

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4299974号  
(P4299974)

(45) 発行日 平成21年7月22日(2009.7.22)

(24) 登録日 平成21年4月24日(2009.4.24)

(51) Int.Cl.

F 1

G 2 1 F	9/28	(2006.01)
B 0 1 F	1/00	(2006.01)
B 0 1 F	5/06	(2006.01)

G 2 1 F	9/28	5 2 5 D
B 0 1 F	1/00	A
B 0 1 F	5/06	

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-26020 (P2001-26020)
(22) 出願日	平成13年2月1日 (2001.2.1)
(65) 公開番号	特開2002-228796 (P2002-228796A)
(43) 公開日	平成14年8月14日 (2002.8.14)
審査請求日	平成18年8月10日 (2006.8.10)

(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(73) 特許権者	591172663 荏原工業洗浄株式会社 神奈川県川崎市川崎区江川1丁目4番1号
(74) 代理人	100078765 弁理士 波多野 久
(74) 代理人	100078802 弁理士 関口 俊三
(72) 発明者	遠田 正見 神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝 浜川崎工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法およびその装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

放射線取扱い施設の構造部品を除染対象物とし、この除染対象物の表面に生成または付着した放射性物質を含む酸化皮膜を、オゾンが溶解した除染液の酸化力によって化学的に溶解除去する放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法において、

前記除染液にオゾンを溶解させる工程として、中空糸エレメントを多数束ねた多管式中空糸型ミキサを除染液循環路に設置し、前記中空糸型ミキサは各中空糸エレメントのそれぞれの先端からオゾンガスが吹き出されて前記各中空糸エレメントの外部を流れる除染液と混合し、除染液出口部方向に送出されて前記除染液中に供給する工程を備えることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法。

## 【請求項 2】

除染対象物である放射線取扱い施設の構造部品に、除染液を収容した除染槽から除染液を供給し、前記除染対象物の表面に生成または付着した放射性物質を含む酸化皮膜を化学的に溶解除去する除染系統と、前記除染槽に接続されて前記除染液にオゾンを注入するオゾン注入系統とを備えた放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、

前記オゾン注入系統の除染液循環配管に、中空糸エレメントを多数束ねて構成した多管式中空糸を備えた中空糸型ミキサを設けてなり、

この中空糸型ミキサは、前記各中空糸エレメントのそれぞれの先端からオゾンガスが吹き出されて前記各中空糸エレメントの外部を流れる除染液と混合し、除染液出口部方向に送出されて前記除染液中に注入する構成としたことを特徴とする放射線取扱い施設の構

造部品の化学除染装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、

前記中空糸型ミキサは、前記オゾン注入系統の除染液循環配管の一部に設置されたホルダ内に前記多管式中空糸を収納して構成されていることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、

前記ホルダは除染液が流通する流路管の一部の配管として構成されており、

前記多管式中空糸の各中空糸エレメントは除染液出口部方向に糸長方向を沿わせて挿入されていることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置。 10

【請求項 5】

請求項 3 記載の放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、

前記ホルダは筒形容器状で一端側に除染液流入口および流出口を有し、その除染液流入口および流出口を前記オゾン注入系統の除染液循環配管に連結したものであり、

前記多管式中空糸は前記ホルダ内に糸長方向をホルダ軸方向に沿わせて挿入されていることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

20

本発明は、例えば原子力発電プラント等に設置された配管、機器その他の構造部品に付着した放射性物質を含む金属酸化物を化学的に溶解して、その構造部品の表面から除去するための放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

原子力発電プラント等の放射線取扱い施設においては、放射性物質を含む流体と接触する配管、機器その他の構造部品の内面に、運転に伴って放射性核種を含む酸化皮膜が付着または生成する。そのため、配管や機器等の周囲においては放射線量が高まり、定期点検作業時あるいは原子炉廃止措置時の解体作業において作業員の被ばく防止の点から作業性低下の原因となっている。 30

【0003】

このような酸化皮膜を除去するには、酸化皮膜あるいは金属母材を溶解し、酸化皮膜を溶液中に溶解あるいは剥離させる方法などが用いられており、特に化学的に酸化皮膜を溶解、除去する化学除染方法は、一部実機において実施され、放射性物質低減に大きな効果を上げている。

【0004】

従来、この化学除染方法として種々の提案がなされており、酸化皮膜中のクロム系酸化物を酸化剤により酸化溶解する工程と、酸化皮膜中の主要成分である鉄系酸化物を還元剤により還元溶解する工程を組み合わせた方法などが知られている。例えば特開昭 55 - 135800 号公報においては、放射線取扱い施設の構造部品を除染対象物とし、この除染対象物の表面に生成または付着した放射性物質を含む酸化皮膜を、オゾンが溶解した除染液の酸化力によって化学的に溶解除去する放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法が開示されている。また、特開 2000 - 81498 号公報には、高濃度オゾン液による酸化処理とシュウ酸による還元処理を組み合わせて、放射線取扱い施設の構造部品を除染する方法が開示されている。 40

【0005】

このように、オゾンガスが溶解した水溶液を酸化剤として用いる場合、オゾンガスを効率良く溶解し、高濃度のオゾン液を生成することで除染性能を高めることができる。一般産業においてオゾンガスは浄水場での水処理および半導体の洗浄等に使用されており、そこで適用されている主なオゾンガスの溶解方法または機器として、例えば(1)ミキシング

40

50

ポンプ、(2)ハニカム型ミキサ、(3)拡散膜型ミキサ、(4)散気管等がある。

#### 【0006】

(1)のミキシングポンプは、ガスと水とを混合する専用のポンプであり、サクション側にオゾンガスを供給して高濃度のオゾン液を生成する構成となっている。汎用品の最大流量は $30\text{ m}^3/\text{h}$ 程度あるため、小規模な除染工事の仮設除染ポンプに適用可能である。しかし、このミキシングポンプにおいて、大規模な除染工事を行うには多数のポンプ台数が必要となる。例えば原子炉シュラウド取り替え工事の際の炉内除染では数百 $\text{m}^3/\text{h}$ の仮設除染ポンプが必要となるため、ミキシングポンプを使用すると10台以上必要となる。

#### 【0007】

10

(2)のハニカム型ミキサは例えば特開平9-38660号公報等で開示されているように、ハニカムエレメントを円筒内に組み込み、この円筒内にオゾンガスと水溶液の混合水を通水する構成のものである。これにより、オゾンガスの粒径を $\mu\text{m}$ オーダまで小さくすることができ、ハニカムエレメントを多段にすることで高濃度のオゾン水溶液が生成可能である。ところが、このハニカム型ミキサは流体の流れに直角衝突、分散、合流、蛇行、渦流などを与えるため圧力損失が非常に大きい。汎用品のオゾン発生器から出るオゾンガスの吐出圧力は、最大でも $0.2\text{ MPa}$ 程度であるため、除染装置の配管系統内に本ミキサを設置した場合、オゾンガスを圧入できない可能性が大きい。

#### 【0008】

20

(3)の拡散膜型ミキサは、中空糸膜の膜内に水溶液を通水し、その外側から膜内にオゾンガスを拡散させてオゾン液を生成するものである。しかし、この拡散型ミキサにおいては、ユニット当たりの処理水量は大容量タイプでも $1\text{ m}^3/\text{h}$ 程度であり、膜内にオゾンガスを拡散させるためには、オゾンガスの供給圧力が $0.15\text{ MPa}$ 以上必要である。前述のハニカム型ミキサと同様に、汎用品のオゾン発生器から出るオゾンガスの吐出圧力は最大でも $0.2\text{ MPa}$ 程度であるため、水中に効率良くオゾンガスを溶解できない可能性が大きい。また、前述のハニカム型ミキサも含めてオゾンガス溶解ミキサは、半導体の洗浄用や食品用の水の殺菌などに開発されたものが多いため、ユニット当たりの処理水量が小さい。このため、除染液を数十~数百 $\text{m}^3/\text{h}$ で循環させて除染する大規模工事には不向きと考えられる。

#### 【0009】

30

(4)の散気管は、極微細気孔(最小 $50\sim80\mu\text{m}$ )を有するアルミニナ質の磁器製筒に、オゾンガスを供給してオゾン液を生成するものであり、主に浄水場の処理タンク内に設置して使用されている。この散気管によると、処理タンク内に散気管を介して直接オゾンガスを供給する場合は、オゾンガスの気泡をタンク内に均一分散させることにより、溶存オゾン濃度が向上する。ただし、除染タンク内の攪拌は、除染液循環ラインの循環ポンプにより行う場合が多いため、除染タンク内の線流速を大きくするために大容量の循環ポンプが必要である。

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述したように、従来のオゾンガスの溶解方法または機器においては、種々の課題がある。すなわち、(1)のミキシングポンプにおいては、大規模な除染作業を行うには多数のポンプ台数が必要となり、(2)のハニカム型ミキサにおいては、流体の流れに直角衝突、分散、合流、蛇行、渦流などを与えるため圧力損失が非常に大きく、除染装置の配管系統内に本ミキサを設置した場合にオゾンガスを圧入できない可能性が大きい。(3)の拡散膜型ミキサにおいては、オゾンガスの吐出圧力が小さいため、水中に効率良くオゾンガスを溶解できない可能性が大きく、ユニット当たりの処理水量が小さい。(4)の散気管においては、溶存オゾン濃度が向上するが、除染タンク内の線流速を大きくするために大容量の循環ポンプが必要である。

#### 【0011】

本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、原子力発電施設の配管、機

40

50

器その他の構造部品に付着した放射性物質をオゾン液により酸化溶解させる場合に、大容量の除染液が循環する除染装置の配管系統内に大量のオゾンガスを効率的に溶解させることができ、しかもその機能を低コストで達成することができる放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法およびその装置を提供することを目的とする。

## 【0012】

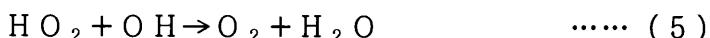
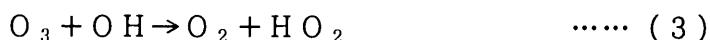
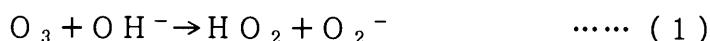
## 【課題を解決するための手段】

現在、実用的に利用されているオゾン発生器の方式としては、紫外線方式、水電解方式、放電式がある。これらのオゾン発生器から出るオゾンは酸化力を持つ気体であり、水中に溶解したオゾンは下式(1)～(5)のような反応により分解し、各種の活性酸素が生成する。

10

## 【0013】

## 【数1】



20

## 【0014】

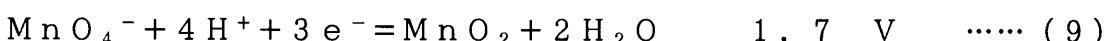
上記(1)～(5)式において生成されるオゾンその他の活性酸素は、下式(6)～(9)に示すように、電極反応により酸化還元電位(NHE基準)を生じさせる。

## 【0015】

## 【数2】



30



## 【0016】

上記(7)、(9)式に示すように、オゾンの電極反応による酸化還元電位は2.07Vであるのに対し、過マンガン酸イオンの場合は1.7Vであり、オゾンは過マンガン酸イオンに比較して強い酸化力を持っている。

## 【0017】

放射線取扱い施設、例えば原子力発電所の配管、構造部品等の表面に付着または生成する酸化皮膜のうち、難溶性のクロム系酸化物は酸化力を持つ除染剤により溶解することが可能である。オゾンは上述のように強い酸化力を持つため、酸化溶解のための除染剤として適用可能である。

40

## 【0018】

ところで、このようなオゾンによる除染性能は、除染液中のオゾン濃度に大きく影響する。そこで、本発明は除染液中に効率良くオゾンガスを溶解するために、除染液中へのオゾンガスの溶解方法および溶解装置を最適化し、それにより前記目的を達成するものである。

## 【0019】

すなわち、請求項1に係る発明では、放射線取扱い施設の構造部品を除染対象物とし、

50

この除染対象物の表面に生成または付着した放射性物質を含む酸化皮膜を、オゾンが溶解した除染液の酸化力によって化学的に溶解除去する放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法において、前記除染液にオゾンを溶解させる工程として、中空糸エレメントを多数束ねた多管式中空糸型ミキサを除染液循環路に設置し、前記中空糸型ミキサは各中空糸エレメントのそれぞれの先端からオゾンガスが吹き出されて前記各中空糸エレメントの外部を流れる除染液と混合し、除染液出口部方向に送出されて前記除染液中に供給する工程を備えることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法を提供する。

#### 【0020】

請求項2に係る発明では、除染対象物である放射線取扱い施設の構造部品に、除染液を収容した除染槽から除染液を供給し、前記除染対象物の表面に生成または付着した放射性物質を含む酸化皮膜を化学的に溶解除去する除染系統と、前記除染槽に接続されて前記除染液にオゾンを注入するオゾン注入系統とを備えた放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、前記オゾン注入系統の除染液循環配管に、中空糸エレメントを多数束ねて構成した多管式中空糸を備えた中空糸型ミキサを設けてなり、この中空糸型ミキサは、前記各中空糸エレメントのそれぞれの先端からオゾンガスが吹き出されて前記各中空糸エレメントの外部を流れる除染液と混合し、除染液出口部方向に送出されて前記除染液中に注入する構成とされたことを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置を提供する。

#### 【0021】

請求項3に係る発明では、請求項2記載の放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、前記中空糸型ミキサは、前記オゾン注入系統の除染液循環配管の一部に設置されたホルダ内に前記多管式中空糸を収納して構成されていることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置を提供する。

#### 【0022】

請求項4に係る発明では、請求項3記載の放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、前記ホルダは除染液が流通する流路管の一部の配管として構成されており、前記多管式中空糸の各中空糸エレメントは除染液出口部方向に糸長方向を沿わせて挿入されていることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置を提供する。

#### 【0023】

請求項5に係る発明では、請求項3記載の放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置において、前記ホルダは筒形容器状で一端側に除染液流入口および流出口を有し、その除染液流入口および流出口を前記オゾン注入系統の除染液循環配管に連結したものであり、前記多管式中空糸は前記ホルダ内に糸長方向をホルダ軸方向に沿わせて挿入されていることを特徴とする放射線取扱い施設の構造部品の化学除染装置を提供する。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る放射線取扱い施設の構造部品の化学除染方法および装置の実施形態について、図面を参照して説明する。

#### 【0025】

図1～図6は一実施形態を示している。図1は除染液へのオゾン注入系の構成を示す要部系統図であり、図2は図1に示したオゾン注入系を組込んだ化学除染装置の構成を示す全体系統図である。

#### 【0026】

図2に示すように、本実施形態の化学除染装置は大別して、除染槽1から除染液2を除染対象物3に供給および還流させる除染液循環系統4と、除染槽1内の除染液2にオゾンを注入するためのオゾン注入系統5とからなっている。

#### 【0027】

除染液循環系統4は、除染槽1の底部から除染液2を供給する除染液供給配管6と、除染対象物3内を流通して除染に供された後の除染液2を除染槽1内に戻す除染液還流配管7とを有する。除染液供給配管6にはその上流側から下流側に沿って循環ポンプ8、ヒータ

10

20

30

40

50

9、光照射部10およびイオン交換部11が設けられている。光照射部10およびイオン交換部11は、除染液浄化系12を構成している。

#### 【0028】

一方、オゾン注入系統4は、オゾン発生器13から除染槽1の除染液2にオゾンガスを気体状態で直接供給するオゾンガス注入系14と、オゾンガスを液(除染液)中に混合させて供給するオゾン液注入系15とからなっている。オゾンガス注入系14は、例えば純水を電気分解して陽極室からオゾンを発生させる固体電解質電界法によるオゾン発生器13と、除染槽1の底部に配置した散気管16と、これらのオゾン発生器13と散気管16とを連結するオゾンガス配管17とによって構成されている。そして、散気管16から除染槽1内の除染液2にオゾンガスを吹き込んでオゾンを除染液2に溶解させるものである。  
また、オゾン液注入系15は、除染槽1に対して閉ループ状に設けた除染液循環配管18と、この除染液循環配管18に除染液流通方向に沿って順次に設けたミキシングポンプ19、ヒータ20および中空糸型ミキサ21とを備えて構成されている。そして、ミキシングポンプ19および中空糸型ミキサ21内を通る除染液2に、それぞれオゾン発生器13からオゾンガス供給配管22, 23を介してオゾンガスを供給するようになっている。なお、ミキシングポンプ19はサクション側にオゾンガスを供給する公知の気液混合用の専用ポンプである。中空糸型ミキサ21は新規なものであり、後に詳細に説明する。

10

#### 【0029】

本実施形態ではさらに、PH調整剤注入系24および有機酸注入系25が設けられている。  
PH調整剤注入系24は、PH調整剤26をPH調整剤注入配管27により除染槽1に供給するものである。また、有機酸注入系25は、有機酸28を有機酸注入配管29により除染槽1に供給するものである。

20

#### 【0030】

このような構成において、除染槽1には有機酸注入系25から有機酸例えばシュウ酸が注入され、これが除染液2として収容される。また、PH調整剤供給系24からPH調整剤26、例えば硝酸を加えてPH5以下とした酸性溶液に、オゾン発生器13で発生したオゾンガスをオゾンガス注入系14およびオゾン液注入系15から除染槽1内に注入することにより、シュウ酸をオゾン含有水溶液とし、この水溶液を除染液2とする。

#### 【0031】

この除染液2が、除染槽1内から除染液循環系統4の除染液供給配管6を通して循環ポンプ8により除染対象物3に供給される。この際、除染液2は、ヒータ9により所定の温度に昇温されるとともに、高濃度でオゾンを含有した状態で供給される。除染対象物3である構造部品の内面の金属表面に付着した放射性物質を含む酸化皮膜中の鉄酸化物は、還元反応、酸溶解、キレート化等によって溶解する。すなわち、除染対象物3の内表面に付着した放射性物質を含む酸化皮膜中のクロム酸化物が酸化溶解される。この溶解により除染液2中に溶出した鉄あるいは放射性核種であるコバルト等の陽イオンは、除染液還流配管6に戻された後、除染槽1から除染液循環系統4の除染液供給配管6に流出した際に、イオン交換部11において陽イオン交換樹脂により分離、回収される。

30

#### 【0032】

一方、オゾン発生器13で発生したオゾンガスは、前記のようにオゾンガス注入系14およびオゾン液注入系15を経て除染液2に注入される。これにより除染液2にはオゾンが含有されており、この除染液2が除染槽1から除染液循環系統4に流出する際、除染液2のシュウ酸は、除染液供給配管6に設けられた光照射部10において光照射を受け、CO<sub>2</sub>ガスと水とに分解されて、浄化される。

40

#### 【0033】

このように、オゾンを含有した除染液2により、除染対象物3の内表面に付着した放射性物質を含む酸化皮膜中のクロム酸化物の酸化溶解が行われるとともに、溶出金属の分離およびシュウ酸の分解が平行して行われることにより、化学除染が実施される。

#### 【0034】

次に、図1および図3～図4も参照してオゾン液注入系15および中空糸型ミキサ21等

50

について、さらに詳細に説明する。図3は中空糸型ミキサ21の構成部品を示す分解図であり、図4は組立状態を一部断面として示す構成図である。

#### 【0035】

図3および図4に示すように、本実施形態の中空糸型ミキサ21はオゾン注入系統5の除染液循環配管18の一部に設置される略T形管状のホルダ30と、このホルダ30に着脱可能に収納されるユニットとしての多管式中空糸31とによって構成されている。ホルダ30は、直管部32と、この直管部32の長さ方向中央位置よりも長さ方向にずれた位置に直交状態で連通接続された交差管部33とからなり、直管部32の両端および交差管部33の先端には接続用のフランジ34、35、36が形成されている。直管部32のうち、交差管部との交差位置から先端までの長さが小さい部分が一次側とされ、その先端側が除染液入口部37とされている。また、直管部32のうち、交差管部33との交差位置から先端までの長さが大きい部分が二次側とされ、その先端側が除染液出口部38とされている。すなわち、本実施形態のホルダ30は交差管部33の位置を基準として、相対的に、直管部32の一次側(除染液入口側)が短く、二次側(除染液出口)が長く構成されている。そして、それぞれその各端部がオゾン液注入系統5の除染液循環配管18の図示しないフランジに接合される。これにより、ホルダ30は除染液2が流通する流路管の一部の配管として構成される。10

#### 【0036】

また、交差管部33は直管部32の一次側と略同程度またはこれより短く、その先端のフランジ34には蓋状のフランジ39が着脱可能に連結できるようにしてある。この蓋状のフランジ39の中心位置外面側(図の上面側)にはオゾンガス供給部となるノズル管40が突設され、またこのフランジ39の中心位置内面側(図の下面側)にはノズル管40に連通する一定径の筒状の中空糸取付け部41が設けられている。この蓋状のフランジ39はボルト・ナット等の締結具42により、気密に接続される。20

#### 【0037】

一方、多管式中空糸31は、小径な中空糸エレメント43を多数平行に引き揃えて束ねた構成のものであり、各中空糸エレメント43の一端側を筒状のヘッダ44によって統合してある。このヘッダ44を蓋状のフランジ39の中空糸取付け部41に着脱可能に密接嵌合して固定することにより、蓋状のフランジ39に一体化してある。各中空糸エレメント43の内径は例えば2.6mm、長さは30cmであり、185本を収束配置してある。なお、中空糸エレメント43の材質は例えばフッ素樹脂であり、その内径は最小で0.9mmまで小さくすることができる。このように構成された中空糸エレメント43の集合体である多管式中空糸31が、ホルダ30の交差管部33内に先端から導入され、直管部32の相対的に長い二次側に配装される。30

#### 【0038】

これにより、図4に示すように、多管式中空糸31の各中空糸エレメント43は除染液2の流れ方向に糸長方向を沿わせて挿入される。

#### 【0039】

図1は、このような構成の中空糸型ミキサ21を組込んだオゾン注入系統5の構成を示している。中空糸型ミキサ21のホルダ30は、この組込みにより除染液循環配管18に連結されて除染液循環流路の一部をなしている。また、蓋状のフランジ39に設けられたノズル管40がオゾン発生器13に一つのオゾンガス供給配管23を介して連結されている。40

#### 【0040】

そして、上述した除染対象物3に対する除染作用時においては、オゾン発生器13から発生するオゾンガスは、ミキシングポンプ19、中空糸型ミキサ21および散気管16のそれぞれに供給される。この際、ミキシングポンプ19および中空糸型ミキサ21により、除染液循環配管18においてオゾンガスと除染液2が混合されて、除染槽1内に送出される。なお、ミキシングポンプ19は例えば最大流量15m<sup>3</sup>/h(実験値)であり、散気管16は気孔径50~80μmのものである。50

## 【0041】

中空糸型ミキサ21においては、オゾンガスがノズル管40を経てホルダ30内の各中空糸エレメント43に供給され、それぞれその先端から吹き出される。また、除染液2はホルダ30の除染液入口部37から流入し、除染液出口部38へ抜けるが、この間にホルダ30内で除染液2とオゾンガスとが混合され、除染槽1側へ送出されるものである。なお、系統内の圧力損失が大きい場合でも、各中空糸エレメント43の先端はホルダ30内では除染液出口部38を向くように挿入されているため、ホルダ30内ではエゼクタ効果(負圧吸引)を期待することができる。

## 【0042】

図5は、図1～図4に示した本実施形態の装置に対応する試験装置により、中空糸型ミキサ21、ミキシングポンプ19および散気管16のそれぞれからオゾンガスを個別に供給し、除染槽1に対応する図示しないタンク内の溶存オゾン濃度を測定した結果を示すグラフである。この図5に示したように、中空糸型ミキサ(印)およびミキシングポンプ(印)の場合には、除染液循環流を大きくするとほぼ直線的に向上し、しかも両者はほとんど同じ濃度を示した。図5の横軸に示した循環流量が $15\text{ m}^3/\text{h}$ において、オゾン濃度は $2.3\text{ ppm}$ であった。一方、散気管(印)では循環流量の依存性が小さく、しかもタンク内のオゾン濃度は循環流量 $15\text{ m}^3/\text{h}$ において中空糸型ミキサの1/2程度しか得られなかった。

## 【0043】

この結果より、本実施形態の中空糸型ミキサ21によれば、従来のミキシングポンプと同等のオゾンガス溶解性能を得られることがわかった。したがって、例えば原子力発電所で行われる除染工事において、原子炉内を除染する大規模除染作業では数百 $\text{m}^3/\text{h}$ で除染液を循環して除染するが、このような大規模除染作業についてオゾン除染を適用した場合、市販されているミキシングポンプでは容量が最大でも数十 $\text{m}^3/\text{h}$ であるため、ミキシングポンプは10台以上必要となるのに対し、本実施形態による中空糸型ミキサ21を適用した場合には、ホルダ容量対応によるスケールアップ化により一台だけで容易に対応することが可能であり、構成の大幅なコンパクト化が図れる。そして、例えば数百 $\text{m}^3/\text{h}$ で除染液が循環する除染装置の系統配管には、通常のフィルターハウジングを取り付けるような簡便な工事で済む。また、中空糸エレメントの本数はオゾンガス発生量に応じて増加するが、中空糸の本数に応じたスケールアップ化が容易に可能であり、ミキシングポンプを設置する場合と比較して、大幅なコストダウンが可能である。

## 【0044】

また、図6は上述した図1の装置を実際に用いて、中空糸型ミキサ21からオゾンガスを供給して除染槽1内の溶存オゾン濃度分布を測定した結果を示している。同図において、横軸に除染槽の液面からの深さを示し、縦軸に除染槽内オゾン濃度を示している。この図6に示したように、測定位置として、横方向が中心部(印)と壁面部(印)を設定した。また、深さ方向は液面から $20\text{ cm}$ 、 $50\text{ cm}$ 、 $95\text{ cm}$ とした。この結果、除染槽内のオゾン濃度は、平均値 $3\text{ ppm}$ に対して $\pm 5\%$ 程度のバラツキ幅で均一に分布していることがわかった。

## 【0045】

したがって、本実施形態によれば、中空糸型ミキサ21を用いてオゾンガスと除染液を混合した場合、除染槽1内のオゾン濃度はほぼ均一化されるため、これにともなって除染対象表面の均一な除染が可能となることが認められた。

## 【0046】

例えば原子力発電所ではPLR(原子炉再循環系)ポンプ部品等を取り替えた際に発生する使用済みの機器を除染する機器除染や、定検時の作業員の被ばくを低減するために据え付け状態のPLR配管を除染する供用中除染、または原子炉内のシュラウドを交換する際に作業員の被ばくを低減するための大規模炉内除染など行われている。化学除染後に放射性物質が残留していると、作業員の被ばくが増加するため、除染対象面を均一に除染することが重要である。本実施形態の中空糸型ミキサを適用した場合には、上述の如く溶存オ

10

20

30

40

50

ゾン濃度分布を均一化することができるため、除染性能の向上が図れるとともに、除染後の作業員の被ばく低減が図れる。すなわち、本実施例によると、除染液中へのオゾンガス溶解方法および装置を最適化した結果、高性能化、高機能化が図れるものとなる。

#### 【0047】

図7および図8は他の実施形態による中空糸型ミキサ21(21a)を示している。図7は中空糸ミキサ21aの構成部品を示す分解図であり、図8は組立状態を一部断面として示す構成図である。

#### 【0048】

これらの図7および図8に示すように、この実施形態の中空糸ミキサ21aはオゾン注入系統5の除染液循環配管18の一部に設置される筒形容器状のホルダ45と、このホルダ45に着脱可能に収納されるユニットとしての多管式中空糸31とによって構成されている。この筒形容器状のホルダ45は、筒状本体46と蓋体47とにより構成されている。

10

#### 【0049】

すなわち、筒状本体46は縦長で底部が閉塞した円筒状のものであり、軸方向一端側である図の上端側が開口し、その開口部周辺にはフランジ部48が形成されている。また、蓋体47は、筒状本体46の上端開口部を塞ぐフランジ状のものであり、この蓋体47の周辺近傍位置には外方(上方)に突出する状態で、除染液入口ノズル49と、除染液出口ノズル50が設けられている。これらの各ノズル49, 50は、オゾン液注入系統5の除染液循環配管18の一部に、前記一実施形態と同様に接続され、これにより除染液2が流通する流路管の一部として構成され得る。なお、図7に示したように、除染液入口ノズル49には下方に延びるパイプ51が連結され、除染液2を筒状本体46の底部付近に導くことができる。

20

#### 【0050】

また、蓋体47の中心位置外面側(図の上面側)には前記一実施形態と同様のオゾンガス供給部となるノズル管52が突設され、またこの蓋体47の中心位置内面側(図の下面側)にはノズル管52に連通する一定径の筒状の中空糸取付け部53が設けられている。この蓋体47はボルト・ナット等の締結具54により、気密に接続される。また、多管式中空糸31は、前記一実施形態と同様に、小径な中空糸エレメント43を多数平行に引き揃えて束ねた構成のものであり、各中空糸エレメント43の一端側を筒状のヘッダ55によって統合してある。このヘッダ55を蓋体の中空糸取付け部53に着脱可能に密接嵌合して固定することにより、一体化してある。そして、蓋体47は図8に示すように、ボルト・ナット等の締結具54により筒状本体に気密に接続固定される。

30

#### 【0051】

この実施形態においても、オゾンガスはノズル管52から中空糸エレメント43を介して容器状のホルダ45内に供給され、除染液2が除染液入口ノズル49から除染液出口ノズル50に抜ける間に、ホルダ45内でオゾンガスと除染液2とが混合され、除染槽1に排出される。

#### 【0052】

このような図7および図8に示した実施形態とっても、前記一実施形態と略同様の作用効果が奏される。そして、この実施形態の構成によると、除染液2の循環流量およびオゾンガス量が大きくなっても、中空糸エレメント43を収納しているホルダ45を大きくすることにより、容易に大容量のオゾン液を生成することが可能となるので、一層の容量対応性向上が図れる。また、既存設備等に対する付加等についても、より簡便に行うことができる。

40

#### 【0053】

#### 【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、中空糸を多数束ねた多管式中空糸型ミキサからオゾンガスを供給してオゾン液を生成することにより、高濃度の溶存オゾン濃度を得ることができるので、除染前放射性物質量を大幅に低減可能である。また、除染槽内のオゾン濃度を

50

均一化できるため、除染対象表面を均一に除染でき、これにより定検時の作業員の被ばくを大幅に低減することができる。さらに、大容量のオゾンガスを供給する場合は中空糸本数を増やすのみで、大容量の除染液を循環する場合は中空糸を収納するホルダを大きくするだけで対応可能であるため、装置のスケールアップが容易である。さらにまた、従来のミキシングポンプと比較して、大規模除染の際のスケールアップ化が容易であるため、除染装置費用の大幅な低コスト化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるオゾン注入系統を示す系統図。

【図2】図1に示したオゾン注入系統を含む化学除染装置の全体構成を示す系統図。

【図3】図1, 2に示した系統の中空糸型ミキサの構成部品を示す分解図。 10

【図4】図3に示す部品の組立状態を一部断面にして示す構成図。

【図5】上記一実施形態の作用説明図で、各オゾンガス溶解機器におけるオゾン濃度と循環流量の関係を示す特性図。

【図6】上記一実施形態の作用説明図で、中空糸型ミキサにおける除染槽内の溶存オゾン濃度分布を示す特性図。

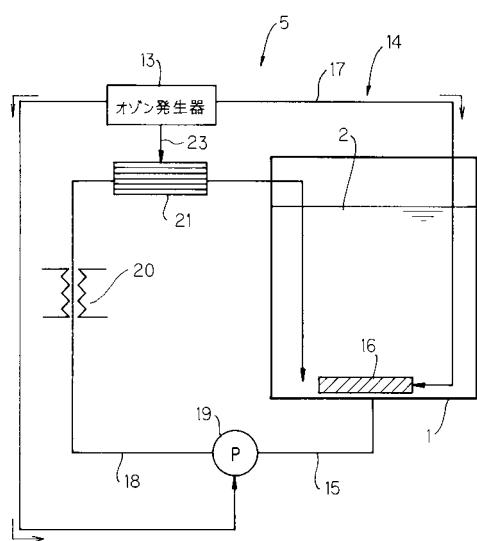
【図7】本発明の他の実施形態による中空糸型ミキサの構成部品を示す分解図。

【図8】図7に示す部品の組立状態を一部断面にして示す構成図。

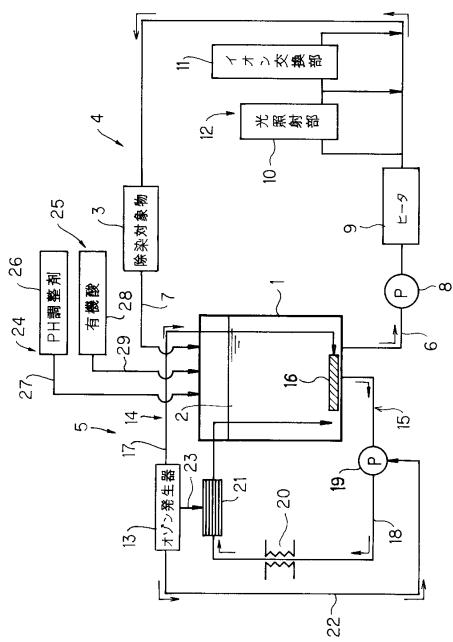
【符号の説明】

- |     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 1   | 除染槽           | 20 |
| 2   | 除染液           |    |
| 3   | 除染対象物         |    |
| 4   | 除染液循環系統       |    |
| 5   | オゾン注入系統       |    |
| 6   | 除染液供給配管       |    |
| 1 3 | オゾン発生器        |    |
| 1 4 | オゾンガス注入系      |    |
| 1 5 | オゾン液注入系       |    |
| 1 7 | オゾンガス配管       |    |
| 1 8 | 除染液循環配管       |    |
| 1 9 | ミキシングポンプ      | 30 |
| 2 0 | ヒータ           |    |
| 2 1 | 中空糸型ミキサ       |    |
| 3 0 | ホルダ           |    |
| 3 1 | <u>多管式中空糸</u> |    |
| 4 3 | 中空糸エレメント      |    |
| 4 5 | ホルダ           |    |

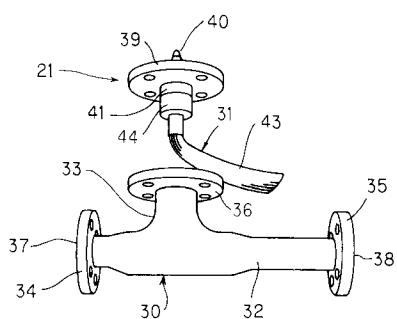
【図1】



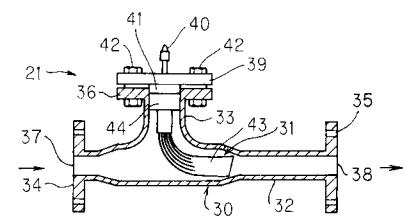
【図2】



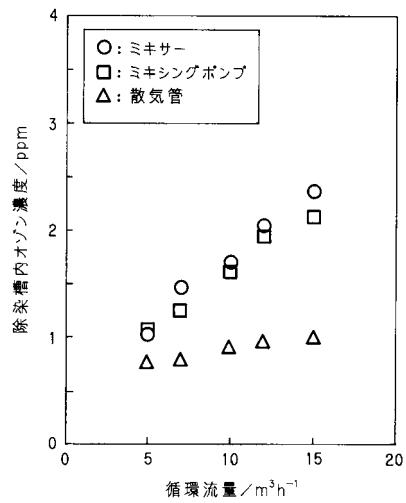
【図3】



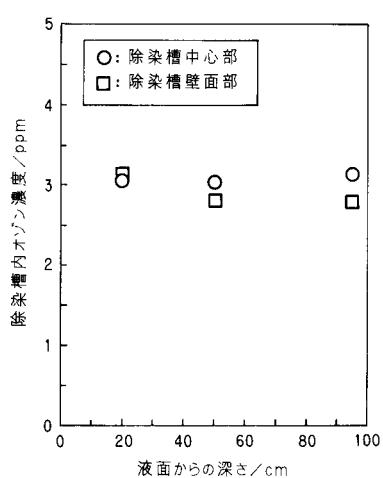
【図4】



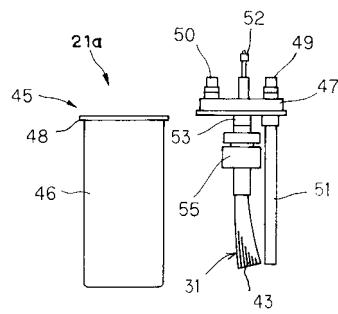
【図5】



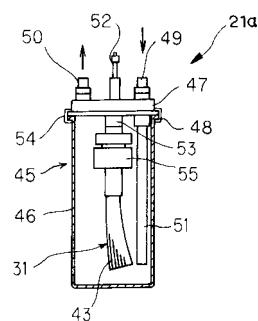
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 矢板 由美  
神奈川県川崎市川崎区浮島町 2 番 1 号 株式会社東芝 浜川崎工場内

(72)発明者 青井 洋美  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業所内

(72)発明者 酒井 仁志  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業所内

(72)発明者 中原 勇  
神奈川県川崎市川崎区江川 1 - 4 - 1 荘原工業洗浄株式会社内

(72)発明者 秋山 隆司  
神奈川県川崎市川崎区江川 1 - 4 - 1 荘原工業洗浄株式会社内

審査官 岡 崎 輝雄

(56)参考文献 特開2000-081498 (JP, A)  
特開2000-246064 (JP, A)  
特開平11-071600 (JP, A)  
特開2000-153139 (JP, A)  
特開2000-042377 (JP, A)  
特開平11-128704 (JP, A)  
特開平09-038660 (JP, A)  
特開昭55-135800 (JP, A)  
特開2001-017844 (JP, A)  
特開2000-354857 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21F 9/28  
B01F 1/00  
B01F 5/06