

## 沈澱法과 吸着法을 이용한 重金屬 處理

Treatment of Heavy Metal Wastewater by Precipitation and Adsorption

沈淳輔<sup>一</sup> · 李耀相<sup>二</sup>

### Abstract

The purpose of this research is to develop the technique of heavy metal removal from wastewater. The research is divided into two parts, one part uses complex precipitation and the other uses adsorption.

In the first part of the study, humic acid is used as the complex agent, humic acid is a polyelectrolyte with a high complexation affinity. Lead, copper, zinc and cadmium were studied for their complex precipitation efficiencies. In the batch studies, humic acid was effective in removing 100% of the lead and 48.2% of the copper respectively from wastewater without any treatment. The efficiency of cadmium and zinc, however, was very low.

In the second part of the study, wastewater is introduced at the top of a silicagel adsorption column and then bottom effluent concentration is analyzed. The results of the analysis are used to draw a breakthrough curve.

### 1. 序 論

現在 國內·外의으로 深刻한 水質環境 汚染은 水生態界를 破壞하고 있음뿐만 아니라, 그 水生態界에서 生活하는 生物과 수생태계와 밀접한 연관을 맺고 있는 人間의 生存을 威脅하고 있다. 특히 우리나라는 70년대 이후 急激한 產業化에 따라 많은 工業團地가 생겨났을 뿐만 아니라, 都市化에 따른 大都市의 생성으로 多量의 廢·下水가 배출되어 都市河川은 더이상 放置할 수 없을 정도로 심각

<sup>一</sup> 忠北大學校 工學大學 土木工學科 教授·技術士 (水資源·水質 研究센터 所長)

<sup>二</sup> 忠北大學校 大學院 土木工學科 博士 課程

하게 汚染되어 가고 있는 실정이다.

水質汚染을 일으키는 主要原因은 크게 生活廢水와 產業廢水로 나눌수 있으며, 그중에서 多樣한 汚染物質이 混合되어 排出되는 產業廢水는 배출 pH, 有機物濃度, 부유물질濃度, 重金屬濃度 및 毒性物質濃度등이 多樣하여 각 產業體에서 적절한 處理方法을 適用하지 못하고 河川이나 海域으로 放出되어 問題가 되고 있다. 특히, 산업폐수 중에 包含되어 있는 重金屬은 먹이사슬에 의하여 水生物에 濃縮되면서 水生物 뿐만 아니라 기타 自然環境을 荒廢시키고 이를 섭취하는 人間에게도 치명적인 損傷을 입힌다.

現在까지 우리나라의 產業廢水와 都市河川의 오·폐수 처리는 대부분 활성 오니법에 의한 生物學的 방법에 의해 廢·下水 終末處理施設에서 處理되고 있으며, 이는 重金屬이나 毒性物質이 多量 包含되어 있는 產業廢水에는 적절치 못한 方法이라 할 수 있다.

따라서 本研究의 目的是 배출되는 汚染物質과 汚染정도에 대한 調査를 實施하면서, 납, 구리, 아연, 카드●등의 重金屬에 의해 심하게 汚染된 都市河川水 및 產業廢水에 대하여 휴믹산을 利用한 金屬錯物沈澱 實驗과 실리카겔을 利用한 吸着實驗으로 效果적인 重金屬 除去 技法을 開發하고자 本研究를 實施하게 되었다.

## 2. 實驗 方法

### 2.1 휴믹산에 의한 金屬錯物 實驗

本 實驗은 溶液中의 重金屬이온이 휴믹산과 金屬錯物을 形成하여 沈澱한다는 原理를 利用한 것으로, 납  $[Pb(NO_3)_2]$ , 구리  $[CuSO_4]$ , 아연  $[ZnCl_2]$ , 카드●  $[CdCl_2]$  溶液을 對象으로 實施하였으며, 휴믹산은 Aldrich사 製品 휴믹산 (Humic acid sodium salt : cat. No. 1675-2)을 使用하였다.

實驗方法은 Jar-test法으로 實시하였으며, 一定量의 重金屬 溶液에 휴믹산 溶液을 增加시키면서 投入하고 이온強度(ionic strength)를 일정하게 維持시키기 위하여 缓衝溶液(buffer solution)으로 채운후 24시간 교반( agitation)하고 沈澱된 物質을  $0.45\mu m$  membrane filter(Nalgene Cat. No. 205-4045)로 걸러 重金屬量을 測定하는 方法을 採하였고 중금속량을 測定하는 方法은 질산 - 과염소산 (Nitric acid - perchloric acid Digestion)法으로 前處理하여 A.A.S(atomic absorption spectrophotometry : Allied video-12)로 分析하였다.

### 2.2 실리카겔(Silicagel)에 의한 吸着(adsorption) 實驗

本 實驗에서는 Merck사의 실리카겔(30 - 70 mesh)을 吸着濾料로 使用하였으며, 被吸着劑로는 납

[Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], 구리[CuSO<sub>4</sub>], 아연[ZnCl<sub>2</sub>], 카드●[CdCl<sub>2</sub>]을 3次 蒸溜水에  $3.75 \times 10^{-3}$ mole/l로 녹여 pH를 6으로 調整한 후 使用하였다.

본 實驗에 사용된 實驗장치는, 유리column(glass column: ID 20mm)에 실리카겔 20(g)을 채운 후 페 흡착제 溶液을 정량펌프(peristaltic pump : EYELA micro tube pump MP-3)를 사용하여 一定한 速度로 通過시키는 實驗장치를 사용했으며, 유리column을 通過한 溶液에서 每 50ml마다 試料를 취하여 A.A.S用 標準溶液의 濃度와 同一하게 酸處理(acidify)한 후, A.A.S(atomic absorption spectrophotometry : Allied video-12)로 分析하였다.

### 3. 結果 및 考察

#### 3.1 휴믹산에 의한 金屬錯物沈澱實驗

각 重金屬의 處理 結果를 수치로 살펴보면 납의 境遇 93.1ppm의 溶液에 휴믹산을 800 mg/l로 投入하면 납은 완전히 除去 되는 것으로 나타났으며, 구리의 境遇에는 69ppm의 溶液에 600mg/l로 휴믹산을 넣으면 약 48.2%의 除去 effect를 나타냈고 그 以上 投入해도 除去되는 effect는 같은 것으로 나타났다. 반면, 카드● 84ppm 溶液에 휴믹산 240mg/l 投入으로 약 10% 만이 除去되었고 아연 94ppm 溶液은 거의 除去 되지 않는 것으로 나타났다.

#### 3.2 실리카겔에 의한 吸着實驗

실리카겔 column(silicagel column)을 통한 重金屬 吸着 實驗의 break-through curve를 살펴보면 납은 200ml 부터 流出水의 濃度가 增加하기 시작하여 250ml에서 95% 飽和狀態인 飽和點(break-through point)에 到達하였고, 구리는 납보다 조금 빠르게 150ml부터 流出水의 濃度가 增加하기 시작하여 200ml에서 飽和點에 到達하였다. 또한 아연의 境遇에는 流出水의 濃度가 增加하기 시작하는 時點은 구리와 같이 150ml에서였으나 飽和點은 250ml에서 到達하였고, 카드●의 경우에는 200ml에서 부터 流出水의 濃度가 增加하기 시작하여 250ml에서 飽和點에 到達하는 것으로 나타났다. 이 結果로부터 溶液중의 重金屬용액  $3.75 \times 10^{-3}$ mole/l에 對한 실리카겔 20(g)의 吸着能은 각각 Pb가 250ml, Cu가 200ml, Zn이 250ml, Cd가 250ml인 것으로 나타났다.

### 4. 結論

本 論文은 產業廢水中에 多量 包含되어 있는 重金屬(납, 구리, 아연, 카드●) 除去를 위한 技法

을 開發하고자 휴믹산을 이용한 金屬錯物침전 實驗과 실리카겔 吸着을 통한 重金屬 除去 實驗을 實施한 結果 다음과 같은 結論을 導出할수 있었다.

- 1) 重金屬 含有 試料에 대한 휴믹산의 錯物침전 能力은 납(Pb)에서 가장 뛰어나, Pb 93.1ppm 溶液에 휴믹산을 800mg/l 投入하여 全量 沈澱 除去 할수 있었다. 구리(Cu) 69ppm 溶液은 휴믹산 660mg/l 投入으로 구리(Cu) 48.2%가 沈澱제거 되었으며, 중량 투입하여도 그 以上으로는 除去되지 않았다. 카드•(Cd) 84ppm 溶液은 휴믹산 240mg/l 投入시 카드•(Cd) 10%만 沈澱제거 되었으나, 아연(Zn) 93.8ppm 溶液은 휴믹산에 의해 거의 沈澱 除去되지 않았다.
- 2) 실리카겔에 의한 重金屬의 吸着은 4種類의 重金屬( 납, 구리, 아연, 카드• ) 모두 비슷한 水準으로 나타났다. 溶液의 濃度를  $3.75 \times 10^{-3}$  mole/l로 하여 실리카겔 20(g)의 吸着column(silicagel adsorption column)을 通過 시켰으며, 납(Pb), 아연(Zn), 카드•(Cd) 모두 250ml에서 飽和點에 到達하였고, 구리(Cu)는 200ml에서 飽和點에 到達했다.

以上과 같은 研究結果를 綜合해 보면 휴믹산과 실리카겔을 利用한 實驗結果는 多量의 重金屬이 包含된 產業廢水를 效率的으로 處理할수 있는 高度處理技法의 한 方法으로 活用可能하리라 判斷되었다.