

2026 Spring Meeting KTAPPI

# Smart Papermaking Process Innovation II

Advanced Strategies for  
Sustainable and Intelligent Papermaking





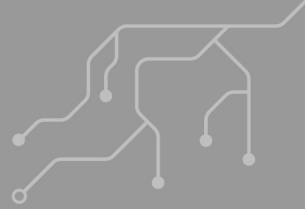
2026 Spring Meeting KTAPPI

# Smart Papermaking Process Innovation II

Advanced Strategies for  
Sustainable and Intelligent Papermaking







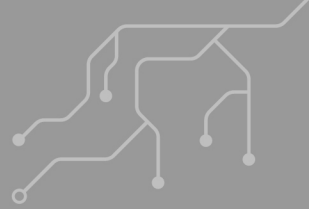
# Contents

## 〈특별세션: 첨단 제지용 케미컬 및 공정 기술〉

플라스틱 대체 셀룰로오스 기반 발포 기술 및 제지 경쟁력 강화를 위한 저원가·고효율 공정 기술 김철환, 신경식, 김범진	3
Pitch Deposit Tester (PDT) 및 On-line Charge Analyzing System (OCAS)을 이용한 제지 공정 내 Micro Stickies 거동 및 전하 특성 분석 류정용, 김원경	35
The Solution for Productivity and Quality Improvement in Paperboard Manufacturing Dae-hyun Go, Kanyou Takahashi, Jongsu Choi	85
Microbiological Control in Paper Process Using Digital Solutions Douglas S. McLean, Yeon-Sook Park, Joon-Gyu Park	103







# 01

## 플라스틱 대체 셀룰로오스 기반 발포 기술 및 제지 경쟁력 강화를 위한 저원가 · 고효율 공정 기술

김철환, 신경식, 김범진





# 플라스틱 대체 셀룰로오스 기반 발포 기술 및 제지 경쟁력 강화를 위한 저원가·고효율 공정 기술

Innovative Cellulose-based Foaming Technology for Plastic Alternatives and Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production

김철환<sup>1\*</sup>, 신경식<sup>2</sup>, 김범진<sup>3</sup>

Chul-Hwan Kim<sup>1\*</sup>, Kyung-Sik Shin<sup>2</sup>, Beom-Jin Kim<sup>3</sup>

To address environmental regulations and rising energy costs, this study presents four strategic solutions for the paper industry. First, we introduce Cellufoam, a high-pressure foaming technology that utilizes unmodified natural pulp fibers instead of expensive chemically modified derivatives like CDA (Cellulose Diacetate). By leveraging the thermodynamic expansion of steam, Cellufoam serves as a cost-effective and biodegradable alternative to EPS and foamed PE, offering comparable cushioning performance. Second, we propose a strategic transition from wood flour to cost-competitive TMP and BCTMP by securing a specialized supply chain. This shift reduces the raw material purchase price by more than 20% compared to wood flour, while significantly improving retention and facility efficiency by preventing BOD elevation and slime formation. Third, a bio-enzyme pretreatment reduces refining energy by 13–25%. Finally, a surface hydrophobic treatment maximizes sizing efficiency. These innovations offer a robust roadmap for achieving cost leadership and environmental compliance in modern papermaking.

**Keywords:** Cellulose foaming (Cellufoam), Microsphere-expanded paper foaming, Strategic TMP/BCTMP supply chain, 20% reduction in purchase price, Bioenzyme-assisted repulping, Wet-strength paper recycling, Hydrophobic surface sizing, Paper bulk enhancement, Energy-efficient refining

글로벌 탈플라스틱 규제와 에너지 비용 급등이 제지 산업에 전례 없는 도전 과제로 부상하고 있다. 동시에 이는 제지 산업이 지속가능한 친환경 소재 산업으로 전환할 수 있는 결정적 기회이기도 하다. 본 연구는 이러한 패러다임 전환을 위한 네 가지 핵심 기술 솔루션을 제시하며, 각 기술이 어떻게 원가 절감과 환경 가치를 동시에 실현하는지 소개한다.

## 1. 종이·판지 발포 기술: 석유계 완충재 시장을 대체하는 게임 체인저

전 세계적으로 해양 미세플라스틱 오염이 심화되고 주요국의 환경 규제가 강화되면서, EPS(스티로폼) 및 발포 PE 기반의 난분해성 완충재를 대체하는 일은 제지 산업의 필수 과제가 되었다. 본 연구에서 제시하는 고온·가압 셀룰로오스 발포(Cellufoam) 기술은 화학적 개질이 필요한 CDA(Cellulose Diacetate) 발포체와 달리, 순수 펄프의 수소 결합 네트워크를 보존한 채 인위적 입체 발포 구조를 부여하는 물리적 발포 방식이다.

1 경상국립대학교 환경재료과학과(Dept. of Env. Mat. Sci., Gyeongsang National University, Jinju, Korea)

2 케이엔에스케미칼(KNS Chemical Co. Ltd, Daegu, Korea)

3 에스엘팩D&D센터(SLPack R&D Center, Daegu, Korea)

\* 교신저자(Corresponding Author) E-mail: jameskim@gnu.ac.kr

Fig. 1a는 일반 판지의 전형적인 횡단면(cross-section)으로, 치밀하게 적층된 셀룰로오스 섬유층이 높은 밀도(density)를 형성하고 있으며 기공율이 매우 낮아 가벼운 쿠션성·단열성을 기대하기 어렵다. 반면, Fig. 1b와 Fig. 1c는 마이크로 발포구체(micro-expansion sphere)를 적용하여 제조된 발포지(expanded paper)의 표면과 단면을 각각 보여준다. 표면(Fig. 1b)에서는 발포구체가 팽창하며 형성한 구상 미세 포집공(air cell)들이 관찰되며, 단면(Fig. 1c)에서는 기존 판지 대비 크게 증가한 벌크(bulk)와 3차원적 기공 네트워크가 확인된다. 이러한 구조는 동일 평량에서도 두께가 증가하여 경량성, 강성 향상, 단열성 향상, 그리고 건조 에너지 절감으로 이어지며, 고급 엠보싱 감성(luxury touch) 구현에도 기여한다.

Fig. 1d는 Cellufoam 표면에서 관찰되는 증기 팽창 기원 미세 기포 구조를, Fig. 1e는 그 단면에서 나타나는 입체적 섬유 리프트(lofting) 구조를 보여준다. 본 기술의 핵심은 밀폐 금형 내부에서 수분이 고온으로 가열될 때 발생하는 고압 수증기의 열역학적 팽창력이다. 금형 내부에 갇힌 수증기압이 섬유층 사이를 파고들며 이를 상향으로 밀어 올려(3D lofting) 독립적이며 영구적인 미세 ‘에어캡(air-cap)’을 형성한다. 이 방식은 기존 펄프폴드의 단순 건조 공정만으로는 달성할 수 없는 EPS급 충격흡수성·경량성을 구현하는 결정적인 구조적 기반이 된다.

Fig. 1f는 이러한 Cellufoam 발포 원리를 적용하여 제조된 3구 발포 트레이(3-cavity tray)를 보여준다. 표면은 균일하고 내부는 독립적 기포 구조로 구성되어 있으며, 이는 EPS 식품용기나 전자제품 포장재를 대체할 수 있는 고성능 친환경 완충재로서의 실용 가능성을 강하게 시사한다. 셀룰로오스 기반이므로 완전 생분해성이며, 2026년 이후 본격화될 발포 플라스틱 대체제 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있는 고부가가치 소재로 평가된다.

Fig. 2는 경상국립대학교에 설치된 Cellufoam 제조용 성형 및 발포 장치를 나타내며, 본 기술의 공정적 기반과 실증 가능성을 보여준다.

마이크로 발포지 및 가압 셀룰로오스 발포체는 각각 종이·판지의 벌크 향상 및 에너지 절감, EPS 대체를 위한 고성능 완충재 구현이라는 두 가지 축을 중심으로 제지 산업의 고부가가치화를 이끄는 핵심 기술이며, 다양한 포장재·산업재·특수지 분야로 확장 가능성이 매우 크다.

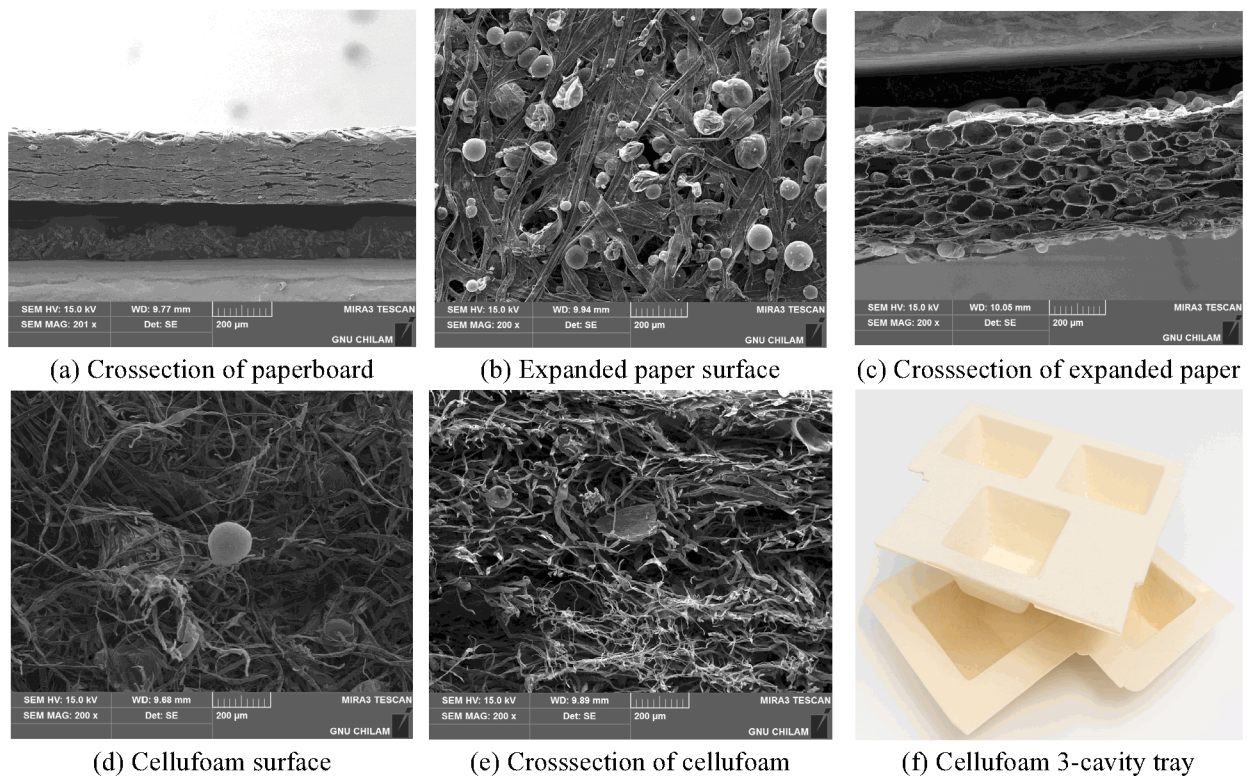


Fig. 1. Comprehensive structural analysis of cellulose-based foamed materials: Micromorphology of expanded paper and Cellufoam (surface and cross-section) and its application to a 3-compartment tray prototype.



Fig. 2. Pilot-scale cellufoam manufacturing system: left: vacuum-forming unit; right: foaming unit. core processing equipment for the high-temperature and high-pressure cellulose foaming process utilizing pure natural pulp.

## 2. TMP 기반 원료 전환: 초기 저단가 원료(목분)의 한계를 극복한 전략적 공정 최적화

그동안 판지 제조 현장에서는 벌크 개선 목적으로 \*\*목분(wood flour)\*\*을 널리 사용해 왔다. 목분은 폐목재 부산물을 분쇄하여 얻는 평균 약 74  $\mu\text{m}$  수준의 미세 입자이므로, 정규 펄프(TMP 등) 대비 초기 구매단가가 낮아 투입 비용을 약 20% 이상 절감하는 데 유리했다. 그러나 목분은 섬유(fiber)라기보다 비연속성 미세 입자에 가까워 보류율이 낮고, 백수 시스템 내 부유 고형물·용존 유기물 부하를 증가시켜 BOD 상승, 슬라임 발생, 세정 주기 단축 등 운영비(OPEX) 상승의 주요 원인이었다 (Fig. 3a 참조).

본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해, 가격 경쟁력을 확보한 TMP/BCTMP 공급망을 전략적으로 구축하여 저가 목분 의존도를 낮추는 원료 전환 로드맵을 제시한다.

### (1) 형태학·현미경 관찰 기반의 근거 (Fig. 3)

- Fig. 3a (wood flour): 200  $\mu\text{m}$  스케일에서 비정형·편상(plate-like) 미세 입자와 응집물이 주로 관찰되며, 섬유 네트워크를 형성하기 어려운 형태임을 보여준다. 이에 따라 물리적 보류가 제한적이고, 여과성·배수성 및 백수 청정도에 부정적 영향을 줄 소지가 크다.
- Fig. 3b (TMP fibers): 200  $\mu\text{m}$  스케일에서 길고 유연한 장섬유가 뚜렷하게 관찰된다. TMP의 평균 섬유장  $\approx$  700  $\mu\text{m}$  수준의 형태학적 우위는 섬유 간 결속과 네트워크 형성, 그리고 기계적 보류(mechanical retention)을 가능하게 하여, 백수 부하 감소·슬라임 억제·가동률 향상으로 연결될 수 있다.

### (2) 물성 비교 및 첨가율 트렌드 (Fig. 4)

Fig. 4는 TMP vs. 목분을 0, 5, 10, 15 % (o.d.)로 첨가했을 때의 벌크(Bulk), 강성(Stiffness), 압축강도(Compression strength)를 비교한다.

- 벌크: 동일 첨가율에서 TMP  $\geq$  목분의 경향을 보이며, 5-15 % 범위에서 TMP가 목분과 동등 이상의 벌크를 제공한다.
- 강성·압축강도: TMP가 전 첨가 구간에서 목분 대비 우수하거나 최소 동등한 수준을 나타낸다. 이는 설비·원료 배합·캘린더 조건 등에 따라 달라질 수는 있겠지만 동일 조건 하에서 벌크 개선과 강도 유지/향상의 동시 달성이 가능함을 시사한다.

### (3) 전략적 원료 확보와 경제성

- 공급망 구축: 기존 시장가 대비 경쟁력 있는 가격의 TMP/BCTMP를 안정적으로 동시 공급할 수 있는 체계를 확보

하였다. 이에 따라, 일반 판지를 넘어 인쇄용지·고품질 산업용지까지 원료 전환 옵션이 열렸다.

- 총비용(TCO) 관점의 절감: 목분 사용 시 수반되던 폐수 처리비, 설비 세정·가동손실, 슬라임 대응 비용 등 공정 장애 비용을 고려할 경우, TMP 전환에 따른 실질 제조원가 절감이 기대된다. 즉, 저단가 원료(목분)가 항상 최종 수익성으로 직결되지는 않음을 실증적으로 보여준다.

(4) 공정 안정성·품질 시너지

- 형태학적 우수: TMP(평균 섬유장  $\approx 700 \mu\text{m}$ )는 목분(평균 입경  $\approx 74 \mu\text{m}$ ) 대비 약 10배 이상 긴 유효 섬유 길이를 제공하여 보류·결속·형성 안정성을 개선한다.
- 품질 성능: TMP 5-15% 첨가 조건에서 목분 대비 동등 이상의 별크를 확보하면서, 강성·압축강도 개선 효과를 확인하였다( Fig. 4 참조). 이는 별크 개선과 기계적 물성 간 트레이드오프(trade-off)를 완화하는 실용적 대안임을 의미한다.

결론적으로 가격 경쟁력을 갖춘 TMP/BCTMP 공급망 기반의 원료 전환은 단순한 재료 치환을 넘어, 백수·슬라임·가동률 등 공정의 만성 불안정 요인을 줄이고, 총소유비용(TCO)과 수익 구조를 근본적으로 개선하는 핵심 전략이다. Fig. 3(형태학)과 Fig. 4(물성 비교)는 이러한 전환의 공정적·물성적 타당성을 함께 뒷받침한다.

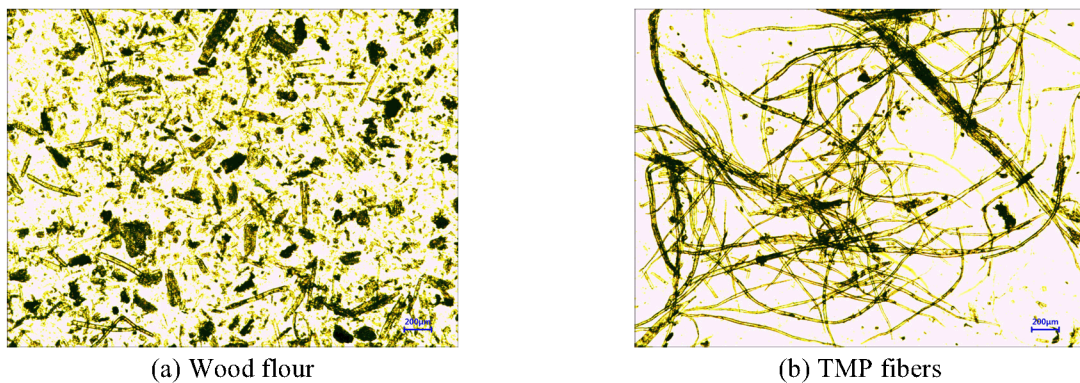


Fig. 3. Microscopic observation of wood flour vs. TMP fibers as bulk modifiers.

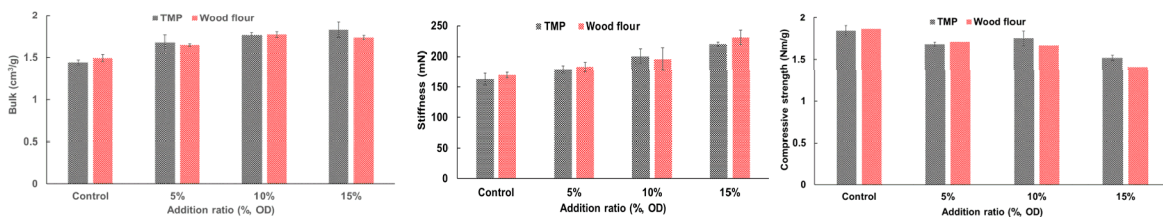


Fig. 4. Comparison of physical properties of paperboard with different addition ratios of TMP and wood flour.

### 3. 바이오 효소 공정: 에너지 위기 시대의 실용적 해법

최근 고유가 및 전기료 상승 국면에서 리파이닝 공정의 전력 원단위 절감은 제지 산업의 원가 경쟁력을 결정짓는 핵심 과제다. 본 연구에서는 원료 특성에 맞춘 바이오 효소 전처리를 통해 해리 효율 향상과 에너지 절감을 동시에 달성할 수 있음을 검증하였다.

(1) 미해리분(flake) 감소를 통한 해리 효율 극대화

Fig. 5a에서 확인할 수 있듯이 V1, V2 및 MPzyme은 고효율 헤미셀룰라아제와 셀룰라아제가 정교하게 배합된 혼합 효소로서, 섬유 다발 사이의 결합 물질을 선택적으로 분해한다.

- 기전: 효소가 섬유 간의 고착력을 약화시킴으로써 초기 해리(Repulping) 단계에서 미해리분 함량을 급격히 낮춘다.
- 효과: 이는 원료를 개별 섬유 형태로 빠르게 분산시켜, 후속 공정인 리파이닝에서 기계적 에너지가 낭비 없이 섬유 하나하나에 균일하게 전달될 수 있는 최적의 상태를 조성한다.

(2) 리파이닝 에너지 소비 절감의 과학적 근거

해리 효율 향상은 자연스럽게 리파이닝 에너지의 효율적 사용으로 이어진다. Fig. 5b에서 대조구 대비 에너지 소비가 약 13~25% 절감되는 이유는 다음과 같다.

- 섬유의 초팽윤(Super-swelling) 유도: 효소가 섬유 벽의 결정 영역을 부분적으로 해체하고 비결정 영역을 노출시켜 섬유의 수화(Hydration) 능력을 높인다.
- 유연성(Flexibility) 확보: 수화된 섬유는 물리적으로 훨씬 부드러워지며, 이로 인해 리파이너의 바(Bar)와 접촉할 때 적은 충격력으로도 내부 및 외부 피브릴화(Fibrillation)가 쉽게 일어난다.
- 에너지 효율성: 결과적으로 동일한 강도적 성질(인장, 파열 등)을 얻기 위해 투입해야 하는 비에너지(Specific energy) 총량이 낮아지게 된다.

과거 국내 현장에서는 효소의 pH 및 온도 민감성으로 인한 공정 변동성 문제로 도입을 주저하는 경우가 많았다. 그러나 본 연구의 솔루션은 투입 전략의 최적화와 반응 시간의 정밀 제어를 통해 이러한 장벽을 극복하였다. 특히 DIP(신문고지)나 HwBKP(활엽수 표백화학펄프) 등 수요처의 특정 원료와 공정 여건에 맞춘 신속한 맞춤형 개량(Customization)이 가능하다는 점이 큰 강점이다. 결론적으로 효소 전처리와 정밀 리파이닝 공정의 결합은 섬유의 소섬유화를 효과적으로 유도하여, 에너지 절감과 품질 향상을 동시에 달성하는 안정적인 바이오 효소 산업화 모델을 제시한다.

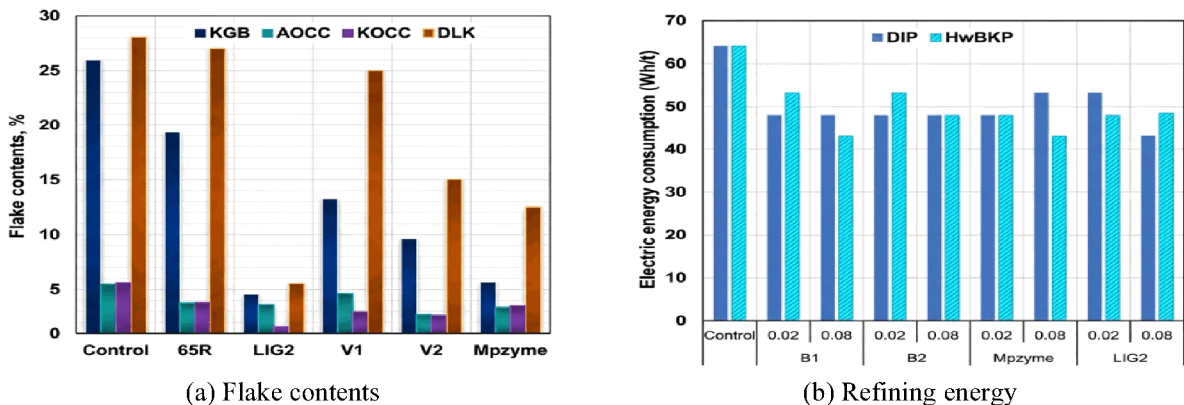


Fig 5. Comparative analysis of repulping efficiency and electric energy consumption during refining with various enzyme types.

4. 표면 발수 처리: 저원가 · 고성능 신규 약품으로 내침 사이즈의 한계를 극복하다

AKD(Alkyl Ketene Dimer) 등 기존 내침 사이즈제는 50% 미만의 낮은 보류율로 인해 백수 시스템 오염과 약품 손실이라는 고질적인 문제를 야기해 왔다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 기존 약품 대비 단가 부담이 없는 저원가형 신규 발수제를 활용한 표면 사이징 기술을 확립하고 그 효과를 검증하였다.

(1) 표면 발수 처리에 따른 성능 분석 결과

- 사이즈도의 혁신적 개선 (Fig. 6a): 0.1% AKD만을 첨가한 대조구(control) 대비, 신규 발수제를 표면 도포한 시 험군은 사이즈도가 약 7배(7x Increase!) 급증하는 결과를 보였다. 이는 표면 소수화 처리가 섬유 표면에 균일한 방수층을 형성하여, 기존 내침 방식의 불균일한 보류 문제를 완벽히 상회하는 강력한 수분 침투 저항성을 제공함을 입증한다.

- 비약적인 발수 성능 향상 (Fig. 6b): 액적(droplet)의 접촉각 분석 결과, 대조구의 접촉각은 65°에 머물러 수분 친화적인 경향을 보였으나, 표면 발수 처리 후 접촉각이 108°로 상승하며 약 66%의 파격적인 성능 향상을 기록하였다. 특히 90°를 상회하는 높은 접촉각은 종이 표면이 완전한 소수성(hydrophobic) 상태로 전환되었음을 시각적으로 증명한다.

(2) 경제성 및 공정 효율의 극대화

- 약품 손실 원천 차단: 보류도에 의존하는 내침 방식과 달리 표면 도포 방식을 채택함으로써 약품 손실을 방지하고 백수 오염을 최소화하였다.
- 자원 최적화: 미반용 약품의 회수 및 재사용이 가능해져 화학물질 투입량을 최적화할 수 있으며, 시스템의 청정도를 유지하여 공정 전반의 효율성을 높였다.

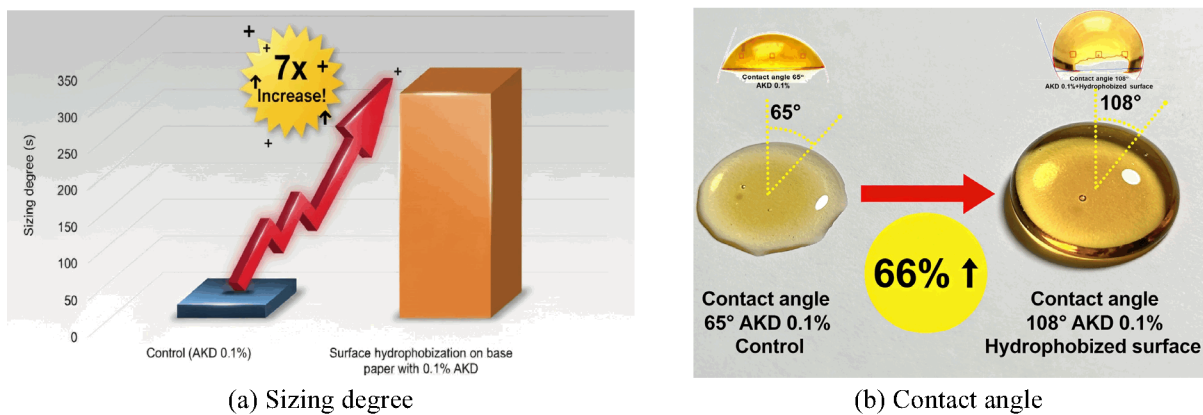


Fig. 6. Comparative analysis of sizing degree and contact angle according to surface hydrophobization.

5. 결론: 기술 혁신이 만드는 제지 산업의 미래

본 연구에서 제시한 네 가지 기술 솔루션은 독립적인 개선 효과를 넘어, 제지사별 설비 특성 및 전 지종(판지, 인쇄용지, 산업용지)에 맞춰 유연하게 조합될 때 그 시너지를 극대화할 수 있다.

첫째, 셀룰로오스 발포 기술(Cellufoam)은 화학적 개질 없는 천연 펄프를 활용함으로써 가격 경쟁력을 확보하여, EPS 및 발포 PE를 대체하는 친환경 완충재 시장의 게임 체인저가 될 것이다. 둘째, 전략적 공급망 확보를 통한 TMP/BCTMP로의 원료 전환은 구입 단가를 20% 이상 절감함과 동시에, 목분 사용 시 발생하던 BOD 상승 및 공정 장애 문제를 근본적으로 해결하여 전 지종의 수익성을 개선한다. 셋째, 생물학적 효소 공정은 고해 에너지를 획기적으로 절감하여 운영 효율을 높인다. 마지막으로, 저원가 신규 발수제 기반의 표면 처리 기술은 기존 내침 방식 대비 사이즈도를 약 7배, 접촉각을 66% 향상시킴으로써 고기능성 방수 용지 제조의 새로운 표준을 제시한다. 특히, 소개된 모든 기술은 국내외 특허 출원 및 등록을 통해 기술적 독창성과 배타적 권리를 확보하였다. 이는 제지 산업이 에너지 위기와 환경 규제라는 이중 압박을 혁신의 기회로 전환하여, '저원가·고효율' 기반의 친환경 고부가가치 소재 산업으로 재탄생하는 데 견고한 기반이 될 것이다. 결과적으로 본 연구의 기술 로드맵은 제지 기업이 지속 가능한 수익 구조와 글로벌 경쟁력을 동시에 확보하는 전략적 비전이 될 것으로 확신한다.

Acknowledgments

This research was funded by the Basic Science Research Program via the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Ministry of Education (Grant No. RS-2022 NR07562261382116530004), with additional support from KNS Chemical Co., Ltd. in Korea. The authors also gratefully acknowledge the technical and industrial support provided by Jeonju Paper Co., Ltd.

2026년 한국펄프종이공학회 춘계학술대회

# 플라스틱 대체 셀룰로오스 기반 발포 기술 및 제지 경쟁력 강화를 위한 저원가·고효율 공정 기술

Innovative Cellulose-based Foaming Technology for Plastic Alternatives and  
Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production

신경식<sup>1</sup>, 김철환<sup>2</sup>, 김범진<sup>3</sup>

1 KNS Chemical 2 경상국립대학교 3 에스엘팩R&D센터

2026. 04

## TABLE OF CONTENTS

### 발표 내용 목차

2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회

#### TOPIC 01

### 셀루폼 (Cellufoam)

#### 플라스틱 대체 셀룰로오스 발포체

- ✓ 발포 플라스틱 대체 필요성 및 Cellufoam 원리
- ✓ 화학적 개질 없는 천연 펄프 기반 발포 기술

#### TOPIC 02

### 발포지 (Expanded Paper)

#### 마이크로 발포구체 적용 벌크 향상

- ✓ 동일 평량 대비 획기적 두께(Bulk) 향상
- ✓ 단열성 개선 및 건조 에너지 절감 효과

#### TOPIC 03

### TMP 기반 원료 전환

#### 목분 대체 전략 및 공정 최적화

- ✓ 저가 목분의 한계(낮은 보류율, 오염) 극복
- ✓ TMP 장성유 활용을 통한 강도 유지 및 원가 절감

#### TOPIC 04

### 표면 발수 처리

#### AKD 내침 문제 해결 및 신규 발수제

- ✓ 미보류 AKD로 인한 백수 오염 문제 해결
- ✓ 표면 도포 방식을 통한 100% 보류 및 고성능 발수

TOPIC 01

# Cellufoam

## 셀루폼

플라스틱 대체 **셀룰로오스 발포체**

- 🌿 화학적 개질 없는 천연 펄프 기반
- ♻️ 완전 생분해성 및 EPS급 성능 구현



**Eco-Friendly**  
Cellulose Foaming Technology

2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회

TOPIC 01 Cellufoam

배경 및 연구 동기

## 발포 플라스틱 대체 필요성

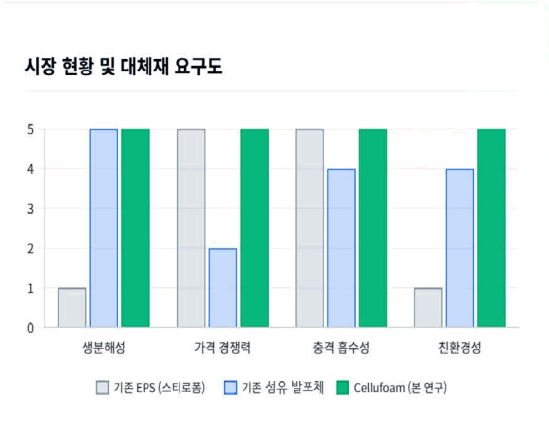
- 🌍 글로벌 탈플라스틱 규제 강화**

해양 미세플라스틱 오염 심화로 인한 주요국의 환경 규제 확대. EPS(스티로폼) 및 발포 PE의 사용 제한 및 대체 요구 증가.
- ♻️ 기존 발포체의 한계**

석유계 발포체는 **비생분해성**으로 심각한 폐기물 처리 문제 야기. 지속가능한 친환경 순환 경제로의 전환이 필수적.
- 💡 셀룰로오스 기반 대체재의 필요성**

완전 생분해성 천연 소재 활용. 기존 셀룰로오스 발포체(CDA 등)의 **고 화학 개질 비용 한계**를 극복할 저원가 공정 기술 개발 필요.

### 시장 현황 및 대체재 요구도



구분	기존 EPS (스티로폼)	기존 석유 발포체	Cellufoam (본 연구)
생분해성	1.0	5.0	5.0
가격 경쟁력	5.0	2.0	5.0
충격 흡수성	5.0	4.0	5.0
친환경성	1.0	4.0	5.0

기존 EPS/PE

❌ 환경 부하 높음

Cellufoam (Target)

✅ 안전 생분해

## Global Cellulose-based Foaming Technology Landscape

### 핵심 메시지

해의 주요 제품(Stora Enso, Woamy, Nouryon 등)은 친환경성과 성능은 입증했으나, **초고가 원료(CNF, 유도제 등) 사용과 복잡한 장비 건조/특수 공정**으로 인해 제조 단가가 EPS 대비 **수 배 이상 높음**

기업/제품	기술/공정	강점	한계	상태
Stora Enso Papira® (펄프 폼)	화학/기계적 펄프 발포 장시간 건조 공정	100% 재활용 가능 경량/충격흡수 우수	생산성 저하 재단 로스 발생	상용화
Woamy Biofoam (CNF 기반)	방향성 발포 CNF 특수 건조	높은 비강도 프리미엄 질감	초고가 원료 소형 제품 한정	부분 상용
Nouryon Expancel Bio-foam	특수화학 발포 생물표오스/전통 유도제 발포제 사용	발포 배율 높음 Cell 구조 균일	높은 제조 원가 소포장 한정	상용화
Billerud FibreForm®	3D 딥 드로잉 성형 기술	생산 속도 빠름 기존 장비 활용	두께 제한 완충재 역할 제한	부분 적용

### Comparative Analysis of Leading Solutions



Stora Enso Papira®

#### 트 비용/생산성 지표

원가 대비 EPS: 3-5배 (고비용)

생산성: 중간

시장 적용성: 제한적

● 고비용 ● 중간 ● 저비용






\* 데이터는 2024년 기준, 각 기업 공식 홈페이지 및 기술 자료 참조

2026 Spring Conference - KTAPPI
Innovative Cellulose-based Foaming Technology
Page 5

## 시장 병목과 시사점

해의 기술의 공통 한계와 대형 가전 시장 진입 기회 분석

전략 분석

### 핵심 메시지

해의 기술들은 **고비용·저생산성·소량시장**에 머물러 있어, 대형 가전 및 산업용 중량물 포장 시장은 **공백 상태**입니다.

#### High Cost

초고가 원료 및 특수 공정

- CNF, 유도제 등 고가 원료: EPS 대비 3-5배 높은 원가
- 특수 화학 첨가제: 비인더 킷 번성제 비용 부담

#### Low Throughput

장시간 건조 및 복잡 공정

- 장시간 건조: 24-48시간 건조 공정 필요
- 낮은 생산성: 수동/반자동 공정 의존

#### Small-volume

프리미엄 소형 제품 중심

- 소량 생산: 화장품, 소형 IT 기기 중심

#### 시장 기회 (White Space)

대형 가전/산업용 시장 공백

- 대형 가전 시장: EPS 대체 수요가 크고 단가 민감
- 산업용 중량물: 대량 생산 가능성이 관건
- 가격 경쟁력: EPS 대비 원가 ≤ 100% 목표

#### 차별화 포인트

저원가·고속 생산 공정

- 저원가 기압발포: 단순 원료 체계, 연속·고속 사이클
- 건조 병목 제거: 3-5초 고속 사이클 실현
- OPEX-CAPEX 절감: 공정 단순화로 동시 절감

★ **핵심 성과 지표**

EPS 대비 원가 ≤ 100%, 사이클타임 3-5초, 종이 재활용 적합성

\* 데이터는 2024년 기준, 각 기업 공식 홈페이지 및 기술 자료 참조


Page 2 of 2

TOPIC 01 Cellufoam

## Cellufoam 기술 원리 - 핵심 요약


Innovative Cellulose-based Foaming Technology

고온·고압 수증기의 열역학적 팽창력을 이용하여 **화학적 개질 없이** 순수 천연 펄프의 3D 입체 발포 구조를 구현합니다.




**핵심 원리**

밀폐 금형 내 **고온·고압 수증기**의 순간적인 열역학적 팽창력 활용



**차별점**

화학적 개질(CDA) 불필요  
**순수 천연 펄프** 그대로 사용  
(수소결합 네트워크 보존)



**결과 및 성능**

EPS(스티로폼) 수준의 **충격흡수성** 및 **경량성**  
동시 확보

✔ 100% 생분해성 | ✔ 저원가 공정 | ✔ 3D Lofting 구조


2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회 Page 5

TOPIC 01 Cellufoam

## Cellufoam 발포 메커니즘 (4단계)

Mechanism of High-Pressure

**1**

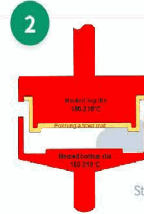


Heat Application

**금형 내 수분 가열**

밀폐 금형 내부의 펄프 슬러리에 함유된 수분을 **고온으로 급속 가열**하여 장전이를 유도함.

**2**

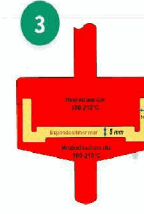


Vapor sealing

Steam Generation

순간적인 기화로 인해 금형 내부 압력이 상승하며 **고압 수증기(High-pressure Steam)**가 발생함.

**3**

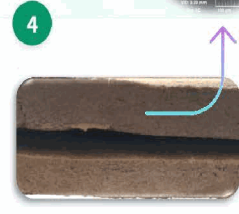


Vapor sealing

3D Lofting

수증기압이 섬유층 사이를 파괴하며 이를 상향으로 밀어 올리는 **입체적 팽창 (Lofting)** 현상 발생.

**4**



독립적 미세 에어캡 형성

팽창된 상태에서 건조되어 섬유 간 결합이 고정됨으로써 **영구적인 독립 기포 구조(Air-cap)** 완성.

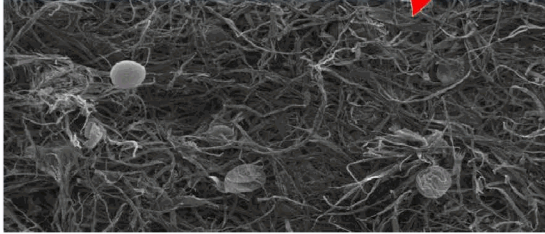
✔ 결과적으로 **화학 발포제 없이** 순수 물리적 열역학 원리만으로 EPS급 충격흡수성 구조 달성

Innovative Cellulose-based Foaming Technology Page 6

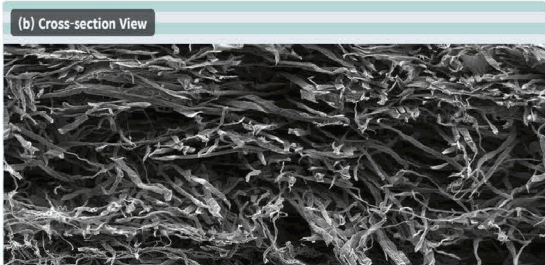
**TOPIC 01** Cellufoam

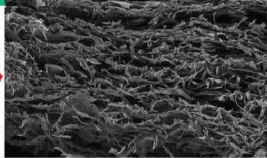
## Cellufoam 미세구조 분석

**(a) Surface View**



**(b) Cross-section View**





Surface and Cross-sectional Microstructure

**Q 구조적 특성 분석**

SEM 분석 결과, 수증기 팽창으로 형성된 에어캡을 결합제가 지지하여 균일한 완충 구조가 형성되었음을 확인하였음.

**중기 팽창 기원 미세 기포 (Surface)**

표면에서 관찰되는 균일한 미세 기포 분포는 수증기의 압력이 섬유 사이를 고르게 확장시켰음을 시사함.

**↑ 입체적 섬유 리프트 구조 (Cross-section)**

단면에서 확인되는 **3D Lofting** 구조는 외부 충격 에너지를 효과적으로 분산시키는 결정적 요인.

**🛡️ 영구적 형태 유지**

건조 후에도 기포 구조가 붕괴되지 않고 유지되어, 반복적인 충격에도 완충 성능을 지속적으로 발휘함.

"EPS와 유사한 독립 기포(Closed-cell like) 구조를 천연 펄프만으로 구현하여 생분해성과 고기능성을 동시에 확보"

Innovative Cellulose-based Foaming Technology
Page 7

**TOPIC 01** Cellufoam

## Cellufoam 파일럿 제조 설비

**Step 1. 진공 성형 (Forming)**



GNU Pilot Plant

**Step 2. 고온·고압 발포 (Foaming)**



GNU Pilot Plant



Pilot-scale Manufacturing System

**⚙️ 파일럿 스케일 실증 설비**

경상국립대학교(GNU)에 구축된 **Cellufoam 전용 파일럿 플랜트**는 순수 천연 펄프를 활용한 고온·고압 발포 공정의 핵심 기술을 실증합니다.

**🌱 진공 성형 장치 (Vacuum-forming Unit)**

펄프 슬러리를 금형에 주입하고 진공 탈수하여 초기 형태(Preform)를 잡는 공정. 균일한 섬유 분포와 밀도 제어가 핵심입니다.

**🔥 발포 장치 (Foaming Unit)**

밀폐된 금형 내에서 수분을 급속 가열하여 **고압 수증기(High-pressure steam)**를 발생시킴으로써 3D Lofting을 유도하는 핵심 장치입니다.

**✅ Technology Readiness Level (TRL)**

실험실 규모를 넘어 파일럿 스케일에서의 양산 가능성 검증 완료. 상용화 단계 진입을 위한 공정 데이터 확보.

Innovative Cellulose-based Foaming Technology
Page 8

**TOPIC 01** Cellufoam

## Cellufoam의 경쟁력 (vs. CDA 발포체, EPS)

Comparative Analysis of Foaming Materials



- 원료: 석유계 폴리스티렌
- 생분해성: **× 비생분해 (난분해성)**
- 생산원가: 저원가 (대량생산)
- 충격흡수성: 기준 (Standard)

환경 부하 높음



- 원료: 화학 개질 셀룰로오스 (CDA, Daicel (Caflo®))
- 생분해성: **✓ 생분해 가능**
- 생산원가: 고원가 (화학 개질 비용)
- 충격흡수성: EPS와 유사

비용 효율 낮음

THIS WORK



Cellufoam

천연 펄프 물리적 발포

- 원료: **100% 천연 펄프 (무개질)**
- 생분해성: **✓ 완전 생분해 (탁월)**
- 생산원가: 저원가 (개질 공정 없음)
- 충격흡수성: **EPS급 성능 구현**

Best Solution


Innovative Cellulose-based Foaming Technology Page 9

**TOPIC 01** Cellufoam

## Cellufoam 응용 분야 및 사업성

**주요 응용 제품**

- ✓ 3구 발포 트레이 (3-cavity tray)
- ✓ 전자제품 충격 방지 포장재
- ✓ 친환경 식품 용기 및 완충재



**지식재산권(IP) 현황**

핵심 기술에 대한 **국내외 특허 출원 및 등록 완료.**

기술적 독창성 확보    진입 장벽 구축

**시장 기회 및 전망**

**2026년 이후 본격화될 발포 플라스틱 대체제 시장 선점 가능.**

- ↑ 친환경 포장 수요 급증
- ↑ ESG 경영 확산에 따른 기업 수요

**핵심 가치 제안**

"완전 생분해성 + EPS급 성능 + 저원가"

3박자를 모두 갖춘 **Game Changer**

Innovative Cellulose-based Foaming Technology

Page 10

TOPIC 02

# Expanded Paper

## 발포지

마이크로 발포구체 적용 **벌크 향상 기술**

- 동일 평량 대비 획기적 벌크(두께) 향상
- 낮은 열전도율(k)로 단열 성능 개선

**High Bulk**  
Microsphere Expansion

2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회

## 문제 정의와 필요성

13

### 내부 요인 (Internal Factors)

**⚠ 두께 부족으로 인한 과평량 생산**  
 목표 두께(Caliper)를 맞추기 위해 경영 계획 평량보다 더 많은 펄프를 투입하여, 원가 상승 및 생산 비효율 발생

지종	계획 평량	실적 평량	상태
고평량지	212g	<b>216.8g</b>	<b>+4.8g</b>
원지 A	88.5g	<b>91.5g</b>	<b>+3.0g</b>
원지 B	70.5g	<b>74.9g</b>	<b>+4.4g</b>

→ 실적 Bulk가 계획 대비 0.03 ~ 0.05 부족하여 과평량 투입 불가피

### 외부 요인 (External Factors)

**유럽 경쟁사 High-Bulk 라인업 확장**  
 그래픽 용지 생산 능력을 줄이고 High-Bulk Book Paper 생산 비중 확대 중

**Sappi社 제품 전략**

Galerie Book Creamy 시리즈 출시

- Standard: Bulk 1.8 / 2.0 / 2.2
- Creamy Bulk: Bulk 2.3 (초고벌크)

**Strategic Insight**

"현재 내·외부적 요인으로 인한 **Bulk 향상**이 필수적이며, 이를 해결하기 위해 **하이 벌크지 개발** 검토가 시급함"

TOPIC 02 Expanded Paper

## 발포지 개요와 필요성

마이크로 발포구체 기술 소개

**별크(Bulk) 향상 수요 증가**

판지 및 종이 제조에서 경량화와 강성 유지를 위한 별크 향상이 핵심 과제. 동일 평량 대비 두께 증가를 통해 원가 절감 및 고부가가치화 실현 필요.

**기존 방법의 한계**

기계적 펄프(BCTMP) 증량이나 고해(Refining) 조절 등 기존 방식은 **공정 복잡성 증가 및 비용 상승**의 한계 존재.

**효율적인 별크 개선 기술 필요**

Expandable Bulk 개선제 적용. 가열 시 수심 배 팽창하여 종이 내부 미세 기포 구조를 형성, **획기적인 별크 향상** 달성.

**별크 향상 메커니즘 비교**

**Bulking agent 1.5% 첨가로 33% 증가!**

Innovative Cellulose-based Foaming Technology Page 12

TOPIC 02 Expanded Paper

## 마이크로 발포구체(Expandable Microsphere)의 특성

Bulk Enhancement Technology

열가소성 셀과 저비점 액체 핵으로 구성된 **마이크로 발포구체**는 가열 시 팽창하여 종이 내부에 **영구적인 기포 구조**를 형성합니다.

**Core-Shell 구조**

열가소성 셀(Shell) 내부에 저비점 탄화수소 액체 핵(Core)이 봉입된 마이크로 캡슐 구조

**열적 팽창 메커니즘**

가열 시 셀이 연화(Softening)되고 내부 핵이 기화(Vaporization)되면서 부피가 수심 배 팽창

**공정 적용 및 발포**

슬러리 단계에서 섬유 내 분산 후 건조 공정의 열에 의해 발포되어 영구적 별크(Bulk) 형성

- 균일한 입도 분포
- 독립 기포(Closed Cell) 구조
- 저비중 경량화 실현

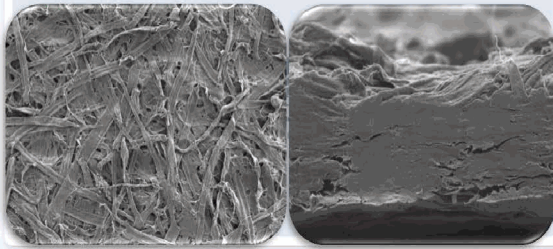
2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회 Page 13

TOPIC 02 Expanded Paper

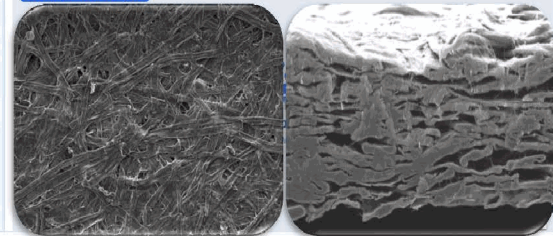
발포지 미세구조 비교

Comparison with Conventional Paperboard

(a) Conventional Paperboard



(b) Expanded Paper



구조적 차이점 분석

동일 평량(300 g/m<sup>2</sup>) 조건에서 일반 판지와 발포지의 단면 및 표면 구조를 비교 분석한 결과, 마이크로 발포구체의 팽창 효과가 뚜렷하게 관찰됩니다.

일반 판지 (Conventional)

치밀한 섬유 결합 구조(Dense fiber bonding)를 보이며, 섬유 간 공극이 적어 상대적으로 높은 밀도와 낮은 두께(Bulk)를 나타냄.

발포지 (Expanded Paper)

섬유 매트릭스 내에 팽창된 마이크로 발포구체가 균일하게 분포. 기포 구조가 섬유 층을 밀어올려 획기적인 두께(Bulk) 증가를 실현함.

구조적 안정성

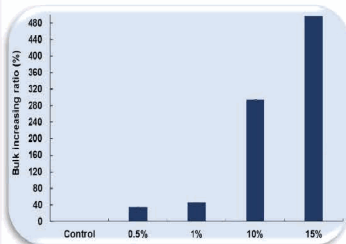
발포구체가 섬유 네트워크 사이에 안착되어 있어, 물리적 외력에도 형태가 유지되는 안정적인 'Closed-cell' 구조를 형성함.

Insight: 동일 평량에서 밀도를 낮추고 두께를 높이는 것이 핵심 기술

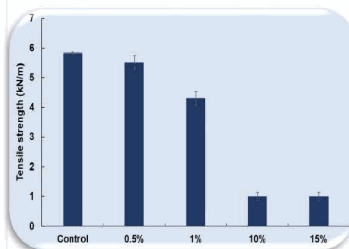
Expanded Paper: Quantitative Performance

Experimental Data Analysis

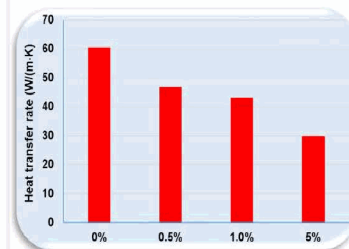
Bulk (cm<sup>3</sup>/g)



Tensile strength (kN/m)



Heat transfer rate (W/(m·K))



Quantitative Comparison (Dosage: 0.3% / 3kg per ton)

PROPERTY	UNIT	CONTROL	WITH MICROSPHERES	CHANGE (%)
Bulk (Specific Volume)	cm <sup>3</sup> /g	1.50	1.56	↑ 4.1%
Tensile Strength	kN/m	93.1	86.7	↓ 6.9%
Internal Bond	kPa	911	883	↓ 3.1%



## 공정 이슈: 실린더 오염 CRITICAL

⚠️ 핵심 리스크 관리

**고위험 경고**

드라이어 실린더 오염은 마이크로스피어 적용 공정의 주요 병목입니다. 저비중 마이크로스피어(비중 < 1.0)가 수계에서 상부로 부상하여 Dryer Cylinder 인접 고온 구간에서 Tg(약 110°C) 이상이 되면 셀이 tacky 상태가 되어 표면 및 블레이드에 부착되어 오염이 누적됩니다.

**오염 메커니즘**

- 1. 비중 차이로 인한 부상**  
 마이크로스피어(비중 < 1.0)가 수계에서 상부로 부상
- 2. 고온에서 tacky 상태**  
 T > Tg(110°C)에서 셀이 끈적해져 부착
- 3. 표면 및 블레이드 오염**  
 오염이 누적되어 생산성 저하

**원인:** 비중 차이(마이크로스피어 < 1.0, 물 = 1.0)로 인해 부상이 발생하며, T > Tg(110°C)에서 셀이 끈적해져 드라이어 블레이드에 부착됩니다.

**공정상 결과**

- ↑ 닥터 블레이드 축적  
 축적이 streaks 결함으로 이어짐
- ↓ 생산성 저하  
 오염으로 인한 정지 시간
- 표면 결함  
 picking, craters, dust
- 품질 불량률  
 표면 결함으로 인한 품질 저하

**예방 전략**

- 진용 보류 시스템  
 맞춤형 보류제 조합 적용  
 공정 조건에 맞춤 최적화  
 과도 유입 최소화
- 매트릭스 최적화  
 섬유/기공 구조 맞춤 설계  
 Mechanical anchoring 향상  
 표면 정착 안정성 개선
- Z-방향 이동 제어  
 단계적 건조(Gradual Drying)  
 상부 이동 억제  
 표면 불균일 예방
- 표면 완전성  
 표면 결함 감소  
 Doctor blade 오염 방지  
 생산성 및 품질 향상

TOPIC 02 Expanded Paper

## 발포지 물성 분석 결과


**목표 물성별 발포율 설계**

최종 용도에 맞춰 발포율(Expansion Ratio)을 차등 설계하여 맞춤형 물성 구현.

High Bulk: 완충재, 단열재 (발포율 ↑)

Balance: 인쇄용지, 포장재 (발포율 중)


벌크 개선제 적용에 따른 **벌크 향상**과 **단열성 증대** 효과를 확인하였으나, **인장 강도 저하**라는 트레이드 오프가 존재합니다.



### 벌크(Bulk) 향상

- ✓ 동일 평량(Basis Weight) 조건에서 발포를 통해 더 높은 벌크 달성
- ✓ 발포율(Expansion Ratio)에 비례하여 두께 및 벌크 선형적 증가


↑ Positive Effect



### 강도(Strength) 변화

- ❶ 발포로 인한 섬유 간 결합 면적(Bonded Area) 감소 발생
- ❷ 인장 강도(Tensile Strength)는 일반적으로 감소하는 경향성 확인

↓ Trade-off



### 단열(Insulation) 특성

- ✓ 겉보기 열전도율(Apparent Thermal Conductivity, k) 감소
- ✓ 독립 기포 구조가 열 전달 차단 → 온음식 포장재(컵/용기) 유리

↓ k Value (Better Insulation)

2026 한국필프종이공학회 춘계학술대회
고벌크 (High Bulk)
인장강도 감소 주의
우수한 단열성
Page 15

TOPIC 02 Expanded Paper

## 발포지 적용 분야 및 에너지 이점

응용 및 기대효과





단열 식품 포장재



경량·고기능성 판지



건조 에너지 절감 효과

**단열 식품 포장재**

미세 기포 구조에 의한 낮은 열전도율 활용. 컵, 트레이, 도시락 용기 등은 음식 포장재(Hot Food Packaging)에 최적화.

**경량·고기능성 판지**

동일 강성 달성 시 자재 소요량 절감. 전자제품, 의약품 등 충격 민감 제품을 위한 완충 성능이 강화된 특수 포장재.

**건조 에너지 절감 효과**

종이 질량(평량) 감소에 따른 **건조 부하 감소**. 수분 증발량 감소로 건조 공정 에너지 효율 향상 및 탄소 배출 저감 기여.

**건조 에너지 소비 비교**



종류	에너지 소비 (상대적)
일반 판지 (300g)	100%
발포지 (동일 두께)	~80%

↓ 동일 두께 달성 시 에너지 약 15~20% 절감

Innovative Cellulose-based Foaming Technology
Page 16

TOPIC 03

# Strategic TMP

## TMP 기반 원료 전환

목분(Wood Flour)의 한계 극복 - 전략적 공정 최적화

- 📈 벌크-강도 트레이드오프를 완화하는 장섬유 솔루션
- 🌲 목분 대체로 공정 안정성 및 비용 효율성 동시 확보

### TMP Optimization

Process Efficiency & Quality

2026 한국원프종이공학회 순계학술대회

TOPIC 03 TMP 기반 원료 전환

## 목분(Wood Flour) 사용의 문제점

기존 저가 원료의 한계와 공정 부하

**🌲 목분(Wood Flour)의 특성 및 사용 이유**

폐목재 부산물을 분쇄한 평균 입경  $\approx 74 \mu\text{m}$ 의 비연속성 미세 입자. 정규 펄프 대비 **초기 구매단가 약 20% 절감** 효과로 벌크 개선용 저가 충전제로 널리 사용됨.

**⚠️ 공정상 주요 문제점 (OPEX 상승 요인)**

- × 낮은 보류율: 섬유 네트워크 형성 불가 → 물리적 보류 제한적
- × 백수 오염 심화: 부유 고형물 및 용존 유기물 부하 급증
- × BOD 상승: 폐수 처리 부하 및 비용 증가
- × 슬라임(Slime) 발생: 설비 오염, 세정 주기 단축, 가동률 저하

**🔍 총소유비용(TCO) 관점의 재해석**

단순 원료비 절감 효과보다 **공정 장애 및 폐수 처리 비용 증가분**이 더 클 수 있음. 저단가 원료가 반드시 최종 수익성(Profitability)을 보장하지 않음.

### 목분 사용에 따른 공정 부하 비교

원료 구매 단가  
**↓ 20% 절감 (장점)**

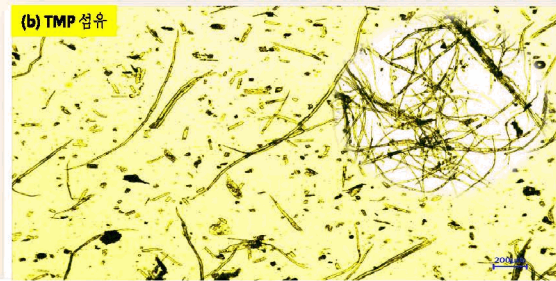
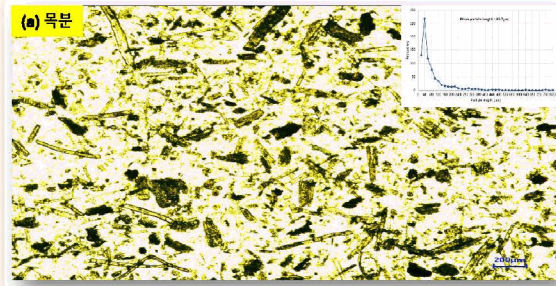
폐수부하(BOD) & 슬라임  
**↑ 급격한 상승 (단점)**

Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production

Page 19

TOPIC 03 TMP 기반 원료 전환

## TMP 섬유의 형태학적 우수



### 현미경 관찰 결과 분석

동일 배율(200 μm 스케일)에서의 형태학적 비교 분석 결과, TMP는 목분과 확연히 다른 섬유 구조적 특성을 보입니다.

#### ✕ 목분의 한계 (Wood Flour) ≈ 84 μm

비정형·편상(plate-like) 미세 입자와 응집물 형태로 존재. 섬유 네트워크 형성 불가능하며 여과성 및 배수성 저하의 원인이 됨.

#### ✓ TMP의 형태학적 우수

길고 유연한 장섬유(Long Fiber)가 뚜렷하게 관찰됨. 평균 섬유장 ≈ 700 μm 수준으로 목분 대비 약 10배 긴 유효 길이를 확보.

#### 공정적 이점 (Process Benefits)

우수한 섬유 간 결속력으로 기계적 보류(mechanical retention)가 가능하며, 백수 부하 감소 및 슬라임 억제, 가동률 향상으로 직결됨.

#### Strategic Insight

"단순 입자가 아닌 '섬유(Fiber)'로서의 TMP 특성이 공정 안정화의 핵심 열쇠"

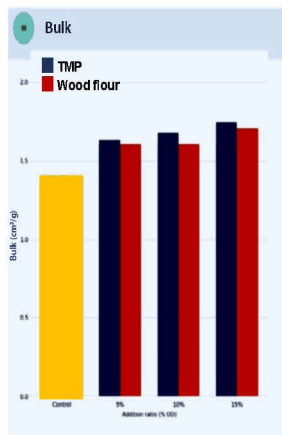
TOPIC 03 TMP 기반 원료 전환

## TMP vs 목분 물성 비교

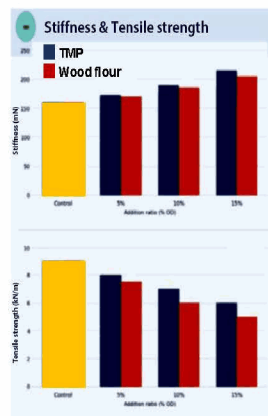
Physical Properties Comparison (0, 5, 10, 15%)

📌 TMP 5~15% 첨가 시 최적의 물성 밸런스 달성  
목분 대비 벌크(Bulk) 동등 이상, 강도(Strength) 우수

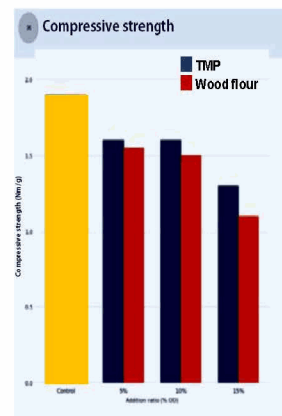
■ TMP (Target) ■ 목분 (Reference)



↑ 동일 첨가율에서 TMP ≥ 목분



✓ TMP가 전 구간에서 우수



📌 TMP가 동등 이상 유지/향상

TOPIC 03 Strategic TMP

## TMP 전환의 TCO 절감 인자

Key Factors for Total Cost of Ownership Reduction

### 폐수 처리비 절감

목분 대비 낮은 용존 유기물 부하로 **BOD/COD 부하 완화**.

- ↓ 폐수 처리 약품 비용 감소
- ↓ 방류수 수질 기준 준수 용이

### 세정 및 슬라임 대응 비용

시스템 청정도 향상으로 **설비 오염 및 슬라임 발생 억제**.

- ↓ 슬라임 컨트롤 약품 투입량 최적화
- ↓ 세정 주기 연장으로 유지보수비 절감

### 가동률(Runnability) 향상

공정 안정화로 지질(Web break) 및 **다운타임 감소**.

생산성 증대    손실 시간 최소화

### 총비용(Total Cost) 최적화

**원료 구매가 절감 + OPEX 절감**

단순 재료비 절감을 넘어선 **구조적 원가 경쟁력 확보**

Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production Page 22

TOPIC 03 Strategic TMP

## TMP/BCTMP 공급망 전략과 원가 구조

FSC 가격 경쟁력 확보 전략

### 📌 전략적 공급망 구축

기존 시장 대비 **경쟁력 있는 가격**의 TMP 및 BCTMP를 안정적으로 동시 공급할 수 있는 체계 확보. 단순 원료 구매를 넘어선 전략적 파트너십 구축.

### 📌 원가 변동성 완화 효과

저가 목분 의존도를 낮추고 **안정적인 수급 구조**를 마련하여 원자재 가격 변동에 대한 리스크 최소화. 예측 가능한 원가 구조 실현.

### 📌 적용 범위 확대 및 시너지

일반 판지를 넘어 **인쇄용지 및 고품질 산업용지**까지 원료 전환 옵션 확보. 전 지층에 걸친 수익성 개선 및 품질 시너지 창출.

### 원가 경쟁력 비교 (vs 목분 & 일반 펄프)

구분	목분 (Wood Flour)	전략적 TMP
원료 구매가	~70%	~75%
공정 운영비(OPEX)	~90%	~50%
품질 실패비용	~85%	~40%
총소유비용(TCO)	~80%	~55%

● 기존 목분 (Wood Flour)    ● 전략적 TMP (Strategic TMP)

⚠️ 보이지 않는 TCO 증가    ↓ Total Cost 최적화

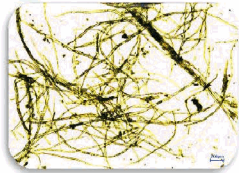
Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production Page 23

TOPIC 03 TMP 기반 원료 전환

## 공정 안정성 개선 메커니즘

Strategic Process Optimization Mechanism

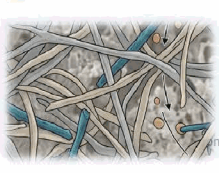
1



### 형태학적 우위 확보

목분(74 $\mu$ m) 대비 약 10배 긴 장섬유(700 $\mu$ m)인 TMP를 투입하여 초기 형태학적 구조 개선.

2



### 기계적 보류 향상

장섬유 간의 얽힘(Entanglement)과 네트워크 형성으로 미세분 및 첨가제의 물리적 보류를 증대.

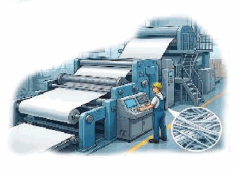
3



### 백수 청정도 개선

높은 보류율로 인해 백수로 유출되는 고형분 및 유기물이 감소하여 BOD 부하 및 슬러임 발생 억제.

4



### 가동률(Runnability) 향상

셀비 오염 감소 및 세정 주기 연장으로 공정 중단(downtime) 최소화 및 전체 생산 효율 극대화.

결과적으로 단순 원료 교체가 아닌 시스템 전반의 안정성과 TCO 절감을 달성하는 선순환 구조 확립

Strategic TMP Substitution for Wood Flour

Page 24

TOPIC 03 Strategic TMP

## TMP 적용 시나리오 및 권장 조건 (5/10/15%)

Optimal Strategic Additive Application Map

5%

### 보수적 접근

초기 도입 단계

- 벌크 (BULK) 목분 대비 동등 수준 유지
- 강성 (STIFFNESS) 소폭 향상 (안정적)
- 압축강도 기준 대비 우수
- 권장 조건 기준 설비 조건 유지 가능

리스크 최소화

10%

### 균형적 최적화

벌크 & 강도 동시 달성

- 벌크 (BULK) 목분 대비 확실한 우위
- 강성 (STIFFNESS) 뚜렷한 향상 효과
- 압축강도 우수 (Trade-off 해소)
- 권장 조건 표준 캘린더 압력 적용

Best Balance

15%

### 성능 극대화

고벌크/고강성 타겟

- 벌크 (BULK) 최대 벌크 달성
- 강성 (STIFFNESS) 최대 강성 확보
- 압축강도 양호 (목분 대비 우위 유지)
- 권장 조건 캘린더 압력 미세 조정 필요

High Performance

15% 적용 시나리오에서는 목분 대비 압축강도를 개선하여, 높은 압축강도를 갖게 하는 목분 대체를 위한 최적의 조건을 설정할 수 있습니다.

Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production


Page 25

**TOPIC 03** Strategic TMP

## TMP 전략 요약 (Strategic Insight)

Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production

**TMP 5~15% 증가**는 목분의 한계를 극복하고  
**벌크 향상과 강도 유지**를 동시에 달성하는 최적의 전략적 솔루션입니다.



**벌크-강도 동시 달성**

5~15% 증가 범위에서  
**벌크·강성 향상**과 동시에  
 인장·압축 강도 유지



**공정 안정 & TCO 개선**

장점유 네트워크 형성으로  
**백수 청정도·가동률 향상**  
 총소유비용(TCO) 절감 실현



**트레이드오프 해소**

기존 목분 사용 시 발생하던  
**'벌크 vs 강도' 상충 문제**를  
 근본적으로 해결하는 대안

● 단순 재료 치환을 넘어선 솔루션 | 
 ● 통합적 수익성 개선 모델 | 
 ● 고품질 지중으로 확장 가능



2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회 Page 26

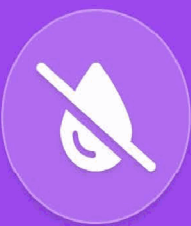
**TOPIC 04**

# Surface Hydrophobic Treatment

## 표면 발수 처리

**AKD 내침 문제 해결 및 신규 표면 발수제**

-  기존 AKD 내침 방식의 한계 극복
-  저원가 고효율 표면 발수 기술



**Water Repellent**  
 Surface Sizing Technology

2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회

TOPIC 04 Surface Sizing

## AKD 내첨 방식의 고질적 문제

기존 공정의 한계 분석

### ▲ 낮은 보류율과 약품 손실

AKD(Alkyl Ketene Dimer) 내첨 시 보류율이 **50% 미만**에 불과하여, 절반 이상의 약품이 반응하지 못한 채 배수로 유실됨. 이는 심각한 경제적 비효율을 초래함.

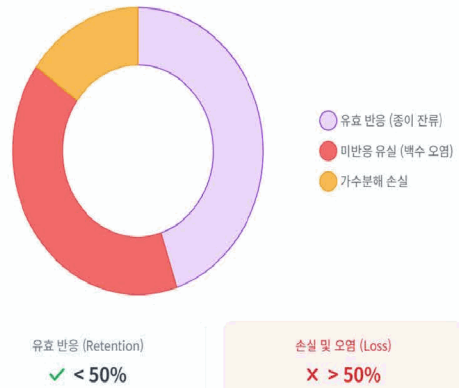
### ≡ 배수 오염 및 설비 스케일

미반응 AKD의 축적은 배수 시스템의 오염을 유발하고, 설비 표면에 스케일(scale)을 형성하여 공정 트러블과 품질 저하의 원인이 됨.

### ✓ 핵심 문제의 명확화

**미보류된 미반응 AKD**로 인한 공정 오염 및 효율 저하가 핵심임.

AKD 내첨 공정의 물질 수지(Mass Balance)



TOPIC 04 Surface Water Repellent Treatment

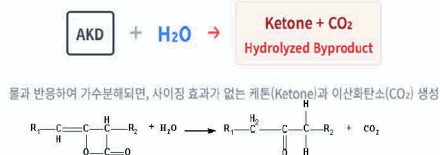
## AKD의 화학 반응 메커니즘

Reaction with Cellulose & Hydrolysis

### Main Reaction (Sizing)



### Side Reaction (Hydrolysis)



### 🔑 반응 메커니즘의 핵심

AKD 사이징의 성공 여부는 셀룰로오스와 공유결합 형성 효율에 달려있으나, 수분 존재 하에서 가수분해 경쟁 반응이 필연적으로 발생합니다.

### 🔗 β-Keto ester 공유결합 (사이징)

AKD 분자가 셀룰로오스 표면에 배향되어 소수성 꼬리(일킬기)를 바깥쪽으로 향하게 함으로써 발수성을 부여하는 이상적인 반응입니다.

### ⚠️ 가수분해에 의한 손실

공정 수분(H<sub>2</sub>O)과의 부반응은 AKD를 비활성화시키며, 생성된 케톤은 발수성에 기여하지 못하고 배수 시스템 내 오염원으로 작용합니다.

### ⚠️ 보류제 없는 내첨의 한계

적절한 보류 시스템 없이는 섬유에 정착하지 못한 AKD가 배수로 유실되어 미반응 비율이 급격히 높아지는 구조적 문제가 존재합니다.


💡 "미반응 AKD의 축적은 공정 오염의 주범이며, 이는 내첨 방식의 근본적 한계입니다."

TOPIC 04 표면 발수 처리

## 문제의 본질 정리 - AKD 내침의 한계

Fundamental Issues of AKD Internal Sizing


AKD 내침 방식의 근본적인 문제는 낮은 보류율에 기인하며, 이는 단순한 약품 손실을 넘어 공정 오염과 비용 상승의 악순환을 유발합니다.



**미보류·미반응 AKD**


보류율 < 50%

절반 이상의 AKD가 섬유와 반응하지 못하고 백수 시스템으로 유출됨 (문제의 근원)



**백수 오염 & 스케일링**

미반응 AKD의 가수분해물(케톤) 축적  
설비 표면의 끈적한 **스케일(Scale)** 형성  
백수 탁도 증가 및 공정 불안정 야기



**비용 상승 & 성능 저하**

약품 손실에 따른 **경제적 비효율**  
제품의 불균일한 발수 성능  
세정 주기 단축으로 인한 가동 손실

▲ 내침시 낮은 보류율      → 표면 사이징(Surface Sizing)으로 전환 필요

2026 한국펄프종이공학회 춘계학술대회 Page 30

TOPIC 04 Surface Water Repellent

## 신규 표면 발수제 접근법

사이즈 프레스(Size Press) 적용 방식

**◎ 표면 도포 방식 (Surface Application)**

내침 방식의 한계를 극복하기 위해 사이즈 프레스(Size Press) 공정에서 신규 발수제를 직접 도포. 약품 손실 없이 **100% 유효 사용** 가능.

**≡ 균일 코팅층 형성**

섬유 표면 전체에 균일한 소수성 방수막(Hydrophobic Layer) 형성. 기존 내침 방식의 불균일한 보류로 인한 **품질 편차 문제 해결**.

**🍵 저원가 & 공정 친화적**

기존 AKD 대비 **저원가형 신규 발수제** 사용. 별도 설비 투자 없이 기존 사이즈 프레스 활용 가능하여 즉시 현장 적용 용이.

**사이즈 프레스 적용 공정 모식도**



✓ 100% 보류  
약품 손실 Zero

백수 오염 방지  
Clean System

Surface Hydrophobic Treatment Technology Page 31

**TOPIC 04** 표면 발수 처리

## 표면 발수 처리 효과 (1) - 사이즈도 비교

Sizing Degree Improvement (7x Increase)

**실험 조건**

- 대조구 (Control)**  
0.1% AKD 내침 (Internal Sizing Only)  
\* 낮은 보류율로 인해 제한적 성능
- 시험군 (Experimental)**  
신규 발수제 표면 도포 (Surface Sizing)  
\* 사이즈 프레스 적용, 균일 코팅층 형성

**혁신적 성능 향상**

신규 표면 발수제 처리를 통해 기존 내침 방식 대비 **사이즈도가 약 7배** 급증하였습니다. 이는 섬유 표면에 균일하고 강력한 소수성 방수층이 형성되었음을 입증합니다.

**사이즈도 (Sizing Degree) 비교**

Stöckigt Sizing Test (sec)

구분	사이즈도 (sec)
대조구 (Control)	15s
신규 표면 발수제 (New Agent)	105s (7x Increase)

Innovative Cellulose-based Foaming Technology & Process Optimization Page 32

**TOPIC 04** 표면 발수 처리

## 성능 데이터 - 접촉각 (Contact Angle)

Surface Hydrophobicity Analysis

**접촉각 변화 (Contact Angle Change)**

↑ 66% 향상

구분	접촉각 (Degree, °)
대조구 (Control)	65°
신규 표면 발수제 (New Agent)	108°

108° 달성으로 완전 소수성(Hydrophobic) 표면 구현 (90° 초과)

**획기적인 발수 성능 향상**

기존 친수성(65°) 표면이 **초소수성(108°)**으로 전환됨에 따라 물방울이 표면에 퍼지지 않고 굴러떨어지는 발수 효과를 확보했습니다.

**접촉각 시각화 비교**

대조구 (Control)  
0.1% AKD 내침  
친수성 (Hydrophilic)

신규 표면 발수제  
표면 도포 처리  
소수성 (Hydrophobic)

증가율

**+66%**

판정 기준

**>90°**

Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production Page 33

TOPIC 04 표면 발수 처리

## 경제성 및 공정 효율의 극대화

Economic Feasibility & Process Efficiency

### 약품 손실 원천 차단

- 보류도에 의존하는 내침 방식 탈피
- 표면 도포 방식으로 **약품 유효 사용률 ~100%** 달성
- 불필요한 과량 투입 방지로 원가 절감

### 백수 오염 최소화

내침 AKD 미보류 문제로 인한 백수 오염을 **완전 해소**하여 환경 부하 저감.

↓ BOD 부하 감소 & ↓ 폐수 처리 비용 절감

### 자원 최적화 (Recycle)

미반응 약품의 회수 및 재사용이 가능하여 화학물질 투입량을 최적화.

- 시스템 청정도 유지로 공정 효율성 향상
- 폐기물 발생 최소화로 친환경 공정 구현

### 기존 설비 활용 (CAPEX ↓)

Size Press + Coater

기존 보유 설비인 사이즈 프레스나 코터를 그대로 활용하므로 **추가 설비 투자 비용 최소화** 가능.

Innovative Cellulose-based Foaming Technology Page 34

TOPIC 04 표면 발수 처리

## AKD 내침 vs 신규 표면 발수제 종합 비교

Internal AKD Sizing vs. Novel Surface Sizing

### 기존 AKD 내침 방식

Internal Sizing (Slurry Addition)

- 보류율 (RETENTION) **50% 미만 (Low)**
- 백수 오염 (WHITE WATER) **심각** (미반응물 축적)
- 사이즈도 / 접촉각 **기준 (1x) / 65°**
- 경제성 (COST) **고비용** (약품 손실 ↑)

Recommended

### 신규 표면 발수제

Surface Sizing (Size Press Coating)

- 보류율 (RETENTION) **~100% (No Loss)**
- 백수 오염 (WHITE WATER) **없음** (Clean System)
- 사이즈도 / 접촉각 **7배 향상 / 108° (High)**
- 경제성 (COST) **저원가** (Cost Effective)

VS

Strategic Process Optimization for Cost-Effective Paper Production Page 35

### AKD 저감 + 수용성 발수제 표면사이징 전환 경제성 분석

월 10,000톤 생산 기준 | 2026년 4월

#### 기존안 vs 전환안 원가 비교

항목	기존안	전환안	변화
표면사이징 총량	400톤/월	400톤/월	-
전분 (95%→90%)	380톤/월 (266M원)	360톤/월 (252M원)	-14M원
보조제 (5%)	20톤/월 (22M원)	20톤/월 (22M원)	-
KS3001S (5%)	-	20톤/월 (50M원)	+50M원
<b>표면사이징 비용</b>	<b>288M원/월</b>	<b>324M원/월</b>	<b>+36M원</b>
AKD 절감	0.2-1.5% 내침	0.1% 내침	-6M원

AKD 절감 -6M원/월
표면사이징 증가 +36M원/월
순변화 +30M원/월

#### 직접 비용 변화 요약

표면사이징 비용 증가	+36,000,000원/월
AKD 절감 효과	-6,000,000원/월
순변화 (비용 증가)	+30,000,000원/월

**순익분기 조건 30M원**

- 공정 트러블 감소 효과가 30M원/월 초과 시 순익분기 달성
- 40M원/월 이상 개선 시 순이익 +10M원/월 기대

#### 결론 및 권고

▲ 직접 약품비는 월 3천만원 불리하나, AKD 저감으로 인한 공정 트러블 85% 감소 효과로 월 4천만원 이상 유무형 이익 발생 기대

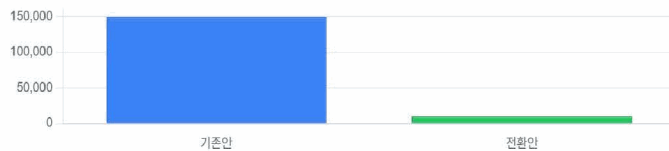
개선 효과  75%

#### AKD 초기 투입률별 민감도 분석

핵심 인사이트: AKD 초기 투입률이 0.7% 이상이면 직접 약품비만으로도 전환안이 유리

시나리오	AKD 절감	순변화
0.2%→0.1% (대표)	6M원/월	+30M원
0.5%→0.1% (절감)	24M원/월	+12M원
1.0%→0.1% (최저)	54M원/월	-18M원
1.5%→0.1% (최대)	84M원/월	-48M원

AKD 절감 효과 분석



CONCLUSION Summary & Impact

## 결론 - 네 가지 기술의 독립적 가치

Independent Value of Four Strategic Technologies

### 1. Cellufoam

플라스틱 대체 친환경 완충재

- ✓ 화학 개질 없는 천연 펄프 고온-가압 발포
- ✓ EPS/PE 발포제 대체 가능한 충격흡수성
- ✓ 완전 생분해성 및 저원가 공정 실현

### 2. 발포지 (Expanded Paper)

벌크 및 단열 성능 극대화

- ✓ 마이크로 발포구체 적용으로 벌크 향상
- ✓ 동일 평방 대비 두께 증가 및 경량화 달성
- ✓ 기포 구조에 의한 우수한 단열 성능 확보

### 3. TMP 원료 전환

목분 대체 및 공정 최적화

- ✓ 목분 대비 우수한 강도 및 공정 안정성
- ✓ 보류물 향상, 백수 오염 저감, TCO 절감
- ✓ 벌크와 강도의 트레이드오프 문제 해결
- ✓ FSC 인증 BCTMP

### 4. 신규 표면 발수제

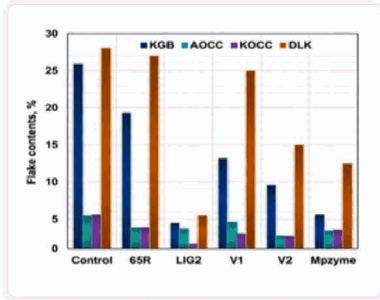
AKD 내침 한계 극복

- ✓ 미보류 AKD 문제 해결 (벌크와 무관함 명확화)
- ✓ 사이즈도 7배 향상, 점축각 108° 달성
- ✓ 백수 오염 없는 친환경 고효율 공정 구현

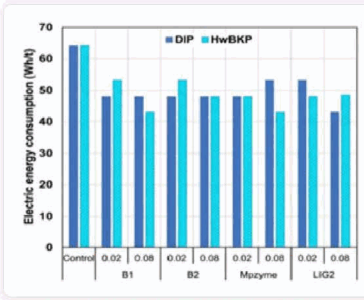
모든 기술은 국내의 특허 출원 및 등록 원료되어 독창적 권리를 확보함

## 바이오 효소 공정: 에너지 위기 시대의 실용적 해법

최근 고유가 및 전기료 상승 국면에서 제지 산업의 원가 경쟁력을 위한 리파이닝 전력 원단위 절감은 핵심 과제입니다. 본 연구는 원료 맞춤형 바이오 효소 전처리를 통해 해리 효율 향상과 에너지 절감을 동시에 달성하는 검증된 솔루션을 제시합니다.



[Fig. 5a] 효소군별 미해리분(Flake) 감소 효과 비교



[Fig. 5b] 대조구 대비 리파이닝 전력 소비 절감 효과

### 바이오 효소 작용 메커니즘

1. 섬유 다발 결합 물질 선택적 분해
2. 초기 해리(Repulping) 시 미해리분 급감
3. 섬유 수화(Hydration) 능력 및 유연성 확보
4. 적은 총격력으로 리파이닝 전력 대폭 절감

### 미해리분(Flake) 감소 극대화

- V2, Mpyzime 등 혼합 효소가 섬유 간 고착력 약화
- 원료를 개별 섬유로 빠르게 분산시켜, 후속 공정에 기계적 에너지가 낭비 없이 균일하게 전달되도록 최적화

### 에너지 소비 13~25% 절감

- 섬유 벽의 비결정 영역 노출로 수화 능력 극대화
- 유연해진 섬유가 적은 총격력으로 쉽게 피브릴화되어, 동일 강도 성질을 얻기 위한 비에너지 총량 대폭 감소

### 원료 맞춤형 공정 최적화

- 투입 전략 최적화와 반응 시간 정밀 제어로 변동성 극복
- DIP(신문고지) 및 HwBKP(활엽수) 등 수요처의 특정 원료와 공정 여건에 맞춘 신속한 맞춤형 개량(Customization) 가능

✓ 결론: 효소 전처리와 정밀 리파이닝 공정의 결합은 에너지 절감과 품질 향상을 동시에 달성하는 안정적인 바이오 효소 산업화 모델입니다.

?

## Q & A

경청해 주셔서 감사합니다.

연구 내용에 대해 궁금한 점이 있으시면 질문해 주십시오.

KNS/KNS

신경식 대표

✉ sks5403@naver.com

GNU

경상국립대학교



김철환 교수

✉ jameskim@gnu.ac.kr

에스엘팩R&D센터  
SL PAK R&D CENTER

김범진 대표

✉ slpack7777@gmail.com



2026 한국펄프종이공업학회 춘계학술대회  
일시 : 2026년 4월 22-23일  
장소 : (주)아진P&P, 안동

TABLE OF CONTENTS  
발표 내용 목차

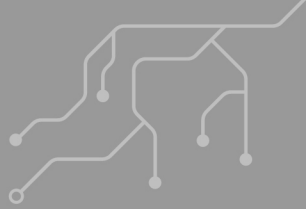
TOPIC 01  
셀루폼 (Cellufoam)  
폴리스틱 대체 셀룰로오스 발포제  
✓ 발포 셀룰로오스 대체 셀룰로오스 발포제  
✓ 폐쇄형 셀룰로오스 발포제 기반 발포 기술

TOPIC 03  
TMP 기반 원료 전환  
일본 대체 전략 및 공정 최적화  
✓ 저가 원료의 안정적인 확보를 위한 국제  
✓ TMP 공정의 경쟁력 증진 방안 및 환경 개선

TOPIC 02  
발포지 (Expanded Paper)  
미이크로 발포구체 적용 필크 향상  
✓ 용질 환경 대비 저가적 두께(Bulk) 향상  
✓ 단량량 개선 및 건조 에너지 절감 효과

TOPIC 04  
표면 발수 처리  
AKD 내침 문제 해결 및 신규 발수제  
✓ 미발수 AKD로 인한 백수 50% 문제 해결  
✓ 표면 도포 양식을 통한 100% 발수 및 고장능 발수





## 02

# Pitch Deposit Tester (PDT) 및 On-line Charge Analyzing System (OCAS)을 이용한 제지 공정 내 Micro Stickies 거동 및 전하 특성 분석

류정용, 김원경





# Pitch Deposit Tester (PDT) 및 On-line Charge Analyzing System (OCAS)을 이용한 제지 공정 내 Micro Stickies 거동 및 전하 특성 분석

Quantitative Evaluation of Pitch Deposition Behavior and Charge Fluctuations in Papermaking via PDT & OCAS

류정용<sup>1</sup>, 김원경<sup>2†</sup>

Jeong Yong Ryu<sup>1</sup>, Won Kyung Kim<sup>2†</sup>

제지공정에서 지절(Paper break)은 종이 총 생산량의 약 2~7%에 해당하는 생산 손실을 유발하는 주요 원인으로, 초지기 운전 중단에 따른 생산성 저하뿐만 아니라 불량 제품 발생 및 자원 낭비를 초래한다. 예기치 않은 생산 중단으로 인한 막대한 비용 손실을 최소화하기 위해서는 초지기의 운전 신뢰성을 향상시키는 것이 제지산업 경쟁력 확보의 핵심 요소라 할 수 있다.

제지 공정에서 발생하는 대표적인 지절 원인 중 하나는 드라이어(Dryer cylinder) 표면 오염으로, 이는 생산 손실, 품질 불량 증가, 드라이어 캔버스 수명 단축, 에너지 소비 증가, 그리고 설비 세정(Machine cleaning)에 따른 빈번한 운전 정지 등을 직접적으로 유발한다. 특히 재생섬유 사용 증가, 초지기의 고속화, 코팅지 생산 확대, 브로크 사용률 증가와 같은 공정 조건에서 이러한 지절 문제는 더욱 심화된다.

이는 종이 원료(OCC, DIP 등)에 포함된 PSA(감압 접착제), hot-melt wax, latex adhesive, coating binder 등이 해리 및 정선 공정에서 충분히 제거되지 못한 채, 드라이어의 고온 조건(100°C 이상)에서 연화되어 점착성을 갖는 stickies로 전환되고, 이들이 드라이어 표면에 부착되기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 Wet-end chemical을 활용한 공정 제어가 필수적이며, talc, 특수 무기계 첨가제, polymer passivation제와 같은 detackifier를 적용하여 micro stickies를 비점착화함으로써 드라이어 표면 오염의 근본 원인을 저감할 필요가 있다. 그러나 이차 점착성 이물질의 형성이 적은 기능성 첨가제를 선별하기 위한 정량적 평가 수단이 부족하며, 지중 및 초지계 조건에 따라 상이한 습부 화학적 특성을 고려해야 하므로, 최적의 stickies 제어 시스템을 선정하는 데에는 여전히 많은 어려움이 존재한다.

이에 삼보과학(주)에서는 새로운 분석 장비인 PDT와 OCAS를 도입하여 micro stickies에 의한 오염 정도를 정량적으로 평가·분석하고, 자료의 charge demand를 실시간으로 측정할 수 있는 wet-end 진단 및 solution 제공 패키지를 개발하였다. 향후 본 기술이 균일하고 고품질의 종이를 보다 효율적으로 생산하는 데 기여할 수 있기를 기대한다.

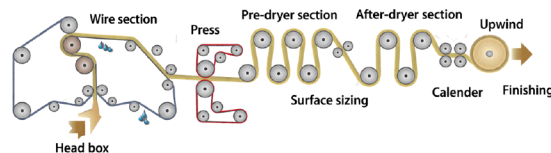


Fig. 1. Sensitive areas in paper machines where web breaks are likely to occur

**Keywords:** Wet-end, Cationic Polyacrylamide, molecular weight, Talc, GCC, Formation, Air Permeability

1 강원대학교 펄프제지공학과(Dept. of Pulp & Paper Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, Republic of Korea)

2 삼보과학(주) 서울특별시 강서구 가양제1동 양천로 401(B-401/402, 401, Yangcheon-ro, Gangseo-gu, Seoul, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: sambosc@sambosc.com

# Pitch Deposit Tester (PDT) 및 On-line Charge Analyzing System (OCAS)을 이용한 제지 공정 내 Micro Stickies 거동 및 전하 특성 분석

Quantitative Evaluation of Pitch Deposition Behavior and Charge Fluctuations

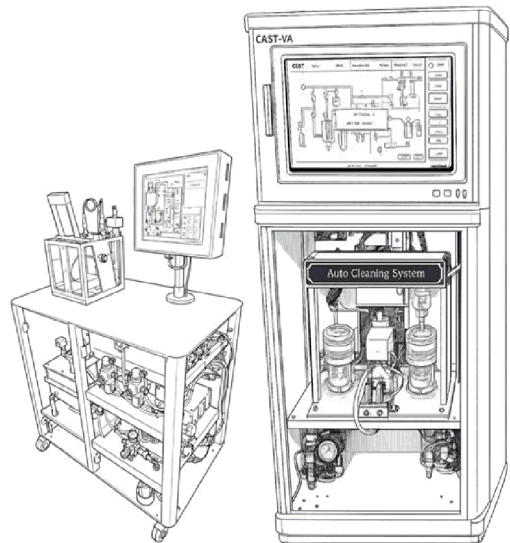
In Papermaking via PDT & OCAS

三寶科學(株)



## 개요

1. 지절과 점착성 이물질
2. 이차 점착성 이물질의 분석법, PDT
3. 초지 공정의 변동과 양이온 요구량
4. OCAS를 활용한 실시간 습부 분석



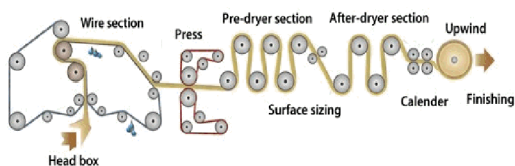
# 점착성 이물질과 지절

## 지절 (Paper Web Break)

- ▶ 지절은 종이 총 생산량의 2~7% 생산 손실을 야기하는 주요 원인으로 이때 초지기의 운전중단 시간뿐 아니라 불량제품 생성 및 자원 낭비를 초래함.
- ▶ 예기치 않은 생산 중단으로 인해 발생하는 막대한 비용을 최소화하기 위하여, 초지기의 운전 신뢰성을 향상시키는 노력이야 말로 제지산업의 경쟁력 확보에 가장 중요함.



(Ahola, T., (2005). *Intelligent estimation of web break sensitivity in paper machines*. Ph.D. thesis, University of Oulu, Department of Process and Environmental Engineering.)



### 1. Dryer Deposit 문제의 중요성

드라이어(Dryer Cylinder) 표면 오염은 제지 공정에서 발생하는 대표적인 지절(Paper Break) 원인 중 하나이며 생산 손실 (Production Loss), 품질 불량 증가, Dryer Felt 수명 단축, 에너지 소비 증가, Machine Cleaning으로 인한 잦은 정지와 같은 손실을 직접적으로 유발한다. 특히 Recycled Fiber 사용 증가, 고속 초지기 운전, 코팅지 및 백상지 생산, Broke 사용률 증가 조건에서 문제가 급격히 증가한다.

### 2. Dryer Deposit의 주요 발생 원인

① Stickies / Pitch 유입

종이자원(OCC, DIP 등)에 포함된 PSA (감압 접착제), Hot-melt wax, **Latex adhesive Coating binder** 등이 Pulper 및 Cleaning 공정에서 제거되지 못하고 Dryer의 고온(100~150°C 이상)에서 연화되어 점착성 Stickies가 Dryer 표면에 부착됨.

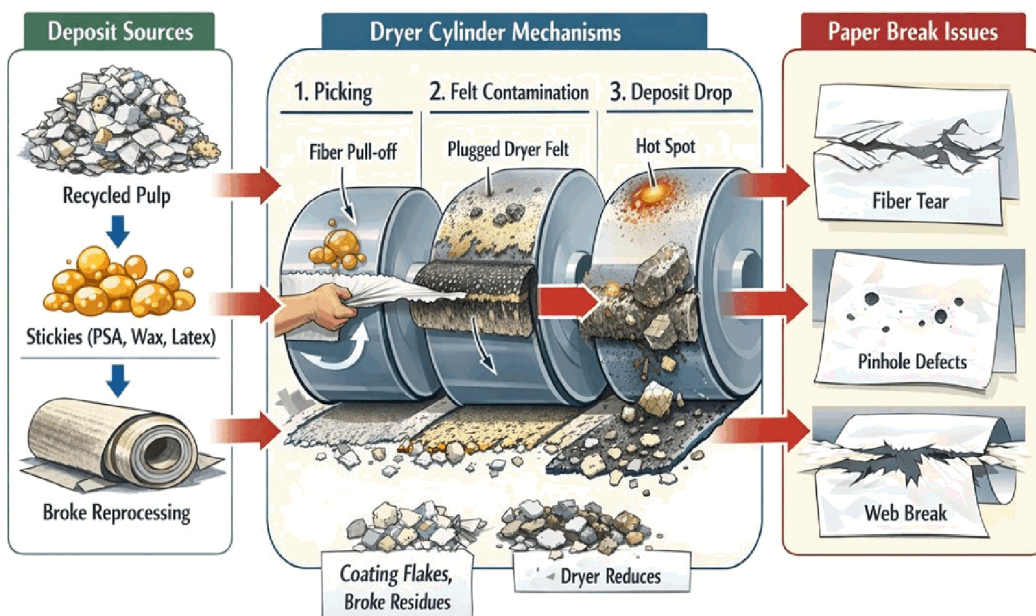
② Broke 재처리 영향

지절 발생 후 회수된 Broke에는 Coating flakes, Size press chemical, Latex binder 등이 포함됨 → Dryer에서 탄화 또는 늘어붙음.

③ Dryer Surface 상태 악화

Doctor blade 마모, Blade 압력 불균일, Dryer 캔 표면 거칠기 증가, 녹(Rust) 또는 코팅 손상 시 오염 급증

## 오염물로 인한 건조부의 지절 발생 기구



### 3. Dryer Deposit에 의한 Paper Break 메커니즘

① Picking Mechanism (Paper Break의 가장 주요 원인)

Dryer Deposit이 종이를 붙잡음 ⇒ Web 일부가 Cylinder에 고착 ⇒ 섬유 뜯김(Fiber Picking) ⇒ 인장 파괴 ⇒ Paper Break

② Dryer Canvas Contamination

Stickies 이동: Dryer Surface → Dryer Canvas ⇒ 그 결과 Canvas Permeability 감소 ⇒ 건조 불균일 ⇒ Moisture profile 불안정 ⇒ Web 안정성 저하 ⇒ Break 발생

③ Hot Spot / Deposit Drop

Deposit이 종이에 전이 (Spot)

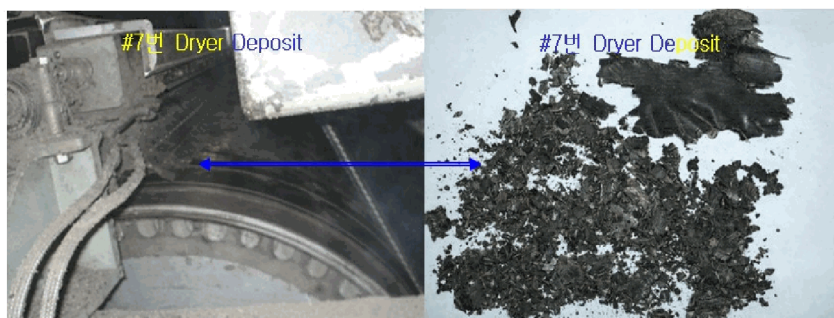
Doctor blade 축적물 탈락 ⇒ 대형 이물 발생 ⇒ Web 절단 ⇒ 돌발 Break

④ Coated Grade 문제

Dryer에서 점착화된 오염물 Coating layer 박리 ⇒ Pinhole 발생 ⇒ Coating picking ⇒ 품질 불량 + Break

7

## Pre Dryer의 deposit



8

## Doctor blade의 Stickies 및 지분

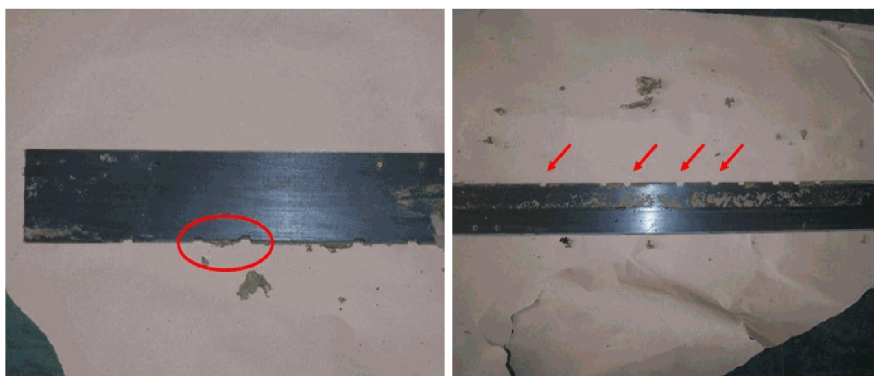


후측에서부터 순서대로 3 지점 오염 상태



제거한 오염물들. Stickies가 오염의 주원인임

## Doctor blade 파손



사진에서 확인할 수 있듯이, 블레이드 날에 이가 빠진 것과 같은 형태의 파손이 관찰되었다.

이는 드라이어 표면에 부착된 Deposit이 닥터 블레이드를 지속적으로 마모시켜 발생한 현상으로 판단된다.

또한, 현재의 닥터링 방식으로는 드라이어에 단단하게 부착된 Deposit을 효과적으로 제거하지 못한 것으로 보인다.

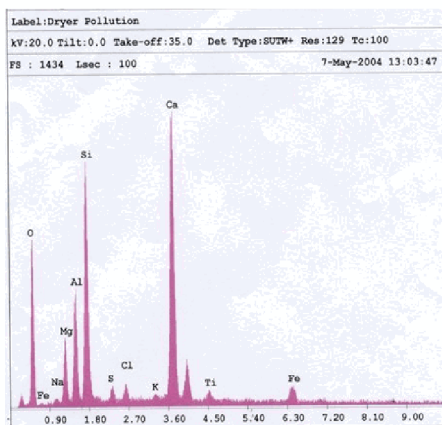
따라서 닥터 블레이드의 재질을 보다 높은 경도와 내마모성을 갖는 소재로 대체할 필요가 있다.

## Doctor Deposit 채취



11

## Doctor deposit 채취 후 성분 분석



합성고분자	무기물	Fiber
	Ca 25% Si 20% Al 10% O 15%	
65.6%	20.1%	14.3%

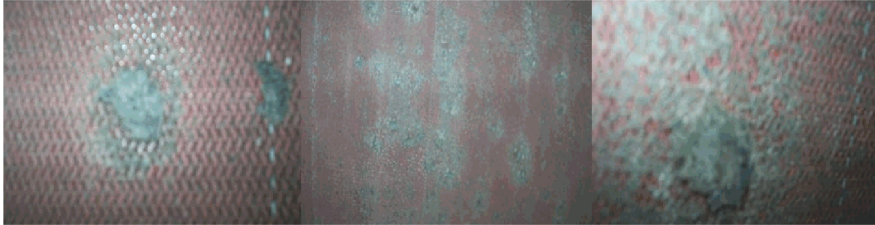
유기물이 약 80%로 대부분을 차지하고 있으며, 이 중 약 65%는 점착성 고분자물질로 구성되어 있어 Deposit 발생의 주요 원인으로 판단된다.

이러한 점착성 고분자 물질은 특정 단일 성분이 아닌, 다양한 스택키 유발 물질에 의해 형성된 것으로 보인다. 정선 공정만으로는 이들을 완전히 제거하는 데 한계가 있으므로, 이미 종이에 잔존하는 스택키가 드라이어 표면에 점착되지 않도록 하는 방안을 마련할 필요가 있다.

12

## 캔버스 오염

PRE Canvas

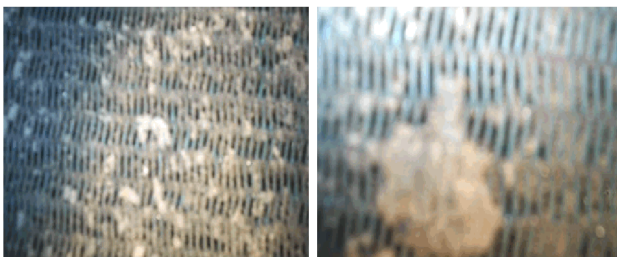


2군하 Canvas



13

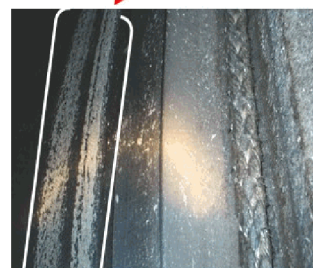
## 캔버스, 드라이어 오염



2군상 8번 Dryer 오염

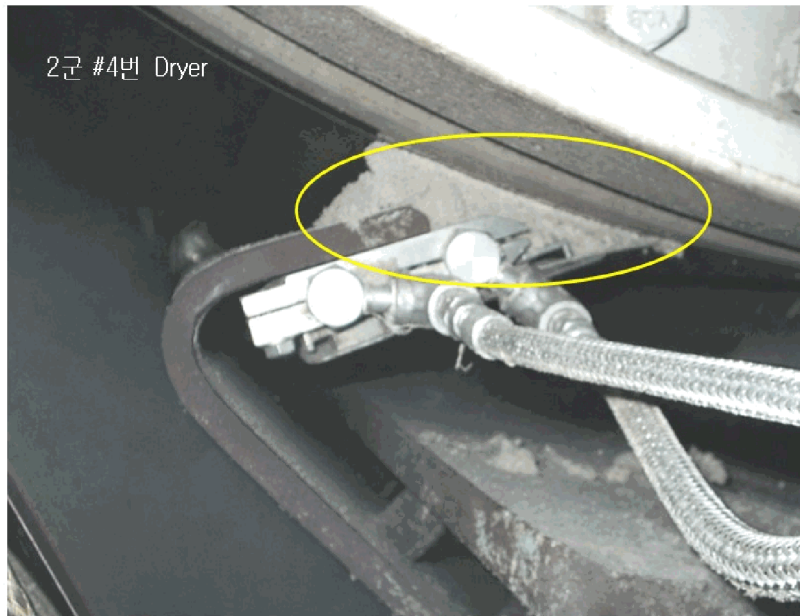


2군상 캔바스를 오염부식



14

## OCC 재활용 공정의 Doctor blade



15

## 지절



16

## 건조부 지분 및 Deposit 오염 원인

- 드라이어 표면에 침적되는 일차 혹은 이차 점착성 이물질로 인하여 섬유의 뜯김이 일어나고 지분이 조장되며 deposit problem이 발생한다.
- 골판지 자원의 재생공정이 폐쇄화될수록 즉, 청수 사용량이 줄고 점착성 이물질이 제거될 기회가 줄어들수록 지분 및 deposit 오염은 더욱 심각해진다.
- 이러한 지분 및 오염물질이 유발되지 않도록 조치하는 방법의 하나로서 건조부 유입 지필의 건조도를 높이는 것을 들 수 있다.
- 이 경우 지필 내에 포함된 공정수의 양이 적어지기에 이차 점착성 이물질로 인한 deposit 문제가 경감될 뿐만 아니라 지필의 고화가 빠른 만큼 지분의 발생 또한 줄일 수 있다.

17

## 4. 현장 관리 핵심 대책

### ① Doctor Blade 관리 (가장 중요)

Blade 마모 정기 점검, 균일한 접촉 압력 유지, Blade 교체 주기 관리, Dryer 표면 지속 청소 유지 ⇨ Deposit 예방의 1차 방어선

### ② **Wet-End Chemical Control** : Detackifier 투입 (ex. Talc, 특수 무기계 첨가제, Polymer passivation제)

효과: Stickies 비점착화 → Dryer 도달 차단 ⇨ **Deposit의 근본 원인 제거**

### ③ Dryer Canvas Cleaning : 고압 Shower 정기 운전, Felt permeability 관리, Stickies 축적 방지

### ④ 운전 조건 최적화 : Dryer Group Draw 최소화, 급격한 장력 변화 방지, Web flutter 감소, 안정적 Sheet Run 확보

18

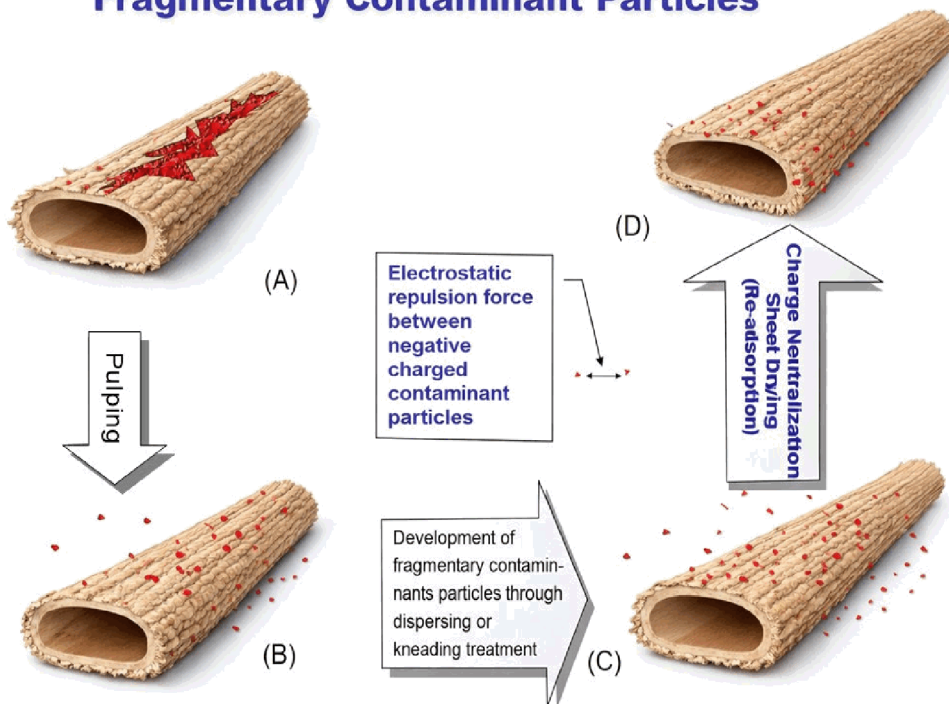
## 점착성 이물질의 종류 (Macro vs. Micro)

구분	일차 점착성 이물질 Macro Stickies	이차 점착성 이물질 Micro Stickies
크기	100~150 $\mu\text{m}$ 이상	100~150 $\mu\text{m}$ 미만 (대체로 1~20 $\mu\text{m}$ )
스크린 통과 여부	걸러짐 (Retained)	통과함 (Passed)
제거 용이성	상대적으로 쉬움	어려움 (화학적 제어 필요)
주요 문제	최종 제품의 점, 얼룩 (품질 저하)	초지기 운전성 저하, 퇴적물 (생산중단)

매크로 스티키는 **제거(Removal)**에 집중하고, 마이크로 스티키는 분산/안정화하거나 응집없이 종이에 정착시키는 **제어(Control)** 전략을 세워야 함.

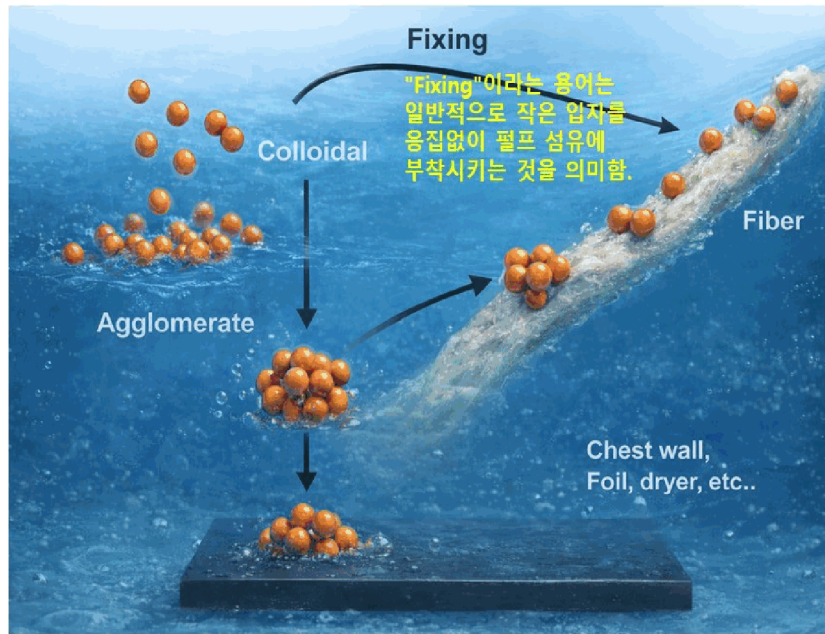
19

## Development and Adsorption of Fragmentary Contaminant Particles



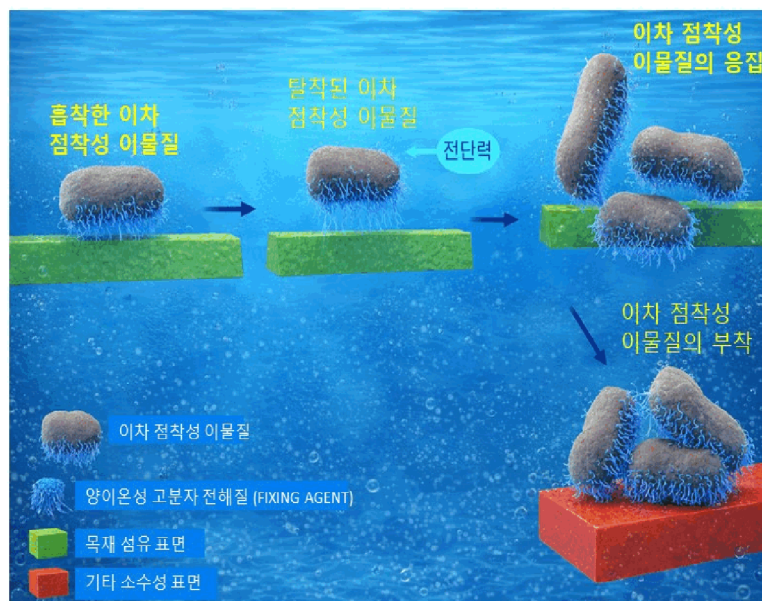
20

## 이차 점착성 이물질의 물리적 형태



21

## 소수성 오염 유발 입자의 응집 및 부착, 오염



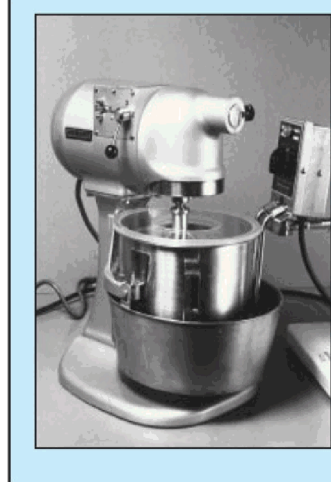
22

## 이차 점착성 이물질의 측정법

- 이차 점착성 이물질로 인한 제지공정의 오염 및 생산효율 저하의 문제는 종이자원의 재활용률이 높아지고 용수 사용량이 줄어드는 만큼 심각해졌다.
- Anionic trash와 같이 그 유입량에 따라 cationic demand가 비례적으로 증가하는 이물질은 Particle Charge Detector(PCD) 혹은 OCAS와 같은 측정설비를 활용한 관리가 가능하나 이차 점착성 이물질로서 coated broke로부터 비롯되는 latex film은 그 특성상 표면 전하가 강하지 않기에 cationic demand에 근거한 관리가 어렵다.
- 백수의 탁도 (turbidity) 역시 latex film의 양보다는 계 내의 inorganic filler 등 미세분 함량에 크게 영향 받기에 이차 점착성 이물질의 deposit 오염을 측정하는 기준으로 삼기에 적합하지 못하다.
- 따라서 fixing agent를 적용할 때 백수의 탁도가 줄어들고 보류도가 개선된 결과만으로는 이차 점착성 이물질이 제어되었다고 할 수 없다. 오히려 기존의 보류나 탈수축진을 위해 첨가되는 고분자 전해질의 경우 부작용으로 오염을 유발할 부담이 있다.

23

1. Hobart mixer with thermostatic bath

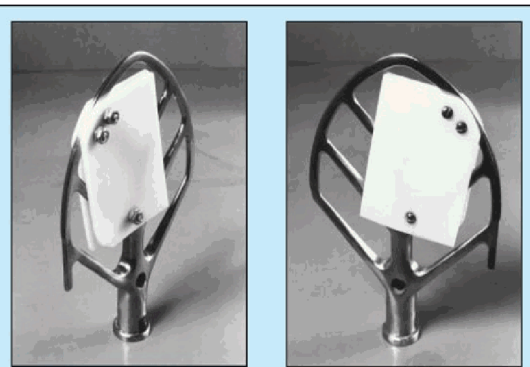


백색 피치(white pitch) 침착을 측정하기 위해 이전에 개발된 실험실 시험법을 재활용 제지 공정에서의 침착을 예측하는 용도로 적용하였다.

이 방법의 원리는 10% 농도의 펄프 슬러리를 반죽(kneading)하기 위해 사용되는 호바트 믹서(Hobart mixer)의 블레이드에 부착된 플라스틱 판에 오염 물질이 침적되도록 하는 것이다.



2. Placement of high-density polyethylene coupon on space-shaped agitator blade



Laboratory Pitch Deposition Test

Sithole, B. B., Filion, D., Allen, L. H., Laboratory Test to Predict Deposition in Recycled Paper Making, 1997 Recycling Symposium Proceedings

24

**1 Paper pulp + Microstickies treatment**      **2 Mixing the pulp**      **3 Check HDPE panel for deposited microstickies**

침착된 오염 물질의 양은 중량 분석법(gravimetric method)을 통해 정량하였다. 침착물을 분석한 결과, 주로 잉크, 목재 수지, 오일 및 지방산 탈목제(deinking soaps)로 구성되어 있었으며, 이는 실제 제지 공장에서 형성되는 침착물의 조성 과 전형적으로 일치하였다.

본 시험법은 실험실에서 제조한 탈목 재료와 재활용 제지 공장에서 생산된 재료에서의 침착 거동을 모니터링하는데 사용되었다.

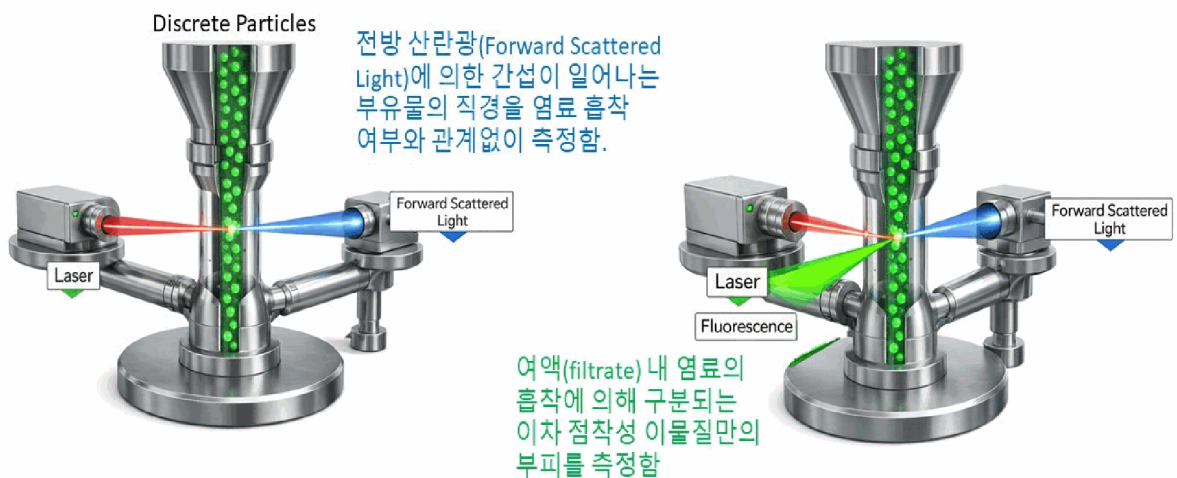
또한, 다양한 침착 제어용 첨가제를 선별하는 데에도 활용될 수 있었다.

**4 Assessing stickies adhesion**

25

## B사의 2차원 레이저 광학식 이차 점착성 이물질 입도 분석기

이 장치에서는 각각의 개별 입자가 방출하는 형광에 의해 이차 점착성 이물질이 구분되고 산란광에 근거하여 그 크기가 측정된다.



## 이차 점착성 이물질 측정설비의 중요성

- 이차 점착성 이물질의 형성이 적은 기능성 첨가제를 선별하여 사용하고자 할 때에도 이를 가능할 적절한 수단이 없었기에 각각의 초지계에 따른 다양한 습부화학적 특성을 고려한 **최적의 이차 점착성 이물질 제어시스템 선정에 많은 어려움**이 있었다.
- 따라서 이차 점착성 이물질의 제어를 위한 fixing agent 등 첨가제의 적용기술은 지대한 관심사 이었으나 기본적으로 주원료 품질의 관리가 철저히 이루어지지 못하는 상황에서는 초지계 내로 유입되는 오염물의 양이 어느 정도 인지 가능할 수 없었기에 이에 대응하는 **fixing agent의 적절한 투입량을 결정하기 어려운 난점**이 있다.
- 기존에 소수성 라텍스를 형광염료로 발색시켜 레이저 카운터로 정량하는 기술 등에 대한 보고

(The BASF Laser Optical Pitch Particle Counter - Current Applications and Future Developments, SIMON CHAMP, DAVID HUGHES, WOO-SUK LEE, ANTON ESSER and HANS PETER KAUB, 2006 Pan Pacific Conference)

가 있었으나, 이 경우 화이트피치와 같은 이차 점착성 이물질의 형성 이물질 중 주로 라텍스 바인딩 필름의 염착을 기본으로 하여 이물질의 크기와 개수를 측정하는 방식이기에 점착성 **이물질의 소수성 정도**라든가, **Passivation 처리**가 이물질의 오염에 미치는 영향을 함께 **고려할 수 없다**는 단점이 있다.

27

### 2D Laser Optical Secondary Sticky Particle Size Analyzer

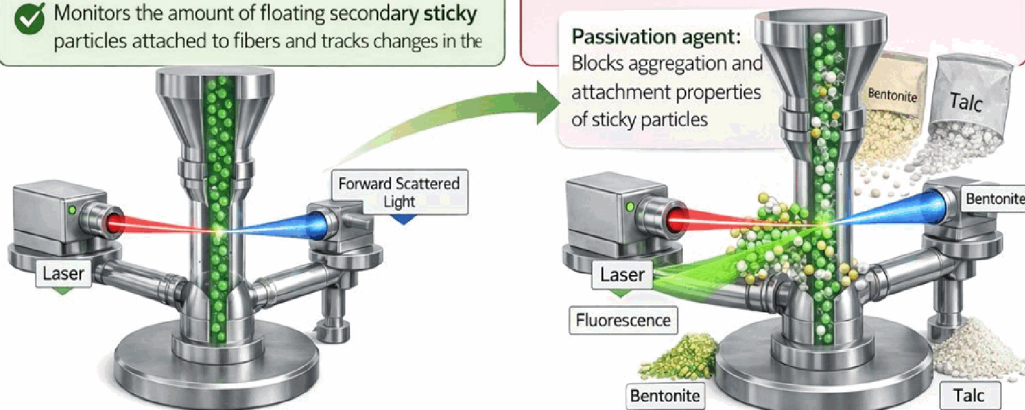
#### Advantages

- ✓ Specifically measures particles adsorbed by fluorescent dye to accurately identify secondary sticky particles
- ✓ Measures the size and count of secondary sticky particles using laser scattered light
- ✓ Monitors the amount of floating secondary sticky particles attached to fibers and tracks changes in the

#### Limitations

- ✗ Considers any particle adsorbed by fluorescent dye as a secondary sticky particle
- ✗ Gives incorrect signals by detecting particles as secondary sticky even when passivation agents like bentonite or talc neutralize their sticky properties

**Passivation agent:**  
Blocks aggregation and attachment properties of sticky particles



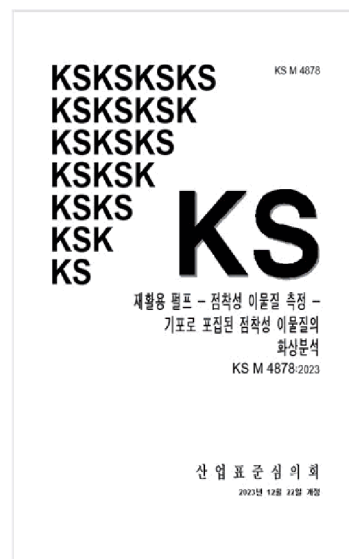
28

## 이차 점착성 이물질의 분석법, PDT

### KS M 4878

재활용 펄프—점착성 이물질 측정—기포로 포집된 점착성 이물질의 화상 분석

이 표준은 모든 등급의 재활용 펄프가 포함된 지료의 미세 점착성 이물질에 의한 오염 가능성을 평가하기 위한 방법에 대하여 규정한다.

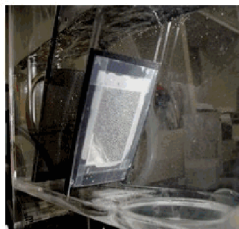


## PDT (Pitch Deposit Tester, 삼보과학㈜)

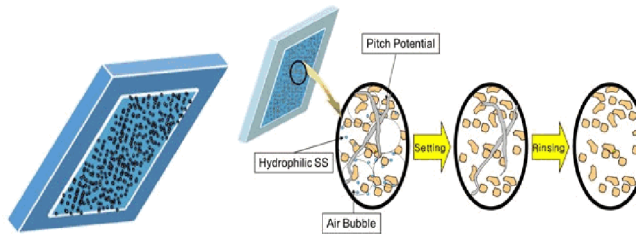
➤ 원리

: 치료 내 점착성 이물질의 정량 분석을 위해 PET 필름에 공기방울을 부착시킨 후 치료를 순환시켜 재료 내 점착성 이물질을 공기방울에 흡착하도록 유도. 이렇게 흡착된 면적비를 계산함으로써 점착성 이물질의 양을 추정.

### Bubble Adhesion

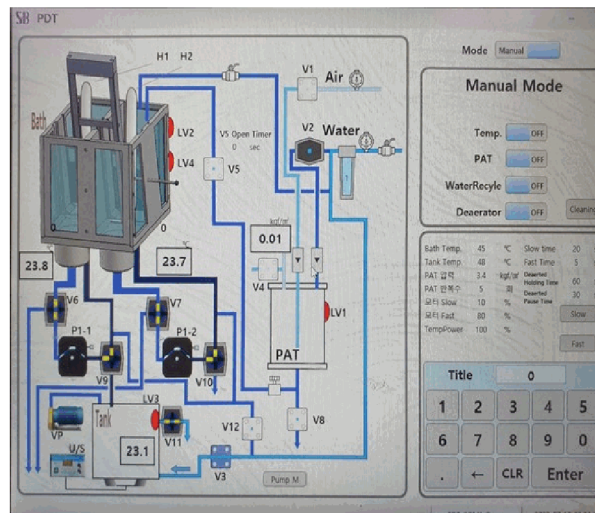


### Micro Stickies Adhesion



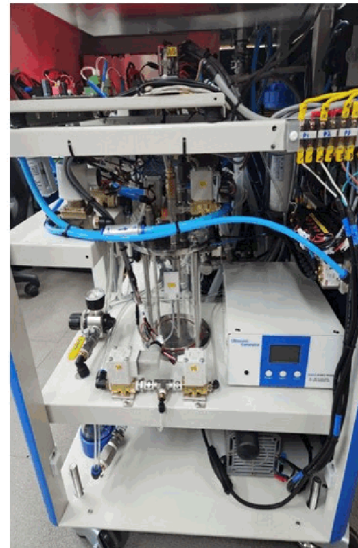
31

## PDT (Pitch Deposit Tester, 삼보과학㈜)



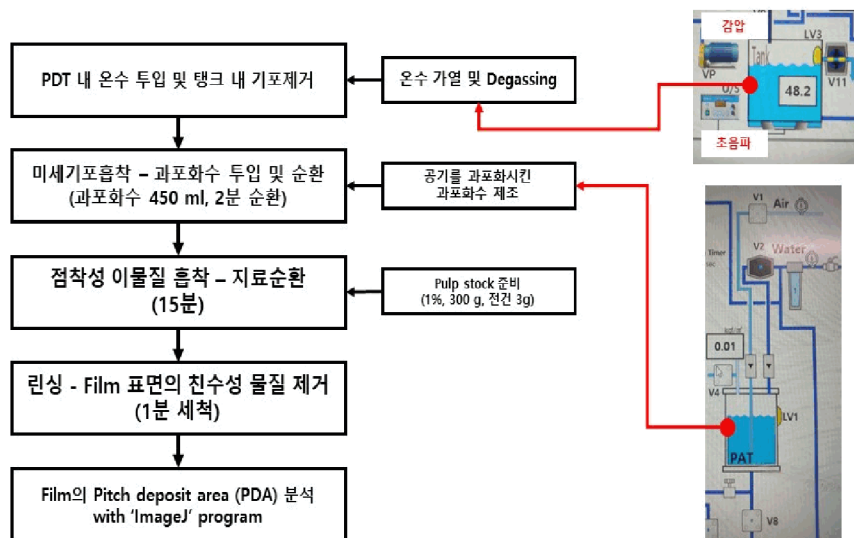
32

## PDT (Pitch Deposit Tester, 삼보과학㈜)



33

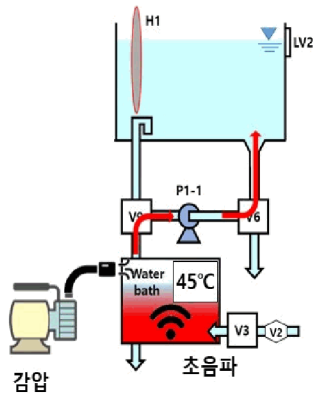
## PDT 를 이용한 점착성 이물질 함량 평가 과정



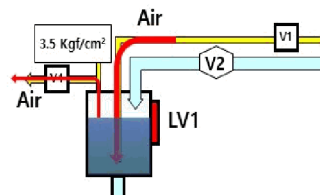
34

## 탈기 온수와 과포화수의 제조

Degassing 온수 제조 및 투입



과포화수\_Super-saturation water 제조

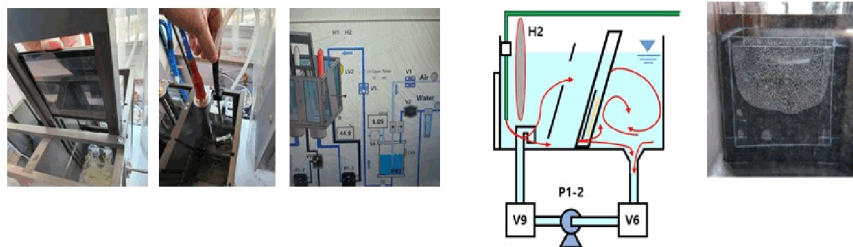


가압 - 해압(5반복) 과정을 통한 과포화수 제조

35

## 미세기포 흡착

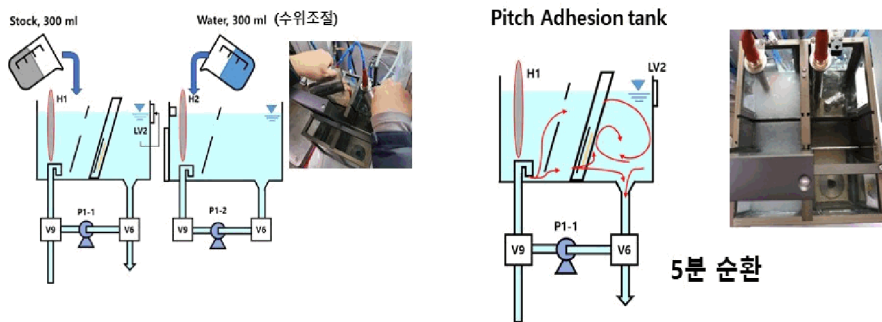
1. PET Film을 탈기 온수 내 장착
2. 과포화수를 탈기 온수에 투입
3. 탈기 온수 내에서 미세 기포를 발생
4. 탈기 온수를 일정 시간 순환시켜 미세기포를 PET Film에 흡착



36

## 이차 점착성 이물질 흡착

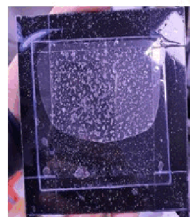
1. 미세기포가 흡착된 필름을 좌측의 점착성 이물질 흡착 탱크로 이동
2. 준비된 지료 300g와 수위 조절을 위한 물 300g을 투입  
지료 (좌측), 물 (우측, 수위조절용도)
3. 미세기포에 점착성 이물질이 흡착하도록 5분간 순환



37

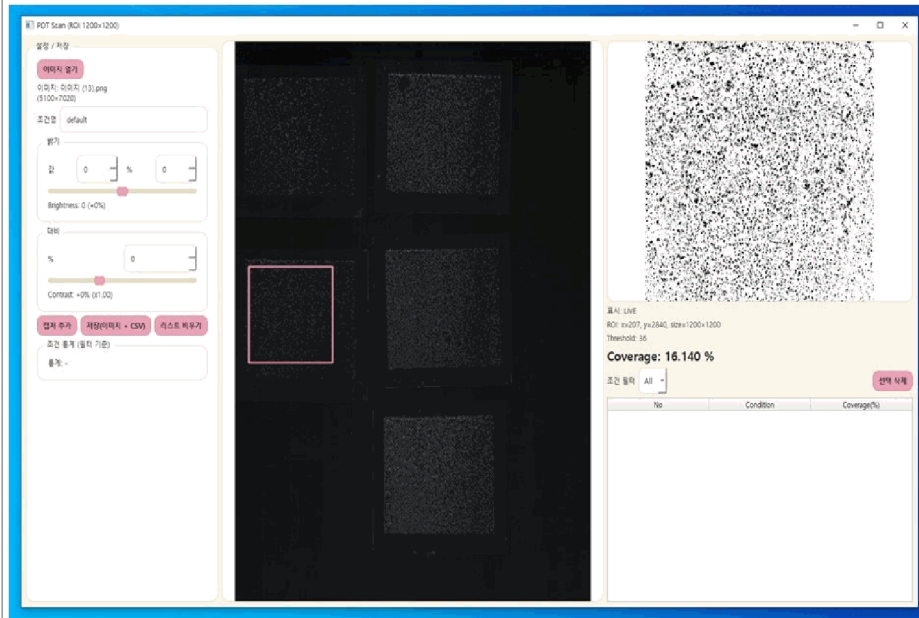
## 필름 세척

1. Tank 내 온수를 배수한 후 Film 플레이트를 2분간 건조
2. Tank 내 새로운 온수를 채움
3. 건조된 Film 플레이트를 재장착
4. 청수를 1분간 순환시켜 필름에 잔류되어 있는 친수성 물질 세척
5. 필름을 떼어 상온 건조

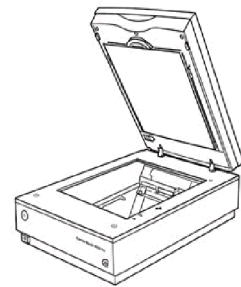


38

## 화상 분석



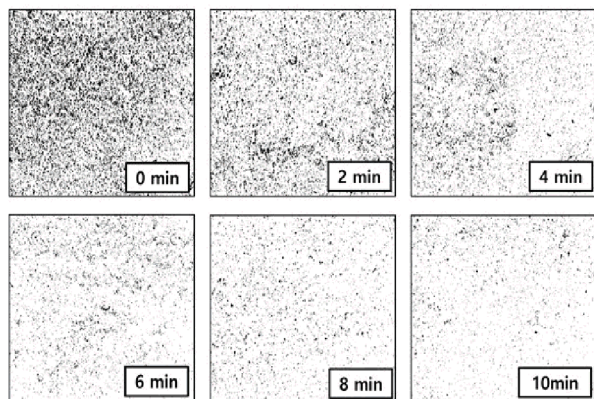
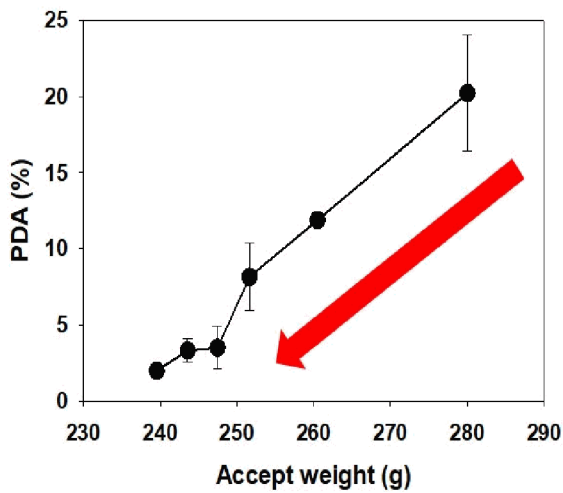
- 필름을 스캔하여 점착성 이물질이 흡착된 면적 비율 측정



39

## PDT의 성능

- 골판지 자원의 부상부유 처리 시간에 따른 이차 점착성 이물질 제거

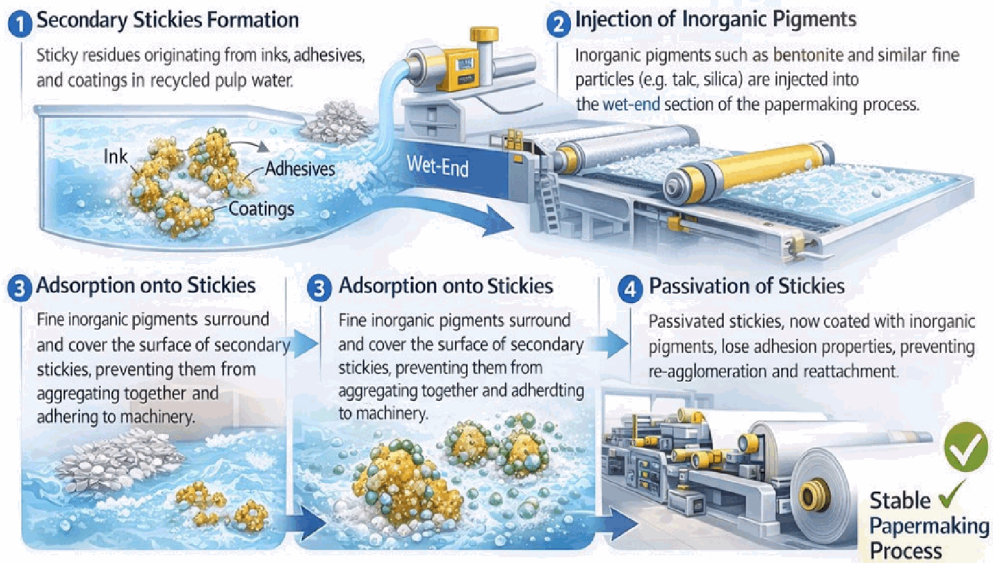


40

# Bentonite에 의한 Passivation

## Passivation Mechanism for Controlling Secondary Stickies in Paper Recycling

Explanation of why inorganic pigments easily detach from the surface of secondary stickies under high temperature conditions in paper recycling processes from DLVO



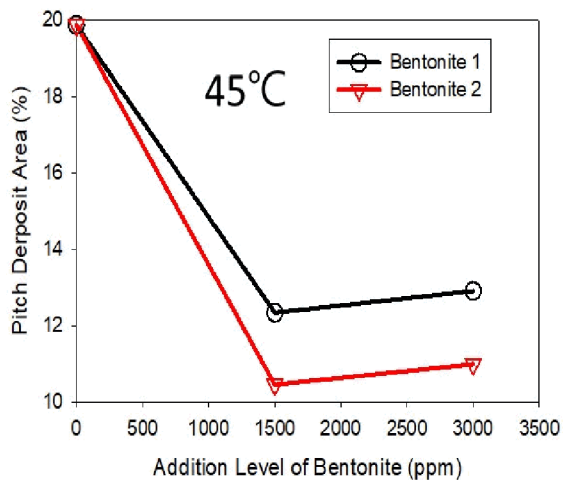
## 벤토나이트 2종

Cationic Demand ( $\mu\text{eq/g}$ )	
Bentonite 1	Bentonite 2
79.15	72.65

투입수준	PDT 측정 온도	
	45°C	55°C
0 ppm	19.87	-
B1 1500 ppm	12.33	39.2
B1 3000 ppm	12.90	43.41
B2 1500 ppm	10.45	42.64
B2 3000 ppm	10.99	50.05

43

## PDA 비교

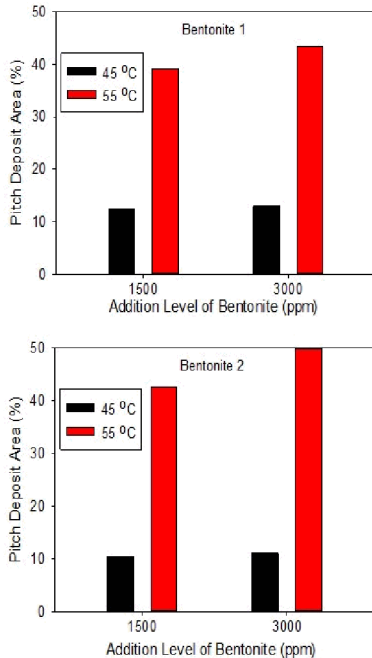


2차 점착성 이물질을 제어하기 위한 대표적인 방법 중 하나가 비활성화(passivation)인데, stickies passivation 처리는 벤토나이트와 같은 미세 무기 입자를 제지 공정의 습부(wet-end)에 투입하여, 이들이 2차 점착성 이물질의 표면을 피복하도록 함으로써 점착성 입자 간 응집 및 설비 표면으로의 부착을 억제하는 기술임.

이와 같은 stickies passivation 처리를 통해 deposit contamination을 유발하는 2차 점착성 이물질의 활성 표면이 비활성화되면, 지절(paper break)과 같은 공정 트러블을 감소시킬 수 있으며, 결과적으로 제지 공정의 안정적인 운영을 도모할 수 있음.

44

## PDA 비교



그러나 이러한 stickies passivation 효과는 공정 수온이 낮은 조건에서 주로 유효하게 나타난다는 한계를 가지는데, 공정 수온이 상승하여 약 50 °C 이상에 이르는 하절기에는 stickies passivation을 유도하던 무기 안료가 2차 점착성 이물질 표면에 안정적으로 유지되지 못하고 쉽게 탈착되며, 이에 따라 stickies passivation 효과가 현저히 저하됨.

45

- 고온 조건에서 무기 안료와 점착성 이물질 간의 물리·화학적 상호작용이 약화되고, 흡착 이후의 결합 안정성이 감소하기 때문에 공정수 온도가 45 °C 이하인 일반적인 운전 조건과 달리, 공정수 온도가 50 °C 이상으로 상승하는 하절기에는 기존의 무기 안료 기반 stickies passivation 처리만으로는 2차 점착성 이물질을 효과적으로 제어하기 어렵다는 한계가 있음.
- 이와 같은 고온 조건에서의 stickies passivation 효과 저하는 DLVO 이론(Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek theory) 및 표면에너지(surface energy) 변화 관점에서 설명될 수 있는데, 일반적으로 벤토나이트와 같은 무기 피그먼트가 2차 점착성 이물질 표면에 흡착되는 과정은 반데르발스 인력(van der Waals attraction)과 정전기적 상호작용(electrostatic interaction)의 균형에 의해 결정됨.

46

- 저온 조건에서는 점착성 이물질과 무기 입자 사이의 인력이 입자 간 반발력보다 우세하게 작용하여 안정적인 부착 상태가 유지되지만 공정 수온이 상승함에 따라 수용액 내 이온의 열적 운동(thermal motion)이 증가하고, 전기이중층(electrical double layer)의 두께가 감소하면서 입자 간 정전기적 안정성이 저하됨.
- DLVO 관점에서 보면, 온도 상승은 입자 간 총 상호작용 에너지 곡선에서 2차 최소(second minimum)의 깊이를 감소시키고 에너지 장벽(energy barrier)을 낮추는 방향으로 작용하며, 그 결과, 무기 피그먼트가 점착성 표면에 약하게 흡착된 상태에서는 유체 전단력(shear force)이나 브라운 운동에 의해 쉽게 탈착(detachment)이 발생하게 됨.
- 공정수 온도가 50 °C 이상으로 상승하는 조건에서는 기존의 무기 피그먼트 기반 패시베이션 메커니즘 자체가 열역학적으로 불안정해지며, 온도 변화에 영향을 덜 받는 새로운 표면 안정화 또는 비활성화 전략의 필요함.

47

## 정착제의 PDT 평가

## PDT를 활용한 Fixing Agent의 평가

PAM : 230ppm

Bentonite : 1000ppm

Fixing agent : HF, SF, HM, HL

PDT : 45°C, 10분 deposit, 농도 0.25%

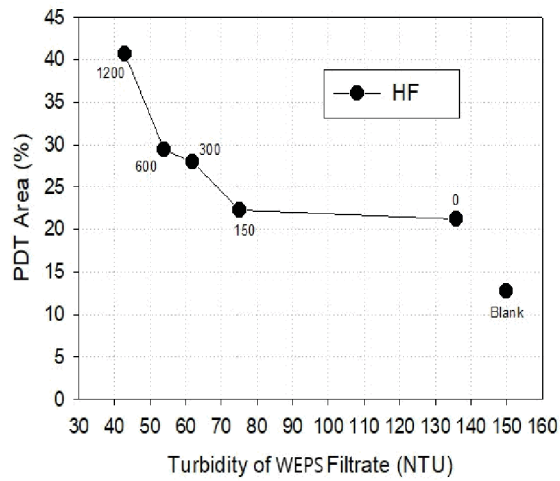
49

## 평가 결과

샘플	WEPS FAP	탁도	지합	PDA	
BLANK	71	150	149.12	12.75	
PAM+BENTO	70	136	141.58	21.23	
HF	150	74	75	177.75	22.29
	300	74	62	187.39	27.98
	600	70	54	190.32	29.39
	1200	66	43	207.4	40.61
SF	250	74	68	189.09	13.14
	500	74	66	188.72	16.92
	1000	71	48	203.02	26.74
	2000	64	40	213.53	31.48
HM	250	74	71	188.45	17.8
	500	76	66	187.42	24.3
	1000	71	57	180.79	30.67
	2000	70	51	195.23	27.3
HL	250	76	68	189.95	19.59
	500	73	66	187.65	16.33
	1000	72	54	204.1	28.52
	2000	69	44	221.14	29.81

50

## 보류 Vs. PDA



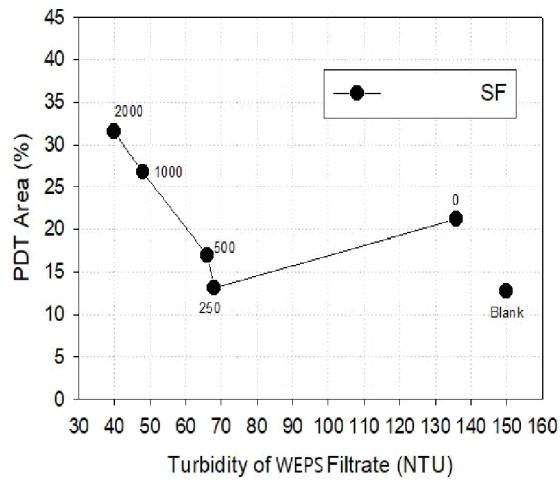
51

## SF, HM, HL의 비교

항목	SF	HM	HL
분자량	낮음~중간	높음	중간~높음
전하밀도	높음	중간	중간
주요 메커니즘	전하 중화	가교형	혼합형
주요 대상	anionic trash	fines, filler	stickies + colloids
효과	시스템 안정화	retention / 탈수 향상	오염 축적 억제

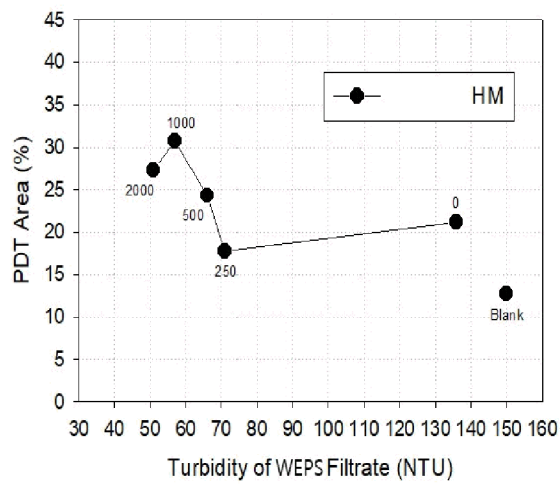
52

## 보류 Vs. PDA



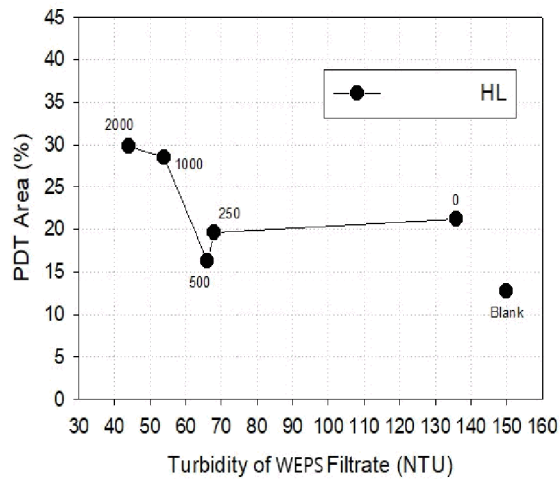
53

## 보류 Vs. PDA



54

## 보류 Vs. PDA



55

## Micro Stickies 제어 방안의 분석

- Micro stickies의 실험실 분석에 PDT를 적용한 결과, 소수성 이물질이 공기방울에 의해 포집된 후 응결 및 부피 성장을 일으킨다는 원리에 근거하여 제지 공정 내 이차 점착성 이물질 오염을 평가할 수 있었다.
- 또한, 새로운 정량법 및 분석기기를 활용하여 오염 발생을 억제하기 위해 fixing agent 또는 pitch control제로 불리는 저분자량·고전하밀도의 고분자 전해질을 선정하여 wet end에 적용할 수 있었다.
- 그 결과, pitch로 응집될 수 있는 소수성 이물질을 섬유에 효과적으로 흡착·제거할 수 있었으며, 제지 공정의 안정화를 달성할 수 있었다.

56

# 초지 공정의 변동과 양이온 요구량

**화학 첨가제**

- 건조지력증강제
- 습윤지력증강제
- 이형제
- 계면활성제
- 보류향상제
- 피치 제어제
- 염료
- 소포제
- 슬라임 제어제
- 접착제

**순환 백수**

- 염류
- 용존 유기물
- 부유 고형물
- 이월 화학약품

58

## 습부 공정 내 상호작용

Interactions in the Wet End



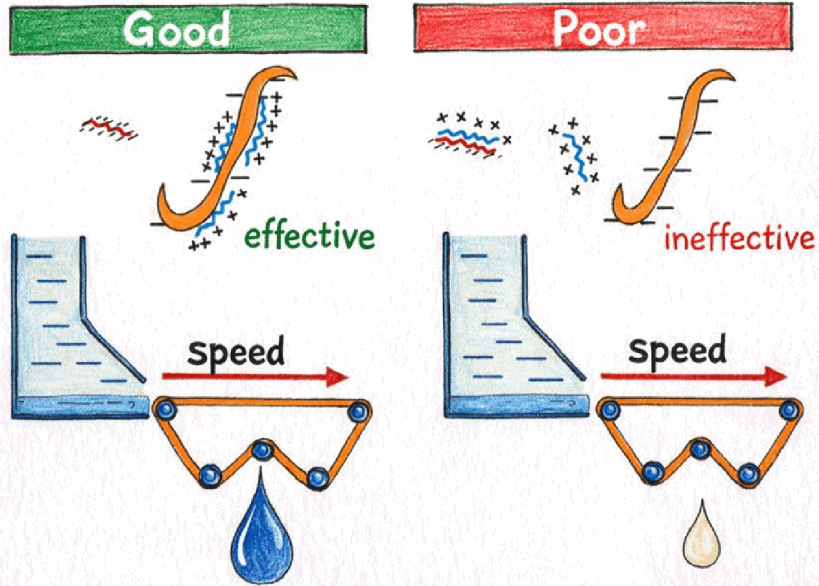
59

## 음이온성 트래시의 유래

청수	원료 펄프	충전제	첨가제
부식산	리그닌 유도체	분산제	전분
계면활성제	리그닌 설펜네이트	폴리인산염	카복시메틸셀룰로오스
살균제	헤미셀룰로오스	폴리아크릴레이트	유기산
	지방산	살균제	염료
	라텍스 바인더		살균제
	전분 코팅제		분산제
			규산나트륨

60

## 음이온성 트래시로 인한 보류도 난조



61



62

## Online Charge Analyzing System



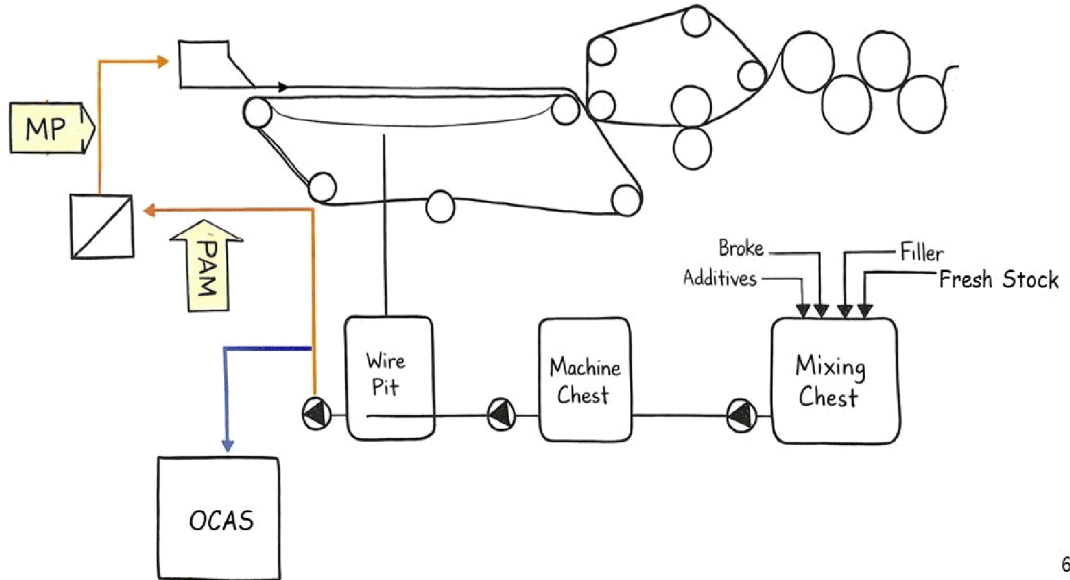
63

## 제지공정의 안정성 저해 요인

**Wet-end의 변동(fluctuation)에 기인하는  
보류도의 난조 현상**  
(보류도의 급작스러운 증가 혹은 저하)

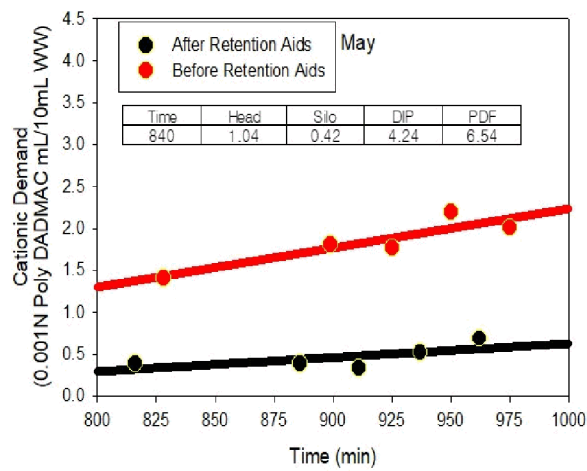
64

## 재활용 신문지 제조 현장의 OCAS적용



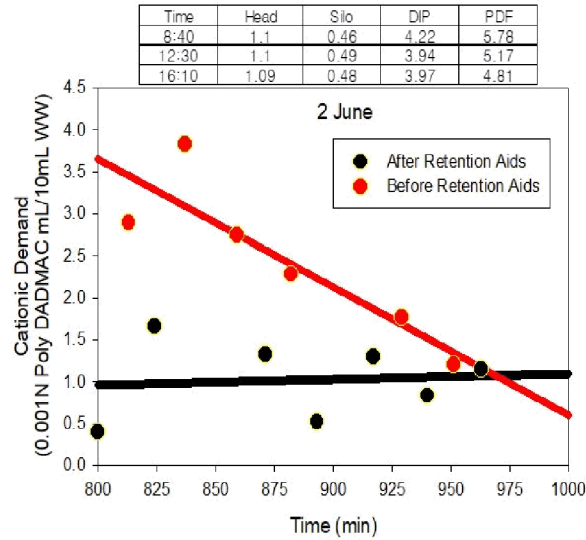
65

## 보류제 투입 전후의 양이온 요구량 변화



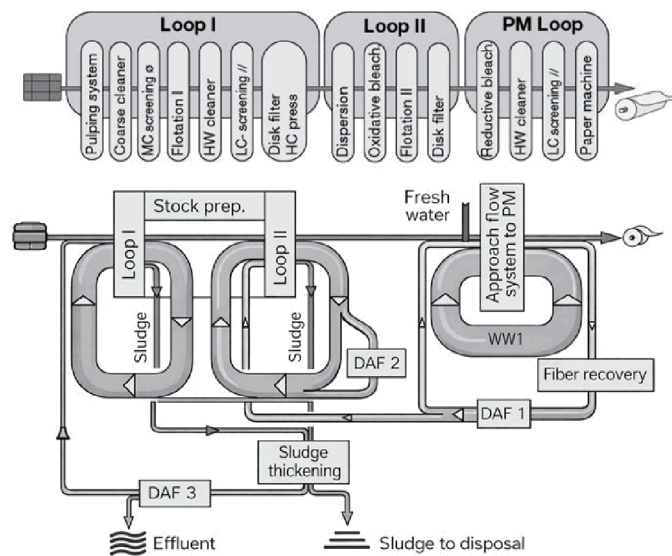
66

## 보류제 투입 전후의 양이온 요구량 변화



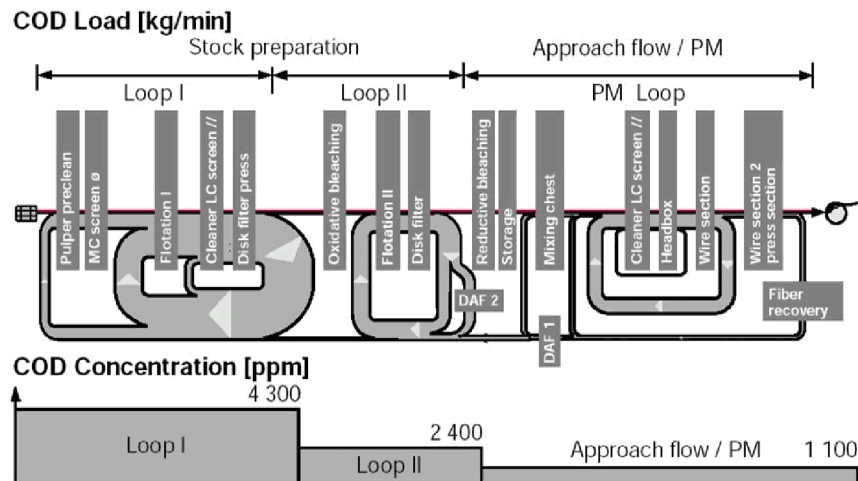
67

## ONP 재활용 공정의 용수관리



68

## 공정수별 COD 차이



69

## 분석결과

- 2<sup>nd</sup> Loop로부터 carry over되는 백수의 양은 지료의 농도가 6.54% 일때 3051.0 t/d이다.
- 만일 4.81%로 탈수된 지료가 유입된다면 ?
- 4225.2 t/d의 백수가 유입된다. 즉, 1174.2 t/d, **38.5%**가량의 백수가 추가적으로 유입된다.
- **COD가 2배 이상 높은** 2<sup>nd</sup> Loop의 백수가 추가적으로 유입되는 만큼 보류향상제의 효율이 저하되고 헤드박스, silo 백수의 농도가 높아지면서 short circulation되는 미세분 (회분)의 양이 증가된다.

70

## ONP 재활용 현장의 분석

- ONP 재활용 제지사의 현장에서 machine chest 지료와 silo 백수, 2nd Disk Filter 여과수를 채취하였으며 이때 각 공정수의 품질은 다음과 같다.

	COD	PCD	Ca <sup>++</sup>	pH
2 <sup>nd</sup> Disk Filter Filtrate	1920	7.367	128	7.52
Silo W/W	884	1.696	216	7.01

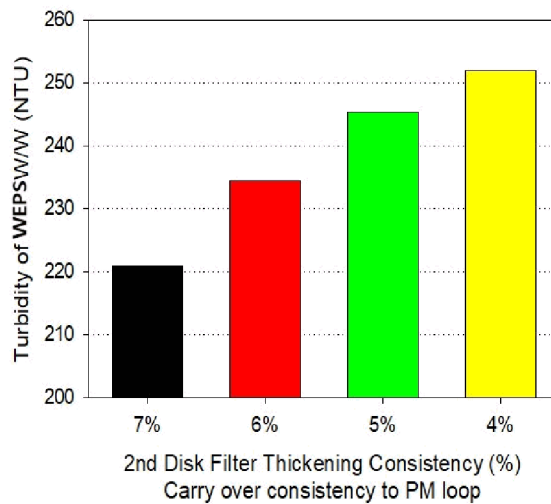
71

## WEPS를 활용한 보류도 평가

- 지료를 원심 탈수하여 농도 30%로 조절한 다음, 2nd Disk Filter 여과수로 4, 5, 6 및 7%농도로 희석하였다.
- 희석된 각 지료는 다시 silo 백수로 농도 1%까지 희석된 다음 RDA를 활용하여 평량 150 g/m<sup>2</sup>로 초지되었으며 (초지농도 0.3%, 감압탈수 200 mmHg, PAM 200ppm + Bentonite 1000 ppm) 이때 각 RDA 백수의 탁도를 측정한 결과는 다음과 같다.

72

## 보류도와 농축기 농도



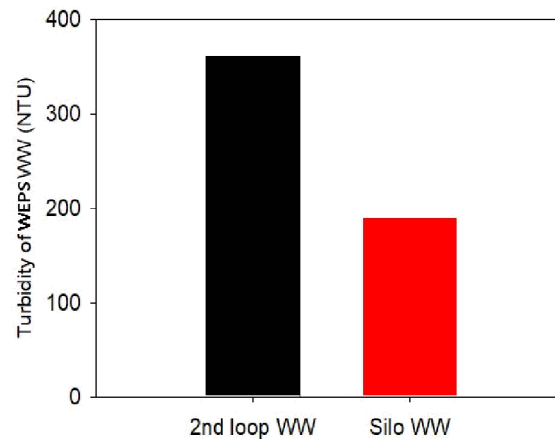
73

## 2nd loop WW Vs. Silo WW

- 지료를 원심 탈수하여 농도 30%로 조절한 다음, 2nd Disk Filter 여과수 및 Silo 백수로 각각 1%농도로 희석하였다.
- 희석된 각 지료는 WEPS를 활용하여 평량 150 g/m<sup>2</sup>로 초지되었으며 (초지농도 0.3%, 감압탈수 200 mmHg, PAM 200ppm + Bentonite 1000 ppm) 이때 각 WEPS 여과액의 탁도를 측정한 결과는 다음과 같다.

74

## 보류도와 농축기 농도

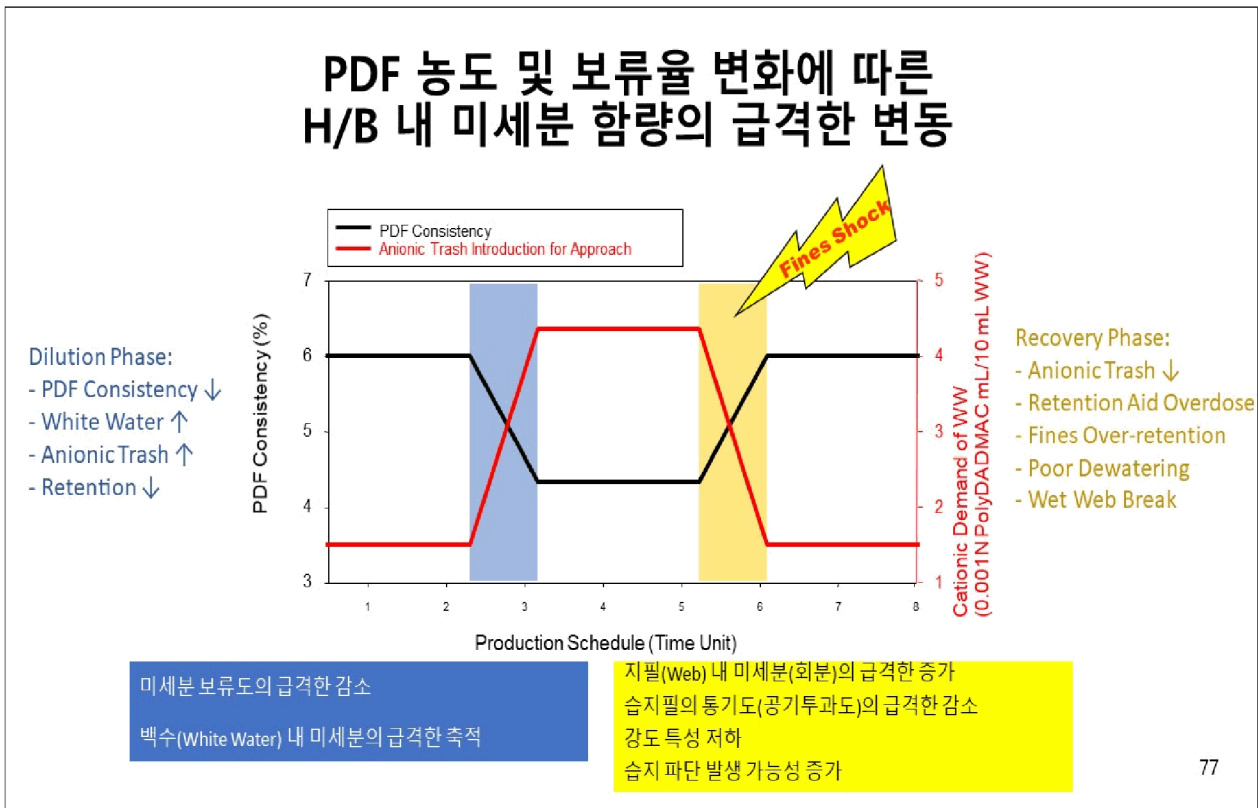


75

## 2nd Loop의 백수 유입량에 따른 보류도 변화

- COD가 두배 이상 높은 2nd loop의 백수가 혼입되면 될수록 보류도가 저하되며 Silo 백수에 미세분이 축적된다는 것을 실험실적으로 확인하였다.
- 따라서 wet-end 공정의 hunting 현상을 방지하고 이를 안정적으로 운영하기 위해서는 approach로 유입되는 지료의 농도를 2nd loop의 백수를 첨가하여 일정한 농도가 되도록 하향 평준화 시키거나(dilution for constant carry over consistency), 별도의 설비로 농도가 일정해지도록 탈수처리를 강화하는 방안(high consistency thickening)을 강구하여야 한다.

76



## 미세분 쇼크 및 보류율 변동에 따른 지절 발생

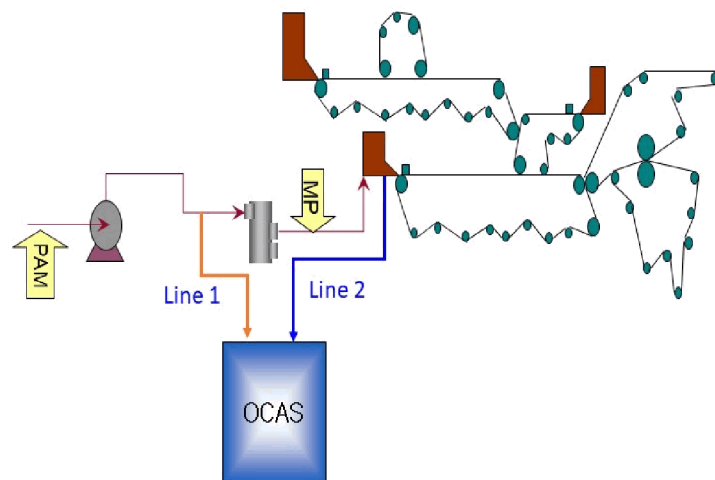
- 2nd Loop의 최종 탈수 농도가 저하될 때에는 조성공정 백수가 추가로 Approach에 유입됨에 따라 Anionic Trash가 증가하는 만큼 보류향상제의 효율이 저하되는 이유로 백수 내의 미세분 특히 회분의 축적이 이루어진다. 단, 이 시기에 생산효율이나 품질(습지필 강도 등)면에서 뚜렷한 변화를 보이지 않으며 다만 불투명도만이 다소 저하되는 양상을 보인다.
- 2nd Loop의 최종 탈수 농도가 다시 원래의 수준으로 회복되게 되면, 보류도가 개선됨에 따라 습지필에 포함된 미세분 (회분) 함량이 급작스럽게 증가하면서 탈수가 저해되고 지필의 투기도가 저하되면서 프레스의 압착탈수 처리 시 크러싱이 유발되는 등 지절의 위험이 증폭된다.

78

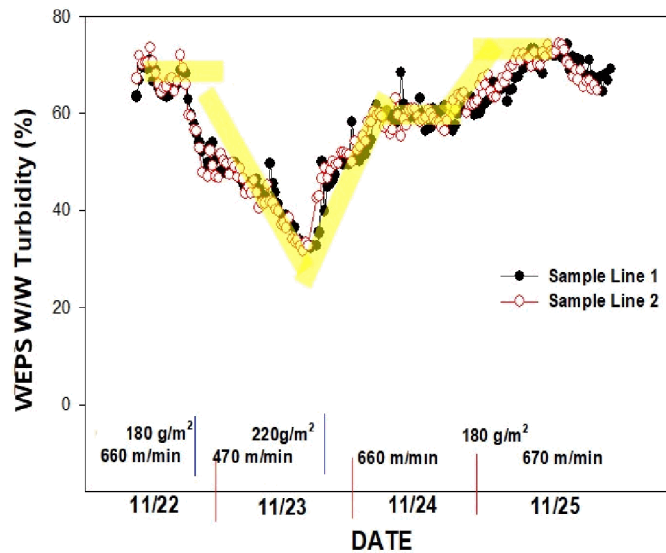
# OCAS를 활용한 OCC 재활용 공정

## 실시간 습부 분석

### Sample Line 연결



## 백수의 탁도(보류도)



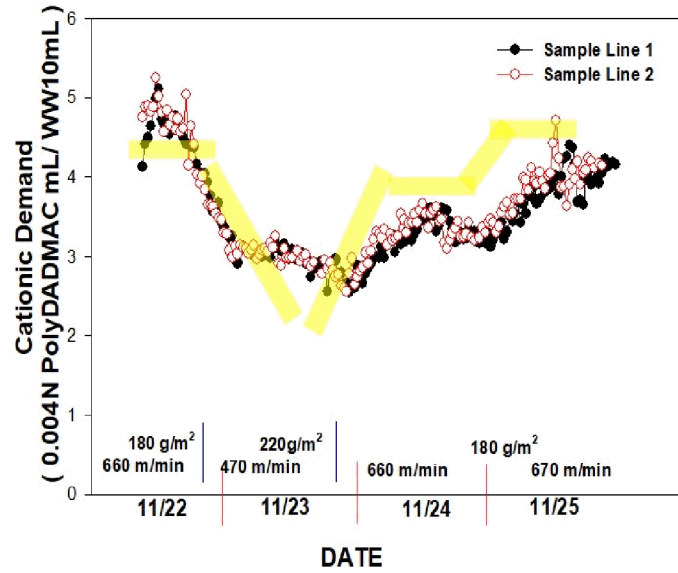
81

## 결과 및 고찰

- 골판지 재활용 공정 초지기의 4일간 운전 상황을 살펴본 결과
- 11월 22일 평량 180gsm 지종으로부터 11월 23일 평량 220gsm의 라이너지로 지종이 교체되었다가 11월 24일 이후 다시 평량 180gsm으로 바뀌는 일련의 과정을 통해서 탈수 여액의 탁도가 높다가 낮아지고 다시 높아지는 현상이 관찰되었다.

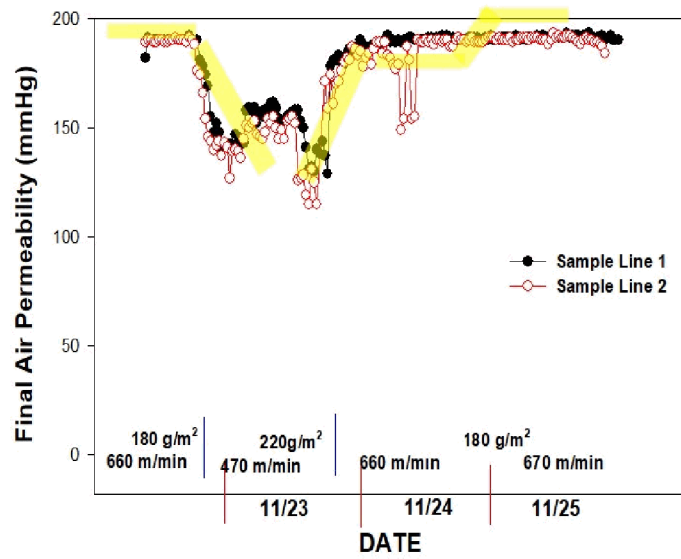
82

## 백수의 양이온 요구량



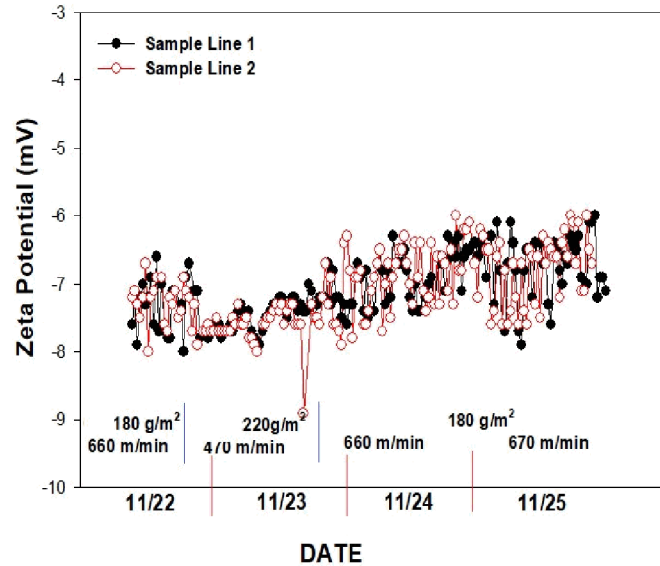
83

## 탈수성



84

## 제타 전위



85

## 결과 및 고찰

- 이것은 저평량 지종의 경우보다 평량이 증가하여 초지속도가 느려지는 이유로 일과보류도가 개선되는 경우 지료 내의 미세분 함량이 줄어들어 따라 탈수 여액의 탁도가 개선됨을 OCAS로 정확히 분석해낸 결과라 할 수 있다.
- 특히 같은 평량의 저평량 지종이라도 그 생산속도가 10m/min이상 빨라지는 경우 초지 공정의 보류도 저하로 인한 공정수의 cationic demand 증가와 습지필의 final air permeability 저하를 피할 수 없음을 WEPS 및 OCAS 분석 결과를 통해 확인하였다.
- 제타 전위의 경우 측정치의 변동 경향이 크게 나타나지 않았다.

86

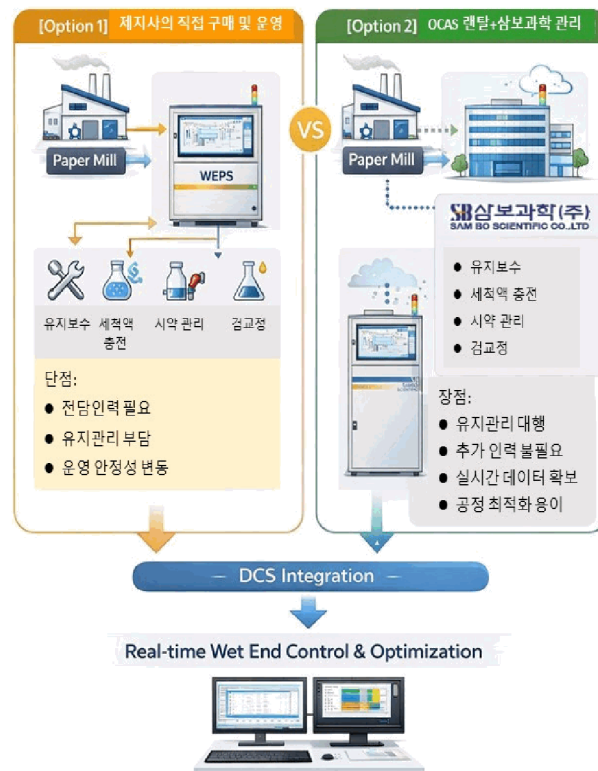
## 결론

- 백수의 양이온 요구량(Cationic Demand)를 실시간으로 측정할 수 있는 Wet end 측정장비 OCAS를 적용함에 따라 DCS 연동 Control이 가능하도록 system을 구축하였으며 개발장비를 이용한 Wet end 진단 및 Solution 제공 Package를 마련하게 되었다.
- Wet end control에 필요한 실시간 측정장비를 Rent함에 따라 습부 조작의 실시간 Data acquisition이 가능해졌음은 물론 습부공정 진단능력을 확보(백수의 양이온 요구량 실시간 측정)하게 되어 공정변수 이해에 필수적인 Data 해석 능력을 확보하게 되었다.

87

## OCAS 운영방식 2가지

“OCAS를 렌탈 방식으로 운영하면 유지관리 부담 없이 실시간 Wet end 데이터 확보 및 공정 최적화가 가능하다.”

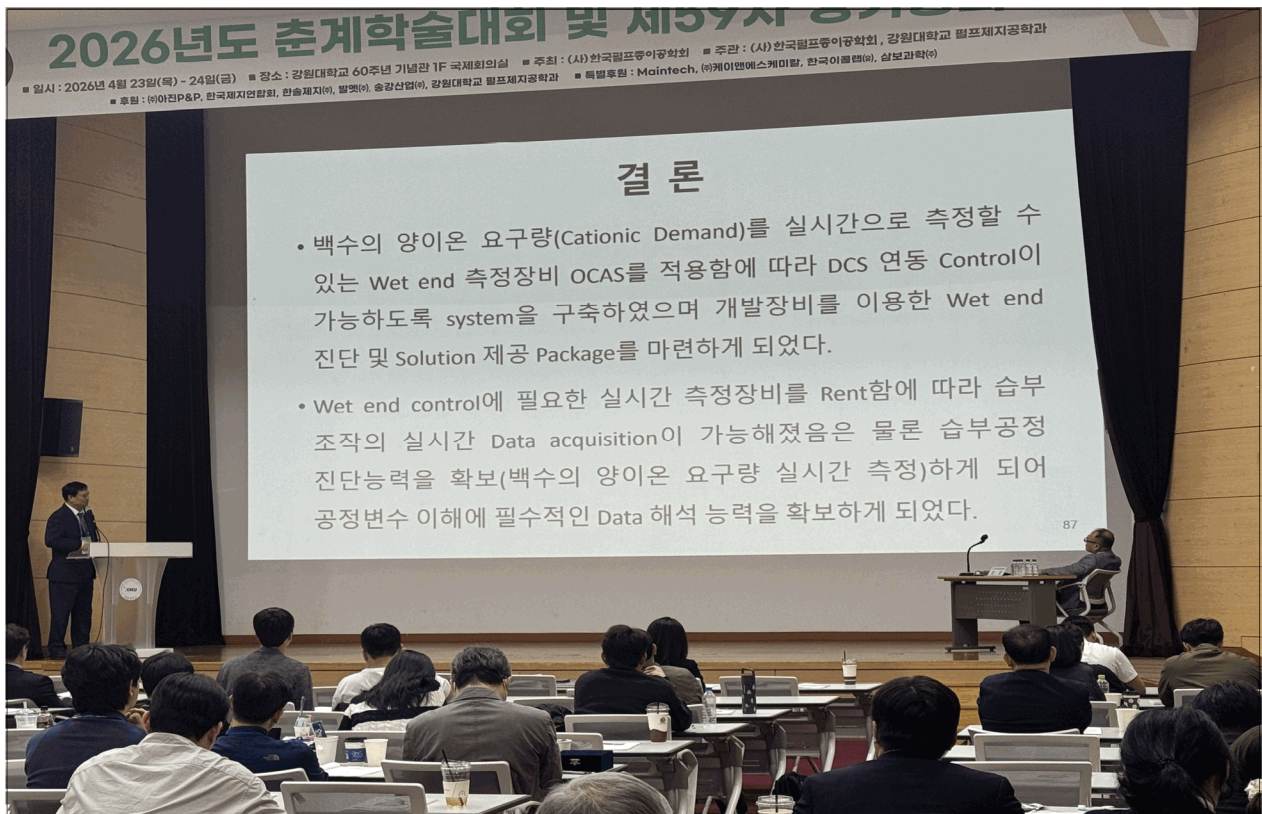


새로운 분석 설비인 PDT와 OCAS의 도입으로, wet end 공정을 평가,  
분석할 수 있는 새로운 가능성이 열립니다.

제지 엔지니어들이 우수한 품질의 균일한 종이를 효율적으로  
생산하는 데 PDT와 OCAS가 도움이 되기를 기대합니다.

Supplied by:  
SAM BO SCIENTIFIC CO.,LTD









## 03

# The Solution for Productivity and Quality Improvement in Paperboard Manufacturing

Dae-hyun Go, Kanyou Takahashi, Jungsu Choi





# The Solution for Productivity and Quality Improvement in Paperboard Manufacturing – Intelligent Control Realized by Smart Papyrus® –

Dae-hyun Go<sup>1</sup>, Kanyou Takahashi<sup>2</sup>, Jungsu Choi<sup>2†</sup>

Maintech has been contributing to and providing paper machines with Dryer Section Passivation technology (chemical application combined with chemical products, equipment, and application methods) for over 40 years to prevent defects and sheet breaks due to dryer section deposits(Dirt). As of July 2025, over 1100 applications have been operating worldwide.

In recent years, the number of problems caused by machine deposits has been increasing due to the worsening situation of recycled pulp raw materials.

To address this issue, Maintech has developed a total solution to passivate all surfaces in the dryer section (DSP: Dryer Section Passivation), where deposits accumulate and grow large enough to cause sheet breaks and defects (dirt spots) on the paper surface.

In addition, almost all paper manufacturers are wrestling with an aging workforce at production sites and difficulties in skill transfer due to the retirement of experienced employees. It is becoming increasingly difficult to respond to machine deposit conditions in a timely and appropriate manner.

To meet the current circumstances of the papermaking industry, Maintech has been developing a cutting-edge technology, SmartPapyrus®, which is a complex system that includes visualization of deposits, quantification of the amount, real-time predictive analysis by AI, instant feedback to the system, and implementation of countermeasures in real time.

Unlike traditional DSP technology, which not only focuses on the dryer section, SmartPapyrus® can examine the whole paper machine from Stock Preparation to the Rewinder. This is a totally new approach to modern papermaking using recycled raw materials.

SmartPapyrus® can help machine operators analyze where and why sheet breaks and paper defects occur due to deposits on the paper machine, provide predictive analytics, and automatically implement countermeasures for each machine part in real time. SmartPapyrus® will become a standard technology for paper machines using recycled raw materials, enhancing productivity and improving quality.

In this presentation, we introduce the traditional DSP technology and the fundamental function of SmartPapyrus®.

**Keywords:** Paperboard, Machine Deposits, Dryer Section Passivation, AI Predictive Analysis, SmartPapyrus®

---

1 NARA Co., Ltd., Republic of Korea

2 Maintech Co., Ltd., Japan

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: choi@maintech.co.jp

**판지 제조 공정의 생산성 및 품질 향상을 위한 솔루션**  
The Solution for Productivity and Quality Improvement in Paperboard Manufacturing

**-Smart Papyrus® 를 통한 지능형 제어 구현-**  
- Intelligent Control Realized by Smart Papyrus® -

**Maintech** *Maintech Co., Ltd.*



Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-

**목 차**  
Table of Contents

- 1. Maintech 소개**  
Introduction of Maintech
- 2. 스마트 파피루스개요**  
Overview of SmartPapyrus®
- 3. DSP에 관하여**  
Dryer Section Passivation (DSP)
- 4. 적용사례**  
Case History
- 5. 결론**  
Conclusion

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

2

## Maintech 소개

### Introduction of Maintech

설립 Founded	1967
본사 HQ	일본 도쿄 Tokyo JAPAN
연구센터 R&D	일본 후지 Fuji JAPAN
현지법인 Local subsidiary	중국 상하이 Shanghai CHINA 독일 뒤셀도르프 Dusseldorf GERMANY 미국 시카고 Chicago USA



**후지 연구센터**  
Fuji Development Center

**사업분야 Business**

- **SmartPapyrus (AI & IoT 시스템)**  
SmartPapyrus (AI & IoT system)
- **Dryer Section Passivation (DSP)**
- 티슈 크레이핑 기술  
Tissue Creping technology (CYD)
- 와이어 및 프레스 파트 패시베이션  
Wire & Press Section Passivation (WSP)
- 판지 머신용 패시베이션 시스템 등  
Passivation System for Cardboard machine etc.

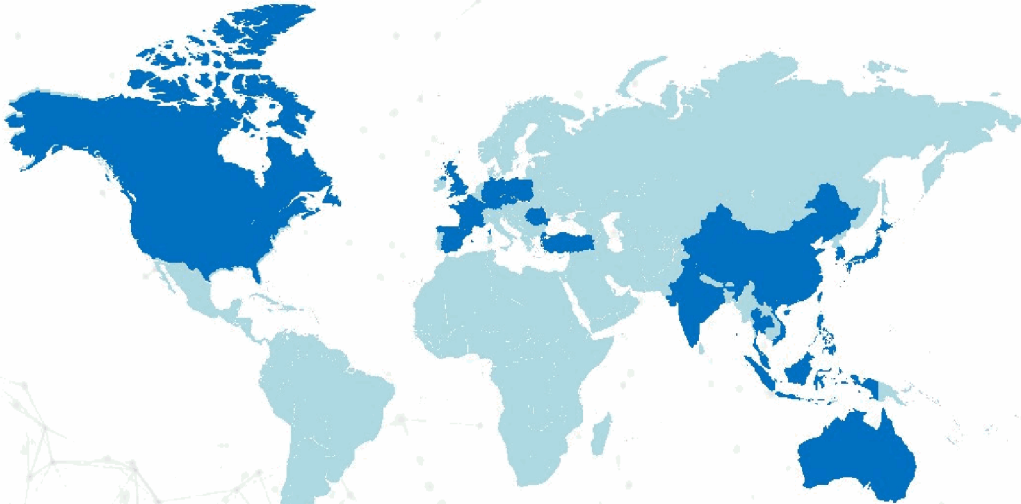


Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making


3

## Maintech 소개

### Introduction of Maintech



**현재 358대 머신에서 1,134개의 DSP 시스템 운영 중**  
1,134 DSP Systems Running on 358 Machines NOW



Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

4

## 스마트 파피루스 개요

### Overview of SmartPapyrus®

**약품 및 설비 대응방안**  
Countermeasures with chemicals and equipment

**본 기술은 오염의 시각화, 원인별 분류, AI 기반 실시간 예측 분석, 시스템 피드백, 그리고 작업자 대응 가이드를 실시간으로 제공하는 기능으로 구성되어 있습니다.**  
**This cutting-edge technology includes visualization of deposits, categorization of deposits by origin, real-time predictive analysis by AI, timely feedback to the system, and real-time recommendations for operators' actions.**

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

5

## DSP에 관하여

### Dryer Section Passivation (DSP)

### DSP 3세대 설비

#### 3rd Generation Equipment for Dryer Section Passivation (DSP)



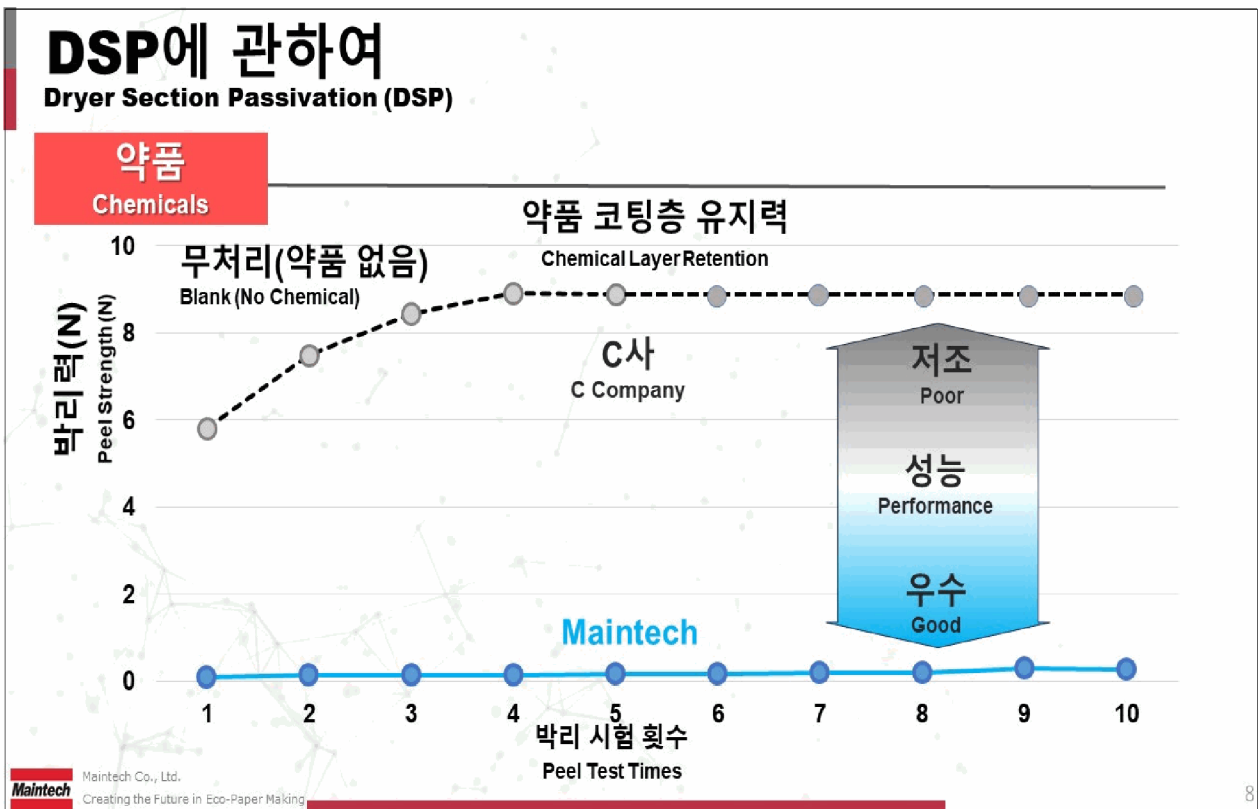
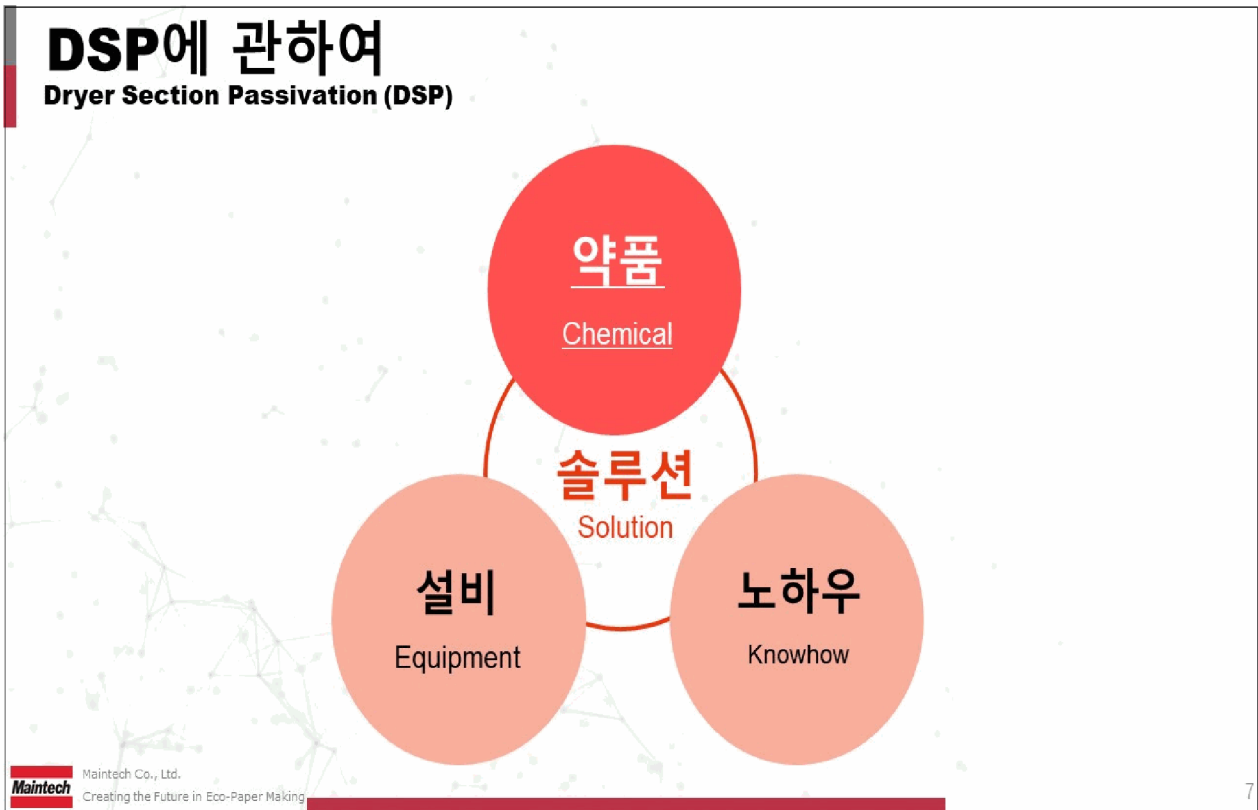
**미스트 런너(실린더 설비)**  
MistRunner (Cylinder Equipment)



**샤워 런너(캔버스 설비)**  
ShowerRunner (Fabric Equipment)

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

6

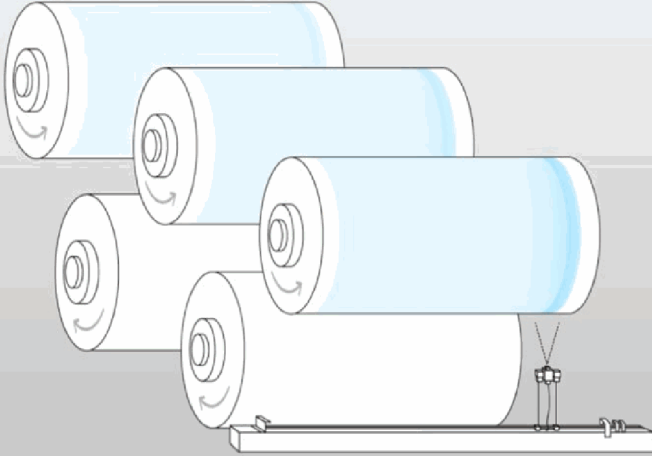


# DSP에 관하여

## Dryer Section Passivation (DSP)

**약품**  
Chemicals

● 후단 파급성




Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

9

# DSP에 관하여

## Dryer Section Passivation (DSP)



**약품**  
Chemical

**설비**  
Equipment

**노하우**  
Knowhow


**솔루션**  
Solution

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

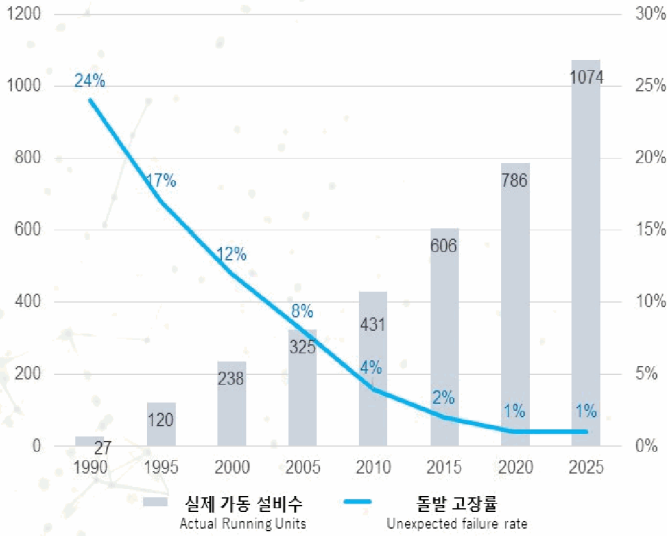
10

## DSP에 관하여 Dryer Section Passivation (DSP)

### 설비(고장률) Equipment (Failure Rate)



**1990년대 설비 고장 사례**  
Broken Equipment in 1990s



Year	Actual Running Units (설비 가동 설비수)	Unexpected failure rate (돌발 고장률)
1990	27	24%
1995	120	17%
2000	238	12%
2005	325	8%
2010	431	4%
2015	606	2%
2020	786	1%
2025	1074	1%

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

## DSP에 관하여 Dryer Section Passivation (DSP)

### 설비(에어 커튼) Equipment (Air Curtain)

**일반설비**  
Common Equipment



**낮음**  
Low  
(30~40%)

Maintech  
**에어 커튼 OFF**  
(Air Curtain OFF)



**높음**  
High  
(60~70%)

Maintech  
**에어 커튼 ON**  
(Air Curtain ON)



**매우 높음**  
Extremely High  
(90%~)

**약품 사용 효율**  
Chemical Using Rate

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

## DSP에 관하여 Dryer Section Passivation (DSP)

**약품**  
Chemical

**설비**  
Equipment

**노하우**  
Knowhow

**솔루션**  
Solution

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

13

## DSP에 관하여 Dryer Section Passivation (DSP)

**표면온도**  
Surface Temperature

**노즐 스피드**  
Nozzle Speed

**시트 수분**  
Sheet moisture

**오염물 조성**  
Deposit Composition

**100종 이상의 약품**  
Over 100 kinds of Chemical

**지폭**  
Paper Width

**오염 수준**  
Deposit Level

**첨가량**  
Dosage

**최적의 약품**  
BEST Chemical

**입자크기**  
Particle Size

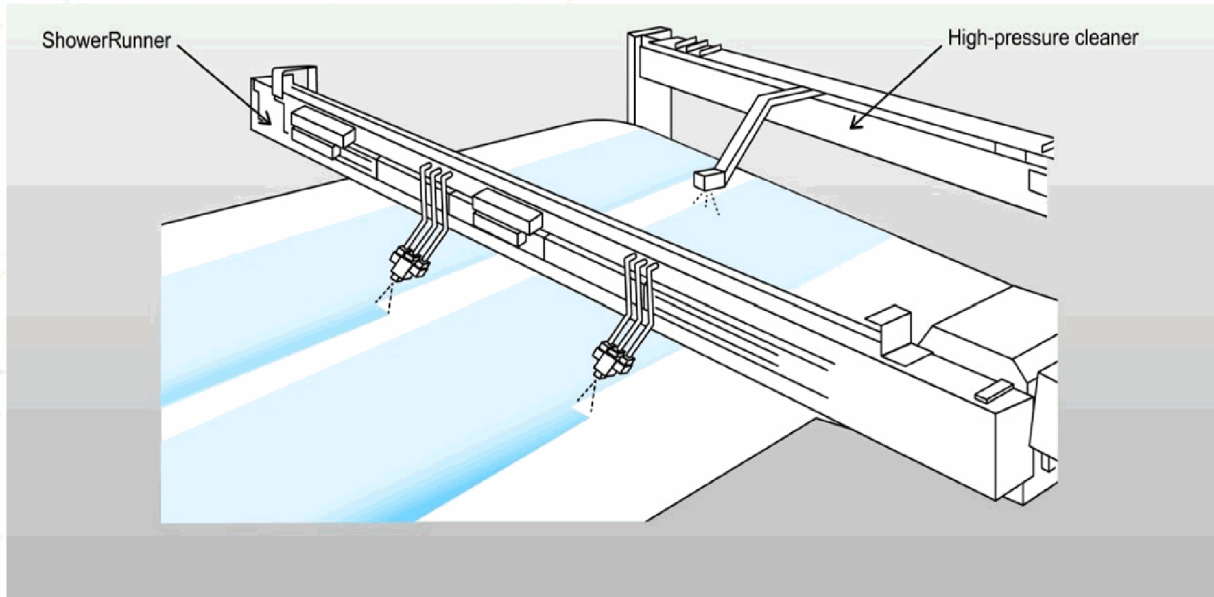
**머신속도**  
Machine Speed

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

14

## DSP에 관하여

Dryer Section Passivation (DSP)



## DSP에 관하여

Dryer Section Passivation (DSP)



제지 공정을 위한 표준기술  
The Standard Technology for the paper mill

70% 이상

판지 공장에서 DSP  
적용률 70% 이상  
Paper Board Mill  
Use DSP

## 적용사례 ①

### Case History ①

- 지종(Paper Grade): 신문용지/골심지(Newsprint/ Fluting)
- 머신속도(Working Speed): 1400~1500 m/min
- 생산량(Product Capacity): 800-900t/day · 지폭(Paper Working Width): 9.63 m
- 주요평량(Basis Grammage): 45~48 & 50~60 gsm

고압수 클리너 High Pressure Shower, 샤워 런너 ShowerRunner, 1st 캔버스, 2nd 캔버스, 3rd 캔버스, 4th 캔버스, 1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 미스트 런너 MistRunner

1st 드라이어 실린더 Dryer Cylinder	2nd 드라이어 실린더 Dryer Cylinder	3rd 드라이어 실린더 Dryer Cylinder	4th 드라이어 실린더 Dryer Cylinder	1st 캔버스 Dryer Fabric	2nd 캔버스 Dryer Fabric
<b>Before</b>	<b>Before</b>	<b>Before</b>	<b>Before</b>	<b>Before</b>	<b>Before</b>
<b>After</b>	<b>After</b>	<b>After</b>	<b>After</b>	<b>After</b>	<b>After</b>

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

## 적용사례 ①

### Case History ①

### 적용효과

#### Benefits

지절 시간 감소  
Reduced sheet break time

Before	After
46	25

머신 세정시간 감소  
Reduced machine cleaning time

Before	After
600	360

머신 속도 향상  
Increased machine speed

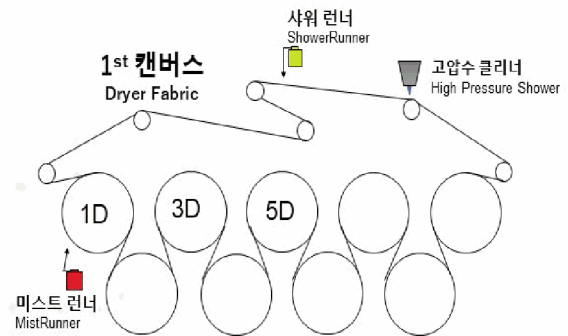
Before	After
1300	1315

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

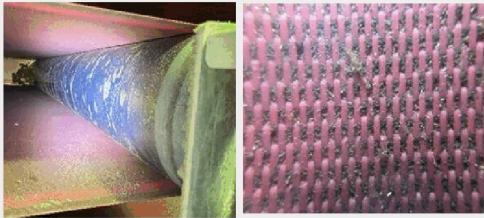
## 적용사례 ②

### Case History ②

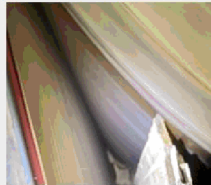
- 지종(Paper Grade) : 골판지 원지/특수지/그래픽용 재생지 (Brown packaging papers, specialty papers, graphic recycled paper)
- 주요평량(Basis Grammage) : 50~90 gsm
- 머신속도 (Working Speed) : 500~640 m/min
- 연간 생산량(Annual production) : 68,000t/year



1st 캔버스  
Dryer Fabric



1st 드라이어 실린더  
Dryer Cylinder



3rd 드라이어 실린더  
Dryer Cylinder



5th 드라이어 실린더  
Dryer Cylinder

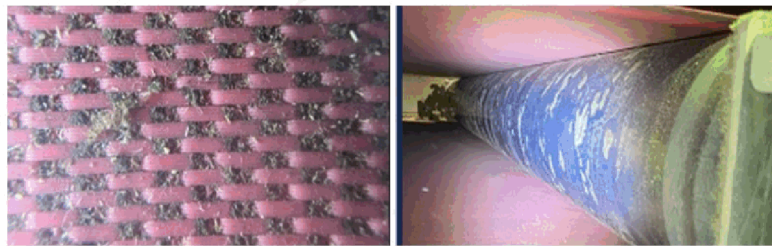


- 닥터 블레이드 세정 (Cleaning doctor blades): 월 6회 (times/month)
- 드라이어 파트 세정 (Cleaning dryer section): 월 6시간 (hours/month),
- 지절 (Sheet break): 2.35회/일 (times/day)

## 적용사례 ②

### Case History ②

Before



After



## 적용사례 ②

### Case History ②

1st 드라이어 실린더  
Dryer Cylinder




3rd 드라이어 실린더  
Dryer Cylinder




5th 드라이어 실린더  
Dryer Cylinder




**Before**

**After**

Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making


21

## 적용사례 ②


### Case History ②

### 적용효과


Benefits



**세정작업 약 1/3 감소**  
Cleaning work reduced by a third



**안전성 향상**  
Improved Safety



**머신 다운타임 감소**  
Reduction of downtime  
**월 약 3시간 감소**  
Almost 3 hr / month

정비(SD) 시 세정 작업 (시간/월)  
Cleaning work during SD (hour / month)

Condition	Time (hr/month)
w/o DSP	6
with DSP	2

가동 중 닥터 블레이드 세정 (시간/월)  
Cleaning doctor blades during production (time / month)

Condition	Time (hr/month)
w/o DSP	6
with DSP	2

지질(회/일)  
Sheet Break (time / day)

Condition	Time (hr/day)
w/o DSP	2.4
with DSP	1.8

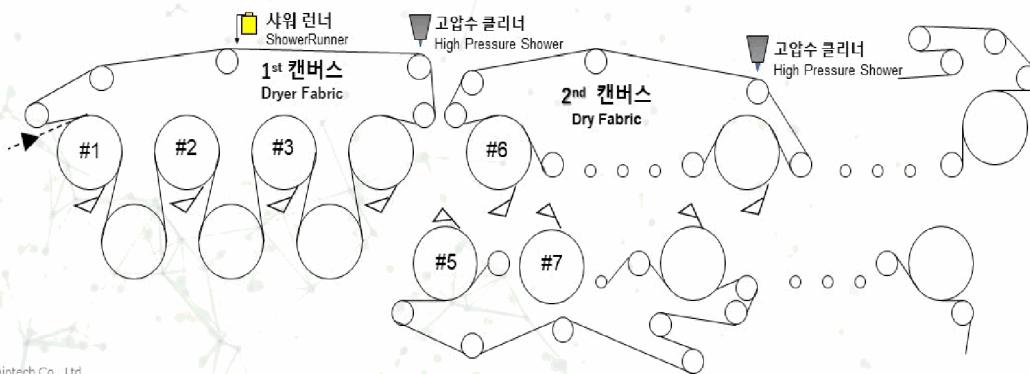
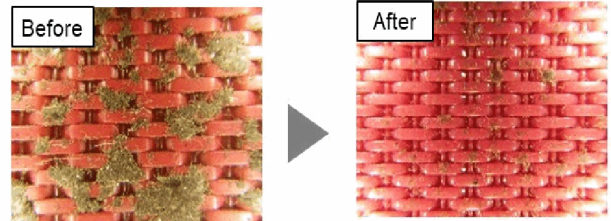
Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

22

## 적용사례 ③

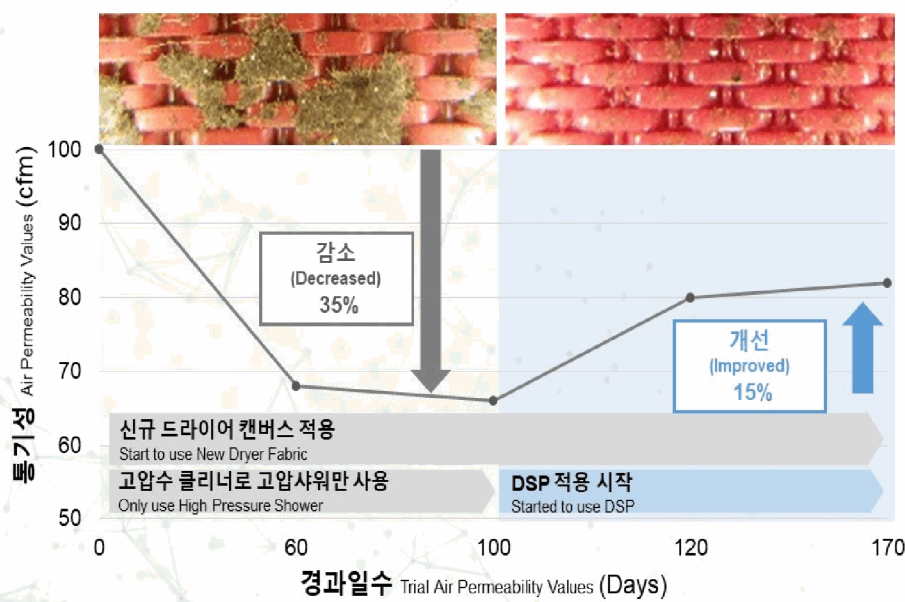
### Case History ③

- 지종(Paper Grade) : 라이너보드(Liner Board)
- 머신속도 (Working Speed) : **1,000 m/min**
- 생산량(Product Capacity) : **1,000t/day**
- 평균평량(Basis Grammage)**100~160 gsm**

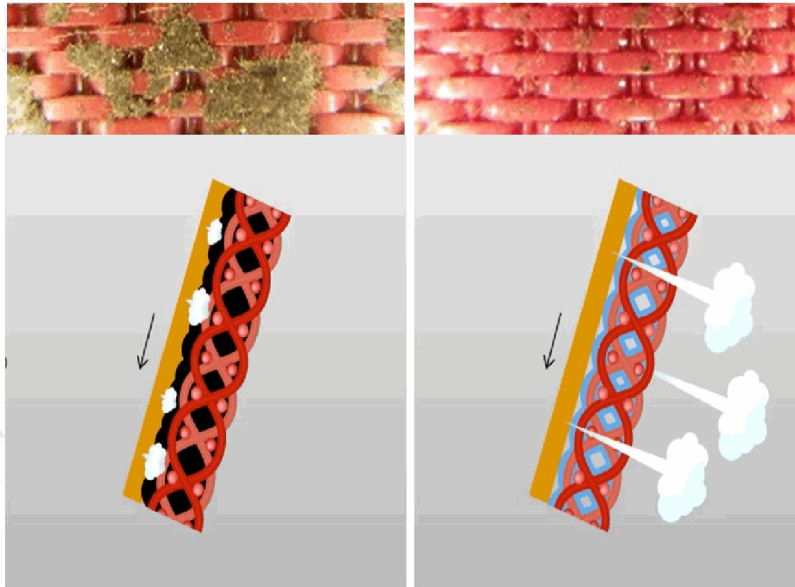


## 적용사례 ③

### Case History ③



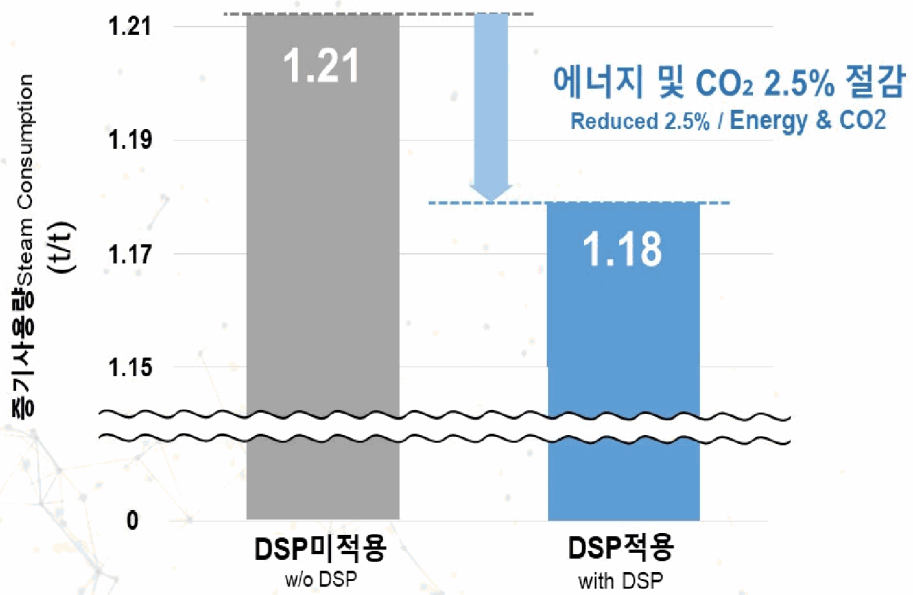
### 적용사례 ③ Case History ③



Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

25

### 적용사례 ③ Case History ③



Maintech Co., Ltd.  
Creating the Future in Eco-Paper Making

26

# DSP 주요 효과

Primary Benefits of DSP

## 1) 생산성 향상(Improve Productivity)

- 스티키(점착성 오염물)에 의한 지절 감소  
Decrease Sheet Breaks Caused by Stickies
- 열전달 효율 향상 → 머신 속도 증가 또는 증기 사용량 감소  
Better Heat Transfer Increase Machine Speeds or Reduce Steam Usage

## 2) 품질 향상(Improved Quality)

- 결점/홀/스플라이스 감소  
Fewer Defects /Holes/Splices
- 균일한 수분 프로파일  
Even Moisture Profile

## 3) 화재 위험 감소 (Decreased Fire Hazard)

- 분진 및 가연성 물질 감소에 기인  
Via Less Dust/Combustibles

## 4) 안전성 향상(Safety Improvement)

- 강한 세정 약품 사용의 감소  
Eliminating Use Of Harsh Cleaning Chemicals
- 캔버스 및 닥터 블레이드 교체 횟수 감소  
Fewer Dryer Fabric Changes And Doctor Blade Changes

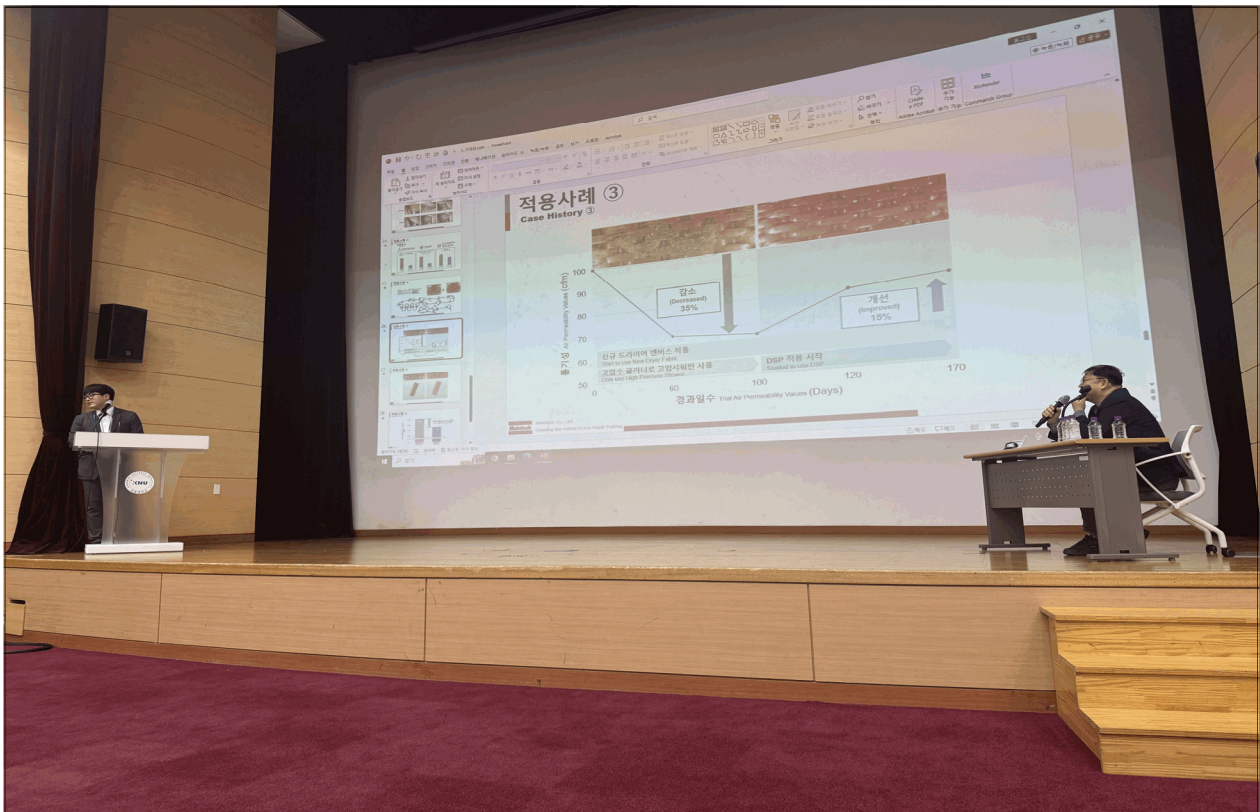
## 5) 비용 절감(Cost Reduction)

- 캔버스 및 닥터 교체 주기 증가  
Via Fewer Fabric/Doctor Changes
- 드라이어 세정 관련 비용 절감(약품비, 다운타임 감소, 인건비 절감)  
Associated With Cleaning Dryer Fabrics(Chemical Costs, Decreased Downtime, Decreased Labor Costs)



**Creating the Future in Eco-Friendly Papermaking**

친환경 제지의 미래를 함께 만들어갑니다





## 04

# Microbiological Control in Paper Process Using Digital Solutions

Douglas S. McLean, Yeon-Sook Park, Joon-Gyu Park





# Microbiological Control in Paper Process Using Digital Solutions

Douglas S. McLean<sup>†</sup>, Yeon-Sook Park, Joon-Gyu Park

Microbiological control is a critical component of stable and efficient pulp and paper manufacturing, particularly as mills face increasing regulatory pressure, higher recycled fibre usage, reduced water consumption, and rising expectations for sustainability. Microorganisms entering the papermaking process—primarily through freshwater and recycled raw materials—can proliferate rapidly, leading to slime formation, deposits, odour generation, reduced strength, higher chemical consumption, and increased chemical oxygen demand (COD) loading to effluent treatment systems. Traditional monitoring and control approaches, often based on periodic sampling and reactive interventions, provide only limited insight into rapidly changing microbial conditions and frequently result in delayed corrective actions.

This work presents a modern, holistic approach to microbiological control in pulp and paper processes enabled by digital solutions and real-time monitoring. The strategy integrates control across three key areas: freshwater treatment, the papermaking process, and effluent treatment, while aligning with evolving regulatory requirements and site-specific operational needs. Advanced oxidizing biocides and fit-for-purpose treatment programs are combined with continuous online monitoring using the industrial internet of things (IIoT) of key water quality and biological indicators such as pH, oxidation-reduction potential (ORP), conductivity, temperature, and microbial activity.

Digital platforms and automated feed systems transform these continuous data streams into actionable insights, enabling proactive and automated process control. Real-time feedback allows rapid response to microbial upsets, stabilization of process conditions, and optimization of chemical dosing. Case examples from tissue, board, and recycled containerboard production demonstrate how digitalized microbiological control can reduce adsorbable organic halides (AOX), lower conductivity, minimize corrosion risk, and improve slime and deposit control while maintaining or enhancing paper strength and production efficiency.

In recycled fibre systems, where starch degradation under low-ORP conditions drives acidification, calcium dissolution, and strength loss, digital monitoring enables early detection of microbial-driven shifts and supports corrective strategies that restore process balance. Overall, the application of digital solutions to microbiological control delivers measurable benefits including improved runnability, reduced odour emissions, lower additive consumption, decreased environmental footprint, and enhanced license to operate. This approach represents a significant step toward more resilient, sustainable, and data-driven pulp and paper manufacturing.



• Nalco Water – An Ecolab Company, Paper Korea(Gaonbiz Tower 120, Daewha-ro, Daedeok-gu, Daejeon, Korea)  
† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: dsmclean@ecolab.com



**Microbiological Control  
in Paper Process Using  
Digital Solutions**

D. McLean

KTAPPI - April 2026

**NALCO** Water  
An Ecolab Company

The cover features a blue background with a pattern of small white stars and squares. On the right side, there is a close-up image of various bacteria and fungi, some appearing as long, thin rods and others as more complex, multi-segmented structures. The overall color scheme is a mix of deep blue and light cyan.



**ECOLAB**<sup>®</sup>  
PROTECTING WHAT'S VITAL<sup>™</sup>

회사 소개서

KTAPPI- APR 2026

**ECOLAB**<sup>®</sup>

The cover has a white background with a blue diagonal stripe on the right side. The stripe contains a close-up image of water splashing, with bubbles and droplets visible. The Ecolab logo is prominently displayed in the center, with the tagline 'PROTECTING WHAT'S VITAL' below it. The Korean text '회사 소개서' (Company Introduction) and 'KTAPPI- APR 2026' are positioned below the logo. A small Ecolab logo is also present at the bottom left of the cover.

ECOLAB

## 100 years of history

1923년 미국에서 설립된 100년 역사의 이콜랩은 **물 절약, 식품 위생, 감염 예방** 분야에서 세계 최고 수준의 기술력과 노하우를 보유한 글로벌 선도기업입니다.

인류와 필수 자원 보호라는 가치를 사명으로 **식품안전의 증진, 깨끗하고 안전한 환경 보존, 물과 에너지 사용 최적화 솔루션**을 제공하여 고객과 함께 보다 지속 가능한 미래를 만들어 갑니다.

**NALCO** Water  
An Ecolab Company



ECOLAB

## 글로벌 네트워크/한국 주요 사업장



○ Operating countries	○ Manufacturing centers	○ Global Research Centers
170	110+	20

<b>8</b> 영업소	<b>2</b> 생산 공장	<b>2</b> R&D / Technology 센터
-----------------	-------------------	---------------------------------

**ECOLAB**

ECOLAB

## 회사 연혁

### ECOLAB HQ

- Economics Laboratory 설립 1923
- 세계 최초 낙농업을 위한 CIP 기술 개발 1961
- Kay Chemical Company 합병 1994
- 식품 안전으로 확대 Ecosure Food Safety Management를 출시 2002
- Microtek medical Holdings 합병 2007
- 날코(Nalco) 합병 2011
- ECOLAB3D™ platform 런칭 2019
- Puro-lite 합병  
EPN Water 합병 2021
- 100-year anniversary 2023

- 1987 한국이콜랩(이콜랩 한국 지사) 설립
- 1990 날코코리아(날코 한국 지사) 설립
- 1999 UNICO 인수
- 2000 DONGWOO 인수
- 2011 날코코리아(Nalco Korea) 합병
- 2019 CSV포터상 3년 연속 수상으로 '명예의 전당' 입성  
보건복지부 장관상 사회공헌 부문 수상
- 2021 EPN Water 인수  
CSV 포터상 5년 연속 수상
- 2022 한국이콜랩 35주년  
SAP 도입 및 LER(법인통합) 진행

### ECOLAB KOREA





ECOLAB

## 한국이콜랩 사업부 소개

Industrial

Downstream  
(정유 및 석유화학 관련 산업)

Global Chemical  
(석유화학 및 가스 생산 산업)

Light  
(반도체 자동차 데이터센터, 바이오 제조업 전반)

Power & PMI  
(에너지 발전 및 제철 관련 산업)

CTG  
(클로이드 기술 관련 산업)

F&B  
(우유, 육가공, 식품료 제조 산업)

Paper  
(펄프 및 제지 산업)

Institutional

FRS  
(대형 마트와 같은 상업 시설)

Institutional  
(호텔 식당 및 학교 요양시설, 관공서 등의 시설)

QSR  
(패스트푸드 식당 프랜차이즈 산업)

ON-SITE EXPERTISE | CONNECTED CHEMISTRY | DIGITAL TECHNOLOGY | ANALYTICS AND INSIGHTS

Maximize Outcomes | Minimize Impact | Optimize Cost



Highest Return 

6

106

ECOLAB

## 핵심 역량

혁신 기술 개발, 연구, 엔지니어링, 기술 서비스 – 이콜랩은 업계 최고의 전문가들로 구성된 당신의 파트너입니다

### 혁신적인 제품 개발을 위한 1,200명의 글로벌 연구원, 엔지니어, 기술 전문가

전세계 1,200 명 이상의 기술 연구 개발진은 지속 가능한 솔루션 연구를 지속하고 있으며 약 11,200 개의 특허를 꼼꼼히 연구하고 검토하고 있습니다.

### 현장 교육을 이수한 25,000명의 글로벌 현장 전문가

특화된 현장 서비스 전문가들이 세계 3백 만여 곳의 고객사에 파견되어 교육, 안전 점검활동 등의 적합한 솔루션을 제공합니다.

### OUR CORE CAPABILITIES (핵심역량)

#### Data-driven Insights (데이터 기반 인사이트)

이콜랩은 지난 5년간 8억 달러 이상을 투자하여 디지털 포트폴리오를 확장해 왔습니다.

이를 통해 고객 만족도를 높이고, 현장에서의 역량을 극대화하며, 고객 경험(CX)을 혁신해 갈 것입니다.

#### Personalized Service (고객 맞춤 서비스)

화학 및 디지털 테크놀로지를 바탕으로 현장 전문가의 실시간 분석, 예측을 통해 고객 중요 설비의 안정성을 보장하면서 각 고객에 최적화된 스마트한 솔루션을 제공하고 있습니다.

**NALCO** Water  
An Ecolab Company

7

ECOLAB

## Ecolab Impact (이콜랩 지속가능경영)

Protecting What's Vital™ - 이콜랩은 인류의 중요한 것을 보호합니다.



### PEOPLE HEALTH

개인의 건강, 음식, 생활하고 일하는 공간을 보호하여 사람들의 번영을 돕습니다.

### PLANET HEALTH

지구 기후와 가장 소중한 자원인 물을 보호하여 지구의 건강을 돕습니다.

### BUSINESS HEALTH

고객사의 명성과 수익을 보호하여 비즈니스의 성공을 지원합니다.

**NALCO** Water  
An Ecolab Company

8

## 언론보도 2022-2023

**ESG 경영 (글로벌 ESG 평가 상위 1%, 세계에서 가장 윤리적인 기업 18년 연속 선정)**

## Investment(투자)

**Korea secures \$1.1 bn i at APEC summit**

South Korea secured a total of 1.5 billion won in investment from companies, including General Motors (GM), to be used for automobile production facilities.

# NALCO Water

## An Ecolab Company

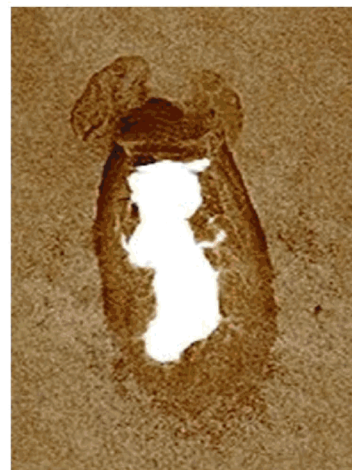
# Microbiological Control in Paper Process Using Digital Solutions

D. McLean

KTAPPI - April 2026

**NALCO** Water  
An Ecolab Company

## Deposits from microbiological Slime



**NALCO** Water  
An Ecolab Company

## Trend of Producing Paper with less water

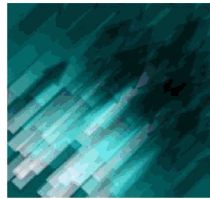
But there is a price to pay



Loss in production efficiency



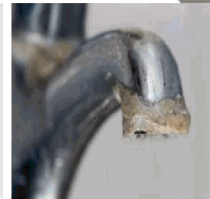
Loss in strength



High additive, raw material use & COD load



Bad odors



Deposits

**NALCO** Water  
An Ecolab Company

## Effects on the production process

Increased volatile fatty acids (VFAs)

Unstable process pH or local **acidification**

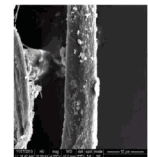
Increased **calcium hardness**

Increased **conductivity**

Reduction of Zeta potential of the fibers

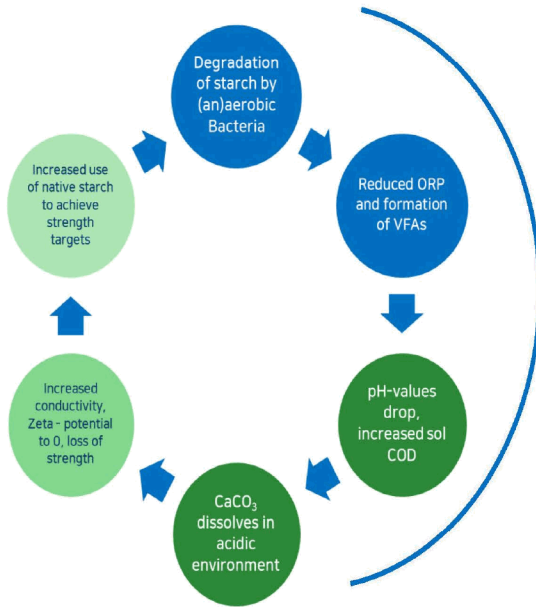
Higher COD in machine circuits and effluent treatment plants

- Bad odour in mill and finished paper
- Reduced paper strength
- Lower PM runnability
- Deposits
- Higher additive consumption
- Limitations in ETP



**NALCO** Water  
An Ecolab Company

## The costly cycle



- Reduced Strength, higher starch use
- Increased additive usage
- Lower machine efficiency
- More deposits in process, felts and WWTP

# REGULATORY UPDATE

## Changing regulatory landscape (EU)

**Protect people, protect environment**

- New policies and guidelines to **protect people**
- Promote safe and sustainable alternatives
- **Increasing legislation**

**ECHA**  
EUROPEAN CHEMICALS AGENCY

**The paper industry standard:  
Stabilized Chlorine (MCA)**

- Superior slime control
- No health concerns at recommended use
- Customer concerns: **conductivity, corrosion, AOX, etc.**

**Traditional chemistries under severe scrutiny**

**DBNPA** From Dec 22

- Classification as H372, specific target **organ toxicity** - repeated exposure, category 1.
- **Endocrine disruptor (Br-)**

**GLUTARALDEHYDE** From July 21

- Respiratory sensitizer
- REACH substance of very high concern (**SVHC**)
- **BIOCIDES**: candidate for substitution

**Bronopol**

- **Under evaluation as H331: toxic if inhaled (skull and bones)**
- Contains Bromide (Br-)

**Safer, easier to handle alternatives ARE available**

## Changing regulatory landscape (KR)

**유해화학물질 & 살생물제 : 차아염소산나트륨 (NaOCl, CAS No. 7681-52-9)**

- 인체등 유해화학물질로 고시 (시행일 2028년 1월 1일)
  - : 피부부식성 구분 1B, 생태유해성 (급성, 만성 구분1)
  - : Threshold 2.5% 생태유해성
  - : Threshold 10% 인체급성

- 살생물제 승인 계획
  - 제품 유형 : 재료장비용 보존제
  - ※ 세부용도 : 슬라임제
  - 산업공정에 사용되는 재료와 장비, 구조의 변형균 성장 방지 또는 억제에 위한 목적으로 사용하는 제품 예) 제지 공정용



# Ecolab Innovation Program

## OXIPRO 2.0

### Ammonium Chloride (NH<sub>4</sub>Cl)

- The stabilizer: NH<sub>4</sub>Cl also known as "Salmiak"
- Stabilization of bleach (NaOCl)
  - Superior slime control in the paper process
  - Significant reduced bleach use
  - Low AOX
- No health concerns at recommended use (<14ppm)
  - In NA is allowed up to 4ppm in drinking water\*
  - No health effects in drinking water up to 50ppm\*



## A + B = C

Ammonium Chloride:  
 $(\text{NH}_4)\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$



Sodium Hypochlorite  
 $\text{NaOCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OCl}^-$



$\text{OCl}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HOCl}$

### Monochloramine

$\text{HOCl} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$  (1)



Dichloramine  
 $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightleftharpoons \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (2)

Trichloramine  
 $\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \rightleftharpoons \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (3)

Competing Reactions

# Microbial control strategy

**NALCO** Water  
An Ecolab Company

21

## Microbial control strategy

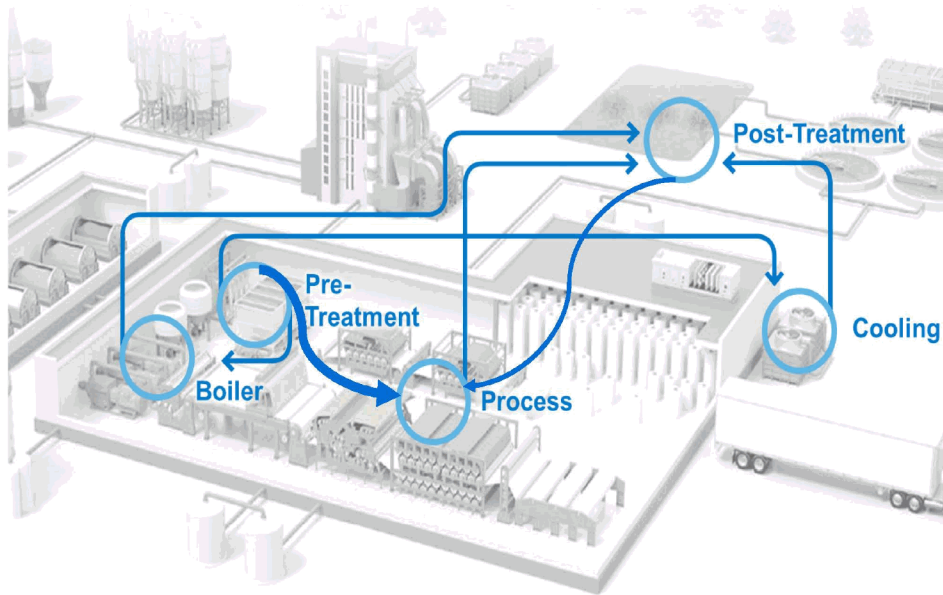
The 3 pillars of a sustainable approach

Holistic Approach	Fit for Purpose Solution	Digitalization
<ul style="list-style-type: none"><li>• Raw water</li><li>• Process</li><li>• ETP</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regulations</li><li>• Your specific requirements</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitoring and control</li><li>• Automation</li></ul>

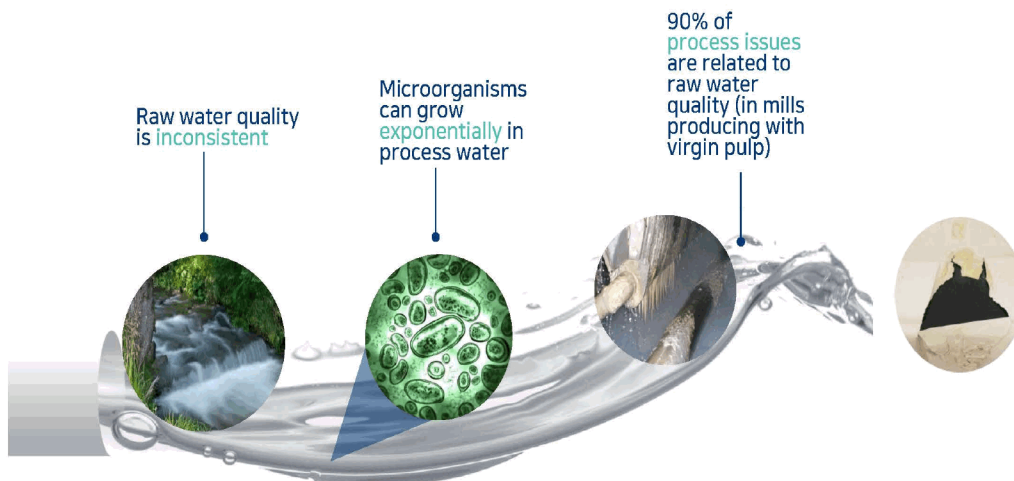
**NALCO** Water  
An Ecolab Company

22

## Holistic approach: Why?



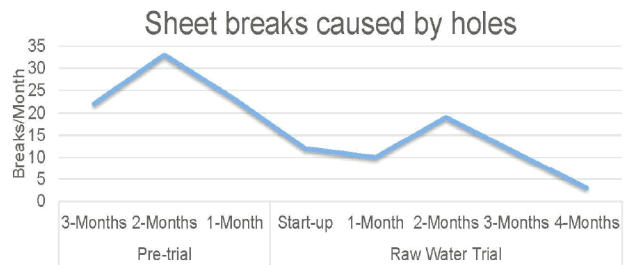
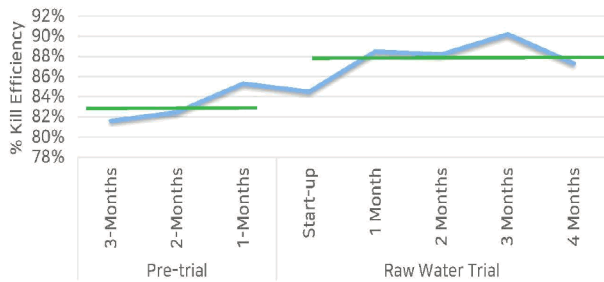
## Holistic approach starts with the freshwater



Troublesome bacteria enter the process mostly with freshwater → treat it well!

## Case 1 : Improving FW treatment

“Go with the flow”



## Case 2 : Improving Process treatment

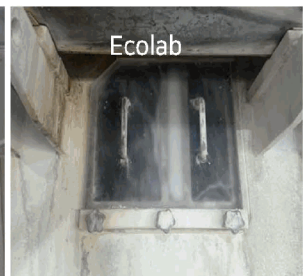
“Go with the flow”

- Program : Oxipro 2.0(AmCl)
- TVD(Total Value Delivery) : + α Safety

Extension Boil-out	Optimization Total Cost	Improvement productivity
-----------------------	----------------------------	-----------------------------

- Program : OxiPRO 2.0 (AmCl)
- TVD(Total Value Delivery) :

Reduction quality loss	Optimization Total Cost	Improvement productivity
---------------------------	----------------------------	-----------------------------



# Monitoring: "less is more"

**Traditional monitoring:** more time, less value; a snap shot of the process, "excel reporting"

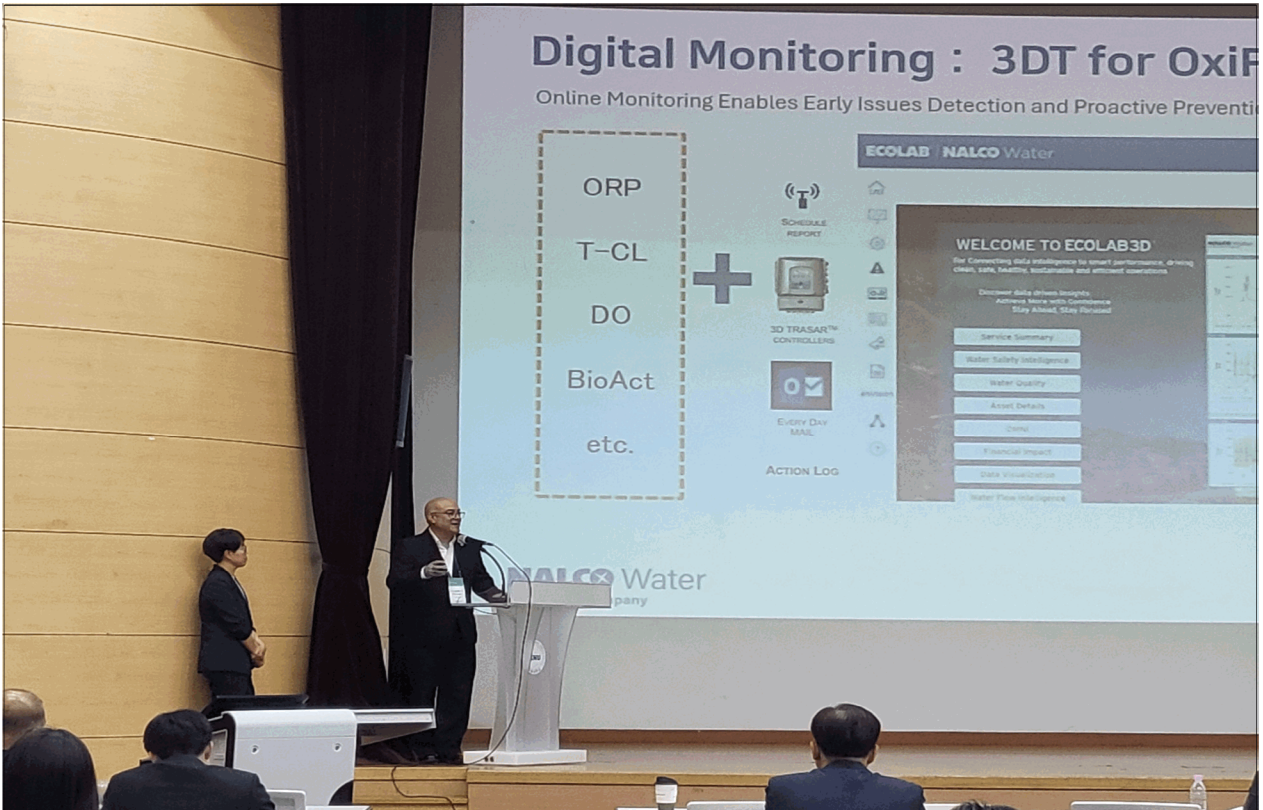


**24/7 real time monitoring:** less time, more value, better reporting (automated, eDATA, PSR)



**NALCO** Water  
An Ecolab Company

**NALCO** Water  
An Ecolab Company



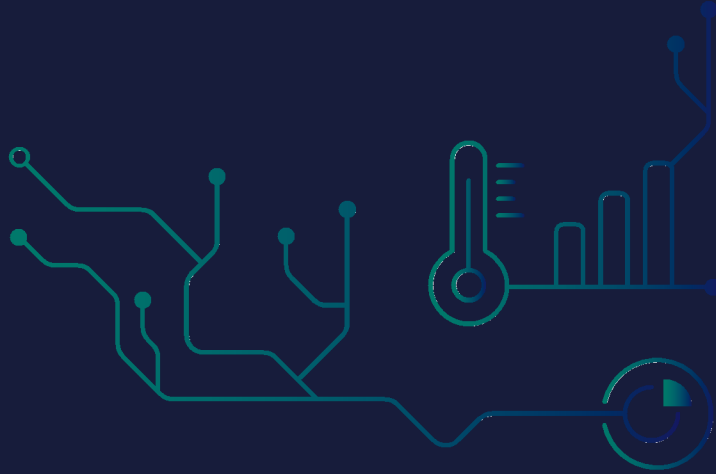
## Smart Papermaking Process Innovation II

2026 Spring Meeting KTAPPI

발행일 2026년 4월 23일  
발행처 사단법인 한국펄프종이공학회  
발행인 김진두  
연락처 서울특별시 영등포구 여의대방로69길7 충무빌딩 701호 | 사단법인 한국펄프종이공학회  
Tel. (02)786-8620 Fax. (02)786-8621  
홈페이지 <http://www.ktappi.or.kr>  
인쇄 (주)에이퍼브  
연락처 02-2274-3666







2026 Spring Meeting KTAPPI

# Smart Papermaking Process Innovation II

Advanced Strategies for  
Sustainable and Intelligent Papermaking

