

な各種部品及びその評価試験装置等の試作を行い、それら確立するとともに得られた知見を基に国内外の基準・標準・規制の確立に資することを目的としている。

ISO/TC22/SC21 (電動車両) WG1 (安全), WG2 (性能, 用語) において, 事業成果が生かされた日本提案に基づいた標準化が進められている。現在, 燃費試験方法及び走行試験方法について提案を行い, 審議中である。ISO/TC197 (水素技術) に対しては, 燃料電池自動車用水素規格を提案し, WG12として採択され, 日本が議長国となっている。また, IEC/TC105では, WG4 (定置用システム性能試験法) においても日本が議長国となっている。一方, 自主安全基準案作成への参画や規制見直しに貢献するなど積極的に活動している。

#### (4)「携帯用燃料電池技術開発」(平成 15 年度～17 年度)

近年, 携帯電話や情報端末機器などの携帯機器においては, 高機能化に伴う消費電力の増加に伴い, エネルギー密度の高い電源が必要とされるため, 携帯用の燃料電池の実用化を目指すものである。また, 性能や安全性の評価に関わる標準化が求められ, さらに現状ではメタノール等の燃料容器が航空機内に持ち込めない危険物とみなされるなどの制度上の問題があるため, それらに資する技術開発が実施されている。現在, IEC/TC105 においては日本と米国を中心として標準化が進められており, 危険物輸送に関する国連規制改正への提案も日米で準備されている。

#### (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な情報を得るため, 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, 燃料電池及び水素の普及啓発を図るものである。なお, 燃料電池自動車の公道走行試験については平成 17 年度まで延長される予定である。

## 6.2 流動床燃焼

### 国際会議などの開催

アメリカ Jacksonville で, 第 46 回国際エネルギー機関流動層転換技術会議 (IEA-FBC) と第 17 回流動層燃焼国際会議が開催された。いずれも, バイオマス, 廃棄物等と石炭の混焼およびそれに伴う流動媒体のアグロメレーション, 微量成分の排出などの発表が目立った。第 47 回 IEA-FBC 会議はポーランド Zlotniki で開催され, 大型常圧循環流動層燃焼装置 (CFBC) の現状がトピックであった。岐阜で第 8 回中日国際流動層会議が開催された。なお, IEA-FBC 会議の発表の一部は, <http://www.iea.org/tech/fbc/index.html> で公開されている。

る。

#### (1) 大型常圧流動層燃焼装置の研究開発

世界初の CFBC 超臨界水蒸気ボイラーがポーランド Lagisza で 2006 年に営業運転予定であり, この蒸気条件 (560℃ 27.5MPa / 580℃ 48.8MPa), 8 角形断面の蒸気冷却式粒子捕集装置, 燃焼炉本体内部に張り出した Wingwall 式伝熱管群, 循環粒子から熱回収をする INTREX<sup>®</sup> による蒸気最終段過熱等が報告された<sup>1)</sup>。同サイズでサイクロンのみが異なる 2 台の CFBC 実機で, サイクロン効率が炉内粒子径分布, 炉内伝熱, 脱硫, NO<sub>x</sub> 排出等に及ぼす影響が調べられた<sup>2)</sup>。250MWeCFBC で設計炭 (褐炭) に変えて石油コークスと褐炭・石炭を混焼したところ, サイクロンとリターンレグにデポジットが生じ, その主成分は CaSO<sub>4</sub> とアルミナ, シリカであり, V 等重金属や低融点化合物は少量であった<sup>3)</sup>。240MWeCFBC におけるバイオマスとピート, 石炭の混焼の結果 (ガス, Hg 排出) が報告された<sup>4)</sup>。下水汚泥の気泡流動層燃焼 (BFBC) の濃厚層中に O<sub>2</sub> を水平に超音速で吹き込むことで, 補助燃料の消費を減らす方法が報告された<sup>5)</sup>。バイオマスCFBC 時のアルカリ及び塩素による過熱管の腐食を防ぐ方式として, 循環粒子からの熱回収が論じられた<sup>6)</sup>。

流体力学的数値計算で CFBC 炉内へ 2 次空気が浸透する深さが求められた<sup>7)</sup>。CFBC 内での水平方向の粒子混合を取り入れた 3 次元モデルが提案された<sup>8)</sup>。CFBC の 3 次元モデルと実機の炉内濃度分布の比較がなされた<sup>9)</sup>。CFBC 内でのチャーと石灰石の両方の磨耗を考慮した燃焼・脱硫モデルが提案され, 磨耗速度が燃焼・脱硫のいずれにも大きく影響することがわかった<sup>10)</sup>。

新しい CFBC として, ALSTOM により Circulating Moving Bed Combustor が提案された<sup>11)</sup>。これは流動層燃焼装置の下に移動層熱交換器を設けて流動媒体 (ボーキサイト) から熱回収し, 冷却された流動媒体を装置上部から降らせガスと向流接触させる。燃焼部分の温度は 1095℃ 程度であり従来型 FBC 850℃ より高いので, 未燃分と N<sub>2</sub>O の発生を低減できる。脱硫は炉内で行わず後段で行う。

#### (2) 加圧流動層燃焼

九電 荻田 360MWe の詳細 (高温用途ステンレスの新規開発, 六角形の燃焼装置, 2 段ガスタービンの新規開発等) が報告された<sup>12)</sup>。荻田 PFBC 炉内のチャー燃焼温度推算モデルが提案され, 微粉チャーの空隙率 (反応性) が燃焼温度に影響してアグロメレーションの生成に関連することが示された<sup>13)</sup>。若松 71MWePFBC の脱硫モデルの多炭種対応性について検討された<sup>14)</sup>。セラミックフィルター表面の灰固着に, K と Ca のアルミノシリケートが影響していた<sup>15)</sup>。

PFBC で石油コークスを燃焼して生成した CO<sub>2</sub> を CaO と反応させて CaCO<sub>3</sub> として捕集し, その CaCO<sub>3</sub> を別の熱分解器で石油コークスの O<sub>2</sub> 燃焼を熱源として熱分解して CaO を再生する CO<sub>2</sub> 回収法が提案された<sup>16)</sup>。

流動層部分ガス化炉と燃焼炉を組み合わせた高度加圧流動

層燃焼 (APFBC) の若松 15t/D 試験プロジェクトが終了し、3 炉連携システムの起動停止手順の確立、ガス化炉生成ガスの発熱量、ガス化炉内脱硫と脱硫剤 (CaS) の酸化特性などの成果が報告された<sup>17)</sup>。APFBC として、Brandenburg University of Technology at Cottbus (ドイツ) において 200kWh テストプラントを用いた研究がされている。褐炭を燃料として Siemens ガスタービンを用いた際の効率計算を行い、褐炭を乾燥することで大型装置での Net 効率を 55% (LHV) にできることが示された<sup>18)</sup>。既存の 3 台の微粉炭燃焼炉の内 1 台を加圧 CFB 石炭部分ガス化炉ガスタービン発電に置き換え、ガス化炉からのチャーを微粉炭燃焼炉で燃焼する CHIPPS 方式が検討された<sup>19)</sup>。APFBC の炉内脱硫で生成される CaS の酸化剤として CO<sub>2</sub> を 600℃ 以上で使う方法が提案された<sup>20)</sup>。

### (3) バイオマス・廃棄物との混焼

バイオマス・廃棄物は揮発分が多く、またアルカリ (Na, K), 塩素, 重金属などが含有されているため、デポジット、流動化停止、腐食、重金属排出などの問題点がある。小型から大型までの BFBC でバイオマス混焼時のデポジットが比較された<sup>21)</sup>。バイオマスをラボスケールと実機で燃焼したとき、ルーブシールで腐食とデポジットが見つかり、K の多い燃料を燃やすと問題がおきた<sup>22)</sup>。流動媒体の表面に CaCl<sub>2</sub><sup>23)</sup>、バイオマス灰<sup>24)</sup>、廃棄物灰<sup>25)</sup> などがコーティングする現象について報告された。なお、石油コークスなど高硫黄燃料ではアグロメには Na, K が影響するのではなく Ca が影響していた<sup>3) 26) 27)</sup>。

アグロメレーション防止法として、カオリナイト、ドロマイイトなどのアルカリ捕捉剤の炉内供給が検討された<sup>22) 28) ~ 30)</sup>。原因物質を付着して層からすぐに飛び出す微粉を用いれば、添加剤の種類よりはむしろ粒子径がアグロメレーション防止に影響すると報告された<sup>29)</sup>。灰付着などの問題を回避するための方法として、炉内の温度分布、灰の壁面への衝突を数値流体力学的に計算することが行われた<sup>31) 32)</sup>。

アルカリ金属蒸気濃度を、高電圧をかけたイオン化検出器で連続測定した<sup>30)</sup>。また、PFBC 高温排ガス中に含まれる 1 ~ 100ppb 程度アルカリ金属濃度を、表面イオン化法で蒸気形態と粒子形態濃度の和を、エキシマレーザー蛍光誘起方法で蒸気状態の濃度を、それぞれ連続的に測定できた<sup>33)</sup>。

BFBC で濃厚層内アグロメレーションがおきたときの流動状態の変化を圧力損失変動の時系列データからアトラクターを求めることで評価する方法が提案された<sup>34)</sup>。

排ガスから高温で有害重金属を除去するために活性炭とカオリナイトを除去剤として用いた結果<sup>35)</sup>、Al と Ca の共存による Cu, Zn のガスへの移行抑制<sup>36)</sup> が報告された。重金属が炉内流動媒体や飛び出し灰に分配する割合、灰による重金属捕集が、乾燥下水汚泥、バイオマス、RDF、プラスチック廃棄物などと石炭、ピートの混焼時について測定された<sup>37)~41)</sup>。下水汚泥に有機塩素化合物を添加して CFBC したときの、重金属類の排出<sup>36)</sup> が報告された。Post combustion における石炭灰を触媒としたフライアッシュ中の Hg の酸化<sup>42)</sup> が報告された。CFBC で下水汚泥と木質ペレット、石炭を混焼し、灰を肥料と

して使うことを想定して、リンと重金属の灰への移行を調べた<sup>43)</sup>。重金属の燃焼・熱分解時における揮発化に及ぼす昇温速度の影響の実験的評価<sup>44)</sup>、揮発化の平衡計算が行われた<sup>40) 44) 45)</sup>。

PAH (多環芳香族炭化水素) 排出について、ココナッツ殻の BFBC 時<sup>46)</sup>、下水汚泥に有機塩素化合物を添加した CFBC 時<sup>36)</sup> の結果が報告された。

### 文 献 : References

- 1) Nowak, W., 8th China Japan Symposium on Fluidization, 227    2) Lalak, I., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 146    3) Le Guevel, T., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 094    4) Kokko, A., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 034    5) Ludwig, P., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 104    6) Hiltunen, M.A., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 136    7) Tossavainen, V., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 012    8) Luecke, K., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 028    9) Myöhänen, K., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 048    10) Barletta, T., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 065    11) Jukkola, G., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 143    12) Koike J., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 039    13) Kobyecki, R., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 050    14) Shimizu, T., *Thermal Sci.*, 7, 17    15) Al-Otoom, A.Y., *Energy Fuels*, 17, 316    16) Wang, J., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 169    17) 宇佐美ら, 8th China-Japan Symposium on Fluidization, 別冊 p. 12    18) Krautz, H. J., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 056    19) Castagnero, S. J., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 142    20) Anthony, E. J., *Energy Fuels*, 17, 363    21) Hupa, M., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 74    22) Lin, W., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 124    23) Partanen, J., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 156    24) Visser, H. J. M., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 150    25) Yan, R., *Fuel*, 82, 843    26) Zhang, J., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 099    27) Jia, L., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 004    28) Öhman, M., *Energy Fuels*, 17, 1153    29) Bhattacharya, S. P., *Energy Fuels*, 17, 1014    30) Tran, K. Q., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 083    31) Mueller, C., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 102    32) Enestam, S. H., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 134    33) Monkhouse, P. B., *Fuel*, 82, 365    34) Korbee, R., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 155    35) Lachas, H., *Energy Fuels*, 17, 521    36) Mininni, G., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 105    37) Gulyurtlu, I., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 079    38) Wolski, N., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 131    39) Boavida, D., *Fuel*, 82, 1931    40) Kouvo, P., *Fuel*, 82, 741    41) Gulyurtlu, I., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 078    42) Norton, G. A., *Fuel*, 82, 107    43) Åmand, L. E., Proc. 17th Int. Conf. on FBC, Paper number 098    44) Wang, J., *Energy Fuels*, 17, 954    45) Sörlum, L., *Fuel*, 82, 2273    46) Gulyurtlu, I., *Fuel*, 82, 215