

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-59668  
(P2009-59668A)

(43) 公開日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1M 8/04 (2006.01)	HO 1M 8/04 Y	5H026
HO 1M 8/12 (2006.01)	HO 1M 8/04 X	5H027
	HO 1M 8/04 Z	
	HO 1M 8/04 J	
	HO 1M 8/04 P	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2007-228213 (P2007-228213)  
(22) 出願日 平成19年9月3日(2007.9.3)

(71) 出願人 000005326  
本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号  
(74) 代理人 100077665  
弁理士 千葉 剛宏  
(74) 代理人 100116676  
弁理士 宮寺 利幸  
(74) 代理人 100142066  
弁理士 鹿島 直樹  
(74) 代理人 100126468  
弁理士 田久保 泰夫  
(74) 代理人 100149261  
弁理士 大内 秀治

最終頁に続く

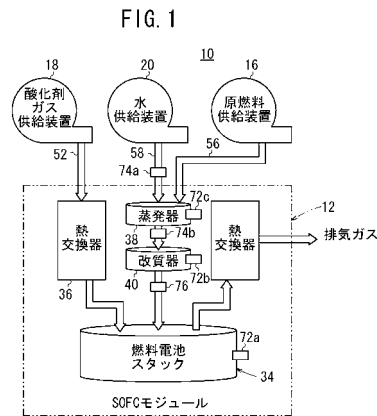
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及びその運転方法

(57) 【要約】

【課題】 パージガス供給系を別途用いる必要がなく、MEAや改質触媒の酸化や炭素析出(コーキング)を抑制することができ、しかも消費エネルギーを可及的に削減することを可能にする。

【解決手段】 燃料電池システム10の起動時に、アノード電極の電極面に原燃料を一旦供給する工程と、前記原燃料の供給が停止された後、少なくとも燃料電池スタック34の温度又は蒸発器38の温度のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面に水蒸気を供給する工程と、少なくとも前記蒸発器38に供給される水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器38から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記蒸発器38に前記水と共に前記原燃料を供給することにより、前記アノード電極の電極面に燃料ガスを供給する工程とを有する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

電解質をアノード電極とカソード電極とで挟んで構成される電解質・電極接合体とセパレータとが積層される燃料電池を設け、複数の前記燃料電池が積層される燃料電池スタックと、炭化水素を主体とする原燃料と水を蒸発させた水蒸気との混合燃料を生成する蒸発器と、前記混合燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、制御装置とを備える燃料電池システムであって、

前記制御装置は、前記燃料電池システムの起動時に、前記アノード電極の電極面に前記原燃料を一旦供給する原燃料供給部と、

前記原燃料の供給が停止された後、少なくとも前記燃料電池スタックの温度又は前記蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面に前記水蒸気を供給する水蒸気供給部と、

少なくとも前記蒸発器に供給される前記水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記蒸発器に前記水と共に前記原燃料を供給することにより、前記アノード電極の電極面に前記燃料ガスを供給する燃料ガス供給部と、

を備えることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 2】

電解質をアノード電極とカソード電極とで挟んで構成される電解質・電極接合体とセパレータとが積層される燃料電池を設け、複数の前記燃料電池が積層される燃料電池スタックと、炭化水素を主体とする原燃料と水を蒸発させた水蒸気との混合燃料を生成する蒸発器と、前記混合燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、制御装置とを備える燃料電池システムであって、

前記制御装置は、前記燃料電池システムの停止時に、少なくとも前記燃料電池スタックの温度又は前記蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記蒸発器への前記水の供給を停止することにより、前記アノード電極の電極面に前記原燃料を供給する水蒸気停止部と、

少なくとも前記蒸発器に供給される前記水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面への前記原燃料の供給を停止する原燃料停止部と、

を備えることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の燃料電池システムにおいて、前記制御装置は、少なくとも前記燃料電池スタックの温度、前記改質器の温度又は前記改質器から排出される前記燃料ガス中の成分の検出結果のいずれかに基づいて、前記原燃料中の炭素に対する前記水蒸気のモル比を調整するモル比調整部を備えることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 4】

請求項 3 記載の燃料電池システムにおいて、前記モル比調整部は、少なくとも前記燃料電池スタックの温度上昇、前記改質器の温度上昇又は前記改質器から排出される前記燃料ガス中の  $C_2$  成分の減少のいずれかに基づいて、前記モル比を連続的又は段階的に減少させることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 5】

請求項 3 記載の燃料電池システムにおいて、前記モル比調整部は、少なくとも前記燃料電池スタックの温度低下、前記改質器の温度低下又は前記改質器から排出される前記燃料ガス中の  $C_2$  成分の増加のいずれかに基づいて、前記モル比を連続的又は段階的に増加させることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池は、固体酸化物形燃料電池であることを特徴とする燃料電池システム。

## 【請求項 7】

電解質をアノード電極とカソード電極とで挟んで構成される電解質・電極接合体とセパ

10

20

30

40

50

レータとが積層される燃料電池を設け、複数の前記燃料電池が積層される燃料電池スタックと、炭化水素を主体とする原燃料と水を蒸発させた水蒸気との混合燃料を生成する蒸発器と、前記混合燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、制御装置とを備える燃料電池システムの運転方法であって、

前記燃料電池システムの起動時に、前記アノード電極の電極面に前記原燃料を一旦供給する工程と、

前記原燃料の供給が停止された後、少なくとも前記燃料電池スタックの温度又は前記蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面に前記水蒸気を供給する工程と、

少なくとも前記蒸発器に供給される前記水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記蒸発器に前記水と共に前記原燃料を供給することにより、前記アノード電極の電極面に前記燃料ガスを供給する工程と、

を有することを特徴とする燃料電池システムの運転方法。

【請求項 8】

電解質をアノード電極とカソード電極とで挟んで構成される電解質・電極接合体とセパレータとが積層される燃料電池を設け、複数の前記燃料電池が積層される燃料電池スタックと、炭化水素を主体とする原燃料と水を蒸発させた水蒸気との混合燃料を生成する蒸発器と、前記混合燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、制御装置とを備える燃料電池システムの運転方法であって、

前記燃料電池システムの停止時に、少なくとも前記燃料電池スタックの温度又は前記蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記蒸発器への前記水の供給を停止することにより、前記アノード電極の電極面に前記原燃料を供給する工程と、

少なくとも前記蒸発器に供給される前記水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面への前記原燃料の供給を停止する工程と、

を有することを特徴とする燃料電池システムの運転方法。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 記載の運転方法において、少なくとも前記燃料電池スタックの温度、前記改質器の温度又は前記改質器から排出される前記燃料ガス中の成分の検出結果のいずれかに基づいて、前記原燃料中の炭素に対する前記水蒸気のマール比を調整する工程を有することを特徴とする燃料電池システムの運転方法。

【請求項 10】

請求項 9 記載の運転方法において、少なくとも前記燃料電池スタックの温度上昇、前記改質器の温度上昇又は前記改質器から排出される前記燃料ガス中の  $C_2$  成分の減少のいずれかに基づいて、前記マール比を連続的又は段階的に減少させることを特徴とする燃料電池システムの運転方法。

【請求項 11】

請求項 9 記載の運転方法において、少なくとも前記燃料電池スタックの温度低下、前記改質器の温度低下又は前記改質器から排出される前記燃料ガス中の  $C_2$  成分の増加のいずれかに基づいて、前記マール比を連続的又は段階的に増加させることを特徴とする燃料電池システムの運転方法。

【請求項 12】

請求項 7 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の運転方法において、前記燃料電池は、固体酸化物形燃料電池であることを特徴とする燃料電池システムの運転方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電解質をアノード電極とカソード電極とで挟んで構成される電解質・電極接合体とセパレータとが積層される燃料電池を設け、複数の前記燃料電池が積層される燃料

10

20

30

40

50

電池スタックと、炭化水素を主体とする原燃料と水を蒸発させた水蒸気との混合燃料を生成する蒸発器と、前記混合燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、制御装置とを備える燃料電池システム及びその運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

通常、固体酸化物形燃料電池（SOFC）は、固体電解質に酸化物イオン導電体、例えば、安定化ジルコニアを用いており、この固体電解質の両側にアノード電極及びカソード電極を配設した電解質・電極接合体（MEA）を、セパレータ（バイポーラ板）によって挟持している。この燃料電池は、通常、電解質・電極接合体とセパレータとが所定数だけ積層された燃料電池スタックとして使用されている。

10

【0003】

上記の燃料電池に供給される燃料ガスは、通常、改質装置によって炭化水素系の原燃料から生成される水素ガスが使用されている。改質装置では、一般的に、メタンやLNG等の化石燃料等の炭化水素系の原燃料から改質原料ガスを得た後、この改質原料ガスに水蒸気改質や部分酸化改質、又はオートサーマル改質等を施すことにより、改質ガス（燃料ガス）が生成されている。

【0004】

この場合、燃料電池の起動時及び運転停止時には、前記燃料電池内に残留する酸素によってアノード電極が酸化することを防止するために、不活性ガスによるパージが行われている。従って、従来、専用のガスポンプ等のパージガス供給系が設けられており、燃料電池システム全体が大型化且つ複雑化するという問題が指摘されている。

20

【0005】

そこで、例えば、特許文献1に開示されている燃料電池の運転方法では、運転開始の際、改質器にて部分酸化改質反応又はオートサーマル改質反応により水素を含む還元ガスを生成して、発電セルの燃料極側に供給することにより、燃料極雰囲気還元状態を維持しつつ、前記燃料電池を昇温させることを特徴としている。

【0006】

さらに、運転停止の際、改質器にて部分酸化改質反応又はオートサーマル改質反応により水素を含む還元ガスを生成して、発電セルの燃料極側に供給することにより、燃料極雰囲気を還元状態に維持しつつ、燃料電池を降温させることを特徴としている。

30

【0007】

また、特許文献2に開示されている燃料電池の運転停止方法では、発電停止の際に、燃料電池に水及び水素又は炭化水素系燃料の流量を減少させながら供給することにより、燃料極層側を還元状態に保持しつつ、スタック温度を低下させることを特徴としている。

【0008】

【特許文献1】特開2007-128717号公報

【特許文献2】特開2006-294508号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記の特許文献1では、運転開始の際及び運転停止の際、改質器を改質反応が起こる温度域に維持する必要がある。このため、熱エネルギーが無駄に消費されてしまい、経済的ではないという問題がある。しかも、システムも複雑化するという問題がある。

40

【0010】

また、上記の特許文献2では、燃料電池の発電停止時についてしか用いられず、起動時におけるMEAや改質触媒の酸化等による劣化に対処することができないという問題がある。

【0011】

本発明はこの種の問題を解決するものであり、パージガス供給系を別途用いる必要がな

50

く、MEAや改質触媒の酸化や炭素析出（コーキング）を抑制することができ、しかも消費エネルギーを可及的に削減することが可能な燃料電池システム及びその運転方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、電解質をアノード電極とカソード電極とで挟んで構成される電解質・電極接合体とセパレータとが積層される燃料電池を設け、複数の前記燃料電池が積層される燃料電池スタックと、炭化水素を主体とする原燃料と水を蒸発させた水蒸気との混合燃料を生成する蒸発器と、前記混合燃料を改質して燃料ガスを生成する改質器と、制御装置とを備える燃料電池システム及びその運転方法に関するものである。

10

【0013】

本発明の燃料電池システムでは、制御装置は、燃料電池システムの起動時に、アノード電極の電極面に原燃料を一旦供給する原燃料供給部と、前記原燃料の供給が停止された後、少なくとも燃料電池スタックの温度又は蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面に水蒸気を供給する水蒸気供給部と、少なくとも前記蒸発器に供給される水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記蒸発器に前記水と共に前記原燃料を供給することにより、前記アノード電極の電極面に燃料ガスを供給する燃料ガス供給部とを備えている。

【0014】

20

また、本発明の燃料電池システムでは、制御装置は、燃料電池システムの停止時に、少なくとも燃料電池スタックの温度又は蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記蒸発器への水の供給を停止することにより、アノード電極の電極面に原燃料を供給する水蒸気停止部と、少なくとも蒸発器に供給される水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面への前記原燃料の供給を停止する原燃料停止部とを備えている。

【0015】

さらに、制御装置は、少なくとも燃料電池スタックの温度、改質器の温度又は前記改質器から排出される燃料ガス中の成分の検出結果のいずれかに基づいて、原燃料中の炭素に対する水蒸気のモル比を調整するモル比調整部を備えることが好ましい。従って、燃料電池システムの起動時及び停止時に、モル比が調整されるため、MEA及び改質触媒の酸化や炭素析出（コーキング）を良好に抑制することができ、耐久性及び寿命の向上を図ることが可能になる。

30

【0016】

さらにまた、モル比調整部は、少なくとも燃料電池スタックの温度上昇、改質器の温度上昇又は前記改質器から排出される燃料ガス中の $C_2$ 成分の減少のいずれかに基づいて、モル比を連続的又は段階的に減少させることが好ましい。このため、MEA及び改質触媒の酸化や炭素析出（コーキング）を抑制して、燃料電池システムの起動処理が容易且つ効率的に遂行される。

【0017】

40

また、モル比調整部は、少なくとも燃料電池スタックの温度低下、改質器の温度低下又は前記改質器から排出される燃料ガス中の $C_2$ 成分の増加のいずれかに基づいて、モル比を連続的又は段階的に増加させることが好ましい。これにより、MEA及び改質触媒の酸化や炭素析出（コーキング）を抑制して、燃料電池システムの停止処理が容易且つ効率的に遂行される。

【0018】

さらに、燃料電池は、固体酸化物形燃料電池であることが好ましい。すなわち、運転温度が高く、起動時及び停止時の昇温及び降温が広範囲である高温型燃料電池システムに最適である。

【0019】

50

さらにまた、本発明の燃料電池システムの運転方法では、燃料電池システムの起動時に、アノード電極の電極面に原燃料を一旦供給する工程と、前記原燃料の供給が停止された後、少なくとも前記燃料電池スタックの温度又は蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面に水蒸気を供給する工程と、少なくとも前記蒸発器に供給される水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される前記水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記蒸発器に前記水と共に前記原燃料を供給することにより、前記アノード電極の電極面に燃料ガスを供給する工程とを有している。

#### 【0020】

また、本発明の燃料電池システムの運転方法では、燃料電池システムの停止時に、少なくとも燃料電池スタックの温度又は蒸発器の温度のいずれかに基づいて、前記蒸発器への水の供給を停止することにより、アノード電極の電極面に原燃料を供給する工程と、少なくとも蒸発器に供給される水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器から排出される水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量の検出結果のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面への前記原燃料の供給を停止する工程とを有している。

10

#### 【0021】

さらに、少なくとも燃料電池スタックの温度、改質器の温度又は前記改質器から排出される燃料ガス中の成分の検出結果のいずれかに基づいて、原燃料中の炭素に対する水蒸気のモル比を調整する工程を有することが好ましい。従って、燃料電池システムの起動時及び停止時に、モル比が調整されるため、MEA及び改質触媒の酸化や炭素析出（コーキング）を良好に抑制することができ、耐久性及び寿命の向上を図ることが可能になる。

20

#### 【0022】

さらにまた、少なくとも燃料電池スタックの温度上昇、改質器の温度上昇又は前記改質器から排出される燃料ガス中の $C_2$ 成分の減少のいずれかに基づいて、モル比を連続的又は段階的に減少させることが好ましい。このため、MEA及び改質触媒の酸化や炭素析出（コーキング）を抑制して、燃料電池システムの起動処理が容易且つ効率的に遂行される。

#### 【0023】

また、少なくとも燃料電池スタックの温度低下、改質器の温度低下又は前記改質器から排出される燃料ガス中の $C_2$ 成分の増加のいずれかに基づいて、モル比を連続的又は段階的に増加させることが好ましい。これにより、MEA及び改質触媒の酸化や炭素析出（コーキング）を抑制して、燃料電池システムの停止処理が容易且つ効率的に遂行される。

30

#### 【0024】

さらに、燃料電池は、固体酸化物形燃料電池であることが好ましい。すなわち、運転温度が高く、起動時及び停止時の昇温及び降温が広範囲である高温型燃料電池システムに最適である。

#### 【発明の効果】

#### 【0025】

本発明によれば、燃料電池システムの起動時に、アノード電極の電極面に原燃料を一旦供給することにより、燃料ライン内に残存する空気を排気することができる。従って、燃料ライン内が原燃料により還元雰囲気設定されるため、燃料電池スタックが昇温する際に、MEAや改質触媒が活性状態になっても、前記MEA及び前記改質触媒の酸化を良好に抑制することができ、耐久性及び寿命の向上が図られる。

40

#### 【0026】

さらに、少なくとも燃料電池スタックの温度又は蒸発器の温度のいずれかに基づいて、すなわち、水蒸気が安定して発生できる温度域で且つMEAが水蒸気酸化され難い温度域に対応して、アノード電極の電極面に水蒸気が供給される。そして、水蒸気が安定して発生していることが確認された後、前記蒸発器に水と共に原燃料を供給することにより、前記アノード電極の電極面に燃料ガスが供給される。このため、燃料電池システムを安定して起動させることができ、しかもMEA及び改質触媒の劣化を抑制し、信頼性、耐久性及び寿命の向上が可能になる。

50

## 【0027】

これにより、燃料電池システムでは、原燃料、水蒸気及び燃料ガスの供給タイミングや停止タイミングを設定するだけでよく、パージガス供給系を別途用いる必要がなく、前記燃料電池システムの起動が可能になる。従って、燃料電池システムの簡素化及び低コスト化が容易に図られる。

## 【0028】

また、本発明によれば、燃料電池システムの停止時に、少なくとも燃料電池スタックの温度又は蒸発器の温度のいずれかに基づいて、すなわち、安定した水蒸気の発生が困難な温度域に対応して、前記蒸発器への水の供給が停止される。そして、水の供給が停止したことが確認された後、すなわち、原燃料のみが供給されたことが確認された後、アノード電極の電極面への前記原燃料の供給が停止される。このため、燃料電池システムは、結露等が惹起することがなく、安定して停止することができ、しかもMEA及び改質触媒の劣化を抑制し、信頼性、耐久性及び寿命の向上が可能になる。

10

## 【0029】

これにより、燃料電池システムでは、原燃料、水蒸気及び燃料ガスの供給タイミングや停止タイミングを設定するだけでよく、パージガス供給系を別途用いる必要がなく、前記燃料電池システムの停止が可能になる。従って、燃料電池システムの簡素化及び低コスト化が容易に図られる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0030】

図1は、本発明の実施形態に係る燃料電池システム10の機械系回路を示す概略構成説明図であり、図2は、前記燃料電池システム10の回路図である。

20

## 【0031】

燃料電池システム10は、定置用の他、車載用等の種々の用途に用いられている。燃料電池システム10は、燃料ガス（水素ガス）と酸化剤ガス（空気）との電気化学反応により発電する燃料電池モジュール（SOFCモジュール）12と、前記燃料電池モジュール12に原燃料（例えば、都市ガス）を供給する原燃料供給装置（燃料ガスポンプを含む）16と、前記燃料電池モジュール12に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置（空気ポンプを含む）18と、前記燃料電池モジュール12に水を供給する水供給装置（水ポンプを含む）20と、前記燃料電池モジュール12で発生した直流電力を要求仕様電力に変換する電力変換装置22と、前記燃料電池モジュール12の発電量を制御する制御装置24とを備える。

30

## 【0032】

図3に示すように、燃料電池モジュール12は、図示しないが、例えば、安定化ジルコニア等の酸化物イオン導電体で構成される固体電解質（固体酸化物）をアノード電極とカソード電極とで挟んで構成される電解質・電極接合体28とセパレータ30とが積層される固体酸化物形の燃料電池32を設け、複数の前記燃料電池32が鉛直方向に積層される固体酸化物形の燃料電池スタック34を備える。

## 【0033】

燃料電池スタック34の積層方向上端側（又は積層方向下端側）には、酸化剤ガスを前記燃料電池スタック34に供給する前に加熱する熱交換器36と、原燃料と水蒸気との混合燃料を生成するために、水を蒸発させる蒸発器38と、前記混合燃料を改質して改質ガスを生成する改質器40とが配設される。

40

## 【0034】

燃料電池スタック34の積層方向下端側（又は積層方向上端側）には、前記燃料電池スタック34を構成する燃料電池32に積層方向（矢印A方向）に沿って締め付け荷重を付与するための荷重付与機構42が配設される（図2参照）。

## 【0035】

改質器40は、都市ガス（燃料ガス）中に含まれるエタン（ $C_2H_6$ ）、プロパン（ $C_3H_8$ ）及びブタン（ $C_4H_{10}$ ）等の高級炭化水素（ $C_{2+}$ ）を、主としてメタン（ $CH_4$ ）、

50

水素、COを含む燃料ガスに水蒸気改質するための予備改質器であり、数百の作動温度に設定される。

【0036】

燃料電池32は、作動温度が数百と高温であり、電解質・電極接合体28では、燃料ガス中のメタンが改質されて水素、COが得られ、この水素、COがアノード電極に供給される。

【0037】

熱交換器36は、図3に示すように、燃料電池スタック34から排出される使用済み反応ガス(以下、排ガス又は燃焼排ガスともいう)を流すための第1排ガス通路44と、被加熱流体である空気を排ガスと対向流に流すための空気通路46とを有する。第1排ガス通路44は、蒸発器38に水を蒸発させるための熱源として排ガスを供給するための第2排ガス通路48に連通する。第1排ガス通路44は、排気管50に連通する。空気通路46の上流側は、空気供給管52に連通するとともに、前記空気通路46の下流側は、燃料電池スタック34の酸化剤ガス供給連通孔53に連通する。

10

【0038】

蒸発器38は、互いに同軸上に配設される外管部材54aと内管部材54bとを備える2重管構造を採用し、この2重管は、第2排ガス通路48内に配置される。外管部材54aと内管部材54bとの間には、原燃料通路56が形成されるとともに、前記内管部材54b内には、水通路58が形成される。蒸発器38の第2排ガス通路48は、主排気管60に連通する。

20

【0039】

外管部材54aには、改質器40の入口部に連結される混合燃料供給管62が接続される。改質器40の出口側には、改質ガス供給路64の一端が連結されるとともに、前記改質ガス供給路64の他端は、燃料電池スタック34の燃料ガス供給連通孔66に連通する。なお、蒸発器38は、上記の二重管構成に代えて、加熱部と混合部(例えば、エジェクタ型混合部)とを備える構成を採用してもよい。

【0040】

図2に示すように、原燃料供給装置16は、原燃料通路56に接続される。酸化剤ガス供給装置18は、空気供給管52に接続されるとともに、水供給装置20は、水通路58に接続される。

30

【0041】

原燃料供給装置16、酸化剤ガス供給装置18及び水供給装置20は、制御装置24により制御されるとともに、前記制御装置24には、燃料ガスを検知する検知器68が電氣的に接続される。電力変換装置22には、例えば、商用電源70(又は、負荷や2次電池等)が接続される。

【0042】

図1及び図2に示すように、燃料電池システム10は、燃料電池スタック34の温度を検出する第1温度センサ72a、改質器40の温度を検出する第2温度センサ72b、蒸発器38の温度を検出する第3温度センサ72c、水供給装置20から前記蒸発器38に供給される水の圧力を検出する第1圧力センサ74a、前記蒸発器38から排出される水蒸気の圧力を検出する第2圧力センサ74b、及び前記改質器40から排出される燃料ガスの成分、例えば、C<sub>2</sub>成分を検出するガス分析センサ76とを備える。

40

【0043】

第1温度センサ72a~第3温度センサ72c、第1圧力センサ74a、第2圧力センサ74b及びガス分析センサ76は、制御装置24に接続される。なお、第1圧力センサ74aに代えて、水供給装置20から供給される水の流量を検出する流量センサを用いることができ、また、第2圧力センサ74bに代えて、蒸発器38から排出される水蒸気の流量を検出する流量センサを用いることもできる。

【0044】

図4に示すように、制御装置24は、原燃料供給部80、水蒸気供給部82、燃料ガス

50

供給部 84、水蒸気停止部 86、原燃料停止部 88 及びモル比調整部 90 としての機能を有する。

【0045】

原燃料供給部 80 は、燃料電池システム 10 の起動時に、アノード電極の電極面に原燃料を一旦供給する機能を有し、水蒸気供給部 82 は、前記原燃料の供給が停止された後、少なくとも燃料電池スタック 34 の温度又は蒸発器 38 の温度のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面に水蒸気を供給する機能を有する。燃料ガス供給部 84 は、少なくとも蒸発器 38 に供給される水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器 38 から排出される水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量のいずれかに基づいて、前記蒸発器 38 に前記水と共に原燃料を供給することにより、前記アノード電極の電極面に燃料ガスを供給する機能を有する。

10

【0046】

水蒸気停止部 86 は、燃料電池システム 10 の停止時に、少なくとも燃料電池スタック 34 の温度又は蒸発器 38 の温度のいずれかに基づいて、前記蒸発器 38 への水の供給を停止する機能を有し、原燃料停止部 88 は、少なくとも蒸発器 38 に供給される水の圧力、前記水の流量、前記蒸発器 38 から排出される水蒸気の圧力又は前記水蒸気の流量のいずれかに基づいて、前記アノード電極の電極面への原燃料の供給を停止する機能を有する。モル比調整部 90 は、原燃料中の炭素 (C) に対する水蒸気 (S) のモル比 (S/C) を調整するものであり、詳細な機能については、後述する。

【0047】

このように構成される燃料電池システム 10 の動作について、以下に説明する。

20

【0048】

図 1 及び図 2 に示すように、原燃料供給装置 16 の駆動作用下に、原燃料通路 56 には、例えば、都市ガス ( $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8$ 、 $\text{C}_4\text{H}_{10}$  を含む) 等の原燃料が供給される。一方、水供給装置 20 の駆動作用下に、水通路 58 には、水が供給されるとともに、空気供給管 52 には、酸化剤ガス供給装置 18 を介して酸化剤ガスである、例えば、空気が供給される。

【0049】

図 3 に示すように、蒸発器 38 では、原燃料通路 56 を流れる原燃料に水蒸気が混在されて混合燃料が得られ、この混合燃料は、混合燃料供給管 62 を介して改質器 40 の入口部に供給される。混合燃料は、改質器 40 内で水蒸気改質され、 $\text{C}_{2+}$  の炭化水素が除去 (改質) されてメタンを主成分とする改質ガスが得られる。この改質ガスは、改質器 40 の出口部に連通する改質ガス供給路 64 を通って燃料電池スタック 34 の燃料ガス供給連通路 66 に供給される。このため、改質ガス中のメタンが改質されて水素ガス、CO が得られ、この水素ガス、CO を主成分とする燃料ガスは、アノード電極 (図示せず) に供給される。

30

【0050】

一方、空気供給管 52 から熱交換器 36 に供給される空気は、この熱交換器 36 の空気通路 46 に沿って移動する際、第 1 排ガス通路 44 に沿って移動する後述する排ガスとの間で熱交換が行われ、所望の温度に予め加温されている。熱交換器 36 で加温された空気は、燃料電池スタック 34 の酸化剤ガス供給連通路 53 に供給され、図示しないカソード電極に供給される。

40

【0051】

従って、電解質・電極接合体 28 では、燃料ガスと空気との電気化学反応により発電が行われる。各電解質・電極接合体 28 の外周部に排出される高温 (数百 ) の排ガスは、熱交換器 36 の第 1 排ガス通路 44 を通って空気と熱交換を行い、この空気を所望の温度に加温して温度低下が惹起される。

【0052】

この排ガスは、第 2 排ガス通路 48 に沿って移動することにより、水通路 58 を通過する水を蒸発させる。蒸発器 38 を通過した排ガスは、主排気管 60 を介して外部に排出さ

50

れる。

【0053】

次いで、燃料電池システム10の起動方法及び停止方法について、以下に説明する。

【0054】

先ず、燃料電池システム10を構成する燃料電池スタック34の温度（以下、スタック温度ともいう）と、アノード電極の雰囲気とは、図5に示す関係を有している。すなわち、アノード電極が酸素雰囲気（図5中、なし参照）に曝された状態で、スタック温度が $t_2$ （例えば、300）を越えると、前記アノード電極が酸化され易くなる。さらに、アノード電極が水蒸気雰囲気に曝された状態で、スタック温度が $t_3$ （例えば、350）を越えると、前記アノード電極に水蒸気酸化が発生し易い。

10

【0055】

また、アノード電極が原燃料雰囲気に曝されていると、スタック温度が $t_5$ （例えば、500）を越える際に、コーキングが発生するおそれがある。一方、アノード電極が原燃料と水蒸気との混合燃料に曝されている場合、スタック温度が $t_2$ 以下になると、蒸発器38が不安定になって、S/C（モル比）が低くなる。これにより、コーキングが発生するとともに、電解質・電極接合体28に結露が惹起し、前記電解質・電極接合体28が劣化するおそれがある。

【0056】

そこで、本実施形態では、燃料電池システム10の起動時には、図6に示す制御マップ（アノード電極の雰囲気とスタック温度との関係に設定）と、図7に示すフローチャートとに沿って起動が行われる。

20

【0057】

先ず、燃料電池システム10の起動が行われたと判断されると（ステップS1中、YES）、ステップS2に進んで、原燃料供給装置16から燃料電池スタック34に原燃料が一定の時間だけ（一瞬でも可）供給される（図6中、 $t_0$ 参照）。このため、原燃料は、アノード電極に連なる燃料ライン内に残存する空気を排気（バージ）する。

【0058】

原燃料が一旦供給されて残存する空気が排気された後、燃料電池スタック34のスタック温度が、 $t_2$ を越えているか否かが判断される（ステップS3）。そして、スタック温度が $t_2$ を越えていると判断されると（ステップS3中、YES）、ステップS4に進んで、水供給装置20を介して蒸発器38に水が供給される（図6中、 $t_2$ 参照）。

30

【0059】

さらに、供給された水が安定して蒸発しているか否かが確認される（ステップS5）。具体的には、水供給装置20の水通路58に配置されている第1圧力センサ74a及び/又は蒸発器38の下流に配置されている第2圧力センサ74bを介し、圧力変動をモニタすることによって確認される。

【0060】

次に、水が安定して蒸発していることが確認されると（ステップS5中、YES）、ステップS6に進んで、原燃料供給装置16を介して原燃料の供給が開始される（図6中、 $t_3$ 参照）。このため、蒸発器38には、原燃料と水とが供給されて、前記原燃料と水蒸気との混合燃料が得られる。

40

【0061】

その際、モル比調整部90では、混合燃料のモル比が $S/C = 4.0$ 以上に設定される。改質器40が所望の改質機能を発揮する温度領域になるまで、モル比を高く設定することにより、電解質・電極接合体28のコーキングや酸化を防止するためである。

【0062】

さらに、ステップS7に進んで、改質器40が活性化されたか否かが判断される。改質器40の活性化を判断する手段としては、この改質器40に装着されている第2温度センサ72bを介して検出される温度が、改質触媒に適した温度であるか否かで判断する他、前記改質器40から排出されるガス成分をガス分析センサ76により検出し、排出された

50

燃料ガス中の $C_2$ 以上の成分の割合で判断することができる。

【0063】

改質器40が活性化されたと判断されると(ステップS7中、YES)、ステップS8に進んで、原燃料の供給を増加させてモル比( $S/C$ )=1に調整することにより(図8中、t4参照)、起動が終了する。

【0064】

ここで、モル比調整部90では、図8に示すように、モル比の温度に対する各パターンを設定を行うことができる。このモル比調整部90は、少なくとも燃料電池スタック34の温度上昇、改質器40の温度上昇又は前記改質器40から排出される燃料ガス中の $C_2$ 成分の減少のいずれかに基づいて、t4で $S/C=4$ 以上~ $S/C=1$ に一挙に減少させる第1減少パターン92a、t3~t4に段階的(階段状)に減少させる第2減少パターン92b、t3~t4に直線状に減少させる第3減少パターン92c、又はt3~t4に曲線状に減少させる第4減少パターン92dを選択的に採用することができる。

10

【0065】

この場合、本実施形態の起動方法では、常温時(t0)に、先ず、アノード電極の電極面に原燃料を短時間だけ供給することにより、前記アノード電極に連なる燃料ライン内に残存する空気を排気することができる。従って、燃料ライン内が原燃料により還元雰囲気設定されるため、燃料電池システム10が昇温する際に、電解質・電極接合体28や改質器40の改質触媒が活性状態になっても、前記電解質・電極接合体28及び前記改質触媒の酸化を良好に抑制することができ、耐久性及び寿命の向上が図られる。

20

【0066】

さらに、スタック温度が、水蒸気を安定して発生できる温度域(t2以上)に至ると、水の供給が開始されるとともに、電解質・電極接合体28が水蒸気酸化され易い温度域(t3以上)から原燃料の供給が開始されている。このため、水蒸気を安定して発生できる温度域で且つ前記水蒸気が安定して発生していることが確認されてから、原燃料が供給されることになり、燃料電池システム10を安定して起動させることができる。しかも、電解質・電極接合体28及び改質触媒の劣化を抑制し、信頼性、耐久性及び寿命の向上が可能になるという効果が得られる。

【0067】

これにより、燃料電池システム10では、原燃料及び水蒸気の供給タイミングや停止タイミングを設定するだけでよく、パージガス供給系を別途設ける必要がなく、前記燃料電池システム10の起動が可能になる。従って、燃料電池システム10の簡素化及び低コスト化が容易に図られるという利点がある。

30

【0068】

さらにまた、制御装置24を構成するモル比調整部90では、少なくとも燃料電池スタック34の温度、改質器40の温度又は前記改質器40から排出される燃料ガス中の $C_2$ 成分の検出結果のいずれかに基づいて、原燃料中の炭素に対する水蒸気のモル比を調整している。従って、燃料電池システム10の始動時に、電解質・電極接合体28及び改質触媒の酸化やコーキングを良好に抑制することができ、耐久性及び寿命の向上を図ることが可能になる。

40

【0069】

しかも、モル比調整部90は、図8に示すように、モル比を連続的又は段階的に減少させることができる。このため、電解質・電極接合体28及び改質触媒の酸化やコーキングを抑制して、燃料電池システム10の起動処理が容易且つ効率的に遂行される。特に、燃料電池32は、固体酸化物形燃料電池であり、運転温度が高く、起動時の昇温が広範囲であるため、良好に適用することができる。

【0070】

次に、燃料電池システム10の停止方法について、図9の制御マップ及び図10のフローチャートに沿って以下に説明する。

50

## 【0071】

先ず、燃料電池システム10が停止すると判断されると(ステップS11中、YES)、ステップS12に進んで、原燃料の供給量を減少させて $S/C = 4$ 以上に設定する(図9中、温度 $t_4$ 参照)。

## 【0072】

ここで、モル比調整部90は、図8に示すパターンを選択することにより、 $S/C = 1.0 \sim S/C = 4.0$ 以上に段階的又は連続的に増加させることができる。そして、ステップS13で、スタック温度が $t_2$ 以下であると判断されると(ステップS13中、YES)、水供給装置20からの水の供給が停止され、原燃料のみが供給される。

## 【0073】

さらに、ステップS15において、水の供給が停止したか否かの確認が行われる。この水停止確認は、例えば、水供給装置20に接続されている第1圧力センサ74aの圧力又は改質器40の出口側に接続されている第2圧力センサ74bの圧力をモニタすることにより、確認することができる。

## 【0074】

そこで、水停止が確認された後(ステップS15中、YES)、ステップS16に進んで、原燃料のみによる短時間パージが温度 $t_1$ まで(又は、一定の時間だけ、一瞬でも可)行われ、燃料ライン内に残存する水分が外部に排出される。その後、アノード電極側には、水や原燃料の供給が行われず、スタック温度が常温まで降温することにより(ステップS17中、YES)、燃料電池システム10の停止処理が終了する。

## 【0075】

このように、本実施形態では、燃料電池システム10の停止時に、安定した水蒸気の発生が困難な温度域( $t_2$ 以下)に対応してアノード電極の電極面への水蒸気の供給が停止されている。そして、水蒸気の供給が停止したことを確認した後、すなわち、原燃料のみが供給されて燃料ラインから水分の除去が行われたことが確認された後、前記アノード電極の電極面への前記原燃料の供給が停止されている。このため、燃料電池システム10に結露等の発生がなく、安定して停止させることができ、しかも、電解質・電極接合体28及び改質触媒の劣化を抑制し、信頼性、耐久性及び寿命の向上が可能になるという効果がある。

## 【0076】

これにより、燃料電池システム10では、原燃料及び水蒸気の供給タイミングや停止タイミングを設定するだけでよく、パージガス供給系を別途用いる必要がなく、前記燃料電池システム10の停止が可能になる。従って、燃料電池システム10の簡素化及び低コスト化が容易に図られる。なお、モル比調整部90を用いることにより、上記の燃料電池システム10の起動時と同様の効果が得られる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0077】

【図1】本発明の実施形態に係る燃料電池システムの機械系回路を示す概略構成説明図である。

【図2】前記燃料電池システムの回路図である。

【図3】前記燃料電池システムを構成する燃料電池モジュールの要部断面説明図である。

【図4】前記燃料電池システムを構成する制御装置の構成図である。

【図5】アノード電極の雰囲気とスタック温度との関係説明図である。

【図6】本実施形態の運転方法の起動時の制御マップである。

【図7】前記起動時のフローチャートである。

【図8】モル比の温度に対する各パターンの説明図である。

【図9】本実施形態の運転方法の停止時の制御マップである。

【図10】前記停止時のフローチャートである。

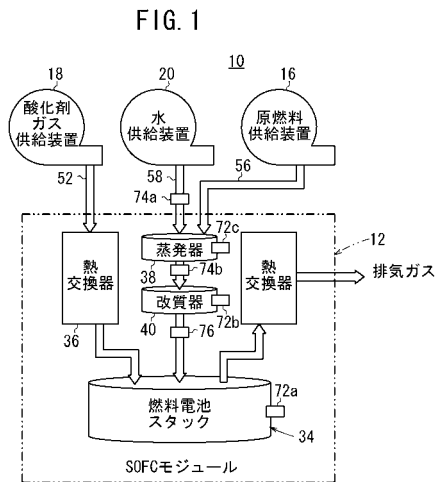
## 【符号の説明】

## 【0078】

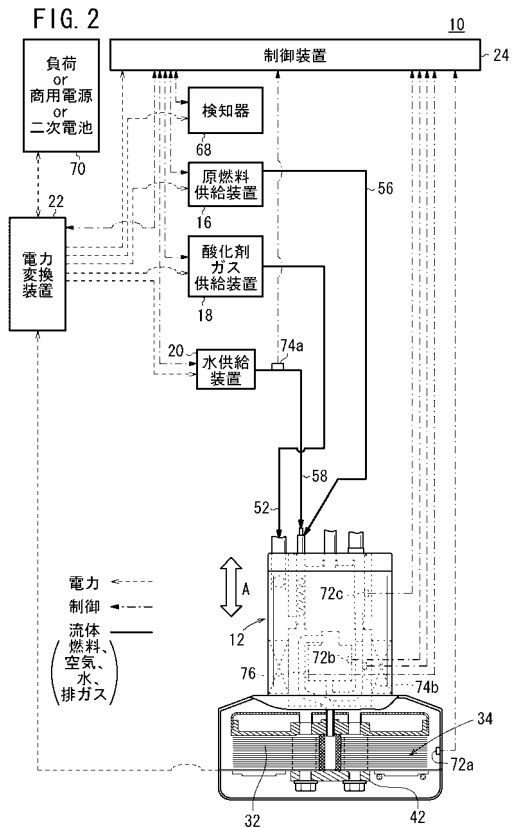
- 10 ... 燃料電池システム
- 16 ... 原燃料供給装置
- 20 ... 水供給装置
- 24 ... 制御装置
- 30 ... セパレータ
- 34 ... 燃料電池スタック
- 38 ... 蒸発器
- 52 ... 空気供給管
- 58 ... 水通路
- 74 a、74 b ... 圧力センサ
- 80 ... 原燃料供給部
- 84 ... 燃料ガス供給部
- 88 ... 原燃料停止部

- 12 ... 燃料電池モジュール
- 18 ... 酸化剤ガス供給装置
- 22 ... 電力変換装置
- 28 ... 電解質・電極接合体
- 32 ... 燃料電池
- 36 ... 熱交換器
- 40 ... 改質器
- 56 ... 原燃料通路
- 72 a ~ 72 c ... 温度センサ
- 76 ... ガス分析センサ
- 82 ... 水蒸気供給部
- 86 ... 水蒸気停止部
- 90 ... モル比調整部

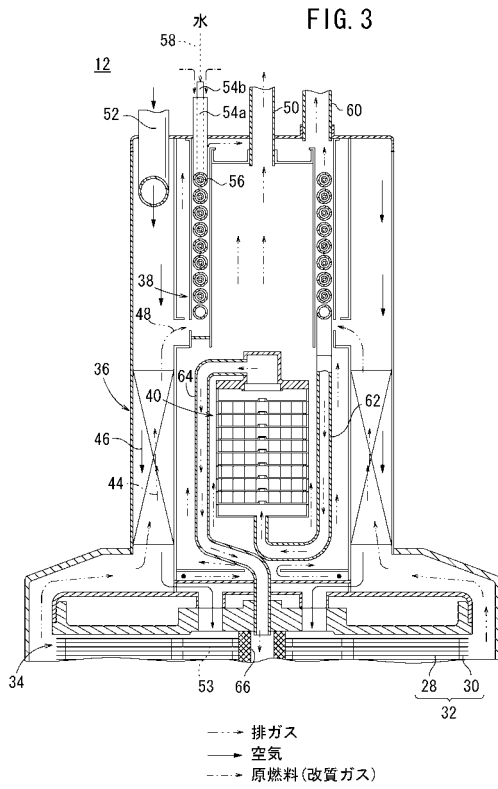
【 図 1 】



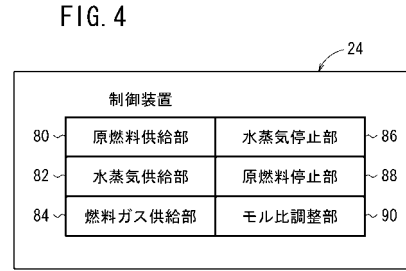
【 図 2 】



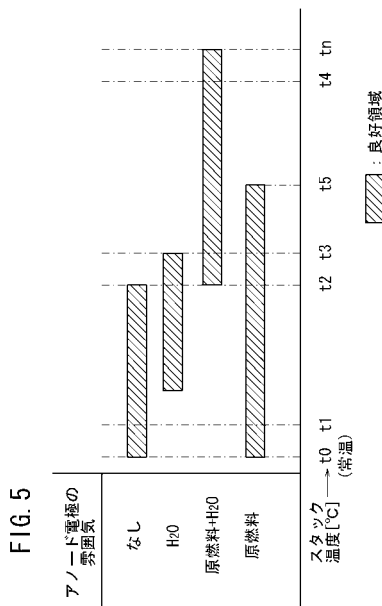
【 図 3 】



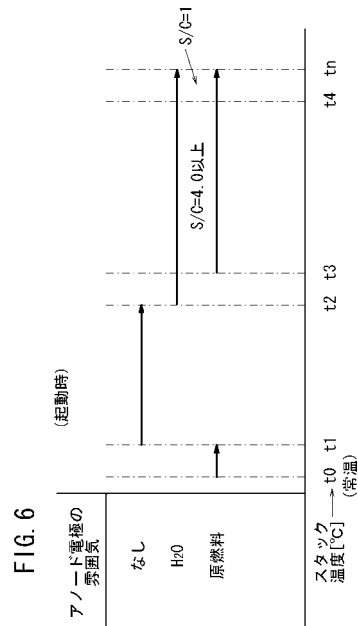
【 図 4 】



【 図 5 】

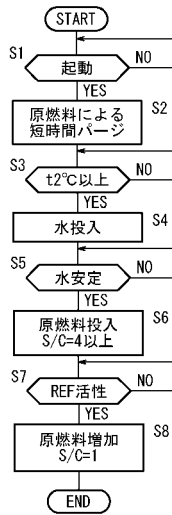


【 図 6 】



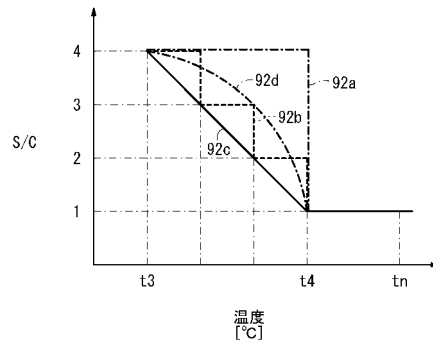
【 図 7 】

FIG. 7



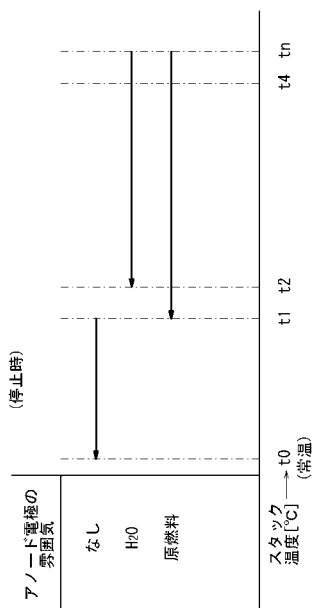
【 図 8 】

FIG. 8



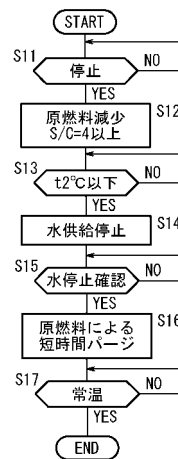
【 図 9 】

FIG. 9



【 図 10 】

FIG. 10



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 M 8/12

(72)発明者 団 功司

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 5H026 AA06 HH05 HH06 HH08 HH09

5H027 BA01 KK01 KK25 KK31 KK41 KK42 KK46 MM09 MM14