リサイクル

久保田 和久*

環境保全への関心の高まりからリサイクルに対する期待も高まっている。そこで、多くの研究がなされている。リサイクルは大別するとマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルおよびサーマルリサイクルになり、これらについては材料やリサイクル技術について長年研究がなされ、多くの報告がプラスチック成形加工学会誌などに発表されている。工学院大学の佐藤は廃棄プラスチックのリサイクル技術と将来展望についてまとめて報告している¹⁾。図1は廃棄プラスチックのリサイクルマップとしてマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルとの関係について示したものである。リサイクルとしてはマテリアルリサイクルが理想であり、しかも元の製品へ戻るホリゾンタルリサイクルが望ましいが、再生品の物性や安全性など難しい問題が多い。

最近ではリサイクルだけでなく、リダクション、リユースなどの研究も盛んになっている。また、材料についてリサイクルし易い材料の開発や生分解性材料など新しい材料

が開発されている。さらに、使用する材料の環境への影響を考慮して材料を選択するなど環境保全につながる技術が検討されている。

このように、リサイクルは再生品の処理方法や加工法だけでなく、その範囲が広がりを見せており、それに伴って研究の分野も広がっている。今回の研究総覧では多少話が雑駁になると思うが幅広い範囲の報告について述べたいと思う。

まず初めに成形加工学会の年次大会から見てみることにする。昨年度の年次大会では「省エネ・リサイクル・グリーンプラ」としてリサイクルのセッションが置けられた。今回は特に生分解性材料についての発表が多かった。その中で京市工試の北川らは、竹/生分解性プラスチック複合材料の開発について報告している²⁾。実験では母材にポリブチレンサクシネートを用い、竹繊維を補強材として2軸押出機を用いてシートを作製して、その物性を評価している。また、この材料の土壌での分解性についても実験を行っている。図2は土壌埋設後の重量変化を示したものである。竹繊維を含有した試験片は樹脂単体に比べて重量が早く減少する傾向を示している。また、このような天然物利用による生分解性樹脂のコンポジット化による改質特性については倉敷芸術科学大学の山田らが学会誌の9月号に報告している³⁾。この研究では、天然物には繊維系ジーンズを解繊した綿廃繊維、再生紙およびジュート（黄麻）を使用し、粒状系天然物としてトウモロコシ澱粉と馬鈴薯澱粉を使用している。また、生分解性樹脂としてポリカプロラクタン（PCL）およびポリブチルサクシネート（PBS）を用いて

図1 廃プラのリサイクルマップ¹⁾

表1 天然繊維⁵⁾

天然繊維	植物繊維	種子に発生した繊維	綿花、カボック
		韌皮繊維	フラックス、ラミー、大麻、黄麻
		茎または葉のすじ繊維	マニラ麻、サイザル麻
		幹の周囲に発生した繊維	しゅろ繊維
		果実殻の繊維	ここやし繊維
	動物繊維	吐き出した粘液が固まってできた繊維	生糸、野蚕糸
		皮膚に発生した繊維	羊毛、カシミア毛、羽毛
	鉱物繊維	岩石を砕いた繊維	石棉

* Kubota, Kazuhisa
工学院大学 機械科
東京都新宿区西新宿 1-24-2 (〒163-8677)
2003. 5. 22 受理

図2 土壌埋没後の重量変化²⁾

Fig.3 Variation of bending strength of various natural product composites with filler concentration : PCL : $\sigma_{B0} = 13.0 \text{ MPa}$, PBS : $\sigma_{B0} = 26.2 \text{ MPa}$ ³⁾

いる。実験では材料強度試験と熱分解試験を用いてこの材料の評価をしている。図3は各種複合材料の曲げ応力と充填物濃度との関係を示している。次に、京都工芸繊維大学の香取および木村が絹/PBS生分解性複合材料の射出成形と成形品特性について報告している⁴⁾。論文では天然材料として太さ24デニールの精練前の絹を用いている。また、マトリックス材料としてはポリブチルサクシネート(PBS)を使用している。試験片の作製では、まず絹繊維を成形機に安定して投入するために、圧縮成形を用いて絹繊維とマトリックスを混合して投入用のフレークを製作した後に、インライン式射出成形で成形した。

さらに成形試験片については引張試験、曲げ試験および衝撃試験を行って評価している。図4は引張試験により得られた荷重・変位線図である。繊維の充填率の増加に対して強度が増加しているが、伸びは逆に低下するのが分かる。また、図5はアイゾット衝撃値と繊維充填量との関係を示

Fig.4 Load-displacement curves of Silk/PBS composites for tensile test⁴⁾

Fig.5 Relationship between Izod impact value a_{kl} and volume fraction of fiber⁴⁾

図6 LCAの概念⁶⁾

している。繊維を充填することにより衝撃値は大幅に増加することが分かる。さらに、天然繊維強化複合材料について京都工芸繊維大学の木村がまとめて報告している⁵⁾。表1は天然素材についてまとめたものである。天然繊維は植物繊維、動物繊維および鉱物繊維に大別され、生糸や羊毛などのタンパク質系繊維も有力な強化繊維候補である。

続いて、学会誌の11月号で環境・リサイクル専門委員

図7 LCAの範囲・概念⁶⁾

図8 家電リサイクル法対象の4家電における樹脂の構成比率 (1997年製品ベース)⁷⁾

図9 写真感光材料のプラスチックリサイクル⁸⁾

会の特集を行ったので紹介する。まず、いすゞの河西はLCAと成形加工について報告している⁶⁾。LCAとはライフサイクルアセスメントのことで、この手法で製品や工程を評価することが注目されている。図6および図7はLCAの概念および範囲を表したもので、環境に関するあらゆる因子を考えてリサイクルについて評価することが分かる。次に、三洋電機の前田は、使用済み家電樹脂のリサイクル技術について報告している⁷⁾。ご存知のように家電リサイクル法が施行され家電のリサイクルが義務づけられた。図8は家電のリサイクル法対象の4家電における樹脂の構成比率を示した図である。PPとPSの割合が大きいのがわかる。また、家電に使用される樹脂のマテリアルリサイクルのモデル実験として、回収・選別、分離技術、再成形、成形品の物性、サンドイッチ成形、高圧炭素ガスによる可視化成形、他の成形加工法によるリサイクル技術の項に分

けて解説している。続いて、富士写真フィルムの鈴木は写真感光材料におけるプラスチックリサイクルについて報告している⁸⁾。図9は感光材料のリサイクルの流れについて示したものである。報告では「写ルンです」の循環生産システムについても解説している。また、スターライト工業の下間はプラスチックリサイクルのコストの構造と課題について報告している⁹⁾。報告ではリサイクルのコストに関する式を提案して経済合理性について検討を行なっている。リサイクルのコストについては山形県庁総合政策室の小野らが日本におけるペットボトルリサイクルの経済学的検証として学会誌に投稿している¹⁰⁾。報告では、リサイクル数量予測モデル、リサイクルコスト予測および損益分岐モデル、リサイクル技術の分類、開発の経済的効果試算の検証モデルを用いて検討を行っている。リサイクルについてはコストは避けられない問題の一つで、現状では値段がバージ

ン材よりリサイクル材の方が高くなることが多い。

研究総覧としてはまとまりのない話になった感じがするが、それだけリサイクルについては広い分野で材料、加工法およびコストなどの報告がされているからである。今後多様な研究がなされていくと思う。

参 考 文 献

- 1) 佐藤貞雄：材料試験技術，**47** (3)，13 (2002)
- 2) 北川和男他：成形加工 '02，219 (2002)

- 3) 山田正道他：成形加工，**14** (9)，586 (2002)
- 4) 香取重尊他：成形加工，**14** (9)，592 (2002)
- 5) 木村照夫：材料，**50** (10)，1158 (2001)
- 6) 河西純一：成形加工，**14** (11)，707 (2002)
- 7) 前田丈志：成形加工，**14** (11)，711 (2002)
- 8) 鈴木文行：成形加工，**14** (11)，717 (2002)
- 9) 下間 昌：成形加工，**14** (11)，721 (2002)
- 10) 小野浩幸他：成形加工，**14** (9)，580 (2002)

■ 文 献 抄 録 ②

Polymer

・ Vol.43 (2002), No.8

Thongruang, W., Spontak, R. J. and Balik, C. M. : Correlated electrical conductivity and mechanical property analysis of high-density polyethylene filled with graphite and carbon fiber (p.2279)

Huang, J. and Zhang, L. : Effects of NCO/OH molar ratio on structure and properties of graft-interpenetrating polymer networks from polyurethane and nitrolignin (p.2287)

Prodpran, T., Shenogin, S., and Nazarenko, S. : Gas transport behavior of semicrystalline syndiotactic polystyrene containing alpha and beta crystalline forms (p.2295)

Young, S. K., Jarrett, W. L. and Mauritz, K. A. : Nafion registered trademark/ORMOSIL nanocomposites via polymer-in situ sol-gel reactions.1.Probe of ORMOSIL phase nanostructures by 29 SSi solid-state NMR spectroscopy (p.2311)

Rutnakornpituk, M., Thompson, M. S., Harris, L. A., Farmer, K. E., Esker, A. R., Connolly, J., St Pierre, T.G. and Riffle, J. S. : Formation of cobalt nanoparticle dispersions in the presence of polysiloxane block copolymers (p.2337)

Zhang, H., Yu, Z., Wan, X., Zhou, Q.-F. and Woo, E. M. : Effects of molecular weight on liquid-crystalline behavior of a mesogen-jacketed liquid crystal polymer synthesized by atom transfer radical polymerization (p.2357)

Adam, M., Royer, J. R., Gay, Y. J., DeSimone, J. M. and Khan, S. A. : Polymer melt rheology with high-pressure CO₂ using a novel magnetically levitated sphere rheometer (p.2375)

Inberg, J. P. F. and Gaymans, R. J. : Co-continuous polycarbonate/ABS blends (p.2425)

Dooling, P. J., Buckley, C. P., Rostami, S., and Zahlan, N. : Hot-drawing of poly (methyl methacrylate) and simulation using a glass-Rubber constitutive model (p.2451)

Lee, S.-R., Park, H.-M., Lim, H., Kang, T., Li, X. Cho, W.-J. and Ha, C.-S. : Microstructure, tensile properties, and biodegradability of aliphatic polyester/clay nanocomposites (p.2495)

Kasapoglu, F., Onen, A., Bicak, N. and Yagci, Y. : Photoinitiated cationic polymerization using a novel phenacyl anilinium salt (p.2575)

Gorce, J.-P. and Spells, S. J. : Infra-red spectrum of the tight (110) fold in n-C₁₉₈H₃₉₈ (p.2581)

Kim, H. and Jae, W. L. : Effect of ultrasonic wave on the degradation of polypropylene melt and morphology of its blend with polystyrene (p.2585)