

(株)ヨコタ東北製品「P&P リ・リパック 弁当 4」の
環境負荷に関する検討報告書

平成16(2004)年11月

財団法人 地球・人間環境フォーラム

はじめに

お祭りや学園祭、スポーツイベント等で食品を提供する際に多く用いられるお弁当箱やトレイなどは、現在、プラスチック製や紙製の使い捨てのものが主流となっている。これらは一回の使用ですぐにゴミとして捨てられるものが多く、ゴミ排出量の増加を招くとともに、省資源・省エネルギー等の観点からも、大きな問題となっている。このような問題に対し近年、一部サッカー場や野外音楽ライブ、お祭りなどでは、使い捨て紙コップの代わりに繰り返し洗って利用できる「リユースカップ」を導入する動きが広がりつつあるが、食品容器に関しては、こうしたイベント利用の場合まだリユースの取り組みが少ないのが現状である。

これは、飲料提供のみを対象とするリユースカップの場合に比べ、食品提供を目的とした容器の場合、メニューによっては相当の油分や汚れが付着し、それらを回収・洗浄するシステムが、手間やコスト・水消費量の増加や汚染などの理由から、現状では成り立ちにくいためであり、こうした容器についてはリサイクルの対象として取り組むことが主流となっている。しかし、リサイクルに関しては、ともすると大量生産・消費・廃棄の免罪符的なものになっていないか、リサイクルすることでむしろエネルギーや環境負荷を増大させてはいないかという懸念が、循環型社会に向けた具体的取り組みが進むにつれ強くなっていることも事実である。

(株) ヨコタ東北が製造する食品容器「P&P リ・リパック 弁当4」は、熱圧着により表面にフィルム加工がなされており、使用後はフィルムを剥がせば、洗浄せずともそのまま回収・リサイクルができる。また、芯材には回収された同容器や高発泡ポリスチレン製の使用済み魚箱、成型時の端材などからなるリサイクル材を約 70%使用しており、いわゆる「容器 to 容器」のリサイクルを可能にしている。このことから、従来の単層構造のトレイに比べ、より省エネルギー・省資源でのリサイクルを実現している可能性が高いことが予想されていた。

そこで今回、このリ・リパックについて、実際にどの程度の環境負荷の低減が達成されているのか、自社の PS（ポリスチレン）製の単層弁当容器との比較により分析を試みた。また、使用後の容器回収率の違いによって、エネルギー使用量や環境負荷、廃棄物発生量にどの程度差異が現れるのかについても検討した。なお今回のシナリオでは、すでに区民祭りや学園祭などで実際に利用実績のある、神奈川県横浜市周辺での利用を想定し、ヨコタ東北工場のある山形県新庄市との間の移動を条件に加え分析している。

本報告書では、上述のリ・リパックを対象にライフ・サイクル・インベントリー（LCI）分析に基づき、同容器の環境負荷に関する検討結果をまとめている。なお、LCI 分析については、東京大学生産技術研究所・安井至研究室にご担当いただいた。多忙を極める中ご協力をいただいた安井至教授と同研究室二上俊郎研究員にこの場をお借りし、改めて感謝申し上げます。

(1) 前提条件

今回東京大学安井研究室に協力いただき実施した LCI 分析での前提条件は、以下のとおりである。

・ P&P リ・リパック

「P&P リ・リパック (3 層+はがすフィルム) 弁当 4」(以下、リ・リパック) の形状は一般的な弁当-4 と呼ばれるものである。構造としては、まず真中の芯材に、イベントやスーパーで使用された後回収されたプラスチック容器や、使用済みの高発泡ポリスチレン製の魚箱および容器成型時に発生する端材などのリサイクル材を使用しており、全量の約 70% を占めている。衛生対策としてこの芯材をバージン材でサンドウィッチ状に挟み三層構造化し、さらにこの表面に熱圧着方式 (接着剤は不使用) でポリプロピレン (PP) フィルム加工を施している。容器の使用後は、このフィルムを汚れと一緒にとはがすことで、本体を洗浄することなくリサイクル回収できる点が大きな特徴となっている。構造の詳細については、図 1 のとおりである。

今回、分析の比較対照とした「PS 弁当 4 (単層)」(以下、PS 単層) は、バージン材 80%、成型時端材 20%を原料としてヨコタ東北にて製造されているものであり、リ・リパックのようなフィルム加工はされていない (構造の詳細は図 2 参照)。

図 1 . P&P リ・リパック 弁当 4

- ・芯材には外部から回収したリサイクル材 40%と工場内端材 30%を使用
- ・バージン原料を 30%使用

層厚 600 μ <1 μ = 0.001mm>(フィルムを含む)

フィルム 25 μ (ポリプロピレン)

重量 25g(うちフィルム 1.1g)

層比	
フィルム	4%
再生層	73%
バージン層(上下)	23%

kj,

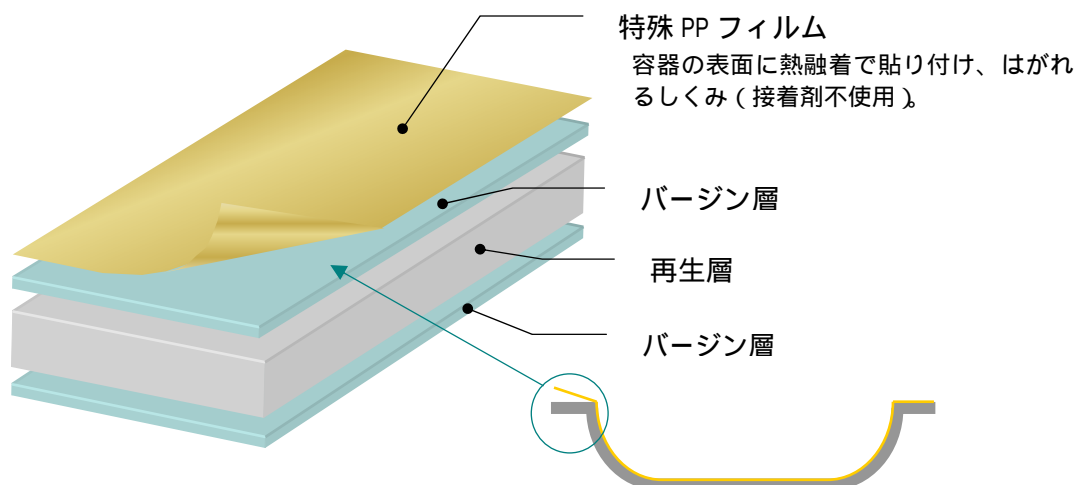


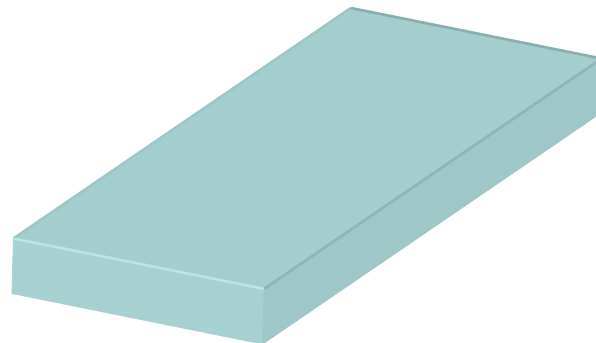
図2 .PS 弁当 4(単層)

・バージン原料 80%、工場内端材 20%を使用

層厚 600 μ

重量 25g

層比 単層



・回収システム

山形県新庄市にあるヨコタ東北の工場から搬出、使用後、横浜からフィルムをはがしたトレーの状態と同工場へ搬入、工場内でペレット化し、再生原料としている。

・機能単位

リ・リパック、PS 単層ともに、野外イベントを想定した 2 万 8,000 個(700kg、1 個あたりともに 25g)を機能単位とし、分析を行った。

・システム範囲

原料採取から素材製造、容器製造、流通、リサイクル（輸送・再生ペレット製造）、一部廃棄（焼却）までをシステム範囲の対象とした。比較対照とした PS については、リサイクル工程はなく廃棄（焼却）までを対象とした。また、リ・リパックと単層の各インベントリデータについては、以下のとおりである。

・プラスチック製品ー「石油化学製品の LCI データ報告書（プラスチック処理促進協会、1997 年）」

・その他原料 ー「産業連関表による環境負荷原単位データブック（国立環境研究所、2002 年）」

・輸送 ー「プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書（プラスチック処理促進協会、1993 年）」

・焼却¹ ー「包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析（野村総合研究所、1995 年）」

・電力² ー「環境行動レポート 2004 詳細版（東北電力、2004 年）」

なお、上記以外の製造およびリサイクル工程に関する部分については、ヨコタ東北からの提供データとなっている。

¹ リ・リパック焼却時の残渣に関するデータは本 LCI では含めておらず、焼却に関してはあくまで一般的な参考値となっている。

² 工場立地（山形県）から、東北電力のデータに限定した。

（２）シナリオの設定

リ・リパックの環境負荷を評価するため、①リ・リパックをリサイクルする場合と、②PS 単層を使い捨てる場合の二つのシナリオを対象とした。さらにリ・リパックについては、使用後の容器回収率の異なる三つのケース（40%、50%、60%）ごとに分析を行った。

①については、山形県新庄市（ヨコタ東北工場）で製造、450km 離れた横浜市内へ輸送し使用した後、回収された同容器を再び新庄市まで運びリサイクル原料として利用するものとした。なお、回収率 60%のケースで回収された容器のうち再生原料量を上回る分については、他の製品へのリサイクル材料としての社内在庫として考えるものとした。また、はがしたフィルムと回収できなかった容器はゴミとして焼却処分するものとした。

②については、①と同様の製造地・輸送経路・使用を経て、使用後は回収し、汚れのためリサイクル不可能としてすべて焼却するものとした。なお、インプットしたデータは同じヨコタ東北新庄工場にて製造されている製品に基づくものである。

（３）環境負荷項目

分析の対象とした環境負荷項目は、素材分エネルギー消費量（資源エネルギー消費量、feedstock energy）³、工程・運搬エネルギー消費量（化石エネルギー消費量）、二酸化炭素（CO₂）排出量、硫黄酸化物（SO_x）排出量、窒素酸化物（NO_x）排出量、固形廃棄物発生量である。

³ 原料をエネルギーに換算して表したもので、例えば工程にかかるエネルギーと資源にかかるエネルギーとを比較する際などに使われるものである。本 LCI においては、バージン原料として費やされる原油等が「素材分エネルギー」にあたり、それ以外の用途で費やされるものを「工程・運搬エネルギー」とした。

(4) P&P リ・リパックと PS 単層の LCI 分析結果

リ・リパックと PS 単層容器が与える環境負荷量の概要を表 1 に示した。また、製造、運搬など段階別の負荷量を表 2 に示した。これによれば、容器の回収率を一番低く想定したシナリオ（回収率 40%）の場合でも、リ・リパックは、PS 単層容器を使い捨てる場合に比べ工程・運搬エネルギー消費量で約 4 分の 1 弱減、CO₂ 排出量は約 3 分の 1 減、固形廃棄物発生量は約 40% 減となっており、すべての環境負荷項目において負荷が低くなっている。

表 1 . リ・リパックと PS 単層の各環境負荷量 (700kg、2 万 8,000 枚相当)

環境負荷	リ・リパックの回収率			PS 単層
	40%	50%	60%	
素材分エネルギー/GJ ⁴	17	14	11	32
工程・運搬エネルギー/GJ	26	25	25	33
CO ₂ /t	3.0	2.7	2.4	4.5
SOx/kg	1.9	1.7	1.6	2.7
NOx/kg	2.5	2.4	2.4	3.2
固形廃棄物/kg	13	11	8.7	22

表 2 . リ・リパックと PS 単層の環境負荷量の段階別内訳 (700kg、2 万 8,000 枚相当)
リ・リパック(回収率 40%)

環境負荷	合計	原料	製造	運搬	リサイクル	焼却
素材分エネルギー/GJ	17	17	0	0	0	0
工程・運搬エネルギー/GJ	26	12	10	0.4	4.1	0.4
CO ₂ /t	3.0	0.8	0.5	0.0	0.3	1.4
SOx/kg	1.9	1.24	0.3	0.03	0.3	0.03
NOx/kg	2.5	1.3	0.4	0.1	0.6	0.1
固形廃棄物/kg	13	0.0	0.0	0.0	0.0	13

リ・リパック(回収率 50%)

環境負荷	合計	原料	製造	運搬	リサイクル	焼却
素材分エネルギー/GJ	14	14	0	0	0	0
工程・運搬エネルギー/GJ	25	10	10	0.4	5	0.3
CO ₂ /t	2.7	0.7	0.5	0.0	0.3	1.2
SOx/kg	1.7	1.0	0.31	0.03	0.3	0.03
NOx/kg	2.4	1.1	0.42	0.09	0.7	0.09
固形廃棄物/kg	11	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9

⁴ ギガジュール。ギガは 10 億（10 の 9 乗）。

リ・リパック (回収率 60%)

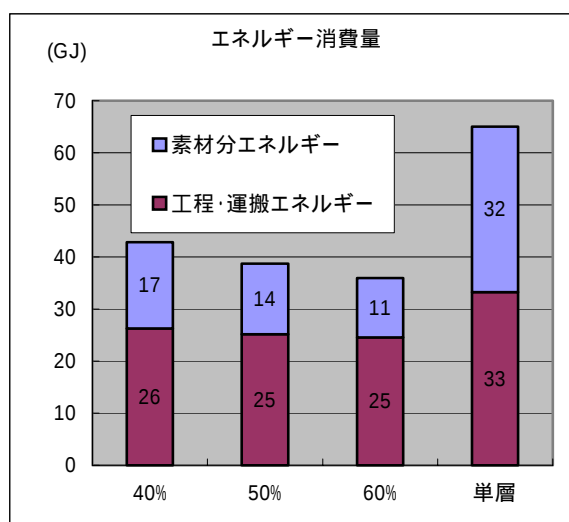
環境負荷	合計	原料	製造	運搬	リサイクル	焼却
素材分エネルギー / GJ	11	11	0	0	0	0
工程・運搬エネルギー / GJ	25	8.3	10	0.4	5.7	0.3
CO ₂ /t	2.4	0.6	0.5	0.0	0.4	1.0
SOx/kg	1.6	0.9	0.31	0.03	0.4	0.02
NOx/kg	2.4	0.95	0.42	0.09	0.9	0.07
固形廃棄物/kg	8.7	0	0	0	0	8.7

PS 単層 (リサイクルなし)

環境負荷	合計	原料	製造	運搬	リサイクル	焼却
素材分エネルギー / GJ	32	32	0	0	0	0
工程・運搬エネルギー / GJ	33	22	10	0.4	0	0.5
CO ₂ /t	4.5	1.5	0.6	0.0	0	2.4
SOx/kg	2.7	2.3	0.33	0.03	0	0.05
NOx/kg	3.2	2.5	0.45	0.09	0	0.16
固形廃棄物/kg	22	0	0	0	0	22

・素材分エネルギー消費量

素材分エネルギー消費量においてリ・リパックと PS 単層を比較すると、リ・リパックが PS 単層の約 40～60%強減と顕著に低くなっている。これは、リ・リパックが原料の約 60～70%（うち工程内リサイクル分約 30%）にリサイクル材を利用しているのに対し、PS 単層では少量の工程内リサイクル材のみのしか利用していないため、バージン原料の投入量の差が素材分エネルギー消費量の差としてあらわれている。また、リ・リパックの回収率が上がるにつれ、素材分エネルギーの消費量は小さくなっている。これはリサイクル原料の割合が増える分、バージン原料の投入量が少なくなるためである。



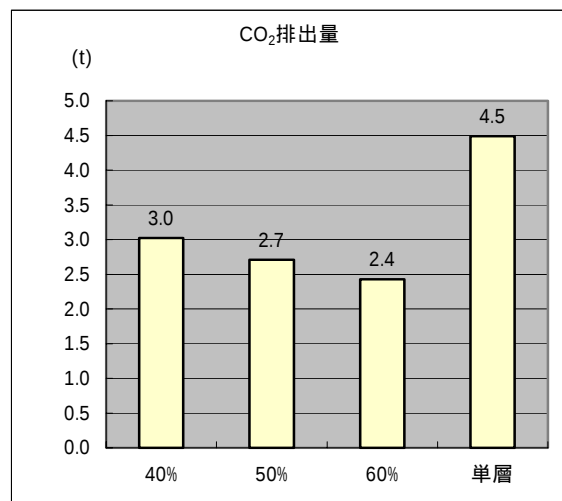
・ 工程・運搬エネルギー消費量

工程・運搬エネルギーについては、PS 単層に比べてリ・リパックは約 4 分の 1 減となっている。段階別の内訳で見ると、回収率が上がるにつれリサイクル段階でのエネルギー消費量は増加する。これは、回収率が上昇すればそれだけ多くの回収容器を工場へ運搬し再生原料へと加工するためであり、このためのエネルギーが増加するためである。ただし、リサイクル率が上がると原料段階での工程・運搬エネルギーが減少するため、トータルとしての運搬・工程エネルギー消費量は、回収率が上昇していてもむしろわずかに減少する。これは、再生原料がバージン原料にとってかわるためであり、バージン原料となる石油の採掘・精製・原料加工などにかかるエネルギーが少なくて済むためである。よって、使い捨てよりも、リ・リパックによるリサイクルシステムを実施した方が、資源節約の面からも、またエネルギー消費の面からも、化石エネルギーの消費量は低くなると言える。

・ CO₂ 排出量

リ・リパックの場合、回収率が上がるにつれ CO₂ 排出量は低減する(回収率が 10% 上昇するごとに、およそ 300kg ずつ減少)。これは、回収率が上昇する(=再生原料の割合が多くなる)につれ、原料段階での排出量が減っていることによるほか、ゴミの発生量が減ることで焼却段階での負荷量が減るためである。

リサイクルせずに焼却するという前提を置いた PS 単層と比較すると、回収率が最も高い 60% の場合(=排出量が最も少ない場合)で約 2 分の 1 減、回収率が最も低い 40% の場合(=排出量が最も多い場合)でも約 3 分の 1 減と、リ・リパックの方が排出量が小さくなっている。地球温暖化防止を考えた場合にも、リ・リパックは PS の使い捨てに比べ負荷が小さいと言える。

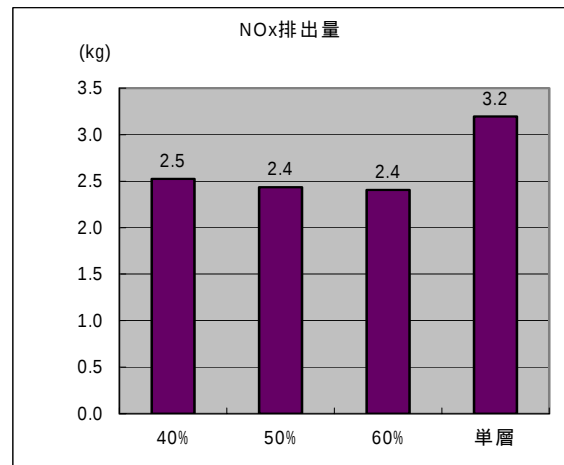
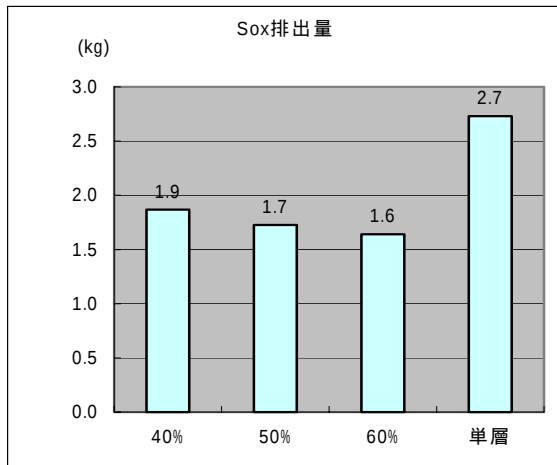


・ SO_x 排出量および NO_x 排出量

まず、硫黄酸化物 (SO_x) については、回収率が上昇するにつれ負荷量は減少する(回収率 40% で 1.9kg、50% で 1.7 kg、60% で 1.6 kg)。これは回収率が上がれば再生原料の割合が増え(=バージン原料の割合が減り)、原料段階での負荷量が減少するためである。PS 単層 (2.7 kg) と比べると最大で約 40% 減となっている。

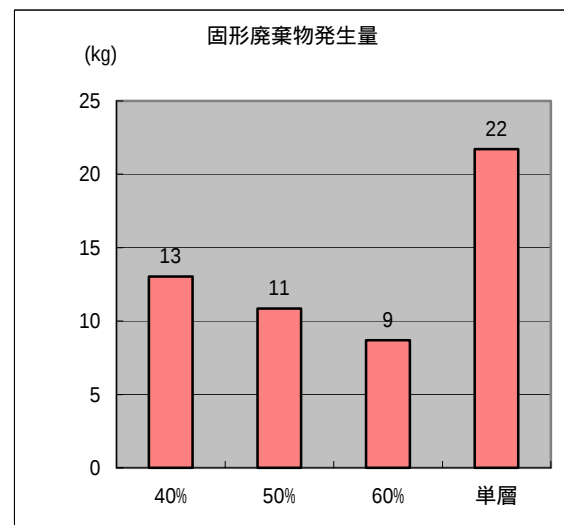
一方、窒素酸化物については、回収率による大きな変化はみられない(回収率 40% で 2.5kg、50% で 2.4 kg、60% で 2.4 kg)。回収率が上がるにつれ原料段階での負荷量は減少するもの

の、リサイクル段階での負荷量が増加し、ほぼ相殺となっている。PS 単層（3.2 kg）と比較した場合には、最大で 4 分の 1 減となっている。



・ 固形廃棄物発生量

リ・リパックの場合、回収率が上がるにつれ固形廃棄物の発生量は低減する。発生量は回収率 40% の場合 13kg、50% の場合 11kg、60% の場合 9kg と、使い捨て PS 単層 (22kg) と比べ 40～60% 減と顕著な減少が見られる。これは、例えば使い捨て容器を現在使用しているイベントやスーパー等により・リパックのシステムを導入し、かつ 60% 以上の回収率を達成できれば、ゴミの発生量を半分以下に抑えられる計算になり、リ・リパック導入はごみ減量策としての有効性が非常に高いと考えられる。



おわりに

今回実施した LCI 分析から、リ・リパックの優位性としては以下のような点が推測される。

- ・ 最も低い容器回収率シナリオ（回収率 40%）でも、リ・リパックは、PS 単層容器を使い捨てる場合に比べ、すべての環境負荷項目において負荷が低い。
- ・ 素材分エネルギー消費量については、リ・リパックが PS 単層の約 40～60%減と顕著に低く、また工程・運搬エネルギーについては、約 4 分の 1 減となっている。
- ・ リ・リパックの CO₂ 排出量は、PS 単層に比べ回収率 60%の場合で約 2 分の 1 減、回収率 40%の場合で約 3 分の 1 減となっている。
- ・ SO_x および NO_x の排出量は、リ・リパックの回収率が上昇するにつれ、微増する。ただし、使い捨て焼却を前提とした PS 単層に比べれば少ない。
- ・ リ・リパックの SO_x 排出量については、回収率により PS 単層に比べ 30～40%程度減となっている。NO_x 排出量については、各回収率を通じて約 4 分の 1 減となっている。
- ・ 固形廃棄物発生量については、使い捨てるを前提シナリオとした PS 単層と比べると、40～60%減と著しい減少が見られた。
- ・ リ・リパックの回収率が上昇するにつれて、NO_x を除くすべての環境要素において負荷量の減少がみられた。とくに、素材分エネルギー量、固形廃棄物発生量は顕著な減少が見られた。

さらに、本 LCI に依拠しないが、リ・リパックの優位性として以下の点が考えられる。

水資源の節約、水環境への負荷がない

リ・リパックでは、リサイクルに回す前に多くの場合必要となる洗浄作業がいらぬ。そのため、水や洗剤、そして季節によっては給湯に要するエネルギーの使用が省ける。これは水や洗剤といった資源やエネルギーの節約につながるのみならず、河川や湖、海洋などの水質にかかる環境負荷を抑制している。

いわゆる「食器の手洗い」にどの程度水を消費するかについては、調査によって数値に大きなばらつきがある⁵⁾が、サンプルからの実測値データをもとに調査をしているもののうち、最も少ない値⁶⁾でも食器 1 点あたりの水使用量は平均約 0.5ℓ～0.7ℓ（家族 4～5 人分の各種食器 40 点を家庭で一度に手洗いした場合の 1 点あたり）となっている。これを単純に

⁵⁾ 例えば（財）省エネルギーセンターの調査（「省エネ行動実施時におけるエネルギー消費削減率調査報告書」2003 年 3 月）では、皿やお碗、コップ、箸、スプーンなど計 53 点の食器について、「ため手洗い」の有無それぞれのケースで 10 のサンプル調査を行っており、そこでの平均値は、水使用量が 37.5ℓ（ため洗い有）、54.2ℓ（ため洗い無）、ガス消費量が 130ℓ（同有）、195ℓ（同無）との測定結果となっており、1 点あたりに換算すると、それぞれ水使用量が 0.7ℓ、1ℓ、ガス消費量が 2.4ℓ、3.7ℓとなる。また、日本電気工業会基準に照らすと、同条件で水使用量 91ℓ、ガス消費量 324ℓとなり、1 点あたり 1.7ℓの水と 6.1ℓものガスを消費する計算になる。

⁶⁾ 「エコちゃんとトーカー市民のための環境公開討論会」（元・科学技術振興事業団研究員・安井チームである伊藤健司氏主催、<http://www.ttcn.ne.jp/~kankyo>）において 2001 年に実施された「手洗いと食器洗い乾燥機の LCA 結果比較」による

今回のリ・リパック LCI での機能単位（2 万 8,000 個）にあてはめるとすれば、1 万 4,000 ℓ～1 万 9,600ℓの水使用を抑制したことになる。同様に洗剤使用量や給湯にかかるガス使用量についても、目安の算出という域を出ないが、食器 1 点あたりそれぞれ約 0.17ml、約 1.3 ℓとなっており、これを機能単位に当てはめて考えれば、洗剤 4.9ℓ、ガス 3 万 6,400ℓがそれぞれ節約されたことになる。

魚箱などの他の回収容器も再生資源に

リ・リパックをはじめとしたプラスチック製容器を再生材の原料として広く受け入れられるほか、魚箱（使用後は融解されインゴットと呼ばれる板状の塊にされ、その多くが中国等へ再生材として輸出されている）についても、同じ回収ルートにのせて食品容器の芯材として再生が可能となっている。

使用後の処理の簡単さが高回収率につながる可能性

フィルムをはがすだけで容器本体が汚れの付着もなく容易に回収できることから、容器の回収率の向上（ひいてはリサイクル率の向上）が見込める。

石油価格の高騰から経済的なメリットも

従来、「リサイクルはコスト高」と言われ、実際にそのようなケースが多く見られる状況もあったが、2004 年秋現在、石油価格の高騰が続いていることに伴い PP バージン原料の価格も上昇しているため、リサイクル原料を多く用いるリ・リパックは、経済性においても優位となっている。

そして何より、リ・リパック最大の強みは、廃棄物の発生抑制である。実際の導入事例における回収率（表 3）を見てみると、山形県内のイベント（国民文化祭 81%、白鷹鮎まつり 82%等）や慶応義塾大学の学園祭（75%）、市川臨海競技場（84%）と、今回のシナリオで最も高く設定した回収率を上回るケースが現実には出てきており、こうしたイベントでは今回の LCI 結果以上の環境負荷の低減効果が生まれていると考えられる。スーパーについては、食品トレーを店頭回収しリサイクルしているところもあるが、一過性のイベントでは現在ほとんどの食品容器が使い捨てとなっており、リサイクルに回っている例は少ない。今回の結果に照らせば、こうしたイベントにリ・リパックを導入すれば、エネルギー消費や CO₂ の排出量の削減はもちろん、ゴミの発生抑制を確実に実現できると言えよう。

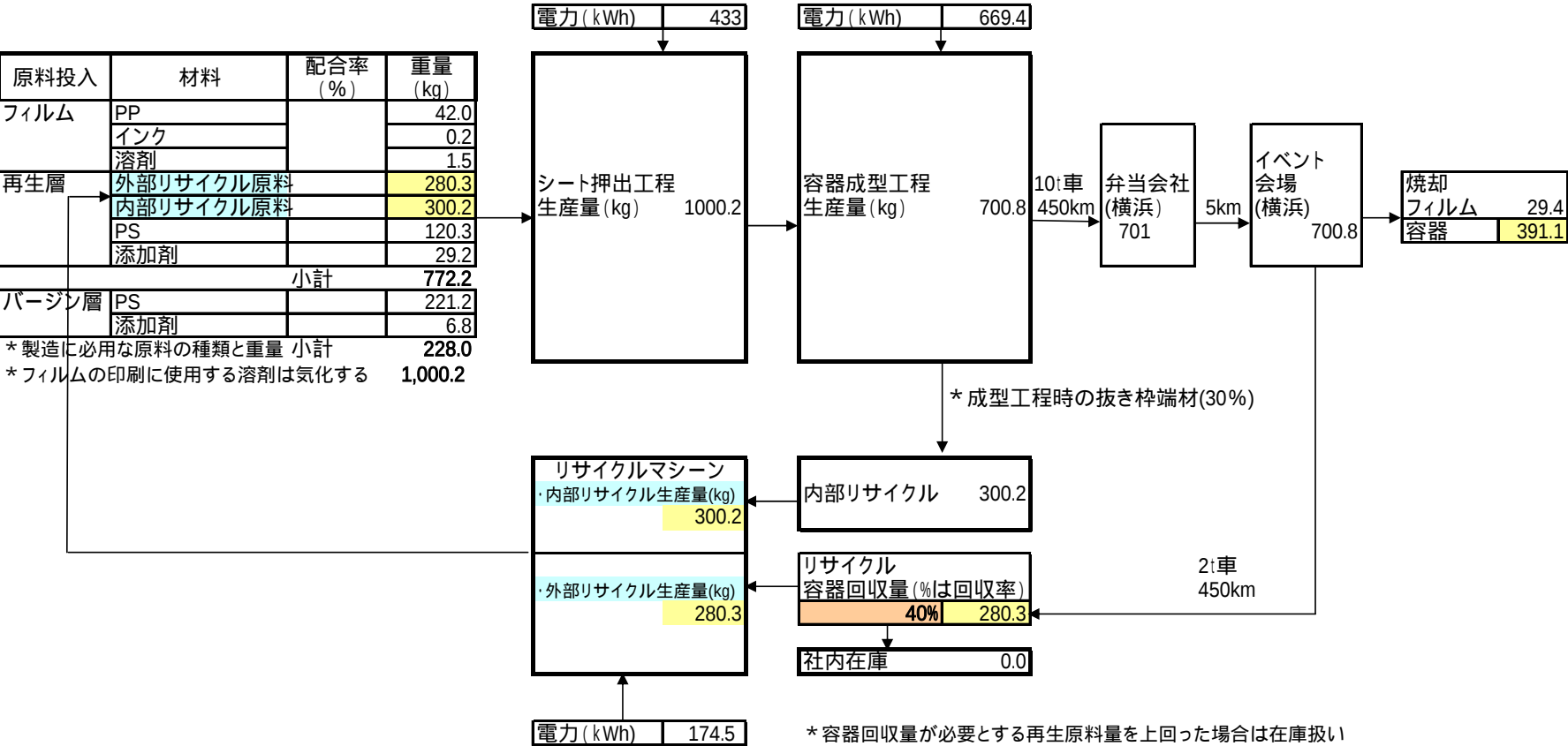
表 3 . リ・リパックの導入例と利用個数および回収率

場 所	時 期	個 数	回収率
新潟大学キャンパス内 生協組合	2000 年 4 月 ~	-	約 65% (平均値)
スーパー郷野目ストア (山形県内 5 店舗)	2000 年 12 月 ~	-	約 45% (平均値)
スーパー 紀ノ国屋 (東京都内 7 店舗)	2001 年 10 月 ~	-	約 20% (平均値)
市川臨海競技場 (千葉県、ジェフユナイテッ ド市原試合時)	2001 年 11 月 24 月	1,740	約 84%
国民文化祭やまがた	2003 年 10 月 4 ~ 13 日	24,000	約 81%
飛騨にゅうかわ宿雛まつ り (岐阜県)	2003 年 11 月 3 日	30,600	99.9%
慶応義塾大学 第 45 回三田祭 (東京都)	2003 年 11 月 21 ~ 24 日	63,870	約 75%
スーパー丸江 (岩手県内 6、宮城県内 1、計 7 店舗)	2003 年 12 月 ~	-	約 16% (平均値)
YBC おいしいものフェア (山形県)	2004 年 2 月 14 ・ 15 日	7,000	97.6%
第 16 回日本一の芋煮会 フェスティバル (山形県)	2004 年 9 月 5 日	34,500	約 80%
第 28 回白鷹鮎まつり (山形県)	2004 年 9 月 18 ~ 20 日	27,000	82.4%
横浜市緑区 区民まつり	2004 年 10 月 24 日	13,000	約 80%

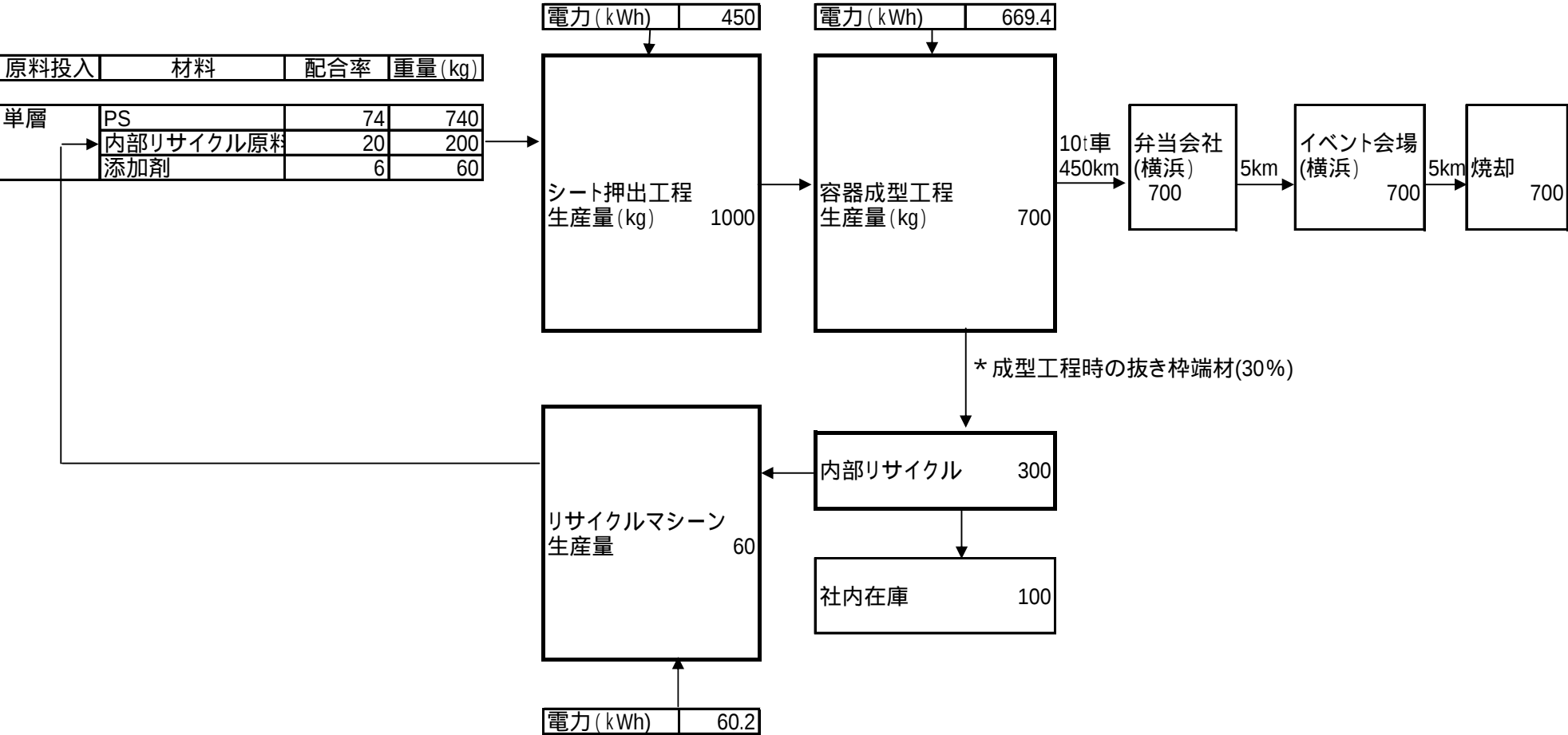
参考資料

- ・ P&P リ・リパック（弁当－4）28,000 個分（700kg）フロー図（回収率 40%の場合）
- ・ ヨコタ東北製 PS 単層（弁当－4）28,000 個分（700kg）フロー図
- ・ リ・リパックの各環境負荷量の削減率（使い捨て PS 単層を 100 とした場合、回収率 60% シナリオと比較）

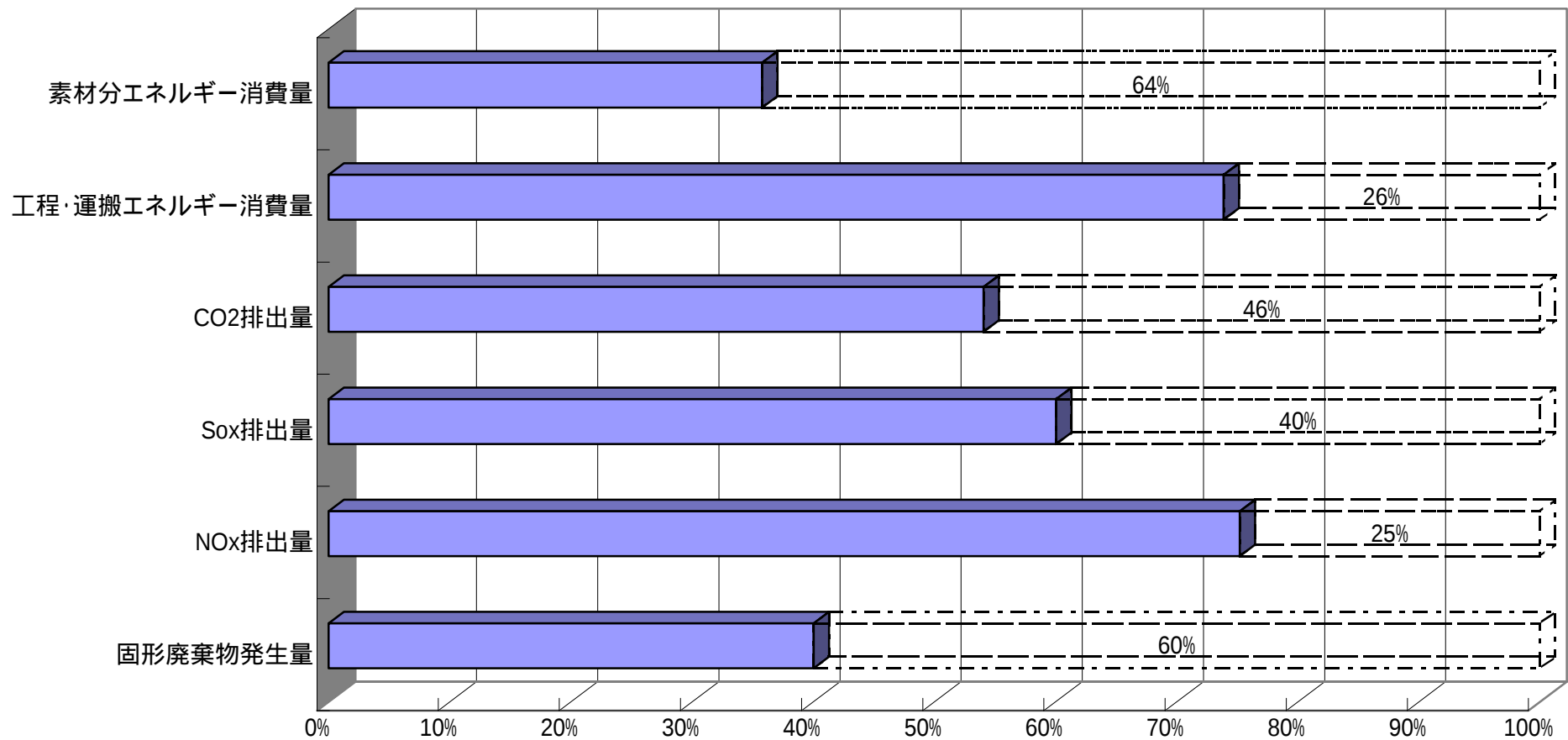
ヨコタ東北製 P&Pリ・リパック(弁当 - 4) 28,000個分(700kg) フロー図(回収率40%の場合)



ヨコタ東北製 PS単層(弁当 - 4) 28,000個分(700kg) フロー図



リ・リパックの各環境負荷量の削減率
(使い捨てPS単層を100とした場合、回収率60%シナリオと比較)



(株)ヨコタ東北製品「P&P リリパック(弁当 4)」の
環境負荷に関する検討報告書

2004 年 11 月

(財)地球・人間環境フォーラム
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-18-1 虎ノ門 10 森ビル 5 階
TEL 03-3592-9735 / FAX 03-3592-9737
<http://www.gef.or.jp>
E-mail: LEI07440@nifty.ne.jp