

<特集>

廃棄物の新しい炭化技術展開と適用事例

Application and Development of New Carboning Technology for Various Solid Wastes

○ 松井三郎¹，内海秀樹²，柏木佳行³，森川則三⁴，柴田晃⁵¹ 京都大学 地球環境学大学院地球環境学堂* 教授² 京都大学 地球環境学大学院地球環境学堂 助手³(株) 明電舎 環境システム事業部廃棄物処理事業推進部 部長⁴(株) 西原環境テクノロジー 技術部 部長⁵RISCABO(株) 代表取締役社長○ Saburo Matsui¹, Hideki Utsumi², Yoshiyuki Kashiwagi³, Norimitsu Morikawa⁴, Akira Shibata⁵,¹ Ph.D Professor, Kyoto University Graduate School of

Global Environmental Studies Department of Technology & Ecology

² Assistant Professor, Kyoto University Graduate School of

Global Environmental Studies Department of Technology & Ecology

³ Senior Manager, Waste Disposal Business Project Office

Environmental Systems Business Unit Meidensha Corporation

⁴ Design Dept. General Manager Nishihara Environment Technology, Inc⁵ Representative Director, RISCABO, Inc.

1 はじめに

炭化処理は、有機物を低（あるいは無）酸素状態下で乾留し熱分解を行うことで、最終段階まで「灰化」するのではなく、途中段階の「炭化」で生産する炭化物の有効活用を図るものである。焼却炉の発明者とされているA・フライヤーの元々の発想は、廃棄物から木片等を分離し炭化する「炭化炉」とそれ以外のゴミを乾燥・焼却する「焼却炉」と、発生する焼却灰とし尿を混ぜ発生熱を利用して固形肥料を製造する「キルン」という3つを組み合わせた、ゴミ、し尿を原料とした炭、肥料等を製造するシステムだったようである¹⁾。

有機質廃棄物の処理法として、コンポスト処理も注目を浴びてはいるが、利用先という点で問題がある。利用先を国内の農地に限定すると、窒素分のみで、国内の家畜し尿由来のコンポストを全量受け入れる程度の容量しかない²⁾と試算されている。RDF化によるゴミ処理は、ダイオキシン類の発生を避けられず、ダイオキシン類除去設備や利用の際もRDFの専焼炉が必要である。しか

し、炭化処理の場合、これらの問題を回避できる。また、焼却も含めて、これらの処理は最終的には二酸化炭素を発生し炭素を固定することができない。炭化処理は、最終的な用途が燃焼をとまなうものでなければ、炭素を固定したままにすることが可能である。炭化物として貯蓄しておき、将来エネルギー資源が枯渇する際にそれを利用することも可能であろう。炭には、分子ふるい効果もあり選択的に吸着する物質を想定した上で炭化を行うと、焼却の際に大気に拡散しないものであれば、当該物質を取り出すこともできるであろう。

炭は、すでに水質浄化を始め土壌改良や消臭、調湿、消雪等身近なところで広範な用途を見つけることができるが、用途に合わせて原料とする廃棄物と炭化条件を見極めることが重要な課題である。本稿では、現状における炭化処理技術の動向・廃棄物規制と適用事例について述べる。

*〒 606-8501 京都市左京区吉田本町
TEL:075-753-5151 FAX:075-753-3335
E-mail:matsui@eden.env.kyoto-u.ac.jp

2 炭化処理技術の動向と廃棄物規制の状況

2.1 炭化炉の分類と動向

炭化炉の分類について代表的な方式を Tab.1 に示す。

Tab.1 炭化炉の代表的な方式

熱伝達方式	搬送方式	運転方式
・外熱式 ・内熱式	・ロータリーキルン式 ・スクリュウ式	・連続式 ・バッチ式

熱伝達方式としては、被処理物に対して外部からの間接加熱による「外熱式」と、被処理物を不完全燃焼させる「内熱式」がある。

搬送方式においては、ロータリーキルンを用いた外筒回転による搬送と、内部で回転するスクリュウコンベアを用いて搬送する方式に分類される。

運転方式においては、プラント使用者の必要度（被処理物の量、運転時間などの稼働条件など）に対応した「連続式」と「バッチ式」に分類される。

炭化炉による処理は、有機性含水物質から無機性物質までの様々な物質に適用されている。特に有機塩素系プラスチックの処理は、ダイオキシン類を発生させない対策が必要となっている。

また、炭化炉の原理である、乾留熱分解方式は、ダイオキシン類を含む飛灰、汚染土壌を浄化する分野にもその適用が拡大している。

2.2 廃棄物規制と循環利用の状況

循環型社会の構築に向け、国内では、建設リサイクル法・食品リサイクル法・容器包装リサイクル法などの各種リサイクル法が順次施行され、それら廃棄物の資源としての有効利用 (REDUCE, REUSE, RECYCLE) することが政策的に推し進められている。法律体系としては、環境基本法を上位に置き、各種リサイクル法を実施する形となっている。それを Fig.1 に示す³⁾。

下水汚泥の炭化処理技術は主に中小規模の汚泥再利用を目的に開発推進が行われてきている。

これは大都市における建設資材化など多くの汚泥有効利用への実用化が進められているのに対し、地方中小都市でのコンポスト化需要が伸びないなどの状況が背景にある。これをふまえ日本下水道事業団の技術評価委員会において「下水汚泥炭化システムおよび生成される炭化製品の諸物性」について検討がなされ平成 15 年 11 月に答申された。今後、炭化処理技術の導入が促進されるものと期待される。

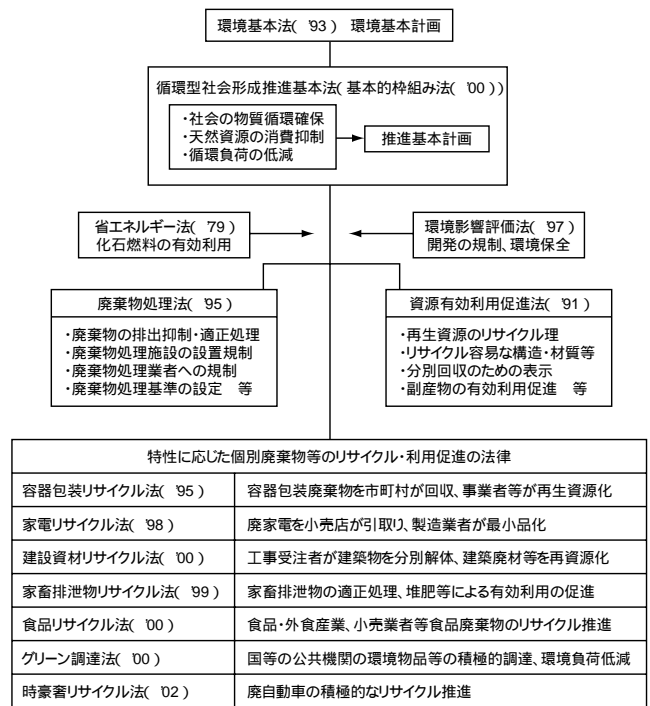


Fig.1 循環型社会形成推進に係る法律の体系

一方、し尿汚泥では平成9年に、これまでのし尿処理施設が生ごみ等の有機性廃棄物の受入、及びメタン発酵・コンポスト化等の廃棄物の資源化を取り入れた「汚泥再生処理センター」が補助金の交付対象施設として通知され、平成10年からはこれまでのようなし尿及び浄化槽汚泥だけを浄化する処理施設は国庫補助の対象外となった。これまでの汚泥の処理は、し尿等の処理に付随して発生する脱水汚泥を、前処理設備からのし渣と共に乾燥焼却し、焼却灰として場外に搬出する方式であった。現在の汚泥処理は、余剰汚泥等を有機性廃棄物(生ごみ等)と併せてメタン発酵でエネルギー回収するか、直接コンポスト化等の資源の有効利用する方式が主となっている。そうした汚泥資源化の方法として汚泥炭化が実用化されてきている。

また、木質系バイオマスはバイオマスエネルギー利用の一つとして注目を集めている。バイオマスは大気中の二酸化炭素を光合成により固定化するため燃焼等によって二酸化炭素が大気中に放出されたとしても、大気中の二酸化炭素に濃度変化が無いことから“カーボンニュートラル”と言われている。2002年12月末には農林水産省を中心として“バイオマス・ニッポン総合戦略”が発表されるなど、バイオマスのエネルギー利用は地球温暖化防止や循環型社会の形成に有力な手段として国策を含めた普及が期待されている。

Tab.2 脱塩素添加剤によるダイオキシン類の発生状況

処理物	脱塩素添加剤	ダイオキシン類濃度			処理法
		排ガス ngTEQ/m ³	飛灰 ngTEQ/g	残さ ngTEQ/g	
塩ビ電線	無し	32000	—	0.013	炭化処理 (乾留熱分解)
	有り	6.5	—	0.000035	

3 適用事例

3.1 産業系廃棄物への炭化技術の適用例

産業系廃棄物への炭化技術の適用例として合成ゴム（プラスチック）炭化プラントの事例を紹介する。

(1) システムの概要と特徴

クロロプレン系ゴム（有機塩素系プラスチック）を燃焼させると、塩化水素と未燃焼物の反応によりダイオキシン類を発生することが実験的に確かめている⁴⁾。一般に炭化（乾留熱分解）によるダイオキシン類の分解は、その熱と還元性雰囲気によることが大きい。塩素量が多い場合は、発生するダイオキシン類が増大するため、脱塩素剤を添加することにより、発生する塩化水素を安定な塩に反応させる。このことにより、塩素の欠乏が起こりダイオキシン類の合成を抑制する。

ここで、有機塩素材料における脱塩素添加剤の有無と、塩化水素発生状況と、ダイオキシン類の発生状況の関係を Fig.2, Tab.2 に示す。

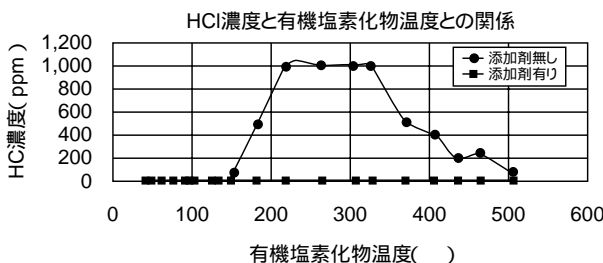


Fig.2 脱塩素添加剤による塩化水素の発生抑制効果

上記の考えを合成ゴム（プラスチック）炭化プラントに適用した。すなわち、ダイオキシン類を発生させることなく減量化を行い、合成ゴムから発生する高カロリーの発生ガスを燃焼させ、その熱エネルギーを蒸気回収（工場で利用）するシステムである。

処理能力 190kg/h のシステムの適用例とシステムフローを Fig.3 及び Fig.4 に示す。

(2) 炭化物とプラントの有効利用

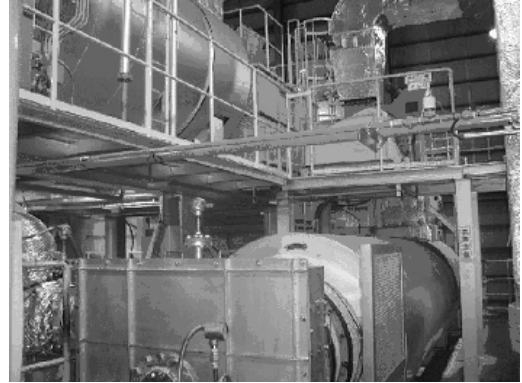


Fig.3 合成ゴム炭化プラントの適用例（神奈川県内M社で稼働中）

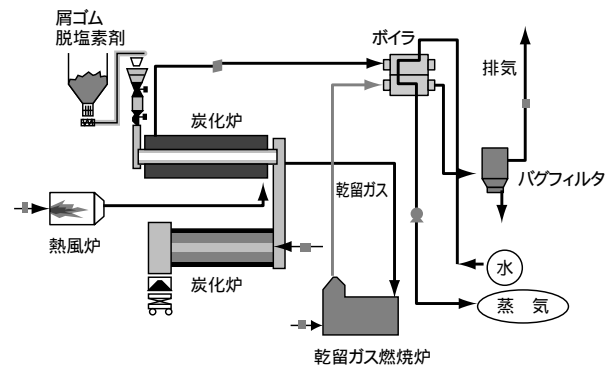


Fig.4 システムフロー図

現状は、ダイオキシン類の発生を抑制した廃合成ゴムの減量化（約 30%）が主目的である。また炭化時に得られる高カロリーのガスを燃焼させ、ボイラにより蒸気としてサーマルリサイクルを行っている。

本システムにおける排ガス中及び炭化物中のダイオキシン類濃度は、法規制値を大幅に下まわっている。

(3) 今後の課題

炭化物の多孔質性を利用した活性炭への適用（研究中）と、燃料としての利用（液体燃料との混合による燃焼）の可能性を現在研究中である。

研究中の液体燃料と炭との混合による燃焼試験を Fig.5 に示す。

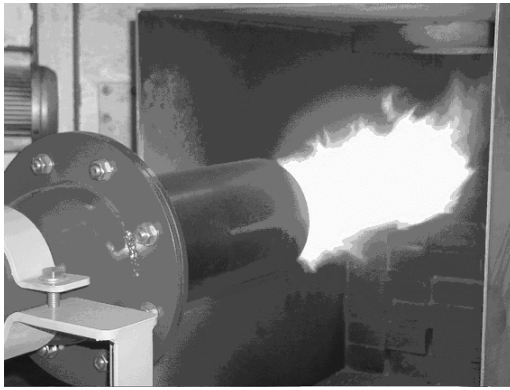


Fig.5 液体燃料と炭との混合燃焼試験

3.2 下水汚泥への炭化技術の適用例

下水道への適用事例として浄化センター内に設置した下水汚泥炭化システムについて紹介する。

(1) システムの概要と特徴

有機性汚泥処理における課題として、① 最終処分場の枯渇と処理費用の高騰、② 輸送コストの上昇、③ 臭気の拡散、④ 含有する環境ホルモン等の問題がある。特に環境ホルモンの影響は今後の問題として注目されている^{5),6)}。

また、含水率の高い下水汚泥の最大のポイントは減量化である。これらの問題を解決する有効な手段として炭化処理がある。下水汚泥を炭化した場合には、脱水汚泥量の5~6%に減量することができる。

処理能力が Tab.3 に示したシステムに適用した例を Tab.3 及び Fig.6, Fig.7 に示す。

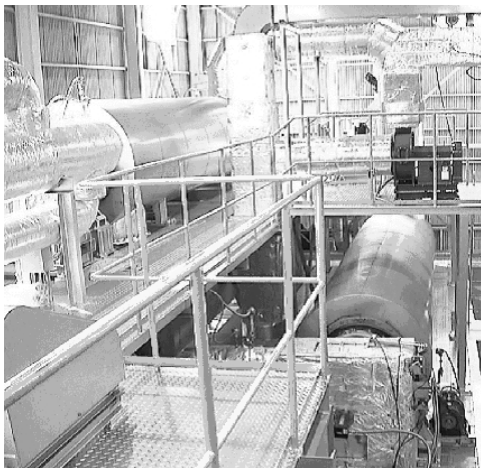


Fig.6 下水汚泥炭化システムの適用例(静岡県須走浄化センター内で稼働中)

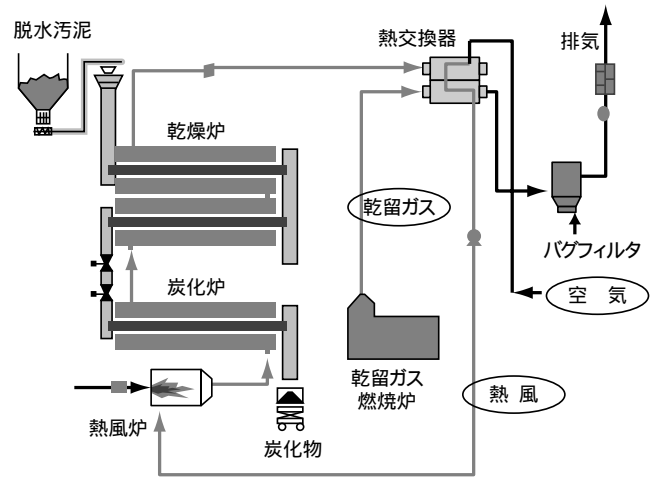


Fig.7 システムフロー図

(2) 炭化物の性状と有効利用

① 炭化物の性状

下水汚泥炭化物の特徴としては炭素分が少なく、多成分を含有している。更に、リン成分を多く含有する特徴がある。地域による差があると考えられるが、本システム設置場所においては、リン成分の存在が顕著に現れている。

有効利用に際しては、利用目的に応じた基準を充足することが必要である。特に土壤に再利用する場合には、溶出試験結果の検討が必要となる。

下水汚泥炭化物の成分分析結果を Tab.4 に、更に溶出試験結果、含有成分、ダイオキシン類の分析結果を Tab.5 に示す。

また、炭化処理と環境ホルモンの関係においては、炭化処理前には検出されたが、炭化処理後においては環境ホルモン“E2(17β-エストラジオール)”の検出がないことを確認した。

これは、炭化温度と還元性雰囲気による分解と考えられる。

② 炭化物の有効利用

炭化物の有効利用の第一は、炭化物の特徴(集光発熱作用)を利用した緑地への融雪材利用である。また、有効利用として注目すべきことは、炭化物中のリン含有量と溶出試験の結果である。

有効利用に向けた検討として、炭化物の含有成分(特にリン)、保水性、通気性に着目して植物生育試験を行った。その結果 Fig.8 に示すような良好な結果が得られた。この生育状況の差は、炭化物が含有するリン成分の効果

Tab.3 処理能力と炭化物

脱水汚泥の乾燥工程	乾燥品の炭化工程	得られる炭化物の量
560kg/h	180kg/h	30kg/h

Tab.4 炭化物の成分分析結果

成分	C	Si	P	Ca	Al	N	O
含有量 wt/%	38.6	15.4	14.7	7.7	6.6	5.2	3
成分	Fe	K	Mg	H	Ti	S	Cl
含有量 wt/%	2.4	2.1	1.6	1.5	0.7	0.4	0.1

Tab.5 炭化物の溶出，含有，ダイオキシン類測定結果

1) 炭化汚泥の溶出試験結果（土壌環境基準）

項目	単位	試験結果	基準値
カドミウムまたはその化合物	mg/L	不検出	0.01
シアン化合物	mg/L	不検出	検出されないこと
有機燐化合物	mg/L	不検出	検出されないこと
鉛又はその化合物	mg/L	不検出	0.01
六価クロム化合物	mg/L	不検出	0.05
ヒ素又はその化合物	mg/L	不検出	0.01
水銀又はその化合物	mg/L	不検出	0.0005
アルキル水銀化合物	mg/L	不検出	検出されないこと
PCB	mg/L	不検出	検出されないこと
ジクロロメタン	mg/L	不検出	0.02
四塩化炭素	mg/L	0.0001	0.002
1, 2-ジクロロエタン	mg/L	0.0001	0.004
1, 1-ジクロロエチレン	mg/L	不検出	0.02
シス-1, 2-ジクロロエチレン	mg/L	不検出	0.04
1, 1, 1-トリクロロエタン	mg/L	不検出	1
1, 1, 2-トリクロロエタン	mg/L	不検出	0.006
トリクロロエチレン	mg/L	不検出	0.03
テトラクロロエチレン	mg/L	不検出	0.01
1, 3-ジクロロプロペン	mg/L	不検出	0.002
チウラム	mg/L	不検出	0.006
シマジン	mg/L	不検出	0.003
チオベンカルブ	mg/L	不検出	0.02
ベンゼン	mg/L	0.003	0.01
セレン	mg/L	不検出	0.01
ホウ素	mg/L	0.26	1
フッ素	mg/L	不検出	0.8

2) 炭化汚泥の含有成分測定結果

項目	単位	試験結果	基準値
砒素	mg/kg	不検出	15
銅	mg/kg	不検出	125

3) 炭化汚泥のダイオキシン類測定結果

項目	単位	試験結果	基準値
ダイオキシン類	ng-TEQ/g	0	3

によるものと考えられる．Fig.8 に試験の結果の状態を示す．

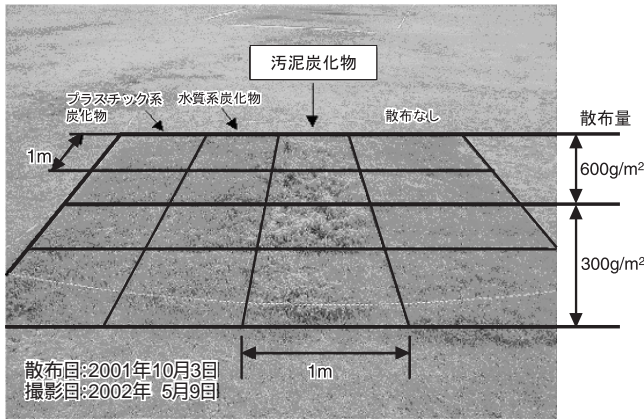


Fig.8 汚泥炭化物による植物生育試験

(3) 今後の課題

下水汚泥は、肥料成分のリンを多く含んでいる．従って、炭化物にしてリンを濃縮した形で利用することが有益である．また、下水汚泥を炭化して減量化する効果として、搬送コストの削減、ストックスペースの縮小化などもあげられる．

同様なリン成分を多く含む畜糞、生ゴミとの同時処理によるリン成分資源の回収が今後の重要課題となっていくものと考えられる．

3.3 し尿処理汚泥・生ごみへの炭化技術の適用例

汚泥再生処理センター計画において、し尿汚泥・生ごみ・農業集落廃水処理脱水汚泥の資源化設備として炭化方式を採用した事例を紹介する．

(1) システムの概要と特徴

炭化方式は内熱式のロータリーキルン式であり、水分調整として前段に乾燥機を設置しており、相互に熱利用を図っている．概略のフローシートを Fig.9 に示す．

生ごみも一緒に炭化するが、そのための前処理として破砕機及び圧縮分別機により、破砕及び異物の除去をする．前処理後の生ごみは、し尿脱水汚泥及び農業集落廃水処理脱水汚泥と混合し、乾燥機で含水率約30%に乾燥後、炭化炉に送られ約30分炉内に滞留し炭化物が生成される．さらに炭化炉からの排出後、冷却・加湿し含水率15~25%の製品となる．

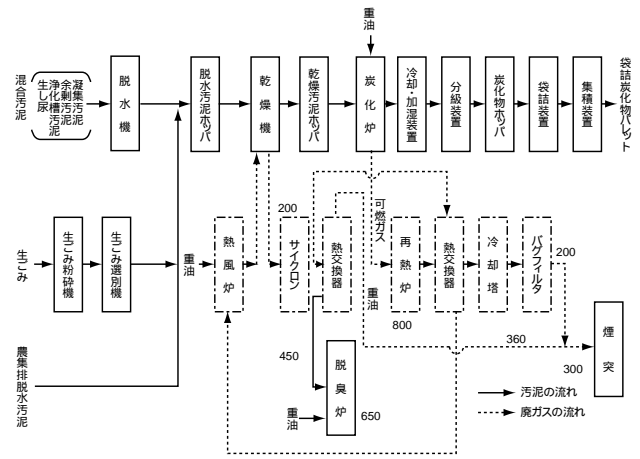


Fig.9 炭化設備フローシート

炭化物の形状は利用する際の取り扱い易さを考慮して、炭化後の製品を分級し、3mm以下の粉末が製品に混入しないよう配慮している．その後、袋詰装置により自動的に袋詰めし、パレタイザーによりパレットに自動的に積み込んでいる．

装置の運転はし尿の除渣及び脱水運転と同様に週5日、1日6時間としている．

(2) 炭化物の性状と有効利用

① 原料及び工程別発生量

原料及び工程別の設計発生量を Tab.6 に示す．

原料重量100とした場合、乾燥汚泥は25であり炭化物は7である．コンポスト化した場合は20程度であることよりコンポストの約3分の1となる．

Tab.6 原料及び工程別の設計発生量

	原 料		乾燥汚泥	炭化物
	し尿汚泥	生ごみ		
重 量 (t/日)	し尿汚泥	14.8	3.92	1.16
	生ごみ	0.7		
	農集排汚泥	0.11		
	合 計	15.6		
含 水 率 (%)	し尿汚泥	83	30	15
	生ごみ	80		
	農集排汚泥	85		
	平 均	82.9		

② 炭化物の性状

炭化物の安全性については、生し尿及び浄化槽汚泥の分析を行っており、重金属の値は分析値の範囲では炭化により濃縮されるが肥料取締法の基準以下になると推測している．

他の肥料成分については文献⁷⁾による値を Tab.7 に示し、別施設での乾燥汚泥を Fig.10 に、炭化物を Fig.11

Tab.7 成分分析結果（乾物当たりの％）

名 称	乾燥汚泥	乾燥汚泥 炭化物	し渣炭化物
炭 素 [%]	38.3	30	40
水 素 [%]	5.7	1.1	0.8
窒 素 [%]	6.3	4	1.8
硫 黄 [%]	0.7	0.5	0.2
塩 素 [%]	0.1	0.3	0.5
P ₂ O ₅ [%]	4.1	16	12
K ₂ O [%]	0.3	0.6	0.8
比表面積[m ² /g]	—	110	72

に示す．



Fig.10 乾燥汚泥

に示す．



Fig.12 し渣炭化物



Fig.11 炭化汚泥

② エノキダケ菌床廃オガ粉の炭化物をコンポスト水分調整材として利用

下水汚泥のコンポスト化において、その周辺地域に多量に発生するエノキダケの菌床の廃オガ粉を炭化し、炭化物を堆肥化の水分調整材として使用した。堆肥化の促進及び臭気除去ができると共に、炭化の際に発生する熱を汚泥及び廃オガ粉の乾燥の熱源として有効利用を図っている。廃オガ粉を Fig.13 に炭化物を Fig.14 に示す。

③ 炭化物の有効利用

炭化物は土壤に混入した場合、透水性・通気性・保水性・りん酸供給等の改良効果があり、そうした特性を利用し土壤改良材として近隣の農用地等で有効利用する予定である。

(3) その他の炭化設備の実用例

① し渣炭化物をコンポスト水分調整材として利用

し尿より発生する脱水し渣を炭化し、コンポストの水分調整材として使用している。それにより堆肥化の促進をさせると共に処理施設から発生する廃棄物を減らし、有用資源として循環させるものである。し渣炭化物を Fig.12



Fig.13 廃オガ粉



Fig.14 廃オガ粉炭化物

3.4 木質バイオマスへの炭化技術の適用例

廃棄バイオマスのうち、主に木質系廃棄物の炭化手法として、経済性の高い大量処理可能な炭化装置の一つを紹介する。

(1) 木質バイオマス炭化技術

工業的に一定以上の木材の炭化を考える場合、平炉法・スクリーン送り出し法、ロータリーキルン法、流動法、バッチ式乾留法および縦型連続もしくはセミバッチ式乾留法があげられる。処理する木質成分の質と量と形状により、経済的に最適な機械システムを考えなければならない。この中で、特に日量12トン以上(時間あたり500kg以上)の自然式レトルト方式に関しては、縦型連続もしくはセミバッチ式乾留法(レトルト方式)が他の木炭炉と比して価格・性能および耐久性において群を抜いている。初期設備価格もスクリーン法・ロータリーキルン法や流動法の国内既存同等品の約1/2~1/3程度で設置可能である上に、構造上、それら既存機械装置のような高熱のかかる駆動部分がないため、メンテナンスをほとんど必要とせず、熱分解炉部分の定期的な(3~5年に1回)断熱材の張替えだけで、24時間連続運転が可能である。ただし、投入する木材の大きさとしては他のシステムで使われるチップ状のものは熱循環が悪くなるため不向きである。逆にいえば従来のようにチップ化する必要が無く、5~10cm角の長さ15~20cm程度で良い。

縦型連続式炭化装置 (Vertical Continuous Carbonizing System・・・VCCS) (RISCARBO 株式会社製) の構造概略図を Fig.15 に示す。

また、装置の外観写真を Fig.16 に示す。

本装置の構造は上部投入口より原料の投入を行い、下部炭化物排出口より木炭を排出するものである。熱分解ゾーンで発生する木煙は二次燃焼もしくは冷却液化される。機械規模および原料の品質(水分含有率・種類等)に

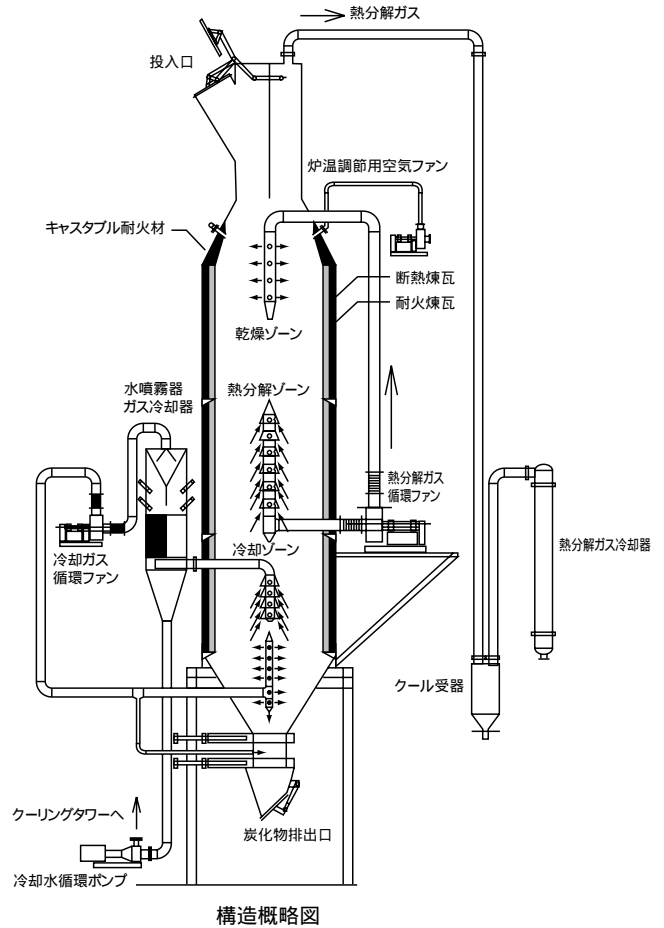


Fig.15 縦型連続式炭化装置 (Vertical Continuous Carbonizing System・・・VCCS) 構造概略図

よって差があるが、原料の投入から木炭の排出までの時間はおよそ8~14時間である。この炭化(熱分解)炉は自然式で、その熱分解温度の管理は外部からの空気取り入れ量の調節によって行う。つまり、炉内における空気を調節することによって安定した熱分解を行う。主な駆動部としては、空気管理(空気流入管理と炉内空気流管理)用の弁、投入・排出口の弁および空気の送風ファンのみであり、いたって簡単な構造である。しかし、構造が簡単な反面、温度管理が難しくなるため、各部に温度センサーが必要である。機械設備の高さについては原料投入部を含めると標準的大型設備(原料消費量180m³/日)の場合、約20m程度必要となるため、地域によって高さ制限が設けられている場合は地下取り出しピット等の設備が必要となる。

(2) 廃棄バイオマス炭化処理における気化成分有効利用技術



Fig.16 縦型連続式炭化装置の外観（大幸テック株式会社 山形小国工場）

廃棄バイオマスの炭化リサイクル効率の向上を考えた場合、その副産物である炭（CHAR）と気化物（バイオ煙）の有効利用は欠かせない。特に、木炭に代表される炭（CHAR）の有効利用は多方面でその用途開発が徐々に行われる方向にあるが、気化物（バイオ煙）の有効利用はその燃焼によるサーマルリサイクル以外あまり考えられていないのが現状である。このバイオ煙を液化し分留することによって、より高い物質リサイクルを実現することができ、かつ環境安全性の高いシステムを組むことが可能となる。

バイオマス炭化における木質成分の熱分解における収率を参考として Fig.17 に示す。

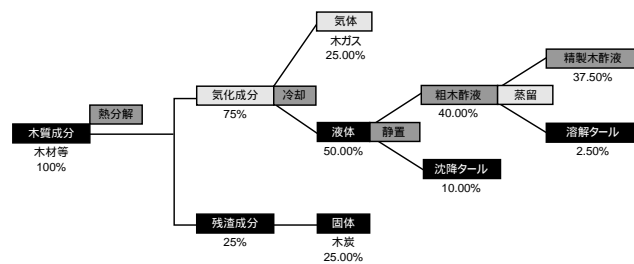


Fig.17 木質成分熱分解におけるその生成物と一般的収率

これは木煙を 15°C~40°C 程度で冷却・液化した場合の、生成物の一般的収率である。この収率は熱分解炉（木炭炉）の種類と方式、コンデンサー（冷却器）の性能と温度、原料木材の種類と含水率によって大きく変化する

が、それらの中からの中間的・平均的な値を示すデータである。

また、木質成分熱分解におけるその生成物とその有効利用用途を Tab.8 に示す。

(3) 循環クローズド木質成分熱分解システム (Circulate Processing System for the Wood Disposal 略称: CIPSWOOD) の概要と特徴

一般に、バイオマス成分を含む廃棄物を熱分解（燃焼・炭化）する時に、各種ダイオキシン類およびベンツピレン等の有害物質の生成が疑われ、環境安全性の確保が求められている。発生するバイオ煙を低温（50°C 程度以下）で液化することによりタール・ピッチを含む酢液がエマルジョン化した液体を採取できる。そのとき、場合によっては生成されているかもしれないダイオキシン類・ベンツピレン等の危険物質も液化され、それら高分子の油溶性物質はタールの中に溶け込む。これら危険物質を含むタールは簡単な蒸留により安全かつ経済的に水溶性成分（酢液）から分離回収することができるので、燃料としてのタールの有効利用を図ることができる。また、同時にダイオキシン類・ベンツピレン等の危険物質がタールとして回収されているので、酢液（水溶性成分）部分の有効利用を図ることが可能である。

次に「循環クローズド木質成分熱分解システム」(Circulate Processing System for Food and Wood Disposal 略称: CIPSWOOD-FW) (RISCARBO 株式会社製) のフロー図を Fig.18 に示す。

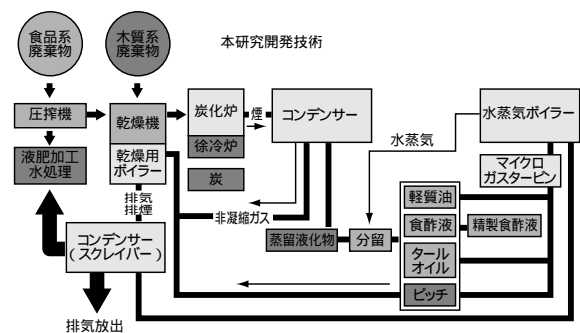


Fig.18 CIPSWOOD-FW のフロー図

また、木タールと木ガスを使ったマイクロガスタービンの外観を Fig.19 に示す。

(4) 今後の課題と展望

バイオマスの炭化によるリサイクル事業は、大量に発

Tab.8 炭化副産物利用用途一覧表

状態	品目	用途
気体	木ガス	燃料用ガス
液体	精製木酢液	農業用資材(害虫忌避・成長促進・除菌等)
		畜産業用資材(乳房炎防除・消臭・堆肥化促進等)
		化粧品原料(浴用・クリーム用・シャンプー用・石鹸用等)
		消臭剤(家庭用・病院用その他)
	溶解タール 沈降タール	燃料(マイクロガスタービン用その他) 医薬品原料(木クレオソート等)
固体	木炭	農業用土壌改良資材
		水質浄化用資材
		床下吸湿資材
		建築用資材
		屋上緑化資材, その他



Fig.19 木タールと木ガスを使った Micro-Gas-Turbine

生ずる炭化物(炭および酢液等:重量比で合計約60%程度)をいかに有効に使用・消化するかが重要な課題である。廃棄物の取り扱いにおいて、そのエントロピーの増大(分解の方向)だけを考えず、エントロピーが縮小(生産する方向)ことを考えなければ持続可能な産業循環スキームはありえない。炭素として固定化された炭を燃焼せずに、物質として物理的に利用することによって二酸化炭素の削減に寄与し、環境に配慮した持続可能な他産業関連系スキームを実現しなければ、バイオマスの炭化によるリサイクル事業の具現化は難しいであろう。

都市廃棄物の分別収集、資源循環が進むと生ごみ処理は、コンポストに地域的限定があることから、「炭化」が最も適したものとなる。次に炭化物の長期貯留が課題となる。可能な場所は、山岳森林の山麓地帯である。山麓地帯に炭化物長期貯留場所を求め、貯留費用を自治体が山林所有者に支払う。その費用が民間林の間伐造林活性化を進める。そのことで森林炭素固定が図られる。炭化物の山麓貯留は、焼却灰の埋め立てと比べて水源汚染にはならない安全な方法である。長期貯留の期間を50年と

すれば造林業の1サイクル期間と同じである。

50年後の日本は、人口が確実に減少し二酸化炭素の排出量は減少する。その時炭化物は火力発電所で燃料として利用可能となる。都市廃棄物棄却—埋立地問題—二酸化炭素排出削減課題の図式に対して、都市廃棄物炭化—山麓長期貯留—造林活性化—二酸化炭素固定—埋立地問題解消の別の図式が描ける。これは日本の環境問題解決の重要な選択肢となる。

[参考文献]

- 1) 溝入 茂 ごみ処理史における「焼却」の位置について(リサイクル文化, No. 59, pp. 35, 1999)
- 2) 西尾道徳 日本の畜産からみた課題、『有機資源化推進会議編, 有機廃棄物資源化大事典 所収』, (農文協, 109-116, 1997)
- 3) 平成15年度 産業廃棄物又は特別管理産業廃棄物処理業の許可申請に関する講習会テキスト(財団法人 日本産業廃棄物処理振興センター 第10章 164頁図1-1)
- 4) 畑岸琢弥, 白石英也, 川口秀水, 吉岡信行, 柏木佳行 廃棄物処理におけるダイオキシン類と塩化水素の発生量の相関と抑制方法の開発(環境システム計測制御学会誌「EICA」第7巻第2号(2002) 第247-250頁)
- 5) 小川 浩, 岩堀恵祐 合併処理浄化槽からの環境ホルモン様物質の溶出とその挙動(日本水処理生物学会誌 第39巻第4号 157-165 2003)
- 6) 宮 晶子, 恩田建介 下水処理における内分泌かく乱物質の除去特性と分解微生物(環境バイオテクノロジー学会誌 Vol. 3, No1, 15-22, 2003)
- 7) 脇屋和紀 炭化処理技術の実際とリサイクル設備としての稼働実績(資源環境対策 Vol. 38, No3, 2002)