

籾殻燻炭を利用した水処理技術

三浦 泰忠・池岡 進¹

(¹ 現 西部総合事務所農林局)

Method of the water processing using carbonized chaff

Yasutada Miura, Susumu Ikeoka

要 約

黒ぼく土及び籾殻燻炭を用い繁殖豚施設の連続式活性汚泥法処理水をろ過した場合、化学的酸素要求量(以下、COD)や色度の除去率が黒ぼく土及び籾殻燻炭の市販品で異なり、市販品Aについてはろ材容積の6倍量まではCOD除去率が57~65%、色度の除去率68~78%であり、黒ぼく土のCODや色度の除去効果に比べて効果が高く、耐久性調査では20倍量通過するとCOD除去率が24%、色度除去率が36%に低下した。

籾殻燻炭による現地実証試験(繁殖豚80頭、汚水処理施設約0.6m³/日処理)で市販品Aを約0.5m³設置した場合、放流水の色度は除去率28~60%で2ヶ月間維持し、色度200度以下であった。しかし、CODの除去については効果が認められなかった。

また、市販の籾殻燻炭3種を比較したところ炭の比表面積や吸着速度特性などの吸着能が異なり、実験室内で炭化条件(炭化温度及び炭化時間)を変化させて比較したところ、700℃及び800℃で炭化すると500℃や1000℃に比べ比表面積が大きく、また、炭化時間が長くなるほど比表面積が大きくなる傾向であった。

結 言

鳥取県内ではFRP製サイロを利用した連続式活性汚泥法の汚水処理施設が普及しているが、排水が安定的にかつ低コストに処理できる方法が望まれている。そこで、地域資源を利用した資材を用いた技術によるCODと色度の低減の可能性について、黒ぼく土及び籾殻燻炭を利用した汚水処理技術について検討した。

材料と方法

1. 黒ぼく土および籾殻燻炭の浄化比較

黒ぼく土及び籾殻燻炭の市販品2種(市販品A、市販品B)について連続式活性汚泥法の処理水(COD143mg/L、色度377度)を用いて比較した。

方法はガラス製ろ過器に5Cペーパーろ紙を取り付け、表1に示す通りの条件でろ過した。CODはCOD-Mnを測定し、色度は透過光測定法により測定した。

2. 籾殻燻炭の耐久性調査

籾殻燻炭の市販品Aについて連続式活性汚泥法の処理水(COD112mg/L、色度326度)を用いて調査を実施した。ろ過試験1では籾殻燻炭25mlに処理水25ml/回を15倍量までろ過し、ろ過試験2は籾殻燻炭20mlに処理水20ml/回をろ過して、20倍量まで調査した。方法はガラス製ろ過器を用い、1回目は5Cペーパーろ紙、2回目はろ紙を取り付けず付属のステンレス#500メッシュ網のみでろ過した。ろ過条件は表2に示す通り。CODはCOD-Mnを測定し、色度は透過光測定法により測定した。

表1 黒ぼく土および籾殻燻炭の浄化比較のろ過条件

	容積(ml)	比重*1	ろ過量/回 (ml)	回収率					
				1倍	2倍	3倍	4倍	5倍	6倍
黒ぼく土	50	0.73	50	60%	100%	100%	100%	100%	100%
籾殻燻炭									
市販品A	50	0.15	50	80%	100%	100%	86%	70%	40%
市販品B	50	0.16	50	80%	100%	100%			

*1:110℃2時間乾燥後の重量より計算

表2 籾殻燻炭の耐久性調査のろ過条件

	容積(ml)	比重*1	ろ過量/回 (ml)	回収率									
				1-4倍	5倍	6-9倍	1-9倍	10倍	11-14倍	15倍	11-19倍	20倍	
籾殻燻炭市販品A													
1回目	25	0.14	25	92%	100%	100%		100%	100%	100%			
2回目	20	0.13	20				94%	100%				100%	100%

*1:110°C2時間乾燥後の重量より計算。

3. 実証試験

日排水量約 1.0 m³ (繁殖豚尿 0.6 m³, 洗浄水 0.4 m³) の繁殖豚施設の中古FRPサイロを利用した連続式活性汚泥法の污水処理施設で、規模は10 m³の曝気槽4槽、沈殿槽1槽、ろ床2槽の既存施設で試験した(図1)。籾殻燻炭の市販品A(60L)8袋をろ過槽の放流直前の「ろ床(第2)」に設置し(写真1)、約2週間間隔でCOD及び色度の変化を調査した。なお、試験開始から84日目に沈殿槽から曝気槽に汚泥を返送するエアリフトポンプを設置し、籾殻燻炭の市販品Aを4袋交換した。なお、CODはCOD-Mnを測定し、色度は透過光測定法により測定した。



写真1 モミガラメッシュ袋での設置

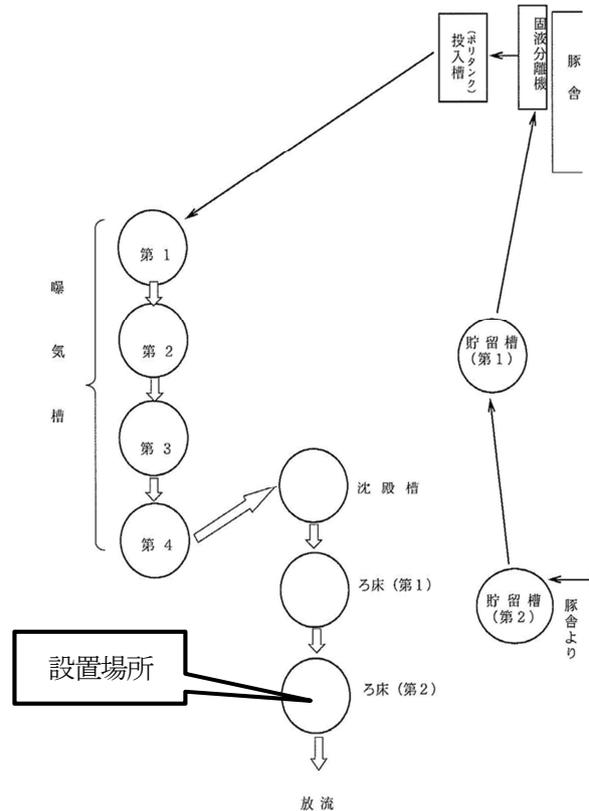


図1 污水処理施設の概要

4. 色度除去率の改善の可能性調査

籾殻の炭化温度(500°C, 700°C, 800°C, 1000°C)と炭化時間(15分, 30分, 45分, 60分)を変化させて比表面積を比較した。乾燥させた籾殻40gを蓋付き磁性ろつぼ内に入れ、マッフル炉でそれぞれの温度及び時間を変えて炭化した。また、市販品については市販品Cを加えた3種について、比表面積の比較を行った。比表面積はヨウ素吸着性能を測定し、計算により推定した。ヨウ素吸着性能及びpHは活性炭試験方法(JISK1474:2007)に従い実施し、接触時間を15分, 17時間, 140時間として比表面積及び吸着速度特性を調査した。また、灰分は石炭類及びコークス類—工業分析方法(JISMM 8812:2004)に従い実施した。炭化条件別の炭化収率、灰分及びpHは表3のとおりであった。

表3 炭化条件別の灰分及びpH

炭化温度 (°C)	炭化時間 (分)	モミ殻重量 (g)	炭化収率	灰分	pH
500	15	40	38%	41%	9.19
	30	40	38%	40%	9.23
	45	40	37%	42%	9.23
	60	40	37%	41%	9.18
700	15	40	35%	44%	9.54
	30	40	35%	45%	9.59
	45	40	35%	45%	9.59
	60	40	34%	45%	9.60
800	15	40	35%	45%	9.62
	30	40	34%	45%	9.62
	45	40	34%	46%	9.61
	60	40	33%	46%	9.58
1000	15	40	32%	48%	9.62
	30	40	31%	49%	9.45
	45	40	31%	49%	9.44
	60	40	31%	50%	9.44
市販品A	—	—	—	86%	9.04
市販品B	—	—	—	65%	8.05
市販品C	—	—	—	57%	9.78

結果

1. 黒ぼく土および籾殻燻炭の浄化比較

黒ぼく土と籾殻燻炭2種を1倍量から6倍量までろ過し、得られたろ液のCOD濃度の変化を図2に示す。黒ぼく土によるろ過後のCOD濃度は1倍及び2倍量までは土中の有機物が溶け出し、処理原水のCOD濃度143mg/Lより高くなったが、3倍量から6倍量までは136mg/LとCOD除去率5%で推移した。籾殻燻炭は市販品Aと市販品BではCODの除去率が異なり、市販品Aについては6倍量までCODの除去率が57~65%の範囲で持続したが、市販品Bについては3倍量までのろ過で処理原水のCOD濃度を上回ったため調査を中止した。

黒ぼく土の色度除去率は1倍量で52%であったが、通過処理水量の増加に伴い6倍量では20%に低下した。籾殻燻炭の市販品AはCODと同様に、色度78~68%と高い除去率を維持したが、市販品Bについては籾殻燻炭の市販品Aおよび黒ぼく土に比べ色度除去の効果が低かった(図3)。

2. 籾殻燻炭の耐久性調査

浄化比較でCOD及び色度の除去率が高かった籾殻燻炭の市販品Aについて、1回のろ過量25mlで15倍量までのろ過試験1では、除去率がCOD40%以上、色度50%以上を維持し、1回のろ過量20mlで20倍量までのろ過試験2では20倍通過するとCODの除去率が24%、色度の除去率が36%と低下した(表4)。

表4 籾殻燻炭の耐久性調査

ろ過量/回 (ml)	COD-Mn (mg/l)					色度(度)				
	原処理水	5倍	10倍	15倍	20倍	原処理水	5倍	10倍	15倍	20倍
籾殻燻炭 市販品A										
ろ過試験1	25	112	64	64	66	326	159	159	136	-
(除去率)			(42.9%)	(42.9%)	(41.1%)		(51.2%)	(51.2%)	(58.3%)	
ろ過試験2	20	112	-	64	-	326	-	146	-	208
(除去率)				(42.9%)	(24.1%)			(55.2%)		(36.2%)

備考:表中 - は未測定。

3. 実証試験

試験開始当初の処理水のCOD濃度が想定より高く200mg/Lを超えたため、CODの除去効果は持続せず、籾殻燻炭の交換及び沈殿汚泥返送のためのエアリフト設置(84日目)によっても除去効果の改善は認められなかった(図4)。

色度については試験開始当初は色度400度で除去率が安定しなかったが、沈殿汚泥返送のための

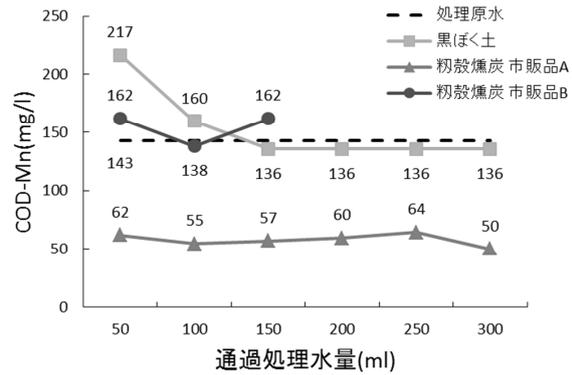


図2 ろ過によるCOD濃度の変化

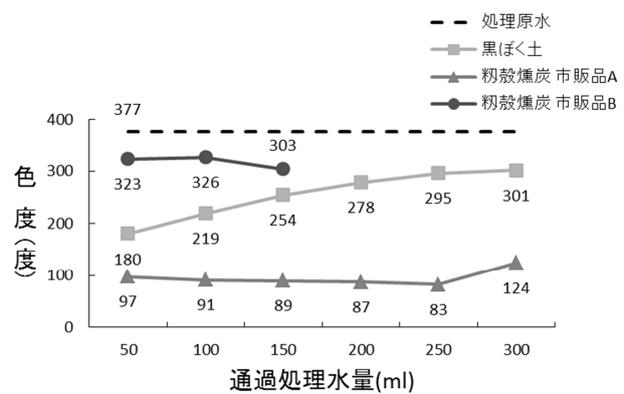


図3 ろ過による色度の変化

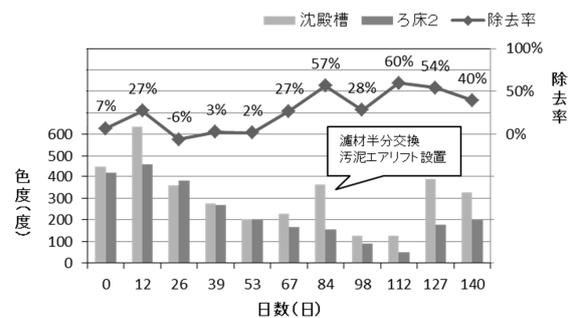


図4 実証試験におけるCOD濃度の変化

エアリフト設置と籾殻燻炭の交換により28~60%に改善し、放流水の色度を200度以下に抑えることができた(図5)。

また、籾殻燻炭の交換作業は2人で行い、所要時間2時間程度で交換することができた。

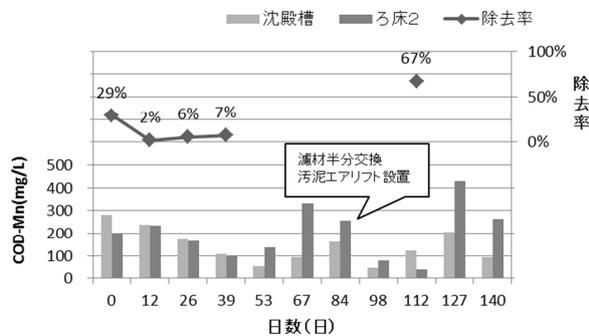


図5 実証試験における色度の変化

4. 色度除去率の改善の可能性調査

籾殻燻炭の色度除去率が市販品により異なるため、炭化する温度及び時間について比較を行った。また、市販品について市販品Cを加えた3種について比表面積や吸着速度特性の比較を行った結果を表5に示す。

炭化温度の比較では700℃及び800℃で炭化すると500℃や1000℃で炭化したものに比べて比表面積が大きくなる傾向であり、炭化時間については炭化する時間が長くなるほど比表面積が大きくなる傾向であった。特に炭化温度800℃で炭化時間60分の場合が比表面積305 m²/g(吸着時間17

時間)で最も大きく、140時間までの吸着速度については700℃が0.95~0.98と安定していた。

また、市販品については市販品Cの比表面積が152 m²/gと最も大きく、実証試験で用いた市販品Aは85 m²/g、市販品Bは21 m²/gと各製品により比表面積が異なった。

考察

実験室内での試験では、繁殖豚施設の連続式活性汚泥法で処理された処理水を籾殻燻炭でろ過した場合、同容積の黒ぼく土に比べてCODや色度の除去率が高い市販品があることが示唆され、ろ材15倍量程度までは除去率が維持することが明らかとなった。実証試験の結果から、色度を除去する場合、沈殿槽の汚泥返送や汚泥管理などろ材への汚泥の流出対策を行ない、比表面積が85 m²/g程度の籾殻燻炭を使用すると色度除去は約2ヶ月持続し、放流水は色度200度以下となった。CODの除去については濃度200mg/Lを超える高濃度の場合は、今回のろ材容積(0.48 m³)ではCOD除去を維持することは困難であると考えられた。

今回の調査では、県内のカントリーエレベーターやライスセンターが製造及び販売している籾殻燻炭を供試した。これは、活性炭に比べて比表面積は1/5程度であるものの、販売価格が500円/袋(容積60L)と安価であり、年間を通じて入手が可能である。また、使用した籾殻燻炭は堆肥と混ぜて土壌還元できることや、黒ぼく土による浄化^{2) 4)}と比べて重量が軽いためろ材交換の作業が

表5 炭化条件別の比表面積

炭化温度 (℃)	炭化時間 (分)	比表面積 ^{※1} (m ² /g)	比表面積 ^{※2} (m ² /g)	吸着速度特性 ^{※3}
500	15	41	178	0.75
	30	54	197	0.86
	45	62	205	0.85
	60	63	209	0.86
700	15	132	263	0.95
	30	143	265	0.95
	45	142	278	0.98
	60	164	282	0.98
800	15	94	233	0.79
	30	99	259	0.81
	45	182	295	0.90
	60	195	305	0.87
1000	15	19	50	0.76
	30	56	75	0.77
	45	78	83	0.82
	60	104	131	2.52
市販品A		85	—	—
市販品B		21	—	—
市販品C		152	190	0.95

※1: ヨウ素吸着法(吸着時間15分)により得られた比表面積。

※2: 吸着時間17時間でのヨウ素吸着量から得られた比表面積。

※3: 吸着時間が17時間と140時間でのヨウ素吸着量の比。

容易である利点がある。

籾殻燻炭は様々な製造方法があり、野焼き法の炭化温度は近藤らの報告¹⁾によると比表面積や細孔分布の結果から約500℃と考えられ、今回の調査では炭化温度500℃の比表面積は41~63 m²/g (炭化時間15~60分)であり、市販品Aの85 m²/g及び市販品Cの152 m²/gより比表面積が小さい結果であった(表5)。このことから、野焼き法で製造した籾殻燻炭より比表面積が大きい製品を用いることが色度の除去に対しては有効ではないかと考えられた。また、比表面積が最も大きかった市販品Cについては製造現場を視察したところ、連続式の籾殻燻炭製造装置(関西産業株式会社、バイオ炭生産プラント)であり、製造現場での聞き取りによると、炉内温度は約1000℃、炭化時間は数秒とのことであった。このことから、連続式の籾殻燻炭製造装置は比表面積が大きい籾殻燻炭を、安定して製造できる方法ではないかと考えられた。

籾殻燻炭の吸着時間について各種木炭の文献値³⁾と今回調査した籾殻燻炭の比表面積を比較すると、15分と短い吸着時間の場合、籾殻燻炭は木炭に比べて比表面積が小さかったが、吸着時間が17時間の場合、木炭は300~400 m²/gであるが、700℃及び800℃で炭化した籾殻燻炭は比表面積233~305 m²/gとなる。これらの結果から、籾殻燻炭は木炭より吸着速度が緩やかであるが、接触時間を多く設ければ木炭に近い吸着能となることが示唆された。

以上のことから、色度除去に籾殻燻炭を利用する場合、処理水を効率よく連続的に接触させることにより色度の除去に利用できるが、高濃度のCODについては籾殻燻炭での除去を目的とすることは困難であり、適正な污水处理施設の管理によるCODの浄化が必要であると考えられた。

参考文献

- 1) 近藤祐一朗・青木弘行・宮崎清(1998)、稲作農村地域での有効利活用に向けた籾殻炭化法の探求、デザイン学研究、45、3、p37-44
- 2) 森達摩・崎元道男・森忠明・坂井拓夫(1997)、黒ぼく土による畜産排水の脱色、日畜会報第68巻第10号、p940-947
- 3) 吉田隆(2009)、炭の製造と利用技術-多孔質炭素の広がる用途、第1刷、エヌ・ティー・エス、p113-121
- 4) 脇本進行・北村直起・白石誠・滝本英二・奥田宏健(2004)、尿污水活性汚泥処理水のリン・窒素の低減及び脱色技術の検討、岡山県総合畜産センター研究報告、15巻、p76-83