

IEC TC105/WG4 でコンビナー (Convenor) を行ったり、自主安全基準案作成に参画する等積極的に活動している。

(4)「固体高分子形燃料電池システム実証等研究」 (平成14年度～16年度)(経済産業省で計上)

本プロジェクトは、環境性能、エネルギー総合効率等のデータや技術的課題など、開発・普及に必要な基礎的情報を得るため、技術の進展を踏まえつつ、燃料供給ステーションの実証を含む燃料電池自動車の公道走行試験、定置用燃料電池コージェネレーションシステムの実使用条件下での運転試験等を行い、併せて、燃料電池/水素の普及啓発を図るものである。

6.3 流動床燃焼

国際会議などの開催

第16回流動層燃焼国際会議がアメリカ Reno で開催された。また、国際エネルギー機関流動層転換技術会議の発表資料の一部が Web で公開された (<http://www.iea-fbc.org/>)。

(1)常圧流動層の研究開発

常圧 CFBC の高効率化に向けて、超臨界蒸気発電の適用¹⁾、600 MWe (600℃超臨界水蒸気使用)の検討結果が報告された²⁾。コンパクトな粒子分離装置について、Turow 262 MWe (2002年運開予定、ポーランド)への適用例が紹介された³⁾。大型 CFBC の流動、伝熱、燃焼の数値計算について、Provence 250 MWe⁴⁾、410t/h Pyroflow⁵⁾、Tonghae 200 MWe (韓国)⁶⁾の結果が報告された。また 12 MWth CFBC の NO_x、N₂O の生成がモデル計算された⁷⁾。

CFBC 炉内の水平・垂直方向の SO₂ 濃度分布が測定され、S 放出位置、空気供給方式の SO₂ 捕集に及ぼす影響が報告された⁸⁾。石炭へ Ca(OH)₂ を水和あるいは加熱を併用して担持することで、石炭からの SO₂ 放出が低減できることが実験室規模の装置を用いて明らかにされた⁹⁾。

石炭燃焼時には石灰石供給が NO_x を増加させることは知られているが、脱揮発化後のチャーの燃焼においても石灰石が NO_x 生成を増加した¹⁰⁾。一方、石油コークス燃焼時には逆に石灰石供給が NO_x 排出を低減し、その原因は石油コークス灰による NO_x 生成作用が石灰石によって失活したことであった¹¹⁾。低炭

化度炭と PAN チャーを熱分解するときに Ca を担持すると燃料中 N の N₂ への転化率が増加することが報告された¹²⁾。

CFBC へのハロゲンの添加が NO_x、N₂O に及ぼす影響について実験的および理論的に検討された¹³⁾。石炭チャーによる NO_x 還元時の N₂O 生成は酸素が無くても起こった(酸素があればより多く起った)と報告された¹⁴⁾。3種類のグラファイトによる NO、N₂O の還元反応速度が測定され、既往の研究と反応次数、活性化エネルギーが比較された¹⁵⁾。麦わらと温水洗浄で K 等を除いた麦わらから作ったチャーの NO_x 還元活性が測定され、洗浄により反応活性が低下することが報告された¹⁶⁾。CaCO₃ など炭酸塩を触媒とした CO₂ 共存下での NH₃ 分解と酸化が行われ、分解時に CO₂ が共存すると HCN、HNCO も生成することが報告された¹⁷⁾。

(2)石炭燃焼時の微量成分排出

大型の CFBC で瀝青炭、褐炭、あるいは石炭と乾燥污泥混合燃料を燃焼したときの重金属成分の飛灰、炉底灰の移行割合などの挙動が報告された¹⁸⁾、¹⁹⁾。FBC では高塩素炭ほど水銀が酸化されて HgCl₂ になりやすく、飛灰中に水銀が捕集された²⁰⁾、²¹⁾。重金属挙動の平衡計算もなされた²²⁾。燃焼条件が良いと多環芳香族 (PAH) が減ること、石灰石供給が PAH 生成を増加するが飛灰による捕集効果も増加するためにガスとして排出される PAH は減った²³⁾、²⁴⁾。

(3)バイオマス燃焼および灰熔融・付着

バイオマスを主燃料とする 550 MWth CFBC を作る Alholmens Kraft プロジェクト (2001年10月運開予定) が紹介された²⁵⁾。バイオマス燃焼では、Na、K などの蒸発、流動媒体の溶融が懸念される。バイオマス FBC でのエミッション特性、灰の溶融、炉内の K の蓄積について数多く報告された²⁶⁾～²⁹⁾。アルカリ挙動について FBC 試験と、FACT、ChemSage 等平衡計算法を用いた検討、灰溶融試験と SiO₂-CaO-K₂O の3元組成による灰溶融温度の比較がなされた³⁰⁾～³⁵⁾。また、焼結が粒子表面溶融層の粘性で起こるモデルに基づき、カリウムシリケートの粘性の温度依存性とシンタリングの関連が論じられた³⁶⁾。アグロメレーション防止のためドロマイト³⁷⁾、非シリカ系流動媒体の利用³⁸⁾が提案された。

BFBC 内の圧力時系列データからアトラクターを計算して良好流動状態の場合と比較することで、アグロ

メレーションを検出する手法が提案された³⁹⁾。廃棄物、バイオマス燃焼用新型 CFB が提案されるとともに、炉内腐食現象への KOH の関与が示唆された⁴⁰⁾。燃料から各種水溶液によりアルカリ金属等を溶出させる方法、燃料の SEM/EDX 分析等により含有金属をキャラクターゼーションし、デポジットの作りやすさを評価した^{33), 34), 41)}。後段の対流伝熱面における付着物中の Cl 濃度を下げる方法（あるいは塩化物からガスへ Cl を移行させる方法）として、カオリナイト添加が効果的であった^{42), 43)}。

TVA 160MW BFBC で石油コークスと石炭を混焼したときに起こるファウリングの原因について、温度範囲とその温度におけるカルシウムの反応から論じられた⁴⁴⁾。

(4)汚泥・廃棄物・液体燃料

下水汚泥焼却に関しては、水銀、NO_x、ダイオキシン等の挙動が注目されている^{19), 45) ~ 49)}。BFBC での製紙スラッジと石炭の混焼時の NO_x、ダイオキシン生成の小型装置結果と実プラントデータが報告された⁵⁰⁾。CFBC での RDF 燃焼時のダイオキシン低減、伝熱管腐食が報告された⁵¹⁾。BFBC で流動媒体を砂から多孔質粒子に変えると未燃分、ダイオキシン、NO_x の排出が低減され^{52), 53)}、また脱揮発化速度が遅くできた⁵⁴⁾。高硫黄炭を PVC に加えるとダイオキシン生成が抑制された⁵⁵⁾。CFBC, BFBC でアスファルト等重質油あるいは軽油を燃焼し、燃料供給（噴霧）方法がエミッションに及ぼす影響などが報告された^{56) ~ 59)}。

(5)加圧流動層燃焼

2001 年には世界最大の PFBC である九州電力（株）荏田新 1 号機（出力 360MW）が運開した。このプラントは、超臨界圧蒸気（圧力 24.12MPa、温度 566℃）を用いている。

電源開発（株）若松 71MWePFBC 炉内における石灰石の摩耗速度・破碎速度が評価された^{60), 61)}。摩耗を考慮した石灰石粒子の脱硫モデル化が提案された⁶¹⁾。石油コークス等高 S 燃料燃焼時の SO₂ 排出は、石灰石の外部表面積供給速度で整理できた⁶²⁾。NO_x の排出特性を、運転条件（温度、酸素濃度・分圧等）で表す実験式が得られた^{63), 64)}。

中国電力（株）大崎 1-1 号 250MWePFBC については、SO₂ 排出規制値 76ppm に対して実績値 7ppm が報告されたが、まだ Ca/S 比が 4.6 と大過剰に Ca が供給されている⁶⁵⁾。若松の特性とは異なり、脱硫率

が低負荷になるほど向上し、低負荷では CaCO₃ による脱硫から CaO による脱硫に変化することの可能性が論じられた⁶⁶⁾。

JiaWang PFBC パイロットプラント（15 MWe）運転結果（運転累計 919 時間）の一部が報告された⁶⁷⁾。PFBC の B-C-E の 3 相モデルに基づいた動的挙動、PFBC 内の粒子と熱の混合のモデルが提案された^{68), 69)}。PFBC のフリーボードに石炭を吹き込んで排ガスを高温化するため、流体力学モデルによって温度分布、石炭粒子軌跡が計算された⁷⁰⁾。PFBC におけるチャー燃焼速度モデル計算を行い、バッチ燃焼の結果と比較し、チャーの燃焼途中での破碎が燃焼挙動に及ぼす影響が論じられた^{71) ~ 73)}。摩耗速度は表面でのチャー空隙率に影響され、石炭中の Vitrinite に含まれる Telocollinite 量が多いほど摩耗速度が速かった⁷⁴⁾。

アドバンスド PFBC (A-PFBC) による既存石炭火力発電所のリパワリング可能性が調査された⁷⁵⁾。Foster Wheeler および Brandenburg 工科大（ドイツ Cottbus）の小型装置試験が紹介された^{76), 77)}。わが国でも電源開発若松試験所において A-PFBC の試験が行われている。加圧内部循環 BFBC による石炭ガス化プロセスの開発の現状が報告された⁷⁸⁾。ガス化炉で生成する CaS の高圧での酸化について報告された⁷⁹⁾。

文 献

- 1) Halder, P., 16th Int. Conf. on FBC (Reno, USA) (以下 FBC と略記), Paper No.104
- 2) Semedard, J.-C., FBC, 171
- 3) Goidich, S. J., FBC, 99
- 4) Costa, B., FBC, 36
- 5) Chen, Y., FBC, 56
- 6) Rhee, K. S., FBC, 190
- 7) Kilpinen, P., FBC, 79
- 8) Fernandez, M. J., Fuel, 80, 321
- 9) Matsuoka, K., Energy&Fuels, 15, 648
- 10) Liu, H., Fuel, 80, 1211
- 11) Shimizu, T., Energy&Fuels, 15, 1220
- 12) Tsubouchi, N., Energy & Fuels, 15, 158
- 13) Lu, D. Y., Energy&Fuels, 15, 533
- 14) Liu, H., Energy&Fuels, 15, 696
- 15) Wongtanakitcharoen, S., Energy&Fuels, 15, 1341
- 16) Sorensen, C. O., Energy&Fuels, 15, 1359
- 17) Abul-Milh, M., Energy&Fuels, 15, 874
- 18) Klikaa, Z., Fuel, 80, 907
- 19) Åmand, L.-E., FBC, 108
- 20) Kellie, S., FBC, 18
- 21) Liu, K., Energy&Fuels, 15, 1173
- 22) Coda, B., FBC, 122
- 23) Li, F., FBC, 19
- 24) Mastral, A. M., Energy&Fuels, 15, 1469
- 25) Kokko, A., FBC, 101
- 26) Kakaras, E., FBC, 004
- 27) Armesto, L., FBC, 44
- 28) Hillebrand, E., FBC, 49
- 29) Wallén, V. V., FBC, 112
- 30) Paulrud, S., Fuel, 80, 1391
- 31) Blander, Energy & Fuels, 15, 344
- 32) Sandelin, K., FBC, 129
- 33) Skrifvars, B.-J., FBC, 113
- 34) Mueller, C., FBC, 139
- 35) Sandelin, K., FBC, 129
- 36) Lin,

W., FBC, 32 37) Daavitsainen, J.H.A., FBC, 120 38)
 Daavitsainen, J.H.A., FBC, Poster121 39) van Ommen, J. R.,
 FBC, 131 40) Blomberg, T., FBC, 216 41) Zevenhoven, M.,
 FBC, 73 42) Aho, M., Fuel, 80, 1943 43) Coda, B.,
 Energy&Fuels, 15, 680 44) Anthony, E.J., Fuel, 80, 1009 45)
 Sanger, S., Fuel, 80, 167 46) Cammarota, A., FBC, 70 47)
 Malerius, O., FBC, 136 48) amand, L.-E., FBC, 176 49)
 Anderl, H., FBC, 194 50) Torii, I., FBC, 179 51) Narukawa,
 K., FBC, 202 52) 清水, 日エネ誌, 80, 333 53) 清水, 日エ
 ネ誌, 80, 1060 54) Franke, H.-J., Chem. Eng. Technol., 24, 725
 55) Liu, K., FBC, 17 56) Wu, S., FBC, 185 57) Barczus, C.,
 FBC, 152 58) Francesco, M., FBC, 178 59) Anthony, E. J.,
 FBC, 93 60) 作野, 日エネ誌, 80, 747 61) Shimizu, T.,
 Chem. Eng. Sci., 56, 6719 62) 作野, 日エネ誌, 80, 758 63)
 Abe, R., Fuel, 80, 135 64) Sakuno, Fuel, 81, 375, 2002 65)
 Shimizu, M., FBC, 201 66) Hokari, N., FBC, 107 67) Cai,
 N., FBC, 77 68) Li, Z., FBC, 59 69) Abanades, J. C., FBC,
 Poster 080 70) Edens, T.L., FBC, 137 71) Cui, Y., Fuel, 80,
 2049 72) Cui, Y., Fuel, 80, 2235 73) Cui, Y., Fuel, 80, 2045
 74) Wang, A. L. T., FBC, 26 75) Salisbury, B. A., FBC, 53
 76) Wheeldon, J.M., FBC, 37 77) Chalupnik, R.W., FBC, 43
 78) Toyoda, S., FBC, 105 79) Qiu, K., Fuel, 80, 549

6.4 ガスタービン発電

(1)市場の動向

2000年1年間に全世界での出力0.2MW以上の発電用ガスタービンの発注実績は台数1,605台で前年実績(1,203台)を上回り,引き続き増加傾向を維持している(図1参照)。米国経済成長の鈍化や9月に発生した同時多発テロの影響による経済回復の遅れが懸念されたが,米国も含め世界的に見て電力エネルギーが供

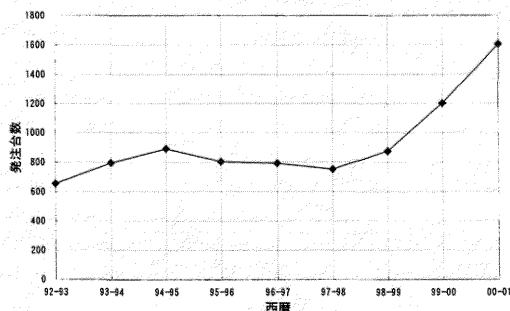


図1 世界の発電用ガスタービン発注実績の推移

給不足である状況は変化しておらず,比較的建設期間が短く建設費の安いガスタービン発電設備およびコンバインドサイクルプラントの増設が行われていることを示している。引き続き2006年頃まではこのようなガスタービン発電プラントの増加傾向が維持されると考えられている。

出力別には,10MW以上のピークカット用発電装置と125MW以上のベースロード用発電装置の伸びが著しい。前者はこの出力レンジにあるGE-LM6000などの大型航空転用型ガスタービンの需要増加により,また,後者はGE, Siemens, 三菱重工業などの事業用大型ガスタービンの出力アップおよび高性能化に起因するものと考えられる。

10MW以下の分散発電用ガスタービンはマイクロガスタービンの市場投入,コージェネレーションの普及などにより増加傾向は維持されたが,燃料電池,ガスエンジン,ディーゼルエンジンの改良や大型化に伴う他の原動機との競争にさらされている¹⁾。

一方,2000年の国内ガスタービンメーカーの生産統計によると合計台数584台(前年比3%増),合計出力7,099MW(前年比2.2倍)となっている。前年には台数,合計出力ともに減少したが22MW以上の大型ガスタービンが輸出向けで伸長したことが貢献している。非常用発電向けを除くベースロード,ピークカット発電装置用は台数で158台,出力で6,729MWで全世界の台数で10%が日本製であることを示している。

22MW以上の大型ガスタービンは事業用を中心として国内向け,輸出向けともに台数,出力で増加しており,特に輸出向けの伸びが著しい。736kW~22MWの中型ガスタービンも国内向け,輸出向けともに増加した。

736kW以下の小型は輸出が増加し,国内向けではマイクロガスタービンの市場投入が進んだものの全体としては減少した²⁾。

(2)開発の動向³⁾

前項で述べたとおり,近年のガスタービン発電装置の普及および米国を中心としたガスタービン発電装置の市場拡大傾向は引き続き維持され,一方高温化,高効率化を目指した新機種開発が一段落してきたこともあり,既存機種の試運転,メンテナンスに関する技術開発が注目され,既存設備の性能向上,部品補修,寿命予測,損傷事例からの逆解析などに関する研究開発がメーカー,ユーザそれぞれの立場で盛んに進められて