セラミックス資材による水質浄化に関する研究

福元康文¹・西村安代²・島崎一彦¹¹高知大学農学部 783-8502 高知県南国市物部乙 200²川合肥料株式会社 438-0068 静岡県磐田市前野 2226

Studies on the Purification of Water by the Ceramics Materials

Yasufumi FUKUMOTO¹, Yasuyo NISHIMURA² and Kazuhiko SHIMASAKI¹¹Faculty of Agriculture, Kochi University, Monobe, Nankoku, Kochi, 783-8502 Japan²Kawai Hiryo Co. Ltd., Maeno, Iwata, Shizuoka, 438-0068 Japan

Abstract

Effects of ceramics in water purification were evaluated. All ceramics materials tested suppressed the growth of algae. This effect was particularly strong with the magnesium oxide-added ceramics and with FIB-25. pH was higher in the fields treated with ceramics containing magnesium oxide. EC tended to be lower in the fields treated with ceramics containing magnesium oxide and in the FIB-25 treated fields. The addition of ceramics containing magnesium oxide to soil resulted in markedly improved water quality through suppression of algae growth and adsorption of phosphorus. This ceramics is promising as a means of improving water quality.

Keywords : algae, ceramics, magnesium, oxide, purification, water

緒 言

近年、工場排水や家庭排水による河川湖沼の水質悪化が大きな社会問題となっている¹⁾。栽培面積が急速に増加している養液栽培においても、養液の廃液が水質環境汚染の一要因とも言われている。環境基準の変更とともに、環境破壊要因に対する規制の強化が求められ、早急な水質浄化対策が望まれている。

河川・湖沼が富栄養化すると水面に藻の発生が認められ、水質悪化が進んでいる証拠とも言われている。また養液栽培の養液槽や灌水チューブ内に認められる藻の発生は、作物栽培に用いる灌水チューブ内エミッターの目詰まりの要因ともなり、その対策が望まれている。

河川・湖沼や養液槽における水質浄化に対する試みは

様々であり、次に述べるような方法である程度成果があげられている。例えば、湖底に堆積した汚泥を直接機械で搬出し、その汚泥の再利用を図る方法²⁻⁴⁾、湖沼を対象とした植物の水上栽培により、窒素を主とする無機塩類の吸収除去を行う方法⁵⁻⁸⁾、あるいは化学的な窒素除去技術⁹⁾などである。また窒素とともに重要視されるリン酸の除去には、カニガラなどの利用による吸着除去が試みられているが、効果は不安定⁹⁾である。

セラミックスは、藻の発生抑制、水質劣悪化防止、水の活性化、水の抗菌、防臭効果、吸湿作用など様々なことが言われてはいるが、これらに関する報告は、多孔質による吸湿効果と、セピオライトのアンモニア臭の吸着による防臭効果¹⁰⁾以外、ほとんど見られない。

そこでセラミックスに着目し、水質浄化作用について検討を行った。各種化学的性質と形状の異なるセラミックス資材と、酸化マグネシウムを混入したセラミックスを用い、水質特にリン酸の吸着除去と藻の発生への影響について検討を加え、今後の水質浄化技術開発の一助とした。

2002年12月6日受付

2003年4月10日受理

Corresponding author: Yasufumi Fukumoto
(yfuk@cc.kochi-u.ac.jp)

材料および方法

実験1 養液へのセラミックス資材添加効果

2月4日に発泡スチロール製の容器(内径 縦×横×深さ=18.7cm×66.1cm×13.5cm)に Table 1 に示した成分組成の養液(EC 1.322 dS/m, pH7.08)を各10リットル注入した。資材はSiO₂とAl₂O₃を主成分としたハイアルミナ系ゼオライト岩石を2000°Cの高温で溶融し、特殊反応を繰り返し反応させ、ポーラス部を多くしたものを供試した。養液中にセラミックス SE7(成形の径13~15mm:A)と同材に酸化マグネシウム(MgO)を9.27%混入した酸化マグネシウム入りセラミックス(成形の径13~15mm:B)を各500g/区を添加する2処理区と無添加の対照区の合計3区を設けた。なお供試したA,Bの表面積は2,341cm²/L, 見掛け気孔率は35.4%, 真比重は3.01g/cm³, 空間堆積は428cm³/Lであった。容器には発泡スチロール製の蓋をし、最低気温を10°C以上、最高気温を25°C以下に保ったハウス内で地上1mの高さの架台上に一定期間静置後、養液中のリン酸濃度と、pH・ECを2月26日(処理開始22日目)と3月19日(同43日目)の2回調査した。リン酸濃度の計測はバナドモリブデン酸法による比色検定を分光光度計(HITACHI Spectro Photometer Model 100-60)を用いて行った。またpHはHoriba pH Meter F-12でECはConductivity Meter Toa CM-11Pで計測した。

実験2 酸化マグネシウム入りセラミックスと各種

セラミックス資材の水質浄化効果の比較

供試した発泡スチロール製の容器と養液は実験1と同様とし、成分比と形状の異なる6種類のセラミックス資材を用いて行った。処理は2月27日に無処理と養液量10L当たり実験1と同資材A,Bを1.0kg(A1,B1)と

2.9kg(A2,B2), さらに成形の径7~8mm SD7(C), 未成形の径7~8mm B(D), 塊状インゴットのFIB-25(E), 成形の径7~8mm SBW(F)を2.9kgそれぞれ養液中に添加し、実験1同様にハウス内に静置した。なお成形はカットした資材を球状に磨きをかけ、未成形はカットしたままの資材である。3月21日に養液中のリン酸濃度、pHとECを前実験同様に測定した。また藻の発生を調査するためにクロロフィルの極大吸収波長の645nmと663nmの吸光度を分光光度計(実験1参照)で測定した。なお、実験1,2の供試資材の化学組成はTable 2に示した。またEの真比重は3.65g/cm³で、気孔率と表面積も他の資材より高かった。

なお、サンプル液採取はガラス棒で約10分間攪拌した後行ったが、実験期間中の液の追加と攪拌は行わなかった。また実験1,2とも1処理区5反覆で行った。

結果および考察

実験1

養液中のリン酸濃度は、処理開始22日後ではB区で低下傾向が認められ、他の2処理区よりも約5ppm低く、さらに43日目では低下傾向が一層明瞭となった(Fig. 1)。またA区でも43日目の調査で低下傾向が認められ、22日目よりも3.7ppm減少した。

養液の2月26日と3月19日調査時におけるpHは、B区が7.45, 7.42といずれも他の2処理区よりも有意に高くなった(Table 3)。

またECは処理による変化がほとんど認められなかった。

実験2

無処理区では藻の発生が認められ、緑化が著しく、濁度が進んでいたが、B2区では藻の発生が著しく抑制さ

Table 1 Mineral composition in nutrient solution.

Mineral	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	Mo	B
Concentration (ppm)	117.5	60.0	204.8	86.3	30.0	2.775	0.025	0.065	1.25	0.026	1.25

Table 2 The chemical composition in ceramics materials. (%)

Material	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	Na ₂ O	TiO ₂	Cd	Pb	Other
Ceramic SE : A	45.90	43.48	0.10	tr.	1.59	0.74	4.53	tr.	1.41	2.00	tr.	tr.	0.25
Ceramic including magnesium oxide : B	41.69	39.49	9.27	0.04	1.44	0.67	4.11	0.05	1.28	1.82	tr.	tr.	0.14
Ceramic SD7 : C	55.30	36.80	0.10	tr.	2.56	0.62	1.24	tr.	1.86	1.48	tr.	tr.	0.04
Ceramic B : D	33.00	48.80	0.07	tr.	tr.	1.50	10.60	tr.	tr.	4.20	tr.	tr.	1.83
FIB-25 : E	18.63	75.29	0.29	0.02	0.27	0.36	2.97	0.03	0.05	2.09	tr.	tr.	0.00
Ceramic SBW : F	55.10	35.00	0.09	tr.	2.71	0.59	0.74	tr.	1.33	1.15	tr.	tr.	3.29

Fig. 1 The effects of ceramics materials addition on the phosphorus concentration in nutrient solution (Exp. 1).
Different letters are significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's new multiple range test.

Table 3 The effects of ceramics materials addition on the pH and EC in nutrient solution.

Treatment	pH		EC ^y (dS/m)
	2/26	3/19	
Cont.	7.09 a ^z	7.04 a	1.149 a
Ceramic SE : A	7.09 a	6.90 a	1.144 a
Ceramic including magnesium oxide : B	7.45 b	7.42 b	1.143 a

^zMeans within each column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's new multiple range test.

^yThe investigation day month/day : 3/19

れており、透明度が高かった (Fig. 2).

645 nm と 663 nm の吸光度の平均値は、藻の発生が最も顕著であった無処理区で 30.5 と最大となり、セラミックス資材を添加した区ではいずれの区も無処理区の半分以下と有意に低下した。中でも B2 区は 2.5 と最も低くなった (Table 4)。

養液中のリン酸濃度は、B2, B1 区で顕著に減少し、1.7 ppm と 15.8 ppm であった (Fig. 3)。一方、吸光度が B 区と同様に低かった E 区では 26.6 ppm と低下が認められなかった。

Fig. 2 The effects of ceramics materials addition in nutrient solution (Exp. 2).

- 1) Cont. 2) Ceramic SE 1.0 kg : A1 3) Ceramic SE 2.9 kg : A2
- 4) Ceramic SE including magnesium oxide 1.0 kg : B1
- 5) Ceramic SE including magnesium oxide 2.9 kg : B2
- 6) Ceramic SD 7 2.9 kg : C 7) Ceramic B 2.9 kg : D
- 8) Ceramic FIB-25 2.9 kg : E 9) Ceramic SBW 2.9 kg : F

Table 4 The effects of ceramics materials addition on the absorbance, pH and EC nutrient solution.

Treatment	Absorbance			pH	EC (dS/m)
	645 nm	663 nm	Mean		
Cont.	31 e ^z	30 d	30.5 e	7.54 b	1.330 c
Ceramic SE : A1 1.0 kg	9 b	9 b	9.0 bc	7.41 b	1.312 bc
: A2 2.9 kg	16 d	14 c	15.0 d	7.45 b	1.337 c
Ceramic including : B1 1.0 kg	10 b	9 b	9.5 bc	7.78 b	1.281 abc
magnesium oxide : B2 2.9 kg	3 a	2 a	2.5 a	8.87 c	1.251 a
Ceramic SD7 : C 2.9 kg	15 cd	7 b	11.0 cd	7.37 a	1.388 d
Ceramic B : D 2.9 kg	11 bc	8 b	9.5 bc	7.45 b	1.306 bc
FIB-25 : E 2.9 kg	6 ab	6 ab	6.0 ab	7.42 b	1.280 ab
Ceramic SBW : F 2.9 kg	17 d	14 c	15.5 d	7.39 ab	1.327 bc

The investigation day month/day : 3/21

^zMeans within each column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's new multiple range test. **Fig. 3** The effects of ceramics materials addition on the phosphorus concentration in nutrient solution (Exp. 2).Different letters are significantly different at $p < 0.05$ according to Duncan's new multiple range test.

pH 値は、B2 区が 8.87 と処理区内で最も高かった (Table 4).

EC 値は B1, B2 区でそれぞれ 1.281, 1.251 と低下する傾向が認められ、また E 区においても 1.280 と無処理区よりも低下した (Table 4).

B 区に認められたリン酸吸着除去効果は、アンモニアガス吸着に見られた¹⁰⁾ような著しいものであった。今後従来のカキガラ主体の手法⁹⁾との詳細な比較検討が望まれる。養液中のリン酸濃度の減少はセラミックスに混和した酸化マグネシウムと養液中のリン酸が化学結合しリン酸マグネシウム、 $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ あるいは MgH_4

$(\text{PO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ としてセラミックス内に取り込まれたものと思われた。今後酸化マグネシウムの混和率と気孔率を高めればなお一層の効果が期待できる。

一方、藻の発生は一般に窒素を主とした養分の存在が大きく作用し、EC 値が高いと発生が甚だしくなる。実際 EC の低下が認められ、ある程度アンモニアの吸着除去がなされたと思われた B 区と E 区では吸光度の低下が著しく、藻の発生が抑制された。無処理とあまり差異が認められなかった他の資材処理区でも、藻の発生の抑制は認められたので、気孔率の変化の作用とともに、他の要因の関与も考慮する必要がある。セラミックス資材

に含有されている各種成分の溶出とセラミックスへの成分吸着が深く関与しているとも思われ、これらの関係を明らかにするために、リン酸濃度のみでなく、他の成分についての検討も必要と思われた。

なお pH と水質の関与は明瞭ではなかった。

以上より、養液への酸化マグネシウム入りセラミックスの添加は、リン酸吸着による水質浄化と藻の発生抑制に著しい効果を示した。今後他の手法との比較の中で¹⁻⁹⁾、さらにより効能を高めるために、酸化マグネシウムの混和率と気孔率、また水量に応じた添加量、さらに効果の持続性についてのさらなる検討が必要と思われた。またリン酸含量の減少と藻の発生との関係は明瞭でない場合も見られたので、今後の検討が必要である。

摘 要

セラミックス資材による水質浄化について検討した。いずれのセラミックス資材の添加も藻の発生を抑制した。特に酸化マグネシウム入りセラミックスと FIB-25 での抑制効果が高かった。

pH は酸化マグネシウム入りセラミックス処理区で高くなった。

EC は酸化マグネシウム入りセラミックスと FIB-25 区で低下する傾向が認められた。

酸化マグネシウム入りセラミックスの添加は、藻の発生抑制とリン酸吸着による水質浄化に著しい効果を示した。

同資材の今後の利用開発が期待される。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、宇治電化学工業(株)には

資材の提供や多くのアドバイスをいただいた、ここに謝意を表します。

引用文献

- 1) 日本水質汚濁研究協会編：湖沼環境調査指針，公害対策技術同友会，pp. 129-134(1982)
- 2) 福元康文，坪内正行，西村安代，島崎一彦：脱水ヘドロの植栽土及び農地培土としての再利用に関する研究，園学雑，68(別2)：132(1999)
- 3) 福元康文，坪内正行，西村安代，島崎一彦：製紙スラッジの植栽培土としての再利用に関する研究，園学雑，69(別1)：123(2000)
- 4) 福元康文，坪内正行，西村安代，島崎一彦：浚渫汚泥の植栽培土としての再利用に関する研究，(第3報)製紙スラッジの土壤還元型育苗ポットとしての再利用，園学雑，69(別2)：164(2000)
- 5) 松本 聡：ウキクサによる富栄養塩吸収とその利用，化学と生物，19：594-600(1981)
- 6) 宮崎 彰，徳田真二，縣 和一，窪田文武，宋祥甫：水上栽培したシロガヤツリ (*Cyperus alternifolius* L.) の光合成生産と水質浄化能力について，日作記，66(2)：325-326(1997)
- 7) 宮崎 彰，窪田文武，縣 和一，宋 祥甫：水上栽培したイネとシロガヤツリの水質浄化効果の比較，日作記，68(4)：570-575(1999)
- 8) 嶋田典司，矢島 聡，渡邊幸雄：オオサンショウモによる水質浄化に関する研究(1)オオサンショウモによる N, P 吸収の基礎的実験，千葉大園学報，41(4)：15-21(1988)
- 9) 加藤俊博，飯田孝則，大濃正直，安田公昭：脱窒菌及びカキ殻を利用したトマトロックウール栽培廃液の浄化技術，園学雑，70(別1)：272(2001)
- 10) Ueda H. and Hamayoshi M.: Sepiolite as a deodorant material: an ESR study of its properties, J. Mat. Sci., 27: 4997-5002(1992)