

製本用ホットメルト接着剤の紙リサイクル適性の向上

— ホットメルト接着剤物性と紙リサイクル適性の関係の検討 —

製紙科 齊藤将人 深沢博之

Improvement of Aptitude to Paper Recycling of Hot-melt Adhesive for Binding

— Investigation of the relationship between physical properties of hot-melt adhesives and aptitude to paper recycling —

Masato Saito and Hiroyuki Fukasawa

We investigated the relationship between physical properties of hot-melt adhesives and aptitude to paper recycling, aiming to suggest of the product design guidance for the hot-melt adhesives which balanced paper recyclability with adhesive performance. As a result, we understood that the main point to produce hot-melt adhesives for paper recycling more was cold resistance, hardness and stretch at break in 30 degrees Celsius.

1. はじめに

日本の古紙利用率は62%を超えており¹⁾、製紙業界、古紙業界などでは古紙利用の推進に努めている。印刷資材の中には、製紙工程でトラブルの原因になるものや、製品の品質に影響を及ぼすものもある。製本用ホットメルト接着剤もその一つであり、以前から問題とされてきた。

そこで、当センターを含めた関係業界が協力して、平成13年に評価方法（リサイクル適性標準試験法）を確立²⁾し、接着剤メーカーでは、古紙処理工程で細かくなりやすく、除塵装置で除去しやすい、紙のリサイクルに適した接着剤（難細裂化EVA系ホットメルト接着剤）の開発に努め、日本印刷産業連合会などを中心に普及を進めてきた。

しかし、(財)古紙再生促進センターの調査によると、製紙工場での重大トラブルの原因となる異物の3位にホットメルト接着剤は挙げられており³⁾、現在でも問題が解決されているとは言えない状況である。また、標準試験法を運用していく中で、リサイクル適性試験結果が接着剤物性と関連付けられていないため、製品設計にフィードバック出来ていないという問題が明らかになってきた。このような背景から、日本接着剤工業会より、この問題を解決したいという研究協力の要請があった。この問題に関して検討を行い、成果を出し、難細裂化ホットメルト接着剤

が普及していくことによって、結果的に、古紙品質の向上、製紙工程でのトラブルの減少に繋がり、製紙業界への支援になると思われる。

そこで、本研究では、平成22年度には標準試験法をより精度の高いものに変えていくために試験機器や温度因子などが試験結果に与える影響についての検討を行った⁴⁾。引き続き、平成23年度は紙のリサイクルに適したホットメルト接着剤の開発促進と普及を目指すことを目的とし、ホットメルト接着剤の物性と紙のリサイクル適性の関連性の検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

ホットメルト接着剤物性とリサイクル適性の異なる8種の製本用ホットメルト接着剤を用いた。

2.2 リサイクル適性標準試験法

リサイクル適性標準試験法として、(財)古紙再生促進センターによるホットメルト接着剤のリサイクル適性の一次試験評価法²⁾の方法に準じて行った。なお、標準試験法では室温の規定がないが、今回は室温による試験結果への影響をなくすため、原則23℃、50%r.h.に調整された試験室内で離解を行った。

具体的には、次のア)～オ)のような方法である。
ア) JIS P8220に規定される標準離解機に、温度30

【報告】

±3℃の水2ℓと50g/ℓ NaOH水溶液10mlを入れ、新聞古紙50gと評価対象の30mm×30mm×厚さ0.8mmのホットメルト接着剤3枚を加え、30分間離解を行う。

イ) ア) の試料を5ℓに希釈し、水量10ℓ/minで水を流しながら、10カット（目開き250μm）フラットスクリーンにて、5分間スクリーン処理を行う。このとき、通過分を目開き80μmの篩で回収する。

ウ) イ) で回収したフラットスクリーン通過分を5ℓに希釈し、水量10ℓ/minで水を流しながら、6カット（目開き150μm）フラットスクリーンにて、6分間スクリーン処理を行い、スクリーン上に残った残渣を回収する。

エ) 回収した残渣をろ紙上に均一に分散するように吸引ろ過し、80℃で30秒程度の予備乾燥の後、サイズ剤無添加の紙にろ紙を重ねて回転ドライヤーにて120℃で2分間処理を行う。これにより、ろ紙の乾燥と、熔融による紙へのホットメルト接着剤の転写が行われる。

オ) ホットメルト接着剤の転写された紙に水性染料を刷毛で塗り、目視でホットメルト接着剤の個数（残渣個数）をカウントする。

この残渣個数が紙リサイクル適性の度合いを示し、個数が少ないほど、そのホットメルト接着剤は細かくなりやすく（難細裂性が高く）、紙のリサイクルに適したホットメルト接着剤である。

なお、測定値は3回繰り返した平均値で示した。

2.3 ホットメルト接着剤の物性評価

低温可撓性は、日本接着剤工業会規格JAI 7.4.6に基づき、1mm厚の接着剤シートを折り曲げ、3個以上試験を行って全数が目視で割れが確認できない最低温度（＝低温可撓温度）を測定した。

引張強さ（抗張力、降伏応力）および伸びは、日本接着剤工業会規格JAI 7.4.5 に準じ、厚さ1±0.25mmの均一なシートを作製し、JIS K6251の打ち抜き型を用いてダンベル2号型で打ち抜き、引張り試験機を用いて、引張り速度100mm/minで、切断時に至る最大応力（＝破断点）、降伏時の応力（＝降伏点）と切断時の伸びを測定した。

硬さは、日本接着剤工業会規格JAI 7.4.4に基づき、10mm厚×50mmφの試料に対して硬さ試験器の押針を押し付け、10秒後の目盛を読むことで測定した。

なお、引張強さ、伸びおよび硬さは5～35℃の各温度で測定を行った。

3. 結果及び考察

3.1 ホットメルト接着剤物性とリサイクル適性

(1) 低温可撓性と残渣個数

低温可撓温度が低いと、残渣個数が少なくなると言われてきた^{2),4)}。そこで、A～Hの8サンプルについてリサイクル適性評価を行った。

リサイクル適性試験結果を図1に示す。

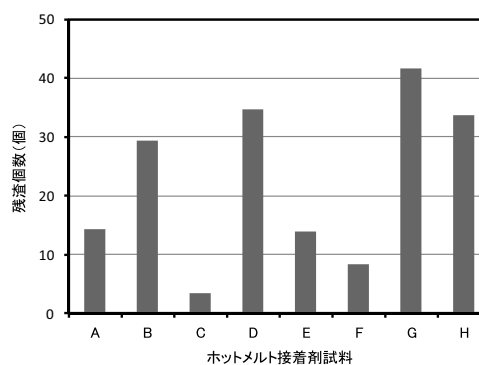


図1 リサイクル適性試験結果

図2に低温可撓性と残渣個数の関係を示す。図2からわかるように、低温可撓性が良好な（低い温度において割れにくい）ホットメルト接着剤は残渣個数が少なくなる傾向があった。しかし、図中丸印（G、H）のように大きく外れているものも存在した。

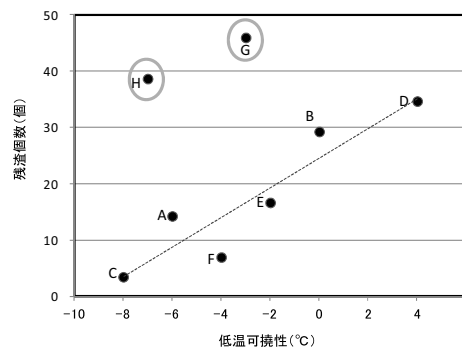


図2 低温可撓性と残渣個数

(2) 引張強さ

各サンプルの引張強さ（抗張力および降伏応力）と温度の関係を図3、4に示す。なお、以下、図

中の右の記号は30°Cにおける物性値の順序を示す。

と残渣個数の関係を図7に示す。

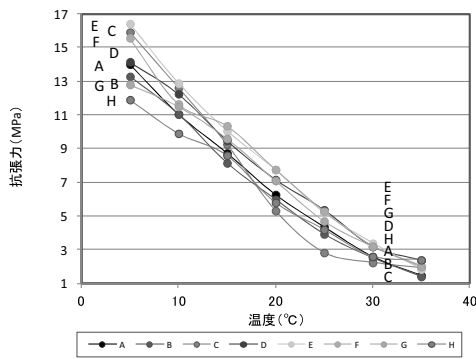


図3 抗張力と温度の関係

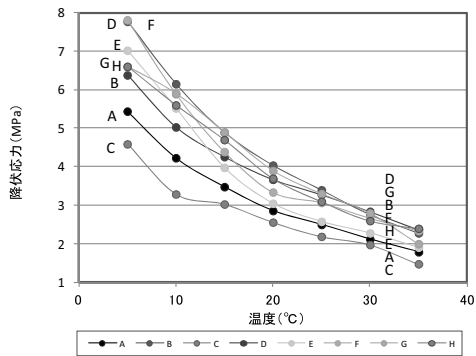


図4 降伏応力と温度の関係

抗張力も降伏応力も測定温度が上がれば低下した。また、図1において、A、C、E、Fを残渣個数の少ないグループ、B、D、G、Hを残渣個数の多いグループとして考えて、図4を見比べると、H以外は残渣個数が少ないサンプルは30°Cにおける降伏応力が低い傾向であった。

(3) 伸び

各サンプルの伸びと温度の関係を図5に示す。伸びは測定温度によって変化が大きい、図1と見比べると、伸びが大きいサンプルの残渣個数が少なく、残渣個数の傾向と一致していた。

(4) 硬さ

各サンプルの硬さと温度の関係を図6に示す。硬さは測定温度が上がれば低下した。また、図1と見比べると、硬さが低いサンプルの残渣個数が少ない傾向であった。

(5) 破壊エネルギー

材料が破壊するのに要するエネルギーの評価の目安の1つとして、抗張積がある。抗張積とは抗張力と破断時の伸びを掛けたものである。抗張積

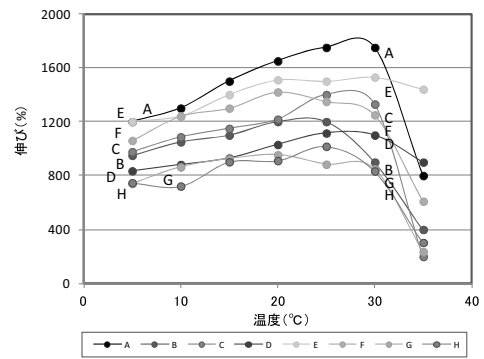


図5 伸びと温度の関係

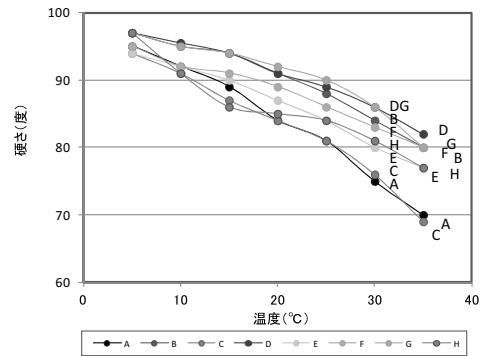


図6 硬さと温度の関係

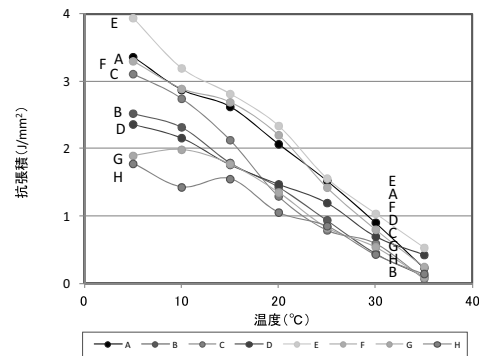


図7 抗張積と温度の関係

破壊エネルギーとホットメルト接着剤の割れにくさは関連性があると考えられるため、抗張積と残渣個数には相関が認められるのではないかと想定していたが、図1と見比べると、破壊エネルギーが大きいホットメルト接着剤の方が残渣個数が少ない傾向があった。

(1)で他と異なる傾向を示したサンプルG、Hは、他に比べ、特に伸びが小さかった。また、硬さが大きく、抗張積が小さい傾向であった。低温可撓性が低くても、伸びにくく、硬く、割れやすいため、残渣個数が多くなるのではないかと考えた。

3.2 30℃におけるホットメルト接着剤物性とリサイクル適性

接着剤の物性値は一般的には20℃で評価を行うことが多い。従来はその物性値とリサイクル適性の関連性を評価してきた。しかし、標準試験法は離解開始時の水温は30℃で試験を行うこととなっている。また、前報⁴⁾から室温が20～30℃で試験を行えば、パルパー内の離解終了時の水温が30±2℃以内に保持されていることがわかっている。したがって、ホットメルト接着剤の細片化はパルパー内で起きているので、パルパー内水温に近い30℃での接着剤物性とリサイクル適性の関連性を検討する必要があると考えた。

そこで、30℃での接着剤の各物性とリサイクル適性の関連性を検討した結果を図8～10に示す。

図8より30℃降伏応力が2.5MPa以上だと残渣個数が増える傾向であり、図9より30℃伸びが1250%以下であると残渣個数が増える傾向であり、10より30℃硬さが80度以上であると残渣個数が増える傾向であった。

ここで、硬さについて、さらに詳しく調べるため、サンプルを追加し、接着剤物性評価とリサイクル適性評価を行った。その結果を図11に示す。

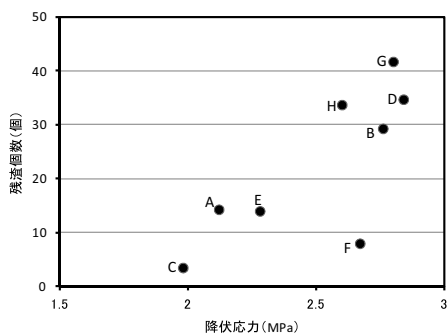


図8 30℃降伏応力と残渣個数

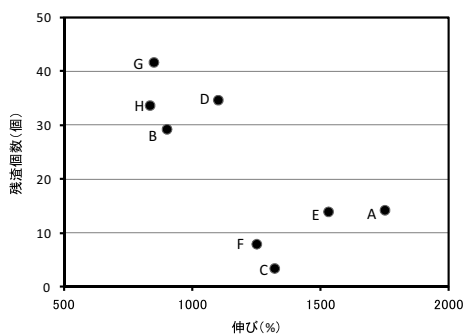


図9 30℃伸びと残渣個数

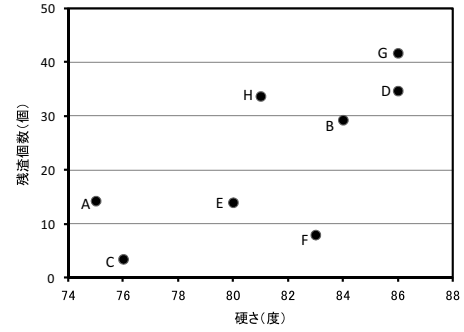


図10 30℃硬さと残渣個数

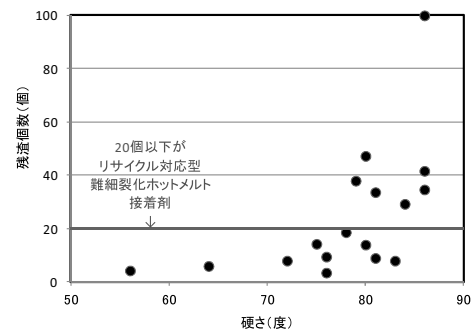


図11 30℃硬さと残渣個数 (追加試験)

図11からわかるように、硬さが低いホットメルト接着剤の方が残渣個数が少ない傾向を示し、紙リサイクル適性が高いことが確認できた。

3.3 紙リサイクルに適したホットメルト接着剤

今回の結果をまとめると、パルパー内で、羽根や壁と衝突した際に軟らかく伸びてしなるようなホットメルト接着剤は割れにくく細かくなりやすいため残渣個数が少なくなり、リサイクル適性が高くなると考えられる。低温可撓性が低い方が良いが、低温可撓性が低くても、伸びが小さく、硬さが大きく、破壊エネルギーが小さいホットメルト接着剤は割れやすく残渣個数が多くなり、リサイクル適性が低くなる。また、特に30℃での硬さが80度以下の柔らかいホットメルト接着剤であれば残渣個数は少なくなる傾向が強い。しかし、硬さが75度以下のホットメルト接着剤は固まるスピードが遅くなる傾向にあるため、ユーザーから好まれない。したがって、75～80度の硬さのホットメルト接着剤がリサイクル適性も接着剤性能も満足するホットメルト接着剤となる。

4. まとめ

本研究では、製本用ホットメルト接着剤の物性と

【報告】

紙のリサイクル適性の関連性を見出し、紙のリサイクルに適したホットメルト接着剤の開発と普及を促進することを目的として検討を行った。その結果、次のようなことがわかった。

- (1) ホットメルト接着剤の物性と紙リサイクル適性の関連性については、軟らかく伸びてしなるようなホットメルト接着剤は割れにくく細かくなりにくいため残渣個数が少なくなり、紙リサイクル適性が高くなることがわかった。つまり、低温可撓性が良好（低い温度まで割れにくく）で、伸びが大きく、硬さが低いホットメルト接着剤を設計することによって紙リサイクル適性が良好なホットメルト接着剤を作製できる可能性が高いと考える。ホットメルト接着剤メーカーの努力によって、難細裂化ホットメルト接着剤の開発が進められているが、これまで以上の普及が進むことを期待したい。
- (2) 試験環境温度と試験結果の関係から、製紙会社の古紙処理において、離解時の水温を少しでも上げておくことによって、古紙中に含まれるホットメルト接着剤のパルパー内での細片化が抑制され、ホットメルト接着剤のトラブルが減少できる可能性が示唆された。ホットメルト接着剤による操業トラブルに苦慮している製紙会社の対処法の一つになり得ると考えられる。
- (3) 前報¹⁾において、リサイクル適性評価試験の精度向上させる上での要点が試験環境温度とJIS標準離解機の羽根にあることがわかった。試験環境温度によって、離解機内の水温が大きく変化することによるホットメルト接着剤の性状変化が起こ

ること、および、離解機でのホットメルト接着剤の細片化への影響が羽根の状態によって大きく異なることが理由と考えられる。リサイクル適性評価試験の精度が向上することによって、難細裂化ホットメルト接着剤の製品開発のスピードアップに寄与できると思われる。

これらの成果が活かされることによって、今後、古紙処理現場でのホットメルト接着剤によるトラブルが減少し、操業の効率化にもつながることが望まれる。

謝辞

旭化学合成株式会社、新田ゼラチン株式会社には試料を提供していただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 財古紙再生促進センター編：2009年古紙需給統計, 3, 財古紙再生促進センター (2010).
- 2) 財古紙再生促進センター編：リサイクルに適した雑誌製本のあり方に関する調査報告書, 22-24, 財古紙再生促進センター (2001).
- 3) 財古紙再生促進センター編：古紙の品質を守るために-異物混入の現状と対策 (第2版), 36-37, 財古紙再生促進センター (2009).
- 4) 齊藤将人他：製本用ホットメルト接着剤の紙リサイクル適性の向上-リサイクル適性評価試験における試験結果へ与える試験条件の影響-, 静岡県工業技術研究所研究報告, 第4号, 134-139 (2011).