

# 계면동전현상을 통한 섬유에 대한 고분자의 흡착 거동 평가

## Evaluation of the Adsorption of Polymers on Cellulose Fibers by Electrokinetic Measurement

이 학 래 · 이 지 영 · 모 규 열 · 송 봉 근\*

서울대학교 임산공학과, \*한국화학연구원 펄프제지연구센터

### 1. 서 론

고지 및 공정수의 재활용이 증가하고 있는 국내 초지환경에서 습부화학적 문제를 해결하기 위해서는 열악한 지료 조건에 따른 지료화학적 특성을 평가하고 고분자전해질의 거동을 분석하는 것이 필요하다. 보류항상제 혹은 탈수축진제로서 첨가된 고분자 전해질은 그 기능을 수행하기 위해서는 섬유에 흡착이 이루어져야 하므로 지료 내에서 투입된 고분자전해질의 흡착 특성을 파악하는 것은 습부에서 일어나는 현상에 대한 이해 및 효율적인 공정제어를 위한 첫 단계라 할 수 있다.

본 연구에서는 용수 및 섬유의 조건을 달리하여 조성된 지료 내에서 양이온성 구아검, 양이온성 PAM, poly-DADMAC의 흡착을 정성·정량적으로 분석하고자 하였다. 양이온성 고분자전해질이 음이온성 섬유에 흡착함에 따른 섬유의 제타포텐셜 변화를 통하여 정성적 흡착 거동을 평가하였다. 또한 양이온성 구아검의 경우에는 흡광광도법을 적용하였고, 양이온성 PAM과 poly-DADMAC의 경우에는 질소 측정법을 적용하여 정량적으로 평가하였다. 이러한 연구를 통하여 고분자 흡착 현상을 수분 이내 측정할 수 있는 계면동전 흡착측정법 적용 시 측정이 가능한 고분자전해질과 지료조건에 대한 기초를 마련하고자 하였다. 또한 이러한 연구를 통하여 지료 내에 투입된 고분자전해질의 반응기작을 구명코자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1. 공시재료

본 연구에서 사용된 펄프는 활엽수 BKP였다. 펄프의 불균일성에 의한 고분자 흡착

의 변이를 제거하고자 단일 종류의 펄프를 사용하였고 제타포텐셜 측정 시 균일한 플러그 형성을 위하여 진동스크린을 이용하여 분급을 실시하였다. 공정수 제조 시에는 백상지, 도공지 및 BCTMP를 사용하였다. 고분자전해질은 크게 천연 고분자전해질과 합성 고분자전해질을 사용하였다. 천연 고분자 전해질로는 양이온성으로 치환된 양이온성 구아검을, 합성 고분자 전해질로서 양이온성을 띠는 양이온성 PAM과 Poly-DADMAC을 사용하였다. 사용된 고분자전해질의 특성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Properties of polymers

Polymer		Viscosity (cPs, 0.5%, 25℃)	Charge density (meq/g)
Cationic guar gum (CGG)	BMB 9110	140	0.677
Cationic PAM	Percol 182 (C-PAM1)	480	1.275
	Percol 63 (C-PAM2)	380	2.068
Poly-DADMAC	Fixol 1230	6	4.798

## 2.2 실험방법

고분자전해질의 흡착 실험을 Table 2와 나타낸 바와 같이 3가지 조건으로 하였으며 고분자전해질의 흡착 평가시 양이온성 고분자 전해질의 종류에 따라 다르게 실시되었다. 양이온성 구아검의 흡착을 평가하기 위하여 펄프 상등액의 흡광도 및 양이온 요구량과 섬유 제타포텐셜을 분석하였다. 양이온성 PAM과 Poly-DADMAC의 경우에는 흡착이 진행된 섬유의 질소함량과 섬유의 제타포텐셜을 측정하였고 펄프 상등액의 양이온 요구량을 측정하였다. 특히 섬유의 제타포텐셜 측정시 흡착평형상태에 도달한 섬유를 여과지로 걸러 다시 증류수에 분산시켜 제타포텐셜을 측정하였는데 이는 용수 내에 존재하는 이온성 물질이 섬유의 제타포텐셜에 영향을 주지 않게 하기 위함이었다. 또한 용수의 오염도를 증류수와 제조된 공정수의 사용량의 비를 나타내는 폐쇄화정도로 나타내었다.

Table 2. Condition of adsorption experiments

Adsorption experiment	Condition
Adsorption UF+DW	Uncontaminated fibers in distilled water
Adsorption CF+DW	Contaminated fibers in distilled water
Adsorption CF+CW	Contaminated fibers in contaminated water

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 양이온성 구아검

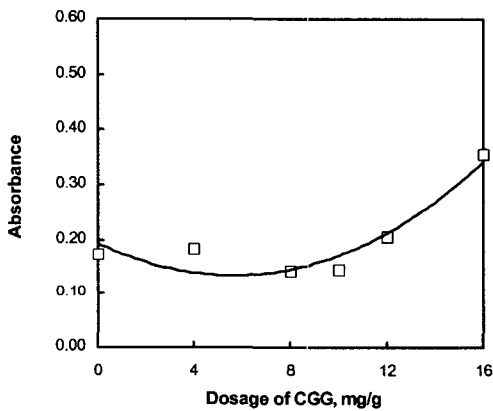


Fig. 1. Absorbance indicating adsorption of CGG in the adsorption condition of UF+DW.

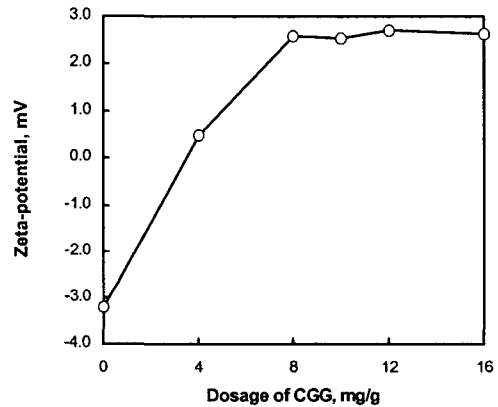


Fig. 2. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of UF+DW.

양이온성 구아검의 투입량이 증가함에 따라 흡착량이 증가하였고 (Fig. 1) 섬유제의 제타포텐셜 변화(Fig. 2)가 흡착량과 높은 상관관계를 나타내었는데 이는 고분자 전해질의 흡착이 반영되기 때문이라고 판단된다. 그러나 공정수에 의한 섬유제의 오염과 용수의 오염도가 증가함에 따라 섬유제의 제타포텐셜 변화가 차츰 줄어드는 것을 볼 수 있다(Fig. 3, 4). 이는 섬유제의 오염과 용수의 오염에 따라 양이온성 구아검의 전하특성이 저하되기 때문이다.

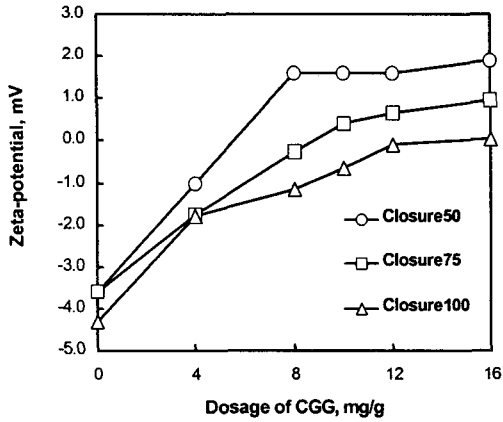


Fig. 3. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+DW.

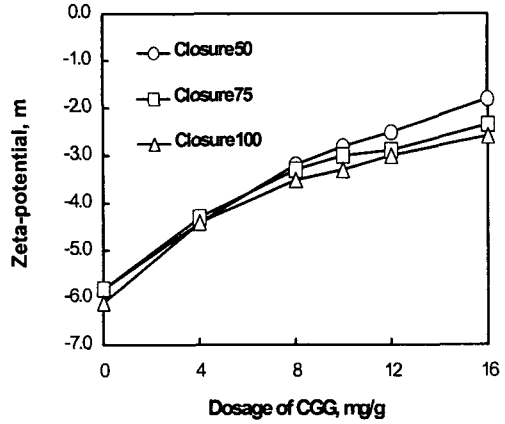


Fig. 4. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+CW.

### 3.2. 양이온성 PAM

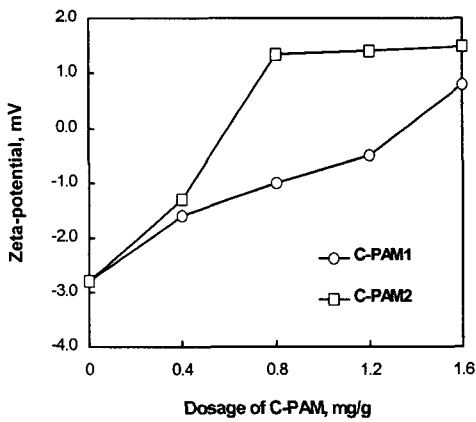


Fig. 5. Adsorption of C-PAM in the adsorption condition of UF+DW.

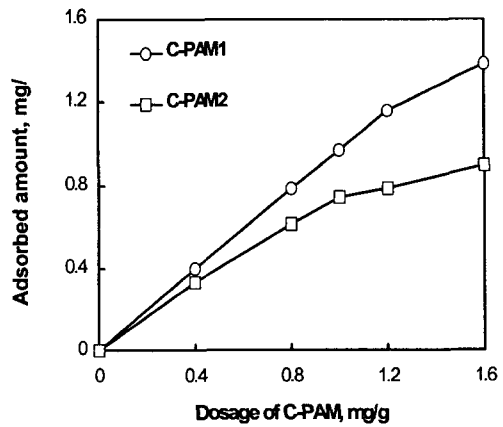


Fig. 6. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of UF+DW.

양이온성 PAM은 섬유와 용수의 오염도가 낮은 조건에서 투입량이 증가함에 따라 흡착량도 증가하였고 (Fig. 5) 섬유의 제타포텐셜도 비례적으로 증가하였다(Fig. 6). 하

지만 섬유 오염도가 증가함에 따라 섬유의 제타포텐셜 변화는 양이온성 PAM의 투입량이 증가하여도 크게 증가하지 않았고(Fig. 7) 용수의 오염도가 증가하였을 때는 투입량에 상관없이 일정한 값을 나타내었다(Fig. 8). 섬유가 공정수 내에 존재하는 음이온성 물질이 섬유상에 흡착함에 따라 더 높은 음전하를 가지게 되어 동일한 양이온성 PAM에 최종적으로 중화될 수 있는 값이 오염되지 않은 섬유조건보다 낮게 되고 용수의 오염도가 증가함에 따라 투입되는 양이온성 PAM의 전하특성이 떨어지게 되어 섬유의 전하중화능력을 상실하기 때문이라고 판단된다.

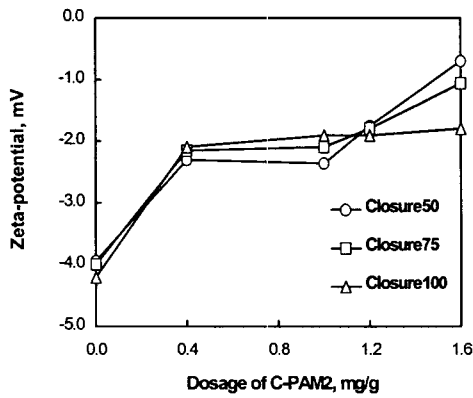


Fig. 7. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+DW.

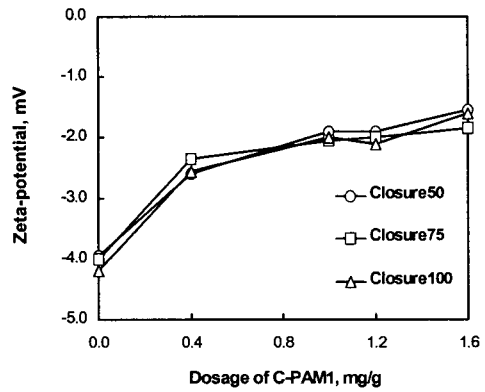


Fig. 8. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+DW.

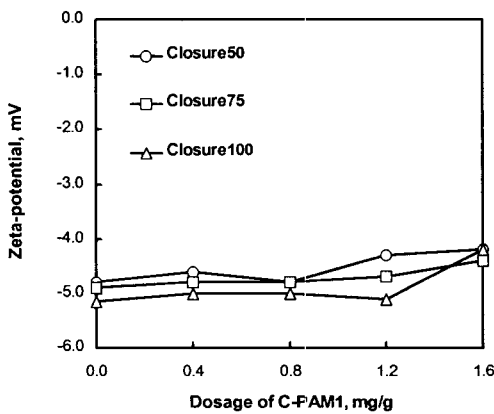


Fig. 9. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+CW.

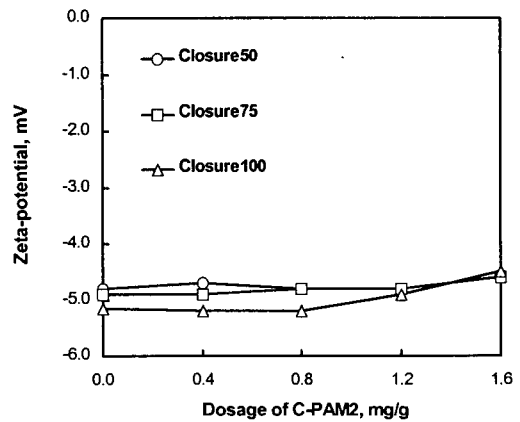


Fig. 10. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+CW.

### 3.3. Poly-DADMAC

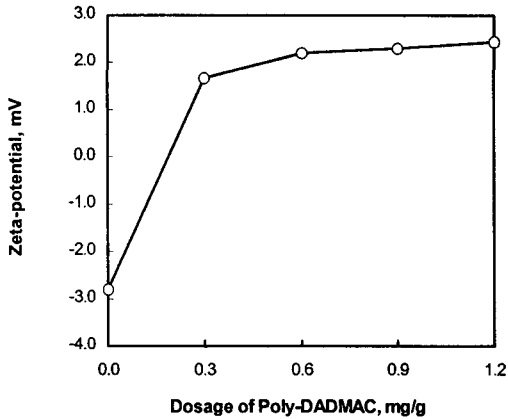


Fig. 11. Adsorption of poly-DADMAC in the adsorption condition of UF+DW.

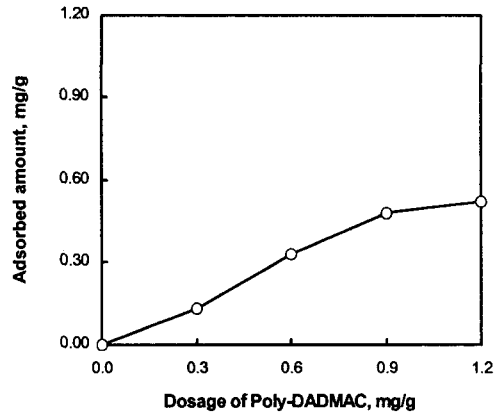


Fig. 12. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of UF+DW.

Poly-DADMAC은 양이온성 구아검이나 양이온성 PAM과 같이 오염되지 않은 지료 조건에서는 흡착량(Fig. 11)과 섬유용액의 제타포텐셜 변화(Fig. 12)가 높은 상관관계를 나타내었다. 하지만 섬유용액의 오염도가 증가하면서 섬유용액의 제타포텐셜은 오염도에 따라 차이를 나타내었고(Fig. 13) 섬유용액과 용수의 오염도가 증가하면서 섬유용액의 제타포텐셜은 약간음의 값으로 감소하였다(Fig. 14). 이는 섬유용액의 오염도가 증가하면서 섬유용액의 제타포텐셜이 오염도에 따라 음의 방향으로 증가하기 때문에 poly-DADMAC에 의한 섬유용액의 제타포텐셜 값이 차이가 발생하였고 poly-DADMAC이 용수내에 존재하는 음이온성 저해물질과 같이 섬유용액에 흡착하기 때문이라고 판단된다.

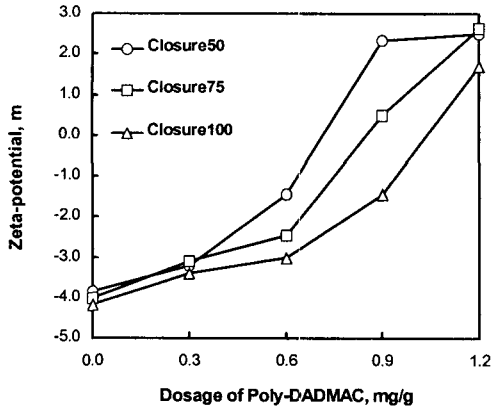


Fig. 13. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+DW.

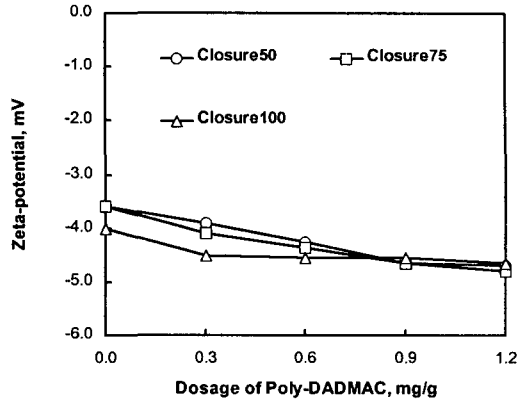


Fig. 14. Zeta-potential of fibers in the adsorption condition of CF+CW.

#### 4. 결 론

공정수에 의해 오염되지 않는 섬유와 증류수 조건에서 고분자전해질의 투입량이 증가함에 따라 흡착량이 증가하였고 섬유의 제타포텐셜 변화가 흡착량과 높은 상관관계를 나타내었다. 하지만 섬유와 용수의 오염도가 증가함에 따라 고분자전해질의 종류에 따라 다른 경향을 나타내었지만 전반적으로 볼 때 흡착량과 섬유의 제타포텐셜 변화의 상관관계가 낮아졌고 고분자전해질의 흡착량이 저하되었다. 흡착량과 섬유의 제타포텐셜의 비례적 상관관계는 지료의 조건과 고분자전해질의 종류에 따라 차이를 나타내었다. 따라서 현장에서 계면동전 현상을 통한 고분자전해질의 흡착 제어시에는 지료와 고분자전해질의 종류를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

#### 인용문헌

1. Webb, L. J. : Water and wet-end chemistry. Paper technology, 33(6): 30-35 (1991).
2. Rojas, J. O. and Neuman, D. R. : Adsorption of polysaccharide wet-end additives in papermaking systems. Colloids and Surfaces 155: 410-432 (1999).
3. Lang, H. M. : Polyelectrolyte adsorption kinetics. 1995 Papermaking Conference Proceedings, TAPPI Press.
4. Koethe, J. and Scott W. : Polyelectrolyte interaction with papermaking fibers: The mechanism of surface charge decay. 1993 Papermaking Conference Proceeding, TAPPI Press.