



東京都市大学
伊坪徳宏研究室
Norihiro Itsubo Lab.

キャップ付き紙製容器とペットボトルを対象とした 環境フットプリント分析

平成31年2月22日(金)
東京都市大学 FEISホール
伊坪 徳宏研究室
容器班
久保田耕介
真木野友佑

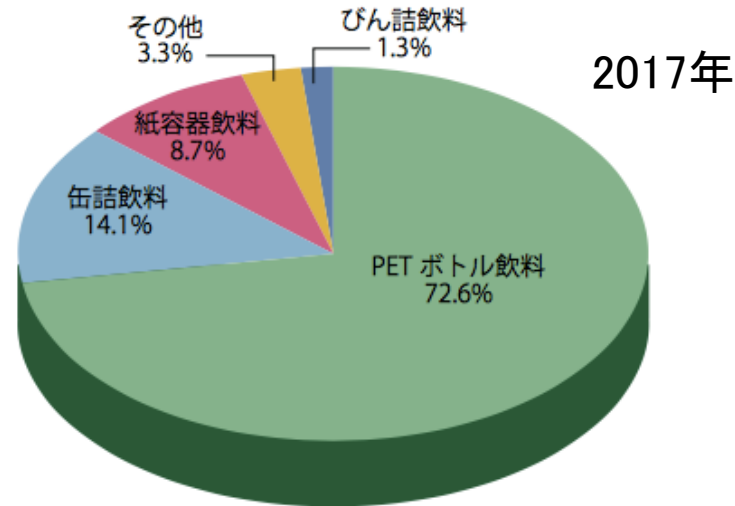
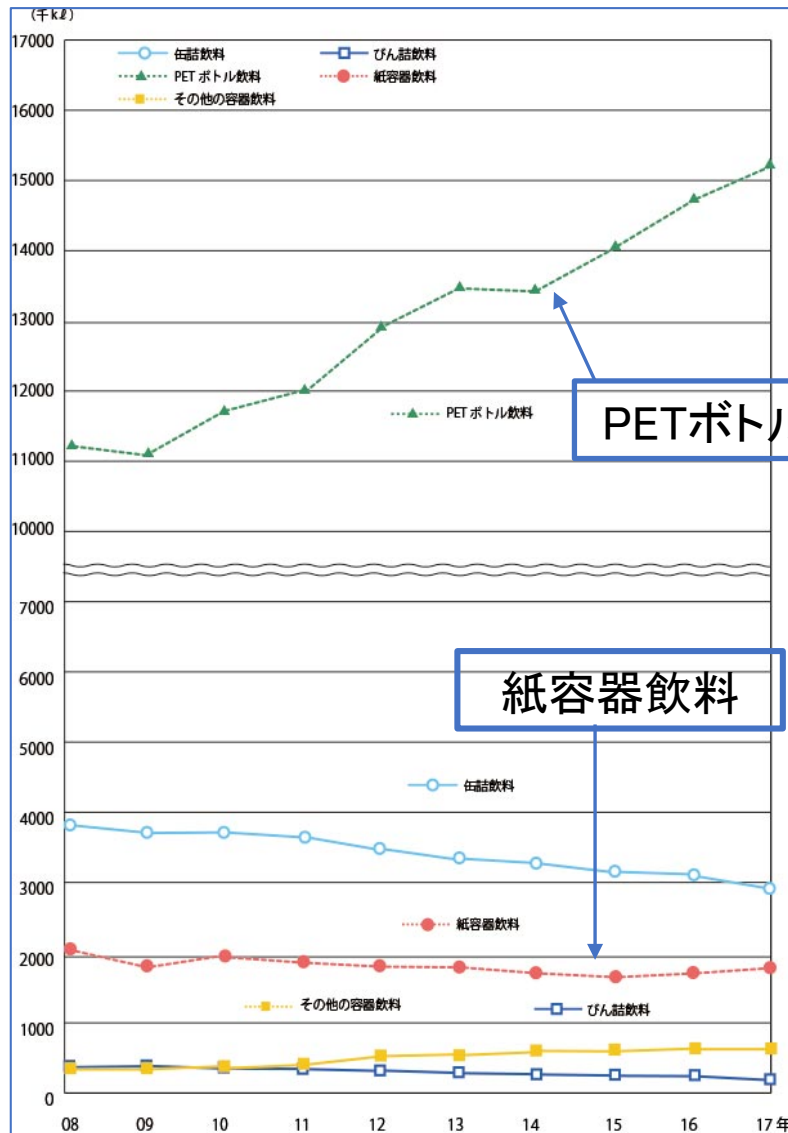


目次

- 1.社会背景
- 2.研究背景
- 3.研究目的
- 4.算定方法
- 5.算定結果
- 6.まとめ
- 7.参考文献



1-1.社会背景 清涼飲料市場



清涼飲料市場はGDPの1%
 清涼飲料市場において紙容器のシェアが
 2015年から上昇し8.7%
 ペットボトルと同等の機能を持つキャップ付き
 紙製容器の注目が高まっている



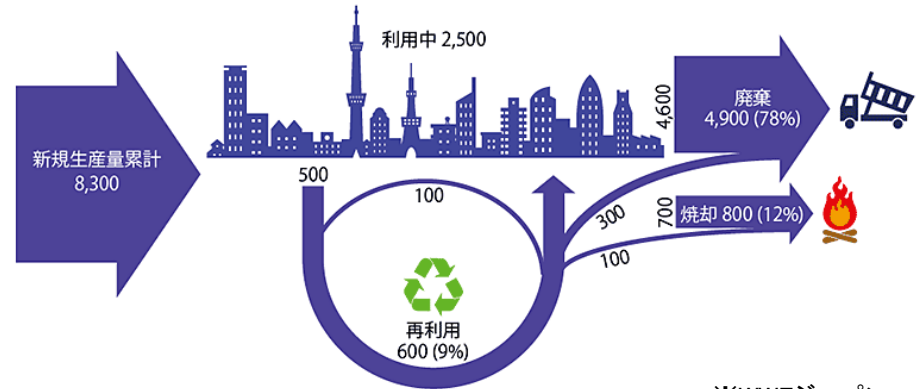
1-2.社会背景 海洋プラスチック



8,000,000 t /年



×50,000機



※WWFジャパン



バイオマス No.000000

世界の海に存在しているプラスチックゴミは
1億5000万t
そこへ毎年800万tが流入している
現在に至るまでにリサイクルされたのはわずか9%



生物由来の有機性資源であるバイオマスプラスチックを多くの企業で利用しようとしている



2-1.研究背景 文献リスト

論文名	著者名	出典	年度	概要
ペットボトルと紙パックのライフサイクルCO ₂ の比較—桜美林大学におけるレジ袋等の消費を含むケーススタディー	内田 葵ら	自然科学・総合科学研究	2017	桜美林大学町田キャンパスにおける購入・消費を対象に、ペットボトルと紙パックのCO ₂ に係るライフサイクルアセスメントを、レジ袋の使用状況等を加味して行い、どちらCO ₂ が大きいのかを明らかにすることを目的として算定した。
蓋を含めた紙製ヨーグルト・カップのLCA	有馬俊彦ら	第7回LCA学会研究発表会講演要旨集	2012	紙製ヨーグルト・カップは本体には紙、蓋にはアルミニウムが主に使用されている。本研究ではこうした紙製ヨーグルト・カップのLCAをLIME2を使用して実施した。
紙製飲料容器「カートカン」の環境影響評価	中川善博ら	第6回日本LCA学会研究発表会講演要旨集	2011	カートカンにおける間伐材利用の環境への影響を3つのシナリオを想定して算定した。間伐材の利用が環境影響を低減するために有効であることが認められた。
「紙カップ原資に関する持続可能な森林管理と環境影響評価」報告書	有馬俊彦	印刷工業会紙器印刷部会カップ分科会	2010	紙の原料となる木材チップ等の調達先を踏まえ、調達先別の環境負荷係数を用いてより実態に近いLCAを実施した。カップ原紙のすべてを適正に管理された森林から調達する場合と比較した。
容器包装における環境配慮		味の素グループ 環境報告書2006	2006	これまでの「軽・薄・短・小」といった「省資源化」の視点に加えて「素材選びにおける環境配慮」の視点からもデザインを見直した。
容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業報告書 -飲料容器を対象としたLCA調査-	財団法人政策科学研究所	環境省	2005	ガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶、紙パックの各飲料容器を対象に、ライフ・サイクル・アセスメント(LCA)の手法を用いて、各容器の環境負荷の側面を把握するとともに、リサイクルや新技術による環境負荷の低減効果等を検討することを目的に実施したものである。
統合化指標ELPを用いた各種飲料容器のLCA評価	波田洋平ら	日本エネルギー学会大会講演要旨集	2003	当研究室で開発された統合化指標ELPを用いて500mlのペットボトル・ワンウェイびん・リターナブルびん・アルミ缶・スチール缶・紙容器のLCA評価を行った。
Investigating the life-cycle environmental profile of liquid food packaging systems	Andreas Barkman ら	Tetra Pak	1999	液体食品パッケージングシステムの環境性能の環境情報を社内外のステークホルダーに伝えるために作成された。異なるプロセスの環境上の重要性を相対的に評価する。環境への影響を減らすためにリソースを効率的に配分することを目的に算定した。



2-1.研究背景 文献リスト

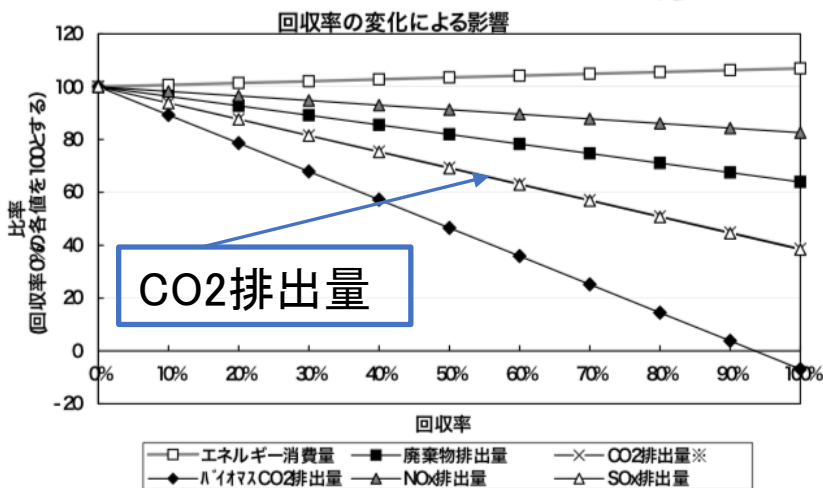
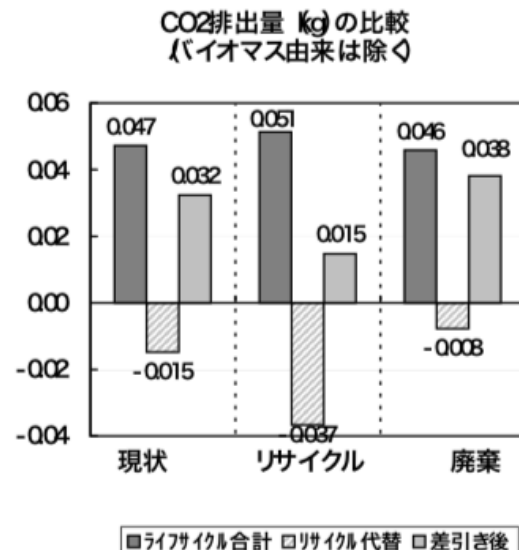
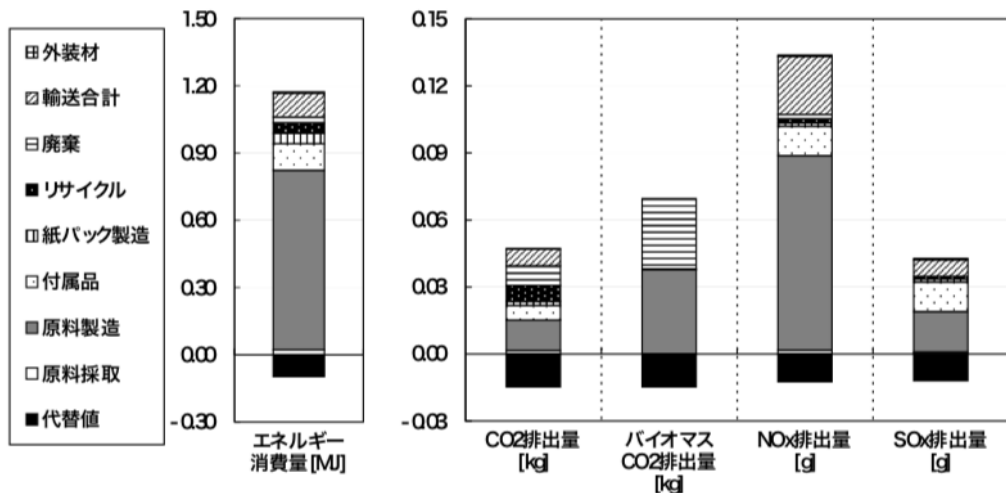
論文名	著者名	出典	年度	概要
ペットボトルと紙パックのライフサイクルCO ₂ の比較—桜美林大学におけるレジ袋等の消費を含むケーススタディー	内田 葵ら	自然科学・総合科学研究	2017	桜美林大学町田キャンパスにおける購入・消費を対象に、ペットボトルと紙パックのCO ₂ に係るライフサイクルアセスメントを、レジ袋の使用状況等を加味して行い、どちらCO ₂ が大きいのかを明らかにすることを目的として算定した。
蓋を含めた紙製ヨーグルト・カップのLCA	有馬俊彦ら	第7回LCA学会研究発表会講演要旨集	2012	紙製ヨーグルト・カップは本体には紙、蓋にはアルミニウムが主に使用されている。本研究ではこうした紙製ヨーグルト・カップのLCAをLIME2を使用して実施した。
紙製飲料容器「カートカン」の環境影響評価	中川善博ら	第6回日本LCA学会研究発表会講演要旨集	2011	カートカンにおける間伐材利用の環境への影響を3つのシナリオを想定して算定した。間伐材の利用が環境影響を低減するために有効であることが認められた。
「紙カップ原資に関する持続可能な森林管理と環境影響評価」報告書	有馬俊彦	印刷工業会紙器印刷部会カップ分科会	2010	紙の原料となる木材チップ等の調達先を踏まえ、調達先別の環境負荷係数を用いてより実態に近いLCAを実施した。カップ原紙のすべてを適正に管理された森林から調達する場合と比較した。
容器包装における環境配慮		味の素グループ 環境報告書2006	2006	これまでの「軽・薄・短・小」といった「省資源化」の視点に加えて「素材選びにおける環境配慮」の視点からもデザインを見直した。
容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業報告書 -飲料容器を対象としたLCA調査-	財団法人政策科学研究所	環境省	2005	ガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶、紙パックの各飲料容器を対象に、ライフ・サイクル・アセスメント(LCA)の手法を用いて、各容器の環境負荷の側面を把握するとともに、リサイクルや新技術による環境負荷の低減効果等を検討することを目的に実施したものである。
統合化指標ELPを用いた各種	波田洋平ら			当研究室で開発された統合化指標ELPを用いて500mlのペットボトル・ワン

- 日本においてキャップ付き紙製容器に注目した研究論文は出されていない
- 需要の高まるキャップ付き紙製容器の評価をする必要がある



2-2.研究背景 既存研究(紙パック1000ml)

論文名: 容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業報告書



CO2排出量は回収率が10%上がると約7%の削減効果がある

→ 紙製容器はCO2削減ポテンシャル高い

CO2、大気汚染については述べられているがバイオマスに関する土地利用については述べられていない

→ 紙製造に必要な木材の土地利用について調査する必要がある



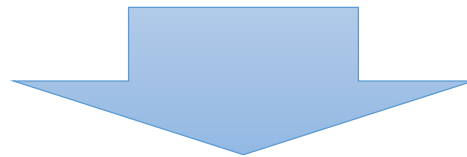
3.研究目的

社会背景

- 清涼飲料市場は年々成長し、充填容器として紙製容器への需要が増加している
- 海洋プラスチックが問題視され、バイオマスプラスチックの利用やリサイクル方法が世界で考えられている

研究背景

- 「軽・薄・短・小」といった「省資源化」の視点に加えて「素材選び」も重要視する必要がある
- ペットボトルと同等の機能を持ち、これからの需要の高まるキャップ付き紙製容器の評価をする必要がある



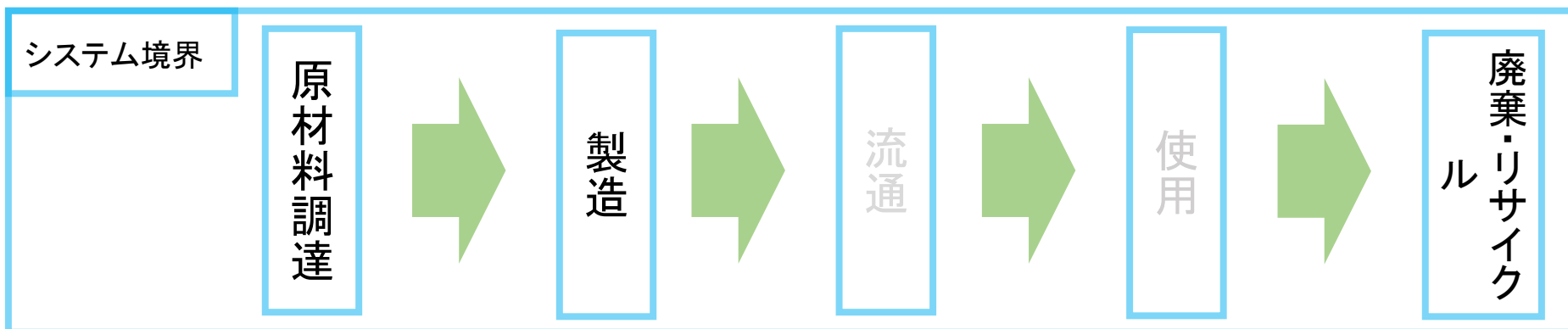
研究目的

- バイオプラスチックを用いたキャップ付き紙製容器とペットボトルの環境負荷を比較する
- 算定結果からそれぞれの容器の削減ポテンシャルを提案する
- 回収率に応じた結果の推移を示す



4-1.算定方法

評価対象	テトラプリズマアセプティック (TPA) 16.7g	ペットボトル 24.4g
機能単位	330mlの飲料保存	
影響領域	地球温暖化 土地利用	
使用ソフト	SimaPro8 データベース IDEAv2.1.3 特性化係数:LIME2	



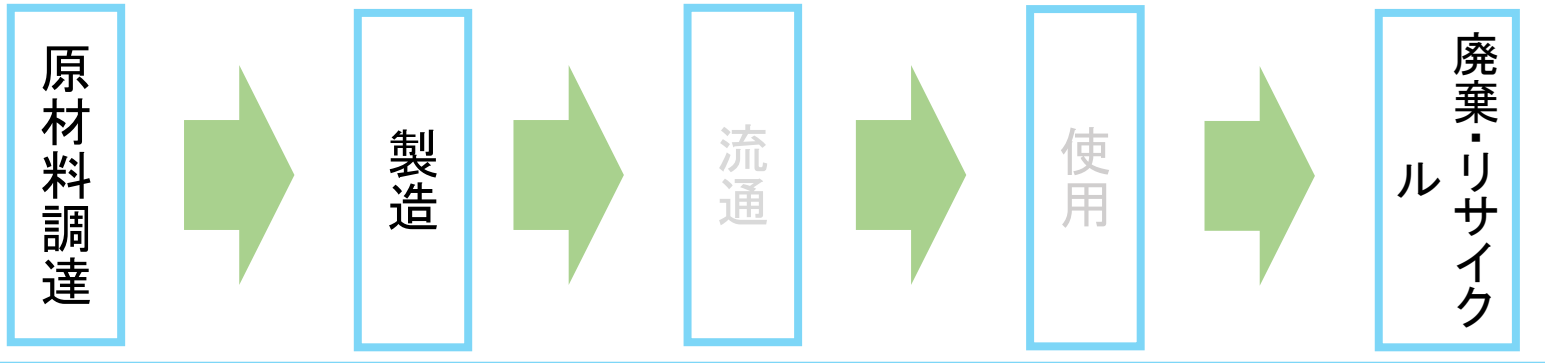


4-2.算定方法

使用データ

	原材料調達	製造	廃棄・リサイクル
TPA	<ul style="list-style-type: none"> Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market I'm green™ PE Life Cycle Assessment 	<ul style="list-style-type: none"> LCI dataset for converting of beverage carton packaging Material 	<ul style="list-style-type: none"> 容器包装リサイクル制度を取り巻く現状 容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業報告書 - 飲料容器を対象としたLCA調査-
ペットボトル	<ul style="list-style-type: none"> Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market 	<ul style="list-style-type: none"> データベースIDEAの「飲料用プラスチックボトル」の製造データを使用 	

システム境界





4-3.算定方法 投入項目 TPA

カテゴリ	項目名	原単位名(IDEA ver2)	活動量	単位
原材料 調達	板紙	さらし包装紙	9.87.E+00	g
	HDPE	高密度ポリエチレン(HDPE)	5.38.E+00	g
	バイオHDPE		1.58.E+00	g
	アルミニウム	アルミニウム箔、7 μ m	9.30.E-01	g
	インキ	印刷インキ、4桁	6.50.E-02	g
製造	電力	電力、一般電気事業者10社平均、2012年度	1.18.E+01	kJ
	天然ガス	天然ガスの燃焼エネルギー	3.90.E+00	kJ
	軽油	軽油の燃焼エネルギー	4.70.E-02	kJ
	LPG	液化石油ガス(LPG)の燃焼エネルギー	5.88.E-01	kJ
	水	上水道	4.18E-06	m ³
廃棄・ リサイクル	減容化	ベール状の使用済み紙容器	4.05.E+00	g
	製紙原料	古紙パルプ、紙容器原料	3.82.E+00	g
	固形燃料	ペレット状のごみ固形燃料	2.30.E-01	g
	プラスチックの焼却	焼却処理、一般廃棄物、廃プラスチック	3.76.E+00	g
	紙の焼却	焼却処理、一般廃棄物、紙類	8.60.E+00	g



4-3.算定方法 投入項目 TPA

カテゴリ	項目名	原単位名(IDEA ver2)	活動量	単位
原材料 調達	板紙	さらし包装紙	9.87.E+00	g
	HDPE	高密度ポリエチレン(HDPE)	5.38.E+00	g
	バイオHDPE		1.58.E+00	g
	アルミニウム	アルミニウム箔、7μm	9.30.E-01	g
	インキ		6.50.E-02	g
製造	電力	Braskemの報告書「I'm green™ PE Life Cycle Assessment」より		kJ
	天然ガス	バイオHDPE 1kg製造の影響		kJ
	軽油	気候変動	5.00E-02kgCO ₂ eq/kg	kJ
	LPG	土地利用	8.18E-03m ² /year/kg	kJ
	水			m ³
廃棄・ リサイクル	減容化	容器1個当たりのバイオHDPE投入量 1.58g		g
	製紙原料			g
	固形燃	容器1個当たりの影響	気候変動 7.90E-05kgCO ₂ eq	g
	プラスチック		土地利用 8.18E-03m ² /year	g
	紙の焼却	焼却処理、一般廃棄物、紙類	8.60.E+00	g

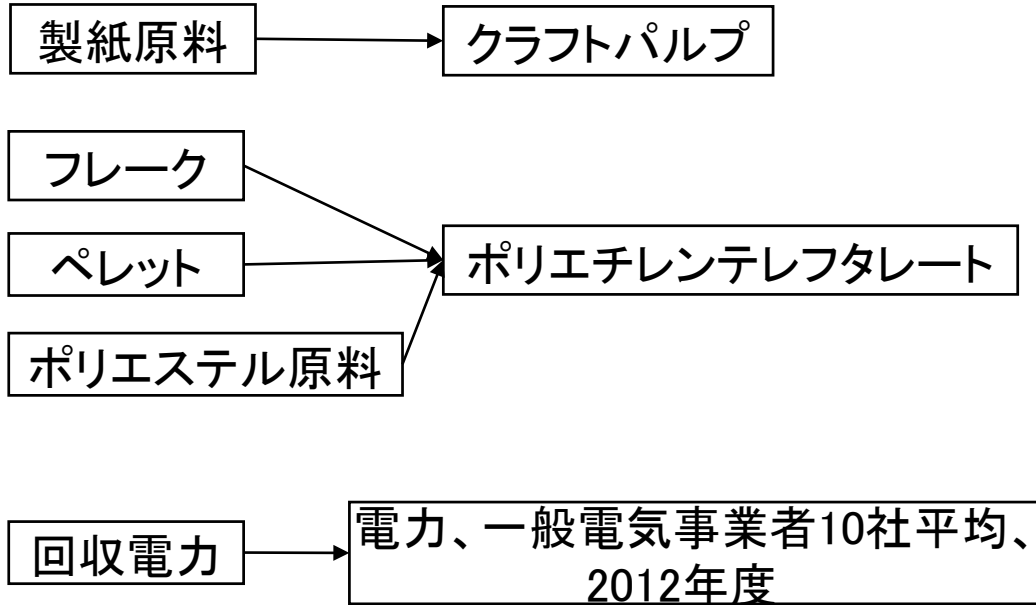


4-4.算定方法 投入項目 ペットボトル

カテゴリ	項目名	原単位名(IDEA ver2)	活動量	単位	カテゴリ	項目名	原単位名(IDEA ver2)	活動量	単位
原材料調達	PET	ポリエチレンテレフタレート	2.04.E+01	g	製造		オイルコークスの焼却エネルギー	9.27.E-03	kJ
	HDP E	高密度ポリエチレン(HDPE)	3.88.E+00	g			ガソリンの焼却エネルギー	2.19.E-01	kJ
	PP	ポリプロピレン	3.30.E-01	g			灯油の焼却エネルギー	1.63.E+00	kJ
製造		電力、一般電気事業者10社平均、2012年度	1.46.E+02	kJ			工業用水道	6.15.E-05	m ³
		軽油の燃焼エネルギー	8.76.E-02	kJ			都市ガス13Aの焼却エネルギー	2.44.E+01	m ³
		液化石油ガス(LPG)の燃焼エネルギー	1.67.E+01	kJ		廃棄 ・リサイ クル	ベール化	ベール状の使用済みペットボトル	1.83.E+01
		上水道	8.00.E-05	m ³	フレーク		再生PETフレーク	1.65.E+01	g
		一般炭の焼却エネルギー	3.29.E-02	kJ	ペレット		再生POペレット	1.39.E+00	g
		A重油の焼却エネルギー	4.60.E+01	kJ	ポリエステル原料		再生PET樹脂、繊維用	3.60.E-01	g
		B重油の焼却エネルギー	2.59.E-02	kJ	プラスチックの焼却		焼却処理、一般廃棄物、廃プラスチック	5.63.E+00	g
		C重油の焼却エネルギー	8.25.E+00	kJ					
		炭化水素の焼却エネルギー	3.39.E-02	kJ					
		オイルコークスの焼却エネルギー	9.27.E-03	kJ					



4-5.算定方法 リサイクル代替物



1kg生産当たりの原単位

地球温暖化	8.76E-01kg-CO ₂
土地利用	3.90E+00m ₂ /year

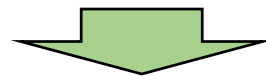
地球温暖化	2.89E+00kg-CO ₂
土地利用	2.95E-02m ₂ /year

1kg生産当たりの原単位

地球温暖化	1.73E+00kg-CO ₂
土地利用	2.73E-04m ₂ /year

原材料調達～廃棄までの影響

リサイクル効果



正味

影響

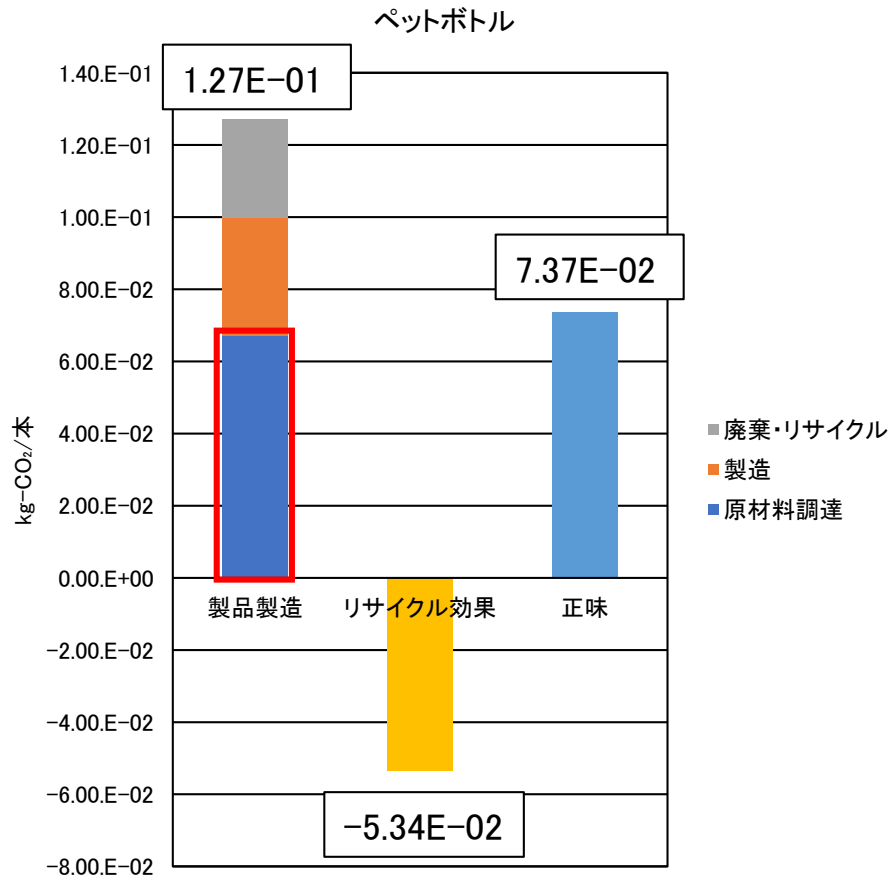
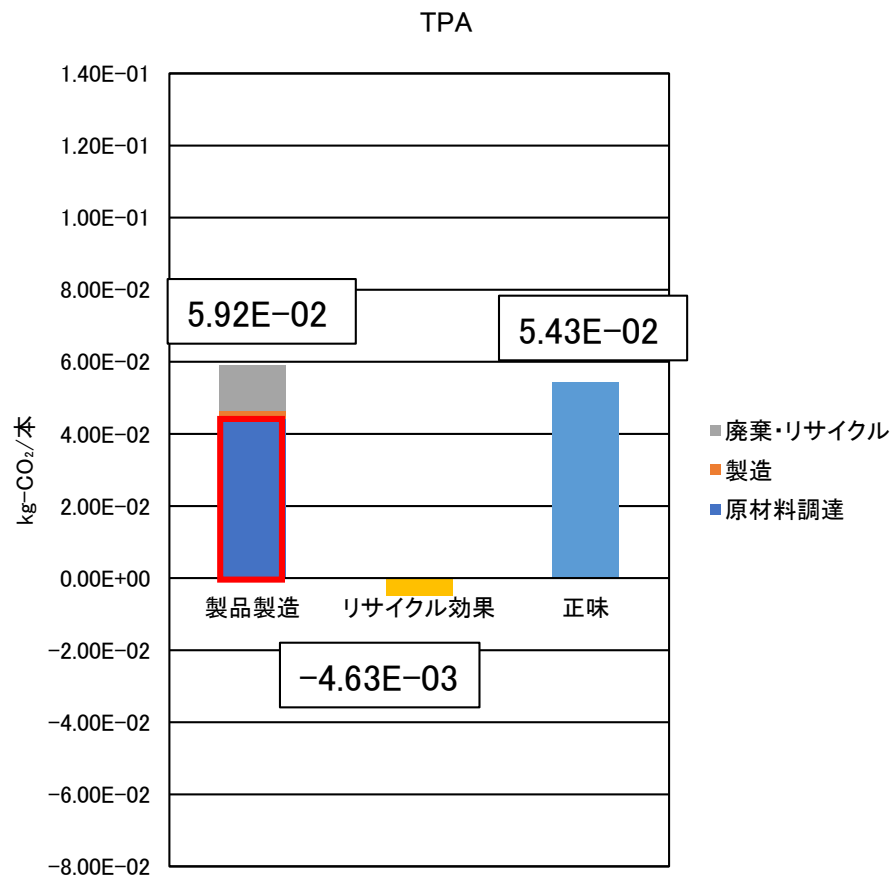
正味の影響



リサイクル効果



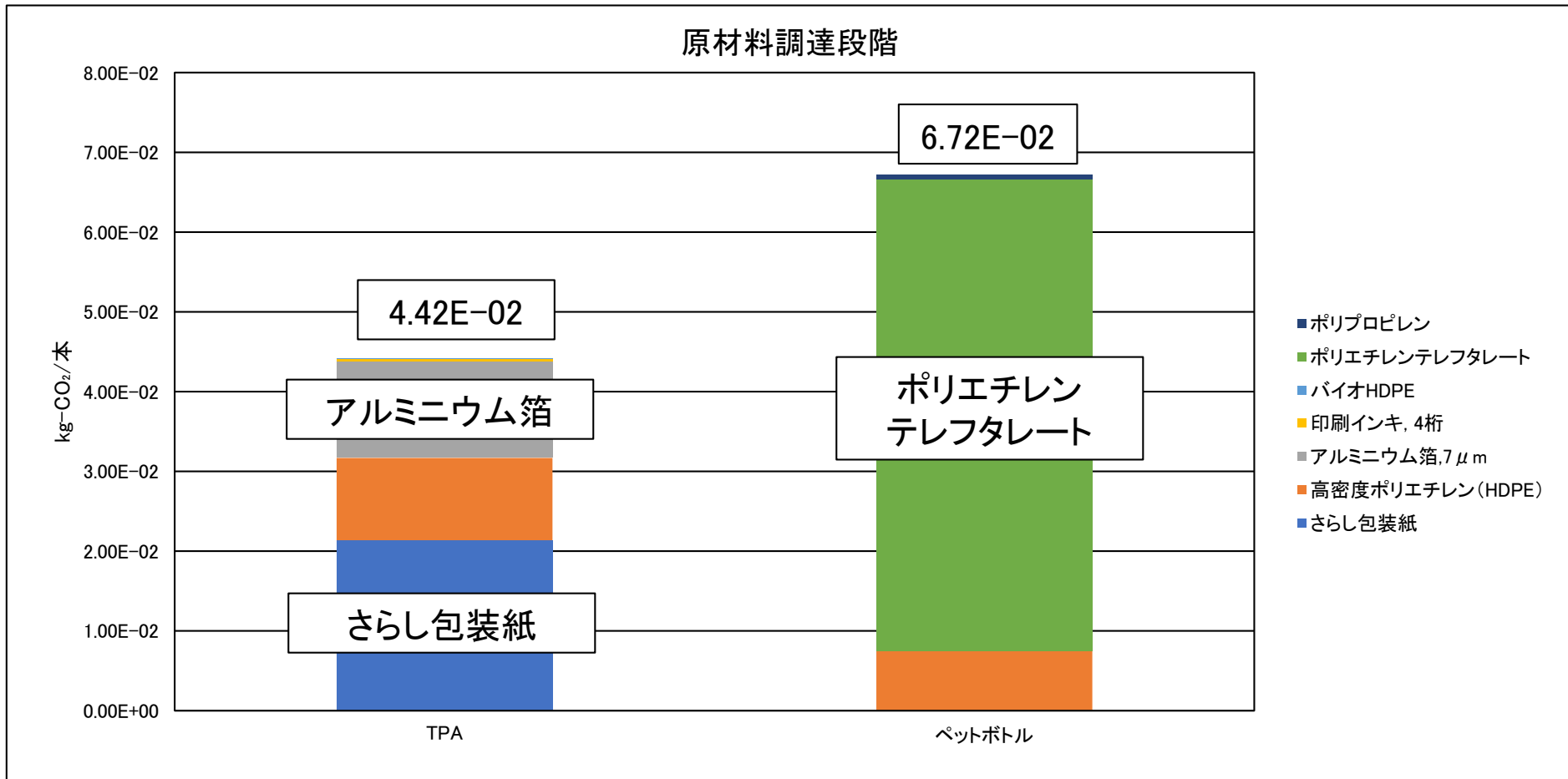
5-1.算定結果 GHG排出量



- ✓ GHG排出量はペットボトルに比べTPAのほうが影響が約25%小さい結果になった
- TPAのリサイクル効果は少ないが元の影響が小さいため正味の影響が小さくなる
- ✓ TPA、ペットボトルともに原材料調達段階の影響が一番大きいことが分かった



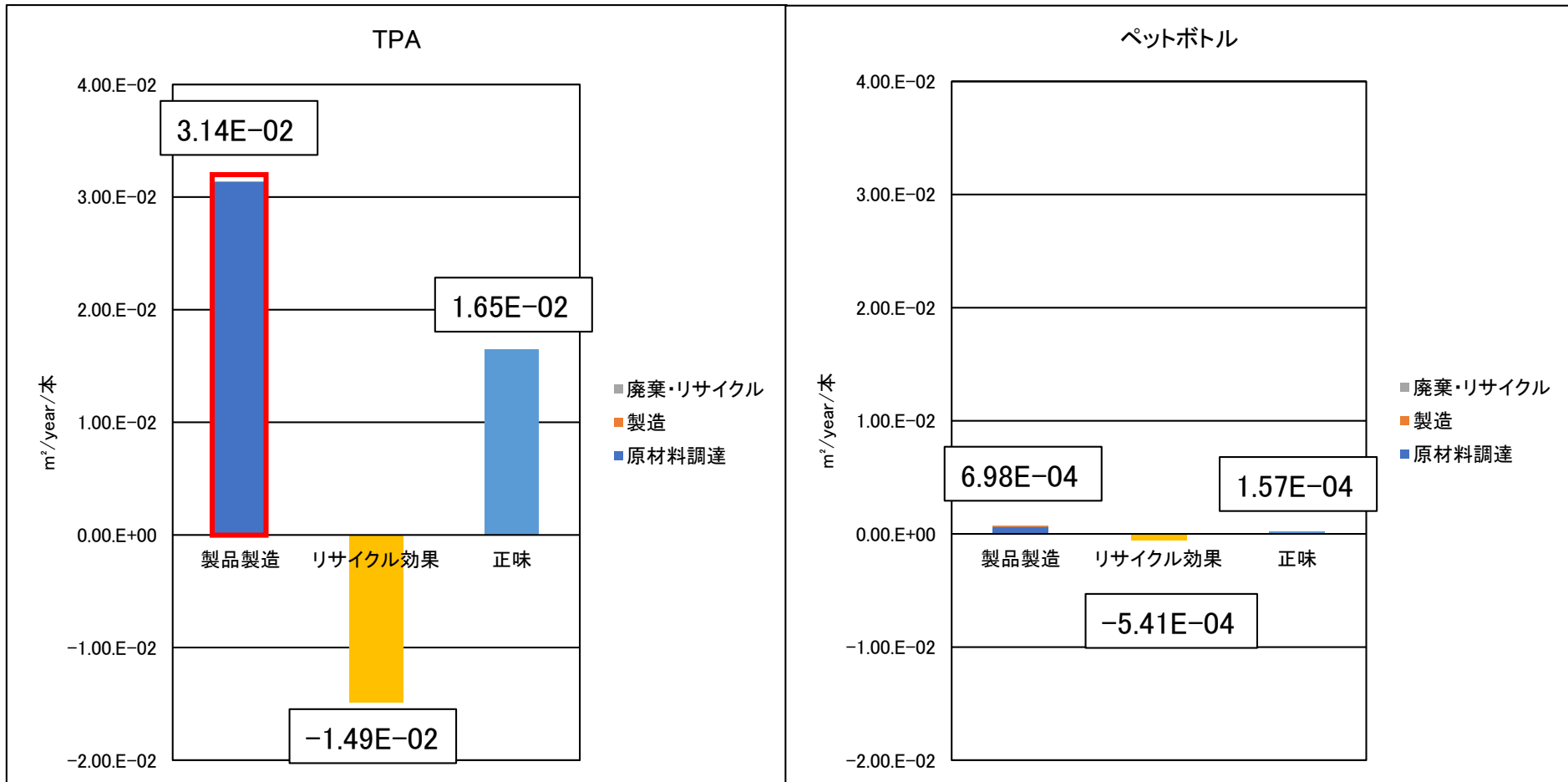
5-2.算定結果 GHG排出量 内訳



- ✓ TPAではさらし包装紙、アルミニウム箔、高密度ポリエチレンの順で影響が大きく、投入量の少ないアルミニウム箔の影響が目立つ
- ✓ ペットボトルではポリエチレンテレフタレートの影響が大きい



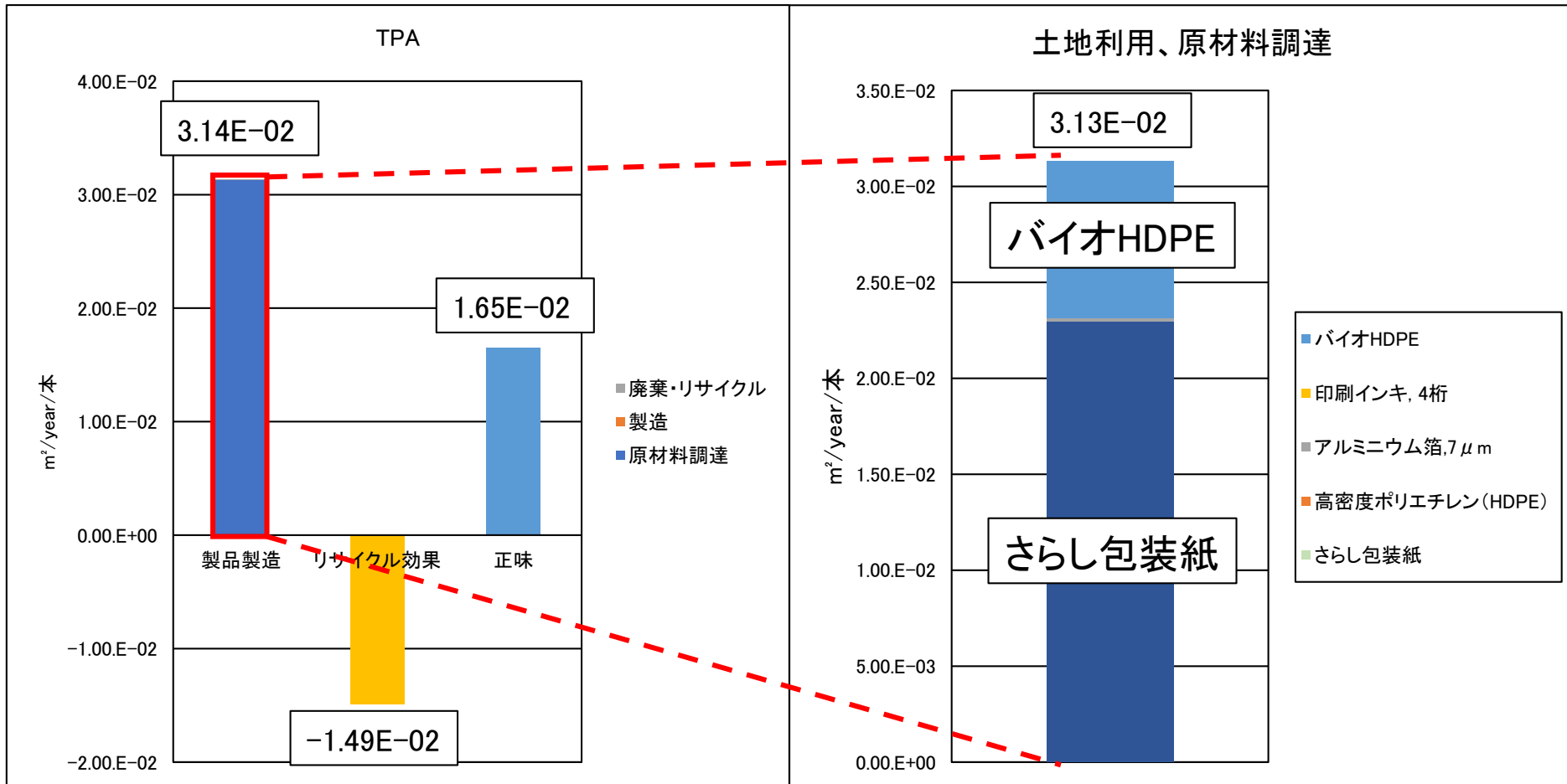
5-3.算定結果 土地利用



- ✓ TPA、ペットボトルともに原材料調達段階の影響が大きいことが分かった
- ✓ 特にTPAの原材料調達段階の影響の大きさが目立つ



5-4.算定結果 土地利用 内訳

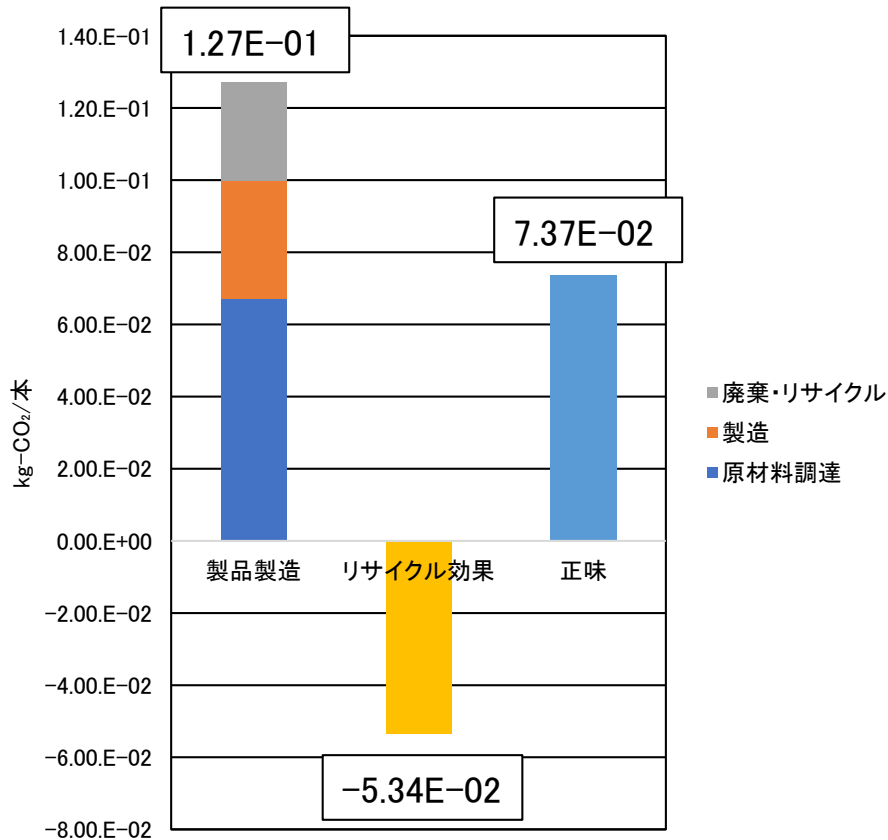


- ✓ 原材料調達段階のほとんどをさらし包装紙とバイオHDPEが占めている
- さらし包装紙で使われる木材、バイオHDPEで使われるサトウキビを生産する際の広い土地を必要とすることが影響していると考えられる

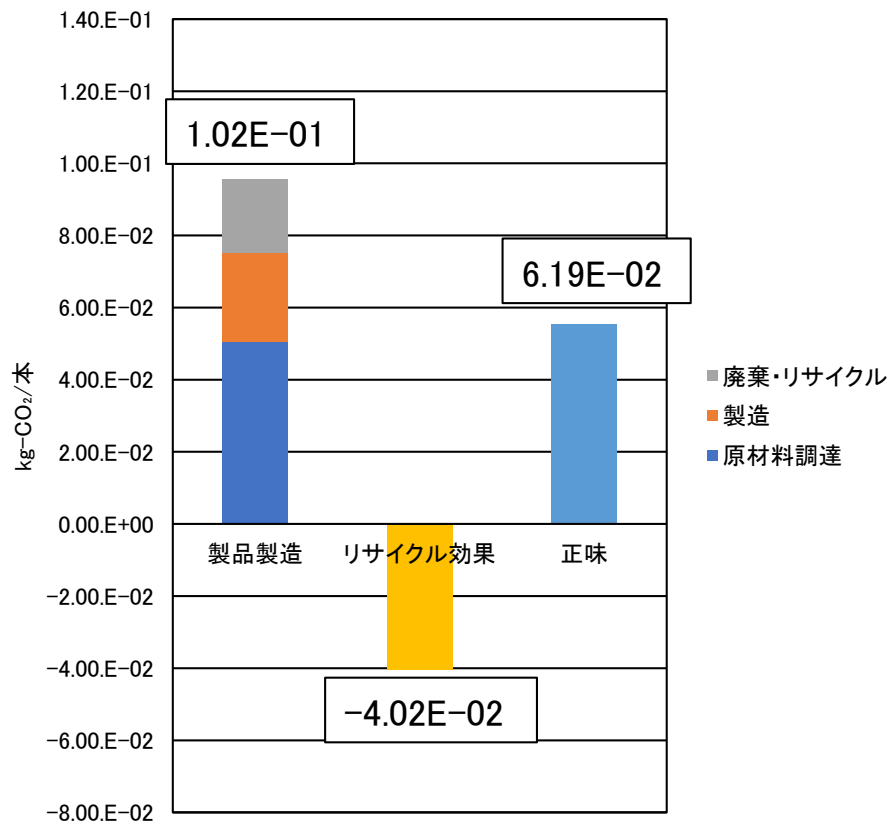


5-5.算定結果 ペットボトル 軽量化ボトルとの比較

ペットボトル



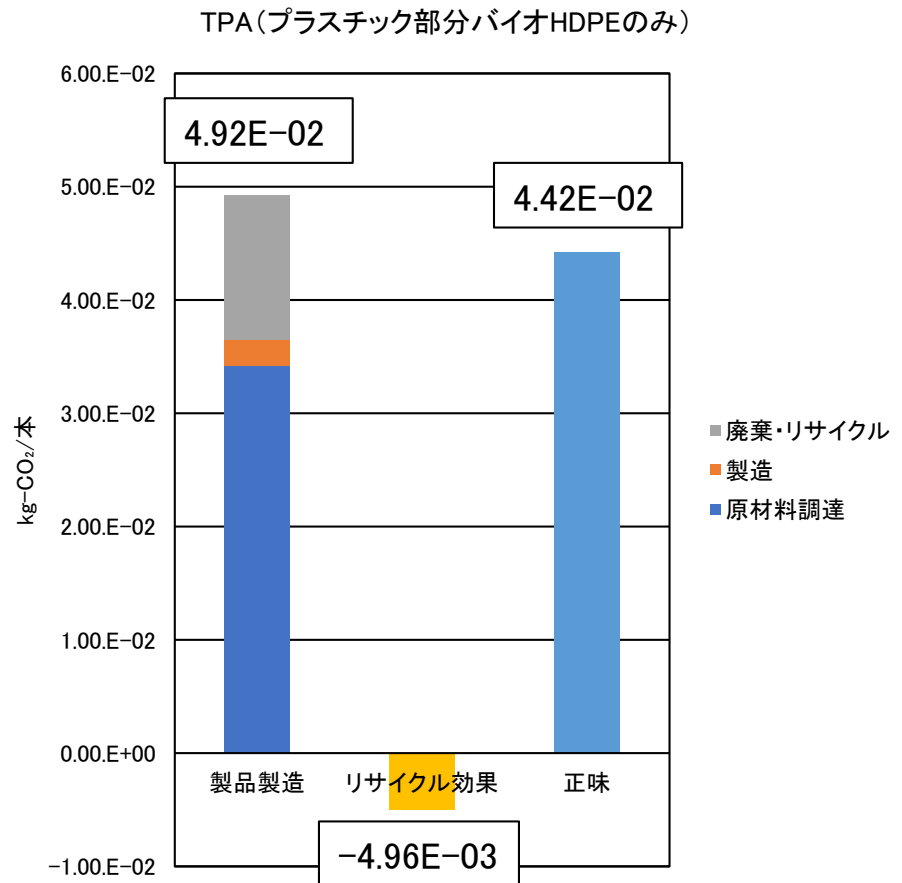
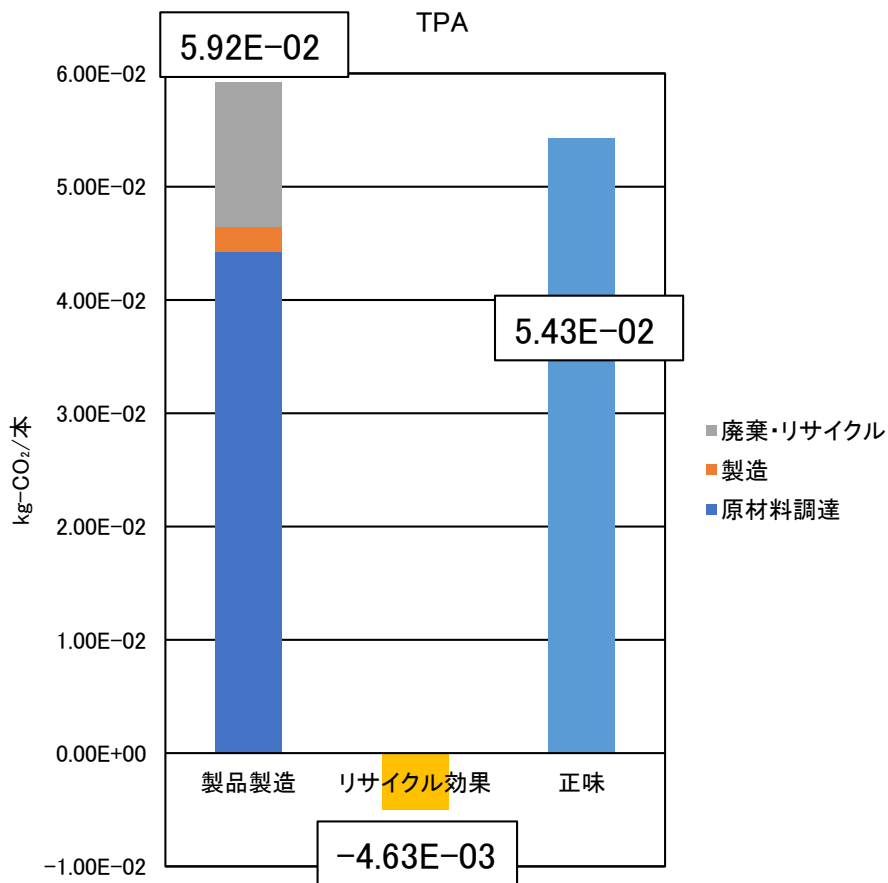
軽量化ペットボトル



✓ 無菌充填ボトルは2004年度比で約25%軽量化されているためボトル部分であるPETの重量を25%落として算定した結果GHG排出量を約15%削減できることが分かった



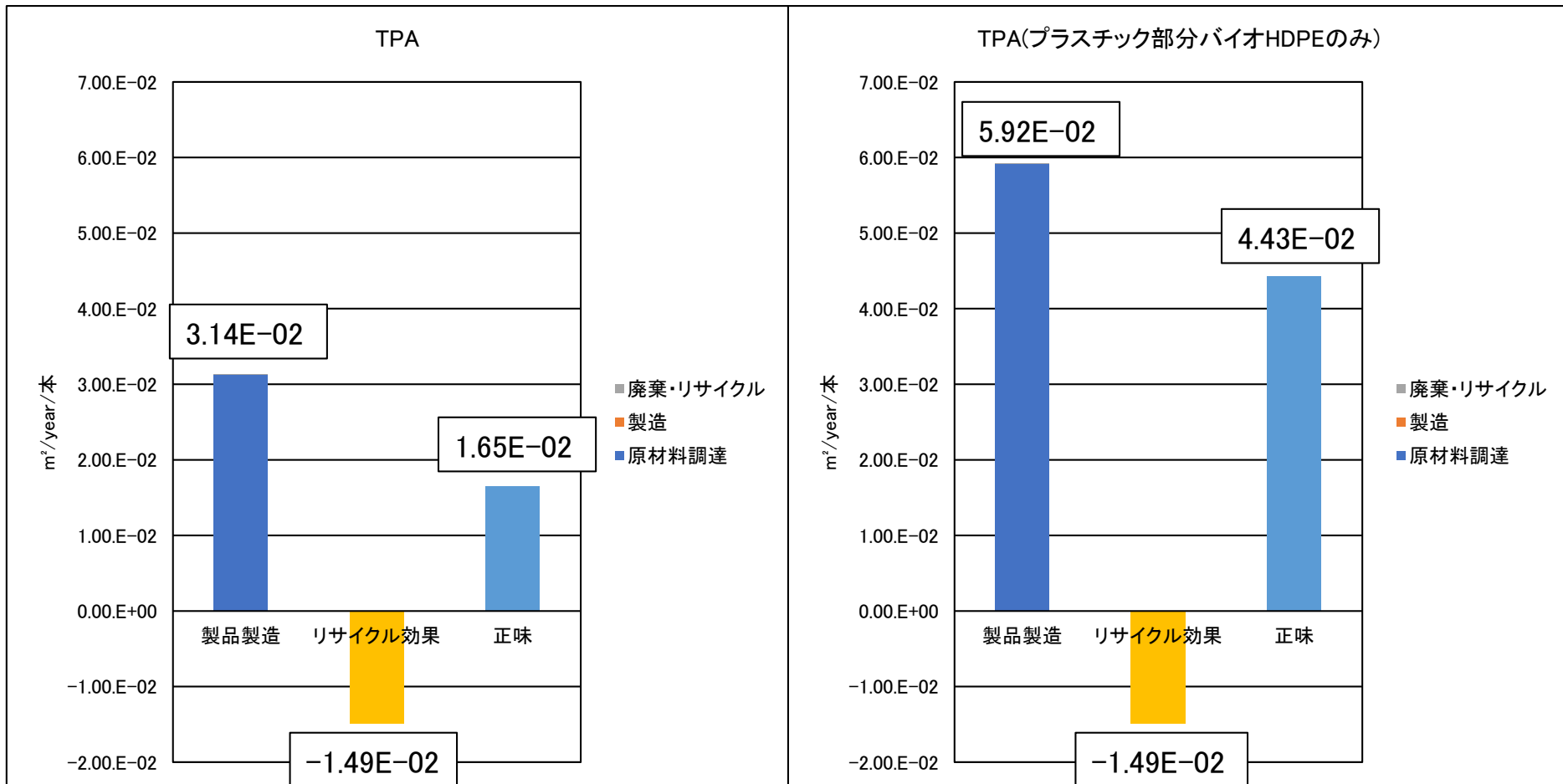
5-6.算定結果 TPA バイオプラのみを使用



- ✓ TPAのプラスチック部分をすべてバイオHDPEを使用すると約20%のGHG排出量を削減できることが分かった
- HDPEは5.38gがバイオHDPEにさし替わることで変化が生じた



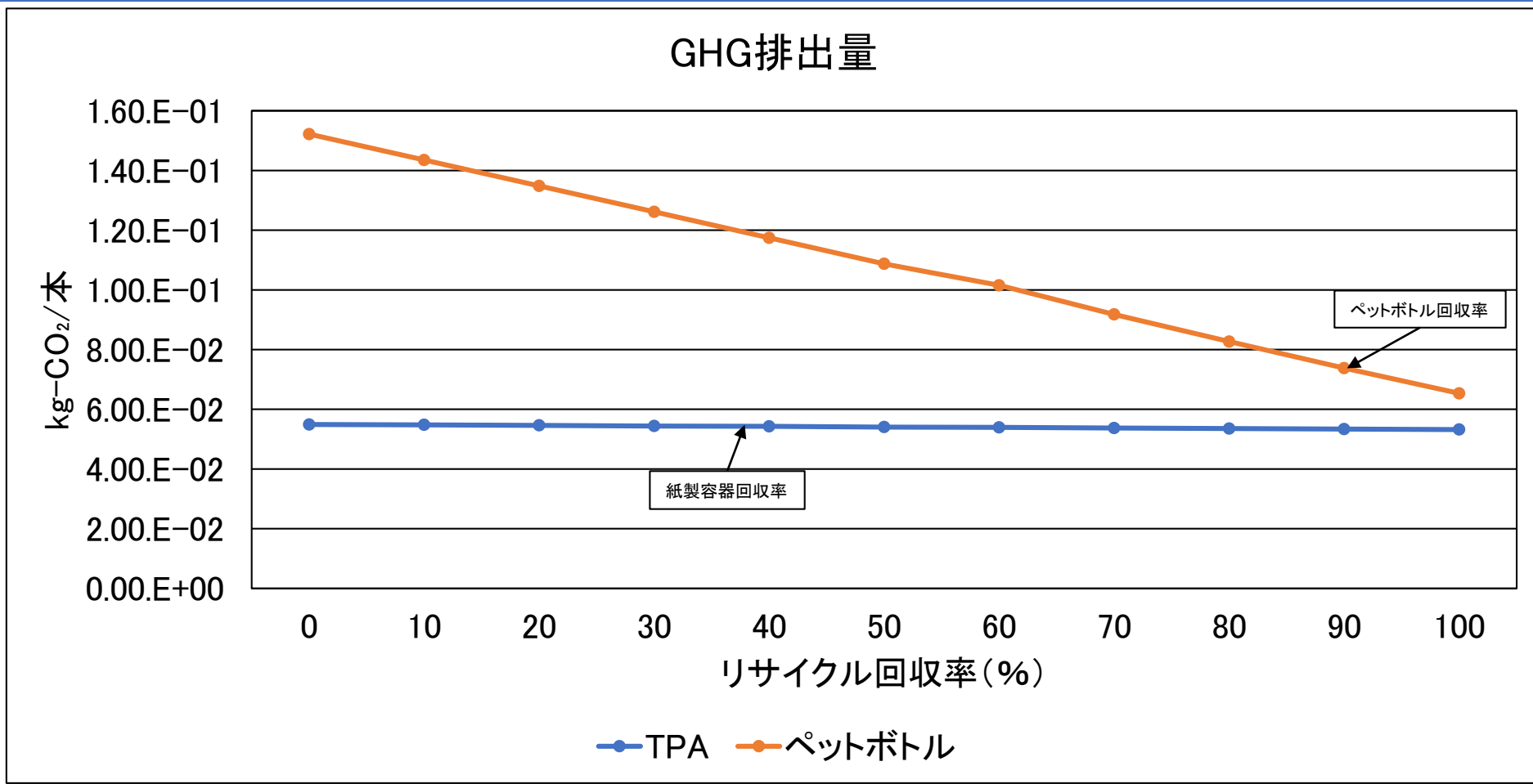
5-7.算定結果 TPA バイオプラのみを使用



✓ TPAのプラスチック部分をすべてバイオHDPEを使用すると約170%土地利用への負荷が増加することが分かった



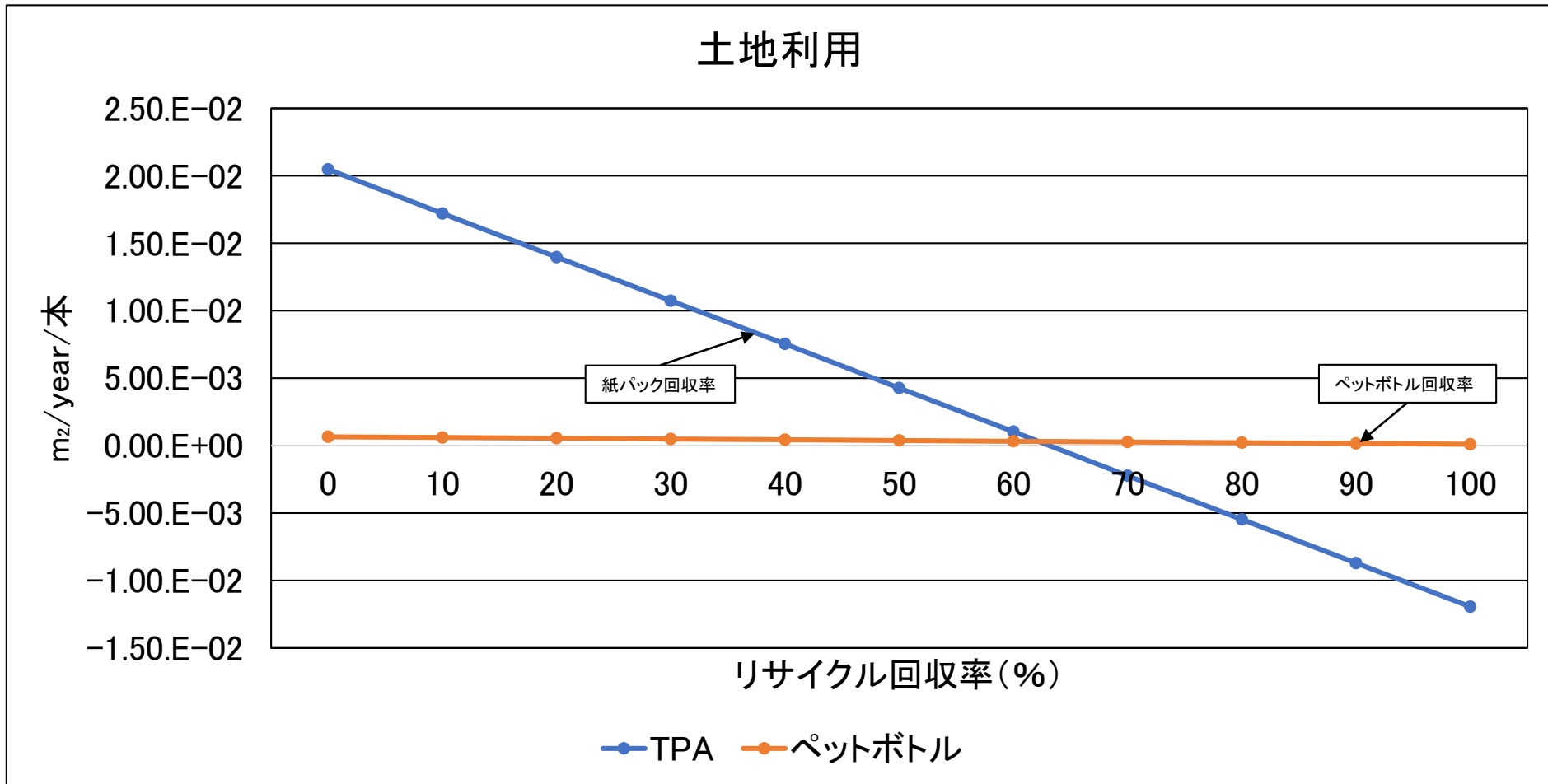
5-8.算定結果 GHG排出量の推移



✓ GHG排出量では回収率の上昇につれてペットボトルの削減効果が大きいことが分かった



5-9.算定結果 土地利用の推移



- ✓ 土地利用ではTPAを製紙原料としてリサイクルすると回収率の上昇につれて削減効果が大きいことが分かった
- リサイクル回収率の向上を目指す必要がある



6-1.まとめ

結論

- バイオプラスチックを用いたキャップ付き紙製容器とペットボトルの環境負荷を比較した
 - ✓ GHG排出量はTPAよりペットボトルのほうが負荷が大きい
 - ✓ どちらも原材料調達段階の負荷が一番大きい
 - 光による中身の劣化を守るために使用されているアルミニウム箔の負荷が投入量のわりに大きいため別の素材に変えることを検討できるのではないか
 - ✓ 土地利用ではTPAのほうが負荷が大きい
 - 原材料調達段階のさらし包装紙、バイオHDPEが負荷の大きい素材であることが確認できた
- 算定結果からそれぞれの容器の削減ポテンシャルを提案した
 - ✓ ペットボトルの負荷削減の余地として軽量化ペットボトル(25%軽量化)を想定し、環境負荷の比較を行った
 - その結果、結果も約15%削減された
 - ✓ TPAの負荷削減の余地として現状一部のプラスチック部分しかバイオHDPEを使っていないが、プラスチック部分にすべてバイオHDPE使用した想定で環境負荷を比較した
 - GHG排出量では約20%の削減ができるが土地利用では約170%増加することが分かった
- 回収率に応じた結果の推移を示した
 - ✓ 回収率の上昇につれてGHG排出量ではペットボトル、土地利用ではTPAの削減効果が高いことが分かった
 - 現状回収率の低い紙パックの回収率の向上を目指す必要性がある



6-2.まとめ

課題と限界

課題

- ・アルミニウム箔のリサイクルを考慮することができなかった
- ・飲料を考慮した方がいいと意見をいただいていたが、中身のデータを取得することができなかったため容器のみの結果となってしまった
- ・一部輸送距離、積載率が分からなかったため輸送を考慮できなかった
- ・二次データの年にばらつきがあるため過大評価、過小評価の可能性がある

限界

- ・ペットボトルの製造に使われているエネルギーについて記載のあるの2次データを見つけることができなかった



7.参考文献

- Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market
(<https://assets.tetrapak.com/static/se/documents/sustainability-downloads/lca%20nordic%20final%20report.pdf>)
- I' m green™ PE Life Cycle Assessment
(<http://plasticoverde.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/ModuloHTML/Documentos/1191/Life-Cycle-Assessment-v02.pdf>)
- LCI dataset for converting of beverage carton packaging material
(http://www.ace.be/uploads/Modules/Publications/lci_dataset_for_bc_converting_2011.pdf)
- 容器包装リサイクル制度を取り巻く現状
(http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/committee/n/01/your01_03.pdf)
- 使用済みペットボトルの再商品化に伴い発生する環境負荷分析
(http://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/news_release_150.pdf)
- 全国牛乳容器環境協議会HP
(<http://www.yokankyo.jp/cat02.html>)
- 容器包装ライフサイクル・アセスメントに係る調査事業
(<https://www.aluminum.or.jp/environment/pdf/2-2-4-2.pdf>)



ご清聴ありがとうございました