

京都大学 正員 平岡 正勝
 武田 信生
 学生員 ○伊藤 正

1 はじめに

近年、熱回収や省エネルギー等の観点より、下水汚泥処理システムにおける乾燥プロセスの重要性が再認識されている。下水汚泥の乾燥特性は、脱水前処理や乾燥装置の運転条件により大きく変動するものと考えられ、この乾燥特性の把握は十分でないのが現状である。そこで今回、数種の脱水ケーキ間の乾燥特性の相異とその原因を検討するとともに、この相異や汚泥初期含水率が実際の乾燥機（間接加熱ディスク型）の能力にどのように影響するかについて若干の考察を試みた。

2 下水汚泥間の乾燥特性の相異

近畿一円の下水处理場より採取した脱水ケーキの乾燥速度を同一条件で赤外線水分計により求めた結果、脱水前処理により、大きな相異がみうけられた。石灰、塩鉄薬注（以下無機薬注）、高分子薬注、熱処理した脱水ケーキの各々について、乾燥特性曲線の一部を図1a～cに示す。図1aには明白な限界含水率が存在し、これより、無機薬注ケーキは、吸着水や結合水の他に毛管水や付着水のような蒸気圧の高い水分を有すると考えられる。一方、図1bでは明白な限界含水率は存在せず、全体にゆるやかな凸状を示している。よって高分子薬注ケーキの水分保有状態は、吸着水や結合水が中心であり、内部水分の移動律速状態であると考えられる。また図1cにおいて示されるように、熱処理ケーキは、他の脱水前処理を行った汚泥に比べ、非常に乾燥しにくいことがわかる。ここで、脱水前処理による乾燥速度の変化をより明らかにするため、示差熱天秤（TG-DTA）を用いた場合の無機薬注ケーキ群と高分子薬注ケーキ群の各々について、最大蒸発速度、含水率が1.0、1.5 [kg/kg-DS]に到るまでの平均蒸発速度の3つを求め、その分布により、平均値及びその変動幅の推定を行った結果を初期含水率に対応させて、図2a～cに示す。明らかに無機薬注ケーキ群が高い蒸発速度を示しているが、この原因としては、付着水や毛管水の蒸気圧が吸着水や結合水のそれより高いことがあげられる。

3 間接加熱ディスク型乾燥機に関する一考察

実際の汚泥処理に用いられる規模の乾燥機内での下水汚泥の乾燥状態を把握するため、9段のディスクを持つ

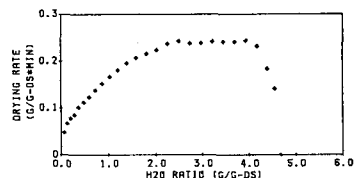


図1 a 無機薬注ケーキの乾燥特性曲線の一部

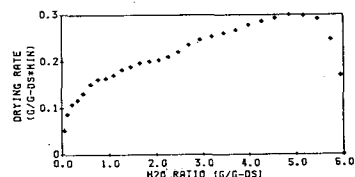


図1 b 高分子薬注ケーキの乾燥特性曲線の一部

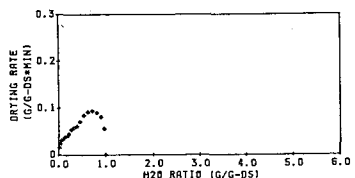


図1 c 熱処理脱水ケーキの乾燥特性曲線の一部

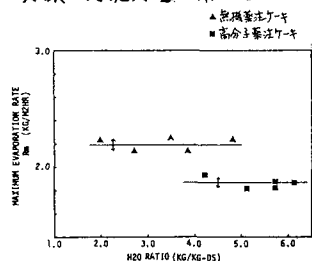


図2 a 最大蒸発速度 (R_m) と初期含水率の関係

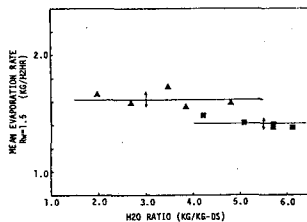


図2 b 平均蒸発速度 ($R_a=1.5$) と初期含水率の関係

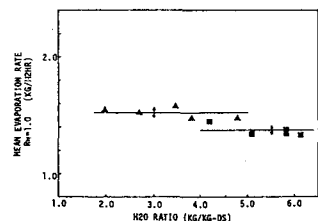


図2 c 平均蒸発速度 ($R_a=1.0$) と初期含水率の関係

間接加熱ディスク型乾燥機に、消化、高分子

ろ葉注脱水ケーキを投入し、乾燥操作を行った。その運転条件を表1に、また各段ディスクごとの汚泥含水率変化より求めた乾燥特性曲線を図3に示す。これより、汚泥層内温度は予熱段階を越えた後は、約90℃と安定しており、蒸気温度との温度差は、約80℃であることがわかった。また、平均蒸発速度は13.4 kg/m²・hrとなった

蒸気圧力	9 kg/cm ²
蒸気温度	179 °C
脱水ケーキ投入量	1600 kg/hr
脱水ケーキ水分	86.9 % (W.B.)
乾燥ケーキ水分	42.7 % (W.B.)
伝熱面積	92 m ²
平均蒸発速度	13.4 kg/m ² ・hr

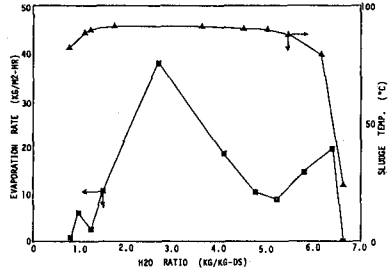


図3 ディスク型乾燥機における乾燥特性曲線

が、これを図3の蒸発速度の変化よりみれば、予熱段階のピークの後に再びピークが現われている。これは攪拌、解砕効果により蒸発面が更新され、水分移動状態が変化したためと考えられる。乾燥機内の汚泥の含水率と比重（密度の逆数）の関係を図4に示す。これより、汚泥は乾燥機内で乾燥収縮しており、その蒸発速度は、乾燥収縮の終了点直前では最大となっていることがわかる。さて実際の間接加熱型乾燥機的设计や運転管理上、重要な問題となる蒸発速度や初期含水率の変動に対する乾燥機への影響をみるため、その性能曲線を図5、図6に示す。図5は、固形物処理量をその設計値に等しくし、初期含水率を80%とした場合

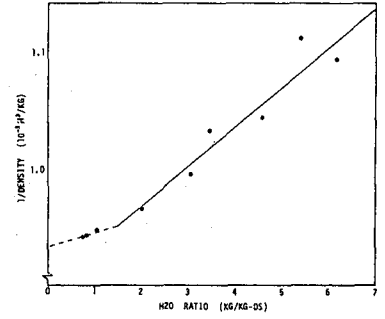


図4 ディスク型乾燥機における汚泥の乾燥収縮

の乾燥速度変動に対応する乾燥汚泥含水率の関係を示したもので、図中R/Rdは乾燥速度変動を、W2dは乾燥汚泥含水率の設計値を、またW2は変化した乾燥汚泥含水率を示している。無機葉注ケーキ群と高分子葉注ケーキ群の間には、10%程度の乾燥速度変動が前の基礎実験より予想されるが、この程度の乾燥速度低下により、乾燥汚泥含水率はその設計値を50%とした場合、6.5%上昇することがわかる。よって脱水前処理の異なる脱水ケーキを同一の乾燥機で処理する場合は十分この点に注意を要するといえよう。また、乾燥速度を一定にし、乾燥汚泥含水率を50%にした場合の脱水ケーキ含水率変動が、乾燥機の固形物処理能力に与える影響を示したものが図6である。図中W1とW1dは、それぞれ脱水ケーキ含水率及びその設計値を、またP/Pdは固形物処理能力変化を示す。脱水ケーキの初期含水率には5%前後の変動は、前処理の相異や季節変動から生じると考えられるが、脱水ケーキ含水率設計値を80%とした場合、実際の脱水ケーキとして、含水率85%のものを投入すると乾燥機の固形物処理能力は35%も低下する。よって、脱水ケーキの含水率変動を十分考慮に入れた乾燥機的设计及び運転管理が必要となる。

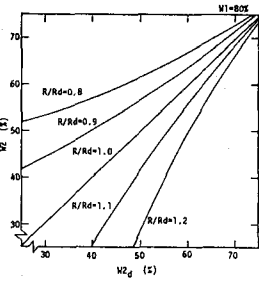


図5 乾燥蒸発速度の変動に伴う乾燥ケーキ含水率の変化

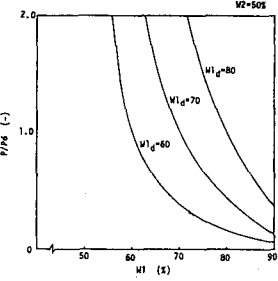


図6 脱水ケーキ水分変動に伴う処理能力の変化

4 おわりに

下水汚泥脱水ケーキは、脱水前処理によって乾燥特性に変化を生じ、無機葉注ケーキ群は、高分子葉注ケーキ群や熱処理ケーキ群に比べて乾燥速度が大きいことがわかった。またこのことより、間接加熱型乾燥機的设计や運転管理には乾燥速度や初期含水率の変動等を考慮に入れるべきことがわかったが、今後はより正確に定量的考察を行う必要がある。