

日時： 2010年11月13日(土) 13:30 – 16:50

場所： 名古屋国際センター 第3研究室

出席者： 21名

小島晋爾(主査, 名城大学), 梅村章(講師, 名古屋大学), W. Bunting(講師, BP), 中田浩一(幹事, トヨタ自動車), 高橋周平(幹事, 岐阜大学), 中川照行(BP), 柴田元(JX 日鉱日石エネルギー), 河野正顕(日本自動車部品総合研究所), 竹内秀隆(豊田自動織機), 小池誠(豊田中央研究所), 伊藤高啓(豊橋技術科学大), 高野孝義(豊田工業大学), 鬼頭俊介(豊田高専), 内田登(日野自動車), 大平哲也(スズキ自動車), 園比呂志(本田技術研究所), 山本英継(帝国ピストンリング), 鈴木浩高(いすゞ中央研究所), 井原禎貴(岐阜大学), 田村守淑(東邦ガス), 加藤正明(デンソー)

議事

1. 連絡事項(13:30-13:40)

次回研究会の日時の連絡があった。

2. 話題提供

(1)名古屋大学 梅村 章先生 (13:40-15:10)

「現行の噴霧燃焼シミュレータは正しいだろうか？」

要旨：

現在, 多くの噴霧燃焼シミュレータが存在するが, これらは KIVA コードがもとになっている. しかしながら, KIVA はそもそも流体力学計算コードであり, 噴霧燃焼に特徴的な現象を正しく再現できるかという点は, 非常に心もとない. 特に, 噴霧燃焼における微粒化現象に関しては, 現存の計算コードは微粒化過程を予測する能力はほとんどないといってよく, 未知の現象解明に利用することはできない. 本日は, この点を踏まえて①新しい微粒化理論, ②噴霧群燃焼に関する新しい知見を述べ, ③環境適合型高負荷航空機用エンジンに関する話題を提供する.

①新しい微粒化理論

微粒化は液糸の発生から生じる現象である. しかしながら, この液糸の分断のメカニズムは実はこれまでよくわかっていなかった. 地上実験で液糸を模擬する噴流を作ろうとすると, 下向きに噴射する必要がある. この方法では, 長波長の分断モードが観察されるのだが, その原因としていわゆるレイリーの不安定性の解釈があげられてきた. しかしながら, 微小重力環境を利用して, 低速噴流を観察すると, レイリーの不安定性では説明のできない短い分断モードが観察される. このとき, 液糸の先端でくびれが生じた際に, 復元しようとするエネルギーが上流へ伝播し, これが上流側からの高速ジェットを発生させ, 分断が生じることが分かった. このような, 液糸の先端から発生する短波長のエネルギー伝播が液糸分断のそもそもの駆動力であると考えられる. 地上実験で観察される下向き噴射における長波長の分断に対して, 従来のレイリーの不安定性で説明しようとする, 初期擾乱の振幅がノズル径に対して 10^9 から 10^{11} というオーダーである必要があるが, この値は水分子の大きさに匹敵するものであり明らかに非現実的である. しかしながら, 長波長の分断が, 液糸先端で発生した短波長のエネルギーが上流に伝播し, ノズル端にあたってドップラーシフトを起こして反射した結果生じたと考え, 初期擾乱の振幅はノズル径に対して 10^1 から 10^2 というオーダーとなり, 現実的な値となる. このような現象が, 乱流微粒化でも生じていると考えられる. このため, 本モデルを組み込んで, 乱流液柱噴射の詳細な数値計算を行った結果, We 数が 1 付近で生じた液糸が, 主に短波長で分断していくという結果が得られた. また, コア流表面の変形に関しても, 従来ではケルビン-ヘルムホルツ不安定性がその原因とされていたが, 実際には粘性が作る不安定性が変形に一番大きく効いていることが分かった. 既存の計算コードの微粒化モデルは, 興味とする実際の現象と最終的に合致するようにチューニングされているに過ぎず, 新しい技術の検証を行うためには, 正しい微粒化モデルを組み込んだ考察が必要である.

②噴霧群燃焼

噴霧燃焼では, 多くの現象が混在するためサブグリッドモデル化が必要である. 噴霧燃焼シミュレータでは, 連続帯であるガスの燃焼と分散的な液滴の燃焼が組み合わさったものとして扱い, これらが互いに干渉するように取り扱う. しかしながら, 既存の燃焼シミュレータでは, 液滴周りの条件がそれぞれの液滴に対しすべて同じとして計算するため, 一見もっともらしい計算結果が得られているに過ぎず, これでは噴霧燃焼の特徴を記述しているとは言えない. 実際の液滴燃焼を 1 次元液滴列を使って実験で調べると, 液滴間隔の距離によって, 隣接する液滴への火炎伝播には, 液滴間隔が広がるに従って, 拡散火炎が隣接する液滴を包み込むモード (モード I), 隣接する液滴が作る予混合気火炎が伝播するモード (モード II), 隣接する液滴の火炎からの熱で自着火するモード (モード III) の 3 つのモードがあることが分かった. これら 3 つのモードの条件がどのように分布しているかをマッピングしてモデル化することで, パーコレーション問題とし噴霧燃焼を計算することができる. ここに, 火炎との干渉の

影響を組み込むことで、正しく噴霧燃焼を扱うことができるシミュレータを作ることができると考えられる。

③環境適合型高負荷航空機用エンジン

現在の航空機用エンジンは、排気に関する要求が厳しく、特に NO_x に対して大幅な削減が求められている。航空機用エンジンは大きなパワーウェイトレシオが要求されるため、単に希薄燃焼を行って NO_x 低減を目指すことは重量増の観点から得策でない。このため、リッチ燃焼を行ってリーン燃焼を行う 2 段燃焼器が注目されている。ストイキの条件を避けるためには、リッチで燃焼させた後、瞬間的にリーンに条件を切り替える必要があるが、ここに技術的課題がある。ガスタービンは回転軸を有しているが、ここでは、この回転による遠心力で誘起されるレイリー-テイラーの不安定性をリッチ燃焼後のガスと空気との混合に利用する手法が一つの解決策として挙げられる。ヘリウム-空気をを用いて PIV で測定した結果では素早い混合が見られ、有効な手段として期待できる。

(質疑は講演中に随時行われたため、講演要旨に含めた.)

(2) BP ジャパン Walter Bunting 氏 (13:40-15:10)

「Review of Energy Reserves and Bio Fuels potential with a focus on Bio Butanol」

要旨：

エネルギー概要、CO₂ 低減に関して、ブタノールに関して下記の概要にて講演。

(エネルギー概要)

エネルギーリザーブに関しては、現実性があると判断出来ないとカウントすることができない。1998 以降はオイルサンドがカウント可能になっており変化が出ている。また、リザーブとしてオイルは 44 年、ガスは 63 年位、石炭は 120 年位ある。大事なのは、どこで燃料が使われるかであり、OECD は低下していくが、Non-OECD は増えていくでしょう。油田にある石油は軽石みたいな部分にしみ込んでいる。油田が 100 あっても 35 程度しか回収できない。1% 回収率を上げるだけでも、北海油田と同じ程度の油田を発見したような効果がある。どうやって回収率を上げるのかというと、発電等に出てくる CO₂ を油田に入れることで軽石からにじみだしてくる石油を吸い上げるようにする。

(CO₂ の低減に関して)

CO₂ に関しては、supply と demand で見る必要がある。バイオやハイブリッドが CO₂ の観点では少ない。また、CO₂ を地下貯留する方法も進めている。例としては、天然ガスは CO₂ と一緒に出てくることがあり、それを戻すこともやっている。自動車としては、電気自動車の議論も出ているが、コスト、時間軸や Well to Wheel を考えると、既存のもので電気自動車(米国)の Well to Wheel での CO₂ に対抗できるオプションがないかということも見ている。

(ブタノールに関して)

バイオ燃料に関していうと、例えば 2015 年に 155 billion liter の要求があると、コーンをベースにする場合では、米国では 3 州程度の面積が必要になる。水の問題や環境、動物の問題等を考えると供給側の制約が大きい。バイオとしては将来はブタノールです。これに関しては、酵母を開発しました。生産工程はエタノールとほぼ同じです。ブタノールの大事なところは、オクタン価と発熱量です。エタノールは水との間で課題があるが、ブタノールは少ない。従って、ディストリビューションが容易になる。また、ブタノールはドライコロージョンでもエタノールより優れた特性である。ドラビリに関してほぼ同じである。ただ、コールドエミッションは悪い傾向がある。車での CO₂ は OEM でもいろいろとあるが、80g/km 位は各種技術合せて行けるのではと考えている。熱効率も 43% 出ている結果もある。

質疑：

Q1. (電気自動車の CO₂ の部分) USA や UK はエネルギーミックスですか？

→そうです。

Q2. バイオ燃料を何から作るのかということも将来の予測に入っているのか？

→コーンやさとうきびの場合等(上記)の事例を紹介。

Q3. 藻はどうなるのか？

→藻は効率的なバイオマスである。但し、藻だけを成長させて、環境から隔離させるようなことができればいいが、

実際には環境を考えると厳しいというのが BP の見解である。

Q4. ガソリンはパイプラインを使っているが、エタノール含めてどういうデリバリーとなっているか？

→バイオはパイプラインを使っていません。

Q5. (欧州のバイオに関して) 何がベースになっているのか？

→ガソリンに対しては、さとうきび、大麦です。ディーゼルに対しては、菜種です。

Q6.(ブタノールに関して)ソースはエタノールと同じか？

→同じです。

Q7.ブタノール 16%の意味は？

→E10 と酸素割合を合せると 16%になるということです。

Q8.(ブタノールに関して)潤滑性はどうか？

→エタノールよりガソリンに近いので問題はない。また、多数の試験を行い確認している。

Q9.ブタノール製造時のエネルギー消費量は？

→エネルギーベースではコスト同じ。容量ベースでは高くなる。