

電解處理法에 의한 糞尿 2차 處理水의 高度處理에 관한 研究

An Experimental Study on the Application of Electrolysis to Nightsoil Treatment Plant Effluent, as a Means of Advanced Treatment Technology

鄭 吳 鎮* · 金 東 玟** · 李 東 勳***

Chung, Kyeong Jin* · Kim, Dong Min** · Lee, Dong Houn***

Abstract

The effluent from conventional nightsoil treatment plants contains nutrients, color and chlorides, in addition to residual organics and suspended solids, and thereby causes substantial pollution problems in receiving water resources. In order to verify the usefulness of electrolysis in removing those residual pollutants from such conventional nightsoil treatment plant effluent, a bench scale experiment was conducted using sufficiently diluted human nightsoil as experiment feeds.

The result showed mean removals of 45% of total phosphorus and 85% of color, in addition to 87% of residual BOD, 47% of residual COD and 85% of residual SS. The optimum electric current was found to be 15 ampere and the optimum hydraulic residence time 2 1/2 hour.

1. 序 論

우리나라는 1970년대 初부터 都市糞尿處理場을 建設하여 現在 150여개의 處理場이 全國的으로 運營되고 있다. 主要 糞尿處理工程은 生物學的處理方法인 활성 슬러지 工法을 1단, 혹은 2 단으로 한 工程이 利用되고 있으며, 糞尿의 높은 有機物 濃度 때문에 대부분의 處理場이 稀釋處理法을 採擇하고 있는데 稀釋水 확보난, 겨울철 稀釋水에 의한 低溫 現狀等으로 處

理場 運營에 많은 問題가 있는 것으로 調查되고 있다.¹⁾

糞尿를 生物學的處理法으로 放流水 許容基準에 適合하게 處理했다 하더라도 最終 流出水에는 微量의 有機物, 鹽素이온을 비롯한 非反應 무기염류, 生物學的으로 除去가 되지않은 色度 등이 含有 되어 있다. 이러한 糞尿 處理場 流出水를 河川에 직접 放流할 경우, 放流口 下流 河川水에는 糞尿處理場 流出水로 말미암아 色도가 增加되며, 色도의 增加로 光透視도가 低下되고 이에 따른 河川의 自淨能力이 減少 되어 下流 都市地域에서 水資源을 利用할때 많은 問題를 惹起 시키게 된다.

우리나라는 대부분의 糞尿處理場이 河川周邊에 建設되어있기 때문에 處理場 流出水를 河川

* 서울市立大學校 環境工學科 大學院 博士課程

** 서울市立大學校 環境工學科 教授

*** 서울市立大學校 環境工學科 助教授

에 直接放流하고있으며 이에따른 問題點이 現在 이리곳에서 야기되고 있는 實情이다.

本研究에서는 糞尿處理場 流出水로 말미암아 糞尿處理場 下流에서 發生되는 水質汚染 問題를 解決하기 위하여 糞尿處理場 流出水の 再處理工法에 관한 研究를 遂行하였으며, 여러가지 處理工法에서 電解處理法을 選定하여 糞尿處理 流出水內에 存在하는 色度, 殘留微量 有機物, 및 無機鹽類等 各種 汚染物質의 除去 實驗을 遂行하여 電解處理工法의 利用 可能性을 檢討 하였다.

2. 文獻的 考察

2.1 電氣分解의 化學反應

電解用器를 利用한 電氣分解는 자유로이 움직이는 이온이 存在하는 液體속에 陽極 과 陰極의 極을 設置하여 酸化-還元 反應이 일어나게 하는 方法이다. 電氣分解의 여러가지 酸化-還元 反應 中에서 물의 電氣分解反應, 水中 鹽素의 電氣化學反應, 암모니아의 電解 脫氣反應, 有機物의 除去反應과 色度除去反應等을 文獻 研究 하여 電解處理工法의 適用 可能性과 運轉 變數 等을 조사하였는데, 그 內容은 다음과 같다.

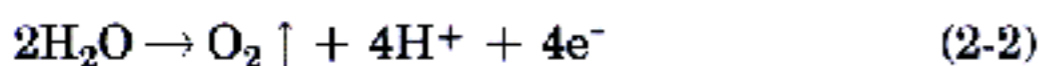
가. 물의 電氣分解 反應

보통 不溶性 電極을 利用한 물의 電氣(分解)反應은 2-1式과 같다.²⁾

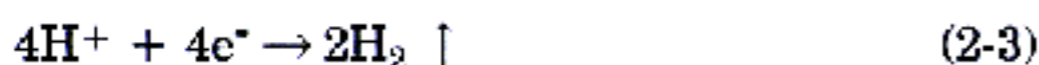


上記式을 電極을 中心으로 한 反應으로 나타낸 것이 式 2-2과 式 2-3이다.

陽極反應



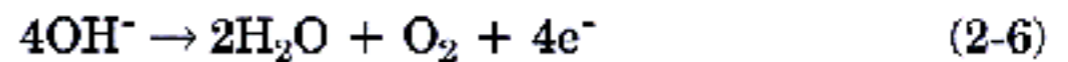
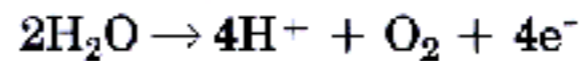
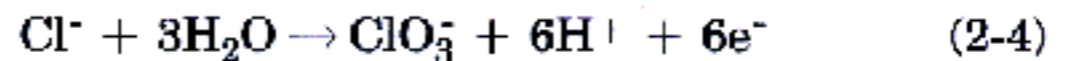
陰極反應



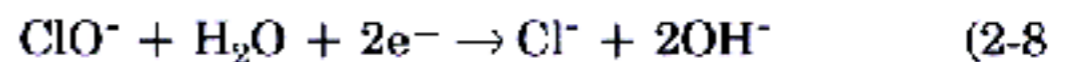
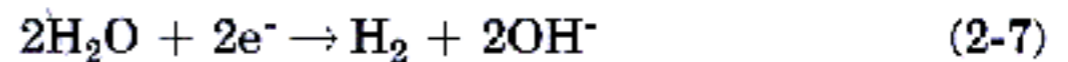
나. 水中 鹽素이온의 化學的 反應

물속에 溶存하고 있는 鹽素이온의 電氣化學的 反應은 다음과 같이 일어난다고 하였다.³⁾

陽極反應

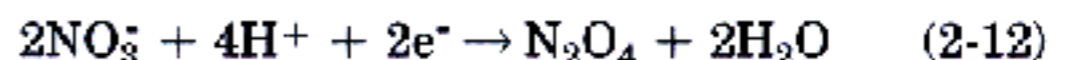
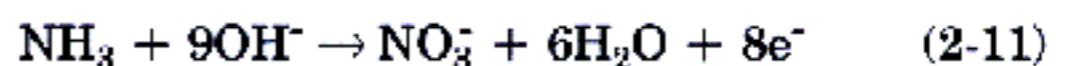
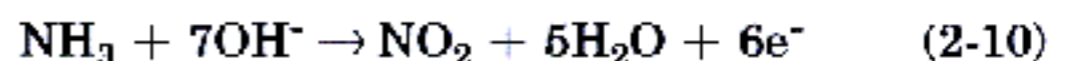
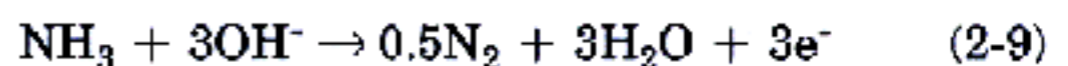


陰極反應



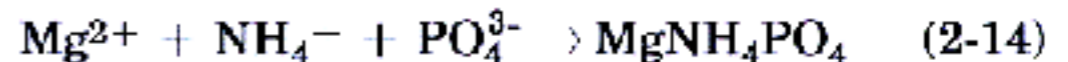
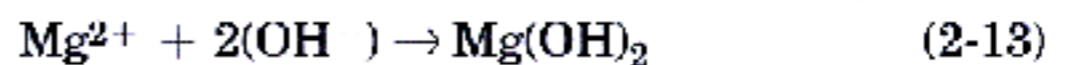
다. 암모니아의 脫氣反應

水中에 存在하는 암모니아와 窒酸이온의 化學反應은 다음과 같은 反應으로 脫氣된다고 했다.⁴⁾



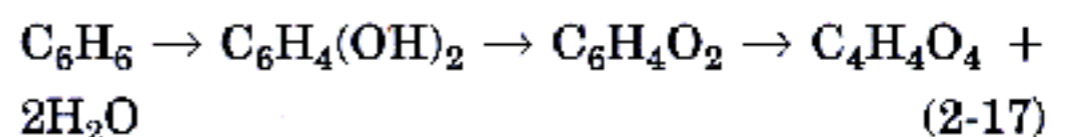
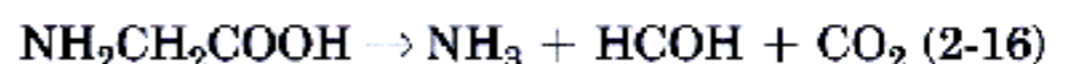
라. 無機鹽의 化學反應

Mg²⁺와 Ca²⁺이온은 電解過程에서 flocc화 하는데 그 反應은 다음과 같다고 했다.⁵⁾

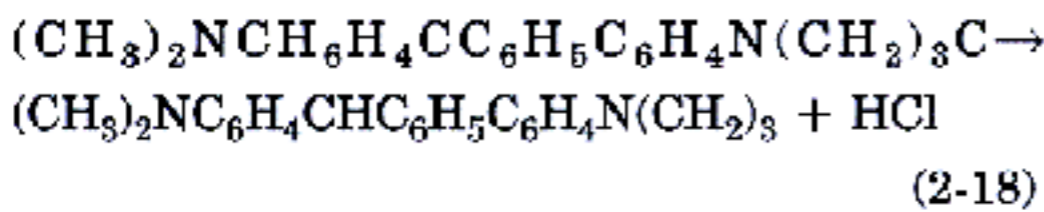


마. 有機物 酸化反應과 色度除去反應

有機物의 境遇에 酸化分解는 電氣分解 中間 段階로 生成되는 발생기 酸素에 의해서 이루어지는데 이러한 強力한 發生기 酸素는 벤젠등 難分性物質 뿐 아니라 아미노酸등도 分解하며 그 反應은 다음과 같다.³⁾



한편, 電氣分解時에 發生되는 水素는 酸化型 色素等을 쉽게 還元시켜 無色으로 脫色 시키는데 代表的인 反應은 다음과 같다고 했다.³⁾



2.2 電極의 種類와 電極 間隔

電解處理에 使用되고 있는 電極의 種類는 多樣하게 研究되었으나, 一般的으로 陽極으로 使用되는 電極의 材質은 耐蝕性이 매우 큰 티타늄 혹은 白金系統이 利用되며, 陰極의 경우는 스텐레스가 널리 使用되고 있다. 또 電極間의 間隔은 2-3cm 程度가 電流 利用面에서 經濟性이 있다고 했다.⁶⁾

2.3 文獻研究結果 考察

文獻研究 內容을 考察해 본 結果, 糞尿處理 流出水에는 여러가지 汚染物質이 含有되어 있어, 色度除去와 有機物 酸化가 可能한 電解處理法은 糞尿 2차 處理水의 高度處理 方法으로 適用할 수 있다고 判斷되었다.

3. 實驗裝置 및 實驗方法

3.1 實驗裝置

本 研究에 使用된 實驗裝置는 그림 3-1과 같다. 그림 3-1에서 DC POWER SUPPLYER는 0-30V 까지 手動으로 操作 可能한 設備로, 일단 調整이 完了된 後에는 一定한 電壓과 電流

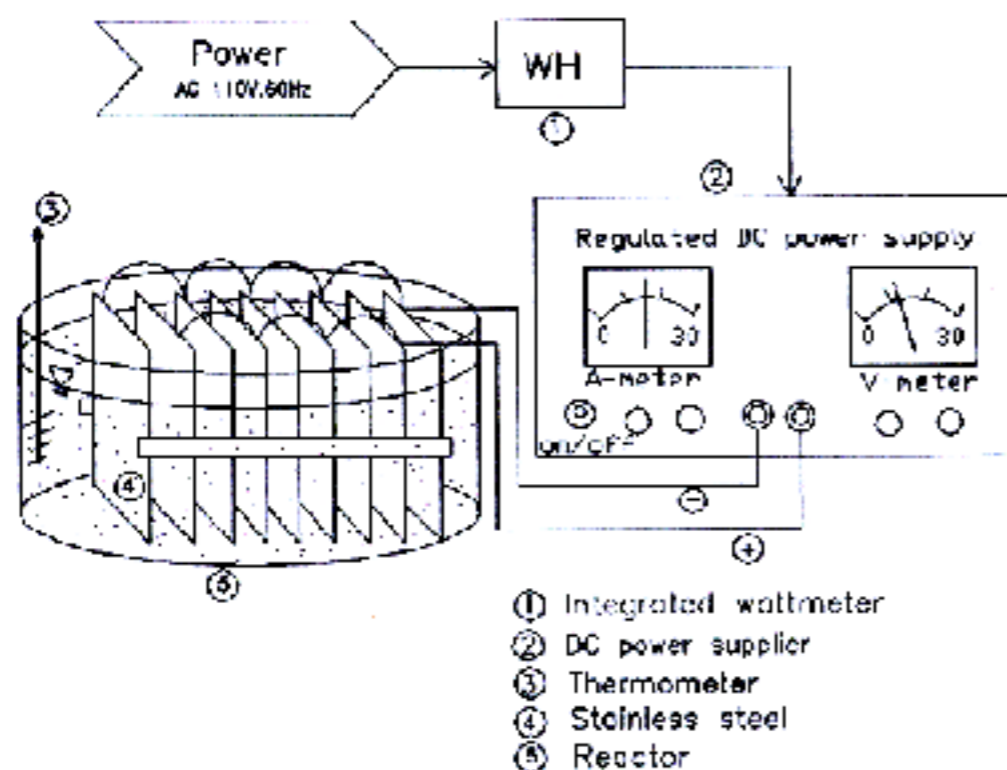


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus

Table 3-1. Effluent concentration of nightsoil treatment with A₂O Process

Temp. (°C)	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
23	7.6	59	289	94
Color (Unit)	Alkal. (mg/lCaCO ₃)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	Cl- (mg/l)
2436	67	48	25	445

가 實驗期間 동안 維持되도록 製作하였다. 反應槽는 10L 容量의 유리로 된 圓筒型이었고, 反應槽 內部에 設置한 電極은 10cm × 15cm 크기로 하였으며 電極數는 陽極 4개, 陰極 5개로 하여 總 9개로 構成하였다. 電極間의 間隔은 2cm를 維持 하였고, 使用 電極材質은 陽極 陰極 모두 스텐레스板이있으며 使用電力을 測定하기 위하여 積算 電力計를 DC POWER SUPPLYER 電源 供給 部位 前端에 設置하였다.

3.2 實驗方法

實驗에 使用한 對象 流出水는 收去糞尿를 COD 7000mg/L이 되도록 稀釋하여 A₂O 工法으로 連續處理한 流出水를 利用하였고, 電解處理 實驗에 使用된 流出水의 平均水質은 表 3-1과 같았다. 모든 反應槽의 運轉은 回分式으로 하였으며, 最初 實驗은 電流흐름을 15Amp로 一定하게 維持한 後, 滯留時間을 變更하면서 汚染 物質의 除去效率를 檢討하였고, 上記 實驗結果로 選定한 滯留時間에서 電流 흐름을 變更하여 最適 電流 흐름을 選定 하도록 하였다.

水質分析項目은 pH, 溫度, COD, SS, T-P, T-N, Cl-, 色度, 알칼리度로 하였으며 모든 水質分析方法은 Standard Method(7)에 따라서 遂行하였다.

4. 實驗結果 및 考察

4.1 有機物 除去率

糞尿 2次處理水를 電解處理 했을때, 有機物 除去效率를 反應時間과 電流 흐름에 따른 變化로 나타낸 것이 그림 4-1과 그림 4-2 이다. 그림 4-1에서 보인 有機物 除去效率는 滯留時間이 길수록 向上되고 있으며, BOD의 境遇 1時間以內에 除去效率는 急激히 上昇하였으나 그以後에는 크게 上昇하지 않았다. SS의 境遇도 滯留時間 2時間 30分까지는 BOD 除去效率에 비해 緩慢하게 處理效率이 上昇하는 傾向을 보이고 있으나 그以後는 滯留時間을 增加시켜

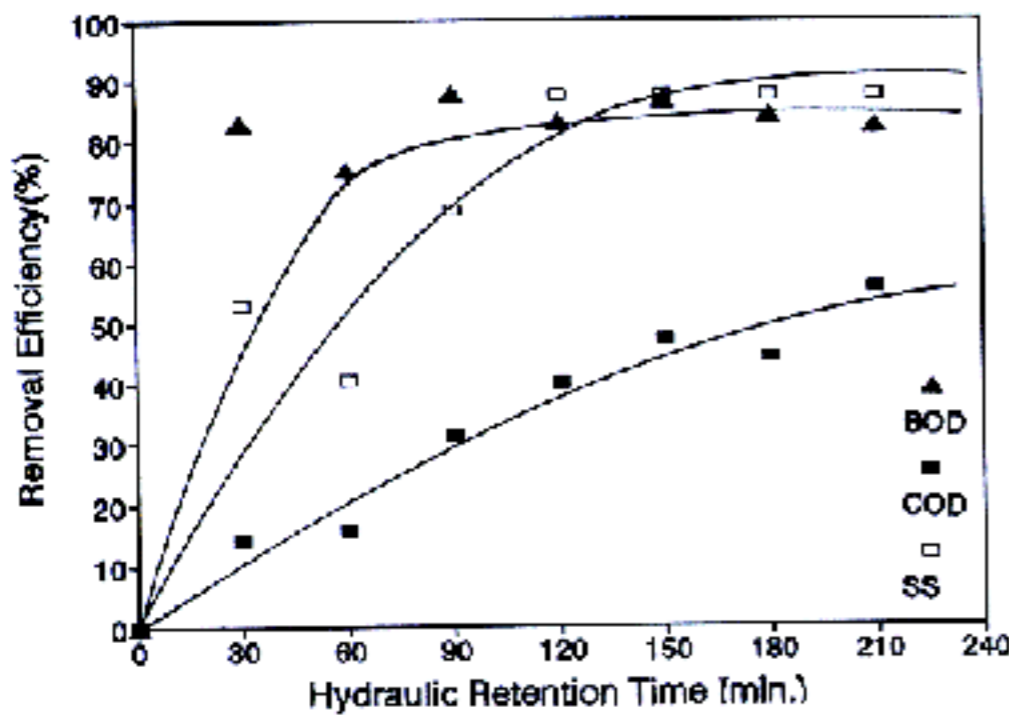


Fig. 4-1. Organic removal efficiency vs HRT at constant current (15 Amp.)

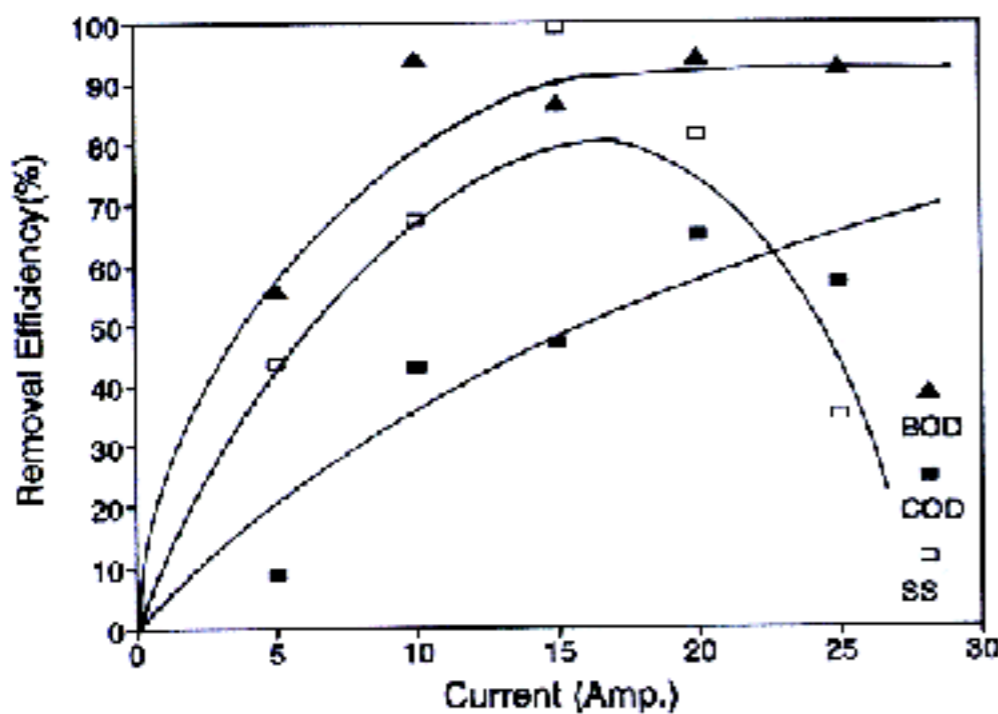


Fig. 4-2. Organic removal efficiency vs current at constant HRT (150 min)

도 處理效率는 크게 增加 되지 않았다. COD의 境遇 除去效率는 滯留時間 增加에 比例하여 上昇하는 傾向을 보이고 있으나 BOD, SS 境遇에 비해 매우 增加率이 낮게 나타났으며 除去效率도 낮았다. 그림 4-1에서 糞尿의 2次處理水를 電解處理 할 境遇 滯留時間은 2時間 30分 程度가 適한것으로 思慮되녀, 이때 除去效率는 BOD가 87%, COD가 47%, SS가 87%였다. 그림 4-2는, 滯留時間을 2時間 30分으로 하여 電流의 흐름을 可變으로 運轉한 結果로서, 電流 흐름을 增加시켰을 때 이에 比例하여 有機物 除去效率도 增加되는 傾向을 보이고 있으나, SS의 境遇에 過多한 電流를 흘렸을 때 溶存하고 있는 各種鹽의 生成과 플록形成으로 處理效率가 急激하게 떨어지는 特性을 보였다. 그림 4-2를 考察해보면 滯留時間이 一定할 境遇 適正 電流흐름은 15Amp임을 알 수 있고 이때 處理效率는 BOD 90%, COD, 45% SS 80% 程度였다

4.2 色度除去效率

그림 4-3과 그림 4-4는 糞尿 2次處理水를 電解處理 할때의 色度除去效率 및 알칼리度 減少效率를 나타낸 것이다. 그림 4-3에서 보면 滯留時間이 增加할수록 色度除去率이 增加하고 있으며, 알칼리度는 減少하는 傾向을 나타내고 있는데, 滯留時間을 2時間 30分程度 以上

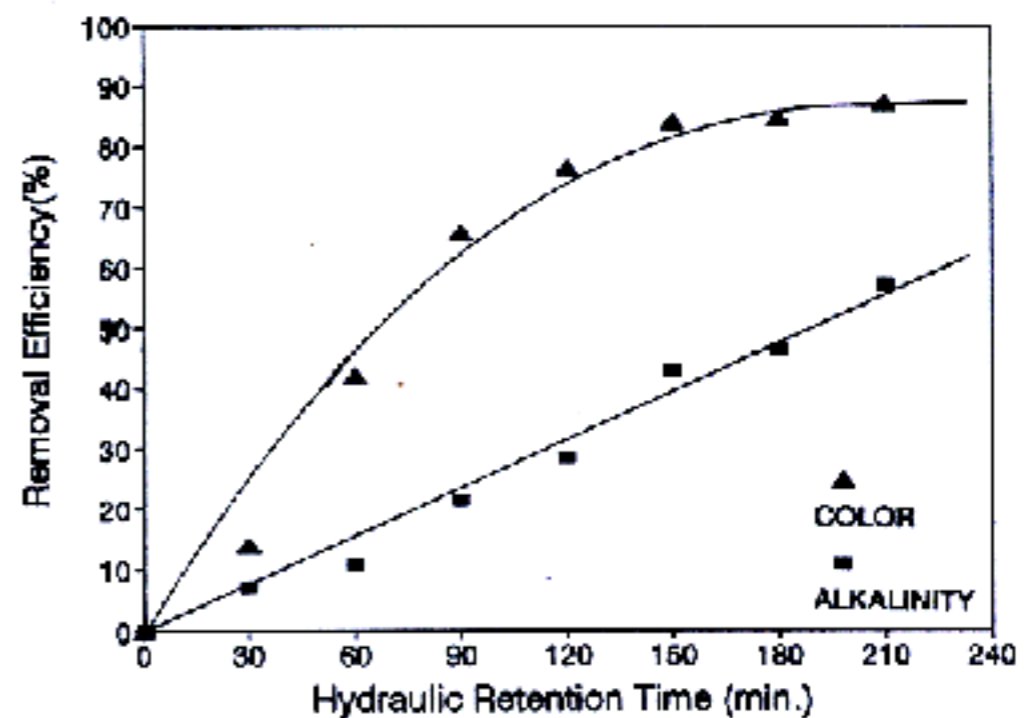


Fig. 4-3. Color & alkalinity removal efficiency vs HRT at constant current (15 Amp.)

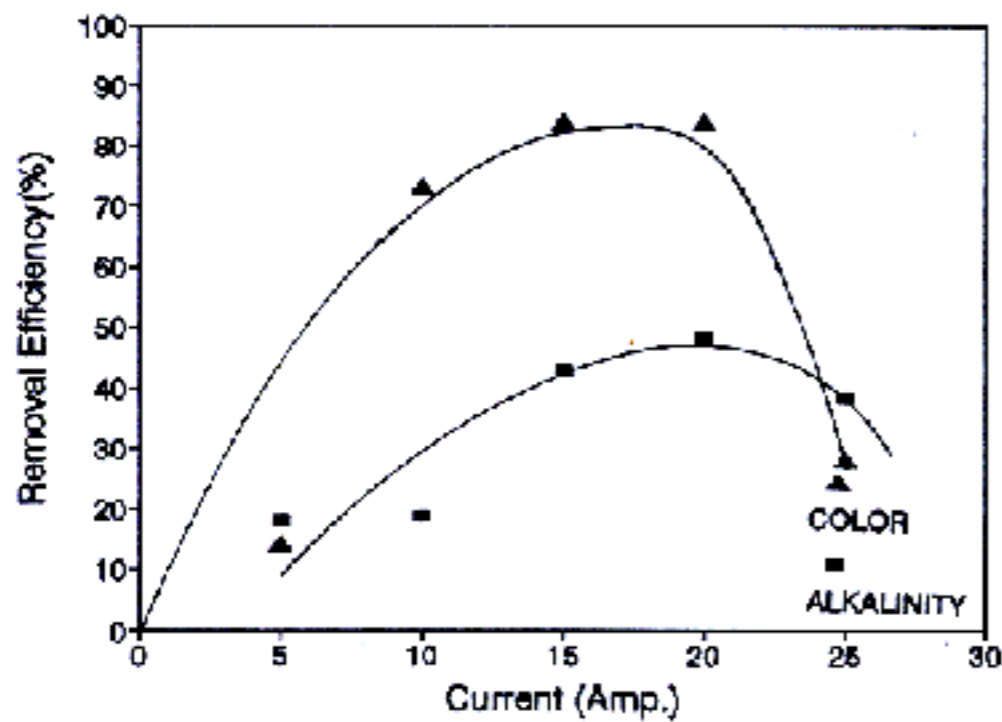


Fig. 4-4. Color & alkalinity removal efficiency vs current at constant HRT(150 min)

으로 維持시키도 色度除去效率은 크게 增加되지 않았다. 滯留時間을 2時間 30分程度로 했을 때 色度除去效率은 85%程度였고 알칼리度는 50%程度가 減少하였다. 한편 滯留時間을 2時間 30分으로 하여 電流의 흐름을 變更시켰을 때, 그림 4-4에서 보면 色度除去效率은 15Amp까지 電流의 흐름에 比例하여 急激히 增大하나 20Amp以上에서는 急激히 減少하고 있는데, 이는 물의 電氣 分解에서 生成되는 알칼리度가 增大되어 形成된 各種 鹽의 凝集 플록 때문인 것으로 判斷된다. 그림 4-3과 그림 4-4의 結果를 土臺로 한 糞尿 2次處理水의 色度除去를 위한 適正 運轉 條件은, 滯留時間 2時間 30分, 電流흐름 15Amp 임을 알 수 있었다.

4.3. 營養 鹽類 除去效率

糞尿 2次處理水를 利用한 電解處理時의 營養 鹽類 除去에 관한 實驗結果는 그림 4-5와 그림 4-6과 같다. 그림 4-5를 보면 滯留時間이 增加할수록 總燐의 除去效率도 向上되고 있으나 그 增加率은 매우 낮으며, 總窒素의 除去效率도 이와 類似한 傾向을 보이고 있다. 또 2時間 30分 以上の 滯留時間을 維持한 境遇에도 總燐과 總窒素의 除去效率은 크게 向上되지 않았다. 한편 滯留時間을 2時間 30分으로하여 電流흐름을 變更시켰을 境遇를 보면, 電流 흐름의 增大에 따라서 總燐의 除去效率이 크게 增大되었지만, 總窒素의 境遇는 그렇지 않았다. 以上の 實驗

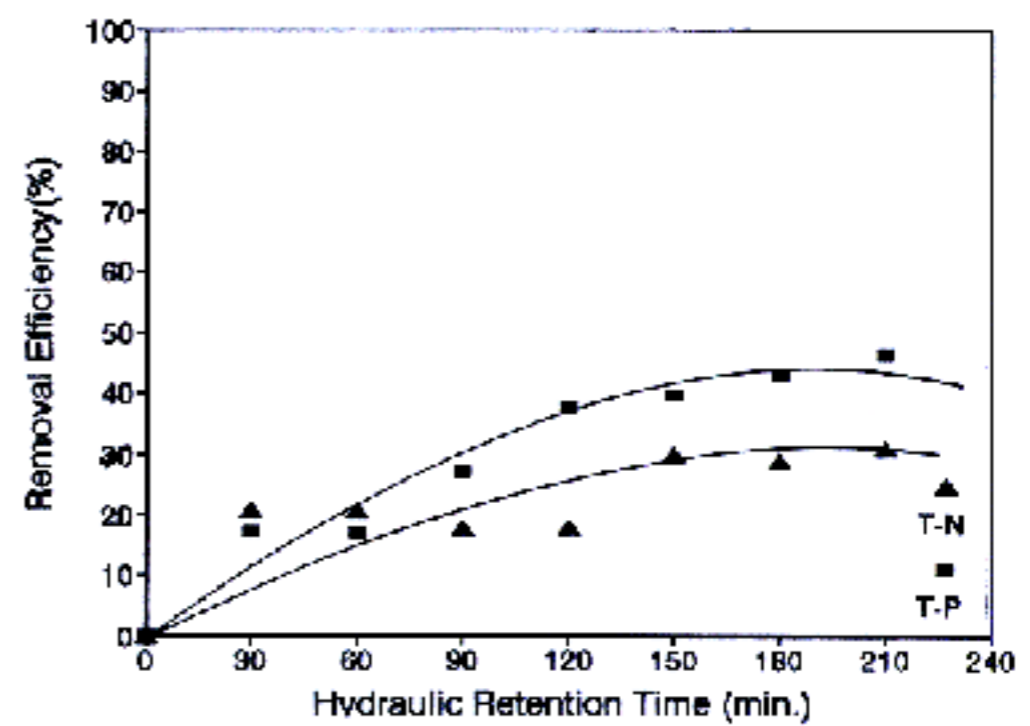


Fig. 4-5. Nutrients removal efficiency vs HRT at constant current (15 Amp.)

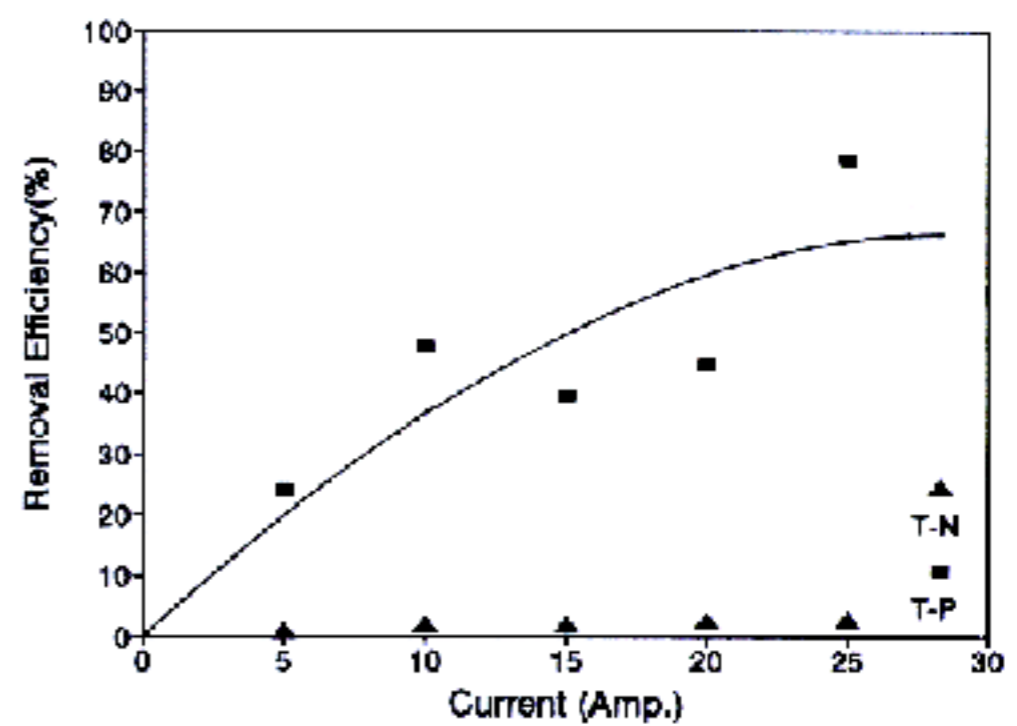


Fig. 4-6. Nutrient removal efficiency vs current at constant HRT (150 min)

結果를 考察해보면 糞尿 2次處理水를 電解處理할 경우 總燐의 除去 效率은 電流의 흐름과 滯留時間에 따라 上昇하나, 總窒素의 除去效率은 變化幅이 매우 不安定하였다. 그림 4-5와 그림 4-6에서 볼 때 營養鹽類의 除去를 위한 適正 運轉 條件은 滯留時間 2時間 30分, 電流 흐름이 15Amp 였으며, 이때 總燐의 除去效率은 45%程度였고, 總窒素의 除去效率은 2-30%程度로 變化가 심하였다.

4.4. 水中 鹽素이온의 除去效率

糞尿 處理水를 電解處理 할때의 鹽素이온 除去率을 나타낸 것이 그림 4-7과 그림 4-8 이다. 그림 4-7과 그림 4-8에서보면, 鹽素이온의

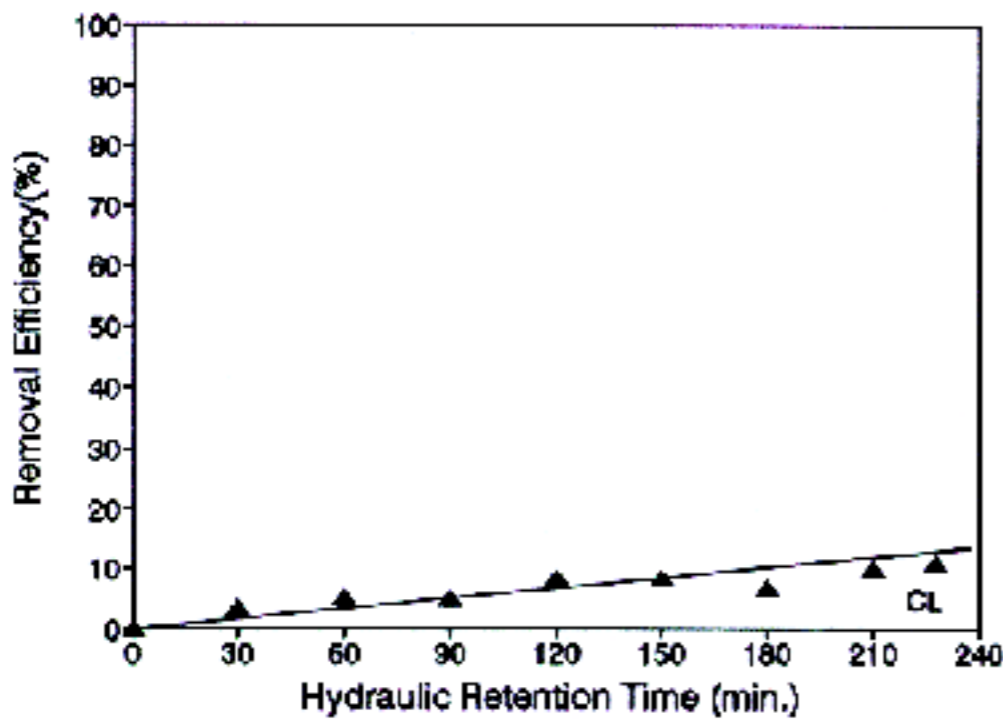


Fig. 4-7. Chloride ion removal efficiency vs HRT at constant current (15 Amp)

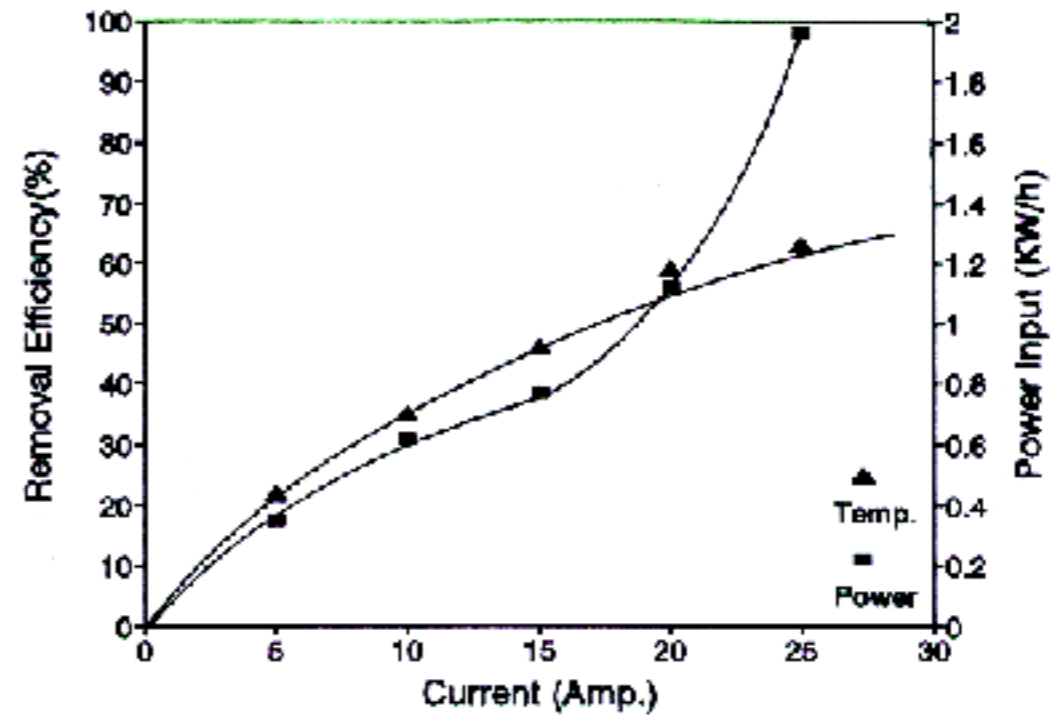


Fig. 4-9. Temperature increase & power input vs current at constant HRT (150 min)

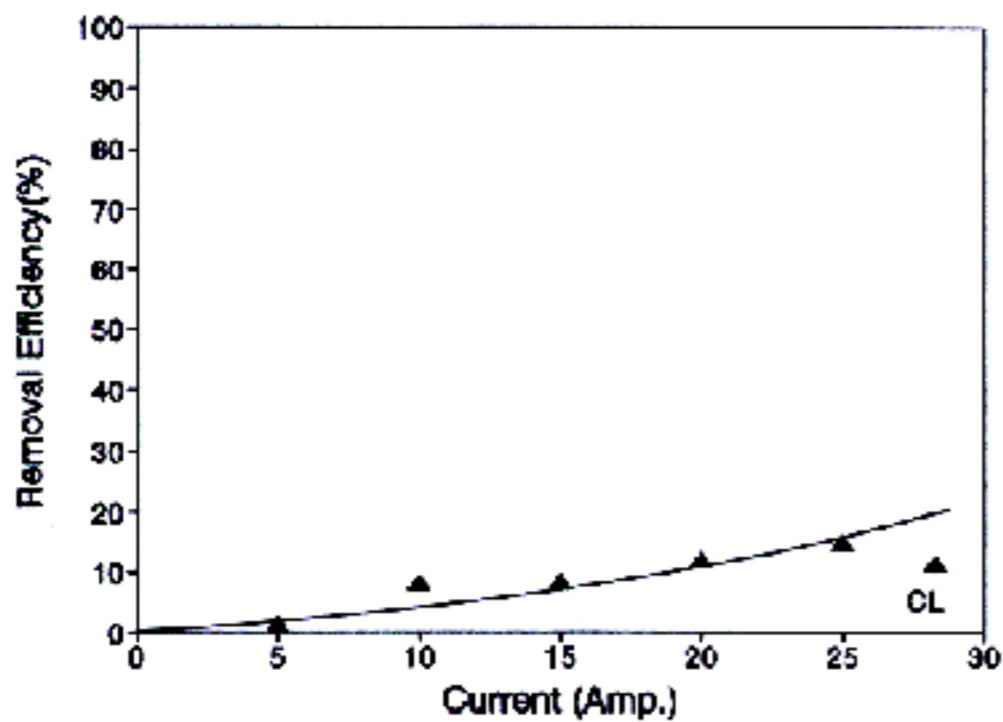


Fig. 4-8. Chloride ion removal efficiency vs current at constant HRT (150 min)

除去效率는 滯留時間이 길수록, 電流흐름이 많을수록 除去效率는 增加되는 傾向을 나타내고 있으나 全體적으로 鹽素除去率은 滯留時間 2時間 30分 그리고 電流의 흐름을 15Amp로 했을 때 8%程度로 매우 낮았다.

4.5. 反應槽의 環境 變化와 電力消耗量

그림 4-9는 糞尿處理水의 電解處理시 反應槽의 溫度變化와 電力消耗量을 나타낸 것이다. 그림 4-9에서 보면 反應槽內의 溫度는 電流흐름에 比例하여 上昇하고 있다. 한편 電力消耗量은 15Amp까지는 增加率이 낮으나 15Amp以上에서는 急激히 上昇하고 있다. 經濟的인 電流 消耗量은 약 15Amp가 適正한 것으로 判斷

되며, 滯留時間이 2時間 30일때 反應槽內 水溫은 약 20°C 上昇하였다.

5. 結論

糞尿 2次處理水의 電解處理 實驗結果, 電解處理法은 糞尿 處理場 流出水의 高度處理工法으로 利用 可能한 것으로 判斷되었으며, 適正運轉 基準은 滯留時間 2時間 30分과 電流 흐름 15Amp였다. 이때 有機物 除去效率는 BOD 87%, COD 47%, SS 87% 였으며, 色度の 除去效率는 85%, 總磷의 除去效率는 45%, 總窒素의 除去率은 2% 鹽素의 除去效率는 8%였다. 그리고 反應槽內 水溫은 약 20°C 程度 上昇하는 結果를 얻었다. 電解處理法으로 糞尿 2次處理水를 處理할 境遇에 流出水의 處理效率는 滯留時間을 延長할수록 向上되었고, 滯留時間을 一定하게 維持시켰을때 電流 흐름을 上昇시킬수록 處理效率도 上昇하는 傾向을 보였으나, 20Amp 以上에서는 電極에 各種 鹽이 附着되어 處理效率이 急激히 減少 되었다. 使用 電極의 材質을 스테레스로 한 結果 電極의 腐蝕程度는 輕微하였는데, 이는 使用한 試料中에 鹽素濃度가 낮았기 때문인 것으로 思慮된다.

參考文獻

1. 최의소 외, "糞尿處理施設의 運轉實態와 效率化 方案", 韓獨環境汚染防止技術에 관한 세미나, 環境管理公團, 1992. 11.
2. 고석문 외, "淡水化 施設", 韓國建設技術 研究院, 1985.5.
3. 이태영, "高鹽分含有廢水의 無隔膜 電解處理", 東亞大學校 大學院, 博士學位論文, 1992.6.
4. Sung-Keun Bae, Seng-Cho Park, "The Study on the removal of Amonia in wastewater by electrochemical Method.", 大韓 環境工學會紙 第6卷, 第1號, 1984.6.
5. Calvin P. C. Poon & Tomas G. Rrueckner, "Physicochemical treatment of Wastewater mixture by electrolysis", JWPCF, PP66-78, 1975
6. 電氣分解式 廢水處理裝置, 유신종합환경, 1994.
7. WPCF, AWWA, APHA, "Standard Method for Examinations of Waste & Wastewater", 18th, 1992.