

論文の内容の要旨

論文題目 噴流床石炭ガス化炉における溶融灰の飛散現象
に関する研究

氏 名 犬丸 淳

石炭ガス化複合発電 (IGCC) は、高効率で環境性に優れた新たな発電方式として、低炭素社会の実現に向け、その実用化および普及が強く期待されている。噴流床石炭ガス化炉においては、図 1 に示すような溶融灰の飛散に起因する灰付着トラブルが重大な運転障害を引き起こすことがあるため、その影響因子および現象発生条件を定量的に解明し、それらを一般化することによって、実機ガス化炉に適用可能な溶融灰飛散現象評価技術を開発し、噴流床石炭ガス化炉の最適設計技術やスケールアップ技術の確立に資することが強く求められている。

このため、本研究では溶融灰飛散現象の評価技術の確立に向けて、200t/d 石炭ガス化炉で発生した溶融灰飛散現象の分析および従来の研究成果を踏まえた課題の抽出、模擬流体を用いた基礎実験による基本現象の解明およびモデル化、実機と同様の高温高压の炉内条件を有する小型ガス化炉の実験による灰飛散現象の再現と影響因子の解明、パイロットプラントの実験結果による検証を踏まえた、大型ガス化炉に適用可能な飛散発生限界評価式の開発、ガス化炉数値解析の活用による、ガス化炉スケールアップが飛散発生現象に及ぼす影響の解明などを実施し、以下の結論を得た。

- (1) 模擬流体を用いた基礎的研究において、従来ほとんど行われていない極めて高粘性な流体による大口径管での液滴発生実験を行い、レーザ蛍光法による液膜流断面の可視化(図 2) と計測により、液滴発生条件における液膜界面形状などの液膜挙動を定量的に明らかにした。その結果、波高の影響を適確に評価することで、従来合わなかった $Re_f \leq 10$ の低液膜レイノルズ数領域においても実験結果をよく表現できる、液滴発生限界流速 U_{gc} に関する新たな評価式、ならびに実用的な液滴発生評価指標として、ウェーバー数の評価式を提案し、限界ウェーバー数 $We_e = 1.73$ を得た(図 3)。
- (2) 高温高压条件下の 2t/d 石炭ガス化炉を用いて、パイロットプラントで発生した灰飛散現象の再現実験を成功させ、本現象は、ガス化炉スロート部における「垂直方向平均ガス動圧 P_d 」および「液膜レイノルズ数 Re_f 」の影響を強く受け、これらが共に大きい条件に

において発生することを明らかにした。

- (3)パイロットプラント運転結果の解析も加えて、飛散現象に対する影響因子である「垂直方向平均ガス動圧 P_d 」および「液膜レイノルズ数 Re_f 」について、飛散発生限界に及ぼす影響を定量的に解明し、飛散現象のモデル化により灰飛散現象予測式を開発した。また、気液界面のせん断力 τ_i に着目することで、図4に示すように高粘性流体による基礎実験から実際のガス化炉実験にも適用可能な、 τ_i と無次元波高 h_0/y_0 の関係を明らかにした。これにより、飛散発生限界動圧 P_{dc} およびウェーバー数 We に関する評価式を提案し、大型ガス化炉へも適用可能で実用性の高い飛散発生限界の評価手法を初めて開発した(図5および図6)。
- (4)数値シミュレーション技術を用いた解析研究において、独自に開発した数値シミュレーション手法により、ガス化炉スケールアップに伴う炉形状の変化が炉内流動に及ぼす影響を解明すると共に、ガス化炉のスケールアップにより、灰飛散の発生限界流速 U_{gc} が相対的に低下するため、大型ガス化炉の設計時には配慮が必要であることを明らかにした。

本研究により、噴流床石炭ガス化炉におけるスラッジングトラブルを防止するための、灰飛散評価手法を確立することができた。本研究の成果は、IGCC技術の実用化と本格普及に向けた、噴流床石炭ガス化炉の最適設計技術やスケールアップ技術の確立に資するものである。

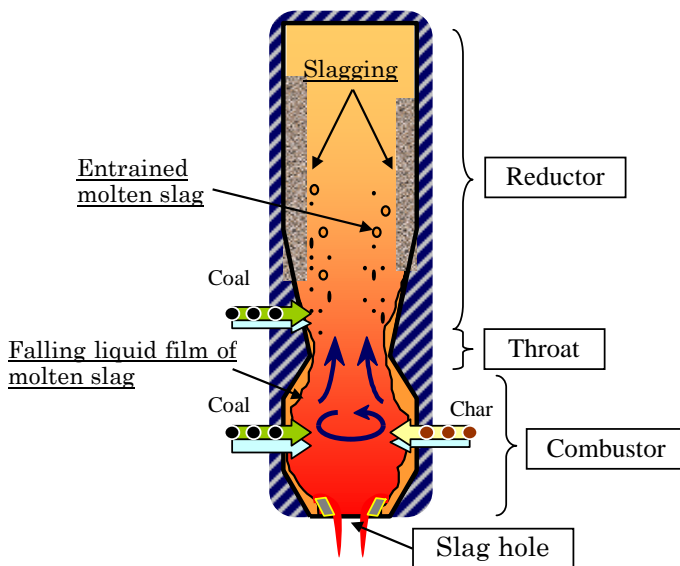


Fig.1 Outline of the gasifier and slugging phenomena

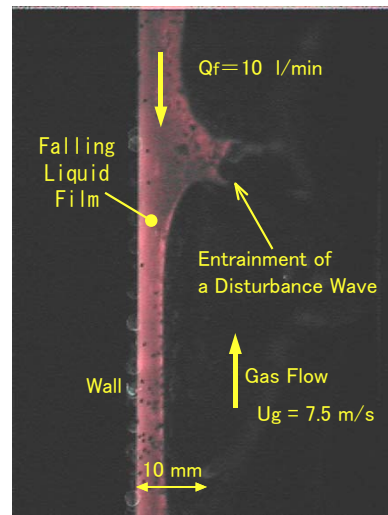


Fig.2 Image of entrainment of a disturbance wave (Glycerol 99%, $Re_g=8.6 \times 10^4$, $Re_f=1.88$)

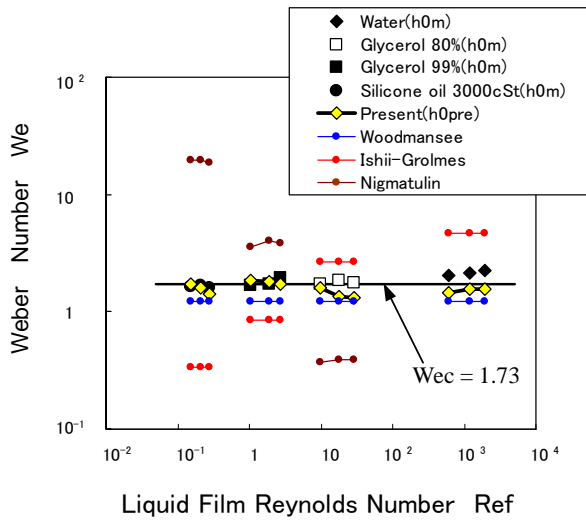


Fig. 3 Critical Weber number

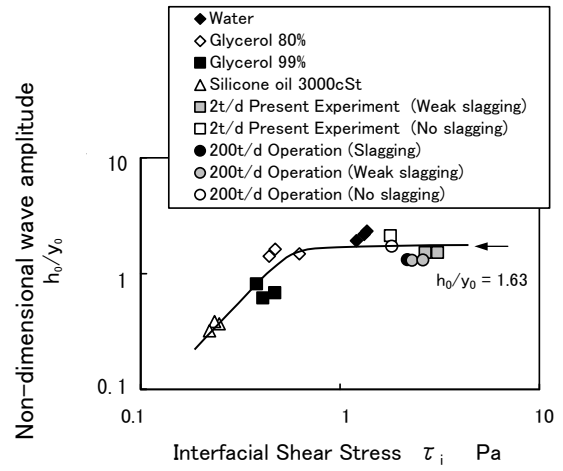


Fig.4 Non-dimensional wave amplitude and interfacial shear stress

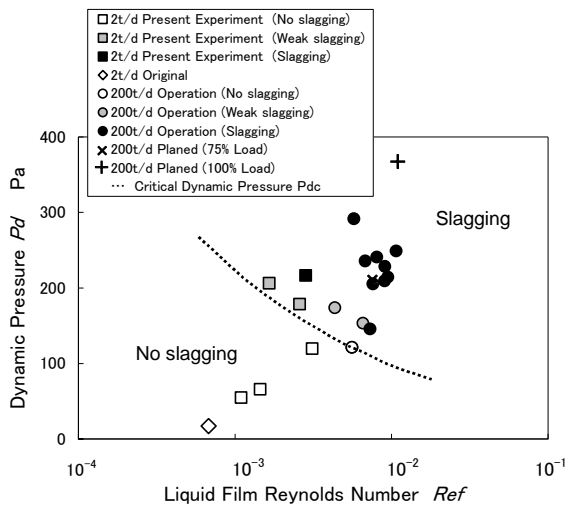


Fig.5 Dynamic pressure at a throat and liquid film Reynolds number of falling slag

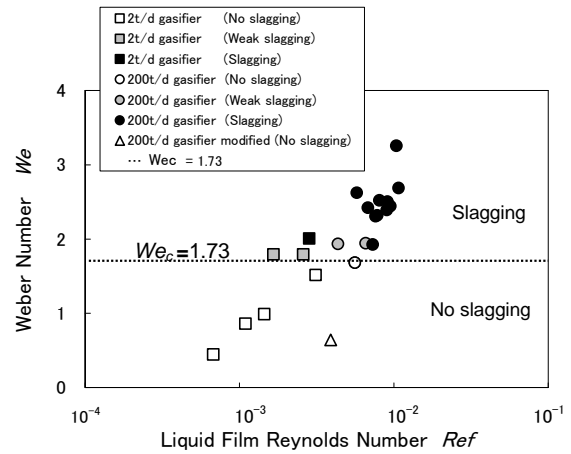


Fig.6 Weber number and liquid film Reynolds number of falling slag