

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7578077号
(P7578077)

(45)発行日 令和6年11月6日(2024.11.6)

(24)登録日 令和6年10月28日(2024.10.28)

(51)国際特許分類		F I	
C 1 2 M	1/107(2006.01)	C 1 2 M	1/107
C 0 7 C	1/12 (2006.01)	C 0 7 C	1/12
C 0 7 C	9/04 (2006.01)	C 0 7 C	9/04
C 1 0 G	2/00 (2006.01)	C 1 0 G	2/00
C 1 2 P	7/06 (2006.01)	C 1 2 P	7/06

請求項の数 6 (全14頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2021-124130(P2021-124130)	(73)特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	令和3年7月29日(2021.7.29)	(74)代理人	100103894 弁理士 家入 健
(65)公開番号	特開2023-19425(P2023-19425A)	(72)発明者	海田 啓司 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(43)公開日	令和5年2月9日(2023.2.9)	(72)発明者	平沢 崇彦 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	令和5年8月8日(2023.8.8)	(72)発明者	保谷 典子 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72)発明者	加藤 秀雄 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料製造プラント

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解装置と、
糖類を分解してエタノールと二酸化炭素を生成するエタノール生成装置と、
二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成する炭化水素生成装置と、
前記電気分解装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された水素を前記炭化水素生成装置に供給する水素供給部と、
前記電気分解装置と前記エタノール生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された酸素を前記エタノール生成装置に供給する酸素供給部と、
前記エタノール生成装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を前記炭化水素生成装置に供給する二酸化炭素供給部と、
を備え、

前記エタノール生成装置は、
 酵母菌を製造する酵母菌製造部と、
 糖化酵素を製造する糖化酵素製造部と、
 ボイラと、
 のうち少なくとも1つを含み、
 前記酸素供給部によって前記エタノール生成装置に供給された酸素は、前記酵母菌製造部及び前記糖化酵素製造部、前記ボイラのうち少なくとも何れか1つで消費される、
燃料製造プラント。

【請求項 2】

水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解装置と、
糖類を分解してエタノールと二酸化炭素を生成するエタノール生成装置と、
二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成する炭化水素生成装置と、
前記電気分解装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された水素を前記炭化水素生成装置に供給する水素供給部と、
前記電気分解装置と前記エタノール生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された酸素を前記エタノール生成装置に供給する酸素供給部と、
前記エタノール生成装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を前記炭化水素生成装置に供給する二酸化炭素供給部と、
を備え、

10

前記エタノール生成装置は、酵母菌を用いて単糖類又は少糖類を分解する発酵部を含み、前記二酸化炭素供給部は、
 前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過し、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値以上となったら、前記発酵部からの排気ガスを前記炭化水素生成装置に供給する、
燃料製造プラント。

【請求項 3】

前記二酸化炭素供給部は、
 前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過するまで、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値未満であるうちは、前記発酵部からの排気ガスを大気放出する、
請求項 2 に記載の燃料製造プラント。

20

【請求項 4】

前記二酸化炭素供給部は、
 前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過するまで、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値未満であるうちは、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が上昇するように当該排気ガスを濃縮し、濃縮後の排気ガスを前記炭化水素生成装置に供給する、
請求項 2 に記載の燃料製造プラント。

30

【請求項 5】

藻類を生育する藻類生育装置、又は、二酸化炭素を還元して有機酸を合成する有機酸合成装置を更に備え、
 前記二酸化炭素供給部は、
 前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過するまで、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値未満であるうちは、前記発酵部からの排気ガスを、前記藻類生育装置又は前記有機酸合成装置に供給する、
請求項 2 に記載の燃料製造プラント。

【請求項 6】

水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解装置と、
糖類を分解してエタノールと二酸化炭素を生成するエタノール生成装置と、
二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成する炭化水素生成装置と、
前記電気分解装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された水素を前記炭化水素生成装置に供給する水素供給部と、
前記電気分解装置と前記エタノール生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された酸素を前記エタノール生成装置に供給する酸素供給部と、
前記エタノール生成装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を前記炭化水素生成装置に供給する二酸化炭素供給部と、
を備え、

40

前記二酸化炭素供給部は、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を貯留する

50

二酸化炭素貯留部を含み、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を前記二酸化炭素貯留部に貯留すると共に、前記二酸化炭素貯留部に貯留した二酸化炭素を前記炭化水素生成装置に供給し、

大気から二酸化炭素を回収し、回収した二酸化炭素を前記二酸化炭素貯留部に供給する二酸化炭素回収装置と、

前記二酸化炭素貯留部に貯留されている二酸化炭素の貯留量が所定値を下回ったとき、前記貯留量が増えるように前記二酸化炭素回収装置を稼働させるコントローラと、

を更に備えた、

燃料製造プラント。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料製造プラントに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1は、バイオエタノール由来の水素と二酸化炭素を用いてメタンを生成する技術を開示している。

【0003】

特許文献2は、水を電気分解する際に副生される酸素を有効活用すべく、当該副生酸素を、アンモニア誘導体を合成する際に使用される二酸化炭素を生成するのに消費することを提案している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2013-202044号公報

【文献】特開2021-102532号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成するコストに関して改善の余地が残されている。

30

【0006】

本発明の目的は、二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成するコストを低減する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願発明の観点によれば、水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解装置と、糖類を分解してエタノールと二酸化炭素を生成するエタノール生成装置と、二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成する炭化水素生成装置と、前記電気分解装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された水素を前記炭化水素生成装置に供給する水素供給部と、前記電気分解装置と前記エタノール生成装置を連結することで、前記電気分解装置で生成された酸素を前記エタノール生成装置に供給する酸素供給部と、前記エタノール生成装置と前記炭化水素生成装置を連結することで、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を前記炭化水素生成装置に供給する二酸化炭素供給部と、を備えた、燃料製造プラントが提供される。

40

前記エタノール生成装置は、酵母菌を製造する酵母菌製造部と、糖化酵素を製造する糖化酵素製造部と、ボイラと、のうち少なくとも1つを含み、前記酸素供給部によって前記エタノール生成装置に供給された酸素は、前記酵母菌製造部及び前記糖化酵素製造部、前記ボイラのうち少なくとも何れか1つで消費されてもよい。

前記エタノール生成装置は、酵母菌を用いて単糖類又は少糖類を分解する発酵部を含み

50

、前記二酸化炭素供給部は、前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過し、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値以上となったら、前記発酵部からの排気ガスを前記炭化水素生成装置に供給してもよい。

前記二酸化炭素供給部は、前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過するまで、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値未満であるうちは、前記発酵部からの排気ガスを大気放出してもよい。

前記二酸化炭素供給部は、前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過するまで、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値未満であるうちは、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が上昇するように当該排気ガスを濃縮し、濃縮後の排気ガスを前記炭化水素生成装置に供給してもよい。

10

藻類を生育する藻類生育装置、又は、二酸化炭素を還元して有機酸を合成する有機酸合成装置を更に備え、前記二酸化炭素供給部は、前記エタノール生成装置を稼働させてから所定時間が経過するまで、又は、前記発酵部からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が第1の閾値未満であるうちは、前記発酵部からの排気ガスを、前記藻類生育装置又は前記有機酸合成装置に供給してもよい。

前記二酸化炭素供給部は、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を貯留する二酸化炭素貯留部を含み、前記エタノール生成装置で生成された二酸化炭素を前記二酸化炭素貯留部に貯留すると共に、前記二酸化炭素貯留部に貯留した二酸化炭素を前記炭化水素生成装置に供給してもよい。

大気から二酸化炭素を回収し、回収した二酸化炭素を前記二酸化炭素貯留部に供給する二酸化炭素回収装置と、前記二酸化炭素貯留部に貯留されている二酸化炭素の貯留量が所定値を下回ったとき、前記貯留量が増えるように前記二酸化炭素回収装置を稼働させるコントローラと、を更に備えてもよい。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成するコストが低減する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】燃料製造プラントの構成概略図である。

30

【図2】電気分解装置の構成図である。

【図3】電気分解装置の構成図である。

【図4】エタノール生成装置の構成図である。

【図5】二酸化炭素供給部の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図1から図5を参照して、本発明の好適な実施形態を説明する。図1には、本実施形態の燃料製造プラント1を示している。

【0011】

燃料製造プラント1は、少なくとも、電気分解装置2、エタノール生成装置3、炭化水素生成装置4、水素供給部5、酸素供給部6、二酸化炭素供給部7を含む。

40

【0012】

電気分解装置2は、水を電気分解して水素と酸素を生成する。

【0013】

エタノール生成装置3は、糖類を分解してエタノールと二酸化炭素を生成する。

【0014】

炭化水素生成装置4は、二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成する。

【0015】

水素供給部5は、電気分解装置2と炭化水素生成装置4を典型的にはパイプで連結することで、電気分解装置2で生成された水素を炭化水素生成装置4に供給する。

50

【 0 0 1 6 】

酸素供給部 6 は、電気分解装置 2 とエタノール生成装置 3 を典型的にはパイプで連結することで、電気分解装置 2 で生成された酸素をエタノール生成装置 3 に供給する。

【 0 0 1 7 】

二酸化炭素供給部 7 は、エタノール生成装置 3 と炭化水素生成装置 4 を典型的にはパイプで連結することで、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素を炭化水素生成装置 4 に供給する。

【 0 0 1 8 】

以上の構成によれば、電気分解装置 2 において副生物として生成された酸素、及び、エタノール生成装置 3 において副生物として生成された二酸化炭素を有効活用することができるので、炭化水素生成装置 4 で炭化水素を低コストで生成することができる。

10

【 0 0 1 9 】

図 1 に示すように、燃料製造プラント 1 は、更に、藻類生育装置 8、有機酸合成装置 9、肥料生成装置 10 を備えている。

【 0 0 2 0 】

藻類生育装置 8 には、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素が二酸化炭素供給部 7 を経由して供給されるように構成されている。藻類生育装置 8 には、エタノール生成装置 3 で生成されたエタノールが供給されるように構成されている。更に、藻類生育装置 8 には、電気分解装置 2 で生成された酸素が酸素供給部 6 を経由して供給されるように構成されている。

20

【 0 0 2 1 】

有機酸合成装置 9 には、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素が二酸化炭素供給部 7 を経由して供給されるように構成されている。有機酸合成装置 9 には、炭化水素生成装置 4 で生成された副生物としての水が供給されるように構成されている。

【 0 0 2 2 】

肥料生成装置 10 には、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素が二酸化炭素供給部 7 を経由して供給されるように構成されている。

【 0 0 2 3 】

藻類生育装置 8 は、例えばカゲキノリやユーグレナなどの藻類を生育する装置である。カゲキノリは、牛のゲップを抑制する効果が期待されている。ユーグレナは、ジェット燃料やディーゼル燃料の原料となり得る。藻類生育装置 8 は、エタノール生成装置 3 から供給された二酸化炭素を用いて藻類の生育を促進する。また、藻類生育装置 8 は、エタノール生成装置 3 から供給されたエタノールを藻類培養の栄養源として用い得る。また、藻類生育装置 8 は、電気分解装置 2 から供給された酸素を用いて魚類の生育を促進してもよい。魚類は、魚類の排泄物が藻類に栄養源となり、生育時の養分となるので、藻類の生育に寄与すると考えられる。また、藻類生育装置 8 は、製鉄所から排出された鉄鋼スラグを藻類生育に活用することも考えられる。鉄鋼スラグは、鉄やリン、マグネシウム、カルシウム、マンガンを多く含むため藻類の増殖に寄与することが期待される。

30

【 0 0 2 4 】

有機酸合成装置 9 は、二酸化炭素を還元して有機酸を合成する。有機酸は、典型的には、酢酸やギ酸である。有機酸は、サイレージ(silage)に混合させることでサイレージに含まれる微生物の活性が低下し、サイレージの食味低下となる過発酵を抑制する効果を期待し得る。また、有機酸は、エタノール生成装置 3 における酵母菌の活性を一時的に抑制することで、酵母菌のそれ以降の活性を増大させる効果を期待し得る。従って、有機酸合成装置 9 で生成された有機酸がエタノール生成装置 3 に供給される構成も考えられる。

40

【 0 0 2 5 】

肥料生成装置 10 は、エタノール生成装置 3 から供給された二酸化炭素と、大気中から分離した窒素と、を反応させてアンモニアや尿素を生成する。アンモニアや尿素は、肥料として利用し得る。

【 0 0 2 6 】

50

図 2 には、電気分解装置 2 の構成図を示している。図 2 に示すように、電気分解装置 2 は、例えば太陽光パネルなどの外部電源から供給された電力を用いて水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解部 2 a を有する。

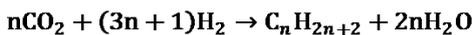
【 0 0 2 7 】

図 3 には、電気分解装置 2 の変形例を示している。図 3 に示すように、本変形例において、電気分解装置 2 は、電気分解部 2 b 及び水素分離部 2 c を有する。電気分解部 2 b は、有機ハイドライド電解合成法を用いてメチルシクロヘキサン (MCH) と酸素を生成する。水素分離部 2 c は、電気分解部 2 b が生成したメチルシクロヘキサンから水素を分離する。なお、メチルシクロヘキサンは常温で液体であるので貯蔵及び輸送に適していると共に容易に水素を分離することができるので、電気分解装置 2 で生成したメチルシクロヘキサンを貯蔵したり、燃料製造プラント 1 から搬出することが考えられる。

10

【 0 0 2 8 】

図 1 に戻り、炭化水素生成装置 4 は、二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成する。具体的には、炭化水素生成装置 4 は、以下の反応式に従って炭化水素を生成する。



【 0 0 2 9 】

炭化水素は典型的にはメタンであり、精留を経て液化メタンとされて合成液体燃料として多方面に利用され得る。また、最終生成物を炭素数 5 ~ 13 程度のイソパラフィンとすることで、更に輸送に適した燃料とすることができる。

20

【 0 0 3 0 】

炭化水素生成装置 4 での副生物である水は、電気分解装置 2 で利用されてもよく、藻類生育装置 8 で魚類を生育するのに利用されてもよく、エタノール生成装置 3 の発酵部 2 2 で利用されてもよい。

【 0 0 3 1 】

図 4 には、エタノール生成装置 3 の構成図を示している。エタノール生成装置 3 は、前処理部 2 0、糖化部 2 1、発酵部 2 2、精留部 2 3、ボイラ 2 4、糖化酵素製造部 2 5、酵母菌製造部 2 6、残渣発酵部 2 7 を含む。

【 0 0 3 2 】

前処理部 2 0 は、外部から供給されたバイオマス原料から多糖類であるセルロースを分離する。

30

【 0 0 3 3 】

糖化部 2 1 は、前処理部 2 0 又は外部から供給された多糖類を糖化酵素を用いて単糖類又は少糖類に分解する。外部から供給される多糖類とは、典型的には、トウモロコシである。

【 0 0 3 4 】

発酵部 2 2 は、糖化部 2 1 又は外部から供給された単糖類又は少糖類を酵母菌を用いて分解してエタノールと二酸化炭素を生成する。外部から供給される少糖類とは、典型的には、サトウキビである。発酵部 2 2 は、上記の分解プロセスを連続的に行う連続式、又は、上記の分解プロセスを間欠的に行うバッチ式に構成し得る。発酵部 2 2 は、生成した二酸化炭素を二酸化炭素供給部 7 に排出する。発酵部 2 2 は、生成したエタノールを精留部 2 3 に供給する。

40

【 0 0 3 5 】

精留部 2 3 は、発酵部 2 2 から供給されたエタノールを精留する。精留部 2 3 によって精留されたエタノールは、典型的には、所謂バイオエタノールとして多方面で活用される。

【 0 0 3 6 】

ボイラ 2 4 は、外部から供給された燃料や残渣発酵部 2 7 から供給された燃料 (メタンガス) を燃焼し、燃焼時に得られる燃焼熱で水蒸気を生成する。ボイラ 2 4 で生成された水蒸気は前処理部 2 0 に供給され、前処理部 2 0 においてバイオマス原料の分離プロセスにおける熱源として利用される。また、ボイラ 2 4 で生成された水蒸気は精留部 2 3 に供

50

給され、ボイラ 2 4 における精留プロセスの熱源として利用される。ボイラ 2 4 には酸素供給部 6 を経由して酸素が供給され、当該酸素は燃料の燃焼に利用される。この酸素供給により、空気をボイラ 2 4 に圧送するブロワの消費電力を抑制することができる。ボイラ 2 4 は、燃焼式に代えて電熱式であってもよい。ボイラ 2 4 に蒸気タービンが接続され、ボイラ 2 4 で生成された水蒸気を用いて発電することも考えられる。

【 0 0 3 7 】

糖化酵素製造部 2 5 は、糖化酵素を製造する。糖化酵素製造部 2 5 は、製造した糖化酵素を糖化部 2 1 に供給する。糖化酵素製造部 2 5 には酸素供給部 6 を経由して酸素が供給され、当該酸素は糖化酵素の製造に利用される。この酸素供給により、空気を糖化酵素製造部 2 5 に圧送するブロワの消費電力を抑制することができる。

10

【 0 0 3 8 】

酵母菌製造部 2 6 は、酵母菌を製造する。酵母菌製造部 2 6 は、製造した酵母菌を発酵部 2 2 に供給する。酵母菌製造部 2 6 には酸素供給部 6 を経由して酸素が供給され、当該酸素は酵母菌の製造に利用される。この酸素供給により、空気を酵母菌製造部 2 6 に圧送するブロワの消費電力を抑制することができる。

【 0 0 3 9 】

残渣発酵部 2 7 は、糖化部 2 1 や発酵部 2 2 から排出された残渣をメタン発酵させてメタンガス及び二酸化炭素を生成する。残渣発酵部 2 7 は、生成したメタンガスをボイラ 2 4 に供給する。また、残渣発酵部 2 7 は、生成した二酸化炭素を二酸化炭素供給部 7 に排出する。

20

【 0 0 4 0 】

図 5 には、二酸化炭素供給部 7 の構成図を示している。前述したように、二酸化炭素供給部 7 は、エタノール生成装置 3 と炭化水素生成装置 4 を連結することで、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素を炭化水素生成装置 4 に供給する。しかし、エタノール生成装置 3 から排出される排気ガスにおける二酸化炭素の濃度は一定ではない。例えば、エタノール生成装置 3 の稼働を開始した直後では排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が低い。また、エタノール生成装置 3 を稼働してから所定時間経過した後であっても排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が一時的に低下する場合もあり得る。従って、図 5 に示すように、二酸化炭素供給部 7 は、炭化水素生成装置 4 に二酸化炭素を安定的に供給するために、様々な構成を具備している。

30

【 0 0 4 1 】

即ち、二酸化炭素供給部 7 は、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素を貯留する二酸化炭素貯留部としてのタンク 3 0 を含む。二酸化炭素供給部 7 は、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素をタンク 3 0 に貯留すると共に、タンク 3 0 に貯留した二酸化炭素を炭化水素生成装置 4 に供給する。これにより、エタノール生成装置 3 から排出される排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が一時的に低下しても、安定して二酸化炭素を炭化水素生成装置 4 に供給できる。

【 0 0 4 2 】

具体的には、二酸化炭素供給部 7 は、エタノール生成装置 3 とタンク 3 0 を連結する第 1 パイプ 3 1 と、タンク 3 0 と炭化水素生成装置 4 を連結する第 2 パイプ 3 2 を備える。第 1 パイプ 3 1 は、エタノール生成装置 3 の発酵部 2 2 に接続されている。従って、第 1 パイプ 3 1 には、主として、二酸化炭素の濃度が高い排気ガスが流れる。第 1 パイプ 3 1 には、第 1 濃度計 3 1 a と第 1 切替弁 3 1 b が排気ガスの流れの向きに沿ってこの記載順に設けられている。

40

【 0 0 4 3 】

二酸化炭素供給部 7 は、濃縮装置 3 3 を備える。二酸化炭素供給部 7 は、エタノール生成装置 3 と濃縮装置 3 3 を連結する第 3 パイプ 3 4 と、濃縮装置 3 3 とタンク 3 0 を連結する第 4 パイプ 3 5 と、を備える。第 3 パイプ 3 4 は、エタノール生成装置 3 の前処理部 2 0、糖化部 2 1、精留部 2 3、糖化酵素製造部 2 5、酵母菌製造部 2 6、残渣発酵部 2 7 に接続されている。従って、第 3 パイプ 3 4 には、主として、二酸化炭素の濃度が中程

50

度である排気ガスが流れる。第3パイプ34には、第2濃度計34a、第2切替弁34b、第3濃度計34c、第3切替弁34dが、排気ガスの流れの向きに沿ってこの記載順に設けられている。

【0044】

二酸化炭素供給部7は、装置内DAC40 (Direct Air Capture) と装置外DAC41を備えている。装置内DAC40は、閉鎖空間を構成するエタノール生成装置3内の空気から二酸化炭素を例えばアミン吸収法を用いて捕集する。装置外DAC41は、エタノール生成装置3外の空気から二酸化炭素を捕集する。二酸化炭素供給部7は、装置内DAC40と第3パイプ34を連結する第5パイプ42と、装置外DAC41と第3パイプ34を連結する第6パイプ43と、を備える。

10

【0045】

第5パイプ42は、第3パイプ34の第2切替弁34bと第3濃度計34cの間の合流点34Pに接続されている。同様に、第6パイプ43は、合流点34Pに接続されている。

【0046】

第5パイプ42には、第4濃度計42a、第4切替弁42bが、排気ガスの流れの向きに沿ってこの記載順に設けられている。同様に、第6パイプ43には、第5濃度計43a、第5切替弁43bが、排気ガスの流れの向きに沿ってこの記載順に設けられている。

【0047】

また、二酸化炭素供給部7は、第1切替弁31bと第3パイプ34を連結する第7パイプ44を備えている。第7パイプ44は、合流点34Pに接続されている。

20

【0048】

また、二酸化炭素供給部7は、第3切替弁34dと、藻類生育装置8及び有機酸合成装置9、肥料生成装置10を連結する第8パイプ45を備えている。

【0049】

また、二酸化炭素供給部7は、タンク30に貯留されている二酸化炭素の貯留量を測定する貯留量センサ46と、コントローラ47と、を備えている。

【0050】

貯留量センサ46は、典型的には、タンク30の内圧値を測定する。

【0051】

コントローラ47は、第1濃度計31a、第2濃度計34a、第3濃度計34c、第4濃度計42a、第5濃度計43a、及び、貯留量センサ46からの出力信号を受信する。コントローラ47は、この受信結果に基づいて、第1切替弁31b、第2切替弁34b、第3切替弁34d、第4切替弁42b、第5切替弁43b、装置内DAC40、装置外DAC41、濃縮装置33の動作を制御する。コントローラ47は、典型的には、CPUとRAM、ROMを備えたコンピュータであって、CPUがROMに記憶されたプログラムを読み込んで実行することで、上記の制御を実行する。

30

【0052】

次に、二酸化炭素供給部7の動作を詳細に説明する。

【0053】

まず、エタノール生成装置3の稼働を開始すると、エタノール生成装置3から二酸化炭素を含む排気ガスが排出される。エタノール生成装置3からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度は、稼働開始直後は外気のものと同程度であり、時間の経過と共に徐々に上昇する。

40

【0054】

コントローラ47は、第1濃度計31aの出力信号に基づいて、エタノール生成装置3から第1パイプ31に排出される排気ガスの二酸化炭素濃度を取得する。コントローラ47は、当該排気ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値未満であるとき、第1切替弁31bを制御して、当該排気ガスをエタノール生成装置3の装置内に放出する。コントローラ47は、当該排気ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値未満であるとき、第1切替弁31bを制御して、当該排気ガスをエタノール生成装置3の装置外の大気に放出する構成も考え

50

られる。コントローラ 47 は、当該排気ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値以上であって高濃度側閾値未満であるとき、第 1 切替弁 31 b を制御して、当該排気ガスが第 7 パイプ 44 に流れるようにする。コントローラ 47 は、当該排気ガスの二酸化炭素濃度が高濃度側閾値以上であるとき、第 1 切替弁 31 b を制御して、当該排気ガスがタンク 30 に向かって流れるようにする。この制御によれば、タンク 30 に二酸化炭素濃度が低い排気ガスが供給されることを防止できる。なお、低濃度側閾値は、例えば 0.3 ~ 0.5 vol% であり、高濃度側閾値は、例えば 95 ~ 98 vol% であるが、これらに限定されない。

【0055】

コントローラ 47 は、第 2 濃度計 34 a の出力信号に基づいて、エタノール生成装置 3 から第 3 パイプ 34 に排出される排気ガスの二酸化炭素濃度を取得する。コントローラ 47 は、当該排気ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値未満であるとき、第 2 切替弁 34 b を制御して、当該排気ガスをエタノール生成装置 3 の装置内に放出する。コントローラ 47 は、当該排気ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値未満であるとき、第 2 切替弁 34 b を制御して、当該排気ガスをエタノール生成装置 3 の装置外の大気に放出する構成も考えられる。コントローラ 47 は、当該排気ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値以上であるとき、第 2 切替弁 34 b を制御して、当該排気ガスが合流点 34 P に向かって流れるようにする。

10

【0056】

コントローラ 47 は、第 4 濃度計 42 a の出力信号に基づいて、装置内 DAC 40 から第 5 パイプ 42 に供給されるガスの二酸化炭素濃度を取得する。コントローラ 47 は、当該ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値未満であるとき、第 4 切替弁 42 b を制御して、当該ガスをエタノール生成装置 3 の装置外の大気に放出する。コントローラ 47 は、当該ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値以上であるとき、第 4 切替弁 42 b を制御して、当該ガスが合流点 34 P に向かって流れるようにする。

20

【0057】

コントローラ 47 は、第 5 濃度計 43 a の出力信号に基づいて、装置外 DAC 41 から第 6 パイプ 43 に供給されるガスの二酸化炭素濃度を取得する。コントローラ 47 は、当該ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値未満であるとき、第 5 切替弁 43 b を制御して、当該ガスをエタノール生成装置 3 の装置外の大気に放出する。コントローラ 47 は、当該ガスの二酸化炭素濃度が低濃度側閾値以上であるとき、第 5 切替弁 43 b を制御して、当該ガスが合流点 34 P に向かって流れるようにする。

30

【0058】

コントローラ 47 は、第 3 濃度計 34 c の出力信号に基づいて、合流点 34 P から下流に流れるガスの二酸化炭素濃度を取得する。コントローラ 47 は、当該ガスの二酸化炭素濃度が中濃度側閾値未満であるとき、第 3 切替弁 34 d を制御して、当該ガスを藻類生育装置 8、有機酸合成装置 9、又は、肥料生成装置 10 の何れか 1 つ又は複数に供給する。コントローラ 47 は、当該ガスの二酸化炭素濃度が中濃度側閾値以上であるとき、第 3 切替弁 34 d を制御して、当該ガスが濃縮装置 33 に向かって流れるようにする。なお、中濃度側閾値は、例えば 10 vol% であるが、これに限定されない。

【0059】

濃縮装置 33 は、第 3 パイプ 34 から供給されたガスにおける二酸化炭素の濃度が上昇するように当該ガスを濃縮する。典型的には、濃縮装置 33 は、第 3 パイプ 34 から供給されたガスにおける二酸化炭素の濃度が高濃度側閾値以上となるように当該ガスを濃縮する。濃縮方法としては、典型的には、天然ゼオライト（フェリエライト型）を利用した圧カスイング（PSA）型吸着法である。濃縮装置 33 は、濃縮後のガスをタンク 30 に排出する。

40

【0060】

タンク 30 に供給されたガスは、図示しないガス圧縮機を経由して炭化水素生成装置 4 へと供給される。

【0061】

50

コントローラ 47 は、貯留量センサ 46 の出力信号に基づいて、タンク 30 の内圧値を取得する。コントローラ 47 は、当該内圧値が所定値未満であるとき、装置内 DAC 40 及び装置外 DAC 41 を稼働させる。これにより、タンク 30 における二酸化炭素の貯留量 (=タンク 30 の内圧値) を回復させることができる。コントローラ 47 は、当該内圧値が所定値以上であるとき、装置内 DAC 40 及び装置外 DAC 41 の稼働を停止させる。これにより、二酸化炭素供給部 7 の消費電力を抑制することができる。

【0062】

以上に、本願発明の好適な実施形態を説明したが、上記実施形態は以下の特徴を有する。

【0063】

図 1 に示すように、燃料製造プラント 1 は、水を電気分解して水素と酸素を生成する電気分解装置 2 と、糖類を分解してエタノールと二酸化炭素を生成するエタノール生成装置 3 と、二酸化炭素と水素とを反応させて炭化水素を生成する炭化水素生成装置 4 と、を備える。燃料製造プラント 1 は、更に、電気分解装置 2 と炭化水素生成装置 4 を連結することで、電気分解装置 2 で生成された水素を炭化水素生成装置 4 に供給する水素供給部 5 と、電気分解装置 2 とエタノール生成装置 3 を連結することで、電気分解装置 2 で生成された酸素をエタノール生成装置 3 に供給する酸素供給部 6 と、エタノール生成装置 3 と炭化水素生成装置 4 を連結することで、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素を炭化水素生成装置 4 に供給する二酸化炭素供給部 7 と、を備える。以上の構成によれば、電気分解装置 2 において副生物として生成された酸素、及び、エタノール生成装置 3 において副生物として生成された二酸化炭素を有効活用することができるので、炭化水素生成装置 4 で炭化水素を低コストで生成することができる。

【0064】

また、図 4 に示すように、エタノール生成装置 3 は、酵母菌を製造する酵母菌製造部 26 と、糖化酵素を製造する糖化酵素製造部 25 と、ボイラ 24 と、を備える。酸素供給部 6 によってエタノール生成装置 3 に供給された酸素は、酵母菌製造部 26 及び糖化酵素製造部 25、ボイラ 24 で消費される。以上の構成によれば、酸素供給部 6 によってエタノール生成装置 3 に供給された酸素を有効活用することができる。なお、酵母菌製造部 26 と糖化酵素製造部 25、ボイラ 24 のうち何れか 1 つ又は複数を省略することができる。酸素供給部 6 によってエタノール生成装置 3 に供給された酸素は、酵母菌製造部 26 及び糖化酵素製造部 25、ボイラ 24 のうち少なくとも何れか 1 つ又は複数で利用され得る。

【0065】

図 4 に示すように、エタノール生成装置 3 は、酵母菌を用いて単糖類又は少糖類を分解する発酵部 22 を含む。二酸化炭素供給部 7 は、発酵部 22 からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が高濃度側閾値 (第 1 の閾値) 以上となったら、発酵部 22 からの排気ガスを炭化水素生成装置 4 に供給する。以上の構成によれば、二酸化炭素の濃度が低いガスが炭化水素生成装置 4 に供給されるのを防止できる。なお、二酸化炭素供給部 7 は、発酵部 22 からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度をモニタリングし、モニタリング結果に基づいて発酵部 22 からの排気ガスを炭化水素生成装置 4 に供給するか決定することに代えて、エタノール生成装置 3 の稼働開始からの経過時間に基づいて上記決定をしてもよい。例えば、エタノール生成装置 3 の稼働開始からの経過時間が 8 時間に達したら、発酵部 22 からの排気ガスを炭化水素生成装置 4 に供給するようにしてもよい。この場合、エタノール生成装置 3 からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度を測定するための濃度計を省略することができる。

【0066】

また、二酸化炭素供給部 7 は、発酵部 22 からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が高濃度側閾値未満であるうちは、発酵部 22 からの排気ガスを大気放出するようにしてもよい。以上の構成によれば、二酸化炭素の濃度が低いガスが炭化水素生成装置 4 に供給されるのを防止できる。

【0067】

また、二酸化炭素供給部 7 は、発酵部 22 からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が

10

20

30

40

50

高濃度側閾値未満であるうちは、発酵部 2 2 からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が上昇するように当該排気ガスを濃縮し、濃縮後の排気ガスを炭化水素生成装置 4 に供給するようにしてもよい。以上の構成によれば、二酸化炭素の濃度が低いガスが炭化水素生成装置 4 に供給されるのを防止できる。

【 0 0 6 8 】

また、燃料製造プラント 1 は、藻類を生育する藻類生育装置 8、及び、二酸化炭素を還元して有機酸を合成する有機酸合成装置 9 を更に備える。二酸化炭素供給部 7 は、発酵部 2 2 からの排気ガスにおける二酸化炭素の濃度が高濃度側閾値未満であるうちは、発酵部 2 2 からの排気ガスを、藻類生育装置 8 及び有機酸合成装置 9 に供給するようにしてもよい。以上の構成によれば、二酸化炭素濃度が低い排気ガスを有効活用することができる。

10

【 0 0 6 9 】

また、二酸化炭素供給部 7 は、エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素を貯留するタンク 3 0 (二酸化炭素貯留部) を含む。エタノール生成装置 3 で生成された二酸化炭素をタンク 3 0 に貯留すると共に、タンク 3 0 に貯留した二酸化炭素を炭化水素生成装置 4 に供給する。以上の構成によれば、炭化水素生成装置 4 に安定的に二酸化炭素を供給できる。

【 0 0 7 0 】

また、燃料製造プラント 1 は、大気から二酸化炭素を回収し、回収した二酸化炭素をタンク 3 0 に供給する二酸化炭素回収装置として、装置内 D A C 4 0 及び装置外 D A C 4 1 を備える。燃料製造プラント 1 は、タンク 3 0 に貯留されている二酸化炭素の貯留量が所定値を下回ったとき、貯留量が増えるように装置内 D A C 4 0 及び装置外 D A C 4 1 を稼働させるコントローラ 4 7 を更に備える。以上の構成によれば、炭化水素生成装置 4 に更に安定的に二酸化炭素を供給できるようになる。

20

【符号の説明】

【 0 0 7 1 】

- 1 燃料製造プラント
- 2 電気分解装置
- 2 a 電気分解部
- 2 b 電気分解部
- 2 c 水素分離部
- 3 エタノール生成装置
- 4 炭化水素生成装置
- 5 水素供給部
- 6 酸素供給部
- 7 二酸化炭素供給部
- 8 藻類生育装置
- 9 有機酸合成装置
- 1 0 肥料生成装置
- 2 0 前処理部
- 2 1 糖化部
- 2 2 発酵部
- 2 3 精留部
- 2 4 ボイラ
- 2 5 糖化酵素製造部
- 2 6 酵母菌製造部
- 2 7 残渣発酵部
- 3 0 タンク
- 3 1 第 1 パイプ
- 3 1 a 第 1 濃度計
- 3 1 b 第 1 切替弁

30

40

50

- 3 2 第2パイプ
- 3 3 濃縮装置
- 3 4 第3パイプ
- 3 4 a 第2濃度計
- 3 4 b 第2切替弁
- 3 4 c 第3濃度計
- 3 4 d 第3切替弁
- 3 4 P 合流点
- 3 5 第4パイプ
- 4 0 装置内DAC
- 4 1 装置外DAC
- 4 2 第5パイプ
- 4 2 a 第4濃度計
- 4 2 b 第4切替弁
- 4 3 第6パイプ
- 4 3 a 第5濃度計
- 4 3 b 第5切替弁
- 4 4 第7パイプ
- 4 5 第8パイプ
- 4 6 貯留量センサ
- 4 7 コントローラ

10

20

【図面】

【図1】

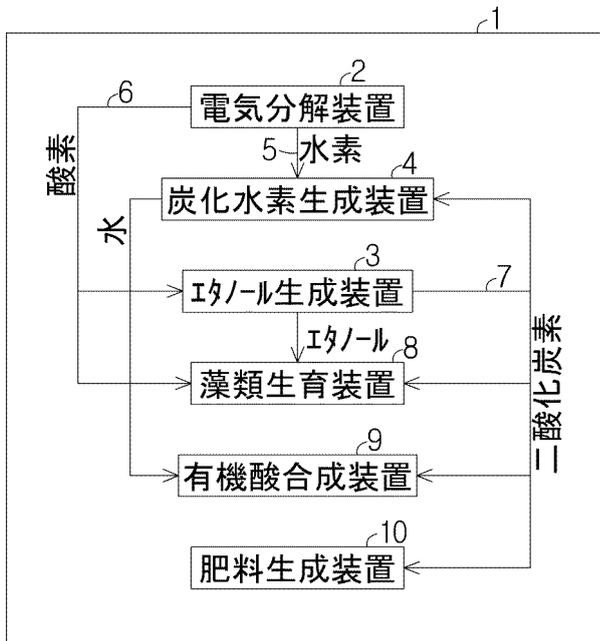


Fig. 1

【図2】

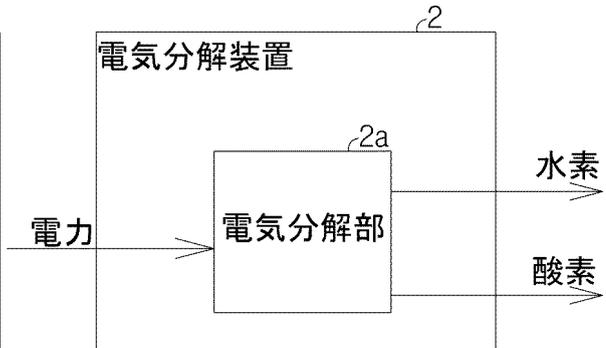


Fig. 2

30

40

50

【 図 3 】

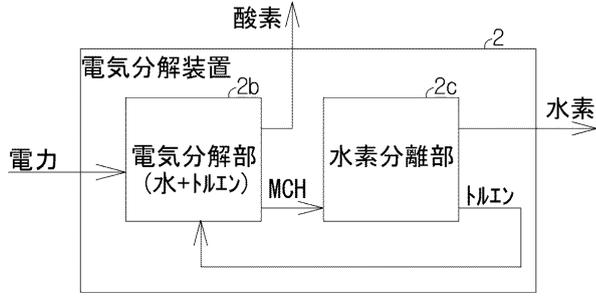


Fig. 3

【 図 4 】

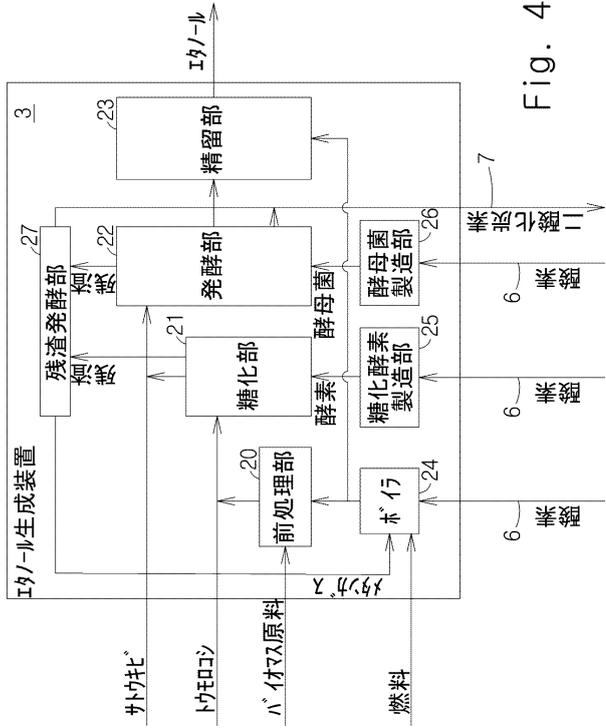


Fig. 4

【 図 5 】

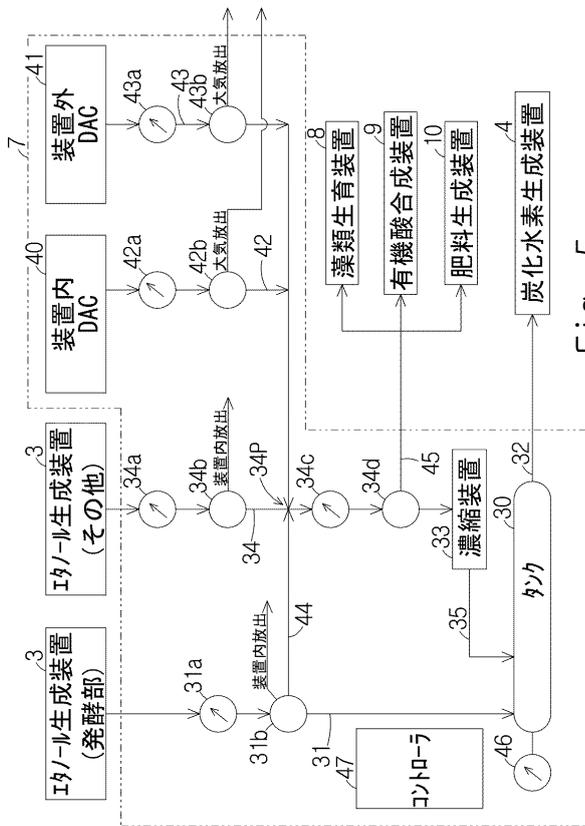


Fig. 5

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

C 1 0 L 3/08 (2006.01)

F I

C 1 0 L 3/08

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 久野 央志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 手島 理

(56)参考文献

特開2020-045430(JP,A)

米国特許出願公開第2019/0024002(US,A1)

特開2009-136202(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C 1 2 M

C 1 2 P