

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第5部門第1区分

【発行日】平成29年6月8日(2017.6.8)

【公開番号】特開2015-200215(P2015-200215A)

【公開日】平成27年11月12日(2015.11.12)

【年通号数】公開・登録公報2015-070

【出願番号】特願2014-78832(P2014-78832)

【国際特許分類】

|         |       |           |
|---------|-------|-----------|
| F 0 1 N | 3/24  | (2006.01) |
| F 0 1 N | 3/01  | (2006.01) |
| F 0 1 N | 3/02  | (2006.01) |
| F 0 1 N | 3/08  | (2006.01) |
| F 0 2 M | 26/35 | (2016.01) |
| F 0 1 N | 3/20  | (2006.01) |
| F 0 1 N | 3/04  | (2006.01) |
| B 0 1 D | 53/94 | (2006.01) |
| B 0 1 J | 23/46 | (2006.01) |
| B 0 1 D | 53/50 | (2006.01) |
| B 0 1 D | 53/77 | (2006.01) |
| B 0 3 C | 3/019 | (2006.01) |
| B 0 3 C | 3/017 | (2006.01) |

【F I】

|         |       |         |
|---------|-------|---------|
| F 0 1 N | 3/24  | Z A B A |
| F 0 1 N | 3/02  | 3 0 1 F |
| F 0 1 N | 3/08  | B       |
| F 0 1 N | 3/24  | S       |
| F 0 2 M | 25/07 | 5 8 0 D |
| F 0 1 N | 3/20  | K       |
| F 0 1 N | 3/02  | 3 0 1 K |
| F 0 1 N | 3/04  | A       |
| B 0 1 D | 53/36 | 1 0 1 A |
| B 0 1 J | 23/46 | 3 1 1 A |
| B 0 1 D | 53/34 | 1 2 5 K |
| B 0 3 C | 3/019 |         |
| B 0 3 C | 3/017 | Z       |

【手続補正書】

【提出日】平成29年4月18日(2017.4.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置において、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管に選択触媒還元脱硝装置（以下、「SCR」と称する。）を設け、該SCRの下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することが

なく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるカーボンを主体とする粒子状物質（以下、「PM」と称する。）を除去しないスクラバーを配設した構成となしたことを特徴とする、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項 2】

高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置において、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管にSCRを設け、該SCRの下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるPMを除去しないスクラバーを配設し、さらに前記SCRもしくは前記スクラバーのいずれかの上流に前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となしたことを特徴とする高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項 3】

高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置において、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管にSCRを設け、該SCRの下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるPMを除去しないスクラバーを配設し、前記SCRの上流側排気管、下流側排気管、もしくは前記スクラバーの下流側排気管のいずれかに前記排気ガスの一部をEGRガスとして分流する分岐部を設け、該分岐部に連なるEGR配管系を介して前記EGRガスをエンジンの吸気に還流させる構成となしたことを特徴とする高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項 4】

前記EGR配管系に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用してEGRガスに含まれるPMを除去しない副スクラバーをさらに配設した構成となしたことを特徴とする請求項3に記載の高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項 5】

前記SCRの上流側排気管に、前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となしたことを特徴とする請求項3～4のいずれか1項に記載の高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項 6】

前記副スクラバー上流のEGR配管系に、前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となしたことを特徴とする請求項4に記載の高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項 7】

高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置において、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるPMを除去しないスクラバーを設け、該PMを除去しないスクラバーの下流にSCRを配設した構成となしたことを特徴とする高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項 8】

高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置において、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管に、スクラバー

を構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるPMを除去しないスクラバーを設け、該PMを除去しないスクラバーの下流にSCRを配設し、さらに前記スクラバーの上流に前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となしたことを特徴とする高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項9】

高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置において、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるPMを除去しないスクラバーを設け、該PMを除去しないスクラバーの下流にSCRを配設し、さらに前記スクラバーの上流側排気管、下流側排気管、もしくは前記SCRの上流側排気管のいずれかに前記排気ガスの一部をEGRガスとして分流する分岐部を設け、該分岐部に連なるEGR配管系を介して前記EGRガスをエンジンの吸気に還流させる構成となしたことを特徴とする高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項10】

前記EGR配管系に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用してEGRガスに含まれるPMを除去しない副スクラバーをさらに配設した構成となしたことを特徴とする請求項9に記載の高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項11】

前記副スクラバー上流のEGR配管系に、前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となしたことを特徴とする請求項10に記載の高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【請求項12】

前記SCRの上流に、排気ガスを加熱する昇温機を配置した構成となしたことを特徴とする請求項1~11のいずれか1項に記載の高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置。

#### 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】高濃度に硫黄成分を含有する低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、船舶用ディーゼルエンジンの排気ガスに含まれる硫黄酸化物等の有害ガスを除去し浄化する、船舶用、発電用、産業用等の特に高濃度に硫黄成分を含有する重油[重油(Fuel Oil)は舶用工業界において、ディーゼル油(Diesel Oil:D O)、舶用ディーゼル燃料(Marine Diesel Fuel:M D F)又は舶用ディーゼル油(Marine Diesel Oil:M D O)、舶用燃料油(Marine Fuel Oil:M F O)、重質燃料油(Heavy Fuel Oil:H F O)、残渣燃料油(Residual Fuel Oil:R F O)と表記されるが、本発明においてこれらの表記を総称して「重油」と称する。]等の低質燃料を使用する大排気量船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス処理技術に係り、より詳しくは高い温度の排気ガスを排出する

大排気量船舶用ディーゼルエンジンにおける選択式還元触媒脱硝装置（Selective Catalytic Reduction：以下「SCR」と称する。）と、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用したスクラバーを配設した排気ガスの浄化装置に関する。

#### 【背景技術】

##### 【0002】

各種船舶や発電機並びに大型建機、さらには各種自動車等の動力源としてディーゼルエンジンが広範囲に採用されているが、このディーゼルエンジンから排出される排気ガスに含まれるカーボンを主体とする粒子状物質（Particulate Matter：以下「PM」と称する。）や硫黄酸化物（以下、「SO<sub>x</sub>」と称する。）、窒素酸化物（以下、「NO<sub>x</sub>」と称する。）は、周知の通り大気汚染をきたすのみならず、人体に極めて有害な物質であるため、その排気ガスの浄化は極めて重要である。このため、ディーゼルエンジンの燃焼方式の改善や各種排気ガスフィルタの採用、排気ガス再循環（Exhaust Gas Recirculation：以下「EGR」と称する。）法、SCRによる排気ガス浄化方法、そしてコロナ放電を利用して電気的に処理する方法等、既に数多くの提案がなされ、その一部は実用に供されている。

##### 【0003】

ここで、ディーゼルエンジンの排気ガス中のPM（粒状物質）の成分は、有機溶剤可溶分（SOF：Soluble Organic Fractions、以下「SOF」と称す。）と有機溶剤不溶分（ISF：Insoluble Organic Fractions、以下「ISF」と称す。）の2つに分けられるが、そのうちSOF分は、燃料や潤滑油の未燃分が主な成分で、発ガン作用のある多環芳香族等の有害物質が含まれる。一方、ISF分は、電気抵抗率の低いカーボン（すす）とサルフェート（Sulfate：硫酸塩）成分を主成分とするもので、このSOF分およびISF分は、その人体、環境に与える影響から、極力少ない排気ガスが望まれている。特に、生体におけるPMの悪影響の度合いは、その粒子径がnmサイズになる場合に特に問題であるとも言われている。

##### 【0004】

コロナ放電を利用して電気的に処理する方法としては、例えば以下に記載する方法及び装置（特許文献1～2）が提案されている。

即ち、本願出願人は特許文献1において、図15にその概略を示すように、排気ガス通路121にコロナ放電部122-1と帯電部122-2とからなる放電帯電部122を設けて、コロナ放電された電子129を排気ガスG1中のカーボンを主体とするPM128に帯電させ、同排気ガス通路121に配置した捕集板123で前記帯電したPM128を捕集する方式であって、放電帯電部122における電極針124は排気ガス流の流れ方向長さが短く、かつ捕集板123は排気ガス流の流れ方向に対し直角方向に配設された構成としたディーゼルエンジンの排気ガス用電気式処理方法及び装置を提案している。なお図中、125はシールガス管、126は高圧電源装置、127は排気ガス誘導管である。

##### 【0005】

又、本願出願人は特許文献2の第1実施例において、図16にその概略を示すように、船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン（E）111の排気マニホールド（E/M）112下流の排気管のターボチャージャー（T/C）114のタービン（図示せず）下流に排気ガスクーラー（G/C）115を配設し、更に該排気ガスクーラー（G/C）115の下流に静電サイクロン排気ガス浄化装置（ESP/C/DPF（Diesel Particulate Filter）：以下「ESP/C/DPF」と称する。）116を配設し、その下流側配管に排気ガス中のSO<sub>x</sub>をその処理水に溶解するがPMは処理水にほとんど溶解・除去しないスクラバー（以下「NSスクラバー」と称する。）113を配設し、エアーフィルター（A/F）117下流の吸気管にターボチャージャー（T/C）114のコンプレッサー（図示せず）及びインターフィルター（I/C）118を

経由してエンジンの吸気マニホールド( I / M ) 119に外部の空気を吸気させるよう構成される装置を提案している。

なお、特許文献2の図16に示すとく排気ガスを全く処理せずに排出させている場合もある。

#### 【0006】

一方、非特許文献1には、第3章「すべての船舶の機関区域要件」におけるPart C「油の排出規制」の第15規則「油の排出規制」において、特別海域外及び特別海域での希釈しない場合の油性混合物の油分濃度が規定されている。

#### 【0007】

又、非特許文献2には、第2章「IMOの3次NO<sub>x</sub>規制への対応技術と残された課題」における2-2「IMOの3次NO<sub>x</sub>規制への対応するエンジン技術」の2-2-2「排気循環」のP14~16において、ターボチャージャーのタービンへの排気管から分流したEGRガスをスクラバーにて浄化した後EGRクーラーで冷却し、更に水滴捕集機を通してからターボチャージャーのコンプレッサーから圧送される吸気の(I/C)にEGRプロアーで還流させたディーゼルエンジンをコンテナ船に搭載する技術が示されている。なお、非特許文献2中のIMOとは、国際海事機関；International Maritime Organizationの略号である。

#### 【0008】

又、非特許文献3には、アルファ・ラバル社がデンマークのフィカリア・シーウェイズ号搭載の出力21,000kW、MAN B&W製2ストロークエンジンを使用してのSO<sub>x</sub>対応技術の例として、硫黄含有率2.2パーセントの重油を使用しながら排気ガスを海水と清水の双方を状況に応じて使い分けるスクラバーにて処理することにより、IMO(国際海事機関)の2015年施行予定要求レベルである排出ガス中の硫黄含有率0.1パーセントの重油使用時と同等のレベルまで洗浄除去する技術が紹介されている。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0009】

【特許文献1】WO2006/064805号公報

【特許文献2】特願2013-94390

#### 【非特許文献】

#### 【0010】

【非特許文献1】1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約、附属書I「油による汚染の防止のための規則」

【非特許文献2】社団法人日本マリンエンジニアリング学会編：平成21年度船舶排出大気汚染物質削減技術検討調査報告書

【非特許文献3】2011年11月30日発行のアルファ・ラバルインターナショナルマガジン「here」No.30 P6~P14「クリーンソリューションの波」

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0011】

しかしながら、上記した従来のディーゼルエンジン排ガス浄化装置には、以下に記載する課題や問題点がある。

前記特許文献1に記載されたコロナ放電等を利用して電気的に排気ガス中のPMを処理するディーゼルエンジンの排気ガス処理技術(例えば図15に示すディーゼルエンジンの排気ガス用電気式処理方法及び装置)においては、以下に記載する課題が生じている。

即ち、船舶用ディーゼルエンジンにあっては、硫黄成分の含有量の少ない軽油を使用する自動車用ディーゼルエンジンと比較して格段に大きな排気量を有しつつ高濃度に硫黄成分を含有する重油[重油は軽油に対し500~3500倍程度の硫黄分を含有: JIS K2204:2007「軽油」; 0.0010質量%以下、K2205-1990「重油」; 0.5~3.5質量%以下、による]等の低質燃料を使用する大排気量船舶用ディー

ゼルエンジンに、例えば先の特許文献 1 に記載の排気ガス浄化装置を用いた場合には、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料中の硫黄成分が排気ガスや E G R ガス中でサルフェートとなりエンジン構成部品、特に排気関係部品を腐食するという課題を克服する必要がある。又、硫黄成分に基づく S O x が全く捕集できない。

#### 【 0 0 1 2 】

又、前記特許文献 2 (本願出願人に係る先の提案のもの) に記載された特に高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する大排気量で高速及び / 又は大流量の排気ガスが排出されるディーゼルエンジンの排気ガス用電気式処理方法及び装置 (図 16) は、ターボチャージャー (T / C) 114 のタービンホイール (図示せず) を駆動し水冷の排気ガスクーラー 115 により冷却された排気ガスは、E S P / C / D P F (筒状捕集部：内径 400 mm × 長さ 3000 mm、静電電圧：DC - 45000 V、サイクロン捕集部：胴径 260 mm) 116 で当該排気ガス中の PM (S O F、I S F) の含有量が減らされ、その後 PM をほとんど溶解・除去しない NS スクラバーを通過して排気ガス浄化装置からサイレンサ (図示せず) を経由し船外へ排出される排出ガスとなる。この排気ガス浄化装置において、有機溶剤可溶分をほとんど溶解・除去しない NS スクラバー 113 では該 NS スクラバーを構成する各壁面に存在 (一部流下) する処理水の薄膜層により、排気ガス中の S O x は各壁面の処理水の表面付近を流れる間に処理水に吸着され溶解してその濃度を激減させて排出されるが、排気ガス中の PM は処理水の表面に沿いながら流れただけで、スクラバー処理水の表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく、NS スクラバー処理水の表面付近を滑らかに流れるだけであるから、相互に混合することがない。

#### 【 0 0 1 3 】

一方、従来技術の処理水と排気ガス (特に粒子成分) が通常スクラバー即ちジェットスクラバー、ベンチュリースクラバー、スプレー塔等の加圧水式や、充填塔、流動層スクラバー等の充填式のスクラバー (著者；公害防止の技術と法規編集委員会、発行所；社団法人産業環境管理協会、2011年1月20日発行、書名：新・公害防止の技術と法規 2011 [大気編] 分冊II) II - 278 図 4.2.3 - 8 ~ II - 282 図 4.2.3 - 10 参照) のごとくスクラバー処理水の表面に対し排気ガスが激しく衝突し、相互に混合する。

従って、この排気ガス浄化装置の PM をほとんど溶解・除去しない NS スクラバー 113 では、処理水には主として S O x のみが溶解していて粒子である PM を主成分とする油性混合物はごく僅かしか溶解・含有していないので、この PM をほとんど溶解・除去しない NS スクラバー 113 の廃棄処理水の後処理は、硫黄起源成分は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置 (油分を含んだ処理排水を海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む) による PM の処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、またスクラバー・スルー運転 (スクラバタンクの水 (海水) が排水規制基準値 (pH, 油分, 重金属類の規制基準値) に近づいたら、海水を汲み上げタンクの水 (海水) を適宜補給し入れ替える。即ち、スクラバー廃水の処理 (pH 調整, 汚濁物の回収等) は行わない) をすることも可能となる。しかし、この排気ガス浄化装置にあっては、E G R システムを有しないため排気ガスには窒素酸化物が含有されている。

なお、特許文献 2 の図 16 に示すように排気ガスが全く処理されずに排出される場合はスクラバー処理水の廃棄処理の問題を有してはいないが、排気ガスに含有される全ての有害成分がそのまま排出されて環境保全に悪影響を与えていることはいうまでもない。

#### 【 0 0 1 4 】

一方、非特許文献 1 の第 3 章「すべての船舶の機関区域要件」における Part C 「油の排出規制」の第 15 規則「油の排出規制」においては、A. 「特別海域外での排出」条項の 2 「総トン数 400 トン以上の船舶からの油又は油性混合物の海洋への排出は禁止する。ただし、次のすべての条件を満たす場合は除く。」との規定の .3 には「希釈をしない場合の油性混合物の油分濃度が 100 万分の 15 以下であること。」と規定され、B.

「特別海域での排出」条項の3「総トン数400トン以上の船舶からの油又は油性混合物の海洋への排出は禁止する。ただし、次のすべての条件を満たす場合は除く。」との規定の.3には「希釈をしない場合の油性混合物の油分濃度が100万分の15以下であること。」と規定されている。

なお、ここで「油」とは、原油、重油及び潤滑油を言い、「油性」とは、この意味に従って解釈するものとし、「油性混合物」とは、油を含有する混合物をいう。

#### 【0015】

また、非特許文献2に記載の船用ディーゼルエンジンにおいては、排気ガスから分流したEGRガスを吸気に還流することによって、排気ガスからNOxの80%低減とEGRガスからの100%近いSOx除去が可能であるが、スクラバーを通過する煤塵、PMになお含まれる硫黄分のディーゼル機関本体やシステムへの影響については、長期の実船試験が必要であるのみならず、スクラバーから船外排出される洗浄水については環境や生態系に影響を与えないようにする必要があり、特にこのスクラバーの洗浄水においてはPMの溶解・浮遊、SO<sub>2</sub>の溶解等に伴うこれら環境汚染成分もしくは生態系影響成分の除去やpH調整等、廃水処理が大きな問題となることが予想される。しかし、大排気量の船用ディーゼルエンジンの長時間にわたる航海においては、少なくともEGRガス流を、好ましくはEGRガス流を含む排気ガス流の全量の処理は、スクラバーのみでの処理は装置の大きさ（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む。）の点から全く現実的でない。

#### 【0016】

一方、非特許文献3に記載の「クリーンソリューションの波」においては、「海運業界の環境影響の削減や、海洋汚染に対するより厳格な法律への適合に、クリーンな新技術が貢献する」として、以下のように記載されている。

##### 要約(I)技術的背景:

(I)IMOは船舶による汚染に対する規制を強化します。

(ア)硫黄酸化物(SOx)(新造船及び既存船両方に適用)

燃料油の硫黄濃度の上限を定める世界的な規制が適用されます。厳格化された規制が排出規制海域に適用されます。上限値は2012年から段階的に変更されます。この規制値に適合するためには、低硫黄燃料の使用や排ガス浄化装置が必要です。

(イ)窒素酸化物(NOx)(新造船のみに適用)

既存の規制要求事項は、出力130kW以上の船用ディーゼル機関に適用されます。船舶の建造日に応じて異なる規制値が適用されます。排出規制海域を航行する新造船に対して、2016年より厳格化された規制(Tier III)が適用されます。

(ウ)ビルジ水(新造船及び既存船両方に適用)

船外に排出するビルジ水の規制値は15ppmです。

##### 要約(II)水処理技術:

(II)アルファ・ラバルの水処理技術:

(ア)船舶のビルジタンクの油性廃水のみを処理するPureBilgeソリューションは、一段階の高速遠心分離システムによって、化学物質や吸着フィルタ、膜を使用せずに大量の水を浄化し、水中油分は5ppm未満となります。

(イ)IMOが船舶に要求するNOx排出の80パーセント削減を可能にするために、アルファ・ラバルはMANディーゼル社と協力して大型2ストロークディーゼルエンジン用の排気再循環(EGR)システムを開発しました。

(ウ)SOx排出については、アルファ・ラバルが完全な排ガス浄化プロセスを開発しました。現在船上での試験が行われているこのシステムでもアルファ・ラバル分離機を使用して、スクラバーからの汚水を海への排水前に浄化しています。

##### 要約(III)SOx対応技術:

(III)アルファ・ラバルのSOx対応技術:

(フィカリア・シーウェイズ号(デンマーク)=出力21,000kW,MAN B&W 2ストロークエンジン)に搭載。

(ア) 燃料は硫黄含有率2.2パーセントの重油で、排出ガスは、2015年に施行されるIMO(国際海事機関)の要求レベルである硫黄含有率0.1パーセントと同等のレベルまで洗浄除去されています。

(イ) アルファ・ラバルのPureSOxは、海水と清水の双方を状況に応じて使い分ける。

「海水あるいは淡水を苛性ソーダと水溶液を使って主機の排ガスを洗浄します。」

第一段階では、ガス導入部分で水を噴射する事によって排ガスを冷却し、そして排ガス中の煤塵の大半もここで除去されます。

第二段階では、スクラバタワー内で排ガス中の硫黄酸化物等をさらに洗浄します。排ガス中の水滴の持ち去りや腐食を防止する為に、煙突から排出される前にガス中の水滴はデミスターで除去されます。

第三段階では、排ガスに残留している硫黄酸化物をさらに浄化します。船舶の煙突から排出する前に、凝縮や腐食を防ぐために、排ガスから小さな水滴が除去されます(排ガスの硫黄分を98%以上除去)。

この非特許文献3の12ページ第2欄16行～第3欄1行「スクラバーは、船のファンネルに据え付けられた大きなシャワー室だと言う事ができます。」との記載及び14ページ掲載の写真中の注記「船の煙突に設置されたスクラバーは、大きなシャワー室に例えることができます。」の記載と、ハイブリッドシステム図(図示せず)のスクラバー上部から水・海水が供給され最下部から共に排水され、排気ガスがバイパスダンパーからスクラバー下部に供給され最上部に直結された煙突に排出されていることから、スクラバーはシャワー充填塔方式のものであることが解る。即ち、スクラバー処理水の表面に対し排気ガスが激しく衝突するタイプであって、排気ガス中の粒子状成分もガス状成分と共に除去可能な機能を有することが解る。従ってスクラバー水の後処理にはハイブリッドシステム図(図示せず)記載の各構成装置を揃えると共にそれらを高度に操作し操業する必要がある。

#### 【0017】

本発明は、上記した従来技術の問題に鑑み、特に高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する大排気量で高速及びノン大流量の排気ガスが排出される船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス中のPMの処理水への混合を阻止しながらSOxを高効率に除去すると共にNOxをも除去して排気ガスを浄化すると共に、スクラバー処理水へのPMの混合が阻止されていることにより、SOxを中和濾過など単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置により処理して、特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となる装置、即ち、スクラバー処理水の、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型の処理装置(油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む。)で設置自由度の低い設備を必要とせずに、安価で保守が容易な小型で設置自由度の高い設備でありながら処理水の管理が容易であり、又、時にはスクラバー・スルーニュートも可能であり、製油業界における大規模な脱硫装置の設置に伴う膨大な設備投資を必要とせず、従って燃料費を安価とすることができる、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置を提供しようとするものである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0018】

本発明に係る高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、第1の発明として、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管に選択触媒還元脱硝装置(以下、「SCR」と称する。)を設け、該SCRの下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるPMを除去しないスクラバー(以下「PMフリースクラバー」と称する。)を配設した構成となしたことの特徴とするものである。

**【 0 0 1 9 】**

本発明に係る高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、第2の発明として、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管にSCRを設け、該SCRの下流にPMフリークラバーを配設し、さらに前記SCRもしくは前記PMフリークラバーのいずれかの上流に前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となしたことを特徴とするものである。

**【 0 0 2 0 】**

本発明に係る高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、第3の発明として、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管にSCRを設け、該SCRの下流にPMフリークラバーを配設し、前記SCRの上流側排気管、下流側排気管、もしくは前記PMフリークラバーの下流側排気管のいずれかに前記排気ガスの一部をEGRガスとして分流する分岐部を設け、該分岐部に連なるEGR配管系を介して前記EGRガスをエンジンの吸気に還流させる構成となしたことを特徴とするものである。

又、本発明においては、前記EGR配管系に副PMフリークラバーを配設した構成となすことを好ましい態様とするものである。さらに、前記SCRの上流側排気管に、前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成とすることを好ましい態様とするものである。さらに又、前記副PMフリークラバー上流のEGR配管系に、前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成とすることを好ましい態様とするものである。

**【 0 0 2 1 】**

本発明に係る高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、第4の発明として、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管にPMフリークラバーを設け、該スクラバーの下流に前記SCRを設置した構成となしたことを特徴とするものである。

**【 0 0 2 2 】**

本発明に係る高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、第5の発明として、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管にPMフリークラバーを設け、該スクラバーの下流に前記SCRを設置し、さらに前記PMフリークラバーの上流に前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となしたことを特徴とするものである。

**【 0 0 2 3 】**

本発明に係る高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、第6の発明として、エンジンの排気マニホールドに連なる排気管にPMフリークラバーを設け、該スクラバーの下流に前記SCRを設置し、さらに前記PMフリークラバーの上流側排気管、下流側排気管、もしくは前記SCRの下流側排気管のいずれかに前記排気ガスの一部をEGRガスとして分流する分岐部を設け、該分岐部に連なるEGR配管系を介して前記EGRガスをエンジンの吸気に還流させる構成となしたことを特徴とするものである。

又、本発明においても、前記EGR配管系に副PMフリークラバーを配設した構成となすことを好ましい態様とするものである。さらに、前記副PMフリークラバー上流のEGR配管系に、前記PMを除去する電気集塵手段を設置した構成となすことを好ましい態様とするものである。

**【 0 0 2 4 】**

さらに又、本発明は、前記第1～第6の発明において、前記SCRの上流に、排気ガスを加熱する昇温機を配置した構成とすることを好ましい態様とするものである。

**【 発明の効果 】****【 0 0 2 5 】**

本発明に係る高濃度に硫黄成分を含有する低質燃料を使用する船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、以下に記載する効果を奏する。

1. 排気管にSCRが設けられ、その下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流

下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるPMをほとんど除去しないPMフリースクラバーが設置されているので、

(1). SCRの設置により排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化することが実現し、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

(2). PMフリースクラバーの設置により排気ガス中のSOxは殆どがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、SOxの含有量を大幅に削減し無害化することが実現し、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

(3). スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMは極僅かしか溶解・含有されていない。

(4). (3)の作用・効果によりスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができる、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置(油分を含んだ廃棄処理水を海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む)によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバ・スルー運転が可能な場合もあり得る。

(5). なおこの構成では、排気ガス中のPMはほとんど除去されずに大気放出される。

2. SCRの上流に昇温機を設置して排気ガス温をSCRに担持されている触媒の活性化温度以上(排気ガスの流速が遅くSCR内の滞留時間が長い場合は昇温機にて排気ガスを230～450程度に加熱し、流速が早くSCR内の滞留時間が短い場合は排気ガスを360～450程度)に昇温させておくことにより、

(1). エンジン始動時などの排気ガス温度が例え低温であっても、排気ガス中のNOxのN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oへの高効率な還元作用を確保することができる。

(2). 昇温機には電熱ヒーターを単独で用いると制御が容易であり、燃料噴射装置と点火装置を組み合せて用いると消費電力が少ないので全体としてのエネルギー効率が良くなり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いて酸化反応熱を利用しても良く、また酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中のPMを酸化して削減・除去することもできる。

3. 排気管のPMフリースクラバーの上流又はSCRの上流にESP/C/DPFを設けると、

(1). 排気ガス中のPMはESP/C/DPFにより殆ど除去されて極僅かしか含有されていないので排気ガスの大気放出が可能となると共に、PMフリースクラバー処理水の排水処理負荷が極めて軽くなる(1.(3)、(4)の効果がさらに大きくなる)。

(2). SCRの上流にESP/C/DPFを設置することにより、SCRに流入する排気ガス中のPMはESP/C/DPFによりほとんど除去されてごく僅かしか含有されていないので、SCR触媒のPMによる目詰まりを防止でき、還元効率の悪化や排気抵抗の増加に伴う燃費の悪化、SCR触媒に堆積したPMを除去するメンテナンスのための機関停止などを抑制できる。

4. SCRの上流、SCRの下流、あるいはPMフリースクラバーの下流に分岐部を設けてEGRガスを分岐して吸気に還流すると、

(1). 燃焼室に熱容量の大きい炭酸ガスを供給し存在させることにより燃焼温度を低下させてNOxの生成を燃焼段階で抑制して、SCRに流入する排気ガス中のNOxの含有量を予め低下させておくことができ、この排気ガス中のNOx含有量の減少に伴いSCRにて還元するNOxの量が減少してSCR触媒の還元量の負荷が軽くなりSCRが小型・短縮化されて排気抵抗の減少、装置の設置性や制御性の向上とアンモニア、アンモニア水、尿素水などの還元剤の使用量の削減といったイニシャルコスト、ランニングコスト双方の低廉化が図られる。

(2). EGRシステムとSCRとを組み合わせた相乗効果により大気放出排気ガスからNOxの含有量をさらに低減化させて環境保全可能な排気ガスとすることができます。

5. PMフリースクラバーの下流にEGR分岐部を設けてPMフリースクラバーにて淨

化されたガスを E G R ガスとすると、

(1). E G R ガスは予め P M フリースクラバーにより S O x が除去されて殆ど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダーヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(2). E G R 配管、E G R バルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホール、インタークーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

6 . E G R 配管に、E G R ガスに含まれる S O x を除去し P M をほとんど除去しない副 P M フリースクラバーを設置すると、

(1). E G R ガスに含まれる S O x がさらに減少して前記 5 . (1) 、(2) の作用効果がより大きくなると共に、副 P M フリースクラバーのスクラバー処理水も硫黄成分のみが溶解していて P M はごく僅かしか溶解・含有されず主 P M フリースクラバーと同様にスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は容易である。

7 . 排気管に S C R を設け、その下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれる P M をほとんど除去しない主 P M フリースクラバーを設置すると共に、排気管の S C R の上流、下流、あるいは主 P M フリースクラバーの下流のいずれかに分岐部を設け、該分岐部から E G R 配管系を設けて E G R ガスを分岐して吸気に還流して排気ガスからの N O x を予め除去し、さらに E G R 配管に E G R ガスに含まれる P M をほとんど除去しない副 P M フリースクラバーを設置し、さらに又、好ましくは E G R 配管系の副 P M フリースクラバーの上流に E G R ガスに含まれる P M を除去する E S P / C / D P F を設置する、

(1). E S P / C / D P F により E G R ガス中の P M や金属の酸化物などの磨耗を促進する粒子成分はより除去される。

(2). E G R ガスには P M 及び S O x も殆ど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダーヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(3). E G R ガスには P M 及び S O x も殆ど含有されないので、E G R 配管、E G R バルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホール、インタークーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(4). 副 P M フリースクラバーの処理水も硫黄成分のみが溶解していて P M はごく僅かしか溶解・含有されずスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は容易である。

8 . 排気管の上流に P M フリースクラバーを設置し S C R を下流に設置すると、

(1). S C R に流入する排気ガスから予め S O x が除去されているので、S C R を構成する平板やセラミック担体などに担持された貴金属などの触媒成分 ( P t 、 P d 、 R h 、 I r 等 ) は硫黄成分による触媒被毒を防止できて浄化率低下の抑制、装置メンテナンスの容易化、長寿命化、操作費用の低廉化などをはかることができる。

9 . E S P / C / D P F 上流への冷却機の設置により、

(1). E S P / C / D P F に流入する排気ガスを予め冷却することができ、E S P / C / D P F での P M 捕集率を向上させて P M フリースクラバーへ流入する P M をさらに減少させることができ、船外へ排出される排気ガス中の P M をさらに減少させると共に P M フリースクラバーでの処理水をよりクリアにすることができ、スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は容易である。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の第1実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第3実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第4実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第5実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の第6実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の第7実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第8実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の第9実施例装置の全体構成を示すブロック図である。

【図10】本発明に係るPMをほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバーの第1実施例を示す概念図である。

【図11】同じくPMをほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバーの第2実施例を示す概念図である。

【図12】同じくPMをほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバーの第3実施例を示す概念図である。

【図13】同じくPMをほとんど溶解・除去しない第4実施例を示す概念図である。

【図14】本発明に係るPMフリースクラバーの作動原理を示す説明図である。

【図15】従来のディーゼルエンジン排気ガス浄化装置の一例を示す概略図である。

【図16】同じく従来のディーゼルエンジン排気ガス浄化装置の全体構成を示すブロック図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0027】

先ず、本発明者らが先に提案した特許文献2に記載されているPMフリースクラバーの原理について排気ガスを例にして（EGRガスも同様）説明する。

##### （1）ガス分子と粒子の拡散係数：

・ガス分子（本願技術分野で特に問題となるのはSO<sub>2</sub>）と粒子（本願技術分野で特に問題となるのはPM=ISF、Sulfate、SOF）の拡散速度は大きく相違する。ガス分子の方が粒子より格段に拡散し易い。拡散速度の指標は拡散係数Dである。

・常温20℃, 1気圧の空气中における拡散係数を比較してみる。

$$SO_2 : D = 1.5 \times 10^{-5} (m^2/s)$$

粒子（PM）の拡散係数（ブラウン拡散）は粒径dに依存し、dが小さいほど拡散係数は大きい。

粒子の拡散係数（エアロゾル学の基礎：高橋幹二著、森北出版、（2004年），P215）を下表に示す。

##### 【0028】

##### 【表1】

| 粒子の粒径d<br>(μm) | 拡散係数D<br>(m <sup>2</sup> /s) |
|----------------|------------------------------|
| 0.01           | 5.15 × 10 <sup>-8</sup>      |
| 0.05           | 2.27 × 10 <sup>-9</sup>      |
| 0.1            | 6.67 × 10 <sup>-10</sup>     |
| 0.5            | 6.31 × 10 <sup>-11</sup>     |

##### 【0029】

- ・なお、PMの粒径範囲は0.01~0.5μmの範囲である。
- ・SO<sub>2</sub>ガスの拡散係数はPMのそれよりオーダが3~6桁程度大きい。

(2) PMフリースクラバー：

- ・PMフリースクラバーはSO<sub>2</sub>(ガス)とPM(粒子)の拡散速度の差に着目したものである。

・平行板型PMフリースクラバーを図14に基づいて説明する。

図14において、21は平行処理板、22はスクラバー処理水、23は硫酸イオン、24はPM、25はSO<sub>2</sub>をそれぞれ示す。即ち、PMフリースクラバーの場合、平行処理板21の表面は水膜の水流で覆われている。又、SO<sub>2</sub>は水への吸収性が良い上、水への溶解度が極めて大きく、さらに拡散係数も極めて大きい。従って、平行処理板21の表面を通過する際に処理板壁面を覆って流れる水薄膜層表面付近を流れるSO<sub>2</sub>は、吸収性が良い水流にその水薄膜層表面から溶解し、この溶解により水薄膜層表面付近を流れる排気ガスはSO<sub>2</sub>濃度が一瞬低下するが、拡散係数が極めて大きいSO<sub>2</sub>は排気ガス流内の隣接する濃度の高い流れから濃度の低い水薄膜層表面付近に直ちに高速で拡散・移動してきて水薄膜層表面に供給されることとなり、この水薄膜層表面での溶解と排気ガス流からの水薄膜層表面への高速拡散の連続繰返し現象により、SO<sub>2</sub>はほとんどスクラバー処理水22に吸収されてしまう。一方、PM24は粒径が大きく拡散係数が極めて小さい。従って、粒子状であるPMは水膜表面での溶解と排気ガス流からの水膜表面への拡散の連続繰返し現象が発生しないので平行処理板21の壁面に達せずに、そのほとんどがスクラバー処理水22には吸収されずにPMフリースクラバーを素通りし排出されてしまう。

(3) PMフリースクラバーの効果：

- ・PMフリースクラバーではSO<sub>2</sub>を吸収し、PMは素通りさせてるので、スクラバー処理水22のPMによる汚濁を低減できる。SO<sub>2</sub>を吸収して亜硫酸水となりその後硫酸水になったスクラバー処理水22は、苛性ソーダ等で中和処理をして海へ排出することができる。

・それに対し、従来のシャワー方式やベンチュリー方式のスクラバーの場合には、SO<sub>2</sub>だけでなくPMもスクラバー処理水に吸収してしまうので、スクラバー処理水の汚濁が激しく、PMフリースクラバーに比べて廃水処理の工数が多大になり、処理装置も大型で高価となる。

**【0030】**

図1に本発明の第1実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン(E)1の排気マニホールド(E/M)2下流の排気管に、排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化するSCR3を設置し、さらにその下流に排気ガス中のSOxをその処理水に溶解するがPMは処理水にほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバー4を配設し、該PMフリースクラバー4の下流に配設したマフラー(図示せず)を経由して排気ガスを排出するとともに、エアーフィルター(A/F)5を経由してエンジンの吸気マニホールド(I/M)6に外部の空気を吸きさせる構成となしたものである。なお、SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温をSCR3に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成してもよい。

**【0031】**

図1に示す構成の排気ガス浄化装置の場合、SCR3設置により排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化することが可能となり、また排気ガスはPMをほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバー4を通過してPMは含有するがSOxが激減されたガスとして排気ガス浄化装置からサイレンサ(図示せず)を経由し煙突(図示せず)より船外へ排出される。この排気ガス浄化装置において、SCR3は酸化チタン等のセラミック担体に貴金属等の触媒成分を担持させた常法により製造したSCR触媒に、アンモニア水あるいは尿素水をノズルより排気ガス配管内に噴霧したガス状の還元剤をSCR触媒に作用させて排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>O(尿素を使用するとCO<sub>2</sub>)に還元させて使用する。なお、SCR3の上流に昇温機7を配置して排

気ガスの温度を S C R 触媒の活性化温度以上に昇温しておくことにより、排気ガス中の N O x を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O (尿素を使用すると CO<sub>2</sub> も) に効率よく確実に還元することができる。又、この排気ガス浄化装置において、PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 では該 PM フリースクラバーを構成する各処理板壁面に存在 (一部流下) するスクラバー処理水の水薄膜層により、排気ガス中の気体である SOx は拡散係数が 1.5 × 10<sup>-5</sup> (m<sup>2</sup> / s) 程度と大きく各壁面に沿って流れる間に処理水表面に吸着され当該スクラバー処理水に溶解してその濃度を激減させて排出されるが、排気ガス中の粒径が 0.01 ~ 0.5 μm 程度と大きい PM は気体である SOx と比較して拡散係数のオーダーが 3 ~ 6 衡程度小さく 10<sup>-8</sup> ~ 10<sup>-11</sup> (m<sup>2</sup> / s) 程度と極めて小さいのでスクラバー処理水の水薄膜層表面付近に沿って流れるだけでは、ジェットスクラバー、ベンチュリースクラバー、スプレー塔等の加圧水式や、充填塔、流動層スクラバー等の充填式のスクラバーのごとくスクラバー処理水の表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく、PM フリースクラバー処理水の水薄膜層表面には一部が沿いながら滑らかに流れだけであるから、相互に混合することができない。

従って、この排気ガス浄化装置の PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 では、処理水には主として SOx のみが溶解していて PM はごく僅かしか溶解・含有していないので、この PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 のスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は、SOx は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置 (油分を含んだ処理排水を海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む) による燃料又は潤滑油由来の PM 処理機能を極簡素・小型化あるいは必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、スクラバー・スルーランプが可能な場合もあり得る。

### 【0032】

#### [第1実施例装置の要点]

(1) 排気管に S C R 3 を設け、その下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれる SOx は除去するが PM をほとんど除去しない PM フリースクラバー 4 を設置して大気放出排気ガスから NOx と SOx を除去する。

- S C R 3 の設置により排気ガス中の NOx を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して NOx の含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- PM フリースクラバー 4 の設置により排気ガス中の SOx はほとんどがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- スクラバー処理水には SOx のみが溶解していて、PM は極僅かしか溶解・含有されていない。

- スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOx は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置 (油分を含んだ廃棄処理水を海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む) による PM の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーランプが可能な場合もあり得る。しかし、排気ガス中の PM はほとんど除去されずに排出される。

(2) S C R 3 の上流に昇温機 7 を設置して排気ガス温を S C R に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温して排気ガス中の NOx の N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O への還元作用の高効率化を確保する。

- 排気ガスの流速が遅く S C R 3 内の滞留時間が長い場合は昇温機 7 にて排気ガスを 230 ~ 450 程度に加熱し、流速が早く S C R 3 内の滞留時間が短い場合は排気ガスを 360 ~ 450 程度に加熱する。

・ 昇温機 7 には電熱ヒーターを単独で用いたり、燃料噴射装置と点火装置を組合せて用いたり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いても良く、昇温機に酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中の PM を酸化して削減・除去できる。

#### 【 0 0 3 3 】

図 2 に本発明の第 2 実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン (E) 1 の排気マニホールド (E / M) 2 下流の排気管に、排気ガス中の NO<sub>x</sub> を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して NO<sub>x</sub> の含有量を大幅に削減し無害化する SCR 3 を設置し、さらにその下流に排気ガス中の SO<sub>x</sub> をその処理水に溶解するが PM は処理水にほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 を配設し、該 PM フリースクラバー 4 の下流に配設したマフラー（図示せず）を経由して排気ガスを排出するとともに、エアーフィルター (A / F) 5 を経由してエンジンの吸気マニホールド (I / M) 6 に外部の空気を吸気させる構成となし、さらに排気マニホールド 2 直下の排気管又は SCR 3 と PM フリースクラバー 4 との間の排気管に ESP / C / DPF 8 を配設した構成となすものである。なお、SCR 3 の上流に昇温機 7 を設置して排気ガス温を SCR 3 に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成してもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

上記図 2 に示す構成の排気ガス浄化装置の場合は、図 1 に示す第 1 の実施例装置と同様に、SCR 3 の設置により排気ガス中の NO<sub>x</sub> を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して NO<sub>x</sub> の含有量を大幅に削減し無害化することが可能となり、又、排気マニホールド 5 直下の排気管又は SCR 3 と PM フリースクラバー 4 との間の排気管に ESP / C / DPF 8 を配設したことにより排気ガス中の PM も除去され、SO<sub>x</sub> が激減されてクリーンなガスとなっている。この排気ガス浄化装置において、排気管に PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 を設置することにより、排気ガス中の気体であり拡散係数が 1.5 × 10<sup>-5</sup> (m<sup>2</sup> / s) 程度と大きい SO<sub>x</sub> がほとんど除去され、粒径が 0.01 ~ 0.5 μm 程度と大きく拡散係数のオーダが 3 ~ 6 衡程度小さく 10<sup>-8</sup> ~ 10<sup>-11</sup> (m<sup>2</sup> / s) 程度と極めて小さい粒子である PM はほとんど除去されない。即ち、PM は含有するが SO<sub>x</sub> は PM フリースクラバー 4 で除去されて排気ガスにはほとんど含有されないこととなり、又、排気管に ESP / C / DPF 8 を配設したことにより排気ガス中の PM が除去されて、排気ガスは SO<sub>x</sub> 及び PM の含有量を減少させると共に、燃焼室での燃焼温度が低下して窒素酸化物の発生が抑制されて排気ガスもクリーンになる。なお、SCR 3 の上流に昇温機 7 を設置して排気ガス温を SCR 3 に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成してもよい。さらに、SCR 3 の上流に ESP / C / DPF 8 を設置することにより、平板や酸化チタン等のセラミック担体に貴金属等の触媒成分 (Pt、Pd、Rh、Ir 等) を担持させた SCR 触媒の PM による目詰まりを防止できる。

#### 【 0 0 3 5 】

さらに、この排気ガス浄化装置においても SO<sub>x</sub> は除去するが PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 では、スクラバー処理水には主として SO<sub>x</sub> のみが溶解していて PM はごく僅かしか溶解・含有していないので、この PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 のスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は、SO<sub>x</sub> は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水を海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による燃料又は潤滑油由来の PM 処理機能を極簡素化・小型化あるいは必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても廃棄処理水海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

#### 【 0 0 3 6 】

##### [ 第 2 実施例装置の要点 ]

(1) 排気管に SCR 3 と ESP / C / DPF 8 を設け、その下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することが

ほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるSO<sub>x</sub>は除去するがPMをほとんど除去しないPMフリースクラバー4を設置して大気放出排気ガスからNO<sub>x</sub>とSO<sub>x</sub>とPMを除去する。

- SCR3の設置により排気ガス中のNO<sub>x</sub>をN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNO<sub>x</sub>の含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- PMフリースクラバー4の設置により排気ガス中のSO<sub>x</sub>はほとんどがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

(2) ESP/C/DPF8の設置により

- 排気ガス中のPMはほとんど除去されて極僅かしか含有されていないので環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となると共に、PMフリースクラバー処理水の排水処理負荷が極めて軽くなる。

- 又、SCR3の上流にESP/C/DPF8を設置することにより、さらにSCR触媒のPMによる目詰まりを防止できる。

- スクラバー処理水にはSO<sub>x</sub>のみが溶解していて、PMはごく僅かしか溶解・含有されていない。

- スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SO<sub>x</sub>は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーフィルタ運転が可能な場合もあり得る。

(3) SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温をSCRに担持されている触媒の活性化温度以上に昇温して排気ガス中のNO<sub>x</sub>のN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oへの還元作用の高効率化を確保する。

- 排気ガスの流速が遅くSCR3内の滞留時間が長い場合は昇温機7にて排気ガスを230～450程度に加熱し、流速が早くSCR内の滞留時間が短い場合は排気ガスを360～450程度に加熱する。

- 昇温機7には電熱ヒーターを単独で用いたり、燃料噴射装置と点火装置を組合せて用いたり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いても良く、昇温機に酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中のPMを酸化して削減・除去できる。

- スクラバー処理水にはSO<sub>x</sub>のみが溶解していて、PMはごく僅かしか溶解・含有されていない。

- スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SO<sub>x</sub>は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーフィルタ運転が可能な場合もあり得る。

【0037】

図3に本発明の第3実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン(E)1の排気マニホールド(E/M)2下流の排気管に、排気ガス中のNO<sub>x</sub>をN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNO<sub>x</sub>の含有量を大幅に削減し無害化するSCR3を設置し、さらにその下流に排気ガス中のSO<sub>x</sub>をその処理水に溶解するがPMは処理水にほとんど溶解・除去しない主PMフリースクラバー4aを配設し、該主PMフリースクラバー4aの下流に配設したマフラー(図示せず)を経由して排気ガスを排出するとともに、排気マニホールド(E/M)2下流の排気管に配設したSCR3の上流、下流、あるいは主PMフリースクラバー4aの下流のいずれかに分岐部を設けてEGR配管系を接続し、EGRガスをEGRバルブ(E/V)9により流量制御しながらエンジンの吸気マニホールド6へ

の吸気管系に還流させる構成となすと共に、エアーフィルター（A/F）5を経由してエンジンの吸気マニホールド（I/M）6に外部の空気を吸気させる構成となし、さらにEGR配管系に前記同様の副PMフリースクラバー4bを設け、該副PMフリースクラバー4bを通過したEGRガスをEGRバルブ（E/V）9を介して吸気管系に還流させる構成となすものである。なお、SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温をSCR3に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成してもよい。

昇温機に酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中のPMを酸化して削減・除去できる。

#### 【0038】

図3に本発明の第3実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン（E）1の排気マニホールド（E/M）2下流の排気管に、排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化するSCR3を設置し、さらにその下流に排気ガス中のSOxをその処理水に溶解するがPMは処理水にほとんど溶解・除去しない主PMフリースクラバー4aを配設し、該主PMフリースクラバー4aの下流に配設したマフラー（図示せず）を経由して排気ガスを排出するとともに、排気マニホールド（E/M）2下流の排気管に配設したSCR3の上流、下流、あるいは主PMフリースクラバー4aの下流のいずれかに分岐部を設けてEGR配管系を接続し、EGRガスをEGRバルブ（E/V）9により流量制御しながらエンジンの吸気マニホールド6への吸気管系に還流させる構成となすと共に、エアーフィルター（A/F）5を経由してエンジンの吸気マニホールド（I/M）6に外部の空気を吸気させる構成となし、さらにEGR配管系に前記同様の副PMフリースクラバー4bを設け、該副PMフリースクラバー4bを通過したEGRガスをEGRバルブ（E/V）9を介して吸気管系に還流させる構成としたことにより、主PMフリースクラバー、副PMフリースクラバー何れにおいても排気ガス又はEGRガス中の気体であり拡散係数が $1.5 \times 10^{-5}$ （m<sup>2</sup>/s）程度と大きいSOxがほとんど除去され、粒径が0.01~0.5μm程度と大きく拡散係数のオーダが3~6桁程度小さく $10^{-8} \sim 10^{-11}$ （m<sup>2</sup>/s）程度と極めて小さい粒子であるPMはほとんど除去されることとなる。なお、SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温をSCR3に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成してもよい。

#### 【0039】

##### [第3実施例装置の要点]

(1) 排気管にSCR3を設け、その下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるSOxは除去するがPMをほとんど除去しない主PMフリースクラバー4aを設置して大気放出排気ガスからNOxとSOxを除去する。

- SCR3の設置により排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- 主PMフリースクラバー4aの設置により排気ガス中のSOxはほとんどがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMは極僅かしか溶解・含有されていない。

- スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。しかし、排気ガス中のPMはほとんど除去されずに排出される。

(2) S C R 3 の上流、下流、あるいは主 P M フリースクラバー 4 a の下流のいずれかに分岐部を設けて E G R ガスを分岐して吸気に還流させることにより、燃焼室での燃焼温度を低下させて N O x の生成を抑制して S C R に流入する排気ガス中の N O x の含有量を予め低下させておくことができる。

- ・ 排気ガス中の N O x の含有量が減少しているため S C R 3 にて還元する N O x の量が減少して S C R 触媒への負荷 が軽くなり S C R 3 が小型化されて装置の設置性や制御性の向上とアンモニア、アンモニア水、尿素水などの還元剤の使用量の削減といったイニシャルコスト、ランニングコスト双方の低廉化がはかられる。

- ・ E G R システムと S C R を組み合わせた相乗効果により大気放出排気ガスからの N O x の含有量をさらに低減化させて環境保全可能な排気ガスとすることができます。

(3) 主 P M フリースクラバー 4 a の下流に E G R 分岐部を設けて主 P M フリースクラバー 4 a にて浄化されたガスを E G R ガスとすることができる。

- ・ E G R ガスは、予め主 P M フリースクラバー 4 a により S O x が除去されてほとんど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダーヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- ・ E G R 配管、E G R バルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール、インターホーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(4) E G R 配管系に、E G R ガスに含まれる S O x は除去するが P M をほとんど除去しない副 P M フリースクラバー 4 b を設置する。

- ・ 副 P M フリースクラバー 4 b の処理水も硫黄成分のみが溶解していて P M はごく僅かしか溶解・含有されず、前記主 P M フリースクラバー 4 a と同様にスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は容易である。

- ・ スクラバー処理水には S O x のみが溶解していて、P M は極僅かしか溶解・含有されていない。

- ・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、S O x は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による P M の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

(5) S C R 3 の上流に昇温機 7 を設置して排気ガス温度を S C R 3 に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温して排気ガス中の N O x の N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O への還元作用の高効率化を確保する。

- ・ 排気ガスの流速が遅く S C R 3 内の滞留時間が長い場合は、昇温機 7 にて排気ガスを 230 ~ 450 程度に加熱し、流速が速く S C R 3 内の滞留時間が短い場合は、排気ガスを 360 ~ 450 程度に加熱する。

- ・ 昇温機 7 には、電熱ヒーターを単独で用いたり、燃料噴射装置と点火装置を組合せて用いたり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いてもよく、昇温機に酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中の P M を酸化して削減・除去できる。

#### 【 0 0 4 0 】

図 4 に本発明の第 4 実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン（E）1 の排気マニホールド（E/M）2 直下の排気管に、排気ガスから P M を除去する E S P / C / D P F 8 を設け、この E S P / C / D P F 8 の下流に排気ガス中の N O x を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して N O x の含有量を大幅に削減し無害化する S C R 3 を設置し、さらにその下流に排気ガス中の S O x をその処理水に溶解するが P M は処理水にほとんど溶解・除去しない主 P M フリースクラバー 4 a を配設し、該主 P M フリースクラバー

4 a の下流に配設したマフラー（図示せず）を経由して排気ガスを排出するとともに、E S P / C / D P F 8、S C R 3、あるいは主PMフリースクラバー4 a 各々の下流のいずれかに設けた分岐部からE G R配管系を分岐させてE G RガスをE G Rバルブ（E / V）9により流量制御しながらエンジンの吸気マニホールド6への吸気管系に還流させる構成となすと共に、さらにE G R配管系に副PMフリースクラバー4 b を設け、該副PMフリースクラバー4 b を通過したE G RガスをE G Rバルブ（E / V）9を介して吸気管系に還流させる構成としたことにより、主PMフリースクラバー、副PMフリースクラバー何れにおいても排気ガス又はE G Rガス中の気体であり拡散係数が $1.5 \times 10^{-5}$  ( $m^2/s$ ) 程度と大きいSOxがほとんど除去され、粒径が $0.01 \sim 0.5 \mu m$ 程度と大きく拡散係数のオーダが $3 \sim 6$  衡程度小さく $10^{-8} \sim 10^{-11}$  ( $m^2/s$ ) 程度と極めて小さい粒子であるPMはほとんど除去されないこととなる。なお、S C R 3 の上流に昇温機7を設置して排気ガス温をS C R 3 に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成してもよい。

#### 【0041】

##### [第4実施例装置の要点]

(1) 排気管にS C R 3を設け、その下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれるSOxは除去するがPMをほとんど除去しない主PMフリースクラバー4 aを設置して大気放出排気ガスからNOxとSOxを除去すると共に、排気管のE S P / C / D P F 8、S C R 3、あるいは主PMフリースクラバー4 a 各々の下流のいずれかにE G R配管系を分岐接続してE G Rガスを還流してNOxを予め除去し、さらに又、E G R配管系にE G Rガスに含まれるPMをほとんど除去しない副PMフリースクラバー4 bを設置する。

- ・ S C R 3の設置により排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- ・ 主PMフリースクラバー4 aの設置により排気ガス中のSOxはほとんどがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- ・ スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMは極僅かしか溶解・含有されていない。

- ・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーアルゴンが可能な場合もあり得る。

##### (2) E S P / C / D P F 8の設置により、

- ・ 排気ガス中のPMはほとんど除去されてごく僅かしか含有されていないので排気ガスの大気放出が可能となると共に、主PMフリースクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理負荷が極めて軽くなる。

- ・ S C R 3の上流にE S P / C / D P F 8を設置することにより、さらにS C R触媒のPMによる目詰まりを防止できる。

##### (3) E G R配管系の設置により、

- ・ 排気ガス中のNOxの含有量が減少しているためS C R 3にて還元するNOxの量が減少してS C R触媒への負荷が軽くなりS C R 3が小型化されて装置の設置性や制御性の向上とアンモニア、アンモニア水、尿素水などの還元剤の使用量の削減といったイニシャルコスト、ランニングコスト双方の低廉化がはかられる。

- ・ E G RシステムとS C Rとを組み合わせた相乗効果により大気放出排気ガスからNOxの含有量をさらに低減化させて環境保全可能な排気ガスとすることができます。

(4) 主 PM フリースクラバー 4 a 下流から EGR ガスを分岐させると、

- ・ EGR ガスは、予め主 PM フリースクラバー 4 a により SO<sub>x</sub> が除去されてほとんど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダーヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- ・ EGR 配管、EGR バルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホール、インタークーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(5) EGR 配管系に副 PM フリースクラバー 4 b を設置すると、

- ・ 副 PM フリースクラバー 4 b のスクラバー処理水も硫黄成分のみが溶解していて PM はごく僅かしか溶解・含有されず、前記主 PM フリースクラバー 4 a と同様にスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は容易である。

- ・ スクラバー処理水には SO<sub>x</sub> のみが溶解していて、PM は極僅かしか溶解・含有されていない。

・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SO<sub>x</sub> は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による PM の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

(6) SCR 3 の上流に昇温機 7 を設置すると、

- ・ 排気ガスの流速が遅く SCR 3 内の滞留時間が長い場合は、昇温機 7 にて排気ガスを 230 ~ 450 度に加熱し、流速が速く SCR 3 内の滞留時間が短い場合は、排気ガスを 360 ~ 450 度に加熱する。

- ・ 昇温機 7 には、電熱ヒーターを単独で用いたり、燃料噴射装置と点火装置を組合せて用いたり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いてもよく、昇温機に酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中の PM を酸化して削減・除去できる。

#### 【0042】

図 5 に本発明の第 5 実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン (E) 1 の排気マニホールド (E/M) 2 下流の排気管に、排気ガス中の NO<sub>x</sub> を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して NO<sub>x</sub> の含有量を大幅に削減し無害化する SCR 3 を設置し、さらにその下流に排気ガス中の SO<sub>x</sub> をその処理水に溶解するが PM は処理水にほとんど溶解・除去しない主 PM フリースクラバー 4 a を配設し、該主 PM フリースクラバー 4 a の下流に配設したマフラー（図示せず）を経由して排気ガスを排出するとともに、排気マニホールド (E/M) 2 下流の排気管に配設した SCR 3 の上流、下流、あるいは主 PM フリースクラバー 4 a の下流のいずれかに分岐部を設けて EGR 配管系を接続し、該 EGR 配管系に副 PM フリースクラバー 4 b を設け、該副 PM フリースクラバー 4 b を通過した EGR ガスを EGR バルブ (E/V) 9 を介して吸気管系に還流させる構成としたことにより、主 PM フリースクラバー、副 PM フリースクラバー 何れにおいても排気ガス又は EGR ガス中の気体であり拡散係数が  $1.5 \times 10^{-5} (\text{m}^2/\text{s})$  程度と大きい SO<sub>x</sub> がほとんど除去され、粒径が 0.01 ~ 0.5 μm 程度と大きく拡散係数のオーダーが 3 ~ 6 衝程度小さく  $10^{-8} \sim 10^{-11} (\text{m}^2/\text{s})$  程度と極めて小さい粒子である PM はほとんど除去されないこととなる。なお、SCR 3 の上流に昇温機 7 を設置して排気ガス温度を SCR 3 に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成し、さらに EGR 配管系の副 PM フリースクラバー 4 b の下流に排気ガスから PM を除去する ESP/C / DPF 8 を設けてもよい。

#### 【0043】

[ 第 5 実施例装置の要点 ]

(1) 排気管に SCR 3 を設け、その下流に、スクラバーを構成する各壁面に存在し流下する処理水の薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく処理水の表面付近に沿いながら滑らかに流れ、ガスと粒子の拡散速度の相違を利用して排気ガスに含まれる SO<sub>x</sub> は除去するが PM をほとんど除去しない主 PM フリースクラバー 4 a を設置して大気放出排気ガスから NO<sub>x</sub> と SO<sub>x</sub> を除去すると共に、排気管の SCR 3 の上流、下流、あるいは主 PM フリースクラバー 4 a 各々の下流のいずれかに EGR 配管系を分岐接続して EGR ガスを還流して NO<sub>x</sub> を予め除去し、又、EGR 配管系に EGR ガスに含まれる SO<sub>x</sub> は除去するが PM をほとんど除去しない副 PM フリースクラバー 4 b を設置し、さらに、好ましくは EGR 配管系の上流に EGR ガスに含まれる PM をする ESP/C / DPF 8 を設置する。

- SCR 3 の設置により排気ガス中の NO<sub>x</sub> を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して NO<sub>x</sub> の含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- 主 PM フリースクラバー 4 a の設置により排気ガス中の SO<sub>x</sub> はほとんどがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- スクラバー処理水には SO<sub>x</sub> のみが溶解していて、PM は極僅かしか溶解・含有されていない。

- スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SO<sub>x</sub> は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による PM の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーランが可能な場合もあり得る。

(2) SCR 3 の上流、下流、あるいは主 PM フリースクラバー 4 a の下流のいずれかに分岐部を設けて EGR ガスを分岐して吸気に還流することにより燃焼室での燃焼温度を低下させて NO<sub>x</sub> の生成を抑制して SCR 3 に流入する排気ガス中の NO<sub>x</sub> の含有量を予め低下させておくことができる。

- 排気ガス中の NO<sub>x</sub> の含有量が減少しているため SCR 3 にて還元する NO<sub>x</sub> の量が減少して SCR 触媒への負荷が軽くなり SCR 3 が小型化されて装置の設置性や制御性の向上とアンモニア、アンモニア水、尿素水などの還元剤の使用量の削減といったイニシャルコスト、ランニングコスト双方の低廉化がはかられる。

- EGR システムと SCR とを組み合わせた相乗効果により大気放出排気ガスから NO<sub>x</sub> の含有量をさらに低減化させて環境保全可能な排気ガスとすることができます。

(3) 主 PM フリースクラバー 4 a の下流に EGR 分岐部を設けて該主 PM フリースクラバー 4 a にて浄化されたガスを EGR ガスとすることができます。

- EGR ガスは、予め主 PM フリースクラバー 4 a により SO<sub>x</sub> が除去されてほとんど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダー・ヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- EGR 配管、EGR バルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサー・ホール、インタークーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(4) EGR 配管系に副 PM フリースクラバー 4 b を設け、該副 PM フリースクラバー 4 b の上流に好ましくは ESP/C / DPF 8 を設け、EGR ガスから PM 等をさらに除去する。

- EGR ガス中の PM や金属の酸化物などの磨耗を促進する粒子成分は ESP/C / DPF によりほとんど除去される。

- EGR ガスには SO<sub>x</sub> (ESP/C / DPF を設置すると PM も) がほとんど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダー・ヘッド、給排気バル

ブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- ・ EGRガスにはSOx(ESP/C/DPFを設置するとPMも)がほとんど含有されないので、EGR配管、EGRバルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール、インターフーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- ・ 副PMフリースクラバー4bのスクラバー処理水も硫黄成分のみが溶解していてPMはごく僅かしか溶解・含有されず廃棄処理水としての後処理は容易である。

- ・ スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMは極僅かしか溶解・含有されていない。

- ・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーニュートラル化が可能な場合もあり得る。

(5) SCRの上流に昇温機を設置すると、

- ・ 排気ガス中のPMはほとんど除去されてごく僅かしか含有されていないので排気ガスの大気放出が可能となると共に、主PMフリースクラバー処理水の廃棄処理水としての処理負荷が極めて軽くなる。

- ・ SCR3の上流にESP/C/DPF8を設置することにより、さらにSCR触媒のPMによる目詰まりを防止できる。

#### 【0044】

図6に本発明の第6実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン(E)1の排気マニホールド(E/M)2下流の排気管に、排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化するSCR3を設置し、さらにその上流に排気ガス中のSOxをその処理水に溶解するがPMは処理水にほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバー4を配設し、前記SCRの下流に配設したマフラー(図示せず)を経由して排気ガスを排出するとともに、エアーフィルター(A/F)5を経由してエンジンの吸気マニホールド(I/M)6に外部の空気を吸気させる構成となしたことにより、PMフリースクラバーにおいても排気ガス中の気体であり拡散係数が1.5×10<sup>-5</sup>(m<sup>2</sup>/s)程度と大きいSOxがほとんど除去され、粒径が0.01~0.5μm程度と大きく拡散係数のオーダが3~6桁程度小さく10<sup>-8</sup>~10<sup>-11</sup>(m<sup>2</sup>/s)程度と極めて小さい粒子であるPMはほとんど除去されないこととなり、好ましくは排気マニホールド2直下でPMフリースクラバー4との間の排気管にESP/C/DPF8を配設した構成となすものである。なお、SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温をSCRに担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成する。また、ESP/C/DPF8の上流に冷却機10を設けて該ESP/C/DPF8に流入する排気ガスを予め冷却するよう構成してもよい。

#### 【0045】

図6に示す構成の排気ガス浄化装置の場合、排気ガスはSOxを溶解・除去するがPMをほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバー4を通過してPMは含有するがSOxが激減されたガスとなり、PMフリースクラバー4の下流へのSCR3の設置によりSOxが激減された排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化することが可能となって環境保全可能な排気ガスとして排気ガス浄化装置からサイレンサ(図示せず)を経由し煙突(図示せず)より船外へ排出される。この排気ガス浄化装置において、PMをほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバー4では該PMフリースクラバーを構成する各壁面に存在(一部流下)するスクラバー処理水の水薄膜層

表面により、排気ガス中の気体である  $\text{SO}_x$  は拡散係数が  $1.5 \times 10^{-5} (\text{m}^2/\text{s})$  程度と大きく各壁面に沿って流れる間にスクラバー処理水の水薄膜層表面に吸着され当該スクラバー処理水に溶解してその濃度を激減させて排出されるが、排気ガス中の粒径が  $0.01 \sim 0.5 \mu\text{m}$  程度と大きい PM は気体である  $\text{SO}_x$  と比較して拡散係数のオーダが  $3 \sim 6$  衡程度小さく  $10^{-8} \sim 10^{-11} (\text{m}^2/\text{s})$  程度と極めて小さいのでスクラバー処理水の水薄膜層表面付近に沿って流れるだけでは、ジェットスクラバー、ベンチュリースクラバー、スプレー塔等の加圧水式や、充填塔、流動層スクラバー等の充填式のスクラバーのごとくスクラバー処理水の水薄膜層表面に対し排気ガスが激しく衝突することがほとんどなく、PM フリースクラバー 4 処理水の水薄膜層表面には一部が沿いながら滑らかに流れるだけであるから、相互に混合する事がない。又、この排気ガス浄化装置において、SCR は酸化チタンなどのセラミック担体に貴金属などの触媒成分を担持させるなどの常法により製造した SCR 触媒に、アンモニア水あるいは尿素水をノズルより排気ガス配管内に噴霧したガス状・霧状の還元剤を SCR 触媒に作用させて排気ガス中の  $\text{NO}_x$  を  $\text{N}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  (尿素を使用すると  $\text{CO}_2$ ) に還元させて使用する。なお SCR の上流に昇温機を配置して排気ガスの温度を SCR 触媒の活性化温度以上に昇温しておくことにより、排気ガス中の  $\text{NO}_x$  を  $\text{N}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  (尿素を使用すると  $\text{CO}_2$  も) に効率よく確実に還元することができる。

#### 【0046】

従って、この排気ガス浄化装置の  $\text{SO}_x$  を溶解・除去するが PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 では、スクラバー処理水には主として  $\text{SO}_x$  のみが溶解していて PM はごく僅かしか溶解・含有していないので、この PM をほとんど溶解・除去しない PM フリースクラバー 4 のスクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理は、 $\text{SO}_x$  は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができる、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水を海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による燃料又は潤滑油由来の PM 処理機能を極簡素・小型化あるいは必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。又、この排気ガス浄化装置では、排気ガスは PM フリースクラバーを通して  $\text{SO}_x$  が激減されたガスとなった後に SCR に流入するので、SCR の平板やセラミック担体などに担持された貴金属等の触媒成分 (Pt、Pd、Rh、Ir 等) は硫黄成分による触媒被毒を防止できて浄化率低下の抑制、装置メンテナンスの容易化、長寿命化、操作費用の低廉化等をはかることができる。

又、PM フリースクラバー 4 の上流に ESP/C/DPF 8 を設置し、PM フリースクラバー 4 に流入する排気ガスから予め PM を除去しておくことにより、PM フリースクラバー 4 でのスクラバー処理水への PM の溶解はさらに減少して廃棄処理水の後処理はさらに容易となって処理装置の一層の小型・低廉化、設置性の向上、長寿命化、操作費用の低廉化等をはかることができる。なお、ESP/C/DPF 8 の上流に冷却機 10 を設置することにより ESP/C/DPF 8 に流入する排気ガス温度を低温化することができるので、ESP/C/DPF 8 での PM 捕集率を向上させて PM フリースクラバー 4 へ流入する PM をさらに減少させることができ、船外へ排出される排気ガス中の PM をさらに減少させると共に PM フリースクラバーでのスクラバー処理水をよりクリアにすることができる。

#### 【0047】

##### [第6実施例装置の要点]

- (1) 排気管の上流に PM フリースクラバー 4 を設置し、その下流に SCR 3 を設置する。
- ・ SCR 3 の設置により排気ガス中の  $\text{NO}_x$  を  $\text{N}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  に還元して  $\text{NO}_x$  の含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。
- ・ PM フリースクラバー 4 の設置により排気ガス中の  $\text{SO}_x$  はほとんどがスクラバー

処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- ・スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMは極僅かしか溶解・含有されていない。

- ・スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーランプが可能な場合もあり得る。しかし、排気ガス中のPMはほとんど除去されずに排出される。

- ・SCR3に流入する排気ガスから予めSOxを除去されているので、SCRの平板やセラミック担体等に担持された貴金属等の触媒成分（Pt、Pd、Rh、Ir等）は硫黄成分による触媒被毒を防止できて浄化率低下の抑制、装置メンテナンスの容易化、長寿命化、操作費用の低廉化等をはかることができる。

(2) PMフリースクラバー4の上流にESP/C/DPFを設置することにより、

- ・排気ガス中のPMはほとんど除去されてごく僅かしか含有されていないので環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となると共に、PMフリースクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理負荷が極めて軽くなる。

- ・SCR3の上流にESP/C/DPF8を設置することにより、さらにSCR触媒のPMによる目詰まりを防止できる。

- ・スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMは極僅かしか溶解・含有されていない。

- ・EGRガス中のPMや金属の酸化物等の摩耗を促進する粒子成分は、ESP/C/DPF8によりほとんど除去される。

(3) PMフリースクラバー4の上流に冷却機10を設置することにより、

- ・ESP/C/DPF8に流入する排気ガスを予め冷却することができ、該ESP/C/DPF8でのPM捕集率を向上させてPMフリースクラバー4へ流入するPMをさらに減少させることができ、船外へ排出される排気ガス中のPMをさらに減少させると共にPMフリースクラバーでのスクラバー処理水をよりクリアにすることができる。

(4) SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温度をSCR3に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温して排気ガス中のNOxのN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oへの還元作用の高効率化を確保する。

#### 【0048】

図7に本発明の第7実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン(E)1の排気マニホールド(E/M)2下流の排気管に、排気ガス中のNOxをN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元してNOxの含有量を大幅に削減し無害化するSCR3を設置し、さらにその上流に排気ガス中のSOxをその処理水に溶解するがPMは処理水にほとんど溶解・除去しない主PMフリースクラバー4aを配設し、該スクラバーの下流にマフラー(図示せず)を経由して排気ガスを排出するとともに、前記SCR3の上流又は下流に分岐部を設けてEGR配管系を分岐接続してEGRガスを分岐し、EGRガスをEGRバルブ(E/V)9を介して吸気管系に還流させる構成となしたことにより、主PMフリースクラバーにおいて排気ガス中の気体であり拡散係数が1.5×10<sup>-5</sup>(m<sup>2</sup>/s)程度と大きいSOxがほとんど除去され、粒径が0.01~0.5μm程度と大きく拡散係数のオーダが3~6桁程度小さく10<sup>-8</sup>~10<sup>-11</sup>(m<sup>2</sup>/s)程度と極めて小さい粒子であるPMはほとんど除去されることとなる。なお、SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温度をSCR3に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成し、さらにEGR配管系に前記主PMフリースクラバー4aと同様の副PMフリースクラバー4bを設けてもよい。

#### 【0049】

## [ 第 7 実施例装置の要点 ]

(1) 排気管の上流に主 PM フリースクラバー 4 a を設置し SCR 3 を下流に設置する。

- ・ SCR 3 の設置により排気ガス中の NO<sub>x</sub> を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して NO<sub>x</sub> の含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- ・ 主 PM フリースクラバー 4 a の設置により排気ガス中の SO<sub>x</sub> はほとんどがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- ・ スクラバー処理水には SO<sub>x</sub> のみが溶解していて、PM はごく僅かしか溶解・含有されていない。

- ・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SO<sub>x</sub> は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による PM の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

- ・ SCR 3 に流入する排気ガスから予め SO<sub>x</sub> を除去されているので、SCR 3 の平板やセラミック担体等に担持された貴金属等の触媒成分 (Pt、Pb、Rh、Ir 等) は硫黄成分による触媒被毒を防止できて浄化率低下の抑制、装置メンテナンスの容易化、長寿命化、操作費用の低廉化等をはかることができる。

(2) 主 PM フリースクラバー 4 a の下流又は SCR 3 の下流に分岐部を設け該分岐部から EGR 配管系を設けて EGR ガスを分岐し、吸気に還流する。

- ・ 排気ガス中の NO<sub>x</sub> の含有量が減少しているため SCR 3 にて還元する NO<sub>x</sub> の量が減少して SCR 触媒への負荷が軽くなり SCR 3 が小型化されて装置の設置性や制御性的向上とアンモニア、アンモニア水、尿素水などの還元剤の使用量の削減といったイニシャルコスト、ランニングコスト双方の低廉化がはかられる。

- ・ EGR システムと SCR とを組み合わせた相乗効果により大気放出排気ガスから NO<sub>x</sub> の含有量をさらに低減化させて環境保全可能な排気ガスとすることができる。

(3) 主 PM フリースクラバー 4 a 下流から EGR 配管系を分岐させると、

- ・ EGR ガスには SO<sub>x</sub> がほとんど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダーヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- ・ EGR ガスには SO<sub>x</sub> がほとんど含有されないので、EGR 配管、EGR バルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール、インターフーラー、吸気管、インタークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(4) EGR 配管系に EGR ガスに含まれる SO<sub>x</sub> を除去するが PM をほとんど除去しない副 PM フリースクラバー 4 b を設置する。

- ・ EGR ガスには SO<sub>x</sub> がほとんど含有されないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダーヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の腐食や摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- ・ スクラバー処理水には SO<sub>x</sub> のみが溶解していて、PM はごく僅かしか溶解・含有されていない。

- ・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SO<sub>x</sub> は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による PM の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

(5) S C R 3 の上流に昇温機 7 を設置して排気ガス温を S C R 3 に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温して排気ガス中の N O X の N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O への還元作用の高効率化を確保する。

- ・ 排気ガスの流速が遅く S C R 3 内の滞留時間が長い場合は、昇温機 7 にて排気ガスを 230 ~ 450 度に加熱し、流速が速く S C R 3 内の滞留時間が短い場合は、排気ガスを 360 ~ 450 度に加熱する。

- ・ 昇温機 7 には、電熱ヒーターを単独で用いたり、燃料噴射装置と点火装置を組合せて用いたり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いてもよく、昇温機に酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中の P M を酸化して削減・除去できる。

#### 【 0 0 5 0 】

図 8 に本発明の第 8 実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン (E) 1 の排気マニホールド (E / M) 2 下流の排気管に、排気ガス中の N O X を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して N O X の含有量を大幅に削減し無害化する S C R 3 を設置し、さらにその上流に排気ガス中の S O X をその処理水に溶解するが P M は処理水にほとんど溶解・除去しない主 P M フリースクラバー 4 a を配設し、前記 S C R 3 の下流にマフラー ( 図示せず ) を経由して排気ガスを排出するとともに、前記主 P M フリースクラバー 4 a の上流、下流又は S C R 3 の下流のいずれかに分岐部を設けて E G R 配管系を分岐接続して E G R ガスを分岐し、E G R ガスを E G R バルブ (E / V) 9 を介して吸気管系に還流させる構成となしたことにより、主 P M フリースクラバーにおいて排気ガス中の気体であり拡散係数が  $1.5 \times 10^{-5}$  (m<sup>2</sup> / s) 程度と大きい S O X がほとんど除去され、粒径が 0.01 ~ 0.5 μm 程度と大きく拡散係数のオーダが 3 ~ 6 衡程度小さく  $10^{-8} \sim 10^{-11}$  (m<sup>2</sup> / s) 程度と極めて小さい粒子である P M はほとんど除去されないこととなり、さらに排気マニホールド (E / M) 2 直下で主 P M フリースクラバー 4 a との間の排気管に E S P / C / D P F 8 を配設した構成となす。なお、S C R 3 の上流に昇温機 7 を設置して排気ガス温度を S C R 3 に担持されている触媒の活性化温度以上に昇温するよう構成し、さらに E G R 配管系に前記主 P M フリースクラバー 4 a と同様の副 P M フリースクラバー 4 b を設けてもよい。

#### 【 0 0 5 1 】

##### [ 第 8 実施例装置の要点 ]

(1) 排気管の上流に主 P M フリースクラバー 4 a を設置し S C R 3 を下流に設置する。

- ・ S C R 3 の設置により排気ガス中の N O X を N<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に還元して N O X の含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- ・ 主 P M フリースクラバー 4 a の設置により排気ガス中の S O X はほとんどがスクラバー処理水に溶解除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- ・ スクラバー処理水には S O X のみが溶解していて、P M はごく僅かしか溶解・含有されていない。

- ・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、S O X は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による P M の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーランプが可能な場合もあり得る。

- ・ S C R 3 に流入する排気ガスから予め S O X を除去されているので、S C R 3 の平板やセラミック担体等に担持された貴金属等の触媒成分 (P t、P b、R h、I r 等) は硫黄成分による触媒被毒を防止できて浄化率低下の抑制、装置メンテナンスの容易化、長寿命化、操作費用の低廉化等をはかることができる。

(2) 主 P M フリースクラバー 4 a の上流に E S P / C / D P F を設置することにより、

- ・ 排気ガス中の P M は E S P / C / D P F 8 によりほとんど除去されてごく僅かしか

含有されていないので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となると共に、主PMフリースクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理負荷が極めて軽くなる。

- SCR3の上流にESP/C/DPF8を設置することにより、さらにSCR触媒のPMによる目詰まりを防止できる。

- スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMはごく僅かしか溶解・含有されていない。

- ESP/C/DPF8によりEGRガス中のPMや金属の酸化物等の摩耗を促進する粒子成分はより除去される。

(3) ESP/C/DPF8上流に冷却機10を設置することにより、

- ESP/C/DPFに流入する排気ガスを予め冷却することができ、ESP/C/DPFでのPM捕集率を向上させて主PMフリースクラバー-4aへ流入するPMをさらに減少させることができ、船外へ排出される排気ガス中のPMをさらに減少させると共に主PMフリースクラバーでのスクラバー処理水をよりクリアにすることができる。

(4) 主PMフリースクラバーの上流、下流又はSCRの下流のいずれかに分岐部を設け該分岐部からEGR配管系を設けてEGRガスを分岐し、吸気に還流する。

- 燃焼室での燃焼温度を低下させてNOxの生成を燃焼段階で抑制して、SCRに流入する排気ガス中のNOxの含有量を予め低下させておくことができ、この排気ガス中のNOxの含有量が予め減少していることに伴いSCRにて還元するNOxの量が減少してSCR触媒の還元量の負荷が軽くなつて浄化率の向上、SCRが小型化されて装置の設置性や制御性の向上とアンモニア、アンモニア水、尿素水などの還元剤の使用量の削減といったイニシャルコスト、ランニングコスト双方の低廉化が図られる。

- EGRシステムとSCRとを組み合わせた相乗効果により大気放出排気ガスからNOxの含有量をさらに低減化させて環境保全可能な排気ガスとすることができます。

(5) 主PMフリースクラバーダウンストリームからEGR配管系を分岐させると、

- EGRガスにはPM及びSOxもほとんど含有されないので、EGR配管、EGRバルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール、インタークーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- EGRガスにはPM及びSOxも殆ど含有されないので、EGR配管、EGRバルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール、インタークーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

(6) EGR配管にEGRガスに含まれるPMをほとんど除去しない副PMフリースクラバーを設置する。

- EGRガスにはPM及びSOxもほとんど含有されないので、EGR配管、EGRバルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール、インタークーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

- スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMはごく僅かしか溶解・含有されていない。

- スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーアンダーフロー運転が可能な場合もあり得る。

(7) SCRの上流に昇温機を設置して排気ガス温をSCRに担持されている触媒の活性化温度以上に昇温して排気ガス中のNOxのN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oへの還元作用の高効率化を確保する。

- エンジン始動時などの排気ガス温度が例え低温であっても、排気ガス中のNOxの

$N_2$  と  $H_2O$  への高効率な還元作用を確保することができる。

- 昇温機には電熱ヒーターを単独で用いると制御が容易であり、燃料噴射装置と点火装置を組合せて用いると消費電力が少ないので全体としてのエネルギー効率が良くなり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いて酸化反応熱を利用してよく、又、酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中の PM を酸化して削減・除去することもできる。

#### 【0052】

図 9 に本発明の第 9 実施例装置として示す船舶用ディーゼルエンジンの排気ガス浄化装置は、高濃度に硫黄成分を含有する重油等の低質燃料を燃料として使用するディーゼルエンジン (E) 1 の排気マニホールド (E/M) 2 下流の排気管に、排気ガス中の  $NO_x$  を  $N_2$  と  $H_2O$  に還元して  $NO_x$  の含有量を大幅に削減し無害化する SCR 3 を設置し、さらにその上流に排気ガス中の  $SO_x$  をその処理水に溶解するが PM は処理水にほとんど溶解・除去しない主 PM フリースクラバー 4a を配設し、前記 SCR の下流にマフラー (図示せず) を経由して排気ガスを排出するとともに、前記主 PM フリースクラバー 4a の上流、下流又は SCR 3 の下流のいずれかに分岐部を設けて EGR 配管系を分岐接続して EGR ガスを分岐し、EGR ガスを EGR バルブ (E/V) 9 を介して吸気管系に還流させる構成となしたことにより、主 PM フリースクラバーにおいて排気ガス中の気体であり拡散係数が  $1.5 \times 10^{-5} (m^2/s)$  程度と大きい  $SO_x$  がほとんど除去され、粒径が  $0.01 \sim 0.5 \mu m$  程度と大きく拡散係数のオーダが  $3 \sim 6$  极程度小さく  $10^{-8} \sim 10^{-11} (m^2/s)$  程度と極めて小さい粒子である PM はほとんど除去されないこととなると共に、EGR 配管系に ESP/C/DPF 8 を配設した構成となす。なお、EGR 配管系の ESP/C/DPF 8 の下流に前記主 PM フリースクラバー 4a と同様の副 PM フリースクラバー 4b を設けてもよい。

#### 【0053】

##### [第 9 実施例装置の要点]

- (1) 排気管の上流に主 PM フリースクラバー 4a を設置し SCR 3 を下流に設置する。

- SCR 3 の設置により排気ガス中の  $NO_x$  を  $N_2$  と  $H_2O$  に還元して  $NO_x$  の含有量を大幅に削減し無害化することとなり、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- 主 PM フリースクラバー 4a の設置により排気ガス中の  $SO_x$  はほとんどがスクラバー処理水に溶解し除去されるので、環境保全可能な排気ガスの大気放出が可能となる。

- スクラバー処理水には  $SO_x$  のみが溶解していて、PM はごく僅かしか溶解・含有されていない。

- スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、 $SO_x$  は中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置（油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む）による PM の大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

- SCR 3 に流入する排気ガスから予め  $SO_x$  を除去されているので、SCR 3 の平板やセラミック担体等に担持された貴金属等の触媒成分 (Pt、Pb、Rh、Ir 等) は硫黄成分による触媒被毒を防止できて浄化率低下の抑制、装置メンテナンスの容易化、長寿命化、操作費用の低廉化等をはかることができる。

- (2) 主 PM フリースクラバー 4a の上流又は下流 SCR 3 の下流のいずれかに分岐部を設け該分岐部から EGR 配管系を設けて EGR ガスを分岐し、吸気に還流する。

- 燃焼室での燃焼温度を低下させて  $NO_x$  の生成を燃焼段階での発生を抑制して、SCR に流入する排気ガス中の  $NO_x$  の含有量を予め低下させておくことができ、この排気ガス中の  $NO_x$  の含有量が予め減少しているのに伴い SCR にて還元する  $NO_x$  の量が減少して SCR 触媒の還元量の負荷が軽くなつて浄化率の向上、SCR が小型化されて装置の設置性や制御性の向上とアンモニア、アンモニア水、尿素水などの還元剤の使用量の削減といったイニシャルコスト、ランニングコスト双方の低廉化がはかられる。

- ・ EGRシステムとSCRとを組み合わせた相乗効果により大気放出排気ガスからNOxの含有量をさらに低減化させて環境保全可能な排気ガスとすることができます。

(3) 主PMフリースクラバー4a下流からEGR配管系を分岐させると、

- ・ 副PMフリースクラバー4bのスクラバー処理水も硫黄成分のみが溶解していてPMはごく僅かしか溶解・含有されず廃棄処理水としての後処理は容易である。

・ SCR3に流入する排気ガスから予めSOxを除去されているので、SCR3の平板やセラミック担体等に担持された貴金属等の触媒成分( Pt、Pb、Rh、Ir等 )は硫黄成分による触媒被毒を防止できて浄化率低下の抑制、装置メンテナンスの容易化、長寿命化、操作費用の低廉化等をはかることができる。

(4) EGR配管にEGRガスに含まれるPMをほとんど除去しない副PMフリースクラバー4bを設置する。

・ EGRガスにはPM及びSOxも殆ど含有されないので、EGR配管、EGRバルブ、プロアー、ターボチャージャーのコンプレッサーホイール、インターフーラー、吸気管、インテークマニホールド等の給・排気関連部品の腐食を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できる。

・ スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMはごく僅かしか溶解・含有されていない。

・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置(油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む)によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーニュートラル化が可能な場合もあり得る。

(5) PMフリー副スクラバー4b上流にESP/C/DPF8を設置することにより、

・ EGRガス中のPMはESP/C/DPF8によりほとんど除去されてごく僅かしか含有されていないので、ピストン、ピストンリング、シリンダー、シリンダーヘッド、給排気バルブ・バルブシステム等のエンジン構成部品の摩耗を減少させて耐久性を損ねる危惧をなくして向上させることができるので安価な材料が使用できると共に、PMフリースクラバー処理水の排水処理負荷が極めて軽くなる。

・ スクラバー処理水にはSOxのみが溶解していて、PMはごく僅かしか溶解・含有されていない。

・ スクラバー処理水の廃棄処理水としての後処理では、SOxは中和・濾過等の単純な工程と少ない工数及び小型で制御が簡易な処理装置で処理ができ、複雑で高度な制御を伴う制御部を備えた高価かつ大型で設置自由度の低い処理装置(油分を含んだ処理排水の海洋へ排出しないための貯蔵設備を含む)によるPMの大規模な処理機能を必要とせずに特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への排出が可能となり、又、時にはスクラバー・スルーニュートラル化が可能な場合もあり得る。

(6) SCR3の上流に昇温機7を設置して排気ガス温をSCRに担持されている触媒の活性化温度以上に昇温して排気ガス中のNOxのN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oへの還元作用の高効率化を確保する。

・ エンジン始動時などの排気ガス温度が例え低温であっても、排気ガス中のNOxのN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oへの高効率な還元作用を確保することができる。

・ 昇温機には電熱ヒーターを単独で用いると制御が容易であり、燃料噴射装置と点火装置を組合せて用いると消費電力が少ないので全体としてのエネルギー効率が良くなり、あるいは電気ヒーターと酸化触媒を組合せて用いて酸化反応熱を利用してよく、又、酸化触媒を組合せて用いると排気ガス中のPMを酸化して削減・除去することもできる。

#### 【0054】

又、本発明で使用するPMをほとんど溶解・除去しないPMフリースクラバーは、上記した通り排気ガス又はEGRガス通路内に設置されるものであるが、そのPMスクラバーとしては例えば図10～図13に示すものを採用することができる。

## 【0055】

図10に示すPMフリースクラバーは、優れた吸水性を有しガラス纖維やカーボン纖維、アラミド纖維などを骨格とした好ましくは多孔質のセラミック製素材よりなる波板と平板を交互に積層して、平板と波板間で構成されるトンネル状の微小断面の排ガス流路12-10が斜行しているハニカム構造のハニカムコア（例えば、縦250mm×横250mm×奥行100mm（ニチアス株式会社製、商品名；ハニカムウォッシャー））を所望枚数積層してハニカムユニットコア部12-1として設け、該ハニカムユニットコア部12-1の全巾・全長さにわたって略均一に給水するよう給水ノズルもしくは給水ダクトからなる給水部12-2を該ハニカムユニットコア部12-1の上部に配置して給水し、給水されたスクラバー処理水（洗浄水）Wは前記ハニカムユニットコア部12-1の斜行する各微小流路の表面を湿潤しながら流下し、該ハニカムユニットコア部の下部にほぼ同じ長さ及び幅で設けられたアンダートレイ12-3に至りその後処理水タンク12-4に収容（システム水量：20L）されるが、スクラバー処理水Wはタンクから各微小流路の表面が乾燥せずに湿潤を保てるようポンプPにて給水部12-2に送られ（水流速；35L/min程度）、循環使用される構成となしている。図中、12-2-1は散水タンク、12-2-2はノズル孔、矢印Aは排気ガスもしくはEGRガス、矢印BはS分が除去された排気ガス（PMはほとんど残留している）、MはポンプPを駆動するモーター、Wはスクラバー処理水を示す。

## 【0056】

このPMフリースクラバーの場合、排気ガスもしくはEGRガスはハニカムユニットコア部12-1を斜行し各微小流路の壁面の湿潤した表面付近に接しあつ沿いながら滑らかに流れるだけであるから、通常スクラバーのように処理水Wの表面に対し排気ガスが激しく交差・衝突することがほとんどなく、穏やかに沿い接触しながら流れるために相互に混合することができないので、排気ガス又はEGRガス成分の中で、気体で拡散係数が大きい水との親和性が高く吸収され易いSOxをその処理水に溶解するが、粒径が大きく拡散係数が極めて小さいPMはスクラバー処理水へはほとんど溶解しないで流れて通過し、従って排気ガス及びEGRガスはSOxが確実に除去されて、粒子であるPMはほとんど残留し含有された状態で排出されることとなる。このスクラバー処理水に、SOxは含有されているが、PMをほとんど含有していないことにより、特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への処理水の排出が僅かな処理で可能となって特に船中での処理水の排水処理が格段に容易となり処理装置の制御もシンプルとなり装置も小型化してレイアウト性も良くなり安価な設備ともなる。さらに、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

## 【0057】

又、上記PMフリースクラバーと同様の構成を有する別のタイプとして、SUS316L等のオーステナイト系ステンレス製薄板素材あるいはオーステナイト系ステンレス製細線を平織・綾織などにより網目状に編んだステンレス製網板素材よりなる平板やエンボス板を斜行した波板状にコルゲート加工して斜行方向が交互に斜交するように積層して、斜交した波板間で構成される斜交するトンネル状の微小流路が斜行しているハニカム構造のハニカムユニットコア、あるいは前記平板を斜行した波板状にコルゲート加工して斜行方向が交互に斜交するように積層する際、間に前記平板を積層させて、斜交した波板と平板間で構成される斜交するトンネル状の微小流路が斜行しているハニカム構造のハニカムユニットコアを所望枚数積層して構成したハニカムユニットコア部を採用したものがある（図面省略）。このハニカムユニットコア部を採用したPMフリースクラバーも前記多孔質セラミック製のハニカムコア構造のものと同様に、排気ガスもしくはEGRガスは該ハニカムユニットコア部を斜行し各微小流路の壁面の湿潤した表面付近に接しあつ沿いながら滑らかに流れるだけであるから、通常スクラバー（ジェットスクラバー、ベンチュリースクラバー、スプレー塔）のようにスクラバー処理水の表面に対し排気ガスが激しく交差・衝突することがほとんどなく、穏やかに沿いながら流れるだけであるから相互に混合することができないので、排気ガス又はEGRガス成分の中で水との親和性が高く吸収され易いS

$\text{SO}_x$ をその処理水に溶解するが、水との親和性の無い粒子であるPMは処理水へはほとんど溶解しない。この処理水は、 $\text{SO}_x$ は含有しているがPMを含有していないことにより、特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への処理水の排出が可能となって特に船中の処理水の排水処理が格段に容易となり処理装置の制御もシンプルとなり装置も小型化してレイアウト性も良くなり安価な設備ともなる。さらに、時にはスクラバー・スルーニュートラルが可能な場合もあり得る。

#### 【0058】

図11に示すPMフリースクラバーは、排気ガス又はEGRガス通路に設けられたスクラバーハウジング12-5内に、SUS316L等のオーステナイト系ステンレス製薄板素材あるいはオーステナイト系ステンレス製細線を平織・綾織などにより網目状に編んだステンレス製網板素材よりなる平板状の処理板12-6を上下方向鉛直でかつガスの流れと略平行に狭い間隔を保持して多数枚配設したもので、各処理板12-6の上端には各処理板の両壁面の全表面を湿潤するよう処理水供給ノズル12-7を設け、各処理板の下端にはタンク部12-8を設け、配管(図示せず)及びモーターにて駆動される循環ポンプ(図示せず)によりスクラバー処理水(洗浄水)Wを循環させて前記処理板12-6の表裏壁面の全表面を流下することにより常時湿潤させている。12-10は排気ガス又はEGRガス流路である。

このPMフリースクラバーで処理される排気ガス及びEGRガスは、前記常時湿潤した処理板12-6の壁表面を流下する水の表面付近を沿いながら滑らかに流れるだけであるから、通常スクラバーのように処理水の水薄膜層表面に対し排気ガスが激しく交差・衝突することがほとんどなく、穏やかに沿い接触しながら流れるだけであるから相互に混合することができないので、排気ガス又はEGRガス成分の中で気体であり拡散係数が大きく水との親和性が高く吸収され易い $\text{SO}_x$ をその処理水に溶解するが、粒径が大きく拡散係数が小さくて水との親和性のない粒子であるPMは処理水へはほとんど溶解しない。この処理水には、 $\text{SO}_x$ は含有されているが、PMをほとんど含有していないことにより、特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への処理水の排出が可能となって特に船中の処理水の排水処理が格段に容易となり処理装置の制御もシンプルとなり装置も小型化してレイアウト性も良くなり安価な設備ともなる。さらに、時にはスクラバー・スルーニュートラルが可能な場合もあり得る。

#### 【0059】

図12に示すPMフリースクラバーは、前記図11に示すPMフリースクラバーの変形例で、スクラバーハウジング12-5内に、平板状の処理板12-6を上下方向に傾斜させかつガスの流れと略平行に狭い間隔を保持して多数枚配設したもので、各処理板12-6の傾斜壁面の上面側上端には各処理板の上面の全表面を湿潤するよう処理水供給ノズル12-7を設け、各処理板の下端にはタンク部12-8を設け、配管(図示せず)及びモーターにて駆動される循環ポンプ(図示せず)によりスクラバー処理水(洗浄水)Wを循環させて前記傾斜した処理板12-6の傾斜壁面の上面の全表面を流下することにより常時湿潤させている。12-10は排気ガス又はEGRガスのガス流路である。

このPMフリースクラバーで処理される排気ガス及びEGRガスは、前記常時湿潤した処理板12-6の上側表面を流下する水の表面付近を沿いながら滑らかにながれるだけであるから、通常スクラバーのように処理水の表面に対し排気ガスが激しく交差・衝突することがほとんどなく、穏やかに沿い接触しながら流れる岳であるから相互に混合することができないので、排気ガス又はEGRガス成分の中で気体であり拡散係数が大きく水との親和性が高く吸収され易い $\text{SO}_x$ をその処理水に溶解するが、粒径が大きく拡散係数が小さくて水との親和性のないPMは処理水へはほとんど溶解しない。又、処理板12-6を上下方向に傾斜させかつ各処理板12-6の傾斜壁面の上面側上端には各処理板の上面の全表面を湿潤するよう処理水供給ノズル12-7を上面側のみに設けてあるので、例え船体が揺れて処理水供給ノズル12-7から流出する処理水流に多少の揺れを生じても処理水の飛散に伴う処理水へのPMの交差・衝突等が発生し難く前記処理板12-6の上面側壁面の全表面を確実に湿潤し易くなる。この処理板傾斜型のPMフリースクラバーの場合も前

記のものと同様に、処理水は SO<sub>x</sub> を含有するも、粒子である PM をほとんど含有していないため特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への処理水の排出が可能となるのみならず、特に船中での処理水の排水処理が格段に容易となり処理装置の制御もシンプルとなり、処理装置も小型化してレイアウト性も良くなり設備コストも安価につく。さらに、時にはスクラバー・スルー運転が可能となる場合もあり得る。

#### 【0060】

なお、SUS316L 等のオーステナイト系ステンレス製薄板素材あるいはオーステナイト系ステンレス製細線を平織・綾織などにより網目状に編んだステンレス製網板素材よりなる前記処理板 12-6 の表面形状は平板状に限定されるものではなく、処理水の流下する方向に波形成形されたコルゲート板（図示せず）、排気ガス又は EGR ガスの流れる方向に波形成形されたコルゲート板（図示せず）、あるいは処理水の流下する方向と交差する方向に波形成形されたコルゲート板（図示せず）、処理水の流下方向及び排気ガス・EGR ガスの流れ方向の両方向に凹凸を有したエンボス状の処理板（図示せず）のいずれかを選択して使用することができる。これらの処理板も、通常スクラバーのように処理水の表面に対し排気ガスが激しく交差・衝突することがほとんどなく、穏やかに沿い接触しながら流れるだけであるから相互に混合することができない。

#### 【0061】

図 13 に示す PM フリースクラバーは、排気ガス又は EGR ガス通路に設けられたスクラバーハウジング（図示せず）内に、纖維質で吸水性のあるエンドレスベルト 12-12 を処理水タンク 12-11 内で下部に設けた駆動ロール 12-13 及び上下両部に設けた従動ロール 12-14 間にサーペンタイン状（九十九折り状）に配設し、配管（図示せず）及びモーターにて駆動される循環ポンプ（図示せず）により前記処理タンク 12-11 内の処理水 W を供給ノズル（図示せず）より、前記エンドレスベルト 12-12 の表裏両面の上部に設けた従動ロール 12-14 直下より処理水 W を流下させて表裏の全表面を常時湿潤させる構成となしたものである。なお、前記駆動ロール 12-13 及び下部に設けた従動ロール 12-14 を処理水タンク 12-11 内の処理水 W の水面下に設けると、エンドレスベルト 12-12 の両面が確実に湿潤させることができて好ましい。

この PM フリースクラバーの場合も、通常スクラバーのようにスクラバー処理水の水薄膜層表面に対し排気ガスが激しく交差・衝突することがほとんどなく、穏やかにエンドレスベルト 12-12 表面の水薄膜層表面付近と沿いながら流れるだけであるから相互に混合することができないので、排気ガス又は EGR ガス成分の中で気体であり拡散係数が大きく水との親和性が高く吸收され易い SO<sub>x</sub> をその処理水に溶解するが、粒径が大きく拡散係数が小さくて水との親和性のない PM は処理水へはほとんど溶解しない。したがって、この処理水も SO<sub>x</sub> は含有しているが PM をほとんど含有していないことにより、特別海域及び特別海域外の航行中であっても海洋への処理水の排出が可能となって特に船中の処理水の排水処理が格段に容易となり処理装置の制御もシンプルとなり装置も小型化してレイアウト性も良くなり安価な設備ともなる。さらに、時にはスクラバー・スルー運転が可能な場合もあり得る。

#### 【0062】

又、上記図 13 に示す PM フリースクラバーと同様の構成を有する別のタイプとして、纖維質吸水性のあるエンドレスベルト 12-12 に替えて、SUS316L 等のオーステナイト系ステンレス製の薄板又は箔状素材や細線で平織・綾織などにより編まれ毛細管現象で網目が水で濡れ広がる細目のオーステナイト系ステンレス鋼製網素材などよりなるエンドレスベルトを採用したものがある（図面省略）。この SUS316L 等のオーステナイト系ステンレス製鋼製網素材よりなるエンドレスベルトを採用した PM スクラバーも前記纖維質吸水性のあるエンドレスベルト 12-12 を採用したものと同様の作用効果が得られることはいうまでもない。

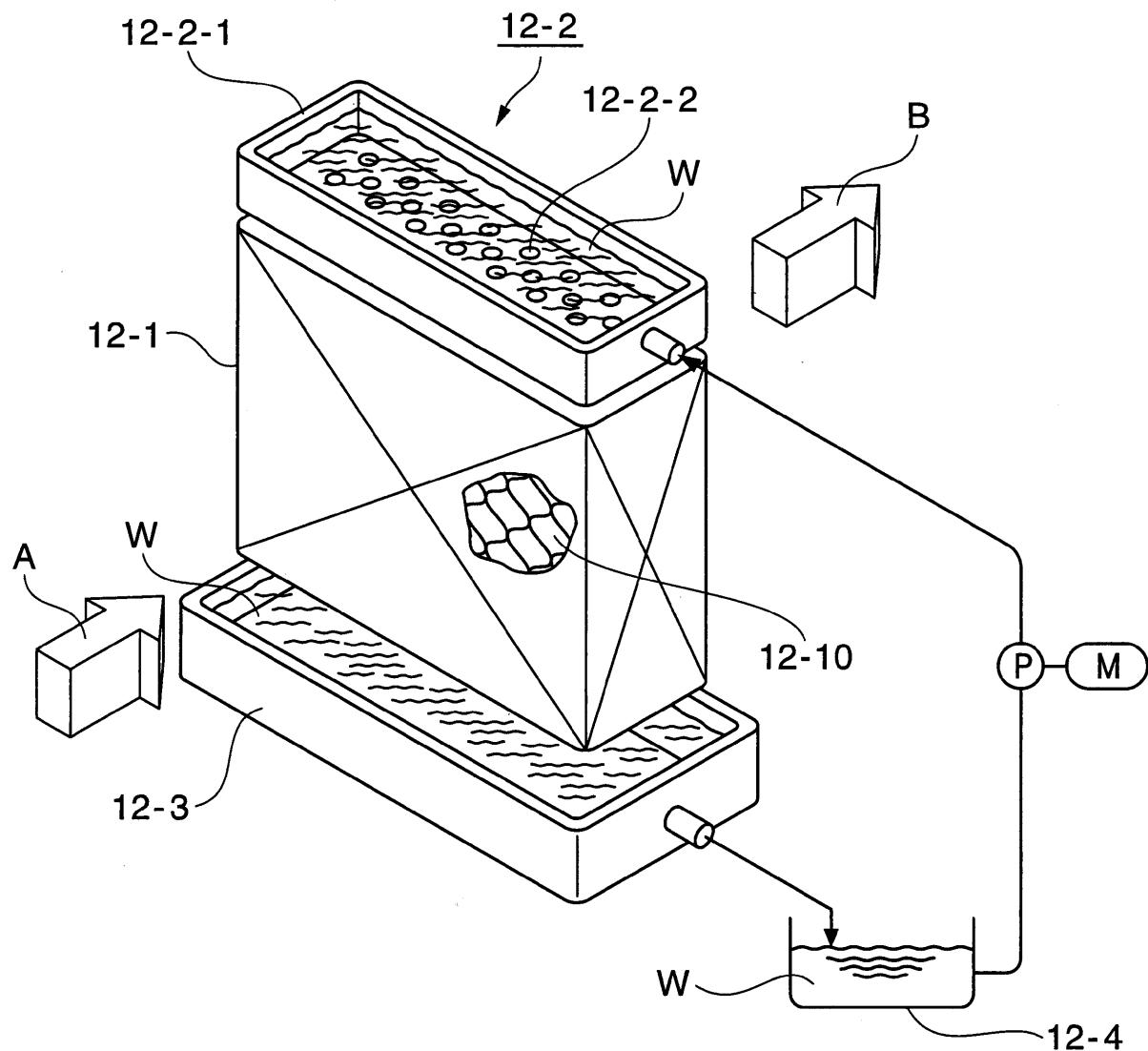
#### 【符号の説明】

#### 【0063】

1 ディーゼルエンジン( E )

2 排気マニホールド ( E / M )  
3 S C R  
4 P M フリースクラバー  
4 a 主 P M フリースクラバー  
4 b 副 P M フリースクラバー  
5 エアーフィルター ( A / F )  
6 吸気マニホールド ( I / M )  
7 昇温機  
8 E S P / C / D P F  
9 E G R バルブ ( E / V )  
10 冷却機  
12 - 1 ハニカムユニットコア部  
12 - 2 給水部  
12 - 2 - 1 散水タンク  
12 - 2 - 2 ノズル孔  
12 - 3 アンダートレイ  
12 - 4、12 - 11 処理水タンク  
12 - 5 スクラバーハウジング  
12 - 6 処理板  
12 - 7 処理水供給ノズル  
12 - 8 タンク部  
12 - 10 排気ガス又はE G R ガス流路  
12 - 12 エンドレスベルト  
12 - 13 駆動ロール  
12 - 14 従動ロール  
W (スクラバー) 処理水  
P ポンプ  
M モーター  
21 平行処理板  
22 スクラバー処理水  
23 硫酸イオン  
24 P M  
25 S O<sub>2</sub>  
【手続補正3】  
【補正対象書類名】図面  
【補正対象項目名】図 10  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【図10】



【手続補正4】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図13

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 13】

