

## 技術ノート

## 低エネルギーX線を用いた坪量計の開発

山田隆博\* 鈴木隆司\*

Development of basis weight gauge using soft X-ray

Takahiro YAMADA and Takashi SUZUKI

## 1. はじめに

抄紙工程における紙の品質管理には、坪量（紙の厚さを表す単位面積あたりの質量）計をはじめ水分計、光沢度計など多くのセンサーが使用されるため、システム全体のコストは非常に高価になっている。また、坪量計には、主に法規制値を越える密封放射性同位元素が利用されているため、放射線取扱主任者の選任や管理区域の指定など、取り扱いや維持管理が煩雑である。そのため、中小企業にとって導入が難しいという現状がある。

一方、法規制を受けない密封放射性同位元素を用いた坪量計も開発されているが、放射線源が微弱なため効率の高い検出器が必要となる<sup>1)</sup>。

近年、X線源の小型化が進み、手のひらサイズの低エネルギーX線発生装置が開発されている。このX線源を用いて、法規制を受けない単機能の坪量計を開発することを目的として本研究を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 測定原理

放射線を利用した坪量計には、大きく分けて散乱式と透過式がある。本研究では、低エネルギーのX線を利用するため、透過式を採用した。X線発生装置と検出器の間に試料を置き、試料を透過してくるX線のカウント数を検出することにより、坪量を求める方法である。

試料を置かないときのX線のカウント数を $I_0$ とすると、坪量 $B$ の試料を置いたときに透過してくるX線のカウント数 $I$ は、

$$I = I_0 \exp(-\mu B) \quad \dots (1)$$

の指数関数で表わされる。 $\mu$ は試料の質量減弱係数、 $B$ は試料の坪量である。坪量が既知のいくつかの試料を透過する、X線のカウント数を測定することにより校正曲線が求められる。この校正曲線を用いると未知試料のカウント数を測定することにより、坪量を求めることができる。

## 2.2 システム構成

計測システム全体の構成図を図1に示す。本システムは、マルチチャンネルアナライザ(MCA)を用いてX線のスペクトルが測定できる系統と、シングルチャンネルアナライザ(SCA)を用いて計数率が測定できる系統から構成されている。坪量計に使用した低エネルギーX線発生装置と低エネルギー用NaI(Tl)検出器の主な仕様を表1に示す。

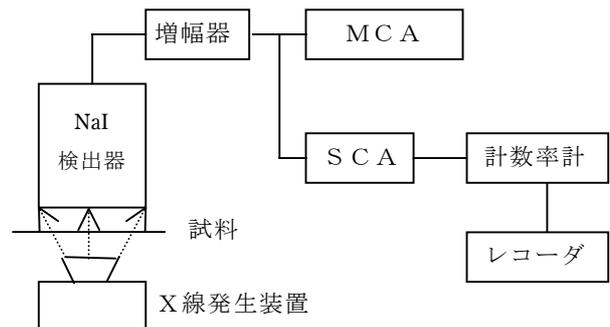


図1 システム全体の構成図

表1 X線発生装置とNaI(Tl)検出器の仕様

○ <u>X線発生装置</u>
型式：ソフテックス(株)製RE-1030特型
最大管電圧及び電流：10kV, 3mA
出力窓：ベリリウム0.5mm厚
寸法：130×160×55mm
○ <u>NaI(Tl)検出器</u>
型式：応用光研工業(株)製SP-20型
入射窓：ベリリウム0.15mm厚
NaI(Tl)結晶：50.8φ×3mm

## 2.3 最適計測条件

測定システムの最適計測条件は、坪量に対する標準偏差の2倍を分解能とし、その最小値を得る計測条件として求めた。その時の計測時間は3秒とした。

X線の管電圧、電流、X線源・検出器間距離を変化さ

\*放射線応用技術グループ

せて坪量測定を行い、最適計測条件を求めた。試料として、坪量の異なる3種類の上質紙[坪量22.4, 81.4, 127.9 g/m<sup>2</sup>]を用いた。計測条件は管電圧を2.5~9.0 kV、管電流を0.0035~3 mA、X線源と検出器間距離を2.5, 5.0, 7.5, 10, 15 cmと変化させた。

また、計測システムの安定性を確かめるため、X線発生装置表面の温度変化に対する計数率の24時間変化を求めた。

### 3. 結果と考察

坪量が22.4 g/m<sup>2</sup>の試料の管電圧と分解能の関係を図2に示す。それぞれの管電圧及びX線源・検出器間距離に対する分解能は、管電流を変化させて分解能が最小となるよう求めた。この結果から、坪量22.4 g/m<sup>2</sup>の上質紙の最適計測条件は管電圧2.5 kV、電流1.2 mA、X線源・検出器間距離2.5 cmとなった。

管電圧2.5 kVにおける坪量と分解能の関係を図3に示す。それぞれの坪量及びX線源・検出器間距離に対する分解能は、管電流を変化させて分解能が最小となるよう求めた。この図から坪量22.4, 81.4及び127.9 g/m<sup>2</sup>での最小分解能はそれぞれ0.4, 0.6及び1.1 g/m<sup>2</sup>となった。その時の計測条件は坪量22.4 g/m<sup>2</sup>の最適計測条件と同様となった。次に、管電圧2.5 kVにおける坪量と相対分解能の関係を図4に示す。相対分解能とは、坪量あたりの分解能である。この図から最適計測条件での相対分解能は22.4 g/m<sup>2</sup>の時には1.7%であるが、81.4 g/m<sup>2</sup>及び127.9 g/m<sup>2</sup>の時には、それぞれ0.7%, 0.8%であった。

システムの安定性試験では、上質紙の最適計測条件(最大管電圧2.5 kV、電流1.2 mA)の場合、X線発生装置表面の温度は30~40°Cで変化したが計数率は一定であった。一方、管電圧5 kV、電流0.004 mAの場合、温度は20~30°Cと低温であったが、計数率は安定しなかった。電流値を上げるに従い計数値は安定する傾向であった。

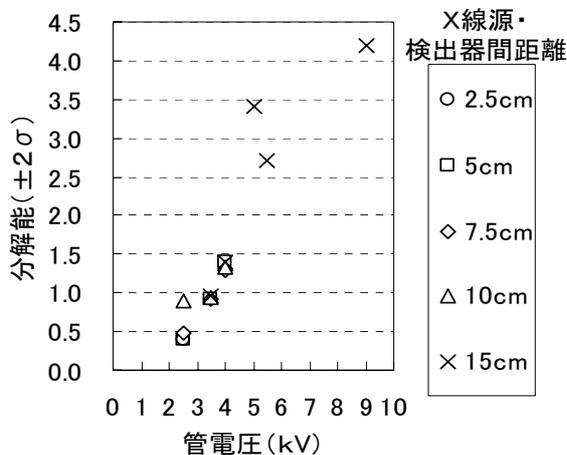


図2 坪量が22.4 g/m<sup>2</sup>の試料の管電圧と分解能の関係

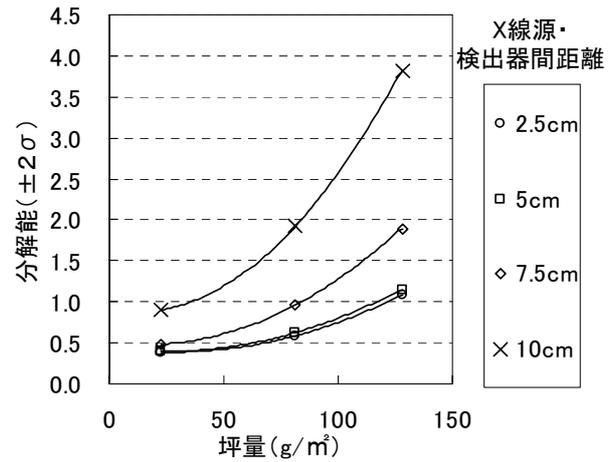


図3 坪量と分解能の関係 (管電圧2.5 kV)

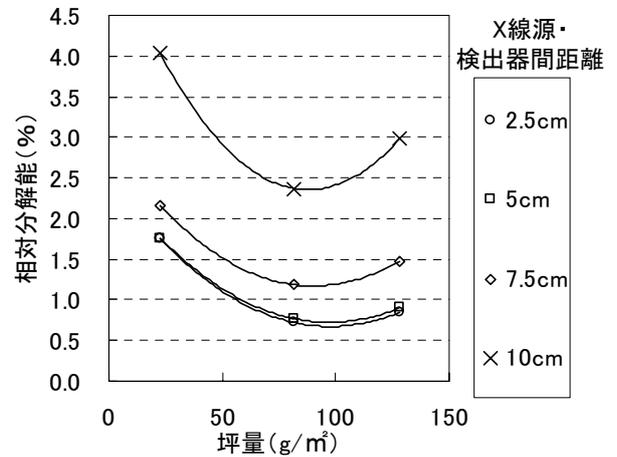


図4 坪量と相対分解能の関係 (管電圧2.5 kV)

### 4. まとめ

低エネルギーX線とNaI(Tl)検出器からなる坪量計を組み立て、その最適測定条件を求めた。坪量22.4 g/m<sup>2</sup>の時の最適測定条件は管電圧2.5 kV、電流1.2 mA、X線源・検出器間距離2.5 cmであった。その時の分解能は0.4 g/m<sup>2</sup>で、相対分解能は1.7%となった。管電圧5 kV以下のX線を用いることにより、22.4 g/m<sup>2</sup>の坪量が計測可能であることが分かった。

現在、国際原子力機関(IAEA)では、5 keV以下の放射線を発生する装置に対して、規制免除の考えを打ち出している。これが国内法令へ取り入れられると、中小企業者にとって安全で簡便な坪量計の開発が可能になると考えられる。

### 参考文献

- 1) 東 泰彦:計測技術, Vol.22, No.10, 65~70(1994).