

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3621809号

(P3621809)

(45) 発行日 平成17年2月16日(2005.2.16)

(24) 登録日 平成16年11月26日(2004.11.26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

F O 1 K 23/02

F O 1 K 23/02

A

F O 1 K 17/04

F O 1 K 17/04

Z

F O 2 C 3/30

F O 2 C 3/30

C

F O 2 C 6/18

F O 2 C 6/18

A

請求項の数 1 (全 8 頁)

|           |                       |           |                     |
|-----------|-----------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願平9-171917           | (73) 特許権者 | 000006208           |
| (22) 出願日  | 平成9年6月27日(1997.6.27)  |           | 三菱重工業株式会社           |
| (65) 公開番号 | 特開平11-13417           |           | 東京都港区港南二丁目16番5号     |
| (43) 公開日  | 平成11年1月19日(1999.1.19) | (74) 代理人  | 100069246           |
| 審査請求日     | 平成12年5月16日(2000.5.16) |           | 弁理士 石川 新            |
|           |                       | (74) 代理人  | 100108615           |
|           |                       |           | 弁理士 石川 晃            |
|           |                       | (72) 発明者  | 安部 克彦               |
|           |                       |           | 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号  |
|           |                       |           | 三菱重工業株式会社高砂製作所内     |
|           |                       | (72) 発明者  | 百武 慎徳               |
|           |                       |           | 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 三 |
|           |                       |           | 菱重工業株式会社内           |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合発電システムにおけるガスタービン出力増加方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気供給系からの空気と燃料供給系からの燃料を燃焼させ、蒸気を発生し燃焼排気ガスを排出するボイラを有し、同ボイラからの前記蒸気で蒸気タービンを駆動すると共に、前記ボイラからの前記燃焼排気ガスでガスタービンを駆動する複合発電システムにおいて、前記ボイラで発生した蒸気の流路の途中から蒸気を一部抽気し、前記空気供給系に混入することを特徴とする複合発電システムにおけるガスタービン出力増加方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は複合発電システムであって、加圧流動床ボイラから発生する蒸気で蒸気タービンを駆動し、ボイラからの排ガスを利用してガスタービンを駆動して発電を行う両方式を組合せた複合発電システムにおけるガスタービン出力増加方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

加圧流動床複合発電システムは、加圧容器内に収納した流動床ボイラから発生する蒸気で蒸気タービンを駆動して発電を行い、加圧流動床ボイラからの排ガスをガスタービンに導き、ガスタービンを駆動して発電を行う両方式を組合せた発電方式である。加圧流動床ボイラにおける燃焼は、圧縮機から燃焼用空気をボイラ内に導いて加圧状態とし、石灰石を流動媒体とする流動層内に粉碎した石炭を投入し、流動状態で燃焼させるものである。こ

10

20

の流動床内部には蒸気配管を配置し、流動床内の燃焼熱により蒸気を発生させ、蒸気タービンを駆動して発電を行う。又、このような燃焼では、石灰石を用いるので炉内での脱硫も同時に行うことができる。

#### 【0003】

上記の流動床ボイラの原理を更に説明すると、容器内の底部に空気分散板を設け、固体粒子を空気分散板上部に充填する。空気分散板の底部から空気を均一に吹込み、空気量を増してゆくと、空気分散板からのある高さの層内で固体粒子が激しく不規則に動きまわる状態となる。このように流体によって浮遊流動化された固体粒子層を流動床と称しており、この流動床に適当な大きさの固体燃料あるいは液体燃料を投入し、流動状態で燃焼させることが流動床燃焼である。

10

#### 【0004】

図6は上記に説明した加圧流動床複合発電システムの代表的な系統図である。図において、1は加圧流動床ボイラ全体を示し、その構成は10の加圧容器と、その内部のボイラ11からなっている。12は石炭・石灰石供給装置であり、原料の石炭と流動媒体となる石灰石をボイラ11に供給する。13はサイクロンであり、ボイラ11からの排ガスから不燃物等の粒子を取除くものである。14は集じん装置であり、セラミックフィルタからなり、セラミックフィルタにより灰等をろ過して取除くものである。15はガスタービンであり、圧縮機16と直結され、集じん装置14からの高温の排ガスにより駆動される。17は脱硝装置であり、18は高圧排熱回収給水加熱器、19は低圧排熱回収給水加熱器であり、これら18、19の加熱器により排ガスからの排熱を回収し、この排熱でボイラへの給水を予熱する。20は煙突であり、排ガスを大気に放出する。

20

#### 【0005】

21は蒸気タービンであり、22は復水器で蒸気タービン21からの蒸気をポンプ51で冷却水を送り、冷却して復水する。23は低圧給水加熱器であり、復水を加熱し、給水の温度を調整する。24は脱気器で、給水中からの気泡を除去するものである。25はドラムであり、ボイラ11の各配管、即ち、主蒸気配管系30、再熱蒸気配管系31、ボイラ循環系配管系32への給水を行うものである。

#### 【0006】

上記構成の加圧流動床複合発電システムにおいて、石炭・石灰石供給装置12から原料の石炭と流動媒体となる石灰石が供給系41よりボイラ11に送られ、一方圧縮機16からの空気が空気系配管42よりボイラ11に吹込まれ、石灰石で流動床を形成し、石炭を燃焼させて流動床燃焼を行う。

30

#### 【0007】

一方、ドラム25からはあらかじめ予熱された給水が主蒸気配管系30に供給され、主蒸気配管系30はボイラ11で加熱されて蒸気を発生し、蒸気タービン21の高圧タービンを駆動し、その排出蒸気は再びボイラ11に戻り、再加熱されて再熱蒸気配管系31より再度蒸気タービン21に流入して低圧タービンを駆動して復水器22へ流出する。又、ドラム25の給水はボイラ循環配管系32によりボイラ11との間を循環し、加熱されるようになっている。

#### 【0008】

一方、ボイラ11からの燃焼排気ガスはサイクロン13により大きな粒子が取除かれ、集じん装置14で灰等が除去されてガスタービン15に供給されてこれを駆動し、発電がなされる。ガスタービン15を駆動した排ガスは、脱硝装置17で脱硝され、高圧、低圧排熱回収給水加熱器18、19でそれぞれボイラ11への給水をその余熱で加熱した後、煙突20から大気へ放出される。

40

#### 【0009】

蒸気タービン21を駆動した排出蒸気はポンプ51で冷却水が送られる復水器22で凝縮して液化し、ポンプ52で低圧給水加熱器23に送られ、ここで加熱されて温度調節がなされ、低圧排熱回収給水加熱器19で排ガスにより予熱されて脱気器24へ送られ、気泡が除去される。脱気器24からの給水はポンプ53で高圧排熱回収給水加熱器18に送ら

50

れ、ここで更に予熱され、配管 3 3 よりドラム 2 5 へ送られる。

#### 【0010】

上記に説明の加圧流動床複合発電システムにおいては、蒸気タービン 2 1 を駆動すると共に、ボイラ 1 1 からの排ガスによりガスタービン 1 5 によっても発電を行うコンバインドサイクル方式であり、高い発電効率が得られる。又、ボイラ 1 1 は加圧された加圧容器 1 0 に納められているためコンパクト化が図れ、更に、流動媒体として石灰石を用いるのでボイラ 1 1 内で脱硫が行なわれ、排煙脱硫装置が不要となり、プラント設置面積が従来と比べて少くてすむ。

#### 【0011】

##### 【発明が解決しようとする課題】

前述の加圧流動床複合発電システムにおいては、流動床ボイラで発生した蒸気でタービンを駆動すると共に、ボイラの排ガスでガスタービンを駆動するコンバインドサイクル方式であり、高い発電効率と装置のコンパクト化が図れるものである。このようなシステムにおいて、ガスタービンの出力は、使用燃料（石炭）の性状、加圧流動層ボイラの燃焼方法（燃焼温度、層高）等にも影響を受けるが、特にガスタービン圧縮機吸込空気温度と加圧流動層ボイラの燃焼における空燃比とに大きく左右される。

#### 【0012】

ガスタービン圧縮機吸込空気温度は、屋内／屋外吸気による操作で意図的に変えられるが、基本的には自然条件により決定される。加圧流動層ボイラの燃焼における空燃比は、ボイラの運転状況を変えることによりある程度の自由度は有しているが、ガスタービン圧縮機の上限值以上は不可能である。このように現状ではガスタービン出力増の対策はある程度可能であるが、例えば圧縮機吸込空気温度が予想より高い場合、等の何んらかの理由によりガスタービン出力が制約を受ける場合において、現状技術で実施可能な対策以上のガスタービン出力増を行なわなければならないケース（ガスタービン認可出力試験等）がある。このような場合には、現状ではガスタービン出力増加の対応ができない。

#### 【0013】

又、石炭ガス化複合発電システムにおいても同様に、何んらかの理由によってガスタービン出力が制約を受ける場合において、現状技術における対策以上のガスタービン出力増を行なわなければならないケース（ガスタービン認可出力試験等）があり、この場合にも現状技術で対応可能な出力以上の増加は不可能である。

#### 【0014】

そこで本発明は、加圧流動床複合発電システムや石炭ガス化複合発電システム等のガスタービンと蒸気タービンを発電装置として有する複合発電システムにおいて、従来のような圧縮機吸込空気温度を変えたり、ボイラの燃焼における空燃比を変えるような対策以外に、既設ガスタービンへ導かれる燃焼ガスの組成を変えることによりガスタービン出力増を図ることのできるガスタービン出力増加方法を提供することを課題としてなされたものである。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、前述の課題を解決するために次の方法を提供する。

#### 【0016】

空気供給系からの空気と燃料供給系からの燃料を燃焼させ、蒸気を発生し燃焼排気ガスを排出するボイラを有し、同ボイラからの前記蒸気で蒸気タービンを駆動すると共に、前記ボイラからの前記燃焼排気ガスでガスタービンを駆動する複合発電システムにおいて、前記ボイラで発生した蒸気の流路の途中から蒸気を一部抽気し、前記空気供給系に混入することを特徴とする複合発電システムにおけるガスタービン出力増加方法。

#### 【0017】

本発明は上記のようにボイラで発生した蒸気の一部を抽気し、蒸気をボイラの空気供給系に混入すると、ボイラで蒸気が更に加熱されて燃焼ガスに混入し、ガスタービン入口に供給されるので、ガス温度の降下がなく、ガスタービン出力増加が最も効果的になされる。

10

20

30

40

50

## 【0018】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態及び検討例について図面に基づいて具体的に説明する。図1は本発明の実施の参考としての第1検討例に係る複合発電システムのガスタービン出力増加方法を適用するシステムの系統図である。図において、加圧流動床ボイラ1、集じん装置14、ガスタービン15、圧縮機16、蒸気タービン21、復水器22、主蒸気配管系30及び再熱蒸気配管系31の構成は図6に示すシステムと同じ構成であり、本第1検討例ではこの従来構成に抽気配管系2を設けた点に特徴を有する。

## 【0019】

蒸気抽気配管系2は再熱蒸気配管系31と集じん装置14出口との間に設けられ、高温再熱蒸気を抽気し、加圧流動床ボイラ1の出口の排ガスに抽気蒸気を混合し、蒸気の混合された排ガスをガスタービン15へ供給する。

10

## 【0020】

上記の構成においては、蒸気抽気配管系2は集じん装置14の出口側に蒸気を抽入しているので、集じん装置14の通過ガス量は従来と変わらず、ガスタービン15の入口温度は多少降下するが、ガスタービン出力レスポンスは急であり、ガスタービン15の出力は蒸気を抽気しない時よりも増加する。但し、本第1検討例においては、ガスタービン15が瞬間的にサージング領域（25%マージン）に入らないように注意する必要がある。

## 【0021】

図2は本発明の実施の参考としての第2検討例に係る複合発電システムの系統図である。図において、第1検討例と異なる点は、蒸気抽気配管系3であり、蒸気抽気配管系3は、主蒸気配管系30で高圧タービンを駆動してその低温蒸気を加圧流動床ボイラ1へ戻す低温側の再熱蒸気配管系と、加圧流動床ボイラ1の出口との間で、集じん装置14の入口側に設けられ、低温再熱蒸気を抽気し、ボイラ1の出口排ガスにその蒸気を混合し、ガスタービン15へ供給する。

20

## 【0022】

上記の構成においては、蒸気抽気配管系3は集じん装置14の入口側に蒸気を抽入しているので、集じん装置14通過ガス量は従来より増加し、ガスタービン15の入口ガス温度は、蒸気が集じん装置14を通過して温度が降下する分低くなり、上記の第1検討例よりは更に低下するが、ガスタービン出力レスポンスは同様に急であり、ガスタービン15の出力も上記の第1検討例程効果がないが、増大する。又、第1検討例と同様にガスタービン15が瞬間的にサージング領域（25%マージン）に入らないように注意が必要である。

30

## 【0023】

図3は本発明の実施の第1形態に係る複合発電システムの系統図である。図において、第1、2検討例と異なる点は蒸気抽気配管系4であり、蒸気抽気配管系4は低温側の再熱蒸気配管系と加圧流動床ボイラ1の空気供給系との間に設けられ、低温再熱蒸気を抽気し、加圧流動床ボイラ1への空気供給系にその蒸気を混合し、加圧流動床ボイラ1へ蒸気を混入した空気を供給している。

## 【0024】

加圧流動床ボイラ1へ供給される空気に混入された蒸気は、ボイラ1内で流動床燃焼し、排ガスと一緒に集じん装置14に流入し、ガスタービン15に供給されるので、集じん装置14への通過ガス量はその分増加し、ガスタービン入口温度は、混合された蒸気がボイラ1内で昇温されるので温度降下は生ずることなく従来との変化はない。又、ガスタービン出力レスポンスは、蒸気がボイラ1を介して間接的に混入されるので緩やかであり、ガスタービンの出力増は上記の第1、第2検討例よりは最も大きい。

40

## 【0025】

図4は上記に説明した第1、2検討例及び本発明の実施の第1形態それぞれのIGV（Inlet Guide Vane）開度と抽気蒸気量との関係を示しており、同一圧縮機吸込空気量（同一圧縮機吸込温度においてはIGV開度により決まる）を横軸に、同一ガ

50

スタービン出力増加量を得るのに必要な各系統からの必要抽気蒸気量を縦軸に示し、両者間の関係例を示している。

【0026】

図4中、(A)は図1に示す第1検討例を、(B)は図2に示す第2検討例を、(C)は図3に示す本発明の実施の第1形態をそれぞれ示し、同一IGV開度において必要とする抽気蒸気量が一番多いのが(B)の低温側再熱蒸気配管系から蒸気を抽気し、ボイラ出口ガスに混入する場合であり、次に多いのが(A)の高温再熱蒸気配管系から蒸気を抽気し、ボイラ出口ガスに混入する場合である。一番必要抽気蒸気量が少いのは(C)で、低温再熱蒸気配管系から蒸気を抽気し、ボイラの空気供給系に混入する場合である。

【0027】

10

上記のように必要抽気蒸気量の多い順は(B)、(A)、(C)であり、この理由は、(B)及び(A)の場合は、抽気蒸気をボイラ～ガスタービン入口間で混入するためにガス温度が低下し、結果的にガスタービン入口ガス温度が低下し、ガスタービンの出力増を減少させる現象が生ずるためである。その反面、(C)の場合は、ボイラ～ガスタービン入口間での蒸気混入によるガス温度低下がないために各ケースの中で最も有効な方法となっている。

【0028】

蒸気抽入によるガスタービンの出力増加の理由は、水分( $H_2O$ )がガスタービン入口ガス性状の中でも比熱が大きく、蒸気をガス中に混入することはガスの流量が増加するためであり、ガスタービンの出力増加に効果をもたらすものである。前述のように本発明においては、蒸気をガス中に混入し、ガスタービン入口ガス組成中の水分( $H_2O$ )の含有率を増加させ、上記理由によりガスタービン出力を増加させることができる。

20

【0029】

上記の蒸気抽入方法のうち、(C)の低温再熱蒸気配管系から抽気し、ボイラの空気供給系に混入する場合で、定格点においてはボイラの空気供給系に蒸気を抽入することにより約150kw～200kw程度のガスタービン出力増が図れる。

【0030】

プラントの部分負荷においてはボイラ出口ガス温度が低下するので、その分出力増加量は低くなる。図5は蒸気(C)の場合における部分負荷でのガスタービン出力増加量を示す図であり、プラント負荷が30%では出力増加量は100kw以下であるが100%では150kw以上の増加量となっている。

30

【0031】

なお、本発明の実施の第1形態においては、加圧流動床ボイラによる複合発電システムの例で説明したが、本発明は石炭ガス化複合発電システムにおいて蒸気タービンとガスタービンを組合せたシステムのガスタービンの出力増加方法としても適用され、同様の効果が得られるものである。

【0032】

【発明の効果】

本発明の方法は、空気供給系からの空気と燃料供給系からの燃料を燃焼させ、蒸気を発生し燃焼排気ガスを排出するボイラを有し、同ボイラからの前記蒸気で蒸気タービンを駆動すると共に、前記ボイラからの前記燃焼排気ガスでガスタービンを駆動する複合発電システムにおいて、前記ボイラで発生した蒸気の流路の途中から蒸気を一部抽気し、前記空気供給系に混入することを特徴としている。このような構成により、蒸気がボイラの空気供給系に供給され、蒸気はボイラで加熱された後、ガスタービンに供給されるのでガスタービン入口温度が低下することなく最も効果的にガスタービンの出力を増加させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の参考としての第1検討例に係る複合発電システムにおけるガスタービン出力増加方法を適用するシステムの構成図である。

【図2】本発明の実施の参考としての第2検討例に係る複合発電システムにおけるガスタ

50

ービン出力増加方法を適用するシステムの構成図である。

【図3】本発明の実施の第1形態に係る複合発電システムにおけるガスタービン出力増加方法を適用するシステムの構成図である。

【図4】第1、第2検討例及び、本発明の実施の第1形態に係るガスタービン出力増加方法による抽気必要蒸気量を示す図である。

【図5】本発明の実施の第1形態におけるプラント負荷とガスタービン出力増加量との関係を示す図である。

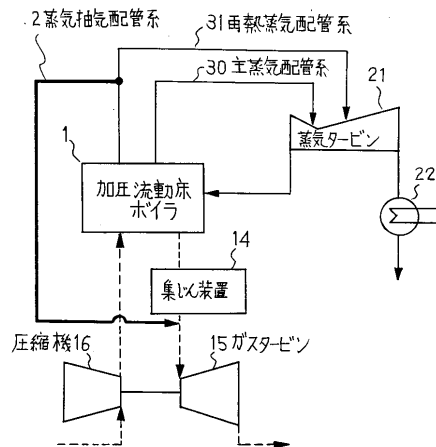
【図6】従来の加圧流動床複合発電システムの代表的な系統図である。

【符号の説明】

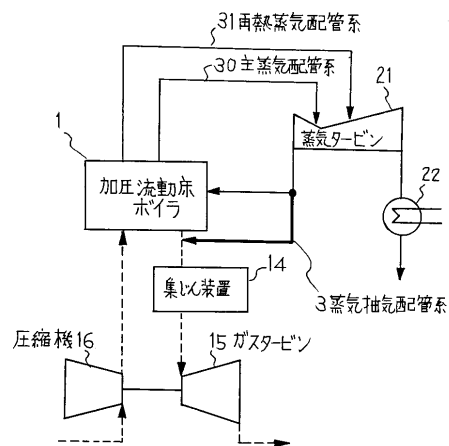
- 1            加圧流動床ボイラ
- 2, 3, 4     蒸気抽気配管系
- 14          集じん装置
- 15          ガスタービン
- 16          圧縮機
- 21          蒸気タービン
- 30          主蒸気配管系
- 31          再熱蒸気配管系

10

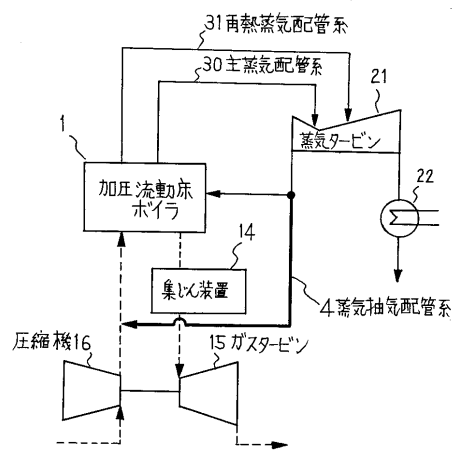
【図1】



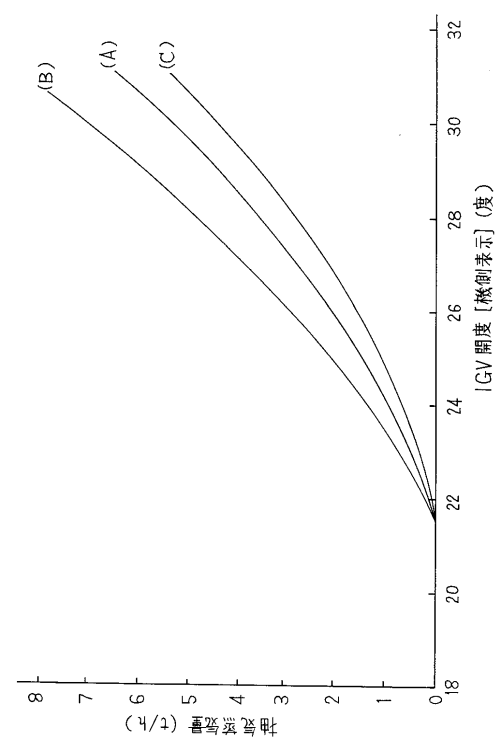
【図2】



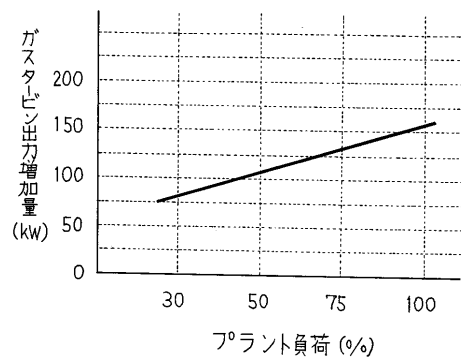
【図 3】



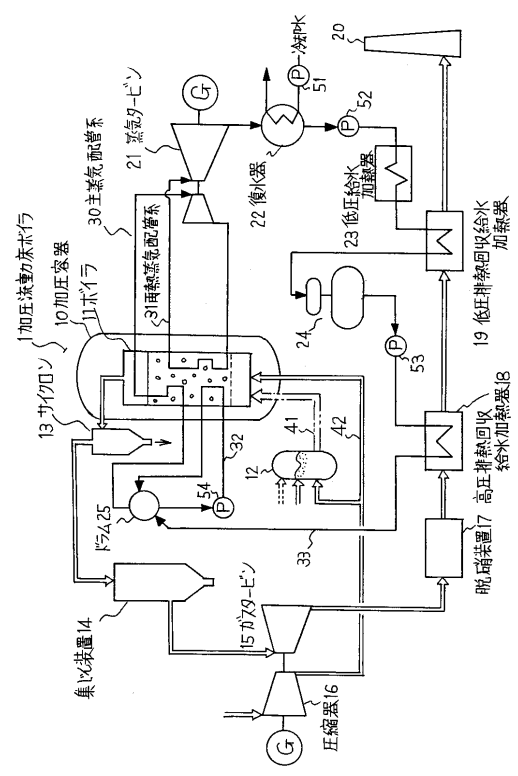
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 加藤 誠  
長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎造船所内
- (72)発明者 内田 聡  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 三菱重工業株式会社内

審査官 植村 貴昭

- (56)参考文献 特開平09-256815 (JP, A)  
特開平09-088519 (JP, A)  
特開平09-088514 (JP, A)  
特開平08-270459 (JP, A)  
特開平08-270408 (JP, A)  
特開平07-119413 (JP, A)  
特開平06-323162 (JP, A)  
特開平06-264763 (JP, A)  
特開平05-163961 (JP, A)  
特開平05-163960 (JP, A)  
特開平04-246244 (JP, A)  
特開平04-148035 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

F01K 23/02

F01K 17/04

F02C 3/30

F02C 6/18