



3-1902 循環型社会形成のための指標開発と 環境・経済・社会の統合的評価 (JPMEERF20193002)

【重点課題】(9) 3Rを推進する技術・社会システムの構築

【行政要請研究テーマ】(3-5) 循環型社会形成に資する環境・経済・社会の統合的取組
に関わる新たな評価指標体系及び経済効果等の評価基盤の構築

立命館大学 橋本征二

令和元年度～令和3年度

【研究分担機関】名古屋大学、早稲田大学、みずほリサーチ&テクノロジーズ(株)
(公財)地球環境戦略研究機関

1.はじめに

□ 背景：第4次循環基本計画(2018年6月)

- 循環型社会形成に向けた取組の中長期的な方向性を提示(第2章)
- 指標体系が大きく改変され約120の指標を用いてその進捗を計測することになったが、引き続き検討が必要な課題も提示(第3.3節)

取組の中長期的な方向性(第2章)

- 持続可能な社会づくりとの統合的取組(→サブ②)
- 多種多様な地域循環共生圏形成による地域活性化(→サブ②)
- ライフサイクル全体での徹底的な資源循環(→サブ①)
- 適正処理の更なる推進と環境再生
- 万全な災害廃棄物処理体制の構築
- 適正な国際資源循環体制の構築と循環産業の海外展開の推進
- 循環分野における基盤整備

指標の検討課題(第3.3節)

- 指標に関するデータ整備
 - ✓ 循環資源量のデータ整備
 - ✓ 地域循環共生圏の取組や循環型社会ビジネスの市場規模に関わるデータ整備やその効果の評価方法(→サブ②)
 - ✓ 新たに普及する製品等の物質フローのデータ整備
- 指標の推計方法等の向上
- 指標の国際比較
 - ✓ 総合的に国際比較を行う方法の検討(→サブ③)
- 新たな指標の開発
 - ✓ 我が国に蓄積されているストックに関する指標の開発(→サブ①)
 - ✓ 各主体の取り組みの成果に関する指標の開発

1.はじめに／2.研究開発目的

□ 背景：欧州の循環経済政策

- 循環経済政策パッケージ(2015年12月)を受けて様々な指標が提案されてきているが(→サブ③)、循環経済政策が欧州の成長戦略に位置づけられていることから、ビジネスや雇用に関する指標が散見(→サブ②)

□ 本研究の目的と構成

- 第4次循環基本計画の進捗点検や、第5次循環基本計画における指標策定への貢献、及び指標の国際的な発信を最終目的として、上記赤字の課題に対応

課題

目的

① ライフサイクル全体での徹底的な資源循環に関する指標



物質フロー・ストックを体系的・網羅的に分析する枠組みとモニタリング方法の提案

② 環境・経済・社会の統合的取組に関する指標



環境・経済・社会の統合的取組に関する評価手法、従来よりも改善された環境・経済の統合的取組に関わる指標の計測方法の提案

③ 指標の国際比較可能性



指標のデータベースの提供と各国の状況を適切に比較評価するための方法の提案

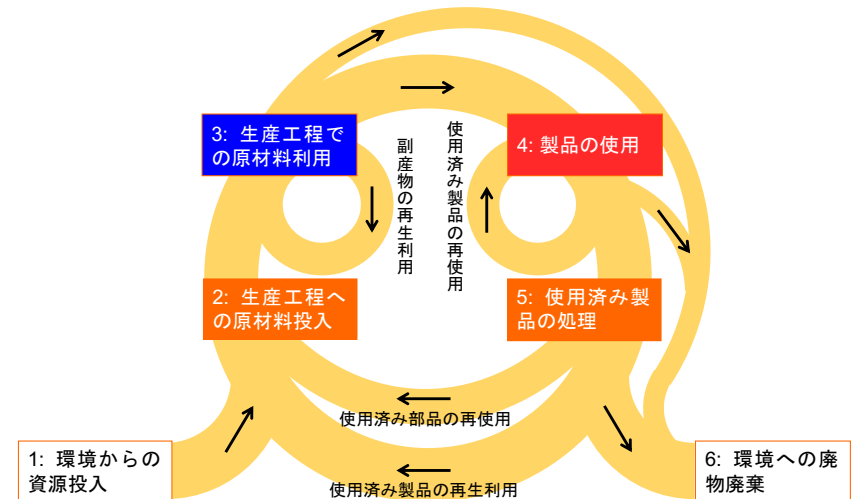
3.研究目標

	研究目標
全体	➤ 物質のライフサイクルを通じた指標群や環境・経済・社会の統合的取組に関する指標と評価手法を提案 ➤ 資源循環に関わる指標の国際比較可能性を向上させるための対応を提示
サブテーマ① 物質フロー・ストックの総合的評価のための指標群の提案と適用	➤ 物質フロー・ストックの総合的評価のための指標群を、物質ライフサイクルの6つの断面にもとづいて提案 ➤ 我が国で使用されている主要な物質4品目程度を対象とした適用例を通じてその有用性を提示
サブテーマ② 物質フロー・ストックの総合的評価のための指標群の提案と適用	➤ 資源循環の環境・経済・社会への影響評価手法を提案し、主要な取組2例程度を対象とした適用例を通じてその有用性を提示 ➤ 循環型社会ビジネスの市場規模について、新たな推計対象範囲と分類を提案し、基準年と直近の2カ年分程度の推計結果を提示
サブテーマ③ 欧州の循環経済指標のレビューと各種指標の国際比較可能性の検討	➤ 欧州等で利用・検討されている循環経済指標、及びその定義、計算手法、使用データ等について整理し、データベースを提供 ➤ 2つ程度の重要な指標について国際比較可能性を向上させるための対応を提示

4.研究開発内容

□ サブテーマ①物質フロー・ストックの総合的評価のための指標群の提案と適用(立命館大学、名古屋大学)

- 物質フロー・ストックの総合的評価のための指標群を提案
 - ✓ 物質循環の形態とそれらの計測上の特徴を整理
 - ✓ それをもとに物質ライフサイクルの6つの断面と指標群を提案(サブ③のレビューも踏まえ)
- 物質フロー・ストックデータベースの構築と主要指標の適用
 - ✓ 主要な物質の物質フロー・ストックを推計し、物量投入産出表として整備
 - ✓ 提案する主要指標を主要な物質フローに適用し、指標の適用可能性・有用性を検証



		工程A	工程B	需要	在庫	輸出入
主産物A	投入	1	10			
	産出	-10				
主産物B	投入			6	1	1
	産出		-7			-1
副産物	投入	4				
	産出		-3		-1	
使用済製品	投入	5				
	産出			-3	-2	

4.研究開発内容

□ サブテーマ②環境・経済・社会の統合的取組に関する指標と評価手法の検討(早稲田大学、みずほR&T(株))

➤ 資源循環の環境・経済・社会への影響評価手法の提案と適用

- ✓ 資源循環や地域循環共生圏形成に向けた取組の環境・経済・社会への影響の統合的評価手法を開発(指標はサブ③のレビューも踏まえ設定、統合指標は採用せず)

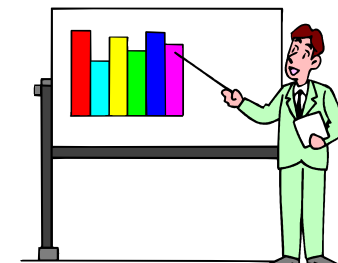
産業連関分析の応用

$$w_1 Env + w_2 Econ + w_3 Soc$$

☞ 一定の社会・経済条件下で、環境面で最も優れたシナリオを評価

☞ サプライチェーンの川下で資源循環を支える需要を考慮

- ✓ 提案する手法を主要な資源循環の取組に適用し、有用性を検証
- ✓ 一次資源等価換算した産業分野別資源生産性の推計手法を改善
- 循環型社会ビジネスの市場規模の推計対象範囲の再検討と推計方法の開発
 - ✓ 欧州の循環経済関連文書(サブ③と連携)を参考に、市場規模の推計において追加すべき項目を抽出
 - ✓ 循環型社会ビジネスの分類案を提案
 - ✓ 新たな項目について推計方法を開発



4.研究開発内容

□ サブテーマ③欧州の循環経済指標のレビューと各種指標の国際比較可能性の検討((公財)地球環境戦略研究機関)

- 循環経済指標のデータベースの構築と指標体系の比較分析
 - ✓ 資源効率性・循環経済戦略を策定するEU及び欧州7か国・地域を対象に関連文書をレビュー、適時担当者へインタビュー
 - ✓ 対象国で設定されている**資源効率性・循環経済政策指標のデータベース**を構築

＜データベースの視点＞
分類、定義、算定のためのデータ
 - ✓ 指標設定の観点、政策目的との関連性、個別指標の共通性等を比較検討(サブ①で提案する断面も活用)
 - ✓ 成果のサブ①②へのインプット
- 循環経済指標の国際比較可能性を向上させるための対応の検討
 - ✓ **日本の一般廃棄物リサイクル率／欧州の都市廃棄物のリサイクル率、日本の入口側の循環利用率／欧州の循環物質利用率**を対象に詳細を比較
 - ✓ 検討を踏まえ、サブ①において**欧州の定義に近づけた日本の一般廃棄物リサイクル率**を試算

＜政策目的＞

環境：循環性、環境影響削減
経済：競争力、イノベ、ビジネス機会
社会：雇用・福祉、社会統合

5-1.成果の概要

- 「ライフサイクル全体での徹底的な資源循環」を計測するための体系化された物質フロー指標群の提案(サブ①+サブ③)
 - 資源循環の形態とその計測上の特徴から、各資源循環の形態を物質ライフサイクルの6つの断面で捉える意義を整理
 - 物質ライフサイクルの6つの断面に基づく指標群(主要指標、補助指標、個別分野指標/分析指標)を提案、統計で把握しにくい主要指標には代替指標も

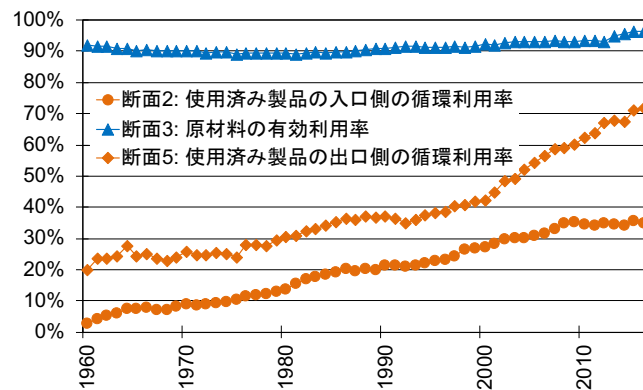
	入口	循環				出口
	1: 環境からの資源投入	2: 生産工程への資源投入	3: 生産工程での資源利用	4: 製品(資源)の使用	5: 使用済み製品(資源)の処理	6: 環境への廃物廃棄
主要指標 (代替指標)	- 天然資源等投入量(1人あたり)	- 使用済み製品の入口側の循環利用率 - (入口側の循環利用率)	- 原材料の有効利用率 - (減量・処分される産業廃棄物量)	- 物質の利用時間	- 使用済み製品の出口側の循環利用率 - (出口側の循環利用率)	- 廃棄物の最終処分量 - (環境への廃物廃棄量)
補助指標	- 一次資源等価換算した天然資源等消費量			- 利用可能な二次資源のストック量	- 一般廃棄物の循環利用率 - 産業廃棄物の循環利用率	- 一般廃棄物の最終処分量 - 産業廃棄物の最終処分量
個別分野指標	(例) - 産業分野別の資源生産性	(例) - 古紙利用率		(例) - 主要製品の利用時間	(例) - びんのリユース率	

5-1.成果の概要

□ 物質ライフサイクルの6つの断面を計測するための物質フローデータベースの構築(サブ①)

- ポリ塩化ビニル、鉄、岩石・砂利と関連資源、農産物、木材を対象に物質フロー・ストックデータを整備し、主要指標群を適用して推移を考察

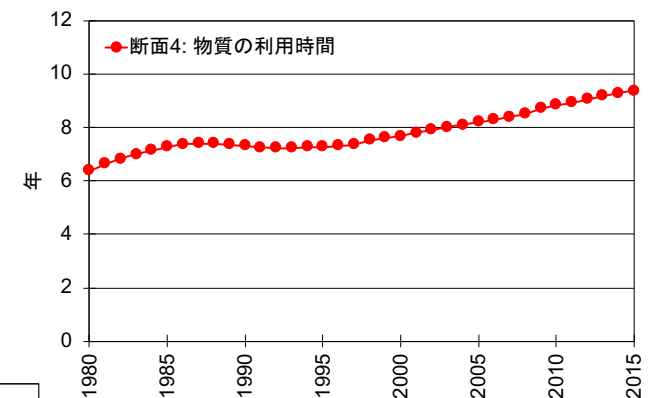
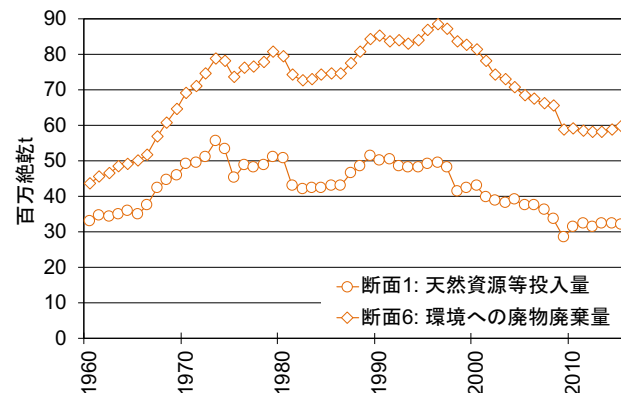
👉 6つの断面に着目することで、多面的な検討が可能になること例示



副産物の利用(断面3)に大きな変化は見られない一方、使用済み製品の利用(断面2と5)は古紙や建設廃棄物のリサイクルの促進により大幅に増加

木材の例

断面2～5の取り組みが木材の利用量(断面1)の減少に一定貢献



経済社会の中での木材の利用時間(断面4)は増加傾向にあるが、これは木造住宅の寿命が長くなってきているためと考えられる

5-1.成果の概要

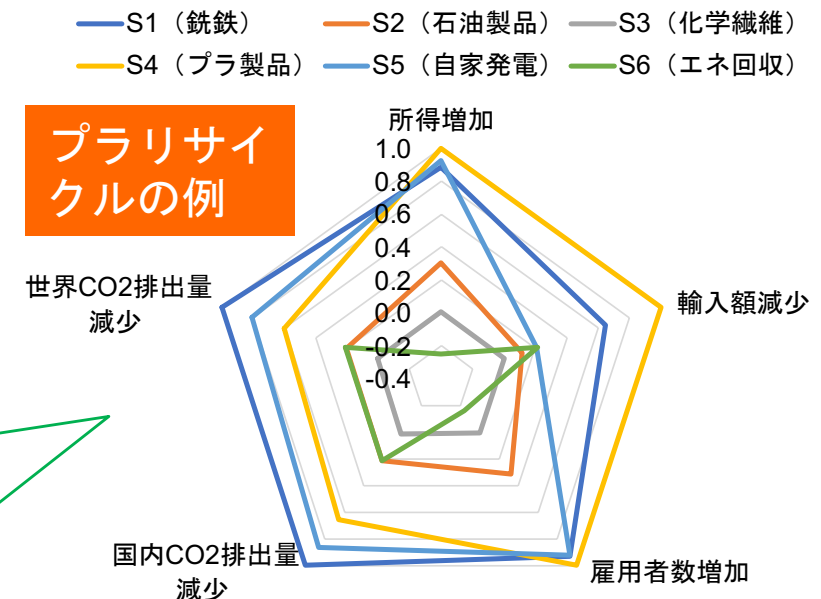
□ 国内における資源循環促進の環境・経済・社会側面の評価手法の提案と適用(サブ②+サブ③)

- サブ③の循環経済指標レビューも踏まえ右記指標を選定
- 廃プラのリサイクル、未利用間伐材のリサイクルを対象に評価を実施

👉 リサイクル産業が天然資源を採取する関連産業におけるマイナスの効果を補い得るシナリオやリサイクルを支える需要の内訳を同定することが可能となることを例示

- ・ S6エネ回収を除く5シナリオで、基準シナリオ(単純焼却と埋立)と比較して、雇用の維持、輸入額の低減、所得の維持を達成可能
- ・ 国内CO₂排出量を最小化するS1銑鉄(コークス炉化学原料化)が「最良」
- ・ S1銑鉄のリサイクルへの寄与が最大なのは、熱間圧延鋼材の輸出需要

環境	国内CO ₂ 排出量 世界CO ₂ 排出量
経済	所得
社会	雇用者数 輸入額(資源調達の海外依存度)



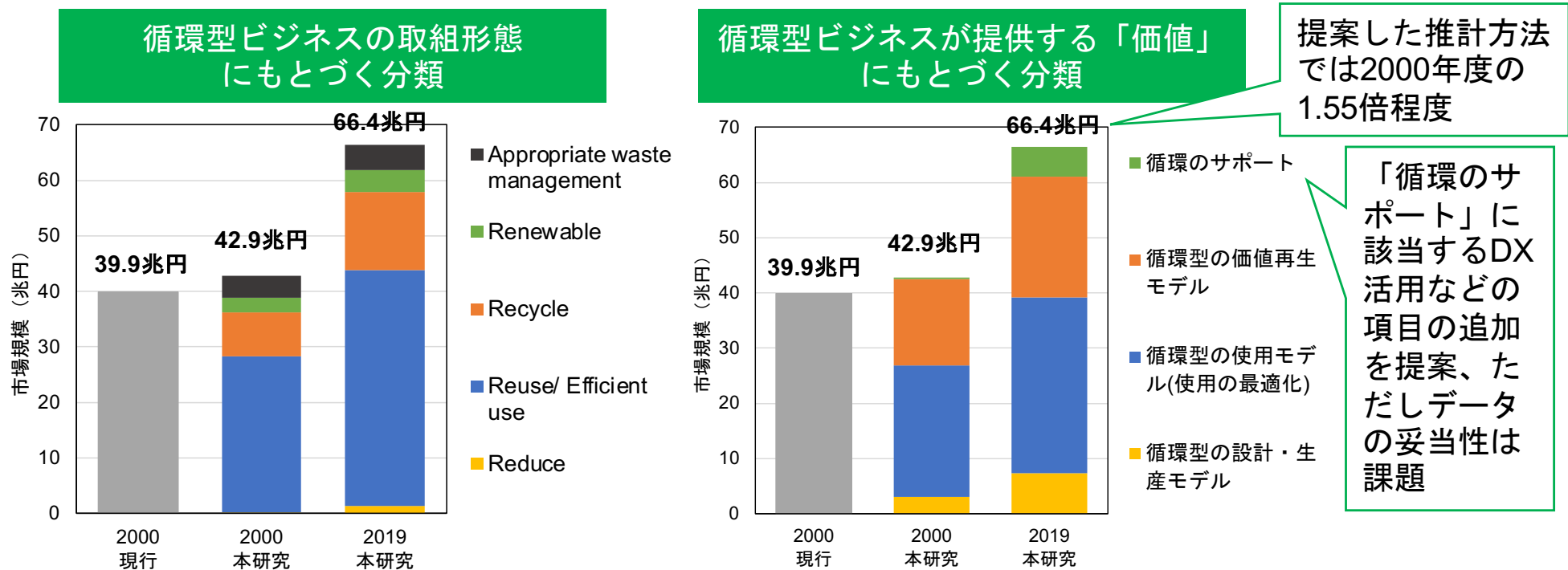
5-1.成果の概要

□ 循環型社会ビジネスの市場規模の推計範囲の拡張の提案 (サブ②+サブ③)

➤ サブ③の循環経済指標レビューも踏まえ、「循環型社会ビジネスの市場規模」推計の追加対象項目を選定し、2種類のビジネス分類案を提案

➤ 追加を提案した項目について推計方法を開発し、市場規模を試算

☞ ある程度の推計が可能であり、市場規模としては増加することを提示



5-1.成果の概要

□ 循環経済関連指標のデータベースの構築(サブ③+サブ①)

➤ レビューした指標をサブ①で提案する枠組みも用いて整理

- ☞ 環境分野では、一次資源等価換算消費量(マテリアルフットプリント)に関連する指標、**日本の入口側の循環利用率と似た指標への動き**
サブ①断面2に該当する**副産物を含まない入口側の循環利用率**も
- ☞ サブ①断面3「**生産工程での資源利用**」に着目した指標は**日本同様でない**
- ☞ 社会経済分野では、**循環経済産業の雇用・売上高・投資**など

指標分類/観点		サブ1断面	設定共通度	体系比較分析要旨
資源生産性			対象国の多くが設定	対象国以外でも採用国多い。位置づけ(持続可能な開発/循環経済/資源効率)にばらつきがあるが、計算方法の共通性は高い。
環境	供給	1,2	対象国の多くが物質フロー指標設定	国内物質消費量、一次資源等価換算(マテリアルフットプリント)指標の採用傾向、計算方法の共通性は高い。 循環利用率(入口) は国によってアプローチ異なるが、 使用済み製品の利用のみに着目するものも 。
	生産・消費	3,4	設定あるが内容にばらつきあり	修理・再使用・調達などに関する指標が多いが、指標定義・内容はばらつきがある。 サブ①断面3に着目したものはない 。
	リサイクル廃棄物管理	5,6	対象国の多くが設定	主に、リサイクル率・量、廃棄物発生量など。個別分野では、食品やプラスチック。定義や計算方法の差異に課題。
	環境影響		対象国の一部で設定	フットプリント(特にカーボンフットプリント)、土壌など
社会経済			対象国の一部で設定	循環経済産業の雇用・売上高・投資 など

5-1.成果の概要

□ 一般廃棄物のリサイクル率の国際比較に向けた提案と試算 (サブ③+サブ①)

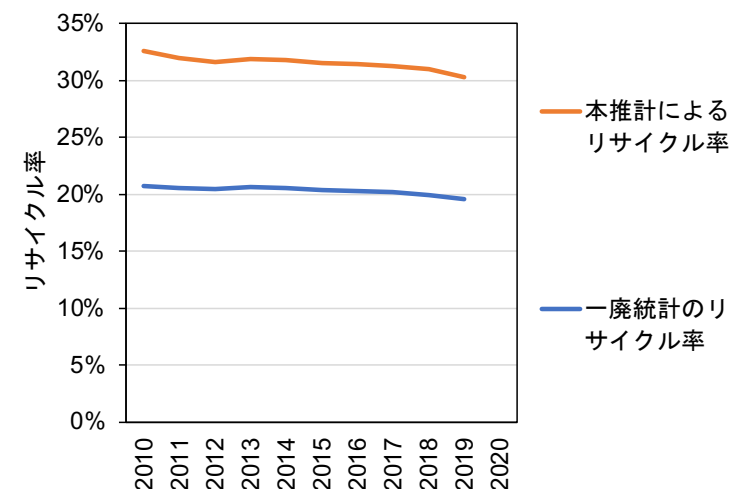
➤ 一般廃棄物リサイクル率について詳細な比較を実施

- ☞ 廃棄物改正指令(2018/851)およびそれに続くガイダンスにより、現在では制度上リサイクル量の計測段階について日欧間に大きな差はない
- ☞ 家電4品目、民間回収品、事業系廃プラスチックなど、日本では廃棄物量・リサイクル量として計算に含まれない物量、日本では一部リサイクル量に含まれるエネルギー回収において日欧間に差異

➤ 回収主体の違い等に着目し、民間回収も含めた日本の一般廃棄物リサイクル率をサブ①において試算

- ☞ 2019年度で30.3%と推計、政府統計で報告されている19.6%より10ポイント程度高
- ☞ 推計された民間回収による資源化量は、資源化総量の45%程度程度で、ほとんどは民間による古紙回収

一般廃棄物のリサイクル率



5-2.環境政策等への貢献

□ 行政等がすでに活用した成果

- 環境省が設置する「循環基本計画に関する指標検討WG」において **本研究の成果を報告**('20/10/29)、その後の検討で以下のような貢献
- 当該WGにおいて一次資源等価換算に係る各指標の推計方法について検討がなされ('20/10/29、'21/2/12、'21/3/8)、**本研究において検討した改善手法を採用**
- 当該WGにおいて「ライフサイクル全体での徹底的な資源循環」の指標を中心とした有効性の点検について検討がなされ('21/12/15、'22/2/25)、**本研究で提示するようなライフサイクルの各段階で指標を整理**することとし、当該整理を中央環境審議会循環型社会部会(第40回)の資料1-1(p.12-14)として提出

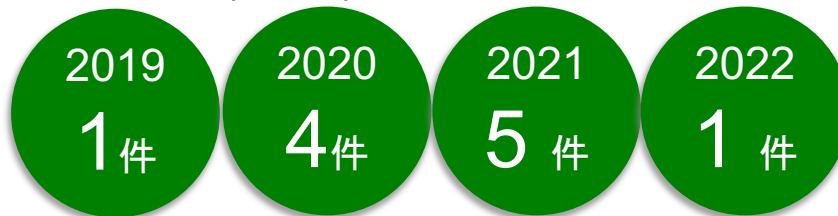
□ 行政等が活用することが見込まれる成果

- より体系的・網羅的に現状を把握・分析するため、提案した物質循環の6つの断面にもとづく指標群を活用(上記3点目に関連)
- 地域循環共生圏の形成の効果等を客観的に示す際に、開発した環境・経済・社会の統合的評価手法を活用
- 環境・経済の取組の体系的・網羅的な計測のため、本研究で拡張した「循環型社会ビジネスの市場規模」を採用
- 指標の国際比較可能性を向上させるため、本研究で提示した視点を活用

6.研究成果の発表状況

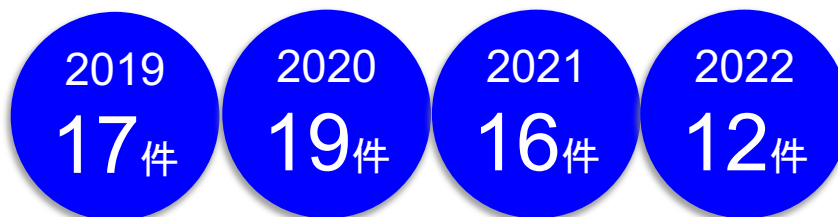
□ 成果の公表

➤ 誌上発表(11件)



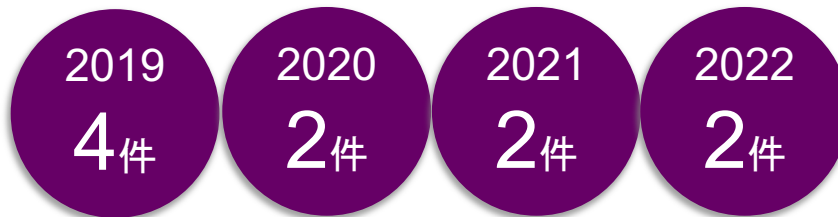
Resources, Conservation and Recycling (IF: 10.204)
 Journal of Cleaner Production (IF: 9.297)
 Journal of Industrial Ecology (IF: 6.946)
 土木学会論文集
 など

➤ 口頭発表(64件)



International Society for Industrial Ecology
 International Conference on Resource Sustainability
 環境科学会、日本LCA学会、廃棄物資源循環学会
 土木学会、環境経済・政策学会
 など

➤ 受賞(10件)



功績賞(日本LCA学会)
 論文賞(環境科学会)
 優秀発表賞(環境科学会大会、
 環境システム研究論文発表会
 環境情報科学研究発表大会
 日本LCA学会研究発表会)

循環型社会形成のための指標開発と環境・経済・社会の統合的評価(立命館大学)

背景：指標に関する課題

- ✓ ライフサイクル全体での徹底的な資源循環に関する指標
- ✓ 環境・経済・社会の統合的取組に関する指標
- ✓ 指標の国際比較可能性、等



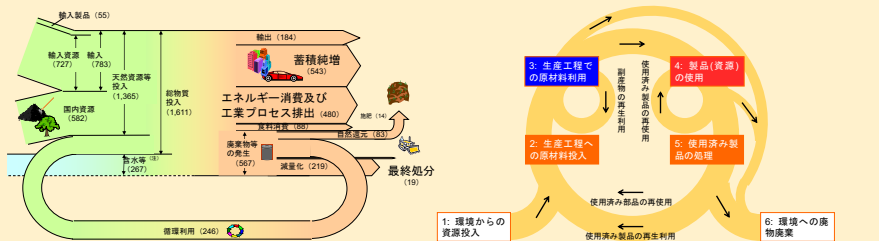
最終目的



第4次循環基本計画の進捗点検
第5次循環基本計画における指標策定
指標の国際的な発信

課題：ライフサイクル全体での徹底的な資源循環に関する指標

サブテーマ①物質フロー・ストックの統合的評価のための指標群の提案と適用
(立命館大学、名古屋大学)



課題：環境・経済・社会の統合的取組に関する指標

サブテーマ②環境・経済・社会の統合的取組に関する指標と評価手法の検討
(早稲田大学、みずほR&T(株))



課題：指標の国際比較可能性

サブテーマ③欧州の循環経済指標のレビューと各種指標の国際比較可能性の検討

((公財)地球環境戦略研究機関)