

微粉炭火力発電の技術開発に対する数値解析の適用および更なる高精度な数値解析に向けて

一般財団法人電力中央研究所
エネルギー技術研究所高効率発電領域

泰 中 一 樹

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災以降、日本国内の原子力発電所が運転停止となり、2013年に火力発電所による発電量は日本の総発電量の約9割まで増加している(図1)⁽¹⁾。火力発電に用いられる燃料の中でも、石炭は、他の化石燃料と比較して、発熱量あたりの単価が安く、埋蔵量が豊富で、産地が偏在していないことから、電力の安定供給を行う上で、重要なエネルギー源となっている。

石炭火力発電では、その燃焼効率を上げるために、中位径(粒径累積分布が50%となる径)40 μ m程度に粉碎し燃焼する微粉炭燃焼方式を用いることが一般的である。本稿では、電力中央研究所が行っている微粉炭火力発電技術に関する取り組みの中から、開発に対する数値解析技術の適用を紹介する。

2. 微粉炭火力発電技術への要望

日本では、再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT: Feed-In Tariff)を実施し、再生可能エネルギーを用いた発電を促進している。再生可能エネルギー発電の中でも、2000年から2013年までに、太陽光発電は約6,300 MW、風力発電は約2,500 MWと、その導入量が急激に増加している(図2)⁽¹⁾。太陽光発電および風力発電は、天候の影響を受けやすく発電量の時間変動が大きい。そのため、再生可能エネルギーの発電量が更に増加した場合、現在、ベースロード電源として定格運転している微粉炭火力発電に対しても、再生可能エネルギーの発電変動に応じた負荷変動運転が求められる可能性がある。

また、中国やインドの石炭輸入量が急激に増加していることから⁽²⁾、日本が使用している高品位石炭の需要がひっ迫することが考えられる。この問題の解決策として、調達コストの安い低品位石炭を既設の設備に適用することが考えられている。

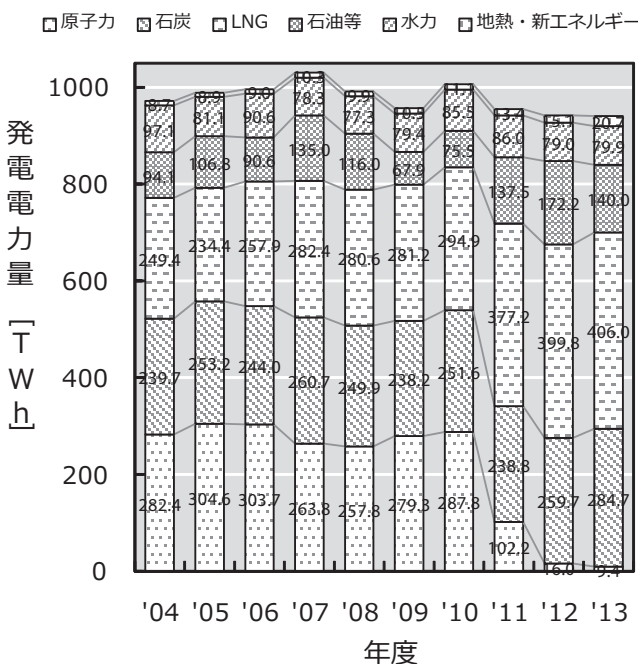


図1 日本の電源別発電電力量構成比の推移

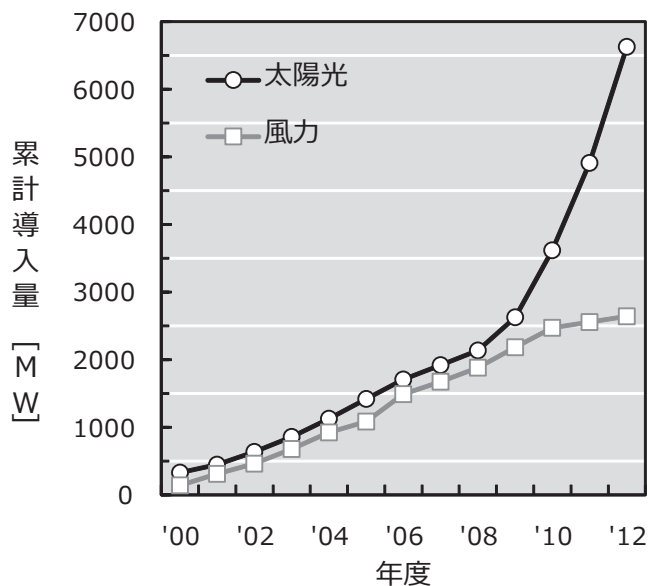


図2 日本の太陽光発電および風力発電の累計導入量推移

上記の要望に対して、微粉炭火力技術の開発は、実機試験と経験則に基づいて行われており、試験設備の製作や試行錯誤にかかる費用や時間が必要となる。こういったコストを減らすために、数値解析に基づいた技術開発や運用改善が効果的であると考えられる。

3. 数値解析技術の適用

当所では、微粉炭燃焼の数値解析に、希薄粒子の気流中の運動を解析可能な固気二相乱流解析コードに、微粉炭燃焼の化学反応系を組み込んだものを使用する。具体的には、非構造格子系の有限体積法によるLES (large-eddy simulation) コード (FrontFlowRed extended by CRIEPI, Kyoto Univ. and NuFD) を用いている。図3に、当所の石炭燃焼試験炉を対象とする数値解析結果⁽³⁾を示す。図3(a)に示す石炭燃焼試験炉は、100 kg/hスケールの巡回バーナを有し、実機の微粉炭燃焼特性を直接模擬することが可能な実用的燃焼試験炉である。図3(b)～(e)の実験とLESコードを用いた数値解析のガス温度分布の比較から、炉内ガス温度分布の定性的な傾向を本LESコードにより予測することが可能であることがわかる。

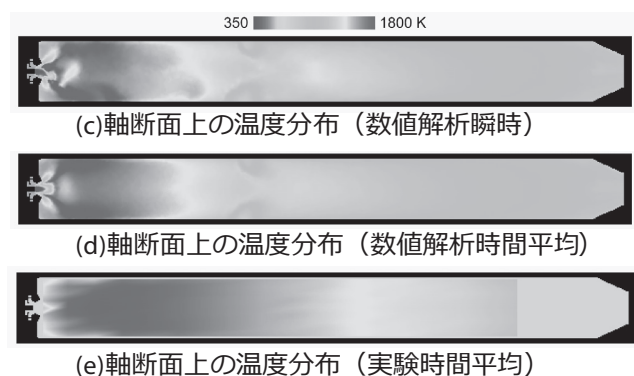
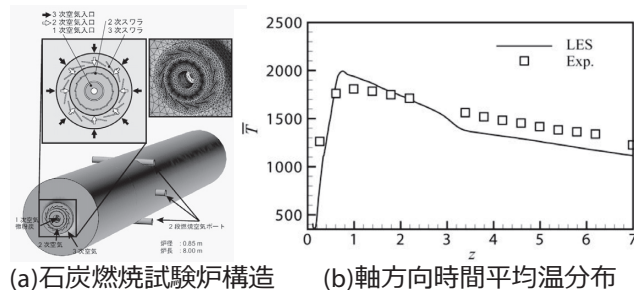


図3 石炭燃焼試験炉に対する数値解析の適用

4. 更なる高精度な数値解析に向けて

前節の結果によって、数値解析は、微粉炭燃焼の定性的な傾向を予測可能であることがわかった。しかしながら、微粉炭燃焼は、乱流において微粉炭粒子の分

散、水分と揮発分(揮発しやすい燃料分)の放出、揮発分と空気の混合、揮発分の燃焼、固定炭素の表面燃焼、および燃焼排出物の生成等が、互いに影響を及ぼし合いながら同時に進行する複雑な現象であるため、その実験データは不足し、微粉炭燃焼技術の開発に適用可能な詳細な物理現象に基づく数値モデルは確立されていない。そこで、電力中央研究所では、更なる高精度な数値解析を行うために、現象解明に基づいた数値モデルの開発も並行して進めている。

0.5 kg/hの微粉炭ジェットバーナ実験装置に対して、レーザー計測を用いて、微粉炭粒子、多環芳香族炭化水素(すすの前駆体)およびすすの存在領域の可視化を行った⁽⁴⁾(図4)。実験結果より、微粉炭粒子の分散と着火、それに伴う熱分解過程における芳香族炭化水素やすす生成挙動が明らかになってきた。今後は、このような実験結果から、現象をモデル化し、新たな数値モデルを開発する予定である。

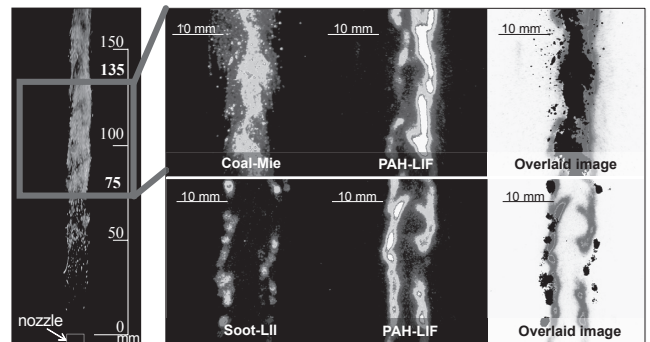


図4 微粉炭ジェットバーナの可視化図

5. おわりに

今後、数値解析技術を微粉炭火力発電の技術開発に活用するために、実ボイラ規模での計算手法の確立やより詳細な基礎実験を予定している。本稿では、数値解析技術について紹介したが、他にも当所は有害排出物の抑制、未利用燃料の利用、およびボイラ伝熱管の管理技術等の研究を行なっている。電力中央研究所では、それら複数の知見を合わせ、電力の安定供給をサポートしていく予定である。

<参考文献>

- (1) エネルギー白書 2014 (2014).
- (2) Coal Manual, Tex report Ltd. (2013).
- (3) 渡邊裕章ら, 電中研報告, M07015 (2008).
- (4) 林潤ら, 燃焼学会講演論文集 C114. (2013).