

住友金属工業(株) 中央技術研究所 工博 阪本喜保[○]小林純夫

小山朝良 徳田将敏

緒言 マイクロ波方式の水分計を開発し、焼結工場に石灰石水分計として導入したので、その概要を報告する。マイクロ波水分計は中性子水分計と異り、ベルトコンベアでの測定であるため、原料滞留の影響が無く、精度管理も容易である他、人体無害であるなどの利点がある。

水分計特性予測式 使用周波数を決定するため以下の数式を導いた。Debyeの式¹⁾及びGrantらの実測結果²⁾より、水の複素誘電率 ϵ を表わす式(1)が求められる。

$$\epsilon = \epsilon_{\infty} + (\epsilon_s - \epsilon_{\infty}) / (1 + j(\lambda_r / \lambda)) : \epsilon_{\infty} = 4.5, \epsilon_s = 23500/T, T = \text{水温} [K],$$

$$\lambda_r [cm] = (0.618/T) \exp(1980/T), \lambda = \text{マイクロ波真空中波長} [cm] \quad \dots\dots (1)$$

マイクロ波電力に対する水の線吸収係数 μ は、 $\mu = 4\pi \text{Im}(\sqrt{\epsilon}) / \lambda \quad \dots\dots (2)$ で与えられる。

粉粒体と水の混合物の複合誘電率 ϵ_c が(3)で表わされると仮定し、層厚 ℓ の試料に対するマイクロ波の電力透過率 T_p を、多重反射を無視して求めると(4)が得られる。

$$\sqrt{\epsilon} = f_w \sqrt{\epsilon} + f_a + f_m \sqrt{\epsilon_m} : f_w, f_a, f_m = \text{水, 空隙, 物質の体積率}, \epsilon_m = \text{物質の誘電率} \quad \dots\dots (3)$$

$$T_p = 4 |\epsilon_c| / |\sqrt{\epsilon_c} + 1|^4 \cdot \exp(\mu \rho W \ell) : \rho = \text{試料の嵩比重}, W = \text{湿量基準水分} \quad \dots\dots (4)$$

計算と実測の比較を図1に示す。若干の差は試料内での散乱を無視しているためと思われる。

装置 構成を図2に示す。層厚160mm、最大水分10%の操業条件及び減衰測定ダイナミックレンジを考慮し4GHz($\lambda = 7.5cm$)を採用した。図に示す如く透過形の構成であり、検波器の出力が一定になるようにPIN変調器の減衰量を制御する方式で、60dBのダイナミックレンジを得ている。測定再現性は、水分換算で0.1%である。

結果 水分計のオンライン計測値と採取試料を乾燥して求めた水分との比較を図3に示す。向時刻に採取した試料間の水分のばらつきが最大0.5%であったことを考慮すると、良好な結果である。現在石灰石の切出量制御に使用され、順調に稼動している。

文献 1) フレーリッヒ「誘電体論」,(吉岡書店) 2) E.H. Grant et al: J.Chem. Physics, Vol. 26, No 1, p. 156-161(1957)

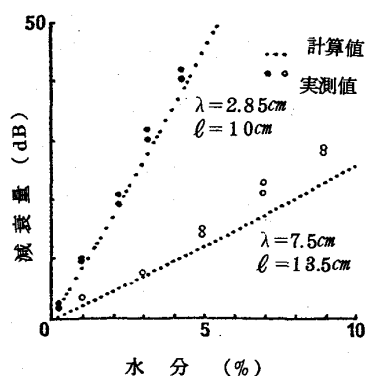


図1. 石灰石中水分によるマイクロ波の減衰特性(理論と実測の比較)

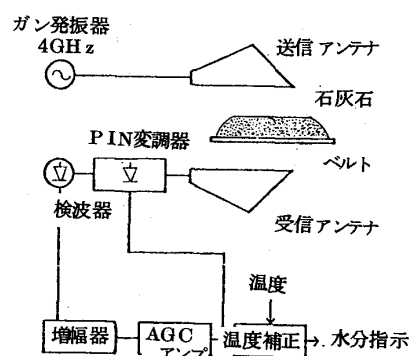


図2. マイクロ波水分計の回路構成

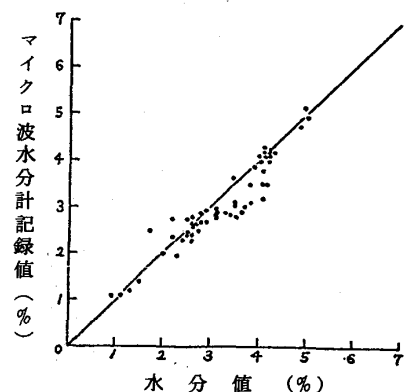


図3. マイクロ波水分計オンライン使用結果