

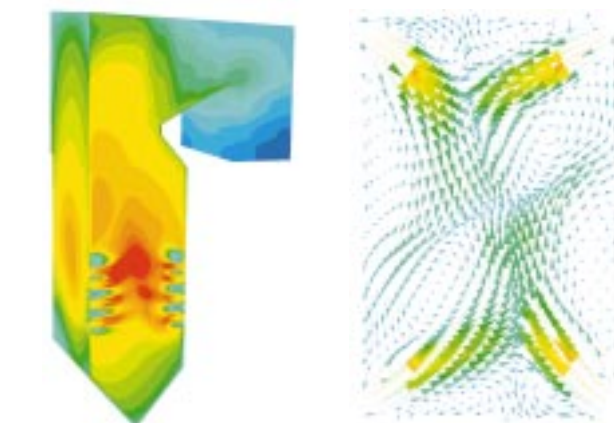
# バイオマス混合燃焼ボイラーにおける水分と木炭の反応性モデリング

Dinesh Gera, Fluent, Inc. M. P. Mathur, M. C. Freeman, 国立エネルギー技術研究所  
資料提供：国立エネルギー技術研究所燃焼環境研究施設

国立エネルギー技術研究所 (National Energy Technology Laboratory: NETL, 米国ペンシルバニア州ピッツバーグ) の燃焼環境研究施設 (Combustion and Environmental Research Facility: CERF) では、微粉炭ボイラー内バイオマス混合燃焼の包括的な燃焼サブモデルの開発と検証に Fluent を使用しています。この基礎研究は、高揮発性で水分を含むバイオ燃料を微粉炭ボイラー内で再燃焼させて NOx を削減する手法の開発を焦点としています。ユーティリティボイラーに使用するバイオマス燃料を評価する際、灰に含まれる未燃焼カーボンの量 (少なさ) が、評価指標の1つとなります。ユーティリティボイラーのようにきわめて変動の大きい環境下で正確な予測を行うには、CFD シミュレーションの際、高度なカーボン燃焼反応動力学 (Carbon Burnout Kinetic) モデルを使う必要があります。

この研究には、入手可能な実験データと第一原理数学モデルを利用した、揮発分放出と拡散律速な木炭の燃焼における速度論および CFD モデルのパラメータを正確に推定できるバイオマス燃焼 / 混合燃焼用 FLUENT サブルーチンの開発も含まれました。低質炭によくみられる、石炭 / バイオマス表面あるいは木炭内部の水分の影響も考慮すべく、乾燥に関連する 2 セットの関数群が開発されました。石炭 / バイオマス表面にある水分の影響は、FLUENT の液滴 / 気化モデルを使用して組み込まれています。木炭内の水分気化は、蒸気のガス化による木炭の燃焼も考慮した新しい表面反応のモデリングにより表現できます。バイオマス燃焼の正確なモデルを開発する上で、木炭の燃焼で重要な役割を果たすバイオマス木炭粒子の顕著な非球面性についても考える必要があります。このため、バイオマス粒子の燃焼における長さ / 直径の大きなアスペクト比を考慮した拡大係数が、FLUENT による計算のために導かれました。

バイオマス粒子のサイズと滞留時間がカーボンの燃焼に与える影響を調べるため、CERF のパイロットスケールの燃焼器形



可変反応度木炭モデルを使用したフルスケールの T 型焚き産業用ボイラー (400 MW) 内の水平面上の温度分布と速度ベクトル

状と T 型焚き (T-fired) 産業用ボイラーに関連する多くの興味深い研究的 CFD シミュレーションが実施されました。面白いことに、バイオマス (米国西部のキビの一種であるスイッチグラス) の粒子サイズは石炭に比べ 10 倍であるにもかかわらず、ボイラー内でバイオマスと石炭を混合すると未燃焼のカーボンが実際に減少します。これはスイッチグラスの成分の揮発性が高いことに起因します。この他にも、酸素 / 二酸化炭素環境が NOx の放出に与える影響を調べるため、CERF 燃焼器に関する研究的 CFD シミュレーションがいくつか実施されました。予備的な結果として、空気中での石炭の燃焼に比べ  $\text{lb}/\text{MBTU}$  ベースで 89% の NOx 削減が確認されました。

来年中には、フルスケールのユーティリティボイラー少なくとも 3 台に対し、設計と運転に関する問題を評価するための 3 次元 CFD シミュレーションが実施されるでしょう。許容可能なバイオマスのタイプ、粒子サイズ、水分に関する技術的ガイドラインとともに、有効性が確認された 3D CFD モデル、バイオマス燃料の取り扱い、さまざまなプラント設備とバーナーの設計、インジェクション方式などに関するプロセスの経済性の関係も調べられる予定です。新しい混合燃焼ルーチンを使用したこの CFD モデリングは、商用ソフトウェアの新しい可能性を示すことになるでしょう。また、廃棄物など (opportunity fuels) の混合燃焼や、3D CFD シミュレーションを動的シミュレーション用のプラントモデリングソフトウェアと結合、統合するという長期的ニーズを良好に補足するものでなければなりません。フルスケールの実証によって得られる情報からも、CFD モデルを微調整するためのフィードバックが得られ、将来のユーティリティバイオマス混合燃焼実証プロジェクトの計画にとって重要な設計や運転上の問題に関する洞察が得られると思われます。

