

(5)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。

4. 結 言

近年、燃料電池技術開発においては、関係する方々の多大かつ熱心な取り組みのおかげで、非常に大きくかつ急速な進展があった。燃料電池は、省エネルギー効果、環境負荷低減効果、石油代替効果、分散型電源としての利点等に対する期待は高く、その技術分野は、新規産業創出・産業競争力向上において期待されている。NEDOは、産学官連携の下、関係する方々のご協力をいただきながら、これらプロジェクトを柔軟かつスピーディに、強力に推進し、固体高分子形燃料電池の実用化・普及に向けて技術開発等を中心とする課題に取り組んでいきたい。

6.3 流動床燃焼

国際会議などの開催

第7回循環流動層国際会議がカナダのNiagara Fallsで開催された。ここでは、流動現象の数値モデル化が大きなトピックとなった。第29回国際燃焼シンポジウムが札幌で開催された。

(1)常圧流動層の研究開発

常圧の循環流動層燃焼装置(CFBC)に関しては、ポーランドTurowの世界最大のCFBC火力発電所においてFoster Wheelerの235MWeCFBCが3基稼動中であり、加えて260MWeCFBCが3基建設中である¹¹⁾²⁾。建設中の260MWeCFBCでは、コンパクトタイプの粒子捕集装置により、火炉設置面積の節約、内部耐火材の節約などのメリットが生まれる。従来の常圧CFBCでは亜臨界水蒸気ボイラーだけだったが、Foster Wheelerは世界初の超臨界水蒸気CFBCボイラーをポーランド南部Lagiszaで建設することになった³⁾。

Foster WheelerのINTREX外部熱交換器は、リサイクル粒子だけでなく炉本体から外部熱交換器に逆流する粒子からも熱回収を行う²⁾。三菱重工はCFBの外部熱交換器に流入する粒子量を制御するために従来型メカニカルバルブに替えて、ガスで流動制御する方式を提案し、0.6MWthCFBCでのテストを行った⁴⁾。

実機CFBCから採取した流動媒体によるCO共存下でのNO、N₂O還元反応速度が測定され、Provence250MWeのモデル化がこの速度論データに基づいて行われた⁵⁾⁶⁾。CFBC内燃

焼モデルを作成し、底部から供給される酸素の水平方向拡散および高さ方向の揮発分発生パターンが、NO_x排出に大きく影響することがわかった⁷⁾。235MWeCFBCの炉内のガス、粒子のサンプリング、粒子濃度測定、粒子モーメント測定が行われ、炉壁面から約0.4mまでが粒子濃厚部であり、それより内側が希薄部であった⁸⁾。使用済み脱硫剤(石灰石)の再活性化のために300℃程度で水蒸気と接触させる方法⁹⁾、物理的な力を与えて表面に活性なCaOを露出させる方法が提案された¹⁰⁾。

(2)石炭燃焼時の粒子状物質と微量成分排出

粒子状物質(PM)として、従来の10μm以下の粒子(PM10)だけでなく、2.5μm以下の粒子(PM2.5)に関心が集まっている。これは粒子が小さく肺に入りやすいためである。また、重金属などが高温燃焼場で蒸発した後で冷却されて凝縮すると微粒子ができるので、微粒子には揮発性の重金属が濃縮される可能性がある点も関心を引いている。American Chemical Societyの発行するEnergy & FuelsのVol.16, No.2にはPMに関する特集が組まれている¹¹⁾。

小型流動層実験装置で石炭をバイオマス・廃棄物と混合して燃焼させて、重金属類の揮発しやすさについて平衡計算と実験結果が比較された¹²⁾。石炭を塩酸・硝酸、あるいはCaOを入れた熱水による洗浄や浮選などの化学・物理処理をすることで重金属類の低減が試みられた¹³⁾¹⁴⁾。また、燃焼場での重金属類のカオリナイト、カルシウム系捕集剤による捕集が試みられた¹⁵⁾。CFBCで下水汚泥燃焼時に、炉内と煙道でガス状Cd濃度が測定された。プローブの入口フィルターの細孔径を90～40μmあるいはそれ以下にすると粒子に付着したCdを阻止してガス状Cd濃度を測定できた¹⁵⁾。煙道に吹き込むCa(OH)₂に添加剤を加えて表面を親油性にすることで、PAH(多環芳香族炭化水素)、BTX類、重金属を捕集する効率を上げようとする試みがなされた¹⁶⁾。

(3)バイオマス等の燃焼および灰熔融・付着

温暖化防止の観点からCO₂ニュートラルであるバイオマスの利用に関心が高まっている。バイオマスの特徴は、高揮発分と高アルカリ含有率であり、廃棄物と共通する問題がある。流動媒体のアグロメレーションメカニズムが分類され、高温の灰熔融温度域と低温の硫酸塩形成温度域の間に比較的アグロメレーションを作りにくい温度域が存在することが示されたとともに、シリカの少ない流動媒体の採用、カオリナイトなど粘土鉱物質や石灰石の添加でアグロメレーションを抑制する方法が示された¹⁷⁾。稲わらのリーチングによって無機分(特にKとCl)を低減すると、燃焼の安定とアグロメレーションの防止ができた¹⁸⁾。LIFにより排ガス中のアルカリ濃度を定量し、高温集塵あるいは重金属塩化物の添加の影響が調べられた¹⁹⁾。

石炭の流動層燃焼でバイオマス(もみ殻、木)を添加するとNO_xとN₂O排出が同時に減少した²⁰⁾。木質バイオマスのCFBC燃焼におけるNO_xとN₂Oの生成の数値モデルでは、

NOとチャーの反応、流動媒体によるNH₃酸化、NOとNH₃の気相反応が重要であることが感度解析の結果分かった^{21) 22)}。揮発分燃焼に関しては、BFBC内のCOの気相酸化に対して流動媒体がラジカル捕集をすることで阻害することがモデル計算で明らかにされた²³⁾。また、NOの存在が炭化水素の酸化を加速することについて、反応モデル計算が行われた²⁴⁾。褐炭中に含まれるCa, Fe, Na等の金属がチャーによるNO_x還元あるいはチャー燃焼時のNO_x生成の低減に効果的であった^{25) 26)}。また、褐炭、石炭の熱分解時にFe, Caが燃料中NのN₂への転化を促進した^{27) 28)}。バイオマス・廃棄物利用燃焼・ガス化時にターレットラブルを回避する方法として、多孔質粒子による容量効果を用いる方法が提案され、速度論的な検討、メカニズムの説明が行われた^{29) ~ 32)}。

(4) 加圧流動層燃焼

360MWePFBCの試運転結果が発表され、発電効率は、発電端42.8%、送電端41.8%であり、SO₂排出は20ppm以下であった³³⁾。PFBC内脱硫に関して、石灰石表面摩耗時の脱硫モデルが提案され³⁴⁾、それに基づいて71MWePFBCの脱硫モデルが提案された³⁵⁾。360MWe PFBC炉内から採取した流動媒体アグロメレートの観察をSEM-EDAXで行い、1 μmより小さいSiO₂, Al₂O₃, CaOが低融点物質(Ca₂Al₂SiO₇)を作り、それが石炭に付着して燃焼熱で加熱されてアグロメレートの形成につながることを示された³⁶⁾。

バイオマスPFBC時のNO_x, N₂O排出について、4種類の燃料、4種類の流動媒体、アルカリ捕集剤、NO_x還元用試薬・触媒投入の影響を調べたが、NO_xとN₂Oを同時に低減することはできなかった³⁷⁾。PFBCでバイオマスを燃焼し、アグロメレーションの観察が行われた結果、珪素化合物とアルカリの反応でアグロメレーションができ、アルミニウムと鉄はアグロメレーションの抑制に効果があった³⁸⁾。

(5) 新しい流動層燃焼

我が国で、高度加圧流動層燃焼の15t/dプラント試験が若松で行われた(2003年3月末終了)。これは石炭の部分ガス化炉と生成ガスの脱硫炉、チャーとCaSの酸化炉の3種の加圧流動層を組み合わせてあり、実用化時には送電端効率46%(HHV)が期待されている。部分ガス化炉の炭素転換率、脱硫炉の脱硫特性の一部の結果が報告された³⁹⁾。

金属酸化物と燃料を反応させてCO₂を生成し、燃料で部分的に還元された金属酸化物を別の流動層に持って行き空気酸化で金属酸化物に再生する、いわゆるケミカルループ燃焼について、Fe系粒子を酸素キャリアとした結果⁴⁰⁾、Ni系粒子を用いてポリエチレンを燃料とした結果がそれぞれ報告された⁴¹⁾。ケミカルループ燃焼では、排ガスのCO₂分離が不要になるのが特徴である。また、CO₂分離が不要な燃焼法として、O₂/CO₂燃焼があり、この方式を模擬したガスを小型流動層に供給してNO_x, N₂Oの炉内還元を行った結果では、NO_x, N₂Oの還元速度は炉内における燃料の燃焼速度に比例した⁴²⁾。

文献: References

- 1) Nowak, W., Proc. 7th Int. Conf. on Circulating Fluidized Beds (以下CFB7と略記), 621
- 2) Nowak, W., CFB7, 629
- 3) Foster Wheeler Ltd.プレスリリース, <http://www.fwc.com/>
- 4) Torii, I., CFB7, 615
- 5) Bencteux, G., CFB7, 739
- 6) Desroches, G., CFB7, 747
- 7) Kallio, S., CFB7, 757
- 8) Johnsson, F., CFB7, 607
- 9) Davini, P., *Fuel*, 81, 763
- 10) Bis, Z., CFB7, 797
- 11) White, C.M., *Energy & Fuels*, 16, 221 ほか8報
- 12) Miller, B.B., *ibid.*, 16, 956
- 13) Yang, R., *ibid.*, 16, 1160
- 14) Matsuoka, K., *ibid.*, 16, 920
- 15) Tran, K.-Q., *Fuel*, 81, 1647
- 16) Tseng, H. J., *Fuel*, 81, 2407
- 17) Man, M.D., CFB7, 645
- 18) Bakker, R.R., *Energy & Fuels*, 16, 356
- 19) Gottwald, U., *Fuel Processing Technol.*, 75, 215
- 20) Liu, D. C., *Energy & Fuels*, 16, 525
- 21) Liu, H., CFB7, 730
- 22) Liu, H., *Fuel*, 81, 271
- 23) Loeffler, G., *Combust. Flame*, 129, 439
- 24) Löffler, G., *Fuel*, 81, 855
- 25) Zhao, Z., *Fuel*, 81, 1559
- 26) Zhao, Z., *Fuel*, 81, 2343
- 27) Wu, Z., *Energy & Fuels*, 16, 451
- 28) Tsubouchi, N., *Fuel*, 81, 2335
- 29) 清水, 第8回流動層シンポジウム, p. 231
- 30) 波岡, *ibid.*, p. 305
- 31) 守富, *ibid.*, p. 460
- 32) 筒井, *ibid.*, p. 452
- 33) 西嶋, *ibid.*, p. 46
- 34) 清水, 日本エネ誌, 81, 206
- 35) Shimizu, T., *Chem. Eng. Sci.*, 57, 4117
- 36) Ishom, F., *Fuel*, 81, 1445
- 37) Olofsson, G., *Energy & Fuels*, 16, 915
- 38) Olofsson, G., *Ind. Eng. Chem. Res.*, 41, 2888
- 39) 高井, 第8回流動層シンポジウム, p. 38
- 40) Cho, P., CFB7, 599
- 41) 石塚, 第8回流動層シンポジウム, p. 482
- 42) Hayashi, J.-I., *Fuel*, 81, 1179

6.4 ガスタービン発電

1. 市場の動向

2001年6月から2002年5月の1年間に全世界での出力1MW以上の発電用ガスタービンの発注実績は台数841台で前年実績(1,534台)を大きく下回った。合計出力でも70.6GWと前年実績(118.4GW)に対し4割減となっている(図1参照)。1997年以降、米国の経済成長を受けて台数ベースで毎年30%程度の増加傾向を示していたが、米国経済成長の鈍化や同時多発テロの影響による経済回復の遅れ、さらにはエンロンの破綻に代表されるような米国エネルギー産業の縮小の影響が現れている。地域別に見ても米国向けが30%以上の減少と大きい。

米国以外の西欧、東欧/ロシア、アジア各地区とも世界的な経済成長鈍化に合わせて減少している。しかしながら、1997年以降の増加率がむしろ異常で、減少したといっても1990年代前半のレベルに戻ったのみであり、世界的に見て電力エネルギーが供給不足である状況は変化しておらず、このレベルの市場規模で安定的に成長して行くとの見方が支配的である。

出力別には、全体の台数が減少している中、10MW以上のピークカット用発電装置が唯一増加傾向にある。この出力レンジにはGE-LM6000などの大型航空転用型ガスタービンに加え、GE-MS6001C, ALSTOM-GT10C, 川崎重工業L20, 日立製作所H25/15等国内外のメーカーが新型のHeavy Dutyガス