水・電気・不要で排水なし!!
“ロハスのトイレ”

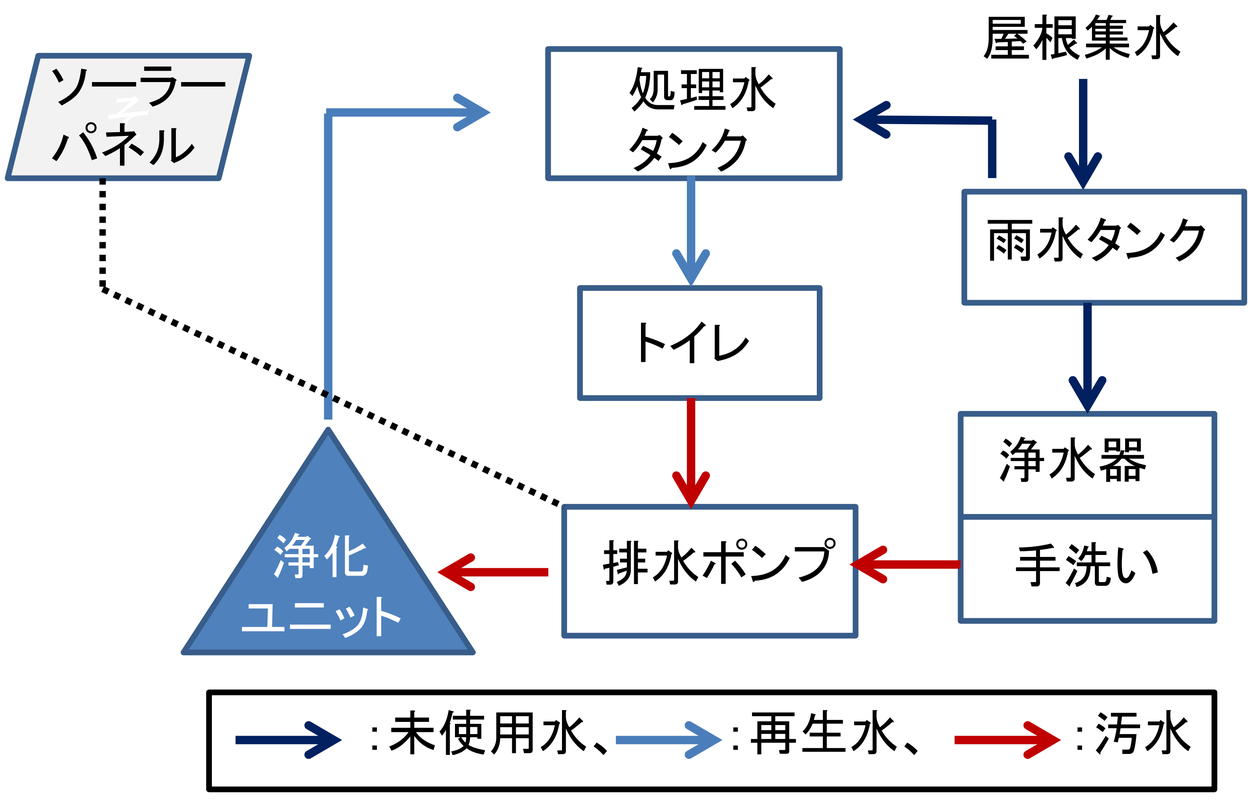
ロハスのトイレの特徴

◎洗浄水を再生して自給自足し、生じる排水はゼロであるため上下水道に依存せず快適なトイレを設置できます

◎再生可能エネルギーで稼働可能なため、電気に依存せずに快適なトイレ環境を提供できます

◎トイレ排水の成分は花壇を育む肥料として有効活用されます

ロハスのトイレの水の流れ



花壇型浄化ユニット

花壇型浄化ユニットでは、トイレ排水は、植物を育てる水であり、肥料であり、植物の蒸散作用を促進して気温を下げる水源にもなる。
水の再生はもとより、大気浄化、景観形成、人を癒す機能も有する多機能性が期待できる。

従来の水浄化技術（活性汚泥法）との比較

◎曝気が不要であり、汚水処理の運転コストを1/10以下に削減できます

◎活性汚泥法では不可能な負荷変動に対応でき、トイレの使用頻度が不安定な条件下でも問題なく浄化が可能です

ロハスのトイレの用途

◎工事現場、山岳、海浜、公園、農地等、汲み取り式簡易トイレに頼らざるを得ない場所でも、洗浄水を自由に使える快適なトイレを実現します

◎ライフライン（電気および上下水道）に依存しないため、災害等の非常事態に強いトイレを提供します

日本大学工学部
〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原1番地
土木工学科 教授 中野 和典 knakano@civil.ce.nihon-u.ac.jp
機械工学科 教授 橋本 純 atsushih@mech.ce.nihon-u.ac.jp

水・電気 不要で 排水なし ！ “ロハスのトイレ”

高頻度および低頻度使用条件下での実証試験

ロハスのトイレの特徴

◎洗浄水を再生して自給自足し、生じる排水はゼロ
◎再生可能エネルギーだけで稼働

→ 上下水道と電気に依存せずに快適なトイレを提供

実証試験の背景①：非常時のトイレの問題

◎災害等によりライフラインが寸断されると、通常のトイレは使用が不可能となる
◎被災地では、仮設トイレの劣悪な環境を嫌ってトイレを我慢して膀胱炎になったり、水を飲むことを我慢して脱水症状になる被災者の発生が繰り返されている

実証試験の背景②：山岳等のトイレの問題

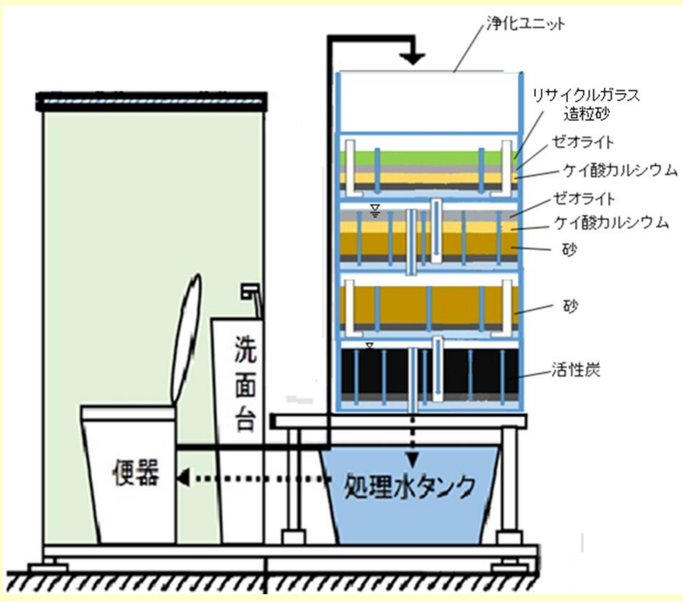
◎山岳や観光地などトイレ利用者数が大きく変動する条件では、汚濁負荷量も変動するため、汚水を浄化する微生物の維持が困難となる。
◎国立公園では、処理水の排水が禁じられていることがあり、水洗トイレの設置が難しい

非常時の仮設トイレで起きる集中的な利用（高頻度条件）にも、山岳等で起きる不安定なトイレの利用（不安定かつ低頻度条件）にも対応できる水の浄化技術が求められている

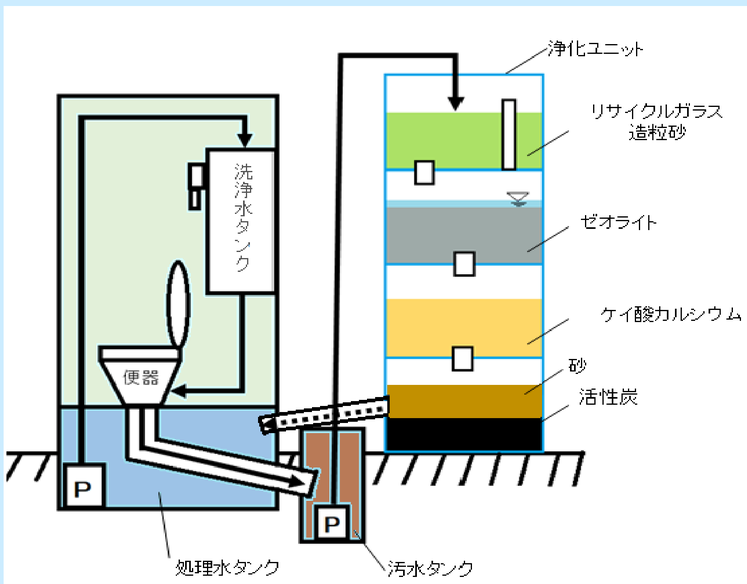
実証試験の概要

人工湿地の浄化機構を応用した浄化ユニットを簡易トイレと組み合わせた洗浄水自浄型トイレを製作し、計画的な高頻度条件及び不安定かつ低頻度条件で試験運用し、その実用性を実証することを試みた

高頻度条件（日大工学部キャンパス）で試験運用した洗浄水自浄型トイレの概要と使用条件



不安定かつ低頻度条件（飯館村実験農場）で試験運用した洗浄水自浄型トイレの概要と使用条件



洗浄水の再生は、ろ材を充填した4つのコンテナにより洗浄排水を4回ろ過処理することで達成される

89日間に大便130回、小便310回の高頻度条件でトイレを使用

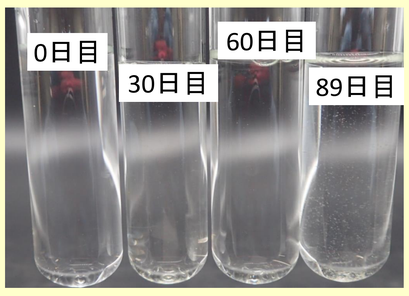
446日間に大便24回、小便88回の不安定かつ低頻度条件でトイレを使用

高頻度条件での試験運用の結果

工学部キャンパスで89日間試験運用した後の洗浄水質を表に示す。最終濃度を使用回数で割った大便1回あたりのCODMn、総窒素(T-N)及び総リン(T-P)の蓄積濃度は、それぞれ0.3mg/l、1.2mg-N/l、0.06mg-P/lであり、小便1回あたりでは、0.1mg/l、0.5mg-N/l、0.02mg-P/lとなった。このように、高負荷条件で運用しても、トイレ使用1回あたりに蓄積する汚濁濃度は低く、さらに、大腸菌の増加も起こらないことが確認できたことから、本研究で開発した洗浄水自浄型トイレが、高頻度の使用条件でも問題なく持続的に快適に使用できることを実証できた。

不安定かつ低頻度条件での試験運用の結果

飯館村で466日間試験運用した後の洗浄水は、表に示すようにトイレの快適な利用に問題ない水質を維持できており、本研究で開発した洗浄水自浄型トイレが、従来技術である活性汚泥法を使用できないような不安定かつ低頻度条件でも、問題なく持続的に使用可能であることが実証できた。



写真：高負荷条件下で繰り返し再生したトイレ洗浄水の外観の比較。 89日間の試験運用後でも、トイレ使用者に違和感を与えないレベルの色度と透明感を維持することができた。

表　高頻度条件及び不安定かつ低頻度条件で運用した洗浄水自浄型トイレの洗浄水の最終水質

負荷条件	使用日数	使用回数 大便	使用回数 小便	最終洗浄水水質 CODcr	CODMn	T-N	T－P	大腸菌群	大腸菌	臭気レベル値
	（日）	（回）	（回）	(mg/l)	(mg/l)	(mg-N/l)	(mg-P/l)	(個/ml)		
高負荷条件	89	130	310	90	29	149	7.3	0	0	10
低負荷条件	466	24	88	0	0	69	1	7	-	12

花壇を利用した
低コスト・低炭素・グリーン化・高度処理・水再生システム

研究背景と目的　日本の人口は2050年には約25%減少することが予測され、人口密度が減少する。その一方、一人当たり利用可能な土地は増加するため、小規模分散処理の重要性と適用性が増加すると考えられる。そこで日本大学工学部では、小規模分散処理の高度処理化と低炭素化を家庭の庭で実現する花壇型人工湿地を開発し、その水質浄化性能と特性を明らかにすると共に、その省エネルギー性を確認するための実証試験を行った。

花壇型人工湿地の特徴

- 重層型構造によりマイナス66%の省面積化を実現
- 消費電力は6-10分/日の揚水ポンプ動力のみ
- 汚水は5段のろ床で浄化

写真-1　花壇型人工湿地の外観

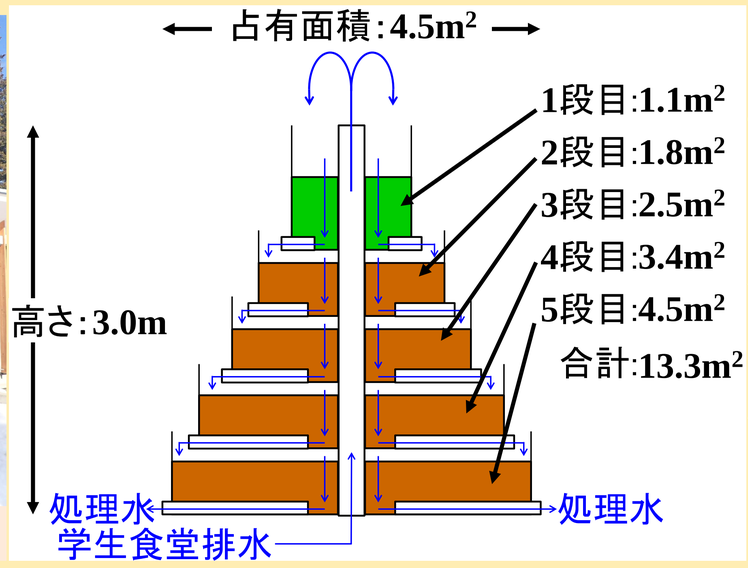


図-1　花壇型人工湿地の内部構造

表-1　花壇型人工湿地の使用ろ材とろ床高

1段目（0.4m）	リサイクルガラス造粒砂（粒径<9.5mm）	
2-5段目（0.3m）	砂（粒径<2.0mm）	
各段表層（0.05m）	ゼオライト及びケイ酸カルシウム（粒径<4.0mm）	

試験方法

- 372日間の学生食堂排水の処理水量:106m³
- 日処理水量の平均値:0.29m³/d

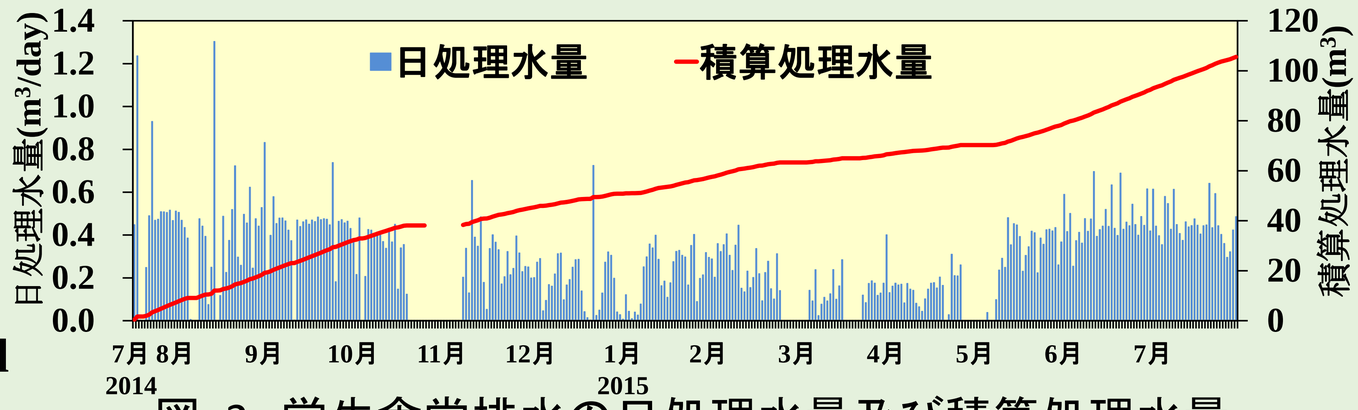


図-2　学生食堂排水の日処理水量及び積算処理水量

写真-2　5段のろ床で浄化された学生食堂排水の様子

試験結果①:花壇型人工湿地の水質浄化性能と特性

年間を通して高いBOD除去性能を達成可能なことを実証した

- BOD:処理水の平均濃度6.3mg-BOD/l、平均除去率99%

ケルダール窒素（TKN）、T-N及びT-Pでも、高度処理と言える高い水質浄化性能を達成できることを実証した

- TKN:処理水の平均濃度0.8mg-N/l、平均除去率91%
- T-N:処理水の平均濃度0.8mg-N/l、平均除去率74%
- T-P:処理水の平均濃度0.6mg-P/l、平均除去率75%

BODとTKN、T-N及びT-Pの年間浄化性能の差異の原因

- 冬期にろ床内に溜まった汚濁物質の分解が、温度の高まりとともに春季に始まり、一時的に栄養塩の溶出が起きるが、浄化性能は自然に回復することが確認できた。

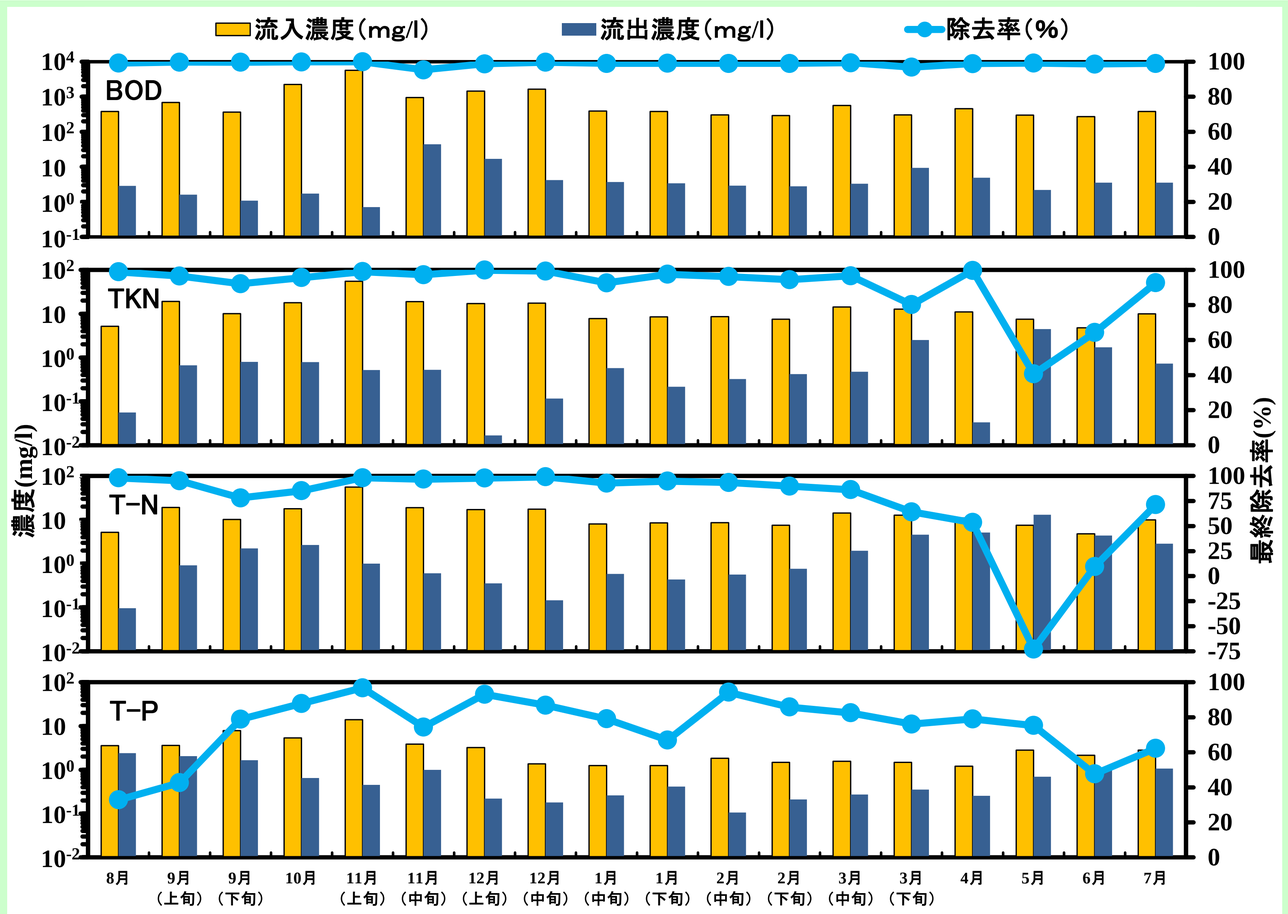


図-3　1年間の花壇型人工湿地における水質浄化性能の変動

試験結果②:花壇型人工湿地の省エネルギー性の評価

- 花壇型人工湿地でのBOD除去負荷あたりの消費電力は、高度処理浄化槽の僅か18分の1であった
- 花壇型人工湿地でのT-N除去負荷あたりの消費電力は、高度処理浄化槽と同等であった
- 花壇型人工湿地でのT-P除去負荷あたりの消費電力は、高度処理浄化槽の8分の1であった
- T-N及びT-Pについては、処理対象とした学生食堂排水の負荷量が生活排水より低いため、高度処理浄化槽との差異が小さくなっており、生活排水を処理する場合には、本試験よりも大きな差異（より省エネルギー）となることが推測される。

表-2　花壇型人工湿地の消費電力の浄化槽との比較評価

		花壇型人工湿地	浄化槽1)(5人槽)	比（花壇:浄化槽）
BOD	流入負荷(g/d)	193	200	1:1
	除去負荷(g/d)	191	190	1:1
	消費電力(Wh/d)	31.8	1752	1:55
	消費電力原単位(Wh/g-BOD)	0.17	3.0	1:18
T-N	流入負荷(g/d)	3.2	45	1:14
	除去負荷(g/d)	2.9	35	1:12
	消費電力(Wh/d)	31.8	1752	1:55
	消費電力原単位(Wh/g-N)	12.1	16.5	1:1
T-P	流入負荷(g/d)	0.89	8	1:9
	除去負荷(g/d)	0.63	7	1:11
	消費電力(Wh/d)	31.8	2832	1:89
	消費電力原単位(Wh/g-P)	50.3	404	1:8

1)BOD及びT-Nでは5社11機、T-Pでは1社2機の浄化槽のパンフレットより最小の消費電力原単位のデータを抜粋

日本大学工学部
〒963-8642　郡山市田村町徳定字中河原1番地
土木工学科　教授　中野　和典　knakano@civil.ce.nihon-u.ac.jp
機械工学科　教授　橋本　純　atsushih@mech.ce.nihon-u.ac.jp