

＜基調講演②— 2 ＞

「循環経済への移行の意義、期待される取組の方向性等について」

早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科長

教授 小野田弘士

2026年1月29日 令和7年度関東地方資源循環自治体フォーラム

循環経済への移行の意義、期待される取組の方向性等について

小野田弘士

早稲田大学大学院
環境・エネルギー研究科長 教授

小野田 弘士 プロフィール

【学歴】

1997.4- 2001.3 早稲田大学理工学部機械工学科

(大学3年時に永田勝也研究室に配属)

2001.4- 2003.3 早稲田大学大学院理工学研究科機械工学専攻(修士課程)

2003.4- 2006.3 早稲田大学大学院理工学研究科機械工学専攻(博士後期課程)、博士(工学)

【職歴】

2003.9- 2006.3 早稲田大学大学院理工学研究科・助手

2006.4- 2008.3 早稲田大学環境総合研究センター・講師

2008.4- 2014.3 早稲田大学環境総合研究センター・准教授

2014.4- 2017.3 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科・准教授

2016.9- 同 教務主任

2017.4- 現在 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科・教授

2022.9- 現在 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科長

早稲田大学環境総合研究センター 所長

2003.8 株式会社早稲田環境研究所を創業(代表取締役)。

2011.4-2017.11 株式会社早稲田環境研究所 取締役(非常勤)。

【社会活動】

2019.2- 環境省・中央環境審議会 臨時委員

2019.4-2020.3 経済産業省・総合資源エネルギー調査会 臨時委員

2016.9- 廃棄物処理・リサイクルIoT導入促進協議会 副会長

2015.4-2023.9 内閣府・地域活性化伝道師

2010.4-2015.3 埼玉県環境エネルギー統括参与 他多数

【所属学会等】

日本機械学会、廃棄物資源循環学会、日本エネルギー学会、日本LCA学会、環境科学会、環境情報科学センター

IET Smart Cities Associate Editor

日本機械学会環境工学部門部門学術誌編集委員会 副委員長



次世代の社会システムをデザインする研究を展開

本庄スマートエネルギータウンプロジェクト（2011～）



太陽熱・地中熱複合利用型熱源（商用）

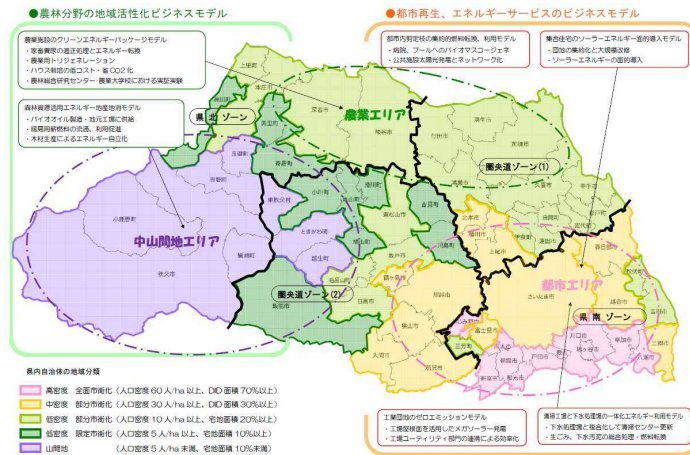


食品系バイオマスのバイオガス化実証事業
（技術開発・実証・FS）→商用化

環境省・G水素プロジェクト（2004～2010）



ZEHの評価



使用済み小型家電リサイクルシステム（事業化支援）



未利用木質バイオマスの高効率エネルギー利用システム（技術開発・実証・FS）



自動車リサイクル部品の普及促進（事業化支援）

埼玉県・環エネとの環境・エネルギー分野に関する包括協定（2010～）

2

航空写真測量による不法投棄現場（2016/10）



3

ハイブリッド自動車の輸出量増加と現地での排出状況 ～モンゴルの例～

モンゴル

2017年41千台の中古車が輸出されている。同国は中古車輸出のメイン輸出先であり、特にハイブリッド車が多く輸出されることで有名である。輸出される中古車のうち57%はハイブリッド車両であり、現地関税優遇、また極寒の地であるためエンジンがすぐにかかるハイブリッド車に人気が偏っている。首都のウランバートルに人口が集中していることから、中古車販売業者、中古部品業者共にウランバートルに集まっている。

【中古車輸出台数】



【中古部品販売業者】



【ザハ】

小規模の中古部品業者が集まる青空市場。1社40ftコンテナ1本分の在庫を保有しており格安で販売している。品質保証ではなく、購入者は自己の責任で購入する。

【大手中古部品販売業者】

日本、香港などから部品として輸入し、日本同様、保管ラックにて管理している。日本企業の進出もあり、株式会社宇野自工、(株)西川商会なども現地進出している。

【中古車販売業者】



ハイブリッド車、4WDを中心に車両を並べて営業するスタイルが一般的。地方は道路整備もされていないためランクルなどの4WDも人気。

【ハイブリッド車専門修理工場】



ハイブリッド車専門の修理工場。エンジン、ミッション交換だけではなく、ハイブリッドバッテリーの再生も行っている。(品質は未確認)



【廃棄ハイブリッドバッテリー(ニッケル水素)】交換され廃棄となったバッテリー。写真のように特に適正処理されることなく野外にて積み立てられている状態。輸入車であることもあり、回収ルートは特に設けられていない。

最近では豊通がニッケル水素BTの回収を業者に依頼し、その業者が集めているという話も聞いた。しかし、モンゴル国外に輸出しようとしたが、中国の越境で問題となりモンゴル国内に滞留したままである。

【自動車リサイクル】

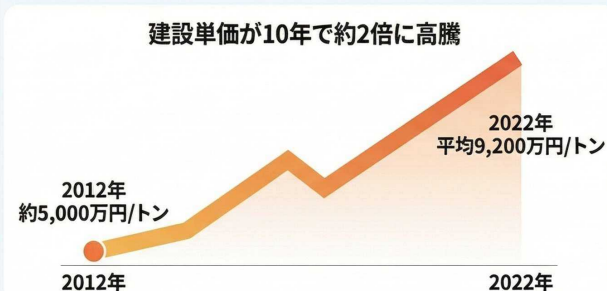


ほとんど確立されていないが、必要部品をウランバートルで取り外された廃車ガラは、約200km離れたダルハンの工場に運ばれ鉄資源として売却されている。

* 資料提供：ユーパーツ

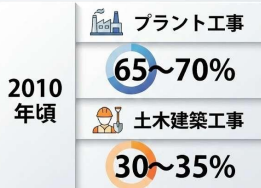
廃棄物処理施設の整備等に係るコストの削減方策について（提案） （日本環境衛生センター、2023年8月）

課題：急騰する建設コストとその要因



費用の内訳が大きく変化

プラント工事と土木建築工事の割合推移



2020年



入札制度が過大な提案を誘発



追制な提案
(技術点狙い)

解決策：コスト削減のための具体的提案

既存建屋を再利用して更新する



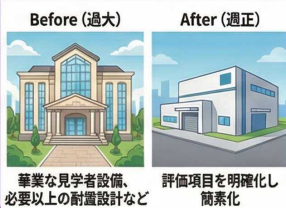
プラントのみ更新、長寿命建屋を継続利用し建設費削減

一部の設備を屋外に設置する



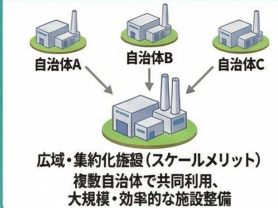
焼却炉・排ガス処理設備などを屋外設置、建屋規模縮小

過剰な設備・仕様を見直す



Before (過大) 豪華な見学者設備、必要以上の耐震設計など
After (適正) 評価項目を明確化し簡素化

施設の広域化・集約化を推進する



広域・集約化施設(スケールメリット) 複数自治体で共同利用、大規模・効率的な施設整備



ある島での光景



6

インフラに着目したスマートコミュニティへの アプローチのポイント

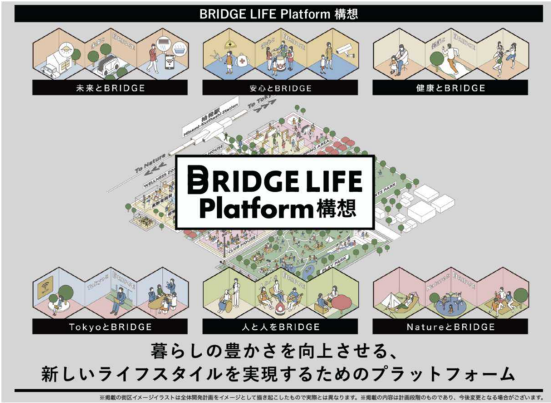


7

Vision-Meso-Seeds (VMS) モデル



*東京大学・梅田靖教授の示唆を図示したもの



*埼玉県久喜市・南栗橋駅前街区における次世代型まちづくりプロジェクト (2021年11月10日記者発表)

This advertisement promotes the "2022年5月に街びらき 詳細を発表予定" (2022 May Street Revitalization Details to be announced) project. It features several key elements:

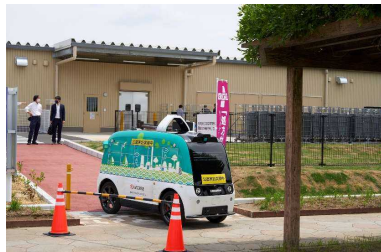
- 5G:** A circular icon with the text "5G".
- デジタル技術 (Digital Technology):** A circular icon with the text "デジタル技術".
- スマートタウン (Smart Town):** A circular icon with the text "スマートタウン".
- 自動宅配 (Automatic Delivery):** A circular icon with the text "自動宅配".
- Image Realization (イメージ写真):** A circular icon with the text "イメージ写真".
- Public Space Realization (公共空間実現):** A circular icon with the text "公共空間実現".
- Global Development Plan CG (全球開発計画CG):** A circular icon with the text "全球開発計画CG".
- Use of the Public Space Realization Plan (公共空間実現計画の活用):** A circular icon with the text "公共空間実現計画の活用".

The central text reads: "2022年5月に街びらき 詳細を発表予定" (2022 May Street Revitalization Details to be announced).

南栗橋駅前街区における『BRIDGE LIFE Platform構想』



南栗橋駅前では、産学官連携による『BRIDGE LIFE Platform構想』に基づく次世代型のまちづくりが行われている。



2022年5月26日には記者発表を行い、提案者の研究グループで開発している自動配送ロボット等のデモを行った。



開発中の住宅街区の一角で、自動搬出に対応したスマートごみ箱および反転装置のデモンストレーションを行った。 10

南栗橋8丁目周辺地区のまちづくり ～BRIDGE LIFE Platform構想～における次世代モビリティプロジェクトの展開イメージ

商業施設

戸建住宅街区

クラブハウス（集会所）にソーラーポート・モビリティステーション

店舗内のスマートごみ箱、バックヤードにおける非接触反転装置の提案

**・ごみ集積所には、ダストボックスを設置予定
→一部をスマートごみ箱への置き換えを提案**

**・駅前には、ソーラーポート・モビリティステーション
・遊休拠点を活用した遠隔監視センター**

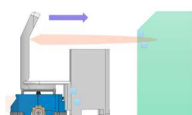
ソーラーポート・モビリティステーション

スマートごみ箱（動くごみ箱）

11

マルチベネフィット型モビリティの開発の成果

コンセプト マルチベネフィット



3分割
ユニット

ヒト追従

歩道用

公道用

牽引式
自律走行

開発



BRIDGE LIFE Platform構想

実証 (PoC)



現在、製作中のモデル



Howdy USE 2.0



12

GOOD DESIGN AWARD 2023

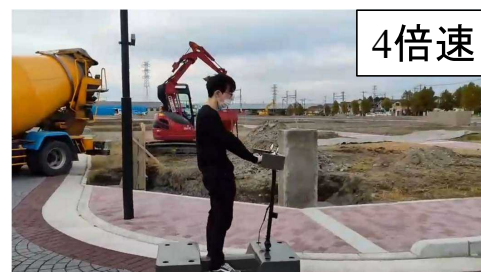
BRIDGE LIFE Platform構想

産官学5者連携の街づくりが、2023年度グッドデザイン賞を受賞



UP DATE NOW!

「南栗橋」駅から真っ直ぐつながる
未来へ向って進化し続ける街の“今”をご紹介します！



13

5 自動配送ロボ& 自動ゴミ収集ロボ 実証実験中!



NHKの
番組でも
紹介!※

※NHK総合「首都圏いちオシ!」2024年12/1(日)放送分にて実証実験の様子が紹介されました。

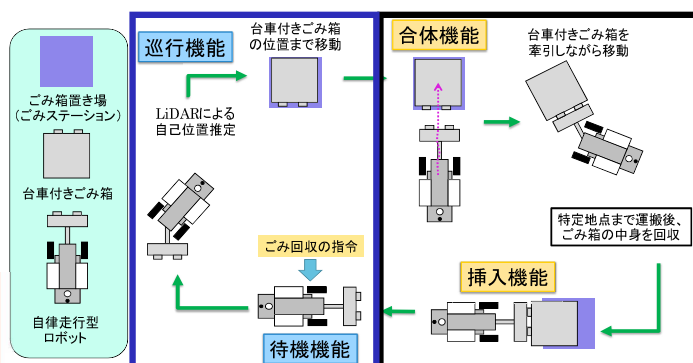
14

現場ニーズに立脚した分別・収集運搬・選別プロセスにおけるAI・ロボティクスソリューションの実用化開発
(環境研究総合推進費 次世代事業、JPMEERF20253J01)

【課題内容1】 自律走行型ロボットによる非接触型収集運搬システム (学校法人早稲田大学)

自動ゴミ収集を実現する自律走行型ロボット

公営住宅団地および戸建住宅街区での実証



自律走行機能

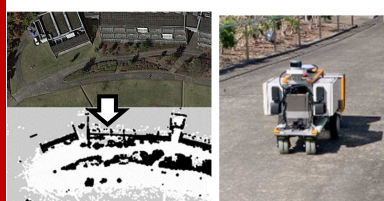
ゴミ収集機能



社会実装シナリオの提示 (3パターン)

パターン① 『現実シナリオ』	パターン② 『地域連携シナリオ』	パターン③ 『イノベーションシナリオ』
特定空間でのゴミ収集	公道走行・公道作業を伴うゴミ収集	車両規格の見直しを含めたゴミ収集
機器単体でもニーズあり 民間ベースの投資が進む領域	地域と連携した実証モデルを 積み重ねて展開	車両規格等の見直しを 踏まえた政策展開

収集運搬



マップ作成

自律走行



コンテナの牽引



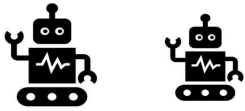
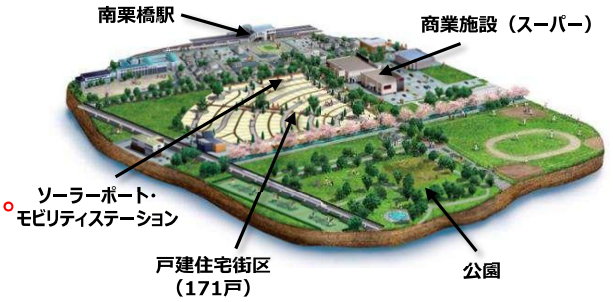
自律走行型ロボットによる非接触型収集運搬システム（学校法人早稲田大学）

複数台制御
【フリートコントロール】
(まずは2台)



資料提供（イオン株式会社）

→統一コンテナと位置付ける。



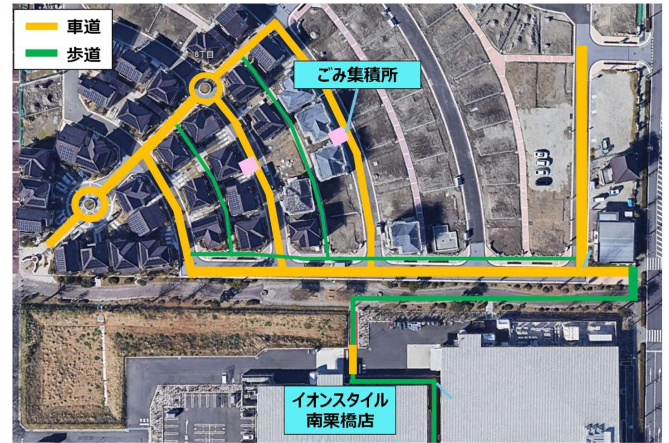
2台のロボット
開発および複数
台制御の仕様
は完了



統一コンテナ化



ごみ集積所（現地写真）

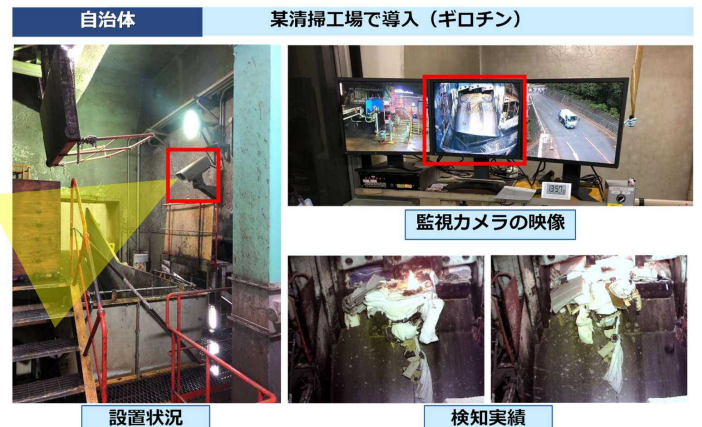
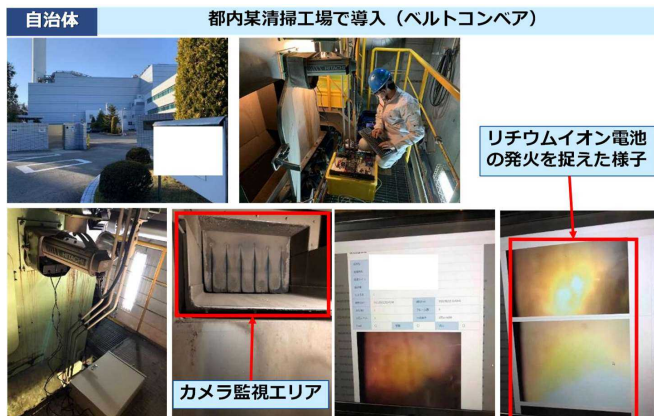


収集運搬

16

AIによる火花検知システム

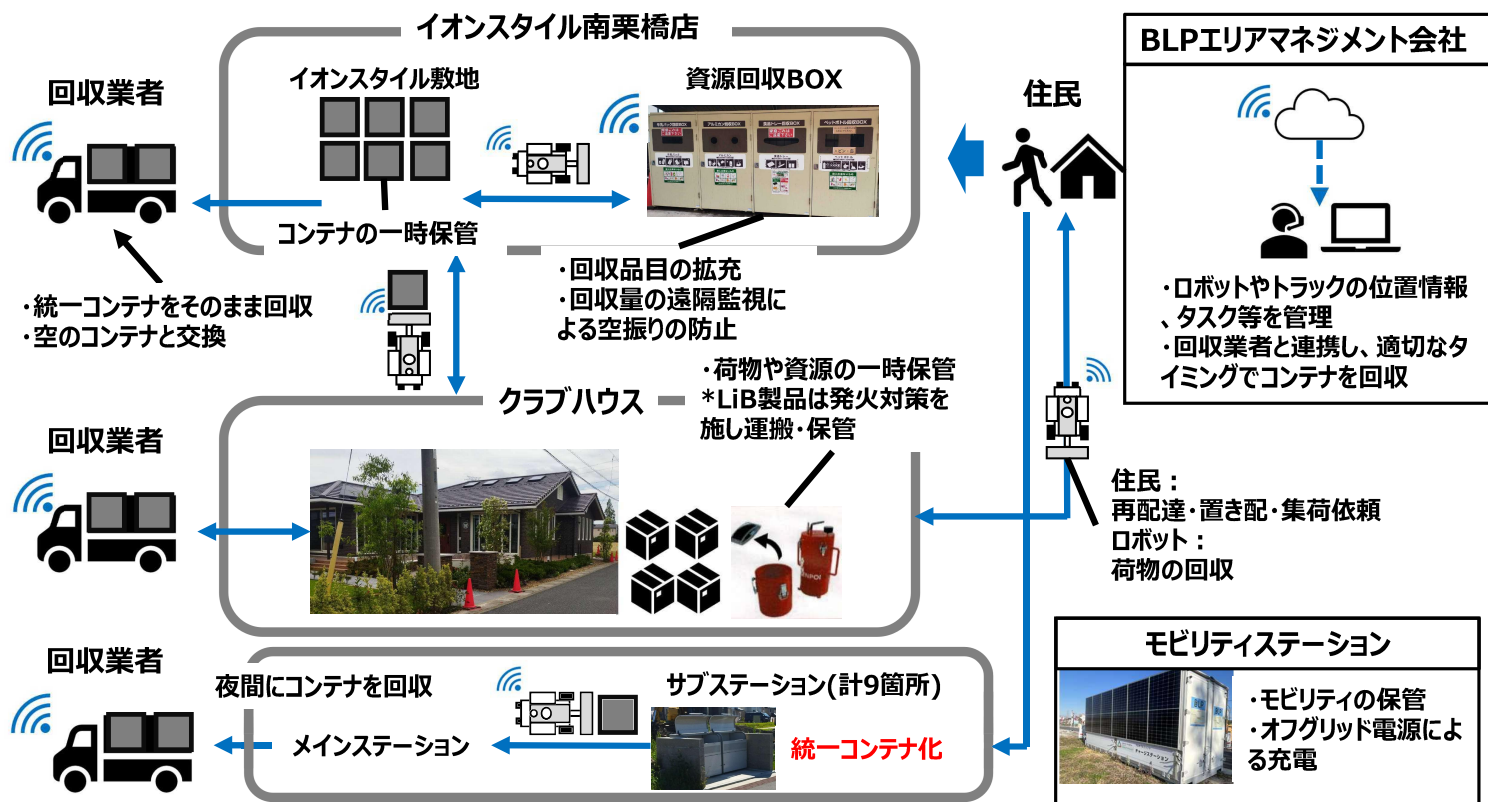
	処理対象物	設置時期	監視エリア	AIカメラ設置場所
1	容器包装プラ	2020年6月	二軸破砕機	破砕機下部
2	一廃粗大ごみ	2021年2月	振動コンベア	ベルトコンベア
3	建設廃棄物	2021年3月	二軸破砕機	破砕機下部
4	可燃系廃棄物 (焼却対象)	2021年6月	ごみピット (ガラス越し)	中央制御室
5	一廃粗大ごみ	2021年6月	ギロチン	ベルトコンベア
6	RPF製造	2021年9月	二軸破砕機	破砕機下部
7	RPF製造	2021年10月	二軸破砕機	破砕機下部
8	事業系プラ	2021年11月	一軸破砕機	ベルトコンベア



17

○提案する非接触型収集運搬モデル

- ・イオスタイルやクラブハウスを**資源・荷物の回収拠点**に指定
- ・**統一コンテナ**の運搬、回収量・ロボットの**遠隔監視**、外部インフラ(資源回収・宅配業者)との連携



*リチウム電池の発火防げ 本庄の2社が共同開発 診断機で放電、再利用→危険ならボックスで回収 <https://www.tokyo-np.co.jp/article/407720>

18

自動配送ロボットの社会実装に向けた取り組み

早稲田大学とエムケイドットエックス株式会社、自動運転分野での共同研究を開始

～社会課題解決に向けた自動運転・モビリティ研究を加速～

エムケイドットエックス株式会社 2025年9月24日 10時00分



電気自動車（以下「EV車」）専用カーシェアリングサービスを展開するエムケイドットエックス株式会社（本社：東京都港区、代表取締役：肖挺、以下「MK.X」または「当社」）は、2025年5月15日、早稲田大学 理工学術院 小野田 弘士教授（環境・エネルギー研究科）・劉江教授（国際理工学センター）と、それぞれ「地域等における自動運転システムの社会実装シナリオ構築」、「ネットワーク協調型自動運転におけるマルチスケールセンシング」に関する受託研究契約を締結いたしました。



19

施設
・
ハード
・
インフラ

1 スマートムーブアシスト	2 スマート自動配達	3 環境コンビニ	4 南栗橋 コミュニティ大学	5 スマートBBQ
ワンアプリで地域の様々なモビリティが利用可能 モビリティサービス事業者	再配達の手荷物はクラブハウスで一時保管し、自動配達ロボでいつでも受け取りが可能 宅配事業者	市民の環境配慮行動を自然と後押しするサービス 飲料メーカー 宅針ロッカー	市民参加型のまちづくりコミュニティ 地域企業	食材配達、ごみ回収等の自動化により、手軽で安全に、環境に配慮したBBQスタイルを提供 イオンスタイル



脱炭素（広義のC2X）

カーボンリサイクル（狭義のC2X）

持続可能な社会

カーボンニュートラルの実現

再生可能エネルギー

海洋温度差発電、風力発電、太陽光発電、バイオマス発電、廃棄物発電

H₂O電気分解

H₂

アンモニア合成

N₂

アンモニア発電

NH₃

水素貯蔵

水素発電

Mg電解

海ゴミ回収技術

海

化学合成

化学原料

CCFR

肥料

燃料

農業

化成産品

リサイクル

廃棄物処理施設

一般廃棄物、産業廃棄物（廃プラ等）

CO₂電気分解

CO₂吸収装置

CO₂吸収装置

CO₂吸収装置

海藻、微細藻類、バイオ燃料

藻類培養

植物工場

野菜など

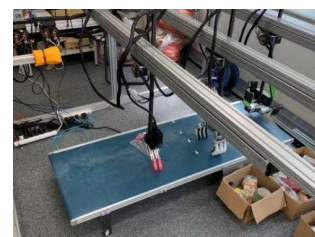
21

No.10

廃棄物処理・リサイクルの非接触化・自動化を実現する
選別ロボットの開発と社会実装に向けたシナリオ構築

3.0 億円程度
(事業期間 3年間)

労働力不足が深刻化する廃棄物処理・リサイクル分野において、AIを活用した非接触化・自動化を実現する選別ロボットの開発を行う。プラスチック資源循環等の3R推進への貢献や新たな産業創出を目指す。



自動選別ロボット



- 排出現場で活用する選別ロボットの開発・導入
- ヒト共存型選別ロボットの開発・導入

22

清掃倉庫内における再分別の状況



清掃倉庫動線



回収廃棄物（清掃倉庫内）



再分別の状況【動画】



テナント回収ごみ（可燃ごみ）



再分別の状況（立ち膝）

23



現場ニーズに立脚した分別・収集運搬・選別プロセスにおけるAI・ロボティクスソリューションの実用化開発
(環境研究総合推進費 次世代事業、JPMEERF20253J01)

LLMを活用した汎用型AI自動分別アプリの開発とコンパクト型AI自動選別ロボットの実証と実用化

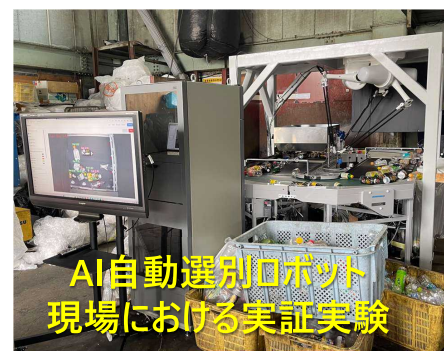
- 2段階認証技術と自動学習技術（特許第6695539号、特許第7473886号）
- 既存ラインを変更せずに導入可能なコンパクトさ、量産化を目指した低コストであることからさまざまな現場ニーズに対応可能。
- LLMを活用した学習データの自動作成により、AIモデルの認識精度を95%以上目指す。
- 全容協と標準化したAIモデルの評価尺度の構築を目指す。



(2024年5月) NEW環境展で出展
当時、**学習済みの対象物を用いたDEMO**
として展示



手選別の実態



AI自動選別ロボット
現場における実証実験

(2024年6～12月) 現場実証@高嶺清掃(株)

- ① AI認識精度：約80%（任意の飲料容器を対象）
- ② LLM認識デモの実現

本事業で、実用化を達成目標として設定
① AI認識精度90～95%以上、② 実用化パッケージ完成

明日をひらく都市

OPEN X PIONEER
YOKOHAMA

横浜市記者発表資料

令和7年7月18日
資源循環局施設課

AIを活用した資源ごみ選別ロボットの自動化実証実験を 早稲田大学、株式会社イーアイアイ、伊藤忠マシテクノス株式会社 と共同で開始します

家庭から出される資源ごみ(缶・びん・ペットボトル)の選別工程を AI 技術で自動化するロボットの開発に向け、早稲田大学理工学術院環境・エネルギー研究科小野田弘士教授(小野田研究室)、株式会社イーアイアイ、伊藤忠マシテクノス株式会社と共同で実証実験を開始いたします。

本プロジェクトでは、AI による画像認識技術とロボット制御技術を組み合わせることで、従来は人手に依存していた廃棄物の選別作業を効率化・省力化し、横浜市における資源のさらなる有効活用と循環型社会の実現に貢献することを目指していきます。

実証実験の概要

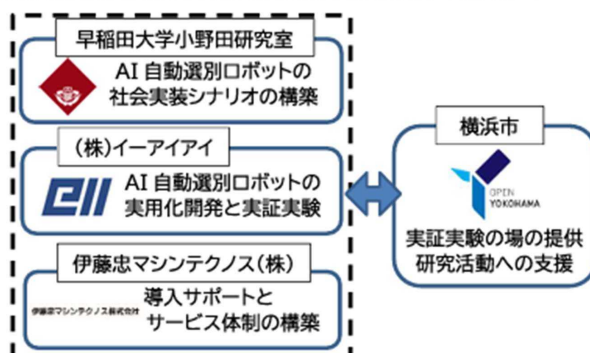
横浜市の資源選別施設において AI 自動選別ロボットの実機を導入し、実証実験を通じて、自治体における AI 自動選別ロボット活用モデル構築と、社会実装に向けた研究開発を推進します。

【研究課題名】

現場ニーズに立脚した分別・収集運搬・選別プロセスにおけるAI・ロボティクスソリューションの実用化開発※ (※環境研究総合推進費 次世代事業、JPMEERF20253J01 研究代表者:小野田弘士)



AI 自動選別ロボットのテスト機



< 次世代Embodied Intelligence搭載AIリサイクルロボット >



手選別現場

(選別)
人の代替にとどまらず
+
(α)
大量の情報
収集と処理

FRANKA
協働ロボット
7軸アーム利用

Ex. 積層内から対象物の取り出し

Ex. キャップを外す

LLMによる
大量の情報
収集と処理

Ex. LiB搭載製品の選別

Ex. 容器包装
特定ブランド
の回収

Ex. タバコ吸い殻の取り出しと
容器洗浄

人の動きを再現

ベルトコンベヤ

28

「循環経済」を議論するうえでのポイント

- “ストック”か“フロー”か？
 - 市中に流通している製品等をターゲットにするか。
 - 今後、開発プロセス等を経て、投入する製品を対象とするか。
 - “環境配慮設計”の議論も同様。
- いずれにしても、回収システムの構築が必要。
 - いつ戻ってくるかを把握できるか。
 - 「売り切り」⇔「リース・レンタル」
 - サブスクリプション・シェアリングはひとつの方向性
 - 既存のビジネスモデルからの転換が図れるか？
- 「動静脈連携」の必要性・重要性は以前から指摘されてきた。
 - 進んだ部分と進まなかった部分を切り分けて評価すべき。

29

（論点）CEコマースの将来展望 ～シェアリング、リファーマービッシュ、リユース等～

- （リユース）使用済み製品等の回収（静脈物流）
- 製造事業者等との連携
 - 環境配慮設計
 - 長期使用化、リペア
 - 将来的には、DPP
- 安全安心な市場環境（品質保証等）
- ユーザーの意識・受容性
- 環境負荷低減効果⇔バックファイヤ、リバウンド

30

海外の事例

- その時の講演でスペインのごみ処理事業会社の事例が興味深かった。ごみの収集運搬・中間処理施設の運営・最終処分場の運営と、一連の全体事業を一社で請けている。
- それだけでなく、公園整備・道路清掃まで広くやっているとのことだった。事業会社は町をきれいにするニーズを自ら発掘して事業化を自治体に提案する。
- 自治体の予算が少ないと、事業会社は全体の事業から資金を捻出して実施する。
- そうやって質のいい公共事業を低コストでやって、公共サービスの質的向上を図り住民から歓迎される。一方、事業会社は工夫によって、電力・熱・資源の販売での収益向上を狙い、その収益は自治体の処理費の削減や事業会社との利益とするが、その利益がさらに新たな価値を生む事業の起業に使われることで公共サービスの質を高めるということになる。
- 面白いのは、このような事業の多くは、もともと公共がやっていたということ。公共出資の株式会社のような形で伝統的にやってきて、会社組織を生かしてどんどん事業展開を進めてきた。
- いわゆる[シュタットベルケ](#)である。株式会社なので自由にできる範囲が大きい。

*価値創造的なごみ処理システム構築に官民挙げて取り組むことは焦眉の急！
日本環境衛生センター・藤吉副理事長のインタビュー記事より抜粋。

31



Plastics
Smart