

(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2021-161921  
(P2021-161921A)

(43) 公開日 令和3年10月11日(2021.10.11)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
FO2M 25/00 (2006.01)	FO2M 25/00 F	3G022
FO2B 19/10 (2006.01)	FO2B 19/10 F	3G023
FO2D 19/08 (2006.01)	FO2B 19/10 G	3G092
FO2B 43/10 (2006.01)	FO2D 19/08 B	
FO2M 21/02 (2006.01)	FO2B 43/10 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2020-63255 (P2020-63255)  
(22) 出願日 令和2年3月31日(2020.3.31)

(71) 出願人 501204525  
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所  
東京都三鷹市新川6丁目38番1号  
(74) 代理人 110001210  
特許業務法人Y K I 国際特許事務所  
(72) 発明者 市川 泰久  
東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内  
(72) 発明者 小林 秀昭  
宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人 東北大学内

最終頁に続く

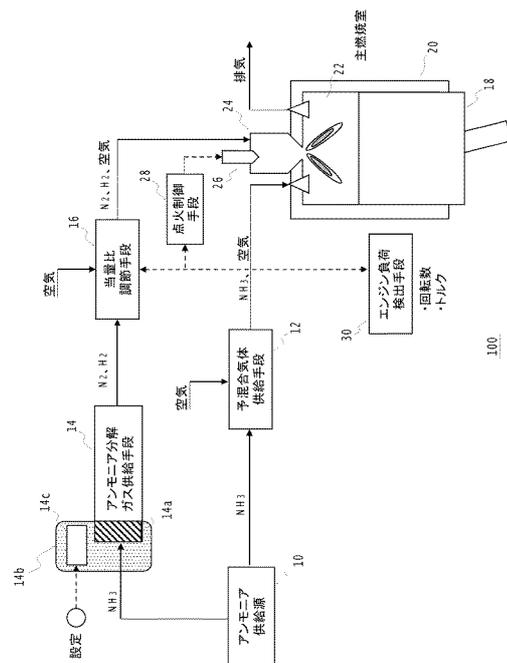
(54) 【発明の名称】 アンモニア燃焼方法、アンモニア燃焼エンジン及びそれを搭載した船舶

(57) 【要約】

【課題】 アンモニア燃焼エンジンにおいて効率良くアンモニアを燃焼させる。

【解決手段】 アンモニア分解触媒 14 a を用いてアンモニアを分解したアンモニア分解ガスを、アンモニア分解ガスに含まれる水素の当量比が所定の下限值以上となるように調節した後に主燃焼室 22 に噴出孔を介して連通した副燃焼室 24 に供給し、燃料過剰条件下で点火して燃焼させ、未燃水素の混じる過濃燃焼ガスを噴出孔から噴流トーチ火炎として主燃焼室 22 に噴出させ、噴流トーチ火炎による未燃水素の燃焼により主燃焼室 22 に供給されたアンモニアと空気の子混合気体を、点火して燃焼させる。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

アンモニアを燃焼するエンジンにおける燃焼方法であって、

アンモニア分解触媒を用いてアンモニアを分解したアンモニア分解ガスを、前記アンモニア分解ガスに含まれる水素の空気に対する当量比が所定の下限值以上となるように調節して前記エンジンの主燃焼室に噴出孔を介して連通した副燃焼室に供給し、燃料過剰条件下で点火して燃焼させ、未燃水素の混じる過濃燃焼ガスを前記噴出孔から噴流トーチ火炎として前記主燃焼室に噴出させ、前記噴流トーチ火炎による前記未燃水素の燃焼により前記主燃焼室に供給されたアンモニアと空気の予混合気体を、点火して燃焼させることを特徴とするアンモニア燃焼方法。

10

**【請求項 2】**

前記当量比の前記所定の下限値を 1.4 より高い値としたことを特徴とする請求項 1 に記載のアンモニア燃焼方法。

**【請求項 3】**

前記当量比の上限値を 7.2 以下にしたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のアンモニア燃焼方法。

**【請求項 4】**

前記エンジンの負荷に応じて前記当量比を変更することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のアンモニア燃焼方法。

**【請求項 5】**

前記エンジンの負荷に応じて前記アンモニア分解ガスに点火するタイミングを変更することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のアンモニア燃焼方法。

20

**【請求項 6】**

前記アンモニア分解ガスを生成するためのアンモニアと、空気との予混合気体を得るためのアンモニアを同一のアンモニア供給源から供給することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のアンモニア燃焼方法。

**【請求項 7】**

前記アンモニア分解ガスを生成するに当り、アンモニア及び/又は前記アンモニア分解触媒を加熱することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のアンモニア燃焼方法。

30

**【請求項 8】**

前記加熱を前記エンジンの始動以前から行うことを特徴とする請求項 7 に記載のアンモニア燃焼方法。

**【請求項 9】**

アンモニアを燃焼するアンモニア燃焼エンジンあって、

主燃焼室と、

前記主燃焼室に噴出孔を介して連通した副燃焼室と、

前記副燃焼室へアンモニア分解触媒を用いてアンモニアを分解したアンモニア分解ガスを供給するアンモニア分解ガス供給手段と、

前記アンモニア分解ガスに含まれる水素の空気に対する当量比を所定の下限值以上に調節する当量比調節手段と、

40

前記当量比調節手段において当量比を調節して前記副燃焼室に供給された前記アンモニア分解ガスに含まれる前記水素に点火をする点火手段と、

前記主燃焼室へアンモニアと空気の予混合気体を供給する予混合気体供給手段とを備え、

前記副燃焼室で燃焼させた未燃水素の混じる過濃燃焼ガスを前記噴出孔から噴流トーチ火炎として前記主燃焼室に噴出させ、前記噴流トーチ火炎による前記未燃水素の燃焼により前記主燃焼室に供給された前記アンモニアと空気の予混合気体を燃焼させることを特徴とするアンモニア燃焼エンジン。

**【請求項 10】**

50

前記当量比調節手段が、前記当量比を前記所定の下限値を1.4より高い値に調節することを特徴とする請求項9に記載のアンモニア燃焼エンジン。

【請求項11】

前記当量比調節手段が、前記当量比の上限値7.2以下に調節することを特徴とする請求項9又は請求項10に記載のアンモニア燃焼エンジン。

【請求項12】

前記当量比調節手段が、前記エンジンの負荷に応じて前記当量比を変更することを特徴とする請求項9～11のいずれか1項に記載のアンモニア燃焼エンジン。

【請求項13】

前記点火手段が、前記エンジンの負荷に応じて前記アンモニア分解ガスを点火するタイミングを変更することを特徴とする請求項9～12のいずれか1項に記載のアンモニア燃焼エンジン。

10

【請求項14】

アンモニア供給源を備え、

前記アンモニア分解ガスを生成するためのアンモニアと、空気との予混合気体を得るためのアンモニアを同一の前記アンモニア供給源から供給することを特徴とする請求項9～13のいずれか1項に記載のアンモニア燃焼エンジン。

【請求項15】

前記アンモニア分解ガスを生成するに当り、アンモニア及び/又は前記アンモニア分解触媒を加熱する加熱手段を備えたことを特徴とする請求項9～14のいずれか1項に記載のアンモニア燃焼エンジン。

20

【請求項16】

前記加熱手段が加熱制御部を有し、設定に応じて前記加熱を前記エンジンの始動以前から行うことを特徴とする請求項15に記載のアンモニア燃焼エンジン。

【請求項17】

請求項9～16のいずれか1項に記載のアンモニア燃焼エンジンを搭載しことを特徴とするアンモニア燃焼エンジンを搭載した船舶。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、アンモニア燃焼方法、アンモニア燃焼エンジン及びそれを搭載した船舶に関する。

【背景技術】

【0002】

船用産業では、国際海事機関（IMO）の「温室効果ガス（GHG）削減戦略」を達成できるエンジン用の燃料として、カーボンフリー燃料であるアンモニアの利用が注目されている。しかしながら、アンモニアは燃焼速度が遅く、着火し難い等の燃焼が困難な性質があるため、エンジン燃料として用いる場合には、強力な燃焼手法を採用する必要がある。

40

【0003】

アンモニアを燃焼させるエンジンにおいて、加熱によってアンモニアを分解させて得られた水素ガスを副燃焼室へ供給し、副燃焼室に供給された点火性のよい水素ガスを利用して主燃焼室に供給されたアンモニアガスを効果的に燃焼させる構成が開示されている（特許文献1）。

【0004】

また、シリンダの燃焼室内にアンモニアガスを分解するための触媒部材を配置し、燃料として供給されたアンモニアガスを分解して水素ガスを得てアンモニアガスを燃焼させる構成が開示されている（特許文献2）。

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平5 - 332152号公報

【特許文献2】国際特許公開WO2013/172141号パンフレット

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献1に記載の技術は、アンモニアガスを加熱して得られる水素ガスと窒素ガスを副燃焼室に導いて点火させる構成であるため、水素ガスの点火性が良いといえども副燃焼室には空気が十分供給されず着火が遅れアンモニアガスを十分に燃焼させることはできないおそれがある。

10

【0007】

また、特許文献2に記載の技術は、アンモニアガスと空気を混合した混合ガスを燃焼室内に固定的に設けた触媒部材で分解して水素ガスと窒素ガスを得ているため、水素ガスの燃焼に適した空気が得られず、エンジンの過渡的な状況に適応できないおそれがある。

【0008】

アンモニアは難燃性のため、アンモニアを効率良く分解し、得られた水素を副燃焼室にて燃焼させる構成においても主燃焼室においてアンモニアをより効率的に燃焼させる技術が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に対応したアンモニアを燃焼するエンジンにおける燃焼方法は、アンモニア分解触媒を用いてアンモニアを分解したアンモニア分解ガスを、前記アンモニア分解ガスに含まれる水素の空気に対する当量比が所定の下限值以上となるように調節して前記エンジンの主燃焼室に噴出孔を介して連通した副燃焼室に供給し、燃料過剰条件下で点火して燃焼させ、未燃水素の混じる過濃燃焼ガスを噴流トーチ火炎として前記噴出孔から前記主燃焼室に噴出させ、前記噴流トーチ火炎による前記未燃水素の燃焼により前記主燃焼室に供給されたアンモニアと空気の予混合気体を、点火して燃焼させることを特徴とする。

20

【0010】

なお、水素の空気に対する当量比とは、アンモニア分解ガスに含まれる水素と空気から定まる当量比のことである。

30

【0011】

ここで、前記当量比の前記所定の下限値を1.4より高い値とすることが好適である。また、前記当量比の上限値を7.2以下にすることが好適である。

【0012】

また、前記エンジンの負荷に応じて前記当量比を変更することが好適である。また、前記エンジンの負荷に応じて前記アンモニア分解ガスに点火するタイミングを変更することが好適である。

【0013】

また、前記アンモニア分解ガスを生成するためのアンモニアと、空気との予混合気体を得るためのアンモニアを同一のアンモニア供給源から供給することが好適である。

40

【0014】

また、前記アンモニア分解ガスを生成するに当り、アンモニア及び/又は前記アンモニア分解触媒を加熱することが好適である。

【0015】

また、前記加熱を前記エンジンの始動以前から行うことが好適である。

【0016】

請求項9に対応したアンモニアを燃焼するアンモニア燃焼エンジンは、主燃焼室と、前記主燃焼室に噴出孔を介して連通した副燃焼室と、前記副燃焼室へアンモニア分解触媒を用いてアンモニアを分解したアンモニア分解ガスを供給するアンモニア分解ガス供給手段

50

と、前記アンモニア分解ガスに含まれる水素の空気に対する当量比を所定の下限值以上に調節する当量比調節手段と、前記当量比調節手段において当量比を調節して前記副燃焼室に供給された前記アンモニア分解ガスに含まれる前記水素に点火をする点火手段と、前記主燃焼室へアンモニアと空気の予混合気体を供給する予混合気体供給手段とを備え、前記副燃焼室で燃焼させた未燃水素の混じる過濃燃焼ガスを噴流トーチ火炎として前記噴出孔から前記主燃焼室に噴出させ、前記噴流トーチ火炎による前記未燃水素の燃焼により前記主燃焼室に供給された前記アンモニアと空気の予混合気体を燃焼させることを特徴とする。

【0017】

ここで、前記当量比調節手段が、前記当量比を前記所定の下限值1.4より高い値に調節することが好適である。また、前記当量比調節手段が、前記当量比の上限値を7.2以下に調節することが好適である。

10

【0018】

また、前記当量比調節手段が、前記エンジンの負荷に応じて前記当量比を変更することが好適である。

【0019】

また、前記点火手段が、前記エンジンの負荷に応じて前記アンモニア分解ガスを点火するタイミングを変更することが好適である。

【0020】

また、アンモニア供給源を備え、前記アンモニア分解ガスを生成するためのアンモニアと、空気との予混合気体を得るためのアンモニアを同一の前記アンモニア供給源から供給することが好適である。

20

【0021】

また、前記アンモニア分解ガスを生成するに当り、アンモニア及び/又は前記アンモニア分解触媒を加熱する加熱手段を備えることが好適である。

【0022】

また、前記加熱手段が加熱制御部を有し、設定に応じて前記加熱を前記エンジンの始動以前から行うことが好適である。

【0023】

また、上記アンモニア燃焼エンジンを搭載したことを特徴とするアンモニア燃焼エンジンを搭載した船舶とすることが好適である。

30

【発明の効果】

【0024】

請求項1に対応したアンモニアを燃焼するエンジンにおける燃焼方法によれば、アンモニア分解触媒を用いてアンモニアを分解したアンモニア分解ガスを、前記アンモニア分解ガスに含まれる水素の空気に対する当量比が所定の下限值以上となるように調節して前記エンジンの主燃焼室に噴出孔を介して連通した副燃焼室に供給し、燃料過剰条件下で点火して燃焼させ、未燃水素の混じる過濃燃焼ガスを噴流トーチ火炎として前記噴出孔から前記主燃焼室に噴出させ、前記噴流トーチ火炎による前記未燃水素の燃焼により前記主燃焼室に供給されたアンモニアと空気の予混合気体を、点火して燃焼させることによって、アンモニアを燃焼するエンジンにおいて効率良くアンモニアを燃焼させることができる。すなわち水素の空気に対する当量比を調節するものであるため、水素の燃焼に必要な空気量が確実に確保できる。また、当量比を所定の下限值以上としているため、副燃焼室で完全に水素を燃焼させずに未燃水素の混じる過濃燃焼ガスの噴流トーチ火炎として主燃焼室に噴出させることが可能となる。

40

【0025】

ここで、前記当量比の前記所定の下限値を1.4より高い値とすることによって、副燃焼室での燃焼において残留した水素を主燃焼室へ噴出でき、主燃焼室におけるアンモニアの着火と燃焼の伝播を補助することができる。

【0026】

50

また、前記当量比の上限値を7.2以下にすることによって、水素の可燃限界以下で水素を副燃焼室で確実に燃焼させることができる。

【0027】

また、前記エンジンの負荷に応じて前記当量比を変更することによって、副燃焼室での水素の燃焼をエンジンの負荷に応じて適切な条件で行うことができる。

【0028】

また、前記エンジンの負荷に応じて前記アンモニア分解ガスに点火するタイミングを変更することによって、副燃焼室でのアンモニア分解ガスに含まれる水素の燃焼をエンジンの負荷に応じて適切なタイミングで行うことができる。

【0029】

また、前記アンモニア分解ガスを生成するためのアンモニアと、空気との予混合気体を得るためのアンモニアを同一のアンモニア供給源から供給することによって、アンモニア供給源の配置空間を小さくすることができる。

【0030】

また、前記アンモニア分解ガスを生成するに当り、アンモニア及び/又は前記アンモニア分解触媒を加熱することによって、アンモニアを効果的に水素を含んだアンモニア分解ガスへ分解することができる。

【0031】

また、前記加熱を前記エンジンの始動以前から行うことによって、アンモニア分解ガスを迅速に生成しエンジンの始動を安定的に行うことができる。

【0032】

請求項9に対応したアンモニアを燃焼するアンモニア燃焼エンジンによれば、主燃焼室と、前記主燃焼室に噴出孔を介して連通した副燃焼室と、前記副燃焼室へアンモニア分解触媒を用いてアンモニアを分解したアンモニア分解ガスを供給するアンモニア分解ガス供給手段と、前記アンモニア分解ガスに含まれる水素の空気に対する当量比を所定の下限值以上に調節する当量比調節手段と、前記当量比調節手段において当量比を調節して前記副燃焼室に供給された前記アンモニア分解ガスに含まれる前記水素に点火をする点火手段と、前記主燃焼室へアンモニアと空気の予混合気体を供給する予混合気体供給手段とを備え、前記副燃焼室で燃焼させた未燃水素の混じる過濃燃焼ガスを噴流トーチ火炎として前記噴出孔から前記主燃焼室に噴出させ、前記噴流トーチ火炎による前記未燃水素の燃焼により前記主燃焼室に供給された前記アンモニアと空気の予混合気体を燃焼させることによって、アンモニアを燃焼するエンジンにおいて効率良くアンモニアを燃焼させることができる。すなわち水素の空気に対する当量比を当量比調節手段で調節するものであるため、水素の燃焼に必要な空気量が確実に確保できる。また、当量比を所定の下限值以上に調節しているため、副燃焼室で完全に水素を燃焼させずに未燃水素の混じる過濃燃焼ガスの噴流トーチ火炎として主燃焼室に噴出させることが可能となる。

【0033】

ここで、前記当量比調節手段が、前記当量比を前記所定の下限值1.4より高い値に調節することによって、副燃焼室での燃焼において残留した水素を主燃焼室へ噴出でき、主燃焼室におけるアンモニアの着火と燃焼の伝播を補助することができる。

【0034】

また、前記当量比調節手段が、前記当量比の上限値7.2以下に調節することによって、水素の可燃限界以下で水素を副燃焼室で確実に燃焼させることができる。

【0035】

また、前記当量比調節手段が、前記エンジンの負荷に応じて前記当量比を変更することによって、副燃焼室での水素の燃焼をエンジンの負荷に応じて適切な条件で行うことができる。

【0036】

また、前記点火手段が、前記エンジンの負荷に応じて前記アンモニア分解ガスを点火するタイミングを変更することによって、副燃焼室でのアンモニア分解ガスに含まれる水素

10

20

30

40

50

の燃焼をエンジンの負荷に応じて適切なタイミングで行うことができる。

【0037】

また、アンモニア供給源を備え、前記アンモニア分解ガスを生成するためのアンモニアと、空気との予混合気体を得るためのアンモニアを同一の前記アンモニア供給源から供給することによって、アンモニア供給源の配置空間を小さくすることができる。

【0038】

また、前記アンモニア分解ガスを生成するに当り、アンモニア及び/又は前記アンモニア分解触媒を加熱する加熱手段を備えることによって、アンモニアを効果的に水素を含んだアンモニア分解ガスへ分解することができる。

【0039】

また、前記加熱手段が加熱制御部を有し、設定に応じて前記加熱を前記エンジンの始動以前から行うことによって、アンモニア分解ガスを迅速に生成しエンジンの始動を安定的に行うことができる。

【0040】

また、上記アンモニア燃焼エンジンを搭載したことを特徴とするアンモニア燃焼エンジンを搭載した船舶とすることによって、船舶におけるアンモニアを利用した運航が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の実施の形態におけるアンモニア燃焼エンジンの構成図である。

【図2】燃料の性状を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態における主燃焼室及び副燃焼室の燃焼を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0042】

本発明の実施の形態におけるアンモニア燃焼エンジン100は、図1に示すように、アンモニア供給源10、予混合気体供給手段12、アンモニア分解ガス供給手段14、当量比調節手段16、ピストン18、シリンダ20、主燃焼室22、副燃焼室24、点火手段26、点火制御手段28及びエンジン負荷検出手段30を含んで構成される。

【0043】

なお、アンモニア燃焼エンジン100は、アンモニア供給源10を含まずに、主燃焼室22、副燃焼室24、アンモニア分解ガス供給手段14、当量比調節手段16、点火手段26、予混合気体供給手段12をもつて構成することもできる。また、アンモニア供給源10、予混合気体供給手段12、アンモニア分解ガス供給手段14、当量比調節手段16、点火制御手段28等を統合的に制御するエンジン制御手段を含んで構成することもできる。

【0044】

アンモニア燃焼エンジン100の適用範囲は、特に限定されるものでなく、例えば、船舶に搭載される主機としてのエンジン、補機としての発電機に動力を与えるエンジン等とすることができる。

【0045】

アンモニア燃焼エンジン100は、アンモニア供給源10から主燃焼室22へ供給されるアンモニア及び副燃焼室24へ供給されるアンモニア分解ガスを燃焼させることでピストン18に動力を与えるエンジンである。

【0046】

アンモニア供給源10は、燃料となるアンモニア( $\text{NH}_3$ )を蓄えておくタンク、予混合気体供給手段12及びアンモニア分解ガス供給手段14へ供給するためのポンプ等を含んで構成される。アンモニア燃焼エンジン100では、予混合気体供給手段12及びアンモニア分解ガス供給手段14に対して同一のアンモニア供給源10からアンモニアを供給する構成としている。これによって、アンモニア供給源10の配置空間を小さくすることができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

アンモニアの供給形態はアンモニアガスを直接供給する形態、液体アンモニアを気化させてアンモニアガスとして供給する形態、液体アンモニアを主燃焼室 2 2 に高圧で噴射させ供給する形態等各種の形態を採用することができる。また、主燃焼室 2 2 及び副燃焼室 2 4 に供給するアンモニアを別系統で構成することもできる。

## 【 0 0 4 8 】

予混合気体供給手段 1 2 は、アンモニア供給源 1 0 から供給されたアンモニアに酸化剤となる空気を混合して主燃焼室 2 2 へ供給する。空気の代わりに、酸素富化空気や純酸素等の他の酸化剤を用いてもよい。また、他の補助燃料、例えば水素 ( $H_2$ )、天然ガス、LPG等を加えてもよい。

## 【 0 0 4 9 】

予混合気体供給手段 1 2 は、アンモニアと空気との混合比を調節できる機構を備える。例えば、ピストン 1 8 の下降に伴うシリンダ 2 0 の吸気時の空気流に対して燃料インジェクタでアンモニアを噴射することで、予混合気を形成する。また、予混合室に対してアンモニアのインジェクタと空気のインジェクタをそれぞれ設け、予混合室内の圧力並びに各インジェクタの圧力及び噴射時間に対する予混合室内の混合比との関係を予め調べてマップにしておき、現在の予混合室内の圧力に応じて目標とする混合比となるようにインジェクタの圧力及び噴射時間でアンモニアと空気を噴射させてもよい。また、予混合室に対してアンモニアの流量計と空気の流量計を設けて、目標とする混合比となるようにアンモニアの流量と空気の流量の比を調整してもよい。混合比の目標値は、例えば、後述するエンジン負荷検出手段 3 0 によって検知されるアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の出力トルクや回転速度に応じて設定される。

## 【 0 0 5 0 】

アンモニア分解ガス供給手段 1 4 は、アンモニア供給源 1 0 から供給されたアンモニアを分解して水素 ( $H_2$ ) と窒素 ( $N_2$ ) を含むアンモニア分解ガスを生成する。アンモニア分解ガス供給手段 1 4 は、分解によって生じた水素 ( $H_2$ ) と窒素 ( $N_2$ ) を含むアンモニア分解ガスを当量比調節手段 1 6 へ供給する。なお、当量比調節手段 1 6 へは分解されずに残存したアンモニアが含まれていてもよい。

## 【 0 0 5 1 】

アンモニアの分解方法は、アンモニア分解触媒 1 4 a を用いる方法を適用することができる。アンモニア分解触媒 1 4 a は、ルテニウム ( $Ru$ ) 系の触媒、例えば酸化アルミニウム担持酸化ルテニウム触媒 ( $RuO_2 / Al_2O_3$  触媒) を用いることができる。ただし、アンモニア分解触媒 1 4 a は、これに限定されるものではなく、他の触媒を適用してもよい。

## 【 0 0 5 2 】

アンモニア分解触媒 1 4 a によってアンモニアの高い分解率を得るためには 4 0 0 から 5 0 0 程度の加熱が必要である。そこで、アンモニア分解ガス供給手段 1 4 には、アンモニア分解触媒 1 4 a を加熱するための加熱手段 1 4 b を設けることが好適である。加熱手段 1 4 b は、温調素子等を備えた加熱制御部 1 4 c によって調整された温度でアンモニア分解触媒 1 4 a を加熱する。アンモニア分解触媒 1 4 a の加熱方法は、例えば、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 からの排気ガスの熱を利用する方法、電気加熱を利用する方法が挙げられる。また、アンモニアに対して空気を供給して一部燃焼させることで加熱しながら触媒で反応させる自己熱分解触媒 (ATC: Auto-Thermal-Cracker) を用いてもよい。なお、加熱手段 1 4 b は、これらの方法を組み合わせる構成してもよい。また、アンモニア供給源 1 0 からアンモニアガスを供給する場合は、アンモニア供給源 1 0 がアンモニア分解ガス供給手段 1 4 を兼ねることになり、加熱手段 1 4 b を廃することもできる。

## 【 0 0 5 3 】

なお、アンモニアの分解方法は、アンモニア分解触媒 1 4 a を用いる方法に限定されるものではなく、単なる加熱分解等の他の方法を適用してもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 4 】

また、燃焼には不要な窒素（ $N_2$ ）を除去するフィルタを当量比調節手段 1 6 と副燃焼室 2 4 との間の経路に設けてもよい。アンモニア分解ガスに含まれる窒素（ $N_2$ ）を除去することによって水素（ $H_2$ ）の濃度を高めることができる。これによって、副燃焼室 2 4 におけるアンモニア分解ガスの燃焼をより活性化することができる可能性がある。

## 【 0 0 5 5 】

当量比調節手段 1 6 は、アンモニア分解ガス供給手段 1 4 から供給された水素（ $H_2$ ）と窒素（ $N_2$ ）を含むアンモニア分解ガスに酸化剤となる空気を混合して副燃焼室 2 4 へ供給する。空気の代わりに、酸素富化空気や純酸素等の他の酸化剤を用いてもよい。また、他の補助燃料、例えば天然ガス、LPG等を加えてもよい。

10

## 【 0 0 5 6 】

当量比調節手段 1 6 は、アンモニア分解ガスに含まれる水素（ $H_2$ ）の空気に対する当量比を調節できる機構を備える。当量比調節手段 1 6 は、例えば、副燃焼室 2 4 に対してアンモニア分解ガスを噴射するインジェクタと空気を噴射するインジェクタを含んでもよい。副燃焼室 2 4 内の圧力並びに各インジェクタの圧力及び噴射時間に対する副燃焼室 2 4 内の当量比との関係を予め調べてマップにしておき、現在の副燃焼室 2 4 内の圧力に応じて目標とする混合比となるようにインジェクタの圧力及び噴射時間でアンモニア分解ガスと空気を噴射させればよい。

## 【 0 0 5 7 】

当量比調節手段 1 6 を設けて水素（ $H_2$ ）の空気に対する当量比を調節するので、水素の燃焼に必要な空気量が確実に確保できる。なお、水素（ $H_2$ ）の空気に対する当量比とは、厳密には、アンモニア分解ガスに含まれる水素（ $H_2$ ）と空気から定まる当量比のことである。

20

## 【 0 0 5 8 】

また、副燃焼室 2 4 に対してアンモニア分解ガスの流量計と空気の流量計を設けて、目標とする混合比となるようにアンモニア分解ガスの流量と空気の流量の比を調整してもよい。

## 【 0 0 5 9 】

図 2 は、燃料各種の着火温度、最小点火エネルギー、燃焼速度及び燃料過剰側の可燃限界当量比を示す。アンモニア分解ガスに含まれる水素（ $H_2$ ）は、着火温度が 5 0 0 であり、天然ガスの 5 3 7 及びアンモニアの 6 5 1 に比べて低い温度で着火可能である。また、水素（ $H_2$ ）は、最小点火エネルギーが 0 . 0 1 5 m J であり、天然ガスの 0 . 2 9 m J 及びアンモニアの 8 . 0 m J に比べて低い投入エネルギーで点火することができる。また、水素（ $H_2$ ）は、（層流）燃焼速度が 2 9 1 c m / s e c であり、天然ガスの 3 7 c m / s e c 及びアンモニアの 7 c m / s e c に比べて（層流）燃焼速度が速いため、他の燃料を着火させる上で好適である。

30

## 【 0 0 6 0 】

また、水素（ $H_2$ ）は、燃料過剰のときの可燃限界の上限となる当量比が 7 . 2 であり、天然ガスの 2 . 5 1 及びアンモニアの 1 . 4 に比べて高い。すなわち、水素（ $H_2$ ）は、天然ガスやアンモニアに比べて、高い当量比の状態、すなわち高い燃料リッチの状態

40

で燃焼させることができる。

## 【 0 0 6 1 】

ここで、副燃焼室 2 4 へ供給する水素（ $H_2$ ）の当量比の下限値を天然ガスの当量比の上限値（2 . 5 1）やアンモニアの当量比の上限値（1 . 4）よりも高くすることが好適である。このような高い当量比の水素（ $H_2$ ）の混合気を副燃焼室 2 4 にて燃焼させると、副燃焼室 2 4 から主燃焼室 2 2 へ噴出される燃焼ガス中に残存する水素（ $H_2$ ）の量を天然ガスやアンモニアを用いて副燃焼室 2 4 にて燃焼させたときよりも多くすることが可能となる。当量比を所定の下限値以上に調節することによって、副燃焼室 2 4 で完全に水素（ $H_2$ ）を燃焼させずに未燃水素（ $H_2$ ）の混じる過濃燃焼ガスの噴流トーチ火炎として主燃焼室 2 2 に噴出させることが可能となる。この残存水素（ $H_2$ ）は、主燃焼室 2 2

50

におけるアンモニアの燃焼を補助するので、主燃焼室 2 2 におけるアンモニアの燃焼をより安定かつ活性に生じさせることができる。

【 0 0 6 2 】

なお、水素 ( $H_2$ ) の当量比をアンモニアの可燃限界当量比より高い値、特に 1 . 4 9 より高い値に調整することによって、副燃焼室 2 4 で水素 ( $H_2$ ) を優先的に燃焼させることができる。また、副燃焼室 2 4 での燃焼において残留した水素を主燃焼室 2 2 へ噴出でき、主燃焼室 2 2 におけるアンモニアの着火と燃焼の伝播を補助することができる。

【 0 0 6 3 】

また、当量比の上限値を 7 . 2 以下に調節することが好適である。これによって、水素 ( $H_2$ ) の可燃限界以下で水素 ( $H_2$ ) を副燃焼室 2 4 で確実に燃焼させることができる

10

【 0 0 6 4 】

混合比の目標値は、例えば、後述するエンジン負荷検出手段 3 0 によって検知されるアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の出力トルクや回転速度に応じて必要とされる混合比を予め決めておき、当該マップを参照してアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の目標出力トルクや目標回転速度に応じて設定すればよい。また、アンモニア分解ガスと空気の副燃焼室 2 4 への供給のタイミングと量は、例えば、主燃焼室 2 2 の混合気状態 ( 圧量、温度、濃度 ) と筒内圧力の計測結果をもとに点火時の混合状態を推定して設定すればよい。

【 0 0 6 5 】

アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の負荷に応じて当量比を変更することによって、副燃焼室 2 4 での水素 ( $H_2$ ) の燃焼をアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の負荷に応じて適切な条件で行うことができる。

20

【 0 0 6 6 】

なお、アンモニア分解ガスと空気を予め混合した後に副燃焼室 2 4 へ噴射する代わりに、副燃焼室 2 4 に対してアンモニア分解ガスを噴射するインジェクタと空気を噴射するインジェクタを別々に設ける構成としてもよい。

【 0 0 6 7 】

また、副燃焼室 2 4 内にアンモニア分解ガス供給手段 1 4 を配置して、副燃焼室 2 4 内にアンモニアと空気を供給した後にアンモニア分解ガス供給手段 1 4 にてアンモニアを分解する構成としてもよい。

30

【 0 0 6 8 】

主燃焼室 2 2 は、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 において主燃料となるアンモニアを燃焼させて動力を生み出すための燃焼室である。主燃焼室 2 2 は、ピストン 1 8 とシリンダ 2 0 との間に形成された空間である。主燃焼室 2 2 内においてアンモニアと空気とを含む混合気を燃焼させることによってピストン 1 8 に動力を与える。主燃焼室 2 2 に供給されたアンモニアと空気を含む混合気は、図 3 に示すように、副燃焼室 2 4 から噴出する高温及び高活性の噴流トーチ火炎 F による未燃水素 ( $H_2$ ) の燃焼によって点火される。

【 0 0 6 9 】

副燃焼室 2 4 は、主燃焼室 2 2 と噴出孔を介して連通された燃焼室である。副燃焼室 2 4 の形状・大きさ及び噴出孔の孔径・数・方向等は適宜設定すればよい。副燃焼室 2 4 には、例えば点火プラグ等の点火手段 2 6 が設けられる。点火手段 2 6 による点火のタイミングは点火制御手段 2 8 によって制御される。副燃焼室 2 4 には当量比調節手段 1 6 からアンモニア分解ガスと空気の混合気が供給され、点火手段 2 6 による点火によって燃焼が行われる。アンモニア分解ガスと空気の混合気の燃焼によって副燃焼室 2 4 内の圧力が急激に上昇し、副燃焼室 2 4 と主燃焼室 2 2 とを連通する噴出孔を通して副燃焼室 2 4 から主燃焼室 2 2 へ向けて高温及び高活性の噴流が噴出される。

40

【 0 0 7 0 】

点火手段 2 6 は、特に限定されるものではないが、火花点火、プラズマ点火、コロナ点火、レーザー点火等を適用することができる。

【 0 0 7 1 】

50

点火手段 2 6 による点火のタイミングは、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の負荷に応じて調整することが好適である。例えば、エンジン負荷検出手段 3 0 によってアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の出力トルク及び回転数を計測し、当該出力トルク及び回転数に対して最適となる点火のタイミングを予めマップとしておき、当該マップを参照してエンジン負荷検出手段 3 0 によって計測された出力トルク及び回転速度に応じた点火のタイミングに調整すればよい。

【 0 0 7 2 】

点火手段 2 6 が、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の負荷に応じてアンモニア分解ガスを点火するタイミングを変更することによって、副燃焼室 2 4 でのアンモニア分解ガスに含まれる水素 ( $H_2$ ) の燃焼をアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の負荷に応じて適切なタイミングで行うことができる。

10

【 0 0 7 3 】

また、主燃焼室 2 2 の筒内圧力の測定結果に応じて点火のタイミングを調整してもよい。この場合、例えば、筒内圧力に対する燃焼特性を予め求めておき、実際に測定された筒内圧力から燃焼特性に応じて点火のタイミングを調整すればよい。

【 0 0 7 4 】

点火手段 2 6 が、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の筒内圧力に応じてアンモニア分解ガスを点火するタイミングを変更することによって、副燃焼室 2 4 でのアンモニア分解ガスに含まれる水素 ( $H_2$ ) の燃焼をアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の筒内圧力に応じて適切なタイミングで行うことができる。

20

【 0 0 7 5 】

また、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 が発電機に接続されている場合、当該発電機の実出力電力を測定し、その測定値に応じて点火のタイミングを調整してもよい。

【 0 0 7 6 】

点火手段 2 6 が、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 に接続されている発電機の実出力電力に応じてアンモニア分解ガスを点火するタイミングを変更することによって、副燃焼室 2 4 でのアンモニア分解ガスに含まれる水素 ( $H_2$ ) の燃焼を発電機の実出力電力に応じて適切なタイミングで行うことができる。

【 0 0 7 7 】

以上のように、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 によれば、アンモニアを予め分解して得られたアンモニア分解ガスを副燃焼室 2 4 において予燃焼させて、副燃焼室 2 4 から主燃焼室 2 2 へ未燃水素 ( $H_2$ ) の混じる燃焼ガスを噴射させることで主燃焼室 2 2 に供給されたアンモニアを点火及び燃焼させる。これによって、アンモニアの燃焼速度の遅さ、点火し難さ等を克服することができ、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 における熱効率を向上し、運転を安定化させることができる。また、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 から未燃焼の状態では排出されるアンモニアの量を低減させることができる。

30

【 0 0 7 8 】

また、アンモニアの着火性の悪さから、アンモニアのみを用いてアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 を安定的に始動させることは難しいが、副燃焼室 2 4 を用いてアンモニア分解ガスを燃焼させることでアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 を安定的に始動させることができる。この場合、アンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の始動前からアンモニア分解ガス供給手段 1 4 の加熱手段 1 4 b を加熱してアンモニア分解ガスを生成しておくことが好適である。これによって、アンモニア分解ガスを迅速に生成しアンモニア燃焼エンジン 1 0 0 の始動を安定的に行うことができる。

40

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 9 】

本発明は、船舶の主機や補機としての発電機等の動力を必要とする装置のみならず、陸船産業全体のアンモニア燃焼エンジンに広く適用することができる。

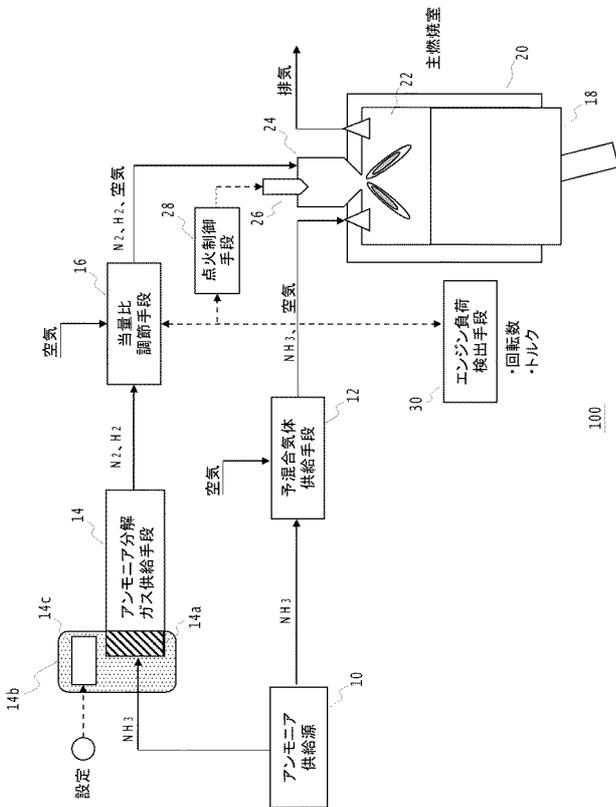
【 符号の説明 】

【 0 0 8 0 】

50

10 アンモニア供給源、12 予混合気体供給手段、14 アンモニア分解ガス供給手段、14a アンモニア分解触媒、14b 加熱手段、14c 加熱制御部、16 当量比調節手段、18 ピストン、20 シリンダ、22 主燃焼室、24 副燃焼室、26 点火手段、28 点火制御手段、30 エンジン負荷検出手段、100 アンモニア燃焼エンジン。

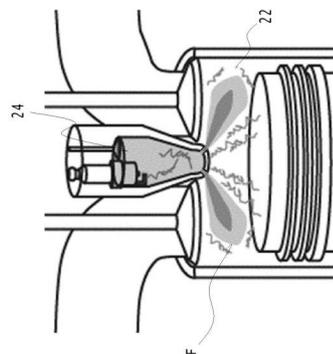
【図1】



【図2】

	天然ガス	アンモニア (NH <sub>3</sub> )	水素 (H <sub>2</sub> )
着火温度 (°C)	537	651	500
最小点火エネルギー (mJ)	0.29	8.0	0.015
燃焼速度 (cm/sec)	37	7	291
燃料過剰側の可燃限界当量比	2.51	1.4	7.2

【図3】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 M 31/16 (2006.01)	F 0 2 M 21/02	K
F 0 2 P 5/15 (2006.01)	F 0 2 M 21/02	U
	F 0 2 M 31/16	F
	F 0 2 D 19/08	Z
	F 0 2 P 5/15	B

(72)発明者 早川 晃弘

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人 東北大学内

Fターム(参考) 3G022 CA09 DA01 DA02 FA04 GA05 GA06 GA08  
3G023 AA03 AB03 AC03 AC07 AC08 AD21  
3G092 AA08 AB12 AB15 AB19 AC10 BA04 BA09 BB01 DE05S DE17S  
FA24 GA03 HB01X