

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-526313

(P2009-526313A)

(43) 公表日 平成21年7月16日(2009.7.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06Q 50/00 (2006.01)	G06F 17/60 154	
	G06F 17/60 ZAB	
	G06F 17/60 106	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2008-554246 (P2008-554246)
 (86) (22) 出願日 平成19年1月19日 (2007.1.19)
 (85) 翻訳文提出日 平成20年9月30日 (2008.9.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/001478
 (87) 国際公開番号 W02007/092142
 (87) 国際公開日 平成19年8月16日 (2007.8.16)
 (31) 優先権主張番号 11/348,193
 (32) 優先日 平成18年2月6日 (2006.2.6)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 309003131
 エデン イノベーションズ リミテッド
 EDEN INNOVATIONS LIMITED
 アイルランド, ダブリン 2, メリオン
 スクエア 85
 85 Merion Square, Du
 blin 2, Ireland
 (74) 代理人 100074099
 弁理士 大菅 義之
 (72) 発明者 フルトン, ジャスティン
 アメリカ合衆国, コロラド州 80526
 , フォート コリンズ, ロシェル サーク
 ル 800

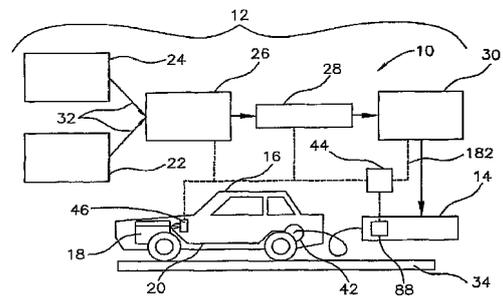
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水素富化燃料の製造、分配、使用および監視のためのシステムと方法。

(57) 【要約】

水素富化燃料を製造、分配、使用および監視するためのシステム [10] は、水素富化燃料を製造するように構成された製造システム [12]、水素富化燃料を使用するように構成されたエンジン [18] を持つ車両 [16]、および、水素富化燃料を車両 [16] に貯蔵し分配するように構成された分配システム [14] を含む。システム [10] は、エンジン [18] に水素富化燃料を供給するように構成された、車両 [16] 上の燃料供給システム [20] と、製造システム [12] を制御し、車両 [16] による水素富化燃料の使用を監視するように構成された制御システム [44] も含む。方法は、水素ガスと炭化水素燃料を生成するステップと、水素ガスと炭化水素燃料を水素富化燃料に混合するステップと、水素富化燃料をエンジンで使用するステップと、製造ステップの間と使用ステップの間に排気を追跡するステップを含む。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

水素富化燃料を製造するように構成された製造システム、
前記水素富化燃料を使用するように構成された車両、
前記水素富化燃料の製造を制御し、かつ、前記水素富化燃料の使用中に前記車両によって生成される排気を監視するように構成された、前記製造システムおよび前記車両と通信する制御システム、
を含むシステム。

【請求項 2】

前記制御システムが、前記水素富化燃料の製造中に、前記製造システムによって生成される排気を監視し、前記水素富化燃料の品質を監視し、安全性を監視するように構成される、請求項 1 のシステム。

10

【請求項 3】

前記水素富化燃料を前記車両に分配するように構成された、前記制御システムと通信する分配システムをさらに含む、請求項 1 のシステム。

【請求項 4】

前記水素富化燃料が水素と炭化水素を含む、請求項 1 のシステム。

【請求項 5】

第一の制御モジュールと、水素富化燃料を使用するように構成されたエンジンとを含む車両、

20

前記水素富化燃料を前記車両に分配するように構成された、前記第一の制御モジュールと通信する第二の制御モジュールを含む分配システム、

前記水素富化燃料の使用中に前記車両によって生成される排気を監視するように構成された、前記第一の制御モジュールと前記第二の制御モジュールと通信する制御システム、
を含むシステム。

【請求項 6】

前記水素富化燃料を製造するように構成された、前記制御システムと通信する製造システムをさらに含み、前記制御システムは前記水素富化燃料の製造を制御するように構成される、請求項 5 のシステム。

【請求項 7】

前記制御システムが、前記製造システムによる前記水素富化燃料の製造中に排気を監視するように構成される、請求項 6 のシステム。

30

【請求項 8】

前記水素富化燃料が水素とメタンを含む、請求項 5 のシステム。

【請求項 9】

前記第一の制御モジュールと前記第二の制御モジュールの間の通信が無線通信を含む、請求項 5 のシステム。

【請求項 10】

前記第一の制御モジュールと前記第二の制御モジュールの間の通信が、カードリーダーもしくは配線接続を含む、請求項 5 のシステム。

40

【請求項 11】

水素富化燃料を製造するように構成された製造システム、
前記水素富化燃料を使用するように構成されたエンジンを持つ車両、
前記水素富化燃料を前記車両に分配するように構成された分配システム、
前記製造システム、前記車両および前記分配システムと通信し、前記製造システムを制御し、かつ、前記水素富化燃料の使用中に前記車両によって生成される排気を監視するように構成された制御システム、
を含むシステム。

【請求項 12】

前記製造システムが、水素源、炭化水素源、および、前記水素富化燃料の製造と輸送の

50

間に基準燃料に対して排気を削減するように選択され運転される輸送システムを含む、請求項 1 1 のシステム。

【請求項 1 3】

前記水素源が、電気分解、エキゾチック水分解、産業廃棄物流、坑井、改質とガス化からなる群から選択される、請求項 1 2 のシステム。

【請求項 1 4】

前記炭化水素源が、坑井、産業廃棄物流、バイオガスからなる群から選択される、請求項 1 2 のシステム。

【請求項 1 5】

前記水素富化燃料が水素と炭化水素を含む、請求項 1 1 のシステム。

10

【請求項 1 6】

前記製造システムが、水素ガスと炭化水素燃料を混合して前記水素富化燃料のように構成された、前記制御システムと通信する混合システムを含む、請求項 1 1 のシステム。

【請求項 1 7】

前記制御システムが、前記水素富化燃料の使用中に前記車両による排気とエネルギー消費のデータを提供するように構成された、前記車両上のエンジン制御モジュールと、前記データを受信するように構成された、前記エンジン制御モジュールと通信する前記分配システム上の制御・監査モジュールとを含む、請求項 1 1 のシステム。

【請求項 1 8】

水素ガスと炭化水素燃料を混合して水素富化燃料のように構成されたブレンダーを含む製造システム、

20

前記水素富化燃料を使用するように構成されたエンジンと、運転条件を感知し、前記エンジンからの排気を計算するように構成された第一の制御モジュールを持つ車両、

前記第一の制御モジュールと通信する第二の制御モジュールを含む、前記車両による前記水素富化燃料の使用を監視し、前記ブレンダーを制御するように構成された制御システム、

を含むシステム。

【請求項 1 9】

前記水素富化燃料を前記車両に分配するように構成された分配システムをさらに含み、前記第二の制御モジュールは前記分配システム上に位置する、請求項 1 8 のシステム。

30

【請求項 2 0】

前記第一の制御モジュールと前記第二の制御モジュールの間の通信が、無線通信、カードリーダー、もしくは配線接続を含む、請求項 1 9 のシステム。

【請求項 2 1】

前記水素富化燃料を貯蔵するように構成された、前記分配システムと流動連通する貯蔵システムをさらに含む、請求項 2 0 のシステム。

【請求項 2 2】

前記水素富化燃料が超臨界状態のメタンと水素ガスを含む、請求項 2 1 のシステム。

【請求項 2 3】

40

水素ガスとメタン燃料を分配するように構成された分配システム、

エンジン、前記分配システムと流動連通する、前記水素ガスと前記メタン燃料を前記エンジンに供給するように構成された前記車両上の燃料供給システム、前記水素ガスと前記メタン燃料を混合するように構成された定容量注入ユニット、前記水素ガスと前記メタン燃料の燃焼中に前記エンジンからの排気を計算するように構成されたエンジン制御モジュール、を含む車両、

前記排気を監視し、前記分配システムによる前記水素富化燃料の分配を制御するように構成された、前記エンジン制御モジュールと通信する、前記分配システム上の監査・制御モジュールを持つ制御システム、

を含むシステム。

50

- 【請求項 2 4】
前記メタン燃料が天然ガスを含む、請求項 2 3 のシステム。
- 【請求項 2 5】
前記監査・制御モジュールと前記エンジン制御モジュールとの間の通信を提供するための無線通信システムをさらに含む、請求項 2 3 のシステム。
- 【請求項 2 6】
水素富化燃料の製造、分配、使用および監視のための方法であって、
水素ガスと炭化水素燃料を供給するステップ、
前記水素ガスと前記炭化水素燃料を混合して前記水素富化燃料にするステップ、
前記水素富化燃料を使用するように構成されたエンジンを持つ車両に前記水素富化燃料を分配するステップ、
前記車両エンジンで前記水素富化燃料を使用するステップ、
前記使用ステップの間に排気と燃料消費を監視するステップ、
を含む方法。 10
- 【請求項 2 7】
同じ制御システムによって、前記混合ステップが制御され、かつ前記監視ステップが実行される、請求項 2 6 の方法。
- 【請求項 2 8】
前記監視ステップが、前記車両用の燃料補給所で少なくとも部分的に実行される、請求項 2 6 の方法。 20
- 【請求項 2 9】
前記監視ステップが、前記使用ステップの間に、運転条件を感知し、前記排気と前記燃料消費を計算するように構成された、前記車両上の制御モジュールを用いて実行される、請求項 2 6 の方法。
- 【請求項 3 0】
前記監視ステップが、前記車両と主制御システムとの間の無線通信を用いて実行される、請求項 2 6 の方法。
- 【請求項 3 1】
水素富化燃料の製造、使用、および監視のための方法であって、
前記水素富化燃料を製造するように構成された製造システムを提供するステップ、
前記水素富化燃料を使用するように構成された車両を提供するステップ、
前記水素富化燃料の製造を制御し、前記水素富化燃料の使用中に前記車両によって生成される排気を監視するように構成された、前記製造システムと前記車両と通信する制御システムを提供するステップ、
前記制御システムを用いて前記製造システムを制御するステップ、
前記車両中で前記水素富化燃料を使用するステップ、
前記制御システムを用いて前記使用ステップの間に排気を監視するステップ、
を含む方法。 30
- 【請求項 3 2】
前記制御システムが、前記製造システムによって生成された排気を監視し、前記水素富化燃料の品質を監視し、前記水素富化燃料の製造中に安全性を監視するように構成される、請求項 3 1 の方法。 40
- 【請求項 3 3】
前記制御システムと通信する、前記水素富化燃料を前記車両に分配するように構成された、分配システムを提供するステップと、前記分配システムを用いて前記車両に前記水素富化燃料を分配するステップをさらに含む、請求項 3 1 の方法。
- 【請求項 3 4】
前記水素富化燃料が水素と炭化水素を含む、請求項 3 1 の方法。
- 【発明の詳細な説明】
- 【技術分野】 50

【0001】

本発明は、概して代替燃料、特に水素富化燃料を製造、分配、使用および監視するためのシステムと方法に関する。

【背景技術】

【0002】

水素や天然ガスなどの気体代替燃料は、自動車エンジンにおいて燃焼による大気汚染が少ないという特性から評価されている。HYTHANEという名で知られる、特に燃焼による大気汚染が少ない気体代替燃料は、水素と天然ガスの混合物から作られる。HYTHANEの接頭語の“Hy”は水素(hydrogen)から取られている。HYTHANEの接尾語の“thane”は、天然ガスの主成分であるメタン(methane)から取られている。HYTHANEはBrehon Energy PLCの登録商標である。HYTHANEは概してエネルギーあたり約5%から7%の水素を含む。天然ガスは概して約90+%がメタンで、少量のエタン、プロパン、高級炭化水素、および二酸化炭素や窒素などの“不活性ガス”を伴う。

10

【0003】

水素とメタンは様々な意味で優れた自動車燃料である。メタンは比較的狭い燃焼範囲を持ち、希薄な空気/燃料混合物と過吸気(super-aspiration)を利用するエンジン応用において、燃料効率を制限する。過剰空気もしくは排気ガスの再利用のいずれかで空気/燃料混合物を希釈することが一般的であり、それぞれ希薄燃焼(lean-burn)および排気ガス再循環(EGR)として知られている。過吸気は、一般にターボチャージャーもしくはその他の過給ポンプで実現される。少量の水素を加えるだけでも、希薄燃焼範囲(lean flammability range)が著しく拡張される。また、メタンは、特に希薄な空気/燃料混合物においては、遅い火炎速度を持ち、一方水素は約8倍速い火炎速度を持つ。メタンは極めて安定な分子で、発火させるのが困難となり得るが、水素はメタンの約1/25の点火エネルギーを必要とするだけである。最終的に、メタンをエンジンの中で完全に燃焼させたり、あるいは排気後処理変換器で触媒するのは困難となり得る。対照的に、水素はエンジンにおいてメタン燃焼を促進する強力な燃焼促進剤であり、また、水素は、より低い排気温度での効率的な触媒作用のための強力な還元剤でもある。

20

【0004】

純粋な水素燃料は100%まで排気を減らすことができるが、近いうちに、化石燃料と水素の間に好ましくないコスト差が生じる。水素のコストは水素エネルギーに比例し、基準となるエネルギーシステム(例えば非水素燃料車両)によって消費されるエネルギーのパーセンテージとして表現され得る。しかしながら、水素コストのみが水素燃料システムによって提供される利点を考慮するわけではない。水素を燃料として使用する利点を完全に理解するべく、水素の使用と経済的側面を大観することが必要である。

30

【0005】

本発明は、水素富化燃料による排気の削減について検討する。基準状態と比べて、%水素エネルギーに対する%排気削減の比は、レバレッジ係数と呼ばれる水素利用の有効性の尺度となる。水素レバレッジは、[%排気削減]/[%水素として供給された基準エネルギー]の比と定義される。例えば、100台の天然ガスのバスの全車両を純粋な水素での運転に切り替えると、全部で約7%の排気削減になる。これは、水素使用のレバレッジが $7\%/7\% = 1$ であることを意味する。しかしながら、100台全てのバスに対し、天然ガスに混合した同量の水素(エネルギーあたり7%)を同じ全車両が使用すると、全車両全体で50%の排気削減が実現される。この場合、水素レバレッジは $50\%/7\% = 7.14$ 、すなわち純粋な水素の場合の7倍以上の効果である。

40

【0006】

本発明は、燃料の完全なライフサイクルについても検討する。例えば、エタノールなどのバイオ燃料はガソリンエンジンで生じる排気を削減し得る。しかしながら、エタノールの製造には、農業用トラクターで燃焼されるディーゼル燃料、農業廃棄物の燃焼、発酵と蒸留の間の過剰な二酸化炭素の生成、流通用のタンカートラックで燃焼されるより多くのディーゼルが含まれる。本発明は、エタノール燃料と、それに代替される基準燃料との間

50

でいかなる妥当な比較をする前に、これらの排出源の全てが考慮されるべきであると考え
る。

【0007】

水素を自動車燃料として使用することへの根強い関心と著しい進展にも関わらず、これ
は未だに、アルコール、プロパン、もしくは天然ガスのような確立された代替燃料とはな
っていない。本発明は、水素富化燃料を製造、分配、使用、および監視するための“採掘
から消費まで(wells to wheels)”の方法を利用するシステムを対象とする。本発明の
システムを用いて、ライフサイクルアセスメントは、水素富化燃料の製造、輸送、および
使用に伴う総環境影響を、任意のその他の基準燃料に対して比較することができる。

【0008】

前述の関連技術の例と、それに関する制限は、実例であって排他的なものではない。関
連技術のその他の制限は、明細書を読み図面を考察することで当業者に明らかとなるだろ
う。

【発明の開示】

【0009】

水素富化燃料の製造、分配、使用および監視のためのシステムと方法が提供される。以
下の実施形態とその態様は、システムと方法と共に説明され、図解され、典型例および実
例となることを意味しており、範囲を限定するものではない。

【0010】

システムは、水素富化燃料を使用するように構成されたエンジンを持つ少なくとも一つ
の車両を含む。システムは、水素富化燃料を製造するように構成された製造システムと、
水素富化燃料を車両に分配するように構成された分配システムも含む。システムは、水素
富化燃料の使用中に車両による排気とエネルギー消費を監視するように構成された制御シ
ステムも含む。さらに、制御システムは、水素富化燃料の製造を監視し制御するように構
成され、かつ、排気とエネルギー消費の追跡に必要なデータを収集するように構成される
。制御システムは水素富化燃料の製造と使用の間の排気を最小化するように使用すること
もでき、かつ基準燃料と比較してエネルギー消費を最小化するように使用することもでき
る。

【0011】

製造システムは、水素ガスを供給するように構成された水素源と、ベース炭化水素燃料
を供給するように構成された炭化水素源を含む。水素ガスと炭化水素燃料は、製造シス
テムによって冷却、混合、圧縮され、低温もしくは超臨界状態で、予混合加圧ガスもしくは
流体として、水素富化燃料を供給することができる。製造システムは水素ガスと炭化水素
燃料を別々の成分として交互に車両に供給ことができ、その後車両に搭載されて混合
することができる。

【0012】

分配システム、および製造システムと制御システムの構成部品は、従来のガソリンスタ
ンドと構造と機能が類似した燃料補給所に配置することができる。実施形態例では、分配
システムは、予混合状態で水素富化燃料を車両に分配するように構成される。代替の実
施形態では、水素ガスと炭化水素燃料は別々の成分として供給され、車両が水素ガスと炭
化水素燃料を混合するための定容量注入システムを含む。

【0013】

方法は、水素富化燃料を供給するステップ、水素富化燃料を車両に分配するステップ、
水素富化燃料を車両エンジンで使用するステップ、少なくとも使用ステップの間に排気と
燃料消費を監視するステップを含む。監視ステップは、エンジン運転条件、排気物質デー
タ、燃費データなどのエンジン性能データを感知し記録することができる。監視ステッ
プは、データを監視し、水素富化燃料の製造、分配および使用の間を含む、水素富化燃料の
全ライフサイクルにわたる排出を推定し追跡することもできる。さらに、監視ステップは
水素富化燃料の状態を認証し、水素富化燃料の製造、分配および使用の間の安全と制御を
もたらすことができる。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明の開示において以下の定義が使用される。

【0015】

HYTHANEとは水素とメタン（天然ガス）を含む水素富化燃料を意味する。

【0016】

超臨界低温燃料（supercritical cryogenic fuel：SCCF）とは、超臨界炭化水素流体に溶解した水素ガスを含む水素富化燃料を意味する。

【0017】

超臨界流体とは、流体の臨界温度と臨界圧力を超える温度と圧力の流体を意味する。この状態では、液相と気相の間の区別がなく、流体は濃密ガスと称され、その中では飽和蒸気と飽和液体の状態が同一である。

【0018】

温室効果ガス排出とは、温室効果と地球温暖化の原因となる大気中への排出ガスを意味する。

【0019】

[システム10]

図1を参照すると、水素富化燃料を製造、分配、使用および監視するためのシステム10が図解される。システム10は、水素富化燃料を製造するための製造システム12、水素富化燃料を分配するための分配システム14、水素富化燃料を使用するように構成されたエンジン18を持つ車両16を含む。車両はエンジン18用の燃料供給システム20と、エンジン制御モジュール46も含む。

【0020】

システム10（図1）は、通信回線182を介して、車両16上のエンジン制御モジュール46、分配システム14の監査・制御モジュール88、製造システム12の構成部品と通信する主制御システム44も含む。主制御システム44は、車両特有のデータ、特に排気物質データ（もしくは排気を推定するために使用できる運転データ）および車両燃費データを感知、検索、保存、通信するように構成される。このデータは、排気を減らしエネルギー消費を削減するために、特定の車両16を調節もしくは再設定するために使用できる。また、このデータは1997年京都議定書のカーボンクレジットシステムのための地球温暖化ガスの削減の計算を提供するように使用することもできる。車両の排気だけでなく、主制御システム44は、製造システム12の構成部品によって生じた排気を含む、水素富化燃料のライフサイクル全体にわたって、排気を監視するために使用することもできる。主制御システム44は、製造システム12によって製造された水素富化燃料の状態を監視、認証し、製造システム12、分配システム14、車両16のための安全と制御を提供するように構成することもできる。

【0021】

実施形態例では、水素富化燃料は、メタン燃料に混合された水素ガスを含むHYTHANEを含む。さらに、メタン燃料は加圧ガス（CNG）、液化天然ガス（LNG）、もしくは超臨界流体の形をとることができる。しかしながら、水素富化燃料はメタン燃料よりはむしろ、その他の炭化水素燃料（エチレン、エタン、プロパン、プロピレン、プロペン、ブタンなど）を含むことができる。別の代替案として、水素富化燃料は、エチレン、エタン、プロパン、プロピレン、プロペン、ブタンなどの高級炭化水素と併用されるメタンなど、複数の炭化水素を含むことができる。さらに、水素富化燃料は、物理的特性や性能特性を改善するように構成される添加物を含むことができる。

【0022】

[製造システム12]

図1に示すように、製造システム12は、水素源22とメタン（天然ガス）源24を含む。製造システム12は、水素とメタン（天然ガス）を常温で混合してHYTHANEにするための混合システム26も含む。温度の典型的な範囲は40 から125 となり得る。混合システム26は選択された圧力にHYTHANEを圧縮するための圧縮システム28も含む。選択される圧力の典

10

20

30

40

50

型的な範囲は、有用な車両貯蔵庫に対し2000 psigから5000 psigとなり得る。

【0023】

混合システム26(図1)は、従来のガソリンスタンドと構造と機能が類似した燃料補給所34(図1)に配置することができる。交互に、混合システム26(図1)は別の場所に配置することができ、予混合HYTHANEは燃料補給所34(図1)に輸送される。製造システム12(図1)は、水素源22から水素を、メタン(天然ガス)源24からメタンを混合システム26に輸送するための燃料輸送システム32(図1)も含む。製造システム12(図1)は、燃料補給所34(図1)に位置する階段状(cascade)の貯蔵タンクの形をとる貯蔵システム30(図1)も含む。分配システム14(図1)から車両燃料タンク42(図1)に燃料を素早く分配するために、少なくとも階段の最終段階は、車両燃料タンク42(図1)の最大圧力よりも著しく高い圧力に維持される。高圧貯蔵庫を伴わない場合、ゆっくりと注入する分配(slow-fill dispensing)のみが可能であるが、これは利用度の高い車両の大規模な集団には実用的ではない。

10

【0024】

[水素源22]

水素源22(図1)は、水素生成の間の排気とエネルギー消費を最小化するように選択され、操作される。多くの可能性のある水素源があり、その選択によってシステム10(図1)全体の環境影響に大きな影響を及ぼし得る。適切な水素源は、電気分解、エキゾチック水分解(exotic water splitting)、産業廃棄物流、坑井(wells)、改質およびガス化を含む。

20

【0025】

[電気分解 水素源22]

電気分解は、電気入力を用いて水分子をその構成要素である水素と酸素に分解するプロセスである。水の電気分解は、風力もしくは太陽光電池などの再生可能エネルギーから、あるいは一般的な電力グリッド(electrical energy grid)からの電力を用いてもよい。

【0026】

電気分解は、水と電気が利用可能ないかなる場所でも水素を生成することができる便利なものである一方で、その装置は高価である可能性がある。さらに、電気分解によって生じた水素のコストは、電気入力のコストに応じて、その他の供給源よりも通常は高くなる。その他の水素生成方法と比較した際に、電気分解を特別なものとするある一つの特徴は、高圧で水を電解することができ、また、加圧水素を生成するのに必要な過剰電圧が、熱力学的にほぼ申し分ないということである。効率の観点では、高圧電気分解はおそらく加圧水素を生成する最良の方法である。しかしながら、電気分解は比較的高価な電力と装置を使用するので、'高効率'は'低コスト'を必ずしも意味するとは限らない。

30

【0027】

[エキゾチック水分解 水素源22]

よりエキゾチックな(または新しい)水分解の方法が提示されているが、現在のところ一般的に使用されていない。これらの方法は、原子核熱化学的方法、光分解による方法、および、微生物による方法、もしくは電気補助装置付きの微生物による方法を含む。

40

【0028】

[産業廃棄物流 水素源22]

環境問題を考えると、特定の再生可能な電気分解処理によって生成される水素に次ぐ改善の策は、かなりの水素含有量を有する産業廃棄物流の利用である。産業廃棄物は、多くの場合において最低コストの水素源ともなり得る。鋼鉄および二次アルミニウムの製造、塩素/アルカリプラント、ガラス工場、製紙工場、および時には石油もしくはガスの精製所は、水素豊富な排ガス流を生じる。水素を分離するための、証明された産業技術が多く存在し、水素をその他の気体の中で特徴付けるような、水素の多くの特性によって容易になる。

【0029】

HYTHANEは、水素源の最終的な純度にあまり敏感ではない。水素廃棄物流によく見られ

50

る、例えば一酸化炭素などの100万分の1レベルの汚染物質は、燃料電池に回復不能な損傷を与える可能性がある。しかしながら、HYTHANE燃料のエンジンは、水素と天然ガスに数%以下で混合している一酸化炭素からは重大な影響を受けない。実際、一酸化炭素は水素と同様に広い燃焼範囲を持ち、一酸化炭素の特有の燃料遅延（combustion delay）は、水素の存在と燃焼によって加速される。窒素、二酸化炭素、メタンなど、燃料電池に回復不能な汚染や損傷を与えないその他の気体は、水素源の流れの中に存在しながら性能を損なう可能性がある。これらの構成成分のほとんどは、天然ガスに見られる様々な気体で共通のものであり、従ってやはり、HYTHANEエンジンは燃料品質に関して言えば非常にロバストである。さらに、HYTHANEに90+%の水素を生成する水素分離装置と、燃料電池に必要な99.9999+%の純度をもたらす装置との間には、莫大な資本とエネルギーコストの差がある。

10

【0030】

[坑井(wells)(天然鉱床) 水素源22]

一般的ではないが、比較的高濃度の水素が自然に発生する、ある天然ガス鉱床が存在する。パイプライン天然ガス供給用に設置された典型的な加熱装置にとっては、多過ぎる水素は問題となり得るが、これらの供給源から除去された水素は、車両の燃料補給のためにさらに下流で使用することができる。天然の水素豊富なガスの鉱床が適当な場所に偶然ある場合は、坑井から専用のパイプラインと、HYTHANE車両燃料補給所への燃料調節プラントを用いることさえ可能となり得る。

【0031】

[改質とガス化 水素源22]

今日利用可能な工業用水素の大部分は、水蒸気改質と呼ばれる、天然ガスと水の高温化学反応から作られる。この処理は二酸化炭素を生じ、元の天然ガス原料の燃料エネルギーのいくらかを消費する。従って、ライフサイクルの観点では、これはエネルギー効率もしくは温室効果ガス排出にとって最善の水素の選択ではない。しかしながら、水蒸気改質した天然ガスは、一般的に低コストの水素源であり、この処理は巨大な石油精製所のプラントから、HYTHANE分配システムのオンサイトユニット(on-site units)に至るまで拡大縮小可能である。新しい、もしくは既存の天然ガス燃料補給設備で比較的低コストの水素を生成するのに、天然ガス源と水(および制御のための少量の電力)のみが必要とされる。ここではその他の水素源は高価過ぎる可能性があるか、もしくはその他の点で利用できない。

20

30

【0032】

水素は、バイオマスもしくは石炭を含む、様々な原料の部分酸化によっても生成され、処理は一般的にガス化と称される。部分酸化ステップからの生成物流は、水蒸気、二酸化炭素、窒素と共に水素と一酸化炭素を含む。部分酸化によって生じた熱は、水と一酸化炭素の吸熱反応(自己熱による水・ガスシフトプロセス)からより多くの水素と二酸化炭素を作り出すために、追加の蒸気注入を用いて使用できる。

【0033】

[メタン(天然ガス)源24]

水素源22のように、HYTHANE用のメタン(天然ガス)源24の選択は、システムの排出のライフサイクルアセスメントに著しい影響を及ぼす可能性がある。水素源22と同様に、メタン(天然ガス)源24は排出とエネルギー消費を最小化するように選択されて操作される。適切なメタン(天然ガス)源24は、坑井、産業廃棄物流、バイオガスを含む。

40

【0034】

[坑井(天然鉱床) メタン(天然ガス)源24]

世界のエネルギーネットワークにおけるメタンのほとんど全ては、天然“化石燃料”鉱床に由来する。こうした供給源は、最も広く知られており、産業利用や車両での利用のために最も安価なメタンを供給する。また、この供給源は、隔離された(sequestered)炭素の形をとり、最終的にその炭素を温室効果ガスとして大気中へ戻すので、この供給源の環境影響を考慮しなければならない。それでもやはり、化石天然ガスのライフサイクル排出は、よりエネルギーの強い製造工程や、より高い炭素濃度を持つその他の燃料(例えば

50

ガソリンなど)に対して、引けを取らないものとなり得る。

【0035】

将来、凍った天然ガスハイドレート(NGH)化合物の巨大な海の鉱床が、かなりのメタンの供給源を提供し得る。こうしたハイドレート組成物の中および下に含まれる総メタンエネルギーは、既知の世界の地下の石油およびガスの埋蔵量の少なくとも二倍と推定される。地下天然ガスを持たない多くの国は、この水中資源を利用することができる。この供給源の環境影響は、地下メタンと同様であるが、多くのメタンハイドレート組成物の半安定な性質のために、メタンが大気中に放出されるリスクが高い。メタンは強力な温室効果ガスであり、その地球温暖化への影響は、100年間にわたって重量で二酸化炭素の21倍に匹敵する。

10

【0036】

[産業廃棄物流 メタン(天然ガス)源24]

メタン豊富な廃棄物流は、石炭鉱業、石油、薬品、鋼鉄の製造など、多くの産業によく見られる。パイプライン輸送のためにこれらのメタン源を収集、分離、圧縮するステップは、従来の坑井からの天然ガス生産と比較して必ずしも経済的であるとは限らない。多くの場合、輸送のためにガスを圧縮もしくは液化することは経済的ではないので、産業プロセスは廃棄物メタンを放出もしくは燃焼(焼却)する。さらに、海底石油製造施設などの遠隔地は、パイプライン輸送という選択肢を持っていないことさえある。ここでもやはり、天然ガスハイドレートは、メタンの圧縮もしくは液化の装置およびエネルギー消費を伴わずに、これらの標準的なメタン源が収集されるために有用な方法を提供し得るが、NGH生産技術はこの時点では十分に発展していない。

20

【0037】

[バイオガス メタン(天然ガス)源24]

メタンの産業廃棄物流と同様に、メタン豊富な‘バイオガス’の様々な供給源がよく見られるが、化石天然ガス生産と比較して、収集と輸送に必ずしも経済的ではない。地球温暖化問題と、京都議定書によって作成されたカーボンクレジット取引市場は、こうした供給源の利用がより広まることを正当化し得る。より容易に収集されるバイオガス排出のいくらかは、埋立地および廃水処理プラントから得られる。別の考えられる供給源は、家庭の廃水処理システムと同様の、廃水管理システムを持つ、より大きな家畜管理施設である。

30

【0038】

[燃料輸送システム32]

適切な燃料輸送システム32は、パイプライン、船およびトラックを含む。水素源22およびメタン(天然ガス)源24と同様に、輸送システム32は排気とエネルギー消費を最小化するように選択され、操作される。

【0039】

[パイプライン 燃料輸送システム32]

天然ガスの形のメタンにとって適切な一つの輸送方法は、パイプラインネットワークを通すものである。適度に高圧のパイプラインが時折利用可能であるが、天然ガス分配システムの大部分は、低圧パイプラインガスによって供給される。

40

【0040】

パイプラインを通して水素を輸送および分配することも可能である。最古のガスパイプラインネットワークの多くは、暖房と照明用の‘都市ガス’を使用する都市で発展した。このガスは、石炭の水蒸気改質によって生成される水素と一酸化炭素の混合物であった。さらに、水素パイプラインは石油精製所や化学プラントの内部やその間でよく見られる。

【0041】

[液化および船/トラック 燃料輸送システム32]

離島もしくは沿岸国にとっては、輸入液化天然ガス(LNG)は利用可能な唯一の天然ガス資源となることが多い。しかしながらLNGは、海外の製造コストの方が安いために、国内天然ガス資源が開発されている国に経済上輸入されることもある。天然ガスは温度を約

50

-160 に下げる冷凍サイクルで液化され、それにより、メタンの体積を大気圧における体積の約1/600に減らす。こうして体積を減らすことで、莫大な量を特殊なタンカーで海外に輸送したり、あるいは鉄道車両もしくは長距離輸送トレーラーの超断熱 (super-insulated) タンクで、輸送することができる。大きな工業規模では、液化プロセスは天然ガスエネルギーの約15%を消費する。

【 0 0 4 2 】

水素は低温液体として輸送されてもよいが、大気圧で-235 よりもはるかに低い温度で輸送される。液化プロセスは液体水素の燃料エネルギーの約30%を消費する。鉄道車両もしくは長距離トレーラーのタンクを使った水素の液体輸送は、最大で約1600kmの距離までは比較的よくあるが、大規模な海上輸送は水素の分配には利用されない。水素の大量消費者は、現地の (on-site)、もしくはパイプライン輸送を通ず、いずれかの専用製造設備を持つ。

10

【 0 0 4 3 】

LNGと水素の予混合超臨界混合物を輸送することも可能である。超臨界混合物はLNGと同様の密度を持つが、液体 / 気体界面のない単一状態において、よく混合された状態のまま、より気体らしくふるまい、飛び散ったり跳ね返ったりすることなくタンクを完全に充填する。

【 0 0 4 4 】

[天然ガスハイドレートおよび船 / トラック 燃料輸送システム32]

天然ガスの水和物 (ハイドレート) は、現在輸送に使用されていない。しかしながら、NGHは約0.9 g/mlの密度で、重量%で最大13.4%のメタンを含む。これは圧力17 MPa、もしくは約2480 psiに等しいメタン貯蔵密度を意味する。ハイドレートの長期安定性を確保するために必要なのは、わずか約2.5 MPa (360 psi) の実圧と、-5 の貯蔵温度だけである。準安定性と、比較的遅い分離のために、NGHを大気圧で-5 で一時的に (例えば輸送の何日間か) 貯蔵することが可能である。

20

【 0 0 4 5 】

一つの輸送および分配プロセスは、気化LNGをパイプラインに押し込むために利用されるプロセスと同様に、NGHスラリーをパイプライン圧力に圧縮し、熱することによって分離を引き起こす。しかしながら、分離ハイドレートから分離した液体の水は、その後加圧ガス流から分離されなければならない。

30

【 0 0 4 6 】

[圧縮とトラック 燃料輸送システム32]

陸上で約300kmまでの短距離の場合、天然ガスと水素は、経済上、運輸省規格のシリンダー (DOT specification cylinders) に入れて幹線道路および鉄道で、幹線道路貨物タンクおよびチューブトレーラーで、ならびに鉄道タンク車で、加圧ガスとして輸送することができる。チューブトレーラーは、小さな集団用のHYTHANE燃料補給所に水素の分配を供給するのに魅力的な方法となり得る。さらに、チューブトレーラーもしくは鉄道タンクは、中心施設で混合、加圧されたHYTHANEを、便利な天然ガスパイプラインを利用できない近隣の燃料補給所に供給し得る。

【 0 0 4 7 】

40

[混合システム26]

図 2 2 Dを参照すると、混合システム26、ならびにその製造システム12および分配システム14との接合部分のさらなる詳細が概略的に図解されている。図 2 2 Dに関して、図 2 は完全な混合システム26を図解し、図 2 A 2 Cは図 2 の拡大部分であり、図 2 Dは図 2 2 Cからの説明文を含む。

【 0 0 4 8 】

混合システム26 (図 2) はメタン (天然ガス) 管90 (図 2 A) および水素ガス管92 (図 2 A) を含む。メタン (天然ガス) 管90 (図 2 A) の典型的な流速は、最低圧力50 psig で約400 SCFMとなり得る。水素ガス管92 (図 2 A) の典型的な流速は、最低圧力50 psig で約100 SCFMとなり得る。メタン (天然ガス) 管90 (図 2 A) のサイズは、必要に応じて

50

典型的には3インチの管が選択され得る。水素ガス管92(図2A)のサイズも、必要に応じて典型的には1インチの管が選択され得る。

【0049】

メタン(天然ガス)管90(図2A)は、ボール弁94(図2A)、逆止め弁96(図2A)、圧力調整器98(図2A)、圧力逃がし弁100(図2A)と流動連通(flow communication)する。キャビネットウォール180をボール弁94(図2A)と逆止め弁96(図2A)の間に配置できる。さらに、圧力ゲージ102、104(図2A)が圧力調整器98(図2A)の両側の圧力を感知する。水素ガス管92(図2A)は、ボール弁106(図2A)、逆止め弁108(図2A)、圧力調整器110(図2A)、圧力逃がし弁112(図2A)と流動連通する。キャビネットウォール180(図2A)はボール弁106(図2A)と逆止め弁108(図2A)を分離する。さらに、圧力ゲージ116、118(図2A)は圧力調整器110(図2A)の両側の圧力を感知する。

10

【0050】

メタン(天然ガス)管90(図2A)と水素ガス管92(図2A)は、メタン(天然ガス)と水素を常温に冷却するように構成された並流熱交換器120(図2A)とも流動連通する。並流熱交換器120(図2A)のメタン(天然ガス)出力管122(図2Aおよび2B)は、空気操作弁126(図2B)、温度ゲージ128(図2B)、圧力ゲージ130(図2B)、音速ノズル132(図2B)を含む。並流熱交換器120(図2A)の水素ガス出力管124(図2Aおよび2B)は、空気操作弁134(図2B)、温度ゲージ136(図2B)、圧力ゲージ138(図2B)、音速ノズル140(図2B)を含む。空気操作弁126、134(図2B)は、主制御システム44(図2A)、および主制御システム44(図2A)の品質管理システム176(図2A)と、通信回線182(図2B)を介して通信する。

20

【0051】

並流熱交換器120(図2A)のメタン(天然ガス)出力管122(図2B)と水素ガス出力管124(図2B)は、水素富化燃料を形成するためにメタン(天然ガス)と水素ガスが混合される混合チャンバ144(図2B)とも流動連通する。混合チャンバ144(図2B)は、主制御システム44(図2A)と通信回線182を介して通信する、圧力スイッチ(low)184(図2B)と、圧力スイッチ(high)186を含む。圧力スイッチ184、186(図2B)は、混合チャンバ144(図2B)の流れの出入りを制御するために使用できる。混合チャンバ144(図2B)は、水素富化燃料が回収されて一時的に貯蔵されるバッファータンク146(図2B)とも流動連通する。バッファータンク146(図2B)は、圧力ゲージ168(図2B)、排水弁148(図2B)、調節弁150(図2B)、ならびに、通気管などの安全な場所に抜けるように構成された圧力逃がし弁152(図2B)も含む。

30

【0052】

バッファータンク146(図2B)の出力管154(図2Bおよび2C)は、ボール弁156(図2C)、圧力ゲージ158(図2C)、ならびに、圧縮システム28(図2C)に流動連通する逆止め弁160(図2C)を含む。圧縮システム28(図2C)は、水素富化燃料を選択された圧力に加圧するように構成される。圧縮システム28(図2C)は、次に、選択された量の水素富化燃料を選択された圧力で貯蔵するように構成された貯蔵システム30(図2C)と流動連通する。貯蔵システム30(図2C)は分配システム14(図2C)とも流動連通する。さらに、HYTHANEリサイクルループ162(図2C)が、貯蔵システム30(図2C)、ならびに、バッファータンク146(図2B)からの出力管154(図2C)と流動連通する。HYTHANEリサイクルループ162(図2C)は、圧力調整器164(図2C)とボール弁166(図2C)を含む。

40

【0053】

通信回線182(図2C)は、主制御システム44(図2A)、圧縮システム28(図2C)、貯蔵システム30(図2C)、車両16(図2C)上のエンジン制御モジュール46(図2C)、分配システム14(図2C)の監査・制御モジュール88(図2C)の間で通信を確立する。さらに、主制御システム44(図2A)の品質管理部分176(図2C)は、品質管理サンプルを抽出し分析するように構成された、バッファータンク146(図2B)と流動連通

50

する品質標本ループ170(図2B)を含む。品質標本ループ170(図2B)は、圧力調節器174(図2B)と調節弁172(図2B)も含む。主制御システム44(図2A)は、安全を保障する圧力、温度、流速を使用するように構成された安全システム178(図2A)も含む。

【0054】

主制御システム44(図2A)は、製造システム12と分配システム14を含むシステム10の管理を実現するように構成されたソフトウェアでプログラムされたコンピュータもしくはコントローラを含む。さらに、安全システム178(図2A)と協働する主制御システム44(図2A)は、安全補助システム(safety override system)を提供する。さらに、主制御システム44(図2A)は、水素富化燃料の混合と分配の間に、品質保証の監視と制御をもたらし、構成要素のいくつかは各種の燃料の特有の要求を満たすように合わせることができるが、主制御システム44(図2A)は様々な種類のHYTHANEのいずれも使用することができる。また、主制御システム44(図2A)は、データを収集し、パラメータを検証し、ユーザー設定可能な出力パラメータのリアルタイムコンピューティングも実行する。さらに、主制御システム44(図2A)は、京都議定書の炭素クレジットもしくはNOxクレジットを含む、異なる取引可能な排出権プログラムの公認監査を実行する。

10

【0055】

図3を参照すると、主制御システム44の運転特性がフローチャートで図解されている。円200で示すように、混合システム26は、選択された圧力と温度で、一体化された比例混合物に構成成分(例えば水素ガスとメタン)を供給するように制御される。円202で示すように、混合システム26の動的制御と安全システム178の制御が提供される。円204で示すように、分配システム14と、車両16への供給が制御される。円208で示すように、HYTHANE品質管理システム176と、車両インターフェースへの通信システム188が制御される。円206で示すように、HYTHANE認識、データ収集、監査・安全装置を含む車両エンジン制御モジュール46が制御される。主制御システム44のデータ収集と監査機能のさらなる詳細についてこれから説明する。

20

【0056】

[主制御システム44 排気物質データ収集および監査]

1997年の京都議定書は、各国の温室効果ガス排出削減目標達成にかかるコストの引き下げを援助するために、市場基盤の排出権取引制度を作った。HYTHANEの使用によって生じた排出権を利用するために、二酸化炭素もしくは同等な温室効果ガス排出における任意の削減を説明するのに、有効性がきちんと確認された、実証されたシステムが必要である。局地的な大気保全(京都議定書の一部ではない)のため、いくつかの地域ではNOxとSOx(硫黄の酸化物)排出における削減のクレジットも取引する。

30

【0057】

[分配システム14で記録されるデータ]

二酸化炭素排出を追跡する最も簡単な方法は、分配システム14で全車両の全体の燃料消費を追跡することである。この場合、分配システム14は、車両16(図1)のエンジン制御モジュール46(図1)と通信する監査・制御モジュール88(図1)を含むことができる。燃料の組成がわかっている場合は、その後簡単な計算で、分配されて最終的に燃焼したHYTHANEのキログラムあたりの、大気中に排出された二酸化炭素のキログラム数を決定する。しかしながら、データ計算と報告の部分で述べるように、この方法は実際の二酸化炭素排出しか説明せず、考えられる他のいかなる温室効果ガス排出もしくはライフサイクル便益も説明しない。

40

【0058】

[搭載機材で収集されるデータ]

搭載データへのアクセスによって、燃料消費だけでなく、特定の環境条件とエンジン運転条件での燃料消費を追跡することが可能になる。よく特徴付けられたエンジン排出反応情報により、二酸化炭素だけでなく全てのエンジン排気を定量化することが可能になる。

【0059】

50

主制御システム44(図1)とエンジン制御モジュール46(図1)によって、データ収集と分配機能が実行され得るレベルの範囲がある。

1. センサーデータは、独立型搭載機材によって、主制御システム44(図1)に、収集、保存、分配することができる。

2. センサーデータは、エンジン制御モジュール46(図1)によって収集でき、主制御システム44(図1)にリアルタイムデータストリームとして(例えば典型的なSAE J1939 CAN busを通して)送信できる。

3. センサーデータは、エンジン制御モジュール46(図1)によって収集および保存でき、時折、主制御システム44(図1)に広がるであろう独立型の分配ユニットに送信される。

4. データ収集、保存、通信機能の全ては、エンジン制御モジュール46(図1)に一体化される。

【0060】

エンジン制御モジュール46(図1)によって車内に搭載され保存されたデータは、結線もしくは無線通信(例えば通信システム188 図4)によって主制御システム44(図1)に送信され得る。このデータ送信プロセスは、分配システム14(図1)での燃料補給の間に起こってもよいし、あるいはデータが車両代理店によって直接収集されてもよい。例えば、エンジン制御モジュール46は分配システム14の監査・制御モジュール88(図1)と無線通信を介して通信することができる。

【0061】

[データ計算と報告]

単純な二酸化炭素排出削減は、全車両集団の燃料消費と燃料組成データから計算できる。この方法は、メタン排出などのさらなる同等の温室効果ガスや、考えられるライフサイクル便益を利用しない。メタンのようなその他のガスは、より強力な温室効果を持つので、これによりかなりの数の排出削減クレジットが計上されないままになってしまう可能性がある。

【0062】

次のレベルのデータ計算と報告は、様々なエンジン運転条件における燃料消費についてのヒストグラム情報を追加する。このデータは車両集団における車両16(図1)に搭載された状態で収集されなければならない。この情報は、各個別の車両16の排気物構成成分全ての総排出を計算するために使用できる。車両集団における車両16の全てから計算されたデータは、その後二酸化炭素当量の削減量の報告のために集められる。さらに、NO_xとSO_xのようなその他のガスが、局地的な大気保全排出権取引クレジットにふさわしいこともある。

【0063】

燃料源、燃料補給所34(図1)、基準となる車両集団についての情報は、システム10(図1)の排出削減の完全なライフサイクルアセスメントに必要な最終レベルのデータを提供する。例えば、一つの補給所はパイプラインから天然ガスを受け取ってもよいし(船で輸送される井ガス(well gas)とLNGの混合物であってもよい)、一方別の補給所は船とトラックで輸送されるLNGのみを使用してもよい。水素源はさらに多様である可能性がある。いくつかの場合において、基準はHYTHANEに変換された天然ガスのバスの集団であってもよいし、一方他の場合では、基準となるディーゼルバスの集団全体が新しいHYTHANEユニットに完全に置き換えられてもよい。全ライフサイクルにわたって計算された温室効果ガス排出は、“採掘から消費まで”から取られる方針に依存し、総HYTHANE温室効果ガス排出削減量を報告するための有効な方法として、この総ライフサイクルアセスメントが基準と比較されるべきである。

【0064】

[貯蔵システム30]

予混合HYTHANEは、排出を伴わない時に何日間か、貯蔵条件が水素ガス中のメタンの超臨界状態を維持できる限り、貯蔵システム30(図2C)に貯蔵することができる。超臨界

10

20

30

40

50

貯蔵のマイナス面は、タンクが圧力と断熱の両方に合わせて設計されなければならないことである（しかし、加圧ガス貯蔵ほどの圧力ではなく、かつ低温液体貯蔵ほどの断熱ではない）。

【0065】

[個々の貯蔵]

超臨界状態で貯蔵システム30（図2C）に混合HYTHANEを貯蔵することに代わる別の代替案として、高圧加圧ガスもしくは低温液体として、水素とメタンを各々独立に貯蔵することができる。この方法の一つの利点は、別々の燃料源輸送タンクが、消耗するまで、燃料補給所の貯蔵容器としても使用できることである。例えば、水素チューブトレーラーを燃料補給所に駐車し、使い果たし、別のサイクルのために中央分配拠点に戻ることができる。

10

【0066】

燃料補給所34（図2C）が天然ガスパイプラインから比較的遠くに位置する際は、LNGの貯蔵は、輸送にとっただけでなく、圧縮されて気化したLNGから作られるCNG（加圧天然ガス）であるLCNGの製造にとっても、経済的な利点を提供する。LCNGは車両の燃料補給の間にその場で（on-the-fly）LNGから製造できるので、高圧天然ガス貯蔵は全く必要なく、小さなバッファータンクのみでよい。天然ガスと水素を別々に貯蔵することにより、LNG、CNG、水素などの燃料の別々の分配も可能になり、HYTHANE車両は一箇所で燃料補給できる。しかしながら、加圧水素とCNGもしくはLCNGのみが別々に貯蔵される場合は、加圧ガス車両タンクの燃料補給の間に高圧HYTHANE混合が必要になり、これは低圧の、圧縮器

20

【0067】

[車両貯蔵庫]

燃料補給所34（図2C）の貯蔵庫のように、車両にはHYTHANE貯蔵のための多くのオプションがある。車両貯蔵庫の一つの適切な方法は、車両の燃料タンク42を、低温容器として、もしくは超臨界状態で予混合HYTHANEを貯蔵するように構成されたデュワーとして構成する。しかしながら、車両16（図2C）における貯蔵の方法と併用される燃料補給所34（図2C）での貯蔵の方法は、混合HYTHANEを高圧車両燃料タンク42（図2C）に分配するのに利用可能な方法に制限を課する。

30

【0068】

HYTHANEを用いると、車両燃料タンク42の体積の約20%が水素を含むが、これはメタンよりも体積あたりのエネルギー含量が低い。さらに、メタンは高圧で好ましい圧縮特性を持つが、一方水素の圧縮率は圧力が増すほど悪化する。全体的影響は、天然ガスがHYTHANEに変換されると、天然ガス車両の航続距離（vehicle range）が20%も減少し得る、ということである。この影響は、天然ガスの組成とその高い炭化水素含量によっていくらか軽減され得る。全て飽和の（非縮合）エタン、プロパン、ブタンが、25 MPa（3600 psi）、0 でHYTHANEのタンクに存在する場合、混合物の体積エネルギー密度は、同じ条件での純粋なメタンタンクの5%以内である。航続距離が重要な問題であるいくつかの状況では、高級炭化水素を意図的にHYTHANEに「混ぜる」ことが好ましいことがある。

40

【0069】

混合システム26（図2）に代わるものとして、水素ガスと超臨界メタン燃料は、参照によって本明細書に組み込まれる、2005年11月14日出願のUS application serial no. 11/273,397、“Method And System For Producing A Supercritical Cryogenic Fuel (SCCF)”と題された出願に記載のボルテックスミキサーを用いて、混合、圧縮することができる。

【0070】

[分配システム14]

図4を参照すると、分配システム14が単独で示されている。分配システム14は、ホース36、車両16（図1）上の車両燃料タンク42（図1）との密封ガス/流体連通に適した充填

50

弁38を含む。分配システム14(図4)は、支持電磁弁、圧力ゲージ、安全装置関連部品と一緒に、計測、制御、スイッチ部品を含む様々な内部部品40も含む。さらに、部品40は分配される特定の種類のHYTHANE燃料用に構成することができる。高圧気体HYTHANEでは、部品40の構成は、既存の天然ガス車両の市場で使用される従来のCNG分配器と同様となり得る。

【0071】

分配システム14は、前述した監査・制御モジュール88(図4)も含むことができる。前述した通信回線182(図2C)と通信するのに加えて、監査・制御モジュール88は、通信システム188とも通信できる。通信システム188は、分配システム14とシステム10(図1)のその他の部品との間で信号を送信するように構成された、RF(ラジオ周波数)システムなどの無線システムを含むことができる。例えば、通信システム188はエンジン制御モジュール46(図1)と主制御システム44(図2A)との通信を確立できる。通信システム188は、無線システムではなく、配線接続もしくはカードリーダーシステムを含むこともできる。

10

【0072】

[個々のCNGおよび加圧水素を高圧タンク内で混合する分配]

貯蔵の部分で述べたように、天然ガスは低圧LNGとして貯蔵され、車両燃料補給の間に高圧に圧縮されて気化してもよい。別の可能性としては、CNG、水素、もしくはHYTHANE車両を一つの設備で燃料補給するために柔軟性を維持するように、加圧天然ガスと加圧水素が別々に貯蔵される。こうした場合、HYTHANEは、加圧水素とCNGを交互に噴出もしくは分割して、車両タンク内で混合するよう分配される必要がある場合もある。これはHYTHANEの分配を困難にし、その他のHYTHANE混合方法ほどの一貫性のある混合物を提供しない可能性がある。

20

【0073】

[個々の低温液体もしくは超臨界HYTHANE混合物の分配]

空間が制約された、もしくは長距離用の車両は、高密度の低温燃料貯蔵を必要とし得る。別々のLNGおよび液体水素タンクが使用できるが、車両燃料補給は別々の燃料の結合部を必要とし、HYTHANE混合は車両に搭載された状態で行われなければならない。あるいは、超臨界低温HYTHANE混合は、一つの燃料結合部を通して圧縮でき、一つの車両タンクに貯蔵できる。

30

【0074】

[低温液体もしくは加圧ガスの個別の車両タンクへの分配]

いくつかの異常な状況では、様々なHYTHANE組成を使用すること、あるいは、特定のエンジン条件の間、もしくは車両路線(route)に沿った特定の位置において、排他的に天然ガスもしくは水素燃料のいずれかを使用することが好ましいことがある。こうした状況では、天然ガスと水素を別々に、車両(低温タンク、高圧ガスタンク、もしくはその組み合わせのいずれか)に分配および貯蔵することが必要となり得る。

【0075】

[車両供給システム20]

燃料が車両16(図1)に搭載されると、HYTHANEを車両エンジン18(図1)に供給するためのいくつかのオプションがある。HYTHANEが最終的に車両エンジン18(図1)内で燃焼する方法にも、様々なオプションがある。

40

【0076】

[予混合供給]

多くの場合、HYTHANEは予混合加圧ガスとして貯蔵できる。フィルタ、電気ソレノイドロックオフ弁(electric solenoid lock-off valve)、および圧力調整器とその関連配管は、単数もしくは複数の燃料タンク42(図1)を、燃料供給システム20(図1)とエンジン制御モジュール46(図1)に接続し、HYTHANEをエンジン18(図1)に供給する。

【0077】

HYTHANEが予混合超臨界燃料として貯蔵される場合、タンク圧は上記の予混合加圧ガス

50

の例と同じ供給システム20(図1)を使用するのに十分高くなる。しかしながら、超臨界HYTHANE混合物は、車両燃料タンク42(図1)から出る際に加熱されて気化しなければならない。

【0078】

同様に、HYTHANE燃料の構成成分の一つが低温液体として個別に貯蔵される場合、燃料は燃料タンク42(図1)から除去される際に加熱されて気化しなければならない。しかしこの場合、液体タンクは通常は高圧に維持されないため、減圧調節器が必要でないこともある。フィルタ、ロックオフ弁、配管のみがタンクとエンジン燃料システムを接続する。

【0079】

[個別に貯蔵された燃料、車載された状態で混合されたHYTHANE]

水素と天然ガスが車両16(図1)に別々に貯蔵される際は、HYTHANEは車載された状態で混合されなければならない。エンジン18の幅広い燃料供給の範囲にわたって一貫したHYTHANE混合比率を実現するために、特別な混合装置もしくは供給装置が必要である。

【0080】

一つの混合方法は、参照によって本明細書に組み込まれる、US Patent 4,520,763に説明されている。この混合方法は、エンジン18(図1)に入る空気と、その中に注入される燃料の量との比例する流量を実現するために、ガスの圧縮率を使用する。Hydrogen Components, Inc. of Littleton, COは、水素エンジンの制御のために、“定容量注入”(CVI)と呼ばれるこの技術を25年間使用している。同じ技術が、正確な固定比率で二つ以上のガスを計測するために使用できる。

【0081】

図5を参照すると、CVIユニット50が図解されている。CVIユニット50は以下の構成要素を含む。

- 52 排出ポート
- 54 弁シール
- 56 弁ガイド
- 58 シム
- 60 ローラーガイド
- 62 潤滑油
- 64 弁シート
- 66 吸気ポート
- 68 吸気マニホルド
- 70 排出路(vent passage)
- 72 スプリングシート
- 74 スプリング
- 76 スプリングリテーナ
- 78 キーパー
- 80 ローラータベット
- 82 カム
- 84 排出弁
- 86 CVIチャンバ

【0082】

エンジンのカムシャフトと同期されたカム82は、3ステップの順序でCVIユニット50を運転する。

1. 吸気弁(図示せず)が開き、水素とメタン燃料をその各CVIチャンバ86に充填できるようになる。各ガス燃料に対しCVIチャンバ86があり、一つは水素用、一つはメタン(CNG)用である。

2. 吸気弁(図示せず)を閉じることによって、正確に測定された量の水素燃料がCVIチャンバ86にトラップされる。同様に、対応する量のメタン燃料がその各CVIチャンバ86にトラップされる。

10

20

30

40

50

3. 排気弁84が開き、水素とメタン燃料ガスを、混合およびエンジン燃料制御システム48への供給のために、燃料バッファー体積（図示せず）に放出する。

【0083】

運転の基本原理は、圧力が制御されて温度が固定された状態で正確に体積のわかっている密封チャンバが既知の量のガスを保持するということである。CVIチャンバ86によって供給される気体燃料の量は、エンジンのRPM、チャンバ体積、および吸気弁（図示せず）と排気弁84との間の圧力差に比例する。エネルギー含量あたり7%の水素を混合するためには、天然ガスの体積あたり約20%の水素が必要となる。理想気体理論上は、80/20%の混合物をもたらすように、天然ガスに使用するチャンバ86の体積が、水素に使用するチャンバ86の体積の4倍であるべきである。試験結果は、理論上のチャンバ体積を実際のガスの挙動に合わせてわずかに修正する必要があることを示している。天然ガスと水素が同じ圧力でCVIユニット50に供給される限り、二つのチャンバ86は同じバッファー体積へ放出し、燃料混合物の組成は一定の割合に維持される。このバッファー体積における最終的な燃料混合物組成を確認するために、センサーを用いることも可能である。

10

【0084】

[平行燃料システムで、別々に貯蔵され、エンジンに別々に供給された燃料]

水素と天然ガスを正確な既知の割合でエンジンに供給するために、平行燃料制御システムも使用され得る。開ループ（open-loop）の燃料供給特性が、よく特徴付けられた燃料噴射装置などの全運転範囲にわたる燃料計測部品についてわかっている場合、天然ガスと水素は別々に計測でき、最終的にエンジン吸気口もしくはエンジンシリンダ内で混合される。燃料計測部品の二つの別々のセットが使用されるが、これらは一つのエンジン制御モジュールによって両方ともが駆動されてもよい。

20

【0085】

ほとんどの場合、一定のHYTHANE組成が使用され、この特定の混合物に対してエンジン較正が最適化される。しかしながら、いくつかの状況では、燃料の利用可能性に依存して、HYTHANEもしくは天然ガスのみいずれかに作用できることが好都合となり得る。車載された状態でのHYTHANE混合で、水素燃料供給システムは遮断でき、燃料制御システム48（図5）はNGのみ、もしくはHYTHANE燃料供給のいずれかを調整するための二重較正テーブルを使用できる。燃料システムの柔軟性をさらに一步前進させるために、燃料制御システム48（図5）が、入ってくる燃料水素含量を感知し、変化しやすいHYTHAN組成を補うこともできる。水素と天然ガスを個別に車両に貯蔵することで、燃料混合物を積極的に制御することさえも可能になり、天然ガスのみ、水素のみ、あるいはその中間の任意の混合物を、異なるエンジン運転条件もしくは車両の路線選定に対して供給することもできる。

30

【0086】

[HYTHANEエンジン運転]

車両エンジン運転で使用されるエンジン運転には、基本的に希薄燃焼とストイキオメトリック燃焼（stoichiometric）という二つのモードがある。優先事項と排出目標に応じて、燃焼安定性を改善するため、出力と効率を増すため、有害な排気物質を削減するために、HYTHANEはいずれのエンジンのタイプで使用されてもよい。

【0087】

希薄な空燃比（lean air/fuel ratios）でエンジンを運転すると、一般的に効率が改善される。しかしながら出力は減少するので、気流と出力を増すために、通常はターボチャージャーが加えられる。高い吸気圧の供給と排気ガスエネルギーの利用によって、ターボもさらに効率が改善される。最大効率は、空燃比が希薄になるにつれて可燃性に制約され、吸気圧が増加するにつれてノックに制約される。NOx排出削減も、燃焼下限界によって制限され、未燃炭化水素（メタン）排出が劇的に増加する。燃焼下限界近くで運転する天然ガスエンジンに水素を加えると、その他の較正は変化することなく、NOxが増加し、出力が増加し、効率が増加し、未燃炭化水素が減少する。しかしながら、水素も燃料の可燃性を向上させ、より希薄な空燃比での運転（leaner operation）と、点火時期を遅らせることを可能にする。こうした較正パラメータは、より高い効率と、より高い出力のために

40

50

、もしくは未燃炭化水素を増すことなくNOx排出を削減するために最適化することができる。炭化水素の排出を劇的に削減する最も経済的な方法は、酸化触媒の使用によるものであるが、安定なメタン分子は、効果的な触媒作用のためには比較的高い排気温度を必要とする。多くの研究と実証から、効率、出力、もしくは炭化水素排出においていかなる不利益も伴わずにNOxを削減（約50% vs. NG）するためには、HYTHANEにおいてエネルギーあたり7%の水素含量が最適であると決定された。より多くの水素はより希薄な運転を可能にするが、効率、出力、もしくは炭化水素排出における犠牲を伴わずにNOxを減らすことは不可能である（より希薄な条件では酸化触媒の排気温度がより低くなるため）。

【0088】

[ストイキオメトリック燃焼]

化学的に平衡な空気 / 燃料混合物は、理論空燃比 ('stoichiometric' air/fuel ratio) と称される。この条件で運転する天然ガスエンジンは最大出力を供給するが、効率とエンジンからの排気 (engine-out emissions) は希薄燃焼運転よりも悪い。さらに、排気温度は全負荷時のストイキオメトリック燃焼の間に最高となり、多くの大型車両用ディーゼル派生型エンジンは、こうした高い温度と熱負荷に適するようには設計されていない。

【0089】

このような明らかな欠点にもかかわらず、多くの軽量ガソリンエンジンはストイキオメトリックであり、多くの高馬力エンジンがこの種類の運転用に現在開発されている。ストイキオメトリックエンジンのための重要な実用技術は、三元排気触媒である。この装置は、NOx排出を削減し、エンジンにおける不完全燃焼によって残された酸素と共に、その (NOxの) 酸素を使用して、一酸化炭素 (CO) と未燃炭化水素 (HC) も酸化させる。触媒後の排出の全体のレベルは、天然ガスの希薄燃焼の1/10にさえなり得る。触媒された天然ガスのストイキオメトリックエンジンの排気レベルは既に非常に低くなっているが、HYTHANEはなおも著しく排気を改良し得る。水素はメタンの燃焼を刺激し、NOxと未反応酸素の強力な還元剤となる。エネルギーあたりたった5%の水素が、三元触媒のストイキオメトリックCNG軽車両において、NOxとCOを50%よりも多く削減し、総炭化水素排出を35%削減することがわかっている。

【0090】

低い効率と高い温度は、高馬力エンジン用に改良されるべき、ストイキオメトリック燃焼の好ましくない特徴である。これらの問題の両方は、排気再循環 (EGR) の使用で軽減することができる。EGRは、希薄燃焼運転のように、効率を増すが出力を犠牲にするので、エンジンの出力密度を改良するために、さらにターボ過給がしばしば使用される。希薄燃焼エンジンは、たいてい、過剰空気で空気 / 燃料チャージを希釈することによって燃焼温度を下げることににより、排気温度を下げ、NOxを削減する。EGRは同じ効果を達成するが、再利用された排気はほとんど、もしくは全く酸素を含まないので、さらにNOxを削減する。いかなる場合でも、理論空燃比が使用される際には、エンジンからのいかなるNOxも、ほとんど完全に触媒で除去される。混合物の希薄可燃限界により点火せずに終わる前に追加のEGRを使用できるので、希薄燃焼エンジンのように、ストイキオメトリックEGRエンジンは水素の付加によって得をする。これは効率を増し、排気温度とエンジンからのNOx排出を低減する。さらに、EGRの使用は、ストイキオメトリック三元触媒での水素の利点 (燃焼刺激および比較的低温での高触媒反応性) を実現可能にする。大型車両用途に対して、EGRおよび三元触媒を用いるストイキオメトリックターボ過給エンジンは、HYTHANE燃料で可能な最小の排出をもたらすが、EGRシステムにかかる費用と複雑性、およびわずかに低い効率のため、希薄燃焼運転よりもコストが高い。

【0091】

HYTHANEバス燃料は、天然ガス (体積あたり20% H₂) にエネルギー含量あたり7%の水素の混合物である。図6は、連邦政府の排出試験の定常状態シミュレーションにおける改良Cummins L-10バスエンジンからのNOx排出に対する様々な水素濃度の影響を示す。

【0092】

このように本発明は、水素富化燃料の製造、分配、使用、およびライフサイクル排出の

監視のための改良システムと方法を提供する。本発明は特定の好ましい実施形態を参照して説明されたが、当業者に明らかとなるように、以下の請求項によって規定される本発明の範囲から逸脱することなく、特定の変更および変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0093】

実施形態例は図面の参照図で図解される。本明細書で開示される実施形態と図は、限定的なものではなく実例と見なされるものである。

【図1】水素富化燃料の製造、分配、使用および監視のためのシステムの概略図である。

【図2】システムの混合システム、圧縮システム、貯蔵システム、および分配システムを示す概略図である。

【図2A】線2Aに沿った図2の拡大図である。

【図2B】線2Bに沿った図2の拡大図である。

【図2C】線2Cに沿った図2の拡大図である。

【図2D】線2Dに沿った図2の拡大図である。

【図3】システムの主制御システムの概略図である。

【図4】システムの分配システムの概略図である。

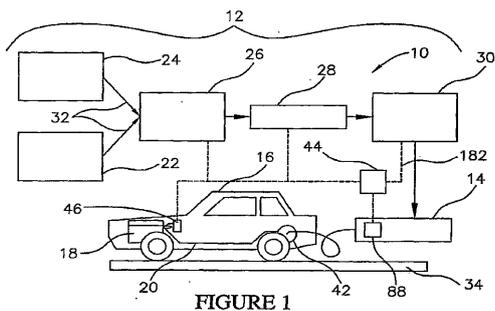
【図5】車両エンジンに搭載されている水素ガスと炭化水素燃料を混合するためのシステムの断面図である。

【図6】連邦政府の排出試験の定常状態シミュレーションにおける、改良Cummins L-10バスエンジンからのNOx排出に対する、様々な水素濃度の影響を示すグラフである。

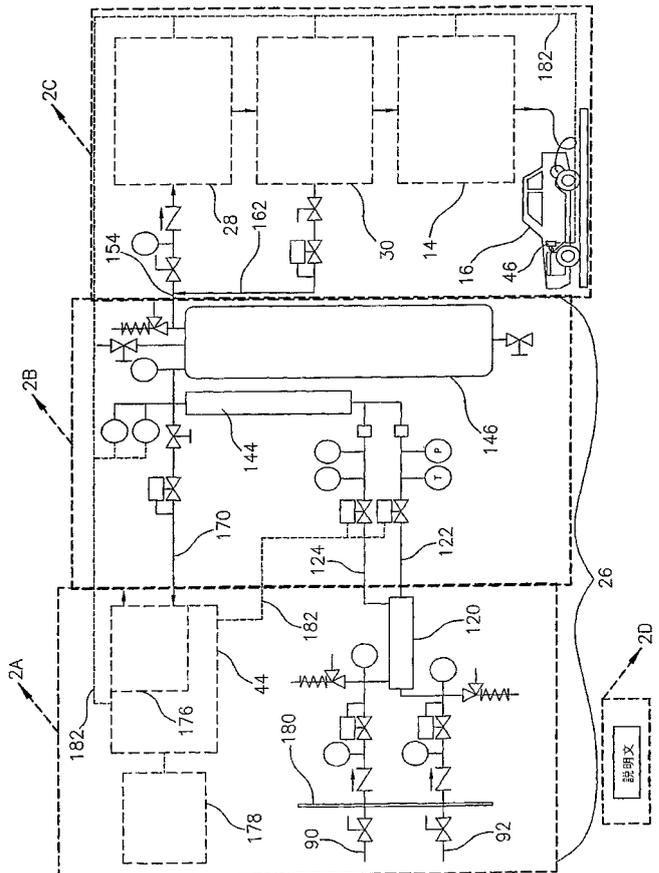
10

20

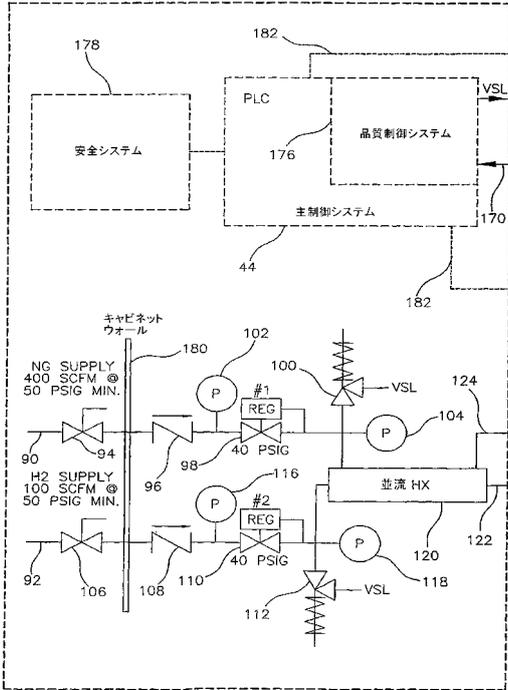
【図1】



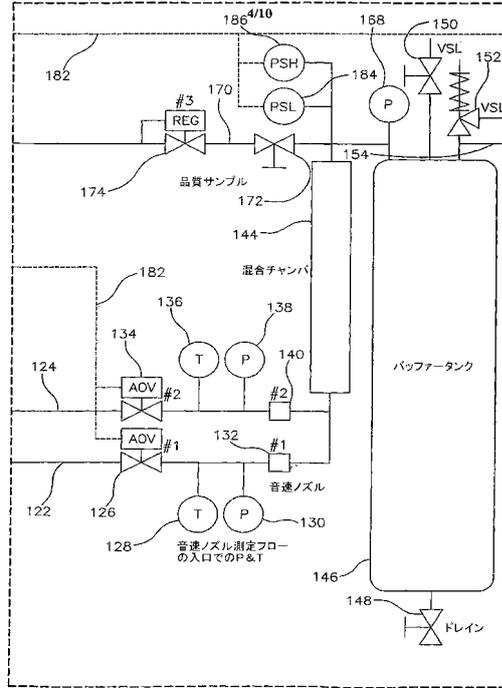
【図2】



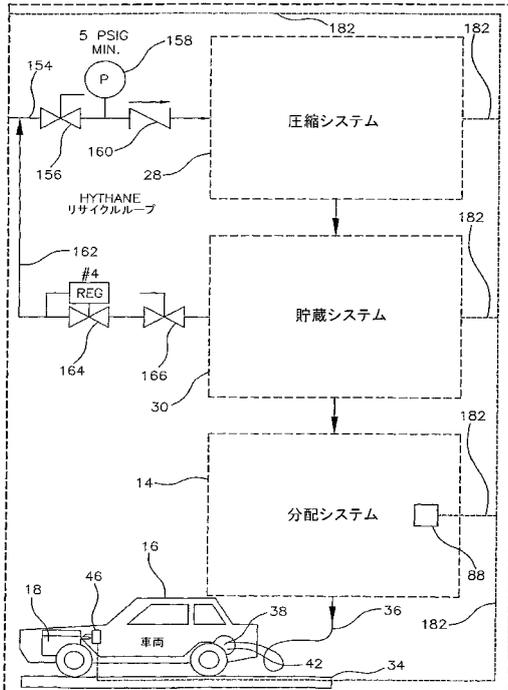
【図 2 A】



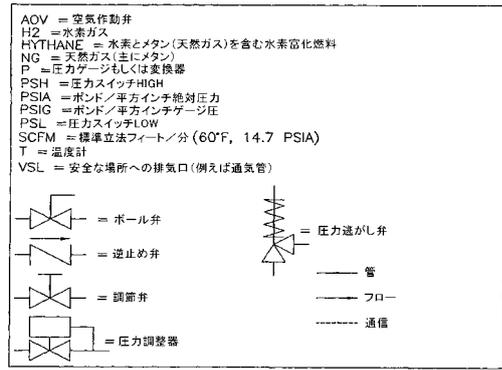
【図 2 B】



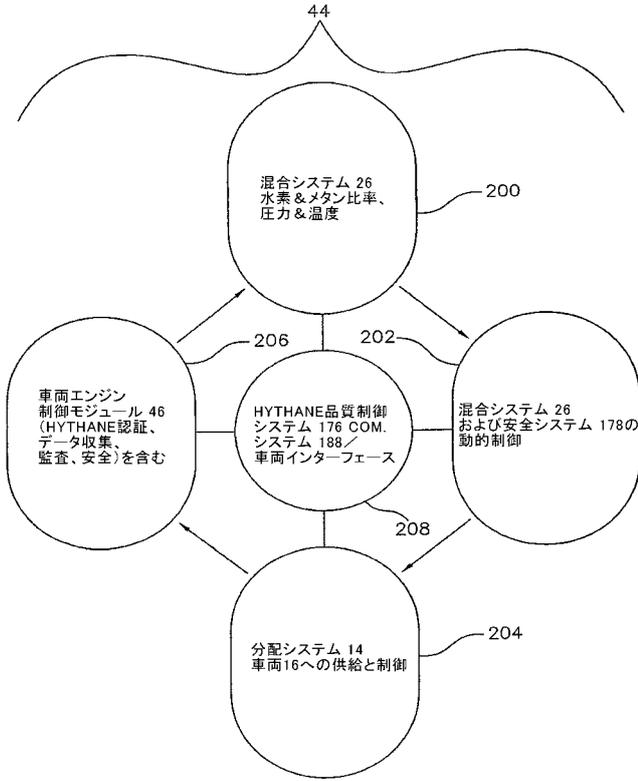
【図 2 C】



【図 2 D】



【 図 3 】



【 図 4 】

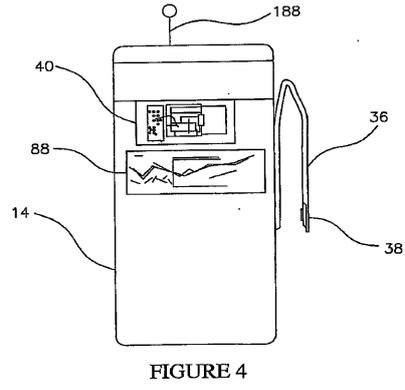


FIGURE 4

【 図 5 】

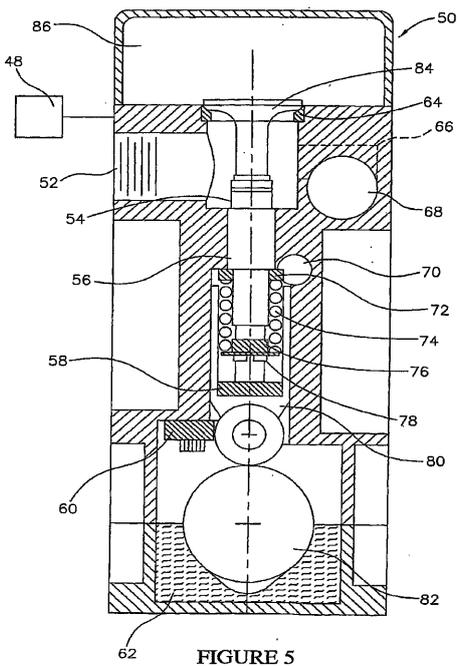
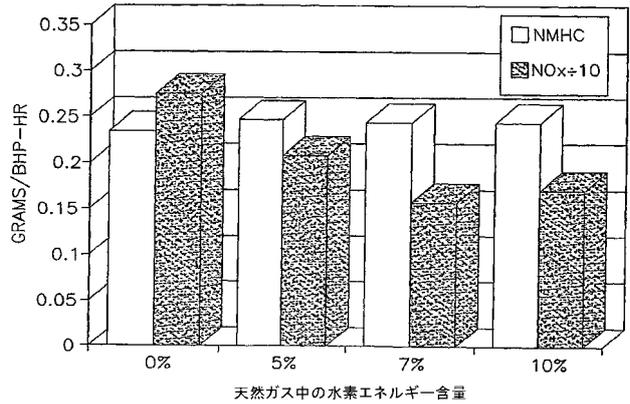


FIGURE 5

【 図 6 】



【手続補正書】

【提出日】平成20年10月10日(2008.10.10)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

水素源からの水素と炭化水素源からの炭化水素を混合することによって、水素富化燃料を製造するように構成された製造システム、

前記水素源と前記炭化水素源について、および、前記水素源と前記炭化水素源から前記製造システムへの前記水素と前記炭化水素の輸送についての情報を含む、供給源データ、

前記水素富化燃料を使用するように構成された車両、

前記製造システムおよび前記車両と通信する制御システム、を含み、

前記制御システムは、前記製造システムによる前記水素富化燃料の製造を制御し、前記車両による前記水素富化燃料の使用中に、排気データ、燃料消費データおよび燃費データを感知、検索および保存するように構成され、

前記制御システムは、前記供給源データ、前記排気データ、前記燃料消費データおよび前記燃費データを用いて、排気と大気保全取引クレジットを定量化するように構成されることを特徴とする、システム。

【請求項2】

前記水素富化燃料を使用するように構成された複数の車両をさらに含み、前記制御システムは、前記車両の各々による前記水素富化燃料の使用中に、前記排気データ、前記燃料消費データおよび前記燃費データを感知、検索および保存し、かつ、前記車両の全てに対して前記排気と前記大気保全取引クレジットを合計するように構成される、請求項1のシステム。

【請求項3】

前記水素富化燃料を前記車両に分配するように構成された、前記制御システムと通信する分配システムをさらに含み、前記制御システムは前記分配システムによって生成された前記排気を感知するように構成される、請求項1のシステム。

【請求項4】

前記制御システムが、基準となる車両集団の情報を含み、前記車両の前記排気データ、前記燃料消費データおよび前記燃費データを、前記基準となる車両集団の情報と比較するように構成される、請求項1のシステム。

【請求項5】

水素源からの水素と炭化水素源からの炭化水素を混合することによって、水素富化燃料を製造するように構成された製造システム、

前記水素源と前記炭化水素源について、および、前記水素源と前記炭化水素源から前記製造システムへの前記水素と前記炭化水素の輸送についての情報を含む、供給源データ、

各々が、第一の制御モジュールと、前記水素富化燃料を使用するように構成されたエンジンとを含む、複数の車両、

前記水素富化燃料を前記車両に分配するように構成された、前記第一の制御モジュールと通信する第二の制御モジュールを含む分配システム、

前記車両による前記水素富化燃料の使用中に、排気データ、燃料消費データおよび燃費データを感知、検索および保存し、排気を定量化し、かつ、前記排気データ、前記燃料消費データおよび前記燃費データを基準車両情報と比較するように構成された、前記第一の制御モジュールおよび前記第二の制御モジュールと通信する制御システム、を含み、

前記制御システムは、前記排気データ、前記基準車両情報および前記供給源データを用いて大気保全取引クレジットを計算するように構成されることを特徴とする、システム

。

【請求項 6】

前記水素源と前記炭化水素源が、前記水素と前記炭化水素の製造中の排気とエネルギー消費を最小化するように選択される、請求項 5 のシステム。

【請求項 7】

前記複数の車両がバスの集団を含む、請求項 5 のシステム。

【請求項 8】

前記制御システムが、前記分配システムによる前記水素富化燃料の分配、および前記車両による前記水素富化燃料の使用の間に、前記大気保全取引クレジットを計算するように構成される、請求項 5 のシステム。

【請求項 9】

前記第一の制御モジュールと前記第二の制御モジュールの間の通信が無線通信を含む、請求項 5 のシステム。

【請求項 10】

前記第一の制御モジュールと前記第二の制御モジュールの間の通信が、カードリーダーもしくは配線接続を含む、請求項 5 のシステム。

【請求項 11】

水素富化燃料の製造、分配、使用および監視のための方法であって、
水素源から水素ガス、炭化水素源から炭化水素燃料を供給するステップ、
前記水素源と前記炭化水素源について、および、前記水素源と前記炭化水素源からの前記水素ガスと前記炭化水素燃料の輸送についての情報を含む、供給源データを供給するステップ、
前記水素ガスと前記炭化水素燃料を混合して前記水素富化燃料にするステップ、
前記水素富化燃料を使用するように構成されたエンジンを持つ車両に前記水素富化燃料を分配するステップ、
前記車両エンジンで前記水素富化燃料を使用するステップ、
前記使用ステップの間に、排気データ、燃料消費データおよび燃費データを感知、検索および保存するステップ、
前記供給源データ、前記排気データ、前記燃料消費データおよび前記燃費データを用いて、排気と大気保全取引クレジットを定量化するステップ、
を含む方法。

【請求項 12】

前記混合ステップ、前記分配ステップおよび前記使用ステップの間に生成された前記排気と前記大気保全取引クレジットを定量化するステップをさらに含む、請求項 11 の方法。

【請求項 13】

前記定量化ステップが、前記水素富化燃料のライフサイクルにわたる前記排気を定量化する、請求項 11 の方法。

【請求項 14】

前記定量化ステップが、前記水素富化燃料のライフサイクルにわたる前記大気保全取引クレジットを定量化する、請求項 11 の方法。

【請求項 15】

前記分配ステップ、前記使用ステップ、前記感知ステップ、前記定量化ステップを、基準となる車両集団の情報を持つ車両集団で実施するステップと、前記車両の前記排気と前記燃料消費を削減するために前記データと前記情報を使用するステップをさらに含む、請求項 11 の方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0053】

通信回線182(図2C)は、主制御システム44(図2A)、圧縮システム28(図2C)、貯蔵システム30(図2C)、車両16(図2C)上のエンジン制御モジュール46(図2C)、分配システム14(図2C)の監査・制御モジュール88(図2C)の間で通信を確立する。さらに、主制御システム44(図2A)の品質管理部分176(図2A)は、品質管理サンプルを抽出し分析するように構成された、バッファータンク146(図2B)と流動連通する品質標本ループ170(図2B)を含む。品質標本ループ170(図2B)は、圧力調節器174(図2B)と調節弁172(図2B)も含む。主制御システム44(図2A)は、安全を保障する圧力、温度、流速を使用するように構成された安全システム178(図2A)も含む。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US07/01478																		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - F02B 43/08 (2007.10) USPC - 123/3 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - F02B 43/08 (2007.10) USPC - 62/7, 45.1, 48.1; 123/3, 406.45, 434, 436, 443, 445, 472, 478, 480, 492, 527; 701/1, 99, 101-103 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) MicroPatent(US, USPG-PUB, EPO, DERWENT), IP.com, DialogPro, Google Patents Search Terms: hydrogen, fuel, hydrocarbon, engine, internal, combustion, control, vehicle, automobile, methane, wireless																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 5,787,864 A (COLLIER, JR. et al) 04 August 1998 (04.08.1998) entire document</td> <td>26, 27, 29, 31-34</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>1-25, 28, 30</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 4,608,830 A (PESCHKA et al) 02 September 1986 (02.09.1986) entire document</td> <td>1-8, 10-21, 23, 24, 28</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 6,745,613 B2 (RENDAHL et al) 08 June 2004 (08.06.2004) entire document</td> <td>9, 25, 30</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 4,559,133 A (SIEGFRIED et al) 17 December 1985 (17.12.1985) entire document</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 5,787,864 A (COLLIER, JR. et al) 04 August 1998 (04.08.1998) entire document	26, 27, 29, 31-34	Y		1-25, 28, 30	Y	US 4,608,830 A (PESCHKA et al) 02 September 1986 (02.09.1986) entire document	1-8, 10-21, 23, 24, 28	Y	US 6,745,613 B2 (RENDAHL et al) 08 June 2004 (08.06.2004) entire document	9, 25, 30	Y	US 4,559,133 A (SIEGFRIED et al) 17 December 1985 (17.12.1985) entire document	22
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X	US 5,787,864 A (COLLIER, JR. et al) 04 August 1998 (04.08.1998) entire document	26, 27, 29, 31-34																		
Y		1-25, 28, 30																		
Y	US 4,608,830 A (PESCHKA et al) 02 September 1986 (02.09.1986) entire document	1-8, 10-21, 23, 24, 28																		
Y	US 6,745,613 B2 (RENDAHL et al) 08 June 2004 (08.06.2004) entire document	9, 25, 30																		
Y	US 4,559,133 A (SIEGFRIED et al) 17 December 1985 (17.12.1985) entire document	22																		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>																				
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																				
Date of the actual completion of the international search 12 December 2007		Date of mailing of the international search report 26 DEC 2007																		
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenhaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774																		

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 マーマロ, ロジャー ダブリュ.
アメリカ合衆国, アリゾナ州 85249, チャンドラー, イースト カルバブ プレイス 23
68

(72)発明者 イーガン, グレゴリー ジェイ.
アメリカ合衆国, メイン州 04051, ラベル, 私書箱 エイチ