

明 細 書

発明の名称：水素製造システム

技術分野

[0001] 本発明は、ボイラを備えたごみ焼却炉等の燃焼炉を利用して水素生成を行う水素製造システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、地球温暖化対策としての脱炭素化の機運が世界的に高まりつつあり、二酸化炭素の排出削減技術や、二酸化炭素を排出しない水素製造技術が注目されている。日本においては、2050年までに温室効果ガスの排出を実質的にゼロにすること（カーボンニュートラル）が環境省によって宣言されている。これを受けて国内の企業各社は、目標を達成するためのさまざまな取り組みを進めている。

[0003] 例えば、有機性廃棄物を分解してバイオガスを製造するメタン発酵装置は、メタンガスとともに二酸化炭素を排出する。メタン発酵装置で生産されるバイオガス全体に占める二酸化炭素の割合は、有機性廃棄物の組成にも依存するものの、重量比でおよそ三分の二前後である。具体的には、約2トンのメタンガスを生成する際に、約4トンの二酸化炭素が同時に生成される。そこで、二酸化炭素の排出量を削減すべく、バイオガスから二酸化炭素を分離して植物工場で利用する技術や、廃棄物焼却炉から生じる灰を二酸化炭素と混合してセメント材料にする技術等が開発されている（特許文献1参照）。

また、メタン発酵で生じた二酸化炭素と水電解装置で生成した水素とを用いてメタネーション（メタン合成）を実施し、生成されたメタンを都市ガスとして利用する技術や、ガスエンジン等の燃料としてメタンを活用する技術も開発されている（特許文献2参照）。

さらに、ごみ焼却炉プラントに水電解装置を設置し、水電解装置で生成した水素と空気中の窒素とからアンモニアを合成し、そのアンモニアをガスエンジン等の燃料として活用する技術も開発されている（特許文献3参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-212524号公報

特許文献2：特開2019-090084号公報

特許文献3：特開2019-216501号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載の植物工場やセメントの合成で使用する二酸化炭素の量は、メタン発酵で生じるすべての二酸化炭素を消費できるほど多量ではない。これに対し、特許文献2に記載のメタネーションによれば、多量の二酸化炭素を高需要のメタンへと変換することができ、商業的に有益である。一方、メタネーションのための水素を水電解装置で生成するには、多量の電力及び水が必要となる。そこで、特許文献3に記載のように、ごみ焼却炉プラントが備えるボイラの蒸気タービン及び発電機で発電した電力と排ガスの温度を低減するための減温塔の冷却排水とを使用して、メタネーションを実施することが考えられる。

しかし、水電解装置で効率よく水素を生成するには、不純物を含まない水を使用する必要がある。この点に関して、特許文献3の技術では、いわゆるスクラバーである減温塔を集塵機の上流側に設置し、減温後の冷却排水を水電解装置に供給している。しかし、この冷却排水には、排ガス中の飛灰、重金属、排ガス処理用の薬品が含有されているため、そのまま水電解装置に供給することはできない。

[0006] 一方、ごみ焼却炉プラントの排水には、ごみ収集車が回収したごみをごみピットへ投入するためのプラットフォームを洗浄した排水、ごみピットに貯留したごみから出る排水、ごみ焼却炉で焼却した主灰を冷却して排出する灰押出装置からの排水などもある。しかし、プラットフォームやごみピットからの排水には有機成分が含まれ、灰押出装置からの排水には無機成分が含ま

れるため、やはり、そのまま水電解装置に供給することはできない。

[0007] 従って、燃焼炉プラントの一種であるごみ焼却炉プラントに水電解装置を配置して、当該プラントで生じる排水（プラント排水）を水電解装置に使用する場合、当該プラントが一般的に備える総合排水処理システムに、プラットフォームやごみピットからの排水、灰押出装置からの排水などの全てのプラント排水を合流させて、有機成分及び無機成分を水処理した水を、水電解装置に使用するというのが当業者の技術常識であった。

なお、総合排水処理システムは、燃焼炉とボイラを備えた燃焼炉プラントであれば、ごみ焼却炉プラント以外のプラント、例えば、火力発電プラントや化学プラントなどにも備えられている。

[0008] 本発明は、上記のような課題に鑑み案出されたものであり、総合排水処理システムの水処理の負荷を低減し、且つ、燃焼炉プラントで生じるプラント排水を利用した電気分解により経済的に水素を生成できる水素製造システム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

[0009] 本発明の水素製造システムは、燃焼炉プラントに適用され、

燃焼炉と、前記燃焼炉で燃焼した熱で蒸気を生成するボイラとを少なくとも備えるボイラ付燃焼システムと、

前記ボイラから排出されるボイラブロー水のうち、少なくとも一部の前記ボイラブロー水が導入されて不要イオンを除去した分離水と前記不要イオンを含有する被分離水とを生成するイオン除去装置と、前記分離水を電気分解することで水素を生成する水電解装置とを少なくとも備える電解システムと、

前記ボイラブロー水の残部を含み、前記燃焼炉プラントで生じるプラント排水に対して無機系の水処理を行う無機系排水処理施設を少なくとも備える排水処理システムとを有する。

発明の効果

[0010] 本発明の水素製造システムによれば、燃焼炉プラントで生じるプラント排水のうち、低濃度の薬品が混入しているものの特にきれいなボイラブロー水の一部を利用して水電解を行う。水電解される少なくとも一部のボイラブロー水は排水処理システムに混入しないため、排水処理システムにおける水処理の負荷を低減することができる。

従って、排水処理システムの水処理の負荷を低減し、且つ、燃焼炉プラントで生じるプラント排水を利用した電気分解により経済的に水素を生成できる水素製造システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の水素製造システムの実施例を示すブロック図である。

[図2]本発明の水素製造システムの第一変形例を示すブロック図である。

[図3]二酸化炭素分離装置60の一例を示すブロック図である。

[図4]本発明の水素製造システムの第二変形例の一部を示すブロック図である。

[図5]本発明の水素製造システムの第三変形例の一部を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図1～図5を参照して、実施例及び変形例（第一、第二、第三変形例）の水素製造システムについて説明する。図中において、数字のみの符号は、水素製造システムに関する装置、部品、部位等の物理的な要素を表す。また、アルファベットのFと数字とを組み合わせた符号は、水素製造システムで生じる液体や気体などの流体（Fluid）を表す。

[0013] 以下に示す実施例及び変形例は、あくまでも例示に過ぎず、明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。以下の各構成は、それらの趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。また、以下の各構成は、本発明に必須の構成を除いて必要に応じて取捨選択でき、あるいは公知の構成と組み合わせ可能である。

[0014] [1. 実施例及び第一変形例]

図１は、本発明の実施例であり、図２は、本発明の第一変形例である。実施例及び第一変形例の水素製造システム１は、ボイラ付燃焼システム１０と、排水処理システム（総合排水処理システム）３０と、高純度二酸化炭素生成システム４０と、電解システム５０（第一変形例では５０'）と、メタネーションシステム７２とを有する複合処理施設である。

実施例と第一変形例とは、水素製造システム１の備える電解システム５０、５０'の構成が異なるのみであるので、ここでは、実施例と第一変形例とを同時に説明する。

これらのシステム１０、３０、４０、５０（５０'）、７２は、全てのシステムが一つの建物内に設けられてもよいし、各々のシステムに対応した個別の建物に設けられてもよい。また、これら全システムが同一の敷地に設けられてもよいし、別個の敷地、例えば、互いに遠方の敷地に設けられてもよい。各々のシステムが互いに遠方の敷地に設けられる場合は、パイプラインや自動車搬送などで、各々のシステムを適直接続すればよい。

[0015] [A. 基本構成]

まず、上述の５つのシステム１０、３０、４０、５０（５０'）、７２について概要を説明し、その後、当該各システムの具体的構成及び効果について詳述する。

ボイラ付燃焼システム１０は、燃焼炉と、燃焼炉で燃焼した熱で蒸気を生成するボイラとを少なくとも備えるシステムである。水素製造システム１が適用される燃焼炉プラントは、燃焼炉で燃焼される燃料（廃棄物、石炭など）やその目的に応じて、ごみ焼却炉プラント、火力発電プラント、化学プラントなど、多様である。

ボイラ付燃焼システム１０は、ボイラ２０を備えるため、後述のボイラブロー水Ｆ１が必ず排出される。

なお、実施例及び第一変形例では、ボイラ付燃焼システム１０は、燃焼炉の一例としてごみ焼却炉１３を備えている。

[0016] 排水処理システム３０は、[発明が解決しようとする課題]で述べた総合

排水処理システムである。プラント排水に含まれる有機成分を生物処理などして水処理する有機系排水処理施設 3 1 と、当該有機成分を水処理した後に、プラント排水に含まれる無機成分を水処理する無機系排水処理施設 3 2 とを備える。排水処理システム 3 0 では、燃焼炉プラントの外部へ放流可能な程度に排水を浄化する水処理がなされる。排水処理システム 3 0 が水処理したプラント排水は、後述の再利用水 F 1 4 として燃焼炉プラント内で利用してもよいし、余剰分があれば燃焼炉プラントの外部へ放流してもよい。

なお、実施例及び第一変形例の水素製造システム 1 は、燃焼炉プラントの一種であるごみ焼却炉プラントに適用された例を示している。排水処理システム 3 0 は有機系排水処理施設 3 1 と無機系排水処理施設 3 2 のいずれも備えている。しかし、有機成分がプラント排水に含有されない燃焼炉プラント、例えば、火力発電プラントなどでは、排水処理システム 3 0 は、有機系排水処理施設 3 1 を含まず、無機系排水処理施設 3 2 のみの場合もありうる。

[0017] 高純度二酸化炭素生成システム 4 0 は、特段の濃縮工程を経ずに高純度の二酸化炭素を生成するシステムである。〔背景技術〕で述べたように、メタン発酵の際には高純度の二酸化炭素が多量に生成されるので、図 1 及び図 2 の高純度二酸化炭素生成システム 4 0 は、一例として、メタン発酵装置 4 2 を少なくとも備えている。

高純度二酸化炭素生成システム 4 0 は、メタン発酵装置 4 2 のほか、アルコール発酵装置 6 6（第二変形例として図 4 を用いて後述）、木質バイオマスをガス化するガス化炉 6 9（第三変形例として図 5 を用いて後述）などを少なくとも含んで構成してもよい。

[0018] メタネーションシステム 7 2 は、少なくとも高純度二酸化炭素生成システム 4 0 で生成された二酸化炭素 F 7 と、後述の電解システム 5 0 の水電解装置 5 3 が生成した水素 F 4 とを原料として、メタネーション装置 4 6 でメタネーションを行い、メタン F 1 2 を生成するシステムである。

[0019] 電解システム 5 0 は、ボイラブロー水 F 1 を用いた電気分解により水素 F

4 を生成するシステムである。電解システム 50 は、ボイラブロー水 F1 から不要なイオンを除去するイオン除去装置 52 と、水電解装置 53 とを少なくとも備える。

ボイラ 20 に供給される水は純水 F15 であるが、例えば、清缶剤、防食剤（脱酸素剤）、スケール防止剤などの薬品が低濃度で添加され、ボイラ 20 内に貯留された水は弱アルカリ性に調整される。このため、従来、ボイラブロー水 F1 は、高濃度の薬品や灰などの不純物を多量に含む他のプラント排水と混合され、総合排水処理施設で水処理されてきた。

しかし、ボイラ 20 内に貯留された水は、純水 F15 に低濃度の薬品が添加されたものであり、灰や重金属を含んでおらず、燃焼炉を備えたプラント内の他のプラント排水と比べ格段に純水 F15 に近いため、ボイラ 20 から随時排出されるボイラブロー水 F1 を、純水 F15 を必要とする水電解装置 53 に利用すれば、効率よく経済的に水素 F4 を生成することができると発明者は考えた。

そこで、ボイラブロー水 F1 を利用して水電解装置 53 で水素 F4 を生成する構成を基本とし、水電解装置 53 で生成した水素 F4 を用いてメタン F12 などの有価物を生成することができ、さらに燃焼炉プラントから排出される二酸化炭素 F18 を削減できる水素製造システム 1、言い換えれば、近年の世界の環境課題である脱炭素社会の実現を可能とする水素製造システム 1 を発明した。

以上、実施例及び第一変形例が備える 5 つのシステム 10、30、40、50（50'）、72 について概要を説明した。そこで、以下、各システムの構成及び効果を詳述する。

[0020] [B. 詳細構成]

では、図 1、図 2 を用いて、水素製造システム 1 の詳細を説明する。上述のように、実施例及び第一変形例は、燃焼炉プラントのうち、本発明の水素製造システム 1 がごみ焼却炉プラントに適用された例である。

ごみ焼却炉プラントは、例えば、都市ごみや産業廃棄物等のごみ、すなわ

ち廃棄物を焼却処理する施設である。ボイラ付燃焼システム１０には、ごみ搬入車両（ごみ収集車、トラック、ダンプカー等）が廃棄物を荷下ろしする空間であるプラットフォーム１１や、ごみ搬入車両から荷下ろしされた廃棄物が投入されて一時的に貯留されるごみピット１２（ごみ貯留槽）が設けられる。ごみピット１２に投入された廃棄物は、ごみクレーンによってごみ焼却炉１３へと移送される。

プラットフォーム１１を洗浄した排水（プラットフォーム洗浄排水）やごみピット１２に貯留された廃棄物からしみ出た排水（ピット排水）は、一般的に有機成分を含むため、プラント排水として排水処理システム３０の有機系排水処理施設３１で水処理される。

[0021] ごみ焼却炉１３は、廃棄物を焼却するための炉であり、例えば、ストーカ炉や流動床炉等である。灰押出装置１４は、ごみ焼却炉１３で廃棄物を焼却した後に残る焼却灰（主灰）を冷却して排出するための装置である。灰押出装置１４から排出される排水（灰押出装置排水）は、灰や重金属を含むアルカリ性水であり、プラント排水として排水処理システム３０の無機系排水処理施設３２で水処理される。なお、無機系排水処理施設３２は、有機系排水処理施設３１で水処理された排水も受け入れて水処理する。

[0022] ごみ焼却炉１３で廃棄物が燃焼することにより発生した排ガスは、煙道１５を通り、排ガスを減温する減温塔１６、排ガスから飛灰を除塵する除塵装置１７、煙突１９の順に流れて外気に放出される。ここでは、除塵装置１７と煙突１９の間の煙道１５に、排ガスに含まれる低濃度の二酸化炭素Ｆ１８を分離する二酸化炭素分離装置６０が配置される。必要に応じて、図示しない脱硝装置、誘引送風機などを排ガスの流路に設置してもよい。

[0023] バグフィルタ等の除塵装置１７で取り除かれた塵（飛灰）は、飛灰洗浄装置１８で洗浄された後に、図示しない飛灰ピットに貯留され、プラントの外へ搬出される。飛灰洗浄装置１８から排出される排水（洗浄排水）は、灰や重金属を含むアルカリ性水であり、プラント排水として排水処理システム３０の無機系排水処理施設３２で水処理される。

なお、減温塔１６において、排水処理システム３０の無機系排水処理施設３２で水処理されたプラント排水（再利用水Ｆ１４）を噴霧して排ガスを減温すれば、水道水を噴霧する場合に比べ、費用対効果の観点で優れる。ここで、減温塔１６は、特許文献３のスクラバーではなく、ごみ焼却炉プラントで一般的に使用される減温塔１６、すなわち、噴霧された水（例えば、再利用水Ｆ１４）は高温の排ガスによって実質的に全て蒸発するような減温塔１６が望ましい。噴霧された水が実質的に全て蒸発するので減温塔１６からプラント排水が排出されず、排水処理システム３０における水処理の負荷を低減することができる。

また、飛灰洗浄装置１８において、排水処理システム３０の無機系排水処理施設３２で水処理されたプラント排水（再利用水Ｆ１４）で塵（飛灰）を洗浄すれば、水道水で洗浄する場合に比べ、費用対効果の観点で優れる。

[0024] ボイラ２０は、水道水や工業用水などから純水Ｆ１５を製造する純水装置２７、純水装置２７が製造した純水Ｆ１５に、清缶剤、防食剤（脱酸素剤）、スケール防止剤などの薬品を添加する薬品添加装置２８、当該薬品が添加された純水Ｆ１５を貯留する蒸気ドラム２１、蒸気ドラム２１に貯留された水を排ガスの熱で蒸気にする伝熱管や過熱管などの排熱回収器２２、排熱回収器２２で生成され且つ蒸気ドラム２１に供給された蒸気で羽根車を回転する蒸気タービン２３、蒸気タービン２３の羽根車の回転力で発電する発電機２４、蒸気タービン２３の羽根車を回転させた後の蒸気（廃蒸気）を水に戻す復水器２５、復水器２５で生成された復水から溶存ガス（酸素、二酸化炭素等）を除去して蒸気ドラム２１へ供給する脱気器２６を備える。

ボイラブロー水Ｆ１は、蒸気ドラム２１の下方に配置されたブロー配管２９から随時排出される。

なお、廃蒸気は高温であるので、後述の二酸化炭素分離装置６０、メタネーション装置４６、前処理装置４１（可溶化や水熱処理の場合）など、プラント内で加温が必要な装置に適宜供給して利用すれば、電力会社から購入した電力を使用して加温するよりも費用対効果の観点で優れる。

[0025] 発電機 24 で発電された電力は、プラント内に配置された各種電気製品（水電解装置 53、電解装置 54、メタネーション装置 46 など）を作動させるために利用され、余った電力は電力会社に売電してもよい。当該電力を電力会社に売電しない、または、売電量を少量とし、当該電力の全てまたは大部分を水素製造システム 1 が適用されるプラント内に配置された各種電気製品に供給するよう適宜設計することで、実質的に電力自立型の燃焼炉プラントを構築しうる。

また、排水処理システム 30 の無機系排水処理施設 32 で水処理されたプラント排水（再利用水 F14）を純水装置 27 に供給し、純水装置 27 で純水 F15 を製造すれば、水道水を供給する場合に比べ、費用対効果の観点で優れる。

[0026] 二酸化炭素分離装置 60 は、例えば、図 3 に示すように、アミン溶液を利用して二酸化炭素を分離する装置である。設計上可能であれば、後述の二酸化炭素分離膜 45 と同様の構成でもよい。

図 3 の二酸化炭素分離装置 60 は、吸収器 61 と熱交換器 62 と脱離器 63 と再加熱器 64 とを有する。

[0027] 吸収器 61 は、排ガス中の二酸化炭素 F18 をアミン溶液に吸収させるための装置である。吸収器 61 の内部では、比較的低温のアミン溶液が排ガスに向かって噴射される。二酸化炭素 F18 を吸収したアミン溶液は、吸収器 61 の内部で下方へ落下し、熱交換器 62 に導入される。また、二酸化炭素 F18 が除去された排ガスは吸収器 61 の上方から流出し、煙突 19 から大気中に排出される。

熱交換器 62 は、吸収器 61 から流出したアミン溶液の温度を上昇させるための装置である。熱交換器 62 には、後述する脱離器 63 から流出した比較的高温のアミン溶液が、熱源として導入される。高温のアミン溶液が持つ熱量は、熱交換器 62 の内部で低温のアミン溶液へと移動する。ここで昇温したアミン溶液（二酸化炭素 F18 を含有するアミン溶液）は、脱離器 63 に導入される。

脱離器 6 3 は、二酸化炭素 F 1 8 をアミン溶液から脱離させるための装置である。脱離器 6 3 に導入されたアミン溶液は、脱離器 6 3 の内部に噴霧される。これにより、アミン溶液中に吸収されていた二酸化炭素 F 1 8 が脱離し、脱離器 6 3 の上方から流出して二酸化炭素貯留タンク 4 9 に貯留される。

脱離器 6 3 には、内部に導入されたアミン溶液を循環させながら加温するための再加熱器 6 4 が併設される。再加熱器 6 4 では、例えば、蒸気タービン 2 3 の廃蒸気を利用して、アミン溶液の温度を上昇させてもよい。

二酸化炭素分離装置 6 0 と二酸化炭素貯留タンク 4 9 により、排ガス中の二酸化炭素 F 1 8 の燃焼炉プラントの外部への排出量を大幅に削減できる。

[0028] 以上、ボイラ付燃焼システム 1 0 の各構成について詳述した。排水処理システム 3 0 の各構成については、概要説明の箇所においてすでに説明済であるので省略する。

では、高純度二酸化炭素生成システム 4 0 の各構成について詳述する。

実施例および第一変形例の水素製造システム 1 においては、高純度二酸化炭素生成システム 4 0 は、メタン発酵により高純度の二酸化炭素 F 7 を生成するシステムであるとして説明する。特に、ここでは、メタン発酵の原料として、ごみ焼却炉プラントに搬入された廃棄物に含まれる有機物を使用する。原料として廃棄物に含まれる有機物を使用するので、原料費が不要であり、費用対効果の観点で優れる。

前処理装置 4 1 は、原料から発酵不適物を除去し、発酵適物の性状を整える前処理（例えば、破碎、可溶化、水熱処理など）を実施する装置である。原料は、例えば、ごみピット 1 2 から移送される。

前処理装置 4 1 で適切に前処理がなされた原料は、メタン発酵装置 4 2 に導入される。

[0029] メタン発酵装置 4 2 は、前処理装置 4 1 で前処理がなされた原料をメタン発酵させることでバイオガス F 8 を生成するとともに発酵残渣 F 9 を排出する装置である。メタン発酵の発酵方式は、乾式でもよいし湿式でもよい。

バイオガスF 8には、少なくともメタンF 6 (CH_4) 及び二酸化炭素F 7 (CO_2) の2種が、バイオガスF 8の大部分を占める主成分として含まれる。

メタン発酵装置4 2で生成されたバイオガスF 8は、二酸化炭素分離膜4 5に導入され、発酵残渣F 9は、脱水機4 3へと移送される。脱水機4 3は、例えばトロンメルなどである。

脱水機4 3は、発酵残渣F 9を脱水して濾液F 1 0と残余物（脱水汚泥）とに分離する装置である。ここで分離された濾液F 1 0は、電解システム5 0、5 0' の水処理装置5 1に移送される。また、当該残余物（脱水汚泥）は、コンベヤ4 4でゴミピット1 2に移送され、ゴミ焼却炉1 3で焼却される。

[0030] 二酸化炭素分離膜4 5は、バイオガスF 8から二酸化炭素F 7を分離する分離膜を内蔵した装置である。分離膜として、例えば中空糸膜、デンドリマー膜、ポリエチレングリコール膜、ポリビニルアルコール膜等の高分子膜を用いることができる。

二酸化炭素分離膜4 5で分離された二酸化炭素F 7は、燃烧炉や内燃機関の排ガスのように窒素酸化物や粒子状物質（Particulate matter）を含むものではなく、不純物を含まない高純度の二酸化炭素F 7、言い換えれば、極めてクリーンな二酸化炭素F 7である。従って、二酸化炭素F 7を、浄化処理やフィルタ処理なしに直接的に、メタネーションシステム7 2のメタネーション装置4 6の原料として、または、植物育成設備4 8における植物の光合成の原料として、使用することができる。二酸化炭素F 7は、二酸化炭素貯留タンク4 9に貯留してもよい。

[0031] 実施例及び第一変形例においては、メタン発酵装置4 2におけるメタン発酵により生じる二酸化炭素を二酸化炭素貯留タンク4 9に貯留したり、メタネーション装置4 6や植物育成設備4 8の原料に使用したりするので、燃烧炉プラントの外部への二酸化炭素F 7の排出量を大幅に削減できる。

なお、植物育成設備4 8には、二酸化炭素F 7を貯留する貯留設備（二酸

化炭素タンク、二酸化炭素ポンプ)や、光合成で成長する植物に二酸化炭素 F 7 を供給して植物を育成する建物及び設備(植物工場、栽培用温室、栽培用水槽等)が含まれる。植物育成設備 4 8 では、例えば藻、草花、野菜、青果物、観葉植物、多肉植物、樹木等が栽培されうる。

[0032] 一方、二酸化炭素分離膜 4 5 で二酸化炭素 F 7 が分離された残余ガスは実質的にメタン F 6 (請求項に記載の「第二メタン」)である。メタン F 6 は、ガスポンプなどに貯留、または、メタンガス利用設備 4 7 に供給されて使用される。メタンガス利用設備 4 7 としては、例えば、都市ガスとしてガスパ管に導入する設備(ガスパ管導入設備)や、都市ガスを燃焼させて給湯するガス給湯器やガス暖房装置、ガスエンジン(ガス発電機器)等が設置された家庭、企業、もしくは工場などが挙げられる。

メタン F 6 をガスエンジンで燃焼させた場合に生じる排ガスは、EGR (排ガス再循環)用のガスとしてごみ焼却炉 1 3 へ導入し、ごみ焼却炉 1 3 で発生する排ガス中に含まれる窒素酸化物(NO_x)の量を低減させてもよい。また、メタン F 6 を燃料としてガスエンジンで発電した場合、蒸気タービン 2 3 及び発電機 2 4 で発電した電力と同様に、メタネーション装置 4 6、水電解装置 5 3、電解装置 5 4 等を作動させる電力として活用できる。

なお、二酸化炭素分離膜 4 5 で二酸化炭素 F 7 が分離された残余ガスは実質的にメタン F 6 であるが、微量の硫黄分などが含まれる場合がある。そこで、この場合には、図示しない脱硫装置などの不純ガス除去装置を用いて当該残余ガスからメタン F 6 以外の不純ガスを取り除き、メタン F 6 としてもよい。

[0033] 次に、メタネーションシステム 7 2 について詳述する。

メタネーションシステム 7 2 が備えるメタネーション装置 4 6 は、二酸化炭素 F 7 及び後述の水電解装置 5 3 が生成した水素 F 4 を合成してメタン F 1 2 (請求項に記載の「第一メタン」)を生成する装置である。ここでは、例えば、共電解反応を介したメタン化反応やサバティエ反応により、二酸化炭素 F 7 及び水素 F 4 からメタン F 1 2 や純水 F 1 3 が合成される(当該合

成技術をメタネーションという)。メタネーション装置46には、メタン合成に係る触媒が内蔵された反応器(触媒容器)が設けられ、その内部でメタンF12が生成される。反応器内の温度や圧力は、所望の反応に適した触媒活性が得られる範囲、例えば、約250℃、約20～30気圧に制御される。メタネーション装置46の加温や高圧化には、蒸気タービン23の廃蒸気を使用することができる。

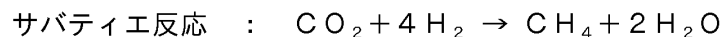
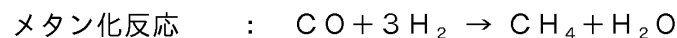
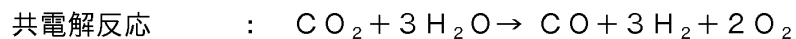
なお、約20～30気圧は比較的高圧であるため、これより低い圧力でメタネーションができるよう、近年、メタネーション装置46は低圧化の開発が進められている。

[0034] メタネーション装置46を作動させるための電力には、先述のように、蒸気タービン23及び発電機24またはガスエンジンで発電された電力を使用することができる。

メタネーション装置46で合成されたメタンF12は、メタンガス利用設備47に供給されて使用され、あるいは貯留される。また、メタネーション装置46で生成された純水F13は、純水装置27を介さずにそのまま蒸気ドラム21に導入してもよい。

これにより、装置の作動用の電力や純水製造の観点で、燃焼炉プラントの運転コストを低減することができる。

[0035] メタネーション装置46におけるメタン合成に係る化学反応式を、以下に例示する。



[0036] では、最後に、電解システム50、50'について詳述する。電解システム50、50'は、水処理装置51で生物処理された濾液F11を用いて水電解装置53または水電解装置53と異なる電解装置54で電気分解することで、次亜塩素酸ナトリウム溶液F16、F17を生成する。

実施例と第一変形例では、各々の電解システム50、50'の構成が異な

るので、まず、実施例における電解システム50について説明し、その後、第一変形例における電解システム50'について説明する。

実施例における電解システム50は、水処理装置51と、イオン除去装置52と、水電解装置53と、電解装置54とを有する。

水処理装置51は、高純度二酸化炭素生成システム40の脱水機43で分離され、有機成分を含む濾液F10を生物処理する有機系の水処理装置51（生物処理装置）である。

水処理装置51は、排水処理システム30の有機系排水処理施設31と同様に生物処理を行うが、濾液F10の量は有機系排水処理施設31が処理するプラント排水の量に比べて少量である。従って、水処理装置51は、有機系排水処理施設31に比べて大幅に小型な装置であり、安価である。水処理装置51で生物処理された濾液F11は、イオン除去装置52に導入される。

[0037] イオン除去装置52は、蒸気ドラム21から随時排出されるボイラブロー水F1のうち、少なくとも一部のボイラブロー水F1が供給されて、不要イオンを含まない分離水F2（純水）と不要イオンを含む被分離水F3とに分離する装置である。図1に示すイオン除去装置52には、ボイラブロー水F1と水処理装置51で生物処理された濾液F11とが導入されるので、ボイラブロー水F1と濾液F11とが混合された液体から不要イオンが除去される。

濾液F11には、水処理装置51の生物処理では除去されないナトリウムイオン（ Na^+ ）や塩化物イオン（ Cl^- ）が含まれる。一方、薬品添加装置28で添加される防食剤にリン酸系の薬品が含まれている場合には、ボイラブロー水F1にリン酸イオン（ PO_4^{3-} ）が含まれる。

従って、上記混合された液体がイオン除去装置52に供給されると、ナトリウムイオン（ Na^+ ）、塩化物イオン（ Cl^- ）、リン酸イオン（ PO_4^{3-} ）を含む被分離水F3と、これら不要イオンが除去されて純水となった分離水F2が生成される。

[0038] なお、イオン除去装置 5 2 に供給されないボイラブロー水 F 1 の残部は、排水処理システム 3 0 の無機系排水処理施設 3 2 に導入されて無機系の水処理がなされる。

排水処理システム 3 0 の無機系排水処理施設 3 2 で水処理がなされた再利用水 F 1 4 は、プラント内の重要な装置、例えば、排ガスの冷却のために減温塔 1 6 で噴霧されるため、再利用水 F 1 4 が不足する事態が生じないように、イオン除去装置 5 2 へはボイラブロー水 F 1 の全量ではなく一部を導入するのが望ましい。しかし、設計上可能であれば、上記一部のボイラブロー水 F 1 ではなく、蒸気ドラム 2 1 から随時排出されるボイラブロー水 F 1 の全量をイオン除去装置 5 2 に供給して水素製造の原料としてもよい。この場合は、上記「ボイラブロー水 F 1 の残部」は当然にゼロであり、ボイラブロー水 F 1 は排水処理システム 3 0 に供給されず、全量のボイラブロー水 F 1 がイオン除去装置 5 2 に供給され、水素製造の原料として使用される。

[0039] イオン除去装置 5 2 には、例えば、RO 膜（逆浸透膜）やイオン交換樹脂が内蔵される。RO 膜は、水中の水素イオン（ H^+ ）や水酸化物イオン（ OH^- ）を通過させ、その他の不要イオンの通過を阻止する膜である。また、イオン交換樹脂は、水中の不要イオンを水素イオンや水酸化物イオンに置換するゲル状の合成樹脂ビーズである。

分離水 F 2 は水電解装置 5 3 に供給され、被分離水 F 3 は水電解装置 5 3 とは異なる電解装置 5 4 に供給される。

[0040] 水電解装置 5 3 は、分離水 F 2（純水）を電気分解する装置である。水電解装置 5 3 は純水を電気分解する装置であるので、図示がないが、分離水 F 2 に加え、メタネーション装置 4 6 で生成した純水 F 1 3 を水電解装置 5 3 に供給して、水素製造量を増加させてもよい。なお、水電解装置 5 3 で所定の水素 F 4 を製造するにあたり、ボイラブロー水 F 1 を原料とする分離水 F 2 だけでは水の量が足りない場合には、メタネーション装置 4 6 で生成した純水 F 1 3 や、純水装置 2 7 で製造した純水 F 1 5 など、分離水 F 2 以外の純水 F 1 3、F 1 5 を混合して水電解装置 5 3 に供給してもよい。

ここで、一般的に、水電解装置は、効率よく電気分解を行うため、常温の純水を加温する加温装置を備えている。しかし、実施例又は変形例における水電解装置53は加温装置を備える必要がない。なぜなら、水電解装置53における水素製造の原料であるボイラブロー水F1は高温であるため、イオン除去装置52で分離される分離水F2は常温よりも高温（約70℃～90℃）に調整できるからである。このため、上述の分離水F2以外の純水を混合する場合のみならず、分離水F2に濾液F11を混合する場合（後述の第一変形例における電解システム50'）においても、水電解装置53は、常温よりも温度の高い純水や混合液を電気分解することができる。従って、水電解装置53は、当該加温装置を備えなくても効率よく水素を製造することができるので、費用対効果に優れる。もちろん、当該純水や混合液の温度を常温よりも高い温度に調整できるとはいえ水素製造に適した所定の温度に足りない場合には、水電解装置53に上記加温装置を加え、例えば、当該加温装置に上記廃蒸気を供給して加温してもよい。

水電解装置53を作動させる電力には、蒸気タービン23及び発電機24や上述のガスエンジンで発電された電力を使用することができる。また、水電解装置53に供給する分離水F2は、プラント排水であるボイラブロー水F1から生成するので原料費無料で別途購入する必要がない。従って、プラント排水であるボイラブロー水F1から有価物である水素F4を経済的に製造できる。

[0041] 水電解装置53では、分離水F2が電気分解されて、水素F4（ H_2 ）と酸素F5（ O_2 ）とが生成される。水素F4は、メタネーション装置46に導入される。また、酸素F5は、大気に放出してもよいし、ごみ焼却炉13の内部に供給される燃焼用空気と混合して廃棄物の燃焼を促進してもよい。

なお、ボイラブロー水F1の少なくとも一部が水電解装置53の原料として使用されるため、ボイラブロー水F1の全量を排水処理システム30の無機系排水処理施設32に導入していた従来に比べ、無機系排水処理施設32における水処理の負荷を軽減できる。

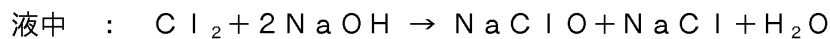
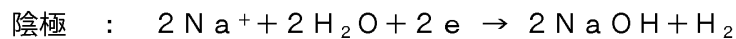
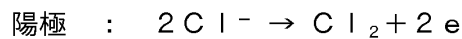
[0042] 電解装置54は、被分離水F3を電気分解する装置であり、被分離水F3に含まれるナトリウムイオンと塩化物イオンとを用いて、次亜塩素酸ナトリウム溶液F16（NaClO溶液）を生成することができる。

電解装置54を作動させる電力には、蒸気タービン23及び発電機24や先述のガスエンジンで発電された電力を使用することができる。

電解装置54で生成された次亜塩素酸ナトリウム溶液F16は、例えば、燃焼炉プラントであるごみ焼却炉プラントのプラットフォーム11や道路の除菌剤として散布してもよいし、当該プラント内の部屋や設備の除菌清掃のため、持ち運んで使用できるように、バケツやペットボトル等の容器に注いでもよい。

メタン発酵装置42の濾液F10もボイラブロー水F1もプラント排水であり、これらプラント排水を原料費不要の原料として電解装置54で次亜塩素酸ナトリウム溶液F16を製造するので、費用対効果の観点で優れる。また、経済的に製造した次亜塩素酸ナトリウム溶液F16で燃焼炉プラントの衛生状態を良好に維持でき、作業環境を改善することができる。

[0043] 次亜塩素酸ナトリウムの生成に係る化学反応式を、以下に例示する。



[0044] 以上、実施例における電解システム50について説明したので、次に、第一変形例における電解システム50'について説明する。

電解システム50'が、電解システム50と異なる大きな点は、電解システム50'は電解装置54を備えておらず、濾液F11が直接的に水電解装置53に供給される点である。電解システム50'においては、イオン除去装置52には、ボイラブロー水F1のみが供給され、イオン除去装置52で生成された分離水F2は水電解装置53に供給される。また、被分離水F3は排水処理システム30の無機系排水処理施設32に供給され、水処理される。

電解システム50'の水電解装置53には、分離水F2と濾液F11とが混合されて導入されるので、水電解装置53における電気分解により、水素F4と次亜塩素酸ナトリウム溶液F17が生成される。

電解システム50'も、電解システム50と同様に、経済的に次亜塩素酸ナトリウム溶液F17を製造できる。そして、経済的に製造した次亜塩素酸ナトリウム溶液F17で燃焼炉プラントの衛生状態を良好に維持でき、作業環境を改善することができる。

[0045] 以上、実施例及び第一変形例について説明した。

実施例または第一変形例の水素製造システム1において、メタン発酵装置42に、例えば、約30トンの有機物が投入されると、メタンF6の生成量が約1.9トンとなり、二酸化炭素F7の生成量が約3.5トンとなる。ここで、二酸化炭素分離膜45におけるメタンF6の回収率が、例えば約92%（二酸化炭素分離膜45の種類等により性能が異なる）である場合、二酸化炭素F7の全量がメタネーション装置46に導入されるとすると、二酸化炭素F7が約3.45トンと、約0.1トンのメタン成分がメタネーション装置46に導入されることになる。また、二酸化炭素分離膜45で分離されたメタンF6は、約1.8トンとなる。

一方、イオン除去装置52では、約6トンのボイラブロー水F1から約5.65トンの分離水F2が得られるので、水電解装置53で約0.63トンの水素F4が得られる。

この水素F4と二酸化炭素F7とを全量使用してメタネーション装置46でメタネーションをした場合、メタンF12が約1.4トン生成され、純水F13が約2.8トン生成される。

よって、メタンF6（第二メタン）とメタンF12（第一メタン）とで有価物である合計3.2トンのメタンF6、F12を得ることができるとともに、二酸化炭素F7の排出量を実質的にゼロにすることができる。

その上、二酸化炭素分離装置60を備えることで、燃焼炉の排ガスに含まれる二酸化炭素F18も回収することができる。

さらに、水素製造システム 1 内のメタネーション装置 4 6 や水電解装置 5 3 など、電力を要する装置にボイラ付燃焼システム 1 0 で発電した電力を供給することもできる。

[0046] 従って、実施例及び第一変形例の水素製造システム 1 においては、プラント排水であるボイラブロー水 F 1 は原料費ゼロであり、メタネーションに使用する二酸化炭素 F 7 も原料費ゼロであり、メタネーション装置 4 6 や水電解装置 5 3 などを作動する電力も実質的に費用ゼロとできるので、水電解装置 5 3 で生成した水素 F 4 を用いて安価に有価物であるメタン F 1 2 を生成することができるとともに、燃焼炉プラントから排出される二酸化炭素 F 1 8 を削減できる。言い換えれば、実施例及び第一変形例の水素製造システム 1 は、近年の世界の環境課題である脱炭素社会の実現を可能とする水素製造システム 1 であるといえる。

[0047] [2. 第二変形例及び第三変形例]

では、次に、実施例及び第一変形例の水素製造システム 1 に含まれる高純度二酸化炭素生成システム 4 0 を、別の例である高純度二酸化炭素生成システム 4 0' とした水素製造システム 1 を、図 4 を用い、第二変形例として説明する。また、実施例及び第一変形例の水素製造システム 1 に含まれるボイラ付燃焼システム 1 0 を、別の例であるボイラ付燃焼システム 1 0' とし、実施例及び第一変形例の水素製造システム 1 に含まれる高純度二酸化炭素生成システム 4 0 を、別の例である高純度二酸化炭素生成システム 4 0'' とした水素製造システム 1 を、図 5 を用い、第三変形例として説明する。

第二変形例及び第三変形例の水素製造システム 1 において、5 つのシステム 1 0、3 0、4 0、5 0 (5 0')、7 2 のうち、上記別の例に変更がない他のシステムは、実施例または第一変形例と同一でよい。

実施例及び第一変形例で説明した構成と同一の構成については、同一の符号を付して構成及び効果の説明を省略する。また、実施例及び第一変形例で示した構成と同一の構成については、液体または気体の流入や流出、物体の移送などは同一でよい。ため、これらの流入、流出、移送の一部の図示を省略

する。

[0048] [A. 第二変形例]

図4を用いて、第二変形例の水素製造システム1について説明する。第二変形例の水素製造システム1は、実施例または第一変形例の水素製造システム1の構成のうち、高純度二酸化炭素生成システム40'が異なる。

高純度二酸化炭素生成システム40'は、高純度二酸化炭素生成システム40と同様、特段の濃縮工程を経ずに高純度の二酸化炭素F7、F19を生成するシステムである。高純度二酸化炭素生成システム40では、一例として、メタン発酵装置42を少なくとも備えていたが、高純度二酸化炭素生成システム40'では、一例として、アルコール発酵装置66を少なくとも備える。

図4の高純度二酸化炭素生成システム40'は、アルコール発酵装置66とメタン発酵装置42の双方から高純度の二酸化炭素F7、F19を生成するが、メタン発酵装置42を必ずしも備える必要はない。

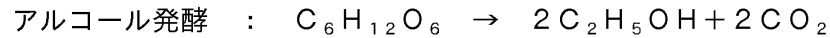
[0049] 図4の高純度二酸化炭素生成システム40'は、高純度二酸化炭素生成システム40における前処理装置41とメタン発酵装置42の間に、アルコール発酵システム65を介在させたシステムである。アルコール発酵システム65は、アルコール発酵装置66と、アルコール発酵装置66で生成されたもろみF20を固液分離してアルコールF21と残渣F22に分離する固液分離装置67とを備える。固液分離装置67は、例えば、スクリュूपレス、ベルトプレスなどである。

まず、前処理装置41に、廃木材やバカス（サトウキビの搾りかす）などのバイオマスが導入される。当該バイオマスは、前処理装置41で加水分解及び糖化され、グルコースが生成される。

次に、前処理装置41で生成されたグルコースは、アルコール発酵システム65のアルコール発酵装置66に導入される。そして、アルコール発酵装置66に酵母菌が供給され、アルコール発酵がなされる。

グルコース ($C_6H_{12}O_6$) を用いたアルコールF21 (C_2H_5OH) 及び

二酸化炭素 F 19 の生成に係る化学反応式を、以下に例示する。



[0050] アルコール発酵により、アルコール発酵装置 66 で生成されたもろみ F 20 は、固液分離装置 67 によりアルコール F 21 と残渣 F 22 に分離され、残渣 F 22 はメタン発酵装置 42 の原料となる。すなわち、メタン発酵装置 42 は、残渣 F 22 を用いてメタン発酵を行う。

アルコール F 21 は、図示しない蒸留装置や脱水装置により濃縮され、有価物であるアルコール飲料などとして販売可能である。

[0051] アルコール発酵により、アルコール発酵装置 66 から排出される二酸化炭素 F 19 は、燃焼炉や内燃機関の排ガスのように窒素酸化物や粒子状物質 (Particulate matter) を含むものではなく、不純物を含まない高純度の二酸化炭素 F 19、言い換えれば、極めてクリーンな二酸化炭素 F 19 である。従って、二酸化炭素 F 19 を、浄化处理やフィルタ処理なしに直接的に、メタネーションシステム 72 のメタネーション装置 46 の原料として、または、植物育成設備 48 における植物の光合成の原料として、使用することができる。二酸化炭素 F 19 は、二酸化炭素貯留タンク 49 に貯留してもよい。

第二変形例においては、アルコール発酵装置 66 におけるアルコール発酵により生じる二酸化炭素 F 19 を二酸化炭素貯留タンク 49 に貯留したり、メタネーション装置 46 や植物育成設備 48 の原料に使用したりするので、燃焼炉プラントの外部への二酸化炭素 F 19 の排出量を大幅に削減できる。

なお、アルコール発酵装置 66 から排出されるガスは、大部分が二酸化炭素 F 19 であるが、バイオマスの種類によっては微量の硫黄分などの不純物が含まれる場合がある。そこで、この場合には、図示しない脱硫装置などの不純ガス除去装置を用いて当該不純物を除去すればよい。

[0052] [B. 第三変形例]

図 5 を用いて、第三変形例の水素製造システム 1 について説明する。第三変形例の水素製造システム 1 は、実施例または第一変形例の水素製造システム 1 の構成のうち、ボイラ付燃焼システム 10' と高純度二酸化炭素生成シ

ステム 40'' とが異なる。

ボイラ付燃焼システム 10' は、ボイラ付燃焼システム 10 と同様、燃焼炉 68 と、燃焼炉 68 で燃焼した熱で蒸気を生成するボイラ 20 とを少なくとも備えるシステムである。ボイラ付燃焼システム 10 は、燃焼炉 68 の一例としてごみ焼却炉 13 を備えていたが、ボイラ付燃焼システム 10' の燃焼炉 68 はごみ焼却炉 13 でなくともよい。後述のようにガス化炉 69 と燃焼炉 68 とが一对をなすように形成される場合は、一般的に燃焼炉 68 として流動床炉が使用される。

高純度二酸化炭素生成システム 40'' は、高純度二酸化炭素生成システム 40、40' と同様、特段の濃縮工程を経ずに高純度の二酸化炭素を生成するシステムである。高純度二酸化炭素生成システム 40、40' では、一例として、メタン発酵装置 42 やアルコール発酵装置 66 を備えていたが、高純度二酸化炭素生成システム 40'' では、一例として、木質バイオマスをガス化するガス化炉 69 を少なくとも備える。

[0053] 図 5 の高純度二酸化炭素生成システム 40'' は、ガス化炉 69 でガス化したガス（ガス化ガス）に、高純度の二酸化炭素のみならず、メタネーション装置 46 でメタネーションの原料となりうる組成が多量に含まれることを鑑みて構成された。具体的には、ガス化炉 69 で木質バイオマスをガス化した場合、ガス化ガスに含まれる成分は、 CO_2 が約 15%、 H_2 が約 35%、 CO が約 40%、 CH_4 が約 4% である。残余の成分には、微量の硫黄分などが含まれる。

[0054] まず、前処理装置 41 に、木質バイオマス、例えば、廃木材が導入され、破碎される。次に、前処理装置 41 で破碎された廃木材は、ガス化炉 69 に導入され、ガス化炉 69 でガス化される。ガス化炉 69 で生成されたガス化ガスにはタールが含まれるため、タールを改質または除去するタール改質装置 70 に供給される。

そして、タール改質装置 70 でタールが改質または除去されたガス化ガスは、脱硫装置 71 に導入される。図示しないが、このとき、その他の不純物

については不純ガス除去装置を用いて当該不純物を除去してもよい。

脱硫装置 7 1 など微量の硫黄分や不純物が除去されたガス化ガスは、メタネーションシステム 7 2 のメタネーション装置 4 6 に、メタネーションの原料として供給される。

なお、ガス化炉 6 9 にて廃木材からガス化ガスが抜け出して生成された熱分解残渣は、ボイラ付燃焼システム 1 0' の燃焼炉 6 8 で燃焼される。また、燃焼炉 6 8 における燃焼で発生した熱で、ガス化炉 6 9 を加温し、ガス化炉 6 9 におけるガス化を促進させる。

第三変形例においては、ガス化炉 6 9 で生じるガス化ガスをメタネーション装置 4 6 の原料に使用するので、ガス化炉 6 9 からの燃焼炉プラントの外部への二酸化炭素の排出量を大幅に削減できる。

[0055] 以上、本発明の実施例、第一、第二、及び第三変形例について説明した。これら実施例及び各変形例の水素製造システム 1 におけるボイラ付燃焼システム 1 0、1 0'、電解システム 5 0、5 0'、高純度二酸化炭素生成システム 4 0、4 0'、4 0'' は、適宜入れ替えてもよいし、並列に接続してもよい。

符号の説明

- [0056] 1 水素製造システム
- 1 0、1 0' ボイラ付燃焼システム
 - 1 1 プラットフォーム
 - 1 2 ごみピット
 - 1 3 ごみ焼却炉
 - 1 4 灰押出装置
 - 1 5 煙道
 - 1 6 減温塔
 - 1 7 除塵装置（バグフィルタ、電気集塵機など）
 - 1 8 飛灰洗浄装置
 - 1 9 煙突

- 2 0 ボイラ
- 2 1 蒸気ドラム
- 2 2 排熱回収器（伝熱管、過熱管など）
- 2 3 蒸気タービン
- 2 4 発電機
- 2 5 復水器
- 2 6 脱気器
- 2 7 純水装置
- 2 8 薬品添加装置
- 2 9 ブロー配管
- 3 0 排水処理システム
- 3 1 有機系排水処理施設（生物処理施設など）
- 3 2 無機系排水処理施設
- 4 0、4 0'、4 0'' 高純度二酸化炭素生成システム
- 4 1 前処理装置
- 4 2 メタン発酵装置
- 4 3 脱水機（トロンメルなど）
- 4 4 コンベヤ
- 4 5 二酸化炭素分離膜
- 4 6 メタネーション装置
- 4 7 メタンガス利用設備
- 4 8 植物育成設備
- 4 9 二酸化炭素貯留タンク
- 5 0、5 0' 電解システム
- 5 1 水処理装置（生物処理装置）
- 5 2 イオン除去装置
- 5 3 水電解装置
- 5 4 電解装置

- 6 0 二酸化炭素分離装置
- 6 1 吸収器
- 6 2 熱交換器
- 6 3 脱離器
- 6 4 再加熱器
- 6 5 アルコール発酵システム
- 6 6 アルコール発酵装置
- 6 7 固液分離装置（スクリュープレス、ベルトプレスなど）
- 6 8 燃焼炉
- 6 9 ガス化炉
- 7 0 タール改質装置
- 7 1 脱硫装置
- 7 2 メタネーションシステム
- F 1 ボイラブロー水
- F 2 分離水
- F 3 被分離水
- F 4 水素
- F 5 酸素
- F 6 メタン（メタン発酵装置 4 2 で生成され二酸化炭素分離膜 4 5 で分離されたもの、第二メタン）
- F 7 二酸化炭素（メタン発酵装置 4 2 で生成され二酸化炭素分離膜 4 5 で分離されたもの）
- F 8 バイオガス
- F 9 発酵残渣
- F 1 0 濾液（脱水機 4 3 で脱水されたもの）
- F 1 1 濾液（水処理装置 5 1 で生物処理されたもの）
- F 1 2 メタン（メタネーション装置 4 6 で生成されたもの、第一メタン）
- F 1 3 純水（メタネーション装置 4 6 で生成されたもの）

- F 1 4 再利用水
- F 1 5 純水（純水装置 2 7 で生成されたもの）
- F 1 6 次亜塩素酸ナトリウム溶液（電解装置 5 4 で生成されたもの）
- F 1 7 次亜塩素酸ナトリウム溶液（水電解装置 5 3 で生成されたもの）
- F 1 8 二酸化炭素（二酸化炭素分離装置 6 0 で分離されたもの）
- F 1 9 二酸化炭素（アルコール発酵装置 6 6 で分離されたもの）
- F 2 0 もろみ（アルコール発酵装置 6 6 で生成されたもの）
- F 2 1 アルコール（固液分離装置 6 7 で分離されたもの）
- F 2 2 残渣（固液分離装置 6 7 で分離されたもの）

請求の範囲

- [請求項1] 燃焼炉プラントに適用され、
燃焼炉と、前記燃焼炉で燃焼した熱で蒸気を生成するボイラとを少なくとも備えるボイラ付燃焼システムと、
前記ボイラから排出されるボイラブロー水のうち、少なくとも一部の前記ボイラブロー水が導入されて不要イオンを除去した分離水と前記不要イオンを含有する被分離水とを生成するイオン除去装置と、前記分離水を電気分解することで水素を生成する水電解装置とを少なくとも備える電解システムと、
前記ボイラブロー水の残部を含み、前記燃焼炉プラントで生じるプラント排水に対して無機系の水処理を行う無機系排水処理施設を少なくとも備える排水処理システムと
を有する水素製造システム。
- [請求項2] メタン発酵、アルコール発酵、または木質バイオマスのガス化により、高純度の二酸化炭素を生成する高純度二酸化炭素生成システムと、
前記二酸化炭素と前記水素とを用いたメタネーションにより第一メタンと純水とを生成するメタネーションシステムと
をさらに有する請求項1に記載の水素製造システム。
- [請求項3] メタンを都市ガスとして利用するガス管導入設備、家庭、企業、もしくは工場、または、メタンを燃焼させて発電するガスエンジンに、前記第一メタンを供給し、
または、
光合成で成長する植物を育成する植物育成設備に、前記二酸化炭素を供給し、
または、
二酸化炭素貯留タンクに、前記二酸化炭素を貯留する請求項2に記載の水素製造システム。

[請求項4]

前記高純度二酸化炭素生成システムは、
メタン発酵により、前記二酸化炭素と第二メタンの少なくとも2種を含むバイオガス及び発酵残渣を生成するメタン発酵装置と、
前記バイオガスから前記二酸化炭素と前記第二メタンとを分離する二酸化炭素分離膜と、
前記発酵残渣を脱水して濾液を生成する脱水機と
を備え、
前記電解システムは、前記濾液を生物処理する水処理装置をさらに備え、
前記電解システムは、前記生物処理された前記濾液を用いて前記水電解装置または前記水電解装置と異なる電解装置で電気分解することで、前記濾液に含まれるナトリウムイオンと塩化物イオンを用いて次亜塩素酸ナトリウム溶液を生成し、
前記ガス管導入設備、前記家庭、前記企業、前記工場、または前記ガスエンジンに、前記第二メタンを供給する請求項3に記載の水素製造システム。

[請求項5]

前記ボイラ付燃焼システムは、
前記燃焼炉で生じた排ガスを冷却する減温塔と、
前記減温塔で冷却された排ガスを除塵する除塵装置と、
前記除塵装置で除塵された排ガスに含有された二酸化炭素を前記排ガスから分離して前記二酸化炭素貯留タンクに貯留する二酸化炭素分離装置と
をさらに備え、
前記二酸化炭素分離装置は、アミン溶液を用いて前記排ガスに含有された二酸化炭素の吸収及び脱離を行う請求項4に記載の水素製造システム。

[請求項6]

前記ボイラ付燃焼システムは、
前記蒸気を貯留する蒸気ドラムと、

前記蒸気ドラムに貯留された前記蒸気により羽根車を回転する蒸気タービンと、

前記回転により発電する発電機と

をさらに備え、

前記発電した電力は、前記水電解装置、前記異なる電解装置、または前記メタネーションシステムに供給され、

または、

前記羽根車を回転した後に生じる廃蒸気は、前記メタネーションシステムまたは前記二酸化炭素分離装置に供給され、

または、

前記純水は、前記蒸気ドラムに供給される請求項5に記載の水素製造システム。

[請求項7]

前記燃焼炉プラントは、ごみ焼却炉プラント、火力発電プラント、または化学プラントのいずれか1つである請求項1乃至請求項6のいずれか一項に記載の水素製造システム。