

# 염색폐수처리 공정에서 Fe 성분 응집제의 효능

홍영호\*

\*해전대학 의료재료과

e-mail:yhhong@hj.ac.kr

## The Effects of Fe-coagulants in Real Textile Wastewater Treatment Process

Young-Ho Hong\*

\*Department of Bio-Materials, Hyejeon College

### 요 약

본 연구는 철 성분 응집제가 염색폐수 처리공정에서 슬러지 발생에 미치는 영향에 대한 연구로 응집제로  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  를 사용하였다. 본 연구의 목적은 염색폐수처리공정에서 발생하는 폐수를 응집제를 이용하여 처리할 때 부수적으로 발생하는 슬러지의 양을 감량하며, 응집제가 색도제거에 미치는 영향에 대한 상관성을 규명 하는데 그 목적이 있다. 실험에 사용된 염색폐수의 BOD, COD, pH, 그리고 색도의 평균값은 각각 800 mg/L, 600 mg/L, 9.7, 102 이었다.

### 1. 서론

염색공업에서 배출되는 폐수의 현행 처리기술은 난분해성 물질의 제거 효율이 미흡하고, 처리수의 수질이 불안정하여 배출기준을 초과하는 등 처리과정에서 여러 가지 어려움에 직면하고 있으며 유가자원의 미회수로 자원이 낭비되고 있다. 더욱이 처리수질의 고도화 및 색도 제거도 필요하게 되었다. 기존의 처리방법으로도 효율적으로 운용한다면 높은 오염물질 제거효율을 얻을 수 있다. 그러나 염색폐수만의 특성을 고려한 새로운 공정들이 개발되어 처리효율이 우수하여 재이용이 가능한 정도까지의 수처리가 가능한 것으로 전망되기도 하며, 운전관리가 용이하고, 보다 경제적인 방법으로 처리하기 위한 새로운 폐수처리 기술로 확립되기 위하여 연구·개발이 계속되고 있다.

염색폐수중의 색 제거에 응용되는 기술로는 응집침전법, Fenton 산화법, 오존처리법, 전자빔에 의한 처리법, 활성탄 흡착법, 막분리법, 미생물 처리법 등이 있으나 아직까지도 국내에서는 염색 폐수의 색도 제거에 대한 뚜렷한 처리기법이 제시되지 않고 있는 실정이다. 또한 실험실적인 방법과 다량의 폐수처리에 따른 차이점이 발생하여 그 효율에 대한 검토가

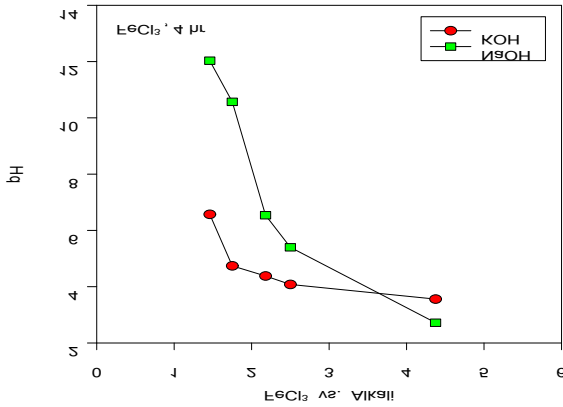
진행 중인 공정이 다수 존재하는 현실이다. 이를 고려하여 기존의 처리공정을 최대한 활용하여 경제적인 처리가 될 수 있도록 하며, 발생된 슬러지의 처리 보다는 근본적인 슬러지의 발생량을 감소시킬 수 있는 방안을 모색하기 위하여 Fe 계열의 응집제를 이용한 염색폐수처리 공정에 대한 연구를 진행 하였다.

### 2. 연구 결과

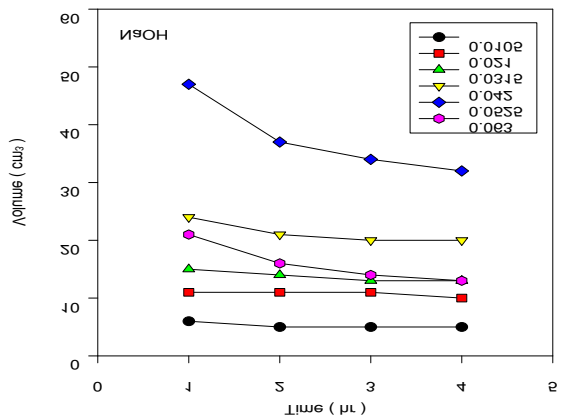
#### 2.1. 염화철의 응집 특성

폐수처리공정에서 발생하는 슬러지는 발생하는 폐수의 성분 및 응집제의 종류 그리고 응집 조건에 따라서 발생량이 변화하므로 현재 사용하고 있는 응집제 및 대체 가능한 응집제에 대한 기초적인 응집 특성에 관한 물성의 분석이 필요 하다고 할 수 있다. 따라서 염색 폐수처리에 사용되는  $\text{FeCl}_3$ 를 포함하여 다수의 물질에 대한 응집 특성 자료를 바탕으로 슬러지의 발생량을 예측하고 슬러지의 변화를 위한 응집제의 선택자료로 활용하기 위한 분석을 실시 하였다. 우선적으로 현재 응집제로 사용되고 있는  $\text{FeCl}_3$ 의 자체 응집에 따른 침강성에 대한 검토를 위하여  $\text{FeCl}_3$  와 알칼리인 NaOH와 KOH의 사용량의

변화에 따른 pH 특성을 분석 하였다.



[그림 1] FeCl<sub>3</sub> 와 알칼리비에 따른 pH 변화



[그림 2] FeCl<sub>3</sub> 농도 변화에 따른 슬러지 발생량

염화철의 경우에는 NaOH를 사용하는 경우에는 알칼리도가 증가함에 따라 응집되는 침강성 물질의 양이 서서히 증가하다가 어느 임계점에 도달한 다음부터 슬러지의 발생량이 다시 감소하는 특성을 보이고 있다. 반대로 KOH의 경우에는 알칼리도에 반비례하여 침강성 물질의 양이 감소하는 특성을 보이고 있다. 이러한 특성을 pH값과 비교한 결과 특정 pH 범위에서는 알칼리성 물질의 종류에 관계없이 균일한 경향을 보이고 있다. 따라서 알칼리를 이용한 응집에서 발생하는 슬러지의 양은 알칼리성 물질에 대한 영향 보다는 전반적으로 용액의 pH에 대한 영향으로 간주될 수 있다.(그림 1)

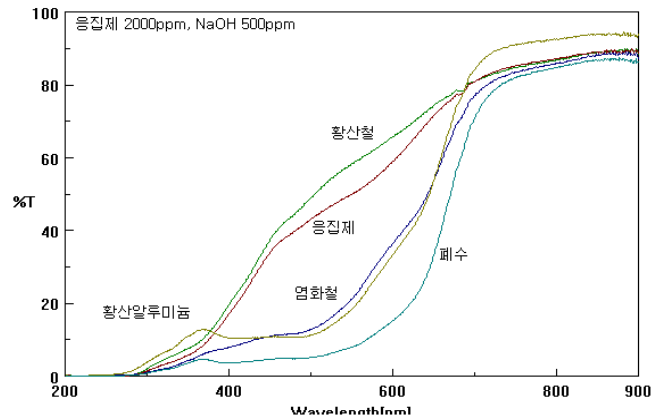
슬러지 발생량은 응집제의 사용량에 비례하는 특성을 지니므로 슬러지 발생량을 저감시키기 위한 기본적인 공정은 응집제의 사용량 조절을 통한 최적화 공정의 선정이 가장 기본적인 처리 공정이라고 할

수 있다.

## 2.2. 응집제별 응집 특성

염색폐수 처리를 위해서 사용하는 응집제는 무기응집제와 유기응집제 2가지가 있는데 이 중에서 무기응집제로는 염화철, 황산철 과 같은 철 화합물 그리고 황산알루미늄과 같은 알루미늄 화합물이 사용되고 있다. 따라서 이러한 응집제와 현재 현장에서 사용되고 있는 응집제와의 응집 특성 및 탈색효과에 대한 지도를 실시하였다.

그 결과에 의하면 상대적인 슬러지 발생율(%)은 다른 무기응집제와 비교하여 현재 현장에서 사용하는 응집제의 경우가 상대적으로 낮은 값을 보이고 있다. 즉, 염화철에 비하여는 약 45%의 값을 보이며 황산철에 대해서는 27%의 발생율을 나타내는 등 현저하게 침전생성물의 발생량이 감소하는 결과를 보여주고 있다. 또한 응집제 및 알칼리제의 투여에 따른 상등액의 pH값은 약 9.34로 다른 응집제의 투여 조건에 비하여 알칼리도가 약간 높게 나타나는 결과를 보여주고 있다.



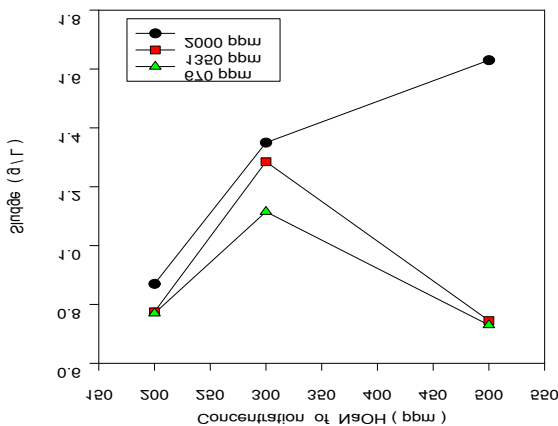
[그림 3] 응집제별 폐수의 투과성



[그림 4] 응집제별 색 제거 효과  
①폐수, ②응집제, ③염화철, ④황산철, ⑤황산알루미늄

응집제의 종류에 따른 발생페수의 투과성을 비교한 결과 황산알루미늄을 사용한 경우에는 700nm에서 900nm사이에서는 가장 우수한 투과성을 나타내어 이 파장범위에 존재하는 색도의 제거에 가장 우수한 효과를 보여주고 있는 것을 알 수 있다.(그림 6) 그러나 이 파장 보다 낮은 파장범위에서는 상대적으로 투과성이 저하되는 결과를 보여주고 있다. 특히 염화철을 사용하였을 때 400nm에서 600nm사이에서의 투과성은 매우 낮은 값을 보여주고 있어서 이 파장범위에 존재하는 색도 제거의 경우에 응집제로 사용하기에는 적절하지 않다고 할 수 있을 것이다. 그러나 황산철의 경우에는 슬러지의 발생량이 상대적으로 높기는 하지만 다른 응집제에 비하여 색도제거 효과는 우수한 것을 알 수 있었다. 현재 한백섬유에서 사용하고 있는 응집제에 비하여도 색도제거 효율이 상대적으로 높은 것으로 나타나고 있다. 황산알루미늄을 사용하였을 경우의 상대적인 슬러지 발생율이 가장 높은데도 불구하고 상대적으로 색도제거율이 낮은 값을 보이는 것으로 슬러지 발생량과 색도제거는 단순비례관계를 지닌다고는 할 수 없다.

이러한 특성을 육안으로 관찰하여 보면 상대적으로 황산철을 사용하였을 경우 상등액의 색이 다른 응집제를 사용하였을 경우에 비하여 맑은 상태를 보여주고 있다. 특히 황산알루미늄을 사용하였을 경우에는 폐수의 색도와 거의 유사하여 앞서 UV 분석결과 700nm에서 900nm까지의 파장범위에서 나타나는 투과도의 우수성과 비교하여 볼 때 현재 한백섬유에서 발생하는 폐수의 색도의 원인은 200nm에서 600nm 범위에서 존재하는 물질에 의하여 발생하는 것이라고 짐작할 수 있다.



[그림 5] 응집제 농도별 슬러지 발생량

### 2.3. 응집제의 농도가 응집에 미치는 영향

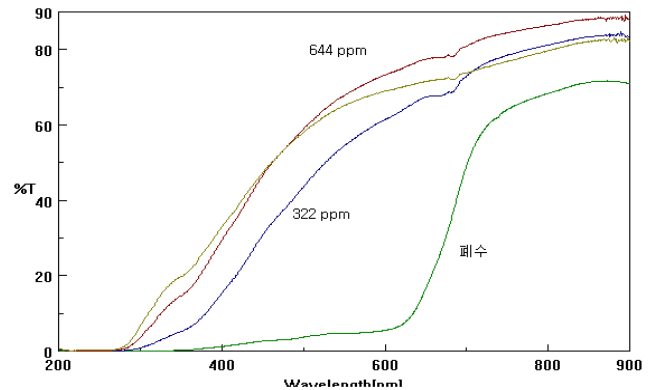
응집제의 농도에 따른 슬러지 발생율을 측정된 결과에 의하면 응집제의 농도를 폐수를 기준으로 322ppm부터 1933ppm 까지 투여하고 알칼리로 NaOH를 500ppm을 투여하여 4시간 후의 슬러지 발생율을 측정된 결과에 의하면 슬러지의 발생율은 처리에 사용된 응집제의 농도에 비례하여 약간씩 증가하는 결과를 보이고 있으나 그 편차는 그리 크지 않다고 할 수 있다.



[그림 6] 응집제 농도별 색 변화  
(폐수, 322ppm, 644ppm, 1933ppm)

즉, 응집제 투여농도에 따라 최소 11.5%에서 최대 13.5%의 슬러지 발생율의 변화를 보이고 있으나 그 차이가 꼭 응집제의 농도가 증가한다고 하여 슬러지의 발생율이 증가하는 것은 아니라고 할 수 있다. 일정 농도 이상의 값(본 실험에서는 1288ppm 이상)에서는 슬러지의 발생율에 변화가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

육안으로 관찰된 색도의 변화의 경우에도 응집제의 양이 664ppm 이상부터는 처리 효율에 큰 변화가 없이 거의 유사한 색도 제거 효율을 보이고 있다.(그림 11)



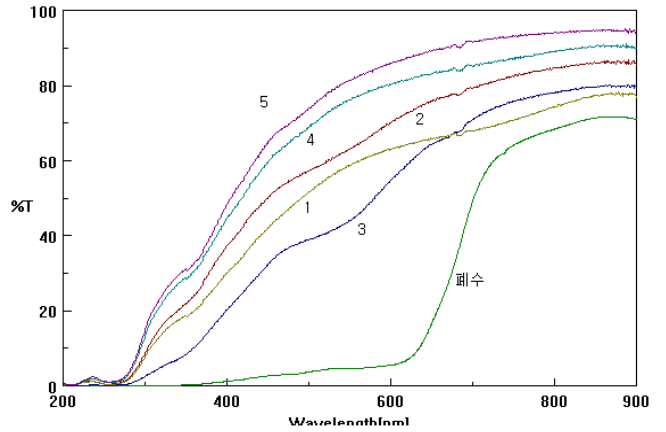
[그림 7] 응집제 농도별 투과성

응집에 사용된 응집제의 농도에 따라 발생된 처리액의 색도변화를 UV를 이용하여 200nm에서 900nm까지의 파장범위에서 분석한 결과에 의하면 332ppm으로 처리한 경우를 제외하고는 다른 농도범위에서는 상등액의 색도 분포가 큰 차이를 보이지 않는다는 사실을 확인할 수 있었다.(그림 12) 특히 폐수와 비교한 결과에 의하면 400nm에서 700nm 부근의 파장에서는 응집으로 처리된 후 폐수중의 색도가 급격히 감소하는 결과를 보여주고 있다. 이러한 사실들로 미루어 현재 현장에서 사용하는 응집제 2000ppm보다 낮은 농도 범위에서도 유사한 처리 효율을 나타내므로 응집제의 양을 1/3 정도로 줄여서 사용하면 더불어 발생하는 슬러지의 양을 감소시키고 처리에 사용되는 응집제의 비용 절감에 따른 경제적인 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

**2.4. 알칼리 농도가 응집특성에 미치는 영향**

응집제를 이용한 응집 조건에서 사용되는 알칼리의 첨가량 변화에 따른 응집 특성에 대한 분석을 실시하여 향후 응집 설비에서 알칼리 사용량에 대한 정량적인 자료로 활용하기 위한 지도를 실시하였다. 이를 위하여 폐수에 대하여 응집제의 양은 1290ppm으로 고정하고, 여기에 알칼리로 NaOH를 100ppm에서 500ppm까지 첨가하여 알칼리의 농도 변화가 응집 특성에 미치는 영향에 대하여 분석 하였다.

폐수의 슬러지 발생을 예서는 NaOH를 100ppm 첨가 하였을 때 슬러지 발생율이 가장 낮게 나타나고 있다. 이때 pH는 약 5.6 정도로 폐수와 NaOH의 알칼리도에 비하여 약산성을 나타내는 것은 응집제가 비교적 강산성을 나타내기 때문에 이러한 결과를 보이는 것으로 판단된다. 응집시 알칼리도 변화가 색도 제거에 미치는 영향에 대하여 분석한 결과에 의하면 첨가된 알칼리성 물질의 농도가 증가할수록 색도 제거 효과가 우수한 결과를 보이고 있다. 이는 UV-Vis에 의한 결과뿐만 아니라 육안으로 관찰한 결과에서도 확인 할 수 있었다.



[그림 8] NaOH 농도에 따른 투과성  
(1. 100 ppm, 2. 200 ppm, 3. 300 ppm, 4. 400 ppm, 5. 500 ppm)

**참고문헌**

[1] L. Kos, and J. Perkowski, *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, 11(4), 3(2003).  
 [2] J. B. Parsa, and M. Abbasi, *Acta Chim. Slov.*, 54, 792 (2007).  
 [3] M. Marcucci, G. Nosenzo, G. Garannelli, I. Ciabatti, D. Corrieri, and G. Ciardelli, *Desalination*, 138, 75(2001).  
 [4] G. E. Lim, and P. G. Chung, *Journal of Korea Society of Environmental Engineers*, 22(8), 1389(2000).