

# 繊維の循環的利用について

佐々木 博 昭

## 1 はじめに

平成14年度版、環境省編の循環型社会白書によれば、「繊維製品については、一般廃棄物、産業廃棄物合わせて171万2,000tが排出され、そのうち18万4,000tが回収され、うち13万8,000tが反毛（古着等をほぐして綿状にしたもの）やウエス（工場用油拭き雑巾）へリサイクルされたり、古着として輸出されています」と述べられている<sup>1)</sup>。繊維の回収・処理フロー（平成5年度）が示され、①古着として再利用（46千t）、②反毛原料として再利用（37千t）、③ウエス原料として再利用（55千t）、④産業廃棄物（繊維くず等）の再利用（24千t）の合計162千tを総排出量1,712千tで除して、再商品化率を9.5%としている。この数字の低さは繊維製品特性によるもので、「繊維製品の素材は多数存在し<sup>注1)</sup>、それが複合的に使用された複合繊維は単一材料への分別が困難であり、リサイクルを困難にしています。また生産・流通構造が複雑であること、製品が多様で高いファッション性を有すること及び再生用途先が限られていることもリサイクルを困難にしています。」と言及されている。

循環型社会形成推進基本法の循環型社会における施策の優先順位では、第1に発生抑制（Reduce）、第2に再使用（Reuse）、第3に再生利用（Recycle）、第4に熱回収、最後に適性処分となっている。この3Rの考え方が一般的に受け入れられている。レデュースの前に、使用しないという意味のリフューズをおく4Rという用語も良く用いられているとされる<sup>2)</sup>。最近インターネットで検索すると5Rという用語も多くみられる。5番目のRについて、いくつかの単語が当てられているが、修繕、修理するというRepairをあげている例が多かった<sup>3)</sup>。Repairの他にReform、あるいはRefineを用いている場合<sup>4)</sup>やReconvert to Energyといった表現もみられた<sup>5)</sup>。また、中村は3RにL（long life）を加えて、3R1Lを提案している<sup>6)</sup>。

繊維製品は上述したような理由の他に、生産・流通機構が複雑であり、再生用途が限られていることも指摘さ

れ、リサイクルの技術の開発だけでなく、繊維の生産、繊維製品製造段階までさかのぼった対策も要求されている<sup>7)</sup>。もし川に例えた繊維製品の製造段階を含めた川上までさかのぼるとすれば<sup>注2)</sup>、日本化学繊維協会における取組をみておくべきと考えられる。ホームページには、「繊維製品リサイクルへの対応」で、日本化学繊維協会・合繊リサイクル専門委員会構成各社は、循環型社会構築への貢献を目指した活動に積極的に取り組んでいることを表明している<sup>8)</sup>。

このように、平成13年9月、経済産業省の「繊維製品リサイクル懇談会報告書」が、表題についての最初の総合的検討とするならば、ほぼ10年経過した現時点の状況と比較する意義はある。RepairやReformについては、裂織布の考察<sup>9)</sup>で多少取り上げたが、本稿では、まず各種報告書について概観し、具体的な技術的知見に言及する。

## 2 各種報告書からみた動向

前述した「繊維製品リサイクル懇談会」報告書<sup>10)</sup>の今後の進め方には、短期的な取組と中長期的取組に分けられ、前者として、繊維くずの減量化、実需対応型の生産・販売の推進、中古衣料品事業者の水平連携の推進、故繊維<sup>注3)</sup>事業者との垂直連携の推進、回収繊維製品の再生用途の拡大、再生利用が容易な製品設計の推進等3Rについてまとめられている。また、後者では、繊維製品の回収・再商品化に係る様々な役割を、消費者を含めた繊維の関係主体が全体で担っていくようなシステムが必要と述べられている。さらに、「繊維製品リサイクル推進会議」（仮称）の設置も提案された。

平成16年9月には、経済産業省産業構造審議会、廃棄物・リサイクル小委員会から、「品目別廃棄物処理・リサイクルガイドライン進捗状況及び今後講じる予定の措置（案）」が提出された<sup>11)</sup>。今後講じる予定の措置における回収リサイクルシステムの構築として、

・日本古着小売業協同組合にて、古着小売業者並びに故繊維事業者に広く意見を求め、今までにない新たなアプローチで国内中古品市場の活性化を図るための問題点解決を模索する事業を予定している。

・繊維製品のリサイクルの有効な手段のひとつであるウエスについて、現在の利用実態の調査を行うのとともに、需要拡大方策の検討を行う。

があげられ、その他として、『繊維製品3R推進会議』において、各団体より発表されたアクションプランのフォローアップを行い、進捗状況の把握及び公表に努める。」とされた。

経済産業省平成16年度環境問題対策調査等委託事業として、平成17年3月、日本繊維屑輸出組合は、「ウエスの利用実態調査と需要開発のためのモデル事業報告書」を提出した<sup>12)</sup>。まとめの1項目として、工業・非工業ユース両面での需要開拓によりウエスは環境貢献型の新産業として蘇生するとし、今後の事業展開の方向性として、①ホームセンター・通販ルートを活用した新需要の開拓、②ウエス原料を転用した他用途開発で、故繊維不織布や農業用資材などの大量需要開発を考えている。

最近の報告書として、平成22年2月に出された、中小企業基盤整備機構の「繊維製品リサイクル調査報告書」および「繊維製品3R関連調査事業」報告書がある<sup>13)</sup>、<sup>14)</sup>。さらに、(社)環境生活文化機構の「繊維リサイクルシステム普及・改善のための調査研究とシンポジウム開催」報告書がある<sup>15)</sup>。いずれも、関連する法律を踏まえ、各種団体の動向や海外での事例研究を加え充実した内容となっている。平成23年6月には、経済産業省製造産業局繊維課が「繊維製品3Rシステム検討会」報告書を出し、3R推進のための基本方針および具体的な支援策案を述べている。

### 3 リサイクル技術

2で取り上げた各種報告書で注目すべきリサイクル技術について、繊維製品が有する特異性を考慮して、筆者の観点で再整理すると

①PETボトルで原料まで戻す“ボトルtoボトル”のケミカルリサイクルが実用化された

②セルロース系バイオマスの技術が導入された

③コークス炉に廃プラスチックを投入することで種類を問わずリサイクル可能になった

④サーマルリサイクルに対する認識

と考えることができる。

これらの意義について簡単に触れるならば、生産高から見た場合、PETボトルと同じ材料であるポリエステルおよび綿が多い<sup>注4)</sup>という事実である。ナイロンのケミカルリサイクルを含めて、①と②が大きく貢献するからである。ポリエステルの場合、原料であるテレフタル酸とエチレングリコールまで、ナイロン6の場合、カプロラクタムまで戻るケミカルリサイクル技術の確立<sup>16)</sup>

は極めて大きな要因である。さらに③は繊維製品が抱える大きな問題である複合的使用の克服に対応するからである。④のサーマルリサイクルがあるが、「リサイクルとしては順位が低く、リサイクルとはみなさない傾向があったとされる<sup>17)</sup>。サーマルリサイクルは、リサイクルにおける最終手段であり、最後まで有効利用するためには必要な技術である」とされる<sup>18)</sup>。

ここでは、それぞれに関する文献をいくつか紹介することにする。堀内や大橋はポリエステルやナイロンについて報告し、ユニフォームなどの単一素材に近いケースでの進展が見られる<sup>19)</sup>、<sup>20)</sup>。

また、通産省では、将来のエネルギー源として再生可能なバイオマス資源の有効利用技術の開発をめざして、セルロース系バイオマスからの燃料用エタノールの製造技術<sup>21)</sup>の開発研究を1983年から推進したとされる<sup>22)</sup>。綿はセルロース材料であり、地球上で最も多量に生産される有機高分子物質とされ<sup>23)</sup>、セルロースが研究対象になったことは重要である。また、セルロースは様々な可能性を秘めているので注視する必要がある<sup>24)</sup>。

さらに、コークス炉原料化<sup>注5)</sup>は複合的に使用される繊維製品に対して極めて有効である。正木は、廃プラスチックのケミカルリサイクル技術の一つとして「高炉還元剤としての廃プラスチックの利用」をあげ、「廃プラスチックを顆粒またはフラフ状にしたものを高炉の下部より吹き込み、高炉の鉄鉱石還元剤のコークス、微粉炭の代替として使用する方法である。既にドイツではブレーメン社等において実績を上げており、日本においても鉄鋼メーカーが実験を開始している。」と述べている<sup>25)</sup>。加藤らは、一般廃プラスチックを石炭とともにコークス炉で乾溜することにより、廃プラスチックは油分(タール、軽油)約40%、コークス約20%、コークス炉ガス約40%等の化学原料に転換され、廃プラスチックのほぼ全量が有効利用されることを確認している<sup>26)</sup>。

### 4 おわりに

筆者の不注意による時間の制約から、序論的な内容に止まざるを得なかった。しかし、10年前は繊維の循環的利用に関し悲観的な気分であったが、注釈も誤解の無いようにできるだけ長く引用し、本稿をまとめてみて、確実に進展が見られた。研究開発は絶えず進展しているので、種々の試み<sup>27)</sup>を含めて、改めて取り組むつもりである。

注1) 天然繊維および化学繊維に大別され、天然繊維には植物繊維（綿、麻等）と動物繊維（羊毛、絹、カシミア、モヘア等）があり、後者には再生繊維（レーヨン、キュプラ、リヨセル等）、半合成繊維（アセテート）、合成繊維（ナイロン、ポリエステル、アクリル系、ビニロン、ポリウレタン系等）がある<sup>28)</sup>。

注2) 「日本の繊維産業では、糸・生地・製品などの供給企業の位置づけを川の流りに例えて、「川上・川中・川下」と呼ぶことがある。その解釈は、繊維素材産業とアパレル産業・小売業者では異なっているとされ、後者の場合、川上（糸・生地）（染色整理含む）は、アパレル素材産業（繊維素材産業とテキスタイル産業）であり、アパレルを川中、小売販売を川下」としている<sup>29)</sup>。

注3) 「故繊維とは、家庭や事業者から発生する“ボロ”（衣料品、シーツ、カーテンなどの古布）と、産業系の“くず繊維（縫製や紡績工程で発生する布の裁断くず、糸くずなど）の総称である。ボロの用途としては、かつてはウエス（工業用雑巾）が主体であったが、現在では古着としての用途が $\frac{1}{2}$ 以上を占めている。古着は種類別にこん包して、主として東南アジア、南アジア方面に輸出されている。ウエスや古着として利用できないものは、反毛（はんもう）に加工し、フェルト、クッションの中綿などに利用される。今後は、再生利用用途の開発やリサイクル技術の開発だけでなく、使い捨ての抑制、易リサイクル製品の開発、生産・流通の効率化による返品や不良在庫の削減など、川上にさかのぼった対策が課題である」とされる<sup>30)</sup>。

注4) 1995年の紡績糸の生産量をみると、綿糸と合繊糸はほぼ同じで、他のレーヨン・アセテート、毛糸はその $\frac{1}{3}$ である<sup>31)</sup>。

注5) 「1995年容器包装リサイクル法が制定され、プラスチックの容器包装については、ペットボトルの分別収集・リサイクルが1997年4月から実施され、2000年4月からペットボトル以外のプラスチック製容器包装の分別収集・リサイクルが実施された。ペットボトル以外のプラスチック容器包装として家庭ごみから分別収集される廃プラスチックは、多種類のプラスチックが混ざり、かつ食品などによる汚れ、また異物が混入することなどが予想され、材料リサイクルはしにくいと考えられるため、この一般系廃プラスチックを対象として、大量に再資源化する技術開発が行われた。その結果、熱分解油化、高炉還元剤としての利用、ガス化による化学工業原料としての利用、コークス炉原料としての利用などの技術が開発された。コークス炉原料として利用する技術は、新日本製鉄(株)により開発さ

れた技術である。（中略）新日本製鉄(株)全体では2002年度で約12万t/年の規模を有している。このプロセスでは、まず分別収集されたプラスチックを受け入れ、破袋後手選別により異物を除き、粗破碎する。その後、機械選別により異物を除去および塩化ビニル樹脂を除去したのち、二次破碎し減容装置にて減容粒状化物とする。この減容粒状化物を石炭の代替物として、コークス炉に装入する。コークス炉に装入された減容粒状化物は、炭化室において無酸素状態で両側の燃焼室から間接加熱（最高1200℃）され、プラスチックは燃焼することなく熱分解し、タール、軽油、コークス炉ガスとして回収され、炉内で乾留されたものはコークスとして利用される。プラスチックの分解により発生するCO、H<sub>2</sub>の化学作用で鉄鉱石を還元するので、ケミカルリサイクルの一種である<sup>25)</sup>。このコークス炉において使用される石炭の年間使用量は、5200万tであり、当面、1～2%の廃プラスチックを混合使用するとして50～100万tという大きなポテンシャルを有する」とされる<sup>32)、33)</sup>。

#### 参考文献

- 1) 環境省編、循環型社会白書 平成14年版、ぎょうせい、p59 (2002)
- 2) 小島紀徳他編、「ごみの百科事典」、丸善、p444 (2004)
- 3) <http://www.city.ninohe.iwate.jp/kurasi/gomi5rd.html>  
<http://shouhiseikatsu.com>  
<http://www.city.koto.lg.jp/seikatsu/kankyo/3Rsuisin/14139.html>  
<http://allabout.co.jp/gm/gc/28230/>  
<http://www.ecoljin-bank.com/5r/>  
[http://setsuyaku.maiougi.com/eco/eco\\_380.html](http://setsuyaku.maiougi.com/eco/eco_380.html)  
[www2.city.miki.lg.jp/miki.nsf/image.../gennkou-8gomiwoherasou.pdf](http://www2.city.miki.lg.jp/miki.nsf/image.../gennkou-8gomiwoherasou.pdf)
- 4) <http://www.lets-recycle.net/5r.html>  
<http://www.brother.co.jp/jp/manabura/ecokids/e0100.html>
- 5) <http://www.page.sannet.ne.jp/ecolife/eco/eco-3-1.htm>
- 6) 中村邦雄、繊維製品と地球環境、繊維製品消費科学会誌、Vol.43、781 (2002)
- 7) 文献2)、p417
- 8) <http://www.jcfa.gr.jp/about/environment/recycle.html>
- 9) 佐々木博昭、裂織布の特性II、新潟県生活文化研究会誌、No.16、pp18-20 (2010)
- 10) [www3.keizaireport.com/report.php/RID/96761/](http://www3.keizaireport.com/report.php/RID/96761/)
- 11) [www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin\\_info/.../a/.../hairi14\\_03-4.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/.../a/.../hairi14_03-4.pdf)
- 12) [www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/.../modell6-6\\_0.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/.../modell6-6_0.pdf)
- 13) <http://www.smrgr.go.jp/keiei/seni/info/pub/053058.html>

- 14) <http://www.smrj.go.jp/keiei/seni/info/pub/053267.html>
- 15) <http://www5.ocn.ne.jp/~elco/introduction/files/report110419.pdf>
- 16) R.B. シーモア、C.E. キャラハー、西敏夫訳、「巨大分子」、マグロウヒル、pp142-146 (1991)
- 17) 鈴鹿輝男、「廃棄物リサイクル」、アイピーシー、p145 (2002)
- 18) 真下美紀、八田誠治、繊維廃材の固形燃料化、繊維機械学会誌、Vol.60、665 (2007)
- 19) 堀内祐志、ポリエステル原料リサイクル、繊維と工業、Vol.59、P-207 (2003)
- 20) 大橋康二、「エコドリーム計画」と繊維リサイクル、繊維機械学会誌、Vol.60、657 (2007)
- 21) 安戸 饒、セルロース系バイオマスからのアルコール生産、木材学会誌、Vol.35、1067 (1989)
- 22) セルロース学会編、「セルロースの事典」、朝倉書店、p407 (2008)
- 23) 同上、p 1
- 24) 磯貝明編、「セルロースの科学」、朝倉書店、pp139-170 (2003)
- 25) 正木剛太郎、廃プラスチックの資源リサイクルについて、資源と素材、Vol.113、1005 (1997)
- 26) 加藤健次、野村誠治、福田耕一、植松宏志、近藤博俊、コークス炉を利用した廃プラスチック化学原料化技術、新日鉄技報、第384号、69 (2006)
- 27) 例えば、山本直文、マットフォーマⅡと繊維リサイクル、繊維機械学会誌、Vol.60、669 (2007)、岡内成夫、山本直文、繊維リサイクルと未使用天然繊維、繊維機械学会誌、Vol.61、204 (2008)
- 28) 例えば、中島利誠編著、「概説 被服材料学」、光生館、p 3 (2001)
- 29) 風間健、三石幸夫、小山田道弥、高見俊一、ファッションビジネス論、衣料管理協会、p42 (2003)
- 30) 文献2) 「ごみの百科事典」、pp416-417
- 31) 呑海信雄、佐々木博昭、鹿田純雄、最近の日本繊維産業の状況と課題、県立新潟女子短期大学研究紀要、No.36、pp23-36 (1999)
- 32) <http://www-cycle.nies.go.jp/precycle/koukus/about.html>
- 33) 文献2) 「ごみの百科事典」、pp411-412