

## 炭化梅を用いた水質浄化および土壌改良に関する研究\*1

山上 恵\*2 · 伊東啓太郎\*3 · 柿本幸司\*3 · 岩崎智憲\*4

山上恵・伊東啓太郎・柿本幸司・岩崎智憲：炭化梅を用いた水質浄化および土壌改良に関する研究 九州森林研究 58：84-87, 2005  
 現在、生活排水の浄化には生物処理が用いられている。その中で、活性汚泥法が多く利用されているが、増え続ける余剰汚泥の処分が様々な問題となっている。そこで、本研究では汚泥の発生量が少なくとされる生物膜の固定化に注目した。ここで、自然の産物で食品産業廃棄物である梅の種子を炭化し、生物膜の担体に使用した。また、ゼロエミッションを目標として、水質浄化使用後担体の施肥効果の検討を行った。その結果、水質浄化は可能であり、その後の施肥効果も確認できた。

キーワード：炭化梅、水質浄化、生物膜、施肥効果、ゼロエミッション

In this paper, carbonized plum drupes were used for examining the possibility of water purification as the medium of biofilm, manuring effects after that. The plum drupes have been food industrial wastes, however, they are the natural product, thus it would be harmless for the environment. It would be zero-emission material if they are used as manure or a thawing material after using as medium of biofilm. In consequence, the concentration about the treatment of T-N and T-P scarcely fell down. However, the concentration about the treatment of BOD, COD and SS remarkably fell down, thus it was thought that using the carbonized drupes as biofilm medium will be possible to perform water purification. The plants grew greatly on the soil with the drupes. In consequence of the experiments, the carbonized plum drupes will be effectively used for the water purification and manuring.

KEY WORDS : carbonized plum drupes, water purification, biofilm, manuring effects, zero-emission

## I. はじめに

現在、生活排水の浄化には生物処理が用いられている。その中で、活性汚泥法が多く利用されているが、下水道の普及率の向上及び生活用水使用量の増加に伴い、増え続ける余剰汚泥の処分が様々な問題となっている。そこで、本研究では余剰汚泥の発生が少なくとされる生物膜法に注目した。これまでにスポンジキューブのような多孔質担体 (1) やセラミックのような硬い担体 (2)、廃ガラス (3) を用いた研究がなされてきた。

生物膜法では、生物膜を構成する微生物の種類は活性汚泥よりも多く、食物連鎖は長い。特に糸状菌 (かび) や糸状細菌が多量に出現すること、線虫類、輪虫類、貧毛虫、昆虫類などの微小後生動物の出現頻度が高いことなどが生物膜法の特徴とされる。したがって、通常、生物膜法における余剰汚泥の生成量は活性汚泥法に比べて少ない。

ここで、本研究では梅の種子を炭化し、生物膜の担体を使用した。炭は分子が多孔体に引き寄せられる特性を利用する物質的吸着、表面の化学反応を利用する化学的吸着、さらに多孔体に付着した微生物の生物的作用を利用する生物的吸着の3つの吸着効果を持つ (4)。梅は現在国内で約12万トン生産され、約4万トン

が輸入されている。このうち、梅の加工食品 (梅酒、梅のペースト、エキスを用いたガム等) となるものからは、梅の種子が産業廃棄物として排出され、これらのほとんどは現在、埋立・焼却処分されている。炭化されて有効利用されている廃棄物には木材やヤシ、クルミなどの果実殻等がある。これらは水処理や空気清浄材、土壌改良材等様々な用途に用いられている。さらに、梅の種子は多孔質で硬く、生物膜の担体として適していると考えられる。また、梅は東アジアで医薬や食用として広く栽培され、自然界の生物サイクルに取り込まれており、害をなすものではない。そのため生物膜担体の使用後、肥料や寒地における融雪剤として利用できる可能性があり、一連のサイクルが構築され環境負荷の極小化であるゼロエミッション (5) が実現できる。

そこで、本研究では生物膜の担体として炭化した梅の種子を用い、水質の指標となるBOD, COD, T-N, T-Pそれぞれの除去率を調べることにより、水質浄化の可能性を検討することと、ゼロエミッションを目指すために植栽基盤としての可能性を検討することを目的とした。

なお、本研究では炭化した梅の種子を「炭化梅」、水質浄化に用いた後の生物膜が付着している炭化梅を特に「処理炭化梅」と定義する。

\*1 Yamagami, M., Ito, K., Kakimoto, K., Iwasaki, T.: Study on the Water quality purification and Soil improvement by using the carbonized plum seed

\*2 九州工業大学大学院 工学研究科 Grad. Sch. Civil Engin., Kyusyu Inst. Tech., Fukuoka 804-8550

\*3 九州工業大学 工学部 Fac. Engin., Kyusyu Inst. Tech., Fukuoka 804-8550

\*4 粕屋町役場 都市整備課 Dep. City Planning, Kasuga Town Hall, Fukuoka 811-2392

## II. 方法

### 1. 炭化処理

梅の種子は砕いて、仁を取り除きふるい分けし、様々な温度で炭化を行い、炭化温度と比表面積について検討した。

### 2. 水質浄化実験

炭化梅は未破碎状態のもの（未破碎種子）と破碎したもの（破碎種子）を用い、比較した。円柱状のプラスチック容器に北九州市日明浄化センターから採取した最初沈殿池流出水を、また Glucose, Peptone, 無機塩類等で調整した人工下水を投入し、炭化梅を充填し、全量を 4 L とした。人工下水は毎日調製し、各指標に変化が無いようにした。温度は 20~25℃ に保った。さらに、生物膜形成のために、活性汚泥 120ml (全量の 3%) を加え、エアレーションしながら攪拌した。その後、本実験では、炭化梅の河川等の浄化への利用を想定し、人工下水を 15 日間連続流入させ、オーバーフローしたものをサンプルとして取り出した。通水条件を表 1 に、最初沈殿池流出水の各指標の平均値を表 2 に人工下水の組成と各指標の平均値を表 3 に示す。サンプルの BOD, COD, T-N, T-P を調べた。

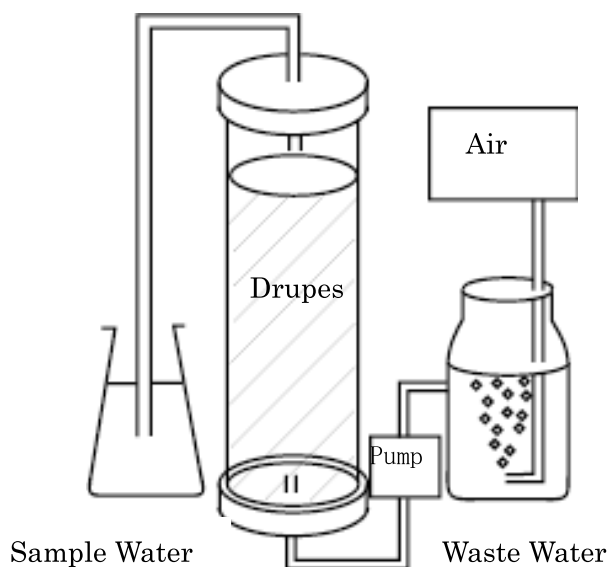


図 - 1. 実験装置

表 - 1. 通水条件

最初沈殿池流出水	流量 (ml/min)	7.1
	滞留時間 (hour)	5
人工下水	流量 (ml/min)	3.5
	滞留時間 (hour)	10

表 - 2. 最初沈殿池流出水の各指標の平均値

平均値 (mg/l)	
COD	54.5
BOD	61.0
T-N	33.3
T-P	5.4
SS	34.5

表 - 3. 人工下水の組成と各指標の平均値

組成	(mg/l)	平均値	(mg/l)
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	50	BOD	200
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	236		
NaCl	100	COD	120
NaHCO <sub>3</sub>	150		
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	32	T-N	45
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	70		
Glucose	50	T-P	6.5
Peptone	210		

### 3. 透水実験

真砂土に破碎し、ふるいわけした炭化梅を 10% 刻みで 0%, 10%, … 100% まで配合した土壌 (11 サンプル) を用い透水実験を行った。

### 4. シュンギクを用いた植栽実験

生長量の指標として、茎径・葉数・葉面積・地上部乾重量・地下部乾重量の 5 つを用いた。

使用土壌は基本土壌を真砂土として、真砂土に対して処理炭化梅を 15% 配合した土壌 (Sa), 真砂土に対して炭化梅を 15% 配合した土壌 (Sb), 真砂土のみの土壌 (Sc), の 3 処理とした。

2002 年 10 月 22 日に野菜栽培用土にシュンギクの種子を植え付け、2002 年 11 月 7 日に生長したシュンギクをワグネルポットに植え替え、2002 年 2 月 7 日に収穫した。それぞれ土壌 3 処理について生長実験を行った。

## III. 結果と考察

### 1. 炭化処理

炭化については、図 1 によれば、比表面積を最大にするには、700℃ 付近で処理するのが適当であるが、担体強度の低下、エネルギーコスト等の問題のため現実的ではない。また、活性炭はミクロポアが多く、炭はマクロポアが多いという性質がある。マクロポアに微生物が存在すると、吸着した有機物を分解して水と炭酸ガスにする。この作用により、詰まった細孔が再生して吸着効果の持続性が高まる。よって、生物膜担体としては活性炭の状態より炭の状態が適している。そこで本研究では、活性炭化していないと予測される 400℃ で炭化処理を行った。炭化処理をしたことにより、10% 程度の焼き締まりと表面積の増加が観察された。また、担体表面に凹凸ができ、生物膜形成後に生物膜が水流や水圧による影響を受けにくくなったと考えられる (図 3, 4)。

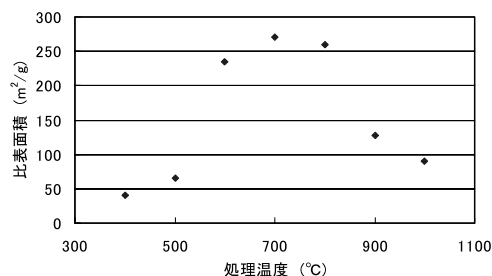


図 - 2. 炭化処理温度と比表面積の関係

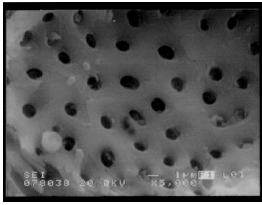


図-3. 炭化処理前のSEM像

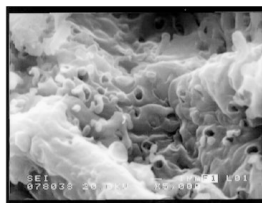


図-4. 炭化処理後のSEM像

2. 水質浄化実験

(1) 化学的酸素要求量 (COD)

図5に人工下水におけるCOD除去率を示す。COD除去率は未破碎種子 (F=5.2), 破碎種子 (F=2.5) とともに安定して高除去率であった。除去率は破碎種子が高く, 有意差 (p>0.05) が認められなかった (有意水準5%)。

(2) 生物化学的酸素要求量 (BOD)

図6に人工下水におけるBOD除去率を示す。未破碎種子 (F=5.5), 破碎種子 (F=1.1) とともに安定して高除去率であった。除去率は破碎種子が高い傾向であるが, 有意差 (p>0.05) は認められなかった。

(3) 全窒素 (T-N)

図7に人工下水におけるT-N除去率を示す。未破碎種子 (F=4.9), 破碎種子 (F=7.3) とともにばらつきがあり低除去率であった。除去率は破碎種子が高く, 有意差 (p<0.05) が認められた。

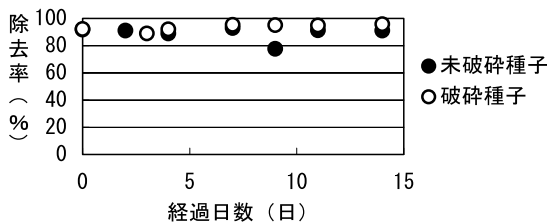


図-5. COD 除去率

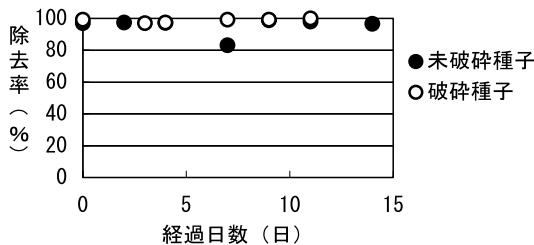


図-6. BOD 除去率

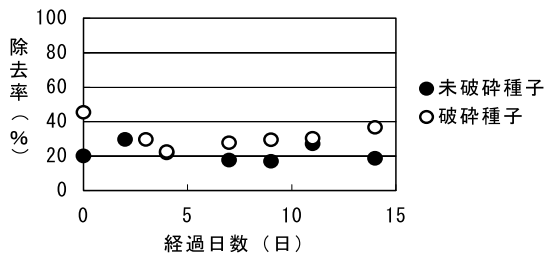


図-7. T-N 除去率

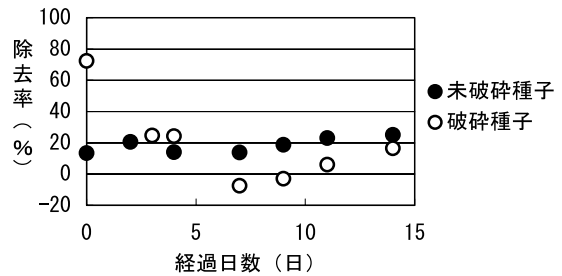


図-8. T-P 除去率

(4) 全リン (T-P)

図8に人工下水におけるT-Pグラフを示す。未破碎種子 (F=4.8), 破碎種子 (F=26.7) とともにばらつきがあり低除去率であった。除去率は未破碎, 破碎ともほぼ変わらず, 有意差 (p>0.05) は認められなかった。

3. 透水実験

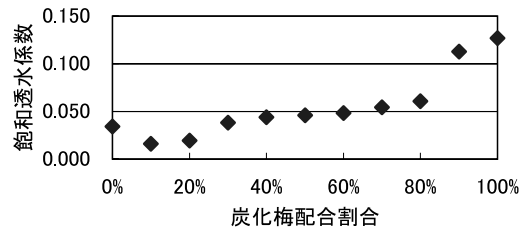


図-9. 炭化梅配合土壌の透水性

図9に透水実験の結果を示す。炭化梅の配合比率が30%以上の場合, 真砂土のみよりも透水係数が高くなることから, 炭化梅は透水性を改善させる事が確認できた。そのため, 炭化梅は土壤改良剤として有効であると考えられる。

また, 炭化梅を配合したにもかかわらず, 透水性が改善しなかったものに関しては, 一定範囲内の粒径を用いた実験を行ったため, 測定結果にばらつきが出たものと考えられる。

4. シュンギクを用いた植栽実験

(1) 茎径

図10に, Sa, Sb, Scの幹径平均値を示す。茎径はSaとSb (F=1.363, p>0.05), SaとSc (F=1.453, p>0.05) でSaが大きい傾向がみられたが, 有意差はなかった (有意水準5%)。SbとSc (F=1.066, p>0.05) でも有意差はなかった。

(2) 葉数

図11に, Sa, Sb, Scの葉数平均値を示す。葉数はSaとSb (F=2.188, p<0.05), SaとSc (F=3.095, p<0.05) で有意差がみられた。SbとSc (F=1.415, p>0.05) では有意差はなかった。

(3) 葉面積

図12に, Sa, Sb, Scの葉面積平均値を示す。葉面積はSaとSb (F=12.007, p<0.05), SaとSc (F=10.954, p<0.05) で有意差がみられた。SbとSc (F=0.912, p>0.05) では有意差はなかった。

(4) 地上部乾重量

図13に, Sa, Sb, Scの地上部乾重量平均値のグラフを示す。地

上部乾重量は Sa と Sb ( $F=8.336$ ,  $p<0.05$ ), Sa と Sc ( $F=5.161$ ,  $p<0.05$ ) で有意差がみられた。Sb と Sc ( $F=0.619$ ,  $p>0.05$ ) では有意差はなかった。

#### (5) 地下部乾重量

図14に, Sa, Sb, Sc の地下部乾重量平均値のグラフを示す。地下部乾重量は Sa と Sb ( $F=8.211$ ,  $p<0.05$ ), Sa と Sc ( $F=4.714$ ,  $p<0.05$ ) で有意差がみられた。Sb と Sc ( $F=0.574$ ,  $p>0.05$ ) では有意差はなかった。

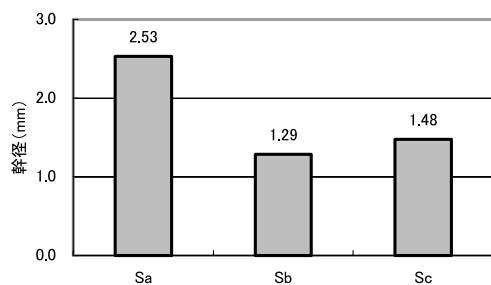


図-10. 幹径 (平均値)

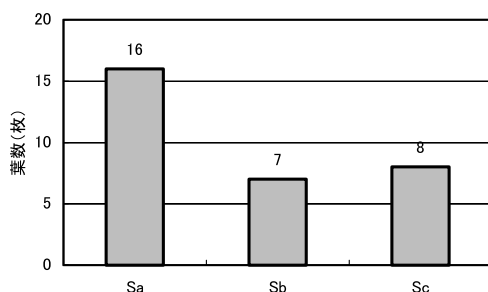


図-11. 葉数 (平均値)

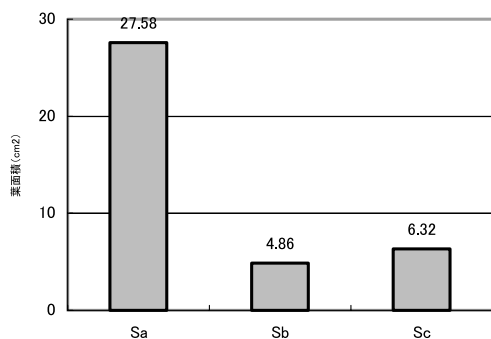


図-12. 葉面積 (平均値)

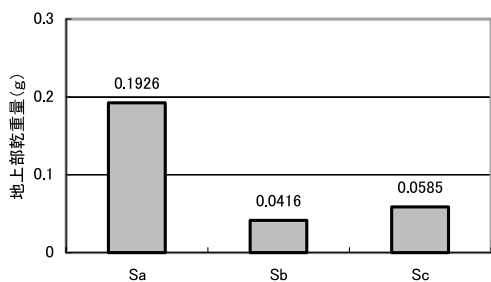


図-13. 地上部乾重量 (平均値)

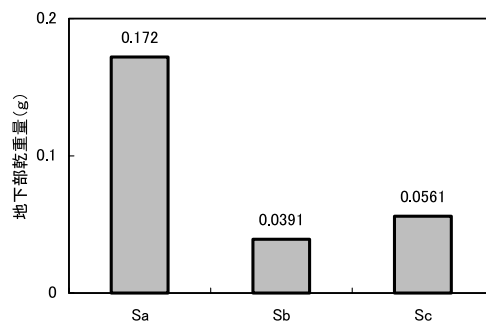


図-14. 地下部乾重量 (平均値)

## IV. おわりに

現在下水道設備の普及していない地域では、汚水の処理に浄化槽が用いられているが、これらの設備は浮遊状態での生物処理法が適用されている。これらをより効率的なものとして、活用するために炭化梅を透水性の容器に充填（パック化）し、水の浄化に用いることにより、高効率かつ利便性の高い浄化槽の開発を検討している。また、梅の種子は廃材を用いた竹炭や木炭に比して、物理的強度が大きいことを利用し、河川護岸のコンクリートに敷き詰め、河川の水質浄化へ利用する事も十分実現性がある。また、本研究では、水質浄化実験の期間が十分でなく、長期にわたり、浄化能力が失われるまで実験を継続していく必要がある。

また、浄化実験後の炭化梅に施肥効果がある事が確認できた。これは、汚濁物が水中から生物膜へ移動し、生物膜に吸着され、生物膜微生物によって分解・消費される(6)ことにより植物の生育に必要な物質が生成されたと考えられる。今後は、植物の生育に寄与した物質について詳細に検討していく必要がある。

この梅の種子を用いる浄化の試みは、現時点では、T-N, T-P の処理効率が低いという問題があるものの、生物膜内部での嫌気性処理も考慮しつつ諸条件の検討を行い、さらに実用化への応用研究も現在進行中である。また、炭化梅を用いることにより、透水性が向上する事が確認できた。これにより、炭化梅を土壤改良材として利用できる可能性が見出せた。今後の課題としては土壤の空隙率や水分保持能力をさらに向上させる手法を検証する必要がある。

## 引用文献

- (1) 近藤雅雄, 宝蔵銃一, 里中幸雄 (1992) 用水と廃水: 34, 850-858.
- (2) 伊藤公明, 洲上浩司, 武智辰夫, 斎藤安貴子, 田中陽光, 折谷隆之 (2001) 水環境学会誌24: 520-526.
- (3) 久富木志郎 (2001) 九州工業大学第13回技術交流会資料集: 73.
- (4) 石橋昇 (2001) 廃木材からの活性炭の製造と用途開発, 廃棄物の炭化処理と有効利用—都市ゴミ, 汚泥, 生ゴミ, 廃木材等の炭化と用途開発—: 113-129.
- (5) 稲葉陸太, 花木啓祐 (1999) 環境システム研究27: 365-374.
- (6) 岡田香子ら (2000) 水環境学会誌23: 677-682.

(2004年11月8日 受付: 2005年1月17日 受理)