

中性子線を用いた下水汚泥含水率の非接触測定法の開発

Development of Non-Contact Measurement Method for Water Content of Sewage Sludge Using Neutron Beam

菊谷純(Jun Kikutani)

中性子の水への吸収率が有機物への吸収率より高く、また、アルミニウムや鉄への吸収率が大変小さいことを利用して、非接触・非破壊で下水汚泥の含水率を測定する方法を開発した。汚泥による中性子の吸収を、その物理的性質から単純な線形の式として表し、その式のパラメータを中性子の照射実験によって求め、含水率が測定可能であることを確認した。成果を以下に示す。①原子炉の熱中性子を利用した中性子ラジオグラフを画像処理し、その演算値と汚泥含水率に線形の関係があることを確認した。②放射性同位元素の ^{252}Cf を中性子線源とし、試料を透過した中性子を計数管で計測する測定装置を作成した。そして計算値と汚泥含水率の間に線形の関係があることを確認した。③下水処理において配管中を流動する汚泥について含水率の計測を試み、本装置は実用性が高いことを示した。

含水率、中性子、中性子ラジオグラフィ、非接触・非破壊計測、汚泥

Non-contact measurement method for water content of sewage sludge was developed by use of the property that neutron is absorbed into the water more than into organic matters and it can penetrate aluminium and iron metals without being absorbed. The relation equation between the water content and degradation of neutron intensity caused by penetrating materials was derived and the equation was identified by neutron radiation experiments. The results are summarized as follows: 1. Linear relation between the water content and an image processed value calculated from a neutron radiograph was recognized. 2. A measurement equipment, which consists of a radioisotope ^{252}Cf , a counter tube and a collimator, was developed, and linear relation between count of neutron and water content was identified, 3. Water content of the sludge, which flew in the stainless pipe, was measured, and practicability of the equipment was proved.

Water Content, Neutron, Neutron Radiography, Non-Contact Measurement, Sewage Sludge

1. 研究の背景・目的

わが国の生活用水の使用量はとどまるところを知らず、年々増加傾向にある。また、下水道事業は今後ますます普及し、平成14年度末には66%普及率が見込まれている。下水道の普及率増加に伴い、終末処理場における下水処理量が増加するのは必至である。そのため処理工程を効率化させることが望まれている。下水処理場では、発生する汚泥を濃縮、脱水、乾燥、焼却という一連のプロセスで処理することが多いが、これらのどの単位プロセスにおいても、汚泥中の水分量は処理に大きな影響を及ぼすため、水分量の安定化が制御の目的となっている。そのため、精度が高く、取り扱いが容易な汚泥含水率測定装置を作成することを本研究の目的とした。

2. 測定原理

本研究で使用した研究原理を以下のように考える。

中性子線の被照射物のバックグラウンド線量を ϕ_0 (n/cm²/s)とすると、試料通過後の線量 ϕ (n/cm²/s)は

$$\phi = \phi_0 \exp(-\mu_w l_w - \mu_s l_s)$$

となる。ここで、 μ_w (n/cm)、 μ_s (n/cm)はそれぞれ水の巨視的断面積と下水汚泥に含まれる水以外の物質の巨視的断面積を表している。また l_w (cm)、 l_s (cm)はそれぞれ水分の厚みと水以外の物質の厚みを表している。カウント数を N で表し、バックグラウンドのカウント数を N_0 とすると、 N 、 N_0 はそれぞれ ϕ 、 ϕ_0 と比例関係にあると考えられるので、

$$\ln N = \ln N_0 - \mu_w l_w - \mu_s l_s$$

という式が成り立つ。また、被照射物質が円柱や直方体の形をしていれば、水分の厚みと、水以外の物質の厚みはそれぞれの質量に比例する。新たな定数 α 、 β を導入することにより、

$$\ln N = \ln N_0 - \alpha M_w - \beta M_s$$

という式が成立する。この、 N 、 N_0 、 M_w (水分の質量)、 M_s (水以外の物質の質量)は実験によって測定可能な変数であり、 α 、 β は未知数である。総質量 M_A をもちいて含水率は

$$\frac{M_w}{M_A} = \frac{1}{(\alpha - \beta)} \left(\frac{1}{M_A} \ln \frac{N_0}{N} - \beta \right)$$

と表すことができる。本研究では、この式が測定に利用できることを実験的に確認する。

3.測定結果

安定した出力を持つ原子炉の熱中性子とイメージングプレートを用いて画像解析をおこない、その演算値と含水率を比較した。演算値と汚泥含水率の直線近似式に対する相関係数は0.978となった。この結果より、質量と中性子の減衰率を計測することで、汚泥の含水率が計測できると判断した。そこで、次に可搬性の汚泥含水率測定装置を作成した。

放射性同位体である ^{252}Cf と計数管を用いて可搬性の汚泥含水率測定装置を作成した。測定装置は実験的に改良をおこなった。この実験では、水と比べて中性子を吸収する割合が大変小さく、比較実験に適しているベントナイトを試料として用いた。

次にミニプラントを作成し、プラント内を流動・静止している濃縮汚泥を計測した。プラント内の汚泥は質量を計測できないため、Cs線源から放出されるガンマ線の減衰割合を計測し、その値を質量計測の変わりとした。パイプ内で静止した汚泥に対して、本装置を用いて計測をおこなったところ、計測の演算値と汚泥含水率の直線近似式の相関係数は0.774となった。そこで、本測定装置を用いた、汚泥含水率計測の実用性が高いと判断した。

