

持続可能なPETリサイクルの 構築を目指して

～廃プラ輸入規制に対する
リサイクルのベストミックス～

2019年11月30日

名古屋学院大学 しろとりキャンパス

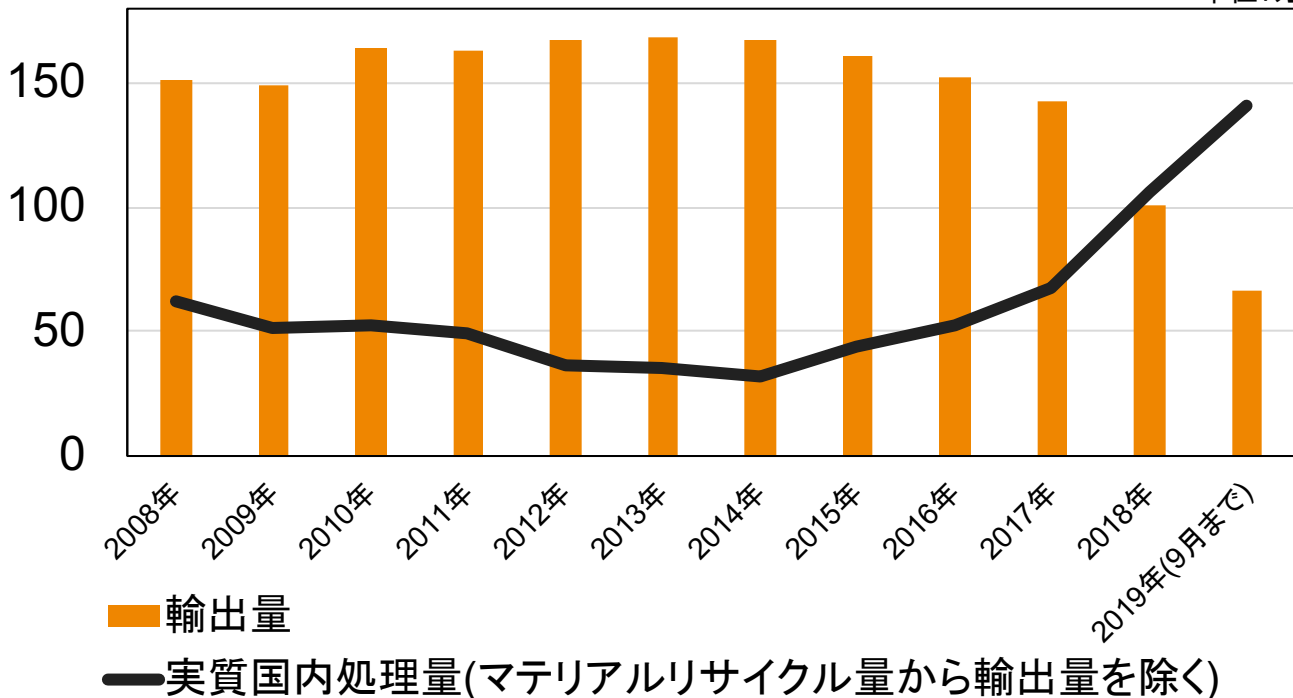
南山大学 寶多康弘研究会

河合宏幸 倉橋真衣 中井美樹
齊藤晃子 塩本光 高橋紗也香

動機・背景(1/2)

国内廃棄プラスチック処理量の推移

単位: 万t



(出典)プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識2019」及び財務省貿易統計(HSコード:プラスチックのくず 3915)より筆者作成

動機・背景(2/2)

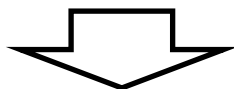
- ① 廃棄プラスチック(廃プラ)の輸出が各国の輸入規制(2018年)によって困難に
- ② 国内で処理・保管量が急増→対策が必要
- ③ 輸入規制の影響が最も大きいのは、PET(ペットボトル)のマテリアルリサイクル



PETリサイクルを研究対象とした

本研究の目的

- ① どの処理方法を増やすべきかを検証
→安易にリサイクル量を増やすと不利益が生じる可能性
- ② 最適な処理・収集方法を費用便益分析
によって明らかにする。



リサイクルのベストミックスを提案

本研究の主な結果

① 分別収集したPETをマテリアルリサイクル純便益が最も高いが、処理費用も高い。



② 回収効率の良い・財政に余裕のある地域
→ マテリアルリサイクル

その他→ サーマルリサイクルが良い。

先行研究(1/3)

安田(2001)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析」『廃棄物学会論文誌』

- ・自治体のペットボトルリサイクルに関して費用便益分析を用いた総合評価を行った。
→自治体のPET回収システムは効率が良くない。

- ※サーマルリサイクルは分析していない点
回収システムに着目している点

先行研究(2/3)

天野・田灘(2004)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する総合評価」『エコテクノロジー研究』

・ ペットボトルの各処理費用と環境負荷量を試算し総合評価を行った。

→マテリアルリサイクルは有効だが、コストが高い

※費用便益分析はしていない点

先行研究(3/3)

Kinnaman (2014) “*The socially optimal recycling rate: Evidence from Japan,*”

『*Journal of Environmental Economics and Management*』

Kellenberg (2012) “*Trading wastes*”

『*Journal of Environmental Economics and Management*』



PETのマテリアルリサイクルとサーマルリサイクルに焦点を当て、費用便益分析した文献は見られなかった。

先行研究との違い

① マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルを分析の対象とする。

② 地域にもたらす便益を新しく変数に追加。

③ 各処理・収集方法ごとに純便益を求め、

収集費用の限界値である『しきい値』
を具体的な金額で算出する。

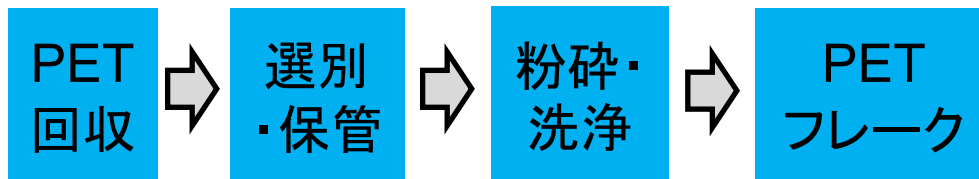
→本稿の新規性である

PETのリサイクル方法

(本稿の分析で使用する処理方法)



① マテリアルリサイクル (材料再生利用)



→国内外で
プラスチック
製品に生まれ
変わる

② サーマルリサイクル(熱回収利用)



ヒアリング調査(1/2) 全国調査

費用便益分析を行うための詳細なデータ収集が目的

- ・ 国内主要都市12市にヒアリング調査

→3市からPETデータの提供



3市の中で最も人口とPETボトルの回収量が多い名古屋市に着目

ヒアリング調査（2/2）愛知県内の調査

【名古屋市】

- ・PET回収量、各処理費用などの分析に用いる詳細なデータを獲得。

【愛知県内のリサイクル業者】

- ・ 8社から費用等の回答
→複数社のデータを比較し、信憑性のあるデータを得たと判断

費用便益分析に用いる貴重なデータを獲得。

名古屋市のPET処理方法

現状： PETを分別収集
マテリアルリサイクル

仮定： PETを分別収集or可燃ゴミ収集
サーマルリサイクル

※名古屋市の可燃ゴミ焼却施設は、サーマルリサイクルの機能が備わっている。

分析データの出所

変数	出所
X_1	名古屋市「ヒアリング調査によって得た 平成29年度から平成25年度の各項目データ平均値」
MR_1	
TR_1	
TR_2	
TR_3	
TR_4	名古屋市「ヒアリング調査によって得た平成29年度の値」
MR_2	愛知県内のリサイクル業者8社の回答をもとに工場規模差, PETフレークの品質差を考慮し, 本研究では大規模で高品質のリサイクル業者のデータを抽出(名古屋市から引受けがある企業) 「ヒアリング調査によって得た費用と販売価格の値」
MR_3	

変数	出所
Y_1	正確な値がないので, 本研究では MR_2 と同値とする
Y_2	名古屋市「ヒアリング調査によって得た, 平成29年度ガス使用量・ガス料金支払額」
Y_3	名古屋市「ヒアリング調査によって得た, 焼却工場の余熱利用施設データ」
	愛知県情報センター「名古屋市 新エネルギー設備の概要」
	公益財団法人全国家庭電気製品公正取引協議会「電気料金の目安単価」
Y_4	公益財団法人日本容器包装リサイクル協会, 受託調査「PETボトルのリサイクル効果の分析」
	環境省「地球温暖化対策のための税の導入」
Y_5	公益財団法人日本容器包装リサイクル協会, 受託調査「PETボトルのリサイクル効果の分析」
	一般社団法人日本長距離フェリー協会「燃料油価格推移表」
Y_6	安田(2001)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析」
X_2	名古屋市「ヒアリング調査によって得た, 平成29年度から平成25年度の可燃ごみ収集費平均値」

(表に記載された, 対応する出典より筆者作成)

分析(1/8) 費用便益分析①

① マテリアルリサイクル(分別収集)

$$\alpha = MR_3 - (X_1 + MR_1 + MR_2)$$

MR₃ : PETフレーク売却益(民間)

X₁ : 分別収集費用

MR₁ : 選別・管理等費用

MR₂ : マテリアルリサイクルの費用(民間)

▶ 分析結果 : 純便益 -191.71(円/ kg)

地域の
負担額

分析(2/8) 費用便益分析②

②サーマルリサイクル(分別収集)

$$\beta = TR_3 + TR_4 - (X_1 + TR_1 + TR_2)$$

TR₃ : 資源売却益

TR₄ : 電力売却益

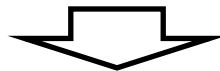
X₁ : 分別収集費用

TR₁ : 焼却費用

TR₂ : 埋立等費用

地域の
負担額

▶分析結果：純便益 -121.88(円/kg)



PET1kg処理で得る純便益の差は

約69.83円→サーマルリサイクルをすべき

分析①と② 結果の詳細

分析①結果

PETマテリアルリサイクル費用にかかる純便益

変数	内容	便益(円/kg)	費用(円/kg)	純便益(円/kg)
X_1	分別収集費用		96.45	-96.45
MR_1	選別・管理等費用		38.56	-38.56
MR_2	リサイクル費用(民間)		80.00	-80.00
MR_3	PETフレーク売却益(民間)	23.30		23.30
	合計	23.30	215.01	-191.71

(データの出所から筆者作成)

分析②結果

PETサーマルリサイクル費用にかかる純便益

変数	内容	便益(円/kg)	費用(円/kg)	純便益(円/kg)
X_1	分別収集費用		96.45	-96.45
TR_1	焼却費用		22.01	-22.01
TR_2	埋立等費用		6.00	-6.00
TR_3	資源売却益	0.10		0.10
TR_4	電力売却益	2.48		2.48
	合計	2.58	124.46	-121.88

(データの出所から筆者作成)

分析(3/8) 費用便益分析①②結果

サーマルリサイクルは、
その地域の負担額を削減し、純便益を高める。



※金額に現れていない便益が考慮されていない
ex.)リサイクルをすることで生まれる便益
・ CO₂排出量削減 ・ 石油消費量の削減



これらを考慮した新たな変数を追加し、
純便益をより正確な値で再分析する。

分析(4/8) 費用便益分析③

③サーマルリサイクルを行わず、
マテリアルリサイクル(分別)を行うケース

$$Y = (X_1 - X_1) + (TR_1 - MR_1) + (Y_1 - MR_2) + MR_3 + TR_2 + (-TR_3) + (-TR_4) + (-Y_2) + (-Y_3) + Y_4 + Y_5 + Y_6$$

($X_1 - X_1$) : 収集費用差(今回は両方とも分別回収)

($TR_1 - MR_1$) : 中間処理費用差

($Y_1 - MR_2$) : PETフレーク加工費用差

Y_2 : 焼却燃料費削減分(10%削減)

Y_3 : 熱利用による光熱費削減分

Y_4 : CO₂排出量削減分

Y_5 : 資源・消費エネルギー削減分

Y_6 : 有害物質排出量削減分

分析(5/8) 費用便益分析③結果

▶純便益 ＋61.64(円/kg)

マテリアルリサイクルの方が純便益が高い



マテリアルリサイクルは費用は高いが、
高い純便益を得られる



PETを分別収集する場合は、
マテリアルリサイクルをした方が良い

分析③ 結果の詳細

サーマルリサイクルをしないことで、マテリアルリサイクルが得られる純便益(分別収集)				
変数	内容	便益(円/kg)	費用(円/kg)	純便益(円/kg)
$(X_1 - X_1)$	分別収集費用差	96.45	96.45	0.00
$(TR_1 - MR_1)$	中間処理費用差	22.01	38.56	-16.55
$(Y_1 - MR_2)$	PETフレーク加工費用差	80.00	80.00	0.00
(MR_3)	PETフレーク売却益	23.30		23.30
(TR_2)	埋立等費削減分	6.00		6.00
$(-TR_3)$	資源売却益損失	-0.10		-0.10
$(-TR_4)$	電力売却益損失	-2.48		-2.48
$(-Y_2)$	燃料節約分(10%減)損失	-0.01		-0.01
$(-Y_3)$	光熱費削減分損失	-2.02		-2.02
(Y_4)	CO ₂ 排出量削減分	0.71		0.71
(Y_5)	資源・消費エネルギー削減分	50.80		50.80
(Y_6)	有害物質排出量削減分	1.99		1.99
合計		276.65	215.01	61.64

(データの出所から筆者作成)

分析(6/8) 費用便益分析④

④PETを可燃ごみ収集し、サーマルリサイクルを行うケース

$$\delta = (X_1 - X_2) + (MR_1 - TR_1) + (MR_2 - Y_1) - MR_3 - TR_2 + TR_3 + TR_4 + Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6$$

X_2 : 可燃ゴミ収集費用

▶純便益 +5.22(円/kg)

→分別収集してマテリアルリサイクルを行なった場合(分析③)の純便益より低い

分析④ 結果の詳細

マテリアルリサイクルをしないことで、サーマルリサイクルが得られる純便益(可燃収集)				
変数	内容	便益(円/kg)	費用(円/kg)	純便益(円/kg)
$(X_1 - X_2)$	分別収集費用差	96.45	29.59	66.86
$(MR_1 - TR_1)$	中間処理費用差	38.56	22.01	16.55
$[-(Y_1 - MR_2)]$	PETフレーク加工費用差	80.00	80.00	0.00
$(-MR_3)$	PETフレーク売却益損失	-23.30		-23.30
$(-TR_2)$	埋立等費		6.00	-6.00
(TR_3)	資源売却益	0.10		0.10
(TR_4)	電力売却益	2.48		2.48
(Y_2)	燃料節約分(10%減)	0.01		0.01
(Y_3)	光熱費削減分	2.02		2.02
$(-Y_4)$	CO ₂ 排出量処理費発生分	-0.71		-0.71
$(-Y_5)$	資源・消費エネルギー消費分	-50.80		-50.80
$(-Y_6)$	有害物質排出量処理分	-1.99		-1.99
	合計	142.83	137.60	5.22

(データの出所から筆者作成)

分析(7/8) 分析結果の考察

分析結果	マテリアルリサイクル(円/kg)	純便益の 大小関係	サーマルリサイクル(円/kg)
分析①と②	-191.71	<	-121.88
分析③と④	<u>61.64</u>	>	5.22

出典：分析結果をもとに筆者作成

▶ マテリアルリサイクル(分別収集)を行うのが最適

※費用は全ての分析でマテリアルリサイクルが高い
→過疎地域、財政難な自治体では大きな負担に...

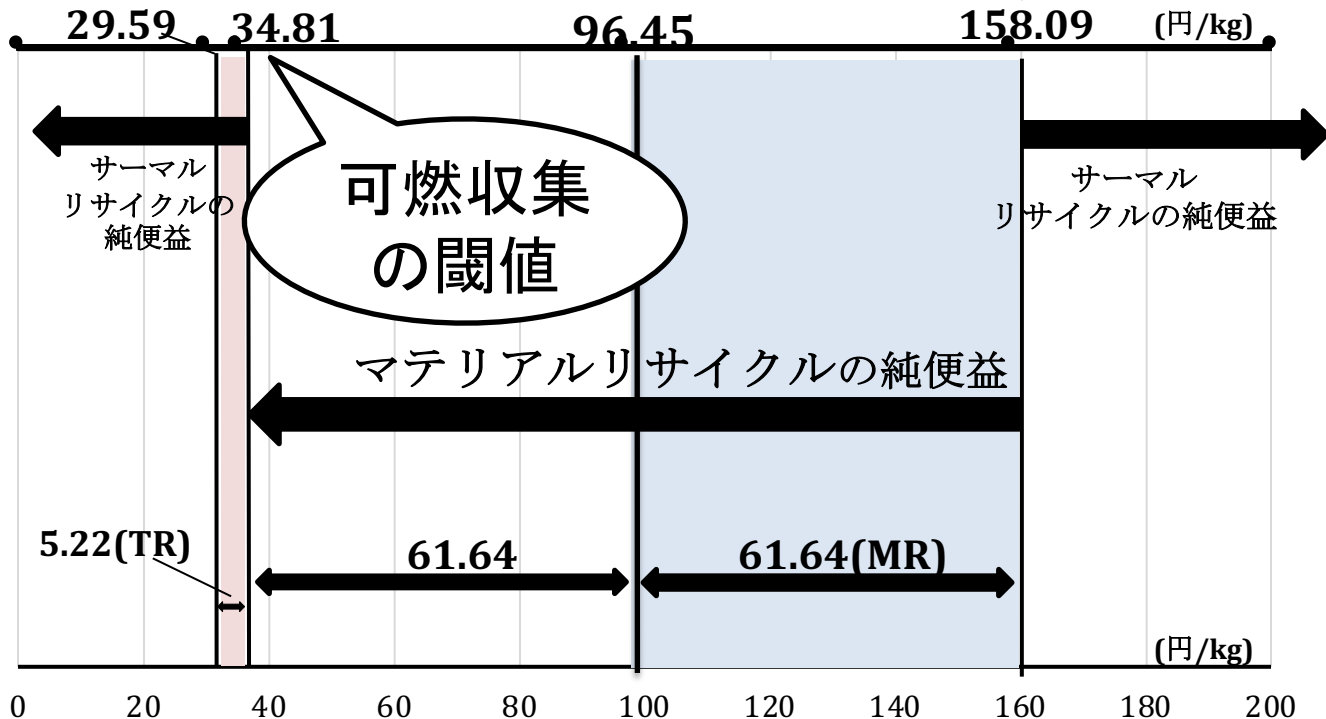


処理方法を選択する基準として『しきい値』を算出

分析(8/8) 閾値の算出

各収集費用の閾値(しきい値)の算出

分別収集
の閾値



出典：分析結果をもとに筆者作成

政策提言 I マテリアルリサイクルの推進

マテリアルリサイクル量を増やすには
PETフレークの需要を高める必要がある



しかし、国内の需要は少ない
→海外の需要を伸ばす政策



「PETフレークの国際的な品質基準の策定」

政策提言Ⅱ サーマルリサイクルを活用

過疎地域・財政難な地域で
マテリアルリサイクル推進するのは難しい



「各収集費用の基準額の策定」



その地域に適した処理方法を
選択できる仕組み

現行の政策

1. 国ごとに輸入できるPETフレークの品質基準が決められている

→基準がバラバラなので多くの費用がかかり大規模生産ができない・輸出量が少ない

2. 容り法で市町村は分別収集、選別保管してリサイクルする役割を求められている。

→義務ではないため、やめることも可能

まとめ

【分析結果】

①PETを分別収集しマテリアルリサイクル
→最も高い純便益

②費用はマテリアル>サーマル
→その地域に適した処理方法を選択

収集効率の良い地域など：マテリアル

収集効率の悪い地域など：サーマル

【政策提言】

1. マテリアルリサイクルの推進
2. サーマルリサイクルの活用

今後の課題

- ① 本稿の分析は名古屋市のデータを中心
→ 全国との乖離、廃プラ(PET以外)で検証したら結果が異なる可能性
- ② 廃プラの国内処理量を早急に増やす具体的な提言

参考文献

- 安田八十五(2001)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析」『廃棄物学会論文誌』Vol. 12, No. 5 pp229-234 p39-44
- 天野耕二・田灘未来(2004)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する総合評価」立命館大学理工学部・株式会社SRA p1-pA7 『エコテクノロジー研究』Vol. 10 pp135-141
(<http://www.ritsumeit.ac.jp/se/rv/amano/pdf/2004ET-amano.pdf>)
- 慶應義塾大学辻幸民研究会(2009)「リサイクルの合理性の検証」政策フォーラム発表論文
- Thomas C. Kinnaman, and Takayoshi Shinkuma, and Masashi Yamamoto (2014) “*The socially optimal recycling rate: Evidence from Japan,*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 68, pp. 54-70
- Derek Kellenberg (2012) “*Trading wastes*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 64, pp. 68-87
- Keisaku Higashida, and Naoto Jinji (2006) “*Strategic use of recycled content standards under international duopoly*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 51, pp. 242-257
- Sophie Bernard (2015) “*North-south trade in reusable goods: Green design meets illegal shipments of waste*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 69, pp. 22-35

参考資料

- 日本経済新聞電子版2019年8月2日「プラスチック全量を国内処理へ 環境省、輸出規制に備え」
(<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO48111590S9A800C1EAF000/>) 2019/08/13データ取得
- JETRO日本貿易振興機構 ビジネス短信 2019年5月21日「汚れた廃プラスチック、バーゼル条約で規制対象に」(<https://www.jetro.go.jp/biznews/2019/05/8b624be5eec14dad.html>) 2019/08/20 データ取得
- 一般社団法人プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識2019」
(<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>) 2019/08/13データ取得
- 経済産業省 「バーゼル条約・バーゼル法」
(https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/kankyokeiei/basel/index.html) 2019/09/09 データ取得
- PETボトルリサイクル推進協議会 「マテリアルリサイクル」
(<http://www.petbottle-rec.gr.jp/more/material.html>) 2019/09/09データ取得
- 経済産業省 「容器包装リサイクル法」
(https://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/04/index.html) 2019/11/01データ取得

データ出典

- 一般社団法人プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識2019」
(<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>) 5p(2017)データを利用 2019/08/13 データ取得
- 環境省 「プラスチックを取り巻く国内外の状況<参考資料集>」 p65-66
(<https://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-05/y031205-s1r1.pdf#search=%27プラスチックを取り巻く+第4回%27>) 2019/08/20データ取得
- JETRO日本貿易振興機構 地域・分析レポート2019年6月18日
(<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2019/32168afb4b8f0bfe.html>) 2019/08/20 データ取得
- 財務省貿易統計 普通貿易統計(HSコード：プラスチックのくず 3915)
(<http://www.customs.go.jp/toukei/search/futsu1.htm>) 2019/09/09 データ取得
- 財務省貿易統計 名古屋 (HSコード：3915.90-110, 3915.90-190)
(<http://www.customs.go.jp/toukei/search/futsu1.htm>) 2019/10/18 データ取得
- 環境省 環境再生・資源循環局(2019)「外国政府による廃棄物の輸入規制等に係る影響等に関する調査結果～平成30年度下期～(概要版)」
(<https://www.env.go.jp/press/files/jp/111667.pdf>) 2019/08/13データ取得
- PETボトルリサイクル推進協議会(2018)「PETボトルリサイクル年次報告書2018年版」
(<http://www.petbottle-rec.gr.jp/nenji/new.pdf?181121>)2019/08/1データ取得
- 一般社団法人産業環境管理協会資源・リサイクル促進センター「プラスチックのマテリアルフロー(2017年推計値)」(<http://www.cjc.or.jp/school/a/a-4-8.html>) 2019/08/13データ取得

データ出典

- 一般社団法人 産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター「中学生・高校生・市民のための環境リサイクル学習ホームページ」【日本の品種別廃プラスチックの輸出量の推移】(<http://www.cjc.or.jp/school/a/a-4-7-1.html>) 2019/08/13データ取得
- 一般社団法人 産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター「中学生・高校生・市民のための環境リサイクル学習ホームページ」【プラスチックのマテリアルフロー】(<http://www.cjc.or.jp/school/a/a-4-8.html>) 2019/08/13データ取得
- 環境省 「市町村と特定事業者の役割分担・費用分担について」p13 (https://www.cao.go.jp/bunken-suishin/doc/tb_h26fu_15env_974_2.pdf#search=%27市町村と特定事業者の役割分担%27) 2019/08/20データ取得
- 愛知県情報センター 「名古屋市 新エネルギー設備の概要」 (<http://www.aibsc.jp/report/energyhokoku-2/2bu/p142.htm>)2019/11/01データ取得
- 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会「落札単価の経年推移」 (https://www.jcpra.or.jp/recycle/related_data/tabid/483/index.php) 2019/11/01データ取得
- 環境省 「地球温暖化対策のための税の導入」 (<https://www.env.go.jp/policy/tax/about.html>) 2019/11/01データ取得
- 公益社団法人 全国家庭電気製品公正取引協議会「電気料金の目安単価」 (https://www.eftc.or.jp/qa/qa_pdf.pdf#search=%27全国家庭電気製品公正取引+電気代%27) 2019/11/01データ取得
- 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会,受託調査「PETボトルのリサイクル効果の分析」 (<https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/pet-lca-all20170131-0809-3.pdf>) 2019/11/01データ取得
- 一般社団法人日本長距離フェリー協会「燃料油価格推移表」 (<http://www.jlc-ferry.jp/nenyouyu.html>) 2019/11/01データ取得

ご静聴ありがとうございました