

紙おむつリサイクルの拡大に向けた取り組み

土田大輔¹・松村洋史²・山田陽三³・嘉副人文⁴

¹公益財団法人 福岡県リサイクル総合研究事業化センター（〒808-0135 北九州市若松区ひびきの2-1
産学連携センタービル4階）

E-mail: tuchida@recycle-ken.or.jp

²公益財団法人福岡県リサイクル総合研究事業化センター（〒808-0135 北九州市若松区ひびきの2-1
産学連携センタービル4階）

E-mail: matsumura@recycle-ken.or.jp

³トータルケア・システム株式会社（〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3-9-26）

E-mail: loveforest4@totalcare-system.co.jp

⁴トータルケア・システム株式会社（〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3-9-26）

E-mail: kazoe@totalcare-system.co.jp

家庭および事業所から排出される紙おむつに対応できる紙おむつリサイクルシステムを確立することを目的として三つの課題に取り組んだ。第一に、一般家庭、医療施設および福祉施設を対象として、年齢別および介護度別の紙おむつ使用実態を調査することで、紙おむつ排出量の推計方法を確立した。第二に、リサイクルコストを下げるため、リサイクルプラントの工程改善の実証実験を行った結果、処理能力を30%向上させることができると判断された。第三に、再生パルプの新たな用途開発を行い、外壁材の一原材料であるバージンパルプの代替原料として採用された。これらの成果を踏まえ、福岡県大牟田市では2011年10月から家庭から出される紙おむつのリサイクルが開始された。

Key Words : disposable diapers, pulp, material recycling system

1. はじめに

(1) 高齢社会と紙おむつ

近年、急激に使用量が伸びている紙おむつをリサイクルすることは、高齢社会へ向かっている日本にとって大きな課題である。厚生労働省によると、日本の総人口は長期の減少傾向に入っており、2025年には1億2066万人に減少するが、65才以上の高齢者人口は3657万人に達し、高齢化率は30%を超えると予想されている¹⁾。その後も総人口が減少するなかで高齢者人口は増加し、2042年に3878万人でピークを迎えると推計されている。また、介護保険制度における要介護認定者数も、年々増加傾向にあり、2000年度末の256万人から、2011年度末には530万人に達している²⁾。

高齢化が進行する中、紙おむつの生産量は増え続けている。紙おむつの生産量は、2002年の37万トン/年から2012年には63万トン/年に増えており³⁾、特に大人用紙おむつの生産量は同期間で2倍に増加した。

(2) 紙おむつとごみ処理

紙おむつは、パルプ、プラスチック類、高吸水性樹脂の複合素材からなり、紙おむつの種類やメーカーにより異なるが、およその重量割合は、パルプが70%、プラス

チック類が20%、高吸水性樹脂が10%である。

紙おむつ重量を使用前後で比較すると、大人用では50gから210g、乳幼児用では35gから130gと、し尿が加わることで約4倍に増加する。したがって、紙おむつの生産量63万トン/年から推定すると、使用済み紙おむつの排出量は約250万トン/年になると見込まれる。環境省によると2011年度の一般廃棄物の焼却量は3400万トン/年⁴⁾であるため、焼却ごみ全体の約7%を使用済み紙おむつが占めることになる。今後、人口減少、ごみ分別、リサイクル等が進むことで、ごみの総量は減少すると考えられるが、ごみ全体に占める使用済み紙おむつの割合は増加していくと予想される。

(3) 使用済み紙おむつリサイクルの意義

現在、使用済み紙おむつの大部分は焼却処理されているが、福岡県大牟田市には、使用済み紙おむつに含まれるパルプをマテリアルリサイクルする施設が日本で唯一稼働している。トータルケア・システム（株）の紙おむつリサイクルプラント「ラブフォレスト大牟田」（以下、リサイクルプラント）では、医療施設や介護施設から分別回収された使用済み紙おむつから、水溶化分離技術によって再生パルプを取り出し、全量を建築資材用の原料として販売している（図1）。

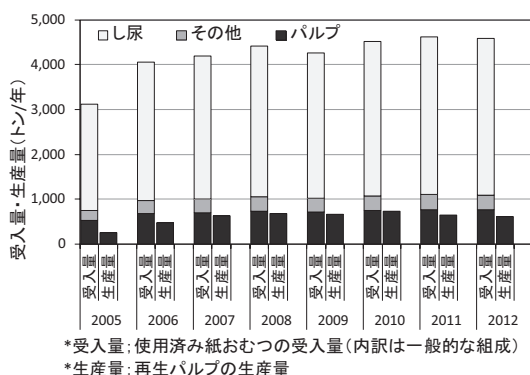


図1 リサイクルプラントにおける紙おむつ受入量および再生パルプ生産量

使用済み紙おむつは、その7～8割がし尿すなわち水分が占めており、焼却しにくい廃棄物の一つである。上に述べたように、一般焼却ごみ全体に占める使用済み紙おむつの割合が今後増えていくということは、ごみの質が次第に焼却には向かなくなっていくことを意味する。したがって、使用済み紙おむつの処理方法を焼却からリサイクルに転換していくことは、一般廃棄物の処理を担う自治体にとっても有益な検討課題であると考えられる。

加えて、紙おむつには北米の針葉樹から作られた上質なパルプが使われており、紙おむつ生産量から換算すると年間44万トンのパルプが消費されていることになる。紙おむつのマテリアルリサイクルにより、焼却の回避とともにパルプの再利用が可能になるため、CO₂発生量の削減にも貢献できる。藤山ら⁵⁾は、使用済み紙おむつのマテリアルリサイクルの効果をライフサイクルインベントリ分析によって評価し、現状の焼却処理およびバージンパルプの製造に比べ、マテリアルリサイクルした場合はCO₂発出量が37%削減されると報告している。

(4) 紙おむつリサイクル普及への課題

水溶化分離による紙おむつリサイクルは先駆的な事業であるが、事業所や家庭から排出される紙おむつに幅広く対応し、一連のシステム（分別回収、水溶化処理、再資源化）として普及していくためには課題も残されている。著者らを含む、福岡県リサイクル総合研究事業化センター、トータルケア・システム(株)、福岡県大木町、福岡県保健環境研究所で構成される研究グループは、2008年から共同研究を実施し課題の解決に取り組んできた。

事業所や家庭から排出される紙おむつに幅広く対応するためには、大きく三つの課題がある。第一の課題は、各自治体や地域における紙おむつ排出量を推計する方法を確立すること、第二は水溶化処理コストの低減、第三は再生パルプを安定供給できる市場の開拓である。

本稿では、これら三つの課題に対する取り組み内容と主な成果について説明する。

2. 紙おむつ排出量の推計方法の確立

(1) 排出量推計方法の考え方

紙おむつリサイクルを普及させるには、地域の排出実態に応じた事業計画の作成が重要であるが、排出実態は明らかになっていない。そこで、家庭や事業所から排出される使用済み紙おむつの量を推計する手法の確立を目指した。基本的な考え方として、各自治体の人口構成や介護の情報から、紙おむつの排出量を算出できるよう、推計方法は式(1)のとおりとした。

$$D = \sum_i (P_i \cdot U_i \cdot N_i \cdot W_i) \quad (1)$$

ここで、 D ；使用済み紙おむつ発生量（kg/日）、 i ；年齢または介護度の区分、 i には0～4才、要支援1，2，要介護1～5の計12区分を設定した。 P_i ；年齢別または介護度別の人口（人）、 U_i ；年齢別または介護度別の紙おむつ使用者数割合（人/人）、 N_i ；年齢別または介護度別の一人一日当たり紙おむつ使用枚数（枚/人/日）、 W_i ；年齢別または介護度別の使用済み紙おむつ一枚当たりの重量（kg/枚）である。

(2) 調査方法と取得データ

乳幼児用紙おむつ使用状況に関しては、福岡県大木町におけるアンケートやモデル回収により調査した。大人用紙おむつ使用状況に関しては、年齢よりも介護度との相関が高いと考えられたため、医療施設や介護施設を対象にアンケート調査を実施した。以下、各調査方法について説明する。

(a) 乳幼児用紙おむつ

P_i には各自治体が有する人口データのうち0～4才人口を用いた。 U_i 、 N_i については、大木町の全世帯を対象にアンケートを実施し、年齢別の平均値を算出した（配布対象4,256世帯、回収率76%）。 W_i については、大木町で紙おむつモデル回収実験を実施して、使用者年齢別の紙おむつ重量を実測し、年齢別の使用済み紙おむつ平均重量を算出した（ $n=6,254$ 枚）。

(b) 大人用紙おむつ

P_i には各自治体が有する介護度別の介護認定者数データを用いた。 U_i 、 N_i については、医療施設や介護施設を対象に、介護度別の紙おむつ使用者数割合、一人一日当たり使用枚数を調査し、介護度別の平均値を算出した（配布対象66施設、回収率79%）。 W_i については、リサイクルプラントに搬入される大人用紙おむつの重量を測定して平均値を得た（ $n=1,231$ 枚）。

表1 使用済み紙おむつ排出量推計値の比較(数値は2010年調査当時)

推計対象	式(1)による推計	紙おむつ生産量からの推定	福岡市による推定
合計	20,000 t/年	19,000 t/年	—
事業系	6,000 t/年	—	7,124 t/年
家庭系	14,000 t/年	—	—

(3) 排出量推計結果と検証

式(1)による排出量の推計例として、福岡市の公開データ(年齢別人口および介護認定者数)を P_i に用いて試算した結果、総排出量は約20,000トン/年と算出された。さらに、自治体内の施設数、定員数、病床数等を用いて、発生元を事業系と家庭系に按分すると家庭系14,000トン/年、事業系6,000トン/年と算出された。式(1)による試算結果を傍証するため、紙おむつ生産量⁶⁾から使用済み紙おむつの排出量を推定し人口比で按分した推定結果や、福岡市が別途推計した数値⁷⁾と比較した。比較結果は表1のとおりであり、それぞれ近い数値が得られた。したがって、今回確立した排出量推計方法は汎用性があると考えられた。

3. 紙おむつリサイクルプラントの処理能力向上

(1) 現状の工程と改善の方向性

第二の課題は、水溶化処理(リサイクル)コストの低減である。現在大部分の自治体では、使用済み紙おむつは焼却処理されている。焼却手数料は処理原価とは異なるが、公表されている主要都市における焼却手数料をみると概ね1kg当たり30円台以下となっている⁸⁾。したがって、事業所や家庭から排出される紙おむつに幅広く対応するためには、水溶化処理コストを各地域の焼却手数料を目安に低減していく必要がある。

水溶化処理コスト低減の方法として、プラントの処理能力を向上させ、単位時間当たりの処理量を向上させることを目指した。これはリサイクルプラントの売上の大半が紙おむつ処理による収入であることから、プラントの設備を大きく付け加えることなく、単位時間の紙おむつ処理量を増やすことがコスト低減を図るために効果的であると判断したからである。

(2) 処理工程の改善

リサイクルプラントにおける処理工程を図2に示す。受け入れた紙おむつは、分離槽において水中で破袋され、廃プラスチック、パルプ、高吸水性樹脂および尿の混合溶液となる。水面に浮いた廃プラスチックは取り除かれ、沈んだパルプと高吸水性樹脂が分離スクリーンへと送られる。分離スクリーンを通過したパルプは、洗浄さ

れて再生パルプとなる。高吸水性樹脂および一部のパルプは、分離スクリーンを通過できず混合状態の廃パルプとなる。

共同研究では、まず処理工程の現状分析を行い、処理時間短縮の制限要因となっている工程が、分離槽および分離スクリーンであることを把握した。次に、プラントの処理能力を35%向上することを目標に、以下の改善策についてプラントでの実証実験を行った。

a) 分離槽処理時間の短縮

分離槽への投入前に、袋に入った紙おむつを裁断することで投入物の形状を小さくして、分離槽における破砕物の排出時間や薬液反応時間などの処理時間を短縮する。

b) 分離スクリーン処理時間の短縮

分離スクリーンに送られてきた水溶液には、多量の高吸水性樹脂が含まれているため、スクリーンの目詰まりが起こり、その洗浄や除去に時間をとられていた。

そこで、分離スクリーンの前に遠心分離により高吸水性樹脂を除去する液体サイクロンを導入することにより、分離スクリーンの負荷を軽減し、分離スクリーンの洗浄時間を短縮する。

(3) 改善実証実験の結果

リサイクルプラントにおける実証実験の結果、1バッチの処理時間は、現状の55分から40分へ短縮された。これを1日(12時間)の処理量に換算すると20トン/日から26トン/日の増加に相当し、処理能力の35%向上という目標に対し、約30%向上できると見込まれた(表2)。また、サイクロンの導入による副次的な効果として、再生パルプ中の高吸水性樹脂の含有量を現状の16%から5%以下に低減できることが明らかになった。

さらに、他のコスト低減策として、廃材処理費の低減、水利用量の低減等があげられる。特に廃材処理している廃パルプと廃高吸水性樹脂に関して、水分の減量化および再資源化に取り組んでいる。

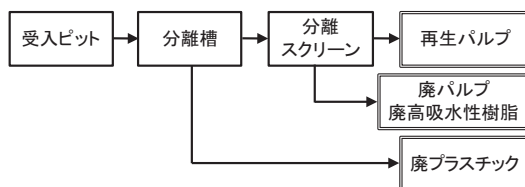


図2 リサイクルプラントにおける処理工程(主要設備のみ)

表2 工程改善実証実験の結果

項目	改善前	改善後(想定)
バッチ処理時間	55分/バッチ	40分/バッチ
1日当たりバッチ数	13バッチ/日	17バッチ/日
バッチ処理量	1.54トン/バッチ	1.54トン/バッチ
処理能力	20トン/日	26トン/日

4. 再生パルプの販路拡大

(1) 販路拡大に向けた市場調査

第三の課題は、再生パルプを安定供給できる市場の開拓である。現在の紙おむつリサイクル事業が優れている点は、上質な再生パルプを安価に供給できる点にある。共同研究開始当時から、再生パルプは建築資材の一つである内壁材（防火板）メーカーで、折れ防止のための補強繊維として使用されていた。

共同研究では、今後の紙おむつリサイクルの普及を見据え、より多くの再生パルプを安定的に供給可能な市場を開拓するため、新たな販路の候補として、製紙原料、紙おむつ原料、建築資材原料の三分野について可能性検討を行った。その結果を表3に示す。

検討の結果、建築資材用途に関しては、使用量は全国で約40万トン/年にのぼり、紙おむつに使用されているパルプ総量（2010年当時で推定約37万トン/年）以上の市場があること、建材メーカーは全国各地に点在しており、各地域での販路確保が可能であること、ある程度の高吸水性樹脂が残存していても使用可能であり、再生パルプの販路として適していることがわかった。

そこで、建築資材の中でも内壁材より需要量の多い外壁材の原料としての活用を目指した。外壁材の場合、風雨に曝され温度変化が激しいため、製品の耐久性や耐凍結性、耐衝撃性、強度などの要求品質を満足する必要がある、外壁材メーカーと協力して性能試験を実施した。

(2) 外壁材原料としての性能試験結果

外壁材メーカーにおける性能試験の一部を表4に示す。最も懸念された点は、高吸水性樹脂の吸水性能が残存していないかの確認であり、吸湿量や冷却による影響等を中心に、強度、硬度などの試験が行われた。試験の結果、

表3 再生パルプの市場調査結果(数値は2010年調査当時)

項目	製紙	紙おむつ	建築資材
パルプ使用量	1000万トン/年	37万トン/年	40万トン/年
使用先	多い	少ない（大手数社に集中）	多い（全国に点在）
高吸水性樹脂の影響	残存不可	不明	少量であれば影響なし

表4 外壁材の性能試験の結果

調査項目	再生パルプ使用品	バージンパルプ使用品
パルプ部分の内訳	再生パルプ25%+バージンパルプ75%	バージンパルプ100%
吸湿試験 ^a	44 kg/m ³	41 kg/m ³
冷却試験 ^b	亀裂なし	亀裂なし

a 湿度95%で吸収した水分量を測定

b -30℃に冷却し亀裂の有無を目視確認

高吸水性樹脂は吸水性能を失っており、再生パルプを用いた外壁材の品質は、バージンパルプを用いた現行品と同等であることが示された。

再生パルプが外壁材の原料として採用されたことは、販路拡大という課題に大きく貢献することになる。九州圏内での建築資材メーカーでのパルプ使用状況は、外壁材向け2,400トン/年、内壁材向け840トン/年であった（2010年のヒアリング調査）。これに対し、リサイクルプラントでの再生パルプ生産量は約600トン/年（2012年実績）であり、再生パルプの販売先としては相当な余地があるといえる。

5. おわりに

(1) 家庭系紙おむつへの展開

共同研究の成果の一つとして、2011年10月から、大木町において、家庭から出される紙おむつのリサイクルが全国で初めて本格実施された。大木町内の家庭から排出される紙おむつは、専用の回収袋で町内約60ヶ所に設置された拠点回収ボックスで回収されている。回収ボックスの設置には紙おむつメーカーが広告掲載という形で協力するなど、消費者、自治体、およびメーカーが一体となった取り組みとして注目されている。

大木町における紙おむつ回収状況を図3に示す。2012年には使用済み紙おむつ82トン/年が回収された。大木町（人口1万4千人）において家庭から排出される紙おむつは、上記の排出量推計方法である式(1)によって年間117トンと見込まれており、2012年の回収量は回収率70%に相当し、当初の目標を上回る成果をあげている。

さらに現在は、拠点回収ボックスまで紙おむつを持ち込めない高齢者の単身世帯を主な対象として、紙おむつや他の資源ごみを訪問回収することで、ごみ回収率の向上と高齢者世帯の安否確認を同時に実施する、高齢者にやさしい新たな施策の実現にも取り組んでいる。

(2) 事業系紙おむつリサイクルの実現可能性検討

現在は、大木町での事業実績などの成果を踏まえ、県内の一部自治体と協力して、より回収効率の高い事業系紙おむつリサイクルの実現可能性について検討している。自治体が抱えている課題はそれぞれ異なっており、特に

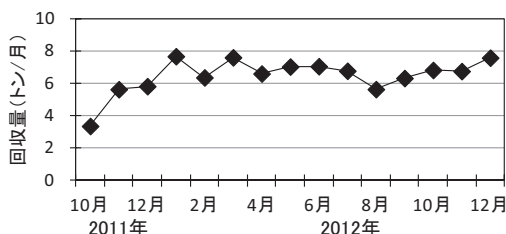


図3 大木町における紙おむつ回収量

人口規模の大きい都市圏における紙おむつ排出状況や回収方法の課題を探り、都市圏でも可能なリサイクルシステムの確立を目指していく。

謝辞：本研究は（公財）福岡県リサイクル総合研究事業化センター 共同研究プロジェクト「福岡発紙おむつリサイクルシステムの確立（2008～2010年度）」により実施された。共同研究に携わった関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 内閣府：平成 25 年版高齢社会白書，p.3，
<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/index-w.html>，2013.
- 2) 厚生労働省：平成 23 年度 介護保険事業状況報告（年報），
<http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyoyo/11/index.html>，2013.
- 3) 日本衛生材料工業連合会：日衛連 NEWS，No.77，2013.
- 4) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果，統計表一覧，平成 23 年度調査結果，
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h23/index.html，2013.
- 5) 藤山淳史，櫻井利彦，松本亨，長武志：使用済み紙おむつのマテリアルリサイクルのライフサイクルインベントリ分析，日本 LCA 学会誌，Vol.8，No.1，pp.37-44，2012.
- 6) 日本衛生材料工業連合会：日衛連 NEWS，No.71，2011.
- 7) 福岡市：事業系一般廃棄物の資源化検討調査委託報告書（紙おむつ），p.6，
<http://www.city.fukuoka.lg.jp/kankyo/jigyokeigomi/shisei/jigyokeisenmonbukai3.html>，2010.
- 8) 月刊廃棄物編集部：事業系ごみ対策の動向を追う，月刊廃棄物，2月号，pp.14-19，2011.

(2013. 7. 19 受付)

RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR THE EXPANSION OF THE DISPOSABLE DIAPERS RECYCLING

Daisuke TSUCHIDA, Hirofumi MATSUMURA, Yozo YAMADA,
and Hitofumi KAZOE

This paper describes three investigations for the establishment of disposable diapers recycling system. Firstly, a method of estimating the discharge amount of disposed diapers was established by conducting surveys on the usage of diapers at households, medical and care facilities. Secondly, to reduce the recycling cost of diapers, plant scale experiments were conducted to enhance the capacity of the diaper recycling plant by modifying the recycling process. It was estimated that the capacity could be enhanced from 20 to 26 ton/day by adding the process of shredding equipments and liquid cyclone separators. Thirdly, the recycled pulp was subjected to a set of capability testing for an ingredient in building materials. It was confirmed that the recycled pulp can be used as an alternative ingredient in external wall boards, in which virgin pulps are used as reinforcing fibers. On the basis of the achievements of the investigations, recycling of diapers from households started in Oki town, Fukuoka prefecture in October 2011.