

下水流動焼却設備の運転支援・診断システムとその適用 Operation Support and Equipment Diagnosis System of Sewage Sludge Fluidized Bed Incineration Plant

○ 西山 守¹、山下 貴嗣²

¹. 月島機械(株) 研究開発部, ². 月島テクノメンテサービス(株) ITシステム室

○ Mamoru Nishiyama¹, Takashi Yamashita²

¹. Tsukishima Kikai Co., Ltd. ². Tsukishima Techno Mente Service Co., Ltd.

Abstract

For maintenance of sewage sludge fluidized bed incineration plants, there are increased demands recently for efficient support system using the computer in reducing emergency repair costs, fuel-efficiency and other needs. As a response, the authors have developed a system integrating the operation support function and the equipment diagnostic function. Operation support function calculates optimum operating conditions such as fuel-efficiency and greenhouse reduction based on simulations using actual operating data. Equipment diagnostic function detects abnormal signs of equipment and displays measures for failures based on various s equipment data. This integrated system is presently being applied at actual plants and evaluated.

Keywords: Equipment diagnosis, Operation support, Simulation

1. はじめに

昨今、下水流動焼却設備においては、突発故障防止による補修費低減、低燃費化などのニーズが一段と高まり、コンピュータを用いた効果的な支援が要望されている。筆者らは、実運転データを元にシミュレーションを行い、低燃費化、温暖化ガス削減等の最適運転条件を求める「運転支援」機能と、設備の様々な情報を元に設備の異常兆候検出や故障対応を出力する「設備診断」機能を統合したシステムを開発し、実設備へ適用し評価を行っている。採用したシステムの手法、評価等について報告する。

2. システム概要

(1) 焼却設備の構成と取得データ

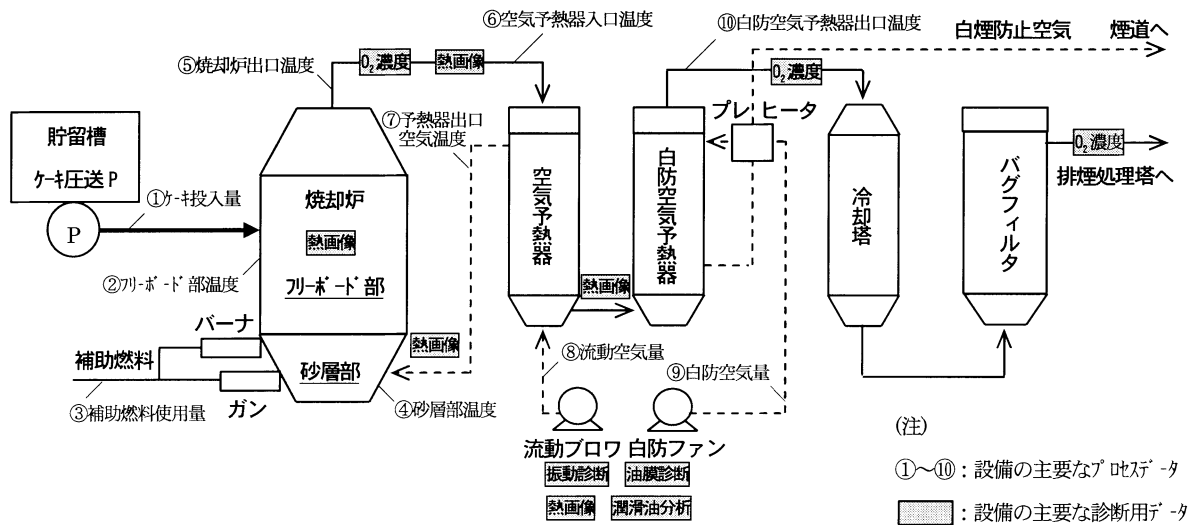


図1 焼却設備概略フロー

図1に一般的な下水流動焼却設備のフローを示す。①～⑩は設備の主要プロセスデータ (代表値) を示しており、これらのデータは運転支援と設備診断の両方で活用する。□で囲ったデータは設備診断のみに関わる情報を示しており、現状は定期的に測定員が取得している。その他、汚泥や排ガスの性状分析データや現場点検で得られるデータも、適宜使用する。なお、図1では冷却塔・バグフィルタのフローを示しているが、本システムは種々の集塵方式 (サイクロン・電気集塵機等) にも対応可能なように汎用的にしている。表1に主要な診断データと使用センサを示す。

表1 主要な診断データと使用センサ

診断手法	使用センサ・装置	測定対象箇所
熱画像診断	赤外線サーモグラフィ	焼却炉本体 排ガスダクト ファン・プロ
O ₂ 濃度測定	O ₂ 濃度計	焼却炉・熱交換器 集塵機の前後
振動診断	振動計	ファン・プロ等 高速回転機器
油膜診断	ショックパルスセンサ	ファン・プロ等 高速回転機器
潤滑油分析	分析メカに依頼	潤滑油 (主にOIL)

(2) 運転支援・診断システムの構成

本システムの構成を図2に示す。プロセスデータ、現場点検等の設備管理で得られる様々なデータをサーバに集約する。そのデータをもとに、「運転支援」と「設備診断」の2つの機能をコンピュータで処理する構成である。「運転支援」では、エネルギー収支演算を行うことで、設備の各部位の温度、流量、圧力等の理論的な現在値の算出とシミュレーションを行うことができる。算出された理論的現在値はサーバ経由で「設備診断」に渡され、他の取得データとともに診断ルール (推論部) で異常兆候の有無の自動的な判定が行われる。

設備診断では、運転支援からの理論的現在値を含めたデータを扱うことで、診断の精度を向上するとともに、センサが付いていない部位の診断も可能にしている。

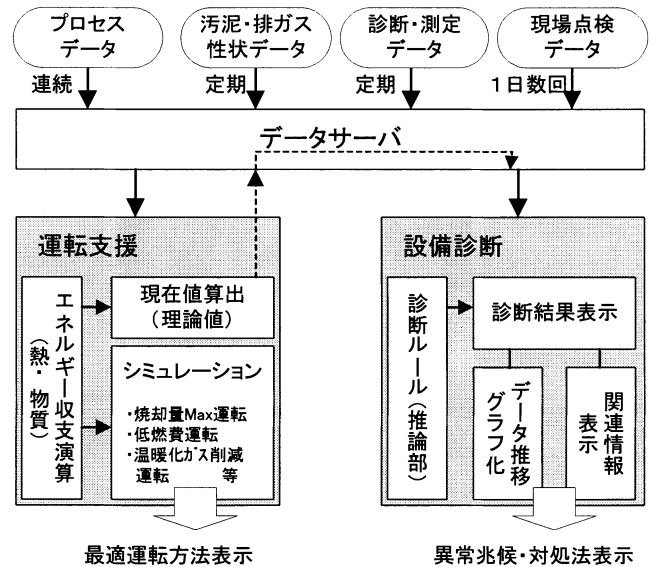


図2 運転支援・診断システム構成

3. 運転支援の手法

運転支援は、前述のように理論的現在値を演算するとともに、複数のシミュレーションモードをもち、オペレータが要求する焼却量 MAX、低燃費等の運転モードに対して管理目標値を出力する。例えば焼却量 MAX 運転モードを選択した場合、現状の運転値を基準に、許容可能な汚泥投入量の最大値を算出する。すなわち、このシミュレーションでは、流動空気量や炉排ガス量などの状態量が構成機器の許容上限を越えないレベルまでケーキ投入量を増加させながら、繰り返し演算を行い、上限直前のケーキ投入量を MAX 値として表示する。汚泥性状等の条件により炉の公称能力 (平均的な運転条件で算出) 以上に投入できる場合がある。

運転支援に使用するエネルギー収支演算では、炉内の漏れ込み空気量や各部の放散熱量、砂保有量 (別途レーザーレベル計にて計測) などを実設備に即して設定しており、これらを補正用パラメータとして取り込むことで、従来よりも精度を向上している。図3にシミュレーション結果の表示例を示す。

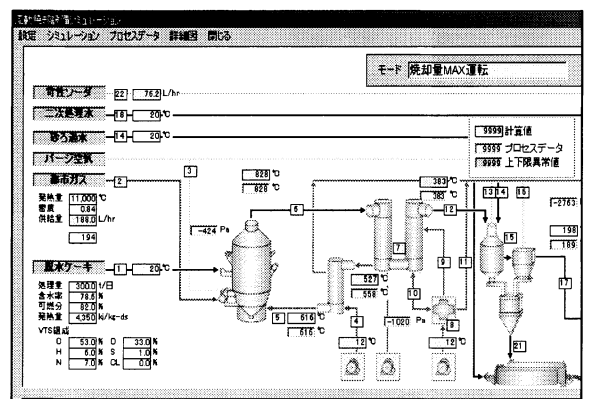


図3 運転支援システム画面

4. 設備診断の手法

設備診断では様々な設備データをもとに、総合的に診断結果を導出する。本システムでは診断を行うために構築する診断ルールとして、FTA (fault tree analysis: 故障の木解析) 形式を用いている。例えば図4のように‘熱交換器異常’と診断する場合、ツリー内の個々の項目には上下限值や比較条件等の判定式を設定しており(図のA部)、診断に必要なデータはデータベース部(図のC部)を参照する。図のA部で異常と判定された場合は、図Bの項目へ移行し、推定される異常原因を含む診断結果をオペレータにアナウンスする。異常原因が複数項目該当した場合に備え、診断結果には重要度の概念を導入しており、もっとも重要度が高いと判定されたものを‘主原因’として表示する。

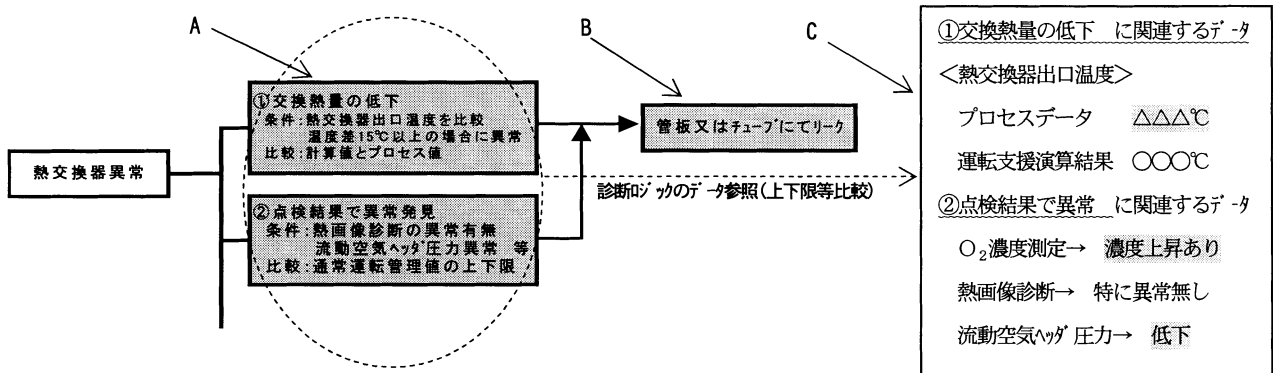


図4 診断ロジック例(熱交換器異常の診断する例)

5. 評価事例

(1) 運転支援の評価

運転支援で使用するエネルギー収支演算式の評価として図5に補助燃料使用量を、図6に炉出口排ガス温度を、それぞれ実測値と比較して示す。汚泥投入量に大きな変動がない場合には安定した演算精度を有することが示されている。

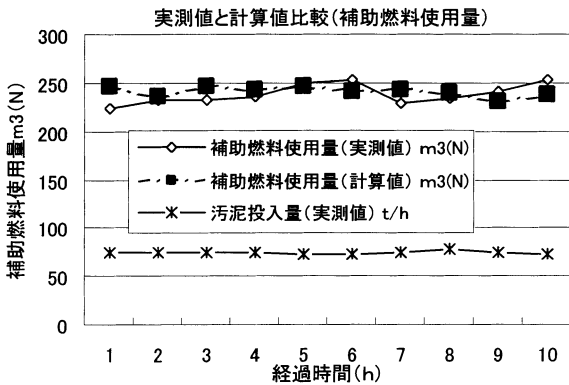


図5 補助燃料使用量の实測値と計算値比較

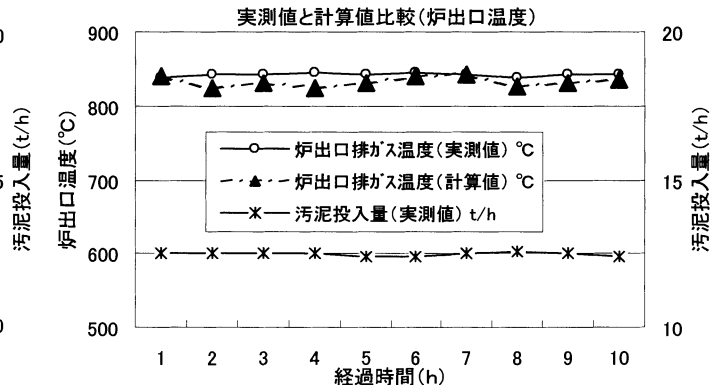


図6 炉出口排ガス温度の实測値と計算値比較

複数の状態で計算値と実測値が適合するという事は、エネルギー収支計算で用いている各種補正用パラメータが実機のモデルとして適切に設定されていることを示す。

シミュレーションとして、使用計算式が知られている温暖化ガス削減運転モードを選択した場合の、温暖化ガス排出量(CO₂総量)の演算式と、運用イメージを図7に示す。実行すると、炉内温度と温暖化ガス排出量の関係がグラフ表示される。なお、炉内温度が上がると温暖化ガス排出量は下がるが、補助燃料使用量は上がるため、相関関係にある幾つかの状態量の推移を合わせてシミュレーションし、最終的にユーザの判断で運転条件を決めることになる。

【温暖化ガス排出量 (CO₂ 総量) の算出式】
 焼却設備より排出する CO₂ 総量を ΣCO₂ (kg/h) と表すと、

$$\Sigma CO_2 = G_{CO_2} + CO_{2N} + CO_{2E}$$
 G_{CO₂}: 炉燃焼ガス中の CO₂ 量(kg/h) (運転支援のエネルギー収支にて算出)
 CO_{2N}: ケーキ中の N 分の CO₂ 換算排出量(Kg/h) … CO_{2N} = 310 × F_v × N_v / 100 × α₁₁
 F_v, N_v: ケーキ中の可燃分量(kg/h), 可燃分中の N 分(%)
 α₁₁: ケーキ中 N 分の N₂O 転換率 … f(t) 温度関数
 CO_{2E}: 焼却設備使用電力量の CO₂ 換算排出量(Kg/h) … CO_{2E} = 0.378 × E (*1)
 E: 焼却設備電力使用量(kWh)
 (*1) 環境省「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン (試案)」による。

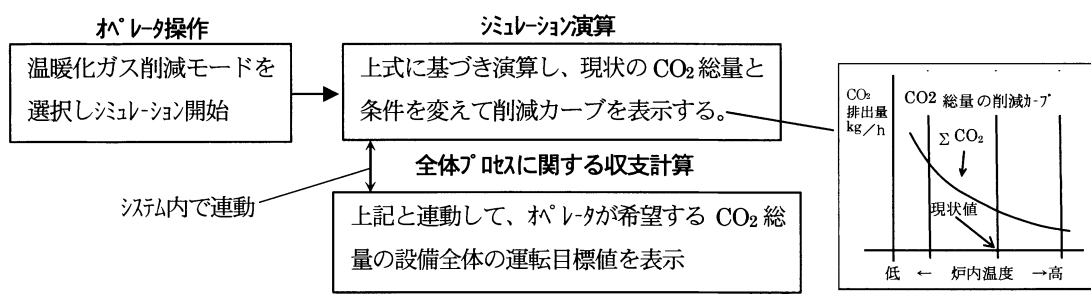


図7 シミュレーション運用イメージ

(2) 設備診断の評価

設備診断の評価として、図8に実機の熱交換器異常に適用した診断事例を紹介する。まず、運転支援の演算結果とプロセスデータを比較すると熱交換器出口温度に差が発生しており、交換熱量の低下、ヒートバランス異常が考えられる。また熱交換器前後で O₂ 濃度測定を実施したところ、健全時 (新設で稼働直後の値) と比較して、濃度上昇が見られる。診断結果としては、図中の網掛け部の項目が該当する。実際に補修工事時に確認したところ、空気予熱器上部ヘッダの管板にてエアリークを確認した。本件は実際に発生した故障に対して、設備診断の妥当性を確認できた事例である。

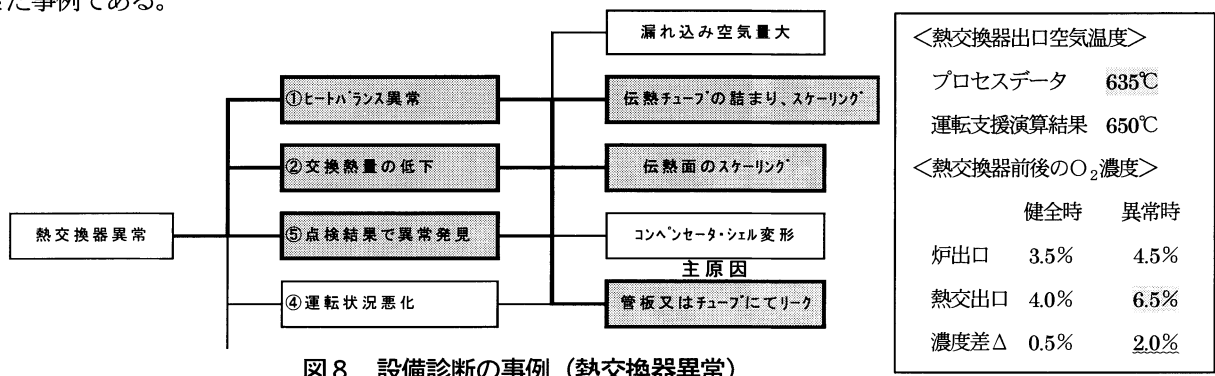


図8 設備診断の事例 (熱交換器異常)

6. おわりに

運転支援と設備診断のシステム構成、手法等について述べた。本システムは運転支援のためのシミュレーションと設備診断を組みあわせるという新しい試みであり、試行錯誤しながら進めている部分もある。運転支援については、汚泥投入量等に大きな変動がない条件下で安定した結果が得られることを確認した。設備診断では継続的に実機検証を行いながら、診断内容の一層の精度向上を図る所存である。