

びんリユースシステムの ライフサイクル分析



2021.3.5

京都大学環境科学センター

矢野順也

自己紹介

■ 研究テーマ

- 物質循環のシステム解析から循環型社会形成モデルに関する研究

■ 対象廃棄物(何でもやります)

- 都市廃棄物 (MSW) 全般
- 廃棄物系バイオマス: 厨芥類、廃木材、廃食用油、バイオマスプラスチック
- ガラスびん(new!)、ELV、使用済太陽光発電システム、記憶媒体廃棄物、電池

■ 対象とする環境側面

- 温室効果ガス、化石資源消費、大気汚染、酸性化、資源性 (レアメタル)、有害性 (鉛)

■ アプローチ手法

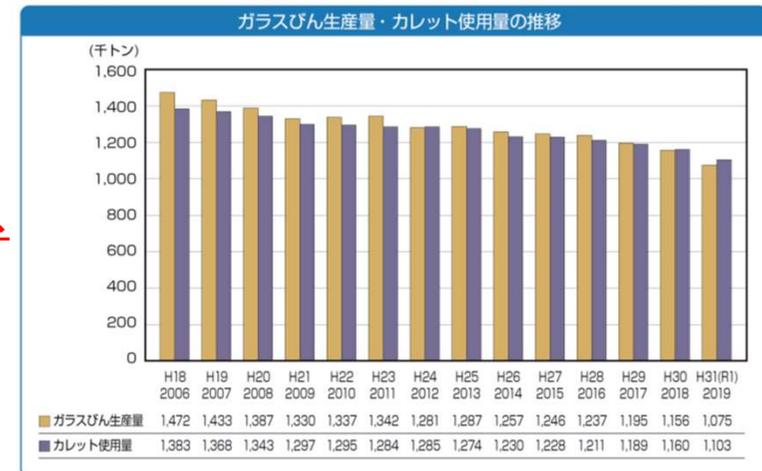
- ごみ組成調査・フィールド調査
- ライフサイクルアセスメント (LCA)
- マテリアルフロー分析 (MFA)
- サブスタンスフロー分析 (SFA)



1. はじめに 背景と目的

■ 代表的なリユース製品としてのガラスびん

- 古くから市民に親しまれてきたものの、ガラスびん生産量は減少傾向
- プラスチック問題の関心の高まりや、資源循環共生圏の実現に向けて、ガラスびんの持つ環境的価値を見直す機会



■ ガラスびんのライフサイクル分析

- 先行事例
 - 容器間比較研究会 (2001), LCA手法による容器間比較報告書 改訂版
 - ペットボトルを始めとした容器包装のリユース・デポジット等の循環的な利用に関する研究会 (2009), ペットボトルリユース実証実験結果の取りまとめ
 - 産業情報研究センター (2016) ガラスびんの指定法人ルートでの再商品化に伴い発生する環境負荷調査と分析に係る業務報告書、日本容器包装リサイクル協会受託調査、など
- 先行事例はいくつか見られるものの、近年の消費動向やびん回収率等を踏まえたデータの更新を行うことで、今後さらなる地域循環シナリオ等への展開への基礎情報とする

出典: ガラスびん3R促進協議会 データ集、<https://www.glass-3r.jp/data/index.html>

Junya Yano, Environment Preservation Research Center, Kyoto University, Japan

2. 方法

対象ガラスびんと機能単位

■ 機能単位

- 「対象ガラスびん製品を用いた年間国内消費量（内容量）分の供給」
- 国内消費量：2019年実績
- 解析結果は1本あたりに割り戻した
- キャップやラベル等の付属物、外装容器は評価対象外



		一升びん	ビールびん (中瓶)	丸正びん
内容量	[L/本]	1.8	0.5	0.9
重量	[g/本]	950	460	450
出荷本数	[百万本]	111.1	423.0	30.6
国内消費量	[kL/年]	200,005	211,500	27,504

(写真出典：国税庁(2007) 酒類容器等の3R)

■ 評価指標：温室効果ガス(GHG)

Junya Yano, Environment Preservation Research Center, Kyoto University, Japan

2. 方法

評価シナリオ概要

■ 対象ガラスびん毎に3シナリオ設定

No.	シナリオ名	概要
S1	ワンウェイ (リサイクルあり)	<ul style="list-style-type: none"> 回収後のびんはそのまま最終処分(埋立)
S2	ワンウェイ (リサイクルなし)	<ul style="list-style-type: none"> 回収後に選別除去。カレット工場にてガラスびん用カレット、路盤材用カレットとしてリサイクル ガラスびん用途:路盤材用途=77:23
S3	リユース	<ul style="list-style-type: none"> 回収後は洗びん工程を経てリユース

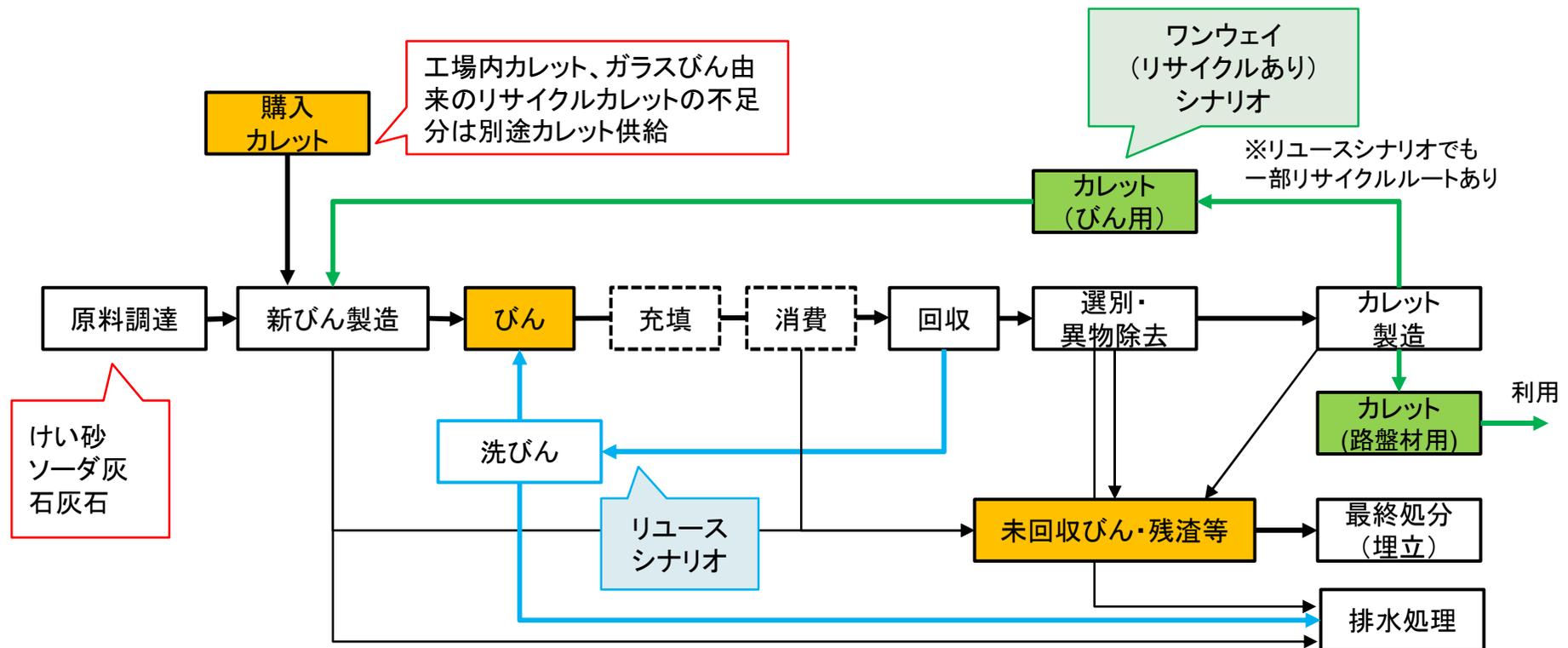
□ S2, S3ともに未回収びんは埋立

■ リサイクル・リユース効果の評価方法

	リサイクル資源	リサイクル・リユース効果
リサイクル	再生カレット(ガラスびん用)	新びん製造用の購入カレット代替
	再生カレット(路盤材用)	砕石代替(重量等価)
リユース	回収されたリユースびん	新びん製造を回避

2. 方法 システム境界

- 原料調達、新びん製造、回収、選別、カレット製造～廃棄まで
- リユースシナリオ：回収・洗びんプロセス含む
- システム境界外：充填、消費プロセス



2. 方法

主要パラメータ設定

■ びん回収率とリユースシナリオの再使用回数

		一升びん	ビールびん (中瓶)	丸正びん
びん回収率	[%]	74.8%	78.3%	78.3%
再使用回数	[回]	5回	25回	5回

- びん回収率 = 出荷量に対する回収量の割合
 - びん回収率はワンウェイ（リサイクルあり）、リユースシナリオともに同じと仮定
- 回収率：2019年実績より。丸正びんはビールびんと同程度と仮定
- 丸小びんの再使用回数は一升びんと同程度まで高まることを想定

2. 方法

主要パラメータ設定

リユースびんの回収距離(商圈)については感度分析を実施

■ 輸送距離

	起点	輸送先	輸送距離	出典
製造	新びん工場	充填工場	100 km	仮定値
	洗びん工場	充填工場	100 km	仮定値
	充填工場	消費場所	100 km	仮定値
回収	排出元	自治体・事業者 回収拠点	45.7 km	産業情報研究センター (2016)
	排出元	びん回収 (リユースシナリオ)	50 km	仮定値
処理・ リサイクル	選別工場	カレット工場	81.0 km	産業情報研究センター (2016)
	カレット工場	再生カレット ユーザー	70.1 km	産業情報研究センター (2016)
	各選別・処理施設	埋立地	50 km	仮定値

2. 方法 その他の設定

■ 主なインベントリデータの出典

プロセス	出典
新びん製造	日本ガラスびん協会 技術委員会(2010)ガラス製容器PCR改定に伴うCFP産出値の変更報告 2010年12月17日 資料9-2
洗びん	吉川商店ヒアリング
びん回収 (リユース)	ガラスびん3R促進協議会ヒアリング
びん回収 (リユース以外)	産業情報研究センター(2016)ガラスびんの指定法人ルートでの再商品化に伴い発生する環境負荷調査と分析に係る業務報告書、日本容器包装リサイクル協会受託調査
選別・異物 除去	同上
最終処分	京都市ヒアリング
輸送	産業情報研究センター(2016)、他仮定(前述のとおり)

□ ほか、ガラスびん3R促進協議会の統計資料、JLCAデータベース等も活用

2. 方法 その他の設定

■ その他設定条件など

- 選別工程等の歩留まりなど、びんの色別にデータが異なる場合は茶色びんのパラメータを採用
 - リユースシナリオ：洗びん歩留まり0.867 など
- 新びん製造
 - 珪砂、ソーダ灰の輸入割合はそれぞれ50%、70%
 - カレット利用率と省エネ効果：工場カレット以外のカレット利用率が10%増加するとエネルギー消費2.5%削減されると仮定

表 市中カレット・購入カレット利用率

	ワンウェイ (リサイクルなし)	ワンウェイ (リサイクルあり)	リユース
市中カレット・ 購入カレット	0%	47.2%	47.2%
工場カレット	28.1%	28.1%	28.1%
天然資源	71.9%	24.7%	24.7%

3. 結果と考察

新びん・洗びん内訳

■ 新びん製造量

			ワンウェイ (リサイクルなし)	ワンウェイ (リサイクルあり)	リユース
一升びん	新びん	[トン]	105,558	105,558	37,768
	洗びん	[トン]	0	0	67,790
	合計	[トン]	105,558	105,558	105,558
ビールびん	新びん	[トン]	194,580	194,580	63,756
	洗びん	[トン]	0	0	130,824
	合計	[トン]	194,580	194,580	194,580
丸正びん	新びん	[トン]	13,752	13,752	4,506
	洗びん	[トン]	0	0	9,246
	合計	[トン]	13,752	13,752	13,752

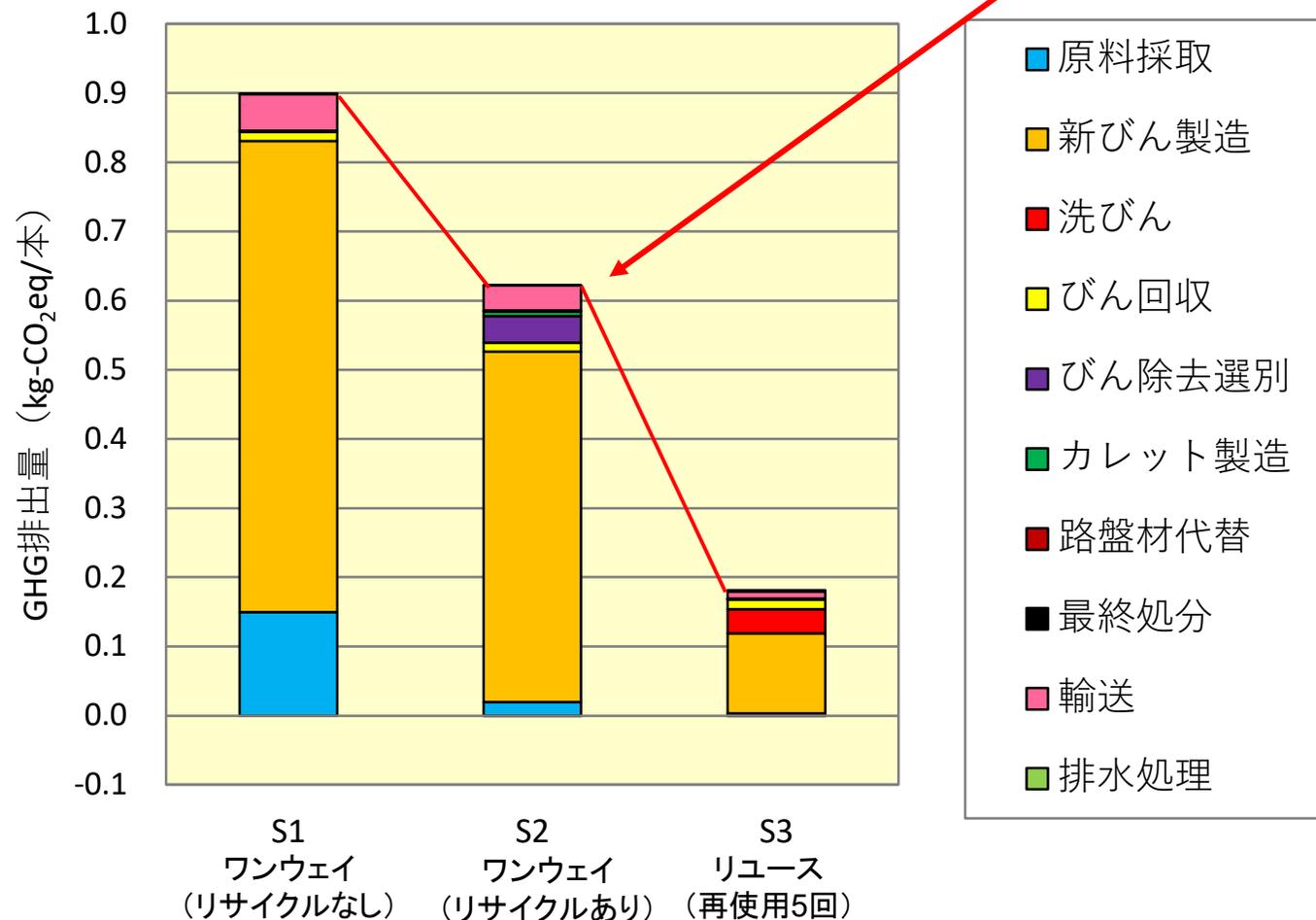
洗びん(リユースびん)64~67%

3. 結果と考察

シナリオ比較

■ 一升びんの例

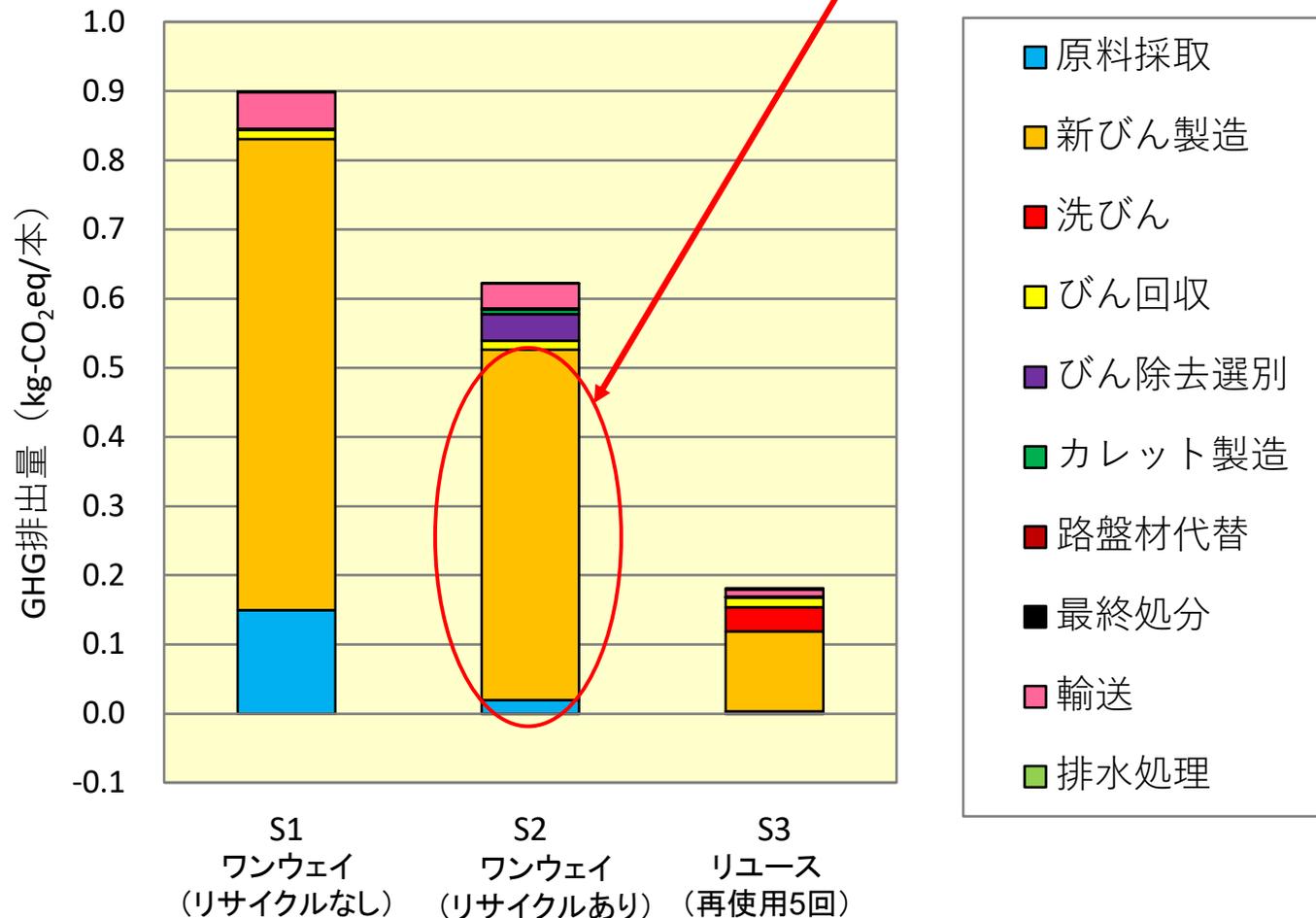
S1と比較して、リサイクルによって31%、リユース(5回)によって80%GHGを削減



3. 結果と考察 シナリオ比較

■ 一升びんの例

リサイクルによって回収後の異物選別除去等の負荷は増えるものの、それ以上に**原料採取、新びん製造の削減効果が大きい**

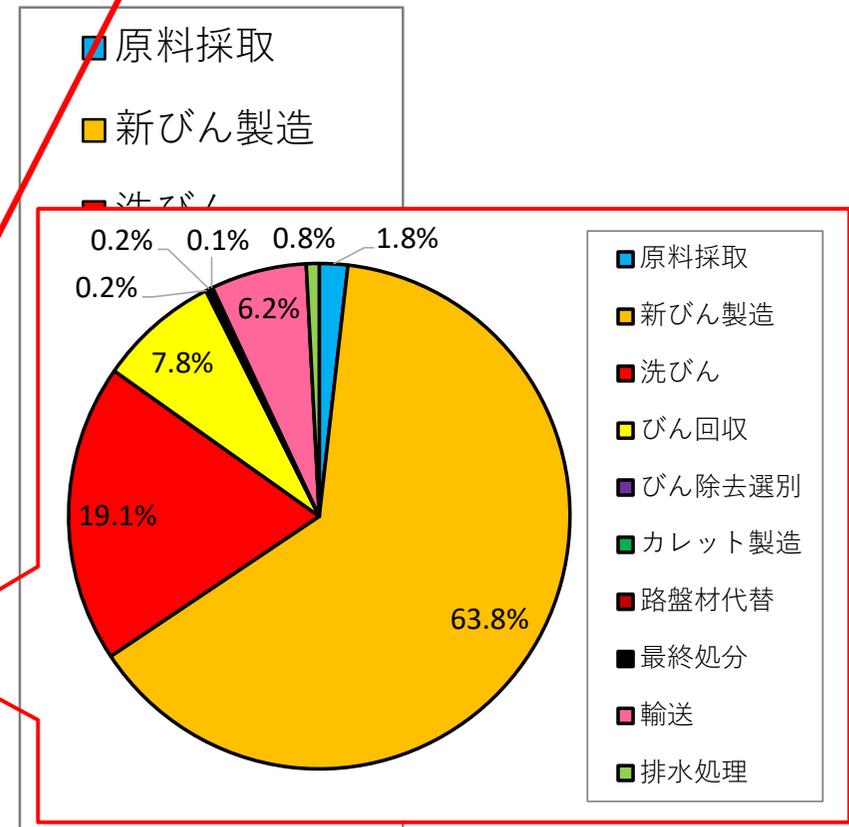
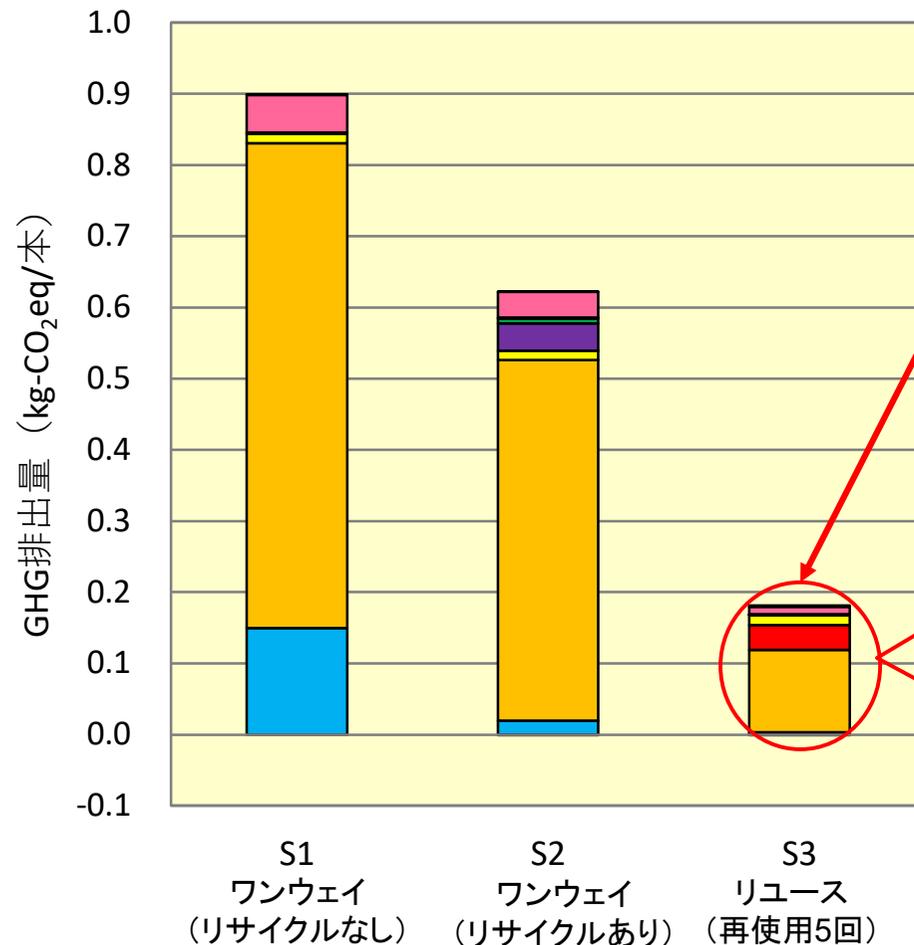


- **新びん製造の負荷25%削減**
→カレット利用率増加による省エネ効果約12%、天然資源投入量削減による石灰石・ソーダ灰由来CO₂排出削減

3. 結果と考察 シナリオ比較

- リユース(再使用5回)はさらに原料採取、新びん製造の負荷を削減。
- 洗びんプロセスの負荷は全体の約20%程度

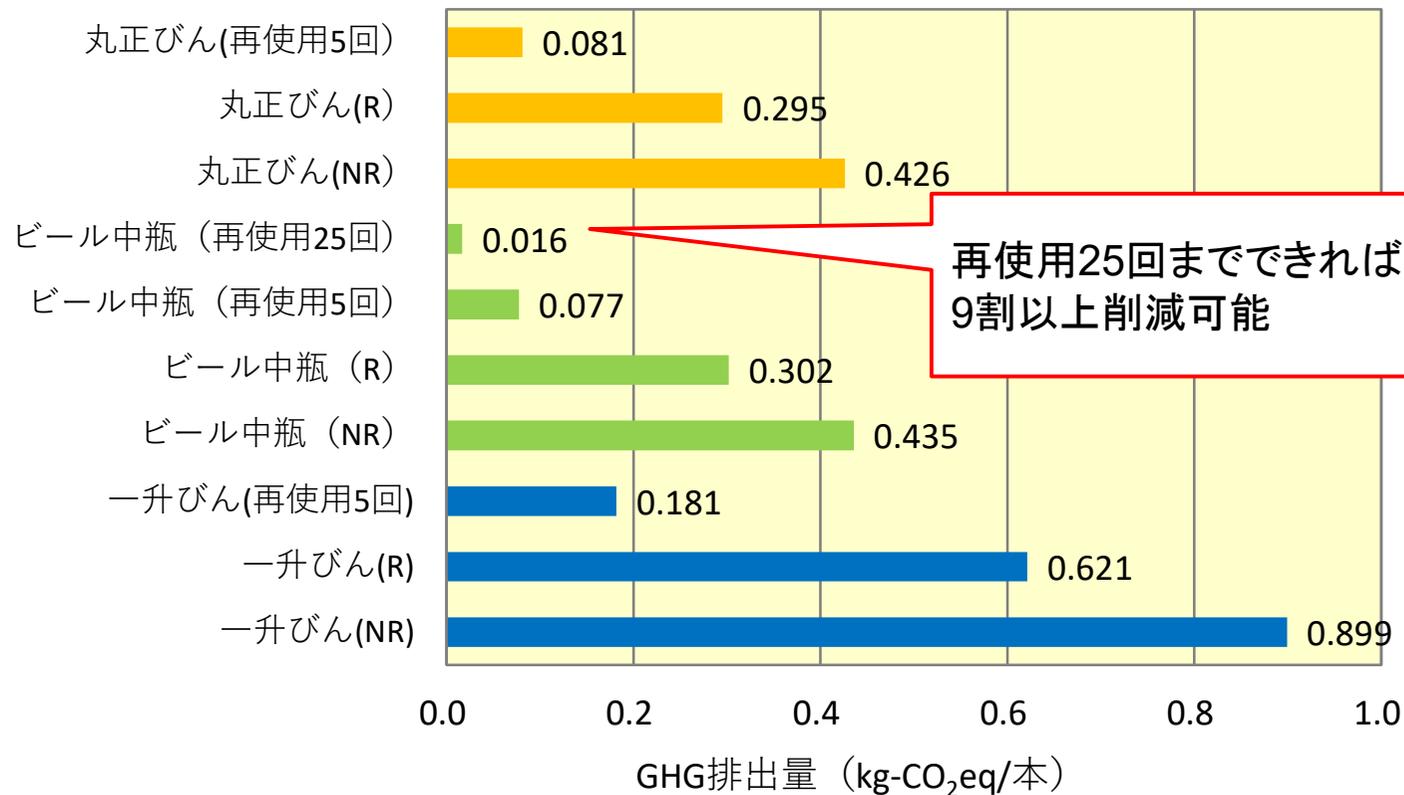
■ 一升びんの例



3. 結果と考察

ガラスびん別の分析結果

□ リユース再使用5回で7~8割削減（ワンウェイ（リサイクルなし）比較）



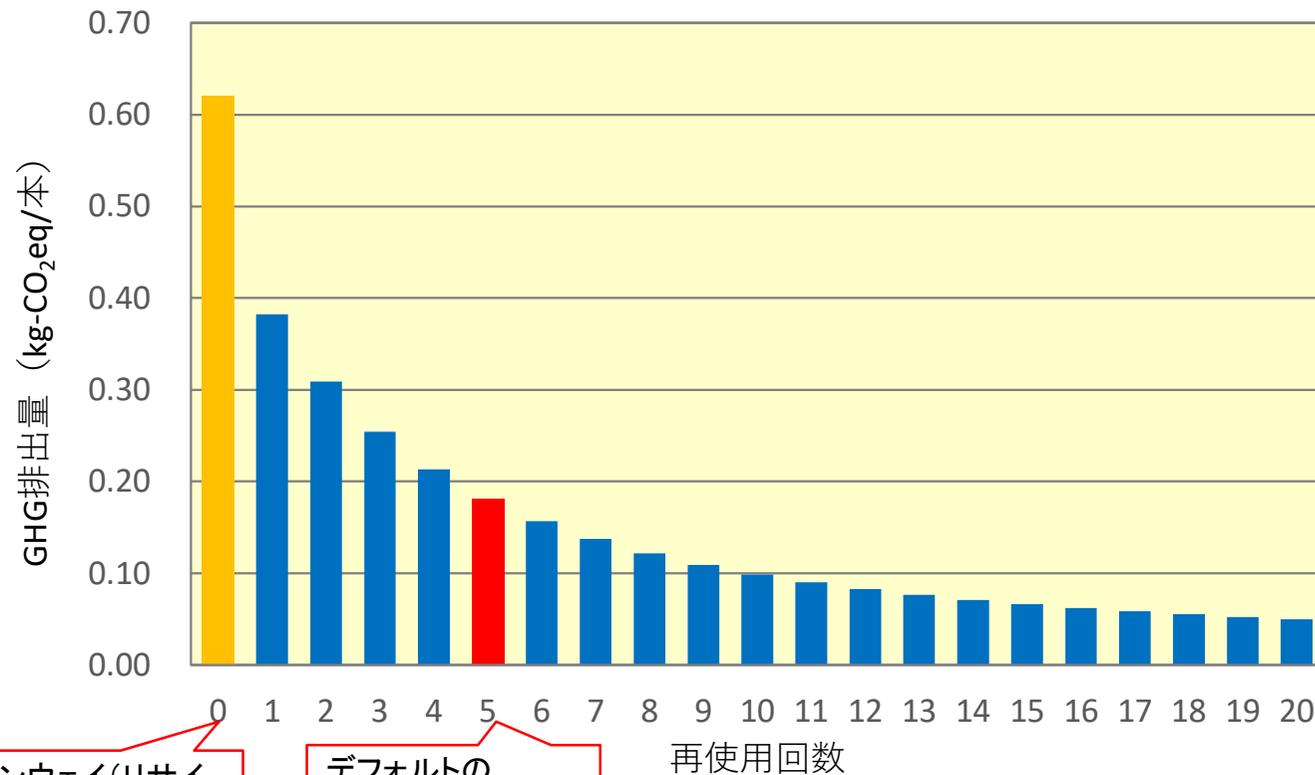
NR：ワンウェイ（リサイクルなし）、R：ワンウェイ（リサイクルあり）

3. 結果と考察

リユースシナリオ再使用回数とGHG排出量

■ 一升びんの例

- 再使用回数5回でリユースなし（ワンウェイ）と比べて3割程度
- 再使用回数2回でも約半減



ワンウェイ(リサイクルあり)

デフォルトのリユースシナリオ

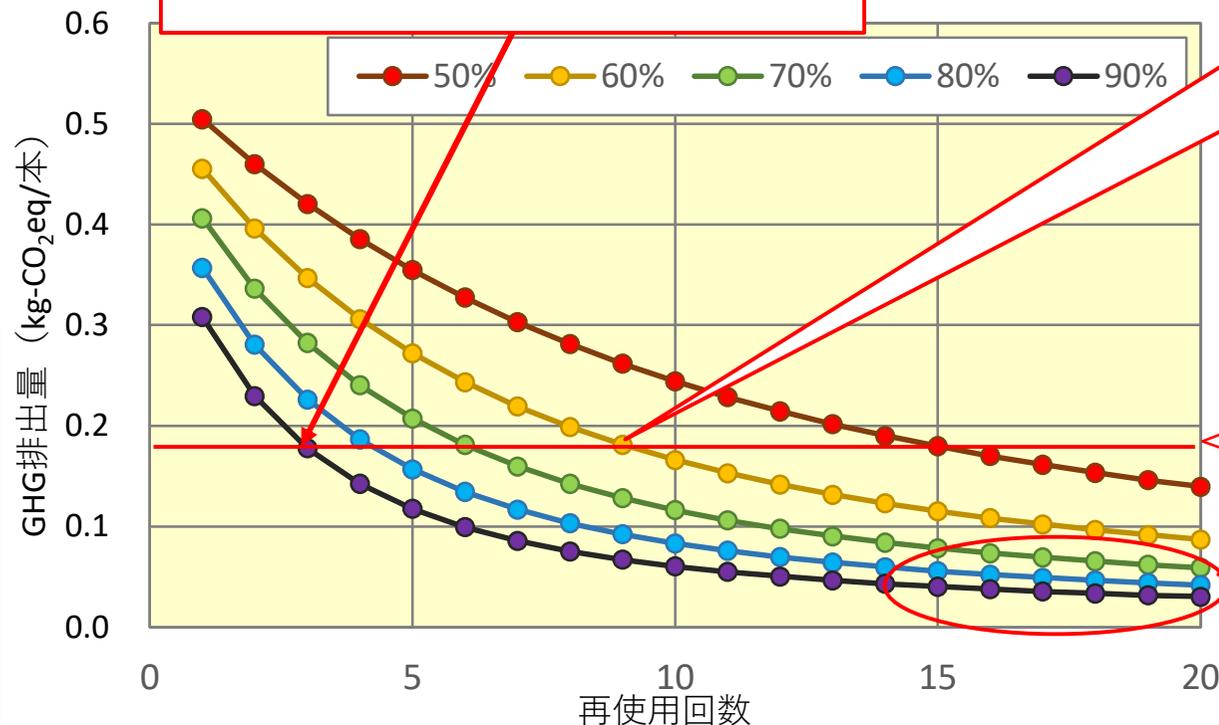
3. 結果と考察

びん回収率と再使用回数

■ 一升びんの例

□ びん回収輸送距離50km（デフォルト値）

びん回収率が90%まで向上すれば、
3回再使用でデフォルトと同程度の
GHG排出量まで低減可能



概ね再使用回数1回増加の効果
≒びん回収率10%改善の効果

※再使用回数5回近傍での感度

びん回収率が60%まで悪化
すると、9回再使用しなければ
デフォルトと同程度の
GHG排出量にならない

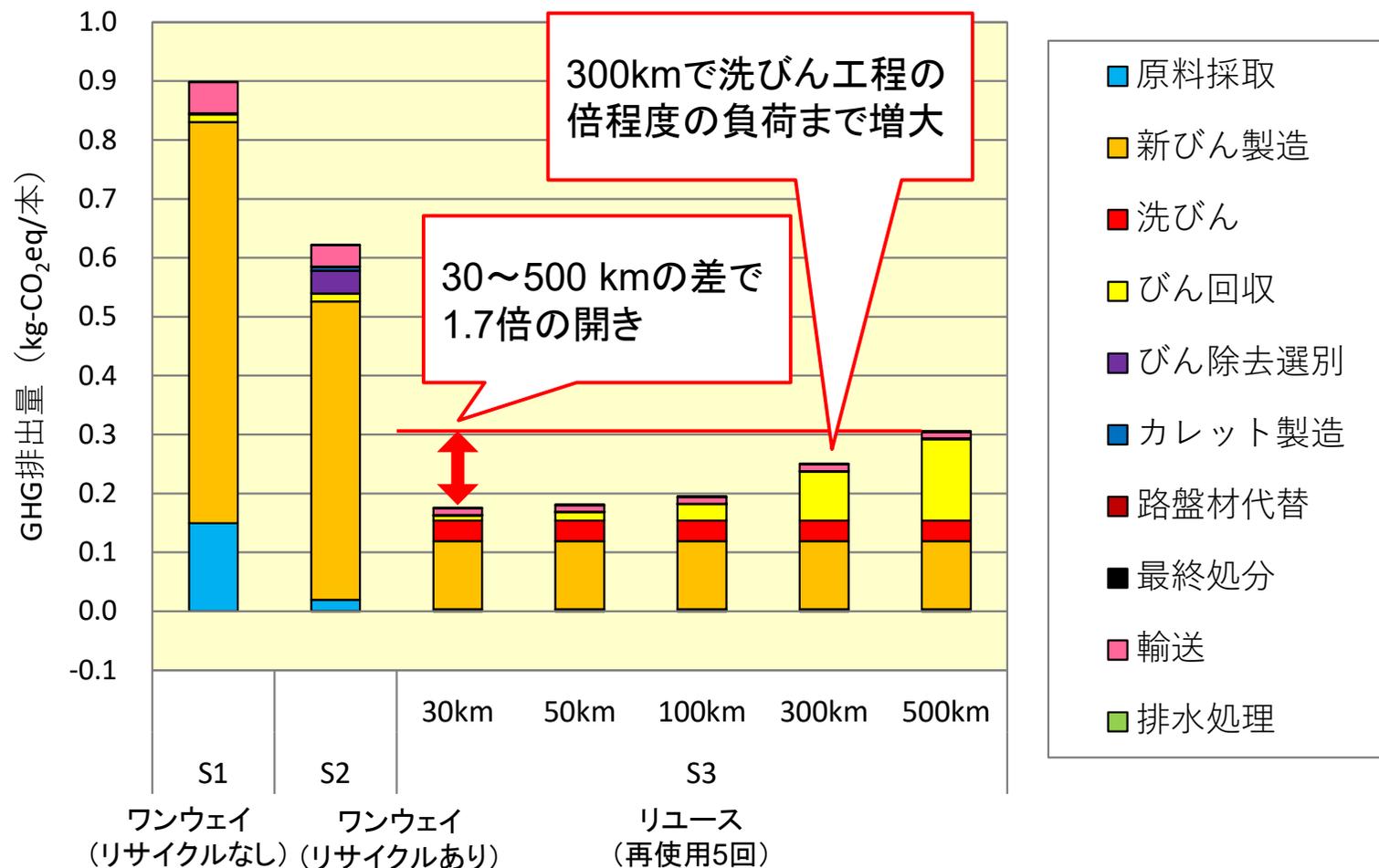
デフォルトの
リユースシナリオ:
びん回収率74.8%
再使用回数5回

びん回収率70-90%では15
回再使用以降の差は僅か

2. 結果

びん回収輸送距離(リユースシナリオ)とGHG排出量

■ 一升びんの例



2. 結果

びん回収輸送距離(リユースシナリオ)とGHG排出量

■ 先行研究との比較(参考)

	本研究 ※ビールびん(中瓶)		容器間比較研究会(2001)		政策科学 研究科 (2005)	ペットボトルを始めとした容器 包装のリユース・デポジット等 の循環的な利用に関する研 究会(2009)	
	ワンウェイ	リユース	ワンウェイ	リユース	リユース	リユース	リユース
ガラスびん 本体重量 [g/本]	460	460	190	198.5	470	950	950
付属品	無	無	有	有	有	有	有
使用回数 [回]	1	5	1	5	5	5	8
びん回収率	78.3%	78.3%	100%	80%	100%	83%	95%
GHG [kg- CO ₂ /本]	0.302	0.077	0.187	0.068	0.0619	0.23	0.17

- びんサイズ、システム境界やキャップ・ラベル・外装容器を含めるか、びん回収率・使用回数で幅があるが、リユース(使用回数5回)は概ねワンウェイの1/3程度

(出典)

- 容器間比較研究会(2001)LCA手法による容器間比較報告書(改訂版)
- 財団法人政策科学研究所(2005)平成16年容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業 報告書ー 飲料容器を対象としたLCA 調査
- ペットボトルを始めとした容器包装のリユース・デポジット等の循環的な利用に関する研究会(2009)ペットボトルリユース実証実験結果の取りまとめ

Junya Yano, Environment Preservation Research Center, Kyoto University, Japan

まとめ

- GHG削減の観点からのガラスびんリサイクル・リユースの有効性
 - リサイクル無しと比べ、ガラスびんのワンウェイ・リサイクルによって3割程度のGHG削減効果があり、リサイクル自体も意義がある。
 - ガラスびんの特徴を活かしリユースすることができれば、リサイクル無しと比べ8割以上のGHG削減が期待される。

- リユースによる更なるGHG削減へ向けた考察
 - ライフサイクルGHGに占める洗びん工程（19%）、びん回収工程（8%）は新びん製造に次いで寄与が大きい。びん回収率の向上によってびん回収の負荷は増すが新びん製造の負荷は低減可能。
 - 再使用回数1回増加の効果とびん回収率10%改善の効果は概ね同程度（再使用回数5回近傍での感度）であり、どちらを改善することが効率的かは結論しがたい。ただし、ビールびんのように再使用回数20回を超えるようなガラスびんについては、再使用回数よりも回収率改善の方が効果的。

まとめ

■ 解析上の課題

- 回収びんのリサイクル、リユースが支配的なプロセスであるが、未回収びんの処理・リサイクル方法の設定によっても結果は影響を受けると考えられる。
- キャップやラベル、収集運搬に使用する外装容器由来の負荷は評価できていない点に留意が必要。
- 今回紹介したびん回収率、再使用回数、びん回収距離などの感度が高いパラメータの感度分析を進め、引き続き精緻化を図る必要がある。

■ そのほか

- ガラスびんリユースの更なるGHG削減には、対象ガラスびんの拡大も効果的と考えられる。現在リユースが十分進んでいない用途のガラスびんも含めた地域内循環型のガラスびん利用モデルの実現等の検討も有効。