

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7516474号
(P7516474)

(45)発行日 令和6年7月16日(2024.7.16)

(24)登録日 令和6年7月5日(2024.7.5)

(51)国際特許分類	F I			
C 1 0 G	2/00	(2006.01)	C 1 0 G	2/00
C 1 0 J	3/00	(2006.01)	C 1 0 J	3/00
C 1 0 L	1/02	(2006.01)	C 1 0 L	1/02

請求項の数 5 (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-160493(P2022-160493)	(73)特許権者	000005326
(22)出願日	令和4年10月4日(2022.10.4)		本田技研工業株式会社
(65)公開番号	特開2024-53953(P2024-53953A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43)公開日	令和6年4月16日(2024.4.16)	(74)代理人	100106002
審査請求日	令和5年5月26日(2023.5.26)		弁理士 正林 真之
		(74)代理人	100120891
			弁理士 林 一好
		(74)代理人	100160794
			弁理士 星野 寛明
		(72)発明者	千嶋 啓之
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式
			会社本田技術研究所内
		(72)発明者	橋本 公太郎
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式
			会社本田技術研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料製造システム及び燃料製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

バイオマス原料から液体燃料を製造する燃料製造システムであって、
バイオマス原料をガス化し水素及び一酸化炭素を含む合成ガスを生成するガス化炉と、
前記ガス化炉によって生成された合成ガスから液体燃料を製造する液体燃料製造装置と、
前記ガス化炉内及び前記ガス化炉に至るバイオマス原料の原料供給路内を含む原料供給
領域又は前記ガス化炉から合成ガスが排出される合成ガス排出領域に水素を供給する水素
供給装置と、
前記ガス化炉の温度を検出する温度検出部と、
前記温度検出部により検出された温度に基づいて、前記水素供給装置による水素供給箇
所を前記原料供給領域と前記合成ガス排出領域とに切り替える制御装置と、を備える燃料
製造システム。

10

【請求項2】

再生可能エネルギーを用いて発電した電力によって水から水素を生成する電解装置を更に
備え、
前記水素供給装置は、前記電解装置によって生成された水素を前記原料供給領域又は前
記合成ガス排出領域に供給する請求項1に記載の燃料製造システム。

【請求項3】

前記制御装置は、前記温度検出部により検出された温度が所定値以下のときに、前記水
素供給装置による水素供給箇所を前記原料供給領域から前記合成ガス排出領域に切り替え

20

る請求項 1 に記載の燃料製造システム。

【請求項 4】

前記制御装置は、前記水素供給装置による水素供給量を制御し、前記合成ガス排出領域を流通する合成ガスの H_2 / CO 比を調整する請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の燃料製造システム。

【請求項 5】

バイオマス原料から液体燃料を製造する燃料製造方法であって、

バイオマス原料をガス化し水素及び一酸化炭素を含む合成ガスをガス化炉で生成する合成ガス生成工程と、

合成ガス生成工程で生成された合成ガスから液体燃料を製造する液体燃料製造工程と、

前記ガス化炉内及び前記ガス化炉に至るバイオマス原料の原料供給路内を含む原料供給領域又は前記ガス化炉から合成ガスが排出される合成ガス排出領域に水素を供給する水素供給工程と、

前記ガス化炉の温度を検出する温度検出工程と、

前記温度検出工程で検出された温度に基づいて、前記水素供給工程における水素供給箇所を前記原料供給領域と前記合成ガス排出領域とに切り替える切替工程と、を含む燃料製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料製造システム及び燃料製造方法に関する。より詳しくは、バイオマス原料と再生可能エネルギーとに基づいて液体燃料を製造する燃料製造システム及び燃料製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、化石燃料の代替として、再生可能エネルギーによって発電した電力によって生成した水素とバイオマスや工場から排出される二酸化炭素等の炭素源とを原材料とした電気合成燃料が注目されている。

【0003】

バイオマスを原料としてメタノールやガソリン等の液体燃料を製造する一般的な手順は以下の通りである。すなわち、所定の前処理を経たバイオマス原料をガス化炉内で水や酸素とともにガス化させ、水素及び一酸化炭素を含む合成ガスを生成するガス化工程と、生成された合成ガスを洗浄しタールを取り除く洗浄工程と、洗浄工程を経た合成ガスの H_2 / CO 比を製造しようとする液体燃料に応じた目標比に調整する H_2 / CO 比調整工程と、 H_2 / CO 比調整工程を経た合成ガスから硫黄成分を取り除く脱硫工程と、脱硫工程を経た合成ガスから液体燃料を製造する燃料製造工程と、を経てバイオマス原料から液体燃料が製造される。

【0004】

ここでガス化工程を経て生成される合成ガスの H_2 / CO は、多くの場合目標比に到達しておらず水素が不足している状態となっている。特許文献 1 には、再生可能エネルギーを用いて水から水素を生成する電解装置によって生成された水素を、ガス化炉内又はバイオマス原料の原料供給路内に供給することで、ガス化炉から排出される合成ガスの H_2 / CO 比を調整する技術が記載されている。特許文献 1 に記載の技術によれば、燃料製造システム全体での二酸化炭素の発生量を抑制することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2021 - 147504 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

ところで、ガス化炉の運転条件によっては供給した水素が副生成物の生成に消費される割合が増加する場合があり、更なる燃料の製造効率の向上が求められている。

【 0 0 0 7 】

本発明は、システム全体での二酸化炭素の発生量を抑制しつつ、水素供給による合成ガス組成の調整を効率的に行うことができる燃料製造システム及び燃料製造方法を提供することを目的とする。そして、延いてはエネルギーの効率化に寄与するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

(1) バイオマス原料から液体燃料を製造する燃料製造システム（例えば、後述の燃料製造システム 1 ）であって、バイオマス原料をガス化し水素及び一酸化炭素を含む合成ガスを生成するガス化炉（例えば、後述のガス化炉 3 0 ）と、前記ガス化炉によって生成された合成ガスから液体燃料を製造する液体燃料製造装置（例えば、後述の液体燃料製造装置 4 ）と、前記ガス化炉内及び前記ガス化炉に至るバイオマス原料の原料供給路（例えば、後述の原料供給路 2 0 ）内を含む原料供給領域（例えば、後述の原料供給領域 A ）又は前記ガス化炉から合成ガスが排出される合成ガス排出領域（例えば、後述の合成ガス排出領域 B ）に水素を供給する水素供給装置（例えば、後述の水素供給ポンプ 6 4 ）と、前記ガス化炉の温度を検出する温度検出部（例えば、後述の温度センサ 3 1 2 ）と、前記温度検出部により検出された温度に基づいて、前記水素供給装置による水素供給箇所を前記原料供給領域と前記合成ガス排出領域とに切り替える制御装置（例えば、後述の制御装置 7 ）と、を備える燃料製造システム。

10

20

【 0 0 0 9 】

(2) 再生可能エネルギーを用いて発電した電力によって水から水素を生成する電解装置（例えば、後述の電解装置 6 0 ）を更に備え、記水素供給装置は、前記電解装置によって生成された水素を前記原料供給領域又は前記合成ガス排出領域に供給する（ 1 ）に記載の燃料製造システム。

【 0 0 1 0 】

(3) 前記制御装置は、前記温度検出部により検出された温度が所定値以下のときに、前記水素供給装置による水素供給箇所を前記原料供給領域から前記合成ガス排出領域に切り替える（ 1 ）又は 2 に記載の燃料製造システム。

30

【 0 0 1 1 】

(4) 前記制御装置は、前記水素供給装置による水素供給量を制御し、前記合成ガス排出領域を流通する合成ガスの H_2 / CO 比を調整する（ 1 ）～（ 3 ）のいずれかに記載の燃料製造システム。

【 0 0 1 2 】

(5) バイオマス原料から液体燃料を製造する燃料製造方法であって、バイオマス原料をガス化し水素及び一酸化炭素を含む合成ガスをガス化炉で生成する合成ガス生成工程と、合成ガス生成工程で生成された合成ガスから液体燃料を製造する液体燃料製造工程と、前記ガス化炉内及び前記ガス化炉に至るバイオマス原料の原料供給路内を含む原料供給領域又は前記ガス化炉から合成ガスが排出される合成ガス排出領域に水素を供給する水素供給工程と、前記ガス化炉の温度を検出する温度検出工程と、前記温度検出工程で検出された温度に基づいて、前記水素供給工程における水素供給箇所を前記原料供給領域と前記合成ガス排出領域とに切り替える切替工程と、を含む燃料製造方法。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、システム全体での二酸化炭素の発生量を抑制しつつ、水素供給による合成ガス組成の調整を効率的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る燃料製造システムの構成を示す図である。

50

【図 2】本発明の一実施形態に係る燃料製造システムの制御装置の機能ブロック図である。

【図 3】900 のガス化炉に供給する導入ガス中の水素濃度と、ガス化炉におけるガス化率とタール及びチャーの生成量との関係を示す図である。

【図 4】700 のガス化炉に供給する導入ガス中の水素濃度と、ガス化炉におけるガス化率とタール及びチャーの生成量との関係を示す図である。

【図 5】700 のガス化炉に供給される導入ガス中の水素濃度と、ガス化炉で生成される合成ガス中の各種ガスの濃度との関係を示す図である。

【図 6】700 のガス化炉に供給される導入ガス中の水素濃度と、ガス化炉で生成される各種ガスの量との関係を示す図である。

【図 7】本発明の一実施形態に係る燃料製造システムの制御装置が実行する水素供給処理のうち水素供給箇所が原料供給領域である場合の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

10

【図 8】本発明の一実施形態に係る燃料製造システムの制御装置が実行する水素供給処理のうち水素供給箇所が合成ガス排出領域である場合の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の一実施形態に係る燃料製造システム 1 について図面を参照しながら説明する。

【0016】

20

図 1 は、本実施形態に係る燃料製造システム 1 の構成を示す図である。図 2 は本実施形態に係る燃料製造システム 1 の制御装置 7 の機能ブロック図である。燃料製造システム 1 は、バイオマス原料を供給するバイオマス原料供給装置 2 と、バイオマス原料供給装置 2 から供給されるバイオマス原料をガス化し水素及び一酸化炭素を含む合成ガスを生成するガス化装置 3 と、ガス化装置 3 から供給される合成ガスから液体燃料を製造する液体燃料製造装置 4 と、再生可能エネルギーを用いて発電する発電設備 5 と、発電設備 5 において発電された電力によって水から水素を生成し、生成した水素をガス化装置 3 に供給する水素生成供給装置 6 と、ガス化装置 3、発電設備 5 及び水素生成供給装置 6 を制御する制御装置 7 と、を備え、これらによってバイオマス原料から液体燃料を製造する。

【0017】

30

バイオマス原料供給装置 2 は、籾殻、バガス、及び木材等のバイオマス原料に所定の前処理を施すとともに、この前処理を経たバイオマス原料を、原料供給路 20 を介してガス化装置 3 のガス化炉 30 へ供給する。ここでバイオマス原料に対する前処理には、例えば、原料を乾燥させる乾燥工程や、原料を粉砕する粉砕工程等が含まれる。なお、本明細書では、ガス化炉 30 内及び原料供給路 20 内を原料供給領域 A という。

【0018】

ガス化装置 3 は、原料供給路 20 を介して供給されるバイオマス原料をガス化するガス化炉 30 と、ガス化炉 30 の内部の状態を検出する複数のセンサによって構成されるガス化炉センサ群 31 と、ガス化炉 30 内に水を供給する水供給装置 32 と、ガス化炉 30 内に酸素を供給する酸素供給装置 33 と、ガス化炉 30 を加熱する加熱装置 34 と、ガス化炉 30 から排出される合成ガスを洗浄するスクラバ 35 と、スクラバ 35 によって洗浄された合成ガスから硫黄成分を除去し、液体燃料製造装置 4 に供給する脱硫装置 36 と、炉外 H_2/CO センサ 37 と、を備える。ガス化炉 30 から排出される合成ガスは、合成ガス流通路 80 を介して液体燃料製造装置 40 に供給される。合成ガス流通路 80 は、ガス化炉 30 とスクラバ 35 とを連通する第 1 合成ガス流通路 81 と、スクラバ 35 と脱硫装置 36 とを連通する第 2 合成ガス流通路 82 と、脱硫装置 36 と液体燃料製造装置 40 とを連通する第 3 合成ガス流通路 83 とを有する。なお、本明細書では、第 1 合成ガス流通路 81 内と、スクラバ 35 内と、第 2 合成ガス流通路 82 内と、脱硫装置 36 内と、第 3 合成ガス流通路 83 内とを含む領域、即ちガス化炉 30 から合成ガスが排出される領域を合成ガス排出領域 B という。

40

50

【 0 0 1 9 】

水供給装置 3 2 は、図示しない水タンクに貯留された水をガス化炉 3 0 内へ供給する。酸素供給装置 3 3 は、図示しない酸素タンクに貯留された酸素をガス化炉 3 0 内へ供給する。加熱装置 3 4 は、図示しない燃料タンクから供給される燃料や図示しない電源から供給される電力を消費することにより、ガス化炉 3 0 を加熱する。水供給装置 3 2 からガス化炉 3 0 内への水供給量、酸素供給装置 3 3 からガス化炉 3 0 内への酸素供給量、及び加熱装置 3 4 からガス化炉 3 0 への投入熱量は、制御装置 7 によって制御される。なお本実施形態に係る燃料製造システム 1 では、後述の水素生成供給装置 6 から原料供給領域 A に水素を供給することにより、水供給装置 3 2 からガス化炉 3 0 内へ水を積極的に供給する必要がなくなる場合がある。

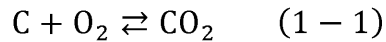
10

【 0 0 2 0 】

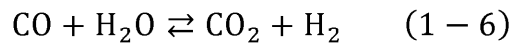
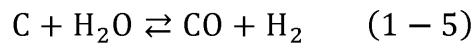
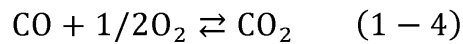
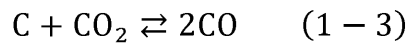
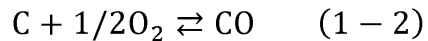
バイオマス原料が投入されたガス化炉 3 0 内に、以上のような水供給装置 3 2、酸素供給装置 3 3、加熱装置 3 4、及び水素生成供給装置 6 によって水、酸素、水素、熱量等を投入すると、ガス化炉 3 0 内では、例えば下記式 (1 - 1) ~ (1 - 8) に示すような複数種類のガス化反応及びその逆反応が進行し、水素と一酸化炭素と二酸化炭素とメタン等の副生成物を含む合成ガスが生成される。

【 0 0 2 1 】

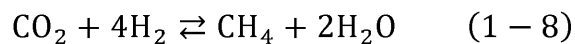
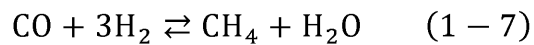
【 化 1 】



20



30



【 0 0 2 2 】

ガス化炉センサ群 3 1 は、例えば、ガス化炉 3 0 内の圧力を検出する圧力センサ 6 3、ガス化炉 3 0 内の温度を検出する温度センサ 3 1 2、ガス化炉 3 0 内の二酸化炭素を検出する CO_2 センサ、ガス化炉 3 0 内の一酸化炭素を検出する CO センサ、ガス化炉 3 0 内における合成ガスの水素と一酸化炭素との比に相当する H_2 / CO 比を検出する炉内 H_2 / CO センサ 3 1 1 等によって構成される。 CO センサは、例えばガス化炉 3 0 内の一酸化炭素を検出する定電位電解式センサ等によって構成される。ガス化炉センサ群 3 1 を構成するこれらセンサの検出信号は、制御装置 7 へ送信される。

40

【 0 0 2 3 】

炉外 H_2 / CO センサ 3 7 は、合成ガス排出領域 B 内に設けられ、合成ガス排出領域 B 内を流れる合成ガスの H_2 / CO 比を検出する。炉外 H_2 / CO センサ 3 7 は、第 1 合成ガス流通路 8 1 内、第 2 合成ガス流通路 8 2 内及び第 3 合成ガス流通路 8 3 内の少なくとも何れかに設けられ、合成ガス流通路 8 0 内を流れる合成ガスの H_2 / CO 比を検出する。本実施形態では、炉外 H_2 / CO センサ 3 7 は、第 1 合成ガス流通路 8 1 内に設けられているが、第 2 合成ガス流通路 8 2 内に設けられていてもよく、第 3 合成ガス流通路 8 3

50

内に設けられていてもよい。

【0024】

ガス化装置3は、上記式(1-1)～(1-8)に示すガス化反応及びその逆反応によって生成される合成ガスに、後述の水素生成供給装置6から供給される水素を混合することにより、合成ガスの H_2/CO 比を製造しようとする液体燃料に応じた所定の目標値に調整した後、この合成ガスを液体燃料製造装置4へ供給する。

【0025】

液体燃料製造装置4は、メタノール合成装置、MTG(Methanol To Gasoline)合成装置、FT(Fischer Tropsch)合成装置、及びアップグレーディング装置等を備え、これらを用いることによって、ガス化装置3において所定の H_2/CO 比に調整された合成ガスからメタノールやガソリン等の液体燃料を製造する。

10

【0026】

発電設備5は、再生可能エネルギーである風力によって発電する風力発電設備や、再生可能エネルギーである太陽光によって発電する太陽光発電設備等によって構成される。発電設備5は、水素生成供給装置6に接続されており、風力発電設備や太陽光発電設備等において再生可能エネルギーを用いて発電した電力を、水素生成供給装置6に供給することができる。また発電設備5は、商用電力網8とも接続されている。このため発電設備5において発電した電力の一部又は全ては、商用電力網8に供給し、電力会社に売電することも可能となっている。

【0027】

20

水素生成供給装置6は、電解装置60と、水素充填ポンプ61と、水素タンク62と、圧力センサ63と、水素供給装置としての水素供給ポンプ64と、を備え、これらを用いることによって発電設備5から供給される電力によって水素を生成し、生成した水素をガス化装置3へ供給する。

【0028】

電解装置60は、発電設備5と接続されており、発電設備5から供給される電力によって水から電気分解によって水素を生成する。また電解装置60は、商用電力網8とも接続されている。このため電解装置60は、発電設備5から供給される電力だけでなく、電力会社から買電することにより商用電力網8から供給される電力によって水素を生成することも可能となっている。電解装置60による水素生成量は制御装置7によって制御される。

30

【0029】

水素充填ポンプ61は、電解装置60によって生成された水素を圧縮し、水素タンク62内に充填する。水素充填ポンプ61による水素充填量は制御装置7によって制御される。水素タンク62は、水素充填ポンプ61によって圧縮された水素を貯留する。圧力センサ63は、水素タンク62のタンク内圧を検出し、検出信号を制御装置7へ送信する。水素タンク62内の水素残量は、圧力センサ63の検出信号に基づいて制御装置7によって算出される。従って本実施形態において、水素タンク62内の水素残量を取得する水素残量取得手段は、圧力センサ63及び制御装置7によって構成される。

【0030】

水素供給ポンプ64は、水素タンク62に貯留された水素をガス化装置3に供給する。水素供給ポンプ64は、水素供給路65を介して水素タンク62に貯留された水素を原料供給領域A又は合成ガス排出領域Bに供給する。原料供給領域Aにおける水素供給ポンプ64による水素供給箇所は、例えば原料供給路20内であってもよく、ガス化炉30内であってもよい。本実施形態では、原料供給領域Aにおける水素供給箇所はガス化炉30内である。合成ガス排出領域Bにおける水素供給ポンプ64による水素供給箇所は、例えば第1合成ガス流通路81内であってもよく、第2合成ガス流通路82内であってもよく、第3合成ガス流通路83内であってもよく、スクラバ35内であってもよく、脱硫装置36内であってもよい。本実施形態では、合成ガス排出領域Bにおける水素供給箇所は第1合成ガス流通路81内である。

40

【0031】

50

水素供給路 6 5 は、水素供給ポンプ 6 4 とガス化炉 3 0 との間を水素が流通可能に接続する第 1 水素供給路 6 5 1 と、流路切替弁 6 5 3 を介して第 1 水素供給路 6 5 1 から分岐し、水素が流通可能であり、第 1 合成ガス流通路 8 1 に接続される第 2 水素供給路 6 5 2 と、を有する。流路切替弁 6 5 3 は、内部に設けられた複数の弁の開閉状態を制御することにより、流路の開閉や切り替えを行う機器である。即ち、水素供給ポンプ 6 4 からの水素供給箇所は、流路切替弁 6 5 3 の弁の開閉動作を制御することにより、ガス化炉 3 0 内と、第 1 合成ガス流通路 8 1 内とに切り替えられる。

【 0 0 3 2 】

制御装置 7 は、ガス化炉センサ群 3 1、圧力センサ 6 3 等の各種センサからの検出信号等に基づいて、水供給装置 3 2 による水供給量、酸素供給装置 3 3 による酸素供給量、加熱装置 3 4 による投入熱量、電解装置 6 0 による水素生成量、及び水素充填ポンプ 6 1 による水素充填量を制御するコンピュータである。また制御装置 7 はガス化炉センサ群 3 1 や炉外 H_2 / CO センサ 3 7 等の各種センサからの検出信号等に基づいて、水素供給ポンプ 6 4 からガス化装置 3 への水素供給量を制御するとともに、水素供給ポンプ 6 4 からガス化装置 3 における水素供給箇所を切り替える水素供給処理を実行する。制御装置 7 が実行する水素供給処理については後述する。

10

【 0 0 3 3 】

次に、ガス化炉 3 0 内に水素を供給した場合のガス化率やガス化炉 3 0 内のガス組成等に対する影響について説明する。

【 0 0 3 4 】

まず、水素供給によるガス化炉 3 0 内のガス化率の影響について図 3 及び図 4 を参照しながら説明する。

20

【 0 0 3 5 】

図 3 及び図 4 は、ガス化炉 3 0 に供給される導入ガス中の水素濃度 [$mol\%$] と、ガス化炉 3 0 における炭素ベースで算出したガス化率 [$\%$] と、副生成物であるタール及びチャーの生成量 [g] との関係を示す図である。図 3 及び図 4 において実線は水素供給によるガス化率を示し、一点鎖線はタールの生成量を示し、二点鎖線はチャーの生成量を示している。図 3 に示す結果は、ガス化炉 3 0 内の温度が 9 0 0 、 S / C が 3 の条件下でシミュレーションを行うことによって得られる。図 4 に示す結果は、ガス化炉 3 0 内の温度が 7 0 0 、 S / C が 3 の条件下でシミュレーションを行うことによって得られる。一方、ガス化炉 3 0 の運転条件によっては、水素供給によりガス化炉 3 0 のガス化率が低下する場合がある。

30

【 0 0 3 6 】

図 4 に示すように、ガス化炉 3 0 内の温度が 7 0 0 である場合、導入ガス中の水素濃度が大きくなるに従って、ガス化率が低下し、チャー及びタールの生成量が増加する。一方で、図 3 に示すように、ガス化炉 3 0 内の温度が 9 0 0 である場合、導入ガス中の水素濃度に関わらず、高いガス化率が得られ、チャー及びタールの生成量の変化が見られない。これは、ガス化炉 3 0 内が高温であり、ガス化が十分に進んでいるので、水素供給によるガス化抑制の影響が小さく抑えられているためである。図 3 及び図 4 に示す結果から、水素供給による影響は、ガス化炉 3 0 の運転条件に応じて異なることが確認できる。また、ガス化炉 3 0 を低温で運転した場合、水素供給によりガス化炉 3 0 のガス化率が低下する傾向であることが確認できる。

40

【 0 0 3 7 】

次に、水素供給による合成ガスのガス組成への影響について図 5 及び図 6 を参照しながら説明する。

【 0 0 3 8 】

図 5 は、ガス化炉 3 0 に供給される導入ガス中の水素濃度 [$mol\%$] と、ガス化炉 3 0 で生成される合成ガス中の各種ガスの濃度 [$mol\%$] との関係を示す図である。図 5 において実線は合成ガス中の一酸化炭素の濃度を示し、一点鎖線は合成ガス中の二酸化炭素の濃度を示し、二点鎖線は合成ガス中のメタンの濃度を示し、間隔の長い破線は合成ガ

50

ス中の C_2 化合物の濃度を示し、間隔の短い破線は合成ガス中の C_3 化合物の濃度を示している。図6は、ガス化炉30に供給される導入ガス中の水素濃度[mol%]と、ガス化炉30で生成される各種ガスの量[mol]との関係を示す図である。図5及び図6に示す結果は、ガス化炉30内の温度が700、S/Cが3の条件下でシミュレーションを行うことによって得られる。

【0039】

図5に示すように、ガス化炉30への水素供給により、合成ガス中の二酸化炭素の割合が小さくなるとともに、一酸化炭素の割合が大きくなることが確認できる。これは、上記式(1-6)に示す逆水性ガスシフト反応によるものであると考えられる。この逆水性ガスシフト反応により、ガス化炉30内に水素を供給すると、二酸化炭素が減少するとともに一酸化炭素が増加する。これにより、ガス化炉30における二酸化炭素の発生量を抑制することができる。

10

【0040】

一方で、図6に示すように、水素供給に伴うガス化炉30内における絶対量としての一酸化炭素の変化は少ないことが確認できる。図5及び図6に示すように、ガス化炉30への水素供給量の増加とともに、ガス化炉30内におけるメタン生成量が増加し、 C_2 化合物も微増していることが確認できる。即ち、700等の低温条件下では、ガス化炉30に水素を供給しても一酸化炭素の代わりにメタンやタール、チャー等の副生成物が増加する。これは、上記式(1-6)の逆水性ガスシフト反応により得られた一酸化炭素の一部がガス化炉30に供給された水素と反応し、メタンが得られる上記式(1-7)に化学反応によるものである。また上記式(1-8)に示すように、ガス化炉30内の二酸化炭素も供給された水素と反応し、メタンが生成される。即ち、ガス化炉30を低温で運転させた場合、ガス化炉30へ水素供給を行っても、二酸化炭素量は減少するものの、一酸化炭素の増加量が少なく、燃料収率が低いメタンやタール、チャー等の副生成物の生成に水素が消費されるので燃料収率の向上に寄与しない。これに対して本実施形態では、水素供給による燃料の製造効率の向上を目的とし、ガス化炉30内の温度に基づいて、水素供給箇所を原料供給領域Aからガス化炉30の下流側であり、副生成物を生成する反応が起こらない合成ガス排出領域Bに切り替える水素供給処理を行っている。

20

【0041】

次に、水素供給処理を実行する制御装置7のハードウェアの構成について説明する。図2に示すように制御装置7は、通信部71と、記憶部72と、処理部70と、を備える。

30

【0042】

通信部71は、ガス化炉センサ群31、炉外 H_2/CO センサ37、電解装置60、水素供給ポンプ64、流路切替弁653等の他の装置との間で行う通信を制御する。通信部71は、これらの装置との間で検出信号や制御信号等を送受信する。

【0043】

記憶部72は、ハードウェア群を制御装置7として機能させるための各種プログラム、及び各種データなどの記憶領域であり、ROM、RAM、フラッシュメモリ、半導体ドライブ(SSD)又はハードウェア(HDD)などで構成することができる。具体的には、記憶部72は、本実施形態の各機能を処理部70に実行させるためのプログラム、水素供給処理の制御プログラム、製造する液体燃料の種類やその製造装置に応じて適した H_2/CO 比の目標値、後述する第1切替判定値及び第2切替判定値等が記憶される。

40

【0044】

処理部70は、プロセッサによって構成される演算装置であり、記憶部72から各種プログラム、データを読み込んで所定のデータ処理を実行する。プロセッサは、例えば、CPU(central processing unit)、MPU(micro processing unit)、SoC(system on a chip)、DSP(digital signal processor)、GPU(graphics processing unit)、VPU(vision processing unit)、ASIC(application specific integrated circuit)、PLD(programmable logic device)又はFPGA(field-programmable gate array)等である。

50

【 0 0 4 5 】

次に、燃料製造システム 1 における水素供給処理を実行するための制御装置 7 の処理部 7 0 の機能的構成について図 1 及び図 2 を参照しながら説明する。処理部 7 0 は、図 2 に示すように、炉内 H_2 / CO 情報取得部 7 0 1 と、炉外 H_2 / CO 情報取得部 7 0 2 と、温度情報取得部 7 0 3 と、水素供給量調整部 7 0 4 と、水素供給箇所切替部 7 0 5 と、を備える。

【 0 0 4 6 】

炉内 H_2 / CO 情報取得部 7 0 1 は、炉内 H_2 / CO センサ 3 1 1 によって検出されたガス化炉 3 0 内の H_2 / CO 比を示す炉内 H_2 / CO 情報を取得する処理を実行する。炉内 H_2 / CO 情報取得部 7 0 1 は、通信部 7 1 を介して炉内 H_2 / CO センサ 3 1 1 から

10

【 0 0 4 7 】

炉外 H_2 / CO 情報取得部 7 0 2 は、炉外 H_2 / CO センサ 3 7 によって検出された合成ガス排出領域 B 内の合成ガスの H_2 / CO 比を示す炉外 H_2 / CO 情報を取得する処理を実行する。炉外 H_2 / CO 情報取得部 7 0 2 は、通信部 7 1 を介して炉外 H_2 / CO センサ 3 7 からの検出信号を受信することで炉外 H_2 / CO 情報を取得する。

【 0 0 4 8 】

温度情報取得部 7 0 3 は、温度センサ 3 1 2 によって検出されたガス化炉 3 0 内の温度を示す温度情報を取得する処理を実行する。温度情報取得部 7 0 3 は、通信部 7 1 を介して温度センサ 3 1 2 からの検出信号を受信することで温度情報を取得する。

20

【 0 0 4 9 】

水素供給量調整部 7 0 4 は、水素供給ポンプ 6 4 の駆動を制御して、ガス化装置 3 に供給する水素供給量を調整する処理を実行する。水素供給量調整部 7 0 4 は、炉内 H_2 / CO 情報や炉外 H_2 / CO 情報に基づいて、ガス化装置 3 への水素の供給の停止又は水素供給量の増減を行う処理を実行する。水素供給量調整部 7 0 4 は、例えば H_2 / CO 比が所定の目標値未満である場合に水素供給量を増加させてもよく、 H_2 / CO 比が所定の目標値を超える場合に水素の供給を停止してもよい。合成ガスの H_2 / CO 比の目標値は、製造する液体燃料の種類やその製造装置に応じて適した値に設定してもよい。例えば F T 合成やメタノール合成により液体燃料を製造する場合、合成ガスの H_2 / CO 比の目標値を 2 としてもよい。

30

【 0 0 5 0 】

水素供給箇所切替部 7 0 5 は、流路切替弁 6 5 3 の開閉動作を制御して、ガス化装置 3 における水素供給箇所を切り替える処理を実行する。水素供給箇所切替部 7 0 5 は、温度情報取得部 7 0 3 によって取得された温度情報に基づいて、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給箇所を原料供給領域 A と合成ガス排出領域 B とに切り替える。本実施形態では、水素供給箇所切替部 7 0 5 は、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給箇所をガス化炉 3 0 内と、第 1 合成ガス流通路 8 1 内とに切り替える。例えば水素供給箇所切替部 7 0 5 は、ガス化炉 3 0 内の温度が所定値以下のときに、水素供給箇所をガス化炉 3 0 内から第 1 合成ガス流通路 8 1 内に切り替えてもよい。

【 0 0 5 1 】

次に、制御装置 7 の処理部 7 0 が実行する水素供給処理の一例について図 7 及び図 8 を参照しながら説明する。図 7 は、燃料製造システム 1 の制御装置 7 の処理部 7 0 が実行する水素供給処理のうち水素供給箇所が原料供給領域 A である場合の処理の流れの一例を示すフローチャートである。図 8 は、燃料製造システム 1 の制御装置 7 の処理部 7 0 が実行する水素供給処理のうち水素供給箇所が合成ガス排出領域 B 内である場合の処理の流れの一例を示すフローチャートである。水素供給処理は、例えば制御装置 7 を含む燃料製造システム 1 が起動し、液体燃料の製造を開始したタイミングで開始される。なお、水素供給処理の開始時には、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給箇所はガス化炉 3 0 内に設定され、水素供給量は所定の初期値に設定される。

40

【 0 0 5 2 】

50

図 7 に示すように、ステップ S 1 1 において、炉内 H₂ / CO 情報取得部 7 0 1 は、炉内 H₂ / CO センサ 3 1 1 によって検出されたガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比を示す炉内 H₂ / CO 情報を取得する。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 2 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、ステップ S 1 1 で取得した炉内 H₂ / CO 情報と記憶部 7 2 から抽出した目標値とを比較して、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値未満であるか否かを判定する。水素供給量調整部 7 0 4 は、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値以上であると判定した場合（ステップ S 1 2 で NO）、処理をステップ S 1 3 に移行する。そして、水素供給量調整部 7 0 4 は、ステップ S 1 3 において、水素供給ポンプ 6 4 からガス化炉 3 0 への水素の供給を停止し、処理をステップ S 1 1 に戻す。一方で、水素供給量調整部 7 0 4 は、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値未満であると判定した場合（ステップ S 1 2 で YES）、処理をステップ S 1 4 に移行する。

10

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 4 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、水素供給ポンプ 6 4 からガス化炉 3 0 への水素供給量を増加する。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 5 において、温度情報取得部 7 0 3 は、ガス化炉 3 0 内の温度を示す温度情報を取得する。

【 0 0 5 6 】

20

ステップ S 1 6 において、水素供給箇所切替部 7 0 5 は、ステップ S 1 5 で取得した温度情報が示すガス化炉 3 0 内の温度が所定値である第 1 切替判定値よりも大きいかなかを判定する。水素供給箇所切替部 7 0 5 は、ガス化炉 3 0 内の温度が第 1 切替判定値以下であると判定した場合（ステップ S 1 6 で NO）、処理をステップ S 1 7 に移行する。そして、ステップ S 1 7 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、水素供給量を初期値に戻し、処理をステップ S 1 8 に移行する。ステップ S 1 8 において、水素供給箇所切替部 7 0 5 は、流路切替弁 6 5 3 の開閉動作を制御して、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給箇所をガス化炉 3 0 内からガス化炉 3 0 よりも下流側の第 1 合成ガス流通路 8 1 に切り替える。水素供給箇所が第 1 合成ガス流通路 8 1 である場合の処理の流れについては後述する。一方で、水素供給箇所切替部 7 0 5 は、ガス化炉 3 0 内の温度が第 1 切替判定値を超えると判定した場合（ステップ S 1 6 で YES）、処理をステップ S 1 9 に移行する。

30

【 0 0 5 7 】

ステップ S 1 9 において、炉内 H₂ / CO 情報取得部 7 0 1 は、炉内 H₂ / CO 情報を取得する。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 2 0 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、ステップ S 1 9 で取得した炉内 H₂ / CO 情報と記憶部 7 2 から抽出した目標値とを比較して、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値未満であるか否かを判定する。水素供給量調整部 7 0 4 は、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値未満であると判定した場合（ステップ S 2 0 で YES）、処理をステップ S 1 4 に戻す。一方で、水素供給量調整部 7 0 4 は、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値以上であると判定した場合（ステップ S 2 0 で NO）、処理をステップ S 2 0 に移行する。

40

【 0 0 5 9 】

ステップ S 2 1 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、ステップ S 1 9 で取得した炉内 H₂ / CO 情報と記憶部 7 2 から抽出した目標値とを比較して、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値と等しいかなかを判定する。水素供給量調整部 7 0 4 は、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値と異なると判定した場合（ステップ S 2 1 で NO）、処理をステップ S 2 2 に移行する。そして、ステップ S 2 2 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、水素供給量を初期値に戻した後に、処理をステップ S 2 3 に移行する。一方で、水素供給量調整部 7 0 4 は、ガス化炉 3 0 内の H₂ / CO 比が目標値と等しいと判定した場合（ス

50

テップ S 2 0 で Y E S)、ステップ S 2 2 を介さずに処理をステップ S 2 3 に移行する。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 2 3 において、処理部 7 0 は、水素供給量を変更しない定常運転により水素供給処理を実行し、所定の期間経過後にステップ S 1 1 からの処理を繰り返す。

【 0 0 6 1 】

次に、ステップ S 1 8 で水素導入箇所を第 1 合成ガス流通路 8 1 内に切り替えた後に、処理部 7 0 が実行する水素供給処理の流れの一例について図 8 を参照しながら説明する。

【 0 0 6 2 】

図 7 に示すように、ステップ S 3 1 において、炉外 H_2 / CO 情報取得部 7 0 2 は、炉外 H_2 / CO センサ 3 7 によって検出された第 1 合成ガス流通路 8 1 内の H_2 / CO 比を示す炉外 H_2 / CO 情報を取得する。

10

【 0 0 6 3 】

ステップ S 3 2 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、ステップ S 3 1 で取得した炉外 H_2 / CO 情報と記憶部 7 2 から抽出した目標値とを比較して、第 1 合成ガス流通路 8 1 内の H_2 / CO 比が目標値以下であるか否かを判定する。水素供給量調整部 7 0 4 は、第 1 合成ガス流通路 8 1 の H_2 / CO 比が目標値を超えると判定した場合（ステップ S 3 2 で N O ）、処理をステップ S 3 3 に移行する。そして、水素供給量調整部 7 0 4 は、ステップ S 3 3 において、水素供給ポンプ 6 4 から第 1 合成ガス流通路 8 1 内への水素の供給を停止し、処理をステップ S 3 6 に移行する。一方で、水素供給量調整部 7 0 4 は、第 1 合成ガス流通路 8 1 内の H_2 / CO 比が目標値以下であると判定した場合（ステップ S 3 2 で Y E S ）、処理をステップ S 3 4 に移行する。

20

【 0 0 6 4 】

ステップ S 3 4 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、ステップ S 3 1 で取得した炉外 H_2 / CO 情報と記憶部 7 2 から抽出した目標値とを比較して、第 1 合成ガス流通路 8 1 内の H_2 / CO 比が目標値と等しいか否かを判定する。水素供給量調整部 7 0 4 は、第 1 合成ガス流通路 8 1 内の H_2 / CO 比が目標値と異なると判定した場合（ステップ S 3 4 で N O ）、処理をステップ S 3 5 に移行する。そして、ステップ S 3 5 において、水素供給量調整部 7 0 4 は、水素供給量を増加し、処理をステップ S 3 6 に移行する。一方で、水素供給量調整部 7 0 4 は、第 1 合成ガス流通路 8 1 内の H_2 / CO 比が目標値と等しいと判定した場合（ステップ S 3 4 で Y E S ）、ステップ S 3 5 を介さずに処理をステップ S 3 6 に移行する。

30

【 0 0 6 5 】

ステップ S 3 6 において、温度情報取得部 7 0 3 は、ガス化炉 3 0 内の温度を示す温度情報を取得する。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 3 7 において、水素供給箇所切替部 7 0 5 は、ステップ S 3 6 で取得した温度情報が示すガス化炉 3 0 内の温度が所定値である第 2 切替判定値よりも大きいと判定するか否かを判定する。水素供給箇所切替部 7 0 5 は、ガス化炉 3 0 の温度が第 2 切替判定値未満であると判定した場合（ステップ S 3 7 で N O ）、処理をステップ S 3 1 に戻す。一方で、水素供給箇所切替部 7 0 5 は、ガス化炉 3 0 の温度が第 2 切替判定値を超えると判定した場合（ステップ S 3 7 で Y E S ）、処理をステップ S 3 8 に移行する。なお、図 8 に示す例では、第 2 切替判定値を第 1 切替判定値よりも高い値に設定しているが、第 1 切替判定値と第 2 切替判定値が等しくてもよい。

40

【 0 0 6 7 】

ステップ S 3 8 において、水素供給箇所切替部 7 0 5 は、流路切替弁 6 5 3 の開閉動作を制御して、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給箇所を第 1 合成ガス流通路 8 1 内からガス化炉 3 0 内に切り替える。そして、処理部 7 0 は、処理を図 7 に示すステップ S 1 1 に戻す。

【 0 0 6 8 】

本実施形態に係る燃料製造システム 1 によれば、以下の効果を奏する。

50

【 0 0 6 9 】

本実施形態に係る燃料製造システム 1 は、バイオマス原料から液体燃料を製造する燃料製造システム 1 であって、バイオマス原料をガス化し水素及び一酸化炭素を含む合成ガスを生成するガス化炉 3 0 と、ガス化炉 3 0 によって生成された合成ガスから液体燃料を製造する液体燃料製造装置 4 と、再生可能エネルギーを用いて発電した電力によって水から水素を生成する電解装置 6 0 と、電解装置 6 0 によって生成された水素を、ガス化炉 3 0 内及びガス化炉 3 0 に至るバイオマス原料の原料供給路 2 0 内を含む原料供給領域 A 又はガス化炉 3 0 から合成ガスが排出される合成ガス排出領域 B に供給する水素供給ポンプ 6 4 と、ガス化炉 3 0 の温度を検出する温度センサ 3 1 2 と、温度センサ 3 1 2 により検出された温度に基づいて、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給箇所を原料供給領域 A と合成ガス排出領域 B とに切り替える制御装置 7 と、を備える。

10

【 0 0 7 0 】

ここで、図 3 ~ 図 6 に示す例で上述したように、ガス化炉 3 0 に水素を供給することで二酸化炭素の発生量を抑制できるものの、ガス化炉 3 0 内の温度が低い場合、供給した水素が副生成物生成に消費され、燃料収率の高い一酸化炭素の増加量が減少する傾向にある。これに対して、燃料製造システム 1 では、ガス化炉 3 0 の温度に基づいて、水素供給箇所をガス化炉 3 0 に水素が供給される原料供給領域 A とガス化炉 3 0 よりも下流側の合成ガス排出領域 B とに切り替える。これにより、例えばガス化炉 3 0 内の温度が高いときに水素供給箇所を原料供給領域 A に設定して合成ガスの H_2 / CO 比を調整しつつガス化炉 3 0 内で発生する二酸化炭素量を抑え、ガス化炉 3 0 の温度が低いときに水素供給箇所をガス化炉 3 0 よりも下流側に切り替えることができる。即ち、ガス化炉 3 0 への水素供給による一酸化炭素の生成効率が低下し、副生成物の生成量が増加する場合に、水素供給箇所を副生成物の生成が起こらないガス化炉 3 0 よりも下流側に切り替え、 H_2 / CO 比の調整のみに水素を使用することができる。よって、システム全体での二酸化炭素の発生量を抑制しつつ、液体燃料製造装置に供給される合成ガス組成の水素供給による調整を効率的に行うことができる。また副生成物の発生量も抑制できるので、処理コストも低減できる。したがって、システム全体での二酸化炭素の発生量を抑制しつつ、水素供給による燃料製造効率の向上効果を最大化することができる。

20

【 0 0 7 1 】

また本実施形態に係る燃料製造システム 1 は、再生可能エネルギーを用いて発電した電力によって水から水素を生成する電解装置 6 0 を更に備え、水素供給ポンプ 6 4 は、電解装置 6 0 によって生成された水素を原料供給領域 A 又は合成ガス排出領域 B に供給する。これにより、システム全体での二酸化炭素の発生量をより抑制できる。

30

【 0 0 7 2 】

また本実施形態に係る燃料製造システム 1 において、制御装置 7 は、温度センサ 3 1 2 により検出された温度が所定値以下のときに、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給箇所を原料供給領域 A から合成ガス排出領域 B に切り替える。これにより、水素をガス化炉 3 0 に供給することで合成ガス組成の調整と二酸化炭素の発生量の抑制を行い、温度が低くなった場合に、合成ガス組成の調整のみに水素を使用するように切り替えることができる。よって、ガス化炉 3 0 から発生する二酸化炭素量を抑制しつつ、水素供給による合成ガス組成の調整を効率的に行うことができる。

40

【 0 0 7 3 】

また本実施形態に係る燃料製造システム 1 において、制御装置 7 は、水素供給ポンプ 6 4 による水素供給量を制御し、合成ガス排出領域 B を流通する合成ガスの H_2 / CO 比を調整する。これにより、水素供給箇所をガス化炉 3 0 よりも下流側に切り替えた場合であっても、より確実に所望の H_2 / CO 比の合成ガスを液体燃料製造装置 4 に供給することができる。

【 0 0 7 4 】

また本実施形態に係る燃料製造方法は、バイオマス原料から液体燃料を製造する燃料製造方法であって、バイオマス原料をガス化し水素及び一酸化炭素を含む合成ガスをガス化

50

炉 3 0 で生成する合成ガス生成工程と、合成ガス生成工程で生成された合成ガスから液体燃料を製造する液体燃料製造工程と、ガス化炉 3 0 内及びガス化炉 3 0 に至るバイオマス原料の原料供給路 2 0 内を含む原料供給領域 A 又はガス化炉 3 0 から合成ガスが排出される合成ガス排出領域 B に水素を供給する水素供給工程と、ガス化炉 3 0 の温度を検出する温度検出工程と、温度検出工程で検出された温度に基づいて、水素供給工程における水素供給箇所を原料供給領域 A と合成ガス排出領域 B とに切り替える切替工程と、を含む。これにより、システム全体での二酸化炭素の発生量を抑制しつつ、液体燃料の製造に用いられる合成ガスの組成の水素供給による調整を効率的に行うことができる。また副生成物の発生量も抑制できるので、処理コストも低減できる。したがって、システム全体での二酸化炭素の発生量を抑制しつつ、水素供給による燃料製造効率の向上効果を最大化することができる。

10

【 0 0 7 5 】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明はこれに限らない。本発明の趣旨の範囲内で、細部の構成を適宜変更してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 6 】

- 1 燃料製造システム
- 4 液体燃料製造装置
- 7 制御装置
- 2 0 原料供給路
- 3 0 ガス化炉
- 6 0 電解装置
- 6 4 水素供給ポンプ（水素供給装置）
- 3 1 2 温度センサ（温度検出部）
- A 原料供給領域
- B 合成ガス排出領域

20

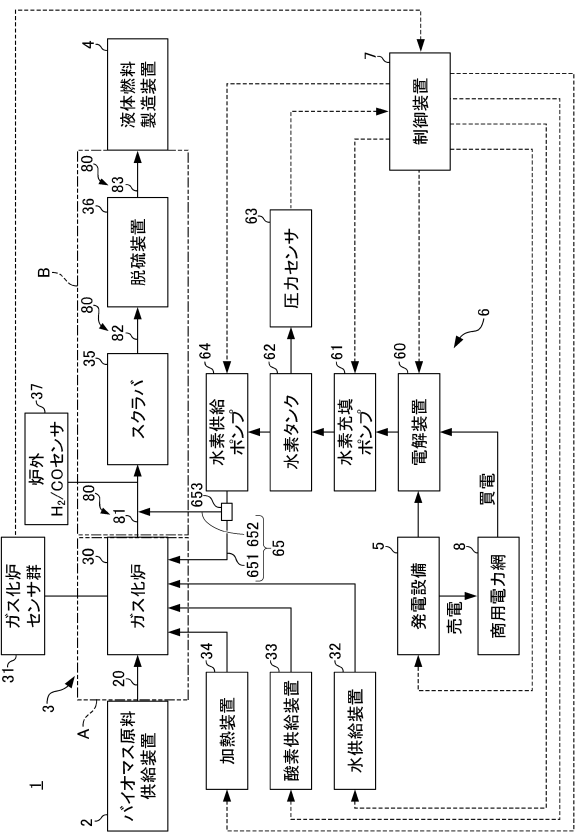
30

40

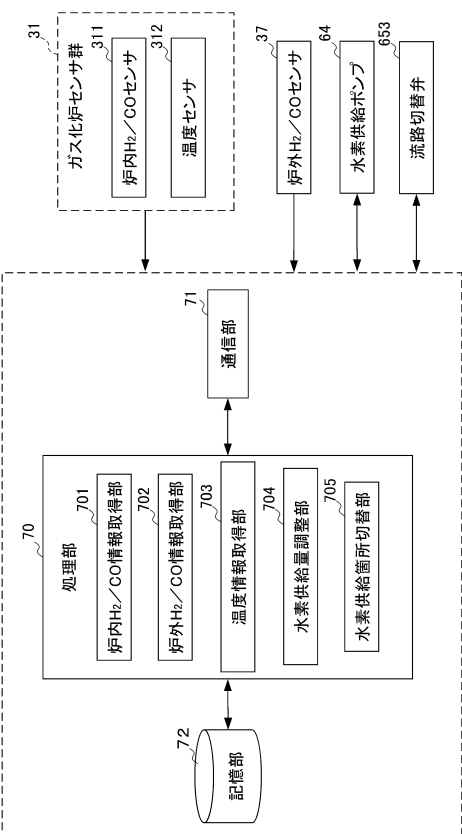
50

【図面】

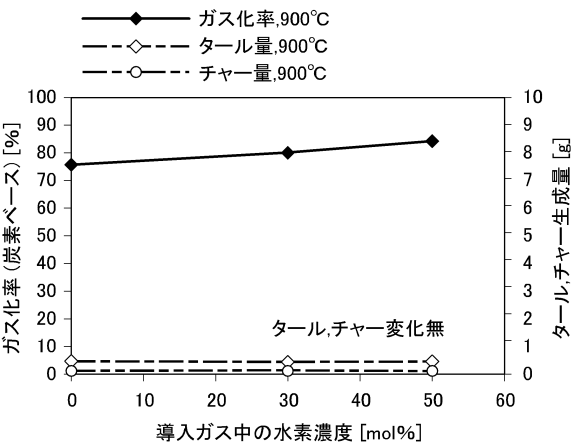
【図 1】



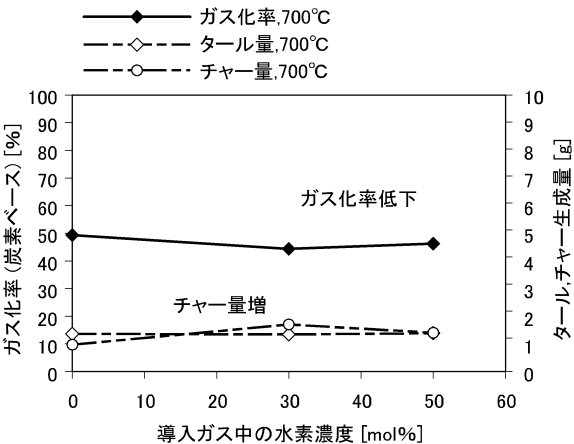
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

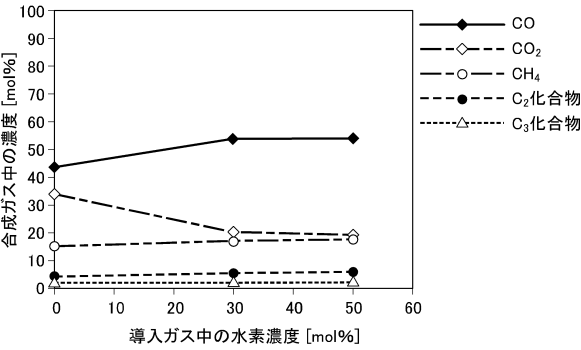
20

30

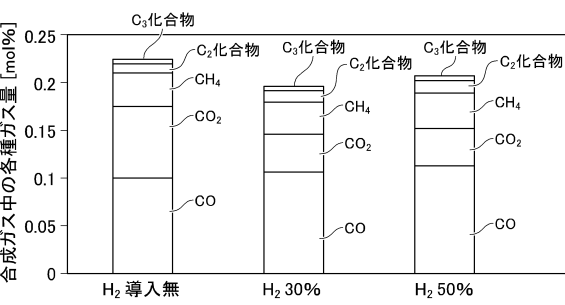
40

50

【図 5】

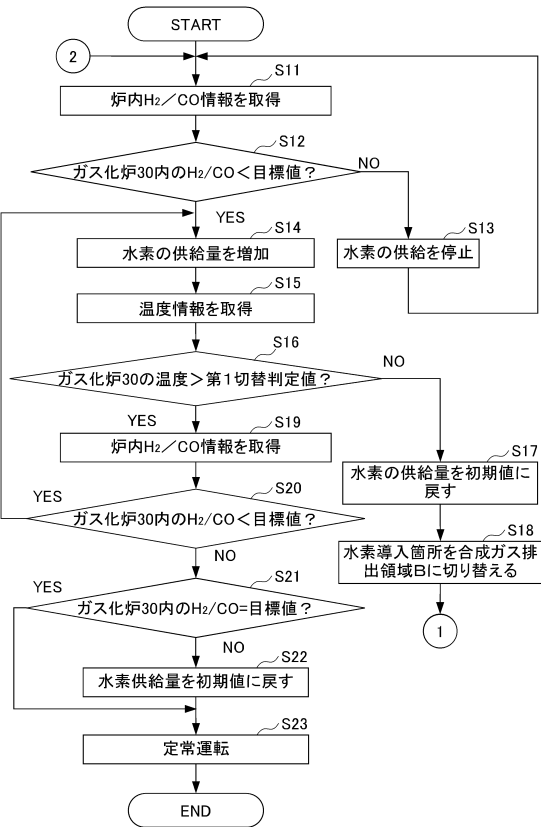


【図 6】

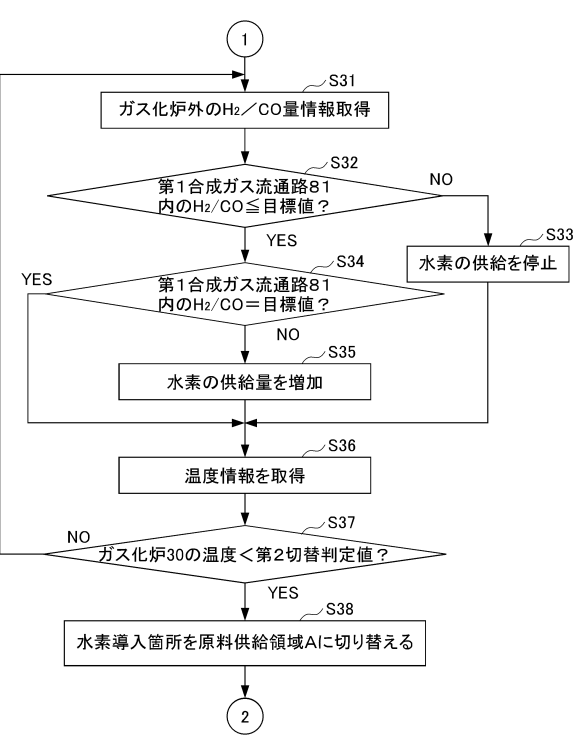


10

【図 7】



【図 8】



20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 森 健一

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 3 8 6 4 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 2 8 7 7 (J P , A)
特開 2 0 2 1 - 1 4 7 5 0 6 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|---------|
| C 1 0 G | 2 / 0 0 |
| C 1 0 J | 3 / 0 0 |
| C 1 0 L | 1 / 0 0 |