

ボトル用プラスチックキャップ 店頭回収・リサイクル実証報告書

2015年3月



日本スーパーマーケット協会
日本チェーンストア協会
一般社団法人 全国清涼飲料工業会
PETボトルリサイクル推進協議会
一般社団法人 日本キャップ協会
全日本プラスチックリサイクル工業会
プラスチック容器包装リサイクル推進協議会

はじめに

循環型社会の構築を目指して様々な取り組みが進展している。なかでも容器包装は、食品、飲料、洗剤、医薬品、化粧品など日々の生活に直結している中身製品を、包装・充填して各家庭まで、安全かつ効率よくスピーディに届ける役割を担っている。特に、プラスチック容器包装(以下、プラ容器包装)は、ボトルをはじめ各種フィルム類、トレイ等シート成形品など様々な材質や形状の容器包装がある。

しかし、容器包装は、消費者が使用した後は、直ちにごみとなる。とりわけプラ容器包装は<軽量>と言う素材の特質が、分別排出する際には、嵩張ったり、中身製品の汚れが取れにくいなど、消費者の排出時の取り扱いが難しいとも指摘されている。

ところでプラ容器包装に使われる樹脂素材には、多くの材質がある。リサイクルに際しては、それら多くの材質の中から、一定の材質のみを分別回収出来れば、より質の良いリサイクルができる。そうした要素を持っている代表例がPET ボトル(以下、ペットボトル)である。

ペットボトルは、プラ容器包装では<材料リサイクルの優等生>と言われ、繊維製品、シート成形品(鶏卵パックなど)にリサイクルされてきたが、昨今は、再びペットボトルにも還元されるなど、リサイクルの幅が広がっている。

そこで、ペットボトルに続く質の良いリサイクルが期待されているプラ容器包装として飲料ボトル用プラスチックキャップ(以下、プラキャップ)に着目し、新たなリサイクルの可能性を実証すべく、関係する事業者の連携で<ペットボトル用プラスチックキャップの店頭回収・リサイクル実証>に取り組んだ。

==== 目 次 ====

はじめに	1
第1章. 実証計画の概要	3
1-1. 事業目的等	3
1-2. 参加団体	3
1-3. 実証委員名簿	4
1-4. 実施期間	5
1-5. 実施店舗	5
1-6. 回収方法と回収ルート	5
1-7. 告知方法	8
1-8. リサイクル方法と最終製品	9
1-9. 検証項目	11
第2章. ボトル用プラキャップの生産・出荷動向	15
2-1. ボトル用キャップの生産・出荷の状況	15
2-2. ボトル用キャップの種類と機能	16
第3章. 実施結果	19
3-1. 実施結果の概要	19
3-2. 店舗及び物流センターでの取り組み	22
3-3. リサイクル工程と異物除去	30
3-4. 再生材（ペレット）の物性と評価	35
3-5. リサイクル製品	40
第4章. ボトル用キャップの回収・リサイクルの実証結果に関する考察	43
4-1. 店頭回収と良品率・異物混入について	43
4-2. 集荷方法について	43
4-3. リサイクル手法について	44
4-4. 再生材の品質と今後の課題	44
第5章. ボトル用キャップの回収・リサイクル実証事業の評価	46
5-1. 評価の目的	46
5-2. ライフサイクル評価の方法	46
5-3. ライフサイクル評価の結果	49
5-4. ボトル用キャップの回収・リサイクルの課題	52
	以上

第1章. 実証計画の概要

1-1. 事業目的等

清涼飲料用などのペットボトルのリサイクルが進展し、ボトル To ボトルなど水平リサイクルが実用化するなど、質、量ともに、循環型社会をリードする取り組みとなっている。

そうした中でペットボトルには欠かせない部材であるボトル用プラキャップのリサイクルにも、昨今、関心が高まっている。

プラキャップの樹脂素材は、主に高密度ポリエチレンとポリプロピレンである。これは、PETボトルリサイクル推進協議会が策定したリサイクル自主設計ガイドラインに基づき、リサイクル適性を高めるために、キャップ用素材の材質を自主的に統一使用しているからである。

プラキャップは、容器包装リサイクル法では、〈第一種PETボトル〉ではなく、〈その他プラスチック製容器包装〉に区分されている。

そこで、プラ容器包装の3R推進の一環として、関係する事業者が協力して自主取り組みによる多様なリサイクルシステムの実証に取り組むこととした。

今回の実証では、一般消費者から排出されるプラ容器包装の材料リサイクルの高度化が重要な課題となっているなかで、店頭回収されるプラキャップで質の良い材料リサイクルが出来るかを、以下の点から確認することを目指した。

即ち、〈資源循環の適性や環境影響はどうか〉、〈再生材を、どの様に評価できるか〉、〈どんな最終製品が得られるか〉、〈その経済的評価、即ち有価物として経済原則に沿ったリサイクルが可能か〉などである。

これまでプラキャップの回収・リサイクルは、草の根的な運動として進められてきたが、関係事業者による店頭回収・リサイクルの課題や評価等は行われていない。

本実証を通して、プラキャップの回収・リサイクルの適性等を検証して、多様な回収・リサイクルシステム構築の一環としたい。

今回の実証結果は、終了後、実証報告書として公開し、今後のボトル用プラキャップの回収・リサイクルの普及のためのマニュアルとして活用願いたい。

なお、本実証には、ペットボトル、プラキャップ、プラ容器包装など容器包装製造事業者をはじめ、清涼飲料など中身製造事業者、小売事業者、プラスチックリサイクル事業者など、プラキャップに関係する事業者の団体・企業が参加して行う。

1-2. 実証事業参加団体 〈下記の7団体で実証委員会を構成〉

日本チェーンストア協会、日本スーパーマーケット協会、一般社団法人全国清涼飲料工業会、PETボトルリサイクル推進協議会、一般社団法人日本キャップ協会、全日本プラスチックリサイクル工業連合会、プラスチック容器包装リサイクル推進協議会。

1-3. 実証委員名簿

プラキャップの店頭回収・リサイクル実証委員会・名簿

氏名	企業・団体名	部署・役職
栗山 正	株式会社吉野工業所	環境室長 実証委員長
藤野 雅春	一般社団法人 日本キャップ協会	事務局長 (2014年6月 退任)
山田 俊次	一般社団法人 日本キャップ協会	事務局長
吉野 文男	株式会社ヤオコー	ロジスティックス推進部戦略調達担当部長
内藤 俊之	株式会社ヤオコー	経営企画室 秘書室長
小沼 俊之	日本スーパーマーケット協会	流通推進部 部長
増田 充男	日本チェーンストア協会	執行理事 統括部長
渡辺 正治	日本チェーンストア協会	政策第三部 課長
秋田 光彦	一般社団法人 全国清涼飲料工業会	環境部長
宮澤 哲夫	PETボトル協議会	専務理事
中谷 隼	東京大学	工学系研究科 都市工学専攻 環境システム研究室 助教
大塚 一郎	大塚産業株式会社 (全日本プラスチックリサイクル工業会)	代表取締役 会長 (会長)
進藤 善夫	進栄化成株式会社	代表取締役 会長
久保 直紀	プラスチック容器包装リサイクル推進協議会	専務理事
山田 信二	プラスチック容器包装リサイクル推進協議会	企画部長

1-4. 実施予定期間

準備期間	2013年12月～2014年3月
実施期間	2014年5月～10月
集計評価	2014年11月～12月
最終報告	2015年1月～2月

1-5. 実施予定店舗

株式会社ヤオコー全店舗 136店舗(開店予定店舗含む)・・・(資料1)参照

地域別分布	埼玉県	77店舗
	東京都	7店舗
	千葉県	21店舗
	神奈川県	3店舗
	栃木県	5店舗
	群馬県	13店舗
	茨城県	7店舗



1-6. 回収方法と回収ルート

1-6-1. 店舗での回収方法

- ① 実施する各店舗に、プラキャップ専用の回収ボックスを設置する。
- ② 消費者から回収した使用済みプラキャップは専用回収袋に収納する。



回収ボックス・左
寸法・H700mm
W300mm
D400mm
収納数 2000個

回収袋・右
4,000個/袋
=10kg/袋



③ 回収されたキャップは、ヤオコーの物流便で、ヤオコーの物流センターに集荷して、専用の回収袋に収納し、リサイクル業者が集荷する。

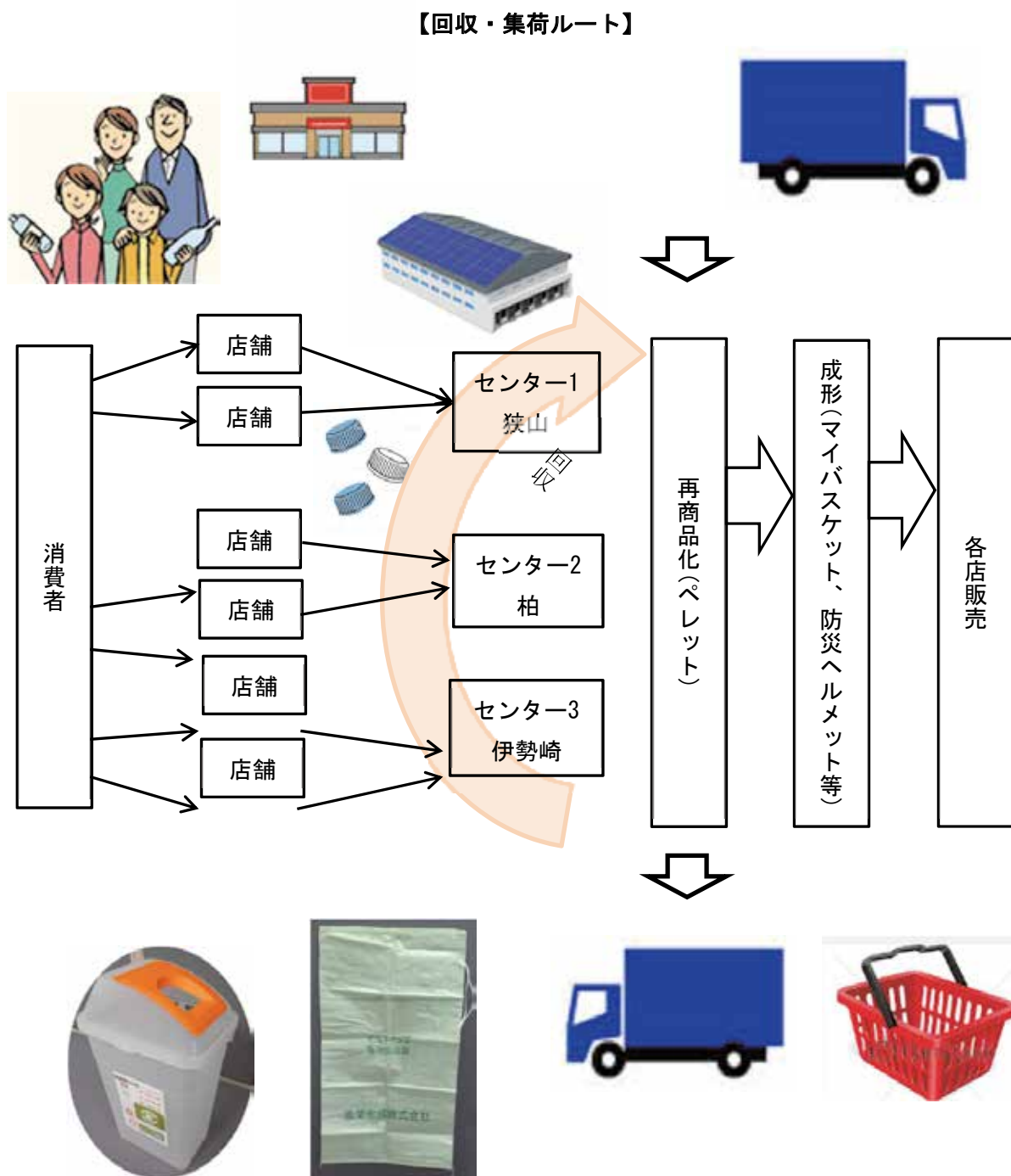
④ 回収ボックスの表示 ボックスの表面に、下記のステッカーを添付する。



=== 写真は、専用回収袋のステッカー ===

1-6-2. 店舗からの輸送（集荷ルート）

回収店舗から3ヶ所の物流センターに輸送し、リサイクル事業者が定期的に集荷する。



1-7. 告知方法

店頭にポスターを貼付し、来店者に告知する。

B4 サイズ， A4 サイズの 2 種類

【告知用ポスター】

**今すぐできる
エコ活動**

ご家庭にたまっている
ペットボトルのキャップを
回収BOXへお持ちください。

**ペットボトルの
キャップ
店頭回収
実証実験中**
実施期間
2014年9月30日まで

!Recycle!
ご注意ください。
以下のペットボトルキャップは
回収できません。

汚れや
高いが
ついたもの

飲料用
ペットボトルの
キャップ以外は
回収いたしません

**ペットボトルのキャップ
リサイクルにご協力ください。**

 日本スーパーマーケット協会  日本チェーンストア協会

1-8. リサイクル方法と最終製品

1-8-1. 回収からリサイクルまでの流れ

- ① スーパーマーケットとリサイクル事業者（本実証では、ヤオコーと進栄化成）が、回収するプラキャップを再資源化する契約を締結する。
- ② 回収されたプラキャップは、資源物（有価物）として扱われ、異物等を除去した上で、リサイクル事業者に供給される。
- ③ リサイクルされたキャップ由来のリサイクル・ペレットは、通常はプラスチック再生材料として成形加工業者などに販売されるが、今回は、最終製品に加工する。
- ④ 今回の実証では、最終製品として、マイ・バスケット、防災ヘルメットへの製品化を目指す。
- ⑤ 上記以外にも、回収店舗からの要請があれば、可能な範囲で、その他の最終製品に加工し、供給する。

※ リサイクル業者：進栄化成株式会社 成形加工業者：D I Cプラスチック株式会社



1-8-2. 最終製品

マイ・バスケット、防災ヘルメット、防災キャップ、その他の製品



マイ・バスケット



防災キャップ

1-9. 検証項目

① 回収に関する項目

- ・店頭回収実績(月別、回収重量、良品率)
- ・樹脂別回収量
- ・異物混入の状況(異物の種類、量、混入率)
- ・その他

② 輸送に関する項目

- ・店舗～物流センターへの輸送(輸送回数・距離、車両台数、コスト、積載率等)
- ・物流センター～リサイクル事業者への輸送((輸送回数・距離、車両台数、コスト、積載率等)
- ・その他

③ リサイクルに関する事項

<リサイクル設備の概要>

<前処理関係>

- ・混入異物(質、量、選別方法、異物の処分方法、水、廃棄物、コスト等)
- ・前処理方法(設備等)

<再生材料>

- ・再生ペレット製造量
- ・再生ペレット材料の品質(素材別物性値、外観、など)
- ・再生ペレットの評価・用途(解析、用途、課題など)

④ 環境負荷

LCA手法による環境負荷の把握(GHG or CO2 換算)

- ・各工程でのインベントリデータの把握 ⇒ 各工程での1次データ
- ・環境負荷に関する評価

⑤ 評価方法

- ・本事業の結果については、最終的には第三者に評価頂く。
- ・1次評価は、実証委員会が行う
- ・最終的な第三者評価は、東京大学工学部の中谷隼助教に委託する。
- ・本実証の結果は、評価報告書として公開する。
- ・本実証で得られたノウハウは、マニュアルとして原則公開とする。

株式会社ヤオコー店舗名簿

【資料1】

本社 埼玉県川越市脇田本町1番地5

埼玉県の店舗

伊奈町	伊奈店	狭山市	狭山店
入間市	入間下藤沢店	狭山市	入曽店
入間市	入間仏子店	志木市	志木宗岡店
小川町	小川SC	白岡市	新白岡店
小川町	みどりが丘店	草加市	草加原町店
越生町	越生店	秩父市	秩父上野町店
春日部市	南桜井店	秩父市	秩父大野原店
上里町	上里店	鶴ヶ島市	若葉駅西口店
川口市	川口朝日店	鶴ヶ島市	一本松南店
川口市	川口本町店	鶴ヶ島市	ワカバウオーク店
川越市	川越新宿店	所沢市	所沢松井店
川越市	川越南古谷店	所沢市	所沢北原店
川越市	くら市場 昭和蔵	所沢市	所沢椿峰店
川越市	川越的場店	所沢市	東所沢店
川越市	川越山田店	所沢市	所沢美原店
川島町	川島店	戸田市	戸田駅前店
北本市	北本店	滑川町	つきのわ駅前店
行田市	行田門井店	新座市	新座店
行田市	行田藤原店	新座市	新座栗原店
久喜市	菖蒲店	羽生市	羽生店
熊谷市	熊谷ニットーモール店	飯能市	飯能店
熊谷市	籠原店	日高市	高麗川店
熊谷市	熊谷箱田店	深谷市	深谷上野台店
鴻巣市	鴻巣吹上店	深谷市	岡部店
鴻巣市	鴻巣逆川店	深谷市	深谷国済寺店
越谷市	越谷蒲生店	富士見市	富士見羽沢店
さいたま市	岩槻西町店	ふじみ野市	上福岡西口店
さいたま市	浦和上木崎店	ふじみ野市	上福岡駒林店
さいたま市	大宮上小町店	本庄市	児玉バイパス店
さいたま市	大宮大成店	本庄市	児玉南店
さいたま市	大宮盆栽町店	三郷市	三郷中央店

さいたま市	大宮宮原店	皆野町	皆野店
さいたま市	浦和大久保店	三芳町	三芳藤久保店
さいたま市	大宮島町店	毛呂山町	長瀬店
さいたま市	大宮蓮沼店	寄居町	寄居店
坂戸市	坂戸泉店	嵐山町	嵐山バイパス店
坂戸市	坂戸千代田店	嵐山町	嵐山東口店
幸手市	幸手店	蕨市	蕨南町店
狭山市	北入曽店		

群馬県の店舗

千葉県の店舗

安中市	安中店	市川市	市川新田店
太田市	太田小舞木店	市川市	市川田尻店
桐生市	桐生相生店	市川市	市川中国分店
桐生市	桐生境野店	市原市	ユニモチはら台店
高崎市	高崎飯塚店	印西市	牧の原モア店
高崎市	高崎井野店	浦安市	浦安東野店
高崎市	高崎高関店	柏市	柏若葉町店
富岡市	富岡店	柏市	モラージュ柏店
中之条町	中之条店	佐倉市	佐倉染井野店
前橋市	前橋関根店	千葉市	学園前店
前橋市	前橋箱田店	千葉市	おゆみ野店
前橋市	前橋日吉店	千葉市	稲毛海岸店
前橋市	前橋六供店	千葉市	みつわ台店
栃木県の店舗		富里市	成田駅前店
足利市	足利店	成田市	成田はなのき台店
足利市	足利大前店	野田市	野田つつみ野店
足利市	足利八幡店	船橋市	船橋三咲店
佐野市	佐野浅沼店	船橋市	船橋三山店
野木町	野木店	松戸市	松戸稔台店
茨城県の店舗		八千代市	八千代大和田店
古河市	古河松並店	四街道市	四街道店
利根町	利根店	東京都の店舗	
取手市	取手青柳店	昭島市	西武立川駅前店
取手市	取手戸頭店	稲城市	フレスポ若葉台店
取手市	藤代店	青梅市	青梅今寺店

竜ヶ崎市	竜ヶ崎店	小平市	小平回田店
竜ヶ崎市	竜ヶ崎佐貫店	立川市	立川若葉町店
神奈川県のお店		八王子市	八王子並木町店
		東大和市	東大和店
相模原市	相模原鹿沼台店		
相模原市	相模原下九沢店		
平塚市	平塚宮松町店		

第2章. ボトル用プラキャップの生産・出荷動向

ボトル用プラスチックキャップの生産、出荷の概要を紹介する。

2-1. ボトル用プラキャップ生産・出荷の概況

飲料用ボトルなどのキャップには、メタル（金属）製のキャップとプラスチック製のキャップの2種類がある。

本実証は、ボトル用のプラキャップの店頭回収・リサイクルの可能性について実証する目的で、そのリサイクル適性やLCA視点からの環境負荷などを把握する。

そこで、ここでは、日本キャップ協会が会員企業から集計した飲料用ボトルなどのプラキャップの生産・出荷の概要を示す。

・プラキャップの需要

2011年度の各種ボトル用のプラキャップの種類と推定需要量及び生産重量は、表1の通り、推定総量で247億5千万個（83,100トン）であった。

うち最も多かったのは、清涼飲料ボトル向けで、192億個（57,800トン）、内訳はペットボトルが99%で、輸入品が10億個ほどあった。キャップ1個あたりの平均重量は、軽量化が進み、現在は約2.3gである。（なお、下記の2011年度の推定需要は平均3gで試算）。

また、清涼飲料用ボトル以外では、酒類用が12億5千万個、調味料用30億個、牛乳用（13億個）などがあり、これらの合計で55億5千万個（26,300トン）であった。

また、2014年度の清涼飲料用ボトル向けは、210億個（約63,000トン）で、今後も清涼飲料用ボトル用途を中心に、キャップ市場が使われていく見通しである。

表1 2011年度の用途別市場（推定）

日本キャップ協会・資料

	容器	推定需要 (百万個)	重量 (t)	摘要
清涼飲料	ペットボトル	19,000	57,000	輸入品約1,000百万個 1個・約.3gで算出。
同	その他	200	800	
小計		19,200	57,800	
酒類	ペット、ガラス	1,250	5,000	
調味料	ペット、プラ、ガラス	3,000	18,000	
牛乳類	ガラス他	1,300	3,300	回収システムあり
小計	-	5,550	26,300	
総合計	-	24,750	83,100	

2-2. ボトル用プラキャップの種類と機能

プラキャップの主な種類と機能を、下記に示す。

- 1・スクリューキャップ =主に薬用瓶に使用される。
- 2・プルキャップ =2ピースからなり、プルタブとそれに連なるスコアをもつ開蓋容易なキャップ。使用後は、キャップを容器から分別廃棄できるタイプもある。
主に調味料容器に使用される。
- 3・プルヒンジキャップ =上蓋とキャップ本体がヒンジで連結された1ピースからなるキャップ。使用後は、キャップを容器から分別廃棄できるタイプもある。
主に調味料容器に使用される。
- 4・1ピーススクリューキャップ =キャップシェル下端に弱化部を介してタンパーエビデンスバンドをもち、開栓時に弱化部が破断して、破断状況によって開栓履歴を判別できる。
主に飲料用ボトルに使用される。
- 5・2ピーススクリューキャップ =シール部がキャップ本体と別の材料から形成され、密封性が優れたキャップ。主に飲料用ボトルに使用される。
- 6・パウチ用スパウトキャップ =スパウト付パウチのキャップ。流動食、飲料、ドレッシング、化粧品、シャンプーなどのパウチに使用される。
- 7・牛乳キャップ =宅配を中心としたガラス瓶用1ピースキャップで、キャップが瓶口を覆っているため、瓶口を保護し、瓶のリユースに優れているキャップ。牛乳瓶に使用される。
- 8・チャイルドレジスタントキャップ =内蓋と外蓋からなり、外蓋を押し下げながら回さないと開栓できない2重構造のキャップ。押し下げずに開けようとするをクリック音が出るようになっている。

清涼飲料用キャップについて (清涼飲料用キャップの未開栓、開栓済みの見分け方)



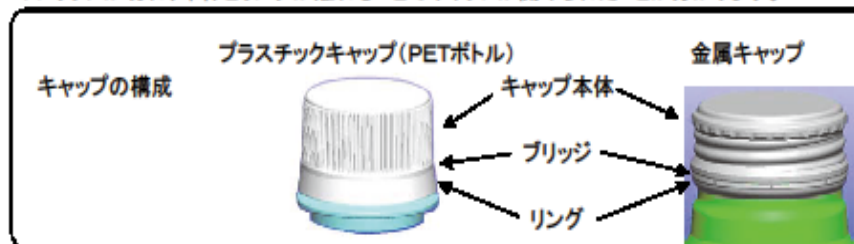
日本キャップ協会

清涼飲料用のキャップには、中身を保持する密封機能、飲むために開ける機能、もう一度締める機能、一度開けたことが分かる機能等を盛り込んでいます。このような機能を有するキャップを、私どもキャップメーカーは日頃より製品管理に万全を期し、飲料メーカー様のお手元にお届けしております。

ここに、清涼飲料用にお使いいただいています代表的なキャップについて、**未開栓の状態と開栓済みの状態**をお客様ご自身でご確認いただけますようご説明致します。お客様が清涼飲料をお飲みになる前に未開栓の状態をご確認ください。

清涼飲料用キャップの開栓されたこと分かる機構

清涼飲料用キャップはねじのあるキャップの本体とその下側にあるリングで構成されています。キャップ本体とリングはいくつかの細いつなぎ目(「ブリッジ」と呼びます)でつながり、キャップを初めて開けたときにこのブリッジが切れ、本体とリングが離れることでキャップが開けられたことが分かります。



以下に代表的なキャップについてご説明します。

タイプ1 プラスチックキャップ(PETボトル)

(A) 未開栓の状態

- ① キャップ本体とリングが「ブリッジ」でつながっています。
- ② 開栓するとき、キャップ本体とリングをつなげているブリッジが切れます。そのとき、手にわずかな振動が伝わり、かすかなカチッという音がします。

(B) 開栓済みの状態

- ① キャップ本体とリングが離れています。
- ② リングを手で廻すとリングのみが廻ります。



日本キャップ協会

タイプ2 プラスチックキャップ(PETボトル)

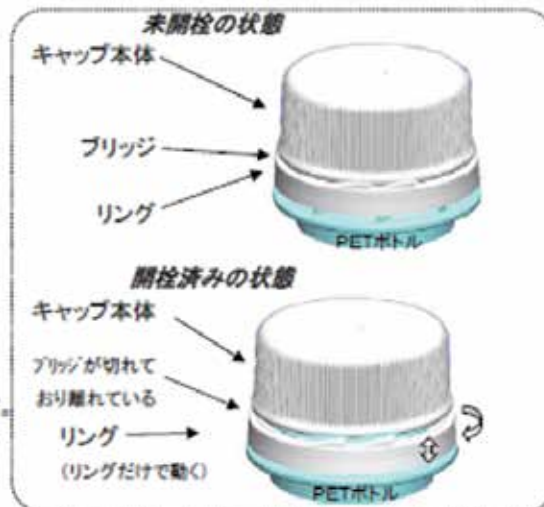
未開栓の状態ではキャップ本体とリングの間に少し隙間がある

(A) 未開栓の状態

- ① キャップ本体とリングが「ブリッジ」でつながっています。
- ② 開栓するとき、キャップ本体とリングをつなげているブリッジが切れます。そのとき、手にわずかな振動が伝わり、かすかなカチッという音がします。

(B) 開栓済みの状態

- ① キャップ本体とリングが離れています。
- ② リングを手で廻すとリングのみが少し動きます。



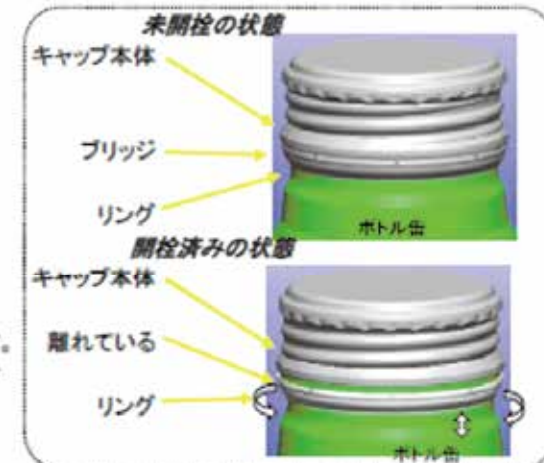
タイプ3 金属キャップ(ボトル缶)

(A) 未開栓の状態

- ① キャップ本体とリングが「ブリッジ」でつながっています。
- ② 開栓するとき、キャップ本体とリングをつなげているブリッジが切れます。そのとき、手に振動が伝わりカチカチと音がします。

(B) 開栓済みの状態

- ① キャップ本体とリングが離れています。
- ② リングを手で廻すとリングのみが動きます。



タイプ4 金属キャップ(ガラスびん)

(A) 未開栓の状態

- ① キャップ本体とリングが「ブリッジ」でつながっています。
- ② 開栓するとき、キャップ本体とリングをつないでいるブリッジが切れ、リングが割れます。そのとき、手に振動が伝わりカチカチと音がします。

(B) 開栓済みの状態

- ① キャップ本体とリングが一箇所のみでつながり、ほとんどが離れて、リングが割れています。
- ② リングを手で触れるとリングのみが少し動きます。

※リングが取り外されることがあります。



第3章. 実施結果

3-1. 実施結果の概要

実証の結果概要を、以下に示す。

実施計画に基づいて、(株)ヤオコーの全店舗（開始時 136 店舗、期間中に 1 店舗増えて 137 店舗）で店頭回収を実施した。

スタート時期は、当初予定した 4 月初めのスタートを、消費税率の引き上げに伴う店舗での作業負荷を軽減するために、1 か月ズラして、連休明けの 5 月 7 日からスタート、10 月 31 日までの 178 日間（約 6 か月）とした。

総回収重量は、17,530 kg で、一日あたり 98.48 kg（キャップ換算・42,817 個相当）、一日一店舗あたり 0.72 kg（同 313 個相当）であった。

回収されたキャップで、リサイクル材に向けられた適品は 17,403.3 kg（良品率 99.28%）と高いレベルになった。

また、懸念された異物混入は、全期間を通して、合計 126.4 kg（異物混入率 0.72%）と当初の想定を大きく下回る好結果となった。

このことから、ボトル用プラキャップの店頭回収では、良品の回収率が高く、質の良い効率的なリサイクルが期待できる結果が得られた。

一方、回収されたキャップからリサイクルされた再生ペレットは、総量が 17,000 kg で、総回収重量の 97.0%と、かなり高い収率（ペレットへのリサイクル率）となった。混入異物を取り除いた重量 17,403.3 kg（17,530kg-126.7kg）に対する収率は、97.7%であった。

このリサイクル・ペレットの材質は、65%が高密度ポリエチレン（HDPE：ホワイト 38%、グリーン 27%）、35%がポリプロピレン（PP；ホワイト 28%、ブラウン 7%）であった。

ボトル用キャップの素材は、HDPE が多く、次いで PP であることが確認できた。ちなみにキャップの出荷でも、主たる材質は HDPE のホワイトが主流とのこと。

リサイクル・ペレットを用いた最終製品としては、当初、マイ・バスケット、防災キャップ等を予定していたが、得られたリサイクル材の品質が良く、物性などの仕様も比較的良好いことから、全量を店舗の業務用クレート用に向けた。

なお、回収からペレット化工程に係る総費用は、概算で kg 50~55 円と試算され、得られたリサイクル材の品質から、想定売価が kg 100 円台で取引できる可能性が高く、ボトル用プラキャップが質の良いリサイクル材と位置付けられ、経済原則に即したリサイクルシステムの構築が期待される。

＜実施結果の概要＞

1) 店頭回収実施期間・・・2014年5月7日(水)～10月31日(金)の178日間(約6か月)

2) 実施店舗・・・137店舗(期間中に一店舗開店し、店舗数が増加した)

3) 回収数量・・・総回収重量：17,530Kg(178日間) 推定7,621,739個
混入異物重量：126.4Kg

良品重量：17,403.3Kg

良品率：99.28%

4) 回収明細・・・一店当り：17,530Kg/137店舗＝127.96Kg/店
一日当り：17,530Kg/178日＝98.48Kg/日
一日・一店舗当たり：98.48Kg/137店舗＝0.72Kg/店・日
(一日一店舗で、313個相当)



(写真は、ヤオコー)

5) リサイクル・ペレット製造量

17,000 kg (回収量比：97.0%)

材質内訳：HDPE：11,050 kg (構成比 65%)

：PP：5,950 kg {構成比 35%}

合計 17,000 kg



(写真は、リサイクルペレット：左PP白、右HDPE白)



(写真は、リサイクルペレット：左 PP 茶、右 HDPE グリーン)

6) 最終製品

店舗用（業務用）クレート（コンテナ・写真下）

当初計画したマイ・バスケット、防災ヘルメットは作成せず。



3-2. 店舗及び物流センターでの取り組み

3-2-1. 店舗での取り組み



店舗での回収に際しては、店舗入り口（風除スペース等）やレジを出た後の整理台などに専用のポスターを貼付して、来店する消費者に告知する方法が採られた。ポスターは、B4サイズとA4サイズの2種類が用意された。

店舗入り口には、ポスターと専用の回収ボックス（透明タイプ）を一緒に置くなど、来店者に分かり易い様、工夫されていた。

ボトル用キャップの回収ボックスとペットボトルの回収ボックスを、セットで設置することで、よりわかり易くなる様、配置されていた。

店舗で回収されたキャップは、各店舗でポリ袋に収納され、一定量（1袋以上）になるとヤオコーの社内物流便で物流センターに送られる。

また、店舗の作業を軽減するため、目立つ異物類のみ目視で取り除き、物流センターに送っている。（写真上は、ヤオコー的場店）

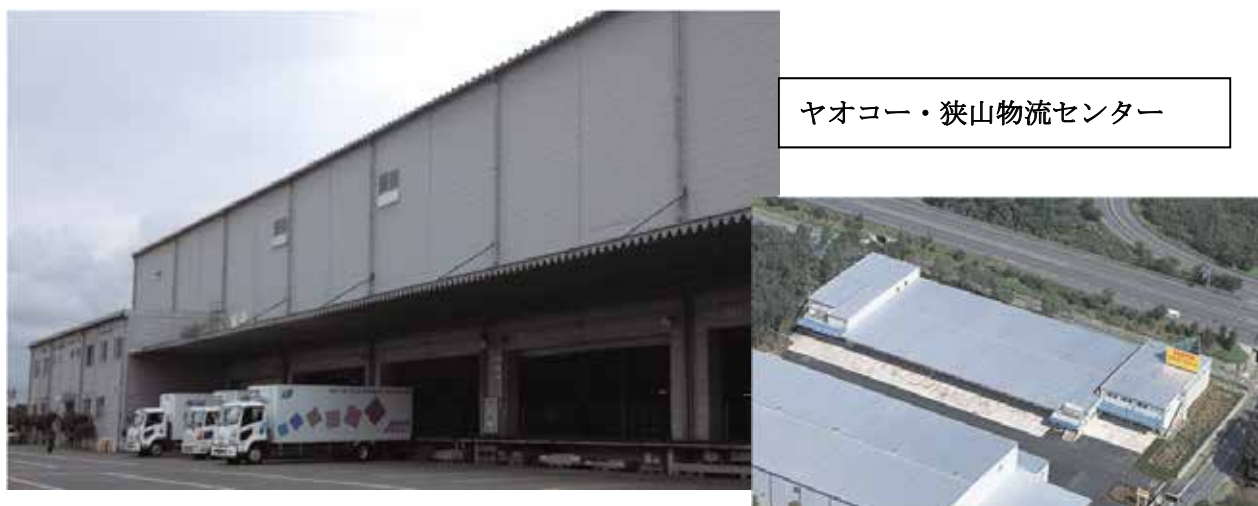
アルミキャップやレシートなどの小さな異物類は、物流センターでの目視選別やリサイクル工程での機械選別によって異物を除去した。

左：的場店に入り口に設置された回収ボックスとポスター。
右：回収ボックス内のキャップ



3-2-2. 物流センターでの取り組み

ヤオコーでは、137店舗を3つのエリアに分けて商品等を配送する物流体制を構築しており、各エリアでは、その物流拠点として狭山、伊勢崎、千葉の3ヶ所に物流センターをけている。



各物流センターでは、プラキャップ、ペットボトル、食品トレイ、段ボール、アルミ缶など店頭で回収されたものが、集荷されてくる。このためセンターでは、集荷されてくる品目別に専用の保管スペース（写真右）を設け、ペットボトルについてはベール化している。

ペットボトルの場合、容積を減らすため、専任の作業スタッフが選別・減容ラインでベール化して、資源として引き渡し易い様に加工している。このラインは、ヤオコーが自ら投資して設置している。



ちなみにペットボトルは、100 cm四方のベールになり、1ベール約200本程度とのこと。



写真 ペットボトルの圧縮・ベール機

今回の実証対象であるボトル用キャップは、受け入れるリサイクル事業者の進栄化成が支給した専用の通い袋に収納して、集荷



することになっており、収納作業はペットボトルのべール化担当者が行っていた。



専用袋に収納されたキャップ（1袋あたり4000個・約10kg）は、リサイクル事業者が有価で買い取る。今回の実証では、100～200袋程度集まるとリサイクル事業者の進栄化成が有価で買取り、集荷する。（写真・左）

買取価格は、当初計画ではkg 20円と想定していたが、品質、回収数量等を勘案して、最終的にkg 30円台にしたとのこと。



写真左・右
専用の回収袋に収納されたキャップ



写真左・右
べール化されたペットボトルと選別された異物類



・物流センター別の回収数量

今回の実証では、店頭回収で得られたキャップの数量（回収重量）及びその汚れや異物混入などの状況を確認し、店頭回収・リサイクルシステムの可能性や課題を探ることを目指したが、予想以上の好結果が得られた。

6ヶ月間での総回収重量は、17,530 kgだった。このうち良品重量は17,403 kg（良品率99.28%）で、店頭回収によるプラ容器包装の良品率としては、かなり高いレベルとなった。



これらのキャップは、ヤオコーの各店舗から物流センターに社内物流便で輸送され、センターで異物等の目視選別を手作業で行った後、専用の通い袋に収納されて、リサイクル事業者の進栄化成(株)が有価で買い取り、自社に持ち帰った。

表2 <物流センター別の回収重量>

単位：Kg

物流センター	進栄化成 引取回数	回収重量	異物重量	良品重量	良品率	回収袋数
狭山	9回	8,600	48.0	8,552	99.44%	860
伊勢崎	3回	3,250	41.7	3,208	98.72%	325
千葉	8回	5,680	38.0	5,643	99.35%	568
合計	20回	17,530	127.7	17,403	99.28%	1,753

センター別の回収重量は、狭山センターが8,600 kg、伊勢崎センターが3,250 kg、千葉センターが5,680 kgで、合計では17,530 kgであった。

これは、

- 1・容り法に基づくペットボトルの分別収集・リサイクルが進み、キャップに対する消費者の認知度が上がってきた。
- 2・ペットボトルと一緒に店頭で持参できるので、取り組み易い。
- 3・キャップの材質、形状、色などが、わかり易く、消費者が識別し易い。などの理由によると考えられる。

- ・ 物流センターでの作業（狭山センター）

物流センターでの作業工程

入荷 ⇒ 一時保管（指定場所）⇒ 目視選別・専用袋への詰め替え ⇒ 保管 ⇒ 出荷

狭山物流センターの場合、センターのプラットフォームの指定保管スペース（店頭回収されたペットボトル及びキャップの保管スペースとして仕切られた場所）に入荷したペットボトルとキャップを、カゴ車で作業スペースの奥に設置したくペットボトルの選別・圧縮ライン（写真左）とくキャップの選別・詰め替えスペース（写真下）で、ペットボトルは、選別して圧縮バール化し、キャップは目視選別して専用袋に詰め替えられる。これらの作業は、選任スタッフが担当している。



専用の回収袋の保管数が 100 袋以上になった時点で、センターからリサイクル事業者に連絡して引取られることになっている。



進栄化成が物流センターから引き取った回数は、全体で 20 回（狭山センター9 回、伊勢崎センター3 回、千葉センター8 回）。1 回当たりの引取り重量は平均 876.5 kgであった。通い袋の収納量を 10 kgとすると、1 回当たり 87.6 袋となる。

・異物混入の状況

各物流センターで選別された異物類のセンター別の内訳は、表3の通りである。

これを見ると、最も多かった異物が、乾電池とペットボトルで計 63.1 kg（総回収量の 0.36%）、次いでポリ袋・レジ袋で 37 kg（同 0.2%）、紙類 14.3 kg（同 0.08%）、アルミ類 13.4 kg（同 0.07%）であった。

表3 <回収された異物類のセンター別内訳>

単位：Kg

物流センター	ポリ袋・レジ袋	アルミ(キャップ・ルタブ)	紙類	その他(乾電池・ペットボトル)
狭山	14.2	6.4	6.9	20.5
伊勢崎	15.9	1.7	4.9	19.2
千葉	6.9	5.2	2.5	23.4
合計	37.0	13.4	14.3	63.1



写真・左、中 回収されたキャップに混入した金属製品

異物の混入度は、当初に想定した 3~5%程度を大きく下回っており、店頭など独自のルートで回収されている他のプラスチック容器包装に比べても異物混入が少なく、プラキャップの回収・リサイクルの効率が良いことを示しており、今後、プラキャップのリサイクルが進展すると考えられる。

写真右は混入したフィルム類



・物流センターからの輸送

各物流センターからリサイクル工場(進栄化成)に輸送する際の輸送コスト(店舗・センター間の輸送コストは算定していない)は、表4の通りであった。

表4 <輸送ルート別・店舗別：輸送量及び輸送コスト>

	店舗⇒センター	センター～回収工場			回収工場～製品工場		
	輸送量	輸送量	総費用	Kg 単価	輸送量	費用	Kg 単価
狭山	8,600	8,600	108	12.56	17,000	80	4.56
伊勢崎	3,250	3,250	45	13.85			
千葉	5,680	5,680	96	16.90			
合計	17,530	17,530	249	14.20	17,000	80	4.56

量・・・Kg/期間 コスト・・・千円/kg、期間

店舗からセンターまでの輸送コストは、内部化されており、混載された積荷に占めるキャップの容積比が低いこともあり、今回の実証では、輸送コストには計上していない。

これによると、各物流センターからリサイクル工場までの輸送費用は、総額 24.9 万円で、kg あたり 14.2 円であった。

センター別の kg あたりの輸送コストでは、狭山センターからの輸送コストが最も少なく、次いで伊勢崎、千葉の順であった。

表5 <輸送トラックの種別、燃費、輸送距離、積載率>

		車両(トン)	燃費	輸送距離	積載率
センター～回収工場	狭山	4トン車	4km/ℓ	40 km	23%
	伊勢崎			76 km	27%
	千葉			45 km	17%
回収工場～製品工場		4トン車	4km/ℓ	50 km	100%

また、各センターからの輸送に係る環境負荷を算出するためのデータとして、各センター別の燃費、輸送距離、積載率を把握した。

それによると、集荷に使用した車両は全て4トトラックで、1Lあたりの燃費を4km(GFP原単位)として、積載率を実際の積載量から算出した。センター別の積載率は狭山23%、伊勢崎27%、千葉17%であった。

なお、各センターからの輸送距離は、狭山 40 km、伊勢崎 76 km、千葉 45 kmで、これを基に、環境負荷を算出した。その詳細は、第 5 章に記載した。

- ・回収したキャップの買い取りについて

回収したキャップは、リサイクル業者の進栄化成が、全量ヤオコーから買い取った。買い取り価格は、当初計画では、kg20 円と設定したが、回収された製品の品質（異物混入が少なく、汚れが少ないなど良品の状態）などから、kg30 円台にした。なお、各センターからの輸送費は、進栄化成が負担した。

ちなみに、リサイクルされた再生ペレットの最終製品の成形工場までの輸送費は、総額で 8 万円、kg あたり 4.56 円であった。

今回の様に、通い容器タイプの専用回収袋（サイズは、10kg 仕様と 6kg 仕様の 2 種類がある）を用いた集荷システムの確立で、店頭回収したキャップの収納、保管が簡便になり、かつ 1 袋約 10kg（今回はすべて 10kg 仕様）と収納量が統一される（6kg 仕様は、今回の実証では使用せず）ことなどで、効率的な回収・集荷システムが整い、回収品が有価であることと併せて、新たなリサイクルシステムの構築が期待できると考えられる。

3-3. リサイクル工程と異物除去

回収されたキャップのリサイクルは、進栄化成が担当した。進栄化成は、プラスチック再生材の専門メーカーで、ボトルキャップのリサイクルでは、最大手クラスのリサイクル事業者である。

<リサイクル事業者> 進栄化成株式会社

<http://www.shineikasei.co.jp/html/company.html>

進栄化成株式会社 創業：昭和45年12月 代表取締役 進藤 浩

事業内容 プラスチックリサイクル原料の製造及び販売

本 社 東京都足立区梅田5丁目17番12号 TEL 03-3849-3600 FAX 03-3889-5640

埼玉工場 埼玉県春日部市南栄町13番13号 TEL 048-763-0091 FAX 048-763-1962

埼玉第二工場 埼玉県春日部市南栄町14番2号 TEL 048-763-0779

栃木工場 栃木県下野市細谷591 TEL 0285-52-1031 FAX 0285-52-1032

加盟団体 ・全日本プラスチックリサイクル工業会 <http://www.jptra.biz>

・関東プラスチックリサイクル協同組合

・平成13年10月 リサイクル推進協議会会長賞受賞

・平成19年2月 子会社 (株)進栄環境設立

・キャップリサイクルの手法

進栄化成は、主力工場である埼玉工場（春日部市）に、プラキャップの専用リサイクルラインを設置している。

現在の埼玉工場の設備は、進栄化成が2010年度に導入した自動選別を含む独自のリサイクルラインで、中核の工程は、進栄化成が設計・開発している。

特に、搬入されたキャップを自動的に選別するラインは、キャップの色、樹脂材質などを、近赤外線を利用して効率よく機械で自動的に選別するシステムで、この装置を核とする選別ラインを実用化したことで、同社のキャップのリサイクルの高度化、効率化が進んだと言う。

さらに、近赤外線による選別工程の効率化を図るために同社が設計したプラキャップ専用の自動前処理ラインは、キャップ以外の異物類の除去やキャップを自動的に整列するラインなど、プラスチックのリサイクル設備としてはユニークなものだが、これらの組み合わせで、より効率良いキャップのリサイクルを実現した、と言えよう。

・進栄化成のリサイクル工程

1. 受入・保管（物流センターから搬入、埼玉工場に受入・保管）
2. 開封・投入（専用袋を開封、目視で異物除去後、再生ラインに投入）
↓
3. 一次選別（トロンメルで 50 mmアンダーの異物を除去後、自動整列機に自動搬送）
↓
4. 材質選別（自動整列機で整列後、近赤外線自動選別ラインに送り、樹脂別・色別に 4 種に自動的に選別、選別物毎に 4 つの専用タンクに収納）
↓

5. 粉碎・比重選別・洗浄・脱水

（選別物別に粉碎し、比重選別ラインで、微細な異物、PET フィルム片、アルミなどを除去し、洗浄・脱水してタンク等に一時保管）



食品付着物・土砂などの洗浄
金属類は比重分別



乾燥工程



ペレット化工程

- ↓
6. 原料・添加剤等を配合
（一時保管後、設計する再生材に必要な原料・添加剤等を添加）
↓
 7. ペレット加工
（材質別に押出機に投入し、加熱・押出加工してペレットに造粒。
ペレットへの造粒加工は、ストランドとホットカットの 2 方式）

・異物除去と材質選別の工程

進栄化成のキャップのリサイクル工程は、一般的な産業系廃プラ再生材のリサイクル工程を基軸に、キャップのリサイクルに適したノウハウを加味した独自のラインである。

受け入れたキャップは、専用の回収袋を開封して、独自に設計したトロンメル（円筒形の回転篩装置・写真下）に投入される。トロンメルの外観は、一般的な装置と殆ど変わらないが、壁面の開口部の形状が工夫されており、キャップに挟まった小さな異物類などを効率よく除去できるため、投入時の人手による選別作業が大幅に軽減できたと言う。



ちなみにトロンメルでは、開封・投入されたキャップを、回転篩によって、50 mm以下の異物類、キャップに挟まっている小サイズのキャップ、小物類、フィルム片などが除去される。

トロンメルで異物等を除去した後、キャップを材質別、色別に4種類に自動仕分けする工程になる。この工程が、進栄化成の

最大の特長であり、武器である。

キャップは、トロンメルから、スクリー・コンベアで自動整列機に送られる。整列機は、自動麻雀機で牌を整列する工程をイメージすると良く分かる。（写真左は投入工程 右は整列機）



整列したキャップは、1個ずつ整列し、そのラインの先



に4個の近赤外線選別機が設置されている。選別機は、HDPE・白、HDPE・グリーン、PP・白、PP・茶の4種類に自動的に選別され、各フレコンバッグに収納される。

なお、選別漏れの良品類は、再度、整列ラインに戻して、ラインに載せてリサイクルされ、それ以外の異物類は材質毎に再資源化される。

整列したキャップを材質別、色別の4種に選別するラインや、整列機や自動搬送ラインの設計などにも、経験値に基づくノウハウが盛り込まれている。

近赤外線を活用した同社独自の機構など、同社のラインは、長年取り組んできたキャップリサイクルで得たノウハウを生かした構成になっており、このラインでは、ほぼ100%近い自動選別が実現し、省力化が進んだ。

この工程は、キャップに特化したものだが、進栄化成のノウハウを生かした効率的なりサイクルシステムとして評価できる。



写真は、近赤外線を利用した樹脂材質に選別ライン。
4種類の材質に選別され、フレコンバッグに収納される。

今回の実証で回収された異物は、物流センターで除去したのものもあるが、多くは進栄化成でのリサイクル工程で除去された。それらの異物の種類と除去方法は、表6の通りである。

表6 <異物の除去方法及び必要なエネルギー（電力）>

除去方法	使用機械	消費電力 kwh	稼働時間	コスト
機械選別	トロンメル型	1.5kwh	8時間	電気・投入人員
機械選別	キャップ分別装置	6.0kwh	8時間	電気のみ

リサイクル工程での異物除去の手法は、主にトロンメルによる除去と、近赤外線による機械的選別の2段階となっているが、さらに、後工程の比重選別・洗浄ラインでも、キャップに付着したPET等のフィルムやボトルのチップなどを分離する工程がある。ここでは、トロンメルと近赤外線による選別工程について記載した。

この工程では、集荷されたキャップを専用の回収袋から、トロンメルに手投入するが、以後はすべて機械によって選別している。

除去された異物は、ポリ袋・レジ袋、アルミ等のキャップ類、紙類、その他（ペットボトル、乾電池）などで、それらは、自社、または他の事業者で再資源化した。

表7 <除去した異物の処理方法（種類別）>

主な異物明細	処理方法
ポリ袋・レジ袋	進栄化成でリサイクル原料として使用
アルミ(キャッププルタブ)	金属リサイクル会社へ販売
紙類	古紙会社へ販売
その他(ペットボトル・乾電池)	ペットボトルリサイクル会社へ販売・ 電池処理業者へ処理依頼

・ペレット化の工程

4種類の材質に分けられたキャップは、材質別に粉砕、洗浄される。洗浄の後工程では、キャップに付着・混入したラベルの PET 類等のフィルム片や PET ボトルのチップなどを、比重分離する工程があり、ここでキャップ以外の異物類も分離され、全体として 100%近くを分離、除去後、乾燥される。

この後、押出機でペレット化されるが、最終的に使用される用途によって、バージン樹脂や必要な添加剤を加えたコンパウンドにする場合と、キャップ材だけでペレット化する場合とに分かれる。

今回の実証では、キャップのリサイクル材単体だけで最終製品を成形することにしたため、特別な添加剤等は配合していない。

3-4. 再生材（ペレット）の物性と評価

店頭回収されたキャップからリサイクルされた再生ペレットは 17,000kg で、総回収量から異物を除去した 17,403kg に対する収率は、97.7%とかなり高い結果となった。

これらのペレットは、HDPE・白、グリーン、PP・白、茶の 4 種類にリサイクルされた。その比率は、HDPE・白が 38%、HDPE・グリーンが 27%、PP・白が 28%、PP・茶が 7%となっており、HDPE が 65%、PP が 35%であった。

表 8 <選別後のボトルキャップの投入量>

キャップ投入量	樹脂製造量	歩留り(%)
17,403kg	17,000kg	97.7%

これらのペレットは、全量、使用済みのボトルには、中身製品や二次使用時の付着物以外の異物が付着する可能性は低く、重金属等の付着、混入の懸念は少ない。そのため、今回の実証では、重金属等の付着、混入等の検査はしていない。

ただ、このリサイクル・ペレットを、再び、飲料ボトル用キャップの材料に使用することは、付着した汚れ等による第三成分の生成や臭気等の問題があり、厚生労働省が策定したガイドライン（食品用器具及び容器包装における再生プラスチック材料の使用に関する指針、ガイドライン：2012/5/8 通知によって、キャップ用材料への使用はハードルが高く難しい。当面、このペレットの主な用途は、非食品向けの用途になろう。

表9 <再生ペレットの製造量、種別比率、想定される用途>

樹脂・材質	樹脂重量	樹脂材質・比率		想定用途
PP白	4,760	28%	35%	クレート・家電部品・自動車部品
PP(茶)	1,190	7%	加工	クレート・ヘルメット・自動車部品
HDPE白	6,460	38%	65%	クレート・建材・自動車部品
HDPE(グリーン)	4,590	27%		クレート・建材・自動車部品
合計	17,000	100%	100%	—

キャップに使われる樹脂の材質は、HDPE と PP が主体だが、HDPE が 65% と多い。HDPE がキャップの成形に適している物性のためと考えられる。

なお、ペレット加工に要した消費電力は、下記の表の通り。また、ペレット化した際の収率 97.7% の未収率分 403kg の差異は、下記の表に示した通りである。

表10 <ペレット加工（造粒）に必要なエネルギー（電力）>

使用機械	消費電力 kwh	稼働時間
破碎機	8.8kwh	8時間
洗浄機	3.7kwh	8時間
比重分離槽	2.2kwh	8時間
脱水機	11.0kwh	8時間
押出機	37.0kwh	8時間
//	10.0kwh	8時間

表11 <キャップ投入(17,403 kg)と樹脂生産(17,000 kg)の差分の処理>

	投入・生産の差分	投入量×比率 (Kg)	その後の処理状況
洗浄脱水機	メッシュ 3mm で約 2%位が水と一緒に樹脂粉が流れる。	348.06	流れた樹脂粉は乾燥させて社内で再利用
押出機	ペレット造粒時に、約 0.3%位が金網に付着した異物と共に排出。	52.209	金網に付着した異物と共に排出されそのあとはサーマル向けに出荷
合計		400.269	

今回の実証で得られた4種類のリサイクル・ペレット



HDPE 白



HDPE グリーン



PP 白



PP 茶

得られたリサイクル・ペレットの物性を品種別に下記に示す。

このデータとキャップ用樹脂（バージン材）の物性値を見ると、比重、MFRなどは、バージン樹脂（キャップ用射出グレード）と大きな差異はないようだ。

また、各種強度特性に関しては、最終製品の用途によって、その評価は多少異なるが、一般的な再生材としての、一定の物性を保っていると言える。

この再生材の場合、キャップ材以外の廃材が殆ど混入していないことで、材料としての必要条件をクリアしており、安定した物性値の材料として提供することで、ある程度の市場が得られると考える。

その場合、キャップ由来のリサイクル材を、当該製品向けのコンパウンドを構成する材料の1種として増量剂的に使うなどで、一定の安定した需要が確保できると考えられ、進栄化成の用途開拓の実績を見ても、リサイクルの出口である用途確保が期待出来る。

表12 <ボトル用キャップ由来のリサイクル・ペレットの物性値>

	比重	MFR	引張強度	破壊点伸び率	曲げ強度	曲げ弾性率	シャルピー衝撃値
試験法	JISk7112	Jisk7210	ISO527-1	ISO527-1	ISO 178	ISO 178	ISO 179
単位	—	g/10min	Mpa	%	Mpa	Mpa	KJ/m ²
HD・白	0.95	3.4	25.6	>400	35.4	1649	4.7
HD・雑	0.95	4.2	24.7	>400	34.2	1489	3.9
PP・白	0.91	7.6	27.3	>400	43.4	1665	7.5
PP・雑	0.91	7.1	27.1	>400	43.4	1765	8.2

<参考資料・バージン素材の物性値>

高密度ポリエチレン サンテック HD (出展：旭化成ケミカルズ社・ホームページから)

試験項目	単位	測定法	射出成形グレード							
			JIS規格(他)	J300	J311	J320	J340	J345	J240	J241
MFR(コードD)	g/10min.	K 7210:1999	42	26	12	7	5.5	5	5	5
MFR(コードG)	g/10min.		—	—	—	—	260	—	—	280
密度	kg/m ³	K 7112:1999	961	956	959	951	956	966	964	962
引張降伏応力	MPa	K 7161:1994	24	22	24	20	24	26	25	26
引張破壊応力	MPa		20	8	9	8	11	> 10	10	12
引張破壊時伸びひずみ	%		20	90	130	130	120	> 500	240	500
引張弾性率	MPa		1,000	900	970	800	900	1,150	1,050	1,200
曲げ強度	MPa	K 7171:2008	24	22	24	20	23	26	25	25
曲げ弾性率	MPa		1,100	1,000	1,100	900	1,000	1,300	1,200	1,200
シャルピー衝撃強さ(23℃)	kJ/m ²	K 7111-1:2006	2.5	3.0	3.0	5.0	5.0	8.0	8.0	5.0
シャルピー衝撃強さ(-25℃)	kJ/m ²		2.5	2.5	2.5	4.0	3.5	6.0	6.0	3.0
デュロメータ硬さ	HDD	K 7215:1986	68	66	68	64	67	71	70	68
ピカット軟化温度	℃	K 7206:1999	124	123	123	120	123	127	127	125
荷重たわみ温度(フラットワイス)	℃	K 7191-2:2007	67	66	69	64	66	76	75	73
耐ストレスクラック性	Hr (F50)	旭化成ケミカルズ法 1)	—	0.5	0.5	2	8	3	3	20
ポリオレフィン等衛生協議会 自主基準登録番号 [A] EZer—			1279-L	0611-L	0285-L	0285-L	1478-L	0285-L	0286-L	14523-L
主な特長			流動性に極めて優れる 乳等省令適合	適度な剛性・耐衝撃性を備え、流動性に優れる	剛性及び流動性に優れる	耐ストレスクラック性に優れ、耐衝撃性も良好	耐ストレスクラック性・剛性に優れる	剛性が高く耐衝撃性に優れる	剛性・耐衝撃性に優れ、特に耐熱性を強化	耐ストレスクラック性・剛性に優れる 乳等省令適合
主な用途			薄肉容器	一般雑貨 薄肉容器	一般雑貨	工業用部品 一般雑貨	工業用部品 各種キャップ	一般雑貨 運搬容器	運搬容器	各種キャップ 工業用部品
耐熱処方		グレード	—	—	—	—	—	—	○	—

1) : 耐ストレスクラック測定法は ASTM D 1603に準拠

ポリプロピレン・プライムポリプロ (出展: プライムポリマー社・ホームページから)

プライムポリプロ(射出:ホモ、ランダム)銘柄物性表 (PP; Injection)

2015年3月
株式会社プライムポリマー

物性項目 Properties	単位 Unit (SI単位)	測定方法 Method measurement		試験条件 Test conditions	ホモ Homo				ランダム Random		
		JIS	ISO		J105G	J106G	J106MG	J106M	J228T	J228E	
基礎物性 General properties	メルトマスフローレート Melt mass-flow rate	g/10min	K 7210	1133	230°C	9.0	15	15	45	20	50
	密度 Density	kg/m ³	K 7112	1163		900	910	900	910	910	910
機械的物性 Mechanical properties	引張降伏応力 Tensile stress at yield	MPa	K 7101	527		35.0	35.0	41.0	40.0	29.0	30.0
	引張破壊伸び(引張) Notched tensile strain at break	%	K 7101	527		> 200	100	30	20	200<	200<
	引張弾性率 Modulus of elasticity in tension	MPa	K 7101	527		1,600	1,600	2,050	2,000	1,050	1,050
	シャルピー衝撃強さ Charpy impact strength	kJ/m ²	K 7111	179	23°C	4.0	3.3	2.5	2.0	5.5	5.0
			K 7111	179	-20°C	—	—	—	—	—	—
	変形たわみ温度 Temperature of deflection under load	°C	K 7101	75	0.45MPa	100	100	120	120	80	80
ロックウェル硬さ Rockwell hardness	—	K 7202	203B-2	R130-K H scale	100	100	110	110	85	80	
特 徴 Advantages					汎用	汎用	高剛性	高剛性	高透明	高透明	高流動
主な用途 Major Applications					日用品 工業部品	日用品 工業部品	日用品 工業部品	薄肉容器	容器	透明日用品	
ポリプロピレン材料標準 試験規格番号 JISG5743 (JIS-impinged test) standard					[A]P2w-2000-L	[A]P2w-2010-L	[A]P2w-2011-L	[A]P2w-2013-L	[A]P2w-14270-L	[A]P2w-14281-L	

- 本資料に記載の数値は、無条件で準拠するものではありません。
- 本資料に記載の数値は、本製品がお客様のご用途に適合するものではありません。
- 本資料に記載の数値は、本製品がお客様のご用途に適合するものではありません。
- 本資料に記載の数値は、本製品がお客様のご用途に適合するものではありません。
- 本資料に記載の数値は、本製品がお客様のご用途に適合するものではありません。
- 本資料に記載の数値は、本製品がお客様のご用途に適合するものではありません。

- Data described in this catalog are representative figures obtained by measurement under specific conditions.
- Data described in this catalog do not necessarily secure results of certain product applications.
- When using this product for uses introduced in this catalog, care should be taken not to infringe on industrial property rights.
- This product is to be used for packaging medicine, please consult with your pharmaceutical representative beforehand.
- Information contained in this catalog is subject to change with or without notice.

3-5. リサイクル製品の製作

再生原料の利用製品

今回の実証では、当初、マイ・バスケットと防災キャップ（主に小中学生向け）の2種類の製品を、最終製品にリサイクルする計画であった。

いずれも、これまでキャップ材利用製品としての実績があり、製品化が可能と考えられたためだが、店頭回収したヤオコー社から、業務用クレート（コンテナ）への製品化の要請があり、最終的に全量クレートに製品化した。

成形加工を担当したのは、D I Cプラスチック株式会社（本社：群馬県館林市：<http://www.dic-plas.co.jp/company/>）で、これまでキャップ由来の再生材の成形を手掛けてきた実績がある。

成形したクレートの概要は下記の通り。

・ キャップリサイクル材生産品	プラスチックコンテナ F-12（写真下）
・ サイズ	最大外寸：424*291*150Hmm 有効内寸：364.5*242.5*135.5Hmm 上部内寸：374*252mm
・ 容 量	12ℓ
・ 製品重量	900g
・ 材質	キャップリサイクル材PP（バージン材あり）
・ 成形機	型締力 650ト
・ 成形サイクル	約60秒



なお、当初計画した防災キャップの製造は、おなじD I CグループのD I Cモールディング株式会社（本社：埼玉県伊奈町）が製品化している。

<https://plus.google.com/105960414376569710076/about?gl=jp&hl=ja>



防災用ヘルメット **IZANO**
D I C HELMET

D I C
D I C HELMET

防災用キャップ
IZANO CAP
折りたたみできて携帯に便利

タンザードタイプ

防災タイプ

- 1 コンパクトに折りたためる**
イザノという名、さっと広げてかぶることができ、大事な頭部をしっかりと保護します。
- 2 耐衝撃プロテクター内蔵**
衝撃吸収性があるプロテクターを内蔵し、落下物などの衝撃から頭部を保護します。
- 3 防災加工生地使用**
防災タイプには本体とシッポに防災生地を使用し、降りかかる火の粉から頭部を保護します。

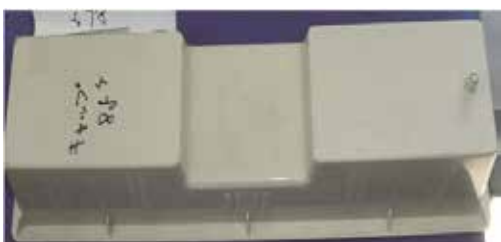
耐衝撃プロテクター（エコーチップ）

性能、帽子以上。収納、文庫本サイズ。

そのほか、進栄化成が各ユーザーと連携した製品を下記に紹介する。



写真・左 自動車用部材（カバー） 右 冷蔵庫部材（水受け）



写真・左 家電製品部材、 右 日用品（桶）



写真・左 ペットボトル回収ボックス

第4章. ボトル用キャップの回収・リサイクルの実証の結果に関する考察

4-1. 店頭回収と良品率・異物混入について

今回のボトル用キャップの店頭回収・リサイクルの実証では、店頭回収されたキャップの汚れや異物混入が少ないことから、店頭回収するプラ容器包装に適していることが確認された。

回収されたキャップは、1個あたりの平均重量が2.3gで、今回の実証では6か月間で17,530kg（推定7,621,739個）が、回収された。キャップ全体の出荷数から見れば僅かだが、ポスターでの告知だけで、6か月間で17,530kg（推定数7,621,739個）が回収された実績は、キャップが店頭回収に適していることを示すと考えられる。

また、回収されたキャップに混入した異物が、全体の0.72%（良品率99.28%）と極めて少なかった点も、店頭回収・リサイクルの適性を示している。

異物混入が少ないことは、リサイクルの質や工程の効率化にも繋がり、今後のキャップのリサイクルを進める上で、優位な条件になろう。

ボトル用キャップは、主にペットボトル用に使われ、ペットボトルがリサイクルされていることが消費者に広く知られている上、キャップの形状、色なども分かり易いなどから、消費者の認知度の向上に役立っているようだ。

また、回収されたキャップの品質が良いことから、有価な再生資源として位置づけられる点も、今後のリサイクルのための重要な要件となる。

4-2. 集荷方法について

店頭回収されたキャップの効率的な集荷方法も、リサイクルシステム構築での重要なポイントである。

今回の実証に際しては、進栄化成が用意した専用の回収袋（通い袋）を、一定量で集荷するシステムを採用した。このシステムによって、回収されたキャップを定量的に輸送することができた。

今回の回収品の輸送については、店舗から物流センターまでは、ヤオコーの社内便で輸送した。その分の輸送コストは、今回は計上していない。

物流センターからリサイクル工場までの輸送コストは、kgあたり14.2円であった。店頭回収したキャップの輸送コストとしては安価だ、と言えよう。

これは、専用の通い袋（1袋あたりの平均重量＝約10kg）を、一定の袋数で集荷（1回の集荷袋数は87.7袋）する仕組みとしたが、こうした仕組みが、輸送コストの合理化に繋がった。

対象品がキャップということや、全量、自社便で集荷する点も、コストの合理化に寄与している。

4-3. リサイクル手法について

今回の実証では、異物除去と材質別の仕分けを自動化したリサイクルシステムを構築した進栄化成のノウハウを活用したリサイクルと言える。

この手法は、今後のボトル用キャップを、効率良い、かつ材質が一定して異物混入も殆どない質の良い再生材料にリサイクルしていく上で、大きく寄与すると考えられる。

選別対象となる廃プラがボトル用キャップで、サイズ、材質、色などが一定、かつ出荷量が年間約 84,000 トン程度あるなど、リサイクルシステムを構築する上で、適した条件が整っていることが背景にある。

キャップを装着するペットボトルのリサイクルが進展していることも、キャップリサイクル推進に一役買っている。

そうした中で、進栄化成が確立したキャップ専用のリサイクルシステムは、評価されるものと言えよう。特に、リサイクル工場での異物の選別や材質の仕分けを自動的に機械選別する技術を確立したことは注目される。

これらの技術は、これまでのプラスチックリサイクル事業で培ってきた技術を基にしているが、こうした合理化努力により、同社のリサイクル工程のコストは、kgあたり 35～40 円と推定される。買い取り費用、集荷コストを加算しても、経済性を確保できるレベルと言えよう。

なお、プラスチックリサイクルの業界団体である全日本プラスチックリサイクル工業連合会参加の事業者でも、キャップのリサイクルを手掛けている事業者がある。

4-4. 再生材の品質と今後の課題

今回の実証で得られたリサイクル材の品質は、消費者から回収した廃プラ由来の材料としては安定し、一定レベルの品質が得られた。このためリサイクル材を用いた最終製品の用途も幅広いものになると想定される。

ちなみに、これまで進栄化成が開発・実用化した製品も多岐に亘っている。以下に、それらの事例を紹介する。

なお、今後キャップのリサイクル材を用いたリサイクル製品の用途拡大が期待されるが、一方で、こうした好条件を背景に量の拡大や、関係する事業者が増えた場合、店頭回収と回収品の集荷システムや、リサイクル材の質の低下などが懸念される。

そうした懸念を払しょくするためにも、小売業等との連携・協力が欠かせない。特に、消費者の理解を得ることが大切で、きめ細かな情報提供・告知など、消費者の認知度を上げる取り組みが重要、かつ必須な課題である。そのための関係者の継続的な情報公開・啓発が必須となろう。

さらに、安定したリサイクルシステムにして行くために、技術革新や更なる効率的な仕組みづくりと市場の拡大も、今後の課題となろう。

それには、関係事業者が努力して行くことが重要であり、今後の取り組みに期待する。

第5章 ペットボトルキャップの店頭回収・リサイクル実証事業の評価

5-1. 評価の目的

本章では、ライフサイクル評価（LCA）を用いて、実証事業による環境負荷（温室効果ガス）および資源消費（化石資源）を評価する。環境負荷や資源消費への寄与が大きい要因を特定するとともに、既存のプラスチック製容器包装（容リプラ）のリサイクル・処理手法との比較を通して、ペットボトルキャップの店頭回収・リサイクルの実行可能性について考察する。

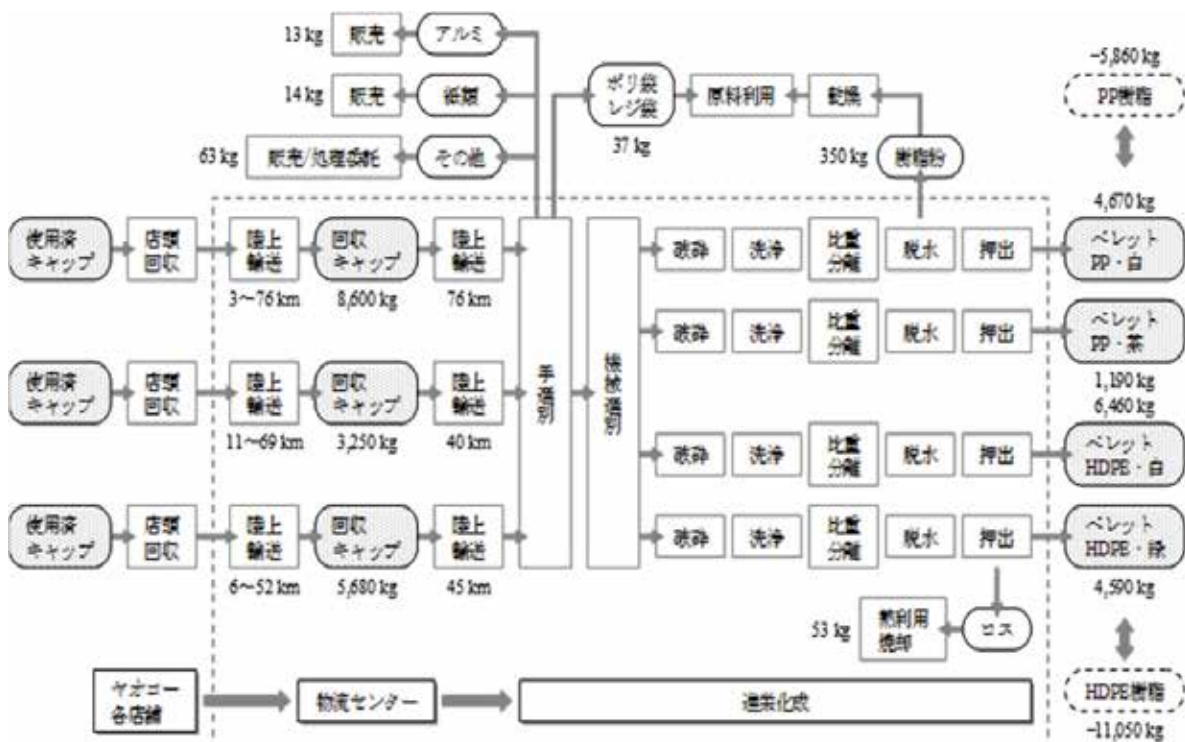
5-2. ライフサイクル評価の方法

(1) 機能単位とシステム境界

ライフサイクル評価の実施に当たっては、「機能単位」と「システム境界」を明確に定義することが求められる。ここでは、以下のように機能単位およびシステム境界（図5-1）を設定した。

機能単位：実証事業において店頭回収されたペットボトルの使用済キャップ（計17,530 kg：異物を含む）をリサイクルしてHDPE およびPPの再生ペレットを製造すること。

図5-1 実証事業のライフサイクル評価のシステム境界（破線で囲まれた範囲）



システム境界は、自社委託便によるヤオコー各店舗（計 137 店）から物流センター（狭山、伊勢崎、千葉）への使用済キャップの輸送と、物流センターからリサイクル事業者（進栄化成・埼玉工場）への輸送、リサイクル事業者における選別および造粒（破碎から押出まで）を含む。ただし、リサイクル事業者において選別されるポリ袋・レジ袋など異物の多くは、何らかの形で再利用されていることから、これまでの多くのライフサイクル評価の事例と同様に、再利用による効果や最終的な処分などはシステム境界に含まないこと（評価範囲外）とした。また、HDPE および PP の再生ペレットは、それぞれ同量の新規 HDPE 樹脂および新規 PP 樹脂を代替するものとした。

(2) インベントリデータ

使用済キャップの輸送から選別・造粒までのフォアグラウンドプロセスのインベントリデータ、すなわち回収・選別されたキャップや異物のマテリアルバランス、輸送距離や積載率、選別・造粒プロセスにおける電力使用量は、いずれも実証事業における実測値を用いた（表 5-2）。ただし、造粒プロセスからの樹脂粉およびロスについては、マテリアルバランスを考慮して調整した。各店舗から物流センターへの輸送は、いずれも中型トラック（4 トン車）で積載率 25%と仮定した。

表 5-2 実証事業のフォアグラウンドプロセスのインベントリデータ

プロセス	INPUT	OUTPUT	注釈
陸上輸送 (店舗～)	回収キャップ 17,530 kg 通い袋	積載率 25 % 輸送距離 26 km	評価範囲外 仮定値 店舗～物流センター（加重平均）
陸上輸送 (狭山～)	回収キャップ 8,600 kg 通い袋	積載率 27 % 輸送距離 76 km 輸送料金 108 千円	評価範囲外 実測値 狭山センター～進栄化成 参考値
陸上輸送 (伊勢崎～)	回収キャップ 3,250 kg 通い袋	積載率 23 % 輸送距離 40 km 輸送料金 45 千円	評価範囲外 実測値 伊勢崎センター～進栄化成 参考値
陸上輸送 (千葉～)	回収キャップ 5,680 kg 通い袋	積載率 17 %	評価範囲外 実測値

		輸送距離	45 km	千葉センター～進栄化成
		輸送料金	96 千円	参考値
手選別	回収キャップ	17,530 kg		
	電力	30 kWh		
	選別後キャップ	17,403 kg		
	ポリ袋・レジ袋	37 kg		原料利用：評価範囲外
	アルミ	13 kg		販売：評価範囲外
	紙類	14 kg		販売：評価範囲外
	その他	63 kg		販売/処理委託：評価範囲外
機械選別	選別後キャップ	17,403 kg		
	電力	120 kWh		
	キャップ	6,460+ α_3 kg		HDPE（白）
	キャップ	4,590+ α_4 kg		HDPE（緑）
	キャップ	4,670+ α_1 kg		PP（白）
	キャップ	1,190+ α_2 kg		PP（茶）

表5-2 実証事業のフォアグラウンドプロセスのインベントリデータ（続）

プロセス	INPUT	OUTPUT	注釈	
造粒	破砕	キャップ（4種） 17,403 kg 電力 176 kWh	キャップ（4種） 17,403 kg	
	洗浄	キャップ（4種） 17,403 kg 電力 74 kWh	キャップ（4種） 17,403 kg	
	比重分離	キャップ（4種） 17,403 kg 電力 44 kWh	キャップ（4種） 17,403 kg	
	脱水	キャップ（4種） 17,403 kg 電力 220 kWh	キャップ（4種） 16,985 kg 樹脂粉 418 kg	原料利用：評価範囲外
	押出	キャップ（4種） 16,985 kg 電力 940 kWh	再生ペレット 6,460 kg 再生ペレット 4,590 kg 再生ペレット 4,670 kg 再生ペレット 1,190 kg ロス 75 kg	HDPE（白） HDPE（緑） PP（白） PP（茶） 熱利用焼却： 焼却発電（プラスチック） を仮定

軽油などの化石燃料や公共電力については、生産・供給段階のインベントリデータやCO₂などの排出係数と発熱量を文献およびデータベース 1-5) から引用し、それらの生産・供給と消費によるライフサイクルの温室効果ガス排出量および化石資源消費量の原単位を計算した。代替される新規 HDPE 樹脂および新規 PP 樹脂の生産プロセスや、焼却発電（プラスチック）、その他のバックグラウンドプロセスのインベントリデータについては、ライフサイクル評価の国家プロジェクトにおいて整備されたデータベース 1) から引用した。

輸送については、上記のデータベース 1) では、小型（2 トン車）、中型（4 トン車）、大型（10 トン車および 20 トン車）のディーゼルトラックによる陸上貨物輸送の「トン・キロ」の原単位が利用可能である。いずれの原単位も、積載率 100%、平均速度 32,5 km/時を前提条件としている。実証事業の中で、物流センターからリサイクル事業者への輸送には 4 トン車が用いられていたため、中型トラックの原単位を用いることが適切であると考えられる。各店舗から物流センターへの輸送についても、同様に中型トラックの原単位を用いることとした。ただし、仮定または実測された積載率（表 5-2 参照）によって割り戻すことで、原単位（軽油使用量）を調整した。

5-3. ライフサイクル評価の結果

(1) プロセスごとの環境負荷と資源消費

実証事業による温室効果ガス排出量および化石資源消費量を、5.2. (1) で定義した機能単位とシステム境界について、5.2. (2) で述べたインベントリデータを用いて評価した。店頭回収から造粒までのプロセスごとに、ライフサイクル評価の結果を表 5-2 に示した。

ただし、CO₂（二酸化炭素）、CH₄（メタン）および N₂O（亜酸化窒素）の排出量は、IPCC 第三次報告書（2001）による GWP（地球温暖化ポテンシャル）の 100 年値（CO₂ : 1, CH₄ : 23, N₂O : 296）を用いて CO₂ 等量の温室効果ガス排出量に集約した。石炭、石油および天然ガスの消費量は、それぞれの発熱量（一般炭 : 26.6 MJ, 原油 : 38.2 MJ, 天然ガス : 40.9 MJ) 5) を用いて化石資源消費量に集約した。

表5-3 実証事業のプロセスごとの温室効果ガス排出量および化石資源消費量

プロセス	CO ₂ 排出量 [kg]	CH ₄ 排出量 [g]	N ₂ O 排出量 [g]	温室効果ガス 排出量 [kg-CO ₂]	石炭 消費量 [kg]	石油 消費量 [l]	天然ガス 消費量 [m ³]	化石資源 消費量 [MJ]	
回収・輸送 (店舗～)	816 (236)	1 (0)	0 (0)	816 (236)	0 (0)	294 (85)	0 (0)	11,257 (3,251)	
(狭山～)	(313)	(0)	(0)	(313)	(0)	(113)	(0)	(4,317)	
(伊勢崎～)	(73)	(0)	(0)	(73)	(0)	(26)	(0)	(1,008)	
(千葉～)	(194)	(0)	(0)	(194)	(0)	(70)	(0)	(2,681)	
手選別	14	13	0	14	3	1	2	189	
機械選別	55	52	0	56	11	3	9	757	
造粒	破碎	81	76	0	83	16	4	13	1,110
	洗浄	34	32	0	35	7	2	5	467
	比重 分離	20	19	0	21	4	1	3	277
	脱水	101	95	0	103	20	5	16	1,387
	押出	432	406	2	442	84	22	70	5,928
残渣処理	198	0	13	202	0	0	0	-1	
計	1,752	694	16	1,773	144	332	119	21,371	

この評価結果からは、回収・輸送による環境負荷や資源消費が大きいことが分かる。その他の要因としては、造粒の中でも押出プロセスにおける電力使用や、陸上輸送の中では、距離の長い狭山センターからリサイクル事業者への輸送の寄与が大きいものと評価された。

(2) 既存のリサイクル・処理手法との比較

次に、容器包装リサイクル法においてペットボトルキャップは「プラスチック製容器包装」に区分されることを考慮して、店頭回収・リサイクルによる環境負荷や資源消費の削減効果を、既存のプラスチック製容器包装（容リプラ）のリサイクル・処理手法と比較する。比較対象は、ペットボトルキャップがプラスチック製容器包装として収集され、材料リサイクルおよびコークス炉化学原料化、ごみ焼却発電（発電効率10%）によって処理された場合とした。図5-4 および図5-5において、実証事業による温室効果ガスおよび化石資源消費量を使用済キャップ1kgあたりに換算して、日本容器包装リサイクル協会の報告書6）から引用した材料リサイクル（再生樹脂の代替率50%の場合）、コークス炉化学原料化および焼却発電のCO₂排出量およびエネルギー資源消費量と比較した。ただし、焼却発電の処理プロセスは便宜的に「残渣処理」に区分して示した。ここで、プラスチック関連のライフサイクル評価においては、温室効果ガスの多くの割合をCO₂が占めることが多く（表5-3参照）、エネルギー資源の多くは化石資源であることから、CO₂排出量およびエネルギー資源消費量は、それぞれ温室効果ガス排出量および化石資源消費量と実質的に比較可能であると考える。

図5-4 ペットボトルキャップの店頭回収・リサイクルと容リプラのリサイクル・処理手法の温室効果ガス排出量の比較

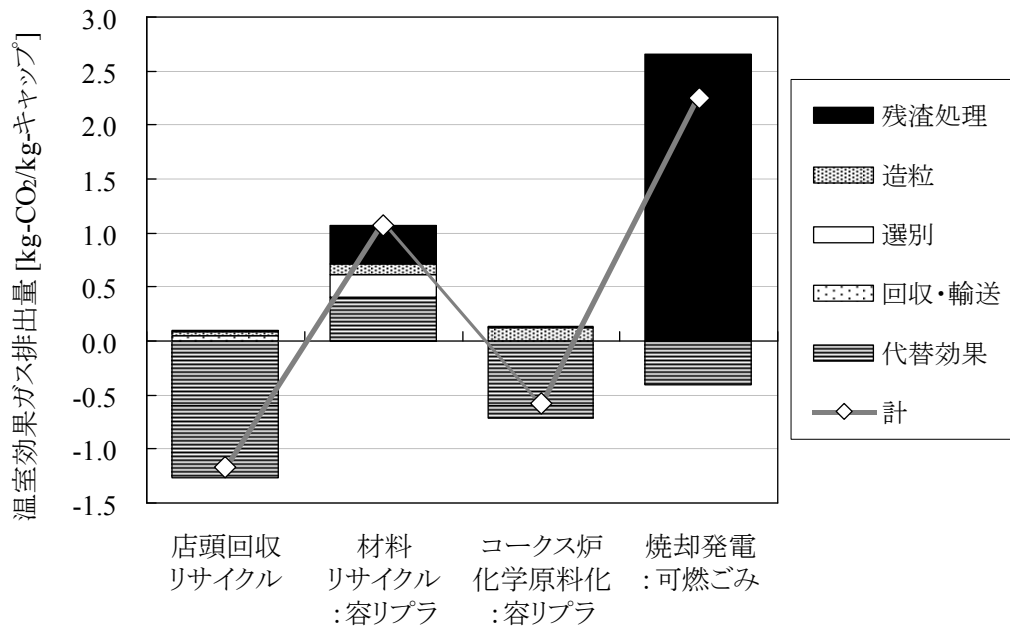
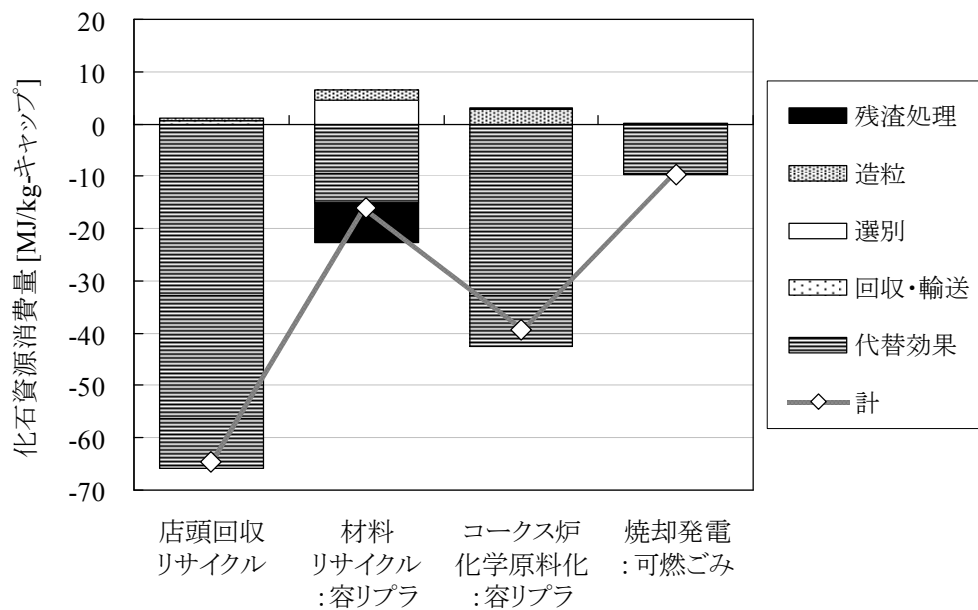


図5-5 ペットボトルキャップの店頭回収・リサイクルと容リプラのリサイクル・処理手法の化石資源消費量の比較



以上の評価結果からは、焼却発電と比較すると、ペットボトルキャップの店頭回収・リサイクルは環境負荷や資源消費の削減効果があることが示された。また、プラスチック製容器包装の材料リサイクルやコークス炉化学原料化と比べても、十分に削減効果があるものと評価された。

この結果は、表 5-2 から分かるように、選別プロセスにおいて除去される異物が少ない、すなわち回収されるキャップへの異物混入率が低いことに帰着する。このことで、残渣処理の環境負荷が無視しうるだけではなく、ペレットの生産量が増加することから「代替効果」が大きくなり、削減される環境負荷や資源消費が大きくなっている。また、店頭回収・リサイクルの環境負荷や資源消費の要因には、輸送と造粒に同程度の寄与があるが、造粒がリサイクルに本質的に不可欠なプロセスであることを考えれば、輸送プロセスに環境負荷や資源消費の改善の余地があるものと考えられる。

5-4. ペットボトルキャップの店頭回収・リサイクルの課題

以上のライフサイクル評価の結果に基づいて、ペットボトルキャップの店頭回収・リサイクルの実行可能性と、そのために解決すべき課題について考察する。この評価結果からは、環境負荷や資源消費の観点からも、店舗および物流センターからの輸送の改善が課題となることが分かった。一方で、回収キャップへの異物混入率の低さのために、容器包装リサイクル法におけるプラスチック製容器包装のリサイクルと比較すると、非常に効率の良いリサイクルプロセスが実現している。店頭回収・リサイクルの規模を拡大する場合の課題は、輸送経路や輸送手段の効率化とともに、今回の実証事業と同等の異物混入率を保持することにもあると考えられる。

以上を総括すると、今回のペットボトルキャップの店頭回収・リサイクルの実証事業は、実際の検証事例として非常に貴重なデータを提供している。その他の品目の店頭回収・リサイクルの実現可能性を検討する場合にも、有用な知見として活用しうるものであると評価できる。

引用文献

- 1) LCA 日本フォーラム：「JLCA LCA データベース」, 2012 年度 3 版
- 2) 産業環境管理協会：「JEMAI-LCA Pro」, Ver. 2.1.1
- 3) 石油産業活性化センター：「石油製品油種別 LCI 作成と石油製品環境影響評価調査報告書」(2000)
- 4) 環境情報科学センター：『環境アセスメントの技術』, 中央法規出版, pp. 833-913 (1999)
- 5) 資源エネルギー庁：「エネルギー源別標準発熱量の改訂について」(2002)
- 6) 日本容器包装リサイクル協会：「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討」(2007)

以上