

太陽光パネルのカバーガラスを生育基盤とした水中植生に微細気泡を加えた 植生浄化法の試み

An Assessment to Purify Water Quality by Combining Aquatic Plants with Fine-Bubbles Utilizing Waste Solar Panel Cover Glass

○辻浦茂*, 中嶋佳貴*, 稲葉匠海*

TSUJIURA Shigeru, NAKASHIMA Yoshitaka, INABA Takumi

はじめに

2012年の再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT法)施行以降、太陽光発電は急速に普及している。しかし、太陽光パネルの耐用年数は約20~30年とされており、2030年以降の大量廃棄が懸念されている。太陽光パネルの構成部品の一つであり、重量比約7割を占めるカバーガラスは、品質や経済性の観点からリサイクルが困難であるため、有効なリサイクル手法は確立されていない。先行研究では、栄養塩をほとんど含有しないというガラスの特性を活かし、粉碎処理したカバーガラス(以下: 粉碎ガラス)を植生浄化の生育基盤としての活用を検討した。その結果、粉碎ガラスを生育基盤とした処理区においても、従来の土壌を基盤にした時と同程度の水質浄化能力を示したと報告している¹⁾。また、農業分野では植物の生長促進を目的に微細気泡(以下: FB)を活用する手法が報告されている。FBは水中に均一に分散し、比表面積が大きい特徴を有する。加えて、負のゼータ電位によって根表面の付着性が向上し、アンモニア態窒素などの陽イオンを引き寄せることで根域へのイオン輸送を補助し、植物による栄養塩類の吸収効率を向上させると考えられている。以上の背景を生まえ、本研究では、粉碎ガラスを生育基盤とした水質浄化法において、さらなる浄化能向上を目的に、水中植生に対するFBの有効性を検討した。

材料および方法

本実験は、2025年1月7日から3月4日までの8週間、岡山大学農学部ガラス室において実施した。水槽(31.5×16.0×24.0cm)に生息基盤として概ね粒径1mm以下に破碎した粉碎ガラスを3cm厚で充填した。供試水は農場排水と水道水を1:1で混合し、リン酸二水素カリウムおよび硝酸アンモニウムを添加して、富栄養化した湖沼を想定した $\text{PO}_4\text{-P}$: 0.4mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$: 1.5mg/L, $\text{NO}_3\text{-N}$: 1.5mg/Lの濃度に調整した。FBを含む供試水は水道水を超微細気泡発生装置(岡本製作所社製)に通過させることで作成した。供試植物として春に生育盛期を示す沈水植物エビモ(*Potamogeton crispus* L.)を用い、各水槽には緑葉数 48.8 ± 6.5 枚、乾物重 $0.258 \pm 0.032\text{g}$ の個体を植栽した。処理区はFBの有無および植栽の有無により、計4処理区3反復で実施した。各週の開始時、1日後、3日後、7日後にpH、EC、DOを測定し、採水後にCOD濃度、無機態リン濃度($\text{PO}_4\text{-P}$)と無機態窒素濃度($\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の合算値)を分析した。さらに、実験開始から5週間経過後に藻類の発生が顕著になったため、藻類による影響評価として、6週目以降はウラン濃度も測定対象に加えた。植物体の生育調査では、1週間ごとに分枝数、緑葉数、最大草丈を測定し、実験終了時に部位別の新鮮重および乾物重を評価した。

*岡山大学環境生命自然科学研究科(Graduate School of Environmental, Life, Natural Science and Technology, Okayama University)
キーワード: 10. 環境保全; 環境保全, 水環境

結果および考察

エビモが粉碎ガラスに活着し良好な生育を示した第4週目の $\text{PO}_4\text{-P}$ および $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化を図1に示す。植栽区では、無植栽区に比べ、いずれも濃度が低下し、特にFBあり・植栽区で7日後に $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が約0.2mg/L、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度がほぼ0mg/Lまで低下した。これらの結果は、FB添加による植物の栄養塩類の吸収効率向上が、水質浄化能の向上に寄与した結果と考えられる。なお、第1週目から第3週目はFBの有無による明確な差は確認されなかった。第5週目以降は無植栽区で藻類の発生が顕著となり、全処理区で $\text{PO}_4\text{-P}$ および $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度はほぼ0mg/Lまで低下した。

実験終了時における各処理区の水質および1水槽当たりの部位別乾物重の結果を表1および表2に示す。ウラニン濃度はFBあり・植栽区で最も低く、COD濃度も植栽区が無植栽区より低減していた。実験期間中、FBあり・植栽区で藻類の発生が特に抑制される傾向が視認されたため、FBと植物体の併用が水中有機物の減少に寄与した可能性がある。実験期間中の植物状況はFBの有無による生育量の差は認められなかった。実験終了時の乾物重は開始時と比較して増加したものの、t検定によりFB添加の有無による有意差は認められなかった ($p>0.05$)。

表 1: 実験終了時における各処理区の水質

Table 1: Water quality in each treatment at the end of the experiment

処理区	ウラニン ($\mu\text{g/L}$)	COD (mg/L)	無機態リン (mg/L)	無機態窒素 (mg/L)
FBあり・植栽区	14.5 ± 1.4	12.5 ± 1.6	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00
FBあり・無植栽区	127.6 ± 43.8	17.7 ± 3.6	0.07 ± 0.02	0.02 ± 0.01
FBなし・植栽区	52.9 ± 22.6	16.9 ± 2.3	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01
FBなし・無植栽区	176.3 ± 14.1	17.5 ± 0.4	0.09 ± 0.01	0.04 ± 0.00

表 2: 実験終了時における各処理区1水槽当たりの部位別乾物重

Table 2: Growth in each treatment at the end of the experiment

処理区	乾物重		
	分枝(gDw/水槽)	主茎(gDw/水槽)	根部(gDw/水槽)
FBあり	0.232 ± 0.147	0.081 ± 0.023	0.026 ± 0.012
FBなし	0.227 ± 0.078	0.082 ± 0.027	0.023 ± 0.007

注) 平均値±標準偏差で表す。

結論

本研究では、FBの有無による植物体の生育に有意差は認められなかった一方で、FBあり・植栽区において藻類の発生が抑制および栄養塩濃度の低下も確認された。植物体の生育量に差は認められなかったものの、水質が改善された機構については明らかにできなかった。今後は、植物体内における栄養塩の含有率などの分析を通じて詳細なメカニズムを解明する必要がある。本手法は、粉碎ガラスを生育基盤とした水中植生に微細気泡を加えることで、従来の植生浄化法をより高効率に活用できることが期待されるため、さらなる検証を重ねていきたい。

参考文献: 1) 稲葉匠海, 中嶋佳貴, 山川直也, 今村陽介 (2023): 太陽光パネルの廃力バーガラスを環境保全資材として活用する一思考, 農業農村工学会論文集, pp. 569-570

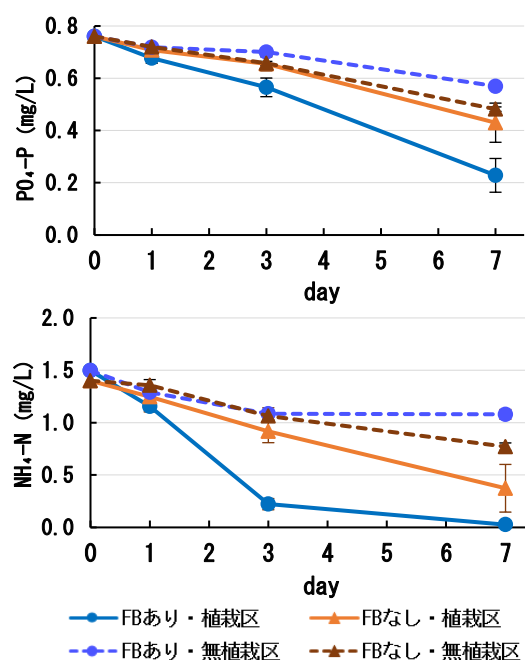


図 1: 第4週目における $\text{PO}_4\text{-P}$ および $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化

Fig. 1: Change of $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration and $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration in the 4th week