

リサイクル炭素繊維による水環境保全対策の可能性の検討 Evaluation of Applicability of Recycled Carbon Fiber to Water Environment

○加藤 亮 丸山智也 杉山智哉

Tasuku KATO Tomoya MARUYAMA Tomoya SUGIYAMA

I. はじめに

肥料として投入された窒素やリンの分解や回収が望まれている。肥料の主成分は、窒素、リン酸、カリウムである。しかし、これらの成分は降雨によって土壌から流亡しやすく、降雨の多い日本では河川の水質汚濁や湖沼の富栄養化の原因となりうる。また、肥料由来の一酸化二窒素は温室効果ガスとして地球温暖化に寄与する可能性があるほか、リン鉱石は世界的に枯渇が懸念されている。これらの問題に対し、農薬の使用量低減といった排出源への対策を進めていくと同時に、一度排出された農業排水から、栄養塩類を分解・回収する手段が必要となる。

そのような手段の1つとして、本研究ではリサイクル炭素繊維素材に着目した。炭素繊維素材は、有機物を繊維化し熱処理工程を経て作られる、繊維状の炭素物質である。優れた機械的性能と軽さや科学的安定性などを併せ持つため、様々な用途に幅広く使われている。一方で、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の工程廃材や使用済み製品の大部分が使用後に埋め立て処理されるなど、リサイクルや処分が課題となっている。炭素繊維の利用方法の一つに、水質浄化資材としての利用があり、研究もなされている。炭素繊維による水質浄化は、炭素繊維の持つ生物親和性を利用して微生物を集め、それらの微生物が栄養塩類を吸収・分解することで行われる。よって、炭素繊維素材を農業排水路に投入し、窒素やリンといった肥料成分を回収することは、資源循環に貢献することが期待でき、炭素繊維のライフサイクルも長命化することができる。以上から本研究では、炭素繊維に付着するバイオフィームによる窒素リンの吸着性能試験と農業排水路での実証試験を行う。

II. 材料と研究方法

吸着性能試験は、室内で実施した。アクリルの箱(30cm×30cm×100cm)を3基、それぞれ、リサイクル炭素繊維を裁断した綿状(比重1.8g/cm³)のもの、セラミックと合わせて板状(30cm×30cm×3cm、炭素繊維300g内包)に固めたもの、ブランクとして何も入れないものを用意した。ポンプで原水を連続的に供給し、水質の浄化量を測定した。また、実験終了後には、電子顕微鏡で微生物の付着状況を確認した。屋外での実

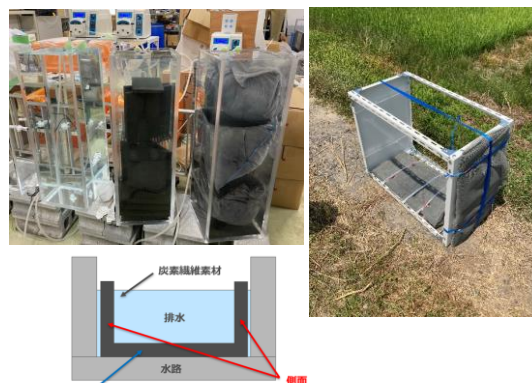


Fig.1 室内実験(左上), 屋外試験(右) 装置概要図(左下)

所属 *東京農工大, *Tokyo University of Agriculture and Technology, Keywords: 炭素繊維, 水質浄化, 回収技術, バイオフィーム

証試験は、板状のものを水路床と水路壁に固定し、灌漑期間中、連続的に浸漬した。室内実験の一部、屋外の実証試験の写真を示す。

III. 結果

室内実験は2022年7月22日から開始し11月23日まで行った。原水の初期濃度を設定し（T-N:20.0mg/L, T-P:2.0mg/L, TOC: 8.0mg/L）、日当たり1L（7/22-10/20）、5L（10/21-11/7）、10L（11/8-23）と段階的に流量を変更した。また、水温は一定となるようにヒーター（20℃）を入れた。例として窒素とリン濃度を示す。窒素は投入濃度よりも低下していることが示されているが、リンはさほどの吸着効果は見られなかった。これは、ブランクや綿状では水の交換速度が遅く、実験装置の底の方でORPが低く脱窒が促進されたと考えられ、微生物への窒素の吸着は進まなかったものと考えられる。板状では、脱窒能が低かったためか、好気系の微生物も若干は存在したようで、リンの吸着がブランクや綿状よりも進んでいると考えられる。

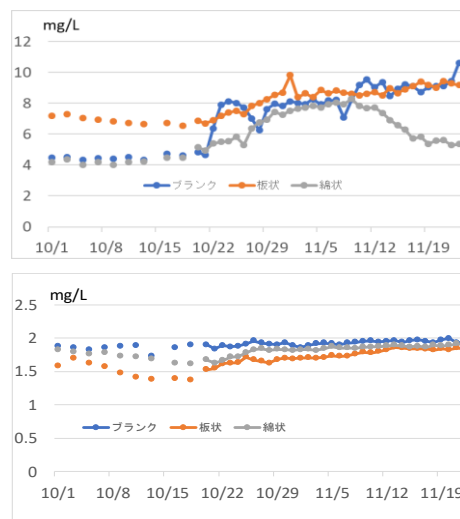


Fig.2 室内実験の水質濃度の変動(上: T-N, 下: T-P)

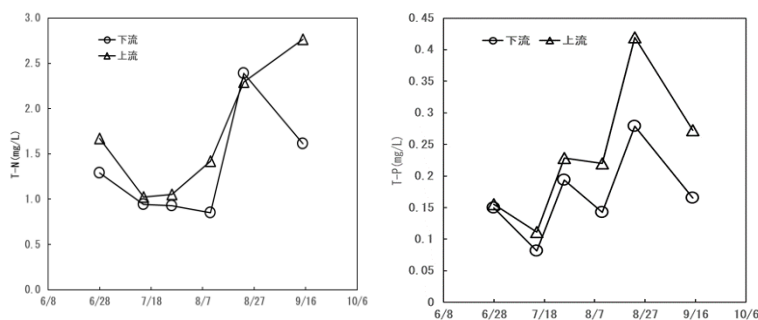


Fig.3 屋外試験の水質濃度の変動(左:T-N,右:T-P)

フィールドの試験では、この板状の炭素繊維を活用した。2022年6月から2022年10月まで、写真のような装置を千葉県印旛沼白山地区の水田排水路内に設置した。窒素・リンの装置を挟んだ上下流の水質変化は図のようになった。ほぼ、差は無いような状況であるが、室内実験同様、リンでは若干の差が生じた。そこで、炭素繊維を回収し実験室で水抽出により、付着した窒素・リン量を遠心分離により上澄み液を採取し付着量の定量化を試みた。結果として、水路側面に設置した炭素繊維1kgあたり、設置期間を通じて、窒素が0.18g~0.23g、リンで3.25g~6.17gとなった。

また、電子顕微鏡で炭素繊維を確認したところ、写真のようにいくつかの付着物を見ることができた。棒状のものが炭素繊維であり、それに密集する形で微生物群落が形成されていた。この微生物として取り込まれた窒素リンを回収し、分解することで、肥料としての再活用の可能性を今後検討する。

IV. 結論

ポット栽培等への肥料として活用するには、今回の窒素の回収量は、極めて少ない。一方、リンの回収量については可能性があると考えられる。リンは枯渇資源であり、効率的な回収が望まれているため、今後装置の形状や条件、工法について、様々な面からの検討を進める余地がある。

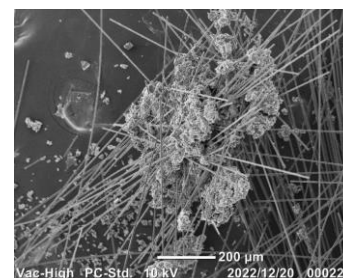


Fig.4 炭素繊維の電子顕微鏡写真