

熱帯域における酸化池の水質シミュレーションに関する研究

早稲田大学創造理工学研究科 学生会員 ○佐藤愛澄 早稲田大学創造理工学部 安岡潤
 早稲田大学創造理工学研究科 学生会員 稲垣嘉彦 早稲田大学創造理工学研究科 正会員 榊原豊

1. はじめに

本研究で対象とする東南アジアの熱帯地域では、酸化池や人工湿地を用いた排水処理が主に行われているが、その維持管理は不十分であり、処理水質や現状の処理性能について不明な点が多い。よって、東南アジア諸国の今後の経済発展やそれに伴う水質問題を考えると、酸化池から得られる処理水に対する管理が重要となる。本研究では、タイ国内の酸化池を対象とし、数学モデルを用いた水質シミュレーションを行い、処理性能について検討を行った。

2. モデルの構築

2. 1 数学モデル

本モデルの構築には、IWA RWQM No.1¹⁾を参考にした。IWA RWQM No.1は、式(2・1)のように、移流拡散速度および生物反応速度を考慮した物質収支式によって表わされる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial x} - v \frac{\partial C}{\partial y} - w \frac{\partial C}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + r(c, p) \quad (2 \cdot 1)$$

ここで、C：水中成分の濃度[ML⁻³]、t：時間[T]、x, y, z：座標[L]、u, v, w：各座標における水中成分の移動速度[LT⁻¹]、ε_x, ε_y, ε_z：各座標における分散係数[L²T⁻¹]、r(c, p)：水中成分の反応速度[ML⁻³T⁻¹]である。

2. 2 底質からの溶出および沈降過程

本研究では、底質からの溶出および懸濁物質と微生物の沈降について考慮した。底質からのアンモニアとリン酸の溶出過程を、それぞれ式(2・2)、(2・3)に示す。ここで、SedN および SedP は窒素およびリンの溶出速度で、それぞれ 24.5(mg/m²d⁻¹)、2.45(mg/m²d⁻¹)と仮定した²⁾。D は水深[m]である。

$$\frac{dNH_4[i]}{dt} = \frac{Q}{V} (NH_4[i-1] - NH_4[i]) + r(c, p) + \frac{SedN}{d} \quad (2 \cdot 2)$$

$$\frac{dHPO_4[i]}{dt} = \frac{Q}{V} (HPO_4[i-1] - HPO_4[i]) + r(c, p) + \frac{SedP}{d} \quad (2 \cdot 3)$$

懸濁物質と微生物の沈降は式(2・4)で表わした。本研究では沈降速度(V)を藻類 0.1、動物プランクトン 0.0、その他の沈降速度を 0.432[m/d]とした²⁾。

$$\frac{dX[i]}{dt} = \frac{Q}{V} (X[i-1] - X[i]) + r(c, p) - \frac{V}{d} X[i] \quad (2 \cdot 4)$$

また、底質の酸素要求を式(2・5)、(2・6)、(2・7)に示す。ここで、S₀₂：溶存酸素量(mg/l)、S*₀₂：飽和溶存酸素量(mg/l)、K_l：界面移動速度である。

$$\frac{dDO[i]}{dt} = \frac{Q}{V} (DO[i-1] - DO[i]) + r(c, p) - J_{O_2} + R_{ar} \quad (2 \cdot 5)$$

$$J_{O_2} = \frac{D_{O_2}}{\delta} S_{O_2*} \frac{S_{O_2}}{S_{O_2*}} = 1500.0 \exp(0.0377T) \frac{S_{O_2}}{S_{O_2*}} \quad (2 \cdot 6)$$

$$R_{ar} = \frac{K_l(S_{O_2*} - S_{O_2})}{d} \quad (2 \cdot 7)$$

酸素要求量より以下のように仮定し、底質での脱窒作用による硝酸イオンの物質移動を次式より求めた(式(2・8))。J：フラックス、S_{02*}：飽和溶存酸素量、δ：境膜厚さ(m)、D₀₂：2.0×10⁻⁵(m²/s)、D_{NO3}：1.9×10⁻⁵(m²/s)である。

$$J_{NO_3} = \frac{D_{NO_3}}{\delta} S_{NO_2} = \frac{D_{O_2}}{\delta} S_{O_2*} \frac{D_{NO_3}}{D_{O_2}} \frac{S_{NO_2}}{S_{O_2*}} = 1500.0 \exp(0.0377T) \frac{D_{NO_3}}{D_{O_2}} \frac{S_{NO_2}}{S_{O_2*}} \quad (2 \cdot 8)$$

キーワード：熱帯域、酸化池、モデル、シミュレーション

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 51 号館 16F-11 TEL 03-5286-3902

3. 対象酸化池

本研究で対象とした酸化池の寸法および形状を図1(A)～(E)に示す。

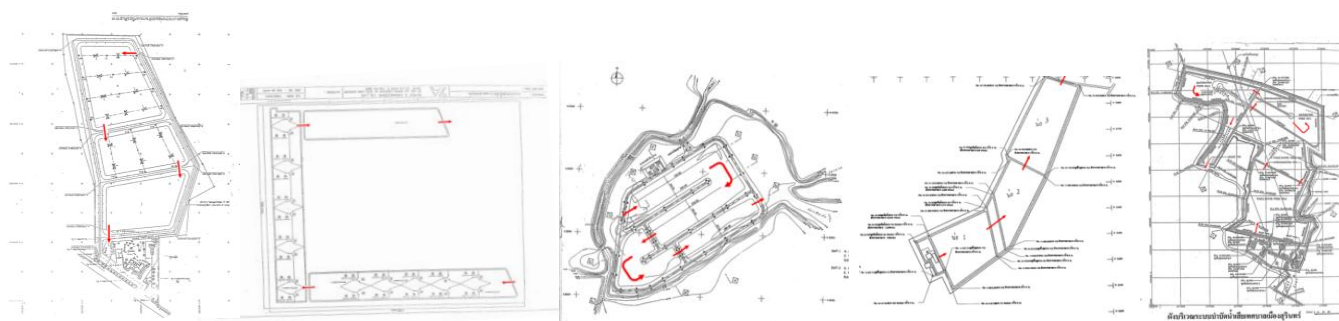


図1(A). Buriam 図1(B). Khonkae 図1(C). Varinchamrab 図1(D). Yasothorn 図1(E). Surin

4. シミュレーション結果および考察

流出水質のシミュレーション結果と実測値の比較を表1に示す。COD、SS、PO₄、TKNは式(4・1)～(4・4)より求めた。シミュレーション結果と実測値を比較すると、CODの濃度は良く一致したが、SSには大きな差が見られた。これは、X_{CON}を除く全ての沈降速度を一定とし、沈降速度を過剰評価しているためと考えられる。また、TKN、PO₄、NO₂、NO₃のような水質パラメーターの妥当性は、流入下水濃度や堆積物からの溶出速度に影響され、底質からの溶出速度は堆積物の厚みや好気性/嫌気性条件に影響を受ける。したがって、正確な水質予測のためには、それぞれの酸化池における溶出速度に対する詳細な検討が今後必要である。

$$\text{COD} = \text{S}_s + \text{S}_i, \quad (4 \cdot 1)$$

$$\text{SS} = \text{X}_{\text{Alg}} + \text{X}_{\text{CON}} + \text{X}_{\text{N1}} + \text{X}_{\text{N2}} + \text{X}_I + \text{X}_S + \text{X}_H, \quad (4 \cdot 2)$$

$$\text{PO}_4 = \text{S}_{\text{H}_2\text{PO}_4} + \text{S}_{\text{HPO}_4}, \quad (4 \cdot 3)$$

$$\text{TKN} = \text{S}_{\text{NH}_3} + \text{S}_{\text{NH}_4} + 0.011\text{S}_s + 0.033\text{S}_i \quad (4 \cdot 4)$$

表1. 流出のシミュレーション結果と実測値の比較

Site	COD (mg/l)	SS (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	TKN (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	DO (mg/l)
Buriam	59.8	0.15	0.64	2.2	0.33	15.8	6.7
	61	14	1.1	41	0	0	2.7
Khonkae	70.1	0.27	0.69	63.7	7.4	0	1.84
	90	39	0.1	74.7	0	0	11
Varinchamrab	40.5	0.15	0.01	3.49	0.58	0	6.3
	44	19	0	1.8	0	0	6.1
Yasothorn	33.3	1.6	0.6	233.1	24.9	5.1	0.2
	103	52	0	4.5	0	0	5.2
Surin	81.7	0	0.88	3.5	0.7	5.6	6.4
	73	14	2	63.5	0	0	2.7

5. まとめ

モデルと実測値を比較した結果、流出のCOD濃度は良く一致したが、SSは一致しなかった。今後は流入排水組成、溶出速度、沈降速度等について、現地調査も含めて検討する必要がある。

参考文献

- 1) IWA Task Group on River Water Quality Modeling, Water Quality Model No.1 (2001).
- 2) 環境工学公式・モデル・数値集, 土木学会 (2004).