論　　文

분말활성탄 접촉-응집에 의한 생활폐기물 및 산업폐기물 매립지 침출수의 처리

Treatment of Leachate from Municipal Landfill and Industrial Landfill by PAC Adsorption-Coagulation

김수영*　장　덕**　김영태***

SooYoung Kim, Duk Chang, Young Tae Kim

Abstract

Performances of combined adsorption and coagulation were evaluated as one of the options for pre-treatment or post-treatment of MSW landfills leachate and industrial landfill leachate. The COD and color removals of leachate from an old MSW landfill were 35% and 33% at an alum dose of 300mg/L with preceding PAC(powdered activated carbon) dose of 200mg/L, respectively. The COD and color removals of leachate from an young MSW landfill were 58% and 25% at an alum dose of 700mg/L and PAC dose of 500mg/L, respectively. The COD and color of biologically treated leachate from an industrial waste landfill were removed up to 32% and 68%, respectively, with pH control at addition of 500mgAlum/L and 1,000mgPAC/L. Adsorption and coagulation process with pH control showed better COD and color removals than the process without pH control for biologically treated leachate from an industrial waste landfill. The color removal was influenced greatly by pH control, while COD removal was not significant. No difference in removal efficiency was observed between adsorption-coagulation and coagulation-adsorption process. The COD removal was accomplished mainly by adsorption, while coagulation was a key mechanism of color removal. However, the mechanism of COD removal was obscure, when BOD/COD ratio was high. Maximum net increases in COD and color removals by the adsorption-coagulation process were respectively 45% and 46% compared with the unit process of adsorption or coagulation, although those removals depended on leachate characteristics. Thus, adsorption-coagulation process was considered to be effective for pre- and post-treatment of landfill leachate, and has distinct features of simple, flexible, stable and reliable operation against fluctuation of leachate quality and flowrate.

* 건국대학교 대학원
** 건국대학교 환경공학과 교수
***건국대학교 산업대학원

1. 서 론

폐기물 매립지에서 발생하는 침출수는 지하수 및 토양을 심각하게 오염시킬 수 있고 폐기물의 성상, 매립경과년도, 매립지의 지형적 특성, 기후 등에 따라 그 특성이 매우 다양하다. 침출수는 하 폐수와 달리 시간에 따라 장기적으로 그 특성과 유량이 변화하며 그 변화의 폭이 크기 때문에 침출수의 특성을 예측하고 최적의 처리공정을 선정하기란 매우 어려운 일이다. 침출수 처리공정에는 침출수 특성에 따라 생물학적 처리공정 및 물리화학적 처리공정이 다양하게 적용가능하다. 생물학적 처리공정의 경우 침출수의 특성 및 매립년한에 따라 처리효율의 변화폭이 매우 큰 것으로 보고되고 있으며, 지리적 여건 혹은 침출수특성에 따라 인근의 하수처리장에서의 합병처리 가능성에 관한 연구도 행하여 지고 있다.[1)~6)]

또한, 생물학적 처리후에도 유출수내에 난분해성 유기물 및 색도유발물질 등을 함유하고 있어 후처리시설이 요구되고 있으며, 유해물질의 함유가능성을 배제할 수 없는 매립지에서는 전처리공정이 필요할 수 있다. 침출수의 단독처리 혹은 전·후처리로 이용 가능한 물리화학적 처리로는 응집침전, 막처리, 증발농축, 산화, 스트리핑, 여과, 활성탄 흡착 등이 있다. 생활폐기물 매립지 침출수를 대상으로 응집침전을 단독으로 적용하는 경우, 침출수 성상에 따라 차이는 있으나 그 효과가 있으며 철염을 응집제로 이용하여 BOD/COD비가 0.1 이하일 때 COD제거효율 40~60%를 얻은 바도 있고, 이때 일부 중금속도 제거되는 것으로 관찰되었다.[7)] 매립경과년도가 20년 이상이고 BOD/COD비가 0.1~0.17인 침출수 원수와 그 생물학적 처리수를 대상으로 황산반토와 소석회를 이용하여 응집실험을 실시하여 각각 12%, 42%의 COD제거효율을 얻은 바 있다.[8)] 침출수의 생물학적 처리수를 대상으로 응집제로 철염을 이용하여 응집침전과 흡착을 병행하는 경우, 침출수에 상당량 포함되어 있는 난분해성 유기물 및 색도유발물질 제거에 상당히 우수하다고 보고되고 있다.[9)] 이와 같이 침출수 특성에 따라 상이한 처리효율의 차이를 나타내고 있으나, 고령화 매립지 침출수 혹은 침출수의 생물학적 처리수와 같이 BOD/COD비가 낮은 경우에 흡착 또는 응집공정의 적용으로 난분해성 유기물의 상당부분이 처리될 수 있음을 시사하고 있다.

본 연구에서는 침출수의 난분해성 유기물 제거가 가능하며 전처리 혹은 후처리로 이용가능한 분말활성탄접촉 및 응집공정의 적용가능성을 알아보기 위하여, 생활폐기물 매립지 침출수와 산업폐기물 매립지 침출수를 대상으로 COD 및 색도 제거특성과 그 주된 제거기작을 밝히고자 하였다.

2. 실험 재료 및 방법

본 연구에서는 연구대상 침출수로 매립경과년도 20년의 매립이 완료된 생활폐기물 매립지 침출수와 현재에도 활발히 매립이 진행되고 있는 생활폐기물 매립지 침출수, 그리고 폐수처리 슬러지를 주로 매립하는 산업폐기물 매립지 침출수를 선정하여 분말활성탄(PAC) 접촉-응집실험을 실시하였다.

생활폐기물 매립지 침출수를 대상으로 한 흡착-응집실험(분말활성탄접촉 후 응집)은 자테스터기를 이용하여 25°C에서 분말활성탄(100mesh)과의 접촉시간 20분, 응집제(황산반토: $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) 첨가 후 급속교반 5분, 완속교반 15분, 침전시간 2시간의 조건으로 수행하였다. 분말활성탄만을 농도별로 투여하여 흡착에 의한 COD, 색도제거 변화를 관찰하여 최적의 농도를 선정하고, 선정된 분말활성탄 농도를 토대로 응집제 농도별 실험을 실시하였다.

산업폐기물 매립지의 침출수를 대상으로 한 흡착-응집실험(분말활성탄접촉 후 응집)은 현장 침출수 처리시설중 응집처리시설의 효율개선을 목적으로 수행되었다. 기존의 현장연구를 통하여 최적 조건으로 밝혀진 응집조건을 기준

으로 분말활성탄의 농도변화에 따른 COD 및 색도제거효율을 연구하였다. 또한 분말활성탄의 주입지점에 따른 처리효율 비교를 위하여 응집-흡착실험(응집 후 분말활성탄섭촉)도 실시하였다. 흡착-응집(분말활성탄접촉 후 응집) 및 응집-흡착(응집 후 분말활성탄접촉)실험은 자-테스터기를 이용하여 21°C에서 접촉시간 10분, 급속교반 3분, 완속교반 10분, 침전시간 2시간의 조건으로 수행하였다. 실시설에의 이용가능성을 고려하여 이용된 모든 약품은 공업용을 사용하였다. 응집제로는 황산반토를 이용하였으며 pH조정을 위해 황산과 수산화나트륨이 이용되었다.

본 연구에서 수행된 모든 분석은 미국공중위생협회의 표준시험법[10]에 의해 수행되었으며, 색도는 ADMI(american dye manuafactures institutc) 값으로 표기하였다.

3. 연구결과 및 토의

3.1 생활폐기물 매립지 침출수의 처리

침출수는 동일 성상의 폐기물을 매립한 경우라도 매립경과년도가 증가함에 따라 그 특성과 발생량이 변화한다. 생물학적 처리의 적용을 결정짓는 중요한 인자의 하나인 BOD/COD비의 경우 매립초기에 그 비가 비교적 크지만 매립시간이 경과함에 따라 감소한다. 즉 시간의 경과에 따라 침출수내에 난분해성 유기물의 분율이 전체 유기물의 많은 부분을 차지하게 된다. 또한, 침출수의 pH 등의 화학적 특성이 변화하므로 매립지 침출수성상에 따라 처리효율 및 제거기작에 차이가 있을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각기 매립년한이 다른 생활폐기물 매립지 침출수를 대상으로 흡착 응집공정을 적용하여 COD 및 색도의 처리효율을 비교하였다.

(1) 고령화 매립지 침출수의 흡착-응집공정

매립년한에 따른 흡착-응집공정의 처리효율 비교 및 제거기작연구를 위해 선정된 고령화 생활폐기물 매립지 침출수는 BOD/COD비가 0.1로 매우 낮고 TKN 1,780mg/L 중 암모니아성 질소가 90%를 차지하며, pH와 알칼리도가 높아 일반적인 메탄생성단계 매립지 침출수의 특성을 나타내었다. 크롬과 비소를 제외한 중금속은 배출허용기준이하였으며 그밖의 유해물질은 매우 미량이었다.

최적의 분말활성탄 농도선정을 위해 실시된 흡착실험에서, 분말활성탄의 농도를 100mg/L에서 1,000mg/L로 증가시킴에 따라 COD제거효율은 20%에서 45%로 증가하였으나, 분말활성탄의 침강성이 확보되지 않아서 안정된 COD제거효율을 얻을 수 없었다. 그러나 흡착후 응집제를 첨가함으로써 분말활성탄의 안정된 침강성 확보가 가능하였고 COD제거효율은 20%가 더 증가하였다.

그림 1은 흡착공정을 통하여 경제적이라고 판단되는 분말활성탄 농도 100, 200mg/L에서 응집제 농도에 따른 색도와 COD제거효율을 나타낸 것이다. 분말활성탄의 농도가 100mg/L일 때는 응집제 농도에 따른 COD제거효율은 큰 차이를 보이지 않으나, 분말활성탄의 농도가 200mg/L일 때는 응집제 농도가 증가함에 따라 COD제거효율이 증가하였다. 분말활성탄 농도가 200mg/L일 때, 응집제 농도 300mg/L 이하에서 분말활성탄 농도 100mg/L보다 COD제거효율이 떨어지는 것은 응집제 투여량이 투여된 분말활성탄을 침전시킬 만큼 충분하지 않았기 때문이다. 즉, 분말활성탄의 침강성이 확보되지 않아 분말활성탄에 의해 제거된 유기물이 COD로 발현되었기 때문이다. 응집제농도 300mg/L 이상에서는 분말활성탄의 농도와는 무관하게 안정된 침강성이 확보되었다. 그림 1에서와 같이 응집제가 투여됨에 따라 안정된 COD제거효율을 얻을 수 있었으나, 응집제 농도변화에 따른 COD제거량의 차이가 작으므로 COD제거의 주요기작은 분말활성탄에 의한 흡착임을 알 수 있다. 흡착-응집시 분말활성탄의 농도가 100mg/L일 때 단위 분말활성탄당 COD제거량은 5.5~6.5mgCOD/mgPAC이었다.

그림 1에서와 같이 색도(ADMI)값은 응집제 농도가 증가함에 따라 분말활성탄 농도와는 관

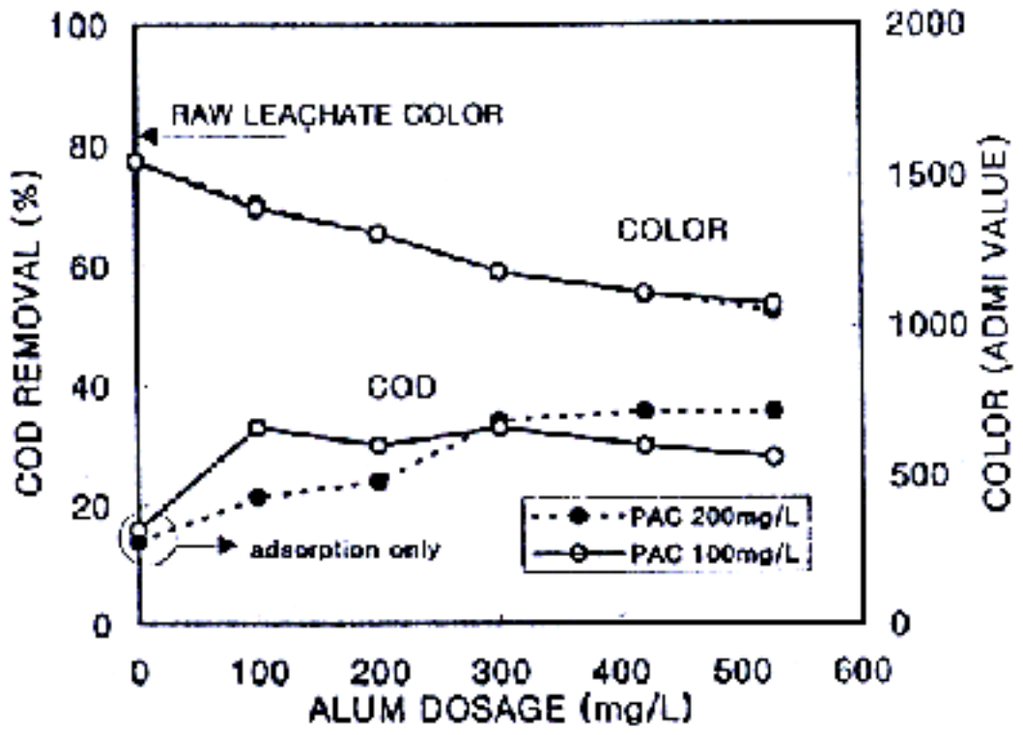

그림. 1. 고령화 생활폐기물 매립지 침출수를 대상으로 한 흡착-응집공정의 적용시 COD제거효율과 색도변화

계없이 선형적으로 감소하였다. 이는 색도제거의 주된 기작이 응집제에 의한 응집임을 보이는 것인데 색도 유발물질 대부분이 음전하를 띠기 때문인 것으로 추측된다.[11] 응집제의 농도증가에 따라 색의 특성을 나타내는 세도(luminance)는 증가하였고 순도(purity)는 감소하였으며 색조(hue)는 변화가 없었다. 분말활성탄 농도 200mg/L, 응집제 농도 500mg/L에서 COD, 색도제거효율은 각각 35%, 33%이었다. 분말활성탄과의 접촉시간에 따른 COD 제거효율을 실험한 결과, 접촉시간이 20분 이하일 경우에는 접촉시간이 증가함에 따라 COD 제거효율이 증가하였으나, 20분 이상에서는 COD제거효율에 영향을 미치지 않았다.

한편, 흡착-응집공정과 생물학적 처리공정의 처리효율을 비교평가하기 위하여 고령화 매립지 침출수로 활성슬러지공정을 운전하였으나, 미생물의 순양이 이루어지지 않아 실질적으로 활성슬러지공정의 운영이 불가능하였다.

(2) 신생 폐기물 매립지 침출수의 흡착-응집공정

매립년한에 따른 흡착-응집공정의 처리효율 비교평가를 위해 선정된 신생 생활폐기물 매립지 침출수는 BOD/COD비가 0.58이고 TKN 중 약 80%가 암모니아성 질소이며, 생물학적 처리에 독성을 일으킬 수 있는 농도의 유해물질은 검출되지 않았다. 최적의 분말활성탄 농도를 선정하기 위해 분말활성탄의 농도를 200mg/L에서 1,000mg/L로 증가시키면서 흡착공정을 실시하였다. 분말활성탄의 농도가 200mg/L에서 1,000mg/L로 증가함에 따라 용존성 COD제거효율은 13%에서 40%로 증가하였으나, 고령화 매립지 침출수의 흡착공정실험과 동일하게 분말활성탄의 침강성이 확보되지 않아서 분말활성탄에 흡착된 유기물이 COD로 발현되어 처리효율의 안정성을 얻을 수 없었다. 분말활성탄 농도 증가에 따라 색도제거효율이 3%에서 20%로 증가하였으나, 용존성 COD에 비하여 제거효율은 낮았다. 흡착공정실험결과, 분말활성탄 농도 500mg/L 이상에서는 COD 및 색도제거량이 점차 둔화되는 경향을 보여 최적 분말활성탄 농도를 500mg/L로 선정하였다. 분말활성탄 농도 500mg/L에서의 응집제농도에 따른 COD 제거효율과 색도변화는 그림 2와 같다. 응집제 농도가 증가함에 따라 COD 제거효율은 증가하였고 색도도 점차 감소하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 분말활성탄 500mg/L만 투여했을 경우와 응집제 투여시와 비교할 때 COD제거효율은 응집제 투여로 최고 40% 더 증가하였고 색도제거효율은 최고 16%가 더 증가하였다. 이로써 신생 매립지 침출수의 COD 및 색도의 주된 제거기작은 고령화 침출수와는 달리 명확하게 구분되지 않았으며, 응집도 크게 COD제거에 기여함을 알수 있었다. 이는 침출수의 특성 차이중 흡착가능한 fulvic acid의 비와 콜로이드성 물질의 분율 차이 때문으로 추측되었다. 흡착-응집시 단위 분말활성탄당 제거된 COD는 2.2~4.0mgCOD/mgPAC였고, 분말활성탄 농도 500mg/L, 응집제농도 700mg/L일 때 COD, 색도 제거효율이 각각 58%, 25%였다. 아울러 고령화 생활폐기물 매립지 침출수와 동일하게 응집제의 농도증가에 따라 색의 특성을 나타내는 세도는 증가하였고 순도는 감소하였으며 색조는 변화가 없었다.

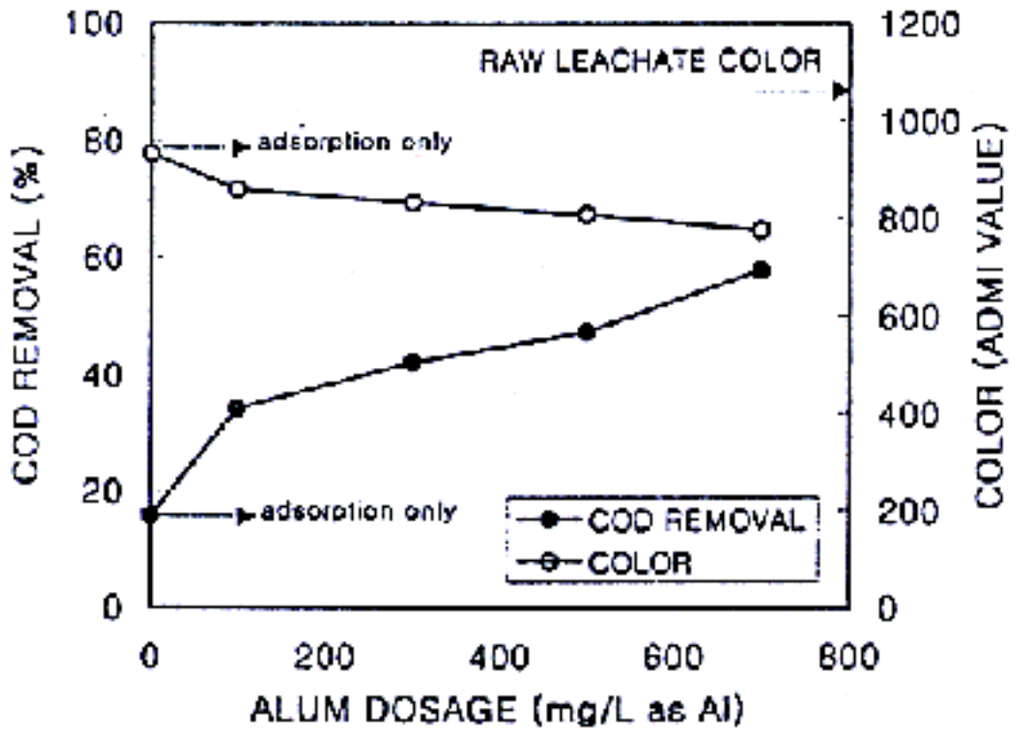

그림. 2. 신생 생활폐기물 매립지 침출수를 대상으로 한 흡착-응집공정의 적용시 COD 제거효율과 색도변화(500mgPAC/L 일때)

3.2 산업폐기물 매립지 침출수의 처리

본 연구에서 선정된 산업폐기물 매립지 침출수의 주된 처리공정은 혐기성처리, 활성슬러지 공정의 생물학적 공정과 응집 및 흡착, 전기산화공정으로 이루어져 있다. 활성슬러지공정 처리수의 평균 BOD/COD비는 0.32로, 원수의 BOD/COD비 0.43에 비하여 비교적 생물학적으로 분해가능한 유기물의 상당부분이 생물학적 처리공정을 통하여 제거되었음을 알 수 있었다. 그러나 생물학적 처리공정의 유출수는 악취와 높은 색도를 가지고 있었으며, 평균 COD농도는 1,100mg/L로 후처리 공정이 행하여 지고 있다.

더구나 3년간의 BOD/COD비를 조사한 결과, 조사초기 BOD/COD비가 0.69인데 비하여 최근에는 0.43으로 매립년한이 증가함에 따라 점차적으로 감소하는 경향을 보여 기존의 생물학적인 처리공정의 개선 또는 보완에 의한 대책이 필요하였다. 현재 후처리시설로 응집 및 활성탄 흡착탑과 전기산화분해를 운영하고 있으며 보다 효과적이고 경제적인 처리를 위해 계속적인 노력이 행하여 지고 있다. 본 연구에서 연구하고자 하는 흡착-응집처리공정은 기존의 응집처리시설을 이용할 수 있으므로 본 산업폐기물 매립지 침출수의 생물학적 처리수 후처리에는 더욱 더 실용 가능하다고 할 수 있다.

현 산업폐기물 매립지의 응집시설은 응집제의 농도를 490mg/L로 주입하고 응집효율을 높이기 위해 황산과 수산화나트륨을 첨가하여 pH를 9→4→7로 조정하고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 응집제농도를 현장과 동일한 490mg/L로 하고 분말활성탄의 농도를 증가시키면서 pH조정(9→4→7)과 pH무조정(9→7)으로 나누어 실험하였다. pH무조정은 응집제투여로 침출수 pH가 9에서 7로 낮추어진 것이다. 분말활성탄의 주입시점 또는 지점에 따른 처리효율 비교를 위하여 분말활성탄접촉 후 응집(흡착-응집)과 응집 후 분말활성탄접촉(응집-흡착)실험을 실시하였다. 분말활성탄의 주입시점에 따른 실험도 pH조정과 무조정으로 나누어 수행하였다.

(1) 분말활성탄접촉 후 응집공정

pH조정시 분말활성탄 농도에 따른 COD제거효율과 색도변화는 그림 3과 같다. 응집제 농도 490mg/L하에서 분말활성탄 농도 100mg/L에서 2,000mg/L로 증가함에 따라 COD제거효율은 21%에서 52%로, 색도 제거효율은 57%에서 77%로 선형적인 상승을 하였다. 단위 분말활성탄당 COD 제거량은 0.3~2.4 mgCOD/mgPAC였다.

그림 4는 pH무조정시 분말활성탄 농도에 따

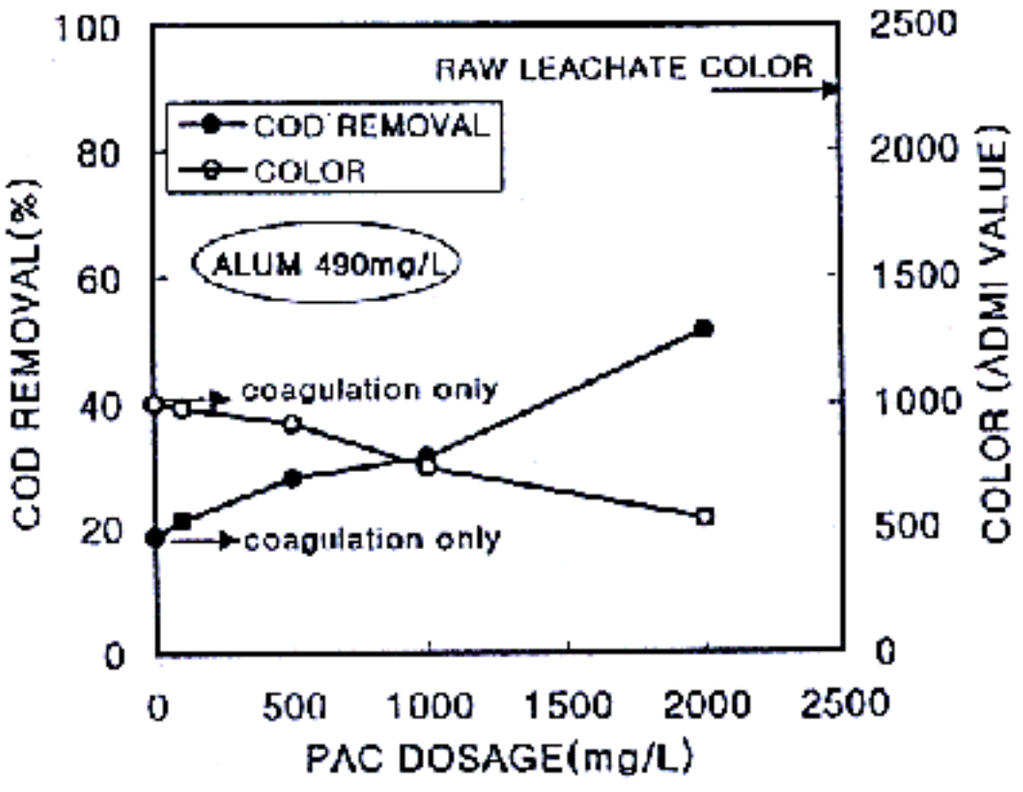

그림 3. 산업폐기물 매립지 침출수를 대상으로 한 흡착-응집공정의 적용시 COD제거효율과 색도변화(pH조정시)

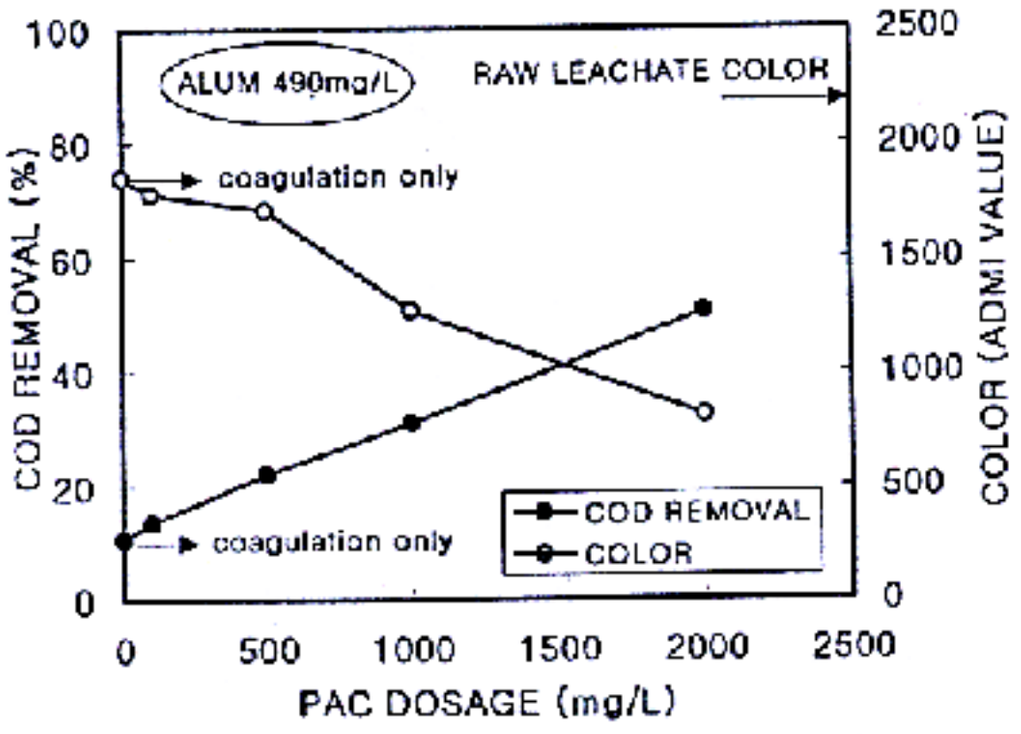

그림 4. 산업폐기물 매립지 침출수를 대상으로 흡착-응집공정 적용시 COD제거효율과 색도변화(pH 무조정시)

는 COD제거효율과 색도변화이다. 응집제 농도 490mg/L하에서 분말활성탄의 농도가 100mg/L에서 2,000mg/L로 증가함에 따라 COD제거효율은 13%에서 51%로, 색도제거효율은 22%에서 65%로 선형적인 증가를 하였다. 단위 분말활성탄당 제거된 COD는 0.3~1.6mgCOD/mgPAC로 pH조정시보다 단위 분말활성탄당 제거된 COD량은 감소하였다. COD제거효율면에서 pH조정과 pH무조정간에 차이가 없었으나, 색도제거효율은 pH 조정시가 우수하였다. 응집제에 의한 색도 및 COD의 제거효율은 pH조정시에 비하여 감소하여 상대적으로 분말활성탄에 의한 색도 및 COD제거효율이 높았다. pH조정시와는 달리 분말활성탄의 농도가 증가함에 따라 색도가 급격히 감소한 것으로 보아 분말활성탄의 농도가 충분한 경우 분말활성탄만으로도 색도제거가 가능함을 알 수 있었다. 그러나 그림 3과 그림 4에서와 같이 응집제만 투여했을 경우 pH조정 유무에 따라 색도제거효율의 차이가 큰 것으로 보아 색도제거의 주된 기작은 응집임을 알 수 있었다. 이로써 산업폐기물 매립지 침출수의 생물학적 처리수 COD 및 색도제거의 주된 기작은 BOD/COD비가 0.1인 고령화 생활폐기물 침출수의 COD 및 색도의 제거기작과 동일하였다.

분말활성탄접촉 및 응집에 의한 COD 및 색도제거효율은 응집제만에 의한 COD 및 색도제거효율에 비하여 각각 최대 4.7배, 3.4배 증가하였다. 이 사실로 흡착-응집공정은 응집시설의 처리효율을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 유입수 특성의 변화, 처리시설의 고장등으로 인하여 배출기준을 만족하지 못하는 경우 응급처리공정의 하나로도 이용가능할 것이다.

(2) 응집 후 분말활성탄접촉 공정

분말활성탄의 주입지점에 따른 처리효율비교를 위하여 응집후 분말활성탄접촉의 COD 및 색도제거 특성을 연구하였으며, 분말활성탄접촉 후 응집공정과 마찬가지로 pH조정과 pH무조정으로 나누어 실험을 실시하였다. pH조정시 흡착-응집공정과 응집-흡착공정의 COD 및 색도제거효율을 비교하면 그림 5와 같다. 두 공정의 색도제거효율 및 COD제거효율의 차이는 크지 않았다. pH조정시 응집-흡착공정의 단위 분말활성탄당 COD제거량은 0.35~1.8 mgCOD/mgPAC였다.

pH무조정시 흡착-응집공정과 응집-흡착공정의 COD제거효율 및 색도변화는 그림 6과 같다. 두 공정에서 COD 및 색도제거효율에는 차이가 없었으며 분말활성탄의 농도가 증가함에 따라 선형적으로 COD 및 색도제거효율이 증가하였다. 두 공정의 단위 분말활성탄당 COD제거량도 거의 동일하였다. pH조정 유무에 따른

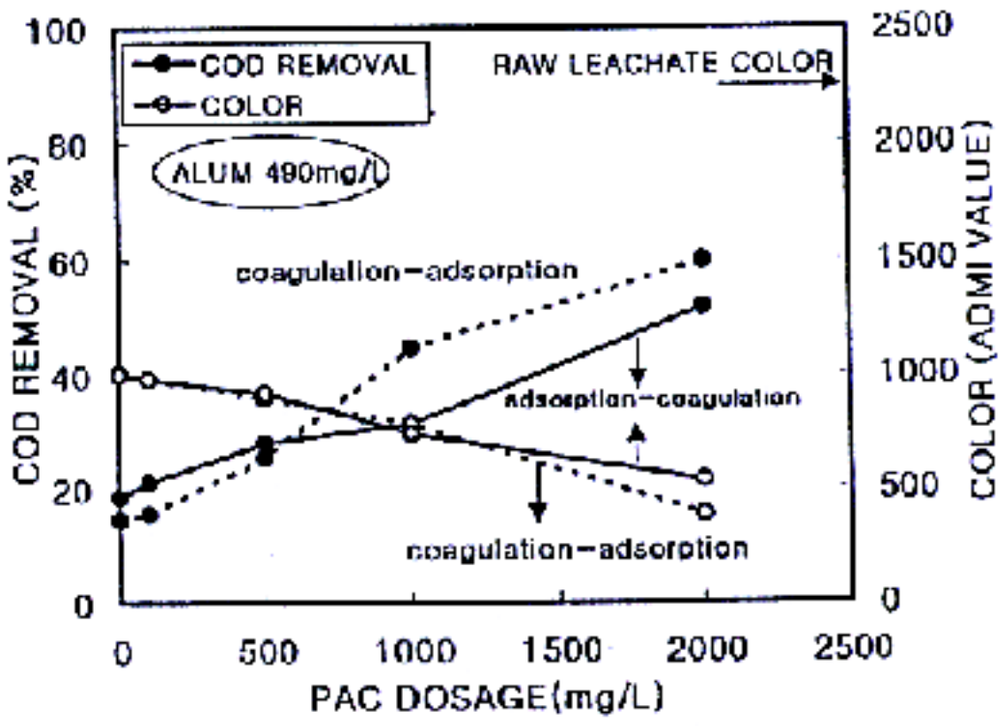

그림 5. 산업폐기물 매립지 침출수를 대상으로 한 응집-흡착공정의 적용시 COD 제거효율과 색도변화 (pH조정시)

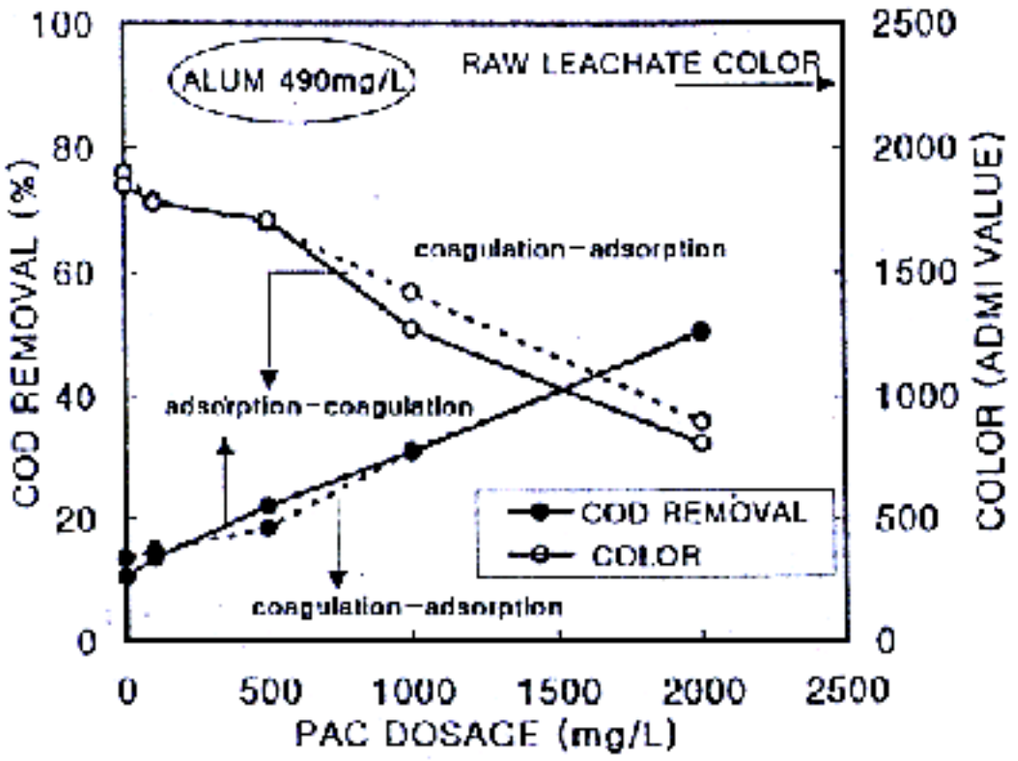

그림 6. 산업 폐기물 매립지 침출수를 대상으로 한 응집-흡착공정시 적용시 COD제거효율과 색도변화(pH무조정시)

단위분말활성탄당 COD제거량은 분말활성탄의 투여지점에 상관없이 pH조정시가 더 컸다. pH조정 유무에 따른 공정상의 처리효율차이를 살펴보면, 색도제거효율면에서는 흡착-응집법과 응집-흡착법의 차이가 크지 않으나, COD제거효율면에서는 pH조정에 따른 차이가 있었다.

4. 결　　론

1) 고령화 생활폐기물 매립지 침출수(BOD/COD비 = 0.1)의 흡착-응집처리시, 분말활성탄 농도 200mg/L, 응집제 농도 500mg/L에서 COD, 색도 제거효율은 각각 35%, 33%였다. COD제거의 주된 제거기작은 흡착이었으며 색도제거의 주된 제거기작은 응집이었다.

2) 신생 생활폐기물 매립지 침출수(BOD/COD = 0.58)는 고령화 생활폐기물 매립지와는 달리 명확하게 제거기작이 구분되지는 않았으며, 유기물의 많은 부분이 응집에 의해 제거됨을 간접적으로 알 수 있었다. 분말활성탄 농도 500mg/L, 응집제 농도 700mg/L일 때 COD 및 색도제거효율은 각각 58%, 25% 였다.

3) 산업폐기물 매립지 침출수의 생물학적 처리수를 대상으로한 흡착-응집공정에서 COD제거효율은 pH조정유무에 따른 차이가 없으나, 색도의 경우에는 pH조정시가 더 우수하였다. COD의 주된 제거기작은 흡착이고, 색도의 주된 제거기작은 응집으로 고령화 생활폐기물 매립지 침출수와 동일하였다. pH조정시 응집제 농도 500mg/L, 분말활성탄 농도 1,000mg/L일 때 COD 및 색도제거효율은 각각 32%, 68%였다.

4) 흡착-응집공정과 응집-흡착공정간의 COD 및 색도제거효율의 차이는 크지 않았으며 분말활성탄의 주입시점에 무관하게 pH조정시의 COD 및 색도제거효율이 우수하였다. 색도제거효율은 COD제거효율에 비하여 pH조정에 따른 영향이 컸다.

5) 분말활성탄접촉 및 응집 공정에서 COD는 주로 흡착에 의해, 색도는 응집에 의해 제거되었다. 그러나 총유기물에 대한 생물학적 분해가능한 유기물의 농도가 높을 경우, COD제거의 주된 기작은 명확하기 않았다. 색도의 경우 분말활성탄의 농도가 낮을 경우 응집이 우선적으로 제거에 관여하나, 분말활성탄의 농도가 높을 경우 색도제거도 가능한 것으로 나타났다.

6) 침출수의 특성에 따라 차이가 있기는 하나, 분말활성탄접촉 및 응집 공정의 COD 및 색도 처리효율은 흡착공정 혹은 응집공정의 단일공정에 비하여 최고 COD제거효율 45%, 색도제거효율 46%가 더 상승하였다. 이로써 분말활성탄접촉 및 응집 공정은 매립지 침출수의 난분해성 COD 및 색도제거에 이용가능하며, 유입수특성 변화 등에 신속하고 탄력적으로 대처가능한 공정의 하나로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 1995년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 김동윤, 이상봉, "도시쓰레기 침출수의 효율적인

처리에 관한 연구", 한국수질보전학회지, 제4권, 제2호, pp.16-20, 1988

2. Robinson, H.D. and Tech, B., "Generation and Treatment of Leachate from Domestic Wastes in Landfills", Water Pollution Control, pp.465-478, 1982
3. Robinson, H.D. and Maris, P.J., "The Treatment of Leachate from Domestic Waste in Landfill Sites", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.57, No.1, pp.30-38, 1985
4. Kelly, H.G., "Pilot Testing for Combined Treatment of Leachate from a Domestic Waste Landfill Sites", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.59, No.5, pp.245-261, 1987
5. Collivignaelli, C., Avezzu, F., Baldi, M. and Bissolotti, G., "Recent Development in Landfill Leachate Treatment Technology", Proceeding Sardinia '93 Fourth International Landfill Symposium, Sardinia, Italy, Vol.1, pp.867-881, 1993
6. Yang, L. and Henderson, J.P., "Removal of Nitrogen from Long-Term Operated Landfill Leachate by Two A/O Systems with Suspended- and Attached-Growths Cultures", 48th Purdue Industrial Waste Conference Proceedings, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, pp.445-453, 1993
7. Ehrig, H.J., Physicochemical Treatment, In: Sanitary Landingfilling : Process Technology and Environmental Impact, T.H. Christensen, R. Cossu, and R. Stegmann(eds), Academic Press, pp.285-297, 1989
8. Kapetanios, E., Papadopoulous, A., Loizidou, M. and Haralambous, K.J., Physical Chemical-Biological Treatment of Leachates from Stabilised Landfills",Proceeding Sardinia '95 Fifth International Landfill Symposium, Sardinia, Italy, Vol.1, pp. 551-558, 1995
9. Albers, H. and Kruckeberg, G., Leachate Treatment In: Landfilling of Waste Leachate, T.H. Christensen, R. Cossu, and R. Stegmann(eds), Elsevier Applied Science, pp.305-416, 1992
10. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, A.E. Greenberg, L.S. Cleseri and A.D. Eaton(eds), 19th ed., APHA, 1995
11. Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin G.F., Chemistry for Enviromental Engineering, 4th ed., McGRAW-Hill, Inc., 1994