

## 熱帯域における人工湿地の微量有害物質除去性能に関する基礎的研究

早稲田大学 学生会員 ○稲垣 嘉彦

早稲田大学 正会員 榊原 豊

タイ王国環境研究研修センター (ERTC) ミリントウィサマイ ミーサック

タイ王国環境研究研修センター (ERTC) スリラチャーイ スティアブ

## 1. はじめに

熱帯域郊外において、人工湿地法は有望な水再利用技術のひとつである<sup>1)</sup>。水再利用にあたって従来の水質項目のみならず、微量有害物質への対処が重要になってくる。微量有害物質は医薬品類や内分泌かく乱物質などであり、ng/l のレベルであっても生態系への影響が懸念されている。そこで本研究では、熱帯域における人工湿地の微量有害物質除去性能についてパイロット規模での実験的検討を行なった。

## 2. 実験方法

**パイロット規模人工湿地** 本研究で対象とする人工湿地(図1参照)はタイ王国バンコク郊外に位置しており、数十人規模の寮から排出される排水を処理している。毎日午前10時に20～30分間ポンプが稼働し、人工湿地内の3つの系に排水を流入させている。1つの系に対する流量は $1.3 \text{ m}^3/\text{d}$ であり、HRTは10日(1つの区画は2.5日)である。1つの系は4つの区画に分かれており、それぞれ浸透流式(Sub-surface flow)と表面流式(Surface flow)を交互に組合せている。系2の第1区画と第3区画には植栽していない。1つの区画の面積は $16 \text{ m}^2$ である。

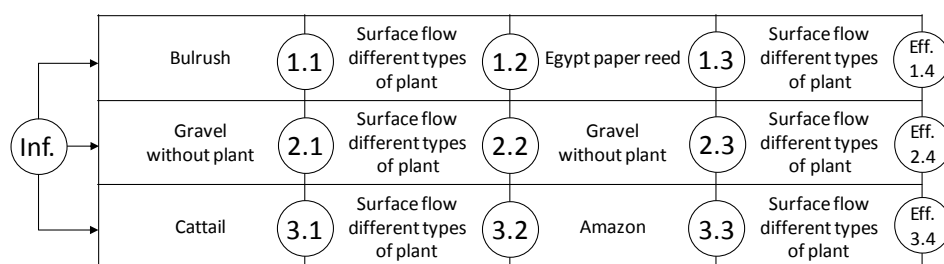


図1 パイロット規模人工湿地の概略図 (○はサンプル採取箇所を表わす) および写真

**水質分析** 水サンプル採取後、すみやかに分析を行った。BOD, COD, SS, TP については *Standard Methods* 20<sup>th</sup> edition (APHA-AWWA) を参考に分析を行った。TN は TOC 計 (Analytic jena, multi N/C 3100) を用いて、医薬品類は LC-MS/MS (Agilent Technology, HP 1100 coupled with SL 1100) を用いて測定した。

## 3. 実験結果及び考察

**一般的水質項目** 表1より対象とした項目すべてについて良好に除去がなされていることが分かる。また流出水の濃度はタイ王国の処理場放流水基準 (BOD:  $20 \text{ mg/l}$  以下、SS:  $30 \text{ mg/l}$  以下、TN:  $20 \text{ mg/l}$  以下、TP:  $2 \text{ mg/l}$  以下) を満たしていることが分かる。

**医薬品類** 表2より物質によって除去効率に違いがあることがわかる。Tetracycline と Amoxicillin はほぼ除去されているが、DEET、Mefenamic acid 及び Phenytoin は処理過程で濃度が上昇し、除去されないまま流出して

キーワード 人工湿地、微量有害物質、医薬品類

連絡先 早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻榊原研究室 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1、sakaki@waseda.jp

いることが分かる。*p*-Acetaminophenの除去効率は99%以上であるが、これは流入濃度が他の物質と比較して非常に高いためであると考えられる。*p*-Acetaminophenは数十ng/ℓ程度まで除去されるものの、その後は除去がほとんどなされていない。除去効率が低い物質に対しては、Fe<sup>2+</sup>を添加することで進行しうるバイオフィenton反応<sup>2)</sup>を用いる必要性が明らかになった。今後室内実験でバイオフィenton反応の有効性を確認した上で、パイロット施設で本法を適用する予定である。

表1 一般的水質項目 除去結果

| Parameter | Inf. Conc. (mg/ℓ) | Mid. Conc.(mg/ℓ) |                 |                 |      | Eff. Conc. (mg/ℓ) | Total Removal Rate (%) |
|-----------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------|-------------------|------------------------|
|           |                   | 1 <sup>st</sup>  | 2 <sup>nd</sup> | 3 <sup>rd</sup> |      |                   |                        |
| BOD       | 115               | R1               | 56              | 19              | 5    | 4                 | 97                     |
|           |                   | R2               | 16              | 14              | 6    | 3                 | 97                     |
|           |                   | R3               | 28              | 25              | 4    | 3                 | 97                     |
| COD       | 239               | R1               | 181             | 83              | 36   | 31                | 87                     |
|           |                   | R2               | 133             | 126             | 47   | 39                | 84                     |
|           |                   | R3               | 99              | 69              | 32   | 57                | 76                     |
| SS        | 65                | R1               | 131             | 20              | 12   | 3                 | 95                     |
|           |                   | R2               | 62              | 57              | 9    | 2                 | 97                     |
|           |                   | R3               | 49              | 45              | 8    | 13                | 80                     |
| TN        | 31.3              | R1               | 27.5            | 19.1            | 7.47 | 6.30              | 80                     |
|           |                   | R2               | 14.2            | 16.1            | 9.33 | 5.79              | 82                     |
|           |                   | R3               | 9.80            | 10.0            | 1.87 | 1.40              | 96                     |
| TP        | 3.95              | R1               | 1.62            | 1.14            | 0.05 | 0.06              | 98                     |
|           |                   | R2               | 1.19            | 1.17            | 0.07 | N.D.              | > 99                   |
|           |                   | R3               | 0.91            | 1.16            | N.D. | 0.15              | 96                     |

R: Run, N.D.: Not detected.

表2 医薬品類 除去結果

| Name            | Class                       | Inf. Conc. (ng/ℓ)    | Mid. Conc.(ng/ℓ) |                      |                 | Eff. Conc. (ng/ℓ) | Total Removal Rate (%) |      |
|-----------------|-----------------------------|----------------------|------------------|----------------------|-----------------|-------------------|------------------------|------|
|                 |                             |                      | 1 <sup>st</sup>  | 2 <sup>nd</sup>      | 3 <sup>rd</sup> |                   |                        |      |
| Tetracycline    | Antibiotics                 | 558                  | R1               | 16.7                 | N.D.            | N.D.              | N.D.                   | > 99 |
|                 |                             |                      | R2               | N.D.                 | N.D.            | N.D.              | N.D.                   | > 99 |
|                 |                             |                      | R3               | 25.7                 | N.D.            | N.D.              | N.D.                   | > 99 |
| Amoxicillin     |                             | 43.9                 | R1               | N.D.                 | N.D.            | N.D.              | N.D.                   | > 86 |
|                 |                             |                      | R2               | N.D.                 | N.D.            | N.D.              | N.D.                   | > 86 |
|                 |                             |                      | R3               | N.D.                 | N.D.            | N.D.              | N.D.                   | > 86 |
| p-Acetaminophen | Analgesics/<br>Antipyretics | 1.09*10 <sup>4</sup> | R1               | 197                  | 28.6            | 24.2              | 28.7                   | > 99 |
|                 |                             |                      | R2               | 50.7                 | 55.1            | 41.3              | 46.5                   | > 99 |
|                 |                             |                      | R3               | 1.37*10 <sup>3</sup> | 95.0            | 24.7              | 25.3                   | > 99 |
| DEET            | Insect repellent            | 13.9                 | R1               | 635                  | 590             | 626               | 567                    | < 0  |
|                 |                             |                      | R2               | 263                  | 192             | 554               | 530                    | < 0  |
|                 |                             |                      | R3               | 241                  | 270             | 590               | 567                    | < 0  |
| Mefenamic acid  | Anti-inflammatory drugs     | 7.12                 | R1               | 32.1                 | 22.9            | 23.4              | 36.2                   | < 0  |
|                 |                             |                      | R2               | 2.41                 | 1.63            | 4.83              | 63.7                   | < 0  |
|                 |                             |                      | R3               | 1.76                 | 6.56            | 21.9              | 20.7                   | < 0  |
| Phenytoin       | Antiepileptic drugs         | 53.9                 | R1               | 235                  | 354             | 505               | 423                    | < 0  |
|                 |                             |                      | R2               | 397                  | 434             | 671               | 567                    | < 0  |
|                 |                             |                      | R3               | 252                  | 300             | 424               | 385                    | < 0  |

R: Run, N.D.: Not detected.

## 謝辞

本研究の一部は JST/JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発」助成を受けて実施した。

## 参考文献

- 1) Amelia K.Kivaisi, 2001, The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review, *Ecological Engineering*, **16**, 545-560.
- 2) A. R. Reis and Y. Sakakibara, 2011, Continuous treatment of endocrine disrupting chemicals by aquatic plants and biological Fenton Reaction, *JSCE, Ser. G (Environmental Research)*, **67**(7), 725-734.