

P111

酸素吹きガス化に及ぼす炭種の影響

Effect of the coal types on an oxygen blown gasifier

加藤 優季^{1*}・神原 信志¹・早川 幸男¹

KATO, Yuki¹, KAMBARA, Shinji¹, HAYAKAWA, Yukio¹

¹ 岐阜大学 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1

Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu, Gifu, 501-1193, Japan²

Abstract : In slagging gasifiers, the ash flow down the gasifier walls and drains the gasifier as a molten slag. The behavior of the molten slag depends on coal types. Coals used for slagging gasifiers should have an ash fusion temperature below the operating temperature of the gasifier; evaluation of the ash fusion temperature is important to operate stable the gasifier. The estimation of the ash fusion temperature was performed by using Factsage 7.2 that is the thermodynamic equilibrium calculation software. And more the ash viscosity was estimated by Modified Urbain Model or Viscosity Module of Factsage 7.2. The equilibrium ash fusion temperatures were calculated considering the equilibrium gas composition for four (4) coals, however, the estimated ash fusion temperatures were different from the measurement results by JIS. The measured ash viscosity and the estimated ash viscosity by Viscosity Module showed good agreement for a coal type.

Keywords : Coal, Gasification, Ash fusion temperature, Ash viscosity, FactSage

1. 緒言

酸素吹き石炭ガス化複合発電 (IGCC) は、従来の微粉炭火力発電よりも高い発電効率が見込まれ、CO₂ 発生量削減に寄与するばかりでなく CO₂ を高効率に回収できることが期待される。ガス化炉では、微粉炭を高温でガス化し、CO と H₂ を主成分とする合成ガスを発生させると同時に、灰を熔融スラグとして炉底から排出する。ガス化炉の安定運転のためには、様々な炭質に対してスラグを定期的に排出させる必要があり、炭種毎にガス化炉温度の適切な設定が重要となるが、その方法論は確立されていない。本研究では、石炭性状から適切なガス化炉温度を推定する手法の開発を目的として、本報告では灰の熔融温度とその粘度の観点から酸素吹きガス化における炭種の影響を考察した。

2. 熱力学平衡計算によるスラグ特性の評価方法

図 1 に酸素吹きガス化炉のフローを示す。石炭は酸素とともに下段炉 (燃焼炉) と上段炉 (ガス化炉) に供給される。灰は下段炉で熔融し、スラグタップから排出される。一方、下段炉で生成したガスとチャーはガス化炉出口に至る。これら一連のプロセスについて熱力学平衡計算ソフトウェア FactSage7.2¹⁾ を用いて生成ガス組成およびスラグ生成挙動を評価した。性状の異なる 4 炭種の石炭について検討した。

また、スラグ粘度を Factsage 7.2 の Viscosity Module および Modified Urbain Model²⁾ で計算し、実測値と比較した。

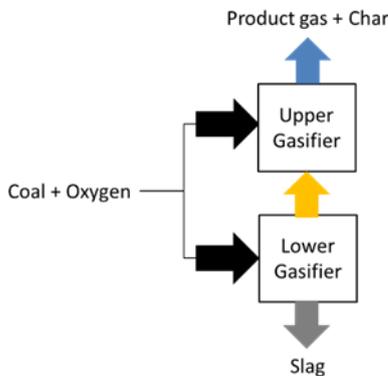


Fig. 1 A schematic representation of a gasifier.

3. 結果と考察

3.1 ガス平衡組成

図 2a, 2b に下段炉および上段炉における生成ガス平衡組成の計算結果を示す。下段炉について温度範囲 200~1600°C で計算したなかで、温度 1400°C での平衡組成が上段炉に流入するとし、

下段炉と上段炉の計算を連成した。

上段炉出口のガス平衡組成と実際のガス化炉出口ガス組成を比較すると、計算値の方が CO% は若干高く、H₂% が若干低い傾向になったが、スラグ熔融温度や粘度を予測するには十分な一致であると評価した。

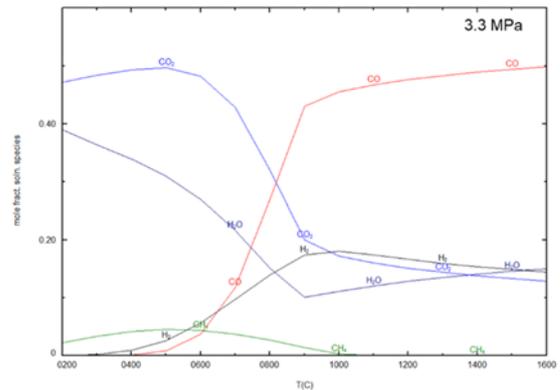


Fig. 2a Equilibrium gas composition at the lower gasifier exit.

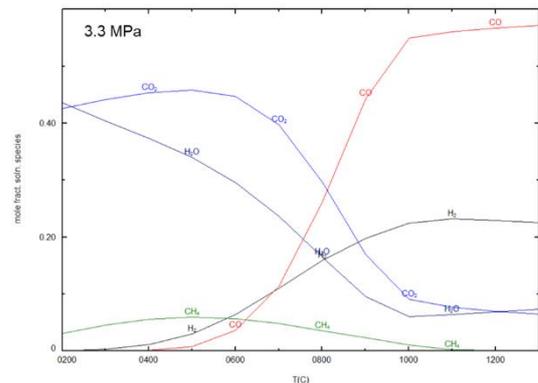


Fig. 2b Equilibrium gas composition at the upper gasifier exit.

3.2 灰熔融温度

図 2a の下段平衡ガス組成 (1400°C) および石炭灰組成を入力し、灰 100 g を基準としてスラグ生成挙動を A 炭について計算した (図 3)。横軸の温度範囲は 500~1500°C、縦軸はスラグ生成量 (g) である。炭種によって図 3 のカーブは異なる。図 3 より、A 炭のスラグ生成開始温度 (熔融開始温度) は 1026°C、熔融温度は 1362°C であることがわかる。この値は JIS 法による還元雰囲気初期変形点 (IT) 1200°C、溶流点 (FT) 1240°C よりも低い値と

なった。

図4は、4炭種の溶融温度 (FT) 平衡計算値と JIS FT 測定値 (還元雰囲気) について、石灰灰の B/A 比 (塩基性成分と酸性成分の比) に対してプロットした図である。JIS 測定値は B/A 比が高い炭種ほど溶融温度が低くなる傾向がみられたものの、FT 平衡計算値では明確な相関関係はみられなかった。B/A 比はガス化炉運転温度を決定するうえで、ある程度の信頼性があることを考えると、FT 平衡計算値は指標として適当ではないと思われる。種々検討した結果、灰溶融率 70% の温度で評価すれば実際のガス化炉運転温度の指標になるうることがわかった (図3, 図4)。

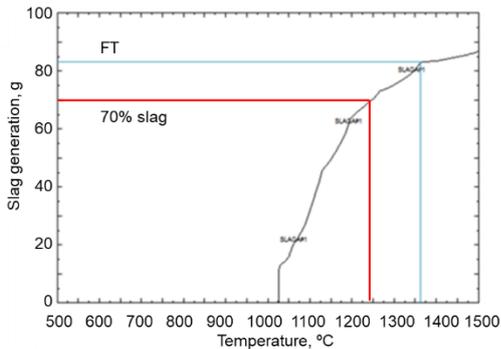


Fig. 3 Calculation result of slag formation for coal A

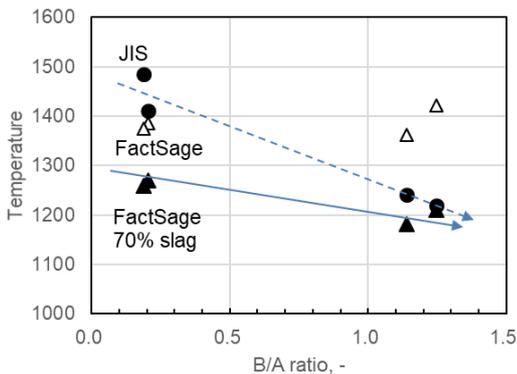


Fig. 4 Comparison between Factsage calculation results and JIS measurements for four different coals (ash A, B, C, and D).

3.2 灰粘度

ガス化炉でのスラグ特性を評価する場合、溶融温度のみならず粘度も重要である。なぜなら、灰が溶融したとしても粘度が高くスラグトップから流れ落ちず、閉塞につながる場合があるからである。スラグトップ炉の場合、150 poise 程度が適正という報告がある³⁾。溶融灰の粘度は高温粘度計で測定できるが、そのコストや時間を考慮すると、石灰性状から予測・評価できることが望ましい。

図5a, 5b, 5cに、石灰灰 E, F, G の温度と粘度の関係について、高温粘度計による実測値 (プロット), Factsage (Viscosity Module) による計算値, Modified Urbain Model による計算値を示した。Modified Urbain Model は Viscosity Module よりも 10 ~ 100 倍大きい値となる。

F 炭については実測値と Viscosity Module の計算値がほぼ一致し、G 炭実測値は Viscosity Module の計算値に近似した。しかし、E 炭の場合、Viscosity Module 計算値よりも低温側で約 100 倍大きくなり、炭種によっては計算値による予測が難しい場合があることがわかった。E 炭は粘度計算に強い影響を及ぼす Na と Ca の含有量が特に多いため、低粘度として計算されるが、実測では高温域で低粘度になった。

4. 結言

酸素吹きガス化炉における炭種の影響を検討するために、灰の溶融温度と粘度の推算方法を検討した。Factsage 7.2 でスラグ生成挙動を推算可能であり、70%スラグ生成温度により評価可能である。粘度は FactSage の Viscosity Module が測定値と一致する傾向にあるが、大きく異なる炭種もあった。

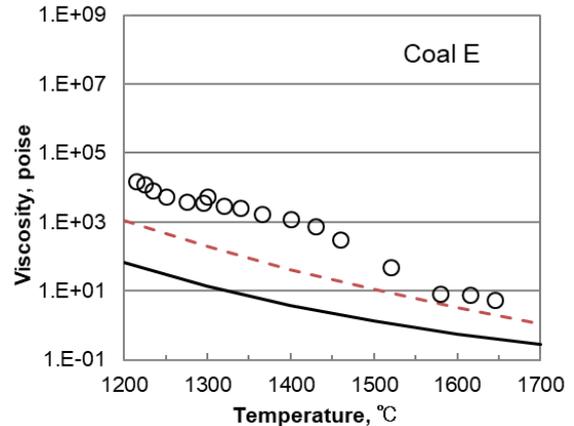


Fig. 5a Estimation of ash viscosity and measurement results for coal E ash under high temperature (Coal E).

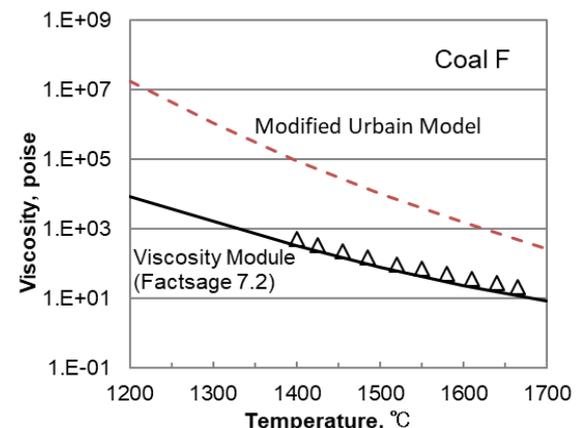


Fig. 5b Estimation of ash viscosity and measurement results for coal E ash under high temperature (Coal F).

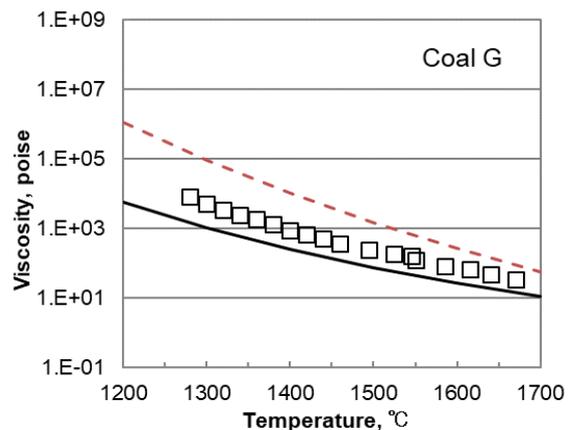


Fig. 5c Estimation of ash viscosity and measurement results for coal E ash under high temperature (Coal G).

参考文献

1. C.W. Bale et al., Calphad, 55 (Part 1), pp.1-19, 2016.
2. J.C. van Dyk et al., Fuel 88 (2009) 67-74.
3. D. H. Scott, IEA Coal Research, CCC/24, 1999.