

乾燥機付流動焼却炉の自動制御

新倉將博、新井 徹、桑原弘至
横浜市下水道局建設部設備課
横浜市中区港町1丁目1番地

概要

横浜市は、汚泥焼却の省エネルギー化を図るため、1984年2月、南部汚泥処理センターの焼却能力100 [t/D] の流動焼却炉に、日本で初めて蒸気間接加熱型乾燥機を付加した。これによって、焼却炉の廃熱をケーキ乾燥用熱源として利用し、ケーキを自燃させ、さらに焼却能力を150 [t/D] に向上させた。このシステムは、焼却炉の炉内温度制御を目的に、脱水ケーキと乾燥ケーキを焼却炉に混合投入することが特徴である。システムの建設に先立って、パイロットプラントにより、乾燥機の構造、含水率制御等の検証を行った。乾燥ケーキ単独の焼却実験では、脱水ケーキの水分、可燃分等の性状が変動し、乾燥機での含水率制御が困難で、ケーキの乾燥度が高過ぎると過燃焼状態となり、逆に低過ぎると補助燃料を多量に必要とした。次に湿ケーキと乾燥ケーキの混合投入を試みた結果、投入比率を変えることによって、補助燃料を必要としない自燃領域での炉内温度制御ができた。実プラントは、これらの実験結果を基に建設し、現在円滑に運転している。

本報では、この湿・乾ケーキの投入比率制御により炉内温度をコントロールし、補助燃料を削減した乾燥機付流動焼却炉の自動制御について報告する。

キーワード

乾燥機付流動焼却炉、流動焼却炉、蒸気間接加熱型乾燥機、自動制御、投入比率制御、炉内温度制御

1. 汚泥焼却プロセスフローの概要

湿・乾ケーキ混合投入系を備えた乾燥機付流動焼却炉（150 [t/D]）の汚泥焼却プロセスフローを（図-1）に示す。この汚泥焼却システムは、本市の南部方面の6下水処理場で発生し、トラックで輸送された脱水ケーキを焼却処理するために、1984年2月から運転を開始したシステムである。各下水処理場の汚泥処理方式の相違等から、運搬されてくる脱水ケーキの性状（含水率、VTS、低位発熱量）が変動するため、乾燥機付流動焼却炉はこれに対応したシステムとしている。以下に、汚泥焼却プロセスフローの概要を述べる。

各下水処理場から運搬される脱水ケーキは、トラックスケールで計量後、ケーキピットに貯留され、ここから投入クレーンで乾燥フィーダ及び焼却フィーダに投入される。乾燥フィーダからの脱水ケーキは乾燥機で水分を除去されて乾燥ケーキとなり、焼却フィーダからの脱水ケーキ（湿ケーキ）と混合して焼却炉へ供給する。流動焼却炉に投入した湿・乾混合ケーキは、補助燃料を使用せずに自己燃

焼領域で焼却するように各々の投入比率をコントロールされる。焼却炉の排ガスはサイクロンに入り、ここで焼却ダスト分は排出される。サイクロンを出た排ガスは2系統に分かれ、一方は廃熱ボイラ、もう一方は空気予熱器を通過する。廃熱ボイラでは排ガスの熱から蒸気を発生させ、これを乾燥機の熱源とし、空気予熱器では流動化空気の予熱を行って、共に省エネルギー化を図っている。廃熱ボイラ、空気予熱器で熱回収された排ガスは、クーラー内で冷却され、電気集塵機で微細ダストを除去後、吸収冷却塔に入る。ここで脱硫、除湿した後、煙突から大気へ放出される。また、サイクロン、廃熱ボイラ、電気集塵機で排出された焼却ダストは、焼却灰として灰ホッパに貯留され、飛散防止のために加湿された後、場外へ搬出される。なお、1989年秋以降は脱水ケーキのトラック輸送に代えて、各下水処理場からパイプラインで送泥された汚泥を消化脱水処理する本格的な汚泥集約処理を開始する予定である。そのため、ケーキピットを経由せず各フィーダに消化脱水ケーキを直接投入する系統をも有している。

2. 湿・乾ケーキの投入比率による炉内温度制御方法

この制御方法は、非均一な性状の脱水ケーキを、補助燃料を必要としない自然領域で安定して焼却することを目的にしている。現状の技術では乾燥機での水分、可燃分の一定制御が困難なこと、さらに乾燥機内での滞留時間が長く、炉内の温度変化に対して応答性が悪いこと等から、実践的に考案した制御である。この制御の基本は、焼却炉へ投入する単位時間あたりの脱水ケーキ量 (F) に対する乾燥ケーキ投入量 (D) との比率を α ($\alpha = D/F$) とし、この α を焼却炉のフリーボード温度と砂層温度を基に段階的に変更して、投入ケーキ全体の水分量コントロールを行い、自然領域で焼却するのである。 α の変更方法には、連続的に変更する方法と段階的に変更する方法があり、連続的に変更

マイクロコントローラ制御内容

トラックスケール	ケーキピット	ケーキ投入	焼却炉	乾燥機	廃熱ボイラ	クーラー	吸収冷却塔	灰ホッパ
<ul style="list-style-type: none"> 計量伝票発行 分類集計 	<ul style="list-style-type: none"> 搬入トラック用信号制御 クレーン採取アドレス選択 	<ul style="list-style-type: none"> 湿ケーキ投入量一定制御 乾燥ケーキ投入量一定制御 投入比率(湿・乾)一定制御 投入比率可変制御 	<ul style="list-style-type: none"> 炉内温度一定制御(冷却・加湿) 炉内圧力一定制御 起動用熱風炉温度一定制御 流動化空気量一定制御 	<ul style="list-style-type: none"> キャリアガス排気量一定制御 コンデンサ排水PH一定制御 	<ul style="list-style-type: none"> ドラム圧力一定制御 ドラム水位一定制御 薬品注入量比率制御 	<ul style="list-style-type: none"> 白煙防止空気量一定制御 クーラー出口排ガス温度一定制御 	<ul style="list-style-type: none"> 排水PH一定制御 出口排ガス温度一定制御 	<ul style="list-style-type: none"> 灰加湿水量制御

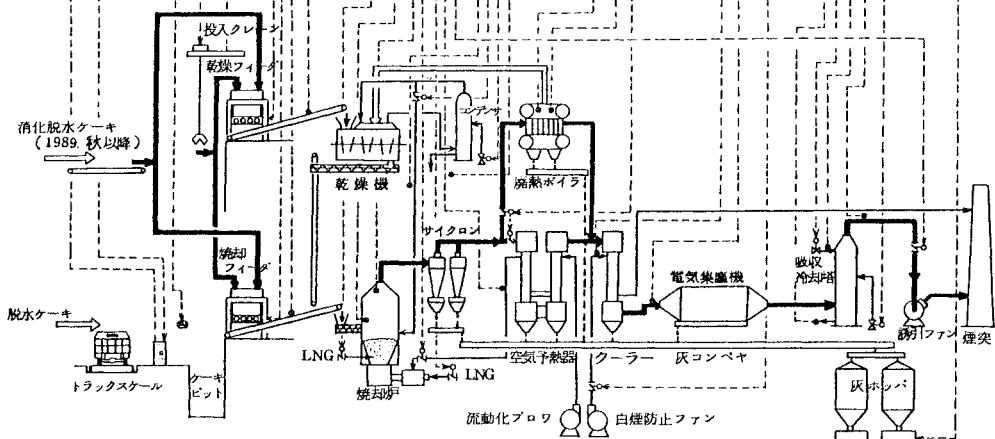


図-1 汚泥焼却プロセスフロー

すると湿・乾ケーキの投入量が連続して変化するため、制御量に行き過ぎが生じて、安定した炉内温度制御が出来なかった。そこで α を段階的に種々変更させた結果、 α の初期値を0.60として、0.50～0.70の範囲で0.02単位に段階的に変更させると、応答性の良い安定した運転が出来た。現在はこの制御方法により運転している。なお、炉内温度が設定範囲を下まわった場合には、強制的に乾燥ケーキ投入量を最大値に変更する「量制御」に移行する。また、炉内温度が異常低下した場合には補助燃料による「助燃制御」、炉内温度が異常上昇した場合にはケーキ投入口に冷却水をスプレーする「スプレー制御」の2つのバックアップ制御を有している。

3. 湿・乾ケーキ投入比率可変制御アルゴリズムと制御状況

焼却炉の立ち上げ順序は、計装用空気、冷却水、排煙処理等の補機系統を初めに運転する。補機系統の正常運転を確認後、流動化ブロウを運転し、焼却炉内の硅砂を流動させる。次にスタートアップバーナーを使用して、炉内砂層温度を800℃に上昇させる。砂層温度が800℃になると、湿ケーキの単独投入を開始する。 α の初期値を0.60に設定してあるため、湿ケーキは全投入量に対して $(1.00 - 0.60) = 0.40$ の比率で単独投入を開始する。この湿ケーキ単独投入によって、炉内温度が800℃以下にならないように、補助燃料を使った温度制御を実行する。この湿ケーキの焼却熱により廃熱ボイラを運転し、乾燥機へ蒸気を供給して、ケーキの乾燥を開始する。乾燥機の滞留時間(約4時間)経過後に乾燥ケーキの炉内投入が可能となり、この時点から湿・乾ケーキの投入比率可変制御を開始する。

湿・乾ケーキ投入比率可変制御アルゴリズムを(図-2)に、炉内温度変化と湿・乾ケーキ投入状況を(図-3)に示す。

以下に具体的な湿・乾ケーキの投入比率可変制御状況を説明する。投入比率可変制御開始時点①では砂層部の温度が780℃以上と高いため、乾燥ケーキを減少して最適燃焼温度範囲(740～780℃)にするため α を段階的に低下させる。②では砂層部の温度が740～780℃の範囲内にあるので最適燃焼状態とみなして α を固定する。③では砂層部の温度が740℃以下に低下するため、 α を段階的に上昇さ

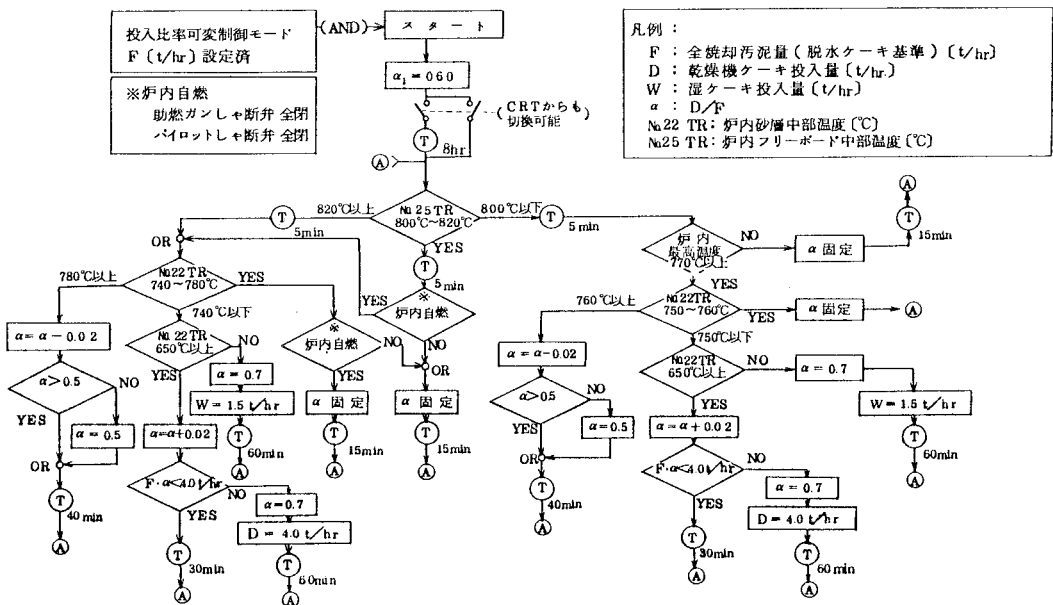


図-2 湿乾ケーキ投入比率可変制御アルゴリズム

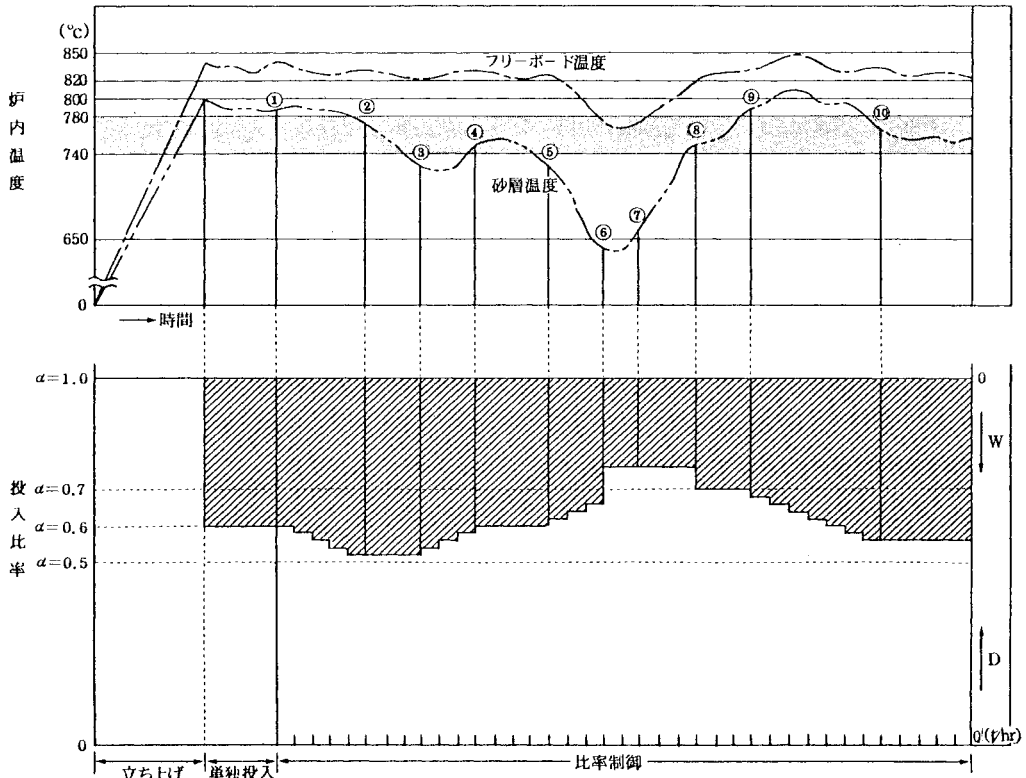


図-3 炉内温度変化と湿・乾ケーキ投入状況

せ乾燥ケーキ量を増加して、温度上昇を図る。④では砂層部の温度が740～780℃の範囲内にあるので α を固定した制御を継続する。⑤では砂層部の温度が740℃以下に低下するため、 α を段階的に上昇させ乾燥ケーキ量を増加していく。⑥では砂層部の温度が650℃以下に下がったため、この時点で比率制御を解除し、湿ケーキを最少、乾燥ケーキを最大として温度上昇を図る。その結果⑦では砂層部の温度が上昇して行くが、最適燃焼範囲に入るまでそのまま量制御を継続する。⑧では砂層部の温度が740～780℃の範囲内に回復するので、ここで比率制御に戻すが、 α は780℃を越えるまで上限値の0.70に固定する。⑨では砂層部の温度が780℃を越えるので α を段階的に下げて行き温度上昇を防止する。⑩では砂層部の温度が740～780℃の範囲内にあるので、最適燃焼状態とみなして α を固定する。なお、この比率制御の他に炉内温度が制御範囲をはずれる場合には、炉内最高温度が770℃以下になると「助燃制御」が働き、850℃以上になると「スプレー制御」が働く。

4. おわりに

以上、湿・乾ケーキの混合投入による炉内温度制御方式について述べてきたが、この制御方式は性状変化が著しい汚泥に対して応答性もよく、安定した運転を行える制御方式である。

本市では1989年秋以降可燃分の少ない消化脱水ケーキを焼却する予定であるが、この消化脱水ケーキを補助燃料を使用せず自己燃焼させることを計画している。そのためには乾燥機でのシビアな水分コントロールが必要となる。そこで現在、乾燥機の制御メカニズムを解明するための調査研究に取り組んでいるところである。

(参考文献)

- 1) 高橋昭彦、鈴木 護 (1986.1): 廃熱を脱水ケーキの乾燥に利用した焼却設備の運転報告、下水道協会誌、23、72～78。