

# 紙の保管環境とその物性変化に基づくリスクマネジメント(第1報)

—段ボール原紙の温湿度環境、平衡含水率及び圧縮強さの関係—

大平 武俊、神山 真一、浅野 良直

Risk management based on safekeeping environment of the paper and the properties of matter change( I )

—Relationship between the environment, the water content and the compressibility of the liner—

Taketoshi OHIRA, Shinichi KOHYAMA, Yoshinao ASANO

段ボール原紙の温湿度環境と含水率の関係を調査し、さらに、温湿度環境と圧縮強さの関係について調査した。その結果、段ボール原紙の平衡含水率は相対湿度に影響され、相対湿度80%r.h.以上での条件で平衡含水率が急激に上昇した。また、圧縮強さは相対湿度に影響され、相対湿度80%r.h.以上での条件で急激に低下した。さらに、これらはライナーの種類に関係なく同じ傾向を示した。

## 1. はじめに

紙は湿度が変化すると含水率が変化し、その物性(伸びや強度等)に大きな影響を及ぼす。紙の使用される環境は様々な状況があり、その環境の変化は、紙の物性を大きく変化させ、不具合を生じさせることがある。これらの生じる損失は、紙を作る側・使う側にとって低減したいリスク要因である。しかし、紙物性は製造から流通まですべて標準条件(23℃、50%r.h.)で評価されるため、紙の使用保管時の様々な環境状態における物性変化の把握不足が課題となっている。特に段ボールなどは、公称の紙物性値(時間に依存しない塑性変形)から算出されJISに規格された安全率に基づき、強度設計が行われるが、適正な設計であっても包装材の使用される環境状態によっては破損が生じて、様々な不具合がもたらされる。環境変化が紙物性に及ぼす影響、紙の強度劣化の原因が把握されていない現状では、リスク回避のための指標が見出しにくい問題がある。

そこで、本研究では、段ボール原紙の温湿度環境と含水率の関係を調査し、さらに、温湿度環境と圧縮強さの関係について調査した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試品

段ボール原紙としてK5ライナー(坪量168 g/m<sup>2</sup>)、K6ライナー(坪量207 g/m<sup>2</sup>)、内装ライナー(坪量121 g/m<sup>2</sup>)、を、比較用としてクラフト紙(坪量51.8 g/m<sup>2</sup>)、上質紙(坪量52.1 g/m<sup>2</sup>)を試験体として用いた。

### 2.2 温湿度環境と平衡含水率

試験体を入れた秤量瓶をそれぞれの温湿度条件(温度:10、23、40℃、湿度条件:20、30、40、50、60、70、80、90、99%r.h.)に設定した恒温恒湿機に入れ、平衡に達した試験体の含水率をJIS P8127「紙及び板紙—ロットの水分試験方法—乾燥器による方法」により測定した。

### 2.3 圧縮強さに及ぼす相対湿度の影響

調湿試薬を入れたデシケーター試験体を入れた容器に入れ、23℃の恒温室に24時間放置後、試験体を取り出し後素早くJIS P8126「紙及び板紙—圧縮強さ試験方法—リングクラッシュ法」に従い試験を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 温湿度環境と平衡含水率

温湿度環境と紙の平衡含水率の結果を図1に示した。相対湿度に対する平衡含水率の変化は、23℃及び40℃

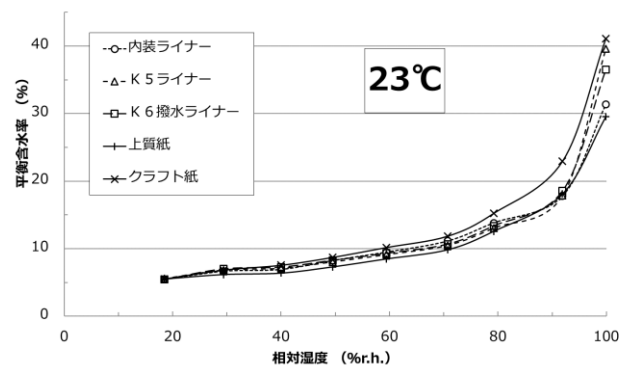


図1-(1) 温湿度環境と平衡含水率(23℃)

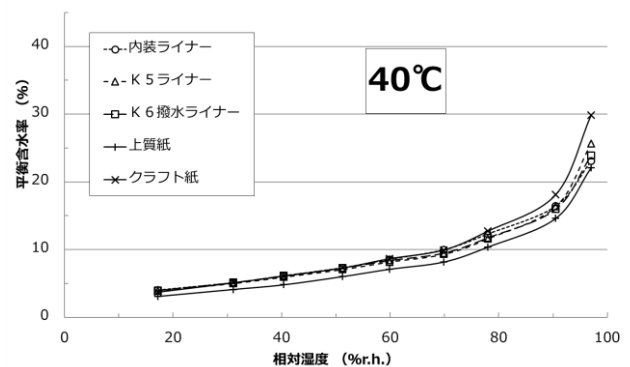


図1-(2) 温湿度環境と平衡含水率(40℃)

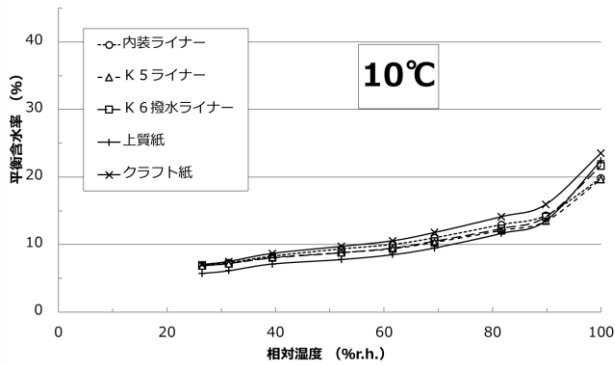


図1-(3) 温湿度環境と平衡含水率(10°C)

において相対湿度約20~80%r.h.までは平衡含水率は5~10%程度まで緩やかに上昇し、相対湿度80%r.h.を超えると平衡含水率は急激に上昇した。10°Cにおいて相対湿度90%r.h.までは緩やかに上昇し、相対湿度90%r.h.を超えると急激に上昇した。また、これらの傾向は紙の種類にあまり関係しなかった。紙の種類による平衡含水率は、低中湿度側で上質紙がやや低く、高湿度側でクラフト紙がやや高い傾向を示した。ライナー同士の差はライナーとその他の種類の紙との差に比較して小さかった。

ライナーのみの相対湿度と平衡含水率の関係を図2に示す。温度による平衡含水率の違いは、標準状態の温度である23°Cに比較して、相対湿度70% r.h.までは10°Cは同程度で40°Cはやや低く、相対湿度80%r.h.を超えると10°Cはやや低く、40°Cは同程度であった。同じ相対湿度でも温度により平衡含水率が異なることがあり、低中湿度側と高湿度側とで挙動が異なることが判明した。

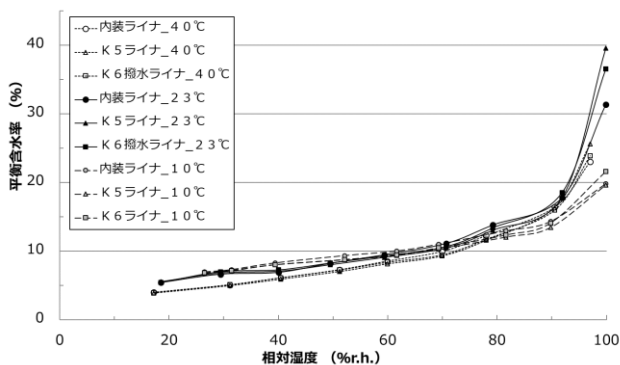


図2 温湿度環境と平衡含水率(ライナー)

### 3.2 圧縮強さに及ぼす相対湿度の影響

23°Cにおける相対湿度とISOリングクラッシュ圧縮強さの結果を図3(a)に示す。ライナーの種類・圧縮方向により強度に差があるが、圧縮強度は相対湿度が高くなるにつれ低下した。

相対湿度50% r.h.の時の圧縮強さを100とした相対強度を図3(b)に示す。この相対強度は、ライナーの種類・圧縮方向にかかわらず、ほぼ同じ結果となった。また、低湿度

度から75%r.h.までは緩やかに減少しているが、それ以上では急激に減少し、湿度が高くなるほどその減少幅も増大した。

これらのことから、ライナーではその種類に関係なく、相対湿度が高くなると圧縮強度が低下することが判明した。これは、種類が異なるライナーでも、相対湿度に対してライナーに水分が取り込まれるメカニズム及び含有する水分によって強度が減衰するメカニズムが同様であったために、相対湿度に対する相対強度の低下率が同じになると考えられる。

強度設計においては標準状態で行われるが、対湿度環境が低湿~70%r.h.までは、標準状態との強度差が小さく紙の保管環境によるリスクは小さいが、特に相対湿度が80%r.h.を超えると強度が急激に低下し始め、90%r.h.を超えるとさらに急激に低下し標準状態の半分以下になり、そのリスクが大きくなると考えられる。

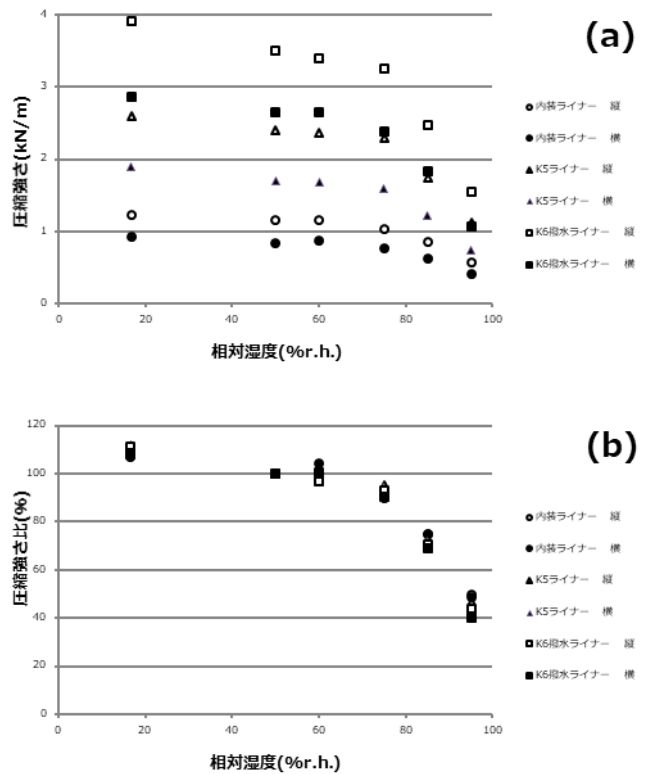


図3 相対湿度とISOリングクラッシュ圧縮強さ

### 4. まとめ

段ボール原紙の平衡含水率は、温度・相対湿度に影響され、特に23°C以上・相対湿度80%r.h.以上で平衡含水率が急激に上昇した。また、標準状態の温度において、圧縮強度は相対湿度に影響され、相対湿度80%r.h.以上で急激に低下した。また、これらはライナーの種類に関係なく同じ傾向を示した。

強度設計においては標準状態で行われるが、その標準状態の強度が十分であっても、高湿度の保管環境であれば、強度のリスクが高まることが考えられる。