

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3800080号  
(P3800080)

(45) 発行日 平成18年7月19日(2006.7.19)

(24) 登録日 平成18年5月12日(2006.5.12)

(51) Int. Cl.

F I

FO1N 3/08 (2006.01)	FO1N 3/08 B
BO1D 53/86 (2006.01)	BO1D 53/36 K
BO1D 53/94 (2006.01)	BO1D 53/36 IO1B
FO1N 3/20 (2006.01)	FO1N 3/20 E
FO1N 3/28 (2006.01)	FO1N 3/28 SO1C

請求項の数 1 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-366330 (P2001-366330)  
 (22) 出願日 平成13年11月30日(2001.11.30)  
 (65) 公開番号 特開2003-166415 (P2003-166415A)  
 (43) 公開日 平成15年6月13日(2003.6.13)  
 審査請求日 平成16年8月26日(2004.8.26)

(73) 特許権者 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 100089244  
 弁理士 遠山 勉  
 (74) 代理人 100090516  
 弁理士 松倉 秀実  
 (74) 代理人 100098268  
 弁理士 永田 豊  
 (74) 代理人 100100549  
 弁理士 川口 嘉之  
 (72) 発明者 大坪 康彦  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

希薄燃焼可能な内燃機関の排気通路に設けられ、流入する排気ガスの空燃比がリーンのときにNOxを吸蔵し、流入する排気ガスの空燃比がリッチのときに吸蔵したNOxを放出しN<sub>2</sub>に還元する吸蔵還元型NOx触媒と、前記吸蔵還元型NOx触媒に還元剤を供給する還元剤供給手段と、前記吸蔵還元型NOx触媒からSOxを放出させるSOx被毒回復処理を実行する時期か否かを判定する被毒回復実行時期判定手段と、前記被毒回復実行時期判定手段により実行時期であると判定されたときに、前記吸蔵還元型NOx触媒を昇温させると共に、該吸蔵還元型NOx触媒に堆積しているSOxを放出させ、該吸蔵還元型NOx触媒をSOx被毒から回復させるように、前記還元剤供給手段から断続的に供給される還元剤量を制御する還元剤量制御手段と、を備え、

10

前記還元剤量制御手段は、還元剤を供給する供給期間および還元剤の供給を休止する休止期間を調整することで還元剤量を制御するものであって、供給期間および休止期間は前記吸蔵還元型NOx触媒の昇温が適正な範囲に保持されるように前記還元剤供給に対する前記吸蔵還元型NOx触媒の温度の応答遅れに基づいて設定されることを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の排気に含まれる有害成分や微粒子等を浄化する排気浄化装置に関し

20

、とくに、 $\text{NO}_x$ の還元反応を促進する触媒を当該機関の排気系に備えた内燃機関の排気浄化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えばディーゼルエンジンのように、広い運転領域において高い空燃比（リーン雰囲気）の混合気を燃焼に供して機関運転を行う内燃機関（希薄燃焼可能な内燃機関）では、一般に、排気中の窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）を浄化する機能を備えた $\text{NO}_x$ 触媒がその排気通路に備えられる。 $\text{NO}_x$ 触媒としては、例えば多孔質セラミックのハニカム構造体（担体）に、酸素の存在下で $\text{NO}_x$ を吸収する能力を有する $\text{NO}_x$ 吸蔵剤と、炭化水素（ $\text{HC}$ ）を酸化させる能力を有する貴金属触媒（貴金属）とを併せて担持したものが採用される。

10

【0003】

$\text{NO}_x$ 触媒は、排気中の酸素濃度（排気空燃比）が高い状態（リーンな状態）では $\text{NO}_x$ を吸収し、排気中の酸素濃度が低い状態では $\text{NO}_x$ を放出する特性を有する。また、排気中に $\text{NO}_x$ が放出されたとき、排気中に $\text{HC}$ や $\text{CO}$ 等が存在していれば、貴金属触媒がこれら $\text{HC}$ や $\text{CO}$ の酸化反応を促すことで、 $\text{NO}_x$ を酸化成分、 $\text{HC}$ や $\text{CO}$ を還元成分とする酸化還元反応が両者間で起こる。すなわち、 $\text{HC}$ や $\text{CO}$ は $\text{CO}_2$ や $\text{H}_2\text{O}$ に酸化され、 $\text{NO}_x$ は $\text{N}_2$ に還元される。

【0004】

ところで、 $\text{NO}_x$ 触媒は排気中の酸素濃度が高い状態にあるときでも所定の限界量の $\text{NO}_x$ を吸収すると、それ以上 $\text{NO}_x$ を吸収しなくなる。そこで、このような $\text{NO}_x$ 触媒を排気通路に備えた内燃機関では、同 $\text{NO}_x$ 触媒の $\text{NO}_x$ 吸収量が限界量に達する前に、排気通路の $\text{NO}_x$ 触媒上流に軽油等の還元剤を供給することで、 $\text{NO}_x$ 触媒に吸収された $\text{NO}_x$ を放出および還元浄化し、 $\text{NO}_x$ 触媒の $\text{NO}_x$ 吸収能力を回復させるといった制御（再生制御）を所定のインターバルで繰り返すのが一般的である。

20

【0005】

ところが、内燃機関の燃料には硫黄成分が含まれているのが通常であり、排気中には $\text{NO}_x$ の他、このような燃料中の硫黄成分を起源とする硫酸化物（ $\text{SO}_x$ ）も存在する。排気中に存在する $\text{SO}_x$ は、 $\text{NO}_x$ に比べてより高い効率で $\text{NO}_x$ 触媒に吸収され、しかも、同触媒に吸蔵されている $\text{NO}_x$ を放出するために十分な条件下（排気中の酸素濃度が所定値を下回る条件下）にあっても当該触媒から容易には放出されない。このため、機関運転の継続に伴い、排気中の $\text{SO}_x$ が徐々に $\text{NO}_x$ 触媒に堆積していくS被毒が生じることとなる。

30

【0006】

S被毒を防止或いは抑制するための方策として、 $\text{NO}_x$ 触媒の温度を上昇させ（例えば600以上）、排気空燃比を理論空燃比（ストイキ）、若しくはストイキより少し濃いリッチ程度にする制御（以下、S被毒回復制御という）が知られている（例えば特開2001-227333号公報）。S被毒回復制御を実施することにより、ストイキ、若しくはストイキより少し濃いリッチ程度に調整された排気中の還元成分が、当該触媒に堆積した $\text{SO}_x$ を高温条件下で分解・除去するようになる。

【0007】

ところで、 $\text{NO}_x$ 触媒に堆積した微粒子や $\text{SO}_x$ の分解・除去を効率的に行うためには、（1） $\text{NO}_x$ 触媒の床温が所定値（例えば600）を上回っていること、（2） $\text{NO}_x$ 触媒に多量の還元成分が供給されること、といった2つの条件を満たす必要がある。このため、S被毒回復制御の実施に際しては、予め何らかの方法で $\text{NO}_x$ 触媒の床温を所定値（例えば600程度）以上にまで上昇させた上で、多量の還元成分を $\text{NO}_x$ 触媒上流の排気中に供給するといった制御手順を採用するのが一般的である。

40

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、排気中の還元成分が $\text{NO}_x$ 触媒に堆積した $\text{SO}_x$ 等を分解する際にも、還元成分の反応熱によって同触媒は加熱され続けるため、その床温が過度に上昇してしまう懸念

50

がある。

【0009】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、内燃機関の排気系において、 $\text{NO}_x$ 触媒に堆積した $\text{SO}_x$ 等を分解及び除去する制御を実施するにあたり、同触媒の過熱を好適に防止することのできる内燃機関の排気浄化装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、希薄燃焼可能な内燃機関の排気通路に設けられ、流入する排気ガスの空燃比がリーンの際に $\text{NO}_x$ を吸蔵し、流入する排気ガスの空燃比がリッチの際に吸蔵した $\text{NO}_x$ を放出し $\text{N}_2$ に還元する吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒と、前記吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒に還元剤を供給する還元剤供給手段と、前記吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒から $\text{SO}_x$ を放出させる $\text{SO}_x$ 被毒回復処理を実行する時期か否かを判定する被毒回復実行時期判定手段と、前記被毒回復実行時期判定手段により実行時期であると判定されたときに、前記吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒を昇温させると共に、該吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒に堆積している $\text{SO}_x$ を放出させ、該吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒を $\text{SO}_x$ 被毒から回復させるように、前記還元剤供給手段から断続的に供給される還元剤量を制御する還元剤量制御手段と、を備えることを要旨とする。

10

【0011】

なお、このような構成を有する本発明の排気浄化装置は、前記吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒を昇温させる前提として、当該触媒の温度が所定値を上回る条件を提供する昇温手段をさらに備えるのが好ましい。ここで、前記還元剤供給手段が前記昇温手段としての機能を兼ね備える構成を適用しても構わない。

20

【0012】

例えば、前記吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒の温度が所定値を上回る条件下で、当該触媒に流入する排気中に還元成分を連続的に供給すれば、当該機関の運転に伴い前記触媒に徐々に堆積する $\text{SO}_x$ が分解・除去され、当該触媒による排気浄化機能を再生することが可能となるが、このような還元剤の連続的な供給は、前記触媒の過熱を招来しやすい。ここで、吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒の温度の挙動は、基本的には当該触媒の熱収支と、当該触媒の物理的或いは化学的な特性とによって決定づけられるが、前記還元成分供給手段による還元剤の供給動作が前記触媒の温度に影響を及ぼすまでには応答遅れが存在する。

30

【0013】

上記構成によれば、前記還元剤を断続的に供給することで、前記還元剤の供給動作から所定の応答遅れをもって対応するように変動する当該触媒の熱収支を調整し、例えばオーバシュートによる過熱を事前に防止することで、当該触媒の温度を最適範囲に保持することが容易となる。なお、断続的な供給とは、 $\text{SO}_x$ を放出するために還元剤を連続して供給し続けなくて、触媒温度が、加熱によって当該触媒が劣化しない程度の温度以下になるように、還元剤の供給を途中で中止し、その後、前述の内容を繰り返すようにすることであり、複数回の噴射によって1回の還元剤供給量を賄うことを意味するものではない。

【0014】

また、前記還元剤供給に対する前記吸蔵還元型 $\text{NO}_x$ 触媒の温度の応答遅れに基づいて、前記還元剤供給手段から供給される還元剤量を補正する還元剤量補正手段を備えるのがよい。

40

【0015】

また、前記還元剤量補正手段は、例えば前記還元剤供給手段から還元剤が供給される時間の調整を通じて、前記供給される還元剤量を補正することとしてもよい。この場合、例えば、前記還元剤の供給（入力）に対する前記 $\text{NO}_x$ 触媒の温度（制御対象）の時定数を予め記憶しておくか、或いは適宜演算・学習し、この時定数に基づいて前記時間を調整（補正）することとしてもよい。

【0016】

50

所定時刻において把握された前記触媒の温度に基づき、同時刻における前記還元成分供給手段の動作を制御したとしても、前記還元成分供給手段の動作が前記触媒の温度に反映されるのは所定時間を経た後になる。すなわち、このような制御方法を通じ、前記触媒の温度を所望の範囲に保持するためには、さらなる制御性の向上が望ましい。

**【0017】**

上記構成によれば、前記還元剤供給動作に対する前記触媒の熱収支（温度）の応答遅れが、前記触媒の温度制御に高い精度で反映させるようになる。よって、当該触媒に堆積したSOx等の除去（SOx被毒回復）を効率的に行いつつ、当該触媒の過熱を一層確実に防止することができるようになる。従って、NOx触媒による安定した排気浄化機能が長期に亘って保証されるようになる。

10

**【0018】****【発明の実施の形態】****（第1の実施形態）**

以下、本発明にかかる内燃機関の排気浄化装置を、ディーゼルエンジンシステムに適用した第1の実施の形態について説明する。

**【0019】****〔エンジンシステムの構造及び機能〕**

図1において、内燃機関（以下、エンジンという）1は、燃料供給系10、燃焼室20、吸気系30及び排気系40等を主要部として構成される直列4気筒のディーゼルエンジンシステムである。

20

**【0020】**

先ず、燃料供給系10は、サプライポンプ11、コモンレール12、燃料噴射弁13、遮断弁14、調量弁16、還元剤添加弁17、機関燃料通路P1及び添加燃料通路P2等を備えて構成される。

**【0021】**

サプライポンプ11は、燃料タンク（図示略）から汲み上げた燃料を高圧にし、機関燃料通路P1を介してコモンレール12に供給する。コモンレール12は、サプライポンプ11から供給された高圧燃料を所定圧力に保持（蓄圧）する蓄圧室としての機能を有し、この蓄圧した燃料を各燃料噴射弁13に分配する。燃料噴射弁13は、その内部に電磁ソレノイド（図示略）を備えた電磁弁であり、適宜開弁して燃焼室20内に燃料を噴射供給する。

30

**【0022】**

他方、サプライポンプ11は、燃料タンクから汲み上げた燃料の一部を添加燃料通路P2を介して還元剤添加弁17に供給する。添加燃料通路P2には、サプライポンプ11から還元剤添加弁17に向かって遮断弁14及び調量弁16が順次配設されている。遮断弁14は、緊急時において添加燃料通路P2を遮断し、燃料供給を停止する。調量弁16は、還元剤添加弁17に供給する燃料の圧力（燃圧）PGを制御する。還元剤添加弁17は、燃料噴射弁13と同じくその内部に電磁ソレノイド（図示略）を備えた電磁弁であり、還元剤として機能する燃料を、適宜の量、適宜のタイミングで排気系40の触媒ケーシング42上流に添加供給する。

40

**【0023】**

吸気系30は、各燃焼室20内に供給される吸入空気の通路（吸気通路）を形成する。一方、排気系40は、各燃焼室20から排出される排気ガスの通路（排気通路）を形成する。

**【0024】**

また、このエンジン1には、周知の過給機（ターボチャージャ）50が設けられている。ターボチャージャ50は、シャフト51を介して連結された回転体52、53を備える。一方の回転体（タービンホイール）52は排気系40内の排気に晒され、他方の回転体（コンプレッサホイール）53は、吸気系30内の吸気に晒される。このような構成を有するターボチャージャ50は、タービンホイール52が受ける排気流（排気圧）を利用して

50

コンプレッサホイール 53 を回転させ、吸気圧を高めるといったいわゆる過給を行う。

【0025】

吸気系 30 において、ターボチャージャ 50 に設けられたインタークーラ 31 は、過給によって昇温した吸入空気を強制冷却する。インタークーラ 31 よりもさらに下流に設けられたスロットル弁 32 は、その開度を無段階に調節することのできる電子制御式の開閉弁であり、所定の条件下において吸入空気の流路面積を変更し、同吸入空気の供給量（流量）を調整する機能を有する。

【0026】

また、エンジン 1 には、燃焼室 20 の上流（吸気系 30）及び下流（排気系 40）をバイパスする排気還流通路（EGR 通路）60 が形成されている。この EGR 通路 60 は、排気の一部を適宜吸気系 30 に戻す機能を有する。EGR 通路 60 には、電子制御によって無段階に開閉され、同通路を流れる排気（EGR ガス）の流量を自在に調整することができる EGR 弁 61 と、EGR 通路 60 を通過（還流）する排気を冷却するための EGR クーラ 62 が設けられている。

10

【0027】

また、排気系 40 において、同排気系 40 及び EGR 通路 60 の連絡部位の下流には、吸蔵還元型 NOx 触媒（以下、単に NOx 触媒という）を収容した触媒ケーシング 42 が設けられている。

【0028】

また、エンジン 1 の各部位には、各種センサが取り付けられており、当該部位の環境条件や、エンジン 1 の運転状態に関する信号を出力する。

20

【0029】

すなわち、レール圧センサ 70 は、コモンレール 12 内に蓄えられている燃料の圧力に応じた検出信号を出力する。燃圧センサ 71 は、添加燃料通路 P2 内を流通する燃料のうち、調量弁 16 を介して還元剤添加弁 17 に導入される燃料の圧力（燃圧）PG に応じた検出信号を出力する。エアフロメータ 72 は、吸気系 30 内に導入される空気（吸入空気）の流量（吸気量）GN に応じた検出信号を出力する。空燃比（A/F）センサ 73 は、排気系 40 の触媒ケーシング 42 上流において排気中の酸素濃度に応じて連続的に変化する検出信号を出力する。排気温度センサ 74 は、排気系 40 において触媒ケーシング 42 の排気流入部位に取り付けられ、当該部位における排気の温度（排気温度）TEX に応じた検出信号を出力する。NOx センサ 75 は、同じく排気系 40 の触媒ケーシング 42 下流において排気中の NOx 濃度に応じて連続的に変化する検出信号を出力する。

30

【0030】

また、アクセルポジションセンサ 76 はエンジン 1 のアクセルペダル（図示略）に取り付けられ、同ペダルの踏み込み量 ACC に応じた検出信号を出力する。クランク角センサ 77 は、エンジン 1 の出力軸（クランクシャフト）が一定角度回転する毎に検出信号（パルス）を出力する。これら各センサ 70 ~ 77 は、電子制御装置（ECU）90 と電氣的に接続されている。

【0031】

ECU 90 は、中央処理装置（CPU）91、読み出し専用メモリ（ROM）92、ランダムアクセスメモリ（RAM）93 及びバックアップ RAM 94、タイマーカウンタ 95 等を備え、これら各部 91 ~ 95 と、A/D 変換器を含む外部入力回路 96 と、外部出力回路 97 とが双方向性バス 98 により接続されて構成される論理演算回路を備える。

40

【0032】

このように構成された ECU 90 は、上記各種センサの検出信号を外部入力回路を介して入力し、これら信号に基づき燃料噴射弁 13 の開閉弁動作に関する制御や、EGR 弁 61 の開度調整、或いはスロットル弁 32 の開度調整等、エンジン 1 の運転状態に関する各種制御を実施する。

【0033】

〔触媒ケーシングの構造及び機能〕

50

次に、以上説明したエンジン 1 の構成要素のうち、排気系 40 に設けられた触媒ケーシング 42 について、その構造及び機能を詳しく説明する。

【0034】

触媒ケーシング 42 は、その内部に吸蔵還元型 NOx 触媒（以下、NOx 触媒という）を収容する。

【0035】

NOx 触媒は、例えばアルミナ ( $Al_2O_3$ ) を主材料とするハニカム形状の構造体（パティキュレートフィルタ）を担体とし、このパティキュレートフィルタ（担体）の表面に NOx 吸蔵剤として機能する例えばカリウム (K)、ナトリウム (Na)、リチウム (Li)、セシウム Cs のようなアルカリ金属、バリウム Ba、カルシウム Ca のようなアルカリ土類、ランタン (La)、或いはイットリウム (Y) のような希土類と、酸化触媒（貴金属触媒）として機能する例えば白金 Pt のような貴金属とが担持されることによって構成される。

10

【0036】

NOx 吸蔵剤は、排気中の酸素濃度（排気の空燃比）が高い状態（リーンな状態）では NOx を吸蔵し、排気中の酸素濃度が低い状態では NOx を放出する特性を有する。また、排気中に NOx が放出されたとき、排気中に HC や CO 等が存在していれば、貴金属触媒がこれら HC や CO の酸化反応を促すことで、NOx を酸化成分、HC や CO を還元成分とする酸化還元反応が両者間で起こる。すなわち、HC や CO は  $CO_2$  や  $H_2O$  に酸化され、NOx は  $N_2$  に還元される。

20

【0037】

一方、NOx 吸蔵剤は排気中の酸素濃度が高い状態にあるときでも所定の限界量の NOx を吸蔵すると、それ以上 NOx を吸蔵しなくなる。エンジン 1 では、触媒ケーシング 42 内に収容された NOx 触媒の NOx 吸蔵量が限界量に達する前に、還元剤添加弁 17 を通じて排気通路の触媒ケーシング 42 上流に還元剤（本実施の形態では燃料）を添加供給することで、NOx 触媒に吸蔵された NOx を放出および還元浄化し、NOx 触媒の NOx 吸蔵能力を回復させるといった制御を所定のインターバルで繰り返す。

【0038】

さらに、NOx 吸蔵剤や貴金属触媒の担体をなすパティキュレートフィルタは、排気中に含まれる煤等の微粒子や NOx 等の有害成分を、以下のメカニズムに基づいて浄化する。

30

【0039】

NOx 触媒が、その構成要素である NOx 吸蔵剤及び貴金属触媒の協働により、排気中の酸素濃度や還元分量に応じて NOx の吸蔵、放出及び浄化を繰り返し行うことは上述した通りである。その一方、NOx 触媒は、このような NOx の浄化を行う過程で副次的に活性酸素を生成する特性を有する。パティキュレートフィルタを排気が通過する際、その排気中に含まれる煤等の微粒子は構造体（多孔質材料）に捕捉される。ここで、NOx 触媒の生成する活性酸素は、酸化剤として極めて高い反応性（活性）を有しているため、捕捉された微粒子のうち NOx 触媒の表面や近傍に堆積した微粒子は、この活性酸素と（輝炎を発することなく）速やかに反応し、浄化されることになる。

【0040】

〔燃料噴射制御の概要〕

ECU 90 は、各種センサの検出信号から把握されるエンジン 1 の運転状態に基づき燃料噴射制御を実施する。本実施の形態において燃料噴射制御とは、各燃料噴射弁 13 を通じた各燃焼室 20 内への燃料噴射の実施に関し、燃料の噴射量 Q、噴射タイミング、噴射パターンといったパラメータを設定し、これら設定されたパラメータに基づいて個々の燃料噴射弁 13 の開閉弁操作を実行する一連の処理をいう。

40

【0041】

ECU 90 は、このような一連の処理を、エンジン 1 の運転中所定時間毎に繰り返し行う。燃料の噴射量 Q 及び噴射タイミングは、基本的にはアクセルペダルへの踏み込み量 ACC およびエンジン回転数 NE（クランク角センサのパルス信号に基づいて演算することが

50

できるパラメータ)に基づき、予め設定されたマップ(図示略)を参照して決定する。

#### 【0042】

また、燃料の噴射パターンの設定に関し、ECU90は、圧縮上死点近傍での燃料噴射を主噴射として各気筒について行うことで機関出力を得る他、主噴射に先立つ燃料噴射(以下、パイロット噴射という)や、主噴射に後続する燃料噴射(以下、ポスト噴射という)を、副噴射として適宜選択された時期、選択された気筒について行う。

#### 【0043】

##### 〔パイロット噴射〕

ディーゼルエンジンでは一般に、圧縮行程終期において、燃焼室内が燃料の自己着火を誘発する温度に達する。とくにエンジンの運転状態が中高負荷領域にある場合、燃焼に供される燃料が燃焼室内に一括して噴射供給されると、この燃料は騒音を伴い爆発的に燃焼する。パイロット噴射を実行することにより、主噴射に先立って供給された燃料が熱源(或いは種火)となり、その熱源が燃焼室内で徐々に拡大して燃焼に至るようになるため、燃焼室内における燃料の燃焼状態が比較的緩慢となり、しかも着火遅れ時間が短縮されるようになる。このため、機関運転に伴う騒音が軽減され、さらには排気中のNOx量も低減される。

10

#### 【0044】

##### 〔ポスト噴射〕

ポスト噴射によって燃焼室20内に供給される燃料は、燃焼ガス中で軽質なHCに改質され、排気系40に排出される。すなわち、還元剤として機能する軽質なHCが、ポスト噴射を通じて排気系40に添加され、排気中の還元成分濃度を高めることとなる。排気系40に添加された還元成分は、触媒ケーシング42内のNOx触媒を介し、同NOx触媒から放出されるNOxや、排気中に含まれるその他の酸化成分と反応する。このとき発生する反応熱は、NOx触媒の床温を上昇させる。

20

#### 【0045】

##### 〔EGR制御の概要〕

ECU90は、各種センサの検出信号から把握されるエンジン1の運転状態に基づきEGR制御を実施する。本実施の形態においてEGR制御とは、EGR通路に設けられた電子制御式の開閉弁(EGR弁)61を操作して、EGR通路を通過するガスの流量、言い換えれば排気系40から吸気系30に還流される排気の流量調整を行う処理をいう。

30

#### 【0046】

目標となるEGR弁61の開弁量(以下、目標開弁量)は、基本的にはエンジン1の負荷や回転数等の運転状態に基づき、予め設定されたマップ(図示略)を参照して決定される。ECU90は、この目標開弁量をエンジン1の運転中所定時間毎に更新し、逐次、EGR弁61の実際の開弁量が更新された目標開弁量に合致するよう同EGR弁61の駆動回路に指令信号を出力する。

#### 【0047】

##### 〔EGR制御に基づく低温燃焼〕

こうした一連の処理により排気の一部が吸気系30に還流されると、その還流量に応じ機関燃焼に供される混合気中の不活性ガス成分が増量することになる。この結果、所定条件下において、排気中のNOx量が低減される他、スモークがほとんど発生しなくなる。

40

#### 【0048】

低温燃焼の実施に伴い排気中の未燃HC(還元成分)が増量することになるため、結果として、還元剤として機能する軽質なHCが排気系40に添加され排気中の還元成分濃度を高めることとなる。

#### 【0049】

##### 〔燃料添加制御〕

還元剤添加弁17を通じ、燃料(還元剤)を排気系40に直接添加することによっても、ポスト噴射と同様、排気中の還元成分濃度を高め、結果としてNOx触媒の床温を上昇させることができる。還元剤添加弁17によって添加された燃料は、ポスト噴射によるもの

50

に比べ、排気中においてより高分子の状態を保持しつつ不均一に分布する傾向がある。また、還元剤添加弁17による燃料添加では、一度に添加することのできる燃料量や添加タイミングの自由度が、ポスト噴射による場合よりも大きい。

#### 【0050】

##### 〔S被毒回復制御の概要〕

上記パイロット噴射、ポスト噴射、低温燃焼および燃料添加制御は、共通して排気中の還元成分を増量するように作用するため、何れかの制御を所定のインターバルで繰り返し実施することにより、NO<sub>x</sub>触媒に吸収されたNO<sub>x</sub>を放出および還元浄化し、NO<sub>x</sub>触媒のNO<sub>x</sub>吸収能力を回復させることができる。

#### 【0051】

また、ECU90は、エンジン1の機関運転の継続に伴いNO<sub>x</sub>触媒に徐々に堆積するSO<sub>x</sub>等を除去するために、NO<sub>x</sub>触媒を所定温度（例えば600程度）以上にまで昇温させた上で当該触媒に多量の還元成分を供給する制御（以下、S被毒回復制御）を実施する。S被毒回復制御を実施することにより、NO<sub>x</sub>触媒に供給された多量の還元成分が、当該触媒に堆積したSO<sub>x</sub>を高温条件下で分解・除去するようになる。ここでECU90は、S被毒回復制御の一環として、NO<sub>x</sub>触媒を所定温度にまで昇温するために上記パイロット噴射、ポスト噴射、低温燃焼および燃料添加制御の何れかを実施する。その上で、例えばNO<sub>x</sub>触媒に吸収されたNO<sub>x</sub>の放出および還元浄化に要する量よりも多量の燃料（還元成分）を、還元剤添加弁17を通じて排気系のNO<sub>x</sub>触媒上流に供給する制御（以下、還元成分供給制御という）を実施する。

#### 【0052】

ところで、上述したように、S被毒回復制御では、NO<sub>x</sub>触媒の床温を600以上に保持するといった条件を成立させた上で、排気系内におけるNO<sub>x</sub>触媒上流へ多量の還元成分を供給することになる。ところが、排気系内に供給された多量の還元成分は、高温条件下においてNO<sub>x</sub>触媒に堆積したSO<sub>x</sub>等を分解する機能を発揮する一方、NO<sub>x</sub>触媒の温度をさらに上昇させる特性を有する。このため、通常の運転条件下において、多量の還元成分を排気系のNO<sub>x</sub>触媒上流に継続して供給した場合、NO<sub>x</sub>触媒が過熱してしまう懸念がある。

#### 【0053】

そこでエンジン1では、還元成分供給制御を開始した後、還元剤添加弁17を通じた燃料の供給及び停止を適宜のタイミングで繰り返すことにより、NO<sub>x</sub>触媒に堆積したSO<sub>x</sub>を効率的に放出させつつNO<sub>x</sub>触媒の過熱を防止する。

#### 【0054】

図2には、本実施の形態におけるS被毒回復制御の実施中であって、とくに「NO<sub>x</sub>触媒の床温が600以上に保持されている」といった条件が成立した後に観測される還元剤添加弁17への開弁指令信号（図2(a)）、NO<sub>x</sub>触媒上流における排気の酸素濃度（図2(b)）、NO<sub>x</sub>触媒から放出されるSO<sub>x</sub>の放出量（図2(c)）、およびNO<sub>x</sub>触媒の床温（図2(d)）の推移を同一時間軸上に示すタイムチャートの一例である。なお、図2(b)に示す酸素濃度の基準値C0は、理論空燃比の混合ガスを燃焼した結果発生する排気の酸素濃度に相当する。ちなみに、排気中の酸素濃度が高くなるということは排気中の還元成分濃度が低くなることを意味し、排気中の酸素濃度が低くなるということは排気中の還元成分濃度が高くなることを意味する（図2(b)参照）。また、図2(d)において、温度T1は、NO<sub>x</sub>触媒から効率的にSO<sub>x</sub>を放出させることができる下限温度（本実施の形態では600）に相当し、温度T2は、過熱によってNO<sub>x</sub>触媒の機能が損なわれる虞のない上限温度に相当する。

#### 【0055】

先ず、図2(a)に示すように、NO<sub>x</sub>触媒に堆積したSO<sub>x</sub>を放出すべきとの要求があり、且つ、NO<sub>x</sub>触媒の床温が600以上に保持されているといった条件が満たされた場合に、ECU90は還元剤添加弁17を開弁させるための指令信号（以下、開弁指令信号という）を出力し、同弁17を通じた排気系40への燃料添加を開始する（時刻t1）

10

20

30

40

50



。

## 【 0 0 5 6 】

燃料添加の実施にあたり ECU90 は、先ず所定期間（以下、供給期間という） $t_1$  に亘って断続的に開弁指令信号を出力することで、還元剤添加弁 17 を通じて霧状の燃料を断続的に噴射供給する。その後 ECU90 は、NOx 触媒の過熱を抑制すべく開弁指令信号の出力を休止し（時刻  $t_2$ ）、所定時間（以下、休止期間という） $t_2$  を経た後、燃料の噴射供給を再開する。S 被毒回復制御（還元成分供給制御）が開始されると、基本的には NOx 触媒に堆積した SOx 等が放出されて当該触媒の機能が十分に回復するまで、このような態様で燃料の供給及び休止が繰り返される。

## 【 0 0 5 7 】

ここで、還元剤添加弁 17 を通じた燃料供給の開始（時刻  $t_1$ ）に伴って排気中の酸素濃度は低くなり、基準値  $C_0$  を下回るようになる（図 2（b））。また、還元剤添加弁 17 の開弁動作およびこれに伴う酸素濃度の低下に略同期して、NOx 触媒から放出される SOx の量が増大する。また同様に、還元剤添加弁 17 による燃料供給の休止（時刻  $t_1$ ）に伴って排気中の酸素濃度は高くなり、基準値  $C_0$  を上回るようになる（図 2（b））。また、還元剤添加弁 17 の開弁動作およびこれに伴う酸素濃度の上昇にほぼ同期して、NOx 触媒から放出される SOx の量は低下する（図 2（c））。このように、排気中の酸素濃度や NOx 触媒からの SOx 放出量は、還元剤添加弁 17 の開閉弁動作に概ね同期して変動する。

## 【 0 0 5 8 】

一方、NOx 触媒の床温は、還元剤添加弁 17 を通じた燃料供給が開始されることに起因して上昇し、同弁 17 による燃料供給が休止されることに起因して下降するが、その応答性や追従性は、排気中の酸素濃度や NOx 触媒からの SOx 放出量の挙動に比べ著しく低い。還元剤添加弁 17 の開閉弁動作に対する NOx 触媒床温の応答性や追従性は、NOx 触媒の物理的・化学的な特性（例えば熱容量）や、当該触媒に流入する排気の特長（例えば温度や流量等）といったパラメータによって決定づけられる。

## 【 0 0 5 9 】

そこで、本実施の形態における S 被毒回復制御では、NOx 触媒の物理的・化学的な特性や、当該制御の実行時における排気の特長に基づいて、還元剤添加弁 17 の開閉弁動作に対する NOx 触媒床温の応答性や追従性を加味した最適な供給期間  $t_1$  や休止期間  $t_2$  を設定する。このような制御構造を構築することで、NOx 触媒に堆積した SOx の放出を効率的に行いつつ、当該触媒の昇温を適正な範囲 R（図 2（d）参照）に保持することができる。

## 【 0 0 6 0 】

〔 S 被毒回復制御の具体的な実行手順 〕

以下、本実施の形態にかかる S 被毒（SOx 被毒）回復制御について、ECU90 による具体的な処理内容を説明する。なお、S 被毒回復制御には、NOx 触媒を所定温度まで昇温するための制御（以下、昇温制御という）と、当該昇温制御に基づいて NOx 触媒が所定温度を上回るようになった条件下で NOx 触媒に多量の還元成分を供給する制御（以下、還元成分供給制御という）とが含まれる。すなわち ECU90 は、S 被毒回復制御の一環として、昇温制御及び還元成分供給制御を併せて実行することになる。

## 【 0 0 6 1 】

図 3 は、昇温制御の実行手順（ルーチン）を示すフローチャートである。本ルーチンは、エンジン 1 の運転中 ECU90 を通じて所定時間毎に実行される。

## 【 0 0 6 2 】

本ルーチンに処理が移行すると、ECU90 は先ずステップ S101 において、SOx 被毒回復制御の実行要求があるか否か、言い換えれば、NOx 触媒に対する S 被毒が進行しているか否かを判断する。例えば、前回の S 被毒回復制御を実施した後所定時間が経過した場合、或いは NOx センサ 75 の検出信号の履歴から判断して NOx 触媒による NOx の浄化機能が低下していると認識される場合、ECU90 は、NOx 触媒への多量の還元

10

20

30

40

50

成分の供給に先立ち、当該触媒を昇温させる要求があると判断する。

【 0 0 6 3 】

上記ステップ S 1 0 1 での判断が否定である場合、E C U 9 0 は本ルーチンを一旦抜ける。一方、同ステップ S 1 0 1 での判断が肯定である場合、E C U 9 0 はステップ S 1 0 2 に処理を移行し、N O x 触媒を所定温度（例えば 6 0 0 ）以上にまで昇温させ、その状態を保持する処理を行う。すなわち、上記パイロット噴射、ポスト噴射、低温燃焼および燃料添加制御の何れかを実施することにより、N O x 触媒の床温を 6 0 0 以上に上昇させる（若しくはこの状態に保持する）。同ステップ S 1 0 2 を経た後、E C U 9 0 は本ルーチンを一旦抜ける。

【 0 0 6 4 】

図 4 は、S 被毒回復制御の一環として、昇温制御と併せて実施される還元成分供給制御の実行手順（ルーチン）を示すフローチャートである。本ルーチンもまた、エンジン 1 の運転中 E C U 9 0 を通じて所定時間毎に実行される。

【 0 0 6 5 】

本ルーチンに処理が移行すると、E C U 9 0 は先ずステップ S 2 0 1 において、S 被毒回復制御の実行要求があるか否かを判断する。そして、その判断が肯定である場合には処理をステップ S 2 0 2 に移行する一方、その判断が否定である場合には本ルーチンを一旦抜ける。ステップ S 2 0 1 での判断が肯定である場合、N O x 触媒の床温は昇温制御を通じて上昇しつつあるか、6 0 0 以上である状態を保持していることになる。

【 0 0 6 6 】

そこで E C U 9 0 は、同ステップ S 2 0 1 での判断が肯定である場合には、ステップ S 2 0 2 において、N O x 触媒の床温が 6 0 0 以上に達しているか否かを判断する。N O x 触媒の床温は、例えば排気温度 T E X の履歴に基づいて推定すればよい。同ステップ S 2 0 2 での判断が肯定である場合、E C U 9 0 は処理をステップ S 2 0 3 に移行し、その判断が否定である場合には本ルーチンを一旦抜ける。

【 0 0 6 7 】

ステップ S 2 0 3 において E C U 9 0 は、現在の排気温度 T E X を認識する。

【 0 0 6 8 】

ステップ S 2 0 4 において E C U 9 0 は、排気温度 T E X と N O x 触媒の床温（推定値）とに基づき、図示しないマップを参照して供給期間  $t_1$  を設定する（図 2（a）参照）。そして、今回設定された供給期間  $t_1$  に亘り、還元剤添加弁 1 7 を通じた排気系 4 0 への燃料供給を実行する（ステップ S 2 0 5）。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 2 0 6 においては、N O x 触媒に堆積した S O x の放出が完了したか否かを確認する。ここで、S O x の放出が完了していないと判断した場合には、ステップ S 2 0 7 において所定の休止期間  $t_2$  を設定し、当該期間  $t_2$  を経た後（ステップ S 2 0 8）、次のルーチンにおいて新たに供給期間  $t_1$  を設定した上で、再度の燃料供給を実施することになる。

【 0 0 7 0 】

一方、上記ステップ S 2 0 6 において S O x の放出が完了したものと判断した場合には、今回の S 被毒回復制御は完了したものと認識した上で（この認識は、次のルーチンにおいて、ステップ S 2 0 1 の判断に反映される）、本ルーチンを一旦抜ける。

【 0 0 7 1 】

このような制御構造を適用して S 被毒回復制御を実施するエンジン 1 では、N O x 触媒の温度が所定値（例えば 6 0 0 ）を上回る条件下で、N O x 触媒に流入する排気中に還元成分を連続的に供給することにより、当該エンジン 1 の運転に伴い前記 N O x 触媒に徐々に堆積する S O x を効率的に分解・除去し、当該 N O x 触媒による排気浄化機能を再生する。

【 0 0 7 2 】

ここで、還元成分の連続的な供給は N O x 触媒の過熱を招来しやすい。ここで、前記 N O

10

20

30

40

50

×触媒の温度の挙動は、基本的には前記NO×触媒の熱収支と当該触媒の物理的或いは化学的な特性とによって決定づけられるが、前記還元成分供給手段による還元成分の供給動作が前記NO×触媒の温度に影響を及ぼすまでには応答遅れが存在する。このため、所定時刻において把握された前記NO×触媒の温度に基づき、同時刻における前記還元成分供給手段の動作を制御したとしても、前記還元成分供給手段の動作が前記NO×触媒の温度に反映されるのは所定時間を経た後になる。すなわち、このような制御方法を通じて前記NO×触媒の温度を所望の範囲に保持することは極めて難しい。

**【0073】**

この点、本実施の形態にかかる制御構造によれば、NO×触媒の温度制御にそのような応答遅れを反映させることで、NO×触媒に堆積したSO×等の除去を効率的に行いつつ、  
10

**【0074】**

よって、過熱によるNO×触媒の機能喪失が確実に防止されるため、NO×触媒の機能が長期に亘って持続するようになる。

**【0075】**

なお、本実施の形態では、還元成分供給制御において、NO×触媒に流入する排気中に還元成分を連続的に供給する方法として、還元剤添加弁17を通じて排気系40に燃料を添加する方法を採用することとした。これに限らず、ポスト噴射等を実行を通じてNO×触媒に流入する排気中に還元成分を連続的に供給することもできる。

**【0076】**

〔他の実施の形態〕

上記実施の形態では、還元成分供給制御に実施にあたり、還元剤添加弁17を通じた燃料供給の開始時刻（例えば図2中の時刻t1）に供給期間 t1を設定するとともに、燃料供給の終了時刻に休止期間（例えば図2中の時刻t2）に休止期間 t2を設定することとした。このような制御構造を適用する一方で、燃料供給の実施中（供給期間 t1中）、エンジン1の運転状態に関するパラメータを参照しつつ当初設定した供給期間 t1を適宜延長或いは短縮するような制御ロジックや、燃料供給の休止中（休止期間 t2中）、エンジン1の運転状態に関するパラメータを参照しつつ当初設定した休止期間 t2を適宜延長或いは短縮するような制御ロジックを付加してもよい。  
20

**【0077】**

例えば図5には、還元成分供給制御の実施にあたり、燃料供給の実施中（供給期間 t1中）に当該供給期間 t1、或いは燃料供給の休止中（休止期間 t2中）に当初設定した各期間 t1, t2を伸縮するために適用し得る制御ルーチンの一例を示す。  
30

**【0078】**

本ルーチンは、先述した還元成分供給制御の実行手順（図4）に替え、エンジン1の運転中ECU90を通じて所定時間毎に実行される。

**【0079】**

同ルーチンに処理が移行すると、ECU90は先ずステップS301において、SO×被毒回復制御の実行要求があるか否かを判断する。そして、その判断が肯定である場合には処理をステップS302に移行する一方、その判断が否定である場合には本ルーチンを一旦抜ける。ステップS301での判断が肯定である場合、NO×触媒の床温は昇温制御を通じて上昇しつつあるか、600以上である状態を保持していることになる。  
40

**【0080】**

そこでECU90は、同ステップS301での判断が肯定である場合には、ステップS302において、NO×触媒の床温が600以上に達しているか否かを判断する。NO×触媒の床温は、例えば排気温度TEXの履歴に基づいて推定すればよい。同ステップS302での判断が肯定である場合、ECU90は処理をステップS303に移行し、その判断が否定である場合には本ルーチンを一旦抜ける。

**【0081】**

ステップS303においてECU90は、現在の制御プロセスの認識（供給期間 t1中  
50

であるのか休止期間  $t_2$  中であるのかについての認識、及び供給期間  $t_1$  又は休止期間  $t_2$  へ移行した後の経過時間の認識)を行う。例えば、供給期間  $t_1$  中であって当該期間  $t_1$  に移行後3秒が経過したところであるといった認識や、休止期間  $t_2$  中であって当該期間  $t_2$  に移行後5秒が経過したところであるといった認識がなされることになる。

【0082】

続くステップS304においては、供給期間  $t_1$  若しくは休止期間  $t_2$  の更新に必要な情報を取得する。NO<sub>x</sub>触媒の床温や排気温度TEXの変動等が、ここでいう各期間  $t_1$  ,  $t_2$  の更新に必要な情報に相当する。

【0083】

ステップS305においては、上記ステップS304で取得した情報に基づき、供給期間  $t_1$  若しくは休止期間  $t_2$  の設定又は更新を行う。

【0084】

最後にECU90は、上記ステップS305で設定又は更新した供給期間  $t_1$  若しくは休止期間  $t_2$  に基づき、還元剤添加弁17を通じた燃料供給の開始、実行継続、休止、又は休止継続、或いは還元成分供給制御の完了といった適宜の処理を行った後(ステップS306)、本ルーチンを一旦抜ける。

【0085】

このような制御構造を適用することで、上記実施の形態にかかる還元成分供給制御の緻密性をより高めることができるようになる。すなわち、NO<sub>x</sub>触媒の温度制御に還元剤添加弁17の系閉弁動作に対するNO<sub>x</sub>触媒床温の応答遅れを反映させることで、NO<sub>x</sub>触媒に堆積したSO<sub>x</sub>等の除去と、当該触媒の過熱防止とを確実にを行うといった効果を一層高めることができる。

【0086】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、還元剤の供給動作から所定の応答遅れをもって対応するように変動する吸蔵還元型NO<sub>x</sub>触媒の熱収支が調整され、当該触媒の温度を最適範囲に保持することが容易となる。

【0087】

また、前記還元剤供給動作に対する前記触媒の熱収支(温度)の応答遅れが、前記触媒の温度制御に高い精度で反映させるようになる。よって、当該触媒に堆積したSO<sub>x</sub>等の除去(SO<sub>x</sub>被毒回復)を効率的に行いつつ、当該触媒の過熱を一層確実に防止することができるようになる。従って、NO<sub>x</sub>触媒による安定した排気浄化機能が長期に亘って保証されるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態にかかるディーゼルエンジンシステムを示す概略構成図

【図2】 同実施の形態におけるS被毒回復制御の実施に伴いNO<sub>x</sub>触媒から放出されるSO<sub>x</sub>の量、およびNO<sub>x</sub>触媒の床温の推移を同一時間軸上に示すタイムチャートの一例

【図3】 同実施の形態における昇温制御の実行手順を示すフローチャート。

【図4】 同実施の形態における還元成分供給制御の実行手順を示すフローチャート。

【図5】 本発明の他の実施の形態において適用される還元成分供給制御の実行手順を示すフローチャート。

【符号の説明】

1 エンジン(内燃機関)

10 燃料供給系

11 サプライポンプ

12 コモンレール

13 燃料噴射弁

10

20

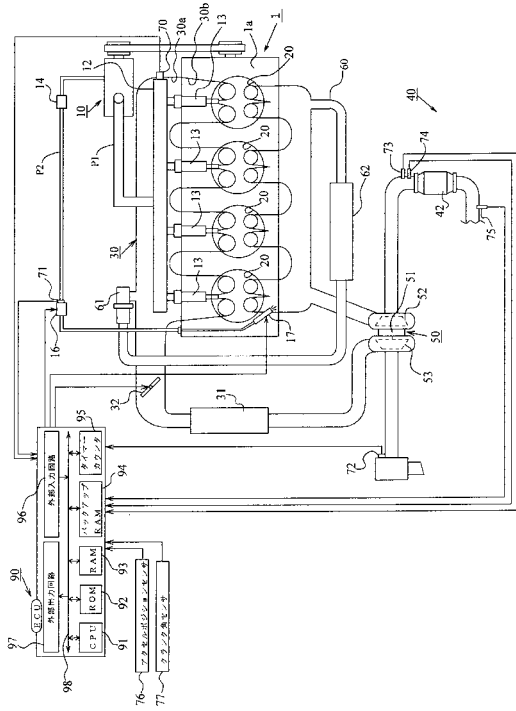
30

40

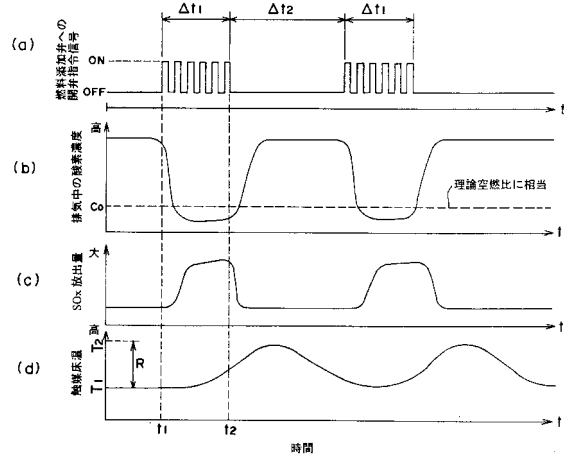
50

1 6	調量弁	
1 7	還元剤添加弁	
2 0	燃焼室	
3 0	吸気系	
3 1	インタークーラ	
3 2	スロットル弁	
4 0	排気系	
4 2	触媒ケーシング	
5 0	ターボチャージャ	
5 1	シャフト	10
5 2	タービンホイール	
5 3	コンプレッサホイール	
6 0	E G R 通路	
6 1	E G R 弁	
6 2	E G R クーラ	
7 0	レール圧センサ	
7 1	燃圧センサ	
7 2	エアフロメータ	
7 3	空燃比 ( A / F ) センサ	
7 4	排気温センサ	20
7 5	N O x センサ	
7 6	アクセルポジションセンサ	
7 7	クランク角センサ	
9 0	電子制御装置 ( E C U )	
9 1	中央処理装置 ( C P U )	
9 2	読み出し専用メモリ ( R O M )	
9 3	ランダムアクセスメモリ ( R A M )	
9 4	バックアップ R A M	
9 5	タイマーカウンタ	
9 6	外部入力回路	30
9 7	外部出力回路	
9 8	双方向性バス	
P 1	機関燃料通路	
P 2	添加燃料通路	

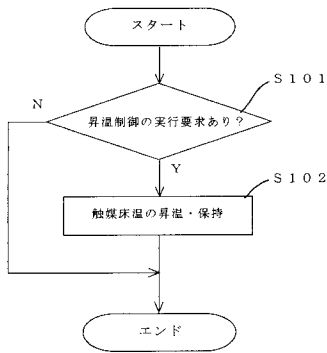
【図1】



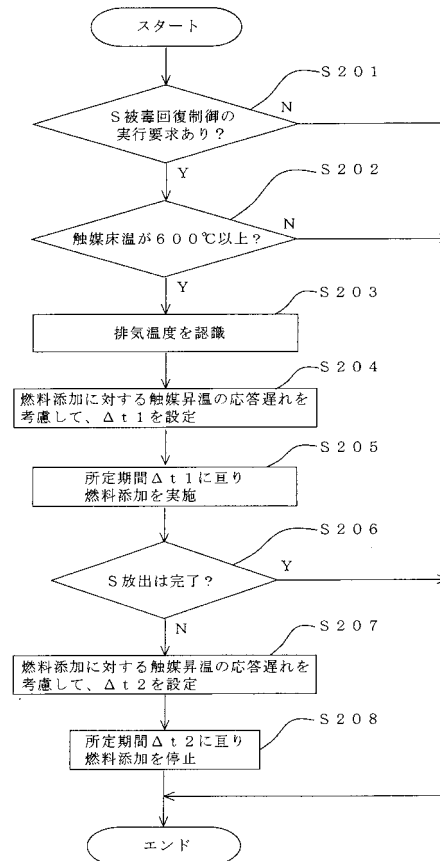
【図2】



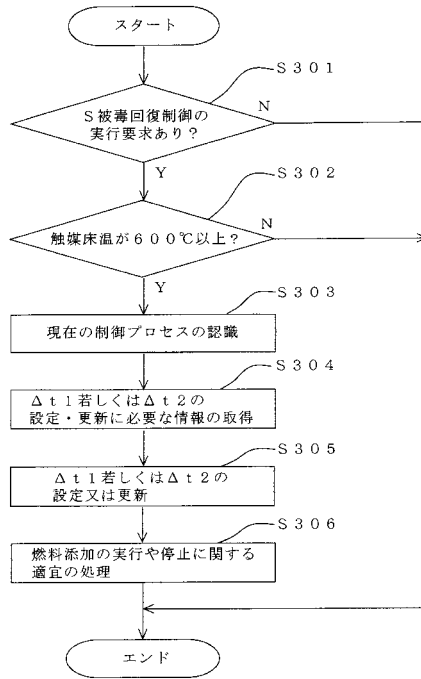
【図3】



【図4】



【 図 5 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
F 0 2 D 45/00 (2006.01) F 0 2 D 45/00 3 1 4 Z

- (72)発明者 松岡 広樹  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 杉山 辰優  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 青山 太郎  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 伊藤 丈和  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 田原 淳  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 亀田 貴志

- (56)参考文献 特開2000-337129(JP,A)  
特開2001-227333(JP,A)  
特開2001-020726(JP,A)  
特開2000-153132(JP,A)  
特開2001-303934(JP,A)  
国際公開第99/53176(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F01N 3/08 - 3/36  
F02D 45/00  
B01D 53/86  
B01D 53/94