

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3774532号
(P3774532)

(45) 発行日 平成18年5月17日(2006.5.17)

(24) 登録日 平成18年2月24日(2006.2.24)

(51) Int. Cl.

F I

FO1D 21/00 (2006.01)

FO1D 21/00

V

FO1D 25/00 (2006.01)

FO1D 25/00

Q

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-52749
 (22) 出願日 平成9年3月7日(1997.3.7)
 (65) 公開番号 特開平10-252415
 (43) 公開日 平成10年9月22日(1998.9.22)
 審査請求日 平成13年3月21日(2001.3.21)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (73) 特許権者 000156938
 関西電力株式会社
 大阪府大阪市北区中之島三丁目6番16号
 (74) 代理人 100075096
 弁理士 作田 康夫
 (72) 発明者 比良 康夫
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作所 日立
 研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 火力プラントのタービン機器停止時の保管方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料の燃焼により発生させた熱エネルギーを用いて水を蒸気とし、その蒸気によりタービンを回転させてエネルギーを得る火力プラントのタービン機器停止時の保管方法において、

タービンケーシング内部を非酸化性雰囲気とする非酸化性雰囲気ガスを、タービン機器停止時の温度低下に伴うタービンケーシング内部の圧力の低下に対応して注入し、かつ前記雰囲気の圧力を大気圧に比べて大きくすることを特徴とする火力プラントのタービン機器停止時の保管方法。

【請求項2】

請求項1記載のタービン機器が、高圧タービン，中圧タービン，低圧タービンおよび給水ポンプ駆動タービンの少なくとも一つであることを特徴とする火力プラントのタービン機器停止時の保管方法。

【請求項3】

請求項1記載の非酸化性雰囲気ガスを、タービン静翼に設けた空気噴出孔からタービンケーシング内に注入することを特徴とする火力プラントのタービン機器停止時の保管方法。

【請求項4】

請求項1記載の非酸化性雰囲気ガスを、高圧あるいは低圧タービンの入り口側あるいは復水昇圧ポンプ及び給水ポンプの入り口側から注入することを特徴とする火力プラントの

10

20

タービン機器停止時の保管方法。

【請求項 5】

請求項 1 において、タービンケーシング中の凝縮水中にインヒビタを添加することを特徴とする火力プラントのタービン機器停止時の保管方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は火力発電プラントのタービンの使用方法に係わり、特にタービンを構成する部材の長期にわたる信頼性向上に効果のある、プラントのタービン機器停止時の保管方法及びタービン機器に関する。

【0002】

【従来の技術】

燃料の燃焼により発生させた蒸気を用いてタービンを回転させて動力を得る火力プラントの給水系を構成する機器部材の腐食を防止する方法として、揮発性物質処理 (AVT: Al Volatile Treatment), 酸素処理 (CWT: Combined Water Treatment), リン酸塩処理 (Coodinated Phosphate Treatment) の三つの水処理方法が知られている。

【0003】

このうち、揮発性物質処理 (以下、AVT と称する) は、蒸気発生装置の入り口側において、復水・給水系統から供給された給水を採取し、給水の pH および溶存酸素濃度を測定する。そして、採取した給水の pH が 9.0 ~ 9.6, 溶存酸素濃度が 7 ppb 以下となるように、低圧給水加熱器の入り口側からアンモニアもしくはヒドラジンを注入するというものである。

【0004】

一方、酸素処理 (以下 CWT と称する) は、蒸気発生装置の入り口側において、復水・給水系統から供給された給水を採取し、その pH が 8.0 ~ 9.0, 溶存酸素が 20 ~ 200 ppb になるように、低圧給水加熱器の入り口側からアンモニアを注入する。また、復水昇圧ポンプの入り口側および給水ポンプの入り口側から酸素を注入するというものである。

【0005】

また、リン酸塩処理は pH 調整剤として苛性ソーダなどを用い、硬度除去剤としてリン酸ソーダなどを用いるもので、pH の調整範囲は一般に高く、10.5 ~ 11.8 程度である。この方式は、圧力 30 kg/cm² 級以下のボイラによく使用されている。pH が高いので鋼材の防食に適し酸素の侵入にも強く、また復水器から海水がリークしたときにもボイラ水の pH の低下を防ぎ腐食を防止する。しかしながら、熱負荷の大きいところ、あるいはスケールなどの付着している部分では苛性ソーダの濃縮が起こり腐食を引き起こすので、中圧、高圧ボイラでは使われていない。

【0006】

これらの水処理法は、いずれも火力プラントの給水系の防食を目的とした技術であるが、上述した三つの水処理としては、たとえば、特開昭 60 - 100688 号公報, 特開平 4 - 128395 号公報に記載のものが知られている。また、上述した三つの水処理の pH および溶存酸素の範囲としては、「JIS, 日本規格協会, 1989 年発行, ボイラの給水およびボイラ水の水質 (JIS B 8223)」に記載されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

近年の火力プラントにおける水処理は、前述した三つの水処理のうち、CWT の水処理法が主流になりつつある。前述した AVT の水処理においては、蒸気発生装置に給水される復水の pH を 9.0 ~ 9.6 (アルカリ性) としているので、鉄の溶出抑制に対して有効であり、蒸気発生装置の蒸発管等の信頼性を保つことができるが、プラントによっては、蒸気発生装置の蒸発管の内面にスケールが生成し、蒸気発生装置の差圧を著しく上昇させることがわかってきている。これに対し、CWT の水処理においては、蒸気発生装置に給水される復水に注入された酸素により、蒸気発生装置の蒸発管の内面にヘマタイトの粒子を

10

20

30

40

50

生成させ、緻密で平滑な皮膜表面を形成し、スケール（腐食）を防止し蒸気発生装置の差圧上昇を抑制することができるからである。

【 0 0 0 8 】

しかし、CWTの水処理においては、温度が低い場合、前述したヘマタイトの粒子の生成が不十分となり、機器を構成する鉄鋼材等から鉄の溶出を増加させるという問題点がある。特に、低圧タービンおよび給水ポンプ駆動タービンにおいては、駆動源である蒸気が凝縮する湿り蒸気領域にあるので、温度が低く、前述したヘマタイトの粒子の生成が不十分となる。これにより、タービンを構成する材料の腐食を加速し、タービンの信頼性を低下させる恐れがある。

【 0 0 0 9 】

また、一方でタービンの動翼の付け根のdovetail部にはしばしば、すき間腐食や応力腐食割れを生じタービン翼の信頼性を損なうこともある。この問題は、低圧タービンのローターの信頼性、寿命を左右する要因となっており、腐食や固形物の付着を防ぐために、蒸気中のNaClなどの不純物濃度の管理が行われている。これは、dovetail部のすき間内部とその周辺に酸素濃淡電池を生じ、すき間内部にCl⁻などのハロゲンイオンが濃縮、pHが低下し材料が活性溶解を起こすものである。この酸素濃淡電池が形成されるためには、dovetail部のすき間周辺に溶存酸素濃度の大きな水溶液が必要で、この溶存酸素の上昇は、プラント停止時の減圧時に、蒸気が冷却してできた凝縮水中に、タービン外部から空気が混入するためと推定されている。

【 0 0 1 0 】

ところで、蒸気タービン機器を停止した場合には、タービン温度の低下に伴いタービン機器内の気体が収縮することにより、圧力が大気圧に比べ小さくなった状態で保管されていた。従って、タービンケーシング内のラビリンスなどの軸受けシール部や復水器などからの外気の混入が不可避で、従って凝縮水中の溶存酸素濃度上昇を招き、これがすき間腐食や応力腐食割れ発生の原因となっていると考えられる。

【 0 0 1 1 】

このようなすき間腐食や応力腐食割れには、従来の水質管理方法だけでは対処不可能であった。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、火力プラントのタービン機器停止時でのすき間腐食や孔食を防止し、プラントを構成する機器、特にタービン動翼のdovetail部に対して、効果的かつ高寿命化を計った信頼性の高い保管・停止方法を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の第1の発明によれば、燃料の燃焼により発生させた熱エネルギーを用いて水を蒸気とし、その蒸気によりタービンを回転させてエネルギーを得る火力プラントのタービン機器停止時の保管方法において、タービンケーシング内を非酸化性雰囲気とし、かつ該雰囲気の圧力を大気圧に比べて大きくすることを特徴とする火力プラントのタービン機器停止時の保管方法が提供される。タービンケーシングとは、タービンプレード、タービンロータシャフトを外界と遮断するように納める容器のことである。非酸化性雰囲気とは、最も一般的には不活性ガスであるアルゴン、窒素等を用いることができるが、酸素を含まないガスであれば良い。

【 0 0 1 4 】

上記構成により、タービン機器停止時のタービン中の凝縮水の溶存酸素濃度の増加を防止することができる。すなわち、タービン機器停止時においても、タービンプレードとタービンロータシャフトをつなぐダブティル（dovetail）部等に溶存酸素による隙間腐食が発生せず、信頼性の高い火力プラントのタービン機器を提供することができる。

【 0 0 1 5 】

第1の発明のタービン機器が、高圧タービン、中圧タービン、低圧タービンおよび給水ポンプ駆動タービンのいずれかに適用することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

第 1 の発明の非酸化性雰囲気ガスの注入方法が、タービン停止時の温度低下に伴うタービンケーシング内部の圧力の低下に対応して、前記ガスを注入することが好ましい。タービン停止時には、タービン中の気体が収縮し、ケーシング中の圧力が大気圧に比べて低下する。その圧力低下の程度にあわせて非酸化性ガスの注入を行い、ケーシング中の圧力が常に大気圧に比べて大きい値となるように調整することにより、大気中の酸素がケーシング中に混入することを防止できる。従って、タービン中の凝縮水の溶存酸素濃度の増加を防止でき、隙間腐食を抑制できる。タービンが常温に戻った後はケーシング中の圧力の低下が停止するので、このような必要はなくなるが、タービン停止から常温に戻るには、タービンの大きさにもよるが、数日程度はかかるため、上記方法は効果的である。

10

【 0 0 1 7 】

第 1 の発明の非酸化性雰囲気ガスを、タービン静翼に設けた空気噴出孔からタービンケーシング内に注入しても良い。

【 0 0 1 8 】

第 1 の発明の非酸化性雰囲気ガスを、高圧あるいは低圧タービンの入り口側あるいは復水昇圧ポンプ及び給水ポンプの入り口側から注入しても良い。

【 0 0 1 9 】

第 1 の発明において、タービンケーシング中の凝縮水中にインヒビタを添加しても良い。

【 0 0 2 0 】

また、上記目的を達成するため、本発明の第 2 の発明によれば、燃料の燃焼により発生させた熱エネルギーを用いて水を蒸気とし、その蒸気によりタービンを回転させてエネルギーを得る火力プラントのタービン機器において、タービン停止時に、タービンケーシング内へ非酸化性雰囲気ガスを注入する機構を有することを特徴とする火力プラントのタービン機器が提供される。

20

【 0 0 2 1 】

第 2 の発明において、前記非酸化性雰囲気ガスの該タービンケーシング内への注入量を、タービンケーシング内の圧力計の指示に基づいて、制御する機構を有することが好ましい。ケーシング内の圧力計の指示に基づいて、手動で非酸化性ガスの注入量を制御しても良いが、例えば圧力計の指示を電気的信号として出力し、その出力に応じて、マイクロコンピュータにより非酸化性ガスのポンプのバルブの開閉量を制御するような機構を用いるのが最も好ましい。前述したように、タービンは停止から常温に戻るには数日間かかるため、その間、人間が注入量を連続的に制御するのは難しいからである。

30

【 0 0 2 2 】

上記構成により、タービン停止後の、タービンケーシング内の圧力を長期間一定に保つことができる。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

(実施例 1)

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【 0 0 2 4 】

図 1 は本発明の実施例である火力プラントを示す系統図である。まず、火力プラントの構成を説明する。火力プラントは大別すると蒸気発生装置 11 を上流側とし復水器 1 を下流側とする蒸気系統と、復水器 1 を上流側とし蒸気発生装置 11 を下流側とする復水・給水系統とからなっている。

40

【 0 0 2 5 】

このうち、蒸気系統は、蒸気発生装置 11 で発生した蒸気を駆動源とする高圧蒸気タービン 12 と、高圧蒸気タービン 12 の排出蒸気を蒸気発生装置 11 で加熱し得られた再熱蒸気を駆動源とする中圧蒸気タービン 13 と、中圧蒸気タービン 13 の排出蒸気を駆動源とする低圧蒸気タービン 14 とを備えている。

【 0 0 2 6 】

50

蒸気発生装置 11 で発生した蒸気は、高圧蒸気配管を介して高圧蒸気タービン 12 に供給されタービンを駆動する。高圧蒸気タービン 12 駆動後の蒸気は、低圧蒸気配管を介して低圧蒸気タービン 14 に供給されタービンを駆動する。そして、低圧蒸気タービン 14 駆動後の蒸気は、復水器 1 に排出され凝縮せしめられる。

【0027】

また、上記の系統は、後述する給水ポンプを駆動する給水ポンプ駆動蒸気タービン 15 を備えており、給水ポンプ駆動蒸気タービン 15 には、高圧蒸気配管から分岐した分岐管を介して高圧蒸気タービン 12 に供給される蒸気の一部、もしくは中圧蒸気タービン 13 の抽気が供給されタービンを駆動する。そして、給水ポンプ駆動蒸気タービン 15 駆動後の蒸気は、排出管を介して復水器 1 に排出され、前述同様に凝縮せしめられる。

10

【0028】

一方、復水・給水系統は、蒸気タービン（低圧蒸気タービン 14、給水ポンプ駆動蒸気タービン 15）から排出された蒸気を復水器 1 で凝縮し、得られた蒸気を脱気器 8 に供給する復水系統と、脱気器 8 で脱気された復水を蒸気発生装置 11 に供給する給水系統に区分される。

【0029】

このうち、復水系統は、復水器 1 で凝縮し得られた復水を送水する復水ポンプ 2 と、復水ポンプ 2 からグラウンドコンデンサ 3 を介して送水された復水中に含まれる鉄酸化物等の腐食生成物を除去する復水濾過器 4 と、復水中に含まれる Cl⁻ イオン等を除去する復水脱塩装置 5 と復水濾過器 4 および復水脱塩装置 5 により復水中に含まれる腐食生成物および不純物イオンが除去された復水を低圧給水加熱器 7 を介して脱気器 8 に送水する復水昇圧ポンプ 6 とを備えている。

20

【0030】

また、給水系統は、脱気器 8 により脱塩された復水を高圧給水加熱器 10 を介して蒸気発生装置 11 に給水する給水ポンプ 9 を備えている。なお、給水ポンプ 9 は駆動源として、前述した給水ポンプ駆動蒸気タービン 15 を備えている。

【0031】

復水器 1 で凝縮された復水は、復水ポンプ 2 からグラウンドコンデンサ 3 を介して復水濾過器 4 に送水され、復水中に含まれる鉄酸化物等の腐食生成物を除去する。次に復水は、復水脱塩装置 5 に送水され、復水中に含まれる不純物イオンを除去する。このように、復水中に含まれる腐食生成物および不純物イオンが除去された後、復水昇圧ポンプ 6 によって昇圧され、途中低圧給水加熱器 7 より加熱され、脱気器 8 に送水される。脱気器 8 は、送水された復水を脱気する。そして、脱気器 8 によって脱気された復水は、給水ポンプ 9 によって送水され、途中高圧加熱器により加熱され、蒸気発生装置 11 に給水される。

30

【0032】

まず予備検討として、すき間外部の凝縮水中の溶存酸素濃度をどれくらいに下げればよいかについて、電位測定を実施した。すなわち、290 において、環境水中の溶存酸素濃度を種々に変化させ、12Cr 鋼試験片の電位を測定した。その結果を図 2 に示す。すき間腐食の進行は、すき間内外の酸素濃度差による電位差による局部電池によって進行するので、すき間腐食を防止するには、このすき間内外の電位差を小さくすればよいことになる。すき間内部の酸素は金属の腐食によって消費され、ほぼ数 ppb 以下になっているものと考えられるから、すき間外部の溶存酸素濃度は、この数 ppb の溶存酸素濃度の腐食電位から大きく異ならない値になっていけばよい。図 2 からこの値を読みとると、すき間内外の電位差は 20 ppb 以下ぐらいに、したがって、すき間外部の凝縮水中の溶存酸素濃度は、20 ppb 以下ぐらいになっていけばよいことが分かる。

40

【0033】

次に、この火力プラントの保管停止方法について説明する。

【0034】

電力の出力需要の小さい夜間時に、プラントを停止すべく、出力を徐々に低下させる。それに伴って、蒸気温度も徐々に低下する。この火力プラントの高圧、中圧、低圧タービン

50

、および給水ポンプ駆動タービンの停止時に不活性ガスとして、窒素を注入するために、以下のような手段を講じる。すなわち、プラント停止後高圧タービンとボイラー間、低圧タービンと復水器間のバルブを閉じることにより、タービン部のみをアイソレーションし、他系統から孤立させる。タービン停止後の時間の経過とともに、このタービン内の蒸気温度が下がって圧力が外気圧より低くなった時点で、各タービンに接続した窒素注入ラインのバルブを開く。不活性ガスの圧力は、最初は、2～3気圧に保ち、温度が低下し、大気圧に比べて十分タービン内の蒸気圧が下がった温度、たとえば90℃以下になった時点で窒素の圧力を下げ、かつ外気より数%高く保ち、タービン内を外気に対して加圧条件にする。この停止保管時のタービン中の凝縮水中の溶存酸素濃度をサンプリングラインから凝縮水を採取して計測したところ数10ppb以下であった。また、これと比較のために、プラント停止後従来法である真空保管をして、凝縮水中の溶存酸素濃度を連続測定した。その結果、図3に示すようにデیلیー・スタート・ストップの場合、凝縮水中の溶存酸素は、タービン停止後数時間は数10ppbと低い値を示すが、その後ゆるやかに上昇し、タービン再起動前には、1～2ppmと比較的高い値になった。

10

【0035】

一方、dovetail部に発生する孔食と、dovetail外部の溶存酸素濃度との関係を求めた。すなわち、dovetail部を模擬したすき間試験片をタービンと同じ温度で1～2日蒸気に暴露し、その後デیلیー・スタート・ストップを模擬して、半日間冷却し凝縮中の溶存酸素レベルを種々の濃度に保った後再び昇温するという実験を行った。この実験を2000h行なって、孔食発生数および、孔食深さを調べ、孔食深さから孔食の進行速度を計算した。その結果、図4や図5に示すように、dovetail部すき間周辺の溶存酸素濃度と、発生する孔食数、ならびに孔食の進行速度の間には、比例関係があることが分かった。従って、これらの結果から、本実施例のように、dovetail部に接触する蒸気の凝縮水中の溶存酸素濃度を下げることによって、すき間内外の酸素濃淡電池の形成に起因する、dovetail部内のすき間腐食が抑制される。

20

【0036】

(実施例2)

火力プラントのデیلیー・スタート・ストップのもう一つの実施例を示す。ここでは実施例1で示した、不活性ガスに併用してインヒビタを使用する。すなわち、火力プラントの高圧、中圧、低圧タービン、および給水ポンプ駆動タービンの停止時に不活性ガスとして、アルゴンを実施例1と同様の方法で注入した。すなわち、実施例1と同様にバルブを閉めることによってタービン部分を、復水系や給水系からアイソレーションして孤立させた後、不活性ガスをタービン静翼の空気噴出孔から注入した。圧力は、最初は、2～3気圧に保ち、温度が低下し、ケーシング内の圧力が外気圧よりも小さくなった時点で、不活性ガスの圧力を外気より数%高く保ちその後ガス注入をストップする。次に、タービン入り口から、薬注ポンプで、ヒドラジンを注入する。この停止保管時のタービン中の凝縮水中の溶存酸素濃度をサンプリングラインから凝縮水を採取して計測したところ数10ppb以下であった。

30

【0037】

従って、以上の結果と、図4、図5の結果をあわせて考えると、この定期点検時の不活性ガス注入によりプラント運転中のdovetail部内のすき間内外の酸素濃淡に起因するdovetail部の腐食は大幅に低減できる。

40

【0038】

【発明の効果】

本発明によれば、タービン機器停止時においても、タービンプレードとタービンロータシャフトをつなぐダブテイル(dovetail)部等に溶存酸素による隙間腐食が発生せず、信頼性の高い火力プラントのタービン機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す火力プラントの系統図。

【図2】溶存酸素濃度と腐食電位の関係を示す図。

50

【図 3】タービン停止後の溶存酸素濃度とタービン内温度の変化を示す図。

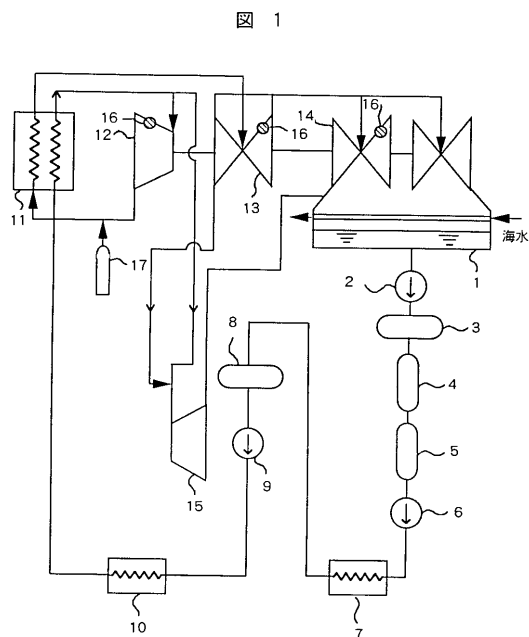
【図 4】隙間外部の溶存酸素濃度と隙間部に発生した孔食数との関係を示す図。

【図 5】隙間外部の溶存酸素濃度と隙間部に発生した孔食の進行速度との関係を示す図。

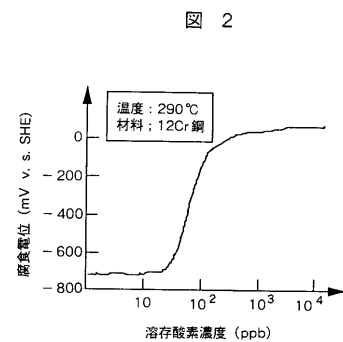
【符号の説明】

1 ... 復水器、2 ... 復水ポンプ、3 ... グランドコンデンサ、4 ... 復水濾過器、5 ... 復水脱塩装置、6 ... 復水昇圧ポンプ、7 ... 低圧給水加熱器、8 ... 脱気器、9 ... 給水ポンプ、10 ... 高圧給水加熱器、11 ... 蒸気発生装置、12 ... 高圧蒸気タービン、13 ... 中圧蒸気タービン、14 ... 低圧蒸気タービン、15 ... 給水ポンプ駆動蒸気タービン、16 ... 差圧計、17 ... 窒素注入ライン。

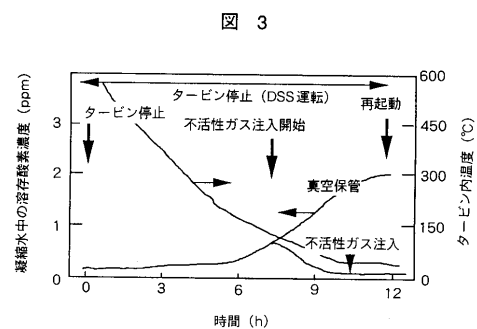
【図 1】



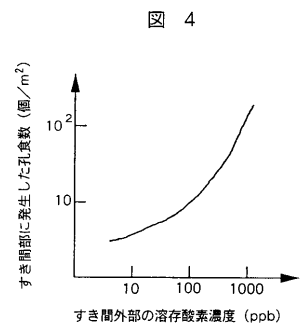
【図 2】



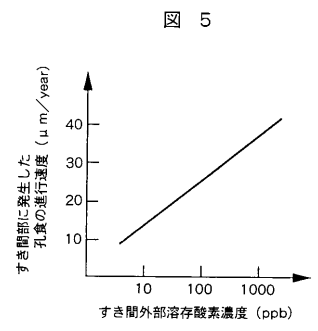
【図 3】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 清水 暢夫
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立工場内
- (72)発明者 辻 義嗣
大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号 関西電力株式会社内

審査官 植村 貴昭

- (56)参考文献 特開平07-054607(JP,A)
特開平08-074075(JP,A)
特開昭60-145405(JP,A)
特開昭57-188704(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F01D 21/00
F01D 25/00