

2026年3月7日  
環境科学会 市民公開講演会

環境共生型まちづくりを実現するには？環境科学研究における学融合  
工学・環境システム学の視点から

北九州市立大学  
松本 亨

## 「環境システム－その理念と基礎手法－」(1998年発行、共立出版)

### 第1章 環境システムを学ぶ視点

- 従来の概念は1960年代に関心の高まったシステム工学的手法を、当時の比較的単純な個別的环境の問題に適用し、対策代替案の中から最適解を見つけようというものであった。…1960-70年代に実施され始めた、大規模な環境施設(流域下水道、広域廃棄物処分システムなど)の最適ネットワーク決定や装置の最適設計・制御であった。
- 1980年代に入ると、環境を構成する主体としての人間社会とそれをとりまく外囲としての自然生態系との関わりの形態、範囲などがいっそう広範で多様になった。
- 今日の最大の課題は、何が最適解であるかを見つけること以上に、その解をどう実現するかという実行手段を見いだすことの方にある。…そのために、たとえば多様な主体の参加による合意形成手法や、それを支援するためのコミュニケーション技法、情報公開・交流技法などである。さらに、思案の試行とその修正過程をあらかじめ組み込んで改善していくフィードバック手法など…

## 「環境システムーその理念と基礎手法ー」(1998年発行、共立出版)

### 第1章 環境システムを学ぶ視点

- 近年の環境問題のもつダイナミックな変動、因果の不斉一、社会集団内の複雑な価値判断、人間社会と環境との関係性の複雑化、対象場の地域性や固有性などの特質を考えたとき、これまでより大きくかつ柔軟なシステムアプローチの枠組みが必要となる…

### 終章

- 解決すべき問題を同定しその問題の枠組みや構造のとらえ方を具体的に示すこと、問題を構成する要素の構成を把握し要素間の関係性を明らかにする手法を提示すること、構成要素が形づくるシステムの動態を評価する方法を明示すること、問題の解決に向けてこのシステムを制御し誘導していく施策とその実行手順を提案すること、施策実施後のシステム構造の変化過程をモニタリングする技術と変化に対応していく手法の開発、さらにこれらを支援する多様な技術や考え方を準備することなど…  
これらすべてが「環境システム」の範疇にある。

日本学術会議エネルギー・資源工学研究連絡委員会リサイクル工学専門委員会  
2005年8月の報告書から

17の学協会からオブザーバー参加

## リサイクル工学の定義

「リサイクル工学」とは、生産、流通、消費の過程<sup>1)</sup>にあるマテリアルを、経済・エネルギー・環境負荷の上から<sup>2)</sup>合理的に循環利用する工学<sup>3)</sup>である。

(注)

- 1)物だけでなくサービスを含む。
- 2)持続可能な生産から消費の流れを目指して、LCA(Life Cycle Assessment)のような観点からみても健全な技術・システムを追求する。したがって、評価の枠組みには、生産段階から最終的な処分まで含まれる。
- 3)3R(Reduce、Reuse、Recycle)のうちの最後の”Recycle”だけではなく、3Rのいずれかに通じるすべての要素技術及びシステム技術を包含する。例示的には、①不要物の発生を最少化したり、リサイクルに繋がる生産、循環利用を前提とした製品設計・素材設計、回収システムを含めた流通システム、②繰り返しの利用、原材料資源や有用物への再生利用、③エネルギーなどの有用資源の回収を含む処理処分、自然環境へ調和的に還す処理技術など。

日本学術会議エネルギー・資源工学研究連絡委員会リサイクル工学専門委員会  
2005年8月の報告書から

多くの課題についてまだ十分に結論が出せなかった。以下にその課題を示す。

- リサイクルの技術的成立条件と社会的成立条件を明確する。
- 緊急性を要する課題と中・長期的な課題を整理するとともに、それぞれに対する処方箋を確立する。
- リサイクルのための製品設計(易リサイクル設計)の手法の確立とその普及
- リサイクル技術を評価する判断基準を検討し確立する。その一つとしてのLCAの活用も重要であり、特にリサイクルに関する評価手法の確立はLCA 自体の普及・発展。
- リサイクリングの「資源延命」に対する寄与の度合いを明確化するために、単なる「耐用年数」でない、各種元素の資源寿命に関する適切な指標を定義する。

プロセス

システム

分類

手法

分野

個別要素技術

技術開発

衛生工学、化学工学、  
材料工学、分離工学...

システム化技術

技術評価

制御工学、建築学、  
リサイクル工学、エネルギー工学  
環境システム工学...

社会システム

環境情報・指標

環境科学、環境経済学、  
環境政策学、環境システム学...

環境計画

- 技術的ブレークスルーによる変革
- 要素技術とその最適組み合わせ
  - システム的思考
- 技術の供給サイドだけでなく
  - デマンドサイドマネジメント
  - プロシューマー(製品の企画・開発に携わる消費者)
- 技術を普及させるためのビジネスモデル
  - 所有 or 非所有
  - リース、レンタル、シェアリング、PaaS(Product as a Service)
- 消費者の意識、無意識
  - 環境意識の醸成、エココンシューマー、エシカル消費
  - レジ袋有料化、ナッジ
- 技術の効果を発揮させるための社会システム
  - 経済的インセンティブ
  - 環境教育

旭硝子財団ブループラネット地球環境特別研究助成(2024-26年度、代表 九州大学 森教授)

## 環境に調和し、自在に分解できる高吸水性ポリマーの開発

### SAP開発班

九州大学 工学研究院  
教授・森 健  
バイオマテリアル

### 分子設計班

東京大学 大学院工学系研究科  
教授・宮田 完二郎  
バイオマテリアル

### 生態影響評価班

愛媛大学 沿岸科学環境センター  
講師・仲山 慶  
環境・生物影響

### ライフサイクル評価班

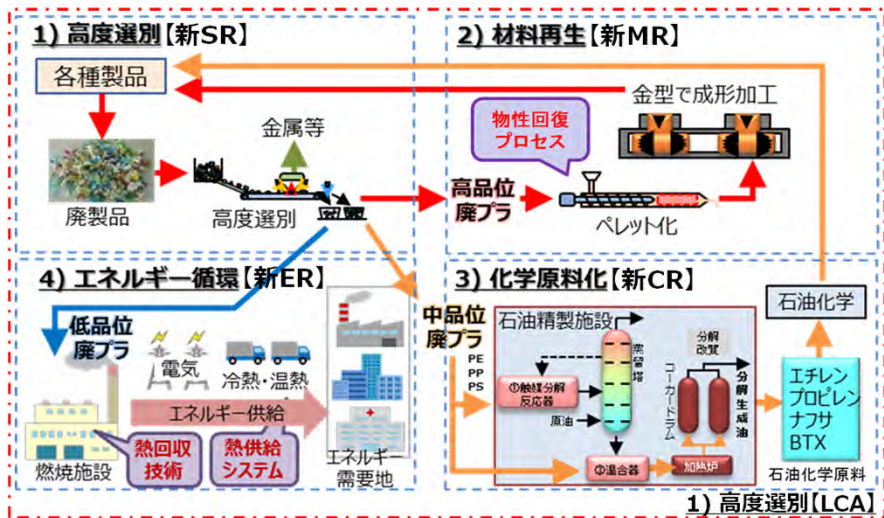
北九州市立大学 国際環境工学部  
教授・松本 亨  
ライフサイクル評価

土壌保水材開発の研究協力者

紙おむつ開発の研究協力者

SAPの処理・再生ではなく、SAPを分解させることで紙おむつリサイクルを促進できるか？  
従来SAPと新規SAPが混在している間どうするか？

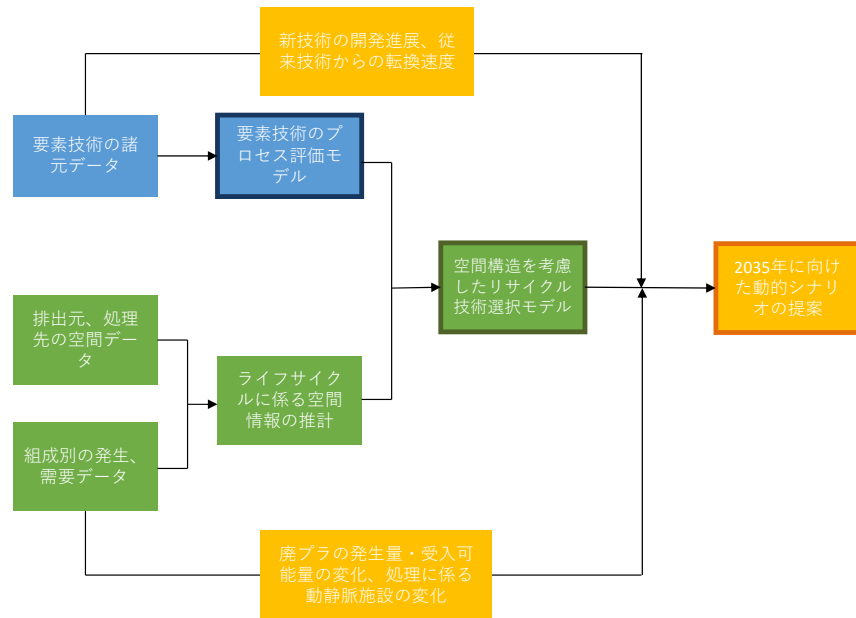
NEDO 革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発  
(2020-24年度、代表 早大 松方正彦教授)



<https://www.nedo.go.jp/content/800036931.pdf>

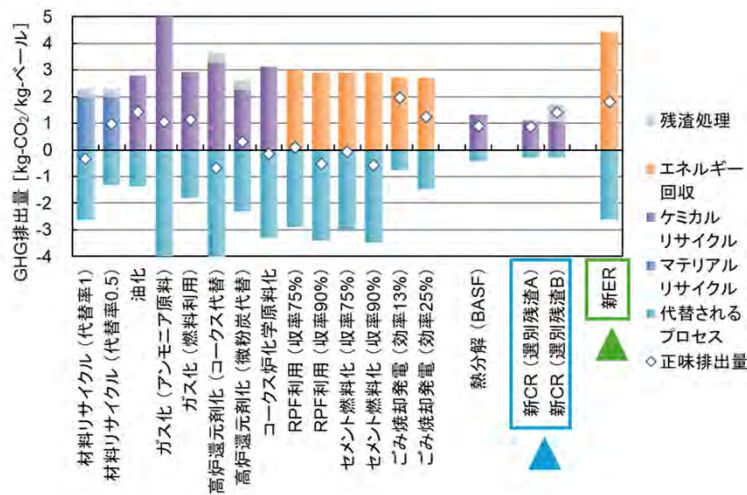
LCAチーム: TL 松本

国環研 稲葉、東大 菊池、中谷

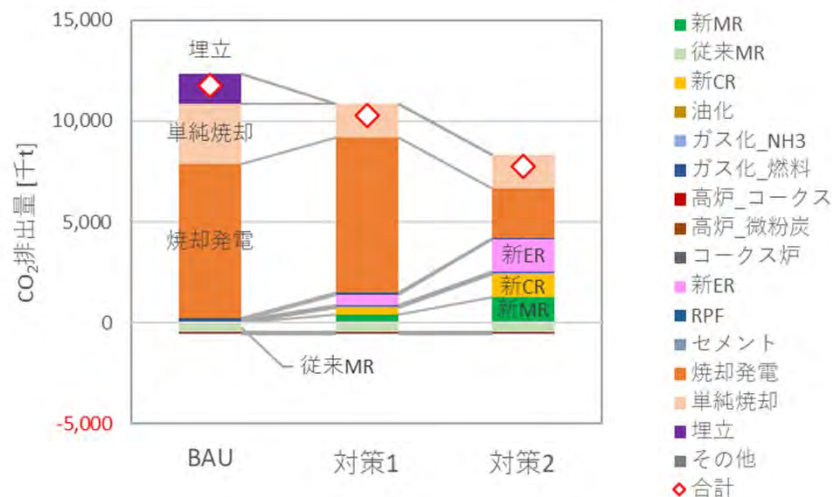


LCAによるプラスチック循環のトータルシステム評価

## リサイクル技術の評価:LC-GHG



## 2035年を想定した未利用廃プラへの新リサイクル導入の評価



Zhang, C., Nakatani, J., Nakamura, T., Fujii, S., Kanematsu, Y., Kikuchi, Y.: Resources, Conservation and Recycling 225, 108607 (2026)

稲葉陸太, 東修, 岡本大作, 小川佳代子, 中谷隼, 菊池康紀, 山本悠久, 藤山淳史, 松本亨: 第36回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, pp.153-154 (2025)

# 供給サイドだけでなく：デマンドサイドマネジメント



## 「大学の力を結集した、地域の脱炭素化のための基盤研究開発」 (文部科学省) 代表機関：東京大学、令和3～7年度) の概要

カーボン・ニュートラル達成に向けて、現在約400の地方自治体が2050年のゼロカーボンシティ実現を掲げるなか、各地域が将来に向けたシナリオを描き、脱炭素化を含めた複合的な価値を実現する戦略的な計画づくりを行う必要となる。一方、各地域においては、政策横断的に相乗効果をもたらすような技術や評価手法、地域の特性を踏まえた汎用的に活用できるツール等に係る知見が不足している。これを踏まえ、**各地域における脱炭素化 (de-carbonization) と都市転換 (re-urbanization) を統合的に推進する観点から、エネルギー、モビリティ、建設ストックの政策分野を中心に、これらを横断的に捉え、地域の計画づくりのために各地域の特性を踏まえつつ汎用的に活用できるシステムを構築し、環境・経済・社会の一体的な向上に向けた取組を推進するための基盤づくりと体制の構築を行う。**

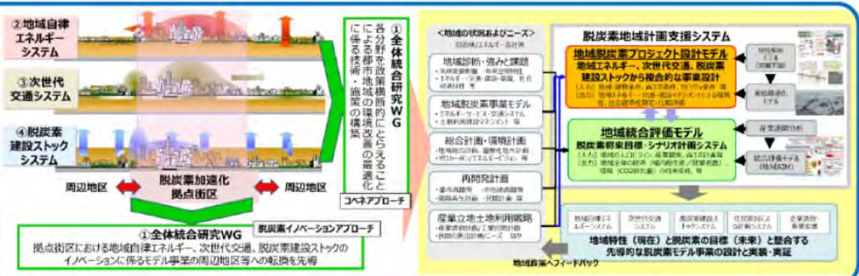
各政策分野のモデルを統合し、構築参加プロセスも経てシステムを構築

### 東大、東洋大、国環研

#### ①全体統合研究WG

地域のシナリオや計画策定に向けて、気候変動影響と社会経済特性、国の計画等を入力変数として、**地域自律エネルギー、次世代交通システム、建設ストックマネジメント**等に係る将来目標を設定し、社会経済効果や環境効果を統合的に算定するモデルに基づく「**脱炭素地域計画支援システム**」を構築。

※各地域WGにおいて構築した政策分野ごとのシステムを統合し、住民や企業等を含む地域対話によってこれを社会実装するプロセスに係る実証研究もこなつた上で、各地域が汎用的に活用できる政策横断的なシステムを開発。

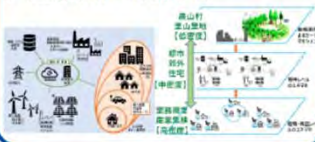


地域の実証研究による各政策分野のモデル・システム構築

### 北九州市大

#### ②地域自律エネルギーシステムWG

多様な施設の種類・需給特性解析等に基づき、各地域が活用できる地域特性に応じた最適な地域「**エネルギー**」マネジメントシステム(CEMS)を構築。(連携自治体：北九州市等)



### 早稲田大、宇都宮大

#### ③次世代交通システムWG

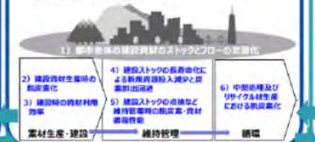
公民連携による地域交通「**モビリティ**」の「**パイロット**」を構築し、各地域の計画に組み込むための次世代交通の導入効果評価システム等を構築。(連携自治体：宇都宮市等)



### 名古屋大、岐阜大

#### ④脱炭素建設ストックシステムWG

気候変動への適応・緩和策と長寿命型都市を目指す脱炭素建設ストックマネジメントシステムを構築する。(連携自治体：愛知県、岐阜県等)



### 地球研

#### ⑤地域連携WG

脱炭素化に関連する複合要因を用いて地域群を整理することによる地域特性の可視化や、エネルギー、交通、建築以外の政策分野も含めた各政策要素ごとに連関(シナジーとトレードオフ)の解明等。

地域特性や政策要素間の連関の解

脱炭素建設ストックWG（林材，林地残材，建設廃材）

## エネルギー需要モデル

- ・ 電力、熱需要原単位
- ・ ロードカーブ（時間，日，季節変動）
- ・ 機械学習，深層学習による需要予測

## エネルギー供給モデル

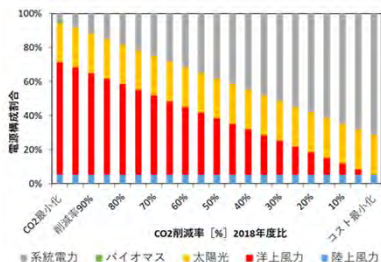
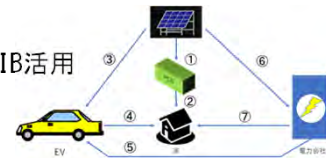
- ・ 再エネによる電力（太陽光、洋上風力、バイオマス等）
- ・ 分散型電源（家庭用燃料電池コージェネ）
- ・ 工場，廃棄物焼却炉の廃熱
- ・ カーボンフリー水素の供給

## 需要家行動の取り込み

- ・ 行動科学（ナッジ）による省エネ
- ・ ダイナミックプライシング
- ・ デマンドレスポンス

## システム技術

- ・ 地域熱供給ネットワーク
- ・ 廃棄物発電のネットワーク化
- ・ EV-PV連携（V2H，V2B）
- ・ 水素システムによる蓄電
- ・ リース，リユースによるLIB活用



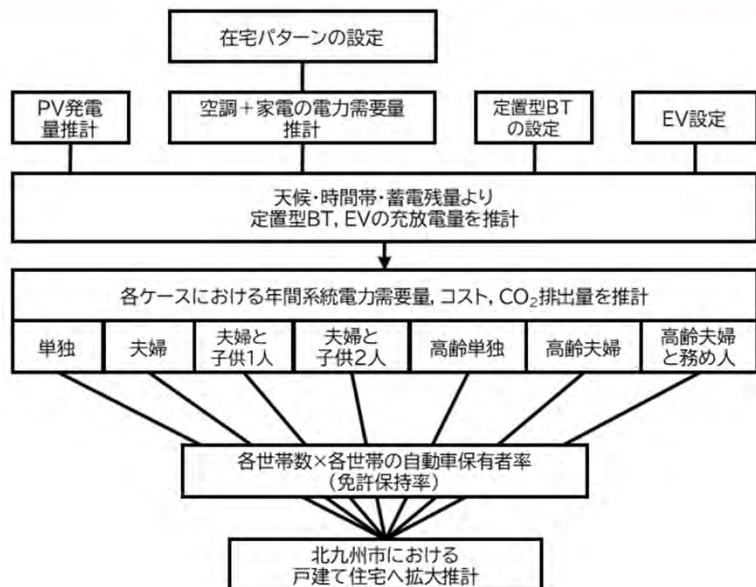
## 地域エネルギー自律マネジメントモデル

全体統合研究WG

（脱炭素エネルギーシステム吸収源の活用）

## 戸建世帯を対象としたV2Hの都市への拡大推計

### 都市への拡大推計の研究フロー



### 1. ケース設定

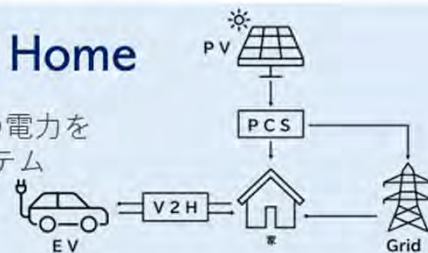
- ① PV, BT, EVなし
- ② PVのみ
- ③ PV, BT
- ④ PV, EV
- ⑤ V2H

EVの導入がないケースについてはガソリン車GVを導入すると仮定

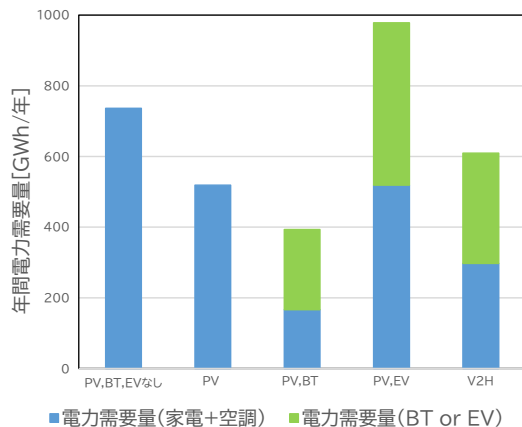
ケース\導入機器	PV	PCS	BT	EV	V2H 充電器	GV
PV, BT, EVなし						○
PVのみ	○	○				○
PV, BT	○	○	○			○
PV, EV	○	○		○		
V2H	○	○		○	○	

### V2H / Vehicle to Home

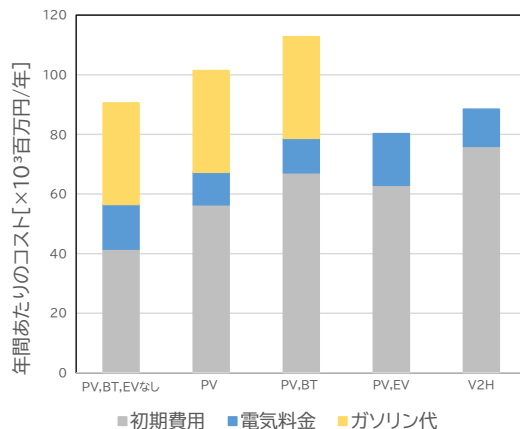
EVに搭載された蓄電池の電力を  
家庭に供給するシステム



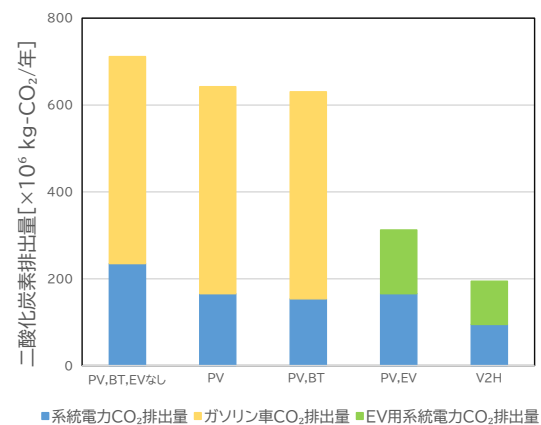
## 推計結果



年間系統電力需要量



年間費用



年間CO<sub>2</sub>排出量

## 1 発電実証の概要

- 設置場所 : 株式会社ワンスコーポレーション (家具メーカー/大川市大字津648-3)
- 発電目的 : 設置場所での自家消費 (PPA契約)
- 設置枚数 : 67枚 (5~10年間使用したパネルを再利用)
- パネル出力 : 計16.1kW (住宅約4軒分の発電量に相当)

### ■ 実施者

#### 株式会社アズマ

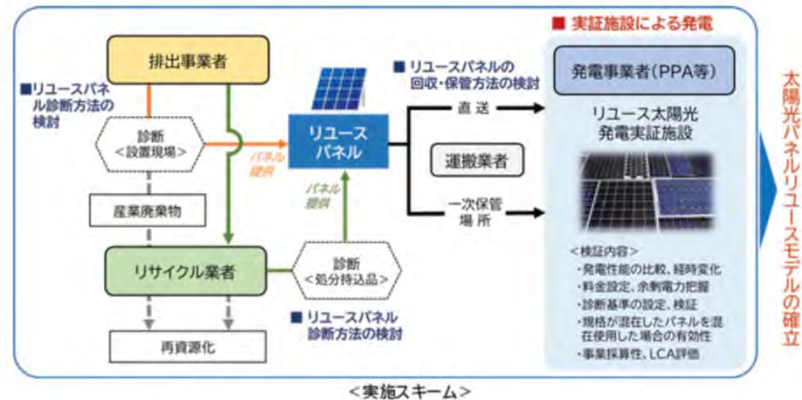
PPA事業者として、リユースパネルを設置。  
遠隔監視による発電効率の確認及び事業採算性の評価。

#### 株式会社システム・ジェイディー、株式会社浜田

使用済パネルが再利用可能かどうかを設置前に診断。  
今後、簡易検査機器等を用いた低コストなパネル診断方法の検討を実施。

## 2 太陽光パネルリユースモデル実証の実施スキーム

太陽光パネルリユースの事業化を目指す関係事業者らと共に、パネルの診断・運搬・発電の各工程での課題を整理し、一連の実証を行って、リユースモデルの構築を目指す。



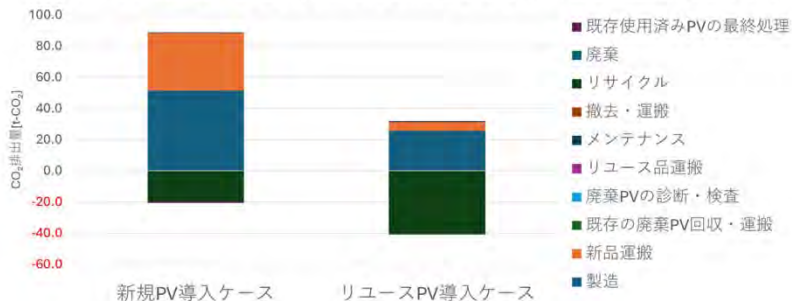
## 3 事業の実施体制

「太陽光発電(PV)保守・リサイクル推進協議会(平成30年度に設立)」内に、昨年6月、「リユースモデル事業ワーキンググループ」を設置。

<参加メンバー> 事務局:(公財)福岡県リサイクル総合研究事業化センター  
(株)アズマ、NEメンテナンス(株)、(株)紙資源、北九州市立大学 松本亨教授、(株)システム・ジェイディー、  
(株)新菱、(株)浜田、三菱HCキャピタル(株)、(株)リサイクルテック ※五十音順

## 結果②：二酸化炭素排出量（系統電力除く）

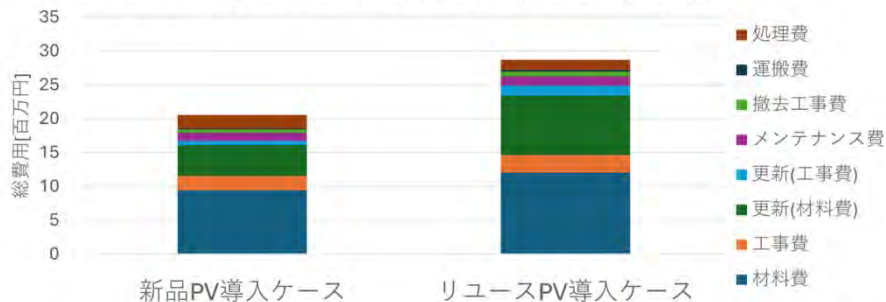
- 新品：モジュール製造+新品輸送が主要因である。
- リユース：回収・検査/再輸送は追加だが小さい（製造回避が上回る）。



- 総排出量から運用（系統電力）を除き、設備側（製造・輸送・設置・維持・撤去・処理）を比較した。
- 新品PV導入ケースでは、モジュール製造由来の寄与が大きく、新品輸送も一定の影響がある。
- リユースPV導入ケースでは、回収・検査/再輸送が追加で発生するが、新規製造を回避できる効果大きい。

## 結果③：ライフサイクルコスト

- 20年LCC：新品PV 20,548,674円 / リユースPV 28,690,202円
- 結論：リユースPV導入ケースのLCCが大（新品比+8,141,528円）

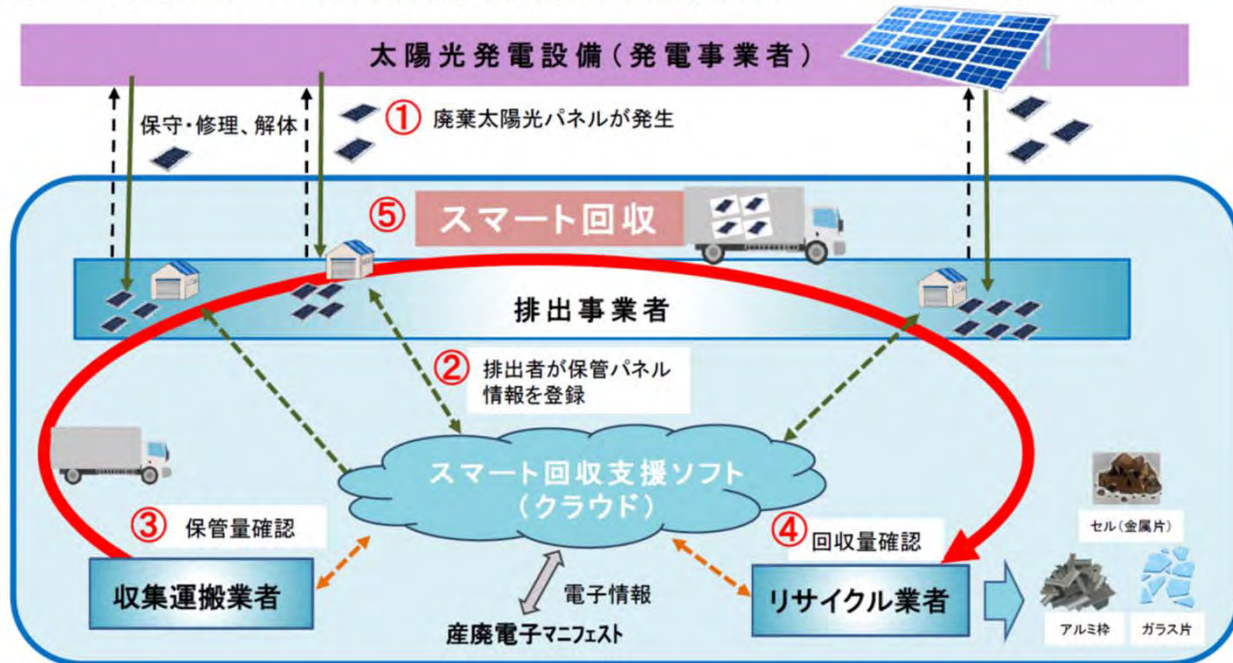


- 新品：機器点数が少なく、更新費が比較的小さい
- リユース：モジュール枚数増+周辺機器増 → 材料費増
- リユース：残余寿命10年想定 → 途中更新（交換） → 更新費増

## 情報システムを用いたスマート回収システム

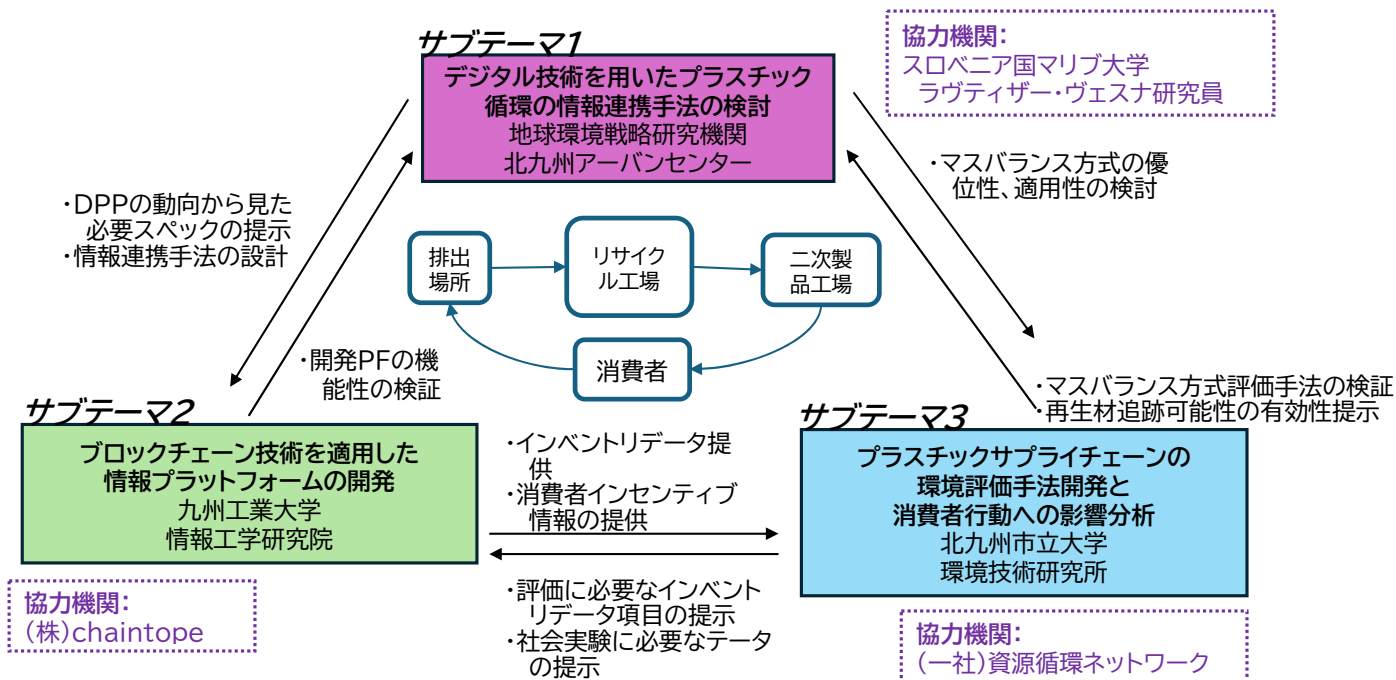
### システムの概要

排出事業者、収集運搬業者、リサイクル業者等が、廃棄パネルに関する情報(保管量、保管場所、種類)をクラウド上の支援ソフトで共有し、点在する廃棄パネルを効率的(スマート)に回収、リサイクル



## ERCA 環境研究総合推進費 (2024-26年度、代表 松本)

研究課題名：秘匿性と公開検証性を両立させたブロックチェーン技術によるプラスチック循環のマスバランス方式等評価手法確立と消費者行動への影響分析



# 技術の効果を発揮させるための社会システム:環境教育



北九州市立大学  
THE UNIVERSITY OF KITAKYUSHU

## <日本側>

実施団体

北九州市立大学

全体統括、環境教育手法・教材開発

北九州市環境局

公害克服からの知見、環境教育教材提供

Ecommit

指導者向研修支援

NPO法人里山を考える会

本邦研修実施

(株)新菱

リサイクル・排水処理推進、現地調整

JICA草の根技術協力事業  
2018年4月～2022年4月

PM 北九州市大 松本

## <インドネシア側>

カウンターパート機関

北スマトラ大学

インドネシア側統括、環境教育手法・教材開発、  
水質・汚染源調査技術指導

北スマトラ州環境局

モデル地区の地方環境局  
および環境NGOの統括

北スマトラ州教育局

各モデル校との調整

モデル地区①  
メモランベ第1高等学校  
及び周辺区域

デリ・セルダン  
県環境局

モデル地区①での  
環境教育推進

モデル地区①での  
環境教育実施

モデル地区②  
メダン第068073小学校  
及び周辺区域

メダン市  
環境局

モデル地区②での  
環境教育推進

モデル地区②での  
環境教育実施

モデル地区③  
メダン第13高等学校及  
び周辺区域

メダン市  
環境局

モデル地区③、④、⑤での環境教育推進

モデル地区③での  
環境教育実施

モデル地区④  
サルサピラ小学校及び  
周辺区域

メダン市  
環境局

モデル地区④、⑤での環境教育推進

モデル地区④での  
環境教育実施

モデル地区⑤  
メダン第39中学校及び  
周辺区域

メダン市  
環境局

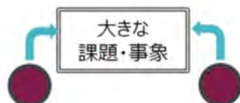
モデル地区⑤での環境教育推進

モデル地区⑤での  
環境教育実施

グラハ・キラナ財団

## 異分野連携・融合研究の類型について

### ① 共通の課題・事象に対して、複数の学問分野からアプローチを行い、新たな知の創出や方法論の革新を目指すもの



#### 共通の大きな課題・事象に対して複数の学問分野からアプローチする研究

- (例) ・ 感染症への対策に関する研究（飛沫拡散に関する研究、パンデミック対策による行動変容に関する研究 など）  
 ・ 差別等の社会の分断に関する研究（集団・民意の形成に関する研究、民族に関する研究 など）  
 ・ 渋滞に関する研究（渋滞のメカニズムに関する研究、運転時のストレスに関する研究 など） など

特定の課題・事象



#### 特定の課題・事象に対して複数の密接に関連する学問分野がつながりアプローチをする研究

- (例) ・ 認知科学（人間やその他の生物の認識機構を対象とする科学。神経科学・人工知能・哲学・心理学・言語学など、多方面にかかわる総合的、学際的な科学。）  
 ・ 行動科学（人間の行動を実証的に研究し、その法則性を明らかにしようとする科学の領域。心理学・社会学・経済学・人類学・精神医学などが含まれ、総合化・学際化などを特徴とする。）  
 ・ 社会言語学（言語を社会的要因との関連で研究するもので、階級・職業・年齢・性別・人種などさまざまな社会層や場面の性質による言語の違いが主要な研究対象となる。） など

### ② ある学問領域の研究のため、他の学問領域の知見や方法論を活用するもの

知見・方法論



(例)

- 文化財科学（文化財の年代測定・材質分析のために、炭素14年代測定法などの自然科学的な手法を活用）
- デジタル・ヒューマニティーズ(DH)（コンピューターによる情報科学の手法を、広く人文科学の研究に応用する学際的な学問分野。古典籍のデジタル化、史料や芸術作品のデジタルアーカイブの構築と利用、ビッグデータを用いたテキスト解析などをさす。）
- ELSI（倫理的・法的・社会的課題）（新規科学技術を研究開発し、社会実装する際に生じる、技術的課題以外のあらゆる課題に関する研究。）

- 環境問題の多様化、複雑化
  - 多くの専門家の力が必要
- 環境問題に含まれる領域、あるいは環境分野が扱う領域の拡大
  - 環境(例 脱炭素)だけ訴えても社会を動かすのは困難
  - 相乗効果(multi-benefit)の考慮
- 問題の顕在化、対策の緊急性増大
  - 社会実証から社会実装フェーズへ
  - 学際、学融合、さらに学際共創(超学際)

## 地域特性に応じた 再エネポテンシャル

- ・豊富な日照  
→太陽光発電
- ・良好な風況  
→風力発電
- ・間伐材や端材  
・畜産廃棄物  
→バイオマス発電
- ・荒廃農地  
→営農型太陽光
- ・豊富な水資源  
→小水力発電
- ・火山、温泉  
→地熱発電、  
バイナリー発電

## 地域経済活性化・地域課題の解決

### 企業誘致・地場産業振興

- 大規模な電力需要施設であるデータセンター、半導体企業等の誘致
- 太陽光発電や風力発電などの関連地域産業の育成
- 循環型産業（太陽光パネルリサイクル産業等）の育成

### 農林水産業振興

- 営農型太陽光発電収入やエネルギーコスト削減による経営基盤の安定・改善
- 畜産バイオマス発電収入や畜産廃棄物コスト削減による経営基盤の安定・改善
- 林業の新たなサプライチェーン・雇用の創出

### 観光振興

- 観光地のブランド力向上、インバウンド強化

### 防災力・レジリエンス強化

- 避難所等への太陽光・蓄電池の設置によるブラックアウトへの対応
- 自営線マイクログリッド等による面的レジリエンスの向上・エネルギー効率利用

### 再エネの売電収益による地域課題解決

- 地域エネルギー会社等が再エネ導入等により得た利益の一部を還元し、地域課題解決に活用
  - ・地域公共交通の維持確保
  - ・少子化対策への活用
  - ・地域の伝統文化の維持に対する支援 等

## 産官学金労言



- バックキャスト
  - 将来予測と現状からの推移とのギャップ
  - 移行時の課題と管理
- CE移行化、CN移行化
  - 地域裨益、地域の産業振興
  - レジリエンス
- トランジションマネジメント
  - 戦略 長期的な予測、目標の設定、交渉・協働
  - 実施 具体的な事業の実証
  - 評価 モニタリング、評価
- トランスディシプリナリー(transdisciplinary: TD)研究
  - 社会課題の解決に向けて研究者とその課題に関わる人びと(ステークホルダー)が、研究開発のデザインから実施、そして研究開発で生み出した解決策の社会実装までを一緒に進めるスタイルの研究
  - 研究成果に「学術的なもの」と「社会的インパクト」があり相互に影響している
  - 研究プロセスで形成されるネットワーク等も成果

Frantzeskaki, N., Bach, M., Holscher, K., and Avelino, F., (Eds): Urban Transition Management, Creative Commons, 2015 より抜粋

社会技術研究開発センター, JST:  
TD (トランスディシプリナリー) 研究とは!?, 2023

- これまでの成果
  - 必要性は認識されてきた
  - 学際的な学会としての歴史
    - 人的ネットワークの創出
    - 議論の場提供
    - 引き続き、世の中へのアピールが必要
  - 大型研究費では、学際性や社会課題解決までの具体的道筋(バックキャスト)が求められることも多い
  - デジタル、グリーン分野の高度専門人材育成の動き
    - これを好機にすることができるか
- 困難性、課題
  - 分野による人材の偏り
    - 新しい分野ほどその傾向
    - 古くて新しい分野も同様
  - 他分野の専門家との連携は有益だが、相互理解のための双方の努力が肝要
    - 共通課題の確認、連携効果の発見