

## OD1) 무기 및 유기 응집제를 이용한 수중 휴믹산의 플럭특성

허미란\*, 이민규<sup>1</sup>, 감상규

제주대학교 토목환경공학전공, <sup>1</sup>부경대학교 응용화학공학부

### 1. 서 론

휴믹산은 자연유기물질(Natural Organic Matter ; NOM)의 한 부분으로서 여러 가지의 자연 상태의 탄수화물, 아미노산 등이 부패되어 만들어지는데, 이러한 산들은 상수처리 과정에서 염소와 반응하여 발암과 변이성을 유발하는 Trihalomethanes (THMs), haloacetic acids(HAAs)등과 같은 소독 부산물을 생성(Huang 와 Yeh, 1997)하여 최근 큰 문제가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 가장 간단한 방법 중의 하나로 수 중 NOM의 제거율을 높이기 위한 응집특성에 관하여서 많은 연구가 진행되었다.

응집공정으로부터 얻어진 flocc의 특성은 응집 후 잔류 용존 유기물질과 탁도, 그리고 다음에 거치게 되는 침전, 여과 등의 고액분리 공정의 효율에 매우 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 강도가 크고 비교적 균일한 크기분포를 갖는 플럭의 생성은 침전조에서 슬러지 생성에 유리하며 이것은 결국 침전 상등수의 수질을 좌우하게 된다.

플럭 강도를 측정하는 간단한 방법 중의 하나는 플록강도지수(FSI)을 계산하는 것이다(Francois, 1987). 따라서 본 논문에서는 무기 및 유기 응집제를 이용하여 수중 휴믹산의 플럭 특성에 대하여 PDA를 통하여 응집과정을 on-line 모니터링 하여 플럭의 파괴와 형성과정을 고찰한 다음 플럭 강도를 통한 플럭 특성에 대하여 알아보고자 한다.

### 2. 재료 및 실험 방법

응집제로는 무기 응집제인 alum과 유기 응집제인 PDDA(poly diallyldimethyl ammonium chloride)가 사용되었다. 휴믹산(Aldrich chemical co., USA) 25mg/L를 0.1N NaOH/HNO<sub>3</sub>를 이용하여 pH7로 조정하여 사용하였고 이온강도의 영향은 휴믹산 용액(pH7)에 1mM의 NaCl, CaCl<sub>2</sub>를 주입하였을 때 응집상태를 검토하였다.

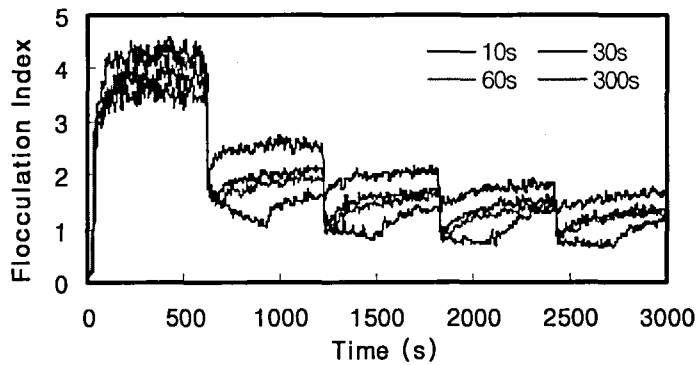
일정한 온도로 유지되어 있는 항온수조(25±1℃)에 놓여있는 1000 ml pyrex 비이커에 휴믹산 용액 (25mg/L, pH7) 800mL를 취하고, 여기에 일정량의 응집제(최적 응집제 주입량)를 가한 후 급속교반(400rpm) 10s, 완속교반(50rpm) 10-30분 수행하여 응집 시켰다. 다음 플럭의 파괴는 교반속도를 400rpm으로 높이고 10-300s 범위 내에서 파괴하고 다시 완속교반(50rpm) 10분 수행하여 응집시켰고 이를 4회 반복하였다.

### 3. 결과 및 고찰

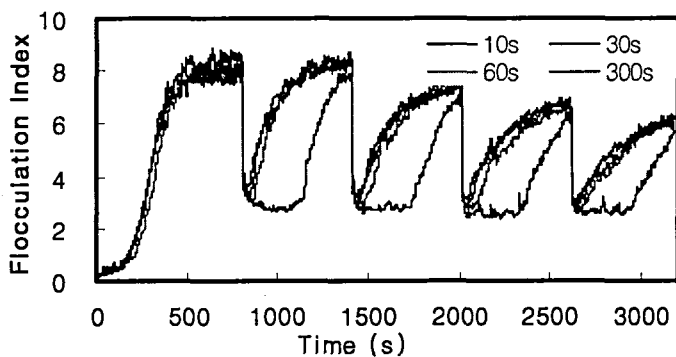
#### 3.1. 플럭의 파괴와 형성

플럭들은 가해지는 파괴 전단력에 의하여 짧은 시간 안에 거의 비슷한 크기로 파괴되었

다. 따라서 플럭 파괴 시 가해지는 순간적인 파괴 전단력에 의해 플럭들은 파괴 초기에 대부분 파괴되었음을 알 수 있다. 플럭 파괴는 30-60s 파괴 기간에 거의 같은 FI로 감소하였고 또한 이 경우에 50rpm으로 완속교반 하였을 때 FI값은 비슷한 정도로 회복되었다. 그리고 alum의 경우 400rpm에서 10s동안 플럭을 파괴하였을 경우 가장 작은 FI 감소를 보였고 또한 이 경우에 완속교반 후 긴 시간(예를 들면 300s)동안 파괴한 플럭보다 더 빨리 steady-state에 도달 하였고 가장 큰 정도로 회복되었는데 이것은 대개 처음 플럭의 파괴를 완성하는데 시간이 불충분한 것으로 사료된다. PDDA는 긴 시간(300s) 파괴를 제외하고는 거의 비슷한 형태로 파괴되고 다시 재형성 되었는데 이로부터 PDDA의 파괴는 파괴시간에 큰 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다. Fig. 1에서 보면 플럭은 1차 파괴에서 대부분 파괴 되었고 2차 파괴부터는 1차 파괴와 거의 비슷한 값을 보였는데 이것은 아마 (Clark and Flora, 1991)가 제시한 파괴 후 생성된 플럭은 처음 생성된 플럭보다 더 조밀하게 결합 (높은 fractal dimension)된 구조를 갖고 있기 때문이라고 사료된다.



(a) alum



(b) PDDA

Fig. 1. Formation, breakage and re-formation of flocs of humic acid by alum and PDDA.

무기 응집제는 플럭을 파괴 후 재형성 시켰을 때 원래 상태로 회복되지 않았지만, 유기 응집제는 파괴전의 값에 거의 도달하였다. 이로부터 무기 응집제의 파괴는 바가역적이고 유기 응집제의 파괴는 가역적이라는 것을 알 수 있다.

### 3.2 플럭 강도

Alum과 PDDA의 플록강도를 pH7에서 플록강도지수(FSI)로 비교하면 PDDA가 더 높은 강도를 나타내므로 유기응집제인 PDDA는 pH 7에서 sweep flocculation에 의해 플록을 형성하는 무기응집제인 alum보다 높은 강도를 가지는 것을 알 수 있었다.

플록강도에 미치는 이온강도의 영향을 살펴 보면 sweep flocculation에 의해 플록이 형성되는 alum은 플록강도에 미치는 영향이 거의 없었지만 유기응집제인 PDDA는 Fig. 2에서 보여지는 바와 같이 플럭 강도가 크게 감소함을 알 수 있었다. 향 후 이에 대한 보다 체계적인 연구가 필요하다고 판단된다.

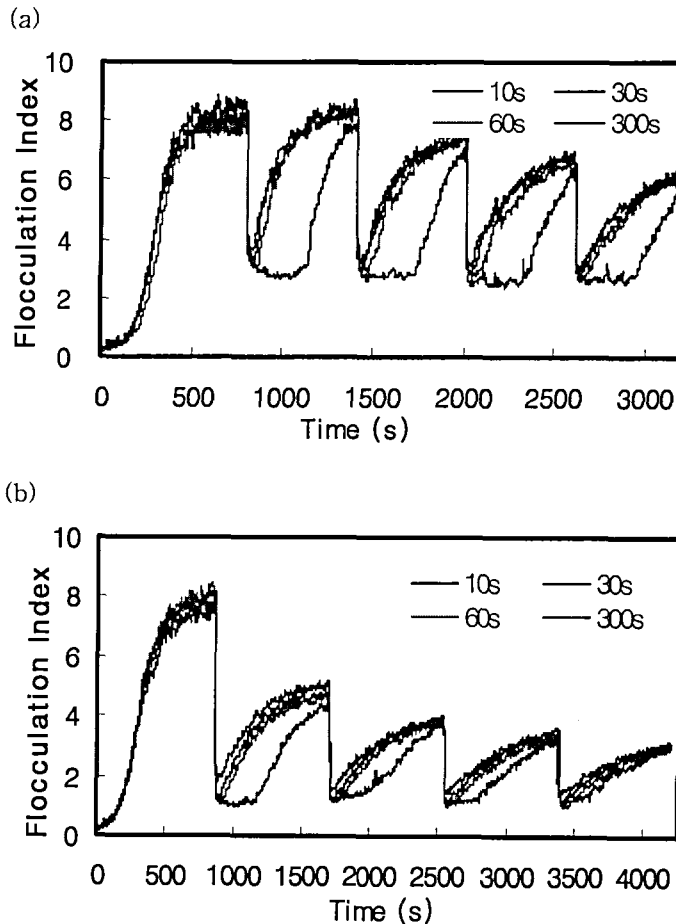


Fig. 2. Effect of electrolyte on floc strength of humic acid by PDDA. (a: PDDA, b: PDDA + 1mM CaCl<sub>2</sub>).

### 4. 요약

Alum과 PDDA에 대하여 각각 휴믹산의 플럭 형성-파괴-재형성을 관찰 한 결과 sweep flocculation에 의해 휴믹 플럭을 형성하는 alum은 플럭의 파괴 및 재형성은 비가역적이거나

유기응집제인 PDDA 플럭의 파괴는 가역적이라는 것을 알 수 있었다. 그리고 플럭 강도지수 측정으로부터 PDDA는 alum보다 높은 강도를 가지는 것을 알 수 있었다. 그리고 플럭강도에 미치는 이온강도의 영향을 살펴 보면 alum은 플럭강도에 미치는 영향이 거의 없었지만 유기응집제인 PDDA는 플럭 강도가 크게 감소함을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- Clark M.M. and J.R. Flora, 1991, Floc restructuring in varied turbulent mixing. J. Colloid Interface Sci.147, pp. 407 - 421.
- Francois, R.J, 1987, Strength of aluminium hydroxide flocs, Water Res, 21, 1023.
- Huang, W.J. and H.S. Yeh, 1997, The effect of organic characteristics and bromide of disinfection by products formation by chlorination, J. Environ. Sci. Health, A32(8), 2311-2366.