

未利用資源（故紙スラッジ）の有効利用

小島 正文
（岐阜大学名誉教授）

1. はじめに

岐阜県家庭紙工業組合は、上質の故紙を用いてリサイクル紙、トイレトペーパーを製造している。その製造過程より排出される故紙スラッジの排出量は、年間 30,000 トンにのぼり、研究機関や企業においてこれまで多くの有効利用方法が模索されてきたが、大量に発生する故紙スラッジに見合う有効利用方法は無く、その殆どが産業廃棄物として有価で廃棄処理されていた。将来において故紙スラッジの処理負担は再生紙を製造する事業の廃止を余儀なくされると予想された。この問題を解決する為に、燃焼技術を得意とする石灰業を中心とする異業種の技術を取り入れ打開策を模索した。まず、故紙スラッジの付加価値商品化を目的とした商品化推進委員会を発足させ、それまでの故紙スラッジの分析データや試作品の結果を収集した。しかし、自主的な委員会活動だけでは具体的な活動範囲も少なく、経費についてもそれぞれの会社負担では限度があったので、株式会社エコロジャパンを設立して組織的な研究体制に入った。中心となった石灰業の委員にしても故紙スラッジについては全くの素人で最初の勉強から始める始末であったが、将来的な展望の中で炭化すれば商品としての需要が見込まれるだろうとの見解に立ち、前例等を調べたところ、静岡県ですでに製紙スラッジを炭化して、鉄鋼用保温材として特許を取得して販売を行っていた。そこで、鉄鋼用保温材としての販売を避け、造粒を行い製品としての差別化を図るが、炭として製品化しても売り先が無いと再び廃棄物として処理しなければならない。それでは開発の意味が無いので、故紙スラッジを炭化できるテスト炉を作り、実際に炭化物を製造し、炭化物の性質、物性等を調べ鉄鋼用保温材以外の製品を開発することにした。炭化物は中温炭の特徴をよく示し、保水、通気、吸着、脱臭、断熱、微生物培養等に特に良い値を示したが、硬度においては期待できなかった。そこで、大量に炭化ができる炭化装置の購入を検討したが、高価な割に実用に合う装置が見つからなかった。また、炭化装置も同時に自社で開発を行なおうとしたが、先発の炭化炉メーカーの特許によって防御がなされていた。そこで、特許に抵触しない方法での大型炉開発となり、一般に行なわれている外熱式に対して内部間接加熱式のロータリーキルン方式として計画を行なった。この計画を実行に移し、故紙スラッジ炭の販売を行なう事により、故紙スラッジの有効利用で故紙スラッジの処理負担を将来において軽減する為に、機械設備設計製作会社の資本参加を受け、社名を株式会社クリエートサンと改称した。創造法における岐阜県知事認定及び新産業創出支援事業費補助金交付を受けながら、炭化炉クリエートDCM200kg/hの開発に着手し、11年7月に完成した。最初に炭化物が出てくる迄の不安はあったが、期待された炭化物が生産され、随時に物性試験や安全性の確認試験に出され、各所の展示会のサンプルとして配布された。炭化炉DCMの試験操業を行ないつつ、炉の不具合な場所は改善し、炭化炉として販売可能な域に改良されたので特許の出願を行ない、炭の販売と平行して炉の販売に向けて営業活動に入った。この炭化炉は今までの他社の炉に比べて完成度は高く、目的

の故紙スラッジの炭化のみならず、如何なる有機物の炭化および焼成も可能であり、さらに、乾留ガス並びに排ガスまで有効に利用される炭化焼成炉が開発された。この開発により、さらに事業化に向けて資本金を増資 26,500 千円とし、実稼動炉 D C M3000kg/h の同時開発を進め、12 年 7 月完成、試運転に入り、同 10 月より炭の本格生産態勢に入っている。

2. 展開(1)

- (1) 故紙のリサイクルにおける過程では、脱色工程や廃水の沈殿工程の中で大量の塩素系薬品が使用されており、この塩素が炭化の過程で機器の損傷や廃ガス中のダイオキシン問題に繋がっている。また、塩素の大部分が炭化製品中に残り、利用範囲が狭められる事になる。しかし、塩素系薬品の変更等により原料の含有塩素を 2,000 ppm から 300 ppm 程度まで低下させ製品開発が行なえるようになった。前処理として造粒工程を取り入れ、水分 60% の故紙スラッジを 5mm 径造粒および整形工程により丸型にし、製品を差別化して製品の価値を向上させた。この炭化セラミックスは組成や性質・安全性が確認されており、各種展示会の配布品や商品としての市場調査に出して販路の確立を図っている。
- (2) 炭化製品は最初プレストンと命名され販売態勢に入ったが、商標登録を行なう過程で同名が有る事が判明し、カーボサンドとして商標登録がなされた。このカーボサンドは炭化物としては低い温度(500~650)で処理され中温炭としての特徴を示しており、土質改良材、堆肥化促進材、水質浄化材、鉄鋼保温材、微生物培養、重金属固定等幅の広い用途が期待されている。また内筒を通したセラミックスは強アルカリ性を示すものの、鉄鋼用等に利用される。カーボサンドは焼成物の A 型、炭化物の C 型が生産され、特殊品として L 型がある。主として C 型の販売に向けて営業活動がなされ、岐阜県リサイクル製品認定を受ける。こうした事業展開で炭製品並びに廃棄物の有効利用啓蒙を展開しながら、炭化焼成炉 D C M より生産される炭製品の製品開発を行ない、商品として扱う炭製品の総合会社を目指す。そのため協力会社と共同研究を行い、予備テストや開発を行なっている。現在、カーボサンドを主体とした塗料や水質浄化材、あるいは他品種との混合による別の商品や資材を開発中である。カーボサンド単体でも焼き分けによる別用途向けが開発されている。

製造工程

故紙スラッジ 混合粉碎 造粒 整形 炭化 篩い分け カーボサンド

カーボサンドの種類と用途

C 型	カーボサンド	バラ		各種用途向け
	カーボサンド	1000ℓ	フレコン入り	各種用途向け
	カーボサンド	20ℓ	ポリ袋入り	各種用途向け
	脱臭調湿材	12ℓ	不織布入り	床下脱臭調湿材
	根が元気 とるクリーン	4ℓ 小袋	ポリ袋入り 特殊紙袋入り	園芸用 小空間脱臭調湿材
A 型	カーボサンド	20ℓ	ポリ袋入り	保温材
	カーボサンド	20ℓ	ポリ袋入り	セラミック原料等
L 型	カーボサンド	20ℓ	ポリ袋入り	保温材
	カーボサンド	20ℓ	ポリ袋入り	土壌改良材原料等

カーボサンドの安全性は下記のとおり確認された。

溶出試験は、環境庁告示第46号（H3.8.23）に合格。

ダイオキシン及びPCBは不検出。

急性毒性は、マウス試験において異常なし。



ご使用方法（目安）

土壌1a当り 20ℓ 入 10袋～15袋使用
プランター3個分の土に 4ℓ 程度使用

ご使用方法（目安）

床下に コンクリート土間 = 12袋/坪
土間 = 16袋/坪 使用

(3) 開発された炭化焼成装置DCMは原料処理能力 200kg/hの実証プラントと、実稼動用の 3,000kg/hがあり、形式は二重筒構造の内部間接加熱方式ロータリーキルンである。内筒に高温燃焼ガス、外筒に整形された故紙スラッジが入り、超低酸素下で乾燥及び炭化を行なう。この時発生する悪臭及び乾留ガスと蒸気は密閉回路を通して燃焼室に導入、高温燃焼により完全に分解される。また外筒より取り出された炭化セラミックスを再度内筒の高温燃焼帯に投入することにより、炭素が燃焼してセラミックスとして取り出される。

炭化焼成装置 D C M は、唯一大型化が可能な機種であり、温度管理が容易で焼き分けができる為、各種廃棄物の炭化による有効利用に優れた機能を有している。特長の一例として前処理である乾燥工程が不必要であり、臭いや排水、ダイオキシン等排気ガスの心配が無いことである。

国内の廃棄物は埋め立て場の枯渇により処理費が高騰し、焼却場の不足、また、焼却設備の老朽化に伴い改築が進められている。しかし、焼却設備の建設には膨大な費用がかかり、自然環境の破壊にも繋がる。この焼却炉に代わり安価で安全な処理方法である炭化が見直されている。

炭化焼成装置 D C M に利用される原材料と製品

	適 応 原 料	製 品
有 機	解体木材・間伐材・剪定枝・刈草・梱包材・流倒木・製紙スラッジ・下水汚泥・海湖沼川底泥・染色汚泥・畜糞・堆肥・脱水し尿・介護用品・工場汚泥・食品・残飯・野菜クズ・雑介・医療廃棄物・タイヤ・ゴム・プラスチック・繊維クズ・紙クズ	燃料・土質改良材・堆肥化促進材・水質浄化材・鉄鋼保温材・脱臭調湿材・鮮度保持材・融雪材・残土処理材・廃油処理材・肥飼料
無 機	金属クズ等混合物・貝殻・石膏・鉱山スラッジ・工場スラッジ	建材・酸性中和材・水質浄化材・残土処理・水分調整

炭化焼成装置 D C M の安全性は下記のとおり確認された。

排ガスは全項目合格。ダイオキシン及び P C B も新設焼却炉の基準値を大幅に下回る。



実証プラント

D C M200 K 型
原料処理能力 200kg/h
平成 11 年 7 月稼動

実稼動プラント

D C M30M K 型
原料処理能力 3t/h
平成 12 年 7 月稼動



3. 展開 (2)

- (1) 当初において産業廃棄物を持ち込み加工する事業と言う事で、地元住民の反対があったが、岐阜県や大垣市の指導・説明を仰ぎ、原料、炭化品、炭化炉についての安全性や公害防止について理解を得て事業の展開を進めてきた。
- (2) 古来、国内外において小規模な炭製品の販売が行なわれてきた。しかし廃棄物を主原料とした炭化物についての市場が形成されていない為に、炭製品の規格化がなされていない分野での製品販売（炭は乾燥の延長上の商品との見解）は、国内はおろか外国にも例が無く、他からの引用ができず製品の基礎分析や安全性確認等、初期の事項より手探り状態で行なわなければならない、市場での認知度を高めるのに膨大な労力が必要である。特にカーボサンドについては、その特性重視のため異物の混合を避けたため、硬度が不足し使用時の微粉が問題になり、改善策を検討中である。
- (3) 炭化装置においても炭製品と同様に炭化炉の分類・規格が無いために、炭の生産設備であるにも関わらず炭化炉は焼却炉の範疇に組み込まれ、炭化による未利用資源の有効利用および自然環境改善の行く手を遮っている。

4. 結論

安全で環境に優しい再資源化システムを構築するため、商品開発や炭については全くの素人の集団が、各所でつまずきながら多くの助言、協力、また地元の理解を得ながら環境保全を重視して炭化装置および商品の開発に努めてきた。今回は少人数の素人故に、理屈抜き、不具合はその場で軌道修正し、多くの特性に惑わず用途を限定して開発という方法が、短期間に開発が出来た要因と思われる。クリエイトサンとしては、岐阜県家庭紙工業組合より排出される故紙スラッジ全量の有効利用、商品化が当初の目的であり、炭（カーボ

サンド)を商品として事業展開を進めてきたが、カーボサンド一種類の手持ち商品では販売、開拓に限度があり、企業として進展性が無い。しかし、たまたま先に取得されていた特許を避けた事が幸いし、開発できた炭化炉(クリエートDCM)の完成度が高く汎用性があり、各種廃棄物の炭化炉として利用・販売ができる見通しとなった。そこで協力会社と共にクリエートDCMの販売先で生産される炭化物の商品開発を行ない、全国組織で炭製品全てを取り扱う会社を目指す事に専念する為にクリエートDCMの製造販売部門を株式会社エイコーシステムズに(エイコーDCM)移管した。しかし、廃棄物より生産された炭化物への社会的認知度が低く、需要へ結びついていないので、先ず中部3県より炭化工業会を立ち上げ、炭化炉及び炭製品の普及活動、製品の分類と規格化を行なって新市場の開拓を目指し、環境保全と循環型社会の構築を提言する全国組織化を進める。また、各種展示会や講演会に積極的に参加PRに努めた結果、商品販売より社名が先行してきた。そうした中で海外を含む全国より商品・装置の見積もり及び工場見学、製造販売協力会社等の問い合わせに連日時間を費やされる事になり、報道機関にも炭化の情報が増えて、炭の社会的地位が向上しつつあるが、国内での普及はまだ難しく、かえって法の規制が遅れている国外での利用の方が早いと思われる。また、前年度において排気ガスの有効利用として、別会社にて廃石膏の乾燥再生を行ない、今年度においても、燃料転換を計画しており、熱源としての重油をエイコーDCMで炭化した建設廃木材等の炭を微粉炭とし、微粉炭燃焼(装置は協力会社において開発済み)で資源の有効利用を行なう。

そのキーワードは、先取り指向・即実行である。