

汚泥脱水ケーキ水分計 (赤外線吸収式)

岩井達之

(株)西原環境衛生研究所
東京都港区芝浦三丁目6番18号

概要

下水処理場等の汚泥処理工程において、その処理状況を把握する重要な項目に、汚泥脱水ケーキの含水率がある。これまでは、瞬時に水分測定ができる計測器がなく、下水試験方法に従った分析方法や加熱乾燥式水分計により、手間を要する測定作業を行っていた。

本水分計は、赤外線のもつ水に対する吸収特性を利用したもので、これまで赤外線吸収式では不可能とされていた含水率60%以上の水分測定を、ワイドウェーブ方式の採用により可能としたものである。

キーワード

水分計 汚泥脱水ケーキ 水に対する吸収特性 赤外線吸収式 ワイドウェーブ方式

1. 意義

浄水場や下水処理場等で生成される汚泥は、脱水、乾燥、焼却などの各汚泥処理工程を経て、埋立などにより処分されている。汚泥の脱水は汚泥処理の第一段階の工程であるから、その効率化は脱水工程のみならず、後段の各工程の効率化・省エネルギー化に大きな影響を与える。

現在、汚泥脱水機としては、遠心分離機、ベルトプレス、フィルタプレス等があるが、これらを効率的に管理するためには、脱水処理後の汚泥脱水ケーキの水分を計測して、フィードバック制御すれば良いことは明らかである。

しかし、この汚泥脱水ケーキは、固形で形状も不定なため、これまで瞬時に水分を計測できるセンサがなく、サンプリングしたものを下水試験方法に従った分析方法や自動乾燥装置と組み合わせ、重量差から水分を算出する間欠的で時間遅れをもった、手間のかかる方法で分析するしかなかった。

ここに紹介する水分計は、赤外線のもつ水に対する吸収特性を利用したもので、これまで赤外線吸収式では不可能とされていた含水率60%以上の高水分測定をワイドウェーブ方式の採用により可能としたものである。汚泥脱水ケーキの水分測定を非接触、非破壊、瞬時にオンラインで測定することが出来る。

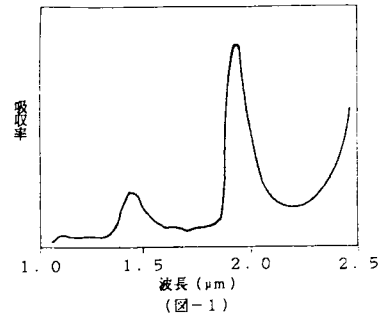
2. 測定原理

水には近赤外線域に、 $1.2\mu\text{m}$ 、 $1.43\mu\text{m}$ 、 $1.94\mu\text{m}$ 、 $2.95\mu\text{m}$ の4波長の吸収帯があるが(図-1参照)、これらの波長光を物質にあてた場合、その物質の含有水分に応じて光が吸収される(吸光度が変化する)。その減衰量を見ることにより、水分量を測定することができるが、この場合、水分吸収波長光のみの計測では含有水分以外の物質の表面状態、粒子の大きさ、色等の影響を受け、安定した測定ができない。

そのため水に影響を受けない近赤外線(比較波長光)を別に設定し、測定する物質に吸収波長光と比較波長光とを等しくあて、反射してくる両波長光のエネルギーの比率を求め、水分値に換算する方法がとられていた。(2波長、3波長方式)

しかし実際には、この方式でも、測定可能な物質と同時に測定不可能な物質も多く、その原因には比較波長光の選択不十分、および光エネルギーの不足等があげられていた。

本水分計は、上記の点に留意し、比較波長光にワイドウェーブ方式を採用し、今まで測定不可能な物質をも測定可能にした。この方式は比較波長光を固定する従来方式(2波長、3波長方式)と異なり、比較波長光を可能な限り広く取ることにより比較波長帯を設定し、その比較波長帯の全エネルギーの積算された値と吸収波長光のエネルギーを比較演算する方式である。以下に、2波長、3波長、ワイドウェーブ各方式の比較式を示す。(図-2~4参照)



(2波長方式) : $\% = K \log(E_1/E_A)$

・ E_1 に影響があると即誤差となる。

(3波長方式) : $\% = K \log\{((E_1+E_2)/2)/E_A\}$

・ E_1 または E_2 のどちらかに影響があれば誤差は1/2となる。

(ワイドウェーブ方式)

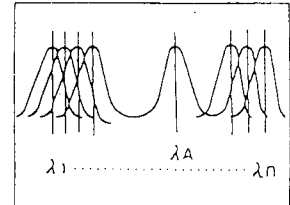
$$\begin{aligned} \text{ : } \% &= K \log\{((E_1+E_2+\dots+E_n)/n)/E_A\} \\ &= K \log\{((1/n)\sum_{i=1}^n E_i)/E_A\} \\ &= K \log(V/E_A) \end{aligned}$$

・ 幅広く設定した比較波長帯の全エネルギーに対応するため誤差は著しく軽減される。

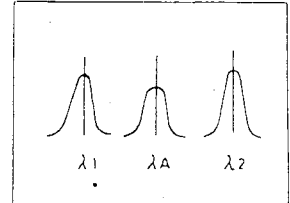
$\%$: 水分値 E_A : λ_A における光エネルギー
 K : 定数 E_1 : λ_1 における光エネルギー
 λ_A : 水分吸収波長 E_2 : λ_2 における光エネルギー
 $\lambda_1 \sim \lambda_n$: 比較波長 E_n : λ_n における光エネルギー
 V : 比較波長における積算された光エネルギー

よって、色、組成、表面の影響を受けにくくなる訳である。

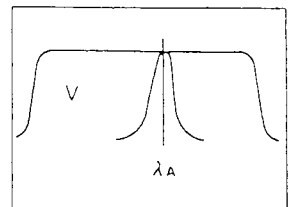
ワイドウェーブ方式



2波長、3波長方式



(図-4)



又、参考までに（図-5）に装置概念図を示す。

水分計検出器ヘッド内のダングステンランプから出た光は、レンズを通り回転部に配置されている光学フィルタ（ワイドウェーブ特殊フィルタ、吸収フィルタ）を通過する。フィルタによりワイドウェーブの比較波長光と、 $1.94\mu\text{m}$ （或は、 $1.43\mu\text{m}$ ）の水分吸収波長光になる。上記フィルタは回転しているので、測定対象物には水分を吸収する波長帯の光と水分を吸収しない波長帯の光が交互にあたる（水分があれば吸収を受ける）。そして、測定対象物からの反射光は凹面鏡で受光素子に集光され電気信号に変換後、回転部の同期信号にて吸収波長と比較波長の信号に分離される。分離後の直流信号は前述の測定原理に基づいて比率演算処理され、吸光度 X が算出される。

3. 実験方法

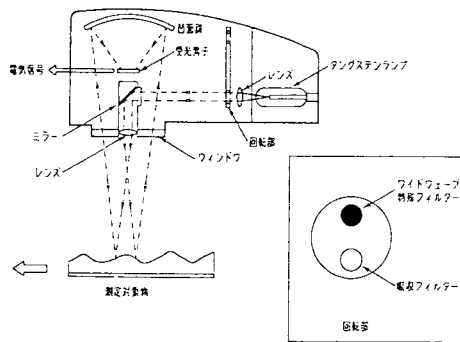
本赤外線吸収式水分計（以下、本水分計と記す）を使用するには、まず検量線を求める作業が必要となる。何故なら、吸光度 X と水分値%の間には一定の関係があるが、対象試料によって異なるからである。（図-6）に関係曲線の例を示す。（この関係曲線が検量線である。）

3. 1 検量線の作成

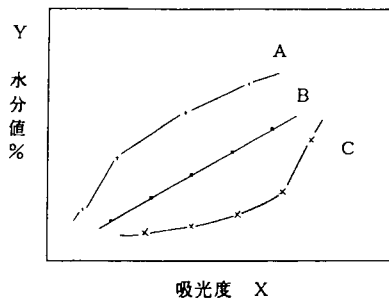
試料の脱水ケーキをサンプリングし、本水分計にて吸光度を測定、加熱乾燥式水分計にて水分を測定し、データを作成する。本水分計内蔵のマイコンを使い、データを最適近似式に近似させ、検量線を求める。

3. 2 脱水ケーキ水分連続測定

脱水ケーキ面上部に、本水分計を設置し、連続測定を行う。測定結果は、本水分計に接続された記録計にて記録する。又、定期的に、加熱乾燥式水分計を用い、本水分計との水分値測定比較を行う。



（図-5） 装置概念

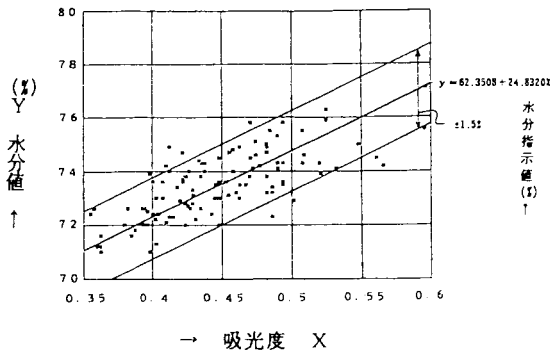


（図-6） 関係曲線の例

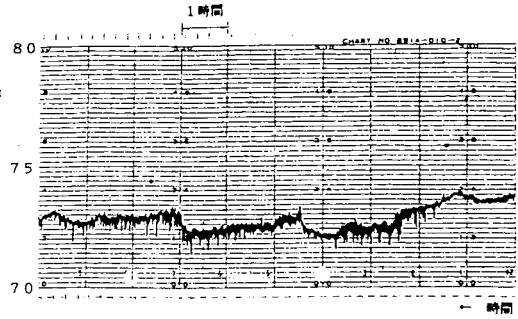
4. 実験結果

汚泥脱水ケーキをサンプリングし、水分値と吸光度を測定したデータを（図-7）に示す。

このデータより、両者の相関曲線を求め、この相関曲線を検量線として計測器（CPU内蔵）に登録し、ベルトプレス脱水機に設置し、フィールドテストを実施した。約1年間連続計測を行った測定例の一部を（図-8）に示す。



(図-7)



(図-8) 連続運転測定例

5. 結果

5. 1 相関性

(図-7) が示すように、水分値と吸光度の関係は、一次式の相関関係と考えてさしつかえないと思われる。

5. 2 精度

上記検量線で精度±1.5%程度におさまっている。

5. 3 安定性

サンプルに光が照射されている間は、比較的安定性がよい。(図-8)の記録例のようにサンプルが途切れた場合は、指示値が極端に低下するので、常時、サンプルを照射面に滞留させる工夫が必要である。

5. 4 照射距離

照射距離が短くなると吸光度が増加する。(図-7)の検量線だと、サンプルを100mm近づけると水分値が1%増加する。

5. 5 色による違い

同じ水分値のサンプルも色素が混入すると、吸光度がかなり変動し、同じ水分値指示をしなくなる。しかし、同じ条件では相関がとれるので、各検体にあわせての検量線で対応できる。

5. 6 サンプル通過速度

本実験場所のベルトプレス脱水機は、ろ布速度0.6~1.5m/minの間で運転されている。この程度の速度差だと、水分計への影響は特にならない。

6. おわりに

本水分計を用いることにより、汚泥脱水ケーキのオンライン瞬時測定が可能となった。よって、上水、下水、し尿、産廃等の脱水ケーキ、乾燥汚泥等の水分測定による効率的なプロセス管理に有効と考えられる。さらに土木建築工事における残土処理やコンクリートの乾燥状況の管理に応用できるものと思われる。