

第4章 リターナブルPETボトル利用モデルを複数設定した有効性のシミュレーション

4 - 1 設定条件

4 - 1 - 1 基本設定条件

本節では下表の条件でPETボトルリユースのシミュレーションを行い、リターナブルPETボトル利用システムのケーススタディーを行う。

表4 - 1 - 1 基本シミュレーションモデル条件

	想定条件	備 考
内容物種類	ミネラルウォーターなどで飲料の種類は問わない	飲料に伴うにおいの残留はボトルの使い分け、仕様、洗浄方法で考慮
容器種類	耐熱PETボトル	丸型：洗浄を考慮したボトル
容器サイズ	1.5L	本調査教務での仮定
容器リユース本数	300万本/年（イメージ：消費者6万人前後） 900万本/年（消費者20万人前後） 1,500万本/年（消費者30万人前後） 2,100万本/年（消費者40万人前後）	一定地域（首都圏など）におけるPETボトルリユース事業を想定する。
容器回収率	85%、90%、95%	
年間トリップ回数	3回、4回	
ライフタイムトリップ回数	7回、10回、13回、16回	
洗浄設備能力	12,000本/H	ドイツ容器洗浄設備メーカー複数における最少能力仕様

4 - 1 - 2 一般条件

（1）標準モデル

シミュレーションモデルは図4 - 1 - 1の通りとし、消費者から使用済みPETボトルを回収し、（未回収数を新ボトルで補填して）表4 - 1 - 1に記載の所定のリターナブルPETボトル本数を充填工場に提供する想定とする。

また、輸送距離はリターナブルPETボトルリユースのシステム事業性に大きく影響するが、欧米の事例からみて広域にわたるリユースは現実的ではないと判断される。したがって、本シミュレーションでは限定された地域でのリユースを想定し、輸送条件は一定とする。

（2）評価方法

シミュレーションはリターナブルPETボトルと新ボトルの対比の形で行う。PETボトルの充填から消費者に至る経路はリターナブルPETボトルと新ボトルに共通であるため、下図の二重線太線部に関してパラメーターを変えてシミュレーションを行う。

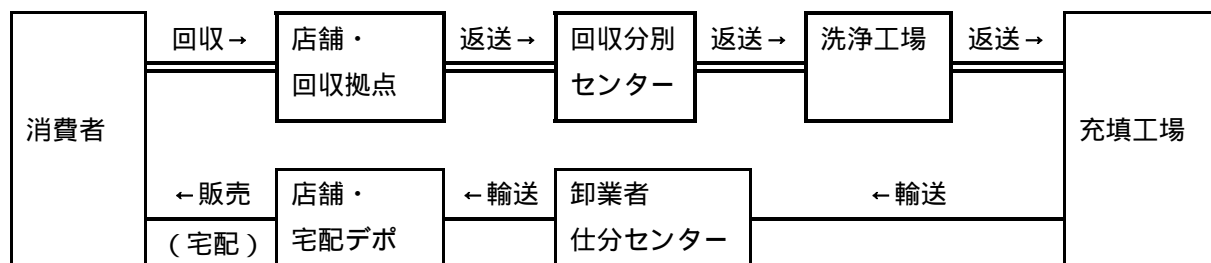


図4 - 1 - 1 シミュレーションモデル

(注記)・事業開始第1回目の飲料充填の新PETボトルおよび新コンテナは充填工場が手配するものとし、本シミュレーションのリユースは消費者から空PETボトルを回収する時点から開始する。

- ・消費者～店舗/回収拠点は狭い限定地域を単位とする。
- ・店舗/回収拠点からのPETボトルの回収頻度は2回/週程度とし20～30ヵ所の店舗/回収拠点(中規模の地域)に対して回収分別センター1ヵ所を設けるものとする。
- ・5～10ヵ所の回収分別センターに対して洗浄工場1ヵ所を設けるものとする。
- ・洗浄後のPETボトルは複数の充填工場に供給するものとする。

(3) 個別条件

シミュレーションに際しては下記条件を考慮する。

表4 - 1 - 2 個別シミュレーション条件

新ボトル単価		45円/本 ^{*1}	耐熱仕様：丸型・平底・なで肩 1.5L 60g/本
新キャップ単価		6円/個 ^{*1}	
洗浄後ボトル良品率		98% ^{*1}	欠損品その他：2%
洗浄合格率		85% ^{*1}	洗浄不良が15%あるとして再洗浄
洗浄設備稼働率		85%	
PETボトルリサイクル売却益		5円/本 ^{*1}	所定トリップ終了後粉粒化
新コンテナ単価		400円/個	
コンテナ回収率		97%/Trip ^{*1}	未回収3%/トリップ
搬送費	消費者→ 店舗・回収拠点	0円/本	消費者が直接持参し返却 ^{*2} 、あるいは宅配の帰り便で回収
	店舗・回収拠点→ 仕分・回収センター	2.9円/本 ^{*3}	2トントラック 3往復/日 空PETボトル積載量：3,456本 ^{*3} 4時間/往復として40km/往復とする。
	仕分・回収センター→ PETボトル洗浄工場	2.6円/本 ^{*4}	4トン長尺トラック 2往復/日 空PETボトル積載量：7,680本 ^{*4} 6時間/往復とし80km/往復とする。
	PETボトル洗浄工場→	2.6円/本 ^{*4}	4トン長尺トラック 2往復/日

		飲料充填工場		空PETボトル積載量：7，680本 ^{*4} 6時間／往復として100km／往復とする。
貯留 保管費		店舗・回収拠点	0．7円／本	
		回収・分別センター	1．8円／本 ^{*1}	最大10日間貯留
		洗浄工場	0．4円／本 ^{*1}	最大2日分貯留
洗 浄 工 場 運 用 費	償 却 費	12年定率償却資産	560百万円 ^{*5}	償却率0．1746
		7年定率償却資産	190百面円 ^{*5}	償却率0．2803
		30年定額償却資産	240百万円 ^{*5}	償却額7，200千円／年
	税		1．4％	
	金利		3％	
	借地代		36百万円／年	
	保険料		0．2％	
	ユーティリティー料		1．5円／本 ^{*1}	電力・ガス・水道等
	薬液費		0．5円／本 ^{*1}	
	廃液処理費		1円／本 ^{*1}	
	レンタルリース費		0．2円／本 ^{*1}	フォークリフトなど
	維持管理費		0．5％	初期設備費の0．5％
	労 務 費	管理者 ^{*6}	10百万円／人	
社員 ^{*6}		5百万円／人		
外注 ^{*6}		3百万円／人		
PET ボトル 廃棄物処理費		自治体 ^{*7}	8．4円／本	
		事業者 ^{*7}	3．7円／本	
リサイクル委託料 ^{*8}			2円／本	

*1 びんリユースに関するびん商の経験値(聞きとり)

+2 デポジット制度の実現が望まれる。

*3 2トントラック荷台：2.2m×3.05m×(積載高さ)2.5m

PETボトル6本詰めコンテナ積載；(幅)8列×(長さ)9列×(高さ)8段→576ケース
→3,456本/台

平均3往復/日の輸送を想定→10,000円/台回→2.7円/本

*4 4トン超尺トラック荷台：2.2m×7.2m×(積載高さ)2.6m

PETボトル6本詰めコンテナ；(幅)8列×(長さ)20列×(高さ)8段→1,280ケース
→7,680本/台

平均2往復/日の輸送を想定→20,000円/台回→2.6円/本

*5 洗浄工場初期投資を以下のように想定する：

最小洗浄能力(ドイツの実績プラントメーカーの最小設備仕様)：12,000本/H

12,000本/Hの洗浄能力で13百万本/年(1直運用)～39百万本/年(3直運用)の
PETボトルの洗浄が可能であるので、本シミュレーションでは12,000本/Hの洗浄

能力を固定ベースとする。

工場全面積：85m×70m…2,300坪（建屋…1,000坪）

初期コスト：

償却資産…洗浄設備700百万円 付帯設備50百万円

（内訳…12年定率償却対象560百万円 7年定率償却対象190百万円）

固定資産…建屋150百万円 土木90百万円（30年定額償却とする）

*6 PETボトル洗浄数量に応じて要員数を下表のように想定する：

表4-1-3 リターナブルPETボトル洗浄工場～設定人員

洗浄本数		300万本/年	900万本/年	1,500万本/年	2,100万本/年
管理者（所長）		1	1	1	1
社員	運転要員	4	6	6	9
	事務、他	1	2	2	1
外注		4	5	8	16
労務費合計		47百万円/年	60百万円/年	74百万円/年	120百万円/年
（備考）					一部2シフト 夜勤手当含む

*7 PETボトル廃棄物回収処理費

自治体における負担 60g/PETボトルとして名古屋市例（140円/kg）より推測
→8.4円/本

特定事業者負担 60g/PETボトルとして名古屋市例（61円/kg）より推測
→3.7円/本

（出典：名古屋市ごみレポート‘03版）

*8 リサイクル委託料 2円/本… 中央環境審議会「容器包装リサイクル制度見直しに係る中間まとめ」（2005年7月）における再商品化委託単価から換算
（PETボトル：平成17年度31,200円/トン）

（3）除外事項

将来の可能性としてのワンウェイPETボトルに対するデポジット、課税などが考えられる。

これらはリターナブルPETボトルに有利に働くが本シミュレーションでは考慮しない。

物価上昇、給与上昇は考慮しない。

4 - 2 リターナブルPETボトルリユースシステム・シミュレーション

4 - 2 - 1 シミュレーションの組合せと数値結果

1) シミュレーション概要

以下の手順で事業開始5年間に対するシミュレーションを行った。

(1) 初期のPETボトル投入量を設定 = 年間飲料販売本数 / 年間トリップ数

たとえば、年間の飲料販売量が300万本、PETボトルの年間リユース回数（年間トリップ数）が3回であるとする、当初の新PETボトル投入量は(300万本 / 3 =)100万本であるとした。

なお、リユースサイクルは、消費者が空PETボトルを返却した時点で始まるため、この場合の第1回投入PETボトル(新ボトル)100万本は、本シミュレーションにおける経済性試算では考慮しない。(飲料充填企業が手配しリユースサイクルには乗らない。)

(2) 回収率、良品率を考慮し、トリップ毎のPETボトルの回収本数、補填本数ならびに再資源化本数(所定のトリップを終えリサイクルするPETボトル本数)をシミュレートする。

その際の考え方は以下の通りとする；

A：年間飲料販売本数 / 年間トリップ数 R：回収率 r：良品率

・第1回の空PETボトル回収・リユース本数 $T_1 = A \times (R \times r)$

・第1回のPETボトル補填本数 $M_1 = A - T_1$

・第2回の空PETボトル回収・リユース本数 $T_2 = A \times (R \times r)^2 + M_1 \times (R \times r)$

・第2回のPETボトル補填本数 $M_2 = A - T_2$

・第3回の空PETボトルリユース本数 $T_3 = A \times (R \times r)^3 + M_1 \times (R \times r)^2 + M_2 \times (R \times r)$

・第3回のPETボトル補填本数 $M_3 = A - T_3$

以下、これを繰返しを行い年間の回収リユース本数、補填本数、ならびに所定トリップ終了後の再資源化本数を算定する。(なお、PETボトル数量展開のシミュレーションは300万本/年のケースに対してのみ行い、その他のケースに対してスライドするものとする。)

(3) 以下の要素を考慮して単年度および多年度(5年間を想定)のPETボトルのリユース(消費者からの空PETボトル回収～充填工場)の費用を算定する；

表4 - 2 - 1 費用算定項目

【支出】	
【物品購入費】	
PETボトル購入費	PETボトル補填本数 × 45円 / 本
コンテナ購入費	コンテナ補填個数 × 400円 / 個
キャップ購入費	PETボトル補填個数 × 6円 / 個
【物流費】	
空PETボトル輸送費	消費者 → 店舗・回収拠点
	店舗・回収拠点 → 仕分・回収センター
	仕分・回収センター → PETボトル洗浄工場
	PETボトル洗浄工場 → 飲料充填工場

	店舗・回収拠点における空PETボトル貯留保管費
	仕分・回収センターにおける空PETボトル貯留保管費
	洗浄工場における空PETボトル貯留保管費
【PETボトル洗浄費】	
設備償却費	設備12年定率償却費（洗浄装置の80%と想定）
	設備7年定率償却費（洗浄装置の20%、廃液処理装置機械部品と想定）
	施設30年定額償却費（土木・建築）
洗浄費	ユーティリティー代
	薬液費
	廃液処理費
	借地代
	金利
	税
	維持管理費
	レンタル・リース代
	保険料
	労務費
【収入】	
再資源化PETボトル売却益（粉粒化して売却）	
【損失回避】（リユースでなければ潜在的に賦課されると思われる支出）	
廃棄物回収・処理費	3.7円/本
リサイクル委託費	2円/本

2) シミュレーション組合せ

(1) 空PETボトルの回収リユース本数、補填本数、ならびに再資源化本数のシミュレーション

年間飲料本数300万本/年に関する空PETボトルの回収リユース本数、補填本数、ならびに再資源化本数のシミュレーション（全24ケース）を行った。各ケースの試算結果は添付データに示す。なお、年間飲料本数900万本/年、1,500万本/年2,100万本/年に関しては300万本/年の結果からスライドした。

(2) 経済性シミュレーション・ケース組合せ

下表に示すように全部で96ケースの試算を行った。各ケースの試算結果は巻末の添付データに示す。

表 4 - 2 - 2 シミュレーション・ケース組合せ

トリップ 数			A : 3 回 / 年				B : 4 回 / 年			
			a. 7 回	b. 10 回	c. 13 回	d. 16 回	a. 7 回	b. 10 回	c. 13 回	d. 16 回
飲料販売本数	回収率									
300 万本 / 年	1	85%								
	2	90%		*例						
	3	95%								
900 万本 / 年	1	85%								
	2	90%								
	3	95%								
1,500 万本 / 年	1	85%								
	2	90%								
	3	95%								
2,100 万本 / 年	1	85%								
	2	90%								
	3	95%								

* 例えば「 - 2 - A - b 」は、飲料販売本数：300万本／年、回収率：90%、年間トリップ数：3回／年、ライフタイムトリップ数：10回の条件でのシミュレーションケースを示す。

3) シミュレーション結果

(1) ケース シリーズ：飲料本数 300万本／年

ボトルリユース単価

表 4 - 2 - 3 ケース : ボトルリユース単価

(単位 円 / 本)

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	119	106	100	89	84
- 1 - A—b	119	106	96	88	82
- 1 - A—c	119	106	96	88	83
- 1 - A—d	119	106	96	88	82
- 1 - B—a	119	109	97	90	83
- 1 - B—b	119	106	98	89	83
- 1 - B—c	119	106	96	89	82
- 1 - B—d	119	106	96	88	82
- 2 - A - a	118	105	99	88	83
- 2 - A - b	118	105	94	87	81
- 2 - A - c	118	105	94	86	82
- 2 - A - d	118	105	94	86	80

- 2 - B—a	118	108	96	89	82
- 2 - B—b	118	105	97	87	82
- 2 - B—c	118	105	94	88	81
- 2 - B—d	118	105	94	87	81
- 3 - A—a	116	103	99	86	83
- 3 - A—b	116	103	93	85	79
- 3 - A—c	116	103	93	85	83
- 3 - A—d	116	103	93	85	78
- 3 - B—a	116	108	94	89	80
- 3 - B—b	116	103	97	86	81
- 3 - B—c	116	103	93	88	79
- 3 - B—d	116	103	93	87	79

ボトルリユース単年度損益

表 4 - 2 - 4 ケース : ボトルリユース単年度損益

(単位 千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	-222,792	-183,592	-163,662	-133,027	-116,741
- 1 - A—b	-222,792	-183,592	-153,014	-129,783	-112,465
- 1 - A—c	-222,792	-183,592	-153,014	-129,038	-113,362
- 1 - A—d	-222,792	-183,592	-153,014	-129,038	-222,792
- 1 - B—a	-222,792	-190,595	-157,004	-135,266	-115,249
- 1 - B—b	-222,792	-183,592	-157,635	-131,362	-113,010
- 1 - B—c	-222,792	-183,592	-153,014	-132,051	-111,489
- 1 - B—d	-222,792	-183,592	-153,014	-130,186	-110,915
- 2 - A - a	-217,838	-178,639	-162,783	-128,303	-114,944
- 2 - A - b	-217,838	-178,639	-148,060	-124,582	-108,085
- 2 - A - c	-217,838	-178,639	-148,060	-124,084	-112,132
- 2 - A - d	-217,838	-178,639	-148,060	-124,084	-105,186
- 2 - B—a	-217,838	-188,626	-152,279	-132,895	-111,156
- 2 - B—b	-217,838	-178,639	-155,637	-126,983	-109,971
- 2 - B—c	-217,838	-178,639	-148,060	-129,795	-107,167
- 2 - B—d	-217,838	-178,639	-148,060	-126,983	-106,535
- 3 - A—a	-212,884	-173,685	-162,909	-122,717	-115,099
- 3 - A—b	-212,884	-173,685	-143,106	-118,637	-103,131
- 3 - A—c	-212,884	-173,685	-143,106	-119,130	-113,119
- 3 - A—d	-212,884	-173,685	-143,106	-119,130	-100,232

- 3 - B—a	-212,884	-187,733	-146,694	-131,729	-106,030
- 3 - B—b	-212,884	-173,685	-155,103	-122,029	-108,297
- 3 - B—c	-212,884	-173,685	-143,106	-129,376	-102,586
- 3 - B—d	-212,884	-173,685	-143,106	-125,989	-102,127

* 試算値を有効桁に関係なく転記する。

ボトルリユース累計損益

表 4 - 2 - 5 ケース : ボトルリユース累計損益

(単位千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	-222,792	-406,384	-570,046	-703,073	-819,814
- 1 - A—b	-222,792	-406,384	-559,398	-689,181	-801,646
- 1 - A—c	-222,792	-406,384	-559,398	-688,436	-801,798
- 1 - A—d	-222,792	-406,384	-559,398	-688,436	-798,576
- 1 - B—a	-222,792	-413,387	-570,391	-705,656	-820,905
- 1 - B—b	-222,792	-406,384	-564,019	-695,382	-808,392
- 1 - B—c	-222,792	-406,384	-559,398	-691,450	-802,939
- 1 - B—d	-222,792	-406,384	-559,398	-689,584	-800,499
- 2 - A - a	-217,838	-396,476	-559,260	-687,563	-802,507
- 2 - A - b	-217,838	-396,476	-544,537	-669,118	-777,203
- 2 - A - c	-217,838	-396,476	-544,537	-668,621	-780,752
- 2 - A - d	-217,838	-396,476	-544,537	-668,621	-773,807
- 2 - B—a	-217,838	-406,464	-558,743	-691,638	-802,794
- 2 - B—b	-217,838	-396,476	-552,114	-679,096	-789,067
- 2 - B—c	-217,838	-396,476	-544,537	-674,332	-781,498
- 2 - B—d	-217,838	-396,476	-544,537	-671,519	-778,054
- 3 - A—a	-212,884	-386,569	-549,478	-672,195	-787,294
- 3 - A—b	-212,884	-386,569	-529,675	-648,312	-751,443
- 3 - A—c	-212,884	-386,569	-529,675	-648,805	-761,924
- 3 - A—d	-212,884	-386,569	-529,675	-648,805	-749,037
- 3 - B—a	-212,884	-400,617	-547,311	-679,040	-785,070
- 3 - B—b	-212,884	-386,569	-541,672	-663,700	-771,997
- 3 - B—c	-212,884	-386,569	-529,675	-659,051	-761,637
- 3 - B—d	-212,884	-386,569	-529,675	-655,664	-757,791

* 試算値を有効桁に関係なく転記する。

(2) ケース シリーズ：飲料本数 9 0 0 万本 / 年

ボトルリユース単価

表 4 - 2 - 6 ケース : ボトルリユース単価

(単位 円 / 本)

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	56	52	52	47	46
- 1 - A—b	56	52	48	46	44
- 1 - A—c	56	52	48	45	44
- 1 - A—d	56	52	48	46	43
- 1 - B—a	56	54	49	47	45
- 1 - B—b	56	51	50	46	44
- 1 - B—c	56	51	48	46	44
- 1 - B—d	56	51	48	46	44
- 2 - A - a	54	50	51	45	45
- 2 - A - b	54	50	47	44	43
- 2 - A - c	54	50	47	44	44
- 2 - A - d	54	50	47	44	42
- 2 - B—a	54	53	48	47	44
- 2 - B—b	54	50	49	45	43
- 2 - B—c	54	50	46	46	42
- 2 - B—d	54	50	46	45	42
- 3 - A—a	53	48	51	43	45
- 3 - A—b	53	48	45	42	41
- 3 - A—c	53	48	45	42	44
- 3 - A—d	53	48	45	42	40
- 3 - B—a	53	53	46	46	42
- 3 - B—b	53	48	49	43	43
- 3 - B—c	53	48	45	46	41
- 3 - B—d	53	48	45	44	41

ボトルリユース単年度損益

表 4 - 2 - 7 ケース : ボトルリユース単年度損益

(単位 千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	-98,259	-59,060	-60,425	-16,473	-5,411
- 1 - A—b	-98,259	-59,060	-28,482	-6,740	7,418
- 1 - A—c	-98,259	-59,060	-28,482	-1,280	4,727
- 1 - A—d	-98,259	-59,060	-28,482	-4,505	14,392

- 1 - B—a	-97,359	-79,168	-39,550	-22,289	-33
- 1 - B—b	-97,359	-58,160	-41,444	-10,579	6,682
- 1 - B—c	-97,359	-58,160	-27,582	-12,646	11,246
- 1 - B—d	-97,359	-58,160	-27,582	-7,049	12,968
- 2 - A - a	-83,397	-44,198	-57,789	-2,300	2,676
- 2 - A - b	-83,397	-44,198	-13,620	8,863	20,558
- 2 - A - c	-83,397	-44,198	-13,620	10,357	8,418
- 2 - A - d	-83,397	-44,198	-13,620	10,357	29,254
- 2 - B—a	-82,497	-73,261	-25,377	-15,176	12,245
- 2 - B—b	-82,497	-43,298	-35,450	2,560	15,801
- 2 - B—c	-82,497	-43,298	-12,720	-5,877	24,213
- 2 - B—d	-82,497	-43,298	-12,720	2,560	26,107
- 3 - A—a	-68,536	-29,336	-58,167	14,456	-484
- 3 - A—b	-68,536	-29,336	1,242	26,698	35,420
- 3 - A—c	-68,536	-29,336	1,242	25,218	5,457
- 3 - A—d	-68,536	-29,336	1,242	25,218	44,116
- 3 - B—a	-67,636	-70,581	-8,621	-11,630	27,624
- 3 - B—b	-67,636	-28,436	-33,848	17,422	20,822
- 3 - B—c	-67,636	-28,436	2,142	-4,619	37,956
- 3 - B—d	-67,636	-28,436	2,142	5,540	39,333

* 試算値を有効桁に関係なく転記する。

ボトルリユース累計損益

表4 - 2 - 8 ケース : ボトルリユース累計損益

(単位千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	-98,259	-157,319	-217,744	-234,217	-239,627
- 1 - A—b	-98,259	-157,319	-185,801	-192,540	-185,122
- 1 - A—c	-98,259	-157,319	-185,801	-187,081	-182,354
- 1 - A—d	-98,259	-157,319	-185,801	-190,306	-175,913
- 1 - B—a	-97,359	-176,527	-216,077	-238,366	-238,399
- 1 - B—b	-97,359	-155,519	-196,963	-207,542	-200,860
- 1 - B—c	-97,359	-155,519	-183,101	-195,746	-184,501
- 1 - B—d	-97,359	-155,519	-183,101	-190,150	-177,182
- 2 - A - a	-83,397	-127,596	-185,385	-187,685	-185,009
- 2 - A - b	-83,397	-127,596	-141,216	-132,353	-111,795
- 2 - A - c	-83,397	-127,596	-141,216	-130,859	-122,441

- 2 - A - d	-83,397	-127,596	-141,216	-130,859	-101,605
- 2 - B—a	-82,497	-155,758	-181,135	-196,311	-184,066
- 2 - B—b	-82,497	-125,796	-161,246	-158,685	-142,884
- 2 - B—c	-82,497	-125,796	-138,516	-144,393	-120,180
- 2 - B—d	-82,497	-125,796	-138,516	-135,955	-109,848
- 3 - A—a	-68,536	-97,872	-156,039	-141,584	-142,068
- 3 - A—b	-68,536	-97,872	-96,630	-69,932	-34,512
- 3 - A—c	-68,536	-97,872	-96,630	-71,412	-65,955
- 3 - A—d	-68,536	-97,872	-96,630	-71,412	-27,296
- 3 - B—a	-67,636	-138,217	-146,838	-158,467	-130,844
- 3 - B—b	-67,636	-96,072	-129,920	-112,498	-91,676
- 3 - B—c	-67,636	-96,072	-93,930	-98,550	-60,594
- 3 - B—d	-67,636	-96,072	-93,930	-88,390	-49,057

* 試算値を有効桁に関係なく転記する。

(3) ケース シリーズ：飲料本数 1 , 5 0 0 万本 / 年

ボトルリユース単価

表 4 - 2 - 9 ケース : ボトルリユース単価

(単位 円 / 本)

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	43	41	42	38	38
- 1 - A—b	43	41	39	37	37
- 1 - A—c	43	41	39	37	37
- 1 - A—d	43	41	39	37	36
- 1 - B—a	43	43	40	39	38
- 1 - B—b	43	41	40	38	37
- 1 - B—c	43	41	39	38	36
- 1 - B—d	43	41	39	37	36
- 2 - A - a	42	39	42	37	37
- 2 - A - b	42	39	37	36	35
- 2 - A - c	42	39	37	35	36
- 2 - A - d	42	39	37	35	34
- 2 - B—a	42	42	38	38	36
- 2 - B—b	42	39	40	36	36
- 2 - B—c	42	39	37	37	35
- 2 - B—d	42	39	37	36	35
- 3 - A—a	40	37	42	35	37

- 3 - A—b	40	37	35	34	33
- 3 - A—c	40	37	35	34	37
- 3 - A—d	40	37	35	34	33
- 3 - B—a	40	42	37	38	34
- 3 - B—b	40	37	39	35	35
- 3 - B—c	40	37	35	37	33
- 3 - B—d	40	37	35	36	33

単年度損益

表 4 - 2 - 1 0 ケース : ボトルリユース単年度損益

(単位 千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	24,974	64,173	41,512	98,781	104,620
- 1 - A—b	24,974	64,173	94,751	115,003	126,001
- 1 - A—c	24,974	64,173	94,751	118,727	121,516
- 1 - A—d	24,974	64,173	94,751	118,727	137,625
- 1 - B—a	24,974	29,159	74,804	87,588	112,082
- 1 - B—b	24,974	64,173	71,647	107,104	123,275
- 1 - B—c	24,974	64,173	94,751	103,660	130,880
- 1 - B—d	24,974	64,173	94,751	112,987	133,750
- 2 - A - a	49,743	88,942	45,905	122,402	113,604
- 2 - A - b	49,743	88,942	119,520	141,007	147,901
- 2 - A - c	49,743	88,942	119,520	143,497	127,667
- 2 - A - d	49,743	88,942	119,520	143,497	162,394
- 2 - B—a	49,743	39,004	98,426	99,442	132,546
- 2 - B—b	49,743	88,942	81,636	129,003	138,473
- 2 - B—c	49,743	88,942	119,520	114,940	152,493
- 2 - B—d	49,743	88,942	119,520	129,003	155,650
- 3 - A—a	74,513	113,712	45,275	150,329	112,831
- 3 - A—b	74,513	113,712	144,290	170,733	172,670
- 3 - A—c	74,513	113,712	144,290	168,266	122,732
- 3 - A—d	74,513	113,712	144,290	168,266	187,164
- 3 - B—a	74,513	43,471	126,352	105,270	158,177
- 3 - B—b	74,513	113,712	84,307	153,773	146,840
- 3 - B—c	74,513	113,712	144,290	117,037	175,397
- 3 - B—d	74,513	113,712	144,290	133,720	177,693

* 試算値を有効桁に係なく転記する。

累計損益

表 4 - 2 - 1 1 ケース : ボトルリユース累計損益

(単位千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	24,974	89,146	130,659	229,440	334,060
- 1 - A—b	24,974	89,146	183,897	298,901	424,902
- 1 - A—c	24,974	89,146	183,897	302,625	424,141
- 1 - A—d	24,974	89,146	183,897	302,625	440,250
- 1 - B—a	24,974	54,132	128,937	216,525	328,607
- 1 - B—b	24,974	89,146	160,794	267,898	391,173
- 1 - B—c	24,974	89,146	183,897	287,557	418,438
- 1 - B—d	24,974	89,146	183,897	296,885	430,635
- 2 - A - a	49,743	138,685	184,590	306,993	420,597
- 2 - A - b	49,743	138,685	258,206	399,213	547,114
- 2 - A - c	49,743	138,685	258,206	401,703	529,370
- 2 - A - d	49,743	138,685	258,206	401,703	564,097
- 2 - B—a	49,743	88,747	187,173	286,616	419,162
- 2 - B—b	49,743	138,685	220,322	349,325	487,799
- 2 - B—c	49,743	138,685	258,206	373,146	525,639
- 2 - B—d	49,743	138,685	258,206	387,209	542,859
- 3 - A—a	74,513	188,224	233,499	383,828	496,659
- 3 - A—b	74,513	188,224	332,514	503,248	675,918
- 3 - A—c	74,513	188,224	332,514	500,781	623,513
- 3 - A—d	74,513	188,224	332,514	500,781	687,945
- 3 - B—a	74,513	117,983	244,336	349,606	507,783
- 3 - B—b	74,513	188,224	272,531	426,304	573,145
- 3 - B—c	74,513	188,224	332,514	449,551	624,948
- 3 - B—d	74,513	188,224	332,514	466,234	643,927

* 試算値を有効桁に係なく転記する。

(4) ケース シリーズ : 飲料本数 2 , 1 0 0 万本 / 年

ボトル単価

表 4 - 2 - 1 2 ケース : ボトルリユース単価

(単位 円 / 本)

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	116,206	155,406	111,449	182,035	182,650
- 1 - A—b	116,206	155,406	185,983	204,747	212,584
- 1 - A—c	116,206	155,406	185,983	209,960	206,304

- 1 - A—d	116,206	155,406	185,983	209,960	228,857
- 1 - B—a	116,206	106,386	158,058	166,365	193,097
- 1 - B—b	116,206	155,608	153,638	193,687	208,767
- 1 - B—c	116,206	155,608	186,186	188,866	219,415
- 1 - B—d	116,206	155,608	186,186	201,924	223,433
- 2 - A - a	150,883	190,083	117,599	215,105	195,228
- 2 - A - b	150,883	190,083	220,661	241,152	243,243
- 2 - A - c	150,883	190,083	220,661	244,638	214,714
- 2 - A - d	150,883	190,083	220,661	244,638	263,534
- 2 - B—a	150,883	120,170	191,128	182,961	221,747
- 2 - B—b	150,883	190,083	167,623	224,347	230,045
- 2 - B—c	150,883	190,083	220,661	206,343	249,672
- 2 - B—d	150,883	190,083	220,661	224,347	253,917
- 3 - A—a	185,561	224,760	116,717	254,202	194,145
- 3 - A—b	185,561	224,760	255,338	282,769	277,921
- 3 - A—c	185,561	224,760	255,338	279,315	208,008
- 3 - A—d	185,561	224,760	255,338	279,315	298,212
- 3 - B—a	185,561	126,423	230,225	191,120	257,630
- 3 - B—b	185,561	224,760	171,362	259,496	241,759
- 3 - B—c	185,561	224,760	255,338	207,594	281,738
- 3 - B—d	185,561	224,760	255,338	231,300	284,952

単年度損益

表 4 - 2 - 1 3 ケース : ボトルリユース単年度損益

(単位 千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	116,206	155,406	111,449	182,035	182,650
- 1 - A—b	116,206	155,406	185,983	204,747	212,584
- 1 - A—c	116,206	155,406	185,983	209,960	206,304
- 1 - A—d	116,206	155,406	185,983	209,960	228,857
- 1 - B—a	116,206	106,386	158,058	166,365	193,097
- 1 - B—b	116,206	155,608	153,638	193,687	208,767
- 1 - B—c	116,206	155,608	186,186	188,866	219,415
- 1 - B—d	116,206	155,608	186,186	201,924	223,433
- 2 - A - a	150,883	190,083	117,599	215,105	195,228
- 2 - A - b	150,883	190,083	220,661	241,152	243,243
- 2 - A - c	150,883	190,083	220,661	244,638	214,714

- 2 - A - d	150,883	190,083	220,661	244,638	263,534
- 2 - B—a	150,883	120,170	191,128	182,961	221,747
- 2 - B—b	150,883	190,083	167,623	224,347	230,045
- 2 - B—c	150,883	190,083	220,661	206,343	249,672
- 2 - B—d	150,883	190,083	220,661	224,347	253,917
- 3 - A—a	185,561	224,760	116,717	254,202	194,145
- 3 - A—b	185,561	224,760	255,338	282,769	277,921
- 3 - A—c	185,561	224,760	255,338	279,315	208,008
- 3 - A—d	185,561	224,760	255,338	279,315	298,212
- 3 - B—a	185,561	126,423	230,225	191,120	257,630
- 3 - B—b	185,561	224,760	171,362	259,496	241,759
- 3 - B—c	185,561	224,760	255,338	207,594	281,738
- 3 - B—d	185,561	224,760	255,338	231,300	284,952

* 試算値を有効桁に関係なく転記する。

累計損益

表 4 - 2 - 1 4 ケース : ボトルリユース累計損益

(単位千円) *

ケース	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
- 1 - A—a	116,206	271,612	383,061	565,096	747,746
- 1 - A—b	116,206	271,612	457,595	662,342	874,926
- 1 - A—c	116,206	271,612	457,595	667,555	873,860
- 1 - A—d	116,206	271,612	457,595	667,555	896,412
- 1 - B—a	116,206	222,592	380,650	547,015	740,112
- 1 - B—b	116,206	271,814	425,452	619,140	827,907
- 1 - B—c	116,206	271,814	458,000	646,865	866,280
- 1 - B—d	116,206	271,814	458,000	659,924	883,357
- 2 - A - a	150,883	340,966	458,565	673,671	868,899
- 2 - A - b	150,883	340,966	561,627	802,779	1,046,023
- 2 - A - c	150,883	340,966	561,627	806,265	1,020,979
- 2 - A - d	150,883	340,966	561,627	806,265	1,069,799
- 2 - B—a	150,883	271,053	462,182	645,143	866,890
- 2 - B—b	150,883	340,966	508,589	732,936	962,981
- 2 - B—c	150,883	340,966	561,627	767,970	1,017,643
- 2 - B—d	150,883	340,966	561,627	785,974	1,039,891
- 3 - A—a	185,561	410,321	527,038	781,240	975,386
- 3 - A—b	185,561	410,321	665,659	948,428	1,226,348

- 3 - A—c	185,561	410,321	665,659	944,974	1,152,981
- 3 - A—d	185,561	410,321	665,659	944,974	1,243,185
- 3 - B—a	185,561	311,984	542,209	733,329	990,959
- 3 - B—b	185,561	410,321	581,683	841,178	1,082,937
- 3 - B—c	185,561	410,321	665,659	873,252	1,154,990
- 3 - B—d	185,561	410,321	665,659	896,959	1,181,911

* 試算値を有効桁に関係なく転記する。

(5) 単年度損益の整理

本シミュレーションではリターナブルPETボトルの年間リユース本数、回収率、トリップ数（年間およびライフタイム）をパラメーターとしているため変化に富んだデータが得られている。

ここでは一つのまとめとして全96ケースの単年度損益を整理する。

- ・リユース開始初年度のリターナブルPETボトルリユース事業の単年度損益
- ・リユース開始3年目のリターナブルPETボトルリユース事業の単年度損益
- ・リユース開始5年目のリターナブルPETボトルリユース事業の単年度損益

表4 - 2 - 15 事業開始初年度のリターナブルPETボトルリユース事業の単年度損益 （千円）

ケース	回収率	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	：	：	：	：
				300 万本	900 万本	1,500 万本	2,100 万本
1 - A—a	85%	3 回 / 年	7 回	-222,792	-98,259	24,974	116,206
1 - A—b			10 回	-222,792	-98,259	24,974	116,206
1 - A—c			13 回	-222,792	-98,259	24,974	116,206
1 - A—d			16 回	-222,792	-98,259	24,974	116,206
1 - B—a		4 回 / 年	7 回	-222,792	-97,359	24,974	116,206
1 - B—b			10 回	-222,792	-97,359	24,974	116,206
1 - B—c			13 回	-222,792	-97,359	24,974	116,206
1 - B—d			16 回	-222,792	-97,359	24,974	116,206
2 - A - a	90%	3 回 / 年	7 回	-217,838	-83,397	49,743	150,883
2 - A - b			10 回	-217,838	-83,397	49,743	150,883
2 - A - c			13 回	-217,838	-83,397	49,743	150,883
2 - A - d			16 回	-217,838	-83,397	49,743	150,883
2 - B—a		4 回 / 年	7 回	-217,838	-82,497	49,743	150,883
2 - B—b			10 回	-217,838	-82,497	49,743	150,883
2 - B—c			13 回	-217,838	-82,497	49,743	150,883
2 - B—d			16 回	-217,838	-82,497	49,743	150,883
3 - A—a	95%	3 回 / 年	7 回	-212,884	-68,536	74,513	185,561
3 - A—b			10 回	-212,884	-68,536	74,513	185,561

3 - A—c			13 回	-212,884	-68,536	74,513	185,561
3 - A—d			16 回	-212,884	-68,536	74,513	185,561
3 - B—a		4 回/年	7 回	-212,884	-67,636	74,513	185,561
3 - B—b			10 回	-212,884	-67,636	74,513	185,561
3 - B—c			13 回	-212,884	-67,636	74,513	185,561
3 - B—d			16 回	-212,884	-67,636	74,513	185,561

表 4 - 2 - 1 6 事業開始 3 年目のリターナブル P E T ボトルリユース事業の単年度損益 (千円)

ケース	回収率	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	: 300 万本	: 900 万本	: 1,500 万本	: 2,100 万本
1 - A—a	85%	3 回/年	7 回	-163,662	-28,482	41,512	111,449
1 - A—b			10 回	-153,014	-28,482	94,751	185,983
1 - A—c			13 回	-153,014	-39,550	94,751	185,983
1 - A—d			16 回	-153,014	-41,444	94,751	185,983
1 - B—a		4 回/年	7 回	-157,004	-27,582	74,804	158,058
1 - B—b			10 回	-157,635	-27,582	71,647	153,638
1 - B—c			13 回	-153,014	-57,789	94,751	186,186
1 - B—d			16 回	-153,014	-13,620	94,751	186,186
2 - A - a	90%	3 回/年	7 回	-162,783	-13,620	45,905	117,599
2 - A - b			10 回	-148,060	-13,620	119,520	220,661
2 - A - c			13 回	-148,060	-25,377	119,520	220,661
2 - A - d			16 回	-148,060	-35,450	119,520	220,661
2 - B—a		4 回/年	7 回	-152,279	-12,720	98,426	191,128
2 - B—b			10 回	-155,637	-12,720	81,636	167,623
2 - B—c			13 回	-148,060	-58,167	119,520	220,661
2 - B—d			16 回	-148,060	1,242	119,520	220,661
3 - A—a	95%	3 回/年	7 回	-162,909	1,242	45,275	116,717
3 - A—b			10 回	-143,106	1,242	144,290	255,338
3 - A—c			13 回	-143,106	-8,621	144,290	255,338
3 - A—d			16 回	-143,106	-33,848	144,290	255,338
3 - B—a		4 回/年	7 回	-146,694	2,142	126,352	230,225
3 - B—b			10 回	-155,103	2,142	84,307	171,362
3 - B—c			13 回	-143,106	-28,482	144,290	255,338
3 - B—d			16 回	-143,106	-28,482	144,290	255,338

表 4 - 2 - 1 7 事業開始 5 年目のリターナブル P E T ボトルリユース事業の単年度損益 (千円)

ケース	回収率	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	: 300 万本	: 900 万本	: 1,500 万本	: 2,100 万本
1 - A—a	85%	3 回 / 年	7 回	-116,741	-5,411	104,620	182,650
1 - A—b			10 回	-112,465	7,418	126,001	212,584
1 - A—c			13 回	-113,362	4,727	121,516	206,304
1 - A—d			16 回	-222,792	14,392	137,625	228,857
1 - B—a		4 回 / 年	7 回	-115,249	-33	112,082	193,097
1 - B—b			10 回	-113,010	6,682	123,275	208,767
1 - B—c			13 回	-111,489	11,246	130,880	219,415
1 - B—d			16 回	-110,915	12,968	133,750	223,433
2 - A - a	90%	3 回 / 年	7 回	-114,944	2,676	113,604	195,228
2 - A - b			10 回	-108,085	20,558	147,901	243,243
2 - A - c			13 回	-112,132	8,418	127,667	214,714
2 - A - d			16 回	-105,186	29,254	162,394	263,534
2 - B—a		4 回 / 年	7 回	-111,156	12,245	132,546	221,747
2 - B—b			10 回	-109,971	15,801	138,473	230,045
2 - B—c			13 回	-107,167	24,213	152,493	249,672
2 - B—d			16 回	-106,535	26,107	155,650	253,917
3 - A—a	95%	3 回 / 年	7 回	-115,099	-484	112,831	194,145
3 - A—b			10 回	-103,131	35,420	172,670	277,921
3 - A—c			13 回	-113,119	5,457	122,732	208,008
3 - A—d			16 回	-100,232	44,116	187,164	298,212
3 - B—a		4 回 / 年	7 回	-106,030	27,624	158,177	257,630
3 - B—b			10 回	-108,297	20,822	146,840	241,759
3 - B—c			13 回	-102,586	37,956	175,397	281,738
3 - B—d			16 回	-102,127	39,333	177,693	284,952

4 - 2 - 2 リターナブルPETボトルリユースシステムの経済性評価

シミュレーション（全部で96ケース）は多岐にわたるため、一口でリターナブルPETボトル事業の条件を特定することは困難であり、それはまた客観性の欠如につながる可能性がある。

したがって、本シミュレーションの評価はそれぞれのパラメーターに沿って行うものとする。

1) リターナブルPETボトルリユースシステム評価・その1～本数の効果

(1) 単年度損益から見た評価

多数あるケースから「2 - A - c」のケース（回収率90% 年間トリップ数3回 ライフタイムトリップ数13回）を選定し、これを代表例としリターナブルPETボトル飲料の本数の効果を評価する。（ここではリターナブルPETボトルの本数のみ変数とする）

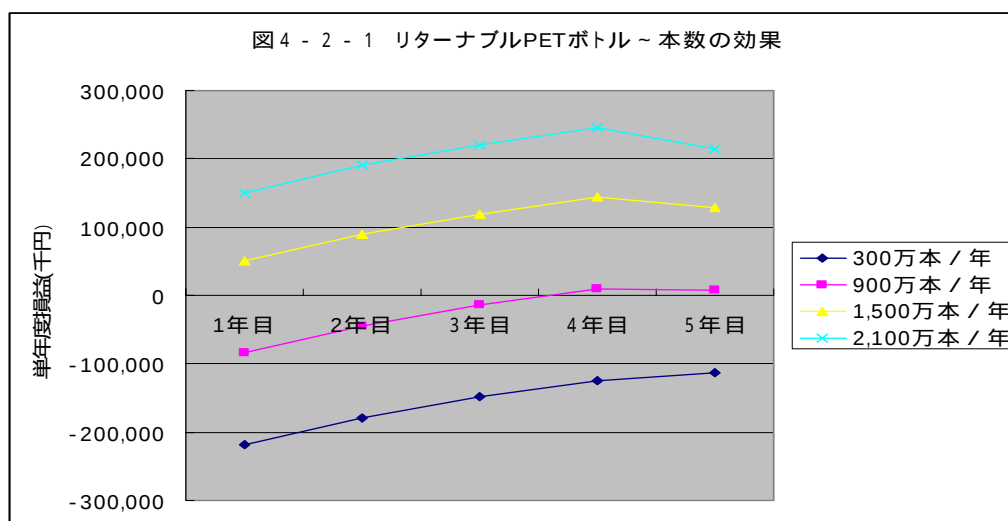
選定ケース…

・ 2 - A - c	300万本/年	回収率90% トリップ数（3回/年、ライフタイム13回）
・ 2 - A - c	900万本/年	
・ 2 - A - c	1,500万本/年	
・ 2 - A - c	2,100万本/年	

シミュレーションの結果は下記の通りである。

表4 - 2 - 18 リターナブルPETボトルの本数の経済性効果～単年度損益

回収率90% 年間トリップ数3回 ライフタイムトリップ数13回 (単位 千円)					
ケース	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
300万本/年	-217,838	-178,639	-148,060	-124,084	-112,132
900万本/年	-83,397	-44,198	-13,620	10,357	8,418
1,500万本/年	49,743	88,942	119,520	143,497	127,667
2,100万本/年	150,883	190,083	220,661	244,638	214,714



上記を評価すると、

300万本/年の場合、リターナブルPETボトルのリユース事業開始時は初期投資の影響で採算性が著しく悪く、その後も年度毎の損失が続く。

この傾向は、回収率、トリップ数を変えた他のケース（表4-2-4参照）でも同様である。

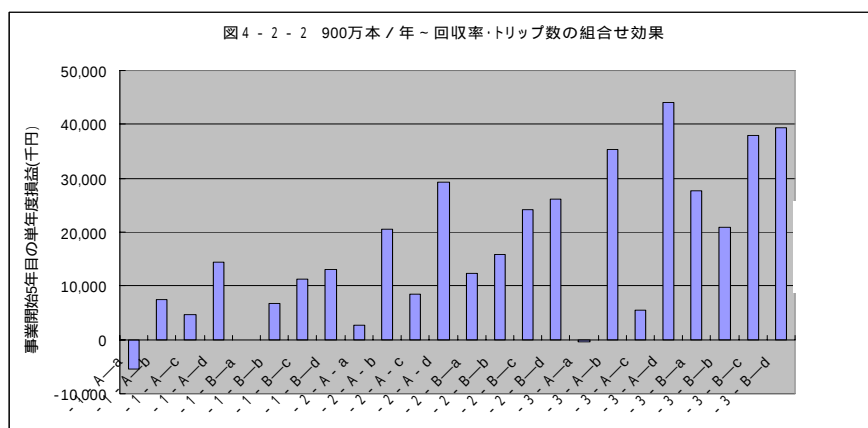
したがって、たとえば住人6～7万人（表4-1-1参照）の狭い地域を単位としてリターナブルPETボトルのリユース事業を行うことは至難であろう。

900万本/年の場合、事業開始4年目には損益が安定し、若干ながらプラス側になっている。

管理費その他の間接費を考慮するならば、この特定のケース「1-2-A-c」ではリターナブルPETボトルのリユース事業の事業性を成立させるには工夫が必要になるであろう。

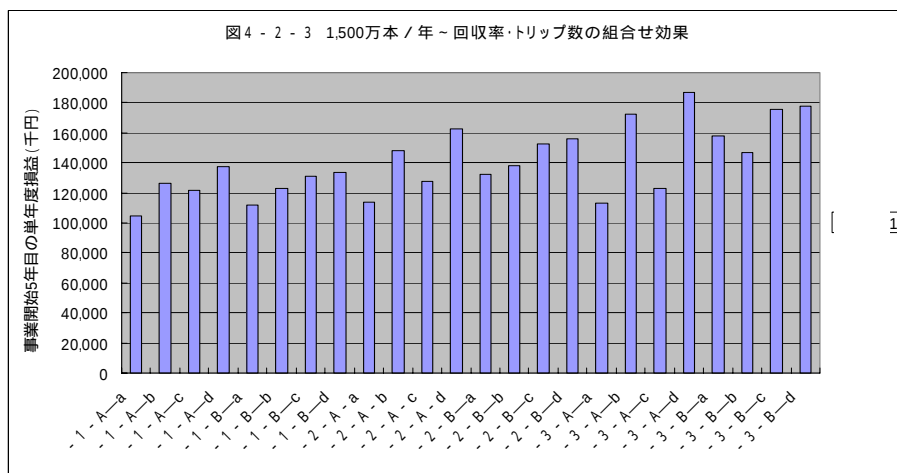
ただし、回収率、トリップ数を変えた他のケース（表4-2-7参照）では、ケース「3-3-A-d」のように、同じ900万本/年であってもはるかに利益性の高い組合せがある。（図4-2-2参照）従って、900万本/年では回収率、トリップ数のあり方次第で事業性が創出されると判断される。採算性の一層の向上のためには、他の事業との組合せで利益を出すといった仕組み、あるいは公的な補助金などの施策が想定される。

住人17～20万人（表4-1-1参照）の地域が対象になるが、物流距離が短い地方の中都市であれば、想定した物流コストの低下が考えられ採算性は改善されるであろう。

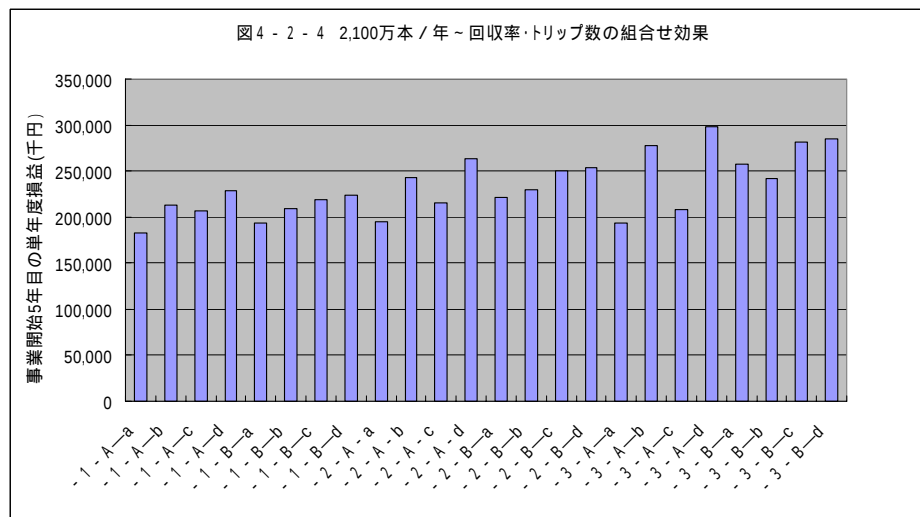


1,500万本/年の場合は事業開始初年度から利益が出る。

住人38～30万人（表4-1-1参照）の地域あるいは大中都市が対象になる。



2,100万本/年の場合は事業開始初年度からさらに大きな利益が出る。
 住人45～50万人(表4-1-1参照)の地域あるいは大都市が対象になる。



リターナブルPETボトルリユース事業における本数の効果を総括すると。

- ・住民数20万人程度の地域を対象にした1,000万本/年以上でのリユース事業が成立する可能性がでてくる。すなわち、回収率、トリップ数を最適化することにより1,000万本近傍での事業性が高める可能性が高い。
- ・1,500万本/年、2,100万本といった規模のリターナブルPETボトルリユース事業は事業開始年から利益を見込めると予測され、その規模が大きいほど条件は良くなる。
 (ただし、極端な広域リユース規模になると想定した物流条件から逸脱し物流コストの上昇で事業性が劣化することが予測される。なお、自治体におけるPETボトルの回収あるいはごみ処理の費用削減は本シミュレーションでは考慮していない。)

(2) 累計損益から見た評価

新たに事業を創出する場合には創業当初の投資が経営上の負担になる。

ここでは本シミュレーションの結果にもとづき、5年間の累計損益の観点からリターナブルPETボトル本数の効果を考察する。

前項と同様、多数あるシミュレーションケースから下記のケースを選定する：

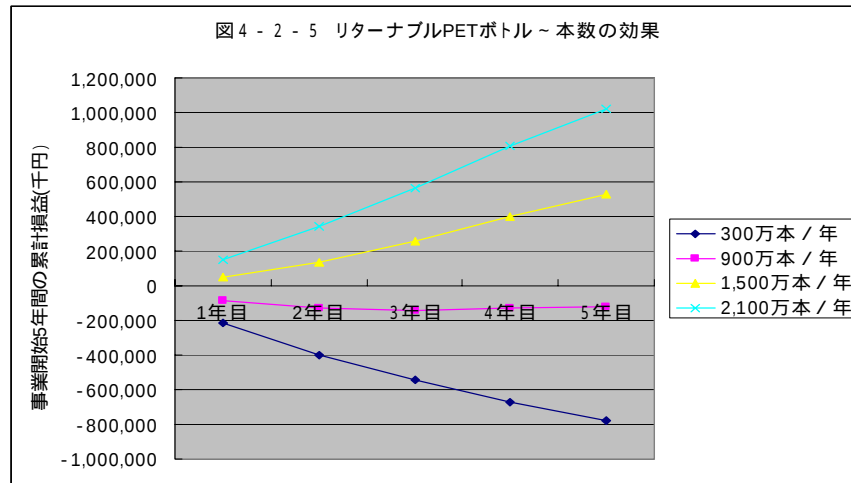
・ - 2 - A—c	300万本/年	回収率90% トリップ(3回/年、ライフタイム13回)
・ - 2 - A—c	900万本/年	
・ - 2 - A—c	1,500万本/年	
・ - 2 - A—c	2,100万本/年	

シミュレーションの結果は下記の通りである。

表 4 - 2 - 1 9 リターナブルPETボトルの本数の経済性効果～5年間の累計損益

…回収率90% 年間トリップ数3回 ライフタイムトリップ数13回 (単位 千円)

ケース	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
300万本/年	-217,838	-396,476	-544,537	-668,621	-780,752
900万本/年	-83,397	-127,596	-141,216	-130,859	-122,441
1,500万本/年	49,743	138,685	258,206	401,703	529,370
2,100万本/年	150,883	340,966	561,627	806,265	1,020,979



上記の結果を評価すると、

300万本/年の場合、リターナブルPETボトルのリユース事業開始時は初期投資は回収できず、損失はひたすら累積する。従って事業性は期待でないと判断される。

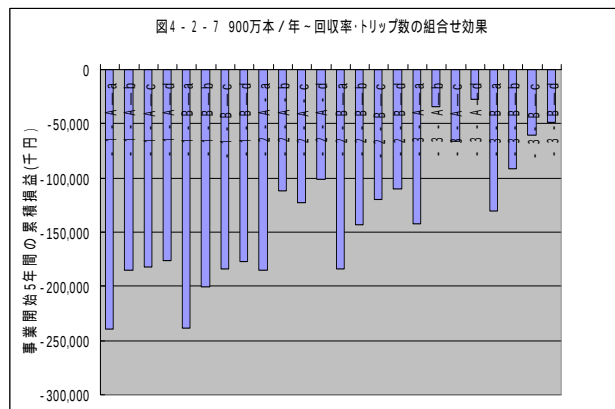
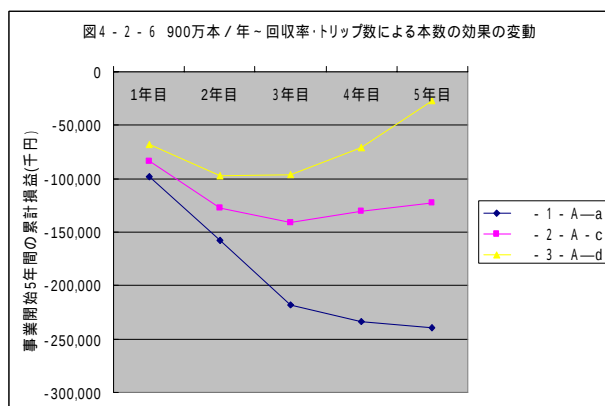
900万本/年の場合、初期投資を回収するケース、回収できないケースと多様である。

参考までに、900万本/年の場合の最悪のケース「 - 1 - A - a」(回収率85%、年間トリップ数3回、ライフタイムトリップ数7回)と最良のケース「 - 3 - A - d」(回収率95%、年間トリップ数3回、ライフタイムトリップ数16回)の累積損益の推移を図4 - 2 - 6に示す。

ケース「 - 2 - A - c」は図4 - 2 - 5にも示しているが、これと比較するまでもなく、ケース「 - 3 - A - d」では初期投資を急速に回収する様子が見て取れる。

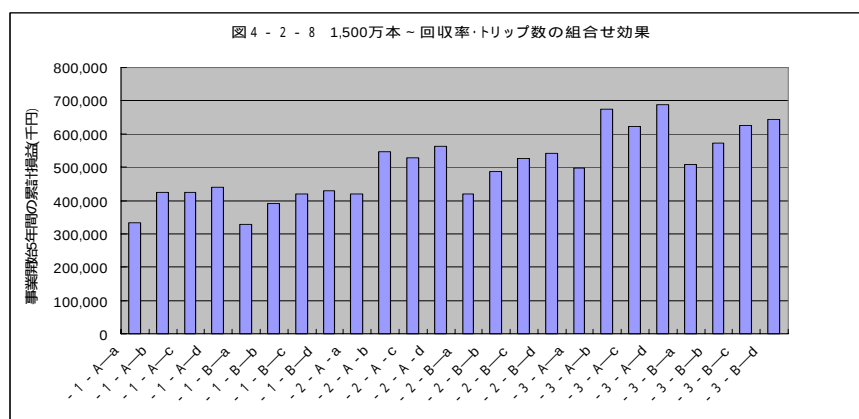
一方、ケース「 - 1 - A - a」では損失の累積はさらに進み、累積損失が250百万円に至った辺りで平衡状態になると予測される。

図4 - 2 - 7に示すように、同じ900万本/年であっても回収率、トリップ数の組合せに依存して累積損益はかなり変動する。

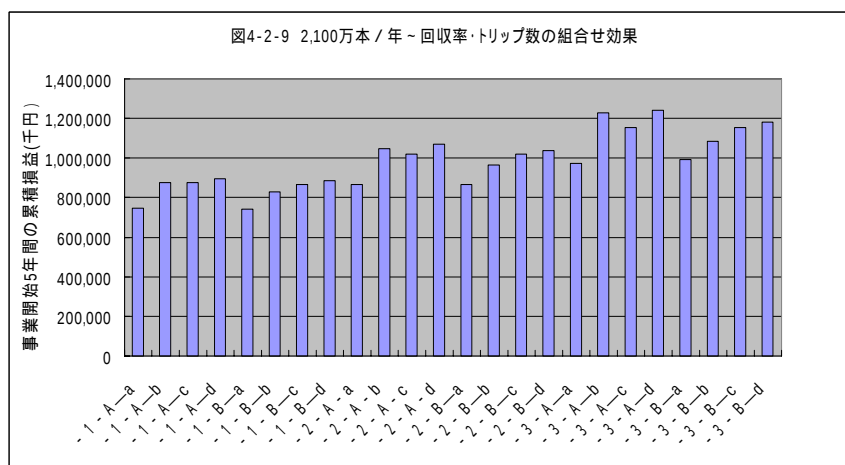


1, 500万本/年の場合、回収率、トリップ数の組合せがどのようなであっても、明らかに良好に利益を積み上げている。

ただし、最も利益性の低いケース「1-B-a」(回収率85%、年間トリップ数4回、ライフタイムトリップ数7回)と最も利益性の高いケース「3-A-d」(回収率95%、年間トリップ数3回、ライフタイムトリップ数16回)では2倍の開きが出るようである。



2, 100万本/年の場合、回収率、トリップ数の組合せがどのようなであっても、さらに良好に利益を積み上げている。



リターナブルPETボトルリユース事業における本数の効果を総括すると。

- ・住民数20万人程度の地域を対象にした1,000万本/年のリユース事業については、回収率、トリップ回数の組合せを最適化したとしても、初期投資を回収し累積で黒字にするのに事業開始後5年間以上を要すると予測されるので、そうした視点で事業計画を立てる必要があると思われる。
 - ・1,500万本/年、2,000万本といった規模のリターナブルPETボトルリユース事業は事業開始年から利益を見込めると予測され、したがって利益は順調に累積される。
- (ただし、極端な広域リユース規模になると想定した物流条件から逸脱し物流コストの上昇で事業性が劣化することが予測される。なお、自治体におけるPETボトルの回収あるいはごみ処理の費用削減は本シミュレーションでは考慮していない。)

2) リターナブルPETボトルリユースシステム評価・その2～回収率の効果

(1) シミュレーション結果

回収率(85%、90%、95%)に関して、全96のシミュレーションケースの事業開始5年目の単年度損益を整理する。(できるかぎり事業開始時の影響が少ない5年目のデータを使う。)

表4-2-20 回収率が与える経済性効果

リユース開始5年目のリターナブルPETボトル事業の単年度損益

(千円)

回収率	ケース	トリップ数		飲料本数/年			
		回/年	回/LT	: 300万	: 900万	: 1500万	: 2100万
85%	1-A—a	3回/年	7回	-116,741	-5,411	104,620	182,650
	1-A—b		10回	-112,465	7,418	126,001	212,584
	1-A—c		13回	-113,362	4,727	121,516	206,304
	1-A—d		16回	-222,792	14,392	137,625	228,857
	1-B—a	4回/年	7回	-115,249	-33	112,082	193,097
	1-B—b		10回	-113,010	6,682	123,275	208,767
	1-B—c		13回	-111,489	11,246	130,880	219,415
	1-B—d		16回	-110,915	12,968	133,750	223,433
90%	2-A-a	3回/年	7回	-114,944	2,676	113,604	195,228
	2-A-b		10回	-108,085	20,558	147,901	243,243
	2-A-c		13回	-112,132	8,418	127,667	214,714
	2-A-d		16回	-105,186	29,254	162,394	263,534
	2-B—a	4回/年	7回	-111,156	12,245	132,546	221,747
	2-B—b		10回	-109,971	15,801	138,473	230,045
	2-B—c		13回	-107,167	24,213	152,493	249,672
	2-B—d		16回	-106,535	26,107	155,650	253,917
95%	3-A—a	3回/年	7回	-115,099	-484	112,831	194,145
	3-A—b		10回	-103,131	35,420	172,670	277,921

95%	3 - A—c	4 回/年	13 回	-113,119	5,457	122,732	208,008
	3 - A—d		16 回	-100,232	44,116	187,164	298,212
	3 - B—a		7 回	-106,030	27,624	158,177	257,630
	3 - B—b		10 回	-108,297	20,822	146,840	241,759
	3 - B—c		13 回	-102,586	37,956	175,397	281,738
	3 - B—d		16 回	-102,127	39,333	177,693	284,952

(2) 回収率による経済性効果の評価

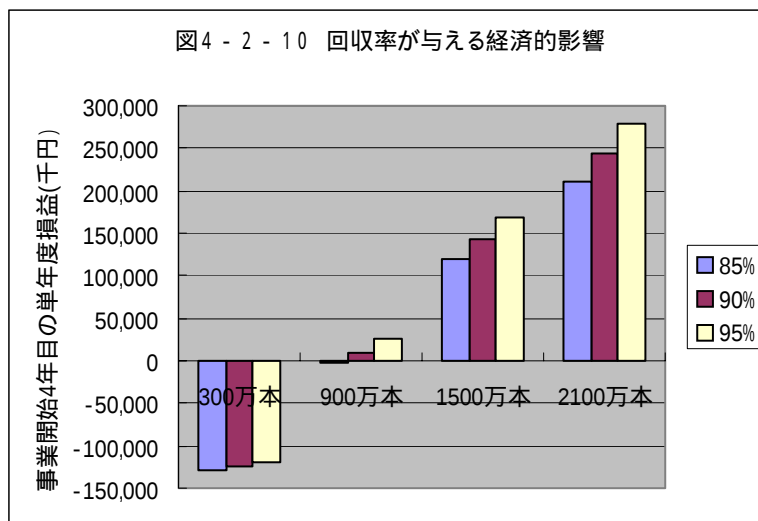
ここでは、4 - 2 - 2 1) 項にならって「年間トリップ数 3 回、ライフタイムトリップ数 13 回」の条件を選定し、以下の複数のケースを対象に評価を行う。(選定の配慮点：所定のライフタイムトリップ数完了後に P E T ボトルの大量入れ替えがない年次を選定する)

【回収率による経済性効果評価ケース：その 1】 「A - c」ケース 4 年目

年間トリップ数 3 回 - ライフタイムトリップ数 13 回 - 事業開始 4 年目

表 4 - 2 - 2 1 リユース開始 4 年目のリターナブル P E T ボトル事業の単年度損益 (千円)

回収率	ケース	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	300 万本	900 万本	1500 万本	2100 万本
1 . 85%	A - c	3 回/年	13 回	-129,038	-1,280	118,727	209,960
2 . 90%	A - c	3 回/年		-124,084	10,357	143,497	244,638
3 . 95%	A - c	3 回/年		-119,130	25,218	168,266	279,315

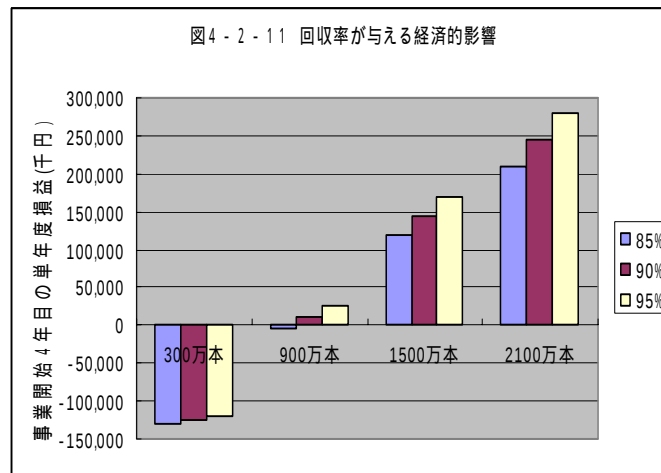


【回収率による経済性効果評価ケース：その 2】 「A - d」ケース 4 年目

年間トリップ数 3 回 - ライフタイムトリップ数 16 回 - 事業開始 4 年目

表 4 - 2 - 2 2 リユース開始 4 年目のリターナブル P E T ボトル事業の単年度損益 (千円)

回収率	ケース	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	300 万本	900 万本	1500 万本	2100 万本
1 . 85%	A—d	3 回 / 年	16 回	-129,038	-4,505	118,727	209,960
2 . 90%	A - d	3 回 / 年		-124,084	10,357	143,497	244,638
3 . 95%	A—d	3 回 / 年		-119,130	25,218	168,266	279,315

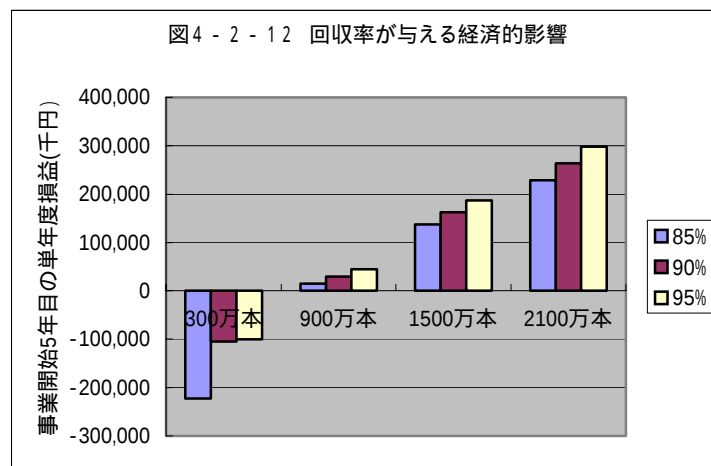


【回収率による経済性効果評価ケース：その 3】 「A - d」ケース 5 年目

年間トリップ数 3 回 - ライフタイムトリップ数 16 回 - 事業開始 5 年目

表 4 - 2 - 2 3 リユース開始 4 年目のリターナブル P E T ボトル事業の単年度損益 (千円)

回収率	ケース	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	300 万本	900 万本	1500 万本	2100 万本
1 . 85%	A—d	3 回 / 年	16 回	-222,792	14,392	137,625	228,857
2 . 90%	A - d	3 回 / 年		-105,186	29,254	162,394	263,534
3 . 95%	A—d	3 回 / 年		-100,232	44,116	187,164	298,212

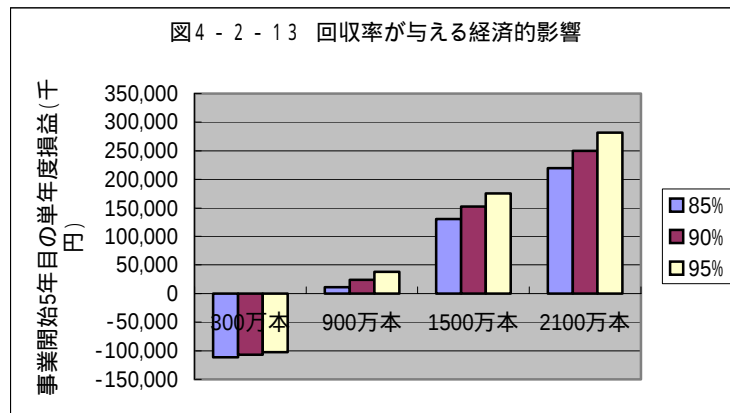


【回収率による経済性効果評価ケース：その4】 「B - c」ケース5年目

年間トリップ数4回 - ライフタイムトリップ数13回 - 事業開始5年目

表4 - 2 - 24 リユース開始4年目のリターナブルPETボトル事業の単年度損益 (千円)

回収率	ケース	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	300 万本	900 万本	1500 万本	2100 万本
1 . 85%	B — c	4 回 / 年	13 回	-111,489	11,246	130,880	219,415
2 . 90%	B - c	4 回 / 年		-107,167	24,213	152,493	249,672
3 . 95%	B — c	4 回 / 年		-102,586	37,956	175,397	281,738

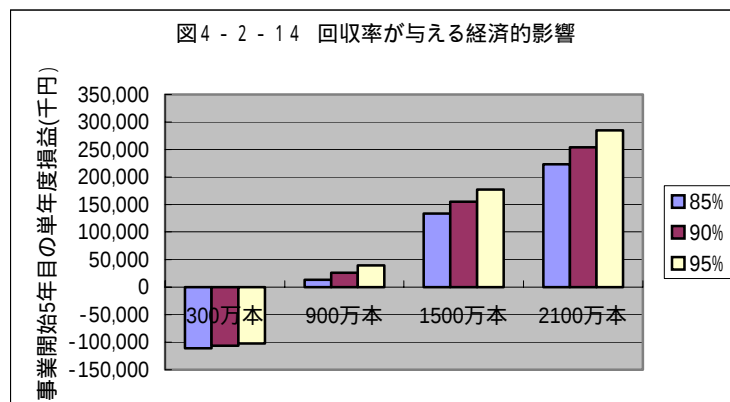


【回収率による経済性効果評価ケース：その5】 「B - d」ケース5年目

年間トリップ数4回 - ライフタイムトリップ数16回 - 事業開始5年目

表4 - 2 - 25 リユース開始4年目のリターナブルPETボトル事業の単年度損益 (千円)

回収率	ケース	トリップ数		飲料本数 / 年			
		回 / 年	回 / LT	300 万本	900 万本	1500 万本	2100 万本
1 . 85%	B — d	4 回 / 年	16 回	-110,915	12,968	133,750	223,433
2 . 90%	B - d	4 回 / 年		-106,535	26,107	155,650	253,917
3 . 95%	B — d	4 回 / 年		-102,127	39,333	177,693	284,952



以上の表、図から以下の事柄が判断される：

900万本/年(一部ケース)、1,500万本/年、2,100万本/年など、利益が出ているケースでは回収率の増加に沿って利益が増加する。

その場合の利益の増加率は回収率の増加以上に大きい。「B-d~ケース5年目」を例に取るなら回収率と利益との相関性は下表のごとくである。

表4-2-26 回収率増加と利益増加の相対比較

回収率増加比		利益増加比(ただし損失ベースの300万本/年は除く)					
85%を1とする		900万本/年		1,500万本/年		2,100万本/年	
85%	1	12,968千円	1	133,750千円	1	223,433千円	1
90%	1.059	26,107千円	2.013	155,650千円	1.164	253,917千円	1.136
95%	1.118	39,333千円	3.033	177,693千円	1.329	284,952千円	1.275

一方で損失ベースのケースでは回収率に関係ない値が出ており、回収率と損失額の間の相関性は外観的には見当たらない。

事業がプラス側にある場合、あるいはプラス側に転じた以降は、回収率が採算性に与える効果はきわめて高いと判断される。(なお、自治体におけるPETボトルの回収あるいはごみ処理の費用削減は本シミュレーションでは考慮していない)

3) リターナブルPETボトルリユースシステム評価・その3~年間トリップ回数の効果

(1) シミュレーション結果

すでにリターナブルPETボトルの年間リユース本数および回収率が経済性に与える効果を評価したので、ここではこれらの条件を一定に設定した上で年間トリップ数の効果を評価する。

・リターナブルPETボトルの年間リユース本数：1,500万本/年

…300万本/年あるいは900万本/年(一部)のケースでは損失側の数値が外乱条件として作用すると思われるので、1,500万本/年のケースを評価対象とする。

・回収率：90%

表4-2-27 1,500万本/年・回収率90%のケースにおける年間トリップ数の経済性効果

トリップ数		単年度損益(千円)				
年間	ライフタイム	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
3回	7回	49,743	88,942	45,905	122,402	113,604
4回	7回	49,743	39,004	98,426	99,442	132,546
3回	10回	49,743	88,942	119,520	141,007	147,901
4回	10回	49,743	88,942	81,636	129,003	138,473
3回	13回	49,743	88,942	119,520	143,497	127,667
4回	13回	49,743	88,942	119,520	114,940	152,493
3回	16回	49,743	88,942	119,520	143,497	162,394
4回	16回	49,743	88,942	119,520	129,003	155,650

(2) 年間トリップ数の経済性効果評価

上表においてイタリック体で損益を表示した年次には(年間トリップ回数3回あるいは4回のいずれかで)通常年とは異なる数量のPETボトルの更新があり支出が一時的に増加している。たとえば

- ・「年間トリップ数3回、ライフタイム7回」であれば、事業開始3年目には通常のPETボトル補填に加えて所定トリップ回数完了に伴うPETボトルの廃棄(再資源化)とこれを補う更新が発生する。上表における45,905千円という利益は更新支出を反映している値であり特異値である。
- ・一方、これに対応する「年間トリップ数4回、ライフタイム7回」では同年(事業開始3年目)にはPETボトルの更新は発生しない。上表における98,426千円という利益は通常の補填のみ反映している。

すなわち、上表で網がけした年次(イタリック体数値のある年次)に年間トリップ数3回、4回の値は条件が異なるため、対比しても意味をなさない。

従ってここでは、その他の年次におけるトリップ数の効果を評価する。(上表で網がけしていない年次)表の数値で判断すると、通常年であれば、年間トリップ数の大小(3回であるか4回であるか)は経済性に関して影響を及ぼしていないことがわかる。

少なくとも年間トリップ回数に関する限りは無理をして回数を高める必要がないと推定される。

(ただし、別途、自治体においてPETボトルの回収あるいはごみ処理の費用削減といった効果が出ると思われる。)

4) リターナブルPETボトルリユースシステム評価・その4～ライフタイムトリップ数の効果

(1) シミュレーション結果

ここでは前項の結果を受けて以下の条件でライフタイムトリップ数の効果を評価する。

- ・リターナブルPETボトルの年間リユース本数：1,500万本/年
 - …300万本/年あるいは900万本/年(その一部)のケースでは損失側の数値が外乱条件として作用すると思われるので、1,500万本/年のケースを評価対象とする。
- ・回収率：90%
- ・年間トリップ数：4回

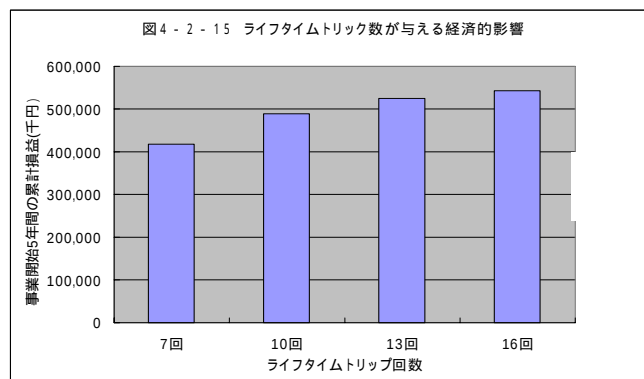
前項では(年間トリップ回数の効果を比較するため)PETボトル更新年の数値を評価対象外としたが、ここではすべての数値を考慮する。

表4-2-28 1,500万本/年・回収率90%・年間トリップ数4回のケースにおける

ライフタイムトリップ数の事業開始5年間の経済性効果

(単位 千円)

トリップ数		単年度損益					累計 損益	累計 損益比
年間	1年目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目		
4回	7回	49,743	39,004	98,426	99,442	132,546	419,161	1
	10回	49,743	88,942	81,636	129,003	138,473	487,797	1.16
	13回	49,743	88,942	119,520	114,940	152,493	525,638	1.25
	16回	49,743	88,942	119,520	129,003	155,650	542,858	1.30



(2) 評価結果

事業開始後5年間という限定期間での評価ではなるが、本シミュレーションで(ケーススタディー)の結果はライフタイムトリップ回数に比例して利益(累計)が増加する傾向を示している。

興味深いのは、ライフタイムトリップ回数の増加率(たとえば10回/7回=1.43)に対して累計損益の増加率(対応する値は1.16)が低めに出ていることである。これは複数の要因(初期投資、リターナブルPETボトル本数、回収率など)が絡まっていることによるのであろう。

(なお、別途、自治体においてPETボトルの回収あるいはごみ処理の費用削減といった効果が出ると思われる。)

5) リターナブルPETボトルリユースシステム経済性評価・総括

リターナブルPETボトルのリユースシステムに関する経済性評価を下表に総括する。

表4-2-29 リターナブルPETボトルリユースシステム経済性評価・総括

本数の効果	・住民数20万人以上の地域であれば1,000万本/年以上のリユース事業が成立する可能性が高い。 ・回収率、トリップ数を最適化することにより1,000万本近傍での事業性が高まる可能性が高い。 ・1,500万本/年、2,100万本といった規模のリターナブルPETボトルリユース事業は事業開始年から利益を見込めると予測され、規模が大きいほど条件は良くなる。 (ただし、極端な広域リユース規模になると想定した物流条件から逸脱し物流コストの上昇で事業性が劣化することが予測され物流面の配慮が必要である。)
回収率の効果	・900万本/年(その一部のケース)、1,500万本/年、2,100万本/年など、利益が出ているケースでは回収率の増加に沿って利益が増加する。 ・その場合の利益の増加率は回収率の増加以上に大きい。 ・一方で損失ベースのシミュレーションのケースでは回収率に関係ない値が出ており、回収率と損失額との相関性は外観的には見当たらない。 ・事業がプラス側にある場合、あるいはプラス側に転じた以降は、回収率が採算性に与える効果はきわめて高いと判断される。

年間トリップ回数の効果	・通常年（ライフタイムトリップ回数の終了で多量の PET ボトルの更新が出ないと年）であれば年間トリップ数の大小は経済性に関して影響を及ぼさないと判断される。
ライフタイムトリップ回数の効果	・ライフタイムトリップ回数に比例して利益(累計)が増加する傾向が強い。 ・ただし、ライフタイムトリップ回数の増加率（たとえば 10 回 / 7 回 = 1.43）に対して累計損益の増加率（対応する値は 1.16）が低めに出ている。これは複数の要因（初期投資、リターナブル PET ボトル本数、回収率など）によるのであろう。

4 - 2 - 3 リターナブルPETボトルリユースシステムの省エネルギー効果の評価

PETボトルのリユースは経済性の効果のみでなくエネルギーの節約につながる。

ここでは、多くの場所で引用されている容器LCA解析事例「LCA手法による容器間比較報告書」⁴⁾

<改訂版>（容器間比較研究会 東京大学生産技術研究所 安井研究室）に準じてリターナブルPETボトルシステム導入に伴う省エネルギー効果を分析する。

評価対象は4 - 2 - 2節「経済性評価」の結果を踏まえ、1,500万本/年（ケース シリーズ）とする。

1) 省電力効果の評価手順

ここではリターナブルPETボトルの洗浄に係る電力のみを扱う。熱エネルギーならびに輸送に係るエネルギーはC重油、軽油の消費量の評価として4 - 2 - 4節に記述する。

(1) ワンウェイPETボトルの電力消費諸元

上記引用例を参考に、1.5LワンウェイPETボトルのライフサイクルのエネルギー諸元を下表の通りとする。

表4 - 2 - 3 1 ワンウェイPETボトルのライフサイクル・電力

	消費電力 (kWH / 本)
ワンウェイ PET ボトル(500mL) ⁴⁾	0.1129
ワンウェイ PET ボトル(1.5L)	0.1815

（備考）出典における PET ボトルは500mL（重量37.32g：本体31.87g、キャップ2.87g、パッキン0.29g、ラベル1.29g、塗料1g）である。ここでは1.5L PETボトルの重量を60gとし重量比スライドする。

(2) リターナブルPETボトルの洗浄工程での電力諸元

リターナブルPETボトル1本当りの電力消費の前提として以下の条件を設定する：

- ・洗浄に係る電力 洗浄装置本体：26.1kWH / 12,000本
 = 0.0022kWH / 本（メーカー参考数値）
 → 周辺補機を含めて0.0044kWH / 本とする。

- ・洗浄工場照明・空調等

単位面積当たり消費電力を0.15kWH、年間消費時間を4,500H

工場面積 1,000 坪 (3,306 m²) と設定する。

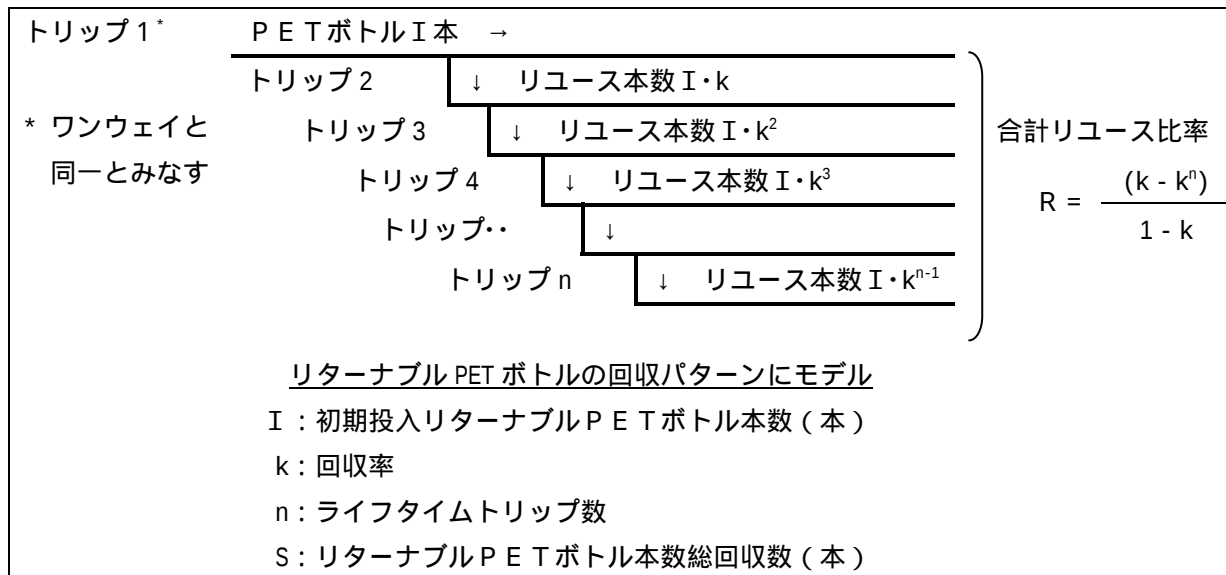
→ 消費電力を 2,233,000 kWh / 年

表 4 - 2 - 3 2 リターナブル PET ボトルの洗浄工程電力

リターナブル PET ボトル本数	消費電力 (kWh / 本)
1,500 万本 / 年 (ケース シリーズ)	$0.0044 + 2,233,000 / 15,000,000 = 0.1532 \text{ kWh / 本}$
2,100 万本 / 年 (ケース シリーズ)	$0.0044 + 2,233,000 / 21,000,000 = 0.1107 \text{ kWh / 本}$

(2) 省電力評価方法

ここではリターナブル PET ボトルの回収パターンをモデル化する。



ワンウェイ PET ボトルのライフサイクルのエネルギー E (/ 本) を基準とし、リターナブル PET ボトルのリユース工程 (回収、輸送、洗浄) に係るエネルギー E (/ 本 / トリップ) を考慮したとき、以下の式でリターナブル PET ボトル 1 本あたりのエネルギー E' を近似的に算定することができる：

$$E' = \left(IE + \frac{I(k - k^n)}{1 - k} E \right) / \left(I + \frac{I(k - k^n)}{1 - k} \right)$$

設定した回収率、ライフタイムトリップ数に関して上式で算定した総リユース本数比率 (R : 初期投入本数に対する所定リユース終了までの総リユース本数の比率) を下表に示す。

表 4 - 2 - 3 3 リユース比率 (R)

回収率	ライフタイムトリップ数	リユース比率 (R): $\frac{k - k^n}{1 - k}$
85%	7 回	3.529
	10 回	4.354
	13 回	4.861
	16 回	5.172

90%	7 回	4.217
	10 回	5.513
	13 回	6.458
	16 回	7.147
95%	7 回	5.033
	10 回	7.025
	13 回	8.733
	16 回	10.198

2) 省電力効果の評価

ここで、E：表 4 - 2 - 3 1 に記載のワンウェイ PET ボトルのライフサイクル消費電力 / 本

$$E = 0.1815 \text{ kWh / 本}$$

E: 表 4 - 2 - 3 2 に示すリユース工程（洗浄工場）のトリップ当りの 1 本の所要電力である。I = 1,500 万本 / 年（ケース シリーズ） 2,100 万本 / 年（ケース シリーズ）の場合のリターナブル PET ボトルリユースの所要電力およびワンウェイ PET ボトルとの対比は下表の通りとなる。

表 4 - 2 - 3 4

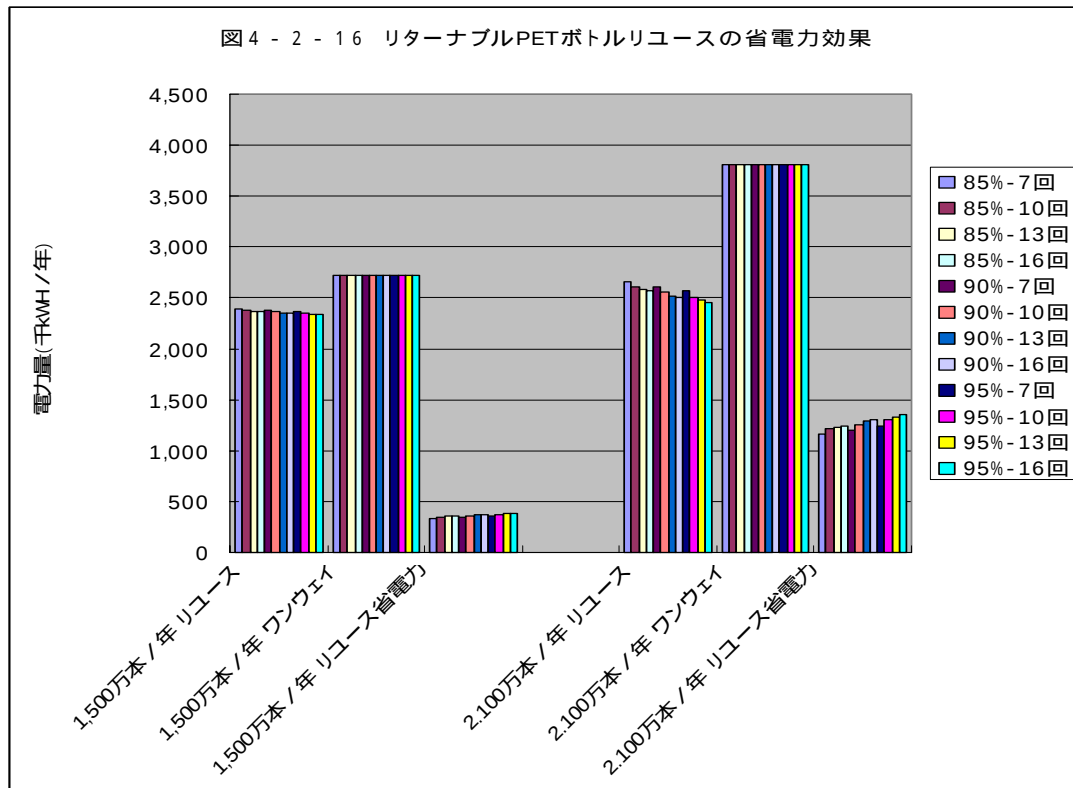
1,500 万本 / 年（ケース シリーズ） リターナブル PET ボトルリユースの省電力効果（千 kWh / 年）

回収率	トリップ数	リユース比率（R）	リユース電力		ワンウェイ総電力（千 kWh / 年）	リユース削減効果（千 kWh / 年）
			1 本当り（kWh / 本）	総本数（千 kWh / 年）		
85%	7 回	3.529	0.15945	2,392	2,723	331
	10 回	4.354	0.15849	2,377	2,723	345
	13 回	4.861	0.15803	2,370	2,723	352
	16 回	5.172	0.15779	2,367	2,723	356
90%	7 回	4.217	0.15862	2,379	2,723	343
	10 回	5.513	0.15755	2,363	2,723	359
	13 回	6.458	0.15699	2,355	2,723	368
	16 回	7.147	0.15667	2,350	2,723	372
95%	7 回	5.033	0.15789	2,368	2,723	354
	10 回	7.025	0.15673	2,351	2,723	372
	13 回	8.733	0.15611	2,342	2,723	381
	16 回	10.198	0.15573	2,336	2,723	387

表 4 - 2 - 3 5

2,100 万本 / 年 (ケース シリーズ) リターナブル PET ボトルリユースの省電力効果 (千 kWh / 年)

回収率	トリップ数	リユース比率 (R)	リユース電力		ワンウェイ 総電力 (千 kWh / 年)	リユース 削減効果 (千 kWh / 年)
			1 本当り (kWh / 本)	総本数 (千 kWh / 年)		
85%	7 回	3.529	0.12633	2,653	3,812	1,159
	10 回	4.354	0.12392	2,602	3,812	1,209
	13 回	4.861	0.12278	2,578	3,812	1,233
	16 回	5.172	0.12217	2,566	3,812	1,246
90%	7 回	4.217	0.12427	2,610	3,812	1,202
	10 回	5.513	0.12157	2,553	3,812	1,259
	13 回	6.458	0.12019	2,524	3,812	1,287
	16 回	7.147	0.11939	2,507	3,812	1,304
95%	7 回	5.033	0.12244	2,571	3,812	1,240
	10 回	7.025	0.11952	2,510	3,812	1,302
	13 回	8.733	0.11797	2,477	3,812	1,334
	16 回	10.198	0.11702	2,457	3,812	1,354



リターナブルPETボトルのリユースではリユース洗浄工程でワンウェイには無い電力を使用するが、それ以外の部分の電力は(リユースの回数に関係なく)一度しか消費しないため、上記の表、図で示されるように省電力効果は大きい。

当然のことながら年間リユース本数が多いと省電力効果は大きく、2,100万本/年では1,500万本/年に対して3.5倍程度(すべてのケースを通してほぼ一律)の省電力効果が予測されている。さらに、回収率、リユース回数が多い方が省電力面で有利に働く。

4-2-4 リターナブルPETボトルリユースシステムの省資源効果の評価

1) リターナブルPETボトルリユースシステムの省資源評価方法

ここではリターナブルPETボトルリユースに伴う材料削減、燃料削減(熱エネルギー量は重油に換算)ならびに水資源削減について評価する。評価の手法は4-2-3節に倣うものとする。

(1) 省資源評価の諸元の設定

ワンウェイPETボトルの資源消費諸元

1.5LワンウェイPETボトルのライフサイクルのエネルギー諸元を下表の通りとする。

表4-2-36 ワンウェイPETボトルのライフサイクル消費資源

	PET(g)	C重油(kg)	軽油(kg)	水資源(kg)
ワンウェイPETボトル(500mL)	37.32	0.0101	0.0074	11.29
ワンウェイPETボトル(1.5L)	60(設定条件)	0.0162	0.0119	18.14

備考 ワンウェイPETボトル(500mL)データの出典：LCA手法による容器間比較報告書<改訂版> 2001年8月 容器間比較研究会(事務局：東京大学生産技術研究所 安井研究室)
出典におけるPETボトルは500mL(重量37.32g:本体31.87g、キャップ2.87g、パッキン0.29g、ラベル1.29g、塗料1g)であり、1.5Lボトルの重量を60gとし重量比でスライドする。

リターナブルPETボトルの資源消費諸元

表4-2-36に対応するリターナブルPETボトル1本当りの資源消費の前提として以下の条件を設定する：

- ・空PETボトルの洗浄に係る熱エネルギー PETボトル洗浄：11.09kcal/本(メーカー提示例)
洗浄装置始動前立上げ(昇温)熱エネルギー：1,376,000kcal(メーカー提示例)
→170L/日(153kg/日)

とすると、リユース工程におけるPETボトル1本当りのボイラー用の重油消費量は下表のごとくなる。

表4-2-37 リユース工程におけるPETボトル1本当りの洗浄用重油消費量

リターナブルPETボトル本数	消費熱エネルギー	重油換算
1,500万本/年 (ケースシリーズ)	11.09kcal/本 + 1,376,000kcal/日 ÷ (1,500,000本/年 ÷ 300日/年) = 38.61kcal/本	0.00478kg/本
2,100万本/年 (ケースシリーズ)	11.09 + 1,376,000 ÷ (2,100,000 ÷ 300) = 30.75kcal/本	0.00381g/本

(備考) 熱エネルギーの重油換算：ボイラー効率85%、C重油発熱量9,500kcal/Lとする。

- ・空 PET ボトルの輸送にかかる単位燃料消費は「LCA 手法による容器間比較報告書<改訂版>
2001 年 8 月 容器間比較研究会(事務局：東京大学生産技術研究所 安井研究室)」に合わせて
4 トトラック燃料消費(軽油) 0.1509kg / km
2 トトラック燃料消費(軽油) 0.1037kg / km

とすると、リユース工程における PET ボトル 1 本当りの軽油消費量は下表のごとくなる。

表 4 - 2 - 3 8 リユース工程における P E T ボトル 1 本当りの輸送用軽油消費量

輸送経路	輸送 距離	燃料消費(軽油)		
		消費量	(積載ボト ル)	消費量 / 本
店舗・回収拠点→ 仕分・回収センター	往復 40km	2 ト車 4.148kg	3,456 本 / 台	0.001200kg / 本
仕分・回収センター→ PET ボトル洗浄工場	往復 80km	4 ト車 12.07kg	7,680 本 / 台	0.001572kg / 本
PET ボトル洗浄工場→ 飲料充填工場	往復 100km	4 ト車 15.09kg	7,680 本 / 台	0.001965kg / 本
合 計				0.004737kg / 本

(備考) 空 PET ボトルの回収・輸送の設定条件については表 4 - 1 - 2 参照

- ・空 PET ボトルの洗浄に係る洗浄水の消費：0.18mL / 本 (メーカー提示例)
装置洗浄水：40kL / 日 (設定値)

とすると、リユース工程における PET ボトル 1 本当りの水資源消費量は下表のごとくなる。

表 4 - 2 - 3 9 リユース工程における P E T ボトル 1 本当りの洗浄水消費量

リターナブル PET ボトル本数	洗浄水消費量 / 本
1,500 万本 / 年 (ケース シリーズ)	$0.18\text{L} / \text{本} + 40,000\text{L} / \text{日} \div (15,000,000 \text{ 本} / \text{年} \div 300 \text{ 日} / \text{年}) = 0.980\text{L} / \text{本}$
2,100 万本 / 年 (ケース シリーズ)	$0.18\text{L} / \text{本} + 40,000\text{L} / \text{日} \div (21,000,000 \text{ 本} / \text{年} \div 300 \text{ 日} / \text{年}) = 0.751\text{L} / \text{本}$

2) リターナブル P E T ボトルリユースシステムの省資源評価

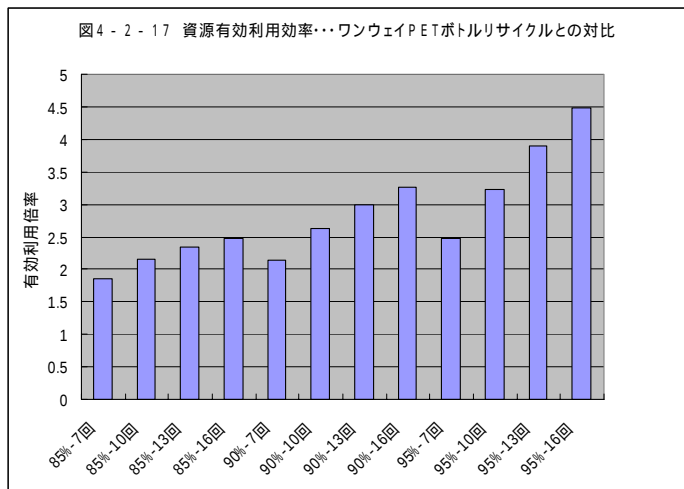
(1) 省資源その 1 ~ P E T 原材料

ここでは前出の表 4 - 2 - 3 3 に記述のリユース比率 (R) を考慮し P E T 材料の有効利用 (使用削減) を評価する。

表 4 - 2 - 4 0 1,500 万本 / 年ケースの PET ボトルリユースによる PET 原材料使用削減の効果

回収率	ライフタイム トリップ数	リユース 比率 (R)	資源活用効率 (R _{efficiency})			注記
			リターナブ ル	ワンウェイ	効率比	
85%	7 回	3.529	4.529	2.430	1.864	ワンウェイ PET ボトルではリサ イクル率を 60% とし、表 4 - 2 - 3 3 と同様の
	10 回	4.354	5.354	2.485	2.155	
	13 回	4.861	5.861	2.497	2.347	
	16 回	5.172	6.172	2.499	2.470	

90%	7 回	4.217	5.217	2.43	2.147	リユース比率R の数式を用いて (1 + R)とし て算定
	10 回	5.513	6.513	2.485	2.621	
	13 回	6.458	7.458	2.497	2.987	
	16 回	7.147	8.147	2.499	3.260	
95%	7 回	5.033	6.033	2.43	2.483	
	10 回	7.025	8.025	2.485	3.229	
	13 回	8.733	9.733	2.497	3.898	
	16 回	10.198	11.198	2.499	4.481	



(備考) 上図において凡例(たとえば「85% - 7回」)はリターナブルPETボトルリユースに関する表示であり、ワンウェイPETボトルの場合は回収率を一律60%としている。ただしその場合も、相当するワンウェイPETボトルの数量はリターナブルPETボトルのリユース回数に合せている。

上記の表、図から明らかなように、リターナブルPETボトルにおける資源有効利用の効果は高く、1,500万本/年(ケースシリーズ)「回収率85% - ライフタイムトリップ数7回、年間トリップ数3回」であれば、

$$500\text{万本/トリップ} \times (4.529 - 2.430)\text{倍} / \text{ライフタイムトリップ数}(7\text{回}) \times 3\text{トリップ/年} = 450\text{万本/年} \rightarrow 270\text{トン/年}$$

に相当するPET資源の消費削減が予測される。

1,500万本/年で最も条件のよい「95% - 16回、年間トリップ数3回(あるいは4回)」の場合であれば

$$500\text{万本/トリップ} \times (9.733 - 2.497)\text{倍} / \text{ライフタイムトリップ数}(16\text{回}) \times 3\text{トリップ/年} = 678\text{万本/年} \rightarrow 407\text{トン/年} \quad \text{となる。}$$

(2) 省資源その2～燃料

ここでは前出の表4 - 2 - 33に記述のリユース比率(R)と表4 - 2 - 36、37、38に記述した条件にもとづき、省電力評価(4 - 2 - 3節)と同様な手法で重油(熱エネルギー発生燃料)ならびに

軽油（輸送燃料）の使用削減を評価する。

1,500万本/年（ケース シリーズ）2,100万本/年（ケース シリーズ）の場合のリターナブルPETボトルリユースの所要燃料（重油、軽油）およびワンウェイPETボトルとの対比は表4-2-41、42の通りとなる。

表4-2-41

1,500万本/年（ケース シリーズ）リターナブルPETボトルリユースの重油削減効果（トン/年）

回収率	トリップ数	リユース比率（R）	リユース工程重油消費		ワンウェイ重油消費（トン/年）	リユース削減効果（トン/年）
			1本当たり（トン/本）	総本数（トン/年）		
85%	7回	3.529	0.00730	110	243	133
	10回	4.354	0.00691	104	243	139
	13回	4.861	0.00673	101	243	142
	16回	5.172	0.00663	99	243	144
90%	7回	4.217	0.00697	105	243	138
	10回	5.513	0.00653	98	243	145
	13回	6.458	0.00631	95	243	148
	16回	7.147	0.00618	93	243	150
95%	7回	5.033	0.00667	100	243	143
	10回	7.025	0.00620	93	243	150
	13回	8.733	0.00595	89	243	154
	16回	10.198	0.00580	87	243	156

表4-2-42

2,100万本/年（ケース シリーズ）リターナブルPETボトルリユースの重油削減効果（トン/年）

回収率	トリップ数	リユース比率（R）	リユース工程重油消費		ワンウェイ重油消費（トン/年）	リユース削減効果（トン/年）
			1本当たり（トン/本）	総本数（トン/年）		
85%	7回	3.529	0.00655	137	340	203
	10回	4.354	0.00612	129	340	212
	13回	4.861	0.00592	124	340	216
	16回	5.172	0.00582	122	340	218
90%	7回	4.217	0.00618	130	340	210
	10回	5.513	0.00571	120	340	220
	13回	6.458	0.00547	115	340	225
	16回	7.147	0.00533	112	340	228

95%	7 回	5.033	0.00586	123	340	217
	10 回	7.025	0.00535	112	340	228
	13 回	8.733	0.00508	107	340	233
	16 回	10.198	0.00492	103	340	237

表 4 - 2 - 4 3

1,500 万本 / 年 (ケース シリーズ) リターナブル PET ボトルリユースの軽油削減効果 (トン / 年)

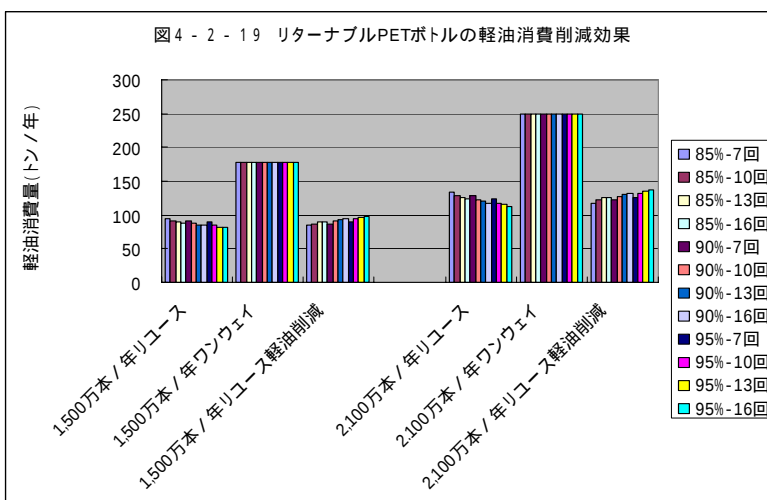
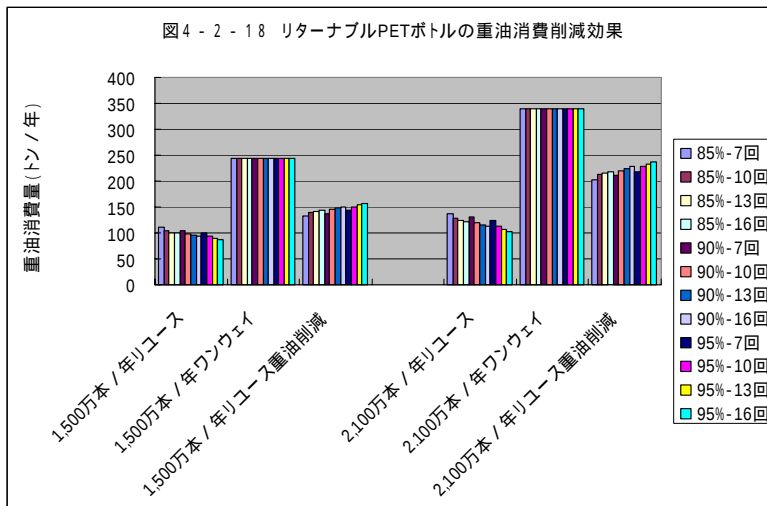
回収率	トリップ 数	リユース比率 (R)	リユース工程軽油消費		ワンウェイ 軽油消費 (トン / 年)	リユース 削減効果 (トン / 年)
			1 本当り (トン / 本)	総本数 (トン / 年)		
85%	7 回	3.529	0.00632	95	179	84
	10 回	4.354	0.00607	91	179	87
	13 回	4.861	0.00596	89	179	89
	16 回	5.172	0.00590	88	179	90
90%	7 回	4.217	0.00611	92	179	87
	10 回	5.513	0.00584	88	179	91
	13 回	6.458	0.00570	85	179	93
	16 回	7.147	0.00562	84	179	94
95%	7 回	5.033	0.00592	89	179	90
	10 回	7.025	0.00563	84	179	94
	13 回	8.733	0.00547	82	179	96
	16 回	10.198	0.00538	81	179	98

表 4 - 2 - 4 4

2,100 万本 / 年 (ケース シリーズ) リターナブル PET ボトルリユースの軽油削減効果 (トン / 年)

回収率	トリップ 数	リユース比率 (R)	リユース工程軽油消費		ワンウェイ 軽油消費 (トン / 年)	リユース 削減効果 (トン / 年)
			1 本当り (トン / 本)	総本数 (トン / 年)		
85%	7 回	3.529	0.00632	133	250	117
	10 回	4.354	0.00607	128	250	122
	13 回	4.861	0.00596	125	250	125
	16 回	5.172	0.00590	124	250	126
90%	7 回	4.217	0.00611	128	250	122
	10 回	5.513	0.00584	123	250	127
	13 回	6.458	0.00570	120	250	130
	16 回	7.147	0.00562	118	250	132

95%	7 回	5.033	0.00592	124	250	125
	10 回	7.025	0.00563	118	250	132
	13 回	8.733	0.00547	115	250	135
	16 回	10.198	0.00538	113	250	137



リターナブルPETボトルリユースには（ワンウェイには無い）回収・輸送ならびに洗浄の工程があるがそれ以外の部分の燃料は（リユースの回数に関係なく）一度しか消費しないため、上記の表、図で示されるように燃料の削減の効果は大きい。

当然のことながら年間にリユースするリターナブルPETボトルの本数が多い方が燃料削減効果は大きく、また、回収率、リユース回数が多い方が省資源面で有利に働いている。

（３）省資源その３～水資源

ここでは表4 - 2 - 33に記述のリユース比率（R）と表4 - 2 - 36、39に記述した条件にもとづき、省電力評価（4 - 2 - 3節）と同様な手法で水資源の使用削減効果を評価する。

1,500万本/年(ケース シリーズ) 2,100万本/年(ケース シリーズ)の場合のリターナブルPETボトルリユースにおける水消費およびワンウェイPETボトルとの対比を下記に示す。

表4 - 2 - 4 5

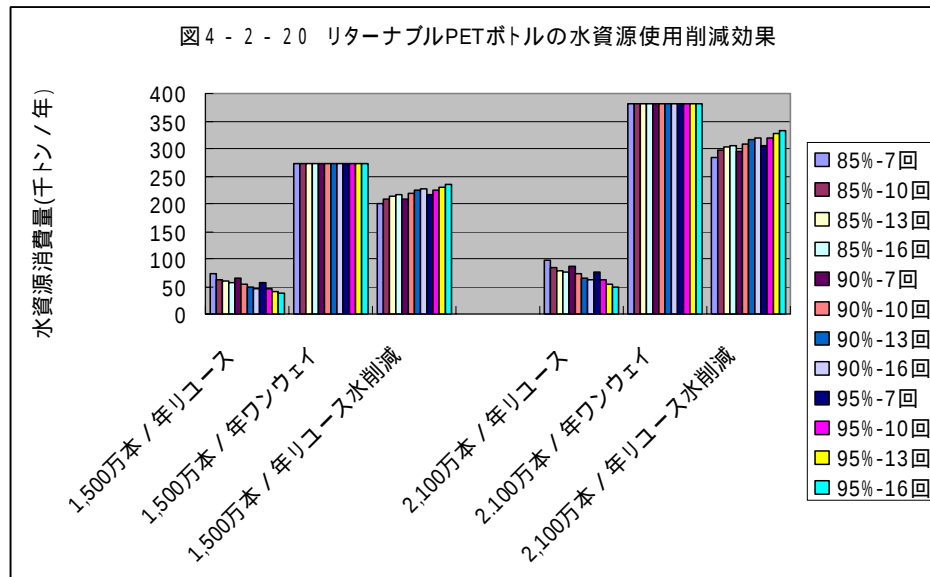
1,500万本/年(ケース シリーズ) リターナブルPETボトルリユースの水消費削減効果 (千トン/年)

回収率	トリップ数	リユース比率 (R)	リユース工程での水消費		ワンウェイ 水消費 (千トン/年)	リユース 削減効果 (千トン/年)
			1本当り (kg/本)	総本数 (千トン/年)		
85%	7回	3.529	4.769	72	272	201
	10回	4.354	4.185	63	272	209
	13回	4.861	3.908	59	272	213
	16回	5.172	3.760	56	272	216
90%	7回	4.217	4.269	64	272	208
	10回	5.513	3.615	54	272	218
	13回	6.458	3.281	49	272	223
	16回	7.147	3.086	46	272	226
95%	7回	5.033	3.824	57	272	215
	10回	7.025	3.118	47	272	225
	13回	8.733	2.743	41	272	231
	16回	10.198	2.512	38	272	234

表4 - 2 - 4 6

2,100万本/年(ケース シリーズ) リターナブルPETボトルリユースの水消費削減効果 (トン/年)

回収率	トリップ数	リユース比率 (R)	リユース工程での水消費		ワンウェイ 水消費 (千トン/年)	リユース 削減効果 (千トン/年)
			1本当り (kg/本)	総本数 (千トン/年)		
85%	7回	3.529	4.590	96	381	285
	10回	4.354	3.999	84	381	297
	13回	4.861	3.718	78	381	303
	16回	5.172	3.568	75	381	306
90%	7回	4.217	4.084	86	381	295
	10回	5.513	3.421	72	381	309
	13回	6.458	3.083	65	381	316
	16回	7.147	2.885	61	381	320
95%	7回	5.033	3.633	76	381	305
	10回	7.025	2.918	61	381	320
	13回	8.733	2.538	53	381	328
	16回	10.198	2.304	48	381	333



リターナブルPETボトルリユースには洗浄工程が加わるが、それでもワンウェイに比較して水資源の使用量削減が著しく少なくなると予想される。他の資源の場合と同様、年間にリユースするリターナブルPETボトルの本数が多い方が水資源削減効果は大きく、また、回収率、リユース回数が多い方が有利に働いている。

4-2-5 リターナブルPETボトルリユースシステムの環境影響の評価

1) 地球温暖化ガス削減効果

(1) 地球温暖化ガス削減検討の前提

ここでは二酸化炭素(CO_2)排出について記述する。

東京大学生産技術研究所「クレスト」は、「LCA手法による容器間比較報告書<改訂版>2001年8月 容器間比較研究会」に合わせ、リターナブルPETボトルに関する二酸化炭素排出量(ライフタイムトリップ数5回/回収率80%、リユース20回/回収率95%)を試算(未公開)している。すなわち、ワンウェイPETボトルに対するリターナブルPETボトルリユースの効果を比較するため、諸条件はワンウェイPETボトルに合わせ、また所定のトリップを経た後の処理を以下のように設定して試算している。

カスケードリサイクル	31.80%
発電を伴う焼却・埋立	11.23%
発電を伴わばう焼却・埋立	15.07%
破碎と埋立処理	20.45%
直接埋立処理	20.45%
散乱	1%

同出典における設定条件は本調査業務と概ね同等であるため、これを引用してリターナブルPETボトルにおける CO_2 排出量を推計する。

表 4 - 2 - 4 7 P E T ボトルの C O₂ 排出量比較 (単位 kg-CO₂ / 本) … 5 0 0 m L P E T ボトル

		製造	製造輸送	廃棄	廃棄輸送	合計
ワンウェイ PET ボトル		0.0917	0.0159	0.0192	0.01045	0.1372
リターナブル PET ボトル	トリップ 5 回	0.0242	0.0125	0.00384	0.00209	0.0427
	トリップ 20 回	0.0116	0.0119	0.000961	0.000523	0.0250

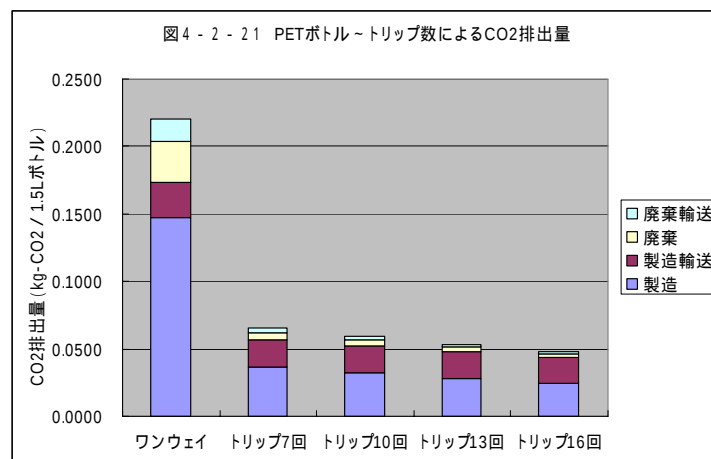
情報出所：東京大学生産技術研究所 安井研究室

(2) リターナブル P E T ボトルリユースによる二酸化炭素 (C O₂) 排出削減効果の評価

上表の数値を 1 . 5 L 容量の P E T ボトルに関して、ライフタイムトリップ数 7 回、1 0 回、1 3 回、1 6 回にスライドする。

表 4 - 2 - 4 8 リターナブル P E T ボトルにおける二酸化炭素排出量 (単位 kg-CO₂ / 本)

		製造	製造輸送	廃棄	廃棄輸送	合計
ワンウェイ PET ボトル		0.1474	0.0256	0.0309	0.0168	0.2206
リターナブル PET ボトル	トリップ 7 回	0.0363	0.0199	0.0056	0.0650	0.0650
	トリップ 10 回	0.0322	0.0198	0.0047	0.0592	0.0592
	トリップ 13 回	0.0281	0.0196	0.0037	0.0535	0.0535
	トリップ 16 回	0.0241	0.0195	0.0027	0.0477	0.0477



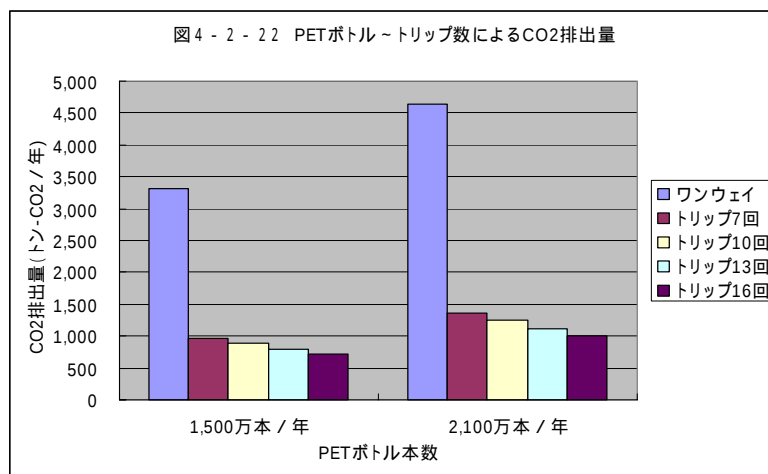
上記データで、ワンウェイ P E T ボトルにおいては、ライフサイクルの C O₂ 総排出量の 6 6 . 8 % が製造工程で発生し、また、2 1 . 6 % が廃棄・排気輸送工程で生じている。

リターナブル P E T ボトルではそうした工程での排出がライフサイクルで一度しか生じず、その中間において P E T ボトルが繰返し使用されるわけであるから、C O₂ 排出が減少するのは自明である。削減量は 7 0 % ~ 8 0 % に及ぶと予想される。

1 , 5 0 0 万本 / 年および 2 , 1 0 0 万本 / 年のケースに上記データを適用した場合を下記に示す。

表 4 - 2 - 4 9 PET ボトルのライフサイクルにおける二酸化炭素排出量
…ワンウェイ vs リターナブル (単位 トン-CO₂/本)

	1,500 万本 / 年 (ケース シリーズ)	2,100 万本 / 年 (ケース シリーズ)
ワンウェイ	3,309	4,633
トリップ 7 回	975	1,365
トリップ 10 回	888	1,243
トリップ 13 回	803	1,124
トリップ 16 回	716	1,002



2) 廃棄物削減効果

(1) 廃棄物削減の考え方

ワンウェイPETボトルの場合とことなり、リターナブルPETボトルのリユースシステムでは回収されたPETボトルは原則として全量リユースされる。(回収されたPETボトルに含まれる欠損ボトルはリサイクルに回す。ちなみに、4-2-1節「シミュレーション」では回収PETボトルの2%を欠損品とみなしている。)

未回収PETボトルは自治体等で環境を乱す「ごみ」などになると思われるが、リターナブルPETボトルのリユースが定着したあかつきには、その数量は現状よりはるかに少なくなる。

(2) リターナブルPETボトルのリユースによる廃棄物削減効果の評価

ここでは1,500万本/年(ケース シリーズ)におけるリターナブルPETボトルの未回収ボトルの数量を検討する。

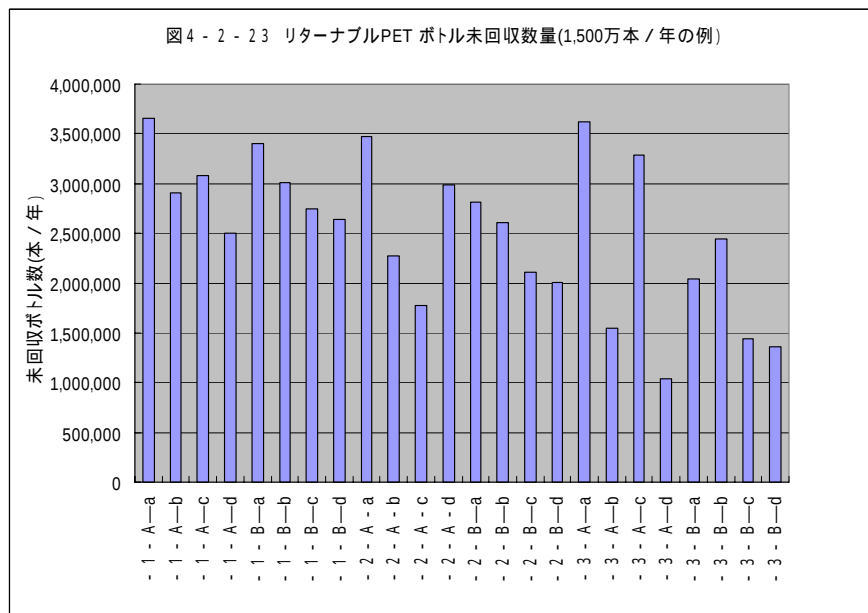
4-2-1節「シミュレーション」の結果を引用し、リターナブルPETボトルリユース事業開始5年間の未回収ボトル(平均値)を下表に整理する。

(シミュレーションケースの定義については表4-2-2参照)

表4 - 2 - 50 15,000万本/年のケースにおけるPETボトル未回収本数

(本/年)

ケース	回収本数						補填本数 (平均)
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	平均	
- 1 A—a	12,495,000	12,495,000	10,640,000	11,800,000	11,345,000	11,755,000	3,655,000
- 1 A—b	12,495,000	12,495,000	12,495,000	12,225,000	12,090,000	12,360,000	2,910,000
- 1 A—c	12,495,000	12,495,000	12,495,000	12,495,000	11,925,000	12,381,000	3,075,000
- 1 A—d	12,495,000	12,495,000	12,495,000	12,495,000	12,495,000	12,495,000	2,505,000
- 1 B—a	12,495,000	11,275,000	11,800,000	11,410,000	11,605,000	11,717,000	3,395,000
- 1 B—b	12,495,000	12,495,000	11,690,000	12,090,000	11,995,000	12,153,000	3,005,000
- 1 B—c	12,495,000	12,495,000	12,495,000	11,970,000	12,260,000	12,343,000	2,740,000
- 1 B—d	12,495,000	12,495,000	12,495,000	12,295,000	12,360,000	12,428,000	2,640,000
- 2 A—a	13,230,000	13,230,000	10,665,000	12,495,000	11,530,000	12,230,000	3,470,000
- 2 A—b	13,230,000	13,230,000	13,230,000	12,895,000	12,725,000	13,062,000	2,275,000
- 2 A—c	13,230,000	13,230,000	13,230,000	13,230,000	13,230,000	13,230,000	1,770,000
- 2 A—d	13,230,000	13,230,000	13,230,000	13,230,000	12,020,000	12,988,000	2,980,000
- 2 B—a	13,230,000	11,490,000	12,495,000	11,695,000	12,190,000	12,220,000	2,810,000
- 2 B—b	13,230,000	13,230,000	11,910,000	12,725,000	12,400,000	12,699,000	2,600,000
- 2 B—c	13,230,000	13,230,000	13,230,000	12,235,000	12,885,000	12,962,000	2,115,000
- 2 B—d	13,230,000	13,230,000	13,230,000	12,725,000	12,995,000	13,082,000	2,005,000
- 3 A—a	13,965,000	13,965,000	10,515,000	13,340,000	11,375,000	12,632,000	3,625,000
- 3 A—b	13,965,000	13,965,000	13,965,000	13,625,000	13,460,000	13,796,000	1,540,000
- 3 A—c	13,965,000	13,965,000	13,965,000	13,965,000	11,720,000	13,516,000	3,280,000
- 3 A—d	13,965,000	13,965,000	13,965,000	13,965,000	13,965,000	13,965,000	1,035,000
- 3 B—a	13,965,000	11,535,000	13,340,000	11,770,000	12,955,000	12,713,000	2,045,000
- 3 B—b	13,965,000	13,965,000	11,875,000	13,460,000	12,560,000	13,165,000	2,440,000
- 3 B—c	13,965,000	13,965,000	13,965,000	12,180,000	13,555,000	13,526,000	1,445,000
- 3 B—d	13,965,000	13,965,000	13,965,000	12,770,000	13,635,000	13,660,000	1,365,000
平均							2,530,208



この事例は多様なパラメーターが入り組んだシミュレーションの結果であるので一様には評価しにくい
が、年間で1,500万本/年のPETボトルが流通する状況において未回収本数は全24ケースの平
均で253万本/年(未回収比率16.87%)と算定される。現状の未回収比率を約40%とすると
未回収本数は1,500万×0.4=600万本/年であるが、上記の条件でリターナブル化を行うと
347万本/年の削減となる。これは重量に換算して208トン/年のオーダーであり、地域環境の
美化に寄与するとともに自治体における廃棄物回収処理予算の削減に貢献する。

ちなみに国内のPET生産量は約40万トン/年であり1.5L換算で67億本/年に相当する。仮に
そのうちの15億本/年(約1/4)がリターナブルPETボトルに転換され、上記の条件でリユース
されたとしたら、未回収PETボトルの削減量は20,800トン/年であり、全国の自治体で環境予
算削減はかなりの規模に上ると期待される。