

ヤナギの生育による汚染物質の浄化

生物資源科学部 生物環境科学科

2年 B18G028 湊 晴香

B18G030 山津田美登莉

指導教員 生物資源科学部 生物環境科学科 准教授 石川祐一

助教 岡野邦宏

准教授 早川 敦

教授 高橋 正

1. 背景および目的

この自主研究を始めた理由は、植物を用いた浄化のファイトレメディエーションについて詳しく研究したいと考えたためだ。1,4-ジオキサンは常温で無色透明の液体であり、揮発性物質であり水に溶けやすい。また、土壌中への吸着力が弱く、水中で加水分解されず、微生物分解もされにくいという性質をもつ。そこで今回の自主研究では、能代産業廃棄物処理センターからの排水に含まれる 1,4-ジオキサンがヤナギのような植物により大気中に揮散することができるのか、その際に植物の品種や水深の違いによる影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 栽培の概要と処理区

秋田県立大学実験圃場のハウス内にステンレス製水路(1.0 m×0.4 m×0.4 m、排水口は高さ 0.2m に設置)を 4 列設置し、濾材としてバーミキュライトを 0.3 m(処理区 4 は 0.4 m)の厚さに充填した。圃場の地下水だけで生育させた区(処理区 1)、圃場の地下水と能代産廃水を 1:1 で混合した供給水による区(処理区 2)、処理区 2 と同様の供給水を用い、ヤナギを植えず無植栽とした区(処理区 3)、処理区 2,3 と同様の供給水を用い、バーミキュライトの充填厚を 0.4 m とした区(処理区 4)の 4 処理区を設定した。以下処理区 1~4 の排水をそれぞれ排水 1~4 とした(図 1)。



図 1 BGF 水路の外観

供給水および地下水には 3.5 mgN/L、0.35 mgP/L となるように塩化アンモニウム、リン酸三ナトリウムを加え供給水とし

た。供給水および地下水は定量ポンプで 14.4L/day となるように水路に供給した。処理区 1,2,4 には、FXM, KKD という 2 系統のヤナギ各 2 本/区を植栽した。栽培期間は 6 月 24 日～12 月 10 日である。12 月 10 日に植物体を全て収穫し、地上部(茎と落葉せずに残った葉)および地下部の重量を測定した。排水は自記記録型転倒ますにより記録し、1 日あたりの排水量を求めた。

2.2 水試料の採取と分析

排水 1~4 および供給水、地下水を約 1 週間おきに採水後、低温室にて保存し、 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, 溶存無機窒素($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ の合計)、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度ならびに 1,4-ジオキサン濃度の測定に供した。

$\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度は、試料を 10 倍に希釈し、QuAAtro-2HR(BL-TEC)を用いて比色分析した。1,4-ジオキサン濃度の測定は、試料をミネラルウォーターで 10 倍希釈し、内標準液を加えた後ヘッドスペース法により GC-MS を用いて測定した。

3.結果と考察

3.1 植物の成長

図 2 に処理区・系統別の樹高を示した。図 3 は処理区・系統別の新鮮重量である。処理区 2 と 4 の KKD が樹高・新鮮重量ともに顕著に大きく、とくに地下部の生育が良好であった。逆に処理区 1 では、他の処理区よりも生育が悪かった。これは夏季の生育の盛んな時期に、処理区 1 が送風機から最も離れていたために高温障害を生じた可能性と、地下水に N, P を添加したため他の必須元素が不足した可能性の 2 つが考えられる。KKD と FXM を比較すると、KKD の方が良好な成長を示した。新鮮重量の内訳をみると、根の比率が大きかったことから、KKD は装置の中央に植えられており、根を伸ばしやすい環境下であったことがその一因と考えられた。また、処理区 2 と 4 とを比較すると、充填したバーミキュライトの高さが 10 cm 違うため処理区 4 の方がより根を伸ばすのに十分な空間があったこと、根が水面にたどり着くまで伸張する必要があったことなどの理由から、根の比率が大きく地上部の生育が良くなったと考えられた。

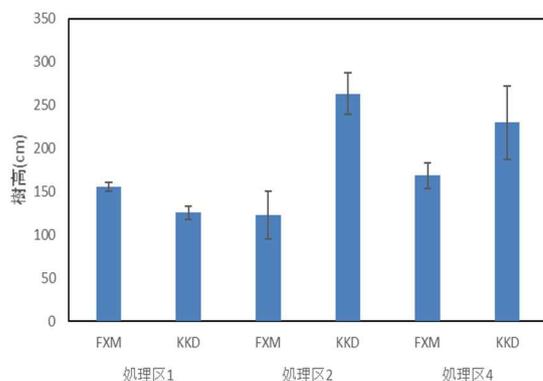


図 2 処理区、種類別の樹高

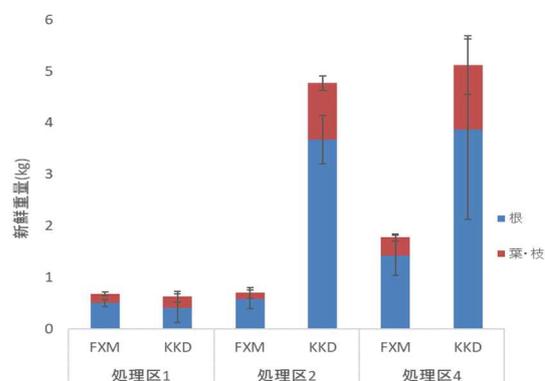


図 3 処理区ごとの新鮮重量

3.2 栄養塩の動態(NH₄-N、NO₃+NO₂-N、NO₂-N、PO₄-P の測定)

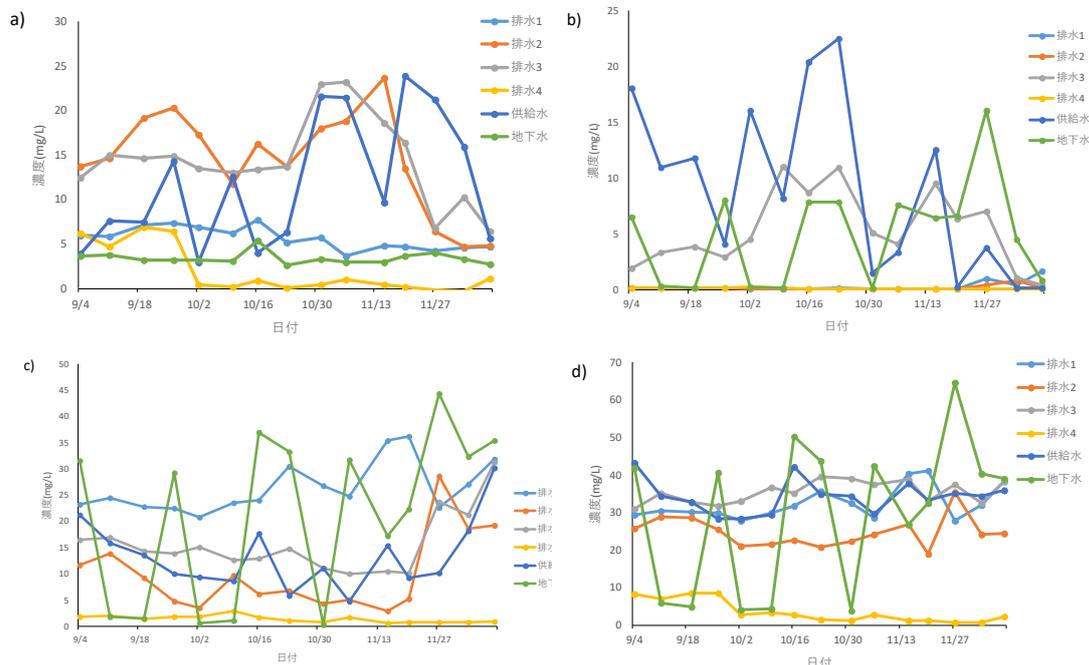


図4 a)NH₄-N、b)NO₃-N、c)NO₂-N、d)DIN の測定結果

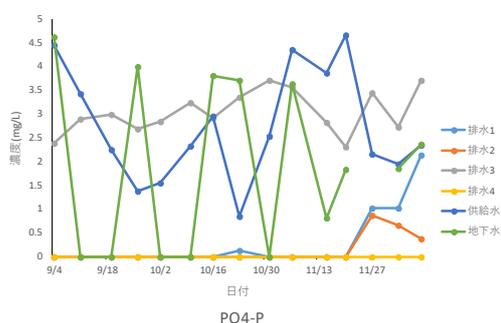


図5 PO₄-P の測定結果

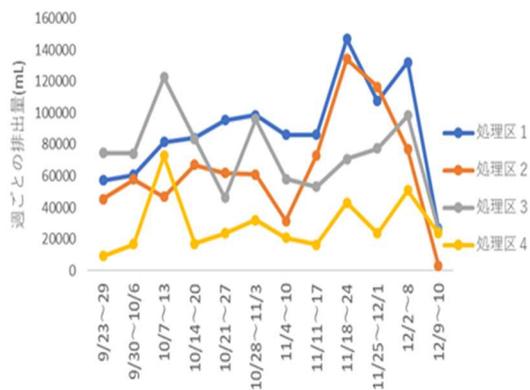


図6 9/23~12/10 までの排水量推移

図4に各形態の窒素の経時変化を、図5にリンの経時変化を示した。無機態窒素の合計であるDINは、地下水以外については栽培期間中を通して比較的安定していた。地下水は試薬の十分に溶解する前に採水した可能性があり、そのため値が上下したと推測される。窒素は硝化や脱窒を通じて形態が変化する。試薬により加えた窒素はすべてアンモニア態窒素であったが、タンク内で保持されている間に硝化が進み硝酸態・亜硝酸態窒素として給水された。一方で供給水と無植栽区である排水3との間でDINの変化がなかったことから脱窒はそれほど生じていないと考えられた。処理区ごとに比較すると、排水4が最も窒素の濃度が低くその次に排水2となっていた。排水3は供給水と変化がなかったため、窒素とリンは成長の過程で消費され、吸収は植物体の重量に比例したと考えられた。

図6は、各処理区からの排水量を1週間の合計で示している。(12/9~10のみ2日間)比較的生育の良かった処理区2,4で排出量が少なくなっており、植物の吸水により排水が減少したと考えられる。吸水量がすべて蒸散したと想定すると各処理区の蒸散量は12.5~14.4L/dayに相当する。

3.3 4-ジオキサン濃度の変化

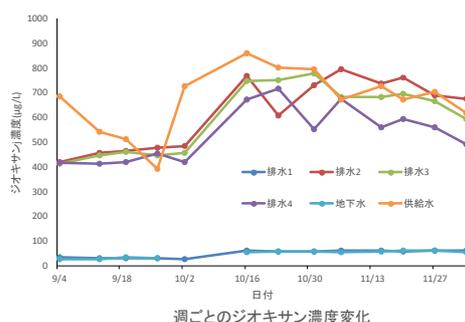


図7 1,4-ジオキサン濃度の週ごとの変化

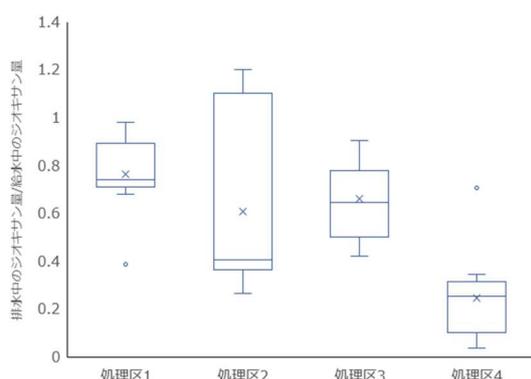


図8 給水・排水間のジオキサン量比の比較

図7は、ジオキサン濃度の経時変化を示したものである。このグラフをみると、全体的に横ばいで1,4-ジオキサン濃度はほとんど低下していないことがわかる。図8に各処理区のジオキサン濃度(図7)と給・排水量(図6)を乗じて算出したジオキサン量の給水・排水間の変化を比として示した。処理区2がややばらついているものの、無植栽区(処理区3)では中央値が0.65であるのに対して、植生のある処理区2,4ではそれぞれ0.41, 0.26とより大きな減少となった。このことから土壤中の微生物による分解や土壌への吸着の寄与が約35%、植生の寄与が24~39%程度と推測され、植物による揮散の効果は微生物による分解と同程度であることが示された。また、植物の生育を向上させることでジオキサンの減少が促進されることが示唆された。

4.まとめ

今回の実験では、自分達の想像以上にヤナギが成長しており、それにより1,4-ジオキサンの浄化が活発に行えたと思われた。また、処理区2,4のFXMとKKDではKKDのほうが、生育が良く、根の新鮮重量が圧倒的に大きかった。また、水深においては処理区2,4で比べてみると、1,4-ジオキサンの濃度は処理区4のほうが低くなっていた。そのため、土壌水分が過剰になるとヤナギは成長が抑制される可能性がある。1,4-ジオキサンの浄化をより活発に行うには、水深をコントロールするとともに生育の良好な品種を用いることが必要である。

参考文献

環境省(2009)「参考資料1 検討対象物質に関する情報」
<https://www.env.go.jp/council/09water/y0912-08/ref01.pdf>