

農業用排水路流着ゴミとその炭化物の諸特性

誌名	農業工学研究所技報
ISSN	09153314
著者	齋藤, 孝則 凌, 祥之 山岡, 賢
巻/号	201号
掲載ページ	p. 147-156
発行年月	2003年3月

農業用排水路流着ゴミとその炭化物の諸特性

齋藤孝則*・凌祥之*・山岡賢*

	目次	
I 緒言	147	3 物性試験結果
II 実験方法	148	4 組成試験結果
1 流着ゴミと分類調査方法	148	5 化学分析結果
2 炭化方法	148	6 流着ごみ炭の用途
3 試験方法	148	IV 結言
III 結果と考察	149	参考文献
1 分類調査結果	149	Summary
2 炭化による減量率および収率	150	

I 緒言

「温暖化等地球環境」、「地球資源の枯渇危惧」、「増え続ける廃棄物」の問題に対処するため、我が国では2000年度を循環型元年と位置づけて循環型社会形成推進基本法（平成12年法律第110号）が制定され、従来の廃棄物処理法等が大幅に改正された（平成12年法律第105号）。これに伴って、分野別のリサイクル法が制定され、明確に循環型社会構築に向けた法体系が整備された。

農業農村整備事業等の公共事業分野においては、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（平成12年法律第104号）」が2002年5月末に完全施行され、工事において発生する建設副産物を適正かつ効率的に活用することによって、環境への負荷軽減と工事コストの縮減が求められている。建設副産物に指定されている建設発生木材と同様に、造成工事や道路建設工事等で多量に発生する伐採材、農業用排水路や機場等の施設に流着している流木や草などのゴミも野外焼却の禁止および資源の有効利用の観点から、廃棄処理から資源活用への転換が必要とされている。一部は堆肥原料やマルチング材等として利用が図られつつあるが、なお利用用途および需要拡大を図る新たなリサイクル技術の開拓が望まれている。

有機性廃棄物のリサイクル方式としては堆肥化、メタン発酵化、炭化、飼料化、生分解性プラスチック等が考えられるが（大塚，2001）、筆者らは炭化に着目した。有機性廃棄物の炭化は、環境負荷物質の排出抑制ととも

*農地整備部畑整備研究室

平成14年11月27日受理

キーワード：炭化・流着ごみ炭・有機性資源・資源循環・土壌改良

に、木炭と同様に、吸着力、保水性、通気性をもった資材へ転換する技術として期待され、小泉（1998）は農村で発生する有機性廃棄物を炭化（以下、「再資源炭」という）することにより、土壌改良材や水質浄化材などの資源として活用する、物質循環システムを構想した。しかし、これまでに研究されている炭の特性や機能については木炭が圧倒的に多く、再資源炭についてはわずかであり（例えば、農村環境整備センター，1999）、再資源炭の機能そのものの解明から着手し、吉田ら（1999）は6種類の農村廃棄物（稲わら、籾殻、バカス、牛糞、排水路のゴミ、農業集落排水汚泥）の炭化物の基本的な特性について報告してきた。

当所では、農林水産省の研究プロジェクト「農林水産バイオリサイクル研究」に参画し、2000～2004年の5年間にわたって「農業、農村由来の有機性廃棄物を炭化して再利用するための製造技術及び利用技術」に関する調査研究を次の3点を中心に行っている（凌ら，2001）。

- ①再資源炭を土壌改良材として利用するための技術開発
- ②再資源炭を吸着材として利用するための技術開発
- ③再資源炭の製造に関する技術開発

木炭は、燃料以外の土壌改良や植物の生育促進、水質浄化等の用途にも利用されているが、利用が先行しており、その作用機構は十分には分かっていない（安部ら，1998）。また用途別の品質基準も明確でないため、原料や炭化条件の異なる多種多様な木炭が各地で使用されているのが実情と思われる（今野・西川，1993）。再資源炭について当所は、作用機構全ての解明に至らずとも、土壌改良など畑および水田整備において利用する場合の総合的な規格基準の開発を最終目標とし、材料毎に炭化温度を変え性状を確認し、肥料代替や脱臭能力について研究に着手しているところである。

一方、農業用排水路に流着したゴミについては、水

車除塵機の実証試験をととしてゴミ種類の報告(後藤, 2000)があるが, ゴミの利用, 特に炭化物(以下, 「流着ごみ炭」という)についての研究は少ない。流着ゴミの資源化や有効利用を炭化によって図ることは, 建設された水利施設の管理コストの低減や環境への負荷軽減に貢献するとともに, 農村地域の資源循環の牽引役になるものと考え, 凌ら(2000)はこれまでに, 比較的低い温度で, 農業用排水路に流着したゴミの炭化を行い, その特性について報告してきた。木炭の既往成果から, 流着ゴミも炭化温度等の条件の変化によって生成される炭化物の特性が異なることが推測され, その特性を生かした用途拡大を行う検討が必要となっている。

本報ではまず, 農業用排水路等にどのようなゴミが流着しているのかについて分類調査を行った。次に, 炭化物の特性に炭化温度が与える影響を解析するために流着ゴミの炭化を行い, 生成した炭化物について各種物理化学分析を実施した。そして分析結果をもとに, 流着ごみ炭の農業農村整備事業における用途を検討した。

なお, 本報告は平成11~13年度にわたり, 北海道開発局及び関東, 北陸, 東海, 近畿, 九州農政局の事務(業)所からの受託(依頼)研究の成果を技術情報としてとりまとめたものである。各国営土地改良事務(業)所の関係各位には多大なご協力を得, これらの方々を中心に謝意を表します。

II 実験方法

1 流着ゴミと分類調査方法

国営の各事務(業)所で管理する農業用排水路等の流着ごみの採取時期と採取場所をTable 1に示す。

各地区の流着ゴミをビニルハウス内で乾燥後分類し, 重量を計量した。分類は形状等により, 葉(木の葉, 笹の葉, 草木の実), 草(草茎の柔らかいもの, 刈草), 草茎(アシ, ヨシ等の硬いもの), 小枝(小枝, 樹皮, 竹, 笹, 竹の根, 小木片), 生活系ゴミ(発泡スチロール, ビニール, プラスチック, 紙, ネット, 人口皮, アルミ箔, タバコの吸い殻, 食品容器, 食品残さ, ガラス), および大木片(角材, 木)に分類し, 重量を計量した。

2 炭化方法

a 炭化装置

実験炉には, 光洋サーモシステム株式会社製小型乾留炉(KBF668N-S)を用いた。熱源は電気を使用しており, プログラム管理により時間は分単位で, 炉内温度は常温~1300°Cの範囲で制御が可能である。なお, 炉内寸法はW310×H300×D610(mm)であり, 試料を入れた容積4Lのステンレス製バット2個重ねて同時に炭化することができる。

b 炭化条件

これまでの各種木炭粉の実験では, 炭化温度を300~

Table 1 流着ゴミの採取時期と場所

Time and place of trash sample		
地区名	採取時期	採取場所
A1	5月上旬	用水路
B1	8月中旬	用水路
C1	8月中旬	排水機場
C2	5月中旬	排水路
C3	9月中旬	排水機場(2ヶ所)
C4	10月上旬	頭首工, 水路
C5	8月中旬	調整池, 用水路
C6	10月下旬	クリーク水路
D1	9月上旬	頭首工他
D2	8月中旬	排水路

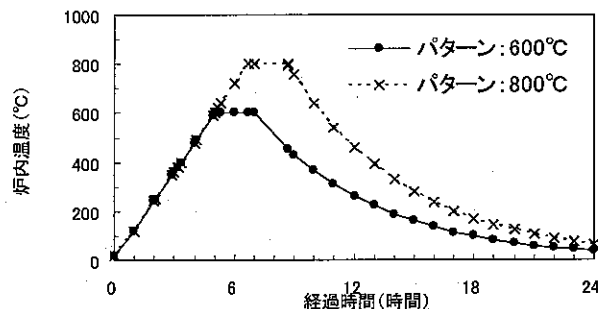


Fig.1 炭化の温度パターン

Heating pattern of carbonization

800°Cの5段階としている(今野・西川, 1993)。380°Cの比較的低い温度での流着ごみ炭の特性は既報(凌ら, 2000)で報告している。今回の実験では, これより高温の炭化条件における流着ごみ炭の減量効果や物性変化を把握するため, 炭化温度を600°Cと800°Cに設定した。なお, 設定温度までの昇温は1minあたり2°Cとし, 設定温度の保持時間は, 安部ら(1998)の木炭研究における容器法に準じ120minとした。各々の炭化温度の経過をパターンで示すと, Fig.1のようになった。

c 試料

流着ゴミをトータルで評価するため, ゴミ種割合調査で生活系ゴミまたは大木片と判定されたものを除いた植物性ゴミである葉, 草, 草茎, 小枝を細断して混合した。

3 試験方法

a 減量率および収率

炭化前後の重量を測定し, (1)式により減量率を, (2)式により収率を算定した。

減量率は炭化による廃棄物の減重量効果を評価する指標となり, 収率は炭化による熱分解や揮発を把握する指標になるとともに, 炭化による生成物の生産性を評価する指標となる。

減量率(%)

$$= \frac{\text{投入試料重量(g)} - \text{炭化試料重量(g)}}{\text{投入試料重量(g)}} \times 100 \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{収率(}\%) = \frac{\text{炭化試料重量(g)}}{\text{投入試料重量(g)}} \times 100 \quad \dots \dots (2)$$

b 物性試験

生成温度の違いによる流着ごみ炭の基本的な物性値を把握するため、①pH、②電気伝導度(EC)、③最大容水量、④容積重を測定した。なお、物性分析試料は各流着ごみ炭を粉碎し2mmフルイを通過したものを使用した。

(1) pH

流着ごみ炭の水溶液(懸濁液)のpHは灰分の溶出量を評価する1つの指標である。

試験はJIS K 1474(活性炭試験方法)に準じ、試料3gと蒸留水200mlを三角フラスコに入れて懸濁後、加熱沸騰を5min行い、冷却後pH計を用いて懸濁液のpH値を測定する。

(2) EC

流着ごみ炭の水溶液(懸濁液)のECはカルシウムおよびカリウム等のイオンの量を評価する1つの指標である。

試験は、上記のpHの測定に用いた溶液をEC計で測定する。

(3) 最大容水量

最大容水量(試料が重力に対して吸収保持できる全水分量)は流着ごみ炭の総孔隙量を評価する1つの指標である。

試験は、次のとおり土壌改良資材の効果検定法(地力問題研究会, 1985)の最大容水量法に従って行った。

重さ(W_s ,g)を量った約80mlの試料と蒸留水約100mlをピーカーに入れて懸濁後、約30min放置する。100ml試料円筒の底部にろ紙を装着し、輪ゴムで固定したものを(W_b ,g)にピーカーの内容物を移し込み、深さ5mmの水中に水分の蒸散を防止して1夜間放置した後、過剰水および水滴を取り除いて重さ(W_a ,g)を量る。

(3)式により最大容水量を算出する。

最大容水量(乾物当たり%)

$$= \frac{(W_a - W_b) \times 100 - W_s(100 - M_s)}{W_s(100 - M_s)} \times 100 \quad \dots \dots (3)$$

ただし、 M_s (%)：試料の水分

(4) 容積重

容積重は炭化の進行を評価する1つの指標である。

試験は、山中式容積重測定器で測定する。

c 組成試験

炭化温度の違いによる流着ごみ炭の理化学特性変化を把握するため、木炭の場合の組織・特性、炭化程度の指標として用いられている工業分析および元素分析を実施した。なお、この分析試料としては各流着ごみ炭を粉碎し2mmフルイを通過したものを用いた。

(1) 工業分析(水分、灰分、揮発分、固定炭素)

試験は、次のとおりJIS M 8812(石炭類及びコークス類の分析法)に準じて行った。

- ①水分；107℃ 60min 乾燥減量測定
- ②灰分；815℃ 120min 加熱残分測定
- ③揮発分；900℃ 7min 加熱減量測定
- ④固定炭素；全量から、水分、灰分、揮発分を減じる。

(2) 元素分析(炭素、水素、酸素)

試験は、次のJIS M 8813(石炭類及びコークス類の分析法)に準じて行った。

試料を完全燃焼させ、生成したガスを全自動元素分析計(パーキンエルマー社製2400II CHNS/O型)にて測定することにより、試料中に含有する炭素、水素の定量を行い、酸素は、工業分析値の灰分及び炭素、水素を全量から減じ算出する。

d 化学分析

生成温度の違いによる流着ごみ炭中の肥料成分含有量等の変化の把握を目的として、次の7項目について測定した。なお、この分析試料は各流着ごみ炭を粉碎し2mmフルイを通過したものを用いた。

- ① T-N (窒素全量)；肥料分析法
- ② P_2O_5 (リン酸全量)；同上
- ③ K_2O (カリ全量)；同上
- ④ CaO (石灰)；同上
- ⑤ MgO (苦土)；同上
- ⑥ リン酸吸収係数；土壌養分分析法の滴定法
- ⑦ 陽イオン交換容量(CEC)；同上の吸光度法

III 結果と考察

1 分類調査結果

各地区の流着ゴミ種の重量割合をFig.2に示す。流着ゴミは、葉、草、草茎、小枝の植物が大半ではあるが、発泡スチロール、ビニール、プラスチックなどの生活系ゴミが0.1～14.4%混入していた。このように地区の流着ゴミ種割合は様々であり、これによって流着ごみ炭の性状も変化することが想定される。そこで流着ゴミ種割合による流着ごみ炭の性状の傾向を検討するため、Table 2のように分類して分析に供した。

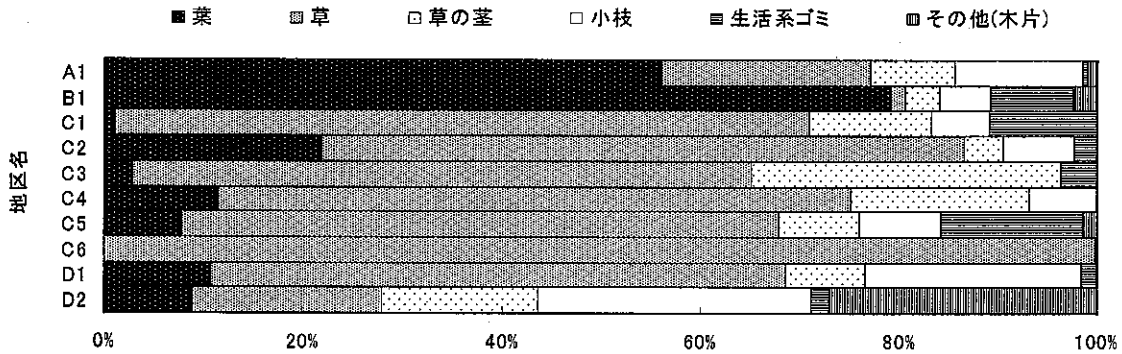


Fig.2 重量ベースの流着ゴミ種割合
Amount of trash type rate on weight basis

Table 2 流着ゴミ種割合による分類

Trash type classification ratio	
	地区名(重量比 葉:草:草茎:小枝)
葉が主, 次に草が多い	A1 (6:2:1:1)
葉が主	B1 (9:0:0:1)
草が主	C1 (0:8:1:1), C2 (2:7:0:1) C3 (0:6:3:0), C4 (1:6:2:1) C5 (1:7:1:1), C6 (0:10:0:0)
草が主, 次に小枝が多い	D1 (1:6:1:2), D2 (1:3:2:4)

Table 3 炭化による減量率と収率

Reduction and yield of trash by carbonization							
測定項目 炭化温度 (°C) 試料名	減量率 (%)			収率 (%)			含水率 (%)
	380	600	800	380	600	800	
A1 地区	70.4	66.8	70.3	29.6	33.2	29.7	11.6
B1 地区	68.0	82.6	84.3	32.0	17.4	15.7	58.7
C1 地区	68.1	54.6	59.8	31.9	45.4	40.2	14.5
C2 地区	76.2	61.7	64.9	23.8	38.3	35.1	18.1
C3-1 地区	71.1	72.2	75.5	28.9	27.8	24.5	46.9
C3-2 地区		76.5	78.6		23.5	21.4	38.8
C4 地区	68.8	74.2	76.6	31.3	25.8	23.4	58.5
C5 地区	52.6	56.8	63.8	47.4	43.2	36.2	12.3
C6 地区	87.6	85.0	87.8	12.4	15.0	12.2	70.6
D1 地区	70.9	74.1	77.5	29.1	25.9	22.5	35.3
D2 地区	59.7	68.4	70.6	40.3	31.6	29.4	11.4
平均	69.3	71.6	73.7	30.7	28.4	26.3	-

注: 380 °Cの値は, 凌ら (2000) による。

2 炭化による減量率および収率

減量率, 収率および炭化前の試料の含水率を Table 3 に示す。

各流着ゴミの減量率は 各々 54.6 ~ 85.0%(600 °C), 59.8 ~ 87.8%(800 °C), 収率は 15.0 ~ 45.4%(600 °C), 12.2

~ 40.2%(800 °C)であり, 地区によって違いがあった。炭化温度 600 °Cと 800 °Cの違いによる地区毎の減量率の変化は1.7~7.0%で, いずれの試料も炭化温度 800 °Cによる減量率の方が高かった。

ゴミ種割合と減量率の関係は, 葉の割合が高い A1 地区は減量率は高く, 草の割合が高い C1 地区は減量率は低い傾向にあった。

炭化前の試料の含水率は異なるが, 炭化温度 380 °Cの減量率は 52.6 ~ 87.6%であり, より高温の今回の炭化温度の減量率と大きな差はなく, 低温の炭化で十分な減量効果があることが明らかになった。実験炉を用いた今回の炭化処理に要した電力量の平均は, 12.2KWh(600 °C), 20.9KWh(800 °C)であり, 炭化処理コストを電力料金 21 円/KWh で試算すると, 投入試料 1m³ 当たりおよそ 32,000 円(600 °C), 53,000 円(800 °C)となり, 木くずや可燃物(紙くず, 繊維くず, 木くず等)の中間処理場受入料金より高い費用を要したが, 炭化時に発生する乾留ガスの燃焼や熱回収等の技術により処理コストの低減は期待できる。炭化温度の上昇により炭化処理コストも上昇するため, 炭化温度は炭化物の物性と炭化コストを考慮して決定する必要がある。

3 物性試験結果

流着ごみ炭の基本的な物性値を Table 4 に示す。また対照として, 2 種類の木炭の値も記載した。

流着ごみ炭の pH は, 8.9 ~ 9.9(600 °C), 9.2 ~ 10.9(800 °C)の全てアルカリ性を示し, 試料毎に比較すると 800 °Cで生成したものが大きな値を示した。

流着ごみ炭の EC は, 0.11 ~ 6.15mS/cm(600 °C), 0.22 ~ 8.62mS/cm(800 °C)と試料毎の差違が大きく, 炭化温度の上昇によりその傾向は顕著であった。

pH および EC の測定結果から, 流着ごみ炭は対照とした木炭よりアルカリ金属, アルカリ土類金属を多く含有していると推測され, 流着ごみの成分量を反映するとともに炭化温度の影響も大きいことが確認された。

Table 4 流着ゴミ炭の特性値

Some basic characteristics of "trash carbon" compared to that of Charcol

測定項目		pH(H ₂ O)			EC(mS/cm)			最大容水量(%)			容積重(t/m ³)		
		炭化温度(°C)			炭化温度(°C)			炭化温度(°C)			炭化温度(°C)		
試料名		380	600	800	380	600	800	380	600	800	380	600	800
流着 ゴミ 炭	A1 地区	8.6	9.6	10.2	0.31	0.64	0.87	186	289	302	0.36	0.22	0.23
	B1 地区	8.5	9.4	10.0	0.23	0.37	0.48	152	251	284	0.43	0.28	0.27
	C1 地区	9.2	9.5	9.2	0.92	1.23	1.07	208	370	259	0.32	0.27	0.26
	C2 地区	9.6	9.5	10.1	0.99	0.72	0.51	166	260	238	0.42	0.27	0.30
	C3-1 地区	8.6	9.3	9.6	1.08	0.42	0.29	126	258	239	0.56	0.30	0.34
	C3-2 地区		9.8	10.0		1.58	1.59		255	230		0.26	0.31
	C4 地区	8.6	9.0	9.9	0.24	0.24	0.31	277	217	205	0.25	0.34	0.37
	C5 地区	9.1	9.9	10.2	0.58	1.19	1.00	107	229	213	0.65	0.31	0.33
	C6 地区	8.9	9.7	10.9	3.13	6.15	8.62	183	344	359	0.37	0.19	0.20
	D1 地区	9.1	8.9	9.6	0.44	0.11	0.22	172	368	372	0.39	0.19	0.19
D2 地区	9.1	9.5	9.8	0.45	0.67	0.81	147	246	227	0.45	0.26	0.27	
木炭	檜	9.8			0.14			117			0.34		
	椎	7.0			0.08			184			0.35		

注：380℃の流着ゴミ炭の値は、凌ら（2000）による。
木炭は市販品で炭化温度は不明であるが、参考として載せた。

流着ゴミ炭の最大容水量は、217～370%(600℃)、205～372%(800℃)を示し、試料毎に比較すると600℃で生成したものが総孔隙量が大きいと考えられる。

流着ゴミ炭の容積重は、炭化の進行により試料の収縮が発生し、800℃で生成したものが若干大きな値を示した。

流着ゴミ炭の容積重は木炭と同様に小さく、流着ゴミ炭の最大容水量と容積重には有意な負の関係が見られることから(Fig.3)、容積重の小さなものが最大容水量が大きく総孔隙量（細孔容量）が大きいと推察された。

ゴミ種割合と各物性値の関係は、草の割合が高いとpH, EC, 最大容水量は高く、容積重は低くなり、草が主であるC6地区は顕著な値を示した。また、葉の割合が高いとpH, EC, 最大容水量は低い傾向にあり、葉が主であるB1地区は比較的低い値を示した。

4 組成試験結果

工業・元素分析結果をTable 5に示す。また、対照として流着ゴミ炭以外の再資源炭と代表的な市販木炭の分析値も記載した。

一般的に木炭の場合、炭化温度の上昇に伴い炭素含有量が多くなり、炭化温度500℃以上の条件では85～90%となり、揮発分はおおよそ10%前後で、ミネラル分を含む灰分は1～3%程度を示すことが報告されている(農林水産省林業試験場監修, 1982)。

工業分析, 元素分析の結果において、木炭等と比較して流着ゴミ炭の固定炭素は少なく、灰分は多く、また流着ゴミ炭以外の再資源炭もバガス(サトウキビの残渣)

○ 流着ゴミ炭(380℃) △ 流着ゴミ炭(600℃)
□ 流着ゴミ炭(800℃) × 木炭

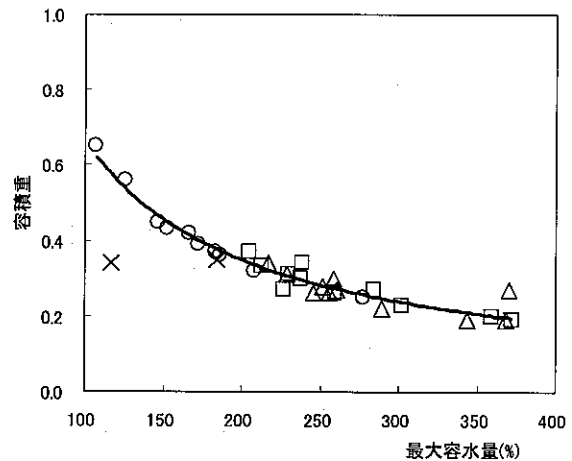


Fig.3 最大容水量と容積重の関係

Relation between maximum water holding capacity and density

炭を除き同様な傾向であった。

流着ゴミ炭の炭化温度600℃から800℃による変化は、工業分析において、灰分は上昇し、揮発分は減少する傾向が確認されたが、固定炭素分の傾向は、試料により異なった。また、元素分析においては、炭素および水素は減少する傾向が確認されたが、酸素の傾向は、試料により異なり、同程度もしくは増加した。

炭化温度600℃と800℃におけるゴミ種割合と各分析項目の関係は、草、小枝の順に多いD1地区は固定炭素

Table 5 流着ごみ炭の工業分析及び元素分析等の一覧結果

測定項目		成分構成 (%)					主要元素割合 (%)			pH
		水分	灰分	揮発分	固定炭素	炭素	水素	酸素		
試料名	A1 地区	380	3.8	50.1	26.5	19.6	35.8	2.1	12.1	8.6
		600	3.0	22.4	25.5	49.1	64.4	1.8	11.1	9.8
		800	1.7	36.0	19.0	43.3	51.9	0.5	11.1	10.4
	B1 地区	380	2.9	40.2	25.3	31.6	46.9	2.4	10.5	8.5
		600	3.0	30.7	24.6	41.7	54.0	1.6	13.6	9.8
		800	3.5	33.1	17.6	45.9	39.9	0.4	26.7	10.3
	C1 地区	380	1.4	47.3	24.6	26.7	38.1	2.2	12.5	9.2
		600	1.4	61.5	18.1	19.0	30.6	0.8	7.1	9.7
		800	1.8	64.0	16.5	17.8	25.9	0.2	10.0	9.6
	C2 地区	380	3.4	45.1	21.7	29.8	38.1	1.9	14.9	9.6
		380	0.6	72.1	17.6	9.7	19.5	1.1	7.3	8.6
		380	3.0	41.5	25.6	29.9	49.6	2.6	6.5	8.6
		380	0.7	67.1	19.8	12.4	25.4	1.6	5.9	9.1
		380	2.3	68.6	20.4	8.7	19.1	1.1	11.2	8.9
		380	2.1	34.4	30.2	33.3	50.1	2.9	12.6	9.1
	D1 地区	600	2.3	24.3	24.1	49.3	60.9	1.8	13.1	9.1
		800	1.6	28.2	18.2	52.1	58.3	0.6	13.0	10.0
		380	1.2	49.7	25.0	24.1	39.0	2.4	9.0	9.1
	D2 地区	380	0.89	38.5	19.6	41.0	47.3	2.9	11.0	9.8
		380	0.63	42.8	26.1	30.5	45.6	2.8	8.6	8.7
		380	0*	12.3*	34.0*	53.7*	68.1	11.2	8.5	6.8
		300	0*	25.6*	44.6*	29.9*	49.2	7.8	17.5	8.2
		380	2.4	44.9	22.7	30.0	38.3	3.0	12.7	8.5
		備長炭	—	9.3	1.5	9.4	79.8	94.0	1.3	3.1
松炭	—	5.1	4.3	17.0	73.6	81.7	1.7	12.1	9.2	
樗炭	—	7.4	3.0	8.4	81.1	92.1	1.0	3.7	9.4	
ナラ炭	—	6.43	2.5	15.4	75.7	90.8	2.9	3.6	9.8	
竹炭	380	4.4	4.0	23.8	67.8	79.6	3.4	12.8	9.4	
ヤシガラ炭	—	8.1	5.1	18.6	68.2	76.3	2.8	6.9	9.0	
竹炭**	500	0*	2.5*	25.9*	71.6*	87.8	1.7	8.0	10.1	
	600	0*	7.8*	8.6*	83.6*	87.3	0.8	4.2	10.4	
	1000	0*	4.0*	15.6*	80.4*	88.0	1.6	6.4	10.1	
	—	0*	1.7*	9.2*	89.1*	93.1	1.3	3.9	9.6	
	—	0*	2.9*	5.1*	92.0*	93.9	0.5	2.7	9.3	
	—	0*	0.7*	7.5*	91.8*	94.9	0.4	4.0	8.8	

注：380℃の流着ごみ炭の値は、凌ら（2000）による。

*印は、無水ベースによる値。 **印は、脇坂ら（1995）による分析データを参考として引用。

木炭等の一部とその他の値は、吉田ら（1999）による。

の割合が高く、草が主である C1 地区は灰分の高い結果であった。

流着ごみ炭の工業分析及び元素分析等の組成成分相互間の相関係数を Table 6 に示す。

Table 6 に示すように、流着ごみ炭の分析項目間の相関関係では、工業分析の灰分と固定炭素（相関係数：-0.97）の相関が高かった（Fig.4）。しかし、工業分析の揮発分と固定炭素（相関係数：0.22）の相関は低かった（Fig.5）。

また、流着ごみ炭の pH と他の分析項目間との相関は高くないが、Fig.6 に示すように元素分析の水素の割合

が少なくなると、pH は高くなる傾向にある。また、工業分析の灰分の割合と pH の関係は確認されなかった（Fig.7）。

木炭等と比較して流着ごみ炭の固定炭素は少なく灰分は多いという特徴は、集排汚泥、モミガラなどのその他の再資源炭の場合にもあてはまり、流着ごみ炭の近似線付近にプロットされたが、バガス炭はショ糖分等の成分が取り出された影響を受けて異なる値を示したと考える（Fig.4, 5, 7）。

流着ごみ炭、その他の再資源炭および木炭等の pH はアルカリ性で、水素が約 2% 程度の低い値であることか

ら、流着ごみ炭の近似線付近にプロットされた (Fig.6)。

採取時期も異なる全国 10 地区の用排水系統から採取した流着ゴミの炭化物は、成分構成および主要元素割合を異にするが、組成成分相互間には固定炭素と灰分のように相関が見られたものがあり、他地区の流着ごみ炭の

成分組成の確認も必要であるが、一般的な木炭と比較して流着ごみ炭の固定炭素は少なく灰分は多く、灰分に含まれる成分の種類とその量を活用する用途を開発する必要があると考えられる。

Table 6 流着ごみ炭の組成成分相互間の相関係数

Correlation coefficient between composite elements of industrial and elemental analysis of "Trash carbon"

	pH	灰分	揮発分	固定炭素	炭素(C)	水素(H)	酸素(O)	H/C	O/C
O/C	0.14	0.26	-0.33	-0.33	-0.49	-0.40	0.65	0.00	—
H/C	-0.82	0.45	0.47	-0.62	-0.41	0.75	-0.41	—	—
酸素(O)	0.51	-0.51	0.00	0.56	0.28	-0.22	—	—	—
水素(H)	-0.63	-0.20	0.89	0.00	0.24	—	—	—	—
炭素(C)	0.37	-0.96	0.48	0.93	—	—	—	—	—
固定炭素	0.60	-0.97	0.22	—	—	—	—	—	—
揮発分	-0.40	-0.47	—	—	—	—	—	—	—
灰分	-0.45	—	—	—	—	—	—	—	—
pH	—	—	—	—	—	—	—	—	—

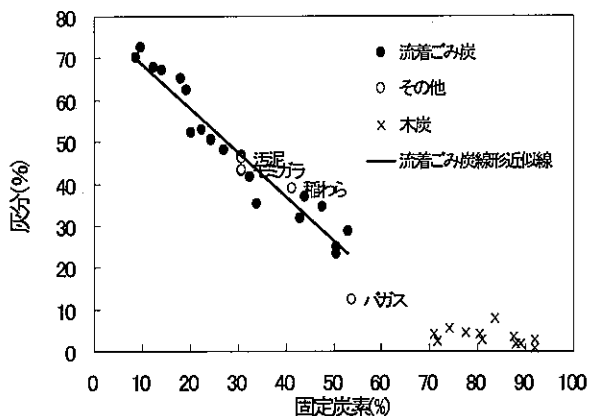


Fig.4 固定炭素と灰分の関係
Relation between fixed carbon and ash

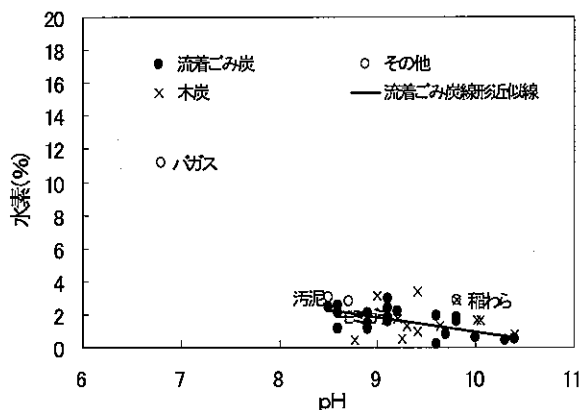


Fig.6 pHと水素の関係
Relation between pH and hydrogen

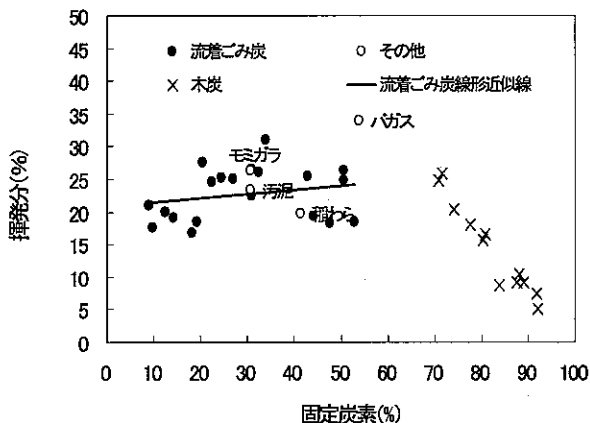


Fig.5 固定炭素と揮発分の関係
Relation between fixed carbon and volatility

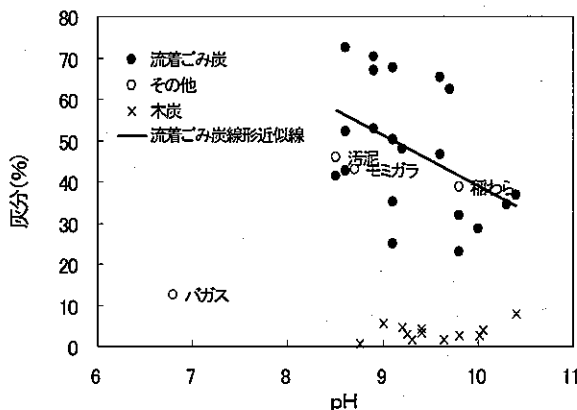


Fig.7 pHと灰分の関係
Relation between pH and ash

Table 7 流着ごみ炭の化学分析の一覧結果

Some chemical characteristics of "trash carbon" and other carbon products

試料名	測定項目 炭化温度 (°C)	T-C	T-N	C/N	P ₂ O ₅	CEC	CaO	MgO	K ₂ O	リン酸吸収係数	
		(%)	(%)	比	(mg/100g)	(me/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	
流 着 ご み 炭	A1 地区	380	35.8	1.40	26	500	8.3	6700	1100	2000	1200
		600	64.4	0.08	805	450	11.0	4500	880	2600	150
		800	51.9	0.04	1298	920	16.0	5900	1300	3400	920
	B1 地区	380	46.9	1.50	31	710	6.8	3300	1000	1400	790
		600	54.0	0.08	675	660	7.8	6900	1400	2300	390
		800	39.9	0.06	665	770	8.7	8700	2100	2700	1190
	C1 地区	380	38.1	1.90	20	1100	11.0	3700	1300	4400	1100
		600	30.6	1.30	24	1270	8.6	2300	1200	4300	290
		800	25.9	0.06	432	1380	7.2	2000	1300	3900	420
	C2 地区	380	38.1	2.20	17	1800	12.0	5500	1300	6300	770
		380	19.5	1.50	13	1500	17.0	4600	1800	5100	1800
		380	49.6	1.30	38	360	8.5	5900	490	1710	1300
C3 地区	380	25.4	1.30	20	1100	8.4	7500	940	4200	990	
	380	19.1	1.60	12	2400	20.0	11000	1700	10000	1600	
	380	50.1	1.80	28	570	14.0	8000	780	1900	1900	
D1 地区	600	60.9	1.30	47	410	8.6	5000	1100	2900	520	
	800	58.3	0.06	972	500	21.0	6300	620	940	1300	
	380	39.0	1.90	21	1000	14.0	4000	1900	2300	1400	
そ の 他	バガス炭	380	68.1	0.04	1580	650	8.8	560	270	590	1100
	集排汚泥炭	380	38.3	5.20	7	6000	0.5	5200	1100	750	-160
	牛糞炭	380	62.1	0.10	620	42	39.0	3250	1430	473	50
きゅう肥(牛糞)*	—	30.9	2.06	15	2060	—	2350	882	2060	—	
木炭**	—	64.2 ~	0.10 ~	—	20 ~ 170	1.0 ~	140 ~	30 ~ 240	170 ~ 450	—	
	—	92.5	0.74	—	—	16.3	1220	—	—	—	

注：乾燥重量基準

牛糞 380 °C炭は、固液分離した残さを炭化。380 °Cの流着ごみ炭は、凌ら(2000)による。

*印は(農林水産省農蚕園芸局農産課, 1982), **印は(林野庁, 1994)木材炭化生成物多用途利用促進調査より作成。

5 化学分析結果

化学分析結果を Table 7 に示す。また、対照として流着ごみ炭以外の再資源炭ときゅう肥および木炭の値も記載した。

流着ごみ炭の T-N は、窒素の一部が炭化温度の上昇により気化したと考えられ、800 °Cの試料は木炭より小さく、C/N 比(炭素率)は増大した。一般的に、C/N 比の高い有機物を施用すると土壤微生物に窒素が取り込まれ作物は窒素飢餓となると言われているが、炭化物に対する評価基準はなく確認が必要である。

流着ごみ炭は、木炭に比べてカリウム、カルシウム、マグネシウム、リンの含有量が多く、リン以外のこれらの含有量はきゅう肥(牛糞)と同程度以上であり、肥料としての効果も期待できる。また、流着ごみ炭の炭化温度 600 °C と 800 °C の違いによるこれらの含有量の変化は、成分により差があるが濃縮される傾向にあった。

ゴミ種割合と各含有量の関係は、葉が主である B1 地区はカルシウムが多く、草が主である C1 地区はカリウムが高い結果であった。

CEC およびリン酸吸収係数は、炭化温度 600 °C から 800 °C への上昇とともに大きくなる傾向にあるが、草が主である C1 地区のみ CEC が小さくなった。

流着ごみ炭の各成分含有量は、地区および炭化温度によって異なるが、肥料代替品として需要を図るには、原料中の組成および炭化温度によって炭化物中の成分含有量を設計可能にすることが必要である。

6 流着ごみ炭の用途

農業用排水路に流着したゴミは、380 ~ 800 °C の炭化により 70% 程度の減量を図ることができた。生成した流着ゴミ炭はアルカリ性で、高温での炭化ほど pH は高く、また、炭化温度 600 °C の炭化物は特に最大容水量が

大きく容積重は小さかった。さらに、流着ゴミ炭は植物の生育に必要な窒素、リン、カリなどの肥料成分を含有している。これらの特性から農業農村整備事業での用途を検討すると、最大容水量が大きい特性を生かした土壌の保水性改善やアルカリ性を利用した土壌酸度の矯正といった土壌の理化学性の改善、土壌に対してカリウム、リン酸などの養分供給源としての利用が有望であると考えられる。さらに、木炭は地力増進法（昭和 59 年法律第 34 号）に基づき、土壌の透水性の改善に有効な土壌改良材として定められており、流着ゴミ炭も農地の透水性改善や暗渠疎水材としての利用が期待される。また、炭化により、水分量が減少し腐敗しにくく保存性が向上し、熱によりゴミ中の種子も死滅し、軽量であることから施工時や営農時における取扱性も向上するなどの利点がある。今後、各流着ゴミの発生する地域の土壌に混合した場合の保水性、pH、透水性などの土壌の理化学性改善程度や、植物の生育、養分吸収に及ぼす影響を確認する必要がある。一方、流着ゴミ炭はリン、カリなどの含有量や EC が木炭より高い。再資源炭の水質浄化に関する定性的把握において、COD（有機物）に対する高い浄化機能とともに、カリウム、マグネシウム、カルシウムの各イオンの溶出を確認しており（白谷、2002）、むしろ水質汚濁を招かないよう、水利系統などでの水質浄化への利用には更なる検討が必要である。

IV 結 言

本研究では、再資源炭研究の 1 つとして、農業農村整備事業担当者が直面している農業用排水路に流着したゴミを対象に、炭化による資源化や有効利用を図ることを目標に、炭化温度を 600 °C と 800 °C に設定し、炭化による減量率および収率、物性試験、組成試験、化学分析を行い、その用途を検討した。

その結果、以下のことが明らかになった。

①流着ゴミは、葉、草、草茎、小枝の植物が大半で、発泡スチロール、ビニール、プラスチックなどの生活系ゴミも混入しており、その割合は地区により様々であった。

②流着ゴミの減量率は 地区および炭化温度によって異なるが、低温の炭化でも十分な減量効果があった。

③流着ゴミ炭はアルカリ性で、高温での炭化ほど pH は高く、また、最大容水量が大きく容積重が小さいのは炭化温度 600 °C の場合である。

④流着ゴミ炭は、木炭等と比較して固定炭素は少なく、灰分は多い。さらに、木炭に比べてカリウム、カルシウム、マグネシウム、リンの含有量が多く、リン以外のこれらの含有量はきゅう肥（牛糞）と同程度以上であり、肥料としての効果が期待される。

⑤流着ゴミ炭の農業農村整備事業での用途は、最大容

水量が大きい特性を生かした土壌の保水性改善やアルカリ性を利用した土壌酸度の矯正といった土壌の理化学性の改善、土壌に対してカリウム、リン酸などの養分供給源としての利用が有望であると考えられる。

再資源炭の炭化および利用方法の開発には、それぞれの地域に発生する有機性廃棄物について、その発生量と炭化物の特性の把握が必要であり、本報告のデータはその基礎資料となるものとする。流着ゴミ炭の広汎な利用にむけて今後、他の再資源炭の特性の把握とともにこれらの土壌中の理化学性や農作物に与える影響の確認などが必要である。

本報告が、循環型社会に対する意識の高揚や再資源炭の新たな用途の開拓につながることを期待するものである。

参考文献

- 1) 安部郁夫・岩崎訓・岩田良美・古南博・計良善也(1998)：木炭の製造方法と吸着特性の関係、炭素材料学会誌, 185,277-284
- 2) 地力問題研究会(1985)：地力増進法解説, 初版, 180, (株)地球社
- 3) 後藤真宏(2000)：流し掛け水車の水理特性と流水エネルギー変換技術に関する研究, 農工研所報, 39,161-196
- 4) 小泉健(1998)：炭を活用した環境保全型農業そして循環社会づくりを考える, NDR, 583,12-13
- 5) 今野一男・西川介二(1993)：炭化条件の異なる各種木炭粉の施用が畑作物の生育・養分吸収に及ぼす影響, 土肥誌, 64(2),190-193
- 6) 農林水産省農蚕園芸局農産課(1982)：堆きゅう肥等有機質資材の品質－地力保全特殊調査－, 地力保全対策資料,6,4-14
- 7) 農林水産省林業試験場監修(1982)：木材工業ハンドブック, 888-891
- 8) 例えば, 農村環境整備センター(1999)：農業農村における再資源炭の活用整備技術, 6-11
- 9) 大塚秀光(2001)：農業・農村における資源循環技術, 農業土木学会中央研修会, 11-25
- 10) 林野庁(1994)：平成 5 年度林野庁委託調査 木材炭化生成物多用途利用促進調査, 1-131
- 11) 凌祥之・吉田弘明・小泉健・山岡賢・斎藤孝則(2000)：農業用排水路に流着したゴミの実態とそれら炭化物の特性, 農土誌, 68(12),43-48
- 12) 凌祥之・藤森新作・本間新哉・長谷部均(2001)：炭化を基軸とした資源循環技術に関する試験研究, 農土誌, 69(12),39-42
- 13) 白谷栄作・吉永育生・馮延文・長谷部均(2002)：再資源炭の水質浄化に関する定性的把握, 農業土木学会大会講演要旨集, 756-757
- 14) 脇坂政幸・世利桂一(1995)：福岡県工業技術センター研究報告 No.5,201-206
- 15) 吉田弘明・小泉健・山岡賢(1999)：再資源炭を活用した環境保全型資源循環システムの展望, 農土論集, 201,125-131

Properties of Charcoals which are Made from Trash Flown Down to Irrigation and Drainage Canal

SAITO Takanori, SHINOBI Yoshiyuki and YAMAOKA Masaru

Summary

The reuse of organic waste is an important subject in the attempt to build a sustainable society. Recycling technology for organic wastes being studied by various researchers in industry, universities, etc.; and the authors used carbonization one of such methods. Charcoal can be used for soil improvement, water purification, and many other uses in industry. Carbon products from organic waste can be used in similar ways as charcoal. In this study, trash flown down to irrigation and drainage canal was heated at controlled temperature to create carbon product whose characteristic was analyzed. The characteristic differed depending on the type of trash and the temperature at which carbonization was effected. Carbonization reduced greatly the weight and volume of the trash (organic material). Also, the carbon product is sterilized because of the high temperature involved in the production. From the results, the usefulness of carbonization of trash has been established, and it is hoped that this will be one of the effective means of recycling organic waste. However, further research is needed to establish how carbonization will help reduce cost of organic waste management and contribute to a system of environmentally sustainable farm village region.

Keywords: Carbonization, "Trash Carbon", Organic waste, Recycling, Soil improvement