

燃料評価モジュールによる CFB ボイラ発電設備向け流動不良・停止リスク評価技術

Development of Fuel Evaluation Module for Predicting De-fluidization in CFB Boilers

●大村 湧生*
Yusei OMURA

阿川 隆一*
Ryuichi AGAWA

鉄山 一州*
Isshu TETSUYAMA

加藤木 瞭*
Ryo KATOGLI

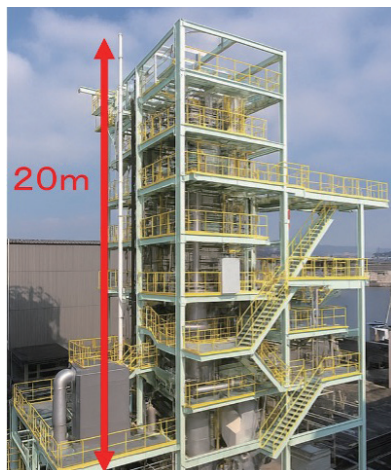


図1 CFBパイロット試験設備
CFB pilot-scale test facility

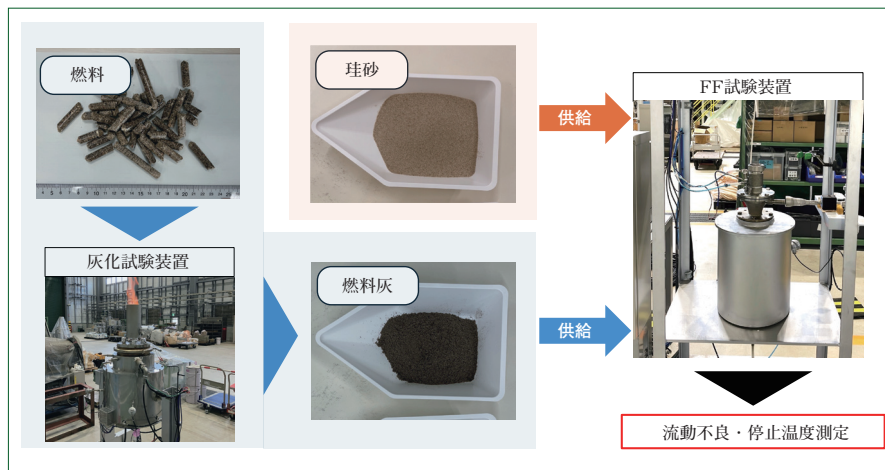


図2 燃料評価モジュールの装置構成と試験概要
Schematic of fuel evaluation module and overview of test procedure

1 はじめに

当社では脱炭素社会実現への貢献として、エネルギー＆ライフラインセグメントミッションの「資源とのあたらしいつきあいかたを創り出し、環境をひきかえにしない豊かさを。」をもとにCO₂および廃棄物を削減し、環境にやさしい「ゼロ」未来に向けて、世界および国内トップシェアのCFB（Circulating Fluidized Bed：循環流動層）ボイラ発電設備を提供している。

近年、カーボンニュートラル社会を推進すべく再生可能エネルギーのさらなる導入拡大が求められている。なかでも、カーボンニュートラル燃料として位置づけられるバイオマス燃料を活用したバイオマス発電は、化石燃料への依存を低減しつつ安定電源としても機能し得ることから、多様な産業分野においてその利用が進んでいる。また、燃料調達コストの観点から、低品位バイオマス燃料のCFBボイラ発電設備への適用も進んでいる。しかし、低品位バイオマス燃料に多く含まれるアルカリ金属成分（Na, K）は、流動材（珪砂）の表面で低融点物質を生成し、大きな塊となるアグロメレーションなどによる流動不良・停止を引き起こす要因となる。この流動不良・停止は計画外停止に直結する重大リスクであることから、事前評価が不可欠である。

今回、流動不良・停止リスクを少量の燃料で迅速に評価することが可能な「燃料評価モジュール」を開発した。

2 従来の流動不良・停止リスク評価方法

図1に、CFBパイロット試験設備を示す。

当社ではこれまで、流動不良・停止リスクの評価方法としてCFBパイロット試験機を活用してきた。CFBパイロット試験機は、流動不良・停止リスク評価のほか排ガス性状、灰性

状、腐食摩耗傾向など多面的なリスクを評価できる装置である。

さらに、実機で実際に使用する燃料や流動材を用いて燃焼試験を実施できることから、流動不良・停止リスクを信頼性高く再現することができる。

このパイロット試験では、数百kg/h規模の燃料を実際に投入して燃焼挙動を評価でき、複数燃料の混合条件を含めた詳細な燃料評価が可能である。しかし、試験準備から実施、さらに試験後の設備点検までを含めると、全体で6～12カ月という期間を要していた。

一方、流動不良・停止は、短期間で発生し得る極めて重大なトラブルであり、運転の継続性や設備の健全性に甚大な影響を及ぼすことから、燃料ごとの「流動状態の事前予測」と「リスク評価」を迅速に行う手法の必要性が高まりつつあった。

このような背景の下、限られた試料量で短期間に燃料由来リスクを把握できる新たな事前評価装置として燃料評価モジュールを開発した。

3 燃料評価モジュールの概要

燃料評価モジュールは2つの装置で構成される。

図2に、燃料評価モジュールの装置構成と試験概要を示す。

3.1 灰化試験装置

バイオマス燃料中のアルカリ成分（Na, K）の揮発を抑制する温度条件で燃料を灰化し、実機流動材表面に形成されるコーティング層の生成挙動を再現可能な燃料灰を作製する。得られた燃料灰は後段のFF試験に供し、流動不良・停止リスク評価に用いる。

3.2 流動不良評価装置（FF試験装置）

FF試験装置は、円筒容器・加熱ヒータ・流動ガス供給系で構成され、流動材を流動化しつつ燃料灰を供給し、昇温に

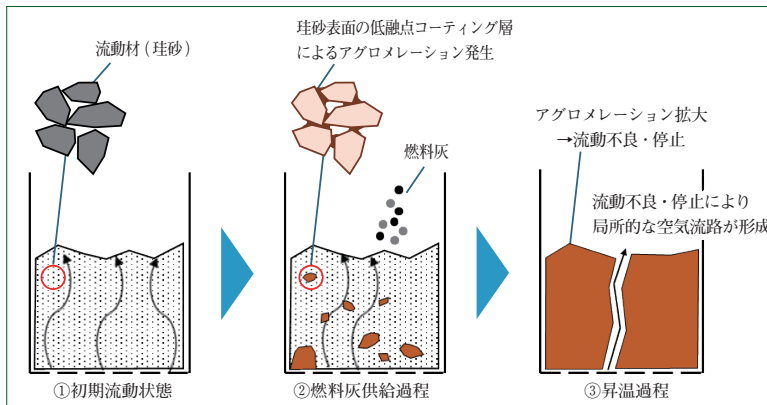


図3 FF試験機における事象の模式図
Schematic overview of phenomena observed in FF test

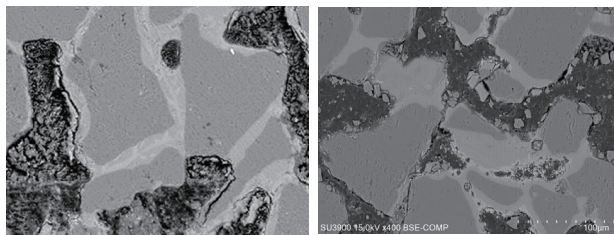


図4 SEM像 左：実機向けパイロット試験機流動材 右：燃料評価モジュール流動材
SEM micrograph Left: Bed material from pilot-scale test unit
Right: Bed material from fuel evaluation module

伴う流動不良・停止の発生を評価する。

試験手順を次に示す(図3)。

- ① 初期流動
所定温度で流動材を充填し、流動状態を確立する。
- ② 燃料灰の供給
燃料灰を一定量・一定間隔で供給する。
- ③ 昇温評価
昇温に伴い灰中アルカリが珪砂表面と反応し、低融点コーティング層が形成され、アグロメレーションが進行する。流動不良・停止が発生した温度を「流動停止温度」として記録する。

本モジュールの妥当性は、実機向けパイロット試験で採取した流動材を用い、FF試験結果との比較により確認した。

4 評価結果

4.1 SEM観察

図4に、SEM像を示す。

実機向けパイロット試験流動材および本モジュール流動材をSEM観察した結果、流動材表面に形成されたコーティング層が同等であることが確認された。これにより、本モジュールにおいて実機向けパイロット流動材での流動不良・停止の挙動を再現できることが認められた。

4.2 FF試験結果

図5に、実機向けパイロット試験機流動材の流動停止温度と、燃料評価モジュール流動材の流動停止温度の比較を示す。

燃料評価モジュールによる流動材の流動停止温度と、実機向けパイロット試験で採取した流動材の流動停止温度は良好な正の相関を示した。燃料の燃焼と流動材表面でのアルカリ

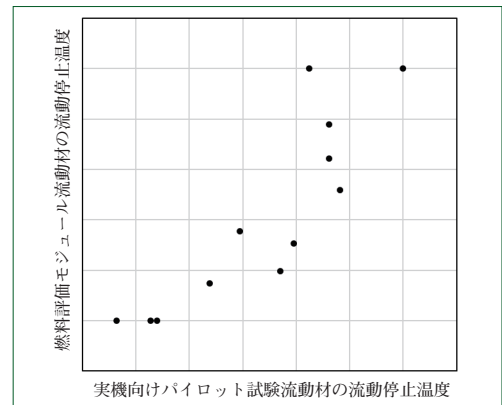


図5 実機向けパイロット試験機と燃料評価モジュール流動材の流動停止温度の比較
Comparison of de-fluidization temperatures of bed materials measured using fuel evaluation module and pilot-scale test facility

反応(コーティング層形成)とを分離した手法でありながら流動不良・停止の挙動を再現できることが明らかとなり、本モジュールの高い評価精度が確認され、流動停止温度を定量指標とするリスク評価が可能となった。

5 燃料評価モジュールによるプロセス改善の広がり

本モジュールは、CFBボイラ発電設備製品実現プロセスにおいて、次の4つの段階で活用方法が見出され、プロセス改善が進んでいる。

(1) 見積り応札段階

案件顧客に対し効率的に本モジュールで試験を実施し、重要な流動不良リスクを低減することで受注確度を向上させる。

(2) 調達・工事段階

受注工事段階の顧客による燃料変更に対して本モジュールで試験を実施し、顧客への引渡し時の流動停止を回避する。

(3) 引渡し後段階

既存の納入顧客への脱炭素(燃料転換)対応として本モジュールで試験を実施し、最適な燃料提案からサービス案件の実現拡大へつなげる。

(4) 案件発掘段階

新たな燃料に加え砂の評価結果を蓄積し、最適な燃料提案により見込み顧客を案件顧客へ変えて受注拡大へつなげる。

6 むすび

- (1) 少量燃料・短期間で流動材の流動不良・停止リスクを評価できる強力なツールとして燃料評価モジュールを確立した。
- (2) CFBボイラ発電設備における見積り応札段階における効率化だけでなく、強力なツール取得により、CFBボイラ発電設備製品実現プロセスの各段階において活用方法が見出され、プロセス改善が広がっている。
- (3) 当社では燃料評価モジュールをCO₂および廃棄物を削減し、環境にやさしい「ゼロ」未来の実現ために活用していく。