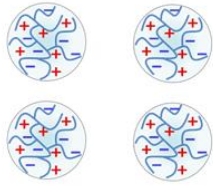
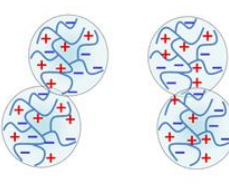
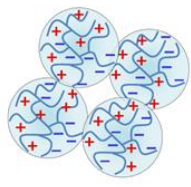







表 1. 聚离子复合物(PIC)的形成与性能

|                                |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|
| 聚离子复合物的形成                      |  |   |  |
| 两性PAM稀释液外观                     |  |  |  |
| 对纸浆的定着率 (定着量/添加量、wt/wt)        | 0.72  | 0.9   | 0.95  |
| 干燥耐破强度 (kPa·m <sup>2</sup> /g) | 2.81  | 2.96  | 2.75  |

两性 PAM 分子量对滤水性和榨水性影响的调查结果如图 2 所示。图中左轴表示动态滤水试验测得的滤水速度，右轴表示湿纸在压榨后的水分率（榨水性）。随着两性 PAM 分子量的增加，滤水速度均匀提高，但榨水性在分子量超过一定值后开始变差。作为絮凝剂使用的高分子量阳离子性 PAM 或阴离子性 PAM 能通过凝聚纸浆并形成絮凝体来提高滤水性和助留。然而，若形成的絮凝体过大，其中吸附的水分较难排出，可能导致榨水性变差且干燥性下降。两性 PAM 也是如此，随着分子量的增加，纸浆的絮凝体尺寸也会变大，导致榨水性变差。为了提高纸机的操作性，滤水性和榨水性的平衡至关重要，因此两性 PAM 的分子量存在一个最佳范围。

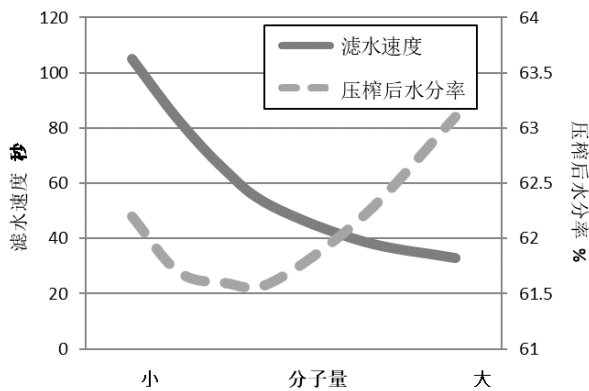


图 2. 两性 PAM 的分子量对滤水与榨水的影响

阳离子基团导入量和施胶性的研究结果如图 3 所示。随着阳离子量增加，Cobb 吸水值下降，施胶性提高。然而，当引入的阳离子量超过一定值时，施胶性不再进一步提升。当使用引入大量阳离子基团的两性 PAM 时，造纸系电荷平衡转正，对助留产生负面影响。从此可以看出，引入的阳离子量也存在一个最佳范围。

此外，PAM 分子链中阳离子基团的密度（分布）也会影响施胶度。要注意，阳离子基团密度高的 PAM（图 3 黑星）会阻碍施胶剂向纸浆的均匀定着，从而导致施胶度难以提升。

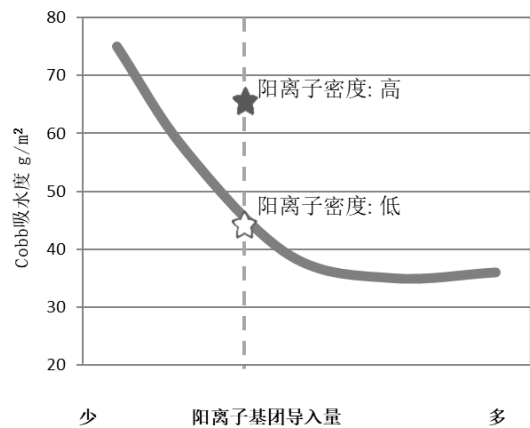


图 3. 两性 PAM 的阳离子基团导入量与施胶性

### 3. 造纸工艺改良剂 PM 系列开发

在板纸中，特别是在使用松香施胶剂并要求高施胶性的箱板纸抄造过程中，为了减少硫酸铝的用量，需要解决以下问题。

- ①施胶效果下降
- ②脱水性下降
- ③纸机脏污增加

针对这些问题，我们对两性 PAM 设计进行优化，开发出了新型造纸添加剂——造纸工艺改良剂 PM7460。在造纸工艺改良剂中，引入了不同于常规两性 PAM 的 PIC 形成控制新技术。造纸工艺改良剂 PM7460 的基本物性如表 2 所示。与常规产品相比，PM7460 具有较高的阳离子比例和较低的分子量设计。

表 2. PM7460 的基础物性

|            | PM7460       | 常规产品         |
|------------|--------------|--------------|
| 不挥发成分 (%)  | 20           | 20           |
| 粘度 (mPa·s) | 4,000~10,000 | 4,000~10,000 |
| pH         | 2.5~4.5      | 2.5~4.5      |
| 离子性        | 两性           | 两性           |
| 阳离子量(指数)   | 200          | 100          |
| 阴离子量(指数)   | 100          | 100          |
| 分子量(指数)    | 50           | 100          |

PM7460 与常规两性 PAM 干强剂的手造纸评估结果如表 3 所示。使用板纸类原料，硫酸铝的添加量相对纸浆分别为 3%和 0.5%，干强剂为 0.5%，松香施胶剂为 0.4%。在常规产品中，当硫酸铝的添加量从 3%减少到 0.5%时，纸强度(耐破强度)、施胶度(Cobb 吸水度)、滤水性(滤水时间)、助留率(纸中灰分)等所有指标均出现恶化。相比之下，PM7460 在硫酸铝添加量减少到 0.5%的条件下，纸强度和滤水性、施胶度方面仍能保持效果良好。

表 3. 手造纸评估结果

| 配方  | 常规品/PM  | 添加率[%]                  | 常规品  | 常规品  | PM7460 |
|-----|---------|-------------------------|------|------|--------|
|     | 硫酸铝     | 添加率[%]                  | 0.5  | 0.5  | 0.5    |
| 操作性 | 滤水时间    | [秒]                     | 30   | 78   | 37     |
|     | 纸中灰分    | [%]                     | 11.5 | 10.9 | 11.6   |
| 纸质  | 耐破强度    | [kPa·m <sup>2</sup> /g] | 2.73 | 2.55 | 2.78   |
|     | Cobb120 | [g/m <sup>2</sup> ]     | 61   | 93   | 43     |
|     | 纸中松香    | [%]                     | 0.36 | 0.32 | 0.37   |

我们对施胶效果提升的原因进行了调研，结果显示 PM7460 即使在大幅减少硫酸铝用量的条件下，纸中松香量也没有下降。此外，我们为了了解松香施胶剂的分布情况，对风干的手造纸进行了 SEM 观察(表 4)。由于乳液型松香施胶剂在风干后不会熔融，能以乳液粒子的形式存在于纸浆纤维上。在硫酸铝使用量较大的条件下使用常规产品时，松香施胶剂粒子凝集在多处产生(图中红圈所示)。然而，在使用 PM7460 时，几乎没有看到松香施胶剂粒子的絮聚物，松香施胶剂的分布更为均匀。可以看出，使用 PM7460，即使在硫酸铝使用量较少的条件下，松香施胶剂也能保持均匀分布，容易定着，从而可以确保良好的施胶度。

硫酸铝添加率变化时的滤水速度变化如图 4 所示。与常规产品相比，PM7460 在硫酸铝量变化对滤水速度的影响较小，即使在没有硫酸铝的情况下，滤水速度也保持良好。

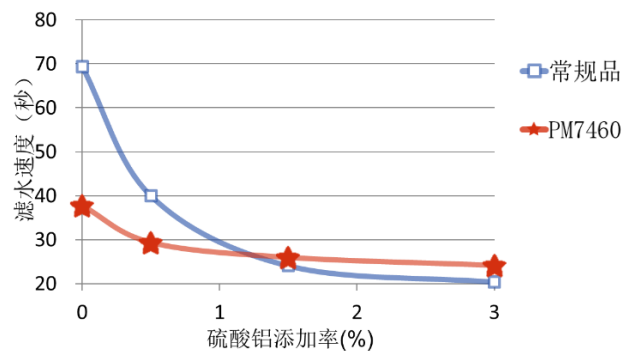
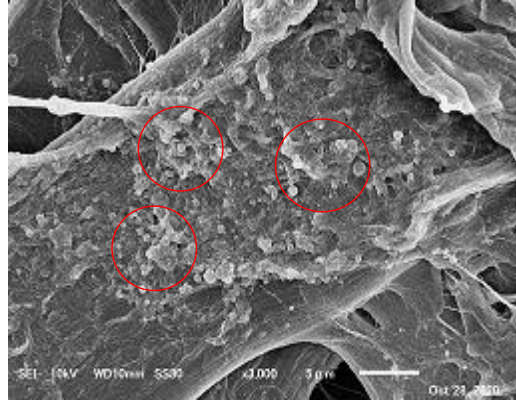
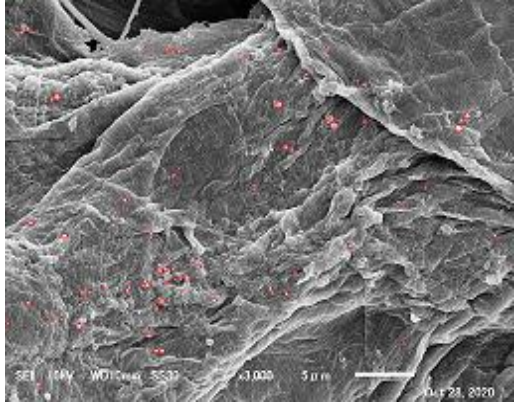


图 4. 滤水性评估结果

表 4. 松香乳液粒子的分布状况比较

|       | 常规品   | PM7460   |
|-------|---|--|
| 硫酸铝用量 | 3.0%  | 0.5%   |
| 纸中松香量 | 0.36%   | 0.37%  |
| SEM图像 |  |  |

榨水性能评估结果如图 5 所示。我们制作了不同含水率的湿纸，并比较了压榨后的含水率变化。结果显示即使在压榨前的含水率相同的情况下，PM7460 压榨后的含水率更低，榨水性更好。PM7460 的实机试验中显示，即便减少硫酸铝用量也能提高造纸速度。

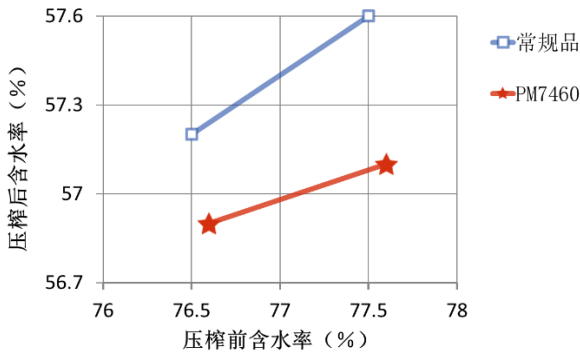


图 5. 榨水性评估结果

PM7460 对造纸系统的净化效果如表 5 所示。我们将规定量的化学品添加到脱墨浆料中，过滤浆料后检测滤液的离子浓度和浊度。我们对硫酸铝、常规两性 PAM 干强剂、阳离子高分子凝结剂与 PM7460 进行了比较。离子浓度表示浆料滤液中胶体状阴离子物质的含量。浊度表示无法通过滤纸过滤的胶体状微细成分的含量。离子浓度的对比结果显示，当硫酸铝添加量为相对浆料的 0.5% 时，其离子浓度与 PM7460 添加量为 0.1% 时的相同。说明在此添加率下，

两者的阴离子物质封闭效果相同。在上述条件下，PM7460 降低浊度的效果也优于硫酸铝。

表 5. 离子性物质封锁性能与降低浊度效果对比

| 化学品          | 硫酸铝  | 无     | 常规品   | PM7460 | 凝结剂   |
|--------------|------|-------|-------|--------|-------|
| 添加率 (%)      | 0.5  | 0     | 0.1   | 0.1    | 0.05  |
| 离子浓度 (meq/L) | -0.2 | -0.23 | -0.23 | -0.2   | -0.12 |
| 浊度 (NTU)     | 60   | 500   | 40    | 15     | 25    |

#### 4. 结语

为了减少在板纸，特别是箱纸板生产中硫酸铝的用量，我们研发的新型造纸工艺改良剂 PM7460 能解决硫酸铝减量时可能会遇到的问题，譬如施胶效果下降，脱水性下降、纸机污染增加等。通过使用 PM7460，可以避免在板纸的生产中的硫酸铝用量过大而产生的问题，有助于板纸的稳定生产，目前我们也正在向各造纸公司积极推广此产品。



<参考文献>

- 1) P. R. Proxmire and R. A. Stratton : *Proceeding of 1988 Papermakers Conference*, p131 (1988).
- 2) 下吉孝幸, 千明史枝, 东浦收, 饭田嗣郎, 石田正久 : 造纸技术协会杂志, **55**(11), 1555 (2001).
- 3) 饭田嗣郎, 下吉孝幸, 关口尊文, 小国正祥 : 造纸技术协会杂志, **64**(7), 810 (2010).
- 4) 茨木英夫 : 紙パ技協誌, **67**(5), 538(2013).
- 5) 小国正祥, 茨木英夫: 造纸技术协会杂志, **68**(10), 1097 (2014).

研究员简介



星光 PMC 株式会社  
造纸用药品事业部  
技术统括部  
千叶研究所  
山戸 海里



星光 PMC 株式会社  
造纸用药品事业部  
技术统括部  
千叶研究所  
主任 中島 修



星光 PMC 株式会社  
造纸用药品事业部  
技术统括部  
千叶研究所  
主任 久米田 和寛