

生活系排水の浄化機能を有する緑地の開発（その1）

——モデル土槽実験の結果——

近 江 縁 辻 博 和
喜 田 大 三

Study on Green Open Space Capable of Purifying Domestic Waste Water (Part 1)

——Results of Outdoor Experiments on Model Containers in Soil——

Yukari Ohmi Hirokazu Tsuji
Daizo Kita

Abstract

Recently, there have been strong demands for amenities in the living environment, for example, green open spaces and pleasant watersides. To meet these demands, the authors proceeded to carry out development of a “green open space capable of purifying domestic waste water” by combining revegetation with purification of waste water. This report gives the results of outdoor experiments with model containers in soil. Kuroboku soil, sandy soil, etc. were used as materials for the five model containers in soil, and bentgrass, zoysiagrass, etc. were planted at the surfaces. Overflowing water from a septic tank provided in the soil was supplied in order to follow up on a survey about the function of purifying waste water and the state of growth. As a result, it was confirmed that nitrogen in the water was eliminated from waste water with grasses growing and that the model container using Kuroboku soil for lower stratum soil eliminated much phosphorus from waste water.

概 要

近年、生活空間等のアメニティーが強く望まれ、野外においては「緑」の創出と良好な「水」環境の創造が叫ばれている。このニーズに応えるべく、リゾート開発地域・都市再開発地域などを対象にして、緑地と排水の土壌浄化処理を組み合わせた「生活系排水の処理機能を有する緑地」のシステム開発を進めている。この報告では、上記のシステムに関して現在行なっている野外モデル土槽実験の現時点までの成果を報告するものである。5種類の土槽を使用し、土壌材料は、黒ボク土、山砂などを供試した。また、地表には、ベントグラス・コウライシバなどを植栽し、浄化槽のオーバーフロー水を土壌中に供給して、モデル土槽における排水の浄化性能と植物の生育状況を追跡調査した。実験により、シバの生育とともに排水中の窒素が除去されていることを確認した。また、排水中のリン除去は、下層に黒ボク土を使用した土槽で顕著であった。

1. はじめに

近年、生活空間等のアメニティーが強く望まれ野外においては、良好な「水」環境の創造と豊富な「緑」の創出が強く望まれている。特に、リゾート開発地域、ウォーターフロント開発地区における工業地域・都市開発地域などの排水浄化・緑化造成等が望まれている。また、これらの地域での水域における水質管理等についても強く望まれている。

各種排水の高度処理を簡易に行なえるシステムとして、自然浄化能力を活用した土壌浄化法^{1),2),3)}がある。土壌浄化法は、元来土壌による吸着、さらには土壌微生物による有機物の分解などによって排水中の汚濁成分を除去しようとするものであるが、これらの土壌では、地表面に各種の緑化用植物の植栽が可能であり、それらの植物根

による無機養分の吸収利用も期待できる。

そこで、筆者らはこれらの地域を対象にして、緑地と排水、特に生活系排水の土壌浄化処理を組み合わせることによって、土壌による吸着、分解などに加えて緑化用植物の吸収によって、排水の高度な浄化が可能となる「生活系排水の浄化機能を有する緑地」のシステムの開発を進めている。本報告では、「排水の浄化機能を有する緑地」のモデル土槽において、植物の生育と排水浄化の性能を追跡調査し、約1年余の期間における成果について報告する。

2. 実験概要

2.1 実験装置

モデル土槽を用いた野外実験のフローシステムを図1に示す。モデル土槽は、 $2\text{ m}^L \times 2\text{ m}^W \times 1\text{ m}^H$ であり、

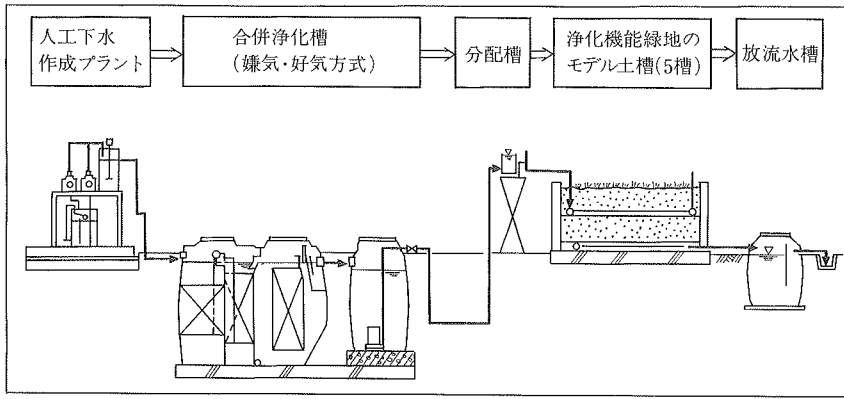


図-1 野外実験フローシステム

地表面には表-1に示すようにベントグラス、コウライシバ等を植栽した。また、これら5つのモデル土槽は、土槽の地表面から50cmまでを表層土、それ以下を下層土として、表-1に示すように山砂、黒ボク土等の土を組み合わせ使用した。使用した土の基本性状は、表-2に示すとおりである。モデル土槽への供給水としては、人工下水作成プラントで作成した人工下水を合併浄化槽(嫌気・好気)で処理し、そのオーバーフロー水を各土槽への供給水とした。供給水は、各モデル土槽の地表面下45cmの部位に2時間ごとに一定量の水を送水し、42l/m²・dの流量で供給した。

2.2 実験方法

モデル土槽は、平成元年9月に築造し、12月に植物を植栽し、翌年3月から浄化槽のオーバーフロー水を供給した。モデル土槽における排水の浄化性能は、モデル土槽への供給水およびモデル土槽からの流出水の水質を測定することによって評価し、それらの採水は原則として、毎週月曜日に実施した。また、地表面に植栽した地被植物は、適宜生育状況を観察し、特にNo.1~No.3槽のシバについては、シバリ取りを2~4週間のピッチで行ない、その刈り取り乾燥重量を測定した。

本実験で使用した人工下水は、稲森ら⁴⁾が使用しているものである。また、実験期間中におけるモデル土槽への供給水すなわち浄化槽のオーバーフロー水の性状は、BODが1~5ppm、COD_{Mn}が3.1~4.2ppm、T-Nが9.0~14.5ppm、NO₃-Nが8.4~13.1ppm、NO₂-Nが0.04ppm以下、NH₃-Nが0.2ppm以下、T-Pが3.8~5.6ppm、PO₄-Pが3.7~5.5ppm、であった。

なお、供給水および流出水ともにT-P中に占めるPO₄-Pの割合は、90~98%であった。そこで本報告で述べるT-Pの浄化性能については、原則としてPO₄-Pについて検討することとした。

3. 実験結果と考察

3.1 窒素の除去性能

3.1.1 除去性能の経時変化 図-2に、モデル土槽への供給水のT-N値からモデル土槽の流出水のT-N値を引いた値、すなわちモデル土槽におけるT-Nの除去

表-1 各槽における土と緑化植物の組み合わせ

槽No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
緑化植物	ベントグラス	コウライシバ	コウライシバ	シバザクラ・タマリユウ	裸地
表層土	山砂	黒ボク土	黒ボク土	黒ボク土	黒ボク土
下層土	山砂	黒ボク土	クリンカー	クリンカー	クリンカー

表-2 供試した土の基本性状

項目 材料	全炭素含有量 (%)	リン酸吸収係数 (mg/100g)	pH	粒度分布				真比重	含水比 (%)	乾燥密度 (t/m ³)
				礫 (%)	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)			
黒ボク土	5.9	3137.2	6.0	1	12	50	37	2.67	68.3	0.65
山砂	0.1	482.5	7.9	10	76	6	8	2.75	2.8	1.45
クリンカー	0.7	300.5	8.6	26	63	4	7	2.55	14.9	

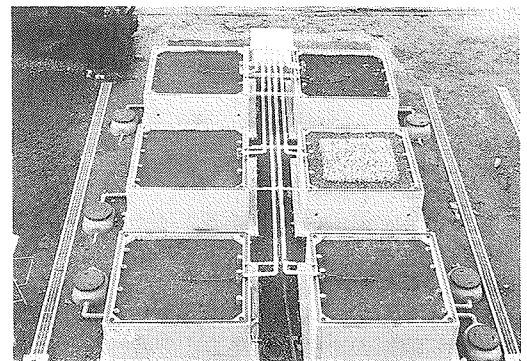


写真-1 モデル土槽の全景

濃度の月別平均値の経時変化を示す。

地表にベントグラスを植栽したNo.1槽では、平成2年5月から7月にかけて、除去濃度が高く2.7~4.4ppmであった。その後除去能は低下し、翌年1月にかけて1.4~2.2ppmであった。平成3年2月から7月に再び除去濃度が高くなり、3.4~4.7ppmであった。

これに対し、地表にコウライシバを植栽したNo.2、No.3の両槽では、平成2年5月から6月にかけて除去濃度が低く1ppm以下であったが、その後、除去能が上昇し、8月から10月にかけて2.4~4.1ppmであった。11月から翌年3月にかけては除去能が低下し2ppm以下であった。その後再び上昇し、7月にかけては1.3~4.0ppmであった。

地表にシバザクラ・タマリユウを植栽したNo.4槽は、全期間を通じ、1.4ppm前後の除去濃度であった。また、地表に何も植栽していない裸地のNo.5槽は、全期間を通して除去能が低く、0.8ppm前後であった。

3.1.2 年積算窒素除去量 先に示した除去濃度の経時変化より、平成2年5月から平成3年4月までの各槽における年間窒素除去量を算出し表-3に示した。年間窒素除去量は、ベントグラスを植栽したNo.1槽で41 g/m²・y、コウライシバのNo.2, No.3槽で25~32 g/m²・yであった。また、タマリユウ・シバザクラのNo.4槽では21 g/m²・y、裸地であるNo.5槽の土槽で12 g/m²・yであった。ところで、一般シバ地における窒素肥料施用量⁵⁾は、ベントグラスが20~30 g/m²・y、コウライシバが10~20 g/m²・yである。また、ゴルフ場のグリーン⁶⁾のそれは、ベントグラスが40~60 g/m²・y、コウライシバが20~40 g/m²・yであるといわれている。本実験におけるシバ植栽区No.1~No.3槽の年間窒素除去量は上記の一般シバ地とグリーン⁶⁾の年間窒素施用量の中間にあることから、排水中の窒素がモデル土槽に植栽したシバの栄養分として吸収され、結果として排水から除去されていると考えられる。

3.2 リンの除去性能

3.2.1 除去性能の経年変化 各槽のPO₄-Pの除去濃度を先のT-Nと同様の方法で算出し、月別経時変化を図-3に示す。No.2槽は、平成2年5月から平成3年7月までの全期間を通じ、流出水のPO₄-P濃度が0.03 ppm以下であり、供給水中のPO₄-P(3.7~5.5 ppm)が、ほとんど除去された。No.3, No.4, No.5槽では、平成2年5月から8月にかけてともに2 ppm前後の除去能があったが、9月以降除去能が低下し、平成3年1月から3月は、0.2~0.7 ppmの除去濃度であった。No.1槽では、年間を通じ、0.8~1.8 ppmの除去濃度であった。

3.2.2 年積算リン除去量 先に示した除去濃度の経時変化から、平成2年5月から平成3年4月までの各槽における年間リン除去量を算出し表-3に示した。年間リン除去量は、No.2槽のモデル土槽について、66 g/m²・yであるのに対して、他の土槽では18~23 g/m²・yと低かった。No.2槽が他槽と異なる点は、下層土として黒ボク土を使用していることである。

この黒ボク土のリン酸吸収係数は、前掲表-2に示すように非常に高いことから、下層に入れた黒ボク土に吸着されたと判断される。ただし、当然吸着保持容量には限界がある。この件に関しては、本実験を継続調査し、明らかにしていく予定である。

なお、No.3, No.4, No.5槽で、実験当初No.1槽に比べ吸着量が多い現象が見られた。この理由としてモデル土槽に供給する配管周囲に砂の代わりに吸着係数の高い資材を使用したためと考える。しかし、少量であったため数箇月で飽和状態になり、その後吸着できなくなったと思われる。

3.3 シバの生育状況

本実験中のモデル土槽におけるシバの生育量は、シバの刈り取り収量により求めた。シバの生育量は、平成2年7月から平成3年7月までについて経年追跡調査を行ないその結果を表-4に示す。No.1槽のベントグラス

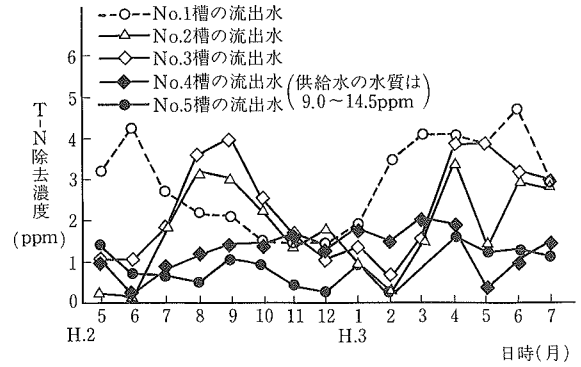


図-2 月別における各土槽のT-N除去の経時変化

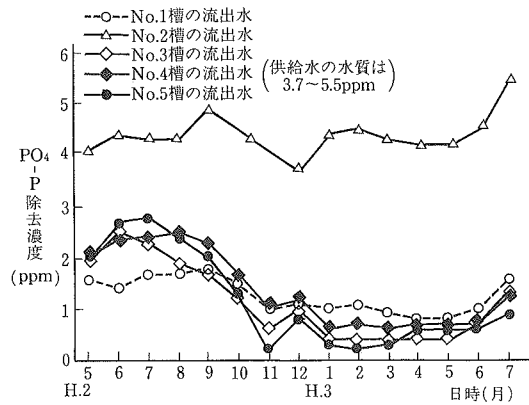


図-3 月別における各土槽のPO₄-P除去の経時変化

表-3 各槽の年間窒素除去量とリン除去量

槽 No.	植栽および土壌材	N除去量 Ng/m ² ・y	P除去量 Pg/m ² ・y
No.1槽	ベントグラス 山砂+山砂	41.4	19.9
No.2槽	コウライシバ 黒ボク+黒ボク	25.4	65.9
No.3槽	コウライシバ 黒ボク+クリンカー	31.1	18.4
No.4槽	タマリユウ・シバザクラ 黒ボク+クリンカー	21.3	23.0
No.5槽	裸地 黒ボク+クリンカー	12.3	19.9
	年供給量	171.1	65.9

は、3月ごろから生育し始め、4月から6月に生育が良く4.2~5.3 g/m²・dであった、その後8月に1.8 g/m²・d、10月に2.5 g/m²・dになり、11月から2月では、刈り取り収量はなかった。No.2, No.3槽のコウライシバは、4月ごろから生育し始め、4月から9月の間生育が良く、3.9~8.3 g/m²・dの生育量があった。また、11月から3月では、刈り取り収量はなかった。

本実験でのモデル土槽中のシバは、No.2, No.3槽ともに一般のシバ地に比べ平成3年4月から6月にかけて生育が多かったことを除けば、その他の各シバの生育状況については、一般のシバとほぼ同じ動向を示した^{5),6)}。

以上のことより、No.1, No.2, No.3槽におけるシバの生育状況の経月変化により、芝の生育量と排水の窒素

除去量についてある程度関係が認められた。このことについては、3.4で述べる。

各モデル土槽別乾燥重量あたりのシバの窒素含有量は、寒地型であるペントグラスが3.0~4.2%、暖地型であるコウライシバが2.0~3.0%の含有量があった。また、P₂O₅含有量は、ペントグラスが0.8~1.6%、コウライシバが0.6~1.0%、K₂O含有量は、ペントグラスが2.5~3.1%、コウライシバが1.3~2.4%であった。

モデル土槽中のシバのP₂O₅および、K₂O含有量については、一般にいられている範囲に入っていた^{5),6)}。これに対し、一般的なシバの窒素含有量は、寒地型で4.0~6.0%、暖地型で2.0~4.0%といわれており、本実験では、No. 1槽のペントグラスが、一般的な値と比べやや低かった。この点については、今後の実験を通して原因、対策を検討したい。

3.4 シバの生育と排水の窒素除去量との関係

前述の3.1では、土槽において、排水中の窒素が除去されていることを確認した。これらの要因としては、植物による吸収、土壌による吸着、土壌微生物による脱窒等が考えられる。本実験では、3.3で述べたように、排水中の窒素の除去量は、シバの生育量に影響されることが分かった。そこで、ここでは、排水中の窒素除去量と刈り取りシバ中の窒素量の関係を述べる。排水中の窒素除去量と刈り取ったシバ中の窒素量を月ごとに算出して両者の関係を図-4に示した。

図より、排水中の窒素除去量が大きくなるのに対応して、シバ中の窒素量が大きくなっていることがわかる。両者の関係から、図中に示したように、2, 3個のデータを除いて、モデル土槽で除去された窒素の70%以上は、植栽されたシバの地表部にある植物体に同化されていると読み取ることができる。また、前掲表-3のNo. 5槽の裸地区とNo. 3槽のシバ植栽区の年間窒素除去量を比べると、裸地区での窒素除去量は、シバ植栽区でのその約40%であった。このことは、シバ植栽区での排水中の窒素除去量の約60%がシバを植栽したことによる窒素除去量であることを意味する。

これらのことにより、土槽で除去された窒素の多くは、地表部のシバに吸収されたと判断できる。

4. まとめ

以上、緑地と排水の土壌浄化処理を組み合わせた「生活系排水の浄化機能を有する緑地」の開発をするべく、モデル土槽における排水の浄化性能と植物の生育状況を追跡調査し、その結果以下のことがわかった。

- ① 窒素除去量は裸地区に比べて地表面に植栽した土槽において除去量が多く、植栽した植物に影響される。
- ② 各シバの特徴として、ペントグラス植栽区は、3月~7月に、コウライシバ植栽区は、8月~10月にかけてシバ生育と窒素除去量が共に大きい。
- ③ 土槽で除去された窒素の多くは、地表部のシバによる吸収である。

表-4 シバの刈り取り収量

時期(月)	No.1槽 ペントグラス (g/m ² ・d)	No.2槽 コウライシバ (g/m ² ・d)	No.3槽 コウライシバ (g/m ² ・d)
H.2	7	5.3	3.9
	8	1.8	4.4
	9	4.8	4.4
	10	2.5	3.0
H.3	3	1.4	5.4
	4	5.3	5.9
	5	4.5	5.7
	6	4.2	5.3
7	2.8		5.8

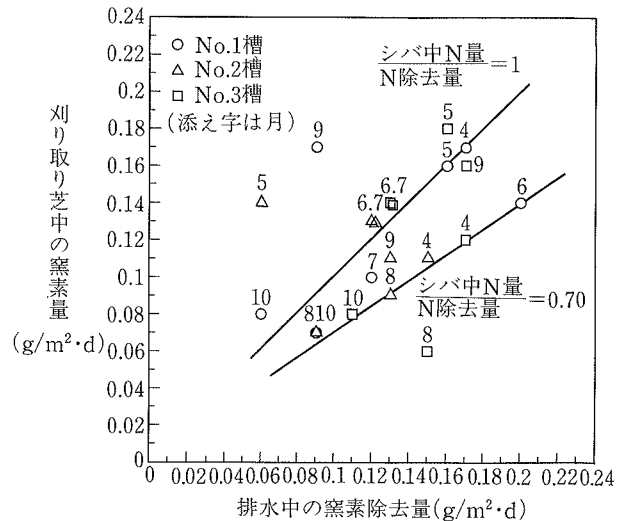


図-4 排水中の窒素除去量と刈り取りシバ中の窒素量

④ リン除去量は、下層に黒ボク土を使用した土槽で除去量が多い。

実験結果より、土槽では、土壌によってリンの除去がまた、地上植栽植物の吸収によって、窒素の除去が可能であるということが明らかとなった。今後もモデル土槽実験を継続するとともに、現場適用実験を行ない、緑化と土壌浄化を同時に可能とする本システムの開発を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 楠本, 寺西, 松本, 他: 汚水の土壌処理に関する技術指針, 用水と廃水, Vol. 29, No. 6~12, (1987)
- 2) 平松, 他: 土壌による排水の浄化に関する研究(その1) -実験装置の概要と予備実験結果-, 大林組技術研究所報, No. 20, p. 113~116, (1980)
- 3) 平松, 他: 土壌による排水の浄化に関する研究(その2) -浅い土壌層による高濃度排水の処理-, 大林組技術研究所報, No. 27, p. 123~127, (1983)
- 4) 稲森, 谷野, 須藤: 嫌気・好気濾床法の浄化特性に及ぼす循環比の影響, 下水道協会誌, Vol. 22, No. 255, p. 23~32, (1985)
- 5) 日本芝草学会編: 新訂芝生と緑化, ソフトサイエンス社, p. 117~125, p. 183, (1988)
- 6) 日本芝草研究会編: 総説芝生と芝草, ソフトサイエンス社, p. 178~179, p. 187~188, (1977)