

有用植物や水田生態系を活用した水質改善のこころみ

秋田県立大学名誉教授

尾崎 保夫

1. はじめに

近年、八郎湖におけるアオコの異常発生（岡野ら、2015）に伴う悪臭問題や水産用水としての利用価値の低下などにより、漁業者や地域住民等から早急な水質改善対策の確立が求められています。八郎湖の水質悪化は、八郎湖流域からの窒素、リンなど富栄養化原因物質の流入量の増大、漁獲等による窒素、リンの持ち出し量の減少、水生植物や湖沼生態系による自然浄化機能の低下等による八郎湖内への汚濁物質の蓄積が主な要因と考えられます（尾崎、2010）。

本日は、植物や水田生態系を活用した湖沼等の水質改善のこころみについて、私が農水省農業研究センターと中央農業総合研究センターおよび秋田県立大学生物環境科学科で実施した研究の一部をご紹介します、今後の八郎湖の水質改善の在り方について、みなさんで考えていただきたいと存じます。

2. 水田生態系の窒素浄化機能の調査とその活用

1) 目的

水田生態系は、水稻による窒素、リン等肥料成分の吸収機能の他、脱窒機能や富栄養化原因物質の吸着機能を有しています。本研究では、水田の水質浄化機能を精密に調査できる小型ライシメーターを試作し、高濃度のNO₃-Nを含む灌漑水を連続供給した際の水田土壌の水質浄化機能や畑地湧水を灌漑水として利用している谷津田の窒素浄化機能を調査し、その活用法等を検討しましたので、その結果を報告します。

2) 試験方法

水田の水質浄化機能を高精度に調査するため水田槽（99.6×49.6×41.6^Hcm、0.49m²）、灌漑水貯留タンク、灌漑ポンプ、転倒升流量計、制御盤からなる小型ライシメーター（写真1、写真、カラー図表は後方にまとめて掲載）を4基試作しました。水田槽の底には浸透水の集水パイプを取り付け、その上に砂利と川砂を7cmの厚さに入れ、谷和原水田作土を25cmの厚さに充填（乾土として114kg）しました。5月28日に被覆NK化成（UCK-LM555）をN、P₂O₅、K₂Oとして、それ

ぞれ70kg/ha施用後、キヌヒカリを3本植えて12株移植しました。NO₃-N 0~15mg/Lを含む灌漑水を灌漑ポンプで供給（約13.5mm/日）し、水田作土内を通過した浸透水を集水パイプで集め、転倒升流量計で計量・分析して、水田の窒素浄化機能を評価しました。

また、茨城県旧田島村大和田地区の谷津田を借り上げ、固定堰とパーシャル型自記流量計を用い、畑地湧水をできるだけ一定流量（25~50mm/日）で、試験水田（無肥料、幅4m、長さ68m）に供給しました（図1、写真2参照）。水稻収穫後、稲わらを4200kg/ha表面施用し、稲わら施用が水田の窒素浄化機能に及ぼす影響を調査しました。

3) 結果と考察

田淵（1985）は、水田の窒素浄化機能を水田における窒素の差引排出負荷量（窒素の差引排出負荷量=地表排出N量+浸透N量-用水N量-降水N量、図2）で評価することを提案しています。

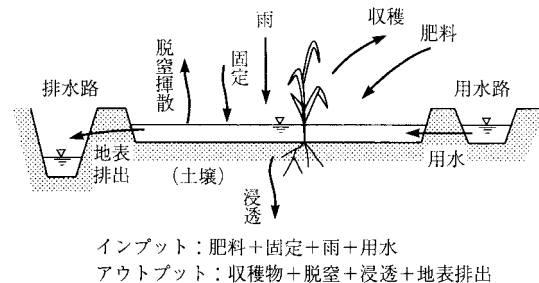


図2 水田における窒素収支の模式図（田淵、1985）

農業用水にNO₃-Nを0、5、10、15mg/L加えた灌漑水を供給したところ水稻栽培期間中の浸透水の

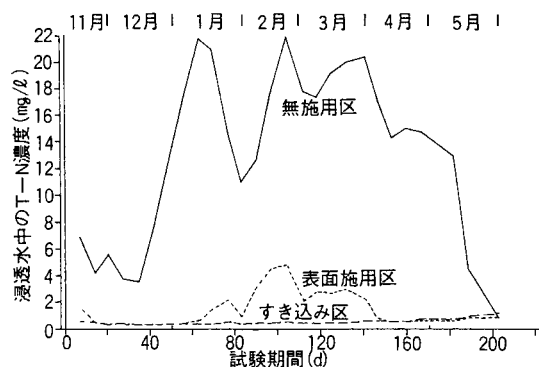
表1 水田の窒素浄化機能と非作付期の稲わら施用効果

稲わら 施用法 ^{a)}	試験期間	灌漑水の NO ₃ -N濃度 (mg/L)	流入水		浸透流出水		差引き排出量 F-I (kg/ha)	平均窒素 除去速度 (kg/ha・d)
			平均T-N濃度 ^{b)} (mg/L)	流入T-N量 ^{c)} (L, kg/ha)	平均T-N濃度 ^{b)} (mg/L)	流出T-N量 ^{c)} (L, kg/ha)		
稲わら 無施用	作付期 ^{d)}	0	0.69	12.9	0.56	5.9	7.0	0.06
	非作付期 ^{e)}	44.5	28.57	438.9	12.46	150.9	289.0	1.42
稲わら 表面施用	作付期	5	4.47	84.2	0.56	5.9	78.3	0.69
	非作付期	44.5	28.57	438.9	1.37	15.9	424.0	2.09
稲わら 敷込み	作付期	10	8.47	155.4	0.45	4.4	151.0	1.34
	非作付期	44.5	28.57	438.9	0.50	5.8	434.1	2.14
稲わら 表面施用	作付期	15	12.06	228.4	0.52	4.7	223.7	1.98
	非作付期 ^{e)}	無灌漑	0.96	1.08	1.08	4.7	0.9	-

a) 水稻収穫後いずれも6,000kg/ha²施用 b) 水稲加重平均濃度 c) 92.5, 29~9.18、平均灌漑水層1.526mm、降水層344mm
d) 92.11, 19~393.531、平均灌漑水層952mm、降水層579mm e) 非作付期間は灌漑を中止し、畦状態で管理
f) 被覆NK化成を用い、N、P₂O₅、K₂Oとしてそれぞれ70kg/ha²施用

平均T-N濃度は、それぞれ0.56mg/L、0.56 mg/L、0.45 mg/L、0.52mg/Lとなり、NO₃-N濃度15mg/Lの灌漑水を供給しても浸透水のT-N濃度は上昇せず、水稲作付期間中に1 ha当たり224kgの窒素が脱窒等により除去されることが分かりました（表1）。

また、水稲非作付期間には、稲わらを1 ha当たり6000kg鋤き込または表面施用し、稲わら無施用区と冬季のNO₃-N浄化機能を比較しました。冬季には、NO₃-N濃度44.5mg/Lの灌漑水を1週間に3回灌漑（月、水、金、33.6mm/週）した際の浸透水のT-N濃度の変化を図3に示しました。稲わら無施用区では、浸透水のT-N濃度は1月中旬に約22mg/Lまで上昇し、厳冬期は高濃度を維持し、4月に入ると低下し始め、5月31日の試験終了時には他の試験区とほぼ同一濃度にまで低下しました。稲わら表面施用区の浸透水のT-N濃度は5



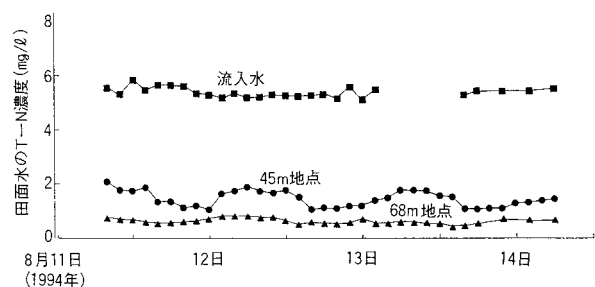
注) 流入水の平均 NO₃-N 濃度28.5mg/ℓ，平均流入量7.6mm/d

図3 稲わら施用が浸透水の全窒素(T-N)濃度及ぼす影響 —水稲非作付期間、NO₃-N濃度28.5mg/L、平均流入量7.6mm/日—

mg/Lを超えることはなく、また、鋤き込み区では、1～2月でも浸透水のT-N濃度の上昇は認められず、稲わらの鋤き込により、水田土壌の窒素浄化機能は著しく向上することが判明しました。水稲非作付期間中の浸透水の平均T-N濃度は、稲わら無施用区12.46mg/L、表面施用区1.37mg/L、鋤き込み区0.50mg/Lとなり、非作付期間中の窒素除去量は水田1 ha当たりそれぞれ289kg、424kg、434kgとなりました（表1）。

図1には、出島台地の土地利用と畑地浸透水が常総粘土層の上部を流れ、谷津田の承水路に湧出している台地湧水の流れを図示しました。本調査地域では、台地湧水のみを水田の灌漑用水として利用していますので、図1の最下流側の谷津田を借り上げて、写真2のように固定堰とパーシャル

型自記流量計を用いて、谷津田に湧水を連続的に導き、窒素浄化機能の調査を行いました。図4は、8月11～14日の3日間、自動採水器で2時間置きに流入水と45m地点および68m地点の田面水を採水し、各地点のT-N濃度の変化を調査したものです。調査期間中の平均灌漑水量は25mm/日で、灌漑水の平均T-N濃度は5.42mg/L（大部分NO₃-N）でしたが、45m地点と68m地点（水尻）の平均T-N濃度はそれぞれ1.47 mg/L、0.68 mg/Lに低下し、灌漑水が水田内を流下する際に、1日1 ha当たり1.24kgの窒素が除去されることが示唆されました。



注) 3日間の平均 T-N 濃度 (mg/ℓ) : 灌漑水5.42, 45m地点1.47, 68m地点0.68
3日間の平均 T-N 除去速度 (kg/ha・d) : 45m地点1.62, 68m地点1.24 (平均灌漑水量25mm/d)

図4 台地湧水を灌漑水として利用している谷津田の流下に伴うT-N濃度の変化—平均T-N濃度：流入地点 5.42mg/L、45m地点 1.47mg/L、68m地点 0.68mg/L—

4) まとめ

水田は、米の生産の場であると同時に、水質浄化機能、水資源かん養機能、豊かな生物相の保全機能を有していますが（守山、1992）、台地と低地の境にある谷津田は、一筆の面積が小さく、徐々に耕作放棄田や産業廃棄物等の埋め立て地にかわっています（尾崎ら、1995、1998）。これら水田の多面的機能を見直すと同時に、集約野菜畑等から流出している高濃度のNO₃-Nの浄化の場として有効活用するため、地域特性に合った環境保全的な土地利用計画の策定が求められています。最近、NPO法人アサザ基金（飯島、2012）や草木谷を守る会（石川ら、2014）等では、地域住民と一緒に荒廃した谷津田を再生して酒米を栽培し、地域の酒造会社と連携して独自ブランドの酒を生産する活動を積極的に推進しています。このような環境教育を含めた谷津田の有効利用が全国に広がることを期待しています。

3. 有用植物を用いた生活排水等の資源循環型水質浄化システムの開発

1) 目的

生活排水等の資源循環型高度処理システムを開発するため、有用植物と天然鉱物濾材を組合せ、植物の養分吸収機能、濾材の吸着・濾過機能及び付着微生物の浄化機能を有効に利用できるバイオフィルター水路（BGF水路）を試作し、各有用植物の水質浄化特性の解明および年間安定した処理水質を得るための有用植物の植栽組合せ法などについて研究を行ってきました（尾崎、1995、1997、OZAKI、1999、尾崎、阿部、2009）。ここでは、茨城県つくば市と岡山市犬島で実施した試験結果を紹介します。

2) 試験方法

図5は、茨城県つくば市の私の家に設置したBGF水路のフローシートです。生活排水は、まず、

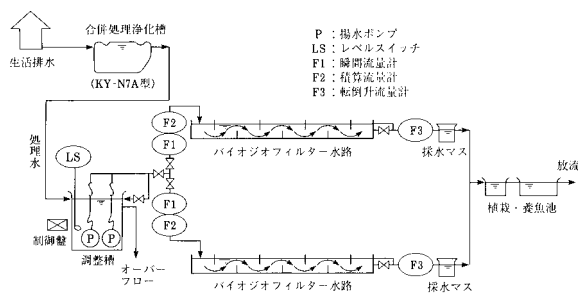


図5 バイオフィルター水路を用いた生活排水の浄化システム—濾材にゼオライトと鹿沼土を使用し、陸生植物を栽培する際には、各濾材の充填高さを水面より10～15cm高くした—

合併浄化槽で処理し、その処理水を調整槽にため、タイマー制御により、1時間に15分間水中ポンプで揚水（1時間当たり32～36L）し、瞬間流量計と積算流量計を経て、BGF水路（0.40×19.50×0.40^Hm、水深0.2m、ビニールハウス内に設置）に供給しました。BGF水路は、整流板で8区画に分割するとともに、植物の耐湿性に応じて濾材の充填高さを調節しました（例：陸生植物では、水路内の濾材の充填高さを水面より10～15cm高くする）。

○1997年10月～1998年4月(冬季)

オオタムシムダイコン	ベカナ	シュンギク	フダンソウ	雪自体葉	カラークレソン	セリカラ	バビルス
------------	-----	-------	-------	------	---------	------	------

○1998年5月～9月(夏季)

ミニトマト	トマト	クワイ	サトイモ	ケナフ	セリカラ	バビルス
-------	-----	-----	------	-----	------	------

図6 BGF水路の主な植栽植物(1997年10月～1998年9月)

BGF水路に植栽した有用植物とその植栽位置を図6に示しました。また、冬季植栽植物と夏季植栽植物は、植栽植物の生育状態に応じ9～10月と4～5月に順次植え替えました。

3) 結果と考察

写真3は、2月1日のBGF水路に植栽した野菜類の生育状況です。無加温のビニールハウス内に設置したBGF水路で、野菜類は写真のように良く生長し、収穫した野菜類は食用に供していません。写真4には夏季のトマト（水路前方）、写真5には秋季のサトイモ（水路中間）の生育状況を示しました。トマトとサトイモの生育は極めて旺盛で、草丈がそれぞれ2.7mと2.3mに生長し、たくさん収穫することができました。

BGF水路流入水と流出水のT-P濃度の年間変動を図7に示しました。ゼオライトを充填したH水路の流出水のT-P濃度は、植栽植物の生育の悪い12～3月には流入水とあまり変わらなかったが、夏季植栽植物の生育が旺盛となった6月から顕著に低下しました。一方、鹿沼土を充填したM水路では、流出水のT-P濃度は冬季でも低く抑えられ、植栽植物の生育が旺盛な夏季には、流出水のT-P濃度は0.02mg/Lまで低下し、鹿沼土のリン除去機能の高いことが分かりました。

同様に、BGF水路流入水と流出水のT-N濃度の年間変動を図8に示しました。ゼオライト水路流出水のT-N濃度は気温の低下とともに徐々に高くなり1月には最高値4.7mg/Lに達しましたが、冬季野菜の生育に伴い再び低下し、4月には1.3mg/Lとなりました。本試験では、5月から合併浄化槽の脱窒機能を抑制したため、流入水のT-N濃度は20mg/L前後に上昇しましたが、植栽したトマト、クワイ、サトイモの生育は極めて旺盛で、流出水の平均T-N濃度は6～9月には1mg/L以下となり、雨水よりも低いレベルにまで浄化できました。一方、鹿沼土水路では、流出水のT-N濃度はゼオライト水路よりやや低く、6月以降はT-N濃度0.6mg/L以下の良好な流出水が得られました。

表2と表3は、ゼオライトと鹿沼土を充填したBGF水路のT-PとT-Nの年間浄化成績をとりまとめたものです。冬季には、両水路に植栽したシュンギク、フダンソウ、葉ダイコンなどの野菜類の生育は良好で（写真3）、鹿沼土水路流出水の平均T-P濃度は、冬季には0.72mg/L、夏季には0.41mg/Lとなり、ゼオライト水路の3.47mg/Lと

表2 ゼオライトと鹿沼土を濾材としたBGF水路のT-P 浄化成績 (1997年10月~1998年9月)

濾材の種類 (時期)	流入水			流出水			除去率 (%)
	平均流量 (L/日)	平均濃度 (mg/L)	平均負荷量 (g/m ² /日)	平均流量 (L/日)	平均濃度 (mg/L)	平均除去速度 (g/m ² /日)	
ゼオライト水路冬季	428	4.63	0.254	351	3.47	0.098	38.6
鹿沼土水路冬季	436	4.62	0.258	365	0.72	0.224	86.8
ゼオライト水路夏季	396	5.73	0.291	281	2.11	0.215	73.9
鹿沼土水路夏季	382	5.70	0.280	291	0.41	0.265	94.6

表3 ゼオライトと鹿沼土を濾材としたBGF水路のT-N浄化成績 (1997年10月~1998年9月)

濾材の種類 (時期)	流入水			流出水			除去率 (%)
	平均流量 (L/日)	平均濃度 (mg/L)	平均負荷量 (g/m ² /日)	平均流量 (L/日)	平均濃度 (mg/L)	平均除去速度 (g/m ² /日)	
ゼオライト水路冬季	428	9.41	0.52	351	2.38	0.41	78.8
鹿沼土水路冬季	436	9.38	0.52	365	1.94	0.43	82.7
ゼオライト水路夏季	396	19.91	1.01	281	1.22	0.97	96.0
鹿沼土水路夏季	382	19.72	0.97	291	0.80	0.94	96.9

2.11mg/Lに比べると顕著に低く、鹿沼土のリン除去機能の高いことが確認できました。

一方、冬季の流出水の平均T-N濃度は、ゼオライト水路では2.38mg/L、鹿沼土水路では1.94mg/Lでしたが、植栽植物の生育が旺盛な夏季には、流出水の平均T-N濃度は、ゼオライト水路では1.22mg/L、鹿沼土水路では0.80mg/Lとなり、両水路とも窒素を効率よく除去できることが判明しました。得られた試験成績より、夏季の平均T-N除去速度を求めると、ゼオライト水路では0.97g/m²/日、鹿沼土水路では0.94 g/m²/日となりました。

本BGF水路を設置した家庭では、漂白剤や合成洗剤等の合成化学物質の使用を自粛するなど生活様式全般についても見直しを行っているため、BGF水路流出水の重金属濃度等は表4のように水道水の水質基準値より低く、適切な滅菌処理を行えば循環利用できることが明らかになりました。

表4 BGF水路流入水と流出水の重金属濃度の分析結果(採水:1998年8月19日)

項目	水路流入水	ゼオライト水路 流出水	鹿沼土水路 流出水	水道水の水質基準
	pH	6.50	6.08	
全窒素(mg/L)	22.5	2.17	0.28	10以下(NO ₃ -N)
全リン(mg/L)	5.96	1.66	0.06	-
鉄(mg/L)	0.03	<0.03	0.03	0.3以下
亜鉛(mg/L)	0.110	0.005	0.087	1.0以下
水銀(mg/L)	<0.00052	<0.0005	<0.0005	0.0005以下
鉛(mg/L)	<0.004	<0.004	<0.004	0.05以下
ガリウム(mg/L)	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.01以下
銅(mg/L)	0.01	<0.01	0.01	1.0以下
マンガン(mg/L)	0.092	0.014	0.005	0.05以下

トマト、モロヘイヤ、バジル、ミント、ケナフなどを植栽した陸生植物水路とエンサイ、クワイ、水稻、パピルスなどを植栽した水生植物水路の1996年8月の生育状態を写真6に示しました。また、図9は、BGF水路流下に伴う8月の平均T-N濃度の変化を图示したものです。水生植物水

H水路	トマト	モロヘイヤ バジル	フウセン カズラ ユウガオ	ペパーミ ント オーデコ ロニン	ローズゼ ラニウム スイート トラバン ダー	ケナフ	オーデコ ロニン レモン グラ
M水路	エンサイ	クワイ	水稻	ガジュ マル レモン グラ	パピルス		

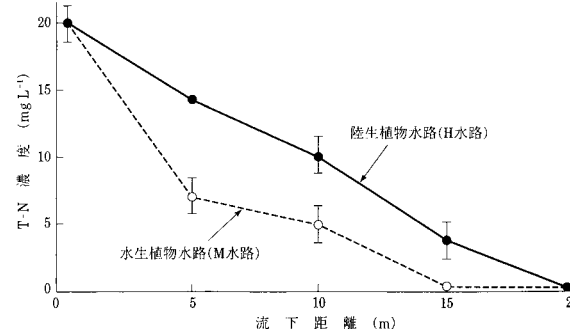


図9 BGF水路流下に伴う全窒素濃度の変化 (1996年8月の平均値)

—H水路には陸生植物、M水路には主に水生植物を植栽—

路(M水路)では、水路前方のエンサイとクワイ植栽区間(長さ、4.8m)を通過する間に平均T-N濃度は12.7mg/L低下しましたが、水稻植栽区間では1.9mg/Lしか低下せず、植栽植物の生育速度が窒素浄化機能に大きく影響を与えることが判明しました。また、パピルス植栽区間ではT-N濃度は急激に低下し、流出水の平均T-N濃度は0.45mg/Lとなりました。一方、陸生植物水路(H水路)では、流下に伴いT-N濃度はほぼ直線的に低下し、流出水の平均T-N濃度は0.3mg/Lとなりました。

これまでに栽培した70種類を超える有用植物の試験成績を基に、茨城県つくば市での有用植物の年間植栽組合せモデルを作成すると図10のようになります。水質浄化機能が高く、病害虫が発生しにくく、さらに収穫物が有効利用できる有用植物を選抜し、BGF水路前方には、養分濃度がある程度高くないと生育しないトマトやシュンギクなどの野菜類、後方には、低養分濃度でもよく生育するパピルス、ケナフ、カラー、セリなどを植栽して水質の向上を目指すと同時に、間作や混作等により、BGF水路の養分吸収機能を常に高く保持し、水質の安定化が図れるよう工夫しています。

美術館排水の浄化槽処理水の高度処理に活用し



図1 水田の水質浄化機能の調査
(茨城県出島台地の谷津田)

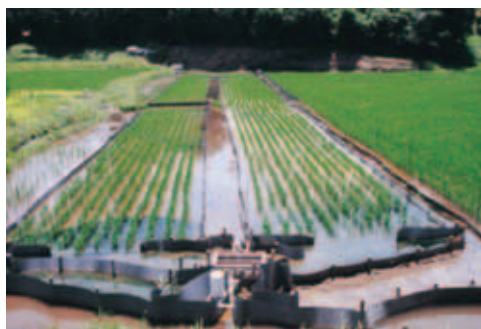


写真2 台地湧水を灌漑水として利用している谷津田
の水質浄化機能の調査
—茨城県出島台地—



写真4 BGF水路前方のトマトの生育状況
(夏季、8月8日撮影)
—左：ゼオライト水路、右：鹿沼土水路—

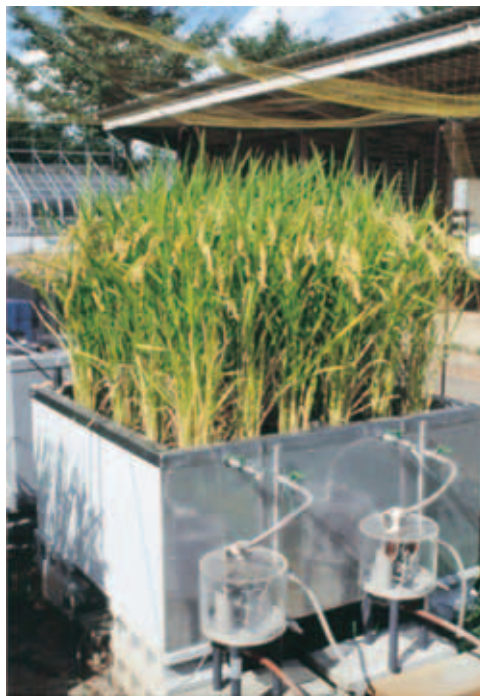


写真1 小型ライシメータを用いた窒素浄化試験
—NO₃-N 濃度0~15mg/Lの灌漑水を13.4mm/日で連続供給—



写真3 BGF水路における野菜類の生育状況
(冬季：2月1日撮影)



写真5 BGF水路中間のサティモの生育状況
(秋季、10月8日撮影)

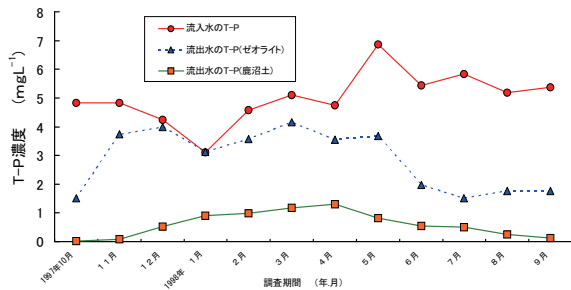


図7 ゼオライトと鹿沼土を濾材としたBGF水路流出水のT-P濃度の年間変動
—濾材：ゼオライト(H水路)、鹿沼土(M水路)—

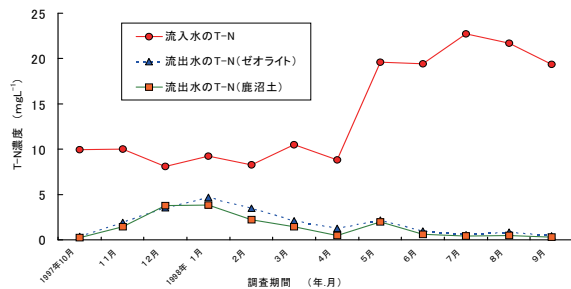


図8 ゼオライトと鹿沼土を濾材としたBGF水路流出水のT-N濃度の年間変動
—濾材：ゼオライト(H水路)、鹿沼土(M水路)—



写真6 陸生植物水路と水生植物水路植栽植物の生育状況(濾材：ゼオライト)
陸生植物水路(左)：トマト、モロヘイヤ、バジル、ミント、ケナフなど
水生植物水路(右)：エンサイ、クワイ、水稲、パピルスなど(8月4日撮影)

春から秋(植え付け時期:4月中旬~6月上旬)

	BGF水路流入部	BGF水路中部	BGF水路流出部
○陸生植物水路	トマト モロヘイヤ	バジル 青ジソ	ミント類 ケナフ
○水生植物水路	エンサイ クワイ	ハナショウブ サティモ	パピルス

秋から冬(植え付け時期:9月中旬~11月上旬)

	BGF水路流入部	BGF水路中部	BGF水路流出部
○陸生・水生植物水路	シュンギク 葉ダイコン	フダンソウ キヌサヤ エンドウ	カラー セリ

図10 家庭菜園として利用しながら水質浄化を行う際の有用植物の植栽組み合わせモデルの一例
—関東地域の無加温のビニールハウス内でも病害虫が発生しにくい有用植物を選抜—



写真7 美術館排水の合併浄化槽処理水の循環・再利用システム(岡山市犬島)
—夏みかん、ハッサク、イヨカン、温州みかん、オリーブ、キンカンを2008年3月に植栽—
—関東地域の無加温のビニールハウス内でも病害虫が発生しにくい有用植物を選抜—



写真8 大きく生長した柑橘類
—上：キンカン、オリーブ、下：ハッサク、夏みかん、2012年1月29日撮影—

た柑橘類の一例を写真7に示しました。パーラーやトイレの排水を合併浄化槽で処理し、その処理水を点滴灌漑法で、ミカンの森（夏みかん、ハッサク、温州みかん、オリーブ、キンカンを植栽）に定期的に供給し、処理水中の肥料成分の循環利用を図っています。写真8は、4年後の1月に撮影した写真です。キンカン、オリーブは写真のように大きく生長し、ハッサク、夏みかんはたくさん実を付けていました。収穫した柑橘類等は、パーラーで販売しており、私も試食させていただきましたが、お客さんからも好評とのことでした。

4) まとめ

生活排水の合併浄化槽処理水は、養分バランスの良いすぐれた肥料液で、野菜や資源植物の水耕培養液として利用することにより、資源循環と地域の水環境の改善が図れることを明らかにしました。自然と人間が共生できる潤いのある社会を再構築するため、この資源循環型水質浄化システムを住民参加のもとに家庭から集落、地域へと広がっていきたいと考えています。

引用文献

- 岡野邦宏, 鈴木英治, 太田栞, 宮田直幸, 谷幸則, 尾崎保夫 (2015) 秋田県八郎湖における藍藻毒ミクロシチンと有毒藍藻の季節的変動, 水環境学会誌, 38 (1), 23-30.
- 尾崎保夫 (2010) 湖沼の水質改善と水資源の循環利用をめざして (巻頭言), 月刊浄化槽, 12月号, 2pp.
- 田渕敏雄, 高村義親 (1985) 集水域からの窒素・リンの流出, 東京大学出版会, 1-226.
- 守山弘 (1992) 農村の水環境, 水環境学会誌, 15 (5), 295-298.
- 尾崎保夫, 関矢博幸, 木方展治, 阿部薫 (1992) 水田の水質浄化容量 (1) -水田土壌 (灰色低地土) における肥料成分の年間収支-, 地下水学会誌, 34 (3), 195-204.
- 尾崎保夫, 近藤正 (1995) 自然浄化機能を活用した農山村地域の水質改善, 用水と廃水, 37 (1), 32-38.
- 尾崎保夫 (1998) 農業生態系の浄化機能を活用した農山村地域の水質改善, 農業および園芸, 73 (1), 3-8.
- 飯島 博 (2012) トキと共に生きる社会づくり ~霞ヶ浦アサザプロジェクト~, 私たちの自然, 日本鳥類保護連盟, 4月号, 53巻, No575, 13-15
- 石川紀行, 石井善春, 藤原直人 (2014) 地域住民の参加による谷津田の再生と酒米生産、八郎湖流域管理研究, 第3号, 81-85
- 尾崎保夫 (1995) 有用植物を利用した農山村向きの水質浄化システムの開発, 水, 37 (11), 18-21.
- 尾崎保夫 (1997) 有用植物を用いた生活排水の循環・共生型水質浄化システムの開発, 日本水処理生物学会誌, 33 (3), 97-107.
- Ozaki, Y. (1999) Resource-Recycling System for Domestic Wastewater Treatment Using Biogeofilter Ditches Planted with Useful Plants, JARQ, 33 (4), 234-249.
- 尾崎保夫, 阿部薫 (2009) 有用植物を用いた生活排水等の高度処理-バイオジオフィルターの適用, BIO INDUSTRY, 26 (11), 28-37.