

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5869143号
(P5869143)

(45) 発行日 平成28年2月24日 (2016. 2. 24)

(24) 登録日 平成28年1月15日 (2016. 1. 15)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/0612 (2016. 01)	HO 1 M 8/06 G
HO 1 M 8/06 (2016. 01)	HO 1 M 8/06 B
HO 1 M 8/0662 (2016. 01)	HO 1 M 8/06 S
HO 1 M 8/12 (2016. 01)	HO 1 M 8/12

請求項の数 33 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2014-542478 (P2014-542478)	(73) 特許権者	506018363
(86) (22) 出願日	平成24年11月16日 (2012. 11. 16)		サウジ アラビアン オイル カンパニー
(65) 公表番号	特表2015-502639 (P2015-502639A)		サウジアラビア国 3 1 3 1 1
(43) 公表日	平成27年1月22日 (2015. 1. 22)		、 イースタン アベニュー 1
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/065431	(74) 代理人	100088616
(87) 国際公開番号	W02013/074875		弁理士 渡邊 一平
(87) 国際公開日	平成25年5月23日 (2013. 5. 23)	(74) 代理人	100154379
審査請求日	平成27年7月16日 (2015. 7. 16)		弁理士 佐藤 博幸
(31) 優先権主張番号	61/560, 619	(74) 代理人	100154829
(32) 優先日	平成23年11月16日 (2011. 11. 16)		弁理士 小池 成
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ジャマル, アキル
早期審査対象出願			サウジアラビア国 3 1 3 1 1, ダーラン
			、 サウジ アラムコ, ピー. オー. ボックス 6 7 8 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電および石油増進回収のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) システムを用いて蒸気質炭化水素供給原料から石油増進回収 (EOR) に適した精製された二酸化炭素生成物および余剰電気を生産する方法であって、

生産井を用いて炭化水素含有地層から炭化水素流体を生成するステップと、

生成された前記炭化水素流体から随伴ガスを分離することにより、前記蒸気質炭化水素供給原料を生成するステップと、

前記蒸気質炭化水素供給原料を前記SOFCシステム中に導入するステップと、

蒸気を前記SOFCシステムの予備改質器中に導入するステップと、

脱硫済みプロセスガスが生成され、予備改質器中に入り；改質されたプロセスガスが、前記脱硫済みプロセスガス中の非メタンアルカンを予備改質触媒の存在下でメタンおよび炭素酸化物に転化させることによって、前記予備改質器中で生成され；前記改質されたプロセスガスが、前記予備改質器から固体酸化物形燃料電池中に入り；そして精製された二酸化炭素生成物および余剰電気が生産されるように、前記SOFCシステムを作動させるステップと、を含み、

ここで、前記SOFCシステムが、前記蒸気質炭化水素供給原料の受容と、前記脱硫済みプロセスガス、石油増進回収のための前記精製された二酸化炭素生成物、および余剰電気の生産との双方を実行するように作動可能であり、前記SOFCシステムが、前記固体酸化物形燃料電池の上流側に流体連結し、かつ前記脱硫済みプロセスガスを受容すること

と、活性金属予備改質触媒の存在下で蒸気を用いて前記非メタンアルカンをメタンおよび炭素酸化物に転化することの双方を実行するように作動可能である前記予備改質器と、電気を生産するように作動可能な前記固体酸化物形燃料電池と、を含み、

さらに、前記精製された二酸化炭素生成物を、注入井を用いて前記炭化水素含有地層中に導入するステップ、を含み、

前記炭化水素含有地層が前記炭化水素流体を含有し、かつ前記生産井および前記注入井を通じて別々に到達可能であり、前記炭化水素流体の一部に前記蒸気質炭化水素供給原料が含まれる、方法。

【請求項 2】

前記導入された蒸気が過熱蒸気であり、かつ 250 ~ 500 の範囲の温度および 8 バール ~ 12 バールの範囲の圧力を有する、請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 3】

前記脱硫済みプロセスガスが、200 ~ 450 の範囲の温度を有する、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記導入された脱硫済みプロセスガスに対する前記導入された蒸気の蒸気 / 炭素比 (SCR) が、1.5 ~ 3.0 の範囲にある、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記改質されたプロセスガスのメタン選択比 (MSR) が、0.90 ~ 0.99 の範囲にある、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。 20

【請求項 6】

前記脱硫済みプロセスガスが、各々前記脱硫済みプロセスガスの乾量基準で、51 ~ 66 組成モルパーセントの範囲のメタンと、33 ~ 45 組成モルパーセントの範囲の非メタンアルカンとを含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記脱硫済みプロセスガスが、1.0 ~ 2.0 の範囲の、メタン / 非メタンアルカンモルパーセント比を有する、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記改質されたプロセスガスが、各々が前記改質されたプロセスガスの乾量基準で、78 ~ 88 組成モルパーセントの範囲のメタンと、9 ~ 12 組成モルパーセントの範囲の炭素酸化物と、0.5 ~ 1.0 組成モルパーセントの範囲の水素とを含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。 30

【請求項 9】

前記改質されたプロセスガスが、モル基準で、実質的に非メタンアルカンを含まない、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

前記改質されたプロセスガスが、モル基準で、硫黄および硫黄含有化合物を実質的に含まない、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

前記精製された二酸化炭素生成物が、モル基準で、実質的に非二酸化炭素成分を含まない、請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の方法。 40

【請求項 12】

二酸化炭素リッチガスが酸ガス除去システム中で生成されて、CO₂脱水システム中に入るように前記 SOFC システムを作動させるステップを更に含み、前記 SOFC システムが、前記予備改質器の上流側に流体連結し、かつ二酸化炭素リッチガスを生成するように作動可能な前記酸ガス除去システムと、前記予備改質器の下流側および前記酸ガス除去システムの双方に流体連結する前記 CO₂脱水システムとを更に含む、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

水素リッチガスが CO₂分離システム中で生成されるように前記 SOFC システムを作 50

動させ、かつ前記水素リッチガスの一部を水素化脱硫システムに送るステップを更に含み、前記S O F Cシステムが、前記予備改質器の下流側に流体連結し、かつ水素リッチガスを生成するように作動可能な前記C O 2分離システムと、前記予備改質器の上流側および前記C O 2分離システムの双方に流体連結する前記水素化脱硫システムとを更に含む、請求項1 ~ 12のいずれか1項に記載の方法。

【請求項14】

S O F Cシステムを用いて、炭化水素含有地層からの炭化水素流体の回収を増進させる方法であって、

生産井を用いて前記炭化水素含有地層から炭化水素流体を生成するステップと、

前記生成された炭化水素流体から随伴ガスを分離するステップと、

前記随伴ガスを前記S O F Cシステム中に導入するステップと、

前記S O F Cシステムを作動させて、精製された二酸化炭素生成物を石油増進回収および余剰電気を生産するステップと、

前記精製された二酸化炭素生成物を、注入井を用いて前記炭化水素含有地層中に導入するステップと、

を含み、

前記炭化水素含有地層が前記炭化水素流体を含有し、かつ前記生産井および前記注入井を通じて別々に到達可能であり、前記S O F Cシステムが、随伴ガスを受容し、かつ前記随伴ガスから、石油増進回収に適した精製された二酸化炭素生成物および余剰電気を生産するように作動可能であり、前記炭化水素流体の一部に前記随伴ガスが含まれる、

方法。

【請求項15】

蒸気質炭化水素供給原料から、E O Rに適した精製された二酸化炭素生成物および余剰電気を生成するためのS O F Cシステムであって、

前記蒸気質炭化水素供給原料を受容し、かつ前記蒸気質炭化水素供給原料から高炭素化合物を分離して乾燥サワーガスを生成するように作動可能なコンデンセート除去システムと、

前記コンデンセート除去システムに流体連結し、かつ前記乾燥サワーガスから硫化水素を抽出して乾燥スイートガスを生成するように作動可能な酸ガス除去システムと、

前記酸ガス除去システムに流体連結し、かつ水素化処理触媒の存在下で水素を用いて、前記乾燥スイートガス中のヘテロ有機化合物を吸着ベッド材料に吸収される化合物に転化して処理済みプロセスガスを生成するように作動可能な水素化脱硫システムと、

前記水素化脱硫システムに流体連結し、かつ前記吸着ベッド材料に吸収される化合物を前記処理済みプロセスガスから抽出して脱硫済みプロセスガスを生成するように作動可能な吸着ベッドシステムと、

前記吸着ベッドシステムに流体連結し、かつ活性予備改質触媒の存在下で蒸気を用いて前記脱硫済みプロセスガス中の非メタンアルカンをメタンおよび炭素酸化物に転化して改質済みのプロセスガスを生成するように作動可能な予備改質器と、

前記予備改質器に流体連結し、かつ改質触媒および電気化学転化触媒の存在下で酸素を用いて前記改質済みプロセスガス中のメタンを二酸化炭素および水に転化して陽極排ガスを生成し、かつ電気を生成するように作動可能な固体酸化物形燃料電池と、

前記固体酸化物形燃料電池に流動連結し、かつ前記陽極排ガスから二酸化炭素を抽出して二酸化炭素リッチガスを生成するように作動可能なC O 2分離システムと、

前記C O 2分離システムに流動連結し、かつ前記二酸化炭素リッチガスから水を抽出して前記精製された二酸化炭素生成物を生成するように作動可能なC O 2脱水システムと、

を備え、

前記S O F Cシステムが、前記固体酸化物形燃料電池によって生成された電気から余剰電気を生産するように作動可能である、

S O F Cシステム。

【請求項16】

10

20

30

40

50

下流側において前記固体酸化物形燃料電池に流動連結し、かつ水性ガスシフト触媒の存在下で水を用いて前記陽極排ガス中の一酸化炭素を二酸化炭素および水素に転化してシフト済み陽極排ガスを生成するように作動可能な水性ガスシフト反応炉システムを更に備え、前記CO₂分離システムが、前記固体酸化物形燃料電池の代わりに前記水性ガスシフト反応炉システムに流体連結し、かつ前記固体酸化物形燃料電池の前記陽極排ガスの代わりに前記水性ガスシフト反応炉システムの前記シフト済み陽極排ガスから二酸化炭素を抽出して前記二酸化炭素リッチガスを生成するように作動可能な、請求項15に記載のSOFCシステム。

【請求項17】

前記酸ガス除去システムが、前記乾燥サワーガスから二酸化炭素を抽出して二酸化炭素リッチガスを生成するように更に作動可能であり、前記CO₂脱水システムが、前記酸ガス除去システムに更に流体連結し、かつ前記酸ガス除去システムからの前記二酸化炭素リッチガスから二酸化炭素を抽出するように作動可能である、請求項15または16に記載のSOFCシステム。

10

【請求項18】

前記CO₂分離システムが、水素リッチガスを生成するように更に作動可能であり、前記水素化脱硫システムが、前記CO₂分離システムに更に流体連結し、かつ前記CO₂分離システムからの水素リッチガスを水素の源として用いるように作動可能である、請求項15～17のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

【請求項19】

前記コンデンセート除去システムが、低温冷却された液体を利用して、前記蒸気質炭化水素供給原料から高炭素化合物を分離する、請求項15～18のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

20

【請求項20】

前記コンデンセート除去システムが、吸収抽出プロセスを利用して、前記蒸気質炭化水素供給原料から高炭素化合物を分離する、請求項15～19のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

【請求項21】

前記酸ガス除去システムが、反応性液体を利用して、硫化水素を抽出する、請求項15～20のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

30

【請求項22】

前記固体酸化物形燃料電池の陽極側が、メタンを間接的に内部改質するように作動可能である、請求項15～21のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

【請求項23】

前記固体酸化物形燃料電池の陽極側が、メタンを直接的に内部改質するように作動可能である、請求項15～22のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

【請求項24】

前記CO₂分離システムが、圧力スイング吸着法を利用して、二酸化炭素を分離する、請求項15～23のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

【請求項25】

前記CO₂脱水システムが、前記精製された二酸化炭素生成物を液化するようにさらに作動可能である、請求項15～24のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

40

【請求項26】

前記蒸気質炭化水素供給原料が、随伴ガスである、請求項15～25のいずれか1項に記載のSOFCシステム。

【請求項27】

下流の固体酸化物形燃料電池の内部改質能力を最大化するために予備改質器を作動させる方法であって、

生産井を用いて炭化水素含有地層から炭化水素流体を生成するステップと、
生成された前記炭化水素流体から随伴ガスを分離することにより、プロセスガスを生成

50

するステップと、

水素化脱硫システムにより、前記プロセスガスを脱硫するステップと、

脱硫済みプロセスガスを前記予備改質器中に導入するステップであって、前記脱硫済みプロセスガスが、200～450の範囲の温度を有し、かつ各々が前記脱硫済みプロセスガスの乾量規準で、51～66組成モルパーセントの範囲のメタンおよび33～45組成モルパーセントの範囲の非メタンアルカンを含むステップと、

過熱蒸気を前記予備改質器中に導入するステップであって、前記過熱蒸気は、250～500の範囲の温度および8バール～12バールの範囲の圧力を有し、これにより前記導入された脱硫済みプロセスガスに対する前記導入された過熱蒸気の蒸気/炭素比(SCR)が0.5～1.5の範囲にあるステップと、

改質済みプロセスガスが、前記脱硫済みプロセスガスおよび前記過熱蒸気から生成されるように前記予備改質器を作動させるステップであって、前記改質済みプロセスガスが、各々が前記改質済みプロセスガスの乾量規準で、78～88組成モルパーセントの範囲のメタン、9～12組成モルパーセントの範囲の炭素酸化物、および0.5～10組成モルパーセントの範囲の水素を含むステップと、

を含み、

前記改質済みプロセスガスが、0.90～0.99の範囲のメタン選択度を有し、前記予備改質器が、固体酸化物形燃料電池の上流側に流体連結し、かつ前記脱硫済みプロセスガスを受容することと、活性金属予備改質触媒の存在下で蒸気を用いて前記非メタンアルカンをメタンおよび炭素酸化物に転化することとの双方を実行するように作動可能であり

さらに、前記炭素酸化物から生成された精製された二酸化炭素生成物を、注入井を用いて前記炭化水素含有地層中に導入するステップ、を含み、

前記炭化水素含有地層が前記炭化水素流体を含有し、かつ前記生産井および前記注入井を通じて別々に到達可能であり、前記炭化水素流体の一部に前記プロセスガスが含まれる、方法。

【請求項28】

前記予備改質器を作動させることが、前記予備改質器を断熱的に作動させるステップを更に含む、請求項27に記載の方法。

【請求項29】

前記生成された改質済みプロセスガスの温度が、前記導入された脱硫済みプロセスガスの温度より低い55～80の範囲にある、請求項27または28に記載の方法。

【請求項30】

前記脱硫済みプロセスガスの中のメタン/非メタンアルカンモルパーセント比が、1.0～2.0の範囲にある、請求項27～29のいずれか1項に記載の方法。

【請求項31】

前記改質済みプロセスガスが、乾量規準で少なくとも10組成モルパーセントの二酸化炭素を含む、請求項27～30のいずれか1項に記載の方法。

【請求項32】

前記改質済みプロセスガスが、モル規準で非メタンアルカンを実質的に含まない、請求項27～31のいずれか1項に記載の方法。

【請求項33】

前記改質済みプロセスガスが、モル規準で硫黄および硫黄含有化合物を実質的に含まない、請求項27～32のいずれか1項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の分野は、固体酸化物形燃料電池(SOFC)のプロセスおよびシステムに関する。より具体的には、本分野は、発電のための蒸気質炭化水素と、石油増進回収(EOR

10

20

30

40

50

)に適した二酸化炭素とを利用するS O F Cプロセスおよびシステムを用いることに関する。

【関連技術の説明】

【0002】

長期生産用の油田にとって、二酸化炭素を用いる石油増進回収は、定常動作である。二酸化炭素の注入によって、油田を再加圧し、更なる炭化水素生産を促進する炭化水素含有地層における化学反応を助長する。精製された二酸化炭素 - 少なくとも95モル%の純度 - は石油増進回収にとって有用であるが、これは、炭化水素含有地層における未知のまたは望ましくない反応の可能性を最小化するからである。

【0003】

原油および天然ガスの生産および精製の双方が、電力集約事業である。炭化水素材料の回収は通常、送電インフラストラクチャが存在しない、不経済である、または物理的に実行不可能な沖合および重要な居留区から離れたところを含む遠隔地で発生する。そのような場合、現地の発電設備が唯一の現実的な選択肢である。

【0004】

環境条件は、より小規模の現地の発電設備に影響を与える。日々の冷却水および気温の変動は、発電システムの一部、例えば、冷却能力を作動上制限させ得る。現地の炭化水素供給原料は、不純物を有し得、または季節変動により組成を変化し得る。加えて、どの場所でも、炭化水素、汚染物質、および不活性物の組成がわずかに異なる炭化水素供給原料が入手可能であり、これが、「普遍的な」システムの設計をより難しくしている。

【0005】

発電設備は、電気、蒸気、および二酸化炭素排ガスという3つの主要な生成物を生じる。(燃料を燃焼させるプロセスと、加熱用および冷却用電気を生成するプロセスの一部として生成される)電気および蒸気は、炭化水素を生産して精製する動作のすべての側面でも有用である。温室効果ガスの監視および報告の要件が厳しいため、二酸化炭素は、単に「廃棄物」として大気中に廃棄されない。むしろ、生産された二酸化炭素を捕捉してその用途を見つける、または放出される二酸化炭素の分量を最小化することが望ましい。

【0006】

精製された蒸気質の供給原料をあまり必要としない機能を有することを含む、炭化水素供給原料の変動性を処理するにとどまらない発電のシステムおよびプロセスは、遠隔地に電力を供給するように作動可能であり、かつ、二酸化炭素を廃棄する代わりに利用するために捕捉して精製する手段を有することが望ましい。

【発明の概要】

【0007】

石油増進回収(EOR)に適した精製された二酸化炭素生成物および余剰電気を生産する方法は、蒸気質の炭化水素供給原料およびS O F Cシステムを用いる。この方法は、蒸気質の炭化水素をS O F Cシステム中に導入するステップを含む。この方法は、脱硫済みプロセスガスが生成され、予備改質器中に入るようにS O F Cシステムを作動させるステップを含む。この方法は、予備改質器中に蒸気を導入するステップを含む。この方法は、脱硫済みプロセスガス中の非メタンアルカンが、導入された蒸気を用いて、かつ予備改質触媒の存在下で、メタンおよび炭素酸化物に転化されるように、予備改質器を作動させるステップを含むが、これによって、改質されたプロセスガスが生成され、かつこの改質されたプロセスガスが固体酸化物形燃料電池中に入る。この方法は、精製された二酸化炭素生成物および余剰電気が生産されるように、S O F Cシステムを作動させるステップを含む。

【0008】

蒸気質炭化水素供給原料からEORに適した精製された二酸化炭素生成物と、余剰電気とを生産するためのS O F Cシステムは、コンデンサート除去システムと、酸ガス除去システムと、水素化脱硫システムと、吸着ベッドシステムと、予備改質器と、固体酸化物形燃料電池と、CO₂分離システムと、精製された二酸化炭素生成物を生成するように作動

10

20

30

40

50

可能なCO₂脱水システムと、を含むが、ここでSOFCシステムは、固体酸化物形燃料電池によって生産された電気から余剰電気を生産するように作動可能である。

【0009】

固体酸化物形燃料電池の内部改質能力を最大化するために予備改質器を作動させる方法は、固体酸化物形燃料電池の上流側で流体連結する予備改質器を用いる。この予備改質器は、脱硫済みプロセスガス中の非メタンアルカン、蒸気を用いて、かつ活性金属の予備改質触媒の存在下で、メタンおよび炭素酸化物に転化するように作動可能であるが、これで、改質されたプロセスガスが生成物として生成される。この方法は、脱硫済みプロセスガスを予備改質器中に導入するステップを含む。脱硫済みプロセスガスは、約200～約450の範囲の温度を有する。脱硫済みプロセスガスは、メタンおよび非メタンアルカンを含む。この方法は、過熱蒸気を予備改質器中に導入することを含む。過熱蒸気は、約250～約500の温度範囲の温度および約8バール～約12バールの範囲の圧力を有する。導入された脱硫済みプロセスガスに対する導入された過熱蒸気の蒸気/炭素比(SCR)は、約0.5～約3.0の範囲にある。この方法のある実施形態は、約0.5～約1.5の範囲のSCRを有する。この方法のある実施形態は、約1.5～約3.0の範囲のSCRを有する。この方法は、改質されたプロセスガスが生成されるように予備改質器を作動させるステップを含む。改質されたプロセスガスは、メタン、炭素酸化物、および水素を含む。改質されたプロセスガスは、約0.90～約0.99の範囲のメタン選択度を有する。

10

【0010】

SOFCシステムを用いて、炭化水素含有地層から炭化水素流体の回収を増進させる方法である。この炭化水素含有地層は、随伴ガスを含む炭化水素流体を含む。この地層は、生産井および別個の注入井の双方を通じて到達可能である。SOFCシステムは、随伴ガスを受容して、この随伴ガスから石油増進回収に適した精製された二酸化炭素生成物および余剰電気を生産するように作動可能である。この方法は、生産井を用いて、炭化水素含有地層から炭化水素流体を生産するステップを含む。この方法は、生産された炭化水素流体から随伴ガスを分離するステップを含む。この方法は、随伴ガスをSOFCシステム中に導入するステップを含む。この方法は、石油増進回収および余剰電気のための精製された二酸化炭素生成物を生産するために、SOFCシステムを作動させるステップを含む。この方法は、精製された二酸化炭素生成物を、注入井を用いて炭化水素含有地層中に導入するステップを含む。

20

30

【0011】

SOFCシステムおよび使用方法は、石油およびガスの回収および精製を含む他の動作にとって有用なEOR品質の二酸化炭素生成物および余剰電気の双方を生産する。「余剰電気」とは、固体酸化物形燃料電池の内部で発生する電気化学反応を含む、SOFCシステムの必要量を超えて生産された電気を意味する。SOFCシステムは、これが、天然ガス、メタン、随伴ガス、および気相状態に置かれた他の炭化水素を含む様々な気化した炭化水素を供給原料として用いることが可能であるという点で柔軟性がある。1つのシステムから現地発電および二酸化炭素生産を助成することによって、回収システムを作動し、EOR用の二酸化炭素を供給する必要性をなくすための燃料および化学物質に対する総合的的外部要件がかなり軽減される。二酸化炭素および電気の現地生産によって、インフラストラクチャがかなり軽減され、遠隔の石油およびガスの生産拠点の利用がより実現可能なものとなる。SOFCシステムはまた、二酸化炭素を、他の化学プロセスのための供給原料として用いられるに十分高い純度にまで精製する能力を有する。

40

【0012】

SOFCシステムの一部として含まれる予備改質器は、蒸気質炭化水素供給原料のタイプ、品質、および条件のばらつきに対応しており、これで、使用するにふさわしい潜在的な供給原料の数およびタイプが最大化される。予備改質器をSOFCシステムに備えることによって、いくつかのプロセス関連の作動上の有益性が生じる。高炭素炭化水素(すなわち、非メタン炭化水素)は、メタンより化学的反応性が高い。全ての非メタン炭化水素

50

をメタンに転化することによって、固体酸化物形燃料電池用の供給原料の組成が、水素、炭素酸化物、水、およびメタンに安定化される。固体酸化物形燃料電池に対する炭化水素供給原料流の組成が安定化すると、次に、固体酸化物形燃料電池中で発生する発電および内部改質反応が安定化する。高炭素炭化水素の代わりにメタンを供給すると、また、固体酸化物形燃料電池の効率が向上し、結果、発電量が増す。固体酸化物形燃料電池に対する供給原料を予備改質することでまた、変動性の炭化水素供給原料を完全に改質するために必要とされるより低い蒸気/炭素比(SCR)で固体酸化物形燃料電池を作動させることができる。固体酸化物形燃料電池中のメタンを水素および一酸化炭素に内部改質することは吸熱反応であり、これでかなりの熱量が除去される。予備改質器を用いないシステムと比較して、SOFCシステムでは全体的にあまり冷却しないことが必要とされる。予備改質器はまた、あらゆる潜在的な硫黄の漏出に対する「犠牲的な硫黄受け」として働く。SOFCシステムの実施形態は脱硫システムを含むが、予備改質器触媒は、固体酸化物形燃料電池触媒に対する別の保護層を加える。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

本発明のこれらおよび他の特徴、態様、ならびに利点は、次の好ましい実施形態の詳細な説明、添付クレーム、および以下の添付図面に関してより理解される。

【0014】

【図1】固体酸化物形燃料電池システムのある実施形態のプロセスフロー図である。

【好適な実施形態の説明】

20

【0015】

発明の要約、図面の簡単な説明、および好ましい実施形態の詳細な説明を含む本明細書ならびに添付クレームは、本発明の特定の特徴(プロセスまたは方法のステップを含む)を参照する。当業者は、本発明は、本明細書に記載する特定の特徴のあらゆる組み合わせおよび使用を含むことを理解する。当業者は、本発明は、本明細書に与えられる実施形態に制限されず、また、これらの説明によっても制限されないことを理解する。本発明の主題は、本明細書の精神および添付クレームにおいて以外では制限されない。

【0016】

当業者はまた、特定の実施形態を説明するために用いられる専門用語は、本発明の範囲も幅も制限しないことを理解する。本明細書および添付クレームを解釈するに際して、すべての用語は、各々の用語の文脈と矛盾しない可能な限り最も広い様式で解釈されるべきである。本明細書および添付クレームで用いられるすべての専門用語および科学用語は、特に定義されない限り、本発明が属す当業者が一般的に理解するのと同じ意味を有する。

30

【0017】

本明細書および添付クレームで用いられる単数形「a」、「an」、および「the」は、文脈が明らかにそうでないことを示さない限り、複数の言及を含む。動詞「備える」およびこれの変化形は、非排他的な様式で要素、構成部、またはステップに言及しているものと解釈されるべきである。言及された要素、構成部、またはステップは、存在する、利用される、または、明示的には言及されない他の要素、構成部、もしくはステップと組み合わせられ得る。動詞「連結する」およびこれの変化形は、電氣的、機械的、または流体的な接合を含む、必要とされるいずれかのタイプの接合を完成させて、以前には結合されていない2つ以上の物体から1つの物体を生成することを意味する。第1のデバイスが第2のデバイスに連結すると、直接にまたは共通のコネクタを介して接続が発生し得る。「任意に」およびこれの様々な形は、次に記載される事象または状況が発生したりしなかったりし得ることを意味する。説明は、事象または状況が発生する事例およびこれが発生しない事例を含む。「作動可能である」およびこれの様々な形は、これの正しい機能および意図する用途に対する適合を意味する。

40

【0018】

空間的な用語は、ある物体または物体の群の別の物体または物体の群に対する相対的な位置を説明する。空間的な関係は、縦軸および横軸にも当てはまる。「上流」および「下

50

流」ならびに他の類似用語を含む方向性および関連の語は、説明上の便利さのためであり、特に指示しない限り制限的なものではない。

【 0 0 1 9 】

値の範囲が本明細書または添付クレームに記載される場合、その区間は、上限と下限との間の各々の介在する値ならびに上限および下限を範囲に包含することが理解される。本発明は、提供されるいずれかの特定の除外の対象となるより小さい区間の範囲を包含し、この境界を示す。「実質的に含まない」とは、指示される尺度単位の 1 % 未満、より好ましくは 0 . 1 % 未満を意味する。

【 0 0 2 0 】

本明細書および添付クレームで、2 つ以上の定義されたステップを含む方法が言及される場合、これらの定義されたステップは、文脈がその可能性を排除しない限り、いずれかの順序でまたは同時に実行することが可能である。

[図 1]

【 0 0 2 1 】

図 1 は、S O F C システムのある実施形態のプロセスフロー図を示す。図 1 は、説明を容易にするための簡略図である。当業者は、このようなシステムは複雑な構造物であり、これらをその意図する目的のために作動可能にする付属の機器およびサブシステムを有することを理解する。

【 0 0 2 2 】

S O F C システム 1 0 0 は、余剰電気と、蒸気質炭化水素供給原料から石油増進回収に適した精製済みの二酸化炭素生成物とを生成するように作動可能である。随伴ガス導管 2 は、随伴ガスを、E O R 品質の二酸化炭素への転化および余剰電気目的で、S O F C システム 1 0 0 中に導入する。随伴ガス導管 2 は、S O F C システム 1 0 0 の外部の坑口分離器に連結して、生産された原油および液体コンデンセートから分離された随伴ガスを収集する。

【 0 0 2 3 】

随伴ガス導管 2 は、コンデンセート除去システム 4 のプロセスガス入口に連結して、随伴ガスをコンデンセート除去システム 4 中に導入する。コンデンセート除去システム 4 は、随伴ガスを、乾燥サワーガスとガスコンデンセートとに分離するように作動可能である。コンデンセート導管 6 は、液体出口を介してコンデンセート除去システム 4 に連結して、ガスコンデンセートを、S O F C システム 1 0 0 の外部でのコンデンセート処理動作に送る。

【 0 0 2 4 】

乾燥サワーガス導管 8 は、コンデンセート除去システム 4 のプロセスガス出口を酸ガス除去システム 1 0 のプロセスガス入口に連結させて、乾燥サワーガスを酸ガスシステム 1 0 に導入する。酸ガス除去システム 1 0 は、乾燥サワーガスを、酸ガス、二酸化炭素リッチガス、およびスイートプロセスガスに分離する。酸ガス導管 1 2 は、酸ガス除去システム 1 0 に連結して、酸ガスを S O F C システム 1 0 0 の外部での硫黄処理動作に提供する。二酸化炭素ガス導管 1 4 は、酸ガス除去システム 1 0 に連結して、二酸化炭素リッチガスを C O 2 処理システム 1 6 に導く。

【 0 0 2 5 】

スイートプロセスガス導管 1 8 は、酸ガス除去システム 1 0 のプロセスガス出口を水素化脱硫システム 2 0 のプロセスガス入口に連結させて、スイートプロセスガスを水素化脱硫システム 2 0 に導入する。システム再循環導管 2 2 は、水素化脱硫システム 2 0 を C O 2 分離システム 2 4 に連結させて、水素リッチ再循環ガスを水素化脱硫システム 2 0 中に導入する。水素化脱硫システム 2 0 は、システム再循環導管 2 2 から導入された水素と、スイートプロセスガス導管 1 8 から導入された有機硫黄化合物とを硫化水素に転化するように作動可能である。水素化脱硫システム 2 0 からのプロセスガスは、吸着剤ベッド 2 6 に入るが、このベッドは、プロセスガスから硫化水素を除去して、脱硫済みプロセスガスを生成する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

脱硫済みプロセスガス導管 2 8 は、吸着剤ベッド 2 6 のプロセスガス出口を予備改質器 3 0 のプロセスガス入口に連結して、メタンと非メタンアルカンとの双方を含む脱硫済みプロセスガスを予備改質器 3 0 中に導入する。過熱蒸気導管 3 2 は、予備改質器に連結して、過熱蒸気を、S O F C システム 1 0 0 の外部の蒸気生成システムから予備改質器 3 0 に導入する。予備改質器 3 0 は、脱硫済みプロセスガス中の非メタン炭化水素と過熱蒸気からの水とをメタン、炭素酸化物、水素、および水に転化して、改質済みプロセスガスを生成するように作動可能である。

【 0 0 2 7 】

改質済みプロセスガス導管 3 4 は、予備改質器 3 0 のプロセスガス出口を固体酸化物形燃料電池 3 8 の陽極側 3 6 のプロセスガス入口と連結させて、改質済みプロセスガスを固体酸化物形燃料電池 3 8 の陽極側 3 6 中に導入する。陽極側 3 6 は、改質済みプロセスガス中のメタンおよび水を水素および炭素酸化物に内部で改質する。

10

【 0 0 2 8 】

圧縮空気導管 4 0 は、固体酸化物形燃料電池 3 8 の陰極側 4 2 に連結して、圧縮空気を、S O F C システム 1 0 0 の外部の空気処理システムから陰極側 4 2 中に導入する。固体酸化物形燃料電池 3 8 は、陰極側 4 2 の圧縮空気から酸素を抽出して、陰極側 4 2 に酸素欠乏空気を生成する。カソード欠乏空気導管 4 4 は、陰極側 4 2 に連結して、酸素欠乏空気を S O F C 3 8 から S O F C システム 1 0 0 の外部の空気処理システムに通す。

【 0 0 2 9 】

固体酸化物形燃料電池 3 8 は、抽出された酸素陰イオンの、陽極側 3 6 の水素および一酸化炭素との反応を促進して、陽極側 3 6 中に水および二酸化炭素と一緒に陽極排ガスを生じさせる。水素と酸素との間および一酸化炭素と酸素との間の電気化学的反応によって電子が放出され、これらを、固体酸化物形燃料電池 3 8 が統合する。固体酸化物形燃料電池 3 8 は、これらの自由電子のうちの一部を用いて、陰極側 4 2 中での酸素抽出を介して電気化学的反応をさらに促進する。電線用導管 4 6 は、固体酸化物形燃料電池 3 8 が提供した電気を通す。電線用導管 4 6 は、S O F C システム 1 0 0 の外部の配電システムに余剰電気を提供する。

20

【 0 0 3 0 】

陽極排ガス導管 4 8 は、固体酸化物形燃料電池 3 8 の陽極側 3 6 のプロセスガス出口を水性ガスシフト反応炉 5 0 のプロセスガス入口に連結させて、多少の一酸化炭素および水を含む陽極排ガスを水性ガスシフト反応炉 5 0 中に導入する。過熱蒸気導管 5 2 は、水性ガスシフト反応炉 5 0 に連結して、過熱蒸気を S O F C システム 1 0 0 の外部の蒸気生成システムから水性ガスシフト反応炉 5 0 中に導入する。水性ガスシフト反応炉 5 0 は、導入された陽極排ガス中の一酸化炭素および水を、過熱蒸気を用いて二酸化炭素および水素に転化して、シフト済み陽極排ガスを生成するように作動可能である。

30

【 0 0 3 1 】

シフト済み陽極排ガス導管 5 4 は、水性ガスシフト反応炉 5 0 のプロセスガス出口を C O 2 分離システム 2 4 のプロセスガス入口に連結させて、シフト済み陽極排ガスを C O 2 分離システム 2 4 に導入する。C O 2 分離システム 2 4 は、シフト済み排ガスを、二酸化炭素リッチガス、前述の水素リッチ再循環ガス、および凝縮水に分離するように作動可能である。システム再循環導管 2 2 は、C O 2 分離システム 2 4 を水素化脱硫システム 2 0 に連結させて、水素リッチ再循環ガスを水素化脱硫システム 2 0 に通す。C O 2 分離システム 2 4 に連結された水コンデンセート導管 5 6 は、凝縮水を固体酸化物形燃料電池プロセス 1 0 0 の外部のコンデンセート処理に導く。水コンデンセート導管 5 6 は、C O 2 分離システム 2 4 に連結して、凝縮水を S O F C システム 1 0 0 の外部のコンデンセート処理動作に提供する。システム浄化導管 5 8 は、システム再循環導管 2 2 に連結して、C O 2 分離システム 2 4 からの水素リッチ再循環ガスの一部のためのシステム浄化を提供する。

40

【 0 0 3 2 】

50

二酸化炭素ガス導管 14 は、酸ガス除去システム 10 の二酸化炭素ガス出口を CO₂ 処理システム 16 の二酸化炭素入口に連結させて、二酸化炭素リッチガスを CO₂ 処理システム 16 に導入する。二酸化炭素ガス導管 60 は、CO₂ 分離システム 24 の二酸化炭素ガス出口を CO₂ 処理システム 16 の二酸化炭素ガス入口に連結させて、二酸化炭素リッチガスを CO₂ 処理システム 16 に導入する。CO₂ 分離システム 24 は、二酸化炭素リッチガスを分離、精製、脱水、および圧縮して、精製済み二酸化炭素生成物および凝縮水を生成するように作動可能である。水コンデンセート導管 62 は、CO₂ 処理システム 16 の液体出口に連結して、凝縮水を SOFC システム 100 の外部のコンデンセート処理動作に提供する。CO₂ 生成物導管 64 は、CO₂ 処理システム 16 の二酸化炭素生成物出口に連結して、精製済み二酸化炭素生成物を SOFC システム 100 の外部の二酸化炭素処理動作に通す。

10

[蒸気質の炭化水素]

【0033】

SOFC システムは、余剰電気および精製済み二酸化炭素生成物の双方を生産するための供給原料として蒸気質の炭化水素を受容して処理するように作動可能である。供給原料として有用な蒸気質炭化水素の例には、天然ガスと；気化液体コンデンセート、ナフサ、および他の軽質の石油液体留分と；木材、タール、および石炭ガスを含む合成ガスと；メタン、エタン、プロパン、液化石油ガス (LPG)、ブタン、ペンタン、ならびに他の前もって精製されたガスおよび軽質の液体アルカン、シクロアルカン、および芳香族化合物の純粋物または混合物と；地下の炭化水素含有地層から生産される炭化水素流体に伴う炭化水素ガスと；が含まれる。

20

【0034】

現地分離ユニットから分離された随伴ガスと、原油および液体コンデンセートの生産によるノックアウトポットの塔頂留出物とは、蒸気質の炭化水素供給原料である。石油生産坑口での現地分離ユニットは、液体からガスの大雑把で物理的な分離を提供する。随伴ガス供給原料ヘッダのネットワークは、複数の生産井および現地ノックアウトユニットからの随伴ガスを統合する。このネットワークは、このガスを、炭化水素供給原料として、SOFC システムを含むガス回収・処理システムに導く。

【0035】

随伴ガスの大部分はメタンである。随伴ガスはまた、エタン、プロパン、ブタン、ペンタン、ヘキサン、ならびに高炭素アルカンおよびシクロアルカンを含む非メタンアルカンの部分を含む。随伴ガスは、BTX 化合物を含む低炭素芳香族化合物をある分量だけ含むことが可能である。随伴ガスはしばしば、窒素ガスおよび希ガスを含む不活性ガスをある分量だけ含む。有機硫黄（たとえば、メルカプタン、チオール、および二硫化物）、酸素含有化合物、および窒素含有化合物を含むヘテロ有機化合物はしばしば、百万分の一の割合で存在する。一般的に随伴ガス中に存在する他の化合物には、炭素酸化物、硫化水素、酸素、水、および水素が含まれる。

30

[コンデンセート除去システム]

【0036】

SOFC システムは任意に、コンデンセート除去システムを含む。一部の場、特に、随伴ガスを供給原料として用いるときには、蒸気質炭化水素供給原料は、この供給原料のプロセスを継続する前に、導入された炭化水素流から抽出することが望ましい高炭素種を含む。コンデンセート除去システムは、蒸気質炭化水素供給原料を受容して、導入された蒸気質炭化水素から高炭素種を分離して、液体コンデンセートおよび乾燥サワーガスの双方を生成物として生成するように作動可能である。プロセスガスから C₅+炭化水素を液体コンデンセートとして除去することで、SOFC プロセスはより制御しやすくなり、高温かつ低圧のプロセスガス流を維持するのに使用するエネルギーが軽減され、別個のプロセスのための汎用化学品が回収される。乾燥サワーガスは、一般的に、メタン、軽質アルカン、有機硫黄を含むヘテロ有機化合物、硫化水素、不活性物、および炭素酸化物から成るシステム生成物である。

40

50

【 0 0 3 7 】

S O F Cシステムのある実施形態は、蒸気質炭化水素を冷却するために、低温冷却された液体、例えばエチレングリコールおよびプロパンを利用するコンデンセート除去システムを含む。蒸気質炭化水素を冷却させることで、液体コンデンセートおよび乾燥サワーガスが生成される。蒸気質炭化水素を冷却させることでまた、あらゆる水分が除去される。S O F Cシステムのある実施形態は、低温冷却液体コンデンセート除去システムの性能を増進するためにターボ拡張器を用いる。

【 0 0 3 8 】

S O F Cシステムのある実施形態は、蒸気質炭化水素から吸収溶媒を用いて炭化水素コンデンセートを除去する吸収抽出プロセスを利用するコンデンセート除去システムを含む。希薄な吸収溶媒は、高炭素アルカンおよび芳香族種との親和性を有し、かつこれらを蒸気質炭化水素から選択的に吸収して、脂肪吸収溶媒および乾燥サワーガスを生成する。抽出塔は、液体コンデンセートを脂肪吸収溶媒から回収する。吸収抽出プロセスは、極低温プロセスを用いる必要がないという利点を有する。

[酸ガス除去システム]

【 0 0 3 9 】

S O F Cシステムは任意に、酸ガス除去システムを含む。一部の場、特に現地抽出された炭化水素または随伴ガスを供給原料として用いるときには、蒸気質炭化水素供給原料は、除去されるべき硫化水素を含む。硫黄化合物は、下流の処理ユニット中のほとんどの金属酸化物触媒にとって活性抑制剤である。酸ガス除去システムは、コンデンセート除去システムに連結して、これから乾燥サワーガスを供給原料として受容する。酸ガス除去システムは、導入された乾燥サワーガスから硫化水素を抽出するように作動可能である。S O F Cシステムプロセスのある実施形態は、導入された乾燥サワーガスから二酸化炭素を抽出するように作動可能である。導入された乾燥サワーガスから硫化水素および二酸化炭素の双方（ならびに、もし存在すれば、多くの場合幾分かの一酸化炭素）を選択的に除去すると、二酸化炭素リッチガス、酸ガス、および乾燥スイートガスを生成物として生成する。二酸化炭素は、S O F Cプロセスの望ましい生成物であるが、下流の処理ユニット中では希釈剤として作用する。

【 0 0 4 0 】

酸ガス生成物は、クラウド法による硫黄元素への転化を含む、S O F Cシステムの外部での化学処理に、または硫酸の生産に適した硫化水素である。酸ガス除去システムの生成物である乾燥スイートプロセスガスは一般的に、メタン、軽質アルカン、有機硫黄を含むヘテロ有機化合物、および不活性物を含む。二酸化炭素リッチガスを生産するS O F Cプロセスのある実施形態では、二酸化炭素の組成は、モル基準で非二酸化炭素成分を実質的に含まない。

【 0 0 4 1 】

S O F Cシステムのある実施形態は、硫化水素および二酸化炭素を乾燥サワープロセスガスから抽出して、乾燥スイートプロセスガスを生成するために反応性液体を利用する酸ガス除去システムを含む。適切な反応性液体であるアミンの例には、モノエタノールアミン（M E A）、ジエタノールアミン（D E A）、メチルジエタノールアミン（m D E A）、ジイソプロピルアミン（D I P A）、およびジグリコールアミン（D G A）（アミノエトキシエタノール）が含まれる。

【 0 0 4 2 】

S O F Cシステムのある実施形態は、硫化水素および二酸化炭素の双方を乾燥サワープロセスガスから抽出して、乾燥スイートプロセスガスを生成するために物理溶媒を利用する酸ガス除去システムを含む。物理溶媒およびこれらを用いるプロセスの例には、S E L E X O Lプロセス（U O P L L C ; D e s P l a i n e s、I L）に使用されるポリエチレングリコール（D E P G）のジメチルエーテル；R E C T I S O L（登録商標）プロセス（L u r g i A G ; F r a n k f u r t、ドイツ）で使用されるメタノール；P U R I S O L（登録商標）プロセス（L u r g i A G）で使用されるn - メチル - 2 -

10

20

30

40

50

ピロリドン (NMP) ; および FLUOR SOLVENT プロセス (Fluor Corp. ; Irving TX) で使用されるプロピレンカーボネート (PC) が含まれる。物理溶媒を用いるプロセスは、硫化水素および二酸化炭素を別々にまたは同時に抽出することが可能である。S OF C プロセスのある実施形態は、物理溶媒を用いて、硫化水素および二酸化炭素を抽出し、次にこれらの硫化水素および二酸化炭素を別々に放出して、別々の二酸化炭素リッチガスおよび酸ガス生成物を生成する。

【 0 0 4 3 】

S OF C システムのある実施形態は、酸ガス除去システムを CO₂ 脱水システムに連結する。S OF C プロセスのある実施形態は、酸ガス除去システム中で生産された二酸化炭素リッチガスを、精製および最終用途のための迂回流として、CO₂ 脱水システムに対して直接通す。二酸化炭素リッチガスは、モル基準で少なくとも 95% が二酸化炭素である。S OF C システムのある実施形態は、酸ガス除去システムからの二酸化炭素リッチガスが、モル基準で少なくとも 98% が二酸化炭素である場合を含む。

10

[水素化脱硫および吸着ベッドシステム]

【 0 0 4 4 】

S OF C システムは、水素化脱硫システムを含む。水素化脱硫システムは、酸ガス除去システムに連結して、これから乾燥スイートガスを供給原料として受容する。水素化脱硫システム (「水素化処理装置」とも呼ばれる) は、導入された乾燥スイートガス中のヘテロ有機化合物、特に有機硫黄化合物を、水素化処理触媒の存在下で水素によって、アルカンと、吸着ベッドの吸着ベッド材料に吸収されることが可能な化合物とに転化するように作動可能である。有機硫黄化合物は、分解されると、金属酸化物触媒の働きを抑制し得る。吸着ベッドに吸収されることが可能な化合物には、硫化水素、アンモニア、および水が含まれる。ヘテロ有機化合物の吸収可能な化合物への転化では、乾燥スイートガスが、硫化水素、アンモニア、水、水素、メタン、および非メタンアルカンを含む処理済みプロセスガスに転化される。

20

【 0 0 4 5 】

水素化脱硫プロセスは、乾燥スイートガスを水素化処理するために水素を用いる。水素化脱硫システムに導入された水素は、純粋物であったりまたはメタン、非メタンアルカン、不活性ガス、および炭素酸化物を含む他の化合物とブレンドされていたりし得る。S OF C システムのある実施形態は、水素化脱硫システムを CO₂ 分離システムに連結させて、CO₂ 分離システム中で生成される水素リッチガスの少なくとも一部分が、水素化脱硫システム中にシステム再循環物として入ることを可能にする。S OF C プロセスのある実施形態は、CO₂ 分離システム中で生成される水素リッチガスの一部分を、水素化処理供給原料として用いられるように、水素化脱硫システム中にシステム中に導入することを含む。

30

【 0 0 4 6 】

水素添加分解反応は、水素化処理触媒の存在下で発生する。有用な水素化処理触媒の例には、活性金属成分に、高表面積触媒担体上のモリブデン、ルテニウム、ニッケル、タングステン、またはコバルトを含む触媒が含まれる。触媒担体の例には、アルミナおよびアルミナなどの金属酸化物が含まれる。

40

【 0 0 4 7 】

S OF C プロセスのある実施形態は、乾燥スイートプロセスガスを、水素化脱硫システム中に導入する前に、約 300 ~ 約 400 の範囲の温度に予備加熱することを含む。

【 0 0 4 8 】

S OF C システムは、吸着ベッドを含む。吸着ベッドは、水素化脱硫システムに連結して、これから処理済みプロセスガスを供給原料として受容する。吸着ベッドは、導入された処理済みプロセスガス中の吸着ベッドに含まれる吸着ベッド材料に吸収されることが可能な化合物を抽出して、脱硫済みプロセスガスを生成するように作動可能である。百万分の一単位の濃度でしかないとはいえ、硫黄および窒素含有ヘテロ有機化合物を転化することによる硫化水素およびアンモニアは、下流の改質触媒を、長期間にわたる暴露でその働

50

きを抑制し得る。脱硫済みプロセスガスは、メタンおよび非メタンアルカン、不活性物質、ならびに微量の水素、炭素酸化物、および水を含む。脱硫済みプロセスガスは、モル基準で硫黄および硫黄含有化合物を実質的に含まない。

【0049】

吸着ベッドは、硫化水素およびアンモニアと結合するように作動可能な金属酸化物を含む。金属酸化物の例には、錫酸化物、鉄酸化物（「鉄スポンジ」）、および亜鉛酸化物が含まれる。金属酸化物はまた処理済みプロセスガスから二酸化炭素を除去する。硫化水素が金属酸化物と反応すると、水が生成される。

【0050】

S O F Cプロセスのある実施形態は、処理済みプロセスガスの温度を、吸着ベッド中で約200 ~ 約450 の範囲に維持することを含む。この温度範囲が、脱硫を促進し、かつ予備改質器を加熱する。

[予備改質器]

【0051】

S O F Cシステムは、予備改質器を含む。予備改質器は、吸着ベッドに連結して、これから供給原料として脱硫済みプロセスガスを受容する。予備改質器は、脱硫済みプロセスガス中の非メタンアルカンを、予備改質触媒の存在下で蒸気によってメタンおよび炭素酸化物に転化するように作動可能である。非メタンアルカンのメタンおよび炭素酸化物への転化によって、脱硫済みプロセスガスが、メタンおよび二酸化炭素が豊富であるが水素および一酸化炭素が希薄な、改質済みプロセスガスに転化される。

【0052】

予備改質器中に導入された脱硫済みプロセスガスは、メタンと、微量の炭素酸化物、ほとんど二酸化炭素、および幾分かの不活性ガスを持つ非メタンアルカンとを含む、水素リッチガス流である。S O F Cプロセスのある実施形態は、脱硫済みプロセスガスを、約51 ~ 約66組成モルパーセントの範囲のメタンと、約33 ~ 約45組成モルパーセントの範囲の非メタンアルカンと、約0.1 ~ 約1組成モルパーセントの範囲の炭素酸化物と、約1 ~ 約3組成モルパーセントの範囲の不活性物質とを有する予備改質器中に導入することを含む。脱硫済みプロセスガスは、モル基準で硫黄および硫黄含有化合物を実質的に含まない。脱硫済みプロセスガスの組成は、乾量基準に基づく。S O F Cプロセスのある実施形態は、約1.0 ~ 約2.0の範囲のメタン/非メタンアルカンモルパーセント比を有する脱硫済みプロセスガスを導入することを含む。S O F Cプロセスのある実施形態は、脱硫済みプロセスガスを予備改質器中に導入することを含み、ここで、脱硫済みプロセスガスは約350 ~ 約400 の範囲の温度を有する。

【0053】

予備改質プロセスは、脱硫済みプロセスガスを改質するために蒸気を用いる。使用される蒸気は、湿っていたり、乾いていたたり、過熱されていたりし得る。蒸気は、改質反応のための水を予備改質器に提供し、これらの改質反応を支持するための固有の熱も提供する。S O F Cプロセスのある実施形態は、過熱済み蒸気を予備改質器中に導入することを含むが、ここで、過熱済み蒸気は、約250 ~ 約500 の範囲の温度および約8バール ~ 約12バールの範囲の圧力を有する。好ましくは、蒸気は新鮮なもしくは再循環済みのボイラー用水（B F W）または蒸気コンデンセートからのものであり、これで予備改質器中に汚染物質が導入される可能性を最小化することを確実にする。

【0054】

蒸気/炭素比（S C R）は、脱硫済みプロセスガスから予備改質器中に導入された炭化水素および他の予備改質器反応物質のモル量に対する予備改質器中に（蒸気という形態で）導入された水のモル量である。式1は、S C Rの値を定義する。

$$S C R = H_2 O \text{ のモル流量} / (H_2 + C O + C_{1 \dots 5} \text{ アルカンのモル流量}) \quad (\text{式} 1)$$

【0055】

S O F Cプロセスのある実施形態は、S C Rが約0.5 ~ 約3.0の範囲の値を有するように蒸気を予備改質器中に導入することを含む。本方法のある実施形態は、約0.5 ~

10

20

30

40

50

約 1.5 の範囲の S C R を有する。本方法のある実施形態は、約 1.5 ~ 約 3.0 の範囲の S C R を有する。理論によって束縛されることを意図していないが、予備改質器に対するこの範囲の S C R は、高炭素炭化水素からのメタンの優先的な生成を支持しながら、同時に一酸化炭素および水素の生成を最小化する。

【 0 0 5 6 】

予備改質器の温度管理は、断熱的、等温的、または固体酸化物形燃料電池で用いられるメタンが豊富なプロセスガスを生産するために石油精製・処理産業で公知のいずれかの操作技術を介するものであってもよい。S O F C プロセスのある実施形態は、予備改質器を断熱的に作動させることを含む。理論によって束縛されることを意図していないが、蒸気を過熱することによって導入される水の量を制限しながらの断熱的作動は、非メタンアルカン

10

【 0 0 5 7 】

改質反応は、予備改質触媒の存在下で発生する。予備改質器触媒は、予備改質器内の触媒ベッド中に含まれ、かつ合成された蒸気および脱硫済みプロセスガスと流体接触している。活性金属改質触媒材料は、好ましくは、少なくとも 1 つの第 8 族 ~ 第 10 族の金属、より好ましくはニッケルから成る。活性金属改質触媒として有用な金属の例には、コバルト、ランタン、プラチナ、パラジウム、イリジウム、ロジウム、オスミウム、ニッケル、鉄、およびルテニウムが含まれる。ニッケルは、活性があり、低コストで、容易に入手可能であるため好ましい。有用な触媒担体の例には、アルミナおよびアルミナ、マグネシウム - アルミニウム酸化物、セリウム酸化物、セリウム - ジルコニウム酸化物、マンガン酸化物、ランタン酸化物、ニオブ酸化物、モリブデン酸化物、アルミン酸カルシウム、亜鉛酸化物、シリコン酸化物、ならびにチタン酸化物などの金属酸化物および混合金属酸化物 (M M O) が含まれる。理論によって束縛されることを意図していないが、多くの金属酸化物および混合金属酸化物は、触媒活性があると疑われており、したがって、改質に際して共触媒として作動可能である。

20

【 0 0 5 8 】

生産された改質済みプロセスガスは、メタンが豊富な合成ガスである。S O F C プロセスのある実施形態は、約 78 ~ 約 88 組成モルパーセントの範囲のメタン組成と、約 9 ~ 約 12 組成モルパーセントの範囲の炭素酸化物と、約 0.5 ~ 約 10 組成モルパーセントの範囲の水素と、約 0.5 ~ 約 2 組成モルパーセントの範囲の不活性物と、を有する改質済みプロセスガスを生じることを含む。記載する改質済みプロセスガスは、乾量基準に基づいている。S O F C プロセスのある実施形態は、少なくとも 10 組成モルパーセントの二酸化炭素組成を有する改質済みプロセスガスを生成することを含む。S O F C プロセスのある実施形態は、モル基準で非メタンアルカンを実質的に含まない改質済みプロセスガスを生成することを含む。S O F C プロセスのある実施形態は、モル基準で硫黄および硫黄含有化合物を実質的に含まない改質済みプロセスガスを生成することを含む。

30

40

【 0 0 5 9 】

改質済みプロセスガスのメタン選択比 (M S R) は、メタンと他の合成ガス生成物 (一酸化炭素および水素) の量に対するメタンの量である。M S R は、予備改質器が、非メタンアルカン

$$M S R = C H 4 \text{ モル \% } / (C H 4 \text{ モル \% } + H 2 \text{ モル \% } + C O \text{ モル \% }) \text{ (式 6)}$$

【 0 0 6 0 】

S O F C プロセスのある実施形態は、改質済みプロセスガスの M S R 値が約 0.90 ~ 約 0.99 の範囲にあるように予備改質器を作動させることを含む。S O F C プロセスのある実施形態は、改質済みプロセスガスの M S R が約 0.93 ~ 約 0.99 の範囲にある

50

場合を含む。S O F Cプロセスのある実施形態は、改質済みプロセスガスのM S Rが約0.97～約0.99の範囲にある場合を含む。改質済みプロセスガスのM S R値が1に近くように予備改質器を作動させることは、固体酸化物形燃料電池の内部改質能力を最大化するために望ましい。

[固体酸化物形燃料電池]

【0061】

S O F Cシステムは、固体酸化物形燃料電池を含む。この固体酸化物形燃料電池は、固体イオン伝導性材料によって連結され、かつこれと流体接触している陽極側および陰極側を有する。この固体イオン伝導性材料は、酸素イオンを陰極側から陽極側に輸送するように作動可能である。固体酸化物形燃料電池の陽極側は、予備改質器に連結して、これから改質済みプロセスガスを供給原料として受容する。陽極側は、導入された改質済みプロセスガス中のメタンを酸素イオンによって二酸化炭素および水に転化するように作動可能である。メタンの二酸化炭素および水へのこの転化によって、二酸化炭素、水、ならびに任意の幾分かの水素、一酸化炭素、および未反応アルカンが豊富な陽極排ガスが生成される。S O F Cプロセスのある実施形態は、陽極排ガスの温度が約1000の場合を含む。

10

【0062】

固体酸化物形燃料電池の陰極側は、導入された圧縮空気を供給原料として受容する。陰極側は、導入された空気中に存在する酸素分子から、電流を用いて酸素イオンを抽出して、圧縮空気をイオン化するように作動可能である。圧縮空気供給原料からの酸素イオンの抽出によって、酸素を消費した陰極排ガスが生産される。これらの抽出された酸素イオンは、固体イオン伝導性材料を介して陽極側に輸送される。S O F Cプロセスのある実施形態は、陰極排ガスに圧縮空気供給原料を予備加熱させることを含む。

20

【0063】

固体酸化物形燃料電池は、電気を生産するように作動可能である。メタンの転化によって放出された自由電子は、直流を形成する。この電流は、固体酸化物形燃料電池の陽極側から陰極側に循環して、酸素を抽出する。酸素をイオン化する必要上メタン転化によって生産された余分の電流の、全てではないかもしれないが、少なくとも一部は、S O F Cプロセスの余剰電気生成物として固体酸化物形燃料電池から通過する。

【0064】

導入された改質済みプロセスガスの転化は、改質触媒および電気化学転化触媒の存在下で発生する。S O F Cシステムのある実施形態は、固体酸化物形燃料電池の陽極側での直接的内部改質を可能にするように作動可能なS O F Cシステムを含む。直接的内部改質においては、メタンおよび水を水素および炭素酸化物に転化する改質反応は、酸素イオンが水素および炭素酸化物に浸透してこれらと反応して、水および二酸化炭素を生成するのと同じ区画で発生する。S O F Cシステムのある実施形態は、固体酸化物形燃料電池の陽極側での間接的内部改質を可能にするように作動可能なS O F Cシステムを含む。間接的内部改質（すなわち、統合された改質）においては、メタンの水素および炭素酸化物への改質は、改質器触媒を含む第1のセクションまたは区画で発生する。合成ガスの水および二酸化炭素への電気化学転化反応は、電気化学転化触媒を含む第2のセクションまたは区画で発生する。内部エネルギー使用量を最適化するために、統合された改質陽極側の構成は、第2のセクション中での発熱反応からの熱を利用して、第1のセクション中での吸熱反応を助長する。

30

40

[水性ガスシフト反応炉システム]

【0065】

S O F Cシステムは任意に、水性ガスシフト反応炉システムを含む。一部の場合、陽極排ガスは、精製済み二酸化炭素の品質にマイナスの影響を与える微量の一酸化炭素を含む。任意の水性ガスシフト反応炉は、システムから出てくるガス中の二酸化炭素百分率を改善する。水性ガスシフト反応炉は、S O F Cシステムの一部として含まれるとき、固体酸化物形燃料電池の陽極側に連結して、これから陽極排ガスを供給原料として受容する。水性ガスシフト反応炉は、陽極排ガス中の一酸化炭素を、水性ガスシフト触媒の存在下で水

50

によって、二酸化炭素及び水素に転化するように作動可能である。一酸化炭素の二酸化炭素への転化によって、陽極排ガスが、ほとんど二酸化炭素、水、および水素から成るシフト済み陽極排ガスに転化される。このシフト済み陽極排ガスは、実質的に一酸化炭素を含まない。

【 0 0 6 6 】

水性ガスシフト反応は、少なくとも1つのタイプの触媒の存在下で発生する。高温シフト触媒は、一酸化炭素の高い入口での濃度および高い入口での陽極排ガス温度にとっては有用である。高温シフト触媒の例には、酸化クロムを含む、他の金属酸化物促進剤または共触媒と共に、磁鉄鉱などの酸化鉄が含まれる。低温シフト触媒は、低温プロセスガスにとって有用であり、高い選択度を有し、高水素濃度の存在下でも水シフト反応を促進する。低温シフト触媒の例には、混合亜鉛酸化物/アルミナ担体上の銅系触媒が含まれる。

10

【 0 0 6 7 】

S O F C プロセスのある実施形態は、陽極排ガスを、水性ガスシフト反応炉システムに導入する前に、約 2 2 5 ~ 約 3 0 0 の範囲の温度に予冷することを含む。

【 0 0 6 8 】

水性ガスシフト反応炉システムを含まない S O F C システムにおいては、熱交換器は、陽極排ガス中の蒸気質の水が凝縮して気相から脱落するように、陽極排ガスを冷却することが可能である。水性ガスシフト反応炉システムを含まない S O F C システムのある実施形態は、燃料利用率を達成するために、陽極側から出るガスの一部を再循環して陽極側供給原料に戻す。

20

[C O 2 分離および脱水のシステム]

【 0 0 6 9 】

S O F C システムは、C O 2 分離システムを含む。S O F C システムのある実施形態は、固体酸化物形燃料電池の陽極側に連結して、これから陽極排ガスを受容する C O 2 分離システムを含む。S O F C システムのある実施形態は、水性ガスシフト反応炉システムに連結して、これからシフト済み陽極排ガスを受容する C O 2 分離システムを含む。陽極排ガス供給原料(シフト済みまたはそうではない)は、選択的に回収可能なかなりの量の二酸化炭素を含む。C O 2 分離システムは、導入された陽極排ガス(シフト済みまたはそうではない)から二酸化炭素を抽出するように作動可能である。S O F C システムプロセスはまた、導入された陽極排ガスから水を抽出するように作動可能である。導入された陽極排ガスから二酸化炭素および水の双方を除去すると、二酸化炭素リッチガスおよび水素リッチガスの双方がシステム生成物として生成される。二酸化炭素リッチガスは、モル基準で少なくとも 9 5 % が二酸化炭素である。

30

【 0 0 7 0 】

水素リッチガス生成物は、不活性物およびメタンと共になんかの部分の水素を含む。水素リッチガスは、外部電源または発熱プロセスのための、および内部再循環のための水素源として用いるのに適している。S O F C システムのある実施形態は、水素化脱硫システムを C O 2 分離システムに連結させて、少なくとも一部分の水素リッチガスを、再循環流として水素化脱硫システムに提供する。S O F C プロセスのある実施形態は、C O 2 分離システム中で生成された水素リッチガス的一部分を、水素化処理のために水素化脱硫システム中に導入することを含む。

40

【 0 0 7 1 】

C O 2 分離システムは、好ましくは、反応性液体または選択性ポリマー膜分離システムを用いて、陽極排ガスから二酸化炭素を分離する。S O F C システムのある実施形態は、陽極排ガスから二酸化炭素を抽出して、二酸化炭素リッチガスおよび水素リッチガスを生成するために、反応性液体を利用する C O 2 分離システムを含む。S O F C システムのある実施形態は、二酸化炭素を抽出するために物理溶媒を利用する C O 2 分離システムを含む。反応性液体および物理溶媒の例には、酸ガス除去システムに関して前述のこれらが含まれる。S O F C システムのある実施形態は、陽極排ガスから二酸化炭素を抽出して、水素リッチガスの濃縮水および二酸化炭素リッチガスの透過水を生成する膜分離プロセスを

50

利用するCO₂分離システムを含む。有用な膜分離材料の例には、ポリアミド、ポリセミカルバジド、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリ(フェニレンオキシド)、ポリジメチルシロキサン、ポリアニリン、ポリピロロン、ポリイミド、ポリアミドイミドブレンド、ならびに、熱分解樹脂、界面活性剤、黒鉛もしくはポリマー構造体から成る炭素系膜が含まれる。有用な膜分離の材料およびシステムは、水素が豊富な排ガスから二酸化炭素を分離するための、Membrane Technology & Research (カリフォルニア州ニューアーク) によって提供されるものを含む。SOFCシステムのある実施形態は、コンデンセート除去システムに関連して記述したものと類似の低温冷却液を利用するCO₂分離システムを含む。SOFCシステムのある実施形態は、二酸化炭素を抽出して、二酸化炭素が豊富な生成物流を生産するために圧力スイング吸着法(PSA)を利用するCO₂分離システムを含む。

10

【0072】

SOFCシステムは、CO₂脱水システムを含む。CO₂脱水システムは、CO₂分離システムに連結して、これから二酸化炭素リッチガス流を受容する。SOFCシステムのある実施形態は、酸ガス除去システムから二酸化炭素リッチガス流を受容して、処理するように作動可能なCO₂脱水システムを含む。CO₂脱水システムは、二酸化炭素リッチガスからあらゆる残留水を分離して、システム生成物としてSOFCシステムからの輸送に適した精製された二酸化炭素を生成するように作動可能である。精製された二酸化炭素生成物は、EOR操作で用いるのに、または石油化学供給原料として適している。精製された二酸化炭素生成物は、モル基準で少なくとも95%が二酸化炭素である。SOFCプロセスのある実施形態は、精製された二酸化炭素生成物がモル基準で少なくとも98%が二酸化炭素である場合を含む。SOFCプロセスのある実施形態は、精製された二酸化炭素がモル基準で、非二酸化炭素成分を実質的に含まない場合を含む。SOFCプロセスのある実施形態は、精製された二酸化炭素が、大気温度で約150バールの圧力に維持される場合を含む。

20

【0073】

SOFCプロセスのある実施形態は、精製された二酸化炭素生成物を液化して、液体の精製された二酸化炭素を生成するステップを含む。液体の二酸化炭素は、蒸気質の二酸化炭素より長距離にわたって輸送しやすく、かつ保管しやすい。当業者は、精製された二酸化炭素を液化するのに適する圧縮および冷却の技術を理解し、かつ認識する。

30

[SOFCシステムを用いての炭化水素含有地層からの炭化水素流体の回収を増進する方法]

【0074】

SOFCシステムは、炭化水素流体を含む炭化水素含有地層からの炭化水素流体の回収を、随伴ガスを用いて増進するように作動可能である。炭化水素含有地層は、生産井を通じて到達可能である。生産井は、炭化水素含有地層から地表への炭化水素流体の生産を可能にする。炭化水素含有地層はまた、個々の注入井を通じて到達可能である。注入井は、EOR流体の炭化水素含有地層中への導入を可能にするが、これにより炭化水素流体の回収を増進する。

【0075】

40

随伴ガスを用いての炭化水素流体からの炭化水素流体の回収を増進する方法は、生産井を用いて炭化水素含有地層から炭化水素流体を生産するステップを含む。本方法は、生産された炭化水素流体から随伴ガスを分離するステップを含む。本方法は、随伴ガスをSOFCシステム中に導入するステップを含む。本方法は、精製済み二酸化炭素生成物を生産するためにSOFCシステムを作動させるステップを含む。本方法は、精製済み二酸化炭素生成物を、注入井を通じて炭化水素含有地層中に導入するステップを含む。

[支持装置]

【0076】

実施形態は、記載した装置、プロセス、方法、およびシステムを有効にし、かつ作動可能とする多くの更なる標準の部品または装置を含む。当業者に公知のこのような標準装置

50

の例には、熱交換器、ポンプ、ブロー、再沸器、蒸気生成、コンデンサ処理、膜、一段および多段の圧縮器、分離機器および分別機器、バルブ、スイッチ、コントローラ、ならびに圧力、温度、レベル、および流れの検知器が含まれる。

【0077】

プロセスまたは方法の部分的または全部のステップの作動、制御、および実行は、人間相互作用、事前にプログラムされたコンピュータ制御および応答システムまたはこれらの組み合わせを通じて発生し得る。

【0078】

具体的な実施形態の例は、固体酸化物形燃料電池のシステムおよびプロセスのよりよい理解を容易化する。実施例は、本発明の範囲を決して制限または定義すべきではない。

10

【実施例】

【0079】

表1～4に、図1に示すSOFCシステムの一部に対するいくつかのASPENプロセスシミュレータ(マサチューセッツ州、パーリントン市、Aspen Technologies社)のモデル化結果を示す。具体的には、これらのシミュレーションは、脱硫済みプロセスガスの組成、改質温度、およびSCRを含む様々な条件での予備改質器の動作をモデル化する。このモデルは、改質済みプロセスガスの予想された組成を示す。式1は、各々のモデル化シミュレーションに対するSCR値を決定するための基準である。式2は、各々の改質済みプロセスガスの予想された組成に対するMSRの値を決定するための基準である。表1～4は、乾燥モルパーセント基準に基づく入力された生産値を示す。

20

【0080】

【表1】

予備改質器の入口および出口での組成 乾燥モル%基準; 温度=300°C				
	脱硫済みプロセスガス組成	改質済みプロセスガス組成		
SCR:		0.5	1.0	1.5
成分	モル%	モル%	モル%	モル%
C2H4	56.87	87.89	86.80	85.94
C2H6	22.79	0.00	0.00	0.00
C3H8	12.38	0.00	0.00	0.00
C4H10	4.27	0.00	0.00	0.00
C5H12	1.63	0.00	0.00	0.00
CO	0.00	0.03	0.01	0.01
CO2	0.42	10.36	10.51	10.62
H2	0.00	0.75	1.71	2.46
H2S	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	1.64	0.98	0.97	0.96
S	0.00	0.00	0.00	0.00
MSR:		0.99	0.98	0.97

30

40

表1 所与の脱硫済みプロセスガス組成の供給原料に対する互いに異なる3つの蒸気/炭

50

素比 (S C R) の場合に 3 0 0 で S O F C システム中で動作する予備改質器を用いて生成された改質済みプロセスガスの予想される 3 つの組成

【 0 0 8 1 】

【 表 2 】

予備改質器の入口および出口での組成 乾燥モル%基準; 温度=300°C				
	脱硫済みプロセスガス組成	改質済みプロセスガス組成		
SCR:		0.5	1.0	1.5
成分	モル%	モル%	モル%	モル%
C2H4	59.73	87.56	86.47	85.59
C2H6	19.81	0.00	0.00	0.00
C3H8	11.17	0.00	0.00	0.00
C4H10	4.41	0.00	0.00	0.00
C5H12	1.90	0.00	0.00	0.00
CO	0.00	0.02	0.01	0.01
CO2	0.45	10.04	10.19	10.31
H2	0.00	0.82	1.79	2.57
H2S	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	2.54	1.55	1.53	1.52
S	0.00	0.00	0.00	0.00
MSR:		0.99	0.98	0.97

10

20

30

表 2 所与の脱硫済みプロセスガス組成の供給原料に対する互いに異なる 3 つの蒸気 / 炭素比 (S C R) の場合に 3 0 0 で S O F C システム中で動作する予備改質器を用いて生成された改質済みプロセスガスの予想される 3 つの組成

【 0 0 8 2 】

【表 3】

予備改質器の入口および出口での組成 乾燥モル%基準; 温度=400°C				
脱硫済みプロセスガス組成		改質済みプロセスガス組成		
SCR:		0.5	1.0	1.5
組成	モル%	モル%	モル%	モル%
C2H4	56.87	85.58	81.79	78.98
C2H6	22.79	0.01	0.00	0.00
C3H8	12.38	0.00	0.00	0.00
C4H10	4.27	0.00	0.00	0.00
C5H12	1.63	0.00	0.00	0.00
CO	0.00	0.35	0.19	0.16
CO2	0.42	10.41	11.02	11.41
H2	0.00	2.70	6.07	8.55
H2S	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	1.64	0.96	0.93	0.90
S	0.00	0.00	0.00	0.00
MSR:		0.97	0.93	0.90

10

20

表 3 所与の脱硫済みプロセスガス組成の供給原料に対する互いに異なる 3 つの蒸気 / 炭素比 (SCR) の場合に 400 で SOFC システム中で動作する予備改質器を用いて生成された改質済みプロセスガスの予想される 3 つの組成

30

【 0 0 8 3 】

【表 4】

予備改質器の入口および出口での組成 乾燥モル%基準; 温度=400°C				
	脱硫済みプロセスガス組成	改質済みプロセスガス組成		
SCR:		0.5	1.0	1.5
成分	モル%	モル%	モル%	モル%
C2H4	59.73	85.05	81.26	78.40
C2H6	19.81	0.01	0.00	0.00
C3H8	11.17	0.00	0.00	0.00
C4H10	4.41	0.00	0.00	0.00
C5H12	1.90	0.00	0.00	0.00
CO	0.00	0.31	0.18	0.15
CO2	0.45	10.14	10.75	11.15
H2	0.00	2.97	6.35	8.87
H2S	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	2.54	1.51	1.46	1.42
S	0.00	0.00	0.00	0.00
MSR:		0.96	0.93	0.90

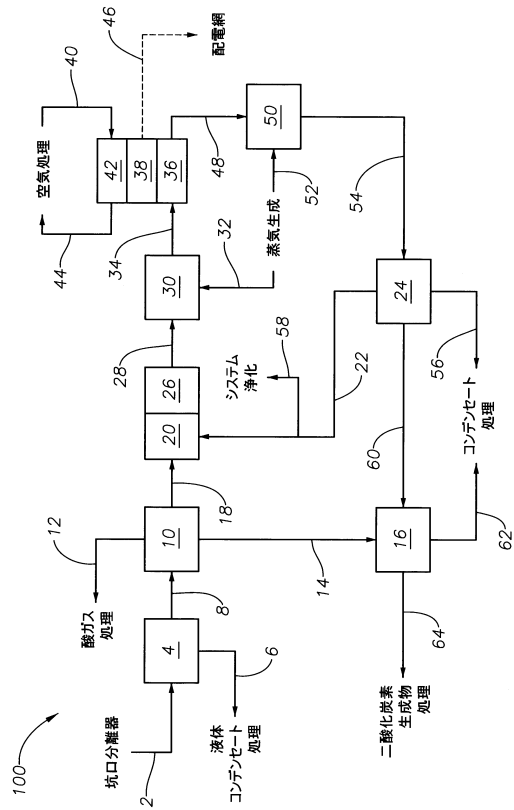
表 4 所与の脱硫済みプロセスガス組成の供給原料に対する互いに異なる 3 つの蒸気 / 炭素比 (SCR) の場合に 400 で SOFC システム中で動作する予備改質器を用いて生成された改質済みプロセスガスの予想される 3 つの組成

10

20

30

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 ファム, タン
サウジアラビア国 31311, ダーラン, サウジ アラムコ, ピー.オー.ボックス 12810

(72)発明者 ハレル, アーデッシュ
サウジアラビア国 31311, ダーラン, サウジ アラムコ, ピー.オー.ボックス 1356

審査官 相羽 昌孝

(56)参考文献 米国特許出願公開第2003/0143448(US, A1)
特表2005-524954(JP, A)
特開2010-050102(JP, A)
特開昭62-114628(JP, A)
特表2004-522015(JP, A)
特表2006-509345(JP, A)
米国特許出願公開第2011/0130474(US, A1)
米国特許出願公開第2011/0207002(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/00 - 8/24