

NACHI-BUSINESS

Materials news

Vol. 8A1
August/2005

マテリアル事業

クリーンサーモ

■ 寄稿・論文・報文・解説

近未来技術展望

「廃棄物サーマルリサイクルの将来」

— 真の循環型社会をめざして —

Perspectives on Near-future Technologies
"Future in Thermal Recycling of Wastes"
---Aiming for True Recycling Society---

〈キーワード〉 廃棄物・サーマルリサイクル・MCS技術
油化技術・ガス発電技術・バイオマス

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 教授

吉川 邦夫

By Prof. Dr. Kunio Yoshikawa, Tokyo Institute of Technology,
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering

要 旨

現在、廃棄物の分別収集が当たり前になり、廃棄物ごとの性状にあったリサイクル技術が不可欠となっている。金属類やガラス、土石などの不燃性の廃棄物は、^{※1}マテリアルリサイクルすべきである。しかし、生ゴミやプラスチック、紙などの可燃性の廃棄物は、^{※2}無理にマテリアルリサイクルするよりも、高効率なサーマルリサイクルを利用するほうが、経済的で環境負荷も低いことが多い。

今回、廃棄物をエネルギー源として利用できるような、画期的なサーマルリサイクル技術を紹介し、今後の廃棄物処理のあり方を提言する。

Abstract

It has become the norm to separate wastes for waste collection nowadays, requiring specific recycling technologies suitable for the nature of wastes. Material recycling must be used for noncombustible wastes such as metal, glass, dirt and stone while highly efficient thermal recycling for combustible wastes such as kitchen waste, plastics and paper would be more economical and in many cases the environmental impact is lower than unreasonable material recycling.

Desirable waste management is suggested for the future, and introduced here is an epoch-making thermal recycling technologies that enable the reuse of wastes as energy source.

1. はじめに

日本は、年間約8億トンの物資を輸入し、約1億トンの物資を輸出している。すなわち、正味7億トンの物資が毎年日本に流入していることになる。一方、広大な国土を持つ米国では、輸入と輸出がそれぞれ3億トンで、ほぼバランスがとれている。日本の圧倒的な物資の輸入超過が、大量の廃棄物を生み、一般廃棄物が年間で約5,000万トン、産業廃棄物は年間で約4億トンも排出されている。そのうち約2億トンが焼却処理され、この焼却処理されている廃棄物の持つ熱エネルギーの総量は、わが国が消費するエネルギー量の1割近くに達すると考えられる。したがって、廃棄物が持つエネルギーをうまく活用できれば、それだけ化石燃料の消費量を減らすことができ、日本の二酸化炭素排出量の削減に大いに貢献できるはずである。しかし、この莫大な未利用エネルギーは、ほとんど利用されていない。

これまでの廃棄物処理は、大量埋立てか大量焼却のいずれかであった。現在、廃棄物の分別収集が当たり前になり、廃棄物ごとのそれぞれの性状にあったリサイクル技術が不可欠となっている。金属類やガラス、土石などの不燃性の廃棄物は当然マテリアルリサイクルすべきであるが、生ゴミやプラスチック、紙などの可燃性の廃棄物は、無理にマテリアルリサイクルするよりも、高効率なサーマルリサイクルに利用するほうが経済的で環境負荷も低いことが多い。その場合、収集・運搬コストや立地難を考えると、大量の廃棄物を処理できる大規模なシステムよりは、廃棄物をなるべく発生元で処理し、廃棄物の排出者が自らエネルギー源として利用できるような小規模なシステムが中心となる。

本稿では、筆者や筆者が共同研究を行なっている企業が開発した、画期的なサーマルリサイクル技術を紹介し、今後の廃棄物処理のあり方を提言する。



2. 乾燥・破砕技術 (MCS)

(乾燥のエネルギー収支)

可燃性廃棄物の中でも、下水汚泥が年間7,000万トン、畜糞が年間9,000万トンと、含水率の高いバイオマス系の廃棄物が圧倒的に多い。例えば脱水ケーキとなった下水汚泥の場合、含水率は80%以上である。これは、乾物が持つ全エネルギーが水分の蒸発に必要なエネルギー量にほぼ等しく、エネルギーを投入して乾燥させ、燃料化することは、エネルギー収支上、意味がないと考えられていた。そのため、含水率の高いバイオマスのエネルギー源としての利用は、効率の低いメタン発酵に限られていた。しかし、MCS (Multi-purpose Conversion System) と呼ばれる画期的な乾燥技術の登場により、極めて少ないエネルギー投入で、乾燥・脱臭・破砕が同時に行なえるようになった。

(MCS技術の原理)

図1に、MCS技術の原理を示す。下水汚泥や畜糞あるいは生ゴミのような高含水率のバイオマス系廃棄物を、籾殻等の乾燥したバイオマス系廃棄物と同じ反応容器内に投入する。そして、温度200℃、圧力2MPaの飽和水蒸気をボイラーで生成して、5分ほどかけて、反応容器内に充填する。そして、反応容器内が所定の温度に達したら、攪拌翼で10分程度攪拌し、反応容器内から水蒸気を抜き出す。抜き出された水蒸気は、凝縮器で冷却して凝縮水とし、浄化槽などでの簡易な水処理を行なって下水に放流する。

一方、反応容器内の処理済み廃棄物は、放出弁をあけて、系外に取り出す。処理直後の廃棄物は、含水率がまだ60%程度と高いものの、不快な臭気なくなり、一昼夜の自然放置によって、10~30%程度にまで含水率が低下する。

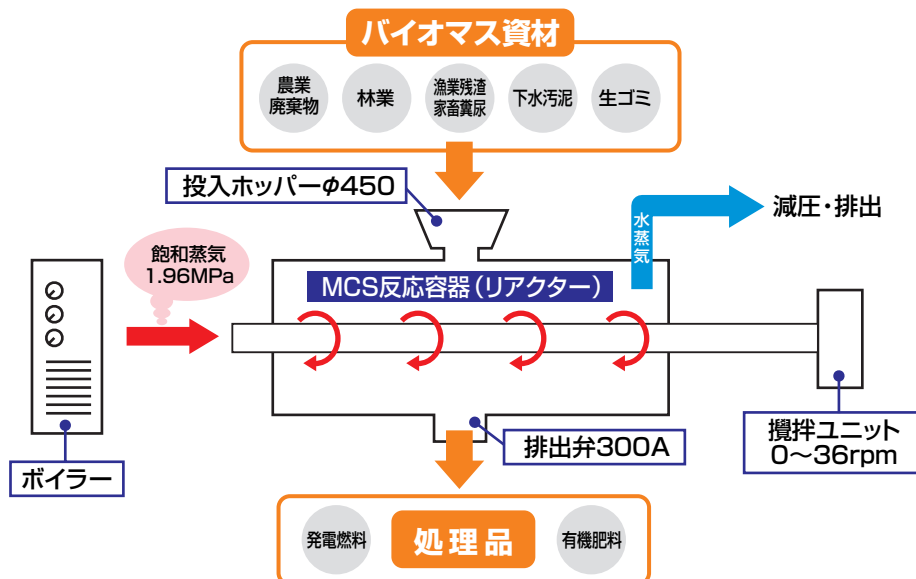


図1. MCS技術の原理

(自然エネルギーを利用して乾燥)

図2には、処理前後の生ゴミの様子を示す。MSC処理を行なうことによって、生ゴミが粉末状の物質に変化していることがわかる。すなわち、反応容器に注入される水蒸気は、材料を乾燥させるのではなく、乾燥しやすい状態に変える働きをするだけで、乾燥自体は、自然エネルギーを利用できることになる。したがって、廃棄物中の水分の蒸発に理論上必要なエネルギー量に比べて遙かに少ないエネルギーで効果的に乾燥を行なうことができる。また、生木の幹やプラスチックなどの破碎も可能で、まさに画期的な乾燥・脱臭・破碎技術である。現在、下水汚泥処理をターゲットに、NEDOの補助金を得て、なぜこの

ようなことが可能となるのかを解明中である。得られた生成物は、燃料としての利用の他に、元の廃棄物の性状に応じて、肥料や飼料としての利用も可能である。

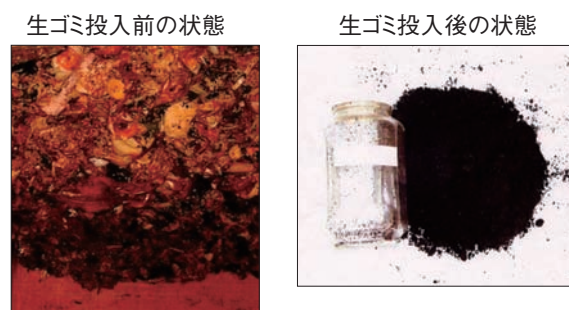


図2. MCS技術を用いた処理前後の生ゴミ

3. 油化技術

プラスチックや鉱物油は、元々石油から生成されたものであり、廃棄物となった後は、再び燃料油に戻るのが理にかなっている。廃プラ油化の技術は、これまで様々なとり組みがなされてきたが、期待され

たほど普及していない。その最大のネックになっているのが、生成される再生油の品質が低いということである。図3に紹介する^{※5}油化技術は、廃プラスチックあるいは廃油（鉱物油、植物油）の熱分解ガスを

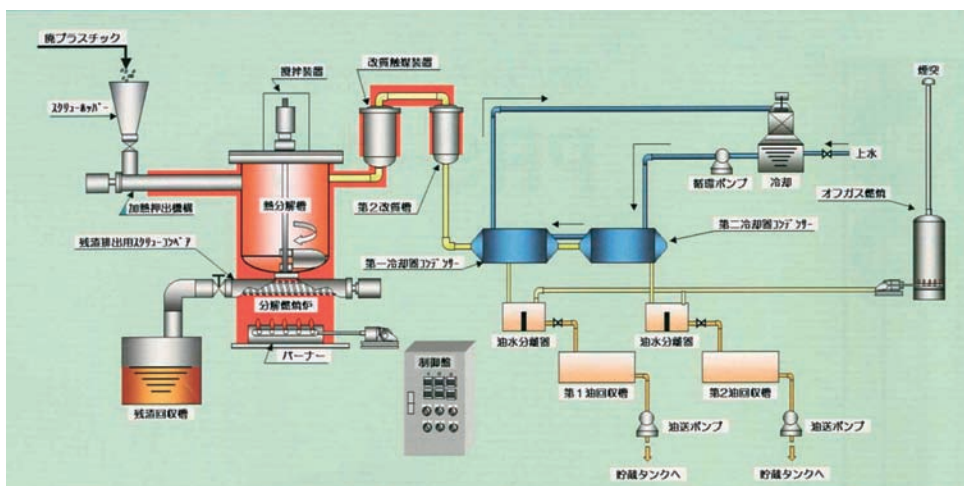


図3. 廃プラスチック油化システム

特殊な改質触媒槽を通すことによって、軽分子化し、通常の油化プロセスで得られる再生油の軽質分が増加するという特長を持っている。このプロセスで得られた再生油の炭素数分布を図4に示すが、ガソリンや灯油に近い軽質な再生油が生成されていることがわかる。本技術は、小規模なシステムにも適用可能であり、廃プラスチックや廃油の発生元での処理に適している。

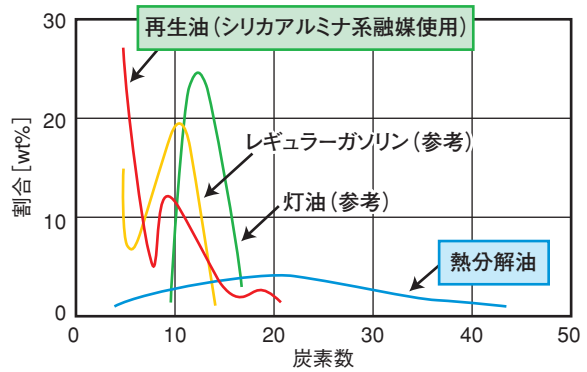


図4. 再生油の炭素数分布

4. ガス化発電技術

MCSで燃料化された廃棄物、油化プロセスの残渣および、油化できない可燃性廃棄物は、最後にガス化発電によって電力および温熱・冷熱に変換される。図5に、ガス化発電システムである、STAR-MEETシステムの構成例を示す。

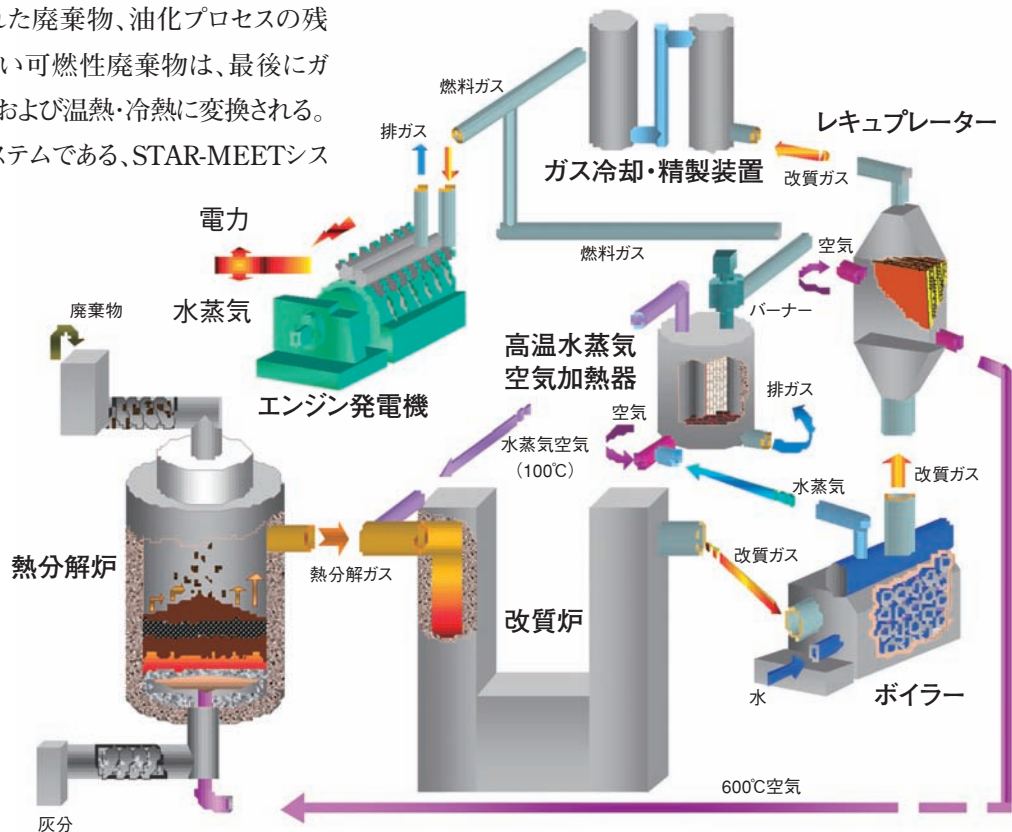


図5. 廃棄物ガス化発電システム (STAR-MEETシステム)

(熱分解炉でガス化)

廃棄物は熱分解炉に供給され、約600℃の高温空気で熱分解ガス化される。熱分解ガス中にはタール分が含まれているため、800℃～1,000℃に加熱された高温空気／水蒸気を注入して、800℃以上の高温下で、タール分を一酸化炭素および水素へと改質する。同時に熱分解ガス中のダイオキシンも完全に分解される。改質後のガスは熱回収しながら冷却・精製し、精製ガスの一部を燃焼させて高温空気／水蒸気を発生させ、残りの精製ガスを燃料として、混焼ディーゼルエンジンで発電を行ない、必要に応

じてエンジン排熱も、温熱あるいは冷熱として利用する。

STAR-MEETシステムは、あらゆる可燃性廃棄物に適用可能であり、図6に示す、世界最小規模の廃棄物発電システム(マイクロSTAR-MEETシステム:1トン/日規模、発電出力50kW)から、図7に示す、鹿児島県市来町が一般廃棄物と肉骨粉の処理用に導入した、中規模の廃棄物発電システム(灰溶融STAR-MEETシステム:20トン/日規模、発電出力900kW)まで、廃棄物の処理量に合った規模のシステム構成が可能である。



図6. マイクロSTAR-MEETシステム



図7. 灰溶融STAR-MEETシステム

5. 統合システム

以上、紹介した技術に加えて、廃棄物からの水素製造をめざすシステムや、スターリングエンジンを用いた、より簡素なバイオマス発電システムなども現在開発中である。筆者がめざす未利用資源のトータル・リサイクルシステムを図8に示す。本システムの持つ特

長は、廃棄物の種類、処理量および必要とするエネルギーの種別に応じて、最適なシステムが構成できる点にあり、今後着実に市場に普及していくものと確信している。

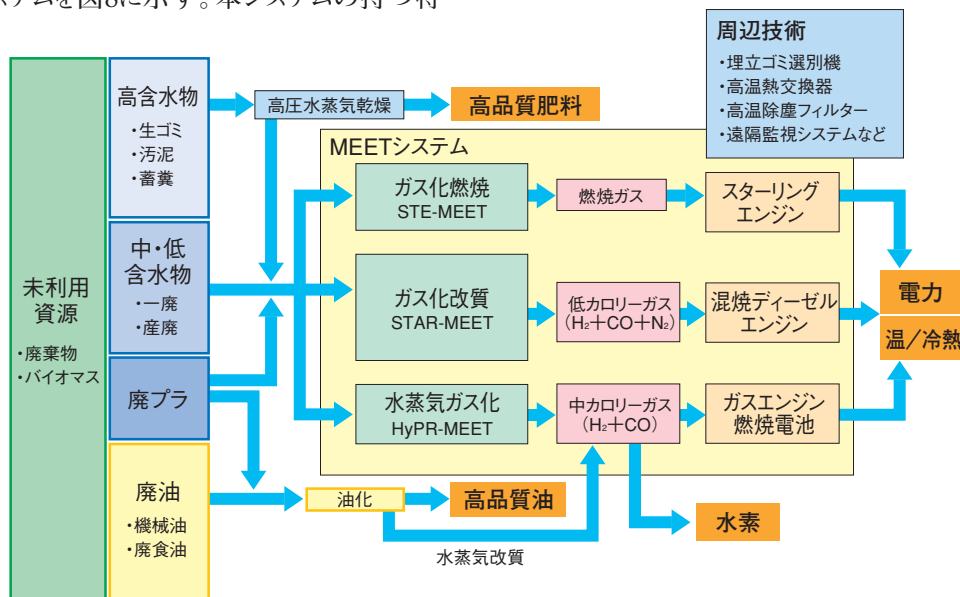


図8. 未利用資源トータル・リサイクルシステム

用語解説

※1 マテリアルリサイクル

廃棄物を原材料として再生し、利用すること。材料リサイクルとも呼ばれる。

※2 サーマルリサイクル

廃棄物からエネルギーを回収することで、廃棄物焼却時に発生する熱を利用して、温水を作ったり、風呂や温水プールに利用したり、発電や冷暖房に利用したりすること。

※3 バイオマス

再生可能な生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの。バイオマス系の廃棄物などとしては、家畜排せつ物、下水道業などからの有機汚泥、建設現場などから発生する木くず、家庭から発生する厨芥類などがある。

※4 脱水ケーキ

汚れた水を、水質基準を満たすまで浄化する為の設備で、分離された汚れの成分を凝縮・脱水してできた固形物。

※5 油化技術

油化技術はフューエルリサイクルとも呼ばれ、プラスチックなどの廃棄物を油化して、燃料として利用すること。

※6 スターリングエンジン

シリンダー内に満たされたヘリウムや水素などのガスを、外部から加熱・冷却し、それによって生じる気体の熱膨張・熱収縮を利用してピストンを動かし、動力を得るエンジン。外熱機関に分類され、熱効率はやディーゼルエンジンと並んで高い。

本 社	本社・富山事業所 東京本社	富山市不二越本町1-1-1 東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒930-8511 〒105-0021	Tel.076-423-5111 Tel.03-5568-5111	Fax.076-493-5211 Fax.03-5568-5206	
		URL : http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/ E-mail : webmaster@nachi-fujikoshi.co.jp				
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具 マシンナリー ロボット ベアリング	Tel.076-423-5100 Tel.076-423-5140 Tel.076-423-5135 Tel.076-423-5120	Fax.076-493-5221 Fax.076-493-5242 Fax.076-493-5251 Fax.076-493-5231
	東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル 油圧機器	Tel.076-438-4411 Tel.076-438-8970	Fax.076-438-6313 Fax.076-438-8978
	滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレシジョン カーハイドロリクス クリーンサーモ コーティング 精密成形	Tel.076-471-2101 Tel.076-471-2320 Tel.076-471-2981 Tel.076-471-2985 Tel.076-471-2991	Fax.076-471-2630 Fax.076-471-2324 Fax.076-471-2987 Fax.076-471-2989 Fax.076-471-2992
	水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098	Fax.076-479-1081
営業拠点	東日本支社 北海道営業所 東北営業所 北関東営業所	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F 札幌市東区本町1条10-4-10 福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F 群馬県太田市浜町26-2	〒105-0021 〒065-0041 〒963-8025 〒373-0853	Tel.03-5568-5280 Tel.011-782-0006 Tel.024-991-4511 Tel.0276-46-7511	Fax.03-5568-5290 Fax.011-782-0033 Fax.024-935-1450 Fax.0276-46-4599	
	中日本支社 東海支店 北陸支店	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル 浜松市海老塚1-20-17 富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒465-0095 〒432-8033 〒930-0966	Tel.052-769-6811 Tel.053-454-4160 Tel.076-425-8013	Fax.052-769-6830 Fax.053-454-4845 Fax.076-493-5215	
	西日本支社 中国四国支店 広島営業部 九州支店	東大阪市本庄西2-73-14 ナチ大阪ビル 岡山市西古松2-2-30 広島市安佐南区西原8-25-10 福岡市博多区山王1-10-30	〒578-8522 〒700-0927 〒731-0113 〒812-0015	Tel.06-6748-2510 Tel.086-244-0002 Tel.082-832-5111 Tel.092-441-2505	Fax.06-6748-1955 Fax.086-243-4346 Fax.082-832-5114 Fax.092-471-6600	
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236	
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A.	BRAZIL			
	EUROPE	SPAIN	CZECH			
	ASIA and OCEANIA	KOREA	TAIWAN	CHINA	THAILAND SINGAPORE	
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A.	CANADA	MEXICO	BRAZIL	
	EUROPE	GERMANY	SPAIN	U.K.	ITALY	
	ASIA and OCEANIA	KOREA	TAIWAN	CHINA	THAILAND SINGAPORE MALAYSIA INDONESIA PHILIPPINES VIETNAM AUSTRALIA	