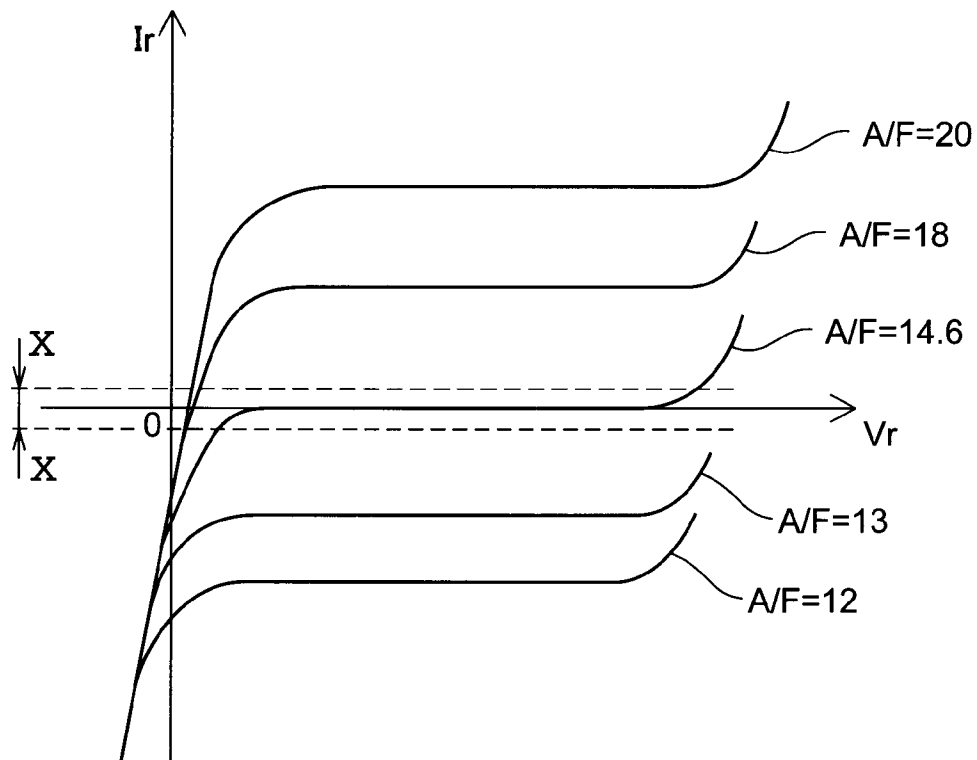
[図12]

図12



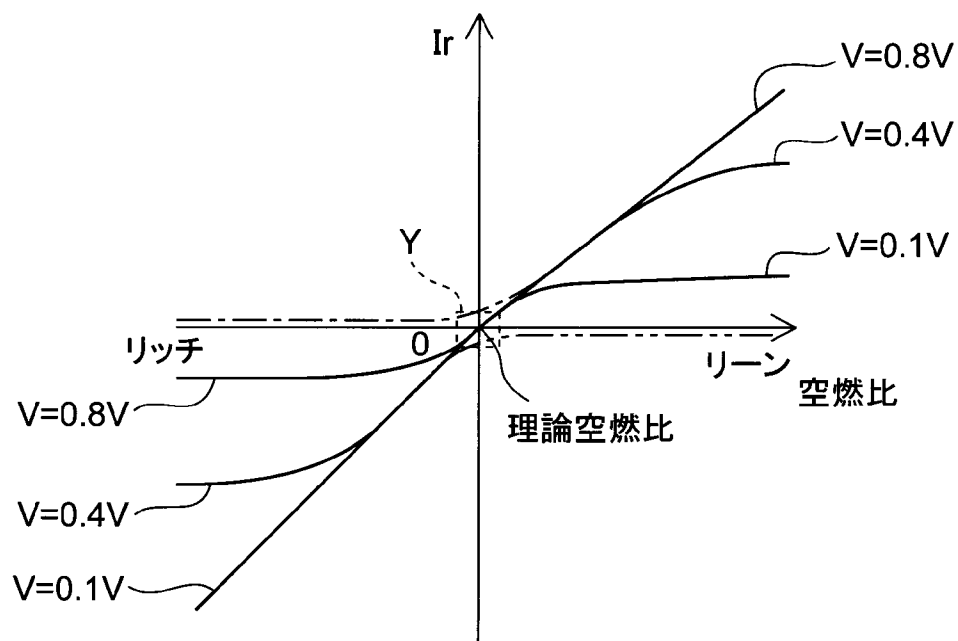
[図13]

図13



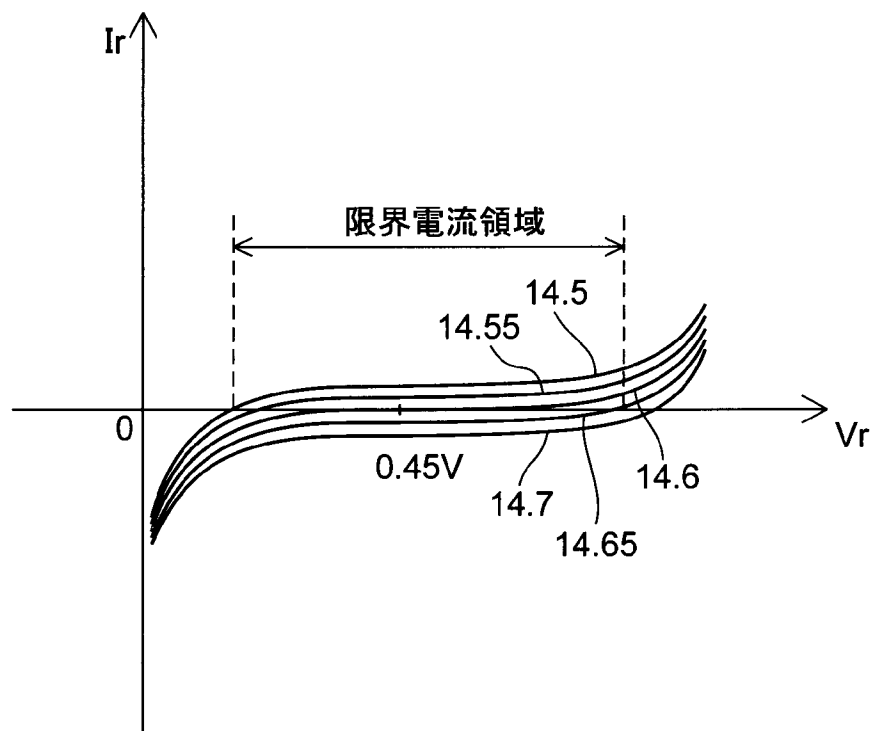
[図14]

図14



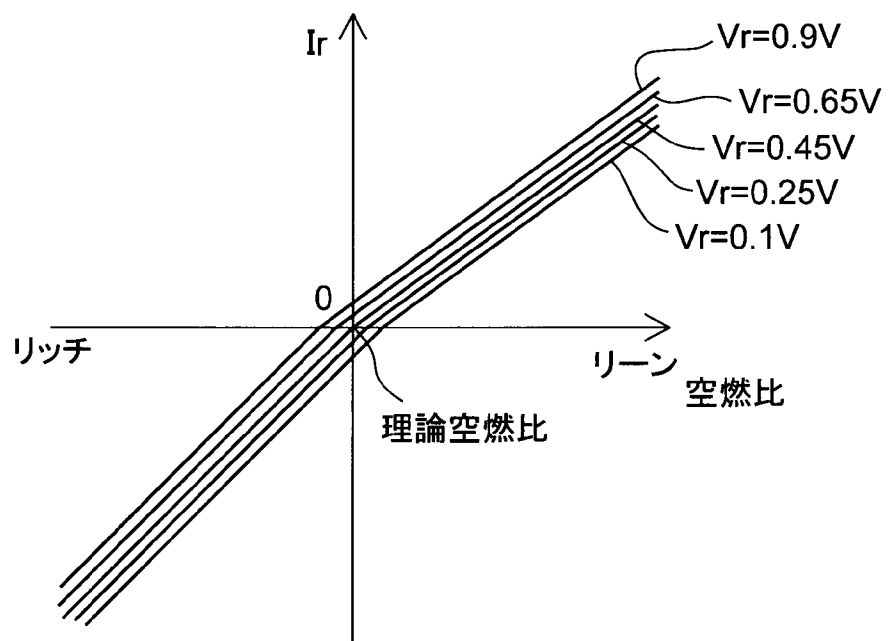
[図15]

図15

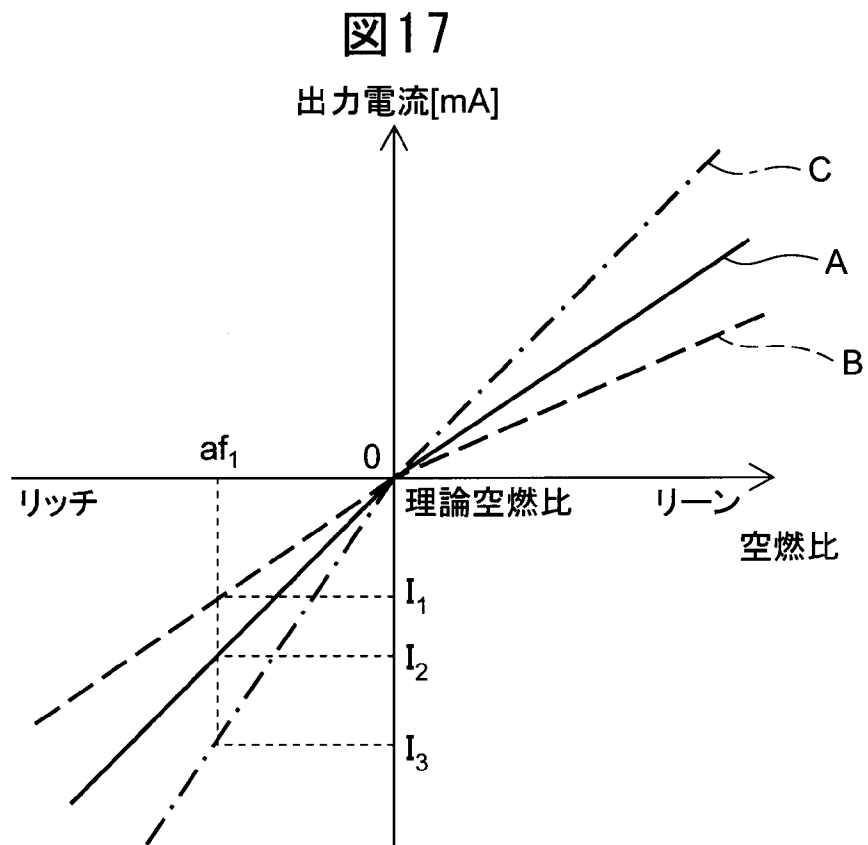


[図16]

図16

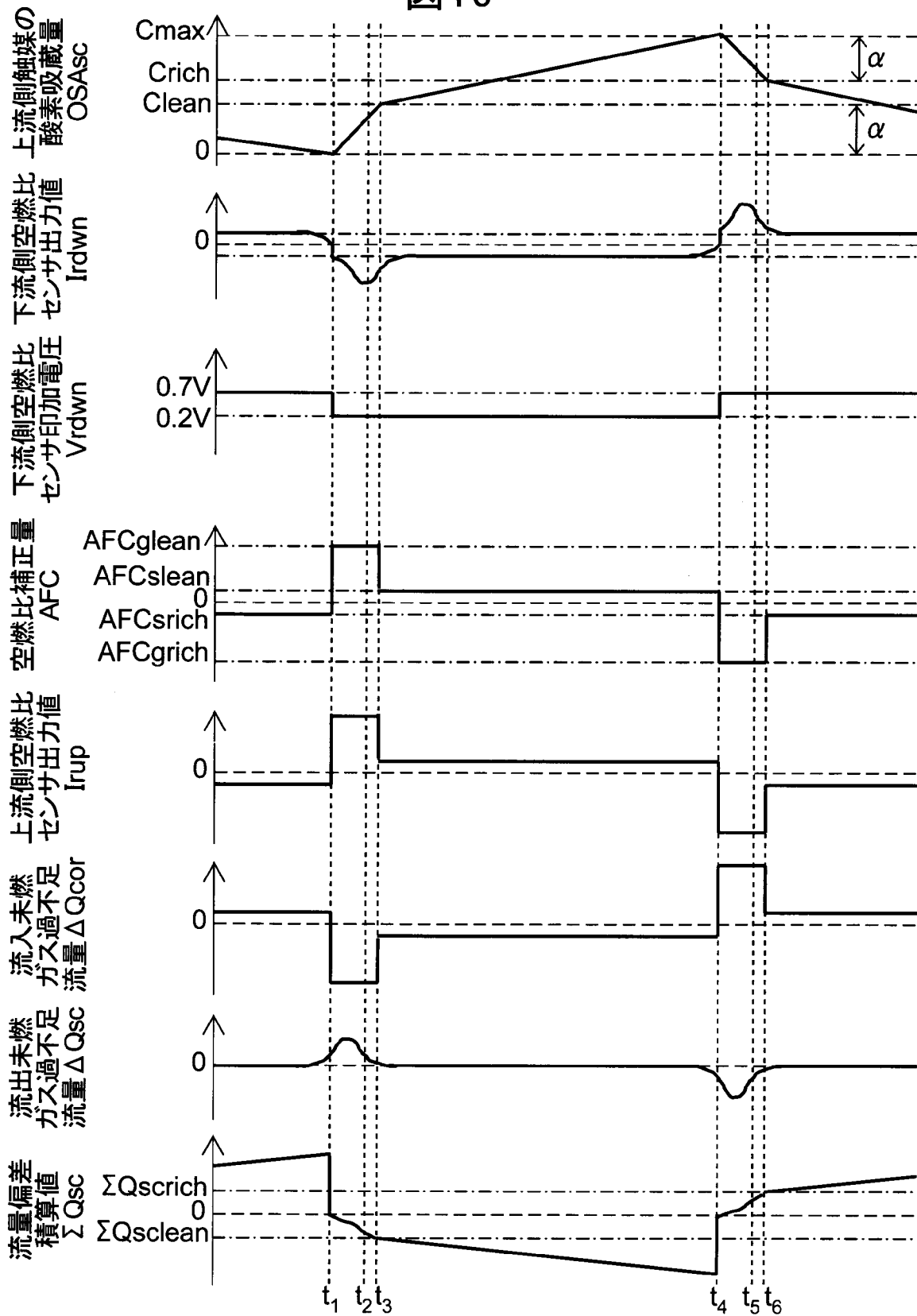


[図17]



[図18]

図18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051908

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D41/14 (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)

F02D41/14

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-225308 A (Toyota Motor Corp.), 15 November 2012 (15.11.2012), paragraphs [0006], [0007] (Family: none)	1-16
A	JP 2007-23917 A (Denso Corp.), 01 February 2007 (01.02.2007), paragraph [0052] & US 2007/0017210 A1 & DE 102006000347 A	1-16
A	JP 2010-180746 A (Toyota Motor Corp.), 19 August 2010 (19.08.2010), paragraph [0202] (Family: none)	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 February, 2013 (13.02.13)

Date of mailing of the international search report
26 February, 2013 (26.02.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051908

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 2009-156100 A (Toyota Motor Corp.), 16 July 2009 (16.07.2009), paragraphs [0102] to [0122] (Family: none)	1-16
A	JP 2009-167841 A (Hitachi, Ltd.), 30 July 2009 (30.07.2009), fig. 10 (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02D41/14(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（I P C））

Int.Cl. F02D41/14

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-225308 A（トヨタ自動車株式会社）2012. 11. 15, [0006][0007]（ファミリーなし）	1-16
A	JP 2007-23917 A（株式会社デンソー）2007. 02. 01, [0052] & US 2007/0017210 A1 & DE 102006000347 A	1-16
A	JP 2010-180746 A（トヨタ自動車株式会社）2010. 08. 19, [0202]（ファミリーなし）	1-16

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「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

1 3 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

小川 恭司

3 Z

9 4 2 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-156100 A (トヨタ自動車株式会社) 2009. 07. 16, [0102]-[0122] (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2009-167841 A (株式会社日立製作所) 2009. 07. 30, [図 1 0] (フ ァミリーなし)	1-16