

VII-39

水生植物(マコモ)と石炭灰ゼオライトを併用した水質浄化システムの開発

東北工業大学大学院 学生員 ○中嶋 正行
東北工業大学工学部 正会員 江成敬次郎
東北工業大学工学部 正会員 Lee Chanwoo

1. はじめに

自然環境をはじめ、生活環境にも多大なる影響を及ぼす水質悪化の対策として、水生植物をはじめとする、各種植物を利用した水質浄化システムがある。この水質浄化システムは各地で実際に利用されており、環境意識の啓発や、景観の創造・保全など、多くの副次的効果も期待されている。

一方、リサイクル法における指定副産物である石炭灰は、再資源化が必須であり、限りある資源の有効利用を図ることが必要である。その再資源化の一つとしてゼオライト化がある。そのゼオライト化された石炭灰の有効利用として河川整備用の資材を考え、水環境、特に河川や湖沼の浅水域の人工植生帯に基材として使用することを想定した。

本実験は、浅水域の代表的な水生植物の一種であるマコモを利用し、これと産業廃棄物である石炭灰ゼオライトを併用した水質浄化システムの開発を目標に、併用した場合の水質浄化のメカニズムについて検討し、より効果的なシステムとするための知見を得ることを目的とした。

2. 実験方法

内径 34cm の市販のプラスチック製植木鉢（ポット）を利用した実験装置を図 1 に示す。ガラスビーズとゼオライトとを混合した植栽基材を充填したポットにマコモを植え、そこに栽培液と有機物をポット流入部より上向流で流し、7月上旬から11月上旬までの4ヶ月間栽培した。栽培液の組成を表 1 に示した。水生植物（マコモ）とゼオライトの併用システムの水質浄化機能を把握するため、ポットに充填された植栽基材の上部、中部、下部、そして、ポットに栽培液を流入させる流入部の4箇所において一週間に一度水質を測定した。また、植栽基材はゼオライトがマコモの生育や水質浄化に与える影響を把握するため、ゼオライトとガラスビーズの混合割合を6種類の条件で準備された。実験条件を表 2 に示した。自然環境に近い状態にするともに、ゼオライトによる pH 上昇を軽減するため、栽培液に有機物を混合した。また、実験期間中に一度、微生物の供給を意図して活性汚泥混合物を各条件毎に 500m l づつ注入した。

3. ゼオライト重量と除去量との関係

ここでは、10 月の測定結果の平均値を用いて、植栽基材中のゼオライト重量と N、P 除去量との関係を整理し、浄化機構について考察する。なお、ここでの除去量は、昼間、1 時間あたりの除去量(mg/h)として表現されている。

3-1 ITN

ゼオライト重量と 10 月の ITN 除去量との関係をマコモが有る場合、マコモが無い場合について図 2 に示す。また、マコモ有りの除去量からマコモ無しの除去量を減じた値をマコモによる除去量とし、それとゼオライト重量との関係を図 3 に示す。また、それらの関係を直線回帰し、回帰式を図中に示した。図 2 より、マコモ有りもマコモ無しも多少ではあるがゼオライト重量が大きくなると ITN 除去量は大きくなる傾向が見られる。また、図 3 より、マコモによる除去量はゼオライト重量との関係が非常に弱く、ITN 除去量は平均 4.58mg/h となっている。

以上のような ITN 除去量とゼオライト重量との関係から次のことが言える。ITN の除去は、マコモ無しでは脱窒と吸着、マコモ有りでは、それにマコモによる吸収が加わって行われる。マコモ無しのゼオライト重量 0kg の除去量はマコモにもゼオライトにも無関係の脱窒量を示していると考えられ、0.505mg/h となる。また、図 2 の勾配から、ゼ

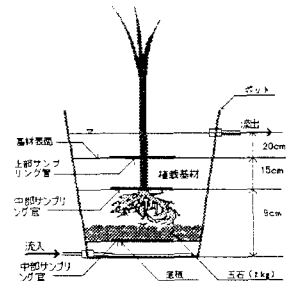


図1 マコモの栽培装置

表 1 栽培液の組成

成分	濃度(mg/l)	使用試薬
NH ₄ -N	14	NH ₄ NO ₃
NO ₃ -N	14	
P	6	NaH ₂ PO ₄ ・2H ₂ O
K	23.4	K ₂ SO ₄
S	16.5	
Ca	12	CaCl ₂ ・2H ₂ O
Mg	14.8	MgCl ₂ ・6H ₂ O
Fe	2.5	Fe(III)・EDTA
Zn	0.05	ZnSO ₄ ・7H ₂ O
Mn	0.05	MnSO ₄ ・5H ₂ O
B	0.54	H ₃ BO ₃
Cu	0.02	CuSO ₄ ・5H ₂ O
Mo	0.01	Na ₂ MoO ₄ ・2H ₂ O
有機物	15	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁

表 2 実験条件

条件	ゼオライト重量(kg)	ポット数	
		マコモ有り	マコモ無し
I	0.0	3	1
II	1.7	3	1
III	3.2	3	1
IV	4.5	3	1
V	5.6	3	1
VI	6.5	3	1
栽培液流量=10.3ℓ/day		合計24ポット	

オライト 1kg 当たり、「脱窒+吸着」量が 0.149mg/h 増加することになる。

3-2 PO₄-P

ゼオライト重量と 10 月の PO₄-P 除去量との関係をマコモが有る場合、マコモが無い場合について図 4 に示す。また、ITN の場合と同様にして、マコモによる除去量とゼオライト重量との関係を図 5 に示す。また、それらの関係を直線回帰し、回帰式を図中に示した。

図 4 より、マコモ有りでも、マコモ無しでも、ゼオライト重量が大きくなると、PO₄-P 除去量は大きくなる傾向が見られる。また図 5 より、マコモによる除去量ではゼオライト重量との関係は弱く、ほぼ一定となっている。

以上のような除去量とゼオライト重量との関係から次のようなことが言える。PO₄-P の除去はマコモ無しでは、ゼオライトによる吸着、マコモ有りでは、それにマコモによる吸収が加わって行われる。図 4 の勾配よりゼオライト 1kg 当たり 0.0919mg/h の吸着量となる。また、マコモによる除去量はゼオライト重量との関係が見られず、PO₄-P 除去量は平均 0.802mg/h となっている。

3-3 N 除去機構について

10 月の測定結果よりマコモによる ITN 除去量として 4.58mg/h、PO₄-P 除去量として 0.80mg/h、という値が得られた。これがマコモによる吸収であるとする、植物体中の N、P 量がそれだけで増加することになる。ここで、マコモ植物体中の N、P 増加量を測定した李らの結果(N/P=4.5)¹⁾と比較すると、今回のマコモによる除去量の N/P 比(平均 5.76)は、それより大きい値となる。この差は、マコモが存在することによって促進された脱窒分と考えることができる。このようにして求めた、マコモによる吸収量や促進脱窒量などを表 3 に示す。マコモによる N 吸収量は全 ITN 除去量の 64%、マコモによって促進された脱窒量は 17%となる。

表 3 除去量の内訳

	マコモ有りの除去量(mg/h)	除去の内訳(mg/h)		割合	除去量の内訳(mg/h)		割合
		マコモによる吸収					
ITN 除去量	5.68		3.65	64%			
		マコモによる脱窒+吸着量	2.03	36%	マコモによって促進された脱窒分	0.94	17%
					マコモ、ゼオライトに無関係の脱窒分	0.51	9%
					ゼオライトによって促進された脱窒分(3.9kg)	0.58	10%
PO ₄ -P 除去量	1.33	マコモによる吸収	0.80	60%			
		ゼオライトの吸着(3.8kg)	0.35	26%			
		不明	0.17	14%			

4 まとめ

ゼオライトを混合した植栽基材によってマコモを生育させ、その根圏での N、P 除去のメカニズムについて考察し、次のような知見が得られた。

1)マコモの成熟期である 10 月では ITN 除去量が 5.68mg/h であった。そしてその約 64%がマコモによる吸収、17%がマコモによって促進された脱窒分と考えられる。

2)実験開始 4 ヶ月後の 10 月ではゼオライトによる ITN 除去量(吸着+脱窒)は約 10%程度と考えられた。

3)PO₄-P 除去量(1.33mg/h)はマコモによる吸収が約 60%、ゼオライトへの吸着が約 26%となった。

参考文献 1) Lee Chawoo ら、「水生植物(マコモ)の窒素・リン及びイオン性物質の吸収能力」第 35 回 日本水環境学会、年会講演集「印刷中」

