

各種燃料による燃料電池自動車 (FCEV) の総合効率評価

'Well to Wheel' Energy Efficiency of Fuel Cell Electric Vehicles by Various Fuels

石谷 久*・馬場 康子**・小林 紀***
Hisashi Ishitani Yasuko Baba Osamu Kobayashi

1. 目的

近年、PEMFC (固体高分子膜燃料電池) はその熱心な推進者であるDaimler-Chrysler (CD) 社, カナダBallard社などのR&Dが関連・競争企業を刺激してその性能, 小型化が著しく進歩した。その結果, 燃料電池自動車 (以下FCEVと略) の実現普及が過大ともいえる期待を集めている。その開発の目的, インセンティブは以下に要約される。

1. 省エネ, 高効率化
2. エネルギーセキュリティ (脱石油, 再生可能資源への移行可能性)
3. CO₂削減としての代替燃料移行可能性
4. 低公害, (排気ガス) クリーン化

現在FCEVはこの改善に大きく寄与すると期待されているが, その一方で技術が未完, 価格は問題外で当面市場性はない, またその普及に必要なインフラ整備など解決すべき課題は山積している。特に乗用車の実用化・普及には広く分布したインフラが不可欠であって, 強力な政策的支援が必要とされるが, 国の施策としてインフラ支援をするとすればそれなりの根拠が必要である。この燃料選択の評価指標として上記の目的から以下のような評価項目が議論される。

経済的合理性, 製品価格競争力, 技術競争力
環境影響, 大気環境保全, CO₂削減
エネルギー効率, エネルギー代替性 (Energy Security)
動的な推移の合理性: 燃料移行過程の配慮
国際的整合性: インフラ, 技術, 標準などの配慮

* 東京大学工学系研究科地球システム工学専攻教授

** " " 地球システム工学専攻

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

*** 助エネルギー総合工学研究所 WE-NETセンター主管研究員

〒100-0003 東京都港区西新橋1-22-5 新橋STビル

将来の国際競争力, 技術, マーケット主導権の確保
この内, エネルギー効率はそれが全てでないまでも上記の目的から極めて重要な判断基準の一つで, いわゆるLCA的発想, 即ちエネルギーチェーンサイクル全体に及ぶ効率評価が必要である。自動車関連の分野では化石燃料起源の燃料を前提としてWell to Wheel効率と呼ばれる。途中搭載燃料 (tank) の段階で二つに分けることも多い。前者はインフラに係わるパスで地域性や社会的な条件などの前提条件に依存, 後者は地域差はないが極めて技術進歩の速い自動車に依存する。いずれも技術に依存するところが大きく, これは更に目標となる普及レベル・評価時点にも大きく依存する。

この分析は最近, 米国を中心に多くの評価例が積極的に公表されているが^{1~3)}, 我が国ではWE-NET⁴⁾を除き公表データが少なく, 引用しにくい。また地域, 時期, 技術, 環境などの各種の前提条件が異なり, 更に不統一な定義が残るなどその解釈には注意が必要である。また当然幅も大きくなお一層の精査が必要であるが, 現在示される各種データの幅, またその考え方を示して一般的な議論の方向, 注意すべき論点, 前提条件, 並びに最近のデータの一部を紹介する。

最終的には利用データのチェックがなお必要であり, 今後の課題として更に信頼度の高いデータの収集分析を引き続き進めたい。この場合重要なのは公表されたデータでその背景, 前提が透明であること, 特に地域性の差違が明確であることが重要である。

2. エネルギー効率評価における問題点と前提条件

Well to Wheelの総合効率は採取された一次エネルギー資源のポテンシャルが最終の自動車の駆動エネルギーに利用された有効性の指標という概念につきるが, 厳密な比較にはその定義に注意すべき点が多い。以下にこれらの問題点と一般的な考え方を示す。

2.1 評価の範囲

本来代替燃料, 代替自動車技術の総合的な効率評価にはいわゆるLCAによって, 即ち資源採取から燃料供給に至る各種設備, 車両, 更に道路等の交通インフラ建設に要するエネルギーまで評価するのが望ましい。しかし自動車では最終の消費エネルギーが大きく, 本質的な部分は使用段階(走行状態)で発生するので, 第1近似として走行時のエネルギー消費を井戸もとまでさかのぼって考えれば概ね正しい結果が得られる。他方走行時効率が上がるとその他の自動車製造, インフラ整備などの間接的エネルギーが相対的に大きくなるので注意が必要であるが, 当面これは考えない。

2.2 自動車の機能

一般にLCAでは同一機能の製品の比較評価が大前提であるが, 自動車の機能はその利用目的によって多様な側面があり定義にくい。たとえばその動的性能, 容積, ペイロード, 奢侈性などは極めて重要なファクターとなる。更に自動車固有の問題として同一の標準走行モードが不可欠であるが, これも地域固有の使用条件, 設定の背景, 概念に応じて多少異なる。特に日, 米の基準は本来排ガス規制の標準として, 大型車までを対象とした比較的低速, 低加速の走行が基本であって, 実状に比べて燃費が有利となる。連続性から安易に変更出来ないが, 世界的に統一する動きもある。更にエネルギー源貯蔵方式に依存する(燃料無補給での)走行距離などの優劣も問題となり, これは自動車重量に影響して結局燃費に大きな影響を与える。

2.3 個別プロセスの効率

通常, エネルギーチェーンサイクルの総合効率の分析ではその変換過程の効率を順次算出, 最後に自動車の効率を乗じて全体効率を出す。この個々のプロセス効率を考えると以下の点に注意する必要がある。

2.3.1 エネルギー含有量の定義: LHVとHHV

各種燃料の持つ化学的エネルギーの定義にはLHV, HHVが混在する。燃焼機関は動作温度が高く水蒸気の潜熱回収は困難でLHVが一般的であるが, 総合エネルギー統計などはHHVを基本とする。同一燃料から始まる比較では最終のアウトプットが等価であれば本質的問題ではないが, 個々の変換過程の議論では混乱を招く。(変換過程の入出力それぞれのLHV/HHV比の差が効いてくる)。特に水素燃料はその比が大きく(83%)注意が必要である。本文では下流の自動車の慣用に従ってLHVによる評価を原則とした。

2.3.2 自動車の効率

エネルギー変換機器の効率は入出力エネルギー(含有)量の比で定義され, 自動車エンジンなど熱機関の効率も消費燃料の(入力)エネルギーに対する機械的出力エネルギーの比で定義される。ところが, 自動車として評価すべき本来の機能出力はエンジン出力ではなく, 輸送能力である。従って本文の趣旨の比較ではその効率として機能出力をエネルギー量で表現する必要がある。従来, 同一タイプのICE車の比較では自動車を駆動するエンジンの効率差がそのまま同一機能に対するエネルギー利用上の効率差を示すので, エンジン効率で機能が代弁されると考えられてきた。より多様なEVなどを対象とする場合には自動車の機械出力と上記の機能出力には以下の乖離がある。

(1) 回生制動時の機械出力の考え方

EV, HEVなど電気駆動系では回生制動が可能である。上記の入出力エネルギー比では回生時に出力エネルギーが負となり, その効果が相殺されて評価されない。

(2) 車体の重量増と機能との乖離

たとえばEV(電気自動車)の電池重量増加はユーザの受ける機能と無縁であるが機械エネルギー出力は増加して効率には差がでないで, 機能に関係のない部分の出力が評価されることになる。

以上の問題を考慮すると単純に同一機能の自動車で同一走行条件に必要なとする燃料(エネルギー)消費量, 即ち一般的な燃費で評価する方が明確に本来の趣旨を示すと云える。他方で, Well to Wheelの総合効率を考える場合には最後の自動車にも効率が定義されると理解しやすい。そこで, まず対象車の燃費を出してこれと等価なICE車の燃費との相対比を取り, そのICE車のエンジン効率にその比を乗じた数値をその車輛の効率と呼ぶ事が多い。即ちICE車の等価効率で定義されるが, 実際には燃費比較から得られる数値に他ならない。

2.4 異種の1次燃料の比較

以上の効率の概念は異なる1次原料から生成される水素を自動車燃料として比較する場合も適用可能である。これは異種燃料をエネルギー量のみで比較することに他ならない。燃料の質の差を厳密に定義することは困難であるが, 現実には以下の問題がある。

(1) 燃料の利便性, 他用途への有効利用性の差

たとえば原油1MJと石炭1MJはエネルギー的には等価でも自動車燃料に到達するまでの変換効率には

極端な差がある。遠隔地のメタンや、太陽起源の電力も輸送しなければ価値が無いが変換・輸送時には効率低下を招く。発生元エネルギーからの効率のみで評価することに疑問もあるが、現地での有効利用、或いは革新的な高効率輸送手段の可能性を考慮した比較と考えるとこの概念は正当化される。燃料の不純物処理も効率低下をもたらすこれも燃料の質の評価となるが、どの時点を原燃料と考えるかで効率が異なるので明確な定義が必要である。

(2) 総合的な評価の必要性

上記の個別効率、CO₂排出量など、いずれも効率と燃料の質を同時に評価している。それぞれ意義のある評価であるが、エネルギーの総合的な有効利用性を評価する場合は代替利用手段を含めた検討が必要となる。特に固有のエネルギーパス効率の異なる複数の代替燃料と用途が存在しそれぞれに需要、供給の制約がある時、総合的なコスト最小化、或いは総エネルギー消費最小化の解は単純に同一用途に至る代替燃料のパス効率の差のみでは決定しないことがある。環境負荷についても同様であって、いずれの場合にも長期的、統合的に考慮する必要がある。

2.5 再生可能エネルギー資源の考え方

再生可能資源、即ちバイオマス、機械動力=>電力、PVなどは元の太陽エネルギーではなく、得られた電力からの効率を考える。太陽エネルギーは元来存在していて電力変換の影響は殆ど無いという考えによる。但し面積が制約となる場合にシステムの比較を行う様な状況では太陽エネルギーからの変換効率も評価することになる。他方で、変換システムへのエネルギー投入、特にPV、風車、水車+ダムなどではその設備建設のエネルギー消費の評価は不可欠である。エネルギー収支分析の考え方により発生するエネルギーと投入エネルギーの比から等価効率が算定できる。これはまたCO₂発生量にほぼ比例する。なお再生可能資源はCO₂削減と脱石油燃料のキーとなる代替エネルギーとしてこの種の議論で特に重視されている。

以上、効率の定義、或いはその評価方法には個別の問題はあるが選択可能なエネルギーパスとその効率を把握することはこの種の分析の第1歩であって、その基礎データを基に更に長期的、総合的な対応をとる必要がある。本文ではまずそのベースとなる個別のwell to wheel効率に限定したデータの提示を行う。

3. Well to Wheelの各種の変換過程と基準値

各種の原燃料、燃料形態、搭載貯蔵方式、自動車形態などによりFCEVまで対象とすると多様な変換過程が存在する。図1はこれを要約した燃料フロー図で、現在FCEV燃料としては一般的に天然ガス(メタン)起源の水素、メタノールが考えられている。ローカルエネルギー、或いは化石燃料をパイプラインで直接生産地から消費地に輸送可能な場合のフロー図は紙面の制約から省略した。図中のパスの一部は輸送手段からインフラ整備まで現時点では存在しない。これらは点線で示され、技術的な可能性もあり、計画レベルで議論された事もあるが、この数年で具体的に実現するのは困難である。ただ長期的な燃料形態を検討する場合にはこれを排除せずその可能性もあわせて検討する必要がある。短期的な実現をねらうときには効率以外の評価が優先する場合もある。明らかに効率の劣るパスは途中で留めているが、これも将来技術や短期的実現可能性によるので、最終的な判断を行う際にはこの様な移行過程、長期的な可能性と不確定性に十分配慮する必要がある。

図中の各種プロセスや輸送時のエネルギー効率は文末に示す各種の文献に詳細な注釈と共に多様な例が示されるが、この内日本の検討例¹⁾を図2に示した。その前提条件、データ品質の検証抜きに結果のみで優劣を議論することは誤解を招くので文献の注記を参照されたい。その後も更に多くの新しい検討、情報が提供^{1)~3)}されているが、文献毎にかなりの差があり、また前提条件、周囲環境条件などの異なる情報も多数発表されている。その一端を示すため、文献毎の差が大きく、また不確定性も多いwell to tank迄の代表的なパスに対する効率の評価の広がりを図2に示した。

図3、4は天然ガス、原油起源の各種の変換プロセスに沿った井戸元から自動車燃料(タンク)までの積算効率変化を順次示している。各段階の前後の差が該当するプロセスの効率となる。複数のパスが分岐する場合にはそのプロセス出力迄の積算効率から新たに右側に順次示している。車上搭載の改質器はtankから先であるが、参考にその効率を示した。これが他の水素供給と並ぶことになる。ここでは水素利用率低下によるオフガス再利用など改質器利用による全体としての損失を考慮した効率を考える。純電気自動車(EV)の場合には充放電効率を示している。

各段階の積算効率はWE-NETの効率を内部に含み、

各種代替エネルギー自動車のエネルギーチェーンサイクル

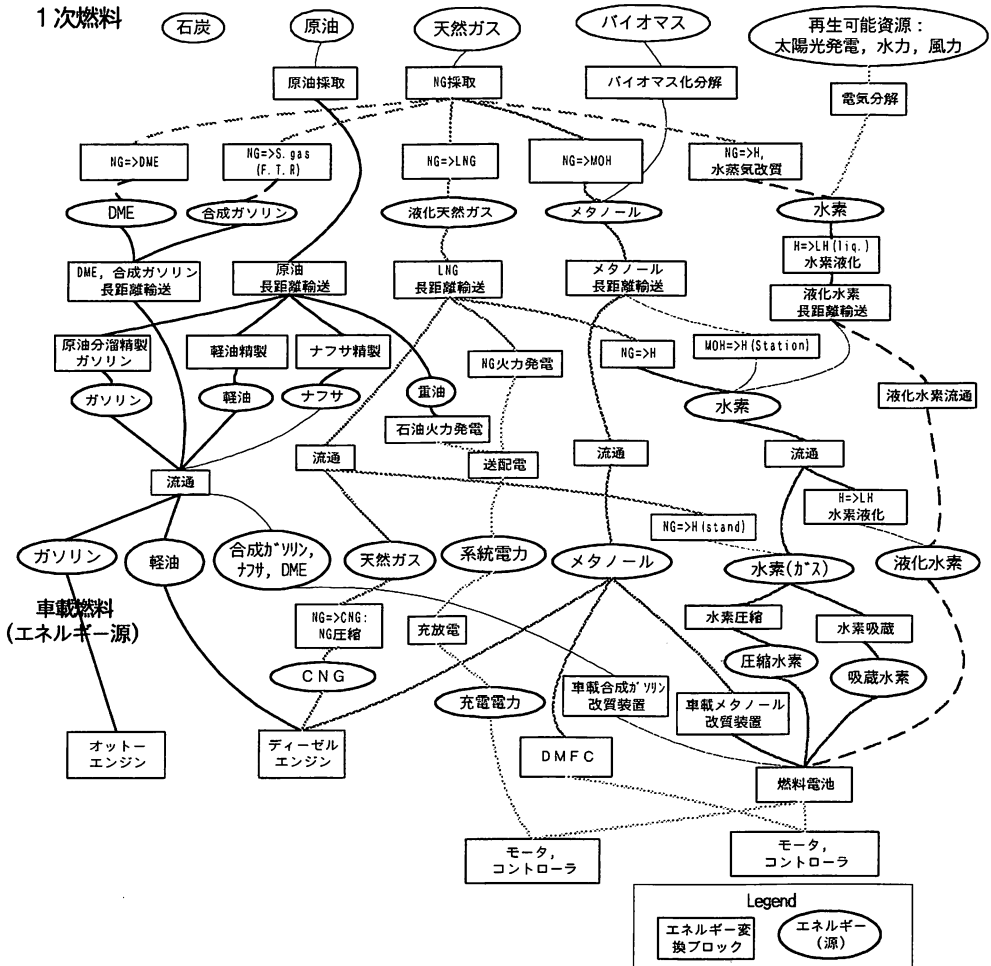


図1 各種の井戸元から自動車迄のエネルギーフローの例

文末参考文献の多様なデータの上下限界を同時に示している。このレンジは前提条件、地域条件の差を反映したもので、統計的な不確定性とは異なり、単純に並べる時には注意が必要であるが、同一のプロセスの効率評価に現在この程度の幅があることを示している。また水素を自動車に搭載する際のエネルギー損失も示している。

この結果は各種の不確定性、或いは前提条件、仮定による最終的効率の推定レンジがシステム、或いは燃料パスの差を遙かに超える状態にあることを示す。異なるパス、システムを比較する場合にはこのレンジにより優劣が容易に逆転するので注意が必要であり、LCAの国際規格などが要求している適切なレビューと前提条件の明示は不可欠である。他方で、データ源が

共通のため類似の結論に達するともいえるが、定性的には多くの文献に共通な知見が得られ、それぞれの燃料の特徴として一般に以下のように認識されている。

- 1) 遠隔地の天然ガス起源のFC燃料として液化天然ガス輸送—消費地水素化、メタノール化輸送、生産地水素化—液化水素輸送—自動車搭載があり、自動車搭載時点での効率はいずれも近い数値になる。自動車搭載燃料としてはメタノールは水素を凌駕する。従って3者に優劣が付けにくくシステム、インフラ等については極めて困難な選択を迫られるので、上記の精査が必要である。更に地域性を考えると欧米の天然ガスパイプラインを持つ地域と大きな差があるので、これについての国際性といった考慮も同時に必要である。特に地上改

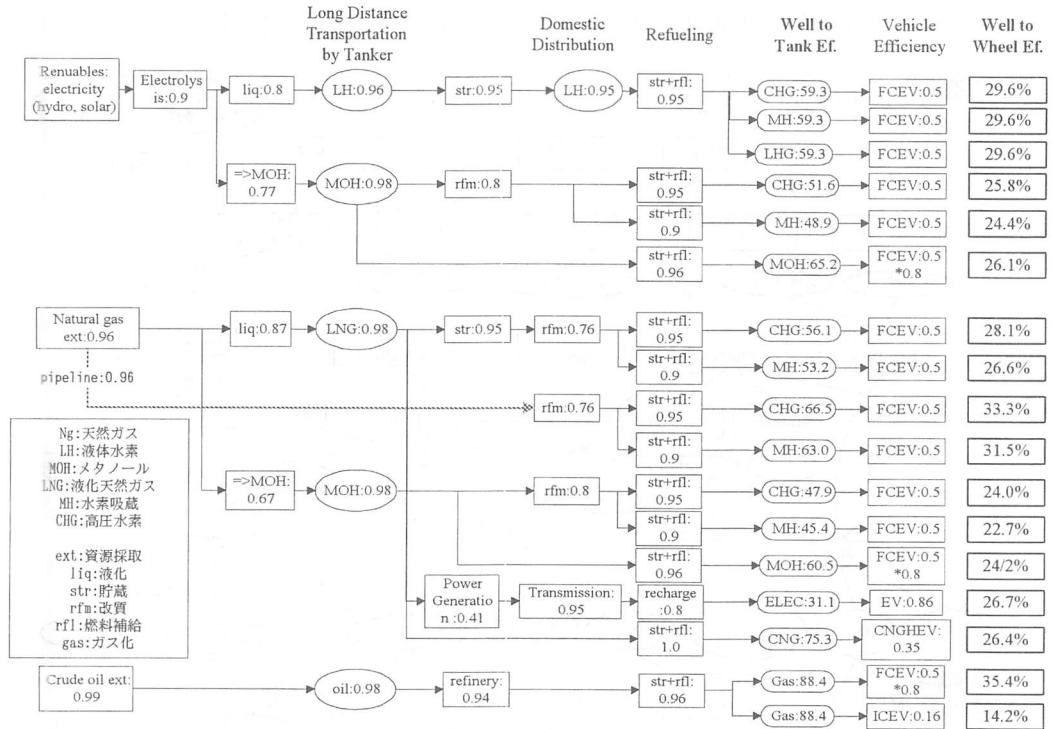


図2 WE-NETにおけるwell to wheel効率の評価例

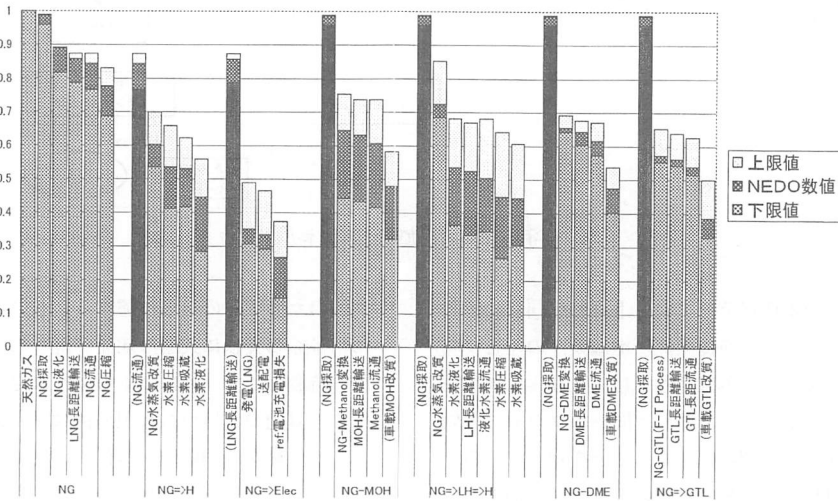


図3 井戸元から燃料までの各プロセスの変換効率：天然ガス起源

質時の余熱の有効利用（コージェネ）の可能性が効率に大きく影響する。

- ローカルエネルギー，特に再生可能エネルギーはこの議論の重要な課題であり海外では重点的に検討されている。日本はそのポテンシャルが低く今回の分析では省略したが国際比較などの面からそ

の検討は今後必要である。

- メタノールは自動車搭載の改質装置で更に効率が低下する。従ってオンボード燃料の優位性はここで失われ，現時点ではいずれの分析でも明らかに水素に劣るとされているが，他方で車両貯蔵についての問題は少ない。

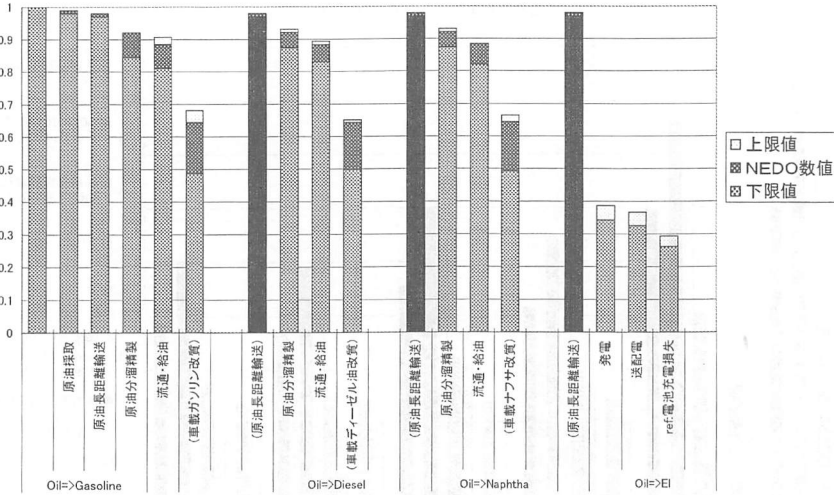


図4 井戸元から燃料までの各プロセスの変換効率：原油起源

- 4) 水素パスは車両構造の簡単化（軽量化）と効率面で最適であるが、現実にはインフラ整備と車両搭載の技術的課題が未解決である。現在R&Dの重要課題として将来の解決が期待されている。
 - 5) ガソリン改質、或いはナフサ搭載については現時点ではメリットはないが、これも改質器の効率次第であり技術進歩による不確定性が大きい。特に既存のインフラ活用を強く主張しているメジャー、日米の大自動車メーカー、また総合効率に関心の高いDOEなどはその研究に相当の努力を払っており、改質器の技術開発が相当進んでいることが確認されている。従ってこのパスの将来性については十分に注意すべきである。現状の技術ではリフォーマの効率が70%以上（水素利用率低下も含んで）あれば他の水素パスと競合可能と見られる。
 - 6) 各技術、特にオンボード技術については将来達成水準はもとより現状達成水準も激しい競争のために不明な部分が多い。将来インフラの検討にはこれらの情報が不可欠で適切なレビュープロセスを工夫する必要がある。
 - 7) DMFCはその実現自体に現在不確定な部分が多く、現時点では評価困難、対象外とされている。高い目標値を設定していると言うべきであるが、逆に実現できれば高い効率が期待されている。
4. tank to wheel, 自動車の効率（相対的な燃費）

tankから先の効率、即ち自動車の燃費を把握する必要がある。走行条件を除いて地域の条件差は少ないが、技術水準の前提によりかなりの差を生じる。一部には実績データも存在するが、FCEVなどは仮定に従わざるを得ずシミュレーションモデルで評価するのが一般的である。ここでは筆者らのモデル⁸⁾により各種の走行パターンによる各種様式の車両（1500-2000CC程度の乗用車）を仮定してその燃料消費量を試算した。シミュレーションモデルによる評価は実状との比較検証が必要であるが、任意の走行条件、自動車の設定条件（重量、容積など）をそろえ、またモータ、エンジンなどの要素部品についても同一の前提で整合性を取ることが容易なことから比較分析には有効と見られる。本文には暫定的な数値であるが、図5の凡例に示される7車種の乗用車の6走行パターンの効率（燃費）計算例を示す。なおFCEV車は高効率のハイブリッドタイプHEV（2次電池搭載）を仮定、またFCは適当なVI特性（ケースAはDC社により公表された高効率データ⁹⁾、Bはその80%程度）、水素利用率、補機動力を仮定している。メタノールリフォーマはオートサーマル改質でオフガスの有効利用で外部加熱不要、効率80%を仮定している。また即応性を仮定しているので、現実より楽観的な数値となる。なお個々の構成要素の最適化は完全に達成していないので、各タイプとも効率は多少の改善が可能であるが、基本的には差がないと考えられ、それ以上に前提条件、仮定の検討が必要である。これについては現在、各自動車メーカと協力して基準モデルパラメータの検討を進めている。

Well to Wheelの総合効率を検討するためには更に

各種乗用車のエネルギー効率比較

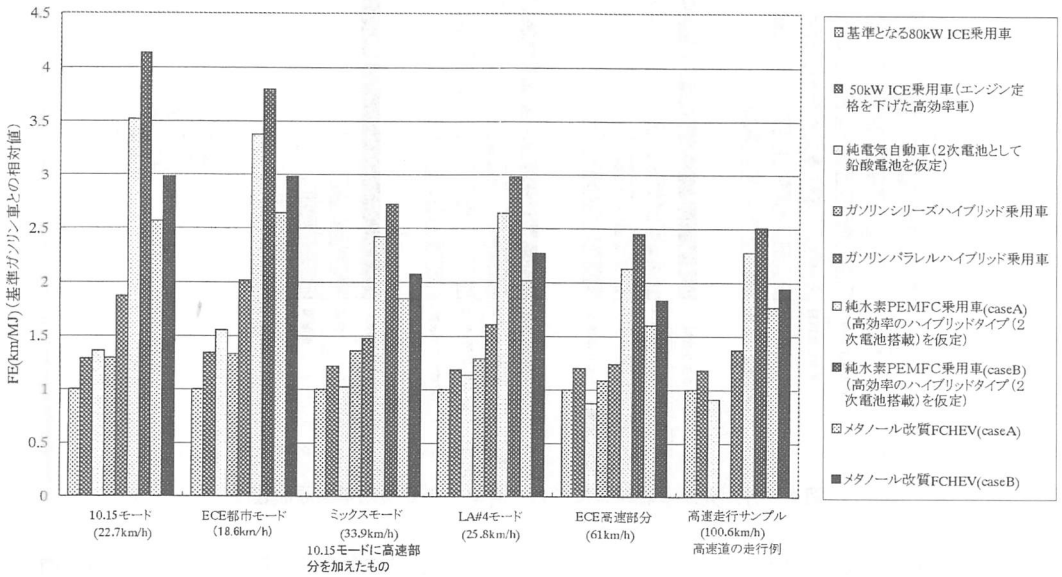


図5 tank to wheel効率(燃費)の比較

日本の燃費は基準走行パターンとして10.15モードにより計測するが、現実のより厳しい走行条件では燃費が劣化するので図のようにいくつかの異なる条件の走行パターンによる燃費を検討した。モデルパラメータも一般走行を前提に設定されている。それぞれの平均速度は図に示される。

図5は以上の各種車両の走行パターン毎に基準となるガソリン車の燃費に正規化した相対的な燃費を比較したものである。ここでは異種燃料は前述のようにその搭載燃料のエネルギー強度(LHVベース)による等価ガソリン燃費、即ちエネルギー消費量で換算している。走行パターンの説明中のかっこ内にはその平均速度を示す。絶対値ではないので注意が必要であるが、高速になるにつれてHEV、FCHEVなどの優位性が低下してゆくことがわかる。ハイブリッド車も高速では回生制動などの利点が働きにくく、また最大出力に近いところでは制御による融通性が損なわれるので、動作点の選択自由度も低下して燃費が悪くなる。

車種毎の比較では10.15モード走行ではもっとも大きな差が現れる。エンジンを小さくした高効率車でも既に20%程度改善されるので、ベース車として何を選ぶかも問題であり、またパラメータの設定値にもよるが、パラレルハイブリッドではICE車の1.8倍程度が達成される。これに対して井戸元からの効率を考えないとFCHEVは極めて高い数値となっていることがわ

かる。前提によるが、純水素PEMFCEVではガソリン車の3.5-4倍に達し、メタノール改質PEMFCEVでも2.5-3倍程度の燃費が達成可能となる。

これに対して加減速が大きくより高速側になるその他の走行パターンではその差が徐々に縮小していく。これは高速部分でハイブリッドのメリットが失われること、FCは高出力でその効率が低下することによる。なおFCHEVは構成要素のFCのみでも電圧、出力密度など自由度が高くFC技術の発展以外にシステムの最適化でも今後改善の余地が大きいと考えられる。

図6はこのエネルギー消費を井戸元まで考慮した上で前図と同様に基準ガソリン車の燃費で基準化した相対燃費(エネルギー消費率)を各走行パターンごとに纏めて示している。当然ガソリン車以外の代替燃料車の優位性は相対的に失われるが、それでもFC車は相対的に優位を保っていることがわかる。

この結果最も差が顕著に現れる10.15モード走行パターンにおいてパラレルハイブリッドで1.8倍、純水素FCEVで2.5倍程度、メタノールFCEVでなお2倍程度改善されることが示された。高速走行になるにつれてその差が縮小し、高速モードでは水素PEMFC、HEVで1.5倍、メタノール車では1.3倍程度に低下するが、なお優位性は認められる。またメタノールFCEVは全体としてPHEVと等価か少し上回ることにあり定性的にはほぼ等しいという結果を得た。前述の

Well to wheel総合効率(基準ICE車 ICE80との相対値)

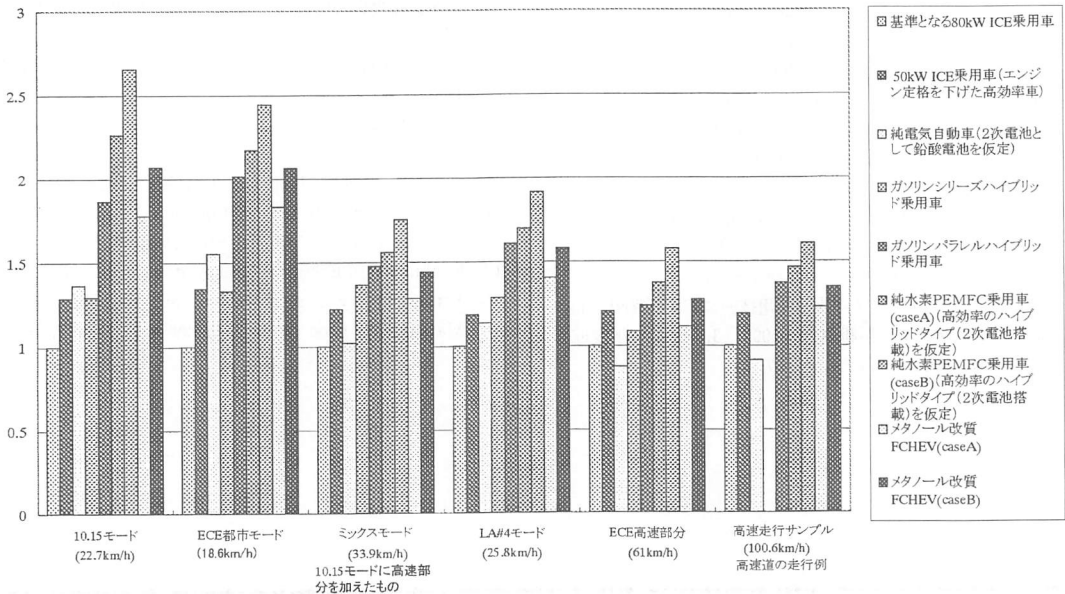


図6 Well to Wheel効率の相対比較

様にメタノール改質車はオフガス有効利用など理想的な状況を仮定しているが、実績データは存在しない。他方で、PHEVはすでに市場に実在し、その実績も上記の結果とほぼ同一であることが確認されているので¹⁰⁾、当面の技術としてはもっとも現実性も高く、しかも効果の大きいものといえる。しかも前述のようにここでFCEVは回生制動、停止時のアイドリングエネルギー蓄積などハイブリッド化を前提としたモデルで評価しているので、単純なFCEVを対象とするとその優位性は更に低下してガソリン（或いはディーゼル）ハイブリッドと純水素FCEVですら優劣が逆転する可能性もある。

これらの状況から現在得られている結果によればPHEVとメタノールはwell to wheelで考えたときに有意な差がないか、或いは逆転する可能性が高い。従って現状から予測される技術レベルでメタノールFC(H)EVを考えるときには他の代替自動車との比較には十分注意が必要である。これに対して純水素は車上搭載に関してエネルギー損失と技術的問題があるにも関わらず効率面では有意に他の代替車を越えていると言える。目新しい結果ではないが、今回の検討でも従来から云われている定性的な議論を確認できたと考えられる。ただし、高速になると現在の仮定ではFCEVの優位性はかなり落ち、ガソリン高効率車との差が無

くなることも示されている。走行状態によるので、ハイブリッド車と同様、どのような利用パターンに対して適切かといった点まで含めた議論が必要である。他方でガソリン改質による技術も急速に向上してきたと考えられ、従来無意味と言われたガソリン改質FCEVの可能性も否定できなくなっている。特にインフラの確立した燃料で、しかも飛躍的な燃費改善が可能であれば当面のオプションとして注目に値する技術であり、今後これらを含めた利害得失の検討が不可欠と言われる。

これらの結果は特に短期的な燃料選択、普及促進政策の決定にはきわめて重要な点であり、前提とする走行パターンとともにより詳細な技術水準、可能なシステム、Well to wheelのパスなどの精査が必要とされる。前述のようにタンクから先の自動車技術については各自動車メーカーの協力を得て、現時点並びに将来の可能性を含めた総合的知見を結集した検討を行い、これを反映した標準モデルの開発を目指した作業をすすめ、分析の精度と信頼性の一層の向上を図る予定である。また米国DOE、EU委員会など同一視点による政策策定に関心の高い諸機関との情報交換など国際的協力を目指した努力も進めている。

参考文献

- 1) A full fuel-cycle analysis of energy and emissions impacts of transportation fuels produced from natural gas, Center for Transportation Research, Argonne National Lab. DOE. 1999/12.
- 2) Fuel Cycle Energy Conversion Efficiency Analysis (status report) report for CEC, TTFO and CARB, S. Unnasch, L. Browning, ARCADIS Geraghty & Miller, Inc., 2000/5/25.
- 3) Assessment of Emissions of Greenhouse Gases from Fuel Cell Vehicles, prepared for Methanex Corp., (S&T) 2 Consultants Inc., 2000/6/5.
- 4) WE-NETサブタスク7, 水素利用技術に関する調査検討, ㈱エンジニアリング振興協会, 1999/3, 平成10年度成果報告書 NEDO-WE-NET 987.
- 5) 我が国における化石エネルギーに関するLCI分析, 山田, 伊, エネ研研究報告会資料, May-99.
- 6) 日産自動車自動車交通 1999, 日産自動車エネルギー研究所.
- 7) ADVISOR2.1, K. B. Wipke, M. R. Cuddy, S. D. Burch, DOE 1999/9/1.
- 8) An optimization tool of Hybrid type EV systems, H. Ishitani, Y. Baba, A. Molyneaux and D. Favrat, Proc. of EVS 15, 1998/10, Brussels, Belgy.
- 9) NECAR 4 -The first Zero-Emission Vehicle with acceptable Range, Proc. EVS16 Oct-99.
- 10) Evaluation of Energy efficiency of a Commercial HEV, Prius, at City driving, H. Ishitani, Y. Baba and R. Matsuhashi, Proc. of EVS16, 1999/10, Beijing, China.

公 募

「小樽商科大学教官候補者」公募について

1. 職名・人員：助教授又は講師1名
 2. 所属学科等：商学部一般教育等
 3. 専攻分野：物理学
 4. 担当科目：物理学Ⅰ, 物理学Ⅱ, 基礎ゼミナール(物理学), 自然と物理学, 研究指導等および数学に関する科目
 5. 応募資格：①博士の学位を有する者もしくはそれと同等程度の研究業績がある者
②平成13年4月1日現在で35才以下の者
 6. 任用予定年月日：平成13年4月1日
 7. 応募締切日：平成12年10月16日(月)必着
 8. 必要書類：①履歴書(別途様式による, 写真貼付)
②教育研究業績表(別途様式による)
③論文抜刷等の資料(主要なもの5点以内)
④学部及び大学院の成績証明書, 卒業証明書及び修了証明書(修了見込証明書)
- ⑤小論文「本学における教育(物理学および数学)と研究に対する抱負について」(A4用紙2枚以内にまとめること)
9. 書類提出先：〒047-8501 小樽市緑3-5-21
小樽商科大学長宛
(連絡先 庶務課人事係
Tel : 0134-27-5208,
Fax : 0134-27-5213,
E-mail : jinji@office.otaru-uc.ac.jp)
- ※封筒の表に「一般教育学(物理学)応募書類」と朱書きし, 郵送の場合には, 書留便にしてください。
- なお, 公募情報については, 小樽商科大学ホームページでもご覧いただけます。
(アドレス <http://www.otaru-uc.ac.jp/>)