

(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2014-134154

(P2014-134154A)

(43) 公開日 平成26年7月24日(2014.7.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2M 25/07 (2006.01)	FO2M 25/07 580D	3G005
FO2B 37/00 (2006.01)	FO2M 25/07 580E	3G062
FO2B 29/04 (2006.01)	FO2M 25/07 580A	3G091
FO1N 5/02 (2006.01)	FO2M 25/07 580B	
FO1N 3/04 (2006.01)	FO2M 25/07 570P	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-2965 (P2013-2965)  
(22) 出願日 平成25年1月10日 (2013.1.10)

(71) 出願人 000006208  
三菱重工業株式会社  
東京都港区港南二丁目16番5号  
(71) 出願人 000176752  
三菱化工機株式会社  
神奈川県川崎市川崎区大川町2番1号  
(74) 代理人 100112737  
弁理士 藤田 考晴  
(74) 代理人 100118913  
弁理士 上田 邦生  
(72) 発明者 上田 哲司  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

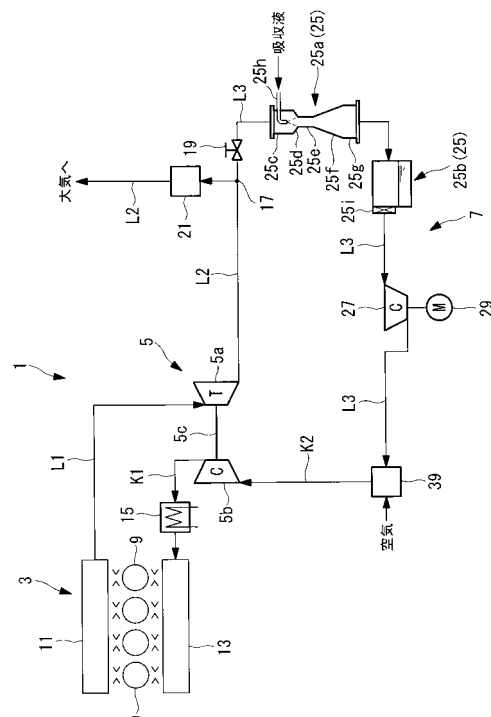
(54) 【発明の名称】 船舶

## (57) 【要約】

【課題】適切に洗浄された排気ガスによってEGRを行う内燃機関を備えた船舶を提供する。

【解決手段】船舶推進用のエンジン本体3と、エンジン本体3からの排気ガスによって駆動されるタービン5a及びコンプレッサ5bを有する過給機5と、タービン5aからの排気ガスが導かれる第2排気経路L2と、エコマイザ21の上流側の第2排気経路L2の分岐点17から分岐され、排気ガスの一部をコンプレッサ5aの上流側に導くEGR経路L3と、EGR経路L3に設けられたベンチュリスクラバ25を備えている。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

船舶推進用の内燃機関本体と、  
該内燃機関本体からの排気ガスによって駆動されるタービン、及び、該タービンに連結されるとともに吸気を圧縮するコンプレッサを有する過給機と、  
前記内燃機関本体からの排気ガスが導かれる排気ガス経路と、  
前記排気ガス経路の分岐点から分岐され、排気ガスの一部を前記内燃機関本体の吸気経路に導く E G R 経路と、  
該 E G R 経路に設けられ、ベンチュリスクラバとされた E G R 排気ガス洗浄装置と、  
を備えていることを特徴とする船舶。

10

**【請求項 2】**

前記タービンと前記分岐点の間、及び、前記分岐点と前記 E G R 排気ガス洗浄装置との間には、排気ガス中の硫黄酸化物を除去するための排気ガス洗浄装置が設けられていないことを特徴とする請求項 1 に記載の船舶。

**【請求項 3】**

前記排気ガス経路には、排気ガスから熱を回収する排熱回収装置が設けられ、  
前記 E G R 経路は、該排熱回収装置の上流側から分岐されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の船舶。

**【請求項 4】**

前記排気ガス経路に設けられ、排気ガスから熱を回収する排熱回収装置と、  
前記排気ガス経路に設けられ、排気ガス中の硫黄酸化物を除去するための排気ガス洗浄装置と、  
を備え、  
前記 E G R 経路は、前記排熱回収装置および前記排気ガス洗浄装置の下流側から分岐されることを特徴とする請求項 1 に記載の船舶。

20

**【請求項 5】**

前記排気ガス洗浄装置は、水を散布するスクラバとされ、  
前記排気ガス洗浄装置および前記 E G R 排気ガス洗浄装置からの排水を処理する共通の排水処理装置を備えていることを特徴とする請求項 4 に記載の船舶。

**【請求項 6】**

前記 E G R 経路は、前記コンプレッサの上流側に導かれることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の船舶。

30

**【請求項 7】**

前記コンプレッサの下流には、該コンプレッサによって圧縮された圧縮空気を冷却する空気冷却器が設けられ、  
前記 E G R 経路は、前記コンプレッサの下流側でかつ前記空気冷却器の上流側に導かれることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の船舶。

**【請求項 8】**

前記コンプレッサの下流には、該コンプレッサによって圧縮された圧縮空気を冷却する空気冷却器が設けられ、  
前記 E G R 経路は、前記空気冷却器の下流側に導かれることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の船舶。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、排気ガスを洗浄する排気ガス洗浄装置を備えるとともに E G R を行う内燃機関を備えた船舶に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

50

近年では、環境への配慮から、船舶の推進用として搭載されたエンジン（内燃機関）から排出される排気ガスに対する規制が強化されつつある。

排気ガス中に含まれる窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）を低減するために、排気ガスの一部をエンジン本体の給気側に戻すEGR（排気再循環；Exhaust Gas Recirculation）が行われている（下記特許文献1参照）。同文献に開示されたEGRは、過給機のタービンに流入する前の高圧とされた排気ガスを再循環する方式のもので、高圧EGRと称されている。

#### 【0003】

これに対して、特許文献2に開示されたEGRは、過給機タービンを通して減圧された後の排気ガスを再循環する方式のもので、低圧EGRと称されている。同文献では、排気ガス中のSO<sub>x</sub>（窒素酸化物）やPM（粒子状物質）を除去するために排気ガス洗浄装置が設けられている。排気ガス中のSO<sub>x</sub>に対する規制についても今後は更に強化されることが予想され、同文献に記載されているように、スクラバ等の排気ガス洗浄装置を設置することが検討されている。

10

また、特許文献3に記載されているように、SO<sub>x</sub>だけでなくPMをも除去する排気ガス洗浄装置として、ベンチュリスクラバおよび脱硫吸収塔を備えた湿式二段排煙脱硫装置が知られている。

また、非特許文献1に記載されているように、排気ガスを洗浄する湿式捕集装置として種々の形式ものが知られている。

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

20

#### 【0004】

【特許文献1】特開2012-172647号公報

【特許文献2】特開2012-047056号公報

【特許文献3】特開2009-240908号公報

##### 【非特許文献】

#### 【0005】

【非特許文献1】狩野 武，「粉体粒子の挙動 - 理論と実際 - 」，産業技術センター，1977年，p. 371 - 376

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

30

#### 【0006】

特許文献2では、過給機タービンの出口直後の排気ガスではなく、過給機タービンからさらにエコノマイザおよび排気ガス洗浄装置を通過した後の排気ガスを再循環させている。これにより、EGRを行うか否かに関わらずエコノマイザおよび排気ガス洗浄装置を通過するので、エコノマイザによる排熱回収が無駄なく行われ、かつEGR率に応じて排気ガス洗浄装置を制御する必要がないという点で優れている。

そして、特許文献2に記載の構成は、排気ガス洗浄装置によりSO<sub>x</sub>やPMが十分に除去されているので、EGRを行う排気ガスの性状としては問題がなく、排気ガスを再循環する際に更に洗浄装置を設置する必要は無いと考えられていた。

#### 【0007】

40

また、特許文献3の湿式二段排煙脱硫装置では、ベンチュリスクラバが主にPMの主成分である煤塵の除去を行い、脱硫吸収塔が主にSO<sub>x</sub>の除去を行う。しかし、湿式二段排煙脱硫装置は、ベンチュリのスロート部でガス流速を大きくするため圧力損失が大きく、内燃機関の過給機タービン出口の下流のような低圧ラインに設ける場合は脱硫装置後に排出用のブロアが必須となってしまう。したがって、仮に、特許文献3の湿式二段排煙脱硫装置を特許文献2に適用した場合、内燃機関から排出される全ての排気ガス（湿式二段排煙脱硫装置を通過した後にEGR経路に流入する排気ガスを含む）がベンチュリスクラバを通るため、全排気ガスを流すための大容量のブロアが必要となってしまうという問題が生じる。

また、脱硫吸収塔に加えてベンチュリスクラバを設けるため、装置サイズも大きく、船

50

船の煙突サイズが大きくなるという問題も生じ、さらに船舶としての設計を変更せざるを得ないという問題も生じる。

【 0 0 0 8 】

また、非特許文献 1 に示されているように各種の湿式捕集装置（排気ガス洗浄装置）が種々知られているが、理論的にも現実的にも  $\text{SO}_x$  と  $\text{PM}$  をともに除去できる装置の存在は知られていなかった。

特に、例えば  $\text{SO}_x$  除去率〔排気ガス洗浄装置の入口における排気ガス中の  $\text{SO}_x$  量に対する出口における排気ガス中の  $\text{SO}_x$  量の百分率〕が 95% 以上といったように  $\text{SO}_x$  の十分な除去が求められる場合には、排気ガス洗浄装置を流れる吸収液（例えば、水、海水等やこれらの水溶液）と  $\text{SO}_x$  を含む排気ガスの接触時間を長くすることで  $\text{SO}_x$  が液体に溶け込む時間を確保する必要があると考えられていたため、充填塔式スクラバ（特許文献 3 の脱硫吸収塔）が必要であると一般的に考えられていた。

一方、ベンチュリスクラバは、ベンチュリによって排気ガスの流速を増させる方式のため、液体と  $\text{SO}_x$  の接触時間を十分に確保できず、 $\text{SO}_x$  を効率的に除去することができないと考えられていた。

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、 $\text{SO}_x$  だけでなく  $\text{PM}$  等の不純物をも確実に除去された排気ガスによって  $\text{EGR}$  を行うことができる内燃機関を備えた船舶を提供することを目的とする。

また、排気ガス洗浄装置の設置スペースを可及的に削減できる内燃機関を備えた船舶を提供することを目的とする。

また、排気ガスを強制送風するためのブロア容量を可及的に低減できる内燃機関を備えた船舶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】

【 0 0 1 0 】

上記課題を解決するために、本発明の船舶は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明にかかる船舶は、船舶推進用の内燃機関本体と、該内燃機関本体からの排気ガスによって駆動されるタービン、及び、該タービンに連結されるとともに吸気を圧縮するコンプレッサを有する過給機と、前記内燃機関本体からの排気ガスが導かれる排気ガス経路と、前記排気ガス経路の分岐点から分岐され、排気ガスの一部を前記内燃機関本体の吸気経路に導く  $\text{EGR}$  経路と、該  $\text{EGR}$  経路に設けられ、ベンチュリスクラバとされた  $\text{EGR}$  排気ガス洗浄装置とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

発明者等が鋭意検討した結果、ベンチュリスクラバは  $\text{PM}$  等の不純物だけでなく  $\text{SO}_x$  を除去する性能を有していることを見出した。そこで、 $\text{EGR}$  経路に設けられる  $\text{EGR}$  排気ガス洗浄装置としてベンチュリスクラバを採用することとした。これにより、 $\text{EGR}$  運転時に  $\text{EGR}$  経路にて  $\text{PM}$  等の不純物だけでなく  $\text{SO}_x$  をも除去できる。

$\text{EGR}$  経路にベンチュリスクラバを設けることとしたので、ベンチュリスクラバによって生じる圧力損失を補う場合であっても  $\text{EGR}$  経路を流れる排気ガス量に応じた容量の  $\text{EGR}$  ブロアを設ければ足り、内燃機関本体から排出される排気ガスの全量に対してブロアを設ける場合に比べてブロア容量を低減することができる。

また、ベンチュリスクラバは、脱硫吸収塔といった一般のスクラバに比べてサイズが小さいので、設置スペースを可及的に削減することができる。また、ベンチュリスクラバを内燃機関本体の付属設備として内燃機関本体上に設置することができ、より一層コンパクトにできるとともに、船舶としての内燃機関本体の設置場所の設計を変更しなくて良いというメリットがある。

なお、 $\text{EGR}$  経路は、過給機のタービンの上流側から分岐してよく（高圧  $\text{EGR}$ ）、過給機のタービンの下流側から分岐してもよい（低圧  $\text{EGR}$ ）。

【 0 0 1 2 】

さらに、本発明の船舶では、前記タービンと前記分岐点の間、及び、前記分岐点と前記

10

20

30

40

50

E G R 排気ガス洗浄装置との間には、排気ガス中の硫黄酸化物を除去するための排気ガス洗浄装置が設けられていないことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

前記タービンと分岐点の間、及び、分岐点とE G R 排気ガス洗浄装置との間、すなわちE G R 排気ガス洗浄装置の上流側に、硫黄酸化物を除去するための脱硫吸収塔といった排気ガス洗浄装置が設けられていないので、設置スペースを削減することができる。

また、E G R 排気ガス洗浄装置の上流側に限らず、分岐点よりも下流側の排気ガス経路にも排気ガス洗浄装置を設けないこととしても良い。分岐点よりも下流側の排気ガス経路に排気ガス洗浄装置が設けられていなくても、E G R 経路に設けたベンチュリスクラバにてS O x を除去できるので、再循環される排気ガスによって内燃機関本体の吸気経路において、低温部で硫酸となって凝縮することによる、いわゆる硫酸露点腐食を生じることがない。

【 0 0 1 4 】

さらに、本発明の船舶では、前記排気ガス経路には、排気ガスから熱を回収する排熱回収装置が設けられ、前記E G R 経路は、該排熱回収装置の上流側から分岐されていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

排熱回収装置の上流側からE G R 経路を分岐することとしたので、船舶の煙突近傍に配置している排熱回収装置の下流側から分岐する場合に比べて、配管の圧損を低減できるため、排気ガスの圧力を高く保ったままベンチュリスクラバとされたE G R 排気ガス洗浄装置に排気ガスを導くことができる。これにより、E G R プロアの負荷を低減させることができ、ベンチュリスクラバを効率的に作動させることができる。また、内燃機関本体付近から分岐することができるため、E G R 経路の配管長さを大幅に短くでき、より一層コンパクトにすることができる。

【 0 0 1 6 】

さらに、本発明の船舶では、前記排気ガス経路に設けられ、排気ガスから熱を回収する排熱回収装置と、前記排気ガス経路であり、かつ前記排熱回収装置の下流に設けられ、排気ガス中の硫黄酸化物を除去するための排気ガス洗浄装置とを備え、前記E G R 経路は、前記排熱回収装置および前記排気ガス洗浄装置の下流側から分岐されることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

排気ガス経路に設けられた排気ガス洗浄装置に加えて、さらにE G R 経路にE G R 排気ガス洗浄装置を設けることとした。これにより、排気ガス洗浄装置にて十分に除去されていない煤塵を主成分としたP M 等の不純物およびS O x をE G R 排気ガス洗浄装置にて確実に除去することができる。本構成においては排気ガス洗浄装置でS O x が除去されたのちにE G R 排気ガス洗浄装置を通過するため、S O x 除去効果をさらに高めることができる。

また、E G R 排気ガス洗浄装置は、大部分のS O x が除去された後の排気ガス中のP M 等の不純物を除去することを主目的としているので、さらに小型化が可能となり内燃機関本体上に設置することができ、また装置に付随するユーティリティの低減が可能となる。

なお、排気ガス洗浄装置としては、典型的には、脱硫吸収塔が挙げられる。

【 0 0 1 8 】

さらに、本発明の船舶では、前記排気ガス洗浄装置は、水を散布するスクラバとされ、前記排気ガス洗浄装置および前記E G R 排気ガス洗浄装置からの排水を処理する共通の排水処理装置を備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

スクラバとされた排気ガス処理装置およびベンチュリスクラバとされたE G R 排気ガス処理装置からの排水を共通の排水処理装置で処理することとした。これにより、排水処理装置の設置スペースを省略でき効率的に排水処理を行うことができる。

【 0 0 2 0 】

さらに、本発明の船舶では、前記 E G R 経路は、前記コンプレッサの上流側に導かれることとしてもよい。または、前記 E G R 経路は、前記コンプレッサの下流側でかつ前記空気冷却器の上流側に導かれることとしてもよい。または、前記 E G R 経路は、前記空気冷却器の下流側に導かれることとしてもよい。

【発明の効果】

【0021】

E G R 経路に設けられる E G R 排気ガス洗浄装置としてベンチュリスクラバを採用することとしたので、E G R 運転時に E G R 経路にて P M 等の不純物だけでなく S O x をも十分に除去できる。これにより、過給機のコンプレッサや内燃機関本体に悪影響を及ぼすことがない。

10

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の船舶の第1実施形態を示した概略構成図である。

【図2】本発明の船舶の第2実施形態を示した概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

[第1実施形態]

以下に、本発明にかかる第1実施形態について、図1を参照して説明する。

図1には、船舶に設けられたディーゼルエンジン（内燃機関）1まわりの概略構成が示されている。

20

ディーゼルエンジン1は、船舶推進用の主機とされたディーゼルエンジン本体（以下、単に「エンジン本体」という。）3と、エンジン本体3からの排気ガスによって駆動される過給機5と、過給機5から導かれた排気ガスの一部がエンジン本体3へ再循環されて低圧 E G R を行う E G R システム7とを備えている。

【0024】

エンジン本体3は、船用2サイクルディーゼルエンジンとされており、例えば下方から給気して上方へ排気するように1方向に掃気されるユニフロー型が採用されている。エンジン本体3からの出力は、図示しないプロペラ軸を介してスクリュープロペラに直接的に接続されている。

エンジン本体3の各気筒のシリンダ部9（図1では例示として4気筒のみを示している。）の排気ポートは排気ガス集合管としての排気静圧管11に接続されている。排気静圧管11は、第1排気経路L1を介して、過給機5のタービン5aの入口側と接続されている。

30

【0025】

一方、各シリンダ部9の掃気ポートは掃気トランク13に接続されており、掃気トランク13は、掃気経路K1を介して、過給機5のコンプレッサ5bと接続されている。また、掃気経路K1にはインタークーラーとしての空気冷却器15が設置されている。

【0026】

過給機5は、タービン5aと、コンプレッサ5bとを備えている。タービン5a及びコンプレッサ5bは、回転軸5cによって同軸にて連結されている。タービン5aは、エンジン本体3からの排気ガスによって駆動され、タービン5aにて得られたタービン仕事は回転軸5cを介してコンプレッサ5bに伝達される。コンプレッサ5bは、外気（空気）や外気と再循環ガスとの混合気を吸い込み所定の掃気圧まで昇圧する。

40

【0027】

タービン5aにてタービン仕事を与えた後の排気ガスは、第2排気経路L2へと流出する。第2排気経路L2には、エコノマイザ（排熱回収装置）21が接続されている。エコノマイザ21は、エンジン本体3からの排気ガスによって蒸気を生成する。生成された蒸気は、船内の各所にて利用される。

エコノマイザ21の上流側には分岐点17が設けられており、この分岐点17から E G R 経路 L 3 が分岐する。E G R 経路 L 3 には、E G R を行うための E G R 弁 19 が設けら

50

れている。EGR弁19は、図示しない制御部によって開度が調整されるようになっており、エンジン本体3がEGRを行う運転のときには全開となり、EGRを行わないときは全閉となる。但し、本実施形態に限らず、運転状態に応じてEGR弁19の開度を適宜調整する構成とすることもできる。

#### 【0028】

EGR経路L3に設けられたEGR弁19の下流側には、ベンチュリスクラバ(EGR排気ガス洗浄装置)25が接続されている。

ベンチュリスクラバ25は、EGR経路L3を流れる排気ガスに対して水等の液体を噴霧することによって排気ガス中に含まれているPM等の不純物だけでなくSOxをも除去する。ベンチュリスクラバ25は、エンジン本体3の近傍もしくはエンジン本体3上に設置されている。このような配置は、脱硫吸収塔といった一般のスクラバに比べてベンチュリスクラバ25はサイズが小さい(例えば、ベンチュリスクラバは一般的なスクラバと比較して直径がおよそ5分の1~2分の1、高さがおよそ3分の1~2分の1とされ、エンジン本体3に載置可能なサイズで構成される)ので可能となっている。

#### 【0029】

ベンチュリスクラバ25は、ベンチュリスクラバ本体25aと、ベンチュリスクラバ本体25aに接続された気液分離器25bとを備えている。

ベンチュリスクラバ本体25aは、鉛直上方に設けられた上部大径部25cと、上部大径部25cの下方に設けられ流れ方向に流路断面積が漸次減少する縮小テーパ部25dと、縮小テーパ部25dの下方に設けられたスロート部25eと、スロート部25eの下方に設けられ流れ方向に流路断面積が漸次増大する拡大テーパ部25fと、拡大テーパ部25fの下方に設けられた下部大径部25gとを備えている。

上部大径部25cには、スプレーノズル25hが設けられており、スプレーノズル25hから水や水溶液等の吸収液が縮小テーパ部25dとスロート部25eとの接続位置に向かって噴霧される。スプレーノズル25hから噴霧された吸収液は、ベンチュリスクラバ本体25aのスロート部25eにて排気ガスの流速が増大されることによって効果的に拡散および混合され、PM等の不純物だけでなくSOxをも除去する。

#### 【0030】

気液分離器25bでは、ベンチュリスクラバ本体25aから導かれた排気ガス中に含まれる水分が除去される。気液分離器25bの出口には、排気ガス中に残存するミストを除去するミストセパレータ25iが設けられ、分離されたミストは気液分離器25b内に集められる。

なお気液分離器25bとしては、ミストセパレータを用いた方式に代えて、排気ガスを回転させて気液を分離させるサイクロン方式としてもよい。

#### 【0031】

気液分離器25bの下流側には、EGRブロア27が設けられている。EGRブロア27は、インバータにより周波数可変とされた電動モータ29によって回転駆動される。EGRブロア27は、EGRバルブ19及びベンチュリスクラバ25を通りEGR経路L3を構成する配管を流れる際に生じる排気ガスの圧力損失を補うように用いられる。

#### 【0032】

EGRブロア27の下流側には、ミキサ39が設けられている。ミキサ39にて、再循環する排気ガスと空気とが混合される。ミキサ39にて混合された混合ガス(EGRが行われない場合は空気のみ)は、給気経路K2を通りコンプレッサ5bの吸込口へと導かれる。さらに、図示しないEGR冷却器をEGR経路上に設けても良い。この場合、例えばEGR冷却器はEGRブロアの下流側に設置される。

#### 【0033】

次に、上記構成のディーゼルエンジン1を備えた船舶の動作について説明する。

船舶が排気ガスのNOx規制が厳格とされている海域(排気ガス規制海域(Emission Control Area; ECA))を航行する際のようにEGRを使用する場合には、EGR弁19を開とする。これにより、エンジン本体3から第1排気経路L1を通りタービン5aへと導か

10

20

30

40

50

れた排気ガスがエコノマイザ 2 1 を通過する前に、分岐点 1 7 で分岐されて E G R システム 7 側に流れる。残部の排気ガスは、第 2 排気経路 L 2 を流れ、エコノマイザ 2 1 を通過した後に図示しない煙突から大気へと放出される。

#### 【 0 0 3 4 】

E G R システム 7 を流れる排気ガスは再循環ガスとして、E G R 弁 1 9 を通りベンチュリスクラバ 2 5 を流れる。ベンチュリスクラバ 2 5 にて P M 等の不純物だけでなく S O x が除去された排気ガスが E G R プロア 2 7 へと導かれ、E G R プロア 2 7 にて所定圧まで加圧された排気ガスがミキサ 3 9 へと導かれる。ミキサ 3 9 では、空気と排気ガスが混合され、吸気経路 K 2 を通りコンプレッサ 5 b の吸込口へと導かれる。コンプレッサ 5 b で加圧された空気と排気ガスの混合気は、掃気経路 K 1 を通り空気冷却器 1 5 へと導かれ、空気冷却器 1 5 にて冷却された後に掃気タンク 1 3 へと導かれる。

10

#### 【 0 0 3 5 】

以下に、ベンチュリスクラバによって S O x が除去されることを確認した試験結果について説明する。上述したように、ベンチュリスクラバは、一般に、流速を増大させて吸収液の拡散を高めることによって P M 等の不純物を効果的に除去するものとして知られているが、S O x の除去についても効果があることを新たに見出した。

下記の表 1 には、ベンチュリスクラバ入口における排気ガスの組成が示されており、表 2 には、ベンチュリスクラバ出口における排気ガスの組成が示されている。各表において、No.1 から No.8 は、各サンプリングの試験番号を示し、全数で 8 回のサンプリングを行った。

20

試験に用いたベンチュリスクラバは、スロート部における最大ガス流速 50 ~ 80 m/s、液ガス比 ( 吸収液の噴霧量 [kg] / 標準状態換算のガス流量 [Nm<sup>3</sup>] ) 0.5 ~ 2.0 kg/Nm<sup>3</sup> の仕様のものを用いた。ベンチュリスクラバのノズルは一流体ノズルを用い、噴霧角度は 80 ~ 100 ° とした。

試験に用いた排気ガスは、船用 2 サイクルディーゼルエンジンの実際の排気ガスを用いた。燃料は A 重油を用い、A 重油中の硫黄分は 0.71 wt % であった。エンジン回転数は定格回転数である 1050 rpm とした。ガスの性状分析は、(株)堀場製作所のガス分析計 P G - 250 を用い、N O x は常圧化学発光法にて、S O x と C O<sub>2</sub> は非分散型赤外線吸収法にて、また O<sub>2</sub> はジルコニア酸素分析計にて計測を行った。

30

#### 【 0 0 3 6 】

##### 【表 1】

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
N O x (ppm)	490	626	404	160	553	297	295	287
S O x (ppm)	134	131	123	155	112	145	140	122
C O <sub>2</sub> (vol%)	6.64	6.26	7.19	8.1	6.83	7.99	8.01	7.42
O <sub>2</sub> (vol%)	11.69	12.19	10.76	9.34	11.28	9.4	9.45	10.46

40



【表 2】

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
NOx (ppm)	426	554	305	65	505	238	252	244
SOx (ppm)	5	6	0	0	1	1	1	1
CO <sub>2</sub> (vol%)	6.65	6.26	7.2	8.11	6.79	7.99	8.02	7.41
O <sub>2</sub> (vol%)	11.67	12.22	10.77	9.2	11.35	9.41	9.47	10.46

10

## 【0037】

上記の試験結果から、ベンチュリスクラバは、SOxを大幅に除去することができることが分かる。特に、NOx、CO<sub>2</sub>及びO<sub>2</sub>については有意な除去ができないにも関わらず、SOxのみについて除去できるという点は、従来では知られていない新たな知見である。

## 【0038】

以上の通り、本実施形態のディーゼルエンジン1を備えた船舶によれば、以下の作用効果を奏する。

EGR経路に設けられるEGR排気ガス洗浄装置としてベンチュリスクラバ25を採用することとしたので、EGR運転時にEGR経路L3にてPM等の不純物だけでなくSOxをも除去できる。これにより、コンプレッサ5bやエンジン本体3に悪影響を及ぼすことがない。

20

EGR経路L3にベンチュリスクラバ25を設けることとしたので、ベンチュリスクラバ25によって生じる圧力損失を補う場合であってもEGR経路L3を流れる排気ガス量に応じた容量のEGRブロア27を設ければ足り、エンジン本体3から排出される排気ガスの全量に対してブロアを設ける場合に比べてブロア容量を低減することができる。

また、ベンチュリスクラバ25は、脱硫吸収塔といった一般のスクラバに比べてサイズが小さいので、設置スペースを削減することができる。また、ベンチュリスクラバ25をエンジン本体3の付属設備としてエンジン本体3上に設置することができ、より一層コンパクトにすることができるとともに、船舶としてのエンジン本体3の設置場所の設計を変更しなくて良いメリットがある。

30

## 【0039】

排気ガス経路である第2排気経路L2に、硫黄酸化物を除去するための排気ガス洗浄装置が設けられていないので、設置スペースを削減することができる。

また、第2排気経路L2に排気ガス洗浄装置が設けられていなくても、EGR経路L3に設けたベンチュリスクラバ25にてSOxを除去できるので、再循環される排気ガスによってエンジン本体3の吸気経路において、低温部で硫酸となって凝縮することによる、いわゆる硫酸露点腐食を生じることがない。

## 【0040】

40

エコマイザ21の上流側からEGR経路L3を分岐することとしたので、船舶の煙突近傍に配置しているエコマイザ21の下流側から分岐する場合に比べて、配管の圧損を低減できるため、排気ガスの圧力を高く保ったままベンチュリスクラバ25に排気ガスを導くことができる。これにより、EGRブロア27の負荷を低減させることができ、ベンチュリスクラバ25を効率的に作動させることができる。また、エンジン本体3付近から分岐することができるため、EGR経路L3の配管長さを大幅に短くでき、より一層コンパクトにすることができる。

## 【0041】

## [第2実施形態]

次に、本発明の船舶に係る第2実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形

50

態に対して、第２排気経路Ｌ２に脱硫吸収塔２３を備えている点で相違する。その他の共通する構成については、同一符号を用いてその説明を省略する。

【００４２】

第２排気経路Ｌ２には、エコノマイザ（排熱回収装置）２１と脱硫吸収塔（排気ガス洗浄装置）２３が順に接続されている。

脱硫吸収塔２３は、例えば充填塔式スクラバとされ、排気ガスに対して水や水溶液等の吸収液を噴霧することによって排気ガス中に含まれているＳＯ<sub>x</sub>を除去する。なお、後述するが、ＥＧＲ経路Ｌ３に導かれる排気ガスは、脱硫吸収塔２３を通過した後に導かれるので、ＳＯ<sub>x</sub>については十分に除去されており、ベンチュリスクラバ２５では主としてＰＭ等の不純物と残存するＳＯ<sub>x</sub>の除去が行われる。

なお、脱硫吸収塔２３は、エンジン本体３の燃料としてＳＯ<sub>x</sub>規制海域における規制値以上のＳ分（例えば１．０％以上）の硫黄分を含む燃料が用いられるときに適用される。

【００４３】

脱硫吸収塔２３の下流側には分岐点１７'が設けられており、この分岐点１７'からＥＧＲ経路Ｌ３が分岐する。ＥＧＲ経路Ｌ３に、ＥＧＲ弁１９、ベンチュリスクラバ２５、ＥＧＲプロア２７が設けられている点は第１実施形態と同様である。

ベンチュリスクラバ２５からの排水は、上述の脱硫吸収塔２３と同じ排水処理装置（図示せず）で処理されるようになっている。すなわち、脱硫吸収塔２３およびベンチュリスクラバ２５からの排水を共通の排水処理装置で処理する。

【００４４】

次に、上記構成のディーゼルエンジン１を備えた船舶の動作について説明する。

船舶が排気ガスのＮＯ<sub>x</sub>規制が厳格とされている海域（排気ガス規制海域（Emission Control Area ; ECA））を航行する際のようにＥＧＲを使用する場合には、ＥＧＲ弁１９を開とする。これにより、エンジン本体３から第１排気経路Ｌ１を通りタービン５aへと導かれた排気ガスがエコノマイザ２１及び脱硫吸収塔２３を通過した後に、分岐点１７'で分岐されてＥＧＲシステム７側に流れる。残部の排気ガスは、第２排気経路Ｌ２を流れ、図示しない煙突から大気へと放出される。

【００４５】

ＥＧＲシステム７を流れる排気ガスは再循環ガスとして、ＥＧＲ弁１９を通りベンチュリスクラバ２５を流れる。ベンチュリスクラバ２５にて、ＰＭ等の不純物と、脱硫吸収塔２３にて除去されなかったＳＯ<sub>x</sub>が除去される。ベンチュリスクラバ２５を通過した排気ガスがＥＧＲプロア２７へと導かれ、ＥＧＲプロア２７にて所定圧まで加圧された排気ガスがミキサ３９へと導かれる。ミキサ３９では、空気と排気ガスが混合され、吸気経路Ｋ２を通りコンプレッサ５bの吸込口へと導かれる。コンプレッサ５bで加圧された空気と排気ガスの混合気は、掃気経路Ｋ１を通り空気冷却器１５へと導かれ、空気冷却器１５にて冷却された後に掃気トランク１３へと導かれる。

【００４６】

以上の通り、本実施形態のディーゼルエンジン１を備えた船舶によれば、以下の作用効果を奏する。

第２排気経路Ｌ２に設けられた脱硫吸収塔２３に加えて、さらにＥＧＲ経路Ｌ３にベンチュリスクラバ２５を設けることとした。これにより、脱硫吸収塔２３にて十分に除去されていないＰＭ等の不純物および残存するＳＯ<sub>x</sub>をベンチュリスクラバ２５にて確実に除去することができる。これにより、コンプレッサ５bやエンジン本体３に悪影響を及ぼすことがない。

また、ベンチュリスクラバ２５は、脱硫吸収塔２３を通過した後の排気ガス中のＰＭ等の不純物と残存するＳＯ<sub>x</sub>の除去を主目的としているので、第１実施形態のベンチュリスクラバに比べてさらに小型化が可能となり、また装置に付随するユーティリティの低減が可能となる。

【００４７】

脱硫吸収塔２３およびベンチュリスクラバ２５からの排水を共通の排水処理装置で処理

することとした。これにより、排水処理装置の設置スペースを省略でき効率的に排水処理を行うことができる。

【 0 0 4 8 】

エコノマイザ 2 1 の下流側の分岐点 1 7 ' から分岐して E G R を行うこととし、E G R を行うか否かに関わらずエコノマイザ 2 1 を全量の排気ガスが通過することとしたので、エコノマイザ 2 1 による排熱回収が無駄なく有効に行われる。

また、脱硫吸収塔 2 3 の下流側の分岐点 1 7 ' から分岐して E G R を行うこととしたので、E G R を行うか否かに関わらず脱硫吸収塔 2 3 を通過するので、E G R 率に応じて脱硫吸収塔 2 3 を制御する必要がない。

また、全量の排気ガスが脱硫吸収塔 2 3 を通過するので、S O x 規制海域を船舶が航行する場合でも割高な低 S 分燃料（例えば硫黄分が 1 . 0 % 以下）を使用する必要がない。

10

【 0 0 4 9 】

脱硫吸収塔 2 3 を通過して冷却された後の排気ガスを E G R 弁 1 9 およびベンチュリスクラバ 2 5 へと導くこととしたので、E G R 弁 1 9 およびベンチュリスクラバ 2 5 の構成部品として耐高温部材を使わなくても良い。さらには、排気ガス温度が低いので排気ガス中に含まれる水蒸気を少なくできるとともに、ミスト径を大きくすることができ、ミストセパレータ 2 5 i でのミスト回収率を増大させることができる。これにより、E G R プロア 2 7 の翼やコンプレッサ 5 b の翼の保護ができ、メンテナンス周期を長くできる。

【 0 0 5 0 】

また、過給機 5 のタービン 5 a の直後から分岐して排気ガスを再循環するのではなく、脱硫吸収塔 2 3 の下流側の分岐点 1 7 ' から排気ガスの再循環を行うこととし、E G R 経路を長くすることとした。これにより、E G R 経路 L 3 を排気ガスが流通する間に脱硫吸収塔 2 3 から随伴するミストや蒸気を除去することができ、E G R プロア 2 7 の翼やコンプレッサ 5 b の翼の保護ができ、メンテナンス周期をさらに長くできる。

20

【 0 0 5 1 】

なお、上述した各実施形態では、E G R 経路 L 3 をタービン 5 a の下流側から分岐する低圧 E G R を前提として説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、タービン 5 a の上流側の第 1 排気経路 L 1 から分岐する高圧 E G R としてもよい。

また、上述した各実施形態では、E G R 経路 L 3 の下流側の接続先をコンプレッサ 5 b の上流側としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、コンプレッサ 5 b の下流側でかつ空気冷却器 1 5 の上流側に E G R 経路 L 3 の下流側を接続してもよく、または、空気冷却器 1 5 の下流側に E G R 経路 L 3 の下流側を接続してもよい。

30

また、図 2 に示した第 2 実施形態では、分岐点 1 7 ' を脱硫吸収塔 2 3 の下流側の位置としたが、エコノマイザ 2 1 の上流側としてもよく、また、エコノマイザ 2 1 と脱硫吸収塔 2 3 との間としてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 2 】

- 1 ディーゼルエンジン（内燃機関）
- 3 エンジン本体（内燃機関本体）
- 5 過給機
- 5 a タービン
- 5 b コンプレッサ
- 7 E G R システム
- 1 1 排気静圧管
- 1 3 掃気トランク
- 1 5 空気冷却器
- 1 9 E G R 弁
- 2 1 エコノマイザ（排熱回収装置）
- 2 3 脱硫吸収塔（排気ガス洗浄装置）
- 2 5 ベンチュリスクラバ（E G R 排気ガス洗浄装置）

40

50



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<b>F 0 1 N 3/24 (2006.01)</b>	F 0 2 B 37/00 3 0 2 F	
<b>F 0 2 M 35/10 (2006.01)</b>	F 0 2 B 29/04 K	
	F 0 1 N 5/02 A	
	F 0 1 N 3/04 A	
	F 0 1 N 3/24 S	
	F 0 1 N 3/24 T	
	F 0 2 M 35/10 3 1 1 C	

- (72)発明者 平岡 直大  
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 村田 聡  
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 渡辺 昌彦  
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 渡辺 祐輔  
東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 羽染 昭範  
神奈川県川崎市川崎区大川町 2 番 1 号 三菱化工機株式会社内
- (72)発明者 前田 毅  
神奈川県川崎市川崎区大川町 2 番 1 号 三菱化工機株式会社内

F ターム(参考) 3G005 DA02 DA04 EA04 EA16 FA35 FA51 GB15 GB17 GB26 HA12  
HA13 HA18  
3G062 AA01 AA02 AA05 ED01 ED03 ED08 ED09 ED10  
3G091 AA04 AA10 AA18 AB15 BA13 CA08 CA19 HB05 HB06