

日時： 2007年11月16日（金） 13:30 - 17:30

場所： 大阪ガス様実験棟集合住宅 NEXT21 2F ホール

出席者： 23名

藤川 武敏（主査，豊田中央研究所），鷺尾 修司（講師，大阪ガス），中井 俊作（講師，日本ガス協会），
青木 茂〔追：中原 徹〕（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），加藤 隆輔（ヤマハ発動機），
加藤 正則〔追：船井 賢二〕（デンソー），久保 賢明（日産自動車），柴田 元（新日本石油），
調 尚孝〔代：金原 賢治〕（日本自動車部品総合研究所），園 比呂志（本田技術研究所），
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），山本 茂雄〔代：梅井一英〕（三菱自動車工業），
古谷 正広（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) 第8回の開催日時の告知

(2) 次期研究会について，

名称は継続．主査は野田 進先生（豊橋技術科学大学），幹事は大平 哲也様（スズキ）が新任，古谷 正広先生（名古屋工業大学）が継続．

2. 話題提供 (13:40-14:10)

(1) 大阪ガスエネルギー技術研究所 鷺尾 修司氏

「大阪ガスにおける技術開発」

要約：

大阪ガス株式会社について

1897年設立，1905年事業開始．2007年で102周年．供給地域は近畿二府四県．約680万戸に供給．現在の供給基地は姫路と泉北の2カ所である．

技術開発の歴史

創業当時はガス灯用の都市ガスを石炭から製造．その後，家庭用へ展開．1970年代から工業用，地域冷暖房用へ．

1990年に天然ガス転換完了．この時期からコージェネレーションシステム技術開発，販売促進を進める．

技術開発組織の紹介

エネルギー技術研究所があるグループ本社技術部門のほかに，リビング事業部などの各事業部にも技術開発を行う部門がある．研究所の重点分野として以下の五つ．

(1) 家庭用電力需要の獲得

家庭用ガスエンジンコージェネレーション（商品名：エコウィル），燃料電池，電力融通システム

(2) 住居空間の快適性の向上

ミストサウナ等，ハード以外の快適性も評価，安心安全の追及（警報機の省電力化，ガス機器の低騒音化等）

(3) 業務用産業用のエネルギー分野の競争力の強化

コージェネレーションシステムの競争力強化（8MW級の大型機，排ガス浄化システム，騒音低減）ガスエンジン本体の開発，性能評価は可視化，シミュレーションで行っている．発電機能を付加したガスヒートポンプ（商品名：ハイパワーエクセル）の紹介

(4) 電力ビジネスの技術支援

泉北LNG製造基地で100万kW級の火力発電所が2009年に稼動予定．関連会社での風力発電支援のための風向シミュレーション

(5) ガスインフラの低コスト化

質疑

Q1. 大阪ガスが泉北発電所を作ったのか．

A1. そうである．電力販売会社も設立している．現在，コージェネレーションで150万kWであるので，この発電所を加えて250万kWの電力供給量になるともいえる．

Q2. ガス事故が起こったときの影響についての基礎研究については

A2. 事故を未然に防ぐ研究や過去に起こった事例の再発防止のための研究を行っている．

Q3. 泉北発電所の燃料はなにか

A3. 天然ガスである．

(2) 日本ガス協会 中井 俊作氏 (13:40-15:10)

「超高効率天然ガスエンジン・コンバインドシステム技術開発」

(社)日本ガス協会と三菱重工業(株)が共同で実施している独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)共同研究事業での実施内容を紹介された。(実施期間:2005年7月から2008年の3月まで)

ガスエンジンの歴史

昔はストイキ燃焼に三元触媒であったが、1990年代から希薄燃焼へ移行し、現在火力発電(汽力)の受電端効率を上回る発電効率のガスエンジンが現れてきている。最近では5千kWクラスの高効率なガスエンジンを数台設置することで、ガスタービンの領域まで進出している。

これからはさらに高効率、高出力、高信頼性のコージェネレーションシステムが求められるであろう。ここで報告するプロジェクトでは大型の分野で世界最高の発電効率を目指したものである、発電効率で48%以上、これに排熱利用を加えることで50%以上を目標としている。

この目標値をどのように達成するのかについて述べる

マイクロパイロット着火副室式燃焼方式を採用した。この方式では希薄予混合気を主室に吸気し、副室にはコモンレールタイプの噴射弁で微量の軽油を噴射する。副室で最初に燃焼が始まり、それに伴って主室に火炎ジェットが供給される。この火炎ジェットで主室の希薄混合気を燃焼させる。この燃焼方式であれば非常に薄い(空気過剰率 $\lambda=2.0$ 以上)領域であっても高効率に運転でき、 NO_x 排出量も抑制できる。さらに高 P_{me} でも運転できる。現在、8MW級ガスエンジンの発電効率は45%と推定でき、これをベースにノッキングを抑制しながら、圧縮比(P_{max})を上げることで高効率化を図る。このためにはエンジンの高剛性化とノッキングリミットを拡大する燃焼方式が必要になる。

三菱重工は機関本体の設計製作・検証試験とコンバインドシステム、即ち二流体サイクルとハイブリッド過給機の評価を担当している。ガス協会は新燃焼方式による耐ノック性向上を目指した研究が行われた。具体的には燃焼室内の燃料濃度分布とEGRの効果について調べた。

採用した三つの混合気濃度分布のコンセプトは以下の通り

- (1) 中央リッチ： 周辺領域の希薄混合気でのノッキング抑制
- (2) 中央リーン： 副室からの火炎ジェットの領域を希薄にすることで初期燃焼を抑制することでノッキング抑制と燃焼後期での燃焼促進によってもノッキング抑制
- (3) 均一： 燃焼変動抑制、サイクル変動低減

これらの混合気濃度コンセプトはCFDと高速FIDを用いた実験によって検証された。実際のノック位置については火炎自発光CT解析(TOMO)によって計測した。性能試験は単気筒を用いた。

CFDによる流動解析

給気弁位置を起点とした流線解析によって、燃料供給管の位置と穴の数によって上記の混合気濃度分布を作るための指針が得られた。

高速FIDでの結果

高圧燃焼に対応する工夫を凝らしている。サンプリング位置は21箇所。CFDによる解析結果とはよく一致していることがわかった。

火炎自発光CT解析によるノッキング発生位置観測

AVL社のTOMOを使用。エンジンのライナー部分に光学センサーを8本設置。16点の計測点からクランク角度ごとに得られた火炎断層像に圧力のデータを加えてノッキングの発生位置(ノック発生頻度)を特定する。

中央リッチ、中央リーン、均一の三つの燃料濃度分布において、ノッキングはいずれも周辺部分でノッキングは発生することがわかった。ピストン形状を変更することでスキッシュを強化するとノッキング発生頻度に変化が現れることが確認された。

単気筒機関による検証

各燃料濃度分布でのノックリミットでの熱発生率履歴を比較した。通常、副室式エンジンでは火炎ジェットによって熱発生が二段になる。その時期での熱発生率は中央リッチが最も大きく、次に均一、中央リーンと続く。

各燃料濃度分布の性能性への影響

中央リーンではマイクロパイロット噴射時期が進角でき、 NO_x も抑えられることがわかった。これは初期燃焼が抑えられたためと考えている。COVは濃度分布が形成されたときに大きくなると予想されたが、今回の結果ではさほど増加しなかった。これらの結果から中央リーンで圧縮比を高くすれば効率は向上すると考えている。

EGR について

単気筒機関の過給機の後方から排気を給気へ戻している。空気過剰率 $\lambda = 2.1$ でEGR率を0%をベースデータとすると、低い圧縮比ではEGRの効果は顕著ではないが、圧縮比を高めたときはEGRを行うことで噴射時期を進めることができ、熱効率が向上した。また、NO_x (O₂=0%換算値)も抑制できた。

まとめ

CFDによって燃料濃度分布の制御指針を得ることができた。高速FIDの計測結果はCFD解析結果と定性的に一致する。ノッキング解析によって燃料濃度分布よりもピストン形状の方が発生頻度に与える影響は大きいことが明らかになった。単気筒機関での試験結果からは燃料分布を中央リーンとすることで噴射時の進角は可能であり、さらに圧縮比を高くすることが可能であろう。EGRを行うことで高圧縮比と低NO_x化は可能である。実証機関での性能については近々報告できる。

質疑

Q1. ノックリミットはどのような定義か。

A1. 筒内圧力データをバンドパスフィルターで周波数解析を行い、ある閾値を超えた場合にノッキングと判定し、その発生確率からノックリミットを決定している。

Q2. 今回の燃焼方式を小型に展開することはないのか。

A2. 副室は難しいのではないかと。大型ではボアが大きいので火花点火では難しい。小型では副室などの装置を取り付けることは難しいであろうから、点火プラグ方式での燃焼改善が望ましいと考える。

Q3. 副室式では冷却損失は大きいのではないかと。

A3. 本エンジンは大型であり、副室の冷却損失により効率が低下する影響は小さい。

Q4. 天然ガス組成に対する影響はどうか。

A4. メタン価を考慮して試験を行った。

Q5. 副室の掃気状態はどうか。

A5. マイクロパイロット着火方式では、副室内で供給されたパイロット燃料の自着火により燃焼が決定されるため、掃気状態による影響は小さいと考えている。

Q6. ここでの結果は火炎伝播でのように周辺部でのノック発生であるが、周辺部からの燃焼のような形態はあり得ないのか。

A6. ノッキングが連続して発生する条件で計測している。このような条件では周辺部でノッキングが発生する。

3. 見学

(1) NEXT 21 (大阪ガス実験集合住宅)

NEXT 21以前にも実験が行われているが、さらに近未来の都市での環境・エネルギー・暮らしを考え、100年住宅を実現させるための実験集合住宅であり、1993年10月に竣工、翌年4月から1999年3月までの5年間と、2000年4月から2005年3月までの5年間の計10年に渡り、社員16家族が実際に居住し、様々な実験が行われている。

(2) A-ATG パイロットプラント(大阪ガス西島実験場)

エネルギー技術研究所(大阪市此花区西島)までチャーターされたバスで移動後に、国家プロジェクトとして、JOGMEC(独立行政法人石油・天然ガス金属鉱物資源機構)による支援のもと日揮株式会社と共同で実施されている「天然ガスを原料とする新規GTL用合成ガス製造プロセス(A-ATGプロセス)の開発」についての紹介を受け、併せてエネルギー技術研究所に併設されたパイロットプラントの見学を行った。

以上