

## Polyvinylamine을 이용한 Dual Polymer System의 지력 증강 효과

최재훈 · 류정용<sup>1</sup> · 김봉용<sup>†</sup>

접수일(2015년 7월 17일), 수정일(2015년 8월 20일), 채택일(2015년 8월 22일)

### Effect of Dual Polymer System using Polyvinylamine for Paper Strength

Jae-Hoon Choi, Jeong-Yong Ryu<sup>1</sup> and Bong-Yong Kim<sup>†</sup>

Received July 17, 2015; Received in revised form August 20, 2015; Accepted August 22, 2015

#### ABSTRACT

Paper strengthening system of PVAm (polyvinylamine) has been used with strong negative charge polymer for electrostatic neutralization due to strong positive charge of PVAm. Recently, because of the controversy caused by the possibility of remaining PAM monomers in white water, a search for paper strength agent that can substitute for PAM was suggested. Therefore, this study was carried out to evaluate a dry strength polymer of PVAm. Starch and CMC were used as a substitute for PAM. The dual polymer system of PVAm and anionic charge control agent such as anionic starch or CMC (carboxy methyl cellulose) were found to be very effective as strength agent compared to the chemicals based on acrylamide.

**Keywords:** PVAm, paper strength, CMC, starch, dual polymer system

---

• 경북대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Dept. of Wood and Paper Science, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea)

1 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: bykim@knu.ac.kr

## 1. 서론

종이의 강도적 특성을 개선하기 위한 방법에는 지료를 준비하는 단계에서 목질섬유에 가하는 물리적인 처리와 wet-end 상에서의 화학적 처리 방법이 있다. 일반적으로 종이의 강도를 향상시키기 위하여 주로 이용되는 방법은 기계적인 처리로 고해를 들 수 있는데 고해도를 높일수록 대부분의 종이 강도는 증가한다. 특히 고해의 경우 목질섬유에 물리적인 힘을 가하여 유리상 고해와 점상 고해의 과정을 통해 섬유를 개질하게 된다. 고해처리에는 섬유의 내부 및 외부 피브릴화가 진행되어 섬유 간 결합이 증가되어 강도와 평활도 및 지합이 개선되는 효과가 있다. 그러나 고해를 많이 하면 고해에너지가 증가하여 생산비가 높아지고 지료 내 미세분의 함량이 증가하여 탈수 속도가 저하되며 결과적으로 초지 속도가 저하되어 생산량이 감소하는 단점이 있다. 따라서 실질적으로 고해도를 높여서 종이의 강도를 향상시키는 방법에는 한계가 있다. 그리고 wet pressing 시 nip 압(nip pressure)을 증가시켜도 강도를 향상시킬 수 있으나 nip 압을 한계 이상 적용하여 고평량의 종이를 제조하면 프레스 nip에서의 지필 crushing을 야기 할 수 있다. 또한 nip 압을 증가시켰을 때 종이의 bulk와 불투명도, 투기도 등을 감소시키는 단점이 있다.

고해도를 증가시키는 방법 이외에 상지에서 언급된 문제를 최소화하면서 종이의 강도를 개선시킬 수 있는 방법은 화학적 처리인 내침 지력증강제를 사용하는 것이다. 초지 시 주로 사용되는 지력증강제는 starch, CMC, vegetable gum과 같은 천연고분자들이다. 특히 가격대비 성능이 우수한 양성전분이 일반적으로 가장 많이 사용되고 있으며 PAM과 같은 합성고분자도 사용되고 있는데 이를 건조 지력증강제라고 한다. 상기의 건조 지력증강제와는 달리 urea, melamine계 축합 resin과 PAE (poly aminoamide epichlorohydrin) resin은 영구적 습윤 지력증강제로 사용되어 왔고 glyoxalated acrylamide계 고분자가 일시적 습윤 지력증강제로 사용되고 있다.<sup>1-3)</sup> 건조 지력증강제를 단독으로 사용할 경우는 섬유 간의 수소결합 등과 같은 화학결합을 유도하여 강도를 증가시키지만 이러한 결합은 물에 의해 쉽게 파괴되는 단점이 있다.<sup>2)</sup> 상기의 습윤 지력증강제의 단점을 해소하기 위하여 PAE계 resin이 사용되어 왔으나 잔류 epichlorohydrin 변성물 들의 독성문제로 인해 사용이

자유롭지 못하였다.<sup>3)</sup> 앞서 언급된 지력증강제 들은 양이온성 단일 고분자시스템으로 구성되어 있어 많이 첨가하면 섬유표면의 전하가 역전되는 등의 이유로 첨가량에 한계가 있기 때문에 기존의 내침 지력증강제로는 강도를 일정 수준 이상 증가시키기 어렵다.

최근에는 PVAm(polyvinylamine)을 사용하는 지력증강제가 개발되어 제지공정에 적용되고 있다. PVAm이 습윤지력을 발현 시킨다는 것은 이미 50여 년 전부터 알려진 사실이다.<sup>4)</sup> PVAm은 vinylformamide를 중합하여 PNVF(poly N-vinylformamide)를 제조한 후 이를 가수분해시켜 제조된다.<sup>5)</sup> 이 방법은 BASF에 의해 상업화되어 사용되고 있으며, 이 고분자의 특성에 대한 연구가 Pelton 등<sup>6,7)</sup>에 의해 이루어졌다. 또한 Fei wang 등<sup>8)</sup>은 polyvinylamine의 강한 양이온성을 이용하여 사이즈 정착제로서의 특성을 연구하였다. PVAm은 아민을 포함한 고분자로서 self-crosslinking을 하지 않으며 펄프의 수산기 또는 carboxyl group과 쉽게 공유결합을 형성하지 않는 것으로 알려져 있다. PVAm과 셀룰로오스 체인 사이에는 다중 수소결합, 다중 이온결합이 형성되며 저온에서 amide 및 aminal 형성 등에 의해서 습윤지력 증강이 발현된다고 여러 문헌에서 보고되어 왔으나 PVAm이 습윤지력을 발현하는 것에 대한 기작은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않고 있다.<sup>1)</sup> PVAm 지력증강제는 종이의 해리를 저해하지 않으며 PAE 습강제와 함께 사용될 때 강한 습윤지력을 발현한다. PVAm은 또한 polyacrylamide를 원료로 하여 Hofmann rearrangement에 의해 carbonyl group을 제거하여 생산할 수 있다.<sup>9)</sup> Hofmann 제법은 기존의 BASF n-vinylformamide 제법보다 저가의 acrylamide monomer로 제조하기 때문에 원가 경쟁력이 뛰어나다고 할 수 있다. 상업화된 Hofmann PVAm 지력 증강시스템은 강한 양전하를 띠는 고분자를 순차적으로 첨가하는 dual polymer system이다. PVAm을 적용하면 고해도를 줄이면서 종이의 강도를 개선시킬 수 있다는 것은 이미 확인된 바 있다.<sup>10)</sup> Vinylformamide를 기본으로 하는 BASF PVAm과 달리 Hofmann PVAm 지력증강제의 작용 기작에 관하여서는 많은 연구가 진행되지 않고 있다.

본 연구에서는 기존의 PAM계 고분자 전해질을 대체할 천연고분자를 탐색하였으며 PVAm을 기본으로 하여 A-PAM, starch 또는 CMC를 전하조절제로 첨가하는 dual polymer system에서 음이온성 전하조절제 종류

에 따른 수초지의 강도적 특성과 백수의 COD, 탁도 등을 측정하여 섬유에 대한 전하조절제의 지력증강 및 흡착 효과를 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에 사용된 공시 펄프는 국내 P 제지회사에서 생산된 LBKP를 사용하였으며 펄프의 기본 특성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Physical properties of pulp

Item	Content
Pulp type	LBKP
Initial freeness	520 mL CSF
Average fiber length	0,596 mm
Average width	11.8 $\mu$ m
Coarseness	0,1367 mg/m

지력증강제로 사용된 양이온성 PVAm (Hofmann polyvinylamine)과 기존의 음이온성 PAM은 S사로부터 제공받아 사용하였다. PAM을 대체할 천연고분자는 G사의 저점도, 중점도, 고점도의 음이온성 전분 3종과 H사의 분말형 CMC 3종을 분양받았으며 분말형 CMC는 농도 1%로 호화하여 사용하였다. 사용된 각 약품의 기본 물성은 Table 2에 표시하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 지료 조성 및 수초지 제조

공시 펄프인 LBKP를 실험실용 Valley beater를 이용하여 고해하였으며 최종 여수도는 380 mL CSF로 조절하였다. PVAm은 전건펄프 대비 2.0%를 투입하였고 음이온성 PAM의 경우 전하를 고려하여 PVAm 대비 1:0.675의 비율로 첨가하였다. 천연고분자 전하 조절제의 경우는 PCD(Particle Charge Detector, AFG Co., Germany)를 이용하여 전하를 측정한 후 양이온성 PVAm이 정전기적으로 중화될 만큼의 양을 투입하고자 anionic starch와 CMC를 펄프 대비 각각 0.70, 1.00, 1.30 및 1.60%를 임의적으로 투입하였다. 약품은 농도 1.5%로 조절된 지료 슬러리 600 mL를 교반기를 이용하여 500 rpm으로 교반하면서 투입하였다. 1차로 PVAm을 투입한 후 2분간 교반하고 다시 전하조절제를 투입하고 2분간 추가 교반하는 방식으로 지료를 조성하였다. 수초지의 제조는 사각수초기를 사용하여 평량 100 g/m<sup>2</sup>의 습지필을 성형한 후 실험실용 압착기를 이용하여 55 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 3분간 습지를 압착한 후에 드림건조기로 105℃에서 건조하였다.

#### 2.2.2 수초지 물성과 백수의 COD 측정

제조된 수초지는 온도 23±0.5℃, 상대습도 50±1.0% 조건하에서 24 시간 조습처리한 후 인장강도, 압축강도 및 파열강도를 L&W사(스웨덴)의 측정기로 내절강도는 TMI사(미국)의 MIT 기기로 ISO 규격에 의거하여 측정하였다. 첨가 약품의 섬유에 대한 흡착정도를 알아보기 위하여 백수의 COD를 HACH사(DR/2000)의 spectrophotometer를 이용하였다. 먼저 1.5%로 조절된 지료 슬러리 500 mL를 교반기를 이용하여 500 rpm으로 교반하면서 약품을 투입하였다. 1차로 PVAm을 전건 펄프 대비 2% 투입한 후 2분간 교반한 후 전하 조절제인

Table 2. Properties of PVAm and charge control agent

Item	Solid content (%)	Cationicity (meq/g) (0.01%)	Viscosity (cPs) (0.3%, NaCl 1M)
PVAm	9	+ 6,393	21,0
Anionic PAM	15	- 4,493	430,0
Anionic Starch	I	- 4,000	13,3
	II	- 4,070	12,0
	III	- 4,027	10,7
CMC	I Powder	- 3,256	38,7
	II Powder	- 4,189	14,0
	III Powder	- 3,886	15,3

anionic starch, CMC를 전건 지료 음이온성 PAM 대비 0.75, 1.0, 1.25% 투입하고 2분간 추가 교반하였다. 그 후 지료를 200 mesh에 여과한 뒤 그 여과액을 원심분리기를 이용하여 미세분 등을 분리한 후 얻은 상등액의 COD를 측정하였다.

### 2.2.3 보류 및 탈수성 평가

첨가되는 고분자 약품이 지료의 보류 및 탈수에 미치는 영향을 측정하기 위하여 RDA(Retention & Drainage Analyzer, GIST)를 이용하여 초지를 실시하였다. 초지 시 지료의 농도는 0.3%이고 지료의 양은 1000 mL이었다. 이때 감압 탈수 처리는 주 탱크와 보조 탱크의 진공압력을 동일하게 295 mmHg로 조절하여 실시하였다. 지료 조성 순서는 먼저 지료 투입 후 1500 rpm으로 10초간 교반 후 양이온성 고분자 첨가제인 PVAm을 투입하고 10초 후 음이온성 고분자 첨가제 투입 후 10초간 교반하여 평량 100 g/m<sup>2</sup>으로 초지하였다. 초지 후 탈수 여액의 탁도를 측정하여 지료의 보류를 그리고 초지 시 해압 곡선으로 탈수성을 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 PVAm과 전하조절제로서 PAM 및 starch의 지력증강 효과

지력증강제로 PVAm을 2% 사용하고 전하조절제로 anionic PAM 또는 anionic starch를 첨가하는 dual polymer system의 지력증강 효과를 평가하였다. Fig.

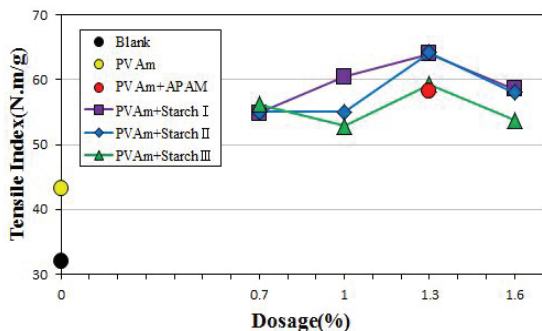


Fig. 1. Tensile index with dosage change of PAM and three kinds of starch (PVAm: 2.0%).

1에는 약품의 투입에 따른 종이의 인장강도 변화 상태를 표시하였다. PVAm만 2% 첨가한 경우에는 인장강도 증가 효과는 미미하였으나 PVAm과 전하조절제를 동시에 사용할 시에는 인장강도가 상당히 증가하고 있음을 알 수 있었다. 전하조절제를 1.3% 투입 시에는 고점도 및 중점도 anionic starch인 starch I, starch II를 첨가한 수초지의 인장강도가 PAM을 첨가한 수초지의 인장강도보다 10% 정도 증가함을 보여주고 있어 PAM 보다 천연고분자인 starch의 효과가 크다는 사실을 알 수 있었다. 저점도 인 starch III을 첨가한 수초지의 경우는 PAM을 첨가한 수초지와 유사한 인장강도를 보여 주었다. 또한 세 종류의 anionic starch 중에서는 상대적으로 고점도인 starch I의 효과가 가장 크게 나타나고 있으며 모두가 투입량 1.3%에서 인장강도가 가장 우수하였고, 이 이상의 첨가량에서는 인장강도가 다소 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과로 보아 전하조절제 자체의 점도가 인장강도의 영향인자로 작용하고 있음을 알 수 있었으며 아울러 약품이 섬유에 정착되는 보류 정도도 크게 관여되어 있을 것으로 생각된다.

Fig. 2는 약품 첨가에 따른 종이의 내절강도의 변화를 나타내었다. PVAm만 2% 투입하였을 경우에는 내절강도의 효과는 거의 없었다. 그러나 anionic starch를 같이 첨가하였을 경우에는 내절강도가 서서히 증가함을 알 수 있었으며 고점도 starch가 저점도 starch 보다 효과적임을 알 수 있었다. PAM의 경우는 상대적으로 저점도의 starch와 비슷한 효과를 보여 주었다.

Fig. 3은 압축강도의 변화를 나타낸 결과이다. PVAm만 투입시는 거의 효과가 없었으나 전하조절제와 동시에 투입 시 투입량에 따라 압축강도가 서서히 증가하였으며

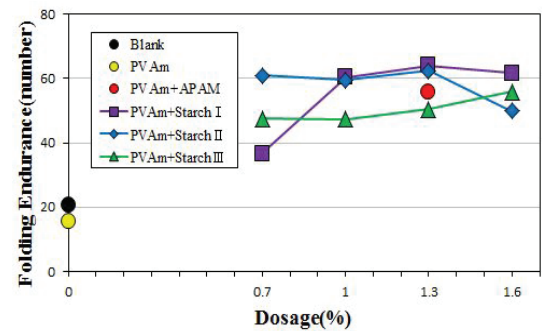


Fig. 2. Folding endurance with dosage change of PAM and three kinds of starch (PVAm: 2.0%).

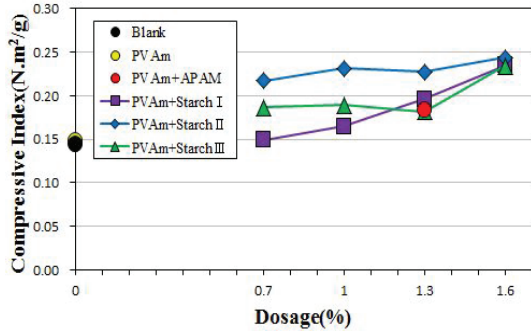


Fig. 3. Compressive index with dosage change of PAM and three kinds of starch (PVAm: 2.0%).

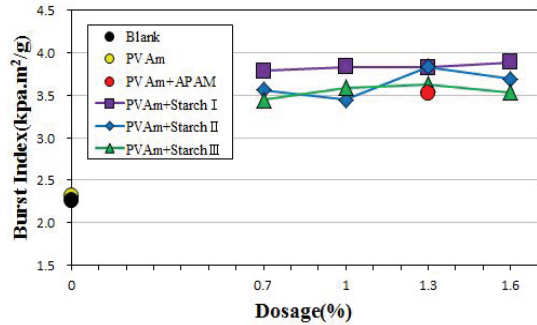


Fig. 4. Burst index with dosage change of PAM and three kinds of starch (PVAm: 2.0%).

중점도 anionic starch의 경우 가장 높은 강도를 나타내었는데 낮은 투입량에서도 PAM 보다 높은 강도를 나타내었다. 세 종류의 anionic starch 모두 투입량이 증가할수록 압축강도가 서서히 증가하는 것을 보여 주었다.

Fig. 4에는 파열강도의 변화 상태를 표시하였다. Anionic starch의 투입량에 따른 파열강도의 변화는 적었으며 anionic starch는 anionic PAM을 첨가한 경우와 유사한 파열강도 증가 효과를 나타내었다. 또한 분자량이 상대적으로 높은 고점도 starch가 다소 높은 강도를 보여주었다.

### 3.2 PVAm과 전하조절제로서 CMC의 지력증강 효과

Fig. 5에는 PVAm은 모두 2% 투입하고 CMC의 투입량에 따른 종이의 인장강도의 변화를 표시하였다. CMC의 투입량 증가에 따라 인장강도가 서서히 증가함을 알 수 있었다. 분자량이 크고 점도가 상대적으로 높은 CMC

I 을 첨가한 수초지가 가장 높은 강도의 증가를 보여 주었다. 그러나 점도와 음이온성이 비슷한 CMC II 와 CMC III의 인장강도 증강 효과는 비슷하였으나 CMC II의 경우가 미미하지만 효과가 높은 것을 알 수 있었다. 세 종류의 CMC 모두 음이온성 PAM과 대비하여 거의 비슷한 효과를 보여주고 있었다. 전하조절제로서 고분자 약품의 효과가 상이한 것은 지료의 특성에도 영향이 있지만 고분자 자체의 구조 및 형태, 분자량, 이온성 등이 복합적으로 작용하는 것으로 판단되며 특히 약품이 지필 형성 과정에서 백수로 유출되지 않고 수초지에 보류되는 보류율의 변화와 약품이 수초지 표면에 얼마나 균일하게 분포하느냐가 더 중요한 인자가 될 수가 있다.

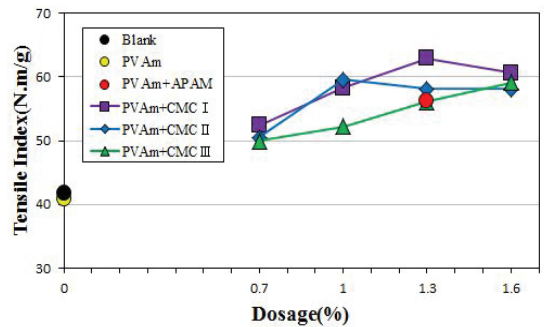


Fig. 5. Tensile index with dosage change of PAM and three kinds of CMC (PVAm: 2.0%).

Fig. 6에는 PVAm과 세 종류의 CMC 첨가에 의한 내절강도의 변화를 표시하였다. PVAm만 투입하였을 경우의 내절강도의 증가 효과는 거의 없었으나 전하조절제로 CMC를 동시에 투입하였을 경우에는 투입량 증가에 따라 내절강도가 서서히 증가하였다. 특히 점도가 높은 CMC I 을 첨가한 수초지의 경우 내절강도가 상당히 크게 증가하였으며 PAM투입과 대비하여도 높은 강도를 보여주었다. CMC II, CMC III의 경우도 투입량 증가에 따라 내절강도가 증가하였으나 PAM 첨가의 경우와 유사한 강도를 나타내었다.

Fig. 7에는 압축강도의 변화를 나타내었다. CMC의 투입량에 따라 압축강도가 조금씩 증가하였는데 CMC I 을 사용한 경우에만 PAM과 유사한 강도를 나타냈고 나머지 CMC의 경우는 음이온성 PAM보다 낮은 강도를 나타내었다.

Fig. 8에는 파열강도의 변화를 표시하였다. 역시 점도가 상대적으로 높은 CMC I의 효과가 크게 나타났으며

나머지 CMC의 효과는 CMC I 보다는 작았으나 서로 비슷한 효과를 보여주었다.

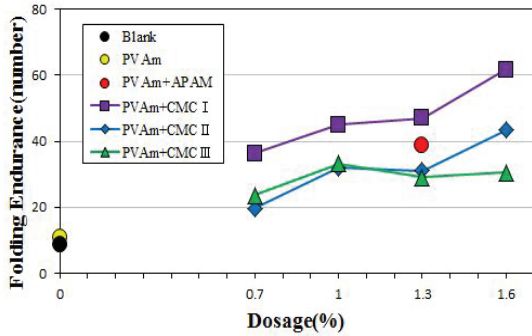


Fig. 6. Folding endurance with dosage change of PAM and three kinds of CMC (PVAm: 2.0%).

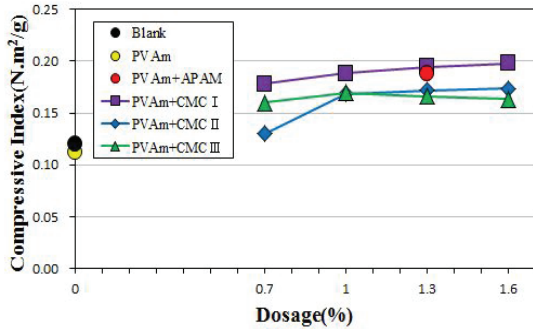


Fig. 7. Compressive index with dosage change of PAM and three kinds of CMC (PVAm: 2.0%).

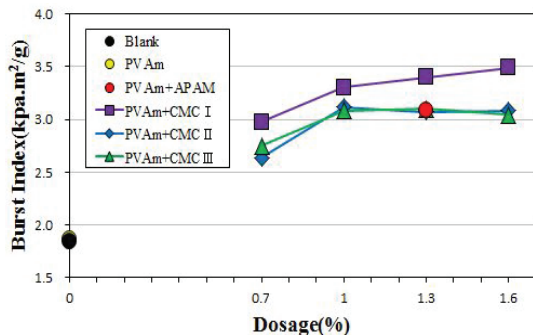


Fig. 8. Burst index with dosage change of PAM and three kinds of CMC (PVAm: 2.0%).

### 3.3 초지 백수의 COD 변화

전하조절제로서 anionic starch를 사용한 지료의 초지 백수 COD의 변화를 측정하여 Fig. 9에 표시하였다. Anionic starch의 투입량 증가에 따라 세 종류의 starch 모두 초지 백수의 COD가 비슷한 크기로 상당히 많이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 음이온성 PAM을 사용하는 것보다 starch를 사용하는 경우의 지료 백수의 COD 측정치가 상당히 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과로 보아 starch 첨가가 예상보다 크게 초지 백수 COD의 증가에 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있었으며 동시에 많은 양의 anionic starch가 지필에 잔류하지 못하고 백수로 유출된다는 사실을 생각 할 수 있었다. 그러므로 전하조절제로 starch 사용의 경우에는 높은 COD를 갖는 약성 백수 및 폐수의 발생으로 인한 공정상의 문제점 및 폐수 처리상의 비용 발생으로 사용상에 신중한 접근이 요구된다고 판단된다.

Fig. 10에는 전하조절제로 세 종류 CMC를 사용한 지

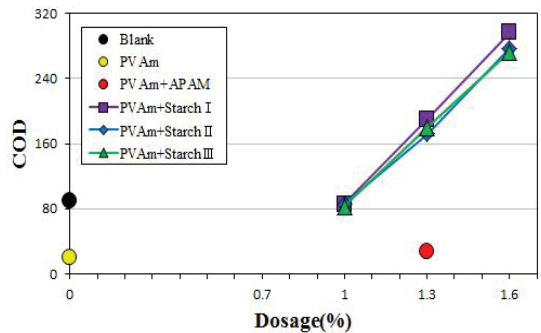


Fig. 9. COD of white water with dosage change of PAM and three kinds of starch (PVAm: 2.0%).

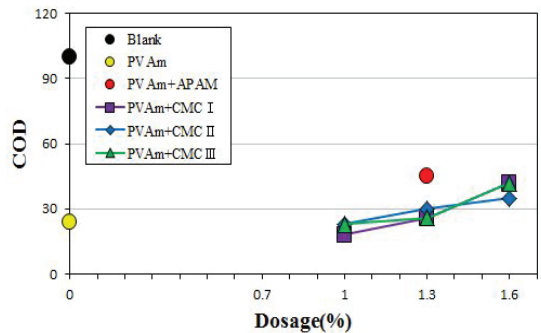


Fig. 10. COD of white water with dosage change of PAM and three kinds of CMC (PVAm: 2.0%).

료의 초지 백수 COD를 측정하여 표시하였다. CMC의 투입양에 따라 COD가 조금씩 증가하나 Fig. 9에서 보여 주었던 starch 투입 시 보다는 훨씬 작게 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 CMC의 사용은 음이온성 PAM을 사용한 경우보다 COD의 측정치가 낮은 값을 보여 주었다. 이러한 결과는 CMC가 지필에 잔류되는 보류상의 문제도 있을 수 있으나 궁극적으로는 CMC 자체가 지료 백수의 COD에 미치는 영향이 starch보다 상당히 작음을 추정할 수 있는 근거가 될 수 있다. 따라서 CMC는 종이의 지력증강뿐만 아니라 폐수처리 등 환경적인 측면에서도 유효한 제지 약품이 될 수 있음을 알 수 있었다.

### 3.4 초지 시 보류 및 탈수성 평가

Fig. 11에는 여러 종류의 전하조절제를 첨가하여 RDA를 이용하여 초지를 하였을 때 탈수된 백수의 탁도를 분석한 결과를 표시하였으며, 이를 기준하여 보류도를 평가하였다. PVAm만 투입하였을 경우에는 탁도 개선 효과가 거의 없었으나 PVAm과 음이온성 PAM을 투입하였을 시에는 탁도가 낮아지며 보류가 향상되는 것을 추정할 수 있었다. PVAm과 CMC 투입의 경우에도 투입량이 증가할수록 백수의 탁도가 서서히 감소하는 것으로 보아 보류도가 높아지고 있는 것으로 확인되었으며 CMC가 음이온성 PAM보다 백수의 탁도 감소 효과가 큰 것으로 판단되었다. Anionic starch의 경우에는 투입량의 증가에 따라 탁도가 서서히 증가하는 것을 알 수 있었다. 이것은 anionic starch가 투입량이 증가할수록 지층내 잔류되는 보류성이 나빠져 백수로 많이 유출되는 것도 하나의 원인으로 생각 할 수 있다.

Fig. 12는 PVAm과 다양한 전하조절제를 투입하면서

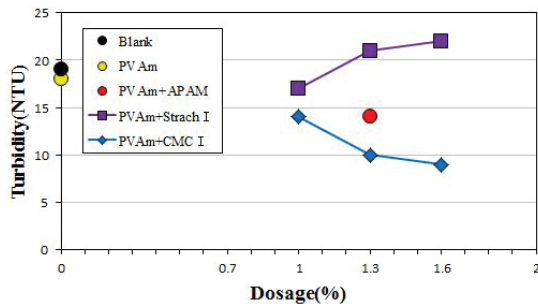


Fig. 11. Turbidity of white water with dosage change of PAM and starch I and CMC I (PVAm: 2.0%).

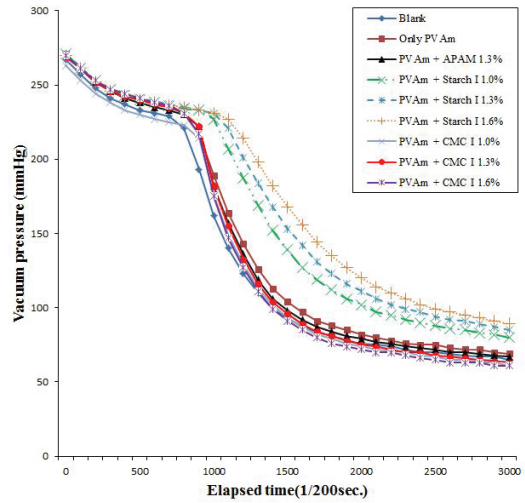


Fig. 12. Drainage with dosage change of PAM, starch I and CMC I (PVAm: 2.0%).

RDA를 사용하여 초지할 경우 지필 형성 시 진공이 해압되는 양상을 나타낸 그림으로 이를 바탕으로 초지 탈수성을 평가하였다. 전반적으로 보아 음이온성 PAM과 CMC의 사용에 따른 탈수 속도는 큰 차이가 없었으나 PVAm만 사용하였을 경우보다는 전하조절제로 PAM이나 CMC를 같이 사용한 지료의 탈수성이 개선된 것을 알 수 있었다. anionic starch의 경우에는 투입량이 증가할수록 탈수속도가 현저히 나빠지는 것을 확인할 수 있었다.

## 4. 결론

본 연구에서는 기존의 PAM계 고분자 전하조절을 대체할 천연고분자를 탐색하였으며 지력증강제인 PVAm을 기본으로 하여 anionic PAM, anionic starch 또는 CMC를 첨가하는 dual polymer system에서 음이온성 전하조절제 종류에 따른 수초지의 강도적 특성과 백수의 COD, 탁도 등을 측정하여 지력증강 및 전하조절제의 흡착 효과를 검토하였다. PAM을 대체하여 전하조절제로 anionic starch를 사용할 시 모든 강도 물성이 증가하였다. 특히 상대적으로 점도가 높은 starch의 경우 가장 좋은 결과를 보였다. 그러나 anionic starch를 과량 투입할 경우 수초지의 강도가 감소하는 결과를 보였는데 이는 투입된 starch의 지료에의 정착율과 관계가 있음을 백수의 COD 측정을 통해 확인하였다. 전하조절제

로 CMC를 사용하였을 때에도 수초지의 강도는 증가하였다. 특히 내질강도가 상당히 증가하였으며 전하밀도는 낮아도 점도가 상대적으로 높은 CMC가 가장 효과적이었다. CMC를 투입한 지료의 초지 백수 COD를 측정 한 결과 anionic PAM과 유사한 값을 나타내었고 CMC의 투입량이 증가하여도 COD의 값이 크게 변하지 않았으며 CMC는 보류와 탈수에도 긍정적으로 작용하였다.

polyacrylamide, Bulletin of the Chemical Society of Japan 49(10):2821-2823 (1976).

10. Cho, B.-U., Ryu, J. Y., Son, D. J., and Song, B. K., Application of cationic PVAm-anionic PAM dry strength aids system on a kraft mill, Journal of Korea TAPPI 42(3):50-57 (2010).

## Literature Cited

1. Thorn, I. and Au, C. O., Application of Wet End Paper Chemistry, Blackie Academic & Professional, pp. 91-119 (1996).
2. Roberts, J. C., Paper Chemistry, Blackie Academic & Professional, pp. 83-119 (1996).
3. Rovert, E. C., Chemical Processing Aids in Papermaking: A Practical Guide, TAPPI PRESS, pp. 130-145 (1992).
4. Weisgerber, C. A., Paper of high wet strength and processes, Hercules Powder Company, US Patent, US2721140 (1955).
5. Difalvio, J. L., Bertoia, R., Pelton, R., and Leduc, M., The mechanism of polyvinylamine wet strengthening, Proceeding of 13th Fundamental Research Symposium, Cambridge, UK, pp. 1293-1361 (2005).
6. Hong, H. and Pelton, R., The surface tension of aqueous polyvinylamine and copolymers with N-vinylformamide, Colloid Polymer Sci. 280:203-205 (2002).
7. Chen, X., Wang, Y., and Pelton, R., pH dependence of the properties of hydrophobically modified polyvinylamine, Langmuir 21(25):11673-11677 (2005).
8. Wang, F., Kitaoka, T., and Tanaka, H., Vinylformamide based cationic polymers as retention aids in alkaline papermaking, TAPPI 2(12):21-26 (2003).
9. Tanaka, H. and Senju, R., Preparation of polyvinylamine by the hofmann degradation of