

放射線グラフト重合による有害金属捕集材の開発*

玉 田 正 男**

Development of toxic metal adsorbent with radiation-induced graft polymerization

Masao TAMADA

Fibrous chelate adsorbents have been synthesized by radiation-induced graft polymerization onto polyethylene nonwoven fabric. Graft polymerization was induced by electron beam irradiation to the trunk polymer. Then, irradiated trunk polymer was contacted with reactive monomer having function of chelate agent or its precursor. The precursor was chemically converted to chelate agent. The resulting fibrous chelate adsorbent gave the high space velocity more than 500 h⁻¹ in removal of lead from its solution. Such adsorbent was applied to the removal of cadmium from scallop processing waste and the removal of lead from the contaminated water which was produced by washing the inside of incinerator.

1.はじめに

有害金属を吸着除去する捕集材として、特定の金属イオンを選択的に吸着分離することのできるキレート型の捕集材が有害金属の捕集材として注目されている。一般的のイオン交換型の捕集材は静電的相互作用で金属を吸着するため、金属吸着の際の選択性は乏しい。一方、キレート捕集材では配位結合により金属を吸着するため各金属イオンに対する選択性の差が大きい¹。このようなキレート捕集材は 1970 年代に公害・環境問題が契機となり開発が進められた。

イミノ二酢酸型に代表されるキレート型の金属捕集材はジビニルベンゼンとクロロメチルスチレンの共重合体によって作製した樹脂ビーズを化学処理して合成されている。しかし、樹脂ビーズを作製する方法では樹脂の作製とキレート基やその前駆体の導入を同時に実行する必要があるため、合成面での制約を受ける²。放射線グラフト重合では放射線の高いエネルギーを利用し、既存の高分子材料を基材としてキレート基やその前駆体を導入することができる。そのため、繊維状など種々の形状の捕集材を容易に作製することができる³。

本発表では、放射線グラフト重合法による繊維状の金属捕集材の合成及びその応用について概説する。

2. 放射線グラフト重合による合成

2.1 放射線グラフト重合

グラフト重合は接木重合とも呼ばれる。果樹園では接木により、地面から養分を吸い上げる能力が高く逞しい原木に、美味しい果実となる枝を接いで良質の果樹が作られている。放射線グラフト重合では、図 1 に示すように、高分子基材に電子線やガンマ線などの放射線を

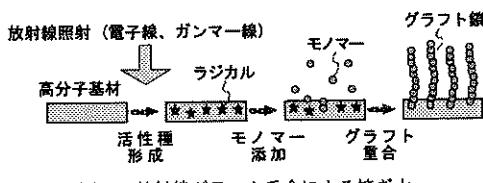


図 1 放射線グラフト重合による接ぎ木

照射して化学結合を切断し、ラジカルを形成させる。次に不飽和結合をもつ反応性のモノマーを添加して重合させ、接ぎ木のようにグラフト鎖を成長させる。活性種の形成手段として、放射線の他に、紫外線、プラズマ、化学開始剤が知られているが、放射線法では、放射線の高いエネルギーを利用して活性種を形成させるため、開始剤が不要であり、フィルム、布、糸など基材ポリマーの形状に制限はない。また、基材ポリマーの内部にも、活性種が形成されるので基材の内部深くまでのグラフトが可能である。

高分子基材としてポリエチレンを例にとると、電子線を照射した後、図 2 に示すように、-24°C以下の低温で保存すれば、照射 20 日間経過後も 80%程度の活性種は

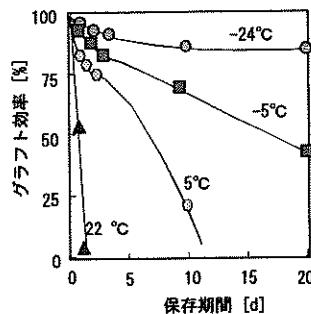


図 2 放射線グラフト重合による接ぎ木

* 平成 16 年 6 月 3 日 本会 112 回例会において発表

** 日本原子力研究所 高崎研究所 材料開発部

平成 16 年 3 月 22 日受理

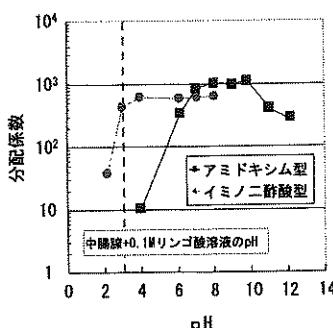


図 6 アミドキシム型とイミノ二酢酸型捕集材のカドミウム吸着特性

そのため、ホタテウロからのカドミウムの除去システムでは、pH の調整の工程を省くため、イミノジ酢酸型捕集材を選択した⁹。ボイルされた廃棄された中腸線をリンゴ酸で処理し、その処理液をイミノジ酢酸型捕集材処理するシステムの研究開発を青森県工業センター、八戸高専と共に進めている。

3.2 廃焼却炉洗浄水へ浄化

現在、ダイオキシン規制法に不適応であるため撤去が必要な焼却炉が数十万台ある。その多くは有害金属に汚染されているため、高性能有害金属除去装置を備えた持ち運び可能な水循環式洗浄機の開発が切望されていた。平成15年度群馬県産学官連携推進補助金の助成を受け、グラフト重合で合成した繊維状アミドキシム型捕集材を有害金属捕集材として、水循環式洗浄機に組み込むことにより、小型軽量で移動可能な低廃棄物型除染装置の開発に成功した。この装置では、図7に示すように、焼却炉の内部を高圧洗浄し、その洗浄水に含まれるダイオキシンや鉛などの有害金属を活性炭併用特殊濾過フィルターとグラフト捕集材で除去する。低廃棄物型除染装置は共同開発した有限会社ジー・ピー・ワンより、4月から販売の予定である。

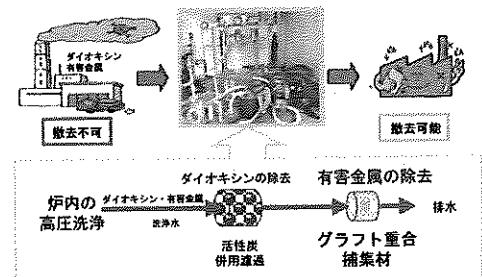


図 7 低廃棄物型除染装置の概要

4. 今後の展開

グラフト重合法により合成した繊維状の金属捕集材は吸着性能や取扱いの面で優れたものであり、社会のニーズに対応した環境の浄化技術への応用が期待される。原研高崎では、2002年6月から、所員向けのセミナーを外部にも開放し、地元を中心とした民間企業への技術移転の促進を進めている¹⁰。また、放射線の利用技術のための相談窓口を開設し、2004年2月までに、87件の技術相談が寄せられている。技術相談はホームページ (http://www.taka.jaeri.go.jp/index_j.html) でも、利用可能である。これらの放射線利用技術の普及活動を通して、グラフト重合をはじめとする放射線を利用したものづくり技術は今後益々普及が進むと思われる¹¹。

参考文献

1. 近藤精一、石川達雄、阿部郁夫：化学セミナー「吸着の化学」丸善株式会社（1991）
2. S. K. Sahni and J Reedijk: Coordination chemistry of chelate resin and ion exchange, Coordination Chemistry Review 59 (1984) 1-139,
3. 玉田正男：有害金属の捕集に役立つ放射線グラフト重合、放射線と産業 93 (2002) 17-21
4. N. Kabay, A. katakai, A. Sugo, T. Egawa: Preparation of Fibrous Adsorbents Containing Amidoxime Groups by Radiation-Induced Grafting and Application to Uranium Recovery from Sea Water, J. Appl. Polym. Sci. 49 (1993) 599-607
5. F. Basuki, N. Seko, M. Tamada, T. Sugo, T. Kume: Direct synthesis of adsorbent having phosphoric acid with radiation induced graftpolymerization, J. Ion Exchange, 14 supplement (2003) 209-212
6. M. Sundell, K. B. Ekman, B. L. Svarfvar, J. H. Naesman: Preparation of poly[ethylene-g-(vinylbenzyl chloride)] and functionalization with bis(phosphonic acid) derivatives, React. Polym., 25 (1995) 1-16
7. J. Kugara, H. Trobradovic, A. Jyo, T. Sugo, M. Tamada, and A. Katakai: Behavior of iminodiacetate fiber in column-mode adsorption of lead(II), J. Ion Exchange, 14 supplement (2003) 77-80
8. A. Jyo, S. Akoi, T. Kishita, K. Yamabe, M. Tamada, and T. Sugo: Phosphonic acid fiber for selective and extremely rapid elimination of lead(II), Anal. Sci. 17s (2001) i201-204
9. 中居久明、瀬古典明、玉田正男、天間毅、小熊正臣：ホタテ貝加工残渣の有効利用に関する研究、J. Ion Exchange, 15 (2004) 10-15
10. 笠井昇、玉田正男：放射線の利用技術をめざす技術移転活動、原子力eye、50 (3) (2004)、23-25
11. 企業サポートぐんま「放射線を利用したものづくり 第1～6回」、2003年10月号-2004年3月号

金属錯体の熱分解制御によるナノ粒子の合成

大阪市立工業研究所 中許昌美

Preparation of metal nanoparticles by the controlled thermolysis of metal complexes

Masami NAKAMOTO

Controlled thermolysis of metal complexes is a convenient preparative method for metal nanoparticles with organically capping ligands derived from the precursor complexes. This preparative method affords spherical metal nanoparticle with well controlled particle size and its distribution through thermolysis procedure in spite of no use of reducing agent, protecting groups, and solvent. Organically capping ligands are effective for re-dispersion of nanoparticles into an organic solvent.

1. 金属錯体の熱分解制御による金属ナノ粒子合成

金属ナノ粒子は電子・磁気・センサー・光学材料、焼結材料、触媒などの工学的材料として期待されているが、その物性は粒子径に大きく依存するために、合成に際しては凝集などを防いで粒子径制御を行うことが重要である。また、工業的な利用を考えると、金属ナノ粒子の大量合成プロセスを確立し、低コスト化を実現することが必要不可欠である。

通常、化学反応で金属ナノ粒子を合成する場合、保護剤を含む溶媒中で金属塩などの金属源をクエン酸、ヒドライジン、水素化ホウ素塩、アルコール、アミンなどの還元剤で化学還元する。その場合、生成する金属粒子が急速に衝突と粒子成長を繰り返すことを制御するために、金属源の濃度を抑制したり、チオール、ホスフィン、4級アンモニウム塩などの有機配位子や界面活性剤、ポリマーなどの保護剤や還元剤の分量などを考慮する必要があり、大量生産には不向きな面もある。

一方、不溶性の金属塩¹⁾や金属錯体²⁾を化学還元することによって、粒子径制御された金属ナノ粒子が得られることが最近、見出されてきた。金属錯体の熱分解³⁻⁶⁾では、前駆体である金属錯体を固体のまま加熱溶融して液状化すると、とくに有機溶媒を加えることなく熱分解と同時に中心金属の還元が誘起され、脱離する有機配位子あるいはそのセグメントによって保護された金属ナノ粒子が容易に大量合成できる。本講演ではわれわれが研究開発を進めてきた、粒子径制御

された金属ナノ粒子の化学的な大量合成法の一端について紹介する。

2 金属錯体を前駆体とする金属ナノ粒子の合成法

金属錯体の熱分解による金属ナノ粒子の合成は、前駆体となる金属錯体によって反応機構は異なってくるが、いずれも配位子もしくはそのセグメントが金属コアの保護層として機能する合理的な化学的方法である。金(I)-チオレート錯体 $[C_{14}H_{2n}(CH_3)_3N][Au(SC_{12}H_{25})_2]$ の熱分解による金ナノ粒子の合成は、この前駆体を固体のまま加熱処理して行う⁵⁾。前駆体は100°C付近で融解して液状化し、さらに加熱を続けると徐々に分解が進行する。最高温度180°Cまで加熱を続け、その温度で6時間保持することにより、有機の液体に分散した金ナノ粒子が得られる。反応後70°Cまで放冷し、メタノールで繰り返し洗浄して精製を行い、褐色の粉末として平均粒子径26 nm の金ナノ粒子が得られる。この反応は図1のスキームに示す機構で進行する。熱エネルギー

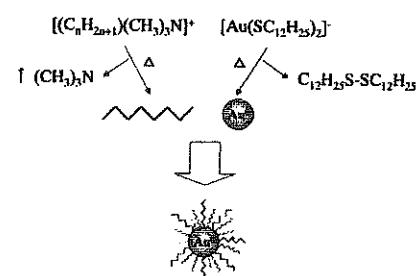


図1. 金(I)-チオレート錯体の固相熱分解による金ナノ粒子の生成機構

*平成16年6月3日 本会第112回例会において発表

**大阪市立工業研究所

平成16年3月30日受理

る方法³⁻⁶⁾は、保護剤、還元剤、溶媒を使用することなく行えるので、大量合成には最適である。しかし、比較的高温で熱分解を行うために、金属種によっては粒子径がやや大きくなる傾向は否めない。反応温度をより低下する工夫が必要であるが、一方で還元補助剤を使用して金属核の形成を促進することにより粒子径制御も可能となるので^{1,3)}、今後の展開が期待される。合金ナノ粒子を熱反応により大量合成できる系も見出されるようになつた^{1,2)}。これまでのところ、球状の金属ナノ粒子については化学的方法で大量合成する道が開けつつあるが、ロッドやワイヤ状の金属ナノ粒子のような形状制御の課題も重要である。このような形状の金属ナノ粒子を化学的に大量合成できるプロセスの開発も望まれる。

5 文献

- 1) T. Yonezawa, H. Genda, K. Koumoto: *Chem. Lett.*, 32, 194-195 (2003)
- 2) M. Yamamoto, M. Nakamoto: *J. Mater. Chem.*, 13, 2064-2065 (2003)
- 3) K. Abe, T. Hanada, T. Yamaguchi, H. Takiguchi, H. Nagasawa, M. Nakamoto, K. Yase: *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 322, 173-178 (1998).
- 4) M. Yamamoto, M. Nakamoto: *Chem. Lett.*, 32, 452-453 (2003)
- 5) M. Nakamoto, M. Yamamoto, M. Fukusumi: *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1622-1623 (2002)
- 6) K. Abe, T. Hanada, T. Yamaguchi, Y. Yoshida, N. Tanigaki, H. Takiguchi, H. Nagasawa, M. Nakamoto, T. Yamaguchi, K. Yase: *Thin Solid Films*, 327, 524-527 (1998)
- 7) 戸嶋直樹:「季刊化学総説42、無機有機ナノ複合物質」、日本化学会編、学会出版センター、pp. 145-159 (1999)
- 8) 戸嶋直樹:「微粒子・粉体の最先端技術」、川口春馬監修、シーエムシー、pp. 58-70 (2000)
- 9) 石橋秀夫: 日本ペイント、TECHNO-COSMOS 2002 Feb.
- 10) M. Brust, M. Walker, D. Bethell, D. J. Schiffrin, R. Whymann: *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 801-802 (1994)
- 11) N. K. Chaki, S. G. Sudrik, H. R. Sounawane, K. Vijayamohanan: *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 76-77 (2002)
- 12) 山本真理、中許昌美:「アミンを用いたミリスチン酸銀と金(I)-ミリステート錯体からの合金ナノ粒子の合成」、日本化学会第84春季年会講演予稿集、3H1-50 (2004)
- 13) 中許昌美、中尾太勇、山本真理:「脂肪族アミン存在下での金(I)-チオレート錯体の熱分解による金ナノ粒子の粒子径制御」、日本化学会第84春季年会講演予稿集、3H1-49 (2004)

以内で残留濃度が高度排水処理施設の放流水管理基準値以下になることを確認した。

実験結果に基づき曝気風量を定め所定性能を満たすよう曝気槽容量を設計した。曝気槽の状態と VOCs 吸着塔を写真 2、3 に示す。

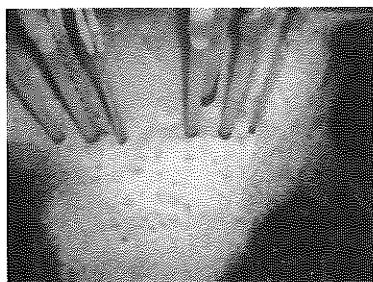


写真 2 曝気槽の状態

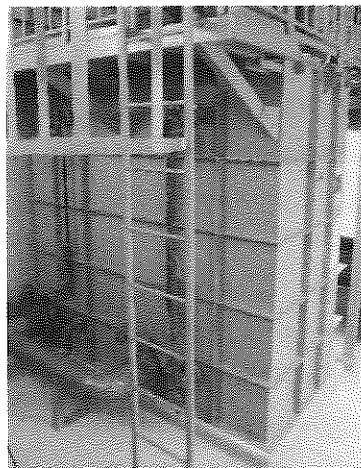


写真 3 VOCs 処理設備

ダイオキシン類処理プロセスと、VOCs 処理プロセスを含め、処理と運転管理を総合的に検討を行い決定した高度排水処理施設の処理フローを順に追っていくと、「原水調整」(VOCs の曝気処理) → 「アルカリ凝集沈殿処理」→ 「生物処理」→ 「凝集膜ろ過処理」→ 「ダイオキシン分解処理」→ 「活性炭吸着処理」→ 「キレート吸着処理」→ 「処理水放流設備」(塩素滅菌は必要に応じて使用)、そして放流となる。

VOCs は原水調整設備中にある曝気槽で揮散させた後、活性炭吸着処理する。VOCs 処理後の浸出水・地下水は、アルカリ凝集沈殿処理設備、生物処理設備を経て凝集膜

ろ過設備で SS 成分が分離除去され、COD が処理され、ダイオキシン類分解除去設備においては良好な光化学分解反応が行われる条件が整い、ダイオキシン類が分解除去される。その後、活性炭吸着塔処理設備とキレート吸着処理設備で残存する COD と重金属類の処理が行われて処理水となり放流される。

VOCs とダイオキシン類以外の項目に関しても、計画原水濃度は高いので“凝集沈殿処理 + 砂ろ過処理”に換えて、良好な処理水質が安定して得られる“凝集膜ろ過処理”設備（写真 4）を設置している。使用している膜の口径は $0.1\mu\text{m}$ で大腸菌を分離除去でき、また劣化のほとんど無いセラミック膜を用いおり、高度排水処理施設が稼動予定の少なくとも 10 年間は膜交換の必要はない。本施設は現在稼動中であり、廃棄物の撤去が完了するまでの約 10 年間稼働する計画で、その後も必要に応じ、浸出水・地下水を処理する予定である。

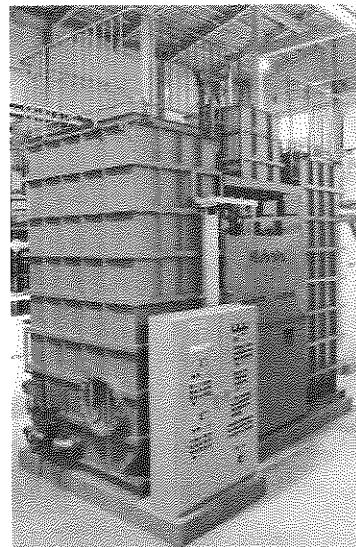


写真 4 凝集膜ろ過処理設備

<参考文献>

- ・(社)全国都市清掃会議:廃棄物最終処分場の整備の計画・設計要領(2001.11)
- ・堀井ら:光化学分解法による水中高濃度ダイオキシン類の分解処理, 第 11 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 II 1062-1064(2000.11)
- ・堀井ら:ダイオキシン類汚染池水の環境修復に関する事例報告, 第 12 回廃棄物学会研究発表会講演論文集 II 1109-1111(2001.10) 他

木質系廃棄物からの環境負荷低減型高機能性材料 の合成とその物性評価*

林 良 茂**

The Evaluation of Physical Properties for Environmentally
Feasible Product from Wood Waste

Yoshishige Hayashi

Recently environmental disruption of waste materials have been developing rapidly. Biomass is the only renewable organic resource and one of the most abundant one. Some properties of the biomass liquified by organic solvent (eg, polyol) in the presence of a sulfuric acid catalyst, the application of polyols to the preparation of bio-degradable polymer and heat insulating material have been investigated. It is found that the produced polymer is a good heat insulating material.

はじめに

人類は近代科学技術の発展を背景に、物的豊かさを追求するための究極の経済システム「大量生産、大量消費、大量廃棄」による一方通行型経済システムを構築した。この一方通行型社会は、廃棄物となった後のゴミ処理費を考慮せずに成立していた社会であるため、それに伴い環境問題やエネルギー問題が顕在化してきた。

大量廃棄に伴う最終処分地の不足やエネルギーの消費による地球温暖化は益々加速されており、この問題を如何にいく止めるかが緊急の課題となっている。大量廃棄に関しては、埋め立て地の残余年数が 10 年以下であるので、2010 年には現状（平成 9 年度）の 1/2 以下、即ち、最終処分量を 3,700 万 ton にしようとする提案がなされている。同時に、一般市民の環境意識の高まりにより 3R (Reuse, Reduce, Recycle) が重要視されるようになった。即ち、修復技術の開発だけでなく、容器などの再使用や、廃棄物を排出しないプロセスの開発、及び未利用資源のリサイクルに関する研究などが重要視されるようになった。日本政府は 2000 年を「循環型社会元年」

と位置づけ、廃棄系バイオマスを含めて、廃棄物全般のリサイクルと再利用を促進するための諸施策を推進している。一方地球温暖化防止に関しては、京都議定書に基づき炭酸ガス発生量の 6% を削減する義務があり、日本においても新エネルギー開発に向けての研究が活発に行われている。

新エネルギーとして最も身近にある自然エネルギーに着目すると、太陽エネルギーや風力エネルギーに比べてバイオエネルギーの導入促進が遅れている。これは主に太陽エネルギーや風力エネルギーは電気として利用されるが、バイオマスには形態が多種多様で散在しておりその利用技術も様々であること、また廃棄物系のものが多く、クリーンエネルギーというイメージが弱いことに起因していると考えられる。

地球上のバイオマス潜在的存在量は約 1 兆 8,000 億 t であり、その殆どが陸地に存在し、92% は森林に蓄えられている木質系バイオマスで占められている。資源としての利用は不可能であるが、土壤有機物は陸地のバイオマスカーボンの 2 倍存在する。木質系バイオマスの純生産量は、少なくとも年間約 800 億 t であり、エネルギーに換算すると世界の一次消費エネルギーの 7~8 倍に相当する。現在世界全体のバイオマス利用率は約 7% と言われており、生態系の維持に必要なバイオマスを考慮し

*平成 16 年 6 月 3 日 本会第 112 回例会において発表

**所属先

金沢大学大学院自然科学研究科物質工学専攻

平成 16 年 3 月 27 日受理

ても、地球上には人類が一年に消費する化石エネルギーを賄うに充分なバイオマスが生産されていることになる。賦存量とは最大限使用した時に理論的な利用可能量であるから、現状での経済的問題や立地上の問題、その他様々な問題を含めて試算すると、実際に使える量はこの数字の約半分になると推定される。

バイオマスは燃料としての利用が主流でなく、エネルギー以外の利用の方が重要で、価値の高いものになっている。しかしバイオマスには、資源の採掘、素材生産、部品製造、加工組み立て、流通、消費、廃棄の過程があり、食料の一部を除けば、物としてなくならない特長がある。バイオマスの新規生産コストは、石炭より高いが、残渣系でエネルギーを作ると生産コストを石炭以下に押さえることが可能であるので、副産物+廃棄物等の残渣系のバイオマスは低コストの貴重な資源となる（図1）。

• 2000年「資源循環型社会元年」

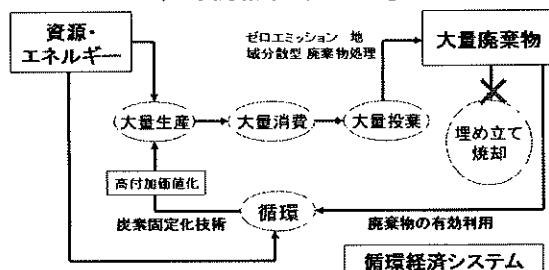


図1 研究開発の社会的背景(3R)

1.未利用バイオマス

未利用バイオマスは、現時点で産業的に充分に利用されていないバイオマスであり、自然系廃棄物と廃棄系（残渣系）バイオマスに大別される。地球レベルでは多くの自然系バイオマスは未利用のまま、腐朽、燃焼などのよれ CO₂ に還元されている。これらのバイオマスは大気環境の維持や水・土壤の保全など地球環境の保全に重要な役割を果たしており、自然系バイオマスの利用拡大を避ける必要がある。現実には、毎年 1,700 ha（日本の国土面積の約半分）の森林が消失している。これに対して残渣系バイオマスは既存のバイオマス利用との競合の少ない未利用バイオマスであり、今後の利用拡大が最も期

待されている。我が国における残渣系バイオマスエネルギーの使用可能量を調査すると、木質系バイオマス 82%、食料バイオマス 18% となる。

2.木質系バイオマス

日本における木材の消費量は約 1 億 m³ であり、廃棄量は約 2,800 万 m³ である。この廃棄量は我が国で生産されるプラスチック生産量 1,400 万 ton に匹敵する数字である。消費量の内、国産材の占める割合は 21% で、後は全て輸入木材であるが、輸入木材に係わる廃棄物は廃棄されているのが実情である。

木質系廃棄物の利用拡大を考えると、低コストな再利用技術の開発が不可欠となる。木質系廃棄物は製材所で集中的に大量に発生し、産業廃棄物として取り扱われるため、また生ゴミなどの食料バイオマスに比べて微生物で分解され難い性質があるため、従来からその処理に困っていた。しかし原料供給の観点からみると収集、輸送に関する技術、並びにコストが余りかかわらず、供給が安定していると言うメリットがあるので、コスト低減のためには、木質系バイオマスを発生地域で再利用するのが最善の対策と考えられる。

現在、木質系バイオマスを単純に燃焼させて、木材の乾燥工程の熱源として使用している製材所もある。このような熱利用の場合採算があうが、発電をする場合、実質的に採算があわず、多くが政府からの補助金や、税制上の優遇措置を受けている。そのため、大規模に実用化された例は無いのが現状である。

木質系廃棄物は有機物として循環する物質であるので、廃棄物の再利用に大きなエネルギーを必要とせず、またそれにより別の環境汚染を引き起こさない限り、素材あるいは原料とすることが要求される（マテリアルリサイクル）。燃焼による熱回収（サーマルリサイクル）は環境基本法で述べられているように最後の処分法とすべきである。

3.資源循環型社会

人間が環境に与える不可逆的変化を最小にするような

社会が資源循環型社会であり、素材・製品のライフサイクル全体における環境負荷を極小にするための技術の確立、並びに環境配慮型の素材・製品の提供（機能の提供）が要求される。図2は環境リスクと経済的な利益を座標にした「リスク・ペネフィット解析」のモデル図である。

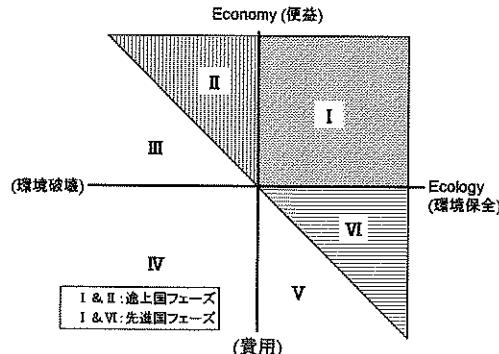


図2 リスク・ペネフィット解析（EcologyとEconomy）

リユース、レデュース、リサイクルが極限まで進み、廃棄物が極限まで少ない社会が理想である（ゼロエミッションを目指した理想社会）。しかし、理想的なリサイクル社会においても廃棄物の収集、処理は避けることは出来ず、そのためにエネルギーを消費する。また、再生する場合には必ずエネルギーを必要とする。リサイクルは廃棄物の最終処分量の削減に直接効果をもたらすものであり、その強化を図っていく必要がある。そのためには、回収、リサイクル量の向上、素材・製品のリサイクル容易性の向上、リサイクル製品の品質の向上等の高付加価値化、リサイクル実施の際のエネルギー消費や環境負荷物質の排出量の削減と言ったより高度なりサイクルの実施が求められる。

経済合理性の追求と、環境への配慮の同時達成を目指す循環型経済システムの構築のためには、製品毎に製造・流通・消費の実態や経済的・技術的な実施可能性を検証し、リユース、レデュース、リサイクルについて、どの取り組みが最も効率的であるかという視点から実施すべき取り組みを選択し、資源、エネルギーの利用効率の最大化を図ることが要求される。特に、リユース、レデュース、リサイクルの取り組みの実施のためには、素

材産業、製造・組み立て産業と言った異業種間の連携を始めとした事業者間での連携、並びに協力が不可欠となる。また、木質系バイオマスの場合には、関連した産業が、例えば林業、製材、建材と言った広い範囲に係わってくるため、地域産業との結び付きが重要になってくる。従って、地域でバイオマスエネルギーを根付かせるために、地域の産業あるいは自治体の政策、考え方、行動と言ったものを熟知して、自治体との連携を如何に図っていくかを充分に検討しなければならない。

4 生分解性・高機能性材料合成プロジェクト

本プロジェクトは、地球上に最も多く存在する木質系廃棄物の有効利用と、環境調和型資源循環システム構築に係わるものである。石川県下の製材業が集まっている地域に着目し、木質系廃棄物を対象にしたゼロエミッション処理システムの構築と地域環境保全の立場から、環境に優しい物作り、炭素固定化技術、並びに地域分散型廃棄物処理技術の確立を目指している。未利用木質系資源は炭素系有機物質があるので、素材として工業資源の利用拡大を図り（炭素固定化）、最終段階でエネルギーとして利用するプロセスを構築すると、効率的な炭素循環システムが期待できる。

化学処理を施さない無処理木材を（木質系産業廃棄物）を液化したものを原料とし、合成される環境負荷低減型新素材の機能制御と製造技術、及び用途開発を行う。そして、既存の発泡スチロール、ウレタンフォームの代替品として、付加価値の高い生分解性製品を得るために反応制御技術を確立し、最適な生産システムを構築する。

図3は本プロジェクトの目的を示したモデル図である。

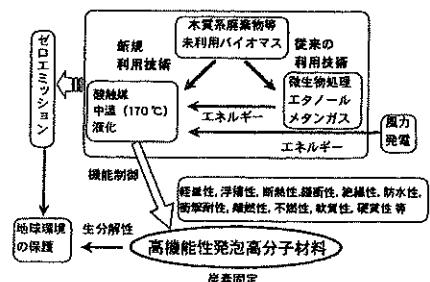


図3 有機資材としての未利用バイオマスの活用

発泡体、発泡スチロールの引張応力と圧縮応力を示した。発泡スチロールの持つ強度を上回っており、ウレタン発泡体とほぼ同等の強度を示している。

表2 ポリウレタン、ポリスチレン発泡体の機械的物性

	Rigid Polyurethane Foam	Polystyrene Foam	This study
density [g/cm ³]	0.064~0.13	0.015~0.02	0.1~0.2
Tensile strength [MPa]	0.617~1.96	0.294~0.49	1.0~2.0
Compressive strength [MPa]	0.4802~1.862	0.098~0.196	0.3~1.1

- ・製品普及化のためのビジネスモデルの構築（木質系廃棄物排出者との協業視野）
- ・試作品による実証モニタリング調査（住宅・一般建築物）による実用性評価の完了。
- ・製造プラント量産化モデル機や木くず液化搬送システムの検討に着手。

6-7 その他 各反応条件で合成した発泡体を、屋外にて腐葉土中への埋設試験を行った結果、約1年でなくなっていた。また、リン系難燃剤トリメチルスルフオネートを添加すると、発泡体の自燃性をなくすことが出来た。これらの事項に関しては、今後詳細な調査を行う。

7. 市場開発戦略

7.1 事業成功の要因

- ・環境調和型生分解性木質新素材の用途開発分野の選択と集中：高気密・高断熱の住宅。自然系建築資材の要望（シックハウス）。
- ・技術的先進性・差別化による優位性の確立。
- ・戦略要因分析（Q：品質、C：コスト、D：時間、S：安全性、E：環境保全性）：断熱効果、安定性、難燃性、軽量化、耐水性、シロアリ対策。

7.2 中核的能力

- ・新市場創造への研究開発コンソーシアム体制で運営（技術基盤・研究・製造・マーケティング・販売の一貫体制）。
- ・本研究プロジェクト遂行のための明確な分業化と専門スタッフの配置。

7.3 目標

- ・用途開発の第1段階として、市場ターゲットを生活消費材としての建築用断熱材（平板タイプ製品）とする。
- ・試作品を競合既存製品と同等以上の性能を備えたレベルにする。
- ・量産化によるコスト競争力の向上。
- ・本プロジェクト活動による知財開発と取得。

に活用したり、ウエザーストリップゴムはリサイクル処理により同一製品に活用しており、その量は01年度で約30トンの実績をあげた。図5にそのリサイクル処理技術のイメージを示す。

他に、エアーパック'其布の端材をエンジン部品のパキュームサージタンクにリサイクルしている、その量は01年度で約550tであった。

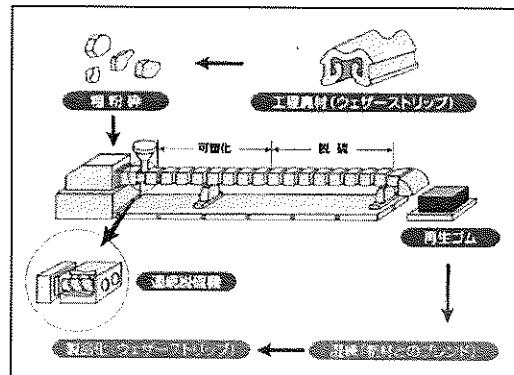


図5 廃ゴムのリサイクル技術のイメージ

5.3 使用段階

(1) 部品のリユース

新品レベルの品質確認を行うリビルト部品の供給を関連メーカーの協力を得て年々増加させている。01年実績でオートマチックトランミッションを約2.2万台、ターボチャージャーを約240個、パワーステアリングを約1.7万個、オートマティックトルクコンバータを約5700個供給している。一方品質確認レベルの中古部品についてはトヨタの部品共販店が電子商取引を行っている。そこでは共販店ブランドの「エコロパーツ」(ドア、フェンダー、グリル、バンパー、ランプ類等)と大手リサイクル部品流通事業者から供給を受ける国内全メーカーの外装・機能部品を取り扱っている。図6は中古部品の保管棚の写真である。

(2) 販売店回収バンパーのリサイクル

91年から開始している活動であるが、バンパーからバンパーへやバンパーから他部品(エンジンアンダーカバー、ラゲージトリム、シートバックボードなど)へのリサイクルを実施しており、02年リサイクル実績で約72万本である。

5.4 廃棄段階

(1) シュレッダーダストの再利用

豊田メタル㈱に95年10月に実証プラントを稼動させて以来、本プラントとなって後も順調にシュレッダーダストの分別を行っている。回収ガラスはタイルの強化材に、ワイヤーハーネスの銅はアルミ鋳物の強化材に、発泡

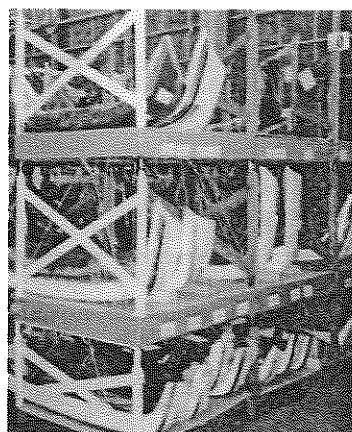


図6 中古部品の保管状況

ウレタン/繊維類は車両用防音材(RSPP; Recycled Sound-Proofing Products)にそれぞれ活用している。01年実績でガラスが53t、銅が210t、防音材の原料が2,310tで防音材の採用車種は18車種に及んでいる。この材料は屋根材の断熱材としても活用できるため、堤工場他で採用し延べ1万m²の施工を行った。図7はASRのリサイクルプラントの概観と工程の略図及びRSPP製品とその使用量を示したものである。

(2) 自動車リサイクル研究所

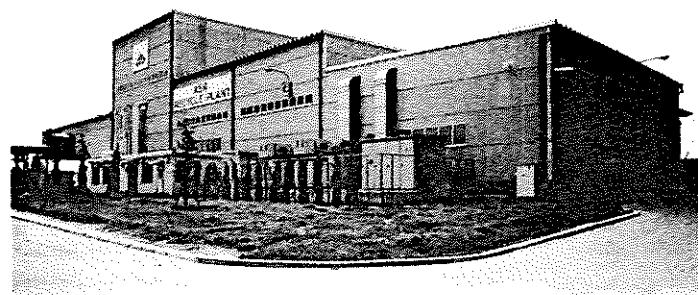
「解体し易い車両構造の研究」「適切で効率的な解体技術の研究」等を推進する目的で、豊田メタル㈱内に自動車リサイクル研究所を設置(01年4月稼動)して、現状の解体実態を調査後部品や液体類の解体・抜取り時間の短縮を狙い、取り外し易いツールや装置の研究・開発に着手した。これらの活動を通じ、解体し易い構造を新しい車の設計に反映させ、前述した(図2)ラウムのような幾つかのリサイクル配慮設計を実現させることに貢献している。この研究を通じて得られた解体技術情報は、ホームページにより広く公開しているところであるし、解体等に効率的な装置・工具等例えば燃料抜取り装置などは既に、豊田通商㈱が発売を開始している状況である。図8に効率的な解体ツールの例を示す。

6. おわりに

以上見てきたように自動車のリサイクル処理に係わる枠組みが今まさに大きく変わろうとしている。これは循環型社会のモデルケースにする程の勢いでシステム構築が進行中である、関連する全ての人・機関・企業・事業者等に役割と責任が明確にされ、その義務付けを徹底しようと動き出したのである。経済的問題で機能不全に陥らうとした自動車リサイクル処理の世界に、使用者が負担する処理費を充当して環境保全、資源有効利用の部分にテコ入れをし、従来からの処理機能を再生させる

というものである。これから各産業界に期待されるのは、自動車メーカには処理費の安い車つくりを、解体事業者には環境配慮の高度な低コスト解体・抜取り技術の向上を、シュレッダー等破碎業者には高度・低コスト分

離回収技術の向上を、そして新たなASR再資源化業者には高リサイクル率達成技術の向上・開発などをである。混合物の分離技術を得意とされる皆様方に多いに活躍していただくことを期待します。



ASRリサイクルプラント外観(豊田メタル株式会社)

● RSPP原材料(ウレタン・繊維類)の使用量推移

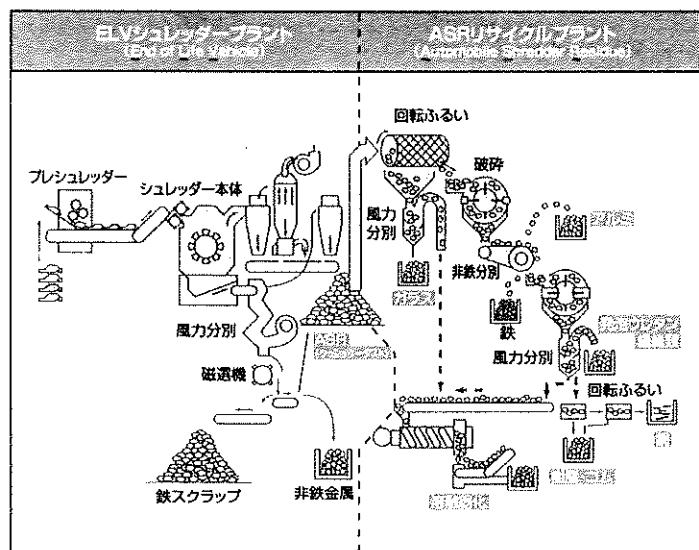
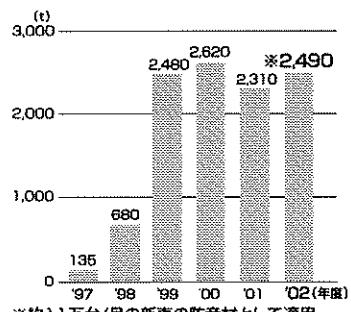
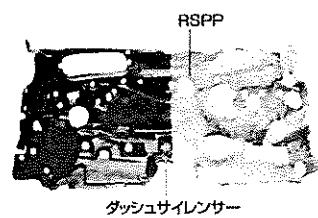
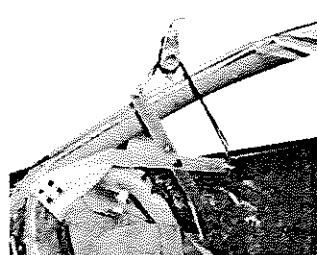
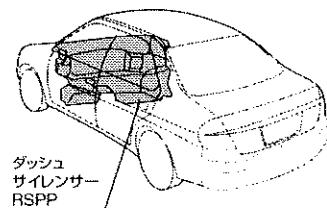


図7 ASRリサイクルプラント(豊田メタル株)



防音材(例:ダッシュサイレンサー)
発泡ウレタンや繊維類を分別して防音材に再利用。
従来品に比べて防音性と遮音性のバランスが良いのが特徴。



インストルメントパネル引き剥がしツール



バンパー回収ツール

図8 効率的な解体ツールの例

新製品
紹介

オン・サイト／オン・マテリアルで活躍する携帯型金属成分検出装置*

合金品種判別／プラスチック：Pb・Cd ほか／土壤：Pb・As その他

— 蛍光X線利用モバイル分析計 XLtシリーズ —

瀬川孝夫**

Handheld Metal Contents Analyzer--Available for On site/On Material Application

-- Alloy Analysis for Recycling / Pb Cd for Plastics / Pb-As for Soil --

X-Ray Fluorescence Mobile Analyzer -- XLt Series

Takao Segawa

「ボタンを押すと、その場で、結果がすぐ出る」

できるだけすばやく、とくにその場ですぐ、金属成分の在る無し～その含有濃度を判別する…これは長い間の夢であった。いま、この夢をかなえるモバイル化された検出装置が誕生した。

表1 機種一覧表

—携帯型蛍光X線成分分析計 XLt—

用途別に3機種指定した元素を測定

1. 土壌用	17元素	ppm
2. プラスチック用	12元素	ppm
3. 合金用	18元素	Wt%

使い方（用途別に演算表示元素を固定：表1）

装置は写真のようにピストル型である。測定は、

- ① 対象物・試料に当てて(接触させて)、
- ② トリガー(引き金)を引くだけの簡易操作で、
- ③ リアルタイムの測定と結果表示を行う。

すぐに金属成分値の表示が始まり、同時にその計測偏差も表示される。スイッチを引き続けると内蔵ソフトウェアが演算処理した測定値が秒単位で更新表示され、時間とともに測定偏差が小さくなる様子を肉眼で確認できる。

この装置(NITON社・米国)の特長は、対象物の金属含有の「判別・スクリーニング」を現場(オン・サイト)で、手で持った測定機を対象試料に接触(オン・マテリアル)させて測定できることである。

管球はミニチュアX線管(直径1cm・35～38kV
励起・7～20μA)、検出器は電子冷却型シリコン-PIN検知器(液体窒素不要)を搭載する。

携帯(モバイル化)を可能にする高性バッテリーを内蔵する屋外防滴仕様。最新の機種はパソコンとのワイヤレス通信(測定操作・データ通信)ができる。

*平成16年6月3日本会112回例会に置いて発表

**所属先 株式会社 リガク NITONプロジェクト

平成16年4月19日受理



写真1:本体 XLt



写真2:土壤を直接スクリーニング