

特集

非金属廃棄物の再資源化

非金属廃棄物の再資源化の現状

Present State of Recycling on the Non Metallic Waste

加藤 博 明*

Hiroaki Kato

1. はじめに

わが国の経済発展は大量の廃棄物の排出をもたらした。昭和60年9月のG5会議以後、わが国産業界に構造変革が強く要請されている。それ以前の技術革新により所謂、重厚長大産業は次第にその座を軽薄短少産業にゆずりつつあり、それに加えて産業のサービス化が加速されてきた。内需拡大は再び高度経済成長をもたらしつつある。

これらの産業構造の激変は、産業廃棄物の排出量や品質に甚大な影響を及ぼすであろうし、その再資源化製品も、安い輸入原燃料ときびしい価格競争にさらされてきた。昭和60年以前と以後では全く様相を異にする分野もあり、昭和60年以前の古いデータは安心して使えない現状である。

本稿では、筆者の外に、びんガラス、プラスチック・ゴム類の冷凍破碎分離、石炭灰・フライアッシュ、紙類の各論は別の専門家により論ぜられるので、非金属廃棄物として、主に有機性汚泥、動植物性残渣、廃プラスチック類、建設廃材および鉄系スラグについて、その再資源化の現状を述べることにするが、実際はリサイクル企業の稼動状況の実態把握が不十分であるので、記述された業種の中で稼動率が極端に低いものや、廃業しているものも考えられる。

2. 有機性汚泥

2.1 下水汚泥

わが国の下水道は先進各国に比し大きく普及が立遅れている。昭和60年度末で約36%であり、今後、内需の柱として公共需要は旺盛である。従って普及率の向上に伴って汚泥の発生量は倍増することが予想される。昭和60年度で下水道中の固形物は約100万tにのぼり、濃縮ベース（水分93%）で3,250万㎡の容積となる。

表1 下水汚泥の有効利用用途

| 原料汚泥形態 | 処理工程 | 生成物質 | 利用用途 |
|--------|-------|-------|----------------|
| 濃汚泥 | 消 化 | メタンガス | 発電、プロワ駆動、加温用燃料 |
| | (無加工) | 脱水ケーキ | 肥料 |
| | 乾 燥 | 乾燥汚泥 | 燃料、肥料 |
| | 発 酵 | コンポスト | 肥料、土壌改良材 |
| | 溶 融 化 | スラグ | 骨材、砕石材 |
| 脱水ケーキ | 多重効用缶 | 成形品 | 装飾品、タイル |
| | | 固形燃料 | 発電燃料、セメント製造燃料 |
| 焼却灰 | (無加工) | | 路床材 |
| | | | アスファルトフィラー |
| | | | セメント原料 |
| | | | コンクリート混和材 |
| | | | コンクリート2次製品原料 |
| | | 土質改良材 | |
| | | 埋立て覆土 | |
| | 造 粒 | 造 粒 物 | 園芸用土壌 |
| | 造粒焼成 | 焼 成 物 | 軽量骨材 |
| | 混練焼成 | 焼 成 物 | 透水性舗装ブロック、厚陶管 |
| | 溶 融 化 | スラグ | 骨材、砕石材 |
| | | 成形品 | 装飾品、タイル |

汚泥は処理に応じて濃縮汚泥、脱水ケーキ、乾燥汚泥、焼却灰、溶融スラグ、コンポストなどの形態をとる。これらの有効利用の用途を表1に示す。その処分状況と有効利用実施状況を表2、3に示す。

(1) 緑農地利用 下水汚泥の脱水ケーキは微生物を利用して好気性発酵させて、コンポストとして緑農地利用が圧倒的に多い。高速堆肥の利用は消費者の自然回帰指向と農家の生産コスト切下げともあいまって、一層の増加が見込まれる。この場合、特に有害重金属を含む場合、農地利用は控えるべきで、食物以外の公園、緑地向けに限らねばならない。国立公害研究所の研究では、汚泥施用の限界を示している。(表4)

(2) 消化ガス発電 下水汚泥の脱水ケーキを原料として嫌気性消化法により消化ガスを得ている。この消化ガスは消化ガスエンジンの燃料として使われて、発電している。そのフローは図-1に示す。消化ガスはまた、他の汚泥焼却炉の補助燃料にも使われている。ガスエンジンの廃熱は熱交換機によって温水とし、消化

* (財)クリーン・ジャパン・センター理事
〒105 東京都港区虎ノ門3-6-2 第2秋山ビル

表5 下水汚泥の有効利用可能性

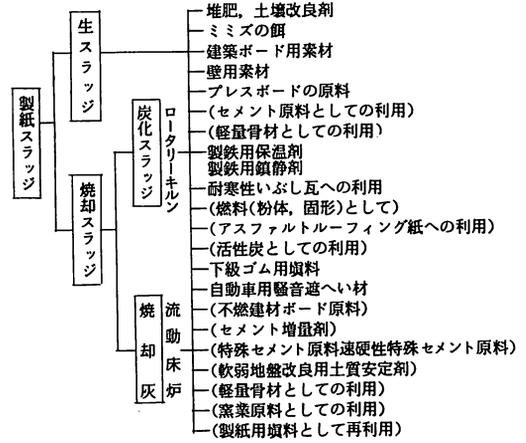
| | 盛土 | 路盤 | | アスファルト | セメント | コンクリート | 骨材 | 人骨工 | タイル | 窯業 |
|-------|------|----|----|--------|------|--------|----|-----|-----|----|
| | | 上層 | 下層 | | | | | | | |
| 沈砂 | | | | | | | | | | |
| 脱水ケーキ | × | × | × | × | | | | | | |
| 焼却灰 | 石灰系 | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | | | △ | ○ |
| | 高分子系 | △ | △ | △ | △ | △ | | | ○ | ○ |
| 溶スラグ | 急冷 | ○ | ○ | △ | △ | | | ○ | | |
| | 徐冷 | ○ | ○ | △ | ○ | | | ○ | | |

出典 下水汚泥の建設資材化：昭和58年8月
下水汚泥資源利用協議会

注 ○ 利用可能性が高い
△ 利用可能性が低いまたは、検討の余地あり
× 利用可能性がない

ると紙パルプ工業から発生する最終廃棄物の排出量は調査70工場から有姿で $2,175.0 \times 10^3$ t/年、平均水分64%、絶乾ベースで 792.6×10^3 t/年となっている。そのうちの23%が排水処理汚泥で、ついで汚泥焼却灰、石炭ボイラー灰となって何れも非金属廃棄物である。このうち譲渡・販売されているのは 192×10^3 t/年で、有効利用率は24%となっている。

表6に最終廃棄物の有効利用先を紙パルプ技術協会と㈱クリーン・ジャパン・センターが行った調査結果を示す。利用量の多い順に示せば有姿の場合、埋立・整地、堆肥・土壌改良剤、製紙用原料、製鉄用保温剤、



() は55年時点で研究段階

図-3 製紙スラッジの有効利用

鎮静剤である。円高時代に入りコスト切下げの強い要請や、利用先企業の盛衰もあって、最近では焼却の割合が増えていると思われる。

製紙汚泥に関してその有効利用先は、図-3のようにまとめられる。但し()内は昭和55年当時で研究段階のものであるが現在、本格的な実用化にいたっていないと思われる。

3. 動植物性残渣

3.1 有機質廃棄物の発生

表6 最終廃棄物の有効利用

| 有効利用の内容 | 昭57.4 - 58.3 紙パルプ技術協会 | | | | | 昭52.4 - 53.3 クリーン・ジャパン・センター | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------------------------|------------|-----------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|------------|------------|
| | 件数 | 有姿 千t/年 | 構成 (%) | BD 千t/年 | 構成 (%) | 件数 | 有姿 千t/年 | 構成 (%) | 土場 くず | パーク | ダスト・ チップ | スクリー ンかす | 排水 汚泥 | グリット ドレグス | もえ がら | その他 |
| 製紙用原料 | 10 | 76.7 | 16 | 14.7 | 8 | 12 | 59.1 | 25 | | (1) 27.6 | (10) 30.2 | (1) 1.3 | | | | |
| ボード・繊維板 | 9 | 26.8 | 5 | 14.0 | 7 | 11 | 38.6 | 16 | | (1) 7.1 | (7) 25.6 | (2) 3.5 | | | | (1) 2.3 |
| 燃料またはその原料 | 9 | 33.4 | 7 | 16.6 | 9 | 8 | 12.5 | 5 | | (6) 9.1 | | (2) 3.4 | | | | |
| 堆肥・土壌改良剤 | 23 | 96.9 | 20 | 32.9 | 17 | 25 | 97.0 | 41 | (2) 16.1 | (8) 23.6 | (2) 7.3 | (6) 27.8 | (6) 16.8 | | (1) 5.4 | |
| ミミズの飼料 | 4 | 7.5 | 2 | 2.5 | 1 | 4 | 8.2 | 3 | | | | (4) 8.2 | | | | |
| 製鉄用保温剤 | 15 | 56.8 | 12 | 34.1 | 18 | 12 | 15.3 | 6 | | | | (1) 1.1 | (1) 0.8 | (10) 13.4 | | |
| 瓦、路盤材 | 2 | 8.6 | 2 | 7.9 | 4 | 9 | 5.5 | 2 | | (4) 2.4 | (2) 0.6 | | | | (3) 2.5 | |
| その他 | 13 | 39.7 | 8 | 3.4 | 2 | | | | | | | | | | | (1) 2.7 |
| 排水中和用 | 3 | 2.7 | 0.6 | 1.5 | 1 | 1 | 2.7 | 1 | | | | | | | | |
| セメント・消石灰 | 4 | 2.6 | 0.6 | 1.6 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 金属等売却 | 16 | 15.5 | 3 | 11.4 | 6 | | | | | | | | | | | |
| 埋立、整地 | 6 | 121.1 | 25 | 52.0 | 27 | | | | | | | | | | | |
| 合計 | 114 | 488.6 | 100 | 192.6 | 100 | | 238.9 | 100 | 16.1 | 23.6 | 53.5 | 84.2 | 34.3 | 3.5 | 21.3 | 2.3 |

注 () 内の数字は件数を示す。

表7 動植物性残渣種類一覧表

| 業種 | 廃棄物 | 含有物質 | 用途例 |
|--------|--|---|---|
| 農 業 | 稲わら わら もみがら アスパラの根 キャベツの葉 米ぬか | 有機質 有機質 有機質 たん白質 せんい質 脂肪ほか | 飼・肥料 飼・肥料、パルプ 飼・肥料、燃料 食品(増量材) 薬品 飼・肥料 |
| | (農産物加工) | おから 果汁かす メロン りんご みかん ぶどう 焼酎かす たまごのから 澱粉かす | たん白質ほか ビタミン・炭水化物 ビタミン・炭水化物 カルシウム 炭水化物 |
| 畜産業 | | 家畜ふん けいふん と畜血液 と畜の内臓 | りん酸ほか りん酸ほか たん白質ほか たん白質ほか |
| 水産業 | 魚加工残渣 魚の煮汁かす 目から(ほたて等) カニがら、エビがら | たん白質、カルシウム たん白質 カルシウム たん白質、チキン質等 | 飼・肥料 飼・肥料 肥料・融雪剤 薬品、食品、化粧品 |
| 林業 | おがくず チップかす | 木材繊維質 | 燃料 燃料 |

人間が生きていく為に必要な食糧の大部分が動植物性食品が占めている。これら食品が、その原料の生産、捕獲、採取され、流通市場を経て加工場に入り、種々に加工されるか、直接小売店から最終消費者の手に入る。これらの過程の中で、少なからぬ廃棄物が排出されている。これらの内容は多種多様であるが、発生分野を農業、林業、畜産業、水産業に大別される。表7に代表的な動植物性残渣の種類を示す。

3.2 農業

日本人の主食は米で年間・作当り、10a当りの収量は、もみ500kg, わら700kg, 根360kgとされて、根はそのまま大地への還元され、もみは玄米(80%)ともみ殻(20%)に分けられて、後者のもみ殻と稲わらが廃棄物となる。このうち、もみ殻は特異な組織と組成を有して、表面に硬質の羽毛が生えていて水をはじく性質があり、また、珪酸を含むため粉砕、摩細がむづかしい。これを燻炭にして農業用などに利用されてきた。近年もみ殻を加湿後、加圧爆砕するやり方でもみ殻の固い組織を破砕する技術が開発されて用途開発に道を拓いた。またそのまゝ家畜の敷料、堆肥の水分調整材、壁材としての用途や、加水分解して糖類の利用などが考えられている。

最近、工業技術院化学技術研究所は、もみ殻中に約20%の良質のシリカが含まれることに着目して、もみ殻を原料にして直接合成法でゼオライトを合成する技術を開発した。このゼオライトはC₁化学などでゴリンや、化学原料を効率よく合成する触媒として利用

される。北海道ではもみ殻から炭化ケイ素、窒化ケイ素のファインセラミックスが開発されている。大阪では植物工場の養液栽培用の培地がつくられ、簡単な設備化が進められている。また、もみ殻を圧縮播漬法で微粉化し漆器用の合成樹脂成形材料の充填材料として、従来の木粉使用のものより性能が良く価格が安いとされている。さらに、もみ殻を母材とし、松葉、火山灰を助材として粉末化、高分子化合物を加え、100℃強で混練、シート状に成型製品化している。80℃以下の低温で機能を発揮する遠赤外線放射体としてカーペット、シーツ、毛布、浴場の浮きマット、サウナの壁マットなどに用いられる。

稲わらは牛の飼料、家畜類の敷料等に利用され、ふん尿処理のルートに乗っている。

麦幹は一部紙幣の原料として麦わらパルプが利用されているが大部分は堆肥原料となっている。

畑地で栽培される野菜、果物は葉、茎、根および実など、利用される部分を採取した残りは、堆肥、飼料の原料となる。最近、食品の流通、販売は可食部のみに限られる傾向が多くなり、不用部は発生元の農家で除去し処分する必要が生じている。

農産物の加工場からの廃棄物で注目を集めているものに、豆腐粕(おから)の乾燥技術の開発とその利用、果実果皮の乾燥利用、あるいはメタン発酵、製糖のバガスを燃料または飼料としての利用、いも類、穀類からの澱粉製造時の澱粉粕、濃原汁液の利用、その他農産物を原料とする発酵食品製造残渣の利用など原料、加工食品も多種多様であり全てを狭い文章に網羅することは困難である。

最近注目を集めている野菜、果実の廃棄物利用の例をあげると、キャベツの芯など野菜くずからキチン分解酵素のキチナーゼや、細胞遺伝子の組替え用の試薬への利用も進んでいる。キチナーゼは細胞表面の硬い壁を溶かす働きをする。何れもバイオ技術の中に用いられる。製茶の際に発生するお茶の屑から良質の茶色の染料が抽出され、民芸品風の染色加工に適しているといわれている。柑きつ類などの果皮は香料の原料オイルをCO₂の超臨界ガスを使って抽出する技術が開発された。この技術は従来法に比し、高回収率(99%)、分離も簡単といわれる。

焼酎廃液にある種の鉱物と薬品を添加、化学処理を行い、これを培地として酵母菌、糸状菌などで5日間発酵完了し、飼料、肥料に使える。脱脂大豆を水戻ししてせんい状の不溶物を取除くと、健康食品の豆乳

が得られる。さらに脱脂大豆に酸を加えて蛋白質を分離し、炭水化物、灰分などを除くと食品素材の大豆蛋白が得られる。畜肉、鶏肉に類似した人造肉である。またこれからアイスクリームなども作られる。大豆蛋白製造時の排水を活性汚泥法で処理すると発生する余剰汚泥を乾燥したものは、肥料の3要素もバランスよく含まれて土壌改良材となる。焼酎蒸留時の粕をヒラタケ、シイタケの培地にする技術も確立されている。食用油の廃油は、一時無リン洗剤としてけん伝されたが、円高のため輸入パーム油に競争力を失った。これに酵母菌の一種を使い食用廃油を栄養源として菌体蛋白を増殖し、家畜の濃厚飼料としている。

3.3 林業

日本の総面積の約68%が森林地帯である。そこで生産されるバイオマスの利用は小資源国日本にとって重要な課題である。かつてエネルギー危機の時、筆者の恩師渡辺茂先生（東大名誉教授、現都立科学技術大学学長）は、わが国には再生可能な資源として木材資源があり、薪材をはじめとする再生エネルギーの活用を教えられたことがある。

廃木材を焼いて炭粉化し、界面活性剤も加え重油と水とを混合して液体複合燃料を開発した。品川燃料はこの新燃料を村山、元農水省林業試験場科長らの基礎研究をもとに工業技術院の補助金を得て実用化した。

オガクズは数多くの用途が開発されている。工業技術院公害資源研究所はオガクズを水に漬し、触媒を使って高温、高压で処理すると、約30%が重質油となる。石炭並みの熱量の重質燃料としてローカルエネルギー源となりうる。プロセスを改良し油の収量を2倍、油水分離が容易にすることが必要でサンシャイン計画との一環である。

ヒノキの間伐材のオガクズを蒸留して、ヒノキ油を抽出、芳香剤をつくっている。大東電機が開発し食品の鮮度保持、防虫効果があるといわれる。

北海道立林産試験場はシイタケ栽培用の原木（ホダ木）の代りにオガクズ培地での培養に適したシイタケ菌種の選択に成功した。エノキダケ等他種の茸培地は広く利用されている。

第一工業製薬、日本資材は製材・木材加工工場から出るオガクズや木粉をウレタン系の樹脂と混合、発泡と同時に成形、シート状に加工した木質新建材を開発した。床材、天井材、包装材などに利用される。

最近、東京大学先端科学技術研究センターでは植物繊維の主要成分のセルロースを効率的に分解できる技

術を開発した。有機溶媒中でセルロース分解酵素を機能させるもので強力な分解能力が発現する。溶液に界面活性剤を少量添加すると更に性能が向上する。

3.4 畜産

日本人の食生活の欧米型の嗜好に移るにつれて、日本の畜産業は急速に変化した。乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏およびブロイラーの飼養頭羽数が10倍以上に増加した一方、飼養戸数は減少して、いわゆる専業畜産農家が出現した。しかし最近の貿易摩擦、わが国の市場開放の外圧は、畜産業の基盤を大きくゆるがしている。

多頭飼養の場合、排出する家畜ふん尿も、まとまって大量排出されるので、肥料として農耕地還元も容易となる。隣接する農業地域で発生する稲わら、もみがらなどを畜舎の敷料とし、畜舎からの家畜ふん尿を農業地へ循環させるループが可能である。また、液状部は液肥として農地に施用されるが、固液分離の手間を省くため、ふん尿、洗浄水を一緒にして、嫌気性消化（メタン発酵）後に脱離液を農地還元する方が多くなっている。表8に畜種別の肥料成分を示す。

堆肥化の条件は、pHが中性、C/N比は10~30が適当な範囲で、水分は60~70%であり、この条件に調整するためにも、農・林産系の廃棄物（わら、麦幹、もみがら、パーク、木材チップ、草、農産加工廃棄物等）がCの供給源となり、家畜ふん尿がNおよび水分の調整材となる。

家畜がと畜場で処理される際発生する肉は勿論、皮骨、内臓のほとんどが区分けされて各々利用されるが、血液は家畜体重の約6%を占め、その30%が採取可能であり、この血液を植物粕（おから、菜種かすなど）と混合して高速堆肥化し、優良な窒素肥料とした当セ

表8 畜種別の肥料成分

| 畜種 | 乳用牛 | 肉用牛 | 豚 | 採卵鶏 | ブロイラー |
|--|---------|-------|--------|---------|---------|
| 飼育概数(×千頭・羽) | 2,100 | 2,600 | 11,000 | 180,000 | 160,000 |
| 平均体重(kg) | 400~600 | | 60 | 1~1.5 | |
| 排出量 | 糞(kg/日) | 25 | 2.5 | 0.15 | |
| | 尿(kg/日) | 5 | 3.0 | - | |
| 水分 | 糞(%) | 80 | 70 | 65 | |
| | 尿(%) | 99 | 98 | 0 | |
| C | 糞(%) | 7 | 9 | 7 | |
| N ^x | 糞(%) | 2.2 | 3.6 | 6.2 | |
| | 尿(%) | 27.1 | 32.5 | - | |
| P ₂ O ₅ ^x | 糞(%) | 1.8 | 5.5 | 5.2 | |
| | 尿(%) | tr | - | - | |
| K ₂ O ^x | 糞(%) | 1.8 | 88.6 | 3.1 | |
| | 尿(%) | 1.4 | 1.5 | - | |

*乾物当り

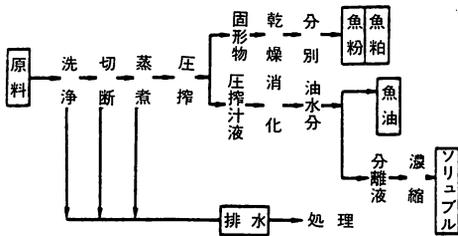


図-4 魚の非食部の再資源化

センターの再資源化実証プラント（静岡県小笠町）の例がある。当センターの再資源化貢献企業として受賞した(株)クリエートは血液により凝固血餅をとり出し、適切な処理により乾燥血粉として回収している。これは良質な肥飼料の原料としと利用され、業界の注目を集めている。

3.5 水産

日本人の食生活で魚介類は主役の座を占め、総カロリーの5%、動物性蛋白質の45%、動物性脂肪の20%を魚介類に依存している。

水産物の利用は食用が70%、非食用が30%で、食用に供されるものの可食部は54%、不可食部は46%であり、非食用の45%は生のまま魚の餌となり、残りの55%は、食用の不可食部とともに加工飼料に使われている。この不可食部となる割合は魚種、調理法で大差がある。例えば、鯛の場合の廃棄される率はウロコ、エラ、内臓が10~15%、頭、カマ、ヒレが25~27%、血合、皮で17~18%が除去される。鯛の不可食部55%といっても、刺身にすれば70%近くが不可食部となって廃棄される。魚の非食部は積極的に再資源化され、図-4に示す方法で魚粉飼料、フィッシュソリュブル吸着飼料、動物油脂の原料となる。

また水産加工業団地などの大量排水処理の余剰汚泥から良質の有機質肥料（乾燥菌体肥料）が得られる。

最近の話題となっているものに、カニやエビの殻からキチン質が抽出され、これからキトサン・ベースがつくられ、凝集剤、徐放性医薬品の担体、人工皮膚、制ガン物質、コンタクトレンズなど数多くの用途が開発され注目を集めている。キトサン抽出などの化学薬品を使う処理法に対して、特定の微生物を利用した安価な分解、抽出システムが開発されつつある。

4. 廃プラスチック類

わが国におけるプラスチック生産量は昭和62年度には1000万トンを超えた。それに伴って排出される廃プ

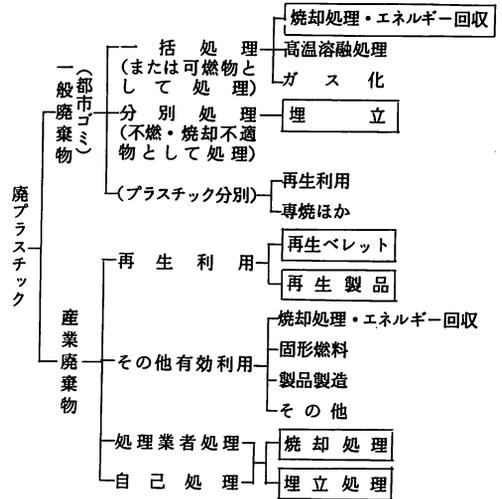


図-5 廃プラスチックの処理・再資源化のフロー

ラスチック類も年間約456万トンに上り、内訳は一般廃棄物が約56%、産業廃棄物が約44%となっている。廃プラスチックの処理・再資源化の状況を図-5に示す。一般廃棄物の廃プラスチックは、一括焼却処理を行い、その発生エネルギーを回収する技術が進歩し普及してきた。さらに都市によっては不燃・燃焼不適物として分別収集され専ら埋立てられてきた。埋立ての際、減容化して、埋立地の延命化をはかるための技術も各種の方法が開発され、表9に示す。主に熱風により溶融、固化する方法、摩擦熱、誘導加熱、電熱などにより表面溶融、固化する技術である。この減容、固化は、埋立材料としての強度と安定化が得られ、跡地利用を有効に促進させるものである。

産業廃棄物では、排出するプラスチックの種類も限定されるので分別の必要のない場合、再生ベレットや再生プラスチック製品として再資源化される。農業用ビニール、ポリエチレンや、魚函用や機具緩衝材としての発泡スチロールはこの例である。

最近、プラスチックを含む廃棄物を機械的に選別固型化して、燃料として有効利用するRDF（ごみ固型燃料）の設備が増加してきた。異物除去と水分調整が製品化の鍵である。

昭和48年頃から始まった工業技術院の大型プロジェクト「資源再生利用技術システム」は、ほど所定の成果を得たが、原油安の時代、再生コストで劣位に至ったものがあることは否定し得ない。

廃プラスチック類を熱分解して、ガスまたは油とする技術は上述のコスト問題で行詰ったところも多いが、

表9 プラスチックごみの主な減容固化技術

| 処理方式 | 処理方法 | 加熱方法 | 熔融固化温度 | 固化物の形状 | 減容化率 | メーカー |
|--------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|-----------|--|
| 圧縮梱包方式 | 油圧による圧縮 スチールバンド 梱包 | — | 常 温 | ペール状 85×85×100 | 1/4～1/5 | 手塚興産㈱ |
| ホットバインド 方式 | | 圧縮し、誘導 加熱による | 160℃以下 | ブロック状 | 1/11～1/14 | 富士電機総設㈱ |
| 圧縮・熔融固化 方式（摩擦熱） | スクリュー方式 により圧縮、摩 擦熱により熔融 | | 摩擦熱 100～130℃ | φ3～5cm 長さ5cm前後 | 1/15～1/20 | 富士電機総設㈱ 極東開発工業㈱ 三菱レイヨンエンジ㈱ 御池鉄工所 小幡鉄工所 |
| ロータリーケル ン方式 | 回転炉内に熱風 を吹き込み、溶 融し造粒する | 熱 風 | 200～250℃の 熱 風 | 5cm位の塊 | 1/11～ | 三菱重工業㈱ |
| 収縮・減容・圧 縮固化方式 | 湿潤熱風を炉内 に直接噴射して 軟化、収縮、固 化させる | 熱 風 | 250～380℃の 湿潤熱風 | 例えば φ22×50cm | | 三井造船 (シグマ機器) |
| 熔融・圧縮固化 方式 | | 熱 風 | 180～200℃の 熱 風 | ブロック状 40×50cm 厚さ7cm位 | 1/20～1/30 | 住友金業工業㈱ (モルトン㈱) |

注 減容化率はカタログ等の資料を参考とした。

着実に技術開発はつづけられ、最も厄介なポリオレフィンを含む廃プラスチックの油化は、工業技術院北海道工業開発試験所を軸として開発された。最近は有効な触媒を利用することにより、実用化に近づいている。オレフィン以外の廃プラスチックは、独特な形状の管式連続的熱分解法が実用化の道をひらいている。回収されたガスまたは油は、コージェネレーションの燃料としてインサイトが使われよう。

廃自動車や廃家電製品からの金属回収後の残渣（シュレッダーダスト）の処理は、これら金属回収業者の経営上の大問題である。現在は単に埋立てるのみであるが、関東地方のように埋立地が容易に得られなくなれば、安価な埋立以外の新しい処理技術が必要となる。上述の北海道工業開発試験所で混合プラスチック（シュレッダーダスト）のガス化技術の開発が進められている。

さらに、ガラス繊維強化プラスチック（FRP）が世に出て20年以上が経過した。小型船、トイレタリー、レジャー用具など多方面に使われて来たが、最近廃棄物となって適正処理が困難な廃棄物とされた。切断、破碎技術の開発が、運輸省船舶技術研究所、工業技術院四国工業試験所で進められている。破碎後の有効利用に熱分解化や、カーボンを利用した活性炭化を試みられた。

一般にプラスチック類は自然環境下で分解が難しく、焼却しても高熱と発生ガスの問題もあり、適正処理困難物とされてきた。さらに新しいタイプの機能性材料などの出現によって新しい処理・再資源化技術の開発がのぞまれる。最近の四国工業試験所の天然の多糖類

を原料とするプラスチックがもし実用化されれば、環境保全上のメリットは極めて大きいものがあると思われる。

5. 建設廃材

毎年、廃棄物処理に関して不法投棄で検挙される件数のうち最も多いものは建設廃棄物である。これには建設業界の請負システムのあり方に根本問題があるが、再資源化のメリットが少なかったことにも原因がある。今や、建設業界をあげて残土をはじめ廃材の最終処分場の確保や再利用を含むガイドライン化を強く推進する方向にある。

5.1 アスファルト系再生骨材

リサイクルに顕著な実績が見られるものにアスファルトコンクリート廃材から再生合材をつくり、新材に配合して、有効利用しているものがある。再生利用の方法は図-6に示す。(社)日本道路建設業協会によって舗装廃材再生利用実績の推移を表10に示す。路上再生工法は最近になって大きく実績を伸ばしてきた工法である。昭和58年度で再生加熱アスファルト混合物の利用は約5%、再生路盤材は約6%の再利用率を示した。

5.2 コンクリート再生材

コンクリート廃材の再資源化の研究は第2次大戦直後から欧米各国で始められた。日本の場合昭和49年から本格的に始まった。しかし現実には一部を除いて殆んど再利用されていない。利用形態から見て有効利用の方法は表11に示すとおりである。

5.3 廃木材

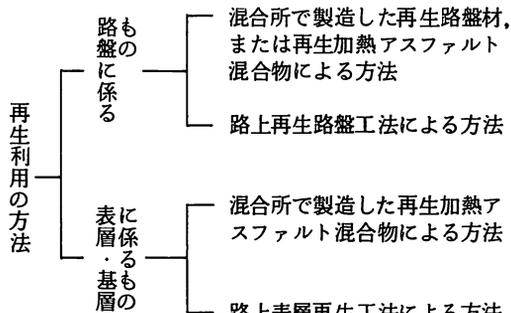
表10 道路建設業の舗装廃材再生利用実績

| 年度 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 単位 |
|---------------------|-------------------|----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | 再生アスファルト 合材の生産 | 10 | 50 | 90 | 240 | 450 | 640 | 890 | 1,406 | 2,018 | 2,706 | |
| 再生路盤材 の生産 | | | | | | | 2,150 | 2,270 | 3,760 | 3,003 | 3,494 | トン ×1,000 |
| 路上表層再生工 法による施工 | | | | | | 51 | 657 | 1,891 | 1,686 | 1,935 | 2,124 | m ² ×1,000 |
| 路上再生路盤 工法による施工 | | 30 | 320 | 1,370 | 1,670 | 1,840 | 2,010 | 2,270 | 2,919 | 3,393 | 3,816 | m ² ×1,000 |
| 再生アスファルト プラントの基数 | | | | 9 | 17 | 28 | 44 | 70 | 89 | 124 | 164 | 基 |

出典)日本道路建設業協会

表11 コンクリート再生材の有効利用方法

| 利用形態 | 形状 | 用途 | 製造方法ならびに利用方法 |
|------------------|-------|--------------------------|--|
| コンクリート 部材利用 | 塊状 | 魚床・敷石等 | (製造方法) 原コンクリート構造物を部材切断する。 (利用方法) 部材の特徴を生かすことにより、再利用するものであり、桁、柱部は端部を切断し、そのまま魚床として再利用、薄い部材では、切断加工のうえ、敷石等への利用が考えられる。 |
| コンクリート 小割利用 | ブロック状 | 割石、床固め材等 | (製造方法) 原コンクリートを30~50cm程度に小割する。 (利用方法) とりこわし材を小割する程度で、割栗石、床固め材等の利用が可能である。 |
| コンクリート 破砕骨材利用 | 粗割材 | 道路用材料 (埋戻し材、 路盤材等) | (製造方法) 前述と同じ (利用方法) 破砕材料をそのまま利用するものであり、道路用に利用。 ①埋戻し材、切込材、②路盤材、路体材、③その他、不良土と破砕骨材と混合攪拌のうえ、流用土として利用する等の方法が考えられる。 |
| | | アスファルト用 骨材 | (製造方法) 前述と同じ (利用方法) コンクリート破砕後の粗骨材をアスファルト用骨材として利用する。 |
| | 粗骨材 | コンクリート用 骨材 (1) | (製造方法) 原コンクリートを小割のうえ、クラッシャ、シュレグダ等の破砕機械により破砕する。 (利用方法) 5mm以上の粗骨材として再利用するものである。 |
| | 細骨材 | コンクリート用 骨材 (2) | (製造方法) 前述と同じ (利用方法) コンクリート破砕後の細骨材をコンクリートおよび工場製品の材料として利用する。 |
| | 微粉末 | 地盤改良 | (製造方法) 上記の粗骨材と細骨材を製造する際の二次廃材 (利用方法) 深層混合処理等に利用する。 |



(注) 簡易な舗装の表層・基層に係るものには、この他混合所で再生常温アスファルト混合物を製造して利用する方法や、可搬式の簡易な装置を利用した現場再生方式等がある。

図-6 アスファルト系再生骨材の有効利用方法

廃木材は建築工事から発生するものと新築工事からのものがあり、昭和59年4月より産業廃棄物に指定されてから急に再資源化が盛んになった。指定が近づくにつれ、木くずとして総計で昭和54年度の22.3%から昭和58年度95.1%と再資源化率が伸びている。廃木材の利用可能性は表12に示す。

6. 鉄系スラグ

産業廃棄物の全排出量は昭和58年度で $220,548 \times 10^3$ トン(通産省調査)で、鉾滓(スラグ)は、そのうちの34%を占めている。高炉および製鋼スラグに関して鉄鋼スラグ協会が調査した最近の統計によれば昭和61年度の高炉スラグの生成量は $22,489 \times 10^3$ トン、製鋼スラグの生成量は $8,584 \times 10^3$ トン合計 $31,073 \times 10^3$ トンに達している。スラグ生成量は鉄、粗鋼の生産に大

(昭和61年度) 表13 高炉スラグ利用統計表 単位: 1,000トン

| 用途 | 種別 | 外 販 | | | 自 家 消 費 | | | 合 計 | | |
|---------------------------------|------------|--------|--------|--------|---------|-----|-------|--------|--------|--------|
| | | 徐冷 | 急冷 | 計 | 徐冷 | 急冷 | 計 | 徐冷 | 急冷 | 計 |
| 道 路 用 | 路 盤 材 | 7,197 | 22 | 7,219 | 350 | 3 | 353 | 7,547 | 26 | 7,572 |
| | アスコン材 | 8 | 18 | 27 | | | | 8 | 18 | 27 |
| | そ の 他 | 2 | 6 | 8 | 9 | | 9 | 11 | 6 | 17 |
| | 計 | 7,208 | 46 | 7,254 | 359 | 3 | 362 | 7,566 | 50 | 7,616 |
| 地 盤 改 良 材 | | 13 | 13 | 25 | | | | 13 | 13 | 25 |
| 土 木 用 | 港 湾 工 事 | 231 | 65 | 296 | 226 | | 226 | 457 | 65 | 522 |
| | 土 木 工 事 | 65 | 561 | 626 | 644 | 287 | 931 | 709 | 848 | 1,557 |
| | 計 | 296 | 627 | 923 | 870 | 287 | 1,156 | 1,166 | 913 | 2,079 |
| セ メ ン ト 用 | | 2,350 | 9,418 | 11,768 | | 1 | 1 | 2,350 | 9,419 | 11,769 |
| コ ン ク リ ー ト 用 | 粗 骨 材 | 616 | | 616 | 96 | | 96 | 712 | | 712 |
| | 細 骨 材 | 37 | 954 | 991 | 1 | 5 | 6 | 38 | 959 | 997 |
| | 計 | 653 | 954 | 1,607 | 97 | 5 | 102 | 750 | 959 | 1,709 |
| 肥 料 ・ 土 壌 改 良 材 | | 66 | 442 | 508 | | | | 66 | 442 | 508 |
| 建 築 用 | ロ ッ ク ウ ール | 268 | 16 | 284 | | | | 268 | 16 | 284 |
| | 建 材 用 | 11 | 174 | 185 | | | | 11 | 174 | 185 |
| | そ の 他 | | 105 | 105 | | | | | 105 | 105 |
| | 計 | 279 | 294 | 573 | | | | 279 | 294 | 573 |
| そ の 他 利 用 | | 8 | 8 | 82 | | | 82 | 8 | 90 | |
| そ の 他 | 9 | 7 | 16 | 241 | 2 | 243 | 250 | 9 | 259 | |
| 合 計 | | 10,874 | 11,809 | 22,683 | 1,649 | 298 | 1,947 | 12,523 | 12,107 | 24,630 |

表12 廃木材の利用可能性

| 解体古材の種類 | 再生木材としての利用 | | | | チップとしての利用 | | |
|---------------|-------------|------------|------------|------|-----------|------------|-----|
| | 建築用材 構造用 | 集成材 造作用 | 集成材 継ぎ材 | ホレンガ | 製紙用 | 木質 ボード用 | 燃料用 |
| 大引、柱、梁等の大形の角材 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 小形の角材板 | × | ○ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ |
| 劣化部を含む小形角材・板材 | × | △ | △ | ○ | × | △ | ○ |

○：利用可能 △：条件付で利用可能 ×：利用不可能

大きく左右される。

6.1 高炉スラグの利用状況

昭和61年度の利用状況を高炉スラグ製品の向先別へ用途別に表13に示す。外販22,683×10³トンのうち約50%は高炉セメント向け、ついで、道路用に32%、残りをコンクリート骨材用、土木工事材料用、ロックウールなど建築材料用、肥料・土壌改良材向けとなっている。自家消費では土木工事材料、道路の路盤材が主力となっている。図-7に高炉スラグの経年別の利用状況を推移を示す。昭和61年度は生成量よりも販売量が多く、ほぼ100%近い利用率といえよう。

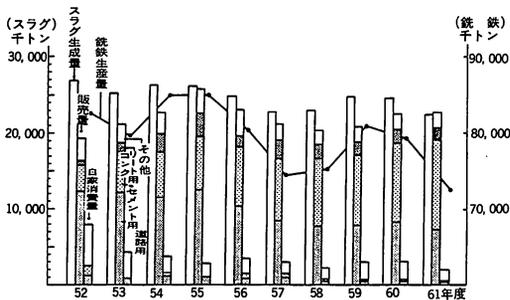


図-7 高炉スラグ利用状況推移

6.2 転炉スラグの利用状況

図-8に転炉スラグの経年別利用状況の推移を示す。スラグ生成量に対して昭和61年度では外販向けは44%の利用率へ自社向けは約50%である。残りはスラグ生成量と販売量の差である。外販向けの内訳は土木工事材料が約38%、セメント向けに18%、道路用に16%などがつづいている。

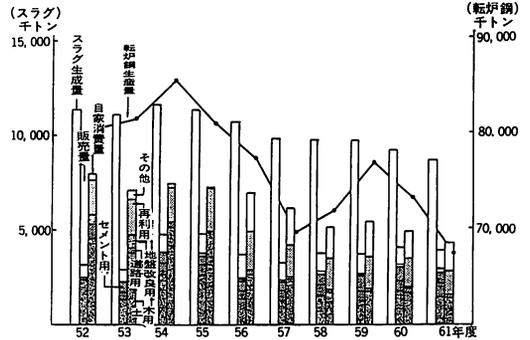


図-8 転炉スラグ利用状況推移

引用文献

1. 日本の下水道；昭和63年9月，(株)日本下水道協会
2. 下水ゼミナール（下水汚泥の有効利用）(株)日本下水道協会，下水汚泥資源利用協議会，S63.3.6
3. 下水汚泥の建設資材化，下水汚泥資源利用協議会S58.8
4. クリーンジャパン第65号S62.7，(財)クリーン・ジャパン・センター
5. ごみからザクザクはいてく製品，産業技術経済研究所，S63.5.28，週刊ダイヤモンド
6. 熊田利司；おから処理の現状と有効利用技術，S63.8，産業と環境，通産資料調査会
7. 飯島林蔵；プラスチックごみの減容固化技術，plaspia 61号，1988，(株)プラスチック処理促進協会
8. (財)クリーン・ジャパン・センター；廃棄物再資源化セミナー資料（事例研究）S63.5
9. 建設省総合技術開発プロジェクト；建設事業への廃棄物利用技術の開発概要報告書S61.11
10. 鉄鋼スラグ協会；鉄鋼スラグ統計年報（昭和61年度）S62.10