

日時： 2007年8月25日(土) 13:30 - 16:50

場所： 名古屋国際センター 第2研修室

出席者： 32名

藤川 武敏(主査, 豊田中央研究所), 小林 茂樹(講師, 豊田中央研究所), 河原 伸幸(講師, 岡山大学), 青木 茂(豊田自動織機), 井原 禎貴(岐阜大学), 植田 隆広(いすゞ中央研究所), 内田 登(日野自動車), 太田 安彦(元名古屋工業大学), 大平 哲也(スズキ), 加藤 隆輔(ヤマハ発動機), 金子 誠(富士重工), 串田 丈夫(ボッシュ), 久保 賢明(日産自動車), 斎藤 昭則(豊田中央研究所), 柴田 元(新日本石油), 調 尚孝[追: 藤城 修, 榎本 滋郁, 金原 賢治, 重永 真宏](日本自動車部品総合研究所), 高野 孝義(豊田工業大学), 高橋 周平(岐阜大学), 田村 守淑(東邦ガス), 中田 浩一(トヨタ自動車), 野田 進(豊橋技術科学大学), 原 道彦[代: 竹中一博](ヤンマー), 山本 茂雄[追: 大森祥吾](三菱自動車工業), 若井 和憲(岐阜大学), 鷺尾 修司(大阪ガス), 古谷 正広[追: 佐々江 宏一](幹事, 名古屋工業大学)
[代: 代理出席者] [追: 追加出席者]

議事:

1. 連絡事項(13:30-13:40)

藤川主査より, 以下の連絡事項があった。

- (1) 委員の交代が連絡され, 新任の鷺尾委員(大阪ガス)からご挨拶戴いた。
- (2) 第7回研究会(11月16日 大阪ガス見学会)の案内があった。

2. 話題提供

(1) 豊田中央研究所 シンクタンク室 小林 茂樹 氏(13:40-15:10)

「将来のエネルギー動向と自動車燃料」

要約:

まずCO₂濃度と地球温暖化の関係について述べられた。過去100年間で地球の平均気温は約0.7℃上昇した。シミュレーションでその要因を調べると, 1970年以降の温度上昇は自然起源では説明できず人為起源によるCO₂濃度の増加が支配的であることが分かった。このことより温暖化抑制にはCO₂排出量の大幅な削減が必須と言える。種々の対策を行うことで2030年におけるCO₂削減ポテンシャルは30Gtonと推定されている。一方, 石油の供給量予測は, その究極埋蔵量と需要量から決まるが, どちらも大きな幅がある。そのため供給ピークとなる時期も, 最も早い場合2021年, 一方最も遅い場合は2112年と大きな違いがある。しかし, 更なる採掘技術の進展に加え, オイルサンド, オイルシェールといった非在来型石油資源まで含めれば, 総量は従来石油資源の究極埋蔵量の2倍以上が見込まれ, 資源量そのものに関しては差し迫った問題では無いと言える。

運輸部門は全世界に於けるCO₂排出量の約1/4を占めており, その約2/3は自動車由来である。更に1990年以降の伸び率も産業部門等が減少する中, 最も高い値を示している。今後は, 途上国での大幅な保有台数増加が見込まれ, 2030年には現状の2倍, 2050年には3倍まで伸びると予想される。Well-to-WheelでのCO₂排出量を燃料や原動機の方式ごとに調べてみると, 最も削減効果が大きいのはバイオ燃料である。水素燃料電池車は, Tank-to-WheelでのCO₂排出はゼロであるが, 原料に化石燃料を使う限り水素製造時のCO₂排出量が多く, Well-to-Wheelで比較するとガソリンハイブリッド車と同等になってしまう。車両1台当たりのCO₂排出量に保有台数をかけた運輸部門での全CO₂排出量を2050年で予測すると, 全車がハイブリッド車或いは燃料電池車に置き換わったと仮定しても, 2000年の排出量レベルの約2倍にまで増えてしまう。これを2000年レベルと同等以下に抑えるには, 先進的なバイオ燃料, 或いは製造時にCO₂を排出しない水素(無炭素排水素)を用いた燃料電池車の全車導入, といった思い切った手段が必要である。

この無炭素排水素は, 水素製造時のCO₂固定化, 或いは自然エネルギー等を利用した水素製造で得られる。後者の場合, 水素製造コストはガソリンに比べ現状6-10倍であり, 広く普及させる上での障害となる。一方前者であればガソリンに比べ現状1.5倍程度のコストアップである。燃料電池車の普及にはそのコスト低減も不可欠である。Ballard社では, 燃料電池の累積生産数が数十万台になれば, 現行エンジンと競合できるレベルになると述べている。しかし, 技術の成長カーブ(生産台数等)とコストに関する技術の経験式から推定すると, Ballard社の予測は楽観的すぎ, 実際には更に生産台数が1-2桁増えないと競合できるレベルには到達しないことが予想される。いずれにせよ水素社会実現のためには技術やコストのみならず, 政府の政策も含め社会システム全体を変えてゆく必要がある。

バイオ燃料は, 大気中のCO₂を固定した燃料であるため, 基本的にカーボンニュートラルであるという大きな特徴が

ある。しかし課題は供給量とコストである。現在のバイオ燃料の導入比率は、全世界で約 1.0%、日本では 0.01%でしかない。最も普及が進んでいるブラジルでも 2004 年現在で約 16%である。バイオ燃料の比率が 10%を超えると、食料や飼料との競合が激しくなるため、現状 5%程度が限度と予想される。この割合を増やすためには、セルロース等現在利用されていない原料まで有効に使うことが必要である。バイオ燃料のコストは、原油価格が\$60/バーレルを超える現状の水準で、サトウキビ原料のエタノールでほぼ同等コストと言える。しかし他のバイオ燃料のコストは総じて高く、新しい製造技術の開発が必要とされる。また環境との協調も問題である。例えばアマゾンの熱帯雨林を耕地に変えようとする場合、森林を焼き払うがこのとき CO₂ の排出量が極端に増加するという問題が発生する。サトウキビも、幹の部分は焼き払った上で収穫しており、その時の大気環境汚染も問題である。今後はこのような植物の未利用部分まで効率的に利用することが求められる。

天然ガス、石炭、バイオマス等から作られる合成燃料も、将来燃料の一つの候補である。しかし課題はコストである。すなわち合成燃料の製造にはエネルギーが必要であるため、その価格は原油価格に強く依存している。その割合は軽油やガソリンほどダイレクトでは無いものの、原油価格が上昇すると合成燃料の価格も上がってしまう。

将来の自動車用燃料に関して種々の予測があるが、2050 年で運輸部門から排出される CO₂ 量は、かなり頑張ったとしても現状レベル維持が精一杯で、その達成もなかなか難しいと予想される。そのためには、やはり内燃機関の熱効率を上げて行くと言う努力も重要である。

質疑

Q1. 2050 年に CO₂ 排出量を 2000 年比半減という目標があるが、これと運輸部門の将来予測の整合性は取れているのか。

A1. CO₂ 排出量半減は総計であり、運輸部門も半減という事ではない。車両の数が増加するため、運輸部門では頑張っても 2000 年レベル維持が精一杯と思われる。

Q2. 運輸部門の CO₂ 排出量が増加しているというのは、全世界での話か。

A2. そうである。日本ではここ 10 年ほど横ばいかやや減少している。

Q3. CO₂ 削減にバイオ燃料が有効なことは分かるが、性状が違う種々のバイオ燃料が入ってくると、エンジンでいろいろな問題が出てきて、結局は使えないという事態も予想される。そうすると組成を安定化させるという意味でも、最終的にはバイオ燃料も水素化ということになるのか。

A3. 今回は説明しなかったがパームやし油等のバイオ燃料も水素化処理をすると、ほとんどパラフィン系の燃料になる、という方法がある。そうすると軽油に多く混ぜても問題が生じる恐れは少なくなる。こういう事も一つの方向と思われる。

Q4. 水素化処理をすることで CO₂ 排出量が増えないか。

A4. Well-to Wheel では FAME 油と同等というデータもあるが、まだきちんとプロセスが固まっていないので何とも言えない。

Q5. 今日の話では自動車は燃料を使い続ける、という前提での話のようであったが、電気自動車、プラグインハイブリッド、加えて今後原子力発電が増えてくると、状況は変わらないか。

A5. 電気自動車、プラグインハイブリッドを考えると、何で発電するかにより CO₂ 削減効果が変わってくる。天然ガス燃料での発電では CO₂ は低減するが、石炭火力発電の割合が多い場合、通常のガソリンハイブリッドに比べ、電気自動車はむしろ CO₂ 排出量が増えてしまう。一方原子力発電の割合は現在 16%程度であるが IPCC の予測では楽観的に見ても 2030 年に 18%と見積もられている。このような事から、電力を動力源に使うことでの CO₂ 削減効果に、過大な期待は出来ないと考える。

Q6. 自動車では使いにくいバイオマスは発電で使い、石油は自動車用に確保する、といったような使い分けはできないのだろうか。

A6. どの燃料をどこで使うのが最もコストエフェクティブか？という試算を見ると、バイオマスは発電で使うのが最も良い、と出ている。また、石炭は埋蔵量も多いため、CO₂ 固定化技術開発と併せて使用法を考えてゆくのが大きな注力テーマと考えられる。

Q7. GTL の製造コストが軽油と同等レベルになったとしても、それを単独で使うには新たなインフラ投資が必要であり、結局は軽油に混ぜて使うしか無いのではないか。

A7. 長期的に石油が不足してくればそうも言っていられないのではないかと。短期的には例えば GTL を使うことで性能や燃費が大きく向上するようなプレミアム性があれば、投資に見合う価格設定も可能と思われる。

(2) 岡山大学大学院自然科学研究科産業創成工学専攻 河原 伸幸 先生 (15:30-16:50)

「火花点火機関におけるノッキング時自着火部の観察」

要約：

まず、研究室の紹介があり、引き続き実験装置の紹介があった。用いられるエンジンは一回だけ圧縮できる火花点火機関(ボア: 78 mm, ストローク: 85 mm, 圧縮比: 9.0, 回転速度: 600 rpm)である。モータ駆動によって混合気を筒内と予混合タンクを数サイクル行き来させて、下死点でバルブを閉めることでシリンダ内を圧縮し、火花点火す

ることで1回だけ燃焼させることができる。初期混合気中の燃料濃度は極めて均一であり、圧力、温度の管理も厳格にできる。火花ノックを起こしやすいように、酸化剤はアルゴンベースとしている。燃料種をメタン、エタン、プロパン、ブタンと変えて、低温酸化反応が自着火過程に寄与する影響を調べた。筒内はヘッドに取り付けた石英ガラスから観察できる。ヘッドは回転でき、点火プラグ等の位置は変更できる。ノッキング発生時の画像は高速度カメラ (Shimadzu Hyper Vision, HEX-108) で獲得される。分光測定装置はカセグレン光学系と ICCD 付分光器からなる。ノック強さは HPF (2.5 kHz) 通過後の圧力振幅の大きさで定義する。

興味深いムービーが多く紹介された。火花ノック発生時では伝播炎がへこむ。へこんでいる領域の面積が大きくなるに従ってノック強さは大きくなる。火花ノック発生時の筒内圧力振動周波数は OH* ラジカル発光履歴の振動周波数とよく一致する。エンドガスでの化学反応を調べるために、エンドガスからの光を分光測定したところ、OH* ラジカルと 325 -500 nm にかけてブロードバンドスペクトルが得られた。このブロードバンドスペクトルは HCHO からの光ではないかと推測している。火花ノックが発生する際の既燃ガスには輝点が多く現れる。火花ノックではすすができることはよく知られている。これにはエンドガスでアセチレン、すすの前駆物質、ヤングスートが関わると考えているが今後の課題である。

質疑

Q1: 低温度酸化反応場で OH* ラジカルが検出されたとのことであるが、他の物質ではないか。

A1: ボトムビューでの撮影を行って伝播炎からの光ではないことは確認している。スパークの光も拾わない。

Q2: OH* と同時に検出されるブロードスペクトルは HCHO バンドではなく、エメリウスバンドではないのではないか。

A2: HCCI エンジンでエメリウスバンドの分光測定を行ったことがある。そのときの結果と今回得られた結果とを比較しても明らかにスペクトルは異なる。

Q3: 火炎がへこむとのことであるが、周辺が速くなっているのではないのか。

A3: 伝播速度を算出しており、へこんでいる場所が確かに遅くなっている。

以上