

1E02

## 水銀浮力法による紙及び塗工層の空隙率測定

(東大院農生命) 江前敏晴、濱田仁美、居福健司、野田貴治

## 1. 緒言

紙の“真の厚さ”を測る方法として従来から水銀浮力法が知られている。水銀中に物体を沈めたときにその物体が受ける浮力は、その物体が占める体積を水銀で置き換えたときにその水銀に働く重力に等しい（アルキメデスの原理）。水銀は紙表面との接触角が  $130^\circ$  程度であり、紙の内部に存在する細かいポアにまで浸入することはなく、表面の大きな凹みを埋めるだけである。したがってこのような浮力を測定することで紙の体積を求めれば、密度や空隙率を計算することができる。ウェットエンドで添加される薬品のかさ高効果、水溶性ポリマーが塗工層の空隙率に及ぼす効果についての評価に応用した。

## 2. 実験

図 1 の装置を自作した。ステンレス製のフレームに、剛性の高い針金で作ったフックを固定した。穴をあけた試料をフックの先端に引っ掛け、水銀に沈めていくと、一定深さまで沈み込んだときに豆電球が点灯するように設計した。試料が受ける浮力  $B_s$ (gf) は、試料の重量  $M_s$ (g)、懸垂式天秤の指示値  $W_s$ (g)、試料をつげずにフックだけを沈めたときの天秤の指示値  $W_b$ (g) より、 $B_s = W_b - W_s + M_s$  として求められる。さらに水銀の密度  $d_{Hg}$  ( $13.55 \text{ g/cm}^3$ ) から、試料の体積  $V_s$ ( $\text{cm}^3$ ) は、 $V_s = B_s / d_{Hg}$  となる。どの試料も  $35 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$  の大きさに採取し、端に直径  $6 \text{ mm}$  の穴をあけてフックにかけた。精度は  $\pm 1\%$  程度。この手法を次の紙の物性測定に応用した。[1] 広葉樹漂白クラフトパルプからウェットプレス圧を変えて調製した手抄き紙及び A2 コート紙の厚さと坪量の関係、[2] かさ高効果のある脂肪酸ジアミド塩を対パルプ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 及び 12 % 添加した手すき紙の密度を評価した。[3] カルボキシメチルセルロース (CMC)、ポリビニルアルコール (PVA)、デンプン及びセロウロン酸 (CU) を配合した炭酸カルシウム顔料塗工層の空隙率、[4] カチオンポリマーを配合したインクジェット用非晶シリカ顔料塗工層の空隙率を測定した。塗工層は、PET フィルム上の塗工カラーを 50 で十分に乾燥させて測定に供した。塗工層の空隙率  $a$  は、配合したそれぞれの材料の配合質量を真密度で除した商を積算して固形分が占有する体積  $V_{solid}$  を算出し、 $a = 1 - V_{solid} / V_s$  として求めた。

## 3. 結果と考察

[1] 手すき紙の水銀浮力法厚さはマイクロメータ法より約  $4 \mu\text{m}$  小さくなった。マイクロメータの加圧面の直径は  $16 \text{ mm}$  で、紙表面の凸部の頂点を結んだ面と面との間の距離を測定しているためと考えられた。表面の平滑な A2 コート紙では両者は近い値を示した。[2] ジアミド塩の添加により、密度は下がる（かさ高となる）が、添加量 2 ~ 6 % で、水銀圧入法で測定した方がマイクロメータ法より約 7 % 小さい密度であると計算された。マイクロメータ法での試料にかかる圧力は 50 又は  $100 \text{ kPa}$  であるのに対し、水銀浮力法では約  $3 \text{ kPa}$  であるためである。[3] 炭酸カルシウム顔料塗工層の空隙率は、CMC の添加で 49.0 ~ 50.0%、CU で 49.0 % とセルロース誘導体では高く、デンプンでは 47.3 %、PVA では 46.2 % と低くなるのがわかった。セルロース誘導体では、顔料粒子のフロック（微凝集構造）を形成し、その構造が維持されたまま乾燥してポーラスな塗工層になったと考えられた。[4] インク定着剤として poly-DADMAC 系及びポリアミンポリアミドエピクロロヒドリン (PAE) 系のカチオンポリマーを添加したインクジェット用非晶シリカ顔料塗工層の空隙率は、それぞれ 60.2 % 及び 59.9 % であり差がなかった。定着剤を添加しない場合は、66.4 % であり、カチオンポリマーがシリカ粒子のフロックを形成していることが予測された。2 種のカチオンポリマーでは比表面積が異なっていたので、そのフロックサイズやフロック化の強度の違いが予測された。なお、水銀中に沈めたときに紙が受ける圧力と、水銀の表面張力  $\gamma = 0.4865 \text{ N/m}$  と接触角から生じる反発力のバランスから計算すると半径  $200 \mu\text{m}$  程度の半径の粗さ（ポア）まで水銀が試料表面を埋めることがわかった。

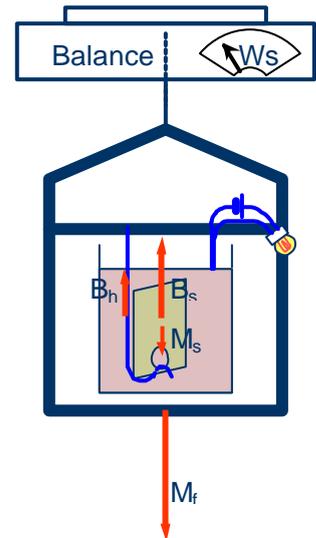


Fig. 1 Apparatus of mercury buoyancy method