

入が始まっており、燃料電池車も一部で大臣認定・型式認証を取得し、政府関係、自治体、公益法人や民間へ限定的なリース販売が行われている。燃料電池を搭載したバスも愛知万博等で試験的に運行されてきて、既に100万人が乗車を体験している¹⁾。また、燃料電池自動車の実証試験が国の補助事業として各地で実施されている。しかしながらPEFCの本格普及のためには、長寿命化及び大幅な低コスト化等で現状レベルよりも一層の技術向上が必要なのが実情で、今後さらに実用化促進のための技術開発を行う必要がある。

経済産業省は「新エネルギー技術開発プログラム」の中で積極的にPEFC関連プロジェクトを推進しており、NEDOはこれを受けて「固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発」として耐久性・信頼性向上や低コスト化に資するものを中心に、実用化・普及のための技術開発プロジェクトを進めている²⁾。耐久性向上については産官学連携のコンソーシアム形式で劣化機構解明と加速試験法開発を行っている²⁾³⁾。また、コスト低減については低価格部材の開発や生産技術・量産技術開発、補機類の開発等に取り組んでいる。さらに、白金代替触媒等難度の高い長期的技術課題や研究開発ツールとなる高度な解析評価技術について、主に大学や研究機関に委託して基礎基盤的な取り組みを行っている。一方、1kW級定置用燃料電池システムの大規模かつ広域的な実証研究を実施しており、17年度に600万円の助成金で480台、18年度には450万円で777台が設置され一般家庭等の実際の使用状況における実測データを取得して今後の技術開発課題抽出等を行っている⁴⁾。さらに、水素社会構築のためのインフラに係る法令等の再点検に関連するデータや、高度な技術基準、標準化案を国内及び国際標準に提案するためのデータの取得、試験・評価手法の開発等も行っている²⁾。携帯用燃料電池の開発及び標準化についてもNEDO事業として行われ成果をあげてきた。18年度からは「新利用形態燃料電池標準化等技術開発」として実施されている²⁾。

文 献：References

- 1)国土交通省、燃料電池バス報告会資料、<http://www.levo.or.jp/event/fcbus/index.html> 2) NEDO、「次代を担う燃料電池・水素技術～クリーンエネルギー社会への挑戦～」、<http://www.nedo.go.jp/nenryo/pamphlet/index.html> 3) NEDO、「固体高分子形燃料電池産学連携プロジェクト～コンソーシアムによるメカニズム解明への挑戦～」、<http://www.nedo.go.jp/nenryo/pamphlet/index.html> 4) NEF、平成18年度定置用燃料電池大規模実証事業報告会資料、<http://happyfc.nef.or.jp/info.html>

6.2 流動床燃焼

国際会議などの開催

第19回流動層燃焼層国際会議(19th Int. Conf. on Fluidized Bed Combustion)が、オーストリアのウィーンで開催された。流動層燃焼国際会議は、開催頻度をこれまでの隔年から3年

に1回とすることで、類似のテーマを扱うFluidizationと循環流動層国際会議との重なりをなくすようにした。国際エネルギー機関流動層転換技術会議(IEA-Fluidized Bed Conversion)はウィーンで第52回(テーマ:Co-conversion (combustion and gasification))、アイルランドのダブリンで第53回(テーマ:Combustion of Peat and Other High Volatile Fuels (CFBC vs BFBC))がそれぞれ開催された。なお、IEA-FBCでは論文集、発表要旨などは公開されていない。

1. 大型常圧流動層燃焼装置の研究開発

Sardinia (Italy)にあるENEL Sulcis Power Stationで、世界最大の循環流動層燃焼装置(CFBC)が2005年末から運転を開始した。ALSTOMの技術によるもので、出力は790MWth340MWe (gross)で蒸気条件はSHで1026 ton/h 565°C165 bar、再熱835 ton/h 580°C40 barである¹⁾。CFBCで最初の超臨界圧水蒸気ボイラーとなるLagisza 460 MWe(ポーランド)は、これまでの予定より完成が遅れたが、2009年に完成予定となった²⁾。超臨界蒸気CFBCボイラーの大型化高効率化について、Foster WheelerとUSDOEが概念設計を行い、800MWe出力、蒸気条件700°C365 barの達成可能性を論じた。大型化のために外部熱交換器としてINTREXをさらに改良したStacked INTREXを提案し、また、蒸気と炉内の温度落差を維持するための排ガス温度維持方法を提案した²⁾。

最近では数値流体力学(CFD)の進歩が著しく、流動層などの気固系での計算結果が数多く発表されている。実際の燃焼装置でのトラブル対策などに、CFDによる解析が使われた例が報告されている。蒸発量200 t/hのCFBCでリサイクルラインに石炭を供給したところコーキングを起こして閉塞した問題を解決するのにCFDシミュレーションで粒子軌跡を計算し、循環粒子と石炭の混合を改善する方法が提案された³⁾。また、サイクロン効率が低いことを改善するためのサイクロン改造に先立ってCFDシミュレーションを行って改善を予測した例が報告された⁴⁾。CFDとNO_x反応モデルを組み合わせて気泡流動層バイオマス燃焼時のNO_x生成が計算された⁵⁾。また、粒子挙動に伴う伝熱や物質移動の計算にもCFDによる予測手法が試みられている。

2. バイオマス・廃棄物の燃焼

流動層燃焼ではバイオマス、廃棄物と石炭を混焼することが広く行われている。ヨーロッパ(EC)では6カ国10機関が参加して、バイオマスの流動層での混焼の研究プロジェクトが行われている。ここではラボテストからパイロット、Duisburg 252MWth CFBCでの実機テストまでが行われており、大型装置内でのガス・粒子濃度分布などが報告されている⁶⁾⁷⁾。バイオマスなどの燃料としての特性として、揮発分含有量が多いことがあげられるが、バイオマスと石炭をCFBCで燃焼するときに炉内粒子量を減らして底部濃厚領域の高さを減らすと水平方向の粒子混合が悪くなり、高揮発分燃料の燃焼では揮発分の局所発生が懸念されると報告されている⁸⁾。

下水汚泥もバイオマスの1種であり、有効利用が望まれる。

加圧気泡流動層とターボチャージャを組み合わせたシステムで脱水汚泥を燃焼して、余剰の高圧空気を得る新しいプロセスが提案され、小型加圧装置で燃焼実験が行われた⁹⁾。このプロセスは乾燥を必要とせず、また高圧空気を得られるので下水処理設備のオンサイトプロセスとして有望であろう。下水汚泥の燃焼においては、石灰石による脱硫が阻害されることが知られている。Elledら¹⁰⁾は、12MWth CFBCで下水汚泥を燃焼した場合の灰の分析とFactSageによる平衡計算を行い、灰中の $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2/\text{CaSO}_4$ 比が増加することでリンにより石灰石が消費されることが示された。

バイオマスなどの燃焼では、Na, Kなどのアルカリによる流動媒体の溶融・焼結による流動停止が問題として指摘されている。圧変動から装置内流動状態を調べるための新しいデータ解析方法が提案されている。層内圧力変動のアトラクターを比較する方法を循環流動層に適用し、粒径の変化を早期に発見できた¹¹⁾。また、流動層の気泡流れを時間-周波数領域での線形ウェーブレット解析で解析することが提案された¹²⁾。また、排ガス中アルカリ塩化物濃度のオンライン測定法として、200-380 nmの光の吸収を用いる方法が用いられた¹³⁾。カオリンや石炭灰はアルカリを捕集することが報告された^{13) 14)}が、過剰の石灰石を入れるとガス中KClが増えた¹³⁾。

燃焼からの重金属排出の問題も検討されている。重金属の揮発挙動については、データベースを用いた平衡計算が過去に行われてきたが、いろいろなデータベースから妥当と思われるデータを取り出して計算を行った結果(ただし流動層ガス化条件)が報告された¹⁵⁾。石炭熱分解時の重金属の挙動を調べたところClが揮発化を促進する可能性が示された¹⁶⁾。

3. 新しい流動層燃焼方式の研究

ケミカルループ燃焼(CLC)の研究が活発に進められており、数多くの論文が出ている。これは、Ni, Cu, Feなどの金属の酸化物を酸素移動媒体として2塔の流動層間を循環させて、一方で燃料(主にガス燃料)を使って金属を還元するとともに、他方で還元金属を空気酸化して再生して、そのときの発熱を利用するとともに高濃度の CO_2 を得るものである。小型プラントの運転結果などが報告された^{17) 18)}。また、金属酸化物と組み合わせる担体の種類(アルミナ、ジルコニア、チタニア、酸化マンガン、 MgAl_2O_4)によって活性などが異なることが報告された。また、固体燃料を用いたCLCのプロセス計算結果が報告された¹⁹⁾。

CO_2 回収を目的とした CO_2 希釈 O_2 による流動層燃焼(O_2/CO_2 燃焼)について、小型装置燃焼実験結果²⁰⁾、1次元および3次元モデル計算²¹⁾などが報告された。 CO_2 回収法として、CaOなどの固体による吸収と加熱再生を組み合わせた方法も検討されている。加圧流動層燃焼に固体吸収剤 CO_2 吸収プロセスを組み込む概念設計がなされ、コスト計算も含めてアミン吸収と比較された²²⁾。

文献: References

1) Scaleri, S., Proc. 19th Int. Conf. on Fluidized Bed Combustion(以下 19th

FBCと略記), Paper 089 2) Goidich, S. J., Proc. 19th FBC, Paper 110 3) Seeber, J., Proc. 19th FBC, Paper 116 4) Röper, B., Proc. 19th FBC, Paper 120 5) Brink, A., Proc. 19th FBC, Paper 103 6) Gulyurtlu, L., Proc. 19th FBC, Paper 088 7) Wischniewski, R., Proc. 19th FBC, Paper 090 8) Niklasson, F., Proc. 19th FBC, Paper 076 9) Suzuki, Y., Proc. 19th FBC, Paper 048 10) Elled, A. L., *Fuel*, **85**, 1671-1678(2006) 11) Bartels, M., Proc. 19th FBC, Paper 040 12) Sasic S., *Chemical Engineering Journal*, **121**, 27-35 13) Kassman, H., Proc. 19th FBC, Paper 099 14) Takuwa, T., Proc. 19th FBC, Paper 078 15) Kontinen, J., Proc. 19th FBC, Paper 070 16) Zevenhoven, M., Proc. 19th FBC, Paper 079 17) Johansson, M., *Ind. & Eng. Chem. Res.*, **45**, 5911-5919 18) Adanez, J., *Ind. & Eng. Chem. Res.*, **45**, 6075-6080 19) Cao, Y., Pan W.-P., *Energy Fuels*, **20**, 1836-1844 20) Czakiert, T., *Fuel Processing Technology*, **87**, 531-538 21) Saastamoinen, J., Proc. 19th FBC, Paper 049 22) MacKenzie, A., Proc. 19th FBC, Paper 019

6.3 ガスタービン発電

1. 市場の動向

2005年6月から2006年5月に全世界での出力1 MW以上の発電用ガスタービン発注台数は831台で前年実績(697台)に対し19%の増加。出力ベースでは42.020GWと前年実績(34.943GW)に対し20%となった(図1参照)¹⁾。台数ベースと出力ベースの増加率が同等でありほぼ全ての出力レンジで発注台数が増加している。2004年から2005年は増加傾向が停滞したが再び安定的な増加傾向に戻った。地域的には北米を除く各地域で増加傾向にある。天然ガス焚きのベースロードプラントが増加している。引き続きガスタービン市場は急拡大、急縮小はなくこのレベルで安定するものと考えられる。

2. 研究開発の動向

Heavy Dutyガスタービンの圧縮機を低圧圧縮機として航空転用型ガスタービンのガスジェネレータの上流に中間冷却器を介して接続し、高圧力比を達成することでガスタービン単機出力を100MW、熱効率を50%近くまで高めた、GE社製LMS100の初号機が米国サウスダコタ州Grotonで商用運用を開始し

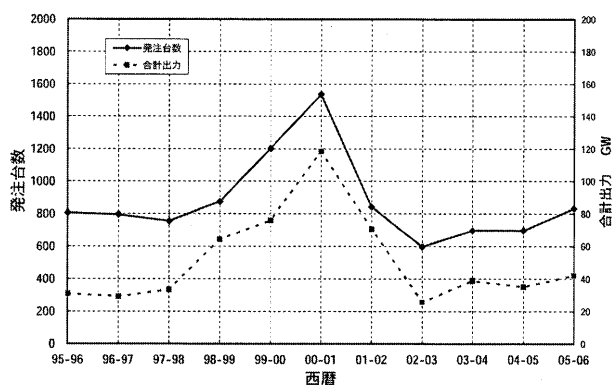


図1 世界の発電用ガスタービン発注実績の推移