

灰溶融炉内高煤塵下でのスラグ温度の連続計測技術

On-line Measurement Technology of Slag Temperature under High Density of Soot Condition in Ash Melting Furnace

野間 彰^{*1}
Akira Noma

原田 朋弘^{*2}
Tomohiro Harada

山下一郎^{*3}
Ichirou Yamashita

津村陽一郎^{*4}
Yoichiro Tsumura

井上 敬太^{*5}
Keita Inoue



1. はじめに

プラズマ灰溶融炉は、ごみ焼却などで発生した有害な灰を1500 程度の高温に加熱して無害なスラグに変換し、土木資材などに再利用する設備として近年ニーズが高まっている。溶融スラグは高温であり、溶融スラグの強い侵食性から耐火物の耐久性が問題となっており、スラグ温度を適正範囲内で管理する必要がある。しかしながら、現状の保護管付き熱電対は数時間で溶損し、市販の放射温度計は炉内煤塵雰囲気のために適用が困難である。

本技術は炉内煤塵雰囲気を透過する2波長域の遠赤外光を検出し、スラグ液面の温度を計測する技術であり、非接触連続計測が可能である。スラグ温度を適切に管理することにより耐火物寿命が向上し、灰溶融炉の実用化に貢献することができた。

2. 原 理

スラグから発せられた光は炉内に浮遊する煤塵による散乱や赤外吸収ガスによって減衰するが、2波長域の赤外強度を検知しその比を求めることで減衰の影響を相殺し煤塵や炉内ガスの影響を低減した。2波長温度計の原理図を図1に示す。2波長温度計は市販されているが、波長が1 μm近傍であり、炉内の高煤塵雰囲気を透過できない。例えば可視光で観察した場合には、図1に示したように灰投入中は高温のプラズマでさえ確認できないほど炉内は高煤塵濃度雰囲気である。そこで本技術では煤塵の影響低減のために遠赤外光を検知することとした。ここで、 $E(T)$ は温度Tの黒体からの放射強度、 τ は透過率、 T_s はスラグ温度、添字 1, 2はそれぞれ波長を表す。

3. 実 験

3.1 実炉分光計測による波長選定

炉内スラグ液面から発せられる赤外光の煤塵雰囲気中の透過特性及びガス雰囲気中の透過特性を確認するため、FT-IR (Fourier-transform Infrared

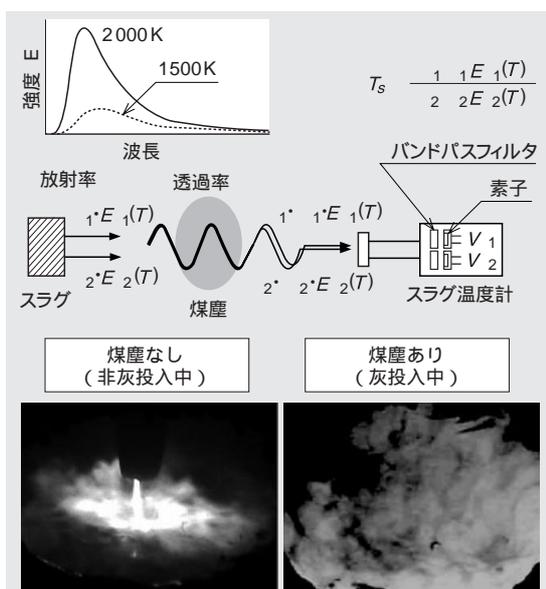


図1 スラグ温度計原理図 スラグから発せられる2波長域の赤外光の強度比から温度を求める。

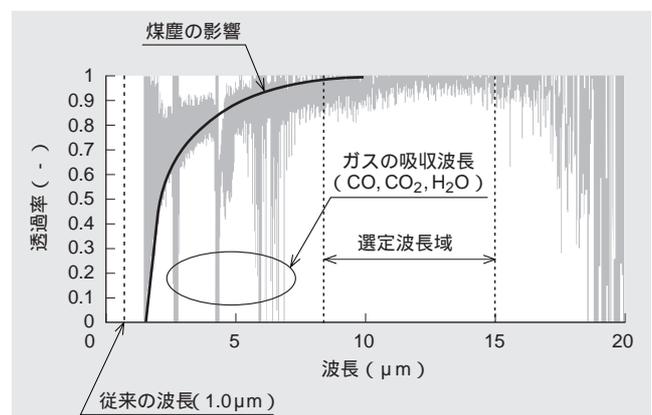


図2 灰溶融炉内赤外光透過率 FT-IRで計測した灰投入中の透過強度と非灰投入中の透過強度の比率を示す。

^{*1} 技術本部横浜研究所熱・化学研究室

^{*2} 技術本部横浜研究所実験課

^{*3} 技術本部広島研究所応用物理研究室主席

^{*4} 技術本部広島研究所応用物理研究室

^{*5} 横浜製作所環境ソリューション技術部環境システム設計課

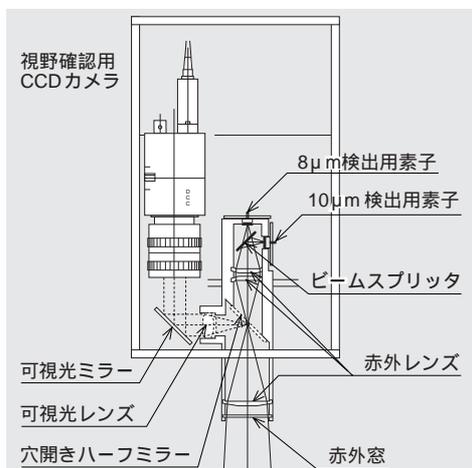


図3 スラグ温度計の光学系 スラグから発せられる赤外光をビームスプリッターで2つに分離し、赤外素子に導く。

Spectroscopy：フーリエ変換赤外分光法)を用いてスラグ液面からの光を分光した。非灰投入中は煤塵及び赤外吸収ガスの発生は無く、スラグ液面から発せられる赤外光は全て透過する。計測した透過率(灰投入中の透過強度/非灰投入中の透過強度)を図2に示す。8～15 μmの波長域では透過率が0.9以上であり、炉内煤塵や、ガス吸収の影響を受けにくいことが明らかになった。

3.2 スラグ温度計試作

炉内煤塵やガス吸収の影響を受けにくい波長域8～15 μmの中から2波長域を選定し、スラグ温度計を製作した。開発したスラグ温度計の光学系を図3に示す。スラグからの放射光をレンズで集光し、一部をCCDカメラに導くことで肉眼で計測孔付着物を確認できる構造とした。残りの光はビームスプリッターで分離されそれぞれバンドパスフィルターを介して赤外検出素子に入射する。赤外検出素子にはサーモパイルを用い、素子電圧はアンプで増幅され、演算回路で演算後温度表示される。温度計内部はサーモパイルの冷接点温度が一定になるように制御されている。

3.3 電気炉を用いたスラグ温度計の較正

電気炉内にスラグを充填したるつぼを斜めに設置し、電気炉温度を1300～1700に設定してスラグ温度計の較正実験を実施した。計測の結果、素子電圧の比は温度と共に直線的に上昇しており、相関係数が0.99以上の一次式で近似可能である。

4. 実炉へのスラグ温度計の適用

4.1 実炉検証

炉天井から出滓口近傍のスラグ液面の温度を計測し、消耗型熱電対と同時に計測比較することにより、スラグ温度計の妥当性を検証した。両者は絶対値及び

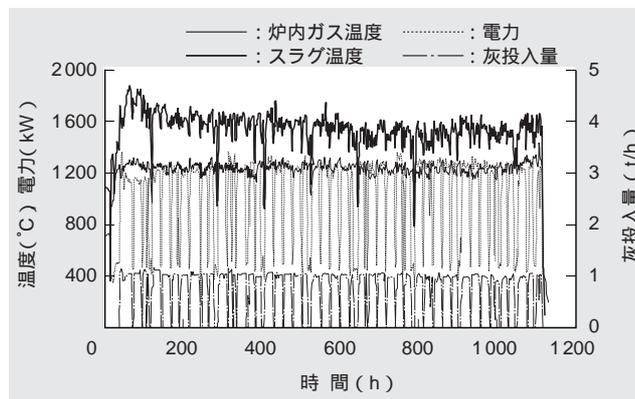


図4 実炉連続データ 実炉で1.5ヶ月連続計測を実施したところ、スラグ温度は1400～1600で安定している。

傾向が良く一致しており、スラグ表面温度を炉内の高煤塵雰囲気やガスの影響を受けることなく計測可能であることを確認した。

4.2 長期連続計測

開発したスラグ温度計を実炉に設置し、1.5ヶ月の連続計測を実施した。計測データは図4に示した通りであり、出滓口近傍のスラグ液面の温度は立上げ初期に1600を越える場合が認められたものの、ほぼ1400～1600の範囲であり、安定運転できていることが明らかとなった。

5. ま と め

灰溶融炉の長期耐久性に大きな影響を及ぼすスラグ温度について、炉内の煤塵等の影響を受けず、高精度で非接触かつ連続的に計測することが可能な2波長遠赤外光方式のスラグ温度計を世界で初めて実用化した。本技術はリサイクル社会構築に不可欠な焼却灰の無害化、資源化システムを実現する上でのキー技術の一つであり、既に実機に適用中である。焼却灰溶融スラグと同様に高温を扱う分野(ガラス溶融炉や鉄鋼炉等)では溶融物の温度管理が重要であり、本技術の適用を期待できる。



野間彰



原田朋弘



山下一郎



津村陽一郎



井上敬太