



GSCN
Green & Sustainable
Chemistry Network

GSCNは化学技術の革新を通して 「人と環境の健康・安全」を目指し、 持続可能な社会の実現に貢献する 活動を推進する組織です

GSCN was established in 2000 to promote research and development for the Environment and Human Health and Safety, through the innovation of Chemistry.

大学に求められる環境問題への取り組み

Efforts Required of Universities toward Environmental Problems

日本女子大学 学長・理事長 蟻川 芳子



大学のキャンパスは地域におけるエネルギー使用量の比較的大きな事業所であり、地球温暖化問題が深刻化する昨今、二酸化炭素排出量と密接に関連するエネルギー使用量の低減化が求められている。「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)は、年間エネルギー使用量が原油換算で1,500KL以上の事業者が対象となるが、2010年には、これまでの大学のキャンパスごとの管理から法人単位でのエネルギー管理が導入される等、法規制の強化が行われている。大学は多くの施設を持ち活動時間も長いために、多量のエネルギーを消費しているのに加え、施設の新築やIT化の促進、

研究の高度化等によりエネルギー消費量は増加の一途をたどっている。

本年3月、文部科学省から「大学等における省エネルギー対策の手引き—経営層・実務管理者に向けて—」が配布された。大学は「深刻化するエネルギー問題や地球温暖化問題においても、社会をリードする先導的役割を担って、教育・研究を進める必要がある」との勧告を受けるとともに、省エネルギー対策を進めるにあたって、経営層の主導による全学的な推進体制を構築し、学内の共通認識を深めることが要請されている。さらに大学は、地方公共団体で定める条例を遵守し、地域で取り組む環境対策にも積極的に協力している。

教育研究機関としての大学は、環境に配慮して行動できる社会人を送り出すとともに、環境分野の研究を進展させて環境政策や環境技術のスペシャリストを養成する役割を担っている。環境化学の研究に携わってきた筆者にとって、教養教育として環境問題への理解が普及すること、大学の環境対策への学生の参加を期待している。

マイクロ波を用いた高分子の高効率製造プロセス — 実用化へ向けて —

"Microwave-assisted Polymerization Process"
National Institute of Industrial Science and Technology

独立行政法人産業技術総合研究所 長畑 律子・竹内 和彦

マイクロ波は物質を均一かつ高速に加熱するエネルギー源として食品やゴム、セラミックス、鉄鋼等の産業界で広く用いられている。有機合成反応に対しても大きな加速効果や選択性向上、無溶媒化、製造エネルギーの低減とCO₂削減効果などが報告されているが、未だ実験室段階にある。我々は、重合反応でも特に製造エネルギーが大きいポリエステル合成にマイクロ波の適用を試み、製造時間の大幅な短縮と製造エネルギーの削減に成功した。また、この成果を基に乳酸重合用の実用機を開発した。

マイクロ波は周波数が概ね300 MHzから30 GHzの電磁波で、レーダーや通信分野で広く利用されている他、物質を高速加熱することから食品の加熱や乾燥、セラミックスの乾燥・焼結、製鉄用大型不定形耐火物の乾燥、ゴムの加硫など広い分野で既に実用化されている。伝統的な加熱手段であるスチームや電気ヒーター、直火が物質表面から内部へ熱を伝える伝導加熱であるのに対し、マイクロ波加熱は物質を内部から直接加熱するため高速で均一な加熱が可能で、エネルギー効率の向上や加熱時間の短縮に大きな効果がある。有機合成分野でもマイクロ波加熱の利用により反応の高速化や選択性向上、無溶媒化が可能である。さらに製造エネルギーの大幅な低減とCO₂排出削減、環境負荷低減、製造設備の小型簡略化など多くのメリットが期待され、世界中で数多くの研究が行われているが、これまでほとんどの研究はデスクトップスケールの検証試験にとどまっている¹⁾。

重合分野でも付加重合や縮合重合、開環重合などへのマイクロ波の応用研究例が多数報告され、反応時間の短縮や分子構造の制御が可能になったとの報告がある²⁾。我々は、マイクロ波加熱の特徴を活かせる重合分野として縮合重合に着目し、中でも早期に実用化可能なプロセスとしてまずポリエステル類にターゲットを絞った。ポリエステルの製造には多段階・高温・長時間反応が必要なため、製造エネルギーを多量に要し、またハロゲン化原料や溶媒を使用することも多い。そのためシンプルでかつ経済的、環境調和的、迅速な製造法の開発が産業界から望まれている。

ポリエステル類の合成は、マイクロ波をよく吸収する基質および脱離成分が主に関与する重縮合反応である。まずモデルポリマーとしてポリコハク酸ブチルの合成を検討した(図1)。コハク酸と1,4-ブタ

ンジオールを等モルで混合し、溶媒は用いず、スズ、チタン等の触媒と共にマイクロ波加熱した。260℃、減圧条件下では75分間で重量平均分子量10万を超えるポリマーを得た。オイルバス等の伝導加熱ではこのような一段高速重合は不可能である。この手法はPETやポリ乳酸など種々のポリエステル合成に適用可能で、特にポリ乳酸ではラクチドを経ない直接重合により一段で分子量約2万のポリマーを得た。マイクロ波法で得られたポリマーは直鎖状ポリマーがほとんどで、異種構造体が少ないという特徴がある。また、無触媒時でも伝導加熱法に比べ大きな加速効果があり、特に医療用途などで触媒(不純物)を使えない分野での活用が期待される。

実用化への取り組みとして、昨年、年産数トンレベルのバッチ式装置を世界で初めて開発した。手始めに食品用乳酸重合プロセスへ導入・商業運転を開始し、従来法に比べ数倍の反応高速化と70%以上の製造エネルギーを削減できた³⁾。また現在、数千トンクラスのプラント開発を企業と共に目指している。引き続き更に大型の実用機に発展させていきたいと考えている。

【謝辞】 本研究は平成18年度NEDO産業技術研究助成事業、平成21年度NEDO大学発事業創出実用化研究開発事業、平成21年度GSCプロジェクト等により行った。装置を開発・製造いただいた四国計測工業(株)、実用化を積極的に進めていただいた(株)GLARTに謝意を表します。

【参考文献】 1) 和田・竹内, マイクロ波化学プロセス技術, シーエムシー(2006). 2) 竹内・長畑, ペテロテック, **31**, 564(2008). 3) Nakamura, et al., *Org. Proc. Res. Dev.*, **14**, 781(2010).

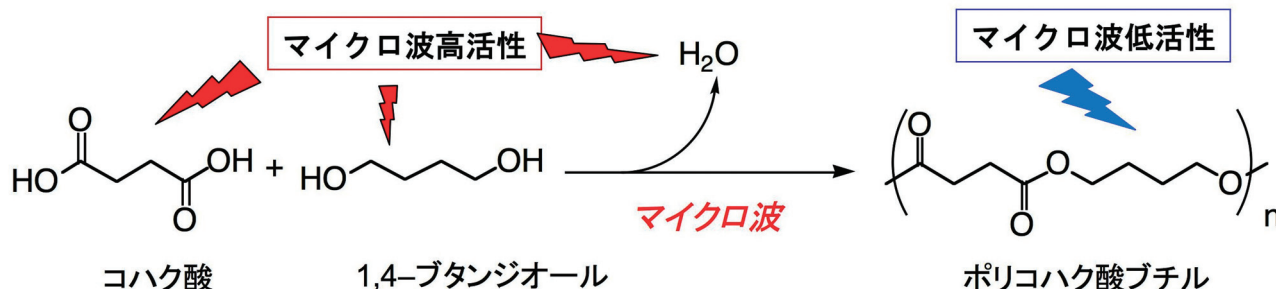


図1 ポリコハク酸ブチルの合成

プラスチック廃棄物の収集・処理の環境負荷と経済的負担に関する研究

Environmental and Economic Impacts of Collection and Treatment of Plastic Waste

(社)プラスチック処理促進協会 技術開発部 西原 一

東京都 23 区の資源回収状況、プラスチックごみの収集状況を調査し、環境負荷と経済的負担の観点からプラスチック廃棄物処理の実態を調査した。エネルギー回収重視型（サーマルリサイクル：TR）に比較して、物質回収重視型（マテリアルリサイクル：MR、ケミカルリサイクル：CR）の資源回収の経済的負担が高い。それは、収集・中間処理の経済的負担が最も高いためである。物質回収重視型の収集は、低積載率が原因で燃費が高く、走行距離が長くなるためにエネルギー消費量、CO₂排出量、経済的負担が高くなっている。

東京都 23 区のプラスチック廃棄物の収集については、PET ボトルの収集は全 23 区で行われているが、発泡トレー、容器包装（その他プラスチック）、非容器包装の収集は区により異なっており、表 I 記載のように A～E の 5 グループに分類される。また各区の資源回収方法は、グループ A、E のエネルギー回収重視型と、グループ B、C の物質回収重視型との 2 つに大別される。その他プラスチックを収集・処理している割合の多い物質回収重視型の区の環境負荷は低く、資源節約の割合は高いが、経済的負担が大きい。一方、プラスチック廃棄物を可燃ごみ収集・処理（発電効率：13%）する割合の多いエネルギー重視型の区はその逆である。（表 I 参照：尚、グループ D のデータ提供なし）

ス）側に記載し、再資源化等の処理によって新規に製品を製造することが回避された代替物控除分を負（マイナス）側に記載し、両者の合計を黒丸●で示している。経済的負担に関しては、可燃プラごみ収集処理（TR）を基準 1 にして、倍数で比較している。また経済的負担は収集・中間処理（黒部分）とそれ以外の処理（白部分）とからなっている。

一方で可燃ごみ収集・処理を基準にその他プラスチックを収集・処理する場合のリサイクルの費用対効果については、原油節約コストは市場価格の約 5 倍、CO₂削減コストは排出取引価格の約 19 倍かかっていることが判明した。以下にその理由を詳述した。

(1) 資源節約（原油換算削減量）

図 I において、エネルギー節約量はその他プラのエネルギー消費量の合計値（黒丸●）と可燃プラごみ収集処理のそれとの差から 17.52MJ/kg と算出され、原油換算削減量は、上記エネルギー節約量を原油発熱量（38.7MJ/L）で割って 0.453L/kg と算出される。一方、可燃プラごみ収集処理（TR）のシステム境界内の経済的負担の合計を基準 1 とした時の、その他プラ処理の経済的負担は 3.5 であり、その差の絶対金額が ¥120/kg とすると、1 L 当たりの経済的負担は ¥265/L となる。

一方、1 バレル（159 L）= \$ 80（¥8000）と仮定すると、1 L 当たりの市場価格は ¥50/L であり、その他プラの資源節約の経済的負担は上記市場価格の約 5 倍になる。

(2) CO₂削減量

(1) と同様に図 I の結果から算出される、CO₂削減量は 2.06kg-CO₂/kg である。一方、その時の経済的負担は ¥120/kg であり、1 kg-CO₂ 当たりの経済的負担は ¥58/kg となり、CO₂排出取引価格が ¥3/kg とすると、その他プラ処理の CO₂削減の経済的負担は上記取引価格の約 19 倍になる。

参考文献：社団法人 プラスチック処理促進協会 2010 年 3 月「使用済みプラスチックの収集・運搬・処理・処分における環境負荷と経済的負担に関する調査報告書」

表 I

グループ	分別区分比率(重量%)					評価(原単位)						
	資源回収			方ごみ収集		処理1kg当たりの資源節約量			環境負荷		経済的負担 ¥/kg	
	PETボトル	発泡トレー	容器包装 (その他)	方全般 (非容器包装)	可燃ごみ収集 TR 発電効率13%	不燃ごみ収集 埋立	原油換算量 L	CO ₂ 削減量 MJ/kg	比率	kg-CO ₂ /kg		比率
A	77	0.4	0.0	0.0	85.5	6.4	0.168	6.49	基準 10	238	基準 10	基準 10
B	85	0.5	* 121	0.0	69.3	9.5	0.237	9.16	1.4	203	0.9	1.3
C	75	0.0	** 248	0.0	58.2	9.4	0.255	9.88	1.5	181	0.8	1.4
D	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
E	7.4	0	0	0	88.9	3.7	0.160	6.18	1.0	247	1.0	1.2

原油換算量(L)は、原油発熱量(38.7MJ/L)で割った数値。 * CR 100% ** CR/MR=74/26 (CR:ケミカル原料化)

資源回収方法の詳細を解析するために、収集・運搬・処理・処分の工程別評価を行った。環境負荷については、再資源化が最も高く、次いで収集であり、中間処理、輸送、焼却は非常に小さい。一方、経済的負担については、収集・中間処理が最も高く、半分以上を占めている。その評価結果を図 I に示す。

縦軸のエネルギー消費量、CO₂排出量については、エネルギー投入量とその結果として排出される CO₂排出量を縦軸の正（プラ

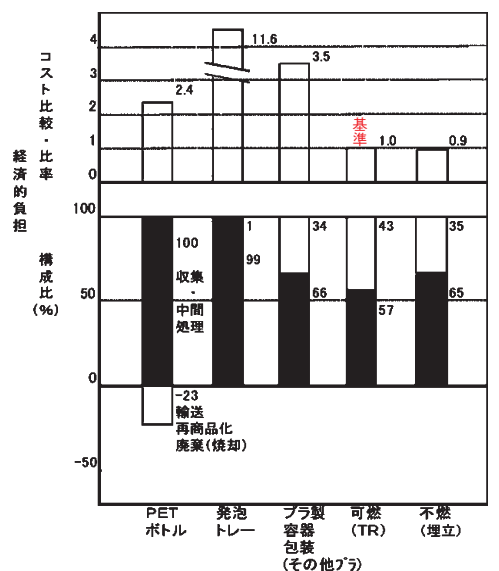
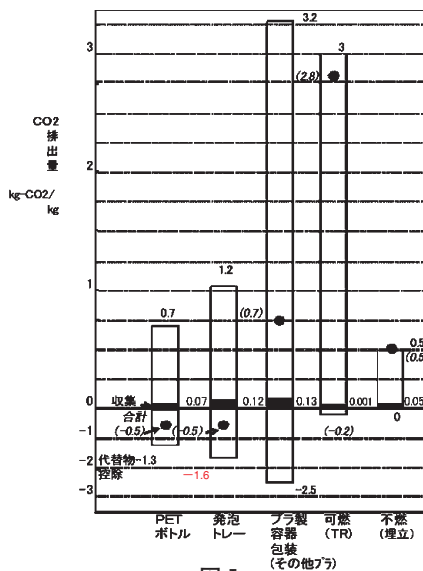
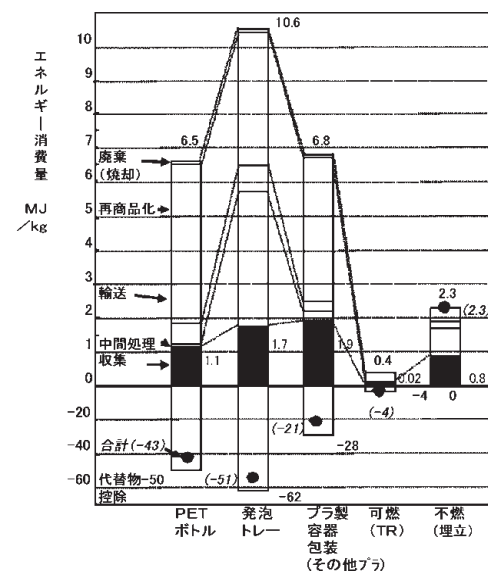


図 I

第10回グリーンサステナブルケミストリー(GSC)賞、 経済産業大臣賞、文部科学大臣賞、環境大臣賞候補者、 最終募集のお知らせ

1. 対象となる業績 A：化学技術関連分野において独創的な研究開発を行い、グリーンサステナブルケミストリー(GSC)の推進に大きく貢献したもの。 B：新規概念・手法の開拓、新規現象の発見、解析・解明など、科学的基盤の分野で独創的な研究を行い、GSCの推進に貢献したもの。 C：GSC技術・科学の普及やGSC社会の実現、教育・啓発等の活動を通して、GSCの推進に貢献したもの。
2. 応募資格：GSCの推進に貢献のあった個人、法人、あるいは任意団体。
3. 表彰件数：おおむね5件以内とする。賞記および盾をもって表彰。
4. 応募要領：(1) 自薦または個人もしくは団体による推薦。
(2) 申請書などの応募書類を原則メールで提出。
(3) 応募締切：2010年10月29日(金)17時 必着(郵送の場合、10月29日の消印有効)。

第4回 GSC Student Travel Grant Awards(STGA) 候補者募集のお知らせ

GSC ネットワーク(GSCN)では、国内の大学院生を対象にした GSC Student Travel Grant Awards (GSC STGA)により GSC 国際会議への派遣の支援を行っております。

第5回国際会議(GSC-5)は2011年6月21～23日に米国・ワシントンDCで予定されており、第4回 GSC STGAの候補者を募集していますので、奮ってご応募下さい。

1. 応募資格：国内大学の現役大学院生で、2011年7月時点でも大学院生であって第5回 GSC 国際会議で発表する意思を有し、担当教官から推薦を受けたもの。
2. 受賞者の人数：5名以内。
3. 表彰の内容等：第11回 GSC シンポジウムで表彰し、副賞として10万円を授与する。
4. 応募の締切り：2010年12月3日(金)(消印有効)。

・詳細は、GSCN の HP (<http://www.gscn.net> の表彰のページ) を参照ください。

・問合せ・書類送付先：[101-0051] 東京都千代田区神田神保町 1-3-5 富山房ビル 2F

(財)化学技術戦略推進機構内 GSC ネットワーク事務局

TEL 03-5282-7866 E-mail: gscn@jcii.or.jp

グリーン・サステナブルケミストリー ネットワーク (GSCN)



(社)化学工学会 (社)高分子学会 触媒学会 (社)石油学会 (社)電気化学会 (社)日本化学会 (社)日本分析化学会
(社)化学情報協会 (社)近畿化学協会 ケイ素化学協会 (社)高分子学会高分子同友会 (社)新化学発展協会 (社)日本ゴム協会
(独)産業技術総合研究所 (独)製品評価技術基盤機構 塩ビ工業・環境協会 石油化学工業協会 (社)日本化学工業協会
(社)日本塗料工業会 (社)プラスチック処理促進協会 (一財)化学物質評価研究機構 (財)野口研究所
(財)バイオインダストリー協会 (財)油脂工業会館 合成樹脂工業協会 (財)地球環境産業技術研究機構 (社)日本電子回路工業会
(財)化学技術戦略推進機構

事務局 101-0051 東京都千代田区神田神保町 1-3-5

Tel 03-5282-7866 Fax 03-5282-0250

URL <http://www.gscn.net/>