

論文

紙管フロー改善によるリサイクル率向上がもたらす経済性の評価

The Economic Effects of Paper Tube Recycling

坂田 裕輔¹⁾

Yusuke Sakata

Abstract: The recycling rate of paper tube is estimated to be about 36 % while the recycling rate of used paper is almost 68 %. The low recycling rate is caused by 2 reasons in Japanese market. (1) Paper tube is hard to resolve in the recycling process. (2) There is no collection route for paper tube to recycle.

In this paper, we revealed the material flow of paper tube and estimated the economic effect of paper tube recycling. For recycling scenario, we assume that 'green paper tube', which dissolves as easy as usual corrugated cardboard, is generally accepted. The estimation result showed that the effect was 2,412 million yen compared to no recycling scenario.

It is difficult to identify whether the tube is 'green' or not. Thus, it is necessary to introduce labeling system to show easiness of recycling.

Keywords : Paper Tube, Recycle, Sustainability, Economic effects

1 はじめに

日本では、循環型社会形成推進基本法（2002年）のもとで、さまざまな資源の有効活用が促進されてきている。ここでは、3R、すなわち、発生抑制（Reduce）、再利用（Reuse）、リサイクル（Recycle; マテリアルリサイクル、サーマルリサイクル）が重要であるとされ、実施の優先順位もこの順で行うことがよいとされている。紙製品のばあいには、資源有効利用促進法（2000年）で紙製造業が特定再利用業種（原材料として再利用を行うべき業種）として指定され、古紙利用計画の策定等が定められている。

紙製品は2010年には、全体で78.3%がリサイクルされており、リサイクルの進んでいる素材である（古紙再生促進センター（2011,p.50)）。紙製品のリサイクル率が高いのは、工場・事業所・家庭のそれぞれについて回収体制が整備されていると同時に、製紙工場での受け入れ体制が整備されているためであると考えられる。

紙・板紙の国内消費量は、2010年で約28百万トンであり、2000年の約32百万トンと比較して約87%と減少している。リサイクル率は、2000年が57.7%であったのに対して、2010年には78.3%と増加している。また、紙・パルプ・紙加工業から発生する産業廃棄物の量は、34,170千トン（平成21年度）であり、産業廃棄物全体の8.8%を占める。また紙くずに関しては発生量の68%が何らかの方法で再生利用されている（環境省(2012)）。

本稿では紙製品のうち、紙を管状に巻いて強度を出した紙管に着目する。紙管は紙に糊を塗布し、強い力で引っ張

りながら鉄芯に巻いたものを乾燥し、製造される。紙・布・フィルム等を製造・出荷する際の芯として用いられる。家庭用では食品用ラップフィルムの芯や粘着テープの芯に用いられている。

紙管は段ボール古紙をほぼ100%用いている。使用済みの紙管は古紙としてリサイクルすることが可能であるが、実際のリサイクルは進んでいないと言われている。フィルムメカなどでは、利用するたびに廃棄費用がかかる紙管を再利用を前提としたプラスチック管に代替する動きも出ている。本稿では、まず、紙管のフローを明らかにしたうえで、リサイクルを促進した場合の経済性の評価をおこなう。

本稿は、次の構成である。2項では、紙管のフローを把握する。3項ではフロー改善の方法を検討する。4項ではフロー改善の効果をシミュレーションによって明らかにする。5項では結論と今後の課題について述べる。

2 紙管フローの把握

2.1 紙管リサイクルを巡る状況

経済産業省の見解によると、紙管の原料の大半は段ボール古紙であるため、もともとリサイクル製品と考えることができる。ペットボトルをリサイクルしたポリエステル素材が使用された衣料品がエコマークの認定を受けることができることと同じ考えである。紙管工業組合では、「紙管は、再生紙→包装材料→再生紙というエンドレスのリサイクル製品²⁾。」としている。

1) 近畿大学産業理工学部 経営ビジネス学科 教授 ysakata@kindai.ac.jp

一方、循環型社会形成推進基本法（2002年）で取り入れられている拡大生産者責任の考え方では、製品の製造者は製品が廃棄されるまでのプロセスに責任を持つとされている。その考え方にしたがうならば、素材がリサイクル素材であるか否かにかかわらず、製品が使用后リサイクルされやすい工夫をしているならば、それは積極的に評価されるべきである³⁾。

2.2 紙管の生産状況

紙管は統計上、段ボールに含まれている。2001年の「段ボール」生産量が13百万トンに対して、紙管は約31万トン生産されている。紙管生産量は2000年の313,845tから2010年には306,175tと漸減している（紙管工業組合(2012,p.8)）。

紙管の用途は、化成品・フィルムが全体の44.4%を占め、次いで製紙が17.3%と多い。大半の用途が産業用である。なお、本稿では家庭用（ラップフィルムや粘着テープの芯など）は研究対象としない。

2.3 生産から処理までの動き

2.3.1 現在のフロー

原料から廃棄段階まで紙管のフローを示したものが図1である。紙管原紙と表面に巻くライナー原紙は主に段ボール古紙から製造される。国内で生産される紙管（32万t）のうち、国内原料が31万トン、輸入紙管原紙が1万トンである。生産時にロスが出るが、これは段ボールと同等の価格で引き取られ、リサイクルされる。国内生産量に輸入紙管1万トンを加えた33万トンが、国内供給量である。

生産した紙管は、ユーザ（フィルムの印刷工場や製紙工場）に出荷され、製品を巻いたうえで、エンドユーザ（食

品業界や印刷工場）のもとで使用される（図2）。この際、製品が巻かれた状態で輸入され、国内で消費される輸入製品（輸入紙管製品）が5万トンある一方で、輸出製品（輸出紙管製品）が10万トンある。最終的に国内で消費される紙管は27万トンである。

図2の下図が示すように、ユーザは、複数存在する場合がある。例えば、フィルム製造工場と印刷工場のように、フィルム工場で製造したフィルムを紙管に巻いて出荷し、印刷工場ではフィルムに印刷をした後、改めてそれを紙管に巻いてエンドユーザに出荷する。

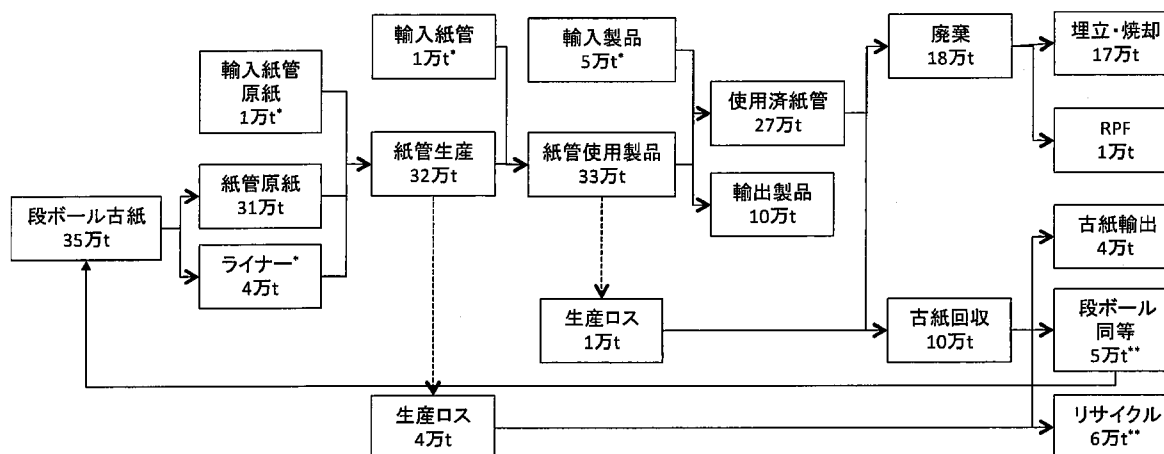
使用済みの紙管は、（1）メーカーがユーザから回収して再利用する、（2）古紙回収業者が回収してリサイクルする、（3）産業廃棄物として廃棄するという3種類の処理フローがある。

現在、再利用の状況は明らかにはなっていないが、衛生面での問題が生じにくい化成品・フィルム・製紙等ではかなり再利用が行われていると見られる。廃棄された紙管のリサイクルの状況は業界によって異なり、例えば、食品業界では、約2分の1が廃棄・焼却されている（田中紙管調べ）。業界全体でのリサイクル率は、おおむね35.7%と推定されている。

廃棄されている紙管は、産業廃棄物処理業者に廃プラスチック等と混ぜて引き渡されている。これらの廃棄物の大半は焼却処理されている⁴⁾。廃棄された紙管の一部は熱回収や固形燃料として有効活用されているとみられるが、詳細な処理方法は把握できていない。

使用済み紙管の3分の1程度は段ボール古紙と混合して回収業者に引き渡していると推定される。

なお、本稿では輸送に伴う環境負荷はフローの変更には

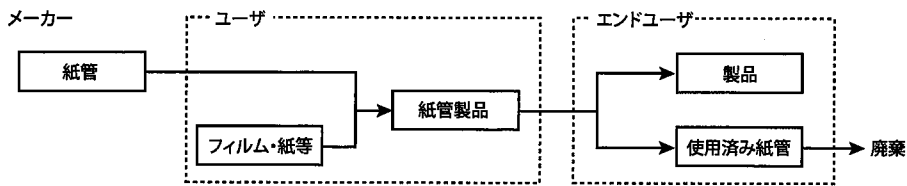


* 紙管用途としての数量を推定
** 田中紙管(株)による推定

資料出所) 田中紙管(株) 作成資料をもとに筆者作成

図1 紙管の利用状況

一般的な紙管のフロー



一般的な紙管のフロー（ユーザーが複数段階あるケース）

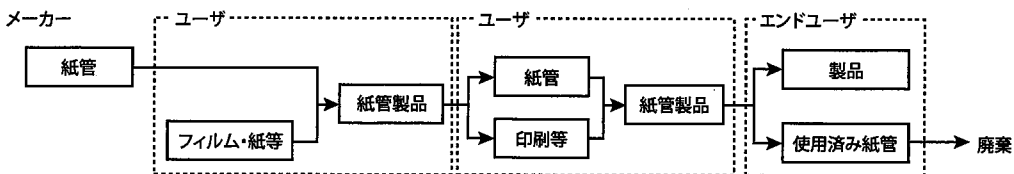


図2 紙管の利用フロー

大きな影響を与えないものと考えて、考慮しない。

2.3.2 紙管の再利用

印刷業者等のユーザ段階では、納品されたフィルムを巻いていた紙管を再利用している例も多い。加工済みのフィルムや紙をそのまま巻くケース、必要な長さにカットするケースなど、再利用に都合がよい形に加工して用いられている。

一部の古紙回収業者では、エンドユーザから使用済みの紙管を回収し、再利用できるものは販売している。回収業者が回収した紙管は、紙管の周囲にフィルムや紙が残っているため、これらをはがし、クリーニングする工程が必要となる。当然ながら、汚損等で再利用が困難な紙管は処理（通常は焼却）される。

2.4 リサイクル可能性

紙管は離解しにくいいため、紙管単体で有償で回収しているケースは少ない⁵⁾。3分の1程度は段ボール古紙と混合して回収（売却）していると考えられる。混合物として回収するばあい、回収価格は段ボール単体として回収するよりも単価が低く設定される。3分の2程度は逆有償で回収されていると見られ、廃プラスチック等を含んだ混合廃棄物として回収される。

なお、引き取った紙管は製紙工場でリサイクルされるが、現状では段ボール古紙とは分けて別々のプロセスでリサイクルの方が一般的である⁶⁾。

3 フロー改善方法とその効果

紙管利用による環境負荷を下げるため、次に示すようなフローの改善を検討する。すなわち、3R（Reduce、Reuse、

Recycle）の促進とオフセットの活用である。

以下、これらのフロー改善策について検討をおこなう。

3.1 使用量の削減（Reduce）と再利用の促進（Reuse）

資源使用量の削減は、技術開発の問題も絡むため、本稿では詳細には検討しない。しかしながら、省資源はコスト削減をもたらすため、各企業が取り組んでいるはずである。

再利用については、2.3.2で示したとおり、一部再利用の事例が見られるもののフローがじゅうぶんに把握できていない。

3.2 再資源化（Recycle）

3.2.1 再資源化促進のための方法

紙管フローを改善するためにもっとも重要であるのが再資源化（リサイクル）の促進である。そのためは、1）リサイクルしやすい紙管の開発、2）リサイクルしやすい紙管利用の促進の二段階が必要である。

3.2.2 リサイクルが容易な紙管の開発

本研究の共同研究者である田中紙管は、「易離解性紙管（通称、グリーン紙管）」を開発し、販売している。グリーン紙管製造技術は、田中紙管が無料で公開しているため、他の事業者も自由に利用することができる。

グリーン紙管は、使用する紙と接着剤を変えることで、パルパーで離解しやすくなっている。表1は、パルパーでの離解速度を段ボール、従来紙管と比較したものである。グリーン紙管は30分パルパーで攪拌すると段ボールとほぼ同等の離解度となる。一方、グリーン紙管は水に溶けやすいが、湿度に敏感になるといった性能の低下は特に見られない⁸⁾。

表1 再生時の離解時間

離解時間(分)	グリーン紙管	通常紙管	段ボール
15	1.79	6.06	0.38
30	0.45	1.22	0.32
45	0.22	1.03	0.2
60	0.28	0.77	0.38

資料出所) 田中紙管 (2010)

グリーン紙管は、「使用済みのコア（紙管）を再資源化することが米国で義務化されたため、製紙メーカーに受け入れられない紙管の使用は禁止された」とのタイヤメーカーからの情報をきっかけとして開発された（田中紙管、2010）。日本でも、古紙のリサイクルが進むなか、リサイクル困難な商品をリサイクル可能商品に転換させるという動きは今後高まっていくはずである。

現在田中紙管では、グリーン紙管の利用を勧めているが、ユーザが選択しなければ、従来製品からの移行が進まない。この点、紙管メーカーが取引をするメーカーがエンドユーザではないこともあり、グリーン紙管への理解は進んでいない。

3.2.3 リサイクル可能性の認証制度

リサイクルが容易な紙管の開発が進んだとしても、回収された紙管がグリーン紙管であると分かるようにしなければリサイクルは進まない。紙管に離解度をもとにしたマークを使用することが適当である。

マークを審査し各紙管に付与するために、協議会等の設立が必要になる。この協議会は、主に業界関係者で組織し、専門的知見から紙管のグリーン度を評価する。グリーン度は段ボールの離解度を100%と設定し、通常の紙管の離解度を0%とするなどで評価することができよう。

運営方法としては、古紙の再生関係では、内部にアルミを使用した酒パックのリサイクルを推進する団体⁹⁾が、事務局をNPO法人に委託している事例がある。同様のしくみを紙管の認証団体に応用することが可能である。

3.2.4 リサイクルが容易な紙管流通のしくみの構築

紙管の離解度の表示が普及し、その利用とリサイクルが進展するための回収体制を新たに構築する必要があるだろうか。

紙管を使用する事業所は工場が主である。工場は通常産業廃棄物処理業者と廃棄物処理の契約を交わすほか、古紙回収業者と契約し、古紙回収を依頼している。適切な表示がある紙管であれば、これらのルートに載せて紙管を回収し、古紙問屋で分別することが可能である。それゆえ、グリーン紙管がリサイクルされるために、新たな回収システムの確立は不要である。

以上のとおり、本研究では、新たに紙管のリサイクルフローを確立することは必要ではないと考える。むしろ、既存のルートを活用した最低限のフローの変更でリサイクルを実現する。

3.3 オフセット

紙管の原料は前述の通り、ほぼ100%が段ボール古紙である。段ボール古紙そのものも、繰り返し利用されており、焼却や汚損、国外流出などで原料が足りなくなった分だけを新規材料から補充する。補充は最終的には森林由来の資源を用いる¹⁰⁾。

紙管がリサイクルされていないということは、その段ボール古紙のストックが減少することを意味する。減少分は結局は森林資源で補充される。つまり、紙管は生産し、消費するたびにその紙使用量に相当する森林資源が消費されていることになる。

森林資源の確保については、カーボンオフセットの発想を利用することができる。カーボンオフセットは二酸化炭素の排出を、その量に相当する吸収源や削減方法でおきかえるという方法である。紙資源はカーボンニュートラルであり、消費にともなう二酸化炭素は発生しないと定義されている。しかし、廃棄した紙管に相当する量の森林資源を植林するという意味で、廃棄を植林でオフセットすることは考えることができる。

4 現有技術によるフロー改善シナリオ

4.1 シナリオの選択肢

以下、フロー改善による効果を分析するために、いくつかの政策的な選択肢を設ける。

本研究では、政策の選択肢として、グリーン紙管採用の有無、発生抑制・再利用の促進、リサイクル、オフセットの利用を検討した。これらをすべて組み合わせればあい、全部で11のシナリオが考えられるが、本論文では、そのうち4つのシナリオの分析結果を紹介する（表2）。

4.2 シナリオ0：現状維持ケース

シナリオ0では、現状の評価をおこなう。このシナリオは、他のシナリオとの比較のための基準シナリオとなる。

現在、全生産量28.9万トンのうち、廃棄されているものが18万トン、段ボールと混合して廃棄されているものが6万トン、段ボールと同等の価格で回収されているものが4.9万トンである。

また、廃棄費用を0円/t、混合して回収される際の価格を8,000円/t、段ボール同等の価格を15,000円/tとする。廃棄費用を0円と想定したのは、古紙を含む混合廃棄物の回収価格は40,000円～60,000円/t程度と想定されるが、実際には古

表2 シナリオ分析の結果

シナリオ	生産量	削減率	リサイクル転換率		発生量		オフセット	総便益	純便益	
			廃棄	混合	廃棄	混合				段ボール同等
現状	28.9	0	0	0	18	6	4.9	0	121,500	-
リサイクルのみ実施	28.9	0	0.5	0	9	15	4.9	0	193,500	72,000
グリーン紙管+リサイクル	28.9	0	0.8	0.6	3.6	2.4	22.9	0	362,700	241,200
資源消費の削減	28.9	0.1	0	0	16.2	5.4	4.4	0	109,200	-12,300
グリーン紙管+オフセット	28.9	0	0.8	0.6	3.6	2.4	22.9	36,000	326,700	205,200

(輸入含む、輸出含まない)

紙回収業者が無料で引き取っている例も多いと想定されるためである。

なお、特に記載のない限り、現状維持ケースでおこなった価格の想定は、すべてのシナリオに共通する。紙管の生産量や資源価格は変動が予想されるが、本論文では、これらの変動は考慮せず、現在の生産量・価格のまま推移すると想定する。

以上の想定を用いて、現状を維持したばあいの収支（総便益）を推計したところ、121,500万円の収益であった。この結果は、廃棄費用が0円であることが前提であるため、実際の総便益はさらに改善する可能性が高い。

4.3 シナリオ1：グリーン紙管なしのリサイクル

グリーン紙管を用いることなく、引き取り価格が現状のままリサイクルを促進することをまず想定する。現状のままリサイクル率が向上することは考えにくい、業界の自主努力等により、リサイクルが進み、廃棄に回っている18万トンの半分が混合古紙の価格で引き取られると想定する。

この場合、古紙引き取り価格分の便益が増加するため、総便益が193,500万円、シナリオ0と比較した純便益は72,000万円であった。

4.4 シナリオ2：グリーン紙管の普及

グリーン紙管を用いることで、段ボールと同様にリサイクルできると想定される。このばあいの回収価格は段ボールのみを回収する際に支払われる価格と同等と想定する。

リサイクル率については、段ボールと同等の90%程度を想定する。紙管は大半が事業所に供給され、家庭用にはほとんど流通しないため、回収をおこないやすいと判断した。実際、紙管を扱うほぼすべての事業所は古紙回収業者と取引があるため、回収率を高く見積もることができる。

現在廃棄されている紙管の80%、混合古紙として回収されている紙管の60%がリサイクルされると想定した。この場合、全体のリサイクル率が88%となる。このリサイクル

率は、グリーン紙管の普及率と、それが普及したあとの回収率を考慮している。

グリーン紙管の普及のみを考慮したばあい、総便益は362,700万円となり、現状維持ケースと比較した純便益は241,200万円であった。

グリーン紙管の導入を想定せず、現状のままリサイクルを推進したばあいの総便益と、本シナリオの総便益を比較すると、169,200万円となる¹¹⁾。

4.5 シナリオ3：資源利用量の削減と再利用の推進

本シナリオは資源利用量の削減（Reduce）や資源の再利用（Reuse）の推進により、資源消費量が10%削減されることを想定する。

このばあい、現在混合古紙として有価で回収されている量が減少し、廃棄費用がゼロと想定されているため、12,300万円分の便益が低下する。

4.6 シナリオ4：オフセット

本シナリオでは、グリーン紙管の導入によりリサイクルを促進したうえで、それでも廃棄せざるをえない資源に相当する森林資源を植林によりオフセットをおこなうことを想定する。

ただし、資源消費による植林費用は最終的には原材料費に含まれていると考えられるため、参考のため、焼却された紙管が排出する二酸化炭素を森林によって吸収するものと想定した。この場合、紙管1tあたりの二酸化炭素排出量は約1tである。また、森林由来の二酸化炭素価格（カーボンオフセットの単価）は約1万円である。以上より、紙管1tあたりのオフセット価格は1万円と想定できる。

以上により、廃棄分をオフセットとするならば、総便益は、326,700万円、シナリオ0と比較した純便益は205,200万円となる。また、シナリオ2と比較したばあいには、36,000万円分の便益が低下する。現在廃棄されている量に相当する二酸化炭素をオフセットしなければならない

ため、総便益は負となる。

シナリオ4では、廃棄量をオフセットするため、廃棄量を減らし、リサイクルを促進すればするほど、便益の低下は小さくなる。

5 結論

紙管が再生原料を使用しているから、リサイクルしなくてよいという考えは、製品の生産から再資源化までの責任を企業が負うという拡大生産者責任の考えからは容認されない。それゆえ、使用済みの紙管のフローを把握し、リサイクルを促進することは、業界が社会的責任を果たすためにも必要である。

このような要請のもと、循環型社会推進という社会的要請に応えるために、紙管業界が果たせる役割に着目し、主にリサイクルの推進に関する経済評価を行った。また、調査の過程で、再利用を前提としたプラスチック製の芯を紙管に置き換える検討をしている業界があることも明らかになった。その意味で、紙管の3Rを推進することは、社会的要請であると同時に、紙管業界にとってはビジネスリスクを低減させる方法でもある。

そこで、本研究ではまず、紙管のフローの現状を把握し、そのフロー改善の方策を検討した。そして、最後に改善策の経済評価を行った。紙管は段ボール古紙と比較して離解度が低いことがリサイクル推進の障害となっているため、検討の中心は、よりリサイクルしやすい紙管の普及策になった。

リサイクルしやすい紙管を普及させるためにはまず、通常の紙管とリサイクルしやすい紙管が、一般のものにも区別できるようになることが大切である。そのためには、製造段階で、リサイクル可能性に関する表示を行うことが大切であることも指摘した。

今後は、紙管のリサイクル可能性を評価し、表示する認証機関(第三者機関)の設置が大きな課題となるはずである。

なお、紙管のリサイクルが進むとしても、3Rの精神はReduce(使用量の削減)、Reuse(再利用)、Recycle(リサイクル)の順序であることは忘れてはならない。

使用量の削減は技術革新と再利用の推進が求められる。再利用に関しては、再利用品の利用可能性がある業者に関する情報と、再利用品の発生する業者に関する情報を提供する再利用のネットワーク構築により、再利用を促進できる可能性はあるかもしれない。事業者に関する情報を一番多く持つはずの紙管メーカーが、ネットワーク構築に直接取り組むことも有効であると考えられる。

参考文献

- ・環境省廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課「産業廃棄物の排出及び処理状況等(平成21年度実績)について」2012年2月(報道発表資料、pdf; <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=14881>)
- ・財団法人古紙再生促進センター『古紙ハンドブック2010』、2011年3月。
- ・田中紙管(株)「普及し始めた環境商品「グリーン紙管」の現状」コンバーテック、2010年1月、pp.95-98.

謝辞

本研究は、田中紙管株式会社との共同研究の成果である。

本研究の遂行のために、田中紙管株式会社、レンゴー株式会社、大本紙料株式会社、新生紙化工業、株式会社阪和紙業、村田金箔株式会社に対するヒアリング調査を行った。また、非公開の条件の下でヒアリングに応じてくださった会社もあった。記して感謝する。

注 釈

- 2) 紙管工業組合「紙管とは」(<http://www.shikan.or.jp/shikan.html>)。
- 3) 紙管に限らず、リサイクル素材が使われている製品のリサイクル可能性については、製品使用後の行方について、今後は詳細な調査・研究の必要がある。
- 4) 新生紙化工業(株)、(株)阪和紙業、村田金箔(株)等へのヒアリング調査による。なお、環境省の調べによると、紙くず一般では、68%が何らかの方法で再生処理されている他、全体の30%が処理の過程で減量されている(環境省(2012))。
- 5) 2012年1月現在では、東日本大震災の影響で、国内の古紙市場の供給が減少しており、紙管古紙も原料として買われる例が見られる。東日本の復興が進むにつれて、この傾向はなくなると考えられる。
- 6) レンゴー(株)の工場を視察した際にも、紙管が通常の古紙とは別のパルパーで再生されていたことを確認している。
- 7) 古紙をリサイクルする際に水の中で古紙を攪拌し、水に溶かす装置。
- 8) 製造コストは、従来型紙管とほぼ同等である。また、強度も変わらない。
- 9) 酒パックリサイクル促進協議会(<http://www.r-kyokai.org/Rconfer/PC-TOPhtml>)が運営を「集めて使うリサイクル協会」(<http://www.r-kyokai.org/index.html>)に運営を委託している。
- 10) 紙資源の原料の大半は、植林木である。(古紙ハンドブック2010)
- 11) ただし、シナリオ1の想定はリサイクル率が50%である。シナリオ1のリサイクル率を80%と想定したばあい、総便益は261,900万円となる。このばあい、便益の差は、100,800万円と縮小する。