

下水汚泥溶融施設の乾燥設備へのエキスパートシステム適応について

小塚 幸雄* 清水 洋治** 石綿 勝*** 内藤 利昭***

*東京都下水道局森ヶ崎水処理(セ)南部スラッジプラント 資源化施設担当

**東京都下水道サービス株式会社 技術部 施設課

***日本ガイシ株式会社 エンジニアリング事業本部 電機設計部

概 要

下水汚泥溶融施設は下水汚泥の減容化、安定無害化、再資源化の3つの点で優れており近年注目されている。しかし、施設の安定運転を持続管理するためには、乾燥、溶融等の構成設備に関する知識と熟練した運転技術が要求される。今回、従来型の制御では時間遅れが大きく制御の最適化が困難であるとともに、多くの運転ノウハウの蓄積が特に要求される乾燥設備にエキスパートシステムを適応することを提案した。

キーワード

汚泥溶融施設 汚泥乾燥設備 深い知識 浅い知識 エキスパートシステム

1. 緒言

下水汚泥処理方法として、近年注目されている方法に溶融処理方法がある。千数百度の雰囲気中に脱水・乾燥粉砕した汚泥を投入すると、有機物は燃焼され無機物は溶融物になり冷却後スラグと呼ばれるガラス質の固形物になる。この溶融処理方法は、焼却灰より減容化が高く、汚泥中の有害物質はスラグ内に取り込まれ安定無害となる。また、汚泥の有効利用(資源化)の点においても期待されている。

しかし、実際の汚泥溶融施設において、いくつかの課題が存在する。なかでも特に溶融炉制御の重要な要因である汚泥水分を制御している乾燥設備は多くの課題を抱えている。季節、天候、汚水流入系の差異により汚泥性状、水分が変動し、その把握は困難である。また、水蒸気乾燥機はむだ時間が長くシーケンス制御やPID制御等の従来型制御が困難である。さらに、運転員は熟練した運転技術と高度な処理判断が要求される。そのため、今回、この汚泥乾燥設備を対象にエキスパートシステムを適応させ運転支援システムを開発し、現在検証中である。

2. 現在の状況

2.1 設備の概要

東京都南部スラッジプラント内の汚泥溶融施設は、設計定格160t wet cake/dayで国内最大級の巡回溶融炉であり、そのプラントフローは図-1に示す通りである。この図-1内で一点鎖線内の設備が今回開発対象の汚泥乾燥設備である。この中で水蒸気乾燥機は受入れた脱水ケーキと既に乾燥されたケーキ(循環ケーキ)を混合し新たに乾燥機出口乾燥ケーキとして取出す。この乾燥機出口乾燥ケーキは定量フィー

ダで一時貯留され循環ケーキと炉投入乾燥ケーキとして取出される。

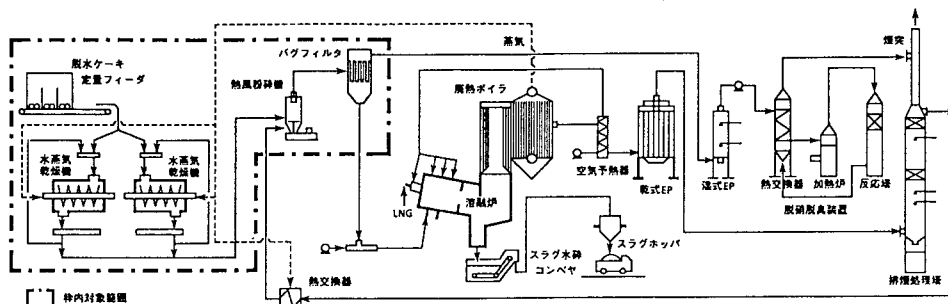


図-1 汚泥溶融施設フローシート

2. 2 汚泥乾燥設備の目的

旋回溶融炉は汚泥自身の持つエネルギーを積極的に利用して汚泥を溶融するものであるが、溶融炉の安定運転のためには炉へ投入する乾燥ケーキを定水分で安定的に供給する必要がある。乾燥ケーキの水分変動は炉の安定運転を阻害し炉の損耗を早めることになる。さらに、過剰水分の乾燥ケーキの場合は後段プロセスでのエネルギー消費増の誘因となる。そのため、水分が低いほど後段プロセスに良好な結果をもたらすが、過乾燥の場合には、乾燥設備内で乾燥ケーキが自燃する危険性がある。このため乾燥ケーキ水分は15～20%程度の範囲内に収めることを目指している。しかし、15%前後の水分では経験上安定制御が困難であるため目標値を20%前後として運転している。

2. 3 水分安定化阻害要因

水分安定化実現の阻害要因を以下に示す。

当施設への脱水ケーキ流入系は2系統で、季節、天候、流入系の差異により汚泥の性状や水分が変動する。その性状と水分のリアルタイムの把握は困難である。

水蒸気乾燥機は脱水ケーキ投入後乾燥ケーキとして出てくる時間が2～3時間とむだ時間が長く、シーケン制御やPID制御等の従来型制御が困難である。

運転員は各プロセスデータから高度な制御判断を要求され、その操作判断に差がある。

各汚泥水分測定は自動測定ではなく、運転員が定期的に測定している。そのため、水分データは測定時間分の遅れと手入力分の遅れが存在する。

3 エキスパートシステムの概要

3. 1 システムへの要求

上記阻害要因の影響を極力抑え以下の要求を満足するシステムを構築することとなった。

乾燥ケーキ水分を $20 \pm 2\%$ にすることを目標にする。 $20 \pm 2\%$ を逸脱した場合は、可能な限り早く収束させる。

システム導入による運転員の作業量増加は可能な限り抑制する。

3. 2 知識獲得

知識獲得の方法として、ノウハウ等の経験的知識を表す浅い知識は現場熟練運転員と現場責任者からヒアリングを行い収集した。また、浅い知識だけでなく現状の機器構成やフロー等の物事の原理や構造を表している深い知識も設備設計者や現場責任者より収集した。

3. 5 エキスパートシステムの内容

知識表現には、フレーム構造を持つモデルベースとプロダクションルールを用いた。モデルベースは、機器情報や機器の接続関係等の深い知識の表現に使用し、運転員が視覚的に判読可能なようにP & I Dイメージで画面上に表示した。プロダクションルールは制御方法やノウハウ等の浅い知識の表現に使用した。前述の制御内容を循環ケーキ水分により運転ブロックに分類しルール化した。また、推論ルール発火条件は、水分データ手入力後の手動起動方式とオンライン収集データの変化により自動発火する方法がある。推論実行部では収集データを使用して前述の運転制御の概要で示した内容をもとに、各出力の制御値を推論しガイダンスとして表示することとした。

画面表示内容は、P & I D、水分データ入力、トレンド、推論情報に大きく分類される。運転員は任意の内容を表示可能であるが、推論情報は推論が実行されると優先的に表示される。トレンドは最大1日分のデータが表示可能である。また、自動収集可能なプロセスデータはオンライン収集を行い、手分析している汚泥水分は手入力で行う。画面表示内容の一部を図-3、図-4、図-5に示す。

4. システムの検証

開発した汚泥乾燥設備運転支援システムに実績データを用いてシミュレーションを実施した。系のむだ時間が長く水分変動時間が2~3時間かかり、実時間でのシミュレーション検証は困難であるため、時間を加速させて行うこととし、その影響する内部処理データの補正ルールの追加を行った。その結果は、熟練運転員の判断処理と同等の内容となり概ね良好な結果を得られた。

現在、溶融施設内に設置、運転員に操作を依頼し、実証運転を行っている。その結果を図-6、図-7に示す。溶融炉に投入される乾燥ケーキと同一水分である循環ケーキ水分が $20 \pm 5\%$ の範囲内に制御され、ほぼ良好な結果が得られている。また、水蒸気乾燥機出口水分は循環ケーキ水分をさらに安定させることにより安定収束することが期待できる。ただし、各種パラメータの調整不足と初期間取調査段階では未収集の知識が存在し、振幅が目標より大きくなっている。さらに、間取調査時点より運転制御等のノウハウは増えているため、この新たな知識を収集し、

ルールの修正追加を行い評価検証する予定である。今後、実運転における推論判断が熟練運転員との判断と同等と判断された後、運転支援システムにそって乾燥設備を運転していく予定である。

5. まとめ

開発した汚泥乾燥設備運転支援システムによって、運転員の操作判断は統一化され、汚泥性状変動に影響されず汚泥乾燥設備の制御が可能となるであろう。その結果、乾燥ケーキが目標水分域に収まり、溶融施設の安定運転に貢献すると確信している。

参考文献、引用文献、

- (1) 岸丈夫、高木弥平：南部スラッジプラント 汚泥溶融設備の安定運転について、改善設備追跡調査報告書(1993)
- (2) 秋田興一郎：エキスパート・システム導入実践ガイド：電気書院(1988)

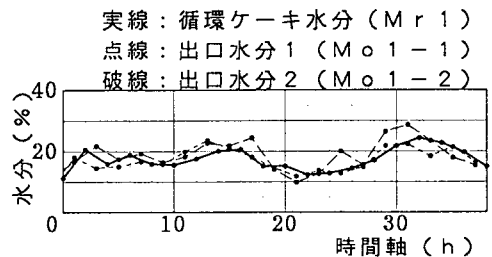


図-6 水分変動

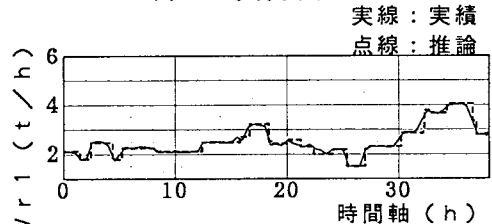


図-7 循環ケーキ量(Wr1)変化