

紙素材用“バリアコート剤”

—紙素材にバリア層を付与できる水性コーティング剤の開発—

Barrier coating agent for paper materials

- Development of water-based coating agent to impart barrier layer, for paper materials -



増田和香子

増田和香子 研究開発カンパニー 研究開発センター 製紙用薬品開発室
WAKAKO MASUDA Paper Chemicals Development, R&D Center, R&D Company

1 はじめに

現在、世界におけるプラスチック類の生産量は年間3億トンを超えており、2015年までの過去50年間で約20倍に拡大している。私たちの生活の中でさまざまな場所で使用され、なくてはならないプラスチックであるが、近年、プラスチックごみの海洋への流出が問題となっている。年間数百万トンを超える量のプラスチックごみが陸上から海洋へ流出していると推計されており、2050年には海洋中のプラスチック量が魚の量以上になる¹⁾といった試算結果も発表されている。海洋生物をはじめとした生態系への影響もあり、プラスチックごみ問題は、今後の持続可能な世界を築くために対策が必要となっている問題の1つである。

その対策の1つにプラスチック素材の使用量削減があり、日本においてもプラスチックごみの削減を目的としたレジ袋の有料化は記憶に新しい。またプラスチック素材の使用量削減には、バイオマス由来かつ自然環境下における分解性が高いセルロース素材の活用がある。この素材の1つが「紙」である。紙は木材から得られる環境負荷が小さい素材であるが、多数の空隙を有する親水性材料であることから、単独の使用では水や水蒸気、油といった物質を浸透、透過させてしまうという課題がある。そのため、プラスチック素材の機能を紙素材で得るには、一般的にポリエチレン (PE) などのフィルムによるラミネート処理が施される。ラミネート処理によりさまざまな機能が付与された紙素材

は、紙コップや食品の包装箱といった食品包装容器にも使用されている。

一方、PEラミネート紙は、紙とPEフィルムの剥離が要求されるといったリサイクル適性の低さ、使用されるフィルムの自然界における分解性の低さ等の課題を有している。当社が開発したバリアコート剤『ハイコートBCシリーズ』は、このラミネート処理の代替を目的として、さまざまな機能を紙素材へ付与できる水性コーティング剤である。本稿では、『ハイコートBCシリーズ』の食品包装材に関する各国の法規制対応状況や紙素材に適用した際に得られる機能について紹介する。

2 食品包装材用の紙・板紙に関する法規制と適用可能な製品

プラスチックごみのうち約7割は包装容器等で使用されていたものであり²⁾、食品用が多くを占めている。これら食品用の包装材として使用するには、紙や板紙といった紙素材であっても安全性を担保する必要がある。例えば、米国において食品と直接接する包装材等に使用される化学物質は、連邦食品医薬品化粧品法 (FFDCA、Federal Food, Drug, and Cosmetic Act) に基づき、「間接食品添加物」として米国食品医薬品局 (FDA、Food and Drug Administration) が認可していること、もしくはFDAが連邦規則集 (CFR、Code of Federal Regulations) に記載して

表1 間接食品添加物として適用可能な製品の法規制対応状況

種類 (主成分)	製品名 (内添薬品の推奨pH)	固形分	法規制対応状況 (国名)
乾燥性紙力増強剤 (アニオン性PAM)	ハーמיד C-10 (酸性)	10%	CFR Title21 Part 176.110(米国)、BfR(ドイツ)、GB9685(中国)、暫定PL(日本) ^{※4}
共重合紙力増強剤 (両イオン性PAM)	ハーמיד KS38 (酸性)	20%	FCN(米国) ^{※1} 、GB9685(中国)、暫定PL(日本) ^{※4}
	ハーמיד KS2 (弱酸性～中性)	20%	
	ハーמיד T2 (弱酸性～中性)	20%	FCN(米国) ^{※1} 、BfR(ドイツ)、暫定PL(日本) ^{※4}
ケン化サイズ剤	ハーサイズ L-50 (酸性)	50%	CFR Title21 Part 176.170(米国)、BfR(ドイツ)、GB9685(中国)、暫定PL(日本) ^{※4}
エマルションサイズ剤 (特殊変性ロジン)	NeuRoz® CF50 (酸性～弱酸性)	50%	FCN(米国) ^{※2} 、BfR(ドイツ)、GB9685(中国)、暫定PL(日本) ^{※4}
	NeuRoz® ES50 (弱酸性～中性)	50%	
バリアコート剤 (スチレン-アクリル樹脂)	ハイコート BC-523	35%	CFR Title21 Part 176.170(米国)、BfR(ドイツ)、厚生労働省PL(日本) ^{※3} 、暫定PL(日本) ^{※4}
	ハイコート BC-940	35%	

※1 食品接触物届出制度 (FCN) にて内添紙力増強剤として認証 ※2 食品接触物届出制度 (FCN) にて内添サイズ剤として認証
 ※3 厚生労働省の食品用器具・容器包装のポジティブリスト (合成樹脂対象) ※4 製紙連合会が検討している暫定ポジティブリスト (紙対象)

いる「間接食品添加物」として使用可能な化学物質に準拠していることで食品用途への使用が可能となる。日本においても、厚生労働省の食品衛生法の改正により、合成樹脂を対象としたポジティブリスト制度が施行されており、紙素材への拡張が検討されている。今後、食品包装材として紙素材を使用するには、各国が定める法規制に準拠したものを使用することが必要不可欠になると考える。

現在、当社が販売している「間接食品添加物」として取り扱うことのできる製品と各国の法規制に対する対応状況を表1に示した。今回開発したバリアコート剤『ハイコートBCシリーズ』においても、食品用包装や容器への適用を考慮している。FDA、BfR、厚生労働省のポジティブリスト（厚生省PL）、さらに製紙連合会の暫定ポジティブリスト（暫定PL）といった各国の規制に準拠しており、安全性の高い間接食品添加物としての使用が可能な製品になっている。

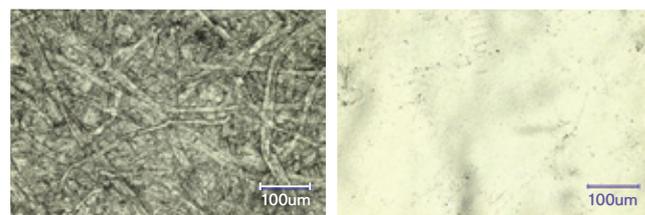
3 バリアコート剤『ハイコート BCシリーズ』とその特徴

ラミネート紙はその特徴から耐水性や耐油性、水蒸気バリア性といった多岐の機能が要求される。耐水性をはじめとする機能の発現には、ラミネート処理によるバリア層を設けることで、紙素材への水や油の浸透を防止することが重要となっている。

『ハイコートBCシリーズ』は、これらラミネート処理の代替を目的として、紙素材などの基材にバリア層を形成することでさまざまな機能を紙素材へ付与するために開発した水性コーティング剤である。図1にはレーザー顕微鏡にて観察した、(a) 未処理の紙（カップ原紙：坪量210g/m²、透気度：30秒）と (b) 『ハイコートBC-523』を塗工した紙（ハイコートBC-523塗工量：10g/m²、透気度：10,000秒以上）の表面状態を示した。(a) 未処理の紙では表面に繊維や繊維間の空隙が確認できるが、(b) 『ハイコートBC-523』を塗工した紙では、表面に繊維や空隙が確認できず、紙素材の表面にバリア層を形成している状態が観察された。このように、『ハイコートBCシリーズ』では、紙素材に塗工することでバリア層を形成し、耐水性や耐油性、水蒸気バリア性に加え、加熱と加圧によってヒートシール性も付与することが可能となっている。

次に、『ハイコートBCシリーズ』の物性を表2に示した。『ハイコートBCシリーズ』は、『ハイコート BC-523（以下、BC-523）』と『ハイコート BC-940（以下、BC-940）』の2品種を設定しており、両品種ともにエマルジョン形態の水性の製品となっている。また、従来の製紙用薬品（外添薬品）と同様の塗工設備による適用と機能発現が可能である。

BC-523とBC-940は、いずれも紙表面におけるバリア



(a) 未処理の紙 (b) 『ハイコートBC-523』を塗工した紙

図1 レーザー顕微鏡による紙表面の状態画像

表2 バリアコート剤『ハイコート BCシリーズ』の物性

製品名	ハイコート BC-523	ハイコート BC-940
外観	乳白色	乳白色
固形分	35 %	35 %
粘度 (25°C)	≦ 100 mPa·s	≦ 200 mPa·s
pH	5.0 ~ 8.0	6.0 ~ 9.0
粒子構造	自己乳化型	コアシェル型
イオン性	アニオン	アニオン

層の形成が可能であり、耐水性をはじめとする機能を付与することができる。両製品の特徴として、BC-523はヒートシール性、BC-940は耐油性に優れた製品として設定しており、必要とされる機能や適用される紙素材の物性に応じた使い分けを考えている。当社では、紙素材に対して『ハイコートBCシリーズ』を適用することにより、ラミネート処理することなく必要とされるさまざまな機能を付与し、紙製品のリサイクル適性の向上につなげたいと考えている。

4 BC-523とBC-940を用いたバリアコート紙

『ハイコートBCシリーズ』による効果を確認するため、BC-523とBC-940を用いたバリアコート紙を作成し、物性を評価した。BC-523とBC-940は、カップ原紙（坪量210g/m²）を対象とし、バーコーターにて任意の量をカップ原紙の片面に塗工した。また、塗工後は熱風乾燥器（100°C、2分間）で乾燥させ、評価用のバリアコート紙とした。

4-1 耐水性と耐油性

BC-523とBC-940を用いたバリアコート紙の耐水性は、Cobb吸水度試験（5分Cobb吸水度）にて評価した。結果を図2に示す。BC-523、BC-940、いずれも塗工量の増加に伴い吸水度が低下し、耐水性の向上が確認できた。また、5分Cobb吸水度5g/m²を得るために必要な塗工量は、BC-523は固形8g/m²程度、BC-940は固形5g/m²程度であった。

次に、耐油性を撥油度試験方法（キット法）にて評価した結果を図3に示す。耐水性と同様、BC-523、BC-940のいずれも塗工量の増加に伴いキットNo.の値が上昇し、耐油性の向上が確認できた。このとき、キットNo.10を得るために必要な塗工量は、BC-523は固形13g/m²程度、BC-940は固形7g/m²程度であった。

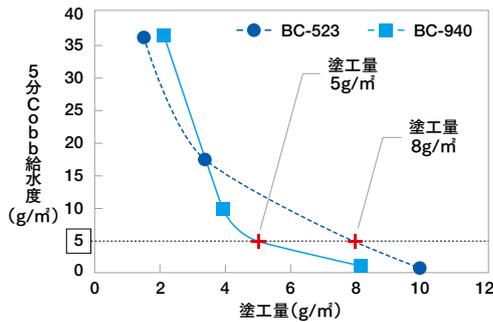


図2 耐水性 (Cobb吸水量)

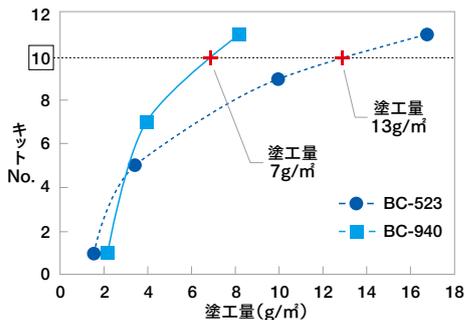


図3 耐油性 (キット法)

作成したバリアコート紙では、BC-940がより少ない塗工量で耐水性や耐油性を付与できており、本機能を重視する場合には有効と考えている。

4-2 ヒートシール性

ヒートシール性は加熱と加圧により樹脂を熔融させることで材料同士を接着させる機能である。今回のバリアコート紙の評価においては、塗工した面同士を接着し、そのヒートシール性を評価した。図4は、ヒートシール条件として、温度150°C、圧力0.1MPa、時間3秒で処理した際の塗工量とシール強度を示しているが、いずれも塗工量の増加に伴いシール強度が向上した。また本条件では、シール強度500gf/15mmにて、使用したカップ原紙の紙基材側で破壊が起こった。このシール強度500gf/15mm以上を得るために必要な塗工量は、BC-523は固形3g/m²程度、BC-940は固形5g/m²程度であった。

次に、BC-523、BC-940、いずれも塗工量を固形8g/m²としたバリアコート紙を用いて、処理温度によるシール強度への影響を確認した。結果を図5に示す。紙基材の破壊が確認されるシール強度を得るには、BC-523が105°C程度、BC-940が115°C程度の処理温度が必要であった。またBC-523は、処理温度90°Cでもヒートシール性を発現し、塗工面と非塗工面においてもヒートシール性を発現することを確認している。

作成したバリアコート紙では、ヒートシール性を利用した紙器への加工性ととも、食用油に対するバリア性も有していることを確認でき、食品包装材への適用性も有していると考えている。

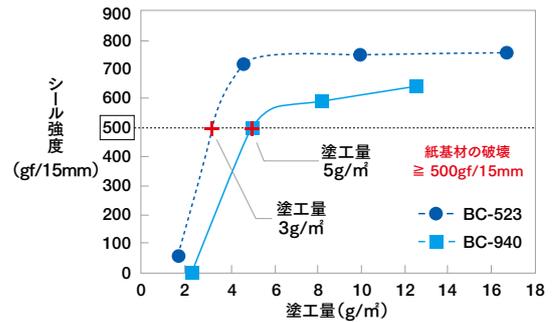


図4 塗工量とシール強度 (処理温度150°C)

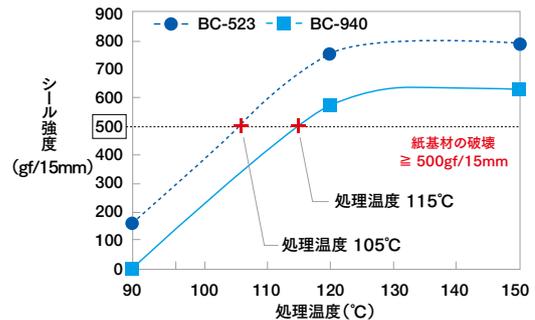


図5 処理温度とシール強度 (塗工量8g/m²)

4-3 水蒸気バリア性 (透湿度)

水蒸気バリア性 (透湿度) はバリアコート紙の面積1m²を24時間で透過する水蒸気の量で示した。評価には、透湿度試験 (カップ法) を用いた。図6に結果として得られた塗工量と24時間後の透湿度を示す。透湿度の値が小さいほど、水蒸気バリア性が高く、水蒸気の透過を抑制できていることを示している。BC-523、BC-940、いずれも塗工量の増加に伴い透湿度が低下し、水蒸気バリア性の付与が確認できた。

本条件で作成したバリアコート紙における水蒸気バリア性は、BC-940が良傾向にあるものと考えている。

4-4 強度特性

強度特性はプラスチックフィルム等に要求される耐突き刺し性や引張強度を評価した。耐突き刺し性は、尖った部位を持つ物質や鋭利な部位を持つ物質と接触した際に基材に破れやピンホールが生じることを抑制する特性である。ラミネートフィルムの代替を目的とする上で、この耐突き刺し性は重要な特性であるといえる。本開発品である

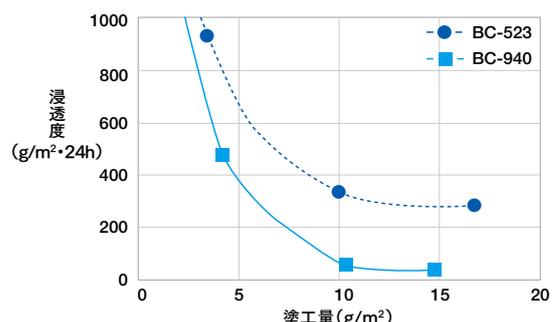


図6 水蒸気バリア性 (透湿度)

『BC-523』は、その樹脂被膜が靱性を持つことから、耐突き刺し性の指標となる突き刺し強度や引張強度等の強度特性の向上に寄与するという特徴を有している。

BC-523とクラフト原紙（坪量80g/m²）を用いてバリアコート紙を作成し、強度特性への影響を確認した。バリアコート紙の突き刺し強度と比引張強度の測定結果をそれぞれ図7、図8に示す。いずれの評価でも塗工量の増加に伴い応力が向上していることから、強度特性に寄与することが確認できた。

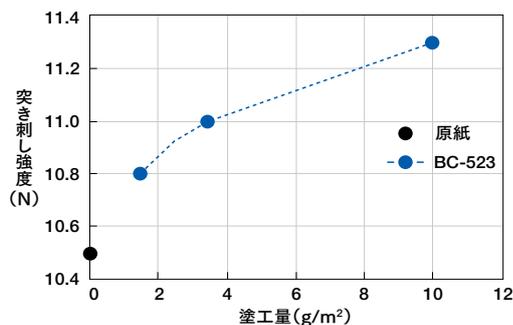


図7 突き刺し強度

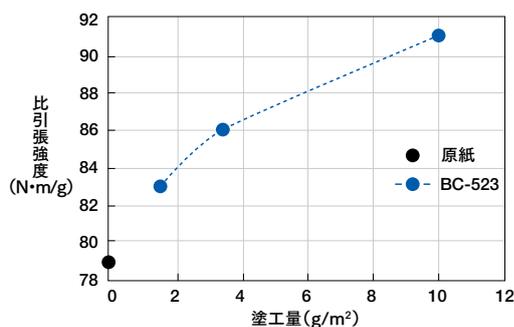


図8 比引張強度

5 食品包装材への適用例

現在、食品のテイクアウトや宅配サービスの需要などの高まりもあり、宅配ピザやファストフードの包装容器として、紙製品の需要が増加傾向にある。BC-523とBC-940を用いたバリアコート紙については、すでに耐水性や耐油性、ヒートシール性、水蒸気バリア性の評価結果を示したが、これら食品包装材への適用では、特に食用油に対するバリア性が重要視されると考えている。

このため、BC-940と市販のクラフト紙（坪量80g/m²）を用いて、食品包装材としての適用性を評価した。本評価では、BC-940の塗工量は固形10g/m²、塗工後は熱風乾燥器（100℃、2分間）で乾燥させ、作成したバリアコート紙をヒートシールすることにより紙器を成形した（図A）。また食用油に対するバリア性は、市販の食用油100μLを接触させた際の油染みの発生の有無について、接触後の時間経過とともに観察することで評価した。

図9に食用油を接触させた際の紙の外観を示す。図9に示したとおり、(ア)クラフト紙では食用油と接触後、す

ぐに油染みの発生が確認された。一方、(イ)BC-940を用いたバリアコート紙は、食用油と接触後24時間経過した場合においても油染みの発生は確認されなかった。また加熱調理での用途を想定し、バリアコート紙に食用油を接触させた後、80℃で10分間保管した際の外観も観察した。結果として、(ウ)BC-940を用いたバリアコート紙では、加熱した場合にも油染みの発生が確認されなかった。

作成したバリアコート紙では、ヒートシール性を利用した紙器への加工性ととも、食用油に対するバリア性も有していることを確認でき、食品包装材への適用性も有していると考えている。

6 おわりに

プラスチック使用量の削減に向けた取り組みとして、当社では紙素材の活用にご貢献できるバリアコート剤『ハイコートBCシリーズ』を開発した。『ハイコートBCシリーズ』は、紙素材にバリア層を形成することで、耐水性や耐油性、ヒートシール性に加え、水蒸気バリア性といったさまざまな機能を付与することができる水性コーティング剤である。また、間接食品添加物としてFDAをはじめとした各国の法規制に準拠した製品であり、食品包装材に使用される紙への適用も可能である。当社では、ラミネート処理することなく、紙製品に必要とされるさまざまな機能を付与することで、紙製品のリサイクル適性向上につなげることができると位置付けており、今後はバイオマス素材の適用も含め、環境負荷の低減に寄与していきたいと考えている。

ハリマ化成グループの企業理念のもと、紙・セルロース素材の活用において安心して使用できる安全な製品の開発を通じ、ヒトと自然に優しいモノづくりを目指していく。

図A 成形した紙器の外観

(ア) クラフト紙 (直後)



(イ) バリアコート紙 (24時間後)

(ウ) バリアコート紙 (80℃、10分後)

図9 食用油を接触させた際の紙の外観 (食用油接触後の経過時間)

〈参考文献〉

- 1) U.S. Food and Drug Administration, Guidance for Industry : Preparation of Premarket Submission for Food Contact Substances : Chemistry Recommendations, Appendix V
- 2) 一般社団法人 プラスチック循環利用協会「プラスチックリサイクルの基礎知識 2021」