

輸送中の紙粉発生条件と防止に関する研究

佐藤幹彦^{*1}、中川幸臣^{*1}、水野金儀^{*2}

Reduction of the Paper Dust under Transportation

Mikihiko SATO, Yukiomi NAKAGAWA and Kaneyoshi MIZUNO

Industrial Technology Division, AITEC^{*1*2}

包装材料の種類、摩擦条件、振動条件、前処置条件を取り上げ、実験により紙粉発生を測定した。その結果、各条件と摩耗量との関係および紙粉防止効果のある包装材料が明らかになった。紙粉防止効果が期待できる包装材料は防湿紙であり、湿度に対する影響が少ない長所がある。また、段ボールシートではAフルートよりBフルートに紙粉を抑止する効果があった。Bフルートはフラットクラッシュが大きく強度の強い材料であることが要因と考えられる。しかし、摩擦によってライナ表面に破れが発生すると紙粉が極端に増加することが分かり、使用にあたっては破れ防止対策が必要である。

1. はじめに

環境面の配慮から段ボールやパルプモールドなど紙系包装材の利用が増加してきているが、紙素材特有の課題が生じている。紙粉問題はその課題の一つであり、主にコルゲータや打抜き機の裁断などで多く取り上げられ、対策が行われてきた¹⁾。しかし、製品と包装材の接触による輸送中の紙粉発生については、データも少なく対策が不十分で、製品に悪影響を及ぼすために大きな問題となっている。そのため、今後、紙系包装材を定着させていくためには、輸送中の紙粉発生の基礎データを収集し、それに基づいた対策が強く求められている。

本研究では、包装材料の種類、摩擦条件、振動条件、前処置条件を取り上げ、実験により摩耗量を測定した。その結果から各条件と摩耗量との関係および紙粉防止効果のある包装材料を検討した。

2. 実験方法

2.1 包装材料

静摩擦係数の測定に用いた包装材料は段ボール原紙および機能紙である。段ボール原紙にはライナ用、中芯用があり、現在使用頻度の高い材料からライナ用6種類、中芯用6種類を選択した。機能紙は、防湿紙およびはっ水紙の2種類とした。

摩耗量の測定に用いた包装材料は、ライナ用段ボール原紙（坪量 220g/m²のクラフトパルプ）、防湿紙、はっ水紙を選択した。さらに、実際の使用時を想定してAフルートおよびBフルートの段ボールシートを実験対象とした。材質はライナが坪量 210g/m²のクラフトパルプ、

中芯が坪量 180g/m²のセミケミカルパルプである。

前処置条件は、温度 23 / 湿度 50%R.H.、温度 40 / 湿度 90%R.H.の2条件とした。

2.2 静摩擦係数の測定

摩擦条件の評価法として、包装材料の静摩擦係数を取り上げ、JIS P 8147 に準拠した傾斜法による試験装置を作製し、各包装材料の静摩擦係数を測定した。図1に試験装置を示す。試験片は、傾斜板用とおもり用の2枚採取し、それぞれ測定面を外側にして密着させた。紙の繊維方向で区別して組合せを決め、おもりが滑り始めたときの傾斜角を読み取った。繊維方向の組合せは、縦 - 縦方向、縦 - 横方向、横 - 横方向の3種類とした。傾斜板は、速度 0.3 ~ 0.4 ° / sec で傾けた。

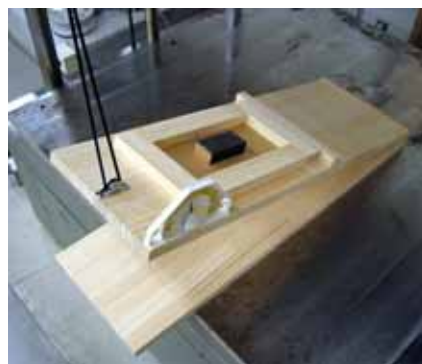


図1 静摩擦係数試験装置

2.3 摩耗量の測定

電磁式振動試験機上に試作した摩耗試験装置を設置して実験を行った。図2に横から見た試験装置の写真を示す。摩耗量は、プレスで切断した金属切断面を包装材料と摩擦させ、試験前後の包装材料の質量を電子はかりで

^{*1} 工業技術部 応用技術室 ^{*2} 工業技術部 加工技術室

測定した。図3に摩擦させた金属のプレス切断面の写真を示す。切断面の片側にバリが生じている。表面の粗い部分の平均表面粗さを測定したところ $12.3\mu\text{m}$ であった。振動条件は、振動数 5～50Hz、荷重 15～113N、振動加速度 0.5～1.0G の範囲で変化させ、振動時間は 10min とした。段ボール原紙および機能紙は紙の繊維方向で区別し、段ボールシートは段の流れる方向に摩擦させた場合（M.D.）段と交差する方向に摩擦させた場合（C.D.）で測定した。

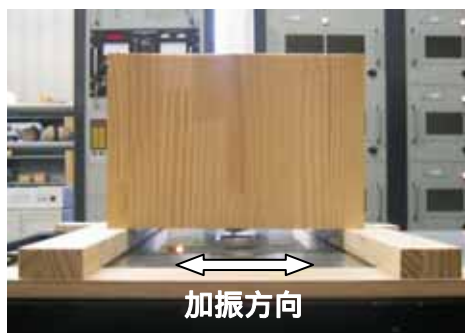


図2 摩耗試験装置



図3 プレス切断面

3. 実験結果および考察

3.1 静摩擦係数

各包装材料の静摩擦係数の結果を表1に示す。段ボー

ル原紙の静摩擦係数は、ライナ用、中芯用で大きな違いはなく、23 / 50%R.H.の前処置条件で 0.40 前後、40 / 90%R.H.の前処置条件で 0.55 前後の値を示した。坪量による違いもほとんど認められなかった。例外として、美粧用によく使われる符号の白コートボール紙は紙の繊維方向による影響があり、他の段ボール原紙より少し数値が高かった。また、縦 - 縦方向、縦 - 横方向、横 - 横方向の順に静摩擦係数は大きくなり、繊維方向による影響が少し認められた。しかし、前処置による湿度の影響はそれ以上に大きく、23 / 50%R.H.と 40 / 90%R.H.の条件での静摩擦係数の差は 0.13～0.21 であった。

機能紙の静摩擦係数は、段ボール原紙と違う傾向を示した。符号のライナ用クラフトパルプ、機能紙である符号の防湿紙、符号のはっ水紙の静摩擦係数を比較したグラフを図4に示す。防湿紙はいずれの前処置条件でもほぼ同じ値であり、はっ水紙は 23 / 50%R.H.の前処置条件では静摩擦係数が小さく、40 / 90%R.H.の静摩擦係数は他の包装材料と同程度である。前処置条件による変化の割合は、防湿紙が最も小さく、次いで段ボール原紙、はっ水紙の順で大きい結果となった。以上から、

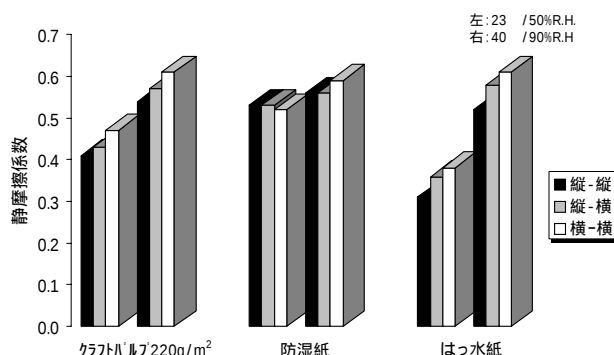


図4 静摩擦係数の比較

表1 静摩擦係数

符号	紙の種類	坪量 (g/m ²)	前処置：23 / 50%R.H.			前処置：40 / 90%R.H.		
			縦-縦	縦-横	横-横	縦-縦	縦-横	横-横
	クラフトパルプ（ライケ）	280	0.40	0.42	0.45	0.54	0.58	0.61
	クラフトパルプ（ライケ）	220	0.41	0.43	0.47	0.54	0.57	0.61
	クラフトパルプ（ライケ）	210	0.37	0.40	0.43	0.53	0.55	0.59
	クラフトパルプ（ライケ）	170	0.39	0.40	0.45	0.55	0.57	0.61
	ジュートパルプ（ライケ）	160	0.38	0.39	0.40	0.53	0.53	0.55
	白コートボール（ライケ）	180	0.39	0.45	0.51	0.55	0.62	0.68
	セミケミカルパルプ（中芯）	180	0.41	0.42	0.44	0.59	0.59	0.61
	セミケミカルパルプ（中芯）	160	0.37	0.39	0.40	0.58	0.59	0.60
	セミケミカルパルプ（中芯）	120	0.38	0.39	0.42	0.59	0.59	0.60
	パルプ（中芯）	200	0.35	0.36	0.39	0.52	0.54	0.55
	パルプ（中芯）	180	0.36	0.37	0.38	0.53	0.54	0.57
	パルプ（中芯）	160	0.38	0.38	0.40	0.56	0.56	0.59
	防湿紙（ライケ）	180	0.53	0.53	0.52	0.56	0.56	0.59
	はっ水紙（ライケ）	220	0.31	0.36	0.38	0.52	0.58	0.61

湿度の影響を受けやすい紙系材料の中で、静摩擦係数に対する湿度の影響が小さい防湿紙は、包装材料として適すると言える。

3.2 摩耗量

3.2.1 振動数と摩耗量

図5、6に振動数と摩耗量の関係を示す。包装材料は段ボール原紙である符号のクラフトパルプ（坪量 220g/m²）であり、紙の繊維方向ごとに測定した。図5は荷重 44N、図6は荷重 83Nの結果で、グラフに示した移動距離は振動試験機振動台が移動した総距離である。振動数範囲はトラック輸送を想定した。トラック輸送の振動ストレスの周波数成分は 100Hz以下が主体であり²⁾、包装貨物における振動試験（JIS Z 0232）では 5～50Hzが採用されている。

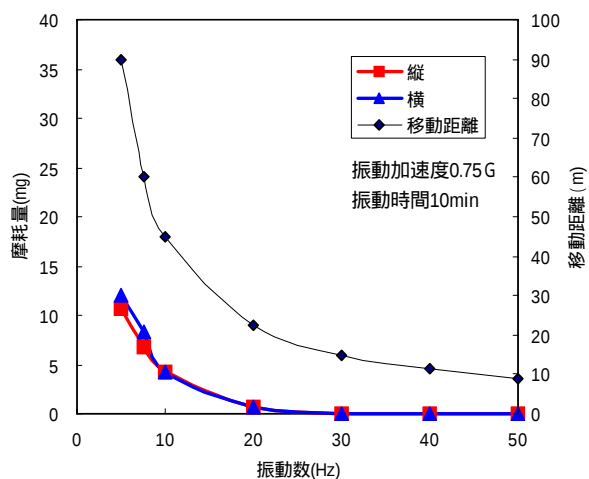


図5 荷重 44N における振動数と摩耗量

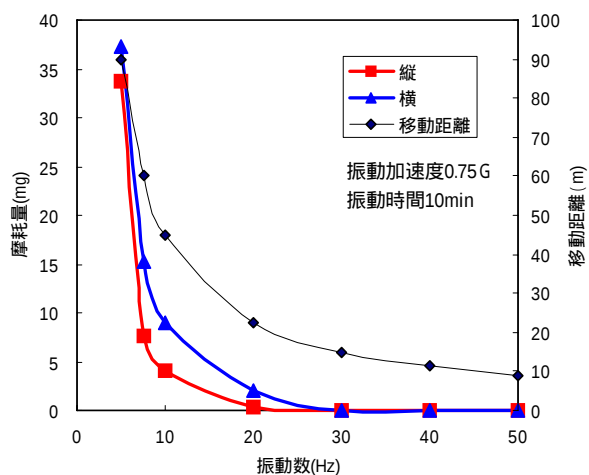


図6 荷重 83N における振動数と摩耗量

いずれの荷重でも 5～20Hz の振動数範囲で紙粉が発生し、低い振動数になるほど紙粉発生が顕著であることが分かった。また、荷重が大きいと低い振動数で紙粉発生

が極めて多くなる傾向を示す。そのため、20Hz 以下の低振動数で製品質量が重く包装材に荷重が強くなる場合において、紙粉に対する評価および対策が重要になる。

3.2.2 荷重と摩耗量

図7に荷重と摩耗量の関係を示す。包装材料は段ボール原紙（ライナ）のクラフトパルプ（坪量 220g/m²）、防湿紙、はっ水紙である。段ボール原紙とはっ水紙は荷重が増えると摩耗量が顕著に増加する傾向を示したのに対して、防湿紙は荷重を増加させても紙粉発生はほとんどなかった。また、防湿紙は温度 40℃/湿度 90%R.H.の前処置条件でも摩耗量の増加は認められなかった。この結果から、防湿紙には紙粉防止効果が期待でき、多湿状態でも有効であると言える。

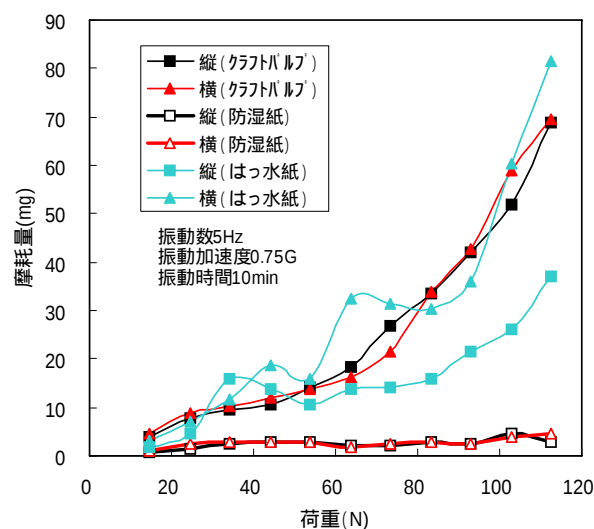


図7 荷重と各包装材料の摩耗量

3.2.3 振動加速度と摩耗量

振動加速度 0.5G、0.75G、1.0G と変更して摩耗量を測定した。振動数 5Hz、7.5Hz、10Hz における振動加速度

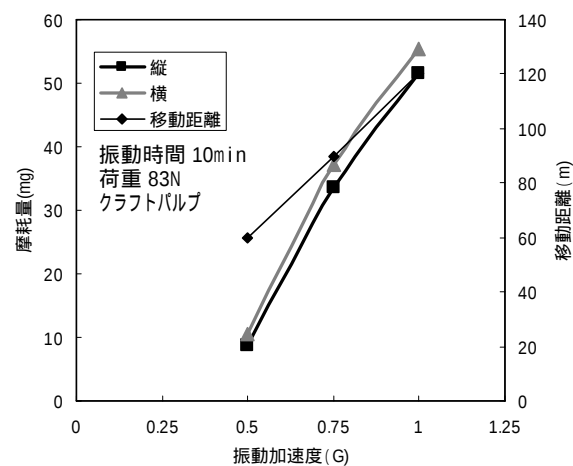


図8 振動数 5Hz における振動数と摩耗量

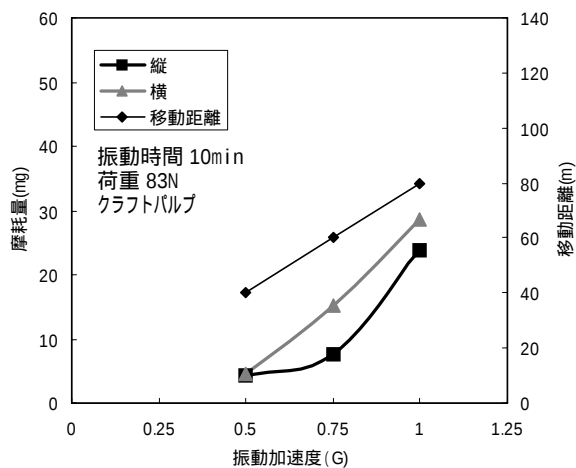


図9 振動数 7.5Hz における振動数と摩耗量

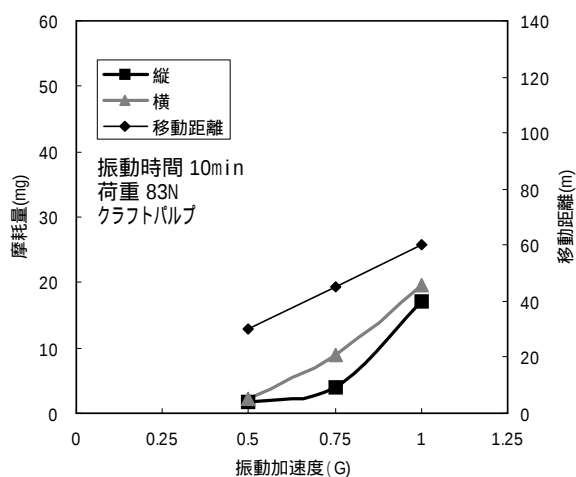


図10 振動数 10Hz における振動数と摩耗量

と摩耗量の関係を図8～10に示す。包装材料はクラフトパルプ（坪量 220g/m²）であり、荷重 83Nの場合である。いずれの振動数でも振動加速度が増えると摩耗量が増加し、摩耗量の多い 5Hzの場合には振動加速度と摩耗量にほぼ比例関係が成り立つのを確認した。この結果から、振動が増幅される共振時では振動加速度が大きくなるため、共振による紙粉発生についても評価および対策が必要である。包装貨物の共振振動数はできる限り 20Hz以上の高い振動数になるように包装設計することが望ましいと言える。

3.2.4 段ボールシートの摩耗量

段ボールシートについて荷重による摩耗量の変化を調べた。図11に結果を示す。Aフルート、Bフルートはそれぞれ荷重 50N 程度をこえると摩耗量が著しく増加する現象が認められた。その原因は摩擦によりライナに破れが発生するためであり、紙粉を軽減するには摩擦による破れを防止する必要がある。また、BフルートはAフ

フルートより紙粉発生が少ない結果となった。平面方向の段成形の強度を示すフラットクラッシュを測定したところ、Aフルートが 87kPa、Bフルートが 190kPa であり、Bフルートの段ボールシートの方が強度の強い材料であることが紙粉抑止の原因と考えられる。

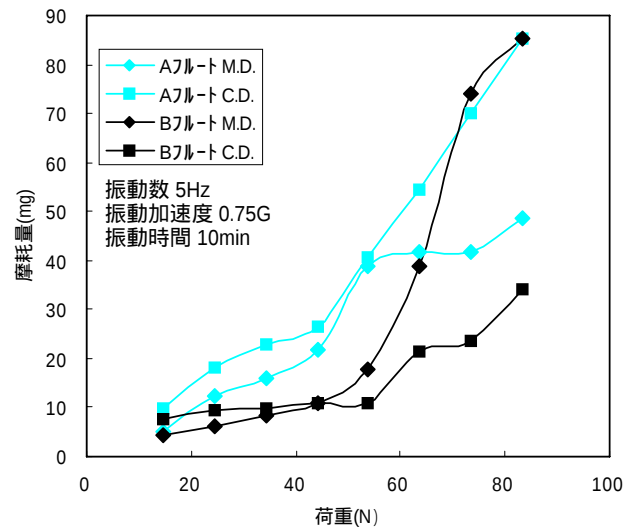


図11 荷重と段ボールシートの摩耗量

4. 結び

最近の段ボール原紙は、古紙比率が大きくなっており、古紙の再利用回数の増加による品質の劣化が目立っている。特に、原紙を構成するパルプの短繊維化に起因する強度低下が顕著である。さらに、紙の薄物化指向に伴い段ボールライナの耐摩耗性が低下して、紙粉発生を余儀なくされている³⁾。今後、包装コストの低減が進むにつれ、輸送中の紙粉対策が不可欠となることが考えられる。

本研究では、そのような輸送中の紙粉発生を想定して、実験により摩擦条件、振動条件、前処置条件と摩耗量との関係および紙粉防止効果のある包装材料を明らかにした。表面に防湿処理を施した防湿紙に紙粉防止効果を確認し、多湿状態でも同様の効果が期待できる。今後の研究の取り組みとして、防湿紙を段ボールライナに使用した包装材料で実験を行い評価する予定である。また、剛性の高いBフルートの段ボールシートで紙粉発生が抑止されたため、最近利用が高まっている中芯を強化し剛性を向上させたAフルートの段ボールについても評価を実施する。さらに、包装材料だけでなく、固定技法および緩衝技法の面からも紙粉防止効果を検討する予定である。

文献

- 1) 渡辺芳則ほか：カートン・ボックス，215，116(2000)
- 2) 水口眞一ほか：輸送・工業包装の技術，P573(2002)，フジ・テクノシステム
- 3) 池原匡禮ほか：カートン・ボックス，275，74(2005)

