

家庭紙用薬品について

Chemicals for Household Papers

CHEMIPAZ 株式会社

R&D 価値創生本部

ファンクショナルケミカルズ部

鈴木 洋

1. はじめに

トイレtpーパー、ティシューペーパー、ペーパータオルといった家庭紙(衛生用紙)は、我々の生活には必要不可欠なものである。トイレtpーパーがなければトイレで肌を拭くことができない。ティシューペーパーは鼻をかむだけでなく、机などに少量の液体をこぼした際拭き取るのに便利である。また、新型コロナウイルス感染が拡大した2020年以降、衛生意識が高まり、ペーパータオルの需要が拡大している。このように家庭紙は、我々の生活になくてはならないものであるが、「紙」という点では、ノートなどに使われる筆記用紙、広告やカタログに使われる印刷用紙、モノを梱包するのに使われる段ボールと同じである。

しかしながら、家庭紙では、「拭き取る」という目的が主であり、その目的を達成するため、他の紙と製造方法が異なっている。また紙には、用途に応じて種々の薬品が使用されているが、家庭紙においても薬品

が使用されており、他の紙種では通常使用されない薬品も使用されている。

本報告では、家庭紙と他の紙との違いを説明したのち、家庭紙で使用される薬品について紹介する。

2. 家庭紙と他の紙との違い

家庭紙は、筆記用紙や印刷用紙などの「洋紙」、段ボールの原紙となる「板紙」などとは異なり、坪量(紙1m²当たりの重量)が低い場合が多い。表1に、家庭紙と他の紙種に要求される品質を示す。家庭紙では他の紙種とは異なり、水を吸収しても破れにくい、柔らかい、肌触りが良い等、他の紙種とは要求品質が異なることがわかる。また、家庭紙には、「クレープ」と呼ばれる細かいしわが紙に付与されている(図1)。

表1. 紙種による要求品質の違い

	家庭紙	洋紙	板紙
種類	トイレtpーパー、ティシューペーパー、ペーパータオル	ノート、書籍、教科書、ポスター、カタログ、雑誌	段ボールのライナー、中芯紙管原紙
坪量	トイレtpーパー: シングル 22g/m ² 程度 ダブル 16g/m ² 程度 ペーパータオル: 20g/m ² 程度 ティシュー: 11g/m ² 程度	52.3g/m ² 以上	100g/m ² 以上
要求品質	乾燥強度 湿潤強度(水に濡れても破れにくい) 水解性(水洗トイレtpーパーの場合) 吸水性 嵩高さ、柔軟性、肌触り等々	印刷適性(印刷品質、印刷時の操作性) インキ受理性、湿し水耐性、表面強度、内部強度、剛度、平滑性、不透明度 等々	破裂強度、圧縮強度、表面強度、内部強度、剛度、平滑性 印刷適性(印刷品質、印刷時の操作性) 等々

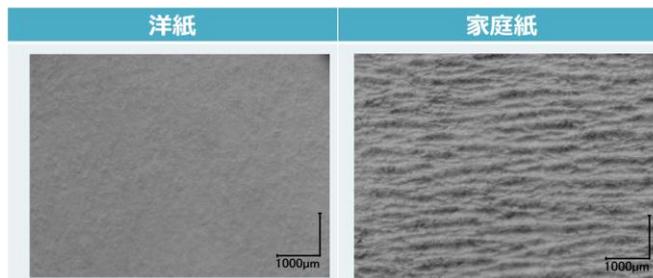


図1. 紙表面の電子顕微鏡写真

クレープが付与されることで、柔軟性や嵩高さを高めることができ、肌触りの優れた紙となる。

クレープを形成する一連の工程は、「クレーピング工程」といい、日本国内ではドライクレープの方法が用いられている。

ドライクレープのクレーピング工程は下記3段階から構成される(図2)。

- ①高速で抄き出された低坪量の湿紙を回転するヤンキードライヤー表面に接着・乾燥させる。
- ②接着した紙をドクターブレードで圧縮する。この際、クレープが形成される。
- ③圧縮した紙をドライヤーから剥がす。

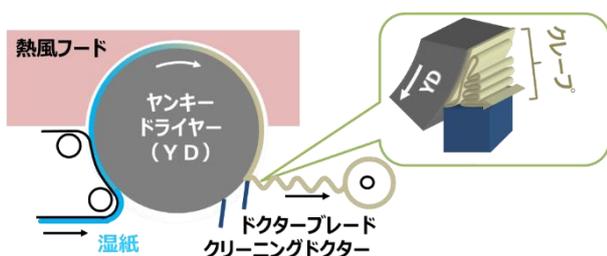


図2. クレーピング工程の模式図

3. 家庭紙の製造で使用される薬品

前述の通り、家庭紙には、トイレtpーパー、ティッシュペーパー、ペーパータオルといった種類の違いがあり、要求される品質が異なる。家庭紙に使用される薬品としては主に下記が挙げられる。

・湿潤紙力剤: 紙が濡れても破れにくくするために湿潤強度を付与。パルプスラリーに添加して使用。

・乾燥紙力剤: 紙が破れにくくするため乾燥強度を付与。パルプスラリーに添加して使用。

・風合向上剤: 紙の手触りを良くする効果がある。パルプスラリーに添加して使用。

・クレープ剤: ヤンキードライヤー上に皮膜を形成させることで、ヤンキードライヤー表面を保護する。また、ヤンキードライヤーへの紙の接着性をコントロールする。ヤンキードライヤーに塗布して使用。

・保湿剤: 紙に保湿性を付与。原紙に塗布して使用。

・ピックアップ用接着剤: トイレtpーパーを芯(紙管)に巻き付ける際の糊。

・テールシール用接着剤: トイレtpーパーを芯に巻いた後に剥がれないようにする糊。

上記の薬品が、どのような紙種に使われるのかについては図3にまとめた。

■ 原紙製造工程で使用する薬品	
<p>-内添薬品</p> <p>湿潤紙力剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・湿潤強度の付与 ・ティッシュ、タオルで使用 <p>風合向上剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・柔らかさ滑らかさ等の風合いを向上 ・ティッシュ、トイレtpで使用 	<p>-クレープ剤 (紙種問わず使用)</p> <p>クレープ用接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドライヤー上のクレーピング被膜の形成 →湿紙の接着、ドライヤー表面の保護等の役割を担う。 <p>クレープ用離型剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・接着-剥離の度合いを調節
■ 加工工程で使用する薬品 (トイレtp及びタオル、キッチンペーパーで使用)	
<p>保湿剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・保湿性の付与 ・保湿ティッシュ、トイレtpで使用 	<p>ピックアップ用接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コア(紙管)に紙を巻き付ける際の糊 <p>テールシール用接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・包装等の生産工程でテールの乱れを防ぐ

図3. 家庭紙の製造に使用される薬品

今回は、家庭紙に使用される薬品のうち、湿潤紙力剤、風合向上剤、クレープ剤について説明する。

3-1. 湿潤紙力剤

ティッシュペーパーは鼻をかむためによく使用される。また、ペーパータオルは、机にこぼした液体を拭き取ったり、掃除のために水に濡らして使用したりす

るケースが多い。このような用途の場合、紙が水に濡れる、もしくは水を吸収しても、破れにくいことが要求される。

紙はセルロースの集合体であるパルプ繊維から成っている。パルプ繊維には多くの水酸基(OH基)があり、これらが水素結合することで、紙に強度が付与される。しかしながら、水素結合は、水が浸入することで開裂するため、紙が破れやすくなってしま(図4)。

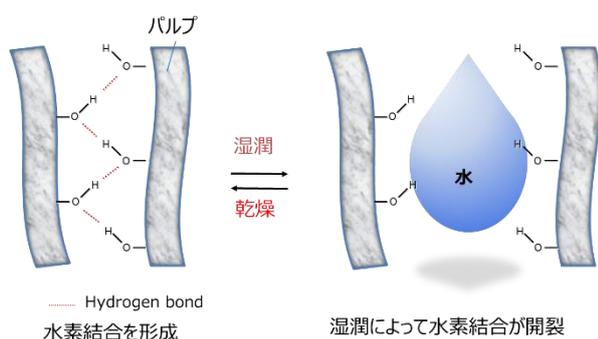


図4. パルプ繊維間の水素結合の開裂

湿潤紙力剤は水の侵入によるパルプ繊維間の結合の開裂を抑制する目的で使用される。湿潤紙力剤としてよく知られている成分はポリアミドエピクロロヒドリン(以下 PAE と略)と呼ばれる水性樹脂である。PAE は、反応性に富むアゼチニウム環(以下 AZR と略: 図5)を有しており、この AZR が PAE 樹脂中のアミノ基や、紙の原料であるセルロース繊維に存在するカルボキシ基と反応、共有結合を形成することで、紙が水に濡れても、パルプ繊維間結合の開裂が抑制される(図6)。



図5. PAE 樹脂の反応性部位

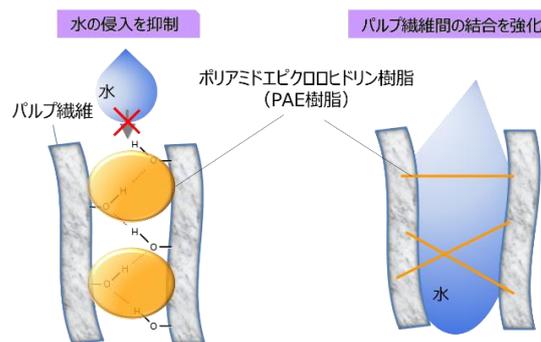
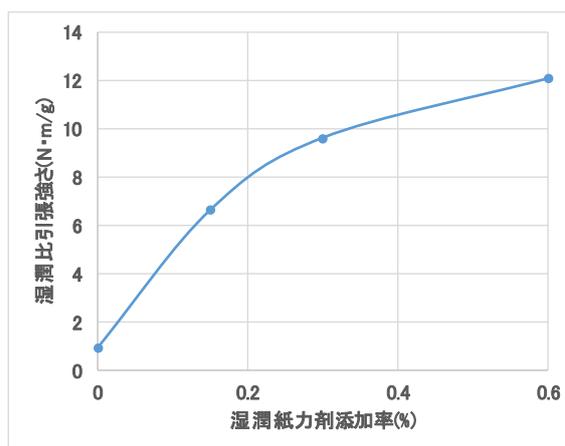


図6. PAE 樹脂によるパルプ繊維間結合の開裂抑制

図7に湿潤紙力剤を添加した場合の手抄き紙の湿潤引張強さのグラフを示す。横軸は紙に対する湿潤紙力剤の添加率、縦軸は湿潤引張強さである。湿潤紙力剤の添加率が高くなるに従い、湿潤引張強さが高まっていることがわかる。

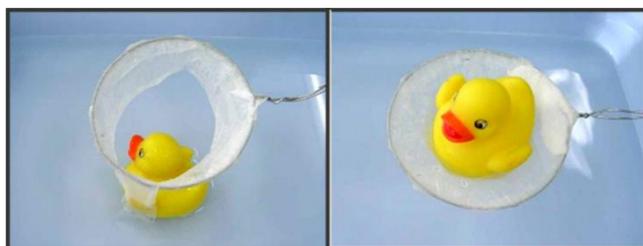


【手抄き紙調製条件】
 <原料> BKP(L/N=9/1), CSF410 <抄紙 pH> pH:6.5
 <乾燥条件> 80 °C-120 秒 <Cure条件> 105 °C-40 秒

図7.湿潤紙力剤を添加した紙の湿潤強度

また、図8に湿潤紙力剤を添加しない紙と添加した紙を水に浸けた時の写真を示す。湿潤紙力剤を添加することで、水に濡れた場合、明らかに破れにくくなっていることがわかる。そのため、湿潤紙力剤は水に濡れても破れにくいことが求められるティシューペーパーやペーパータオルに使用されている。

一方、湿潤紙力剤の使用により、水に濡れても破れにくくなるため、トイレに流した際に配管を詰まらせてしまう。そのため、通常トイレトーパーでは使用されない。



湿潤紙力剤なし

湿潤紙力剤あり

図8. 湿潤紙力剤使用紙を水に浸けた時の破れにくさ

当社の代表的な湿潤紙力剤製品を表2に示す。用途に応じたラインアップを取り揃えている。

表2. 湿潤紙力剤 WS シリーズ

製品名	不揮発分 (%)	粘度 (mPa・s)	pH	特徴
WS4035	25	50-250	2.5-4.5	汎用品
WS4040	25	30-250	2.5-4.5	高湿潤紙力品
WS4027	25	15-35	2.5-4.5	低粘度品
T-WF102	18	30-130	2.5-4.5	低AOX品

3-2. 風合向上剤

風合向上剤は、紙に柔らか感、ふっくら感、滑らか感、しっとり感を付与するための薬品であり、通常パルプスラリーに添加して使用する。当社では、柔らか感を重視したミセル形成タイプの FS8006、滑らか感を重視したエマルジョンタイプの GT8022 を販売している(表3)。

表3. 風合向上剤 FS8006、GT8022

風合向上剤	FS8006	GT8022
外観	黄色液体	乳白色液体
イオン性	カチオン	両性
有効成分 (%)	90	40
粘度 (mPa・s/25℃)	500以下	300以下
pH	-	9.0±1.0
効果の特徴		
柔らか感	◎	○
ふっくら感	○	◎
滑らか感	○	◎
紙力への影響	低下し易い	低下し難い

風合向上剤は親水性基と疎水性基を有する界面活性剤を主成分としており、パルプスラリーに添加された後、ミセルを形成する。風合い向上の効果は、下記①～④のメカニズムで発現する(図9)¹⁾。

- ① ミセル形成した風合向上剤がパルプ繊維に定着
- ② 定着した風合向上剤が親水性のパルプ繊維を被覆
- ③ ドライヤーでの湿紙乾燥時にパルプ繊維間の距離が接近することを抑制
- ④ パルプ繊維間の水素結合を阻害することで、柔らかさと厚さが増大。またパルプ繊維上で風合向上剤成分が潤滑剤として働き、滑らかさを増大

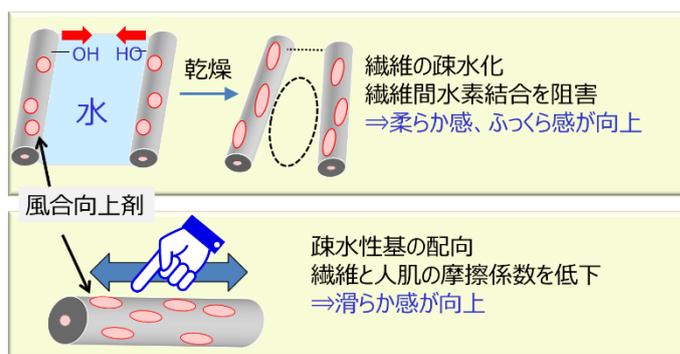


図9. 風合向上効果のメカニズム

FS8006 はミセルタイプの風合向上剤であり、紙に柔らか感を付与する効果に優れるが、同時に紙の強度も低下させる。対して、GT8022 はエマルジョンタイプの風合向上剤であり、紙力低下効果が小さく、滑らか感、ふっくら感を付与する効果に優れる。

FS8006 はミセルタイプであり、粒子径が小さい(表面積が大きい)ため、パルプ繊維に定着した際、繊維表面の被覆面積が大きい。そのためパルプ繊維間の水素結合を阻害し、結果柔らか感を付与する。GT8022 はエマルジョンタイプであり、FS8006と比較して粒子径が大きい(表面積が小さい)ため、パルプ繊維に定着した際、繊維表面の被覆面積が小さくなる。そのためパルプ繊維間の水素結合の阻害は部分的になり、結果紙力低下効果が小さい。また、GT8022 は疎水性を高めた設計であり、その結果、紙に滑らかさとふっくら感を付与する(図10)。

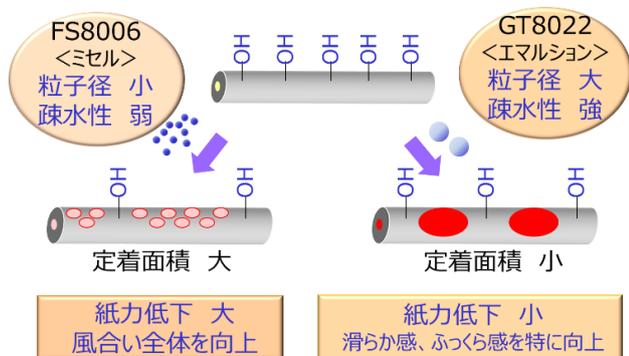
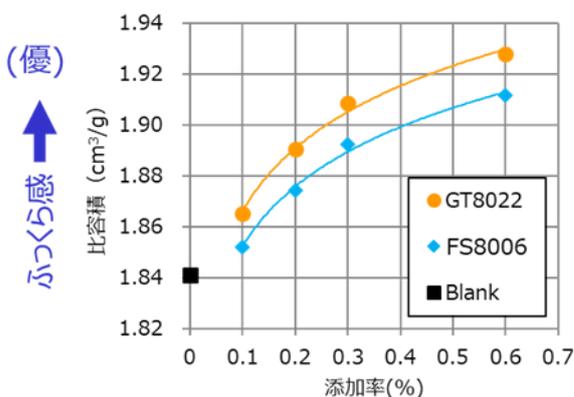
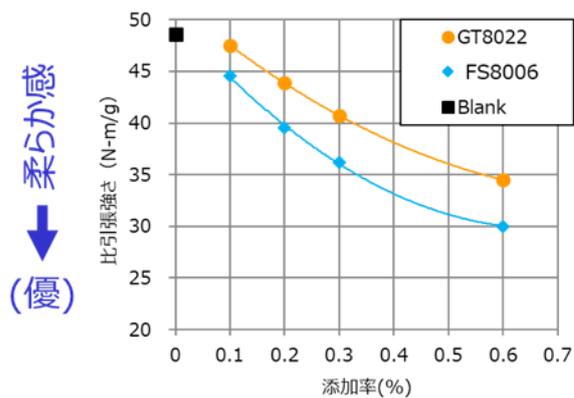


図10. FS8006 と GT8022 の違い

図11に FS8006 および GT8022 を使用して調製した手抄き紙の風合向上効果を示す。引張強さで「柔らか感」、比容積で「ふっくら感」を評価した。すなわち引張強さが低い方が柔らかく、比容積が高い方が、ふっくら感があると評価した。

FS8006、GT8022 共に、「柔らか感」、「ふっくら感」を向上させるが、FS8006 は柔らか感を高める効果により優れる。一方、GT8022 は、「ふっくら感」を特に向上させ、紙の強度を低下させ難いことがわかる。



【手抄き紙調製条件】
 パルプ: BKP(L/N=9/1) CSF=379
 用水: pH7.5
 乾燥条件: 100℃100秒 (ドラムドライヤー)
 坪量: 40g/m²

図11. 風合向上剤の効果

3-3. クレープ剤

クレープ剤には主にクレープ用接着剤(コーティング剤)とクレープ用離型剤(剥離剤)の2種類の薬品がある。これらの薬品はヤンキードライヤーにスプレー塗布され、ドライヤー上でコーティング皮膜を形成する。コーティング皮膜は、ドライヤー表面上でクレープ用接着剤が硬化した保護層と、湿紙との界面近傍で接着剤と離型剤成分から形成された柔らかい接着層の2層構造であると考えられている。保護層はドクターブレードからヤンキードライヤーを保護する機能があり、接着層は湿紙をドライヤーに接着させる機能を持っている(図12)²⁾。

クレープ用接着剤としては、湿潤紙力剤の項でも説明した PAE 樹脂や、ポリエチレンイミン(PEI)樹脂

を主成分としたものが一般的である。当社のクレープ用接着剤は PAE 樹脂を主成分とするタイプである。

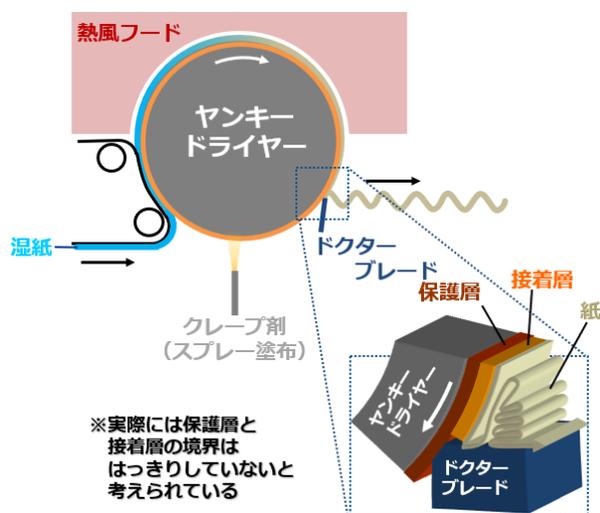


図12. ヤンキードライヤー上の皮膜とクレープ形成

PAE 系クレープ用接着剤は、反応性部位であるアゼチジニウム (AZR) 基の有無で反応タイプ、非反応タイプに大別される。表4に当社クレープ用接着剤 CA シリーズの代表的な品番を示す。非反応タイプは AZR 基を含有しない PAE 系クレープ用接着剤であり、ドライヤー上で分子量はほとんど変化しないと考えられ、皮膜硬度が低く、湿紙接着性に優れたコーティング皮膜を形成する。対して、AZR 基を有する PAE 系クレープ用接着剤は「反応タイプ」と呼ばれ、ドライヤー上で架橋反応による高分子量化が進行する。非反応タイプのクレープ用接着剤と比較して、反応タイプは皮膜硬度が高く、皮膜耐水性に優れる。

ティシューペーパーやペーパータオルのように、抄造時に湿潤紙力剤をパルプスラリーに添加する場合、湿潤紙力剤によってヤンキードライヤー上に形成されるコーティング皮膜が過度に硬くなるケースがある。そのため、そのような場合には皮膜硬度が比較的低い非反応タイプのクレープ用接着剤の適用が好ましい。一方、紙に柔らかさや滑らかさを付与するために風合向上剤をパルプスラリーに添加する場合、風合向上剤によって湿紙接着性が低下するとともにヤンキードライヤー表面のコーティング皮膜は柔らかくな

る。特に、皮膜硬度が過度に低下すると、コーティング皮膜がドクターブレードでかき取られるケースがあり、このような場合は比較的硬い皮膜を形成する反応タイプのクレープ用接着剤の適用が好ましい。

また、クレープ用接着剤のさらなる高性能化を目指して、非反応タイプ/反応タイプ接着剤の併用を検討した結果、接着剤単独処方では達し得ない優れた効果を発揮することが分かった。この処方を適用することで、クレーピング工程の操業安定化に繋がるとともに、良質なクレープが得られる。詳細は、2022年8月に掲載した弊社テクニカルレビューで報告しているのでご参照頂きたい³⁾。

表4. クレープ用接着剤 CA シリーズ

	不揮発分 (%)	粘度 (mPa·s)	pH	タイプ	適用マシン
CA6003	10	40	9	非反応	ティシュー専抄マシン
CA6006	15	40	3	反応	トイレット又は混抄マシン

一方、クレープ用離型剤としては鉱物油系が主流である。当社クレープ用離型剤 CR シリーズの代表的な品番を表5に示す。クレープ用離型剤はクレープ用接着剤と併用され、ドライヤーへの紙の接着性をコントロールするために使用される。CR6106 は離型効果がマイルドであるため、比較的接着性のコントロールがしやすい品番である。それに対し、CR6157 は離型効果に優れるため、少量の離型剤量で大きな剥離効果が得られる(図13)。

表5. クレープ用離型剤 CR シリーズ

	粘度(mPa·s)	消防法の分類
CR6106	150以下	危険物
CR6157	150以下	非危険物

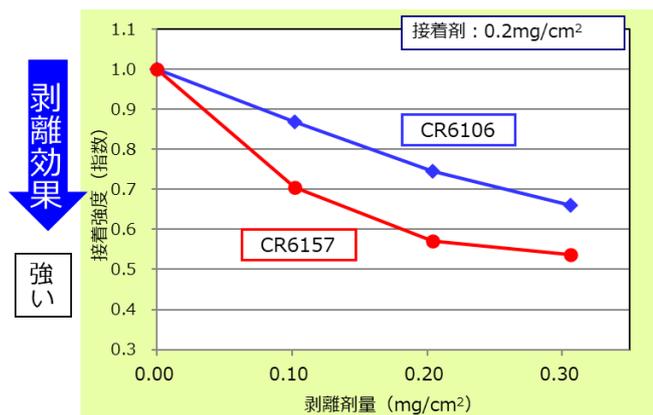


図13. 離型剤の効果

4. おわりに

本報では、家庭紙に使用される薬品について説明

した。家庭紙の種類によって要求される品質が異なり、使用される薬品も異なることがわかり頂けたと思う。

冒頭でも述べたように、家庭紙は我々の生活に欠かせないものである。今後も、ニーズをいち早く捉え、家庭紙の品質向上に貢献できるよう、家庭紙用薬品の開発を進めていく所存である。

<参考文献>

- 1) 吉谷孝治、紙パ技協誌、第 68 巻(第 11 号)
- 2) 吉谷孝治 紙パルプ技術タイムス、2018 年 7 月号
- 3) 鈴木幸恵、鈴木洋、CHEMIPAZ 株式会社ホームページ、テクニカルレビュー2022 年 8 月 18 日号

研究者プロフィール



CHEMIPAZ 株式会社
R&D 価値創生本部
ファンクショナルケミカルズ部
マネジャー
鈴木 洋
(Hiroshi Suzuki)