

地下含水層氨氮污染濃度改善前後變化模擬之研究

陳鈞華⁽¹⁾、宋建明⁽²⁾、甘俊二⁽³⁾

⁽¹⁾屏東科技大學土木工程系副教授、水利技師

⁽²⁾屏東科技大學土木工程系博士生

⁽³⁾七星農田水利基金會董事長、水利技師

摘要

本研究在於利用人工濕地種植萬年青去除氨氮濃度(77%)後,模擬2維地下含水層10週、20週、0.5、1、1.5、2、2.5、3年變化濃度,分析改善前後情形,分別為情境1、2於10週時擴散中心最大濃度值0.909(mg/L)、0.272(mg/L),最小濃度值0.227(mg/L)、0.06(mg/L),擴散範圍相同為x軸(東西方向)15(m)、y軸(南北方向)20(m)。在3年時2維擴散情況中心最大濃度值為0.058(mg/L)、0.0174(mg/L),最小濃度值為0.0145(mg/L)、0.043(mg/L),擴散範圍相同x軸(東西方向)80(m)、y軸(南北方向)78(m)。根據模擬結果可提供規劃以人工濕地去除點源污染之規劃設計者可參考依據。

關鍵詞：數值分析、點源污染、氨氮濃度、含水層。

一、研究動機目的

本研究利用陳怡玲 2006 年以複合式水平流人工濕地處理中高埋齡垃圾滲出水之研究,瞭解其實驗以種植萬年青於表面下流式人工濕地系統(SSF)溼地組的去除效能能達(72-98%),NH₃-N 的平均去除率

為 77%,得知利用人工濕地處理垃圾滲出水極具有發展潛力,並結合由 2 維污染物濃度滲流擴散瞬時點源模型,以 2 維傅立葉轉換得其解析解,加以探討其擴散可能的情境。

二、材料及方法

2.1 實驗設計

1.進流水儲存槽

進流水儲存槽為容量一噸(1000 L)的黑色不透光普利桶,以阻絕陽光直射儲存槽,而減少桶內藻類生長的機會。為了使整個系統能夠採用重力自然流動的方式,因此把儲存槽架高至 150 cm 處,普利桶內並裝有自動控制進水閥裝置,使水位保持一定。

2.進出流管線

在儲存槽至自由表面流動式系統(FWS)的管線係採用管徑 1 英吋的 PVC 硬管,而 FWS 系統連接至 SSF 系統的管線則採用管徑 1/4 英吋的 PVC 硬管,放流水管部分則恢復為管徑 1 英吋。

3. SSF 人工濕地系統和操作時間

種植萬年青,其密度為 12 棵/m²。自

民國 94 年 11 月開始操作至民國 95 年 6 月，期間將探討垃圾滲出水原水，在不同水力及植物種類等操作變因條件下，其處理的效果。

實驗的試程共分為三個階段，操作所控制之進流水流量、水力負荷及平均水力停留時間(hydraulic residence time, HRT)。系統於民國 94 年 11 月至民國 95 年 3 月期間，將流量控制在 0.054 m³/d，水力負荷為 0.027m³/m²/d，平均 HRT 為 10 天；第一階段相同的水力條件在 SSF 系統內全部種植萬年青，民國 95 年 4 月時將流量更改為 0.108 m³/d，水力負荷為 0.054 m³/m²/d，平

均 HRT 為 5 天，以與第二階段比較不同水力條件下的去除效果。

不同的進流水量之各個水力參數整理於表 1，而各停留時間與水力負荷的計算式如下所示：

$$HRT = \frac{L*W*y*n}{Q} = \frac{Vr}{Q} \dots\dots\dots(1)$$

$$HLR = \frac{Q}{L*W} = \frac{Q}{As} \dots\dots\dots(2)$$

L：槽體長 (m) ;Q：進流量 (m³/day)

W：槽體寬 (m) ;n：介質孔隙率

y：槽體高 (m) ;Vr：槽體實際涵水體積

(m³);As：槽體表面積 LxW (m²)

表 1 各階段水力參考參數

操作日期	進流量	HRT (day)	HLRT (m ³ /m ² /day)
年/月	m ³ /day	FWS	FWS
2006.11~2007.3	0.54	10	0.28
2007.3~2007.4	0.54	10	0.28

2.2 2 維污染物濃度滲流擴散瞬時點源模型理論說明

於 t=0 時，開始在點 P 處瞬時注入質量為 m 的氨氮污染物，由公式(4),(5),(6)可得解析解(7)，流速以達西定律公式(3)而定：

$$q = k \frac{h}{L} A = kiA \dots\dots\dots(3)$$

$\frac{h}{L} = i$ 為水力坡度; $A = A_s + A_v$

A 為土壤斷面等於土粒斷面積 A_s 與孔隙斷面積 A_v 之總和。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_{xx} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_{yy} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - v \frac{\partial C}{\partial x}, \dots\dots\dots(4)$$

($-\infty < x < +\infty, t > 0$)

初始條件：

$$C(x, y, t)|_{t=0} = 0, ((x, y) \neq (0, 0)) \dots\dots\dots(5)$$

邊界條件：

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} hCdx dy = m, \lim_{x \rightarrow \pm\infty} C(x, y, t) = 0, t > 0,$$

$$\lim_{y \rightarrow \pm\infty} C(x, y, t) = 0, t > 0 \dots\dots\dots(6)$$

解析解：

$$C(x, y, t) = \frac{m/h}{4\pi\sqrt{D_{xx}D_{yy}}} \exp[-\frac{(x-vt)}{4D_{xx}vt} - \frac{y^2}{4D_{yy}vt}] \dots\dots(7)$$

陳鈞華、宋建明、甘俊二《地下含水層氨氮污染濃度改善前後變化模擬之研究》

三、結果與討論

3.1 模擬分析之結果

1. 模擬情境 1

在人工濕地下以點源瞬間注入 10kg 氨氮為例，假設地下水層厚度 $h=5\text{m}$ 、均質性、具穩定滲流速度為 $v=0.1\text{m/d}$ ， $\alpha_{xx}=20\text{m}$ ， $\alpha_{yy}=1\text{m}$ 。得知圖 1~圖 8 分別為 10 週、20 週、0.5、1、1.5、2、2.5、3 年變化擴散情況。

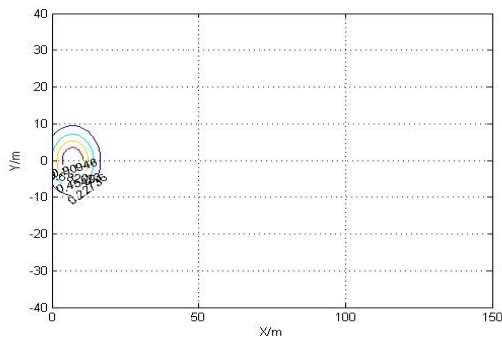


圖1 10週時2維擴散情況中心最大濃度值為 0.909(mg/L)，最小濃度值為 0.227 (mg/L)，擴散範圍x軸15(m)、y軸20(m)

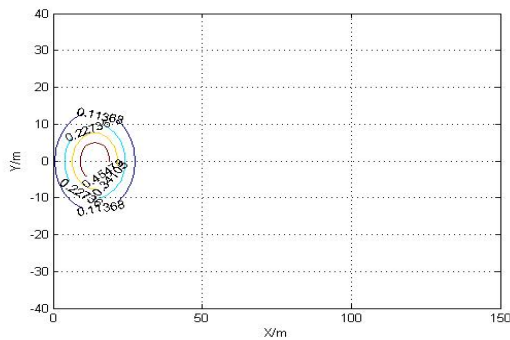


圖2 20週時2維擴散情況中心最大濃度值為 0.45(mg/L)，最小濃度值為 0.11(mg/L)，擴散範圍x軸30(m)、y軸24(m)

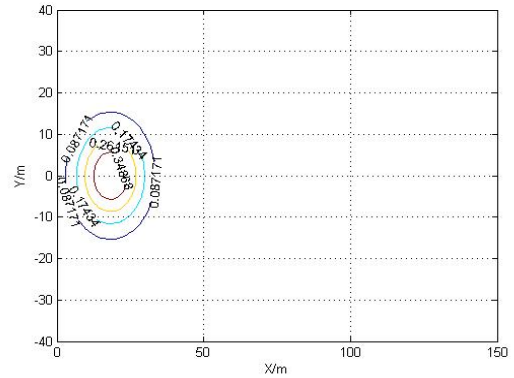


圖3 0.5年時2維擴散情況中心最大濃度值為 0.34(mg/L)，最小濃度值為 0.08(mg/L)，擴散範圍x軸35(m)、y軸30(m)

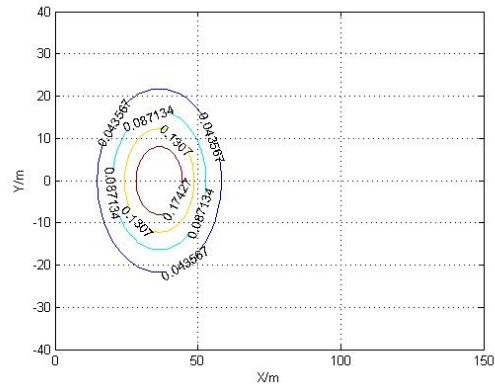


圖4 1年時2維擴散情況中心最大濃度值為 0.174(mg/L)，最小濃度值為 0.043(mg/L)，擴散範圍x軸38(m)、y軸42(m)

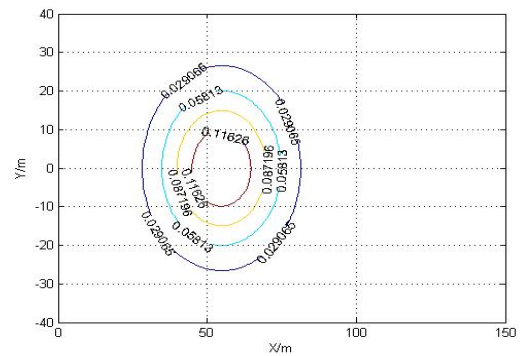


圖5 1.5年時2維擴散情況中心最大濃度值為 0.11(mg/L)，最小濃度值為 0.029(mg/L)，擴散範圍x軸50(m)、y軸54(m)

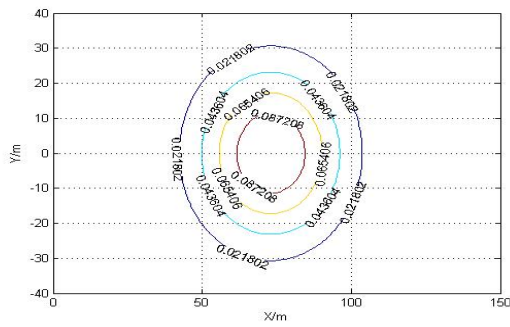


圖6 2年時2維擴散情況中心最大濃度值為0.087 (mg/L)，最小濃度值為0.021(mg/L)，擴散範圍x軸60(m)、y軸60(m)

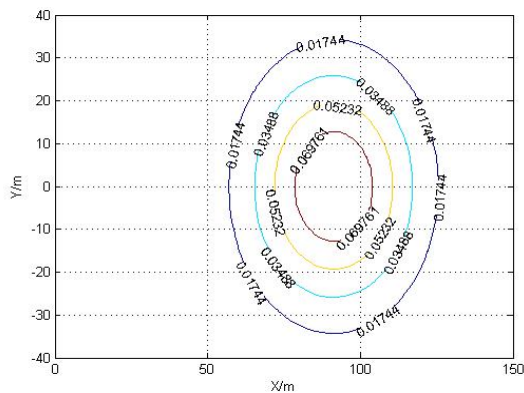


圖7 2.5年時2維擴散情況中心最大濃度值為0.069(mg/L)，最小濃度值為0.0174(mg/L)，擴散範圍x軸65(m)、y軸64(m)

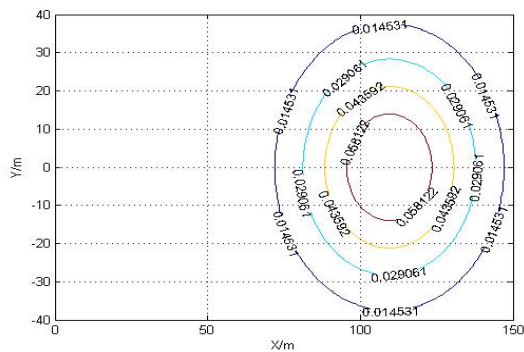


圖8 3年時2維擴散情況中心最大濃度值為0.058 (mg/L)，最小濃度值為0.0145 (mg/L)，擴散範圍x軸80(m)、y軸78(m)

2.模擬情境 2

以種植萬年青在人工濕地上去除 70 %氨氮濃度後，以點源瞬間注入 3kg 氨氮為例，假設地下水層厚度 $h=5\text{m}$ 、均質性、具穩定滲流速度為 $v=0.1\text{m/d}$ ， $\alpha_{xx}=20\text{m}$ ，

$$\alpha_{yy}=1\text{m}$$

得知圖9、圖10分別為10週、3年變化擴散情況。

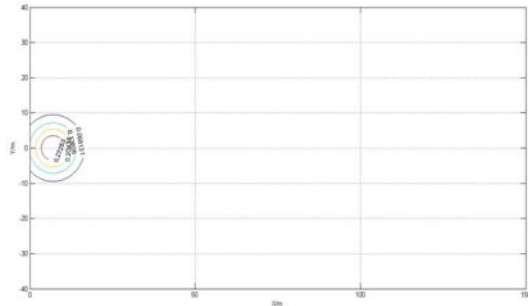


圖9 10週時2維擴散情況中心最大濃度值為0.272(mg/L)，最小濃度值為0.06(mg/L)，擴散範圍x軸15(m)、y軸20(m)

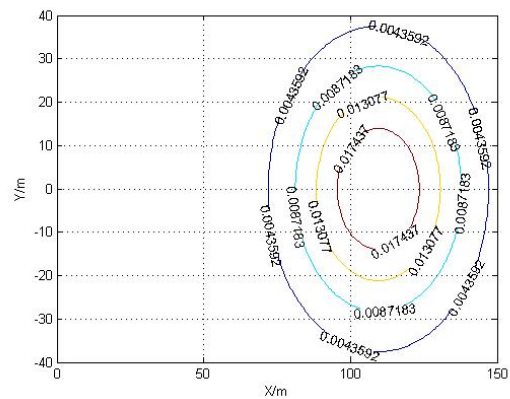


圖10 3年時2維擴散情況中心最大濃度值為0.0174(mg/L)，最小濃度值為0.043(mg/L)，擴散範圍x軸80(m)、y軸78(m)

3.綜合比較情境 1、2

得知情境 1、2 分別在 10 週時 2 維擴散情況中心最大濃度值為 0.909(mg/L)、0.272(mg/L)，最小濃度值為 0.227(mg/L)、0.06(mg/L)，其擴散範圍相同為x軸15(m)、y軸20(m)。在3年時2維擴散情況中心最大濃度值為0.058 (mg/L)、0.0174(mg /L)，最小濃度值為0.0145 (mg/L)、0.043(mg /L)，擴散範圍相同x軸80(m)、y軸78(m)。

陳鈞華、宋建明、甘俊二《地下含水層氨氮污染濃度改善前後變化模擬之研究》

四、結果與建議

- 1.以人工濕地種植萬年青，控制點源污染之方式具有一定的效益，人工濕地之設置相較於污水處理廠為簡易、易操作及價格便宜，本研究利用人工濕地氨氮70%去除率的方式模擬當垃圾場廢污水以點源方式滲流出時，10週至3年內會影響地下水層之2維範圍。
- 2.基於在第3年時擴散中心未改善最大濃度值為0.058(mg/L)和改善後為0.0174(mg/L)，相差0.0406(mg/L)，最小

濃度值為0.0145(mg/L)、0.043(mg/L)，相差0.028，擴散範圍相同x軸80(m)、y軸78(m)，本研究模擬出氨氮值都小於1(mg/L)，又因氨氮可在土壤中可被微生物分解，故可達零污染的狀況。

- 3.可接續利用本研究擴散模式，分析人工濕地中不同之污染質如BOD、COD、正磷酸鹽、硝酸氮等，可加以歸類整理，以供人工濕地於點源污染防治上之參考依據。

參考文獻

- 1.Brix, H., 1994. Functions of macro phytes in constructed wetlands. *Wat. Sci.Tech.*, 29, 71-78.
- 2.Cooper, P.F., Job, G.D., Green, M.B.and Shutes, R.B.E., 1996. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment.
- 3.Craig D. Martin, Keith D. Johnson and Gerald A. Moshiri, 1999. Performance of a constructed wetland leachate treatment system at the Chunchula landfill, mobile county, Alabama. *Water Science and Technology*, Vol. 40, No. 3, pp.67-74.
- 4.Faulkner, S.P. & Richardson, C.J., 1989. Physical and chemical characteristic of freshwater wetland soils. In: Hammer, D.A.(ed.), *Constructed wetlands for wastewater treatment*. Municipal, Industrial and Agricultural. pp. 41-72.
- 6.mobile county, Alabama. *Water Science and Technology*, Vol. 40, No. 3, pp.67-74.
- 7.Hwey-Lian Hsieh, Chang-Po Chen and Yaw-Yuan Lin, 2004. Strategic planning for a wetlands conservation greenway along the west coast of Taiwan.*Ocean & Coastal Management* 47, 257-272.
- 8.Hans Brix, 1997. DO macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *.Wat.Sci.Tech.*Vol.35, No.5, pp.11-17.
- 9.張惠婷，1998，以土壤及礫石床人工濕地處理生活污水之研究，碩士論文，國立中山大學海洋環境及工程學系。
- 10.蔡凱元，2004，以人工濕地處理垃圾滲出水可行性之研究，碩士論文，國立中山大學海洋環境及工程學系。