2025年 電炉鋼材フォーラム



2025年11月6日(木) 13:35-14:10(35分)

サーキュラーエコノミーに寄与する前処理技術開発戦略と検討例

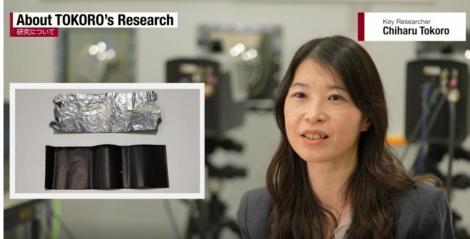
早稲田大学 理工学術院創造理工学部 環境資源工学科 東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 所 千晴

自己紹介







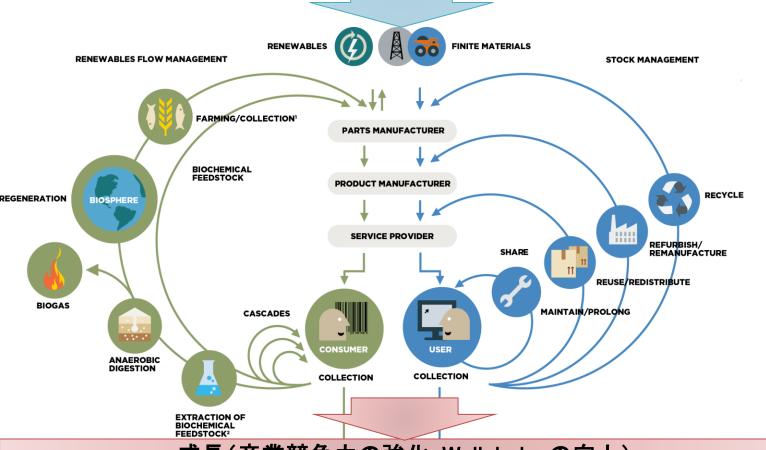




1992年 リオデジャネイロ地球サミット

環境・資源制約の中で成長を志向するサーキュラーエコノミー

環境制約(カーボンニュートラル・生物多様性・デューデリジェンス) 資源制約(資源安全保障・資源ナショナリズム)



成長(産業競争力の強化・Well-beingの向上) 地方創生(雇用の創出・地域経済活性化)

illen MacArtnur Foundation Circular economy systems diagram (February 2019) www.ellenmacarthurfoundation.org Orawing based on Braungart & McDonough,

MINIMISE SYSTEMATIC LEAKAGE AND NEGATIVE EXTERNALITIES



課題

・リサイクル偏重

リサイクルはインフラとして重要 しかし勝ち筋は内側のループ (製造も巻き込んだ「リソーシング」)

- ・サプライチェーン全体での最適化が必要 消費者をも巻き込む必要性 トレーサビリティ確保の困難さ 指標の未確立(GHGだけでない)
- ・目標, ターゲットのわかりにくさ 安全保障の観点も含む多様な目的 経済・環境・社会の調和バランス CEモデル内にも多数の矛盾する項目あり
- ・そもそもの日本の強みもCEスコープ内高機能化,多機能化,長寿命,メンテナンスこれらを省資源・省エネルギーに行うのはそもそもCEのスコープ内

強みを活かしつつサーキュラーエコノミーへ移行を!



資源効率の向上でサーキュラーエコノミーを実現

UP!! 集約化,多機能化,高機能化,稼働率

私たちのWell-being向上のための「機能」

資源効率=

必要な資源・エネルギー

使用年数

DOWN!! 小型化,再生材利用,省エネ

UP!! 長寿命化

高純度な素材が「資源効率の向上」を支えている = 日本のモノづくりの強み 再生材も高精度・高純度へ→新たな「リソーシング」醸成が必要

カーボンニュートラルと資源循環:内側のループ創成により両立

自動車の資源循環

図7. 物質効率性戦略を講じる場合と講じない場合のG7諸国、中国およびインドにおける2050年の自動車の全ライフサイクル排出量

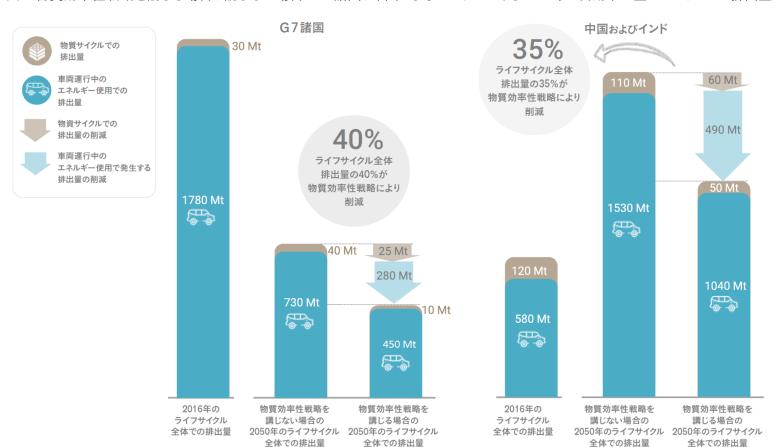
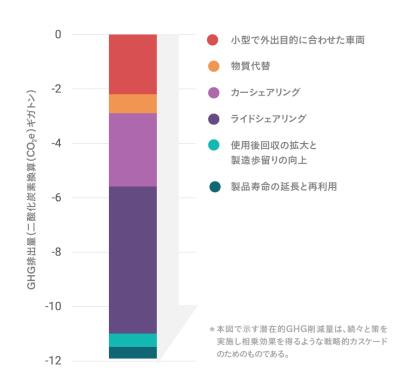


図8. G7における自動車に対する物質効率性戦略による 潜在的GHG削減量(2016年~2060年)



UNEP-IRP: Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future, Report of International Resources Panel (2020).

再生材需要の高まりーEUによる戦略的な規制化

■ EU 電池規制

(2023年7月電池および廃電池に関する規則施行) 2031年8月より, 再生Co 16%, 再生Li 6%, 再生Ni 6% 利用

■ EU ELV規制

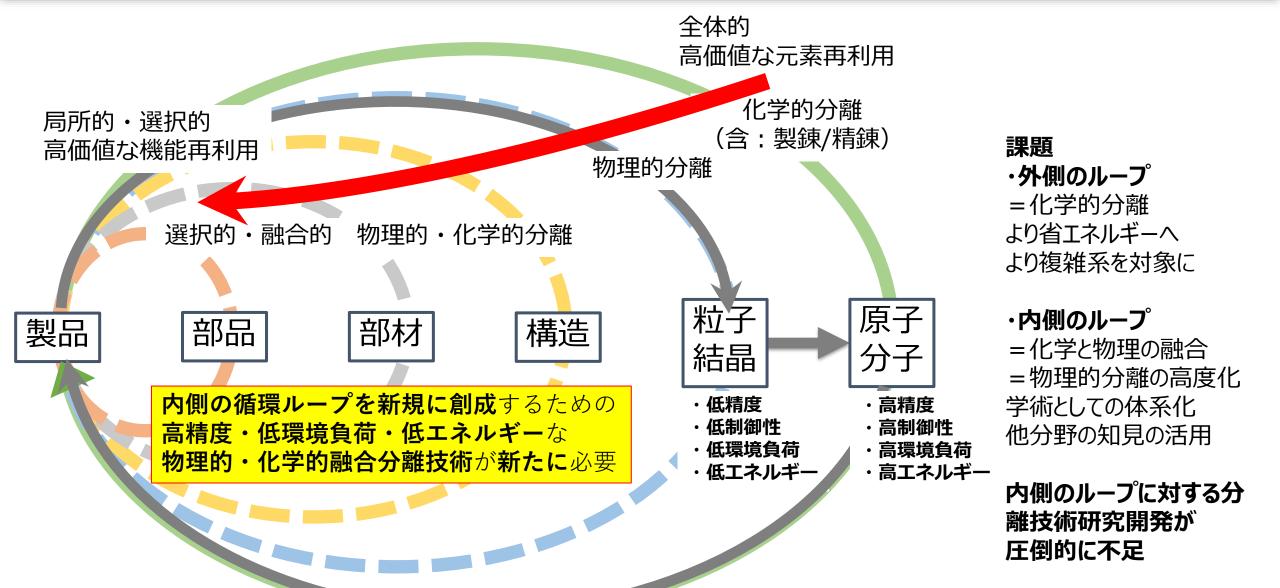
(2023年7月自動車設計・廃車管理での持続可能性要件に関する規則案) 2030年ごろまでに、再生プラスチック25%利用

■ EU 容器包装規制

(2022年11月包装材と包装廃棄物に関する規則案) 2040年までに、再生食品トレー 50%、再生飲料ボトル65%、 その他の再生容器包装65%、利用

> 単なるリサイクルではなく、リソーシング(=再生材を生み出す)技術とプロセスが必要。 高純度な再生材をいかに経済的に生み出すか(入口制御and/or分離技術高精度化)。

資源循環に求められる分離技術



単体分離

単体分離されたブロック 同士を相互に分離する。

相互分離

対象とするブロックの界面を分離・分解する

低 大 小 単体分離に 大きさ 精 度

手解体

機械的分離 (破砕・粉砕)

光学的分離 電気的分離

化学的分離 加熱・加圧 溶解 電解 製品

部品

部材

粒子·結晶

原子·分子

センサー選別 (光学選別) 放射線選別

分級 比重選別 磁力選別 渦電流選別 浮選

乾式・湿式製錬 加熱・加圧 電解精製

溶媒抽出

吸着・膜分離

資源循環型社会構築に向けた課題認識

現状の解体技術には、破砕・粉砕または手解体しか実用化されておらず、 リユース/高度リサイクルに柔軟に対応できる高度分離技術が確立されていない。



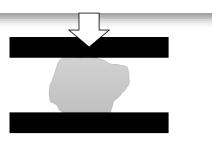
- 破砕・粉砕:機械的弱部 を利用した選択性の低い 処理法。
- **人力解体**: リサイクル技 術が労働集約的で、高効 率化されておらず、大量 処理に対応できない。

製品から得たい部位を選択的に取り外すことを可能とする革新的な物理的分離技術の確立





粉砕のスマート化



圧縮 (くるみわり) 粗砕・中砕



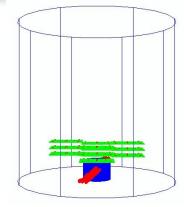
衝擊 (かなづち) 粗砕·中砕·微粉砕



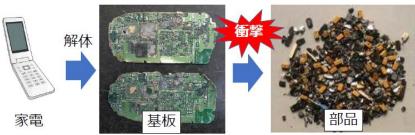
せん断 (はさみ) 中砕・微粉砕



摩擦 (やすり) 微粉砕·超微粉砕

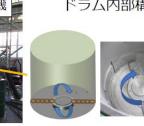


家電由来の基板からの部品剥離







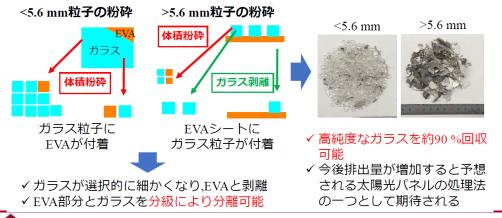


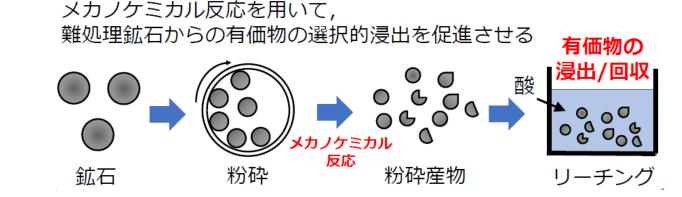
ドラム内部構造

- ✓ ドラム型衝撃破砕機により 衝撃を加えることで製品から の基板脱離と部品剥離を達成。
- ✓ 部品は種類によって、比重 選別・静電選別・磁選等で 選別可能。
- ✓ 部品回収によりタンタル等の レアメタル元素を濃縮可能。

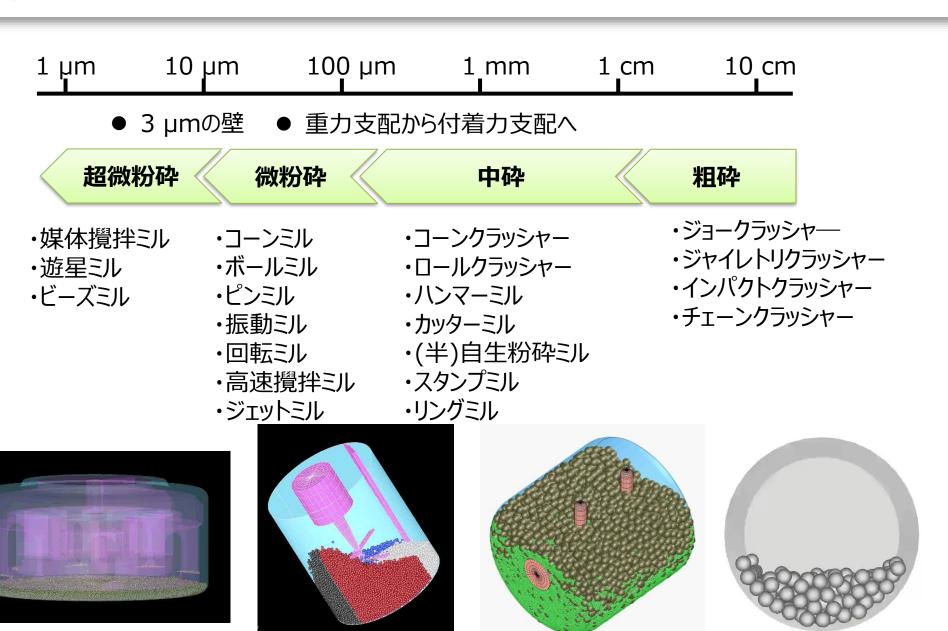


太陽光パネルからのガラス回収のメカニズム

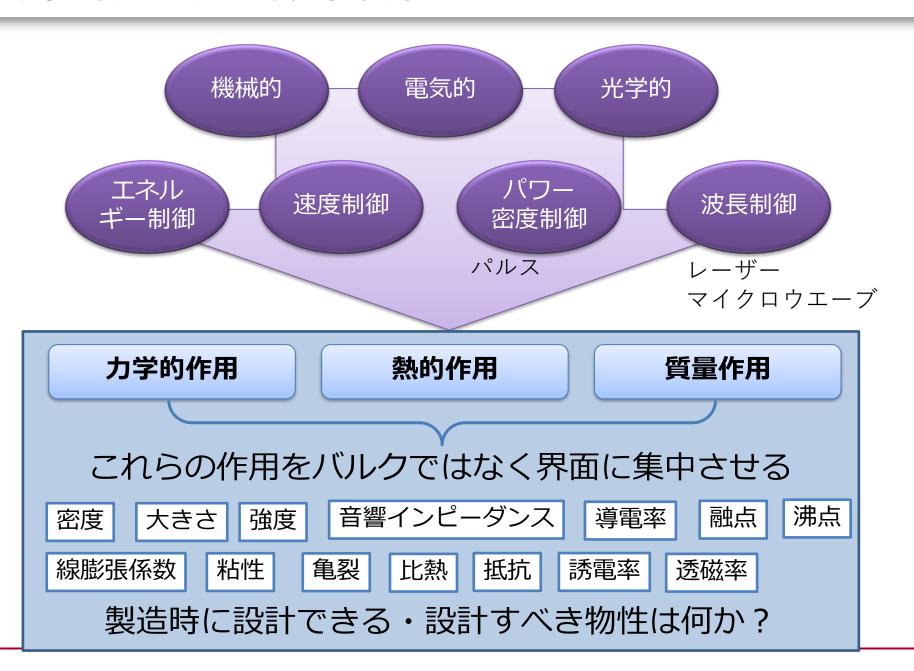




粉砕の種類



界面での選択的な分離・分解をもたらす外力

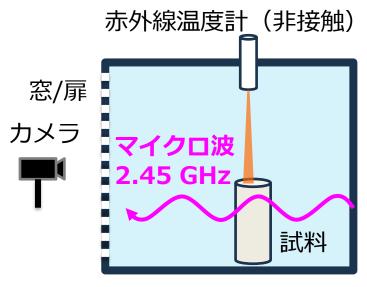


マイクロ波照射

装置: μReactor Ex

マグネトロン: 1000 W × 1機、背面

内寸280W ×280D ×250H



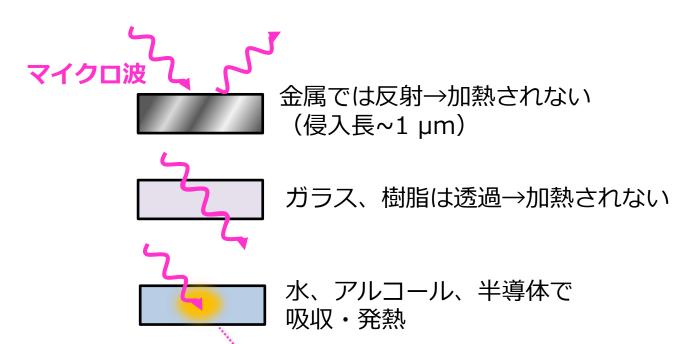


マイクロ波加熱の式

$$Q = \frac{1}{2}\sigma|E|^{2} + \frac{1}{2}\omega\varepsilon''|E|^{2} + \frac{1}{2}\omega\mu''|B|^{2}$$

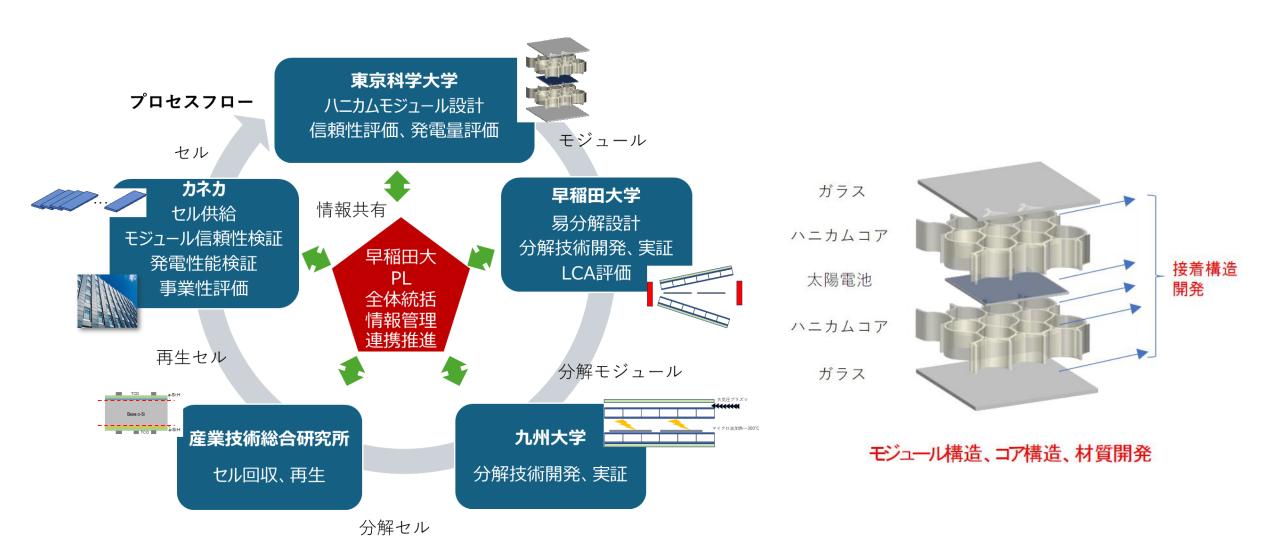
Q: 加熱率 E: 電界 B: 磁界 ω : 角周波数

 σ : 導電率 ε'' : 損失誘電率 μ'' : 損失透磁率



導電率・損失誘電率が高い物質を選択的に加熱可能

NEDO先導研究:易分解・軽量高剛性・低環境負荷サステナブルPVモジュール開発



電磁誘導加熱(IH)

電磁誘導加熱による非接触での局所加熱

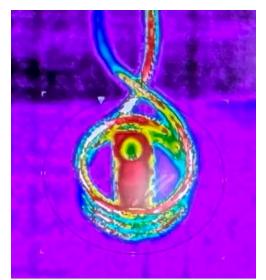
金属部分を局所的に加熱

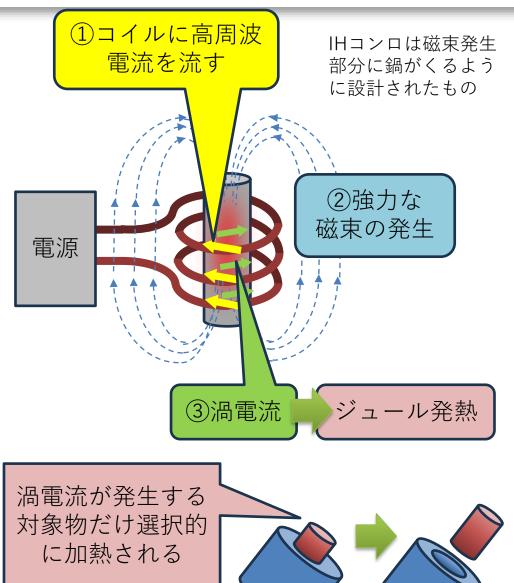
- ⇒ 分離が困難な金属ー樹脂界面の剥離に有効
- ⇒ 不要な加熱をしないことで消費エネルギーを削減
- ⇒ 放射・熱伝導より迅速な加熱

非接触加熱が可能

- ⇒ 複雑な形状にも対応可能
- ⇒無人化や自動化へ向けた設計が容易









15

環境省 令和5年度自動車リサイクルにおける再生材利用拡大に向けた産官学連携推進事業 **DENSO**「ELV自動精緻解体を起点とした水平サイクルを実現する動静脈一体プロセスの技術実証」



公開資料

https://www.denso.com/jp/ja/news/ne wsroom/2024/20240409-02/

自動車リサイクルにおける再生材利用拡大を目指し、 自動車部品解体プロセス等の技術実証を開始

~自動車産業におけるサーキュラーエコノミー実現に貢献~

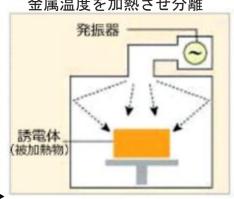
主な役割	担当企業、研究機関
自動車・自動車部品の解体、解体データの取得	リバー(共同代表)、金城産業、 九州メタル産業、マテック
自動車部品解体システムの開発	デンソー (申請法人・共同代表)
解体で抽出した素材の高純度化	早稲田大学 所千晴研究室
自動車部品向けに品質を適合させるための再資源化 プロセスの開発、再生材の評価	DIC、UACJ、住友化学、大同特殊 鋼、 東レ、古河電工、三井化学など
再生材を用いた自動車部品評価	豊田合成、トヨタ紡織
プロジェクトマネジメント、二酸化炭素排出量削減 効果の評価支援	野村総合研究所

外部刺激により樹脂にモールドされた 金属の分離の検討

樹脂・金属インサート成形 <マイクロ波加熱>

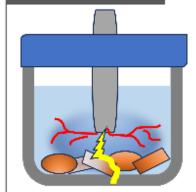
金属の分子を振動させ摩擦熱で 金属温度を加熱させ分離





<電気パルス集合粉砕>

従来電気パルス法



90年代より活発に研究 EUでは市販装置化 水中で電気バルスを連発

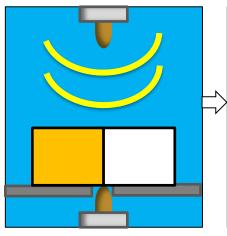
水中放電

- ⇒絶縁破壊の際に生じる 衝撃波を活用
- ⇒岩石や小型家電などを 対象とした破砕・粉砕

ランダムな放電経路 数百回の放電を前提

WASEDA University

電気パルス分解/破砕のメカニズム

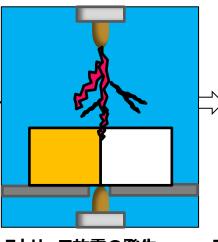


試料に高電圧を印加

→電極間に試料を置き、 高電圧を印加して強電解 をかける。

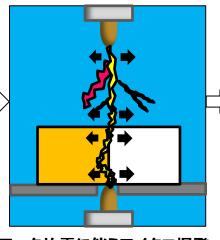


製造: SELFRAG AG



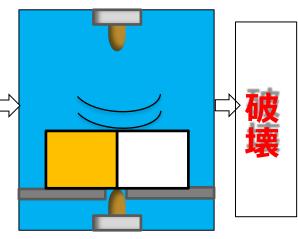
ストリーマ放電の発生

→強電解によって、ストリーマと呼ばれるプラズマ柱が発生する。電気力線に沿って陰極に進展していく。陰極に到達すると、絶縁破壊を引き起こす。



アーク放電に伴うマイクロ爆発 の発生

→到達したストリーマ経路にアーク放電が生じる。アーク放電によって生じたジュール熱による昇華で、電流付近にマイクロ爆発が発生し、界面での引っ張り力が粉砕に寄与する。

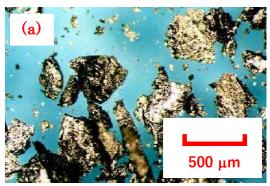


水の衝撃波の発生

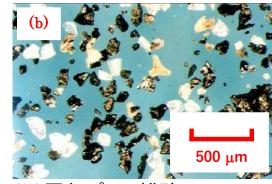
→アーク放電による水中で のマイクロ爆発によって、衝 撃波が発生。試料に衝突し、 圧縮力として粉砕に寄与す る。



10t/hの連続機

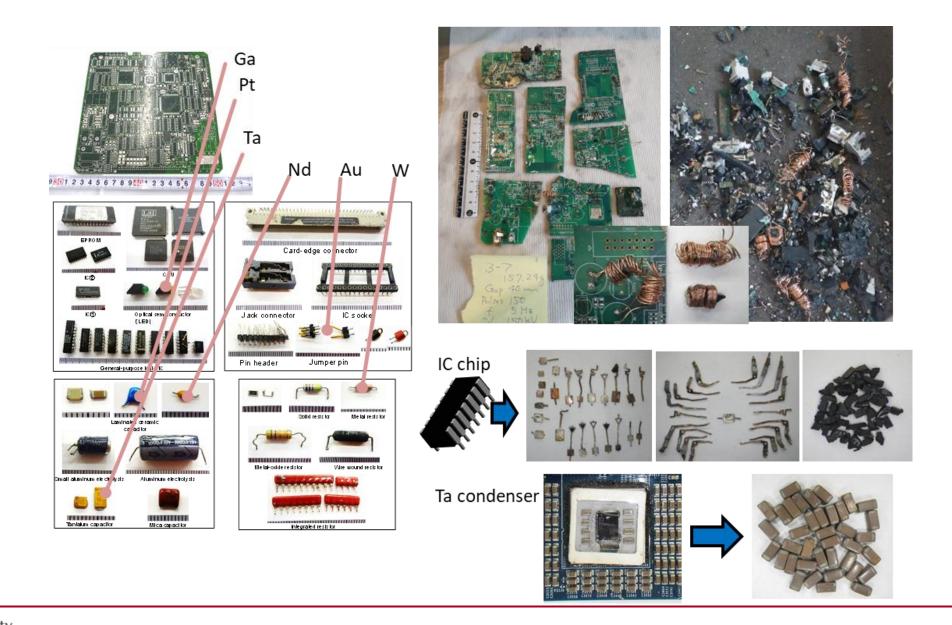


石炭(a)ジョークラッシャー粉砕



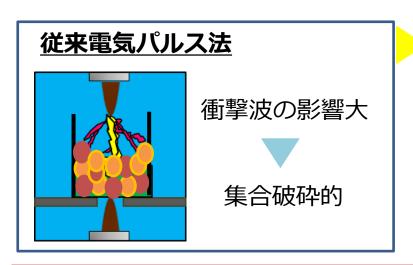
(b)電気パルス粉砕

従来電気パルスの効果



既存法から新規電気パルス法へ

新規電気パルス法による高選択性・高効率な部品・素材分離



衝撃波だけでなく、 大電流やプラズマ 化の機能も最大限 活用

選択的な加熱 選択的な反応 選択的な剥離 選択的な破壊

▼ を可能に

新規電気パルス法 放電経路の制御 液形の制御 熱

精緻な制御

- ・放電経路
- ・電流・電圧波形
- ・繰り返し回数・頻度



多種多様なリユース/リサイクルの目的に合わせた<mark>選択的</mark>な<mark>剥離</mark>を可能に

LiB正極材の選択的な電気的分離



液系LiBセル



正極材捲回体

approx. 80 μm

正極材活物質粒子(NCM+binder+C)

Al 集電箔 (約15 μm)

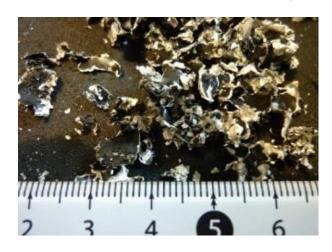
正極材活物質粒子NCM+binder+C)

→AI集電箔への電気パルス照射

ジュール熱による界面加熱

機械的分離 従来の電気的分離

→箔状材料に対する選択的分離は困難





新規電気パルス法*

AI集電箔



正極活物質粒子層

Tokoro, C., et al., Separation of Cathode Particles and Aluminum Current Foil in Lithium-Ion Battery by High-voltage Pulsed Discharge Part I: Experimental Investigation, Waste Manage., 125, 58–66 (2021).

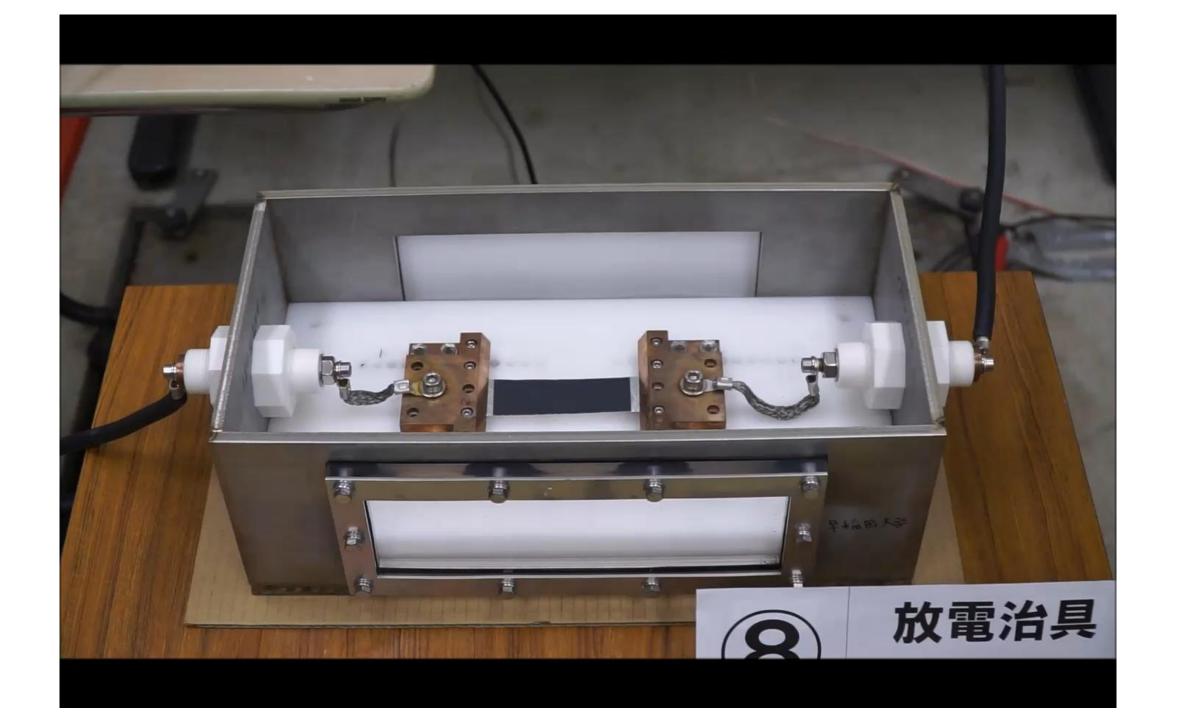
Koita, T., Tokoro, C., et al., Separation and recovery of the active material from Cu foils in lithium-ion battery anodes by electrohydraulic fragmentation using pulsed discharge, Waste Manage., 198, 46–54 (2025) .

Teruya, K., Tokoro, C., et al., Utilization of underwater electrical pulses in separation process for recycling of positive electrode materials in lithium-ion batteries: Role of sample size, Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol., 16(1), e01003 (2022) .

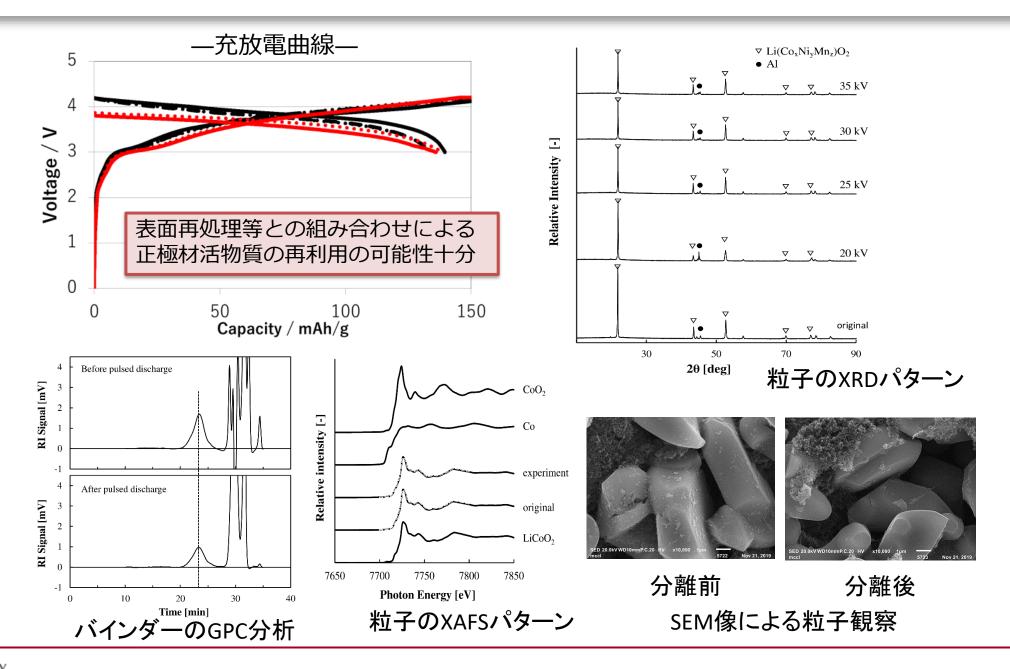
Lim, S., Teruya, K., Mizumoto, F., Asao, M., Koita, T., Namihira, T., Tokoro, C., Comparison of Positive Electrode Separation by Electrical Pulsed Discharge in Underwater and Air Environments, IEEE Trans. Plasma Sci., 50(10), 3625–3634 (2022) .

Nakahara, M., Tokoro, C., et al., Active material layer separation from positive electrodes in lithium-ion batteries by Joule heating during pulsed discharge in air and water, IEEE Trans. Plasma Sci., 1–10 (2025).

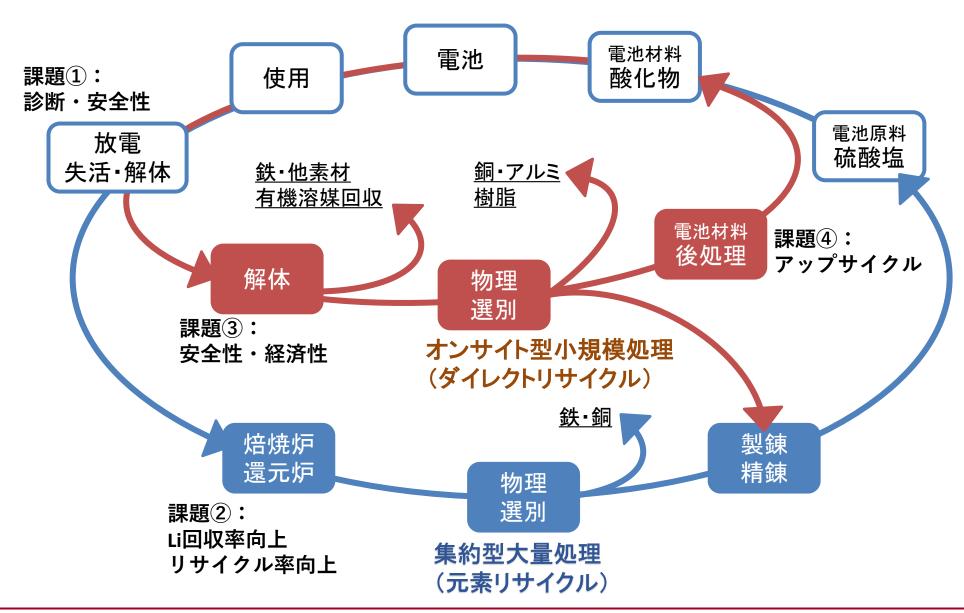
Tokoro, C., et al., Localized degradation influences the separation of cathode active materials from aluminum foil by direct electrical pulsed discharge, J. Mater. Cycles Waste Manag., manuscript in review.



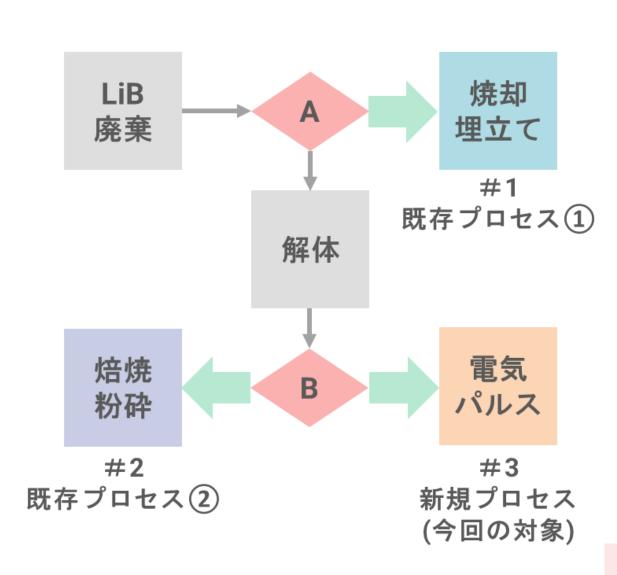
分離後の正極活物質粒子の特性

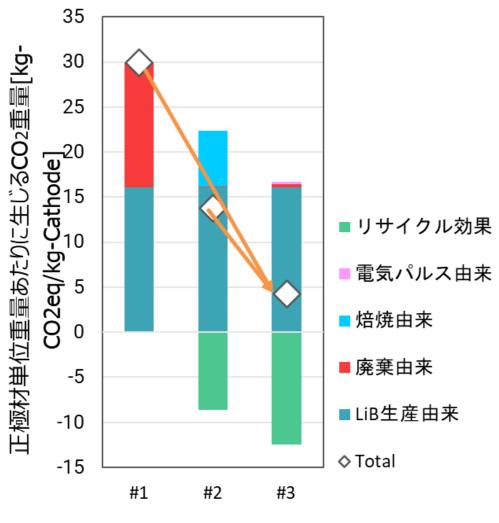


LiB正極材の資源循環の方向性とその課題



ライフサイクル評価(LCA)による新技術評価

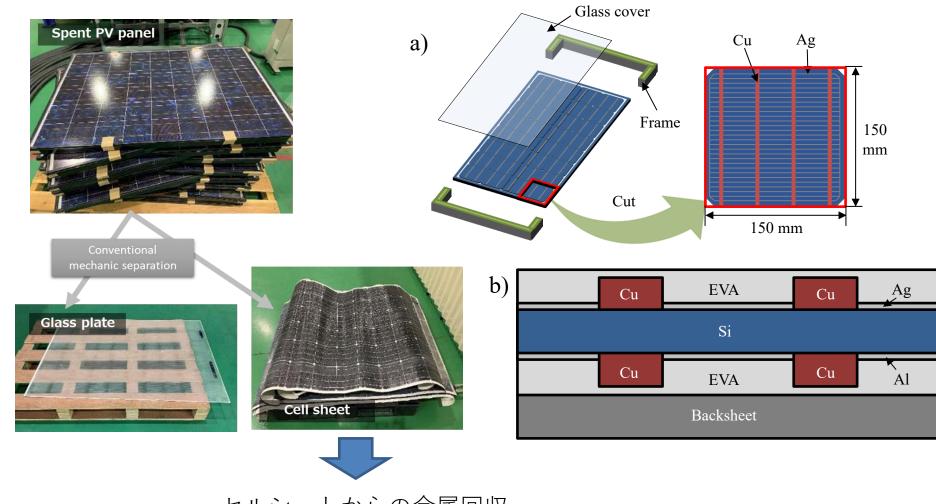




既存プロセスより#3(新規電気パルス法)がLCAから優位だと示された

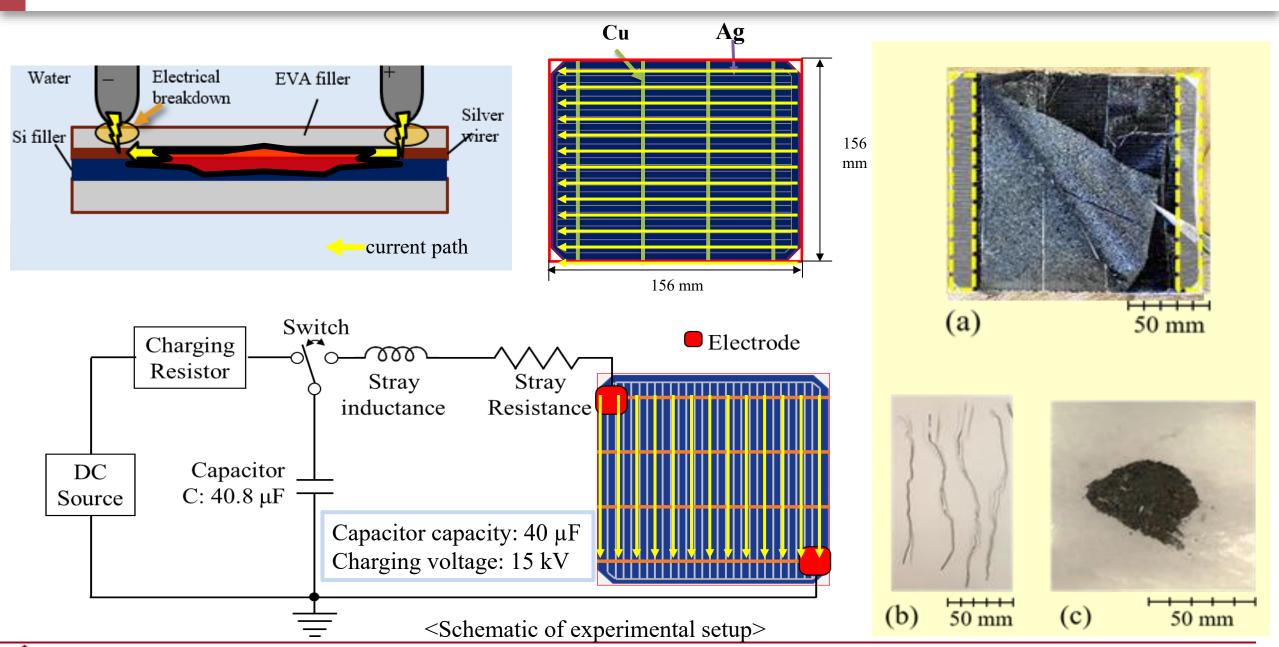
* Kikuchi, Y., et al. (2021). よりデータを再構成

太陽光パネルセルシートからの金属回収

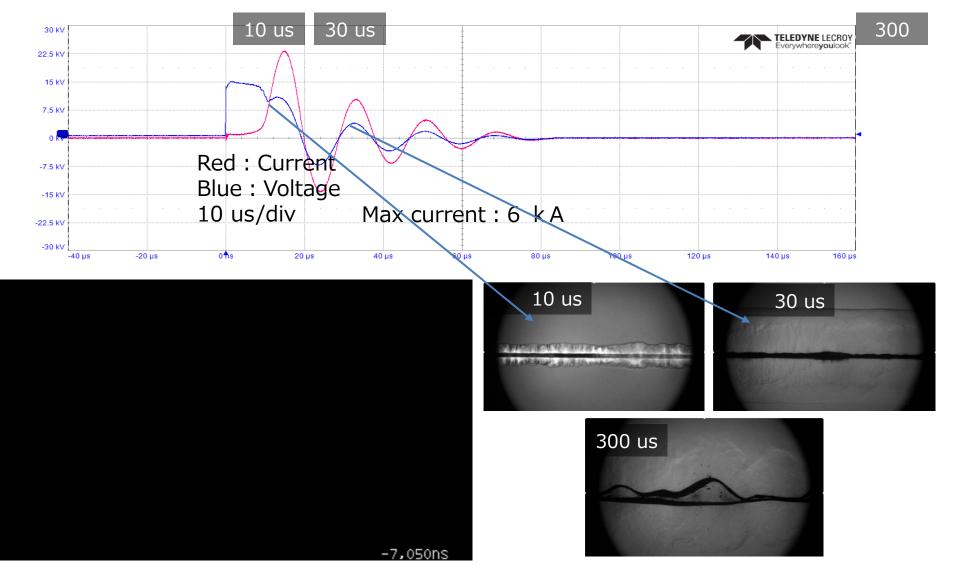


セルシートからの金属回収

太陽光パネルセルシートへの電気パルス印加方法と分離の様子



太陽光パネルセルシートにおける電気パルス放電現象の観察



Tokoro, C., et al., "Copper/Silver Recovery from Photovoltaic Panel Sheet by Electrical Dismantling Method", International Journal of Automation Technology, 14(6), 966– 974 (2020).

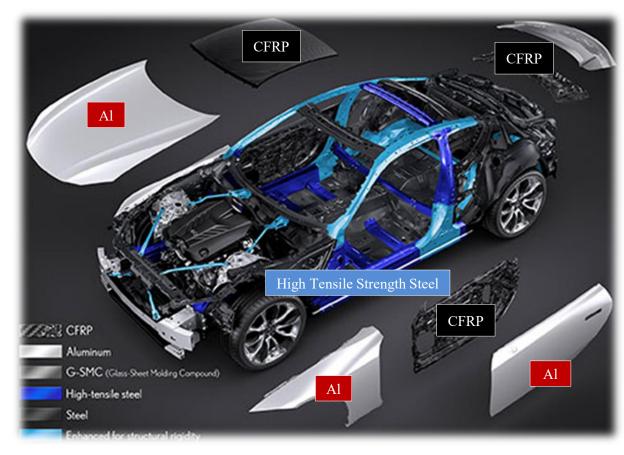
Lim, S., Tokoro, C., et al., "Recovery of silver from waste crystalline silicon photovoltaic cells by wire explosion", IEEE Transactions on Plasma Science, 49(9), 2857–2865 (2021).

Koita, T., Tokoro, C., et al., "Comparison of size distributions of recovered particles generated from Ag wire in air by pulsed wire discharge and electric explosion of wire methods", Advanced Powder Technology, 34(11), 104227, 1–14 (2023).

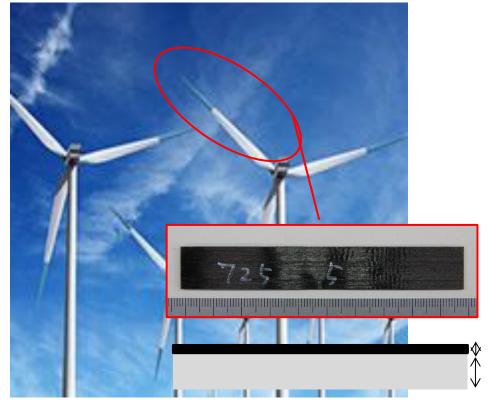
Takaya, Y., Tokoro, C., et al., "Effect of electric pulse treatment on silver recovery from spent solar panel sheet by acid-leaching", Journal of Material Cycles and Waste Management, 26, 2591–2598 (2024).

Heiho, A., Tokoro, C., Kikuchi, Y., et al., "Prospective life cycle assessment of recycling systems for spent photovoltaic panels by combined application of physical separation technologies", Resources, Conservation and Recycling, 192(5), 106922 (2023).

CFRP(炭素繊維強化プラスチック)への電気パルス分離適用



風力発電のタービンブレード



CFRP: 0.3 mm

Steel Plate: 1.0 mm

https://www.lexus.com.bh/lexus-lc-performance-multi-material-body

https://www.adeka.co.jp/develop/laboratory/polymer/

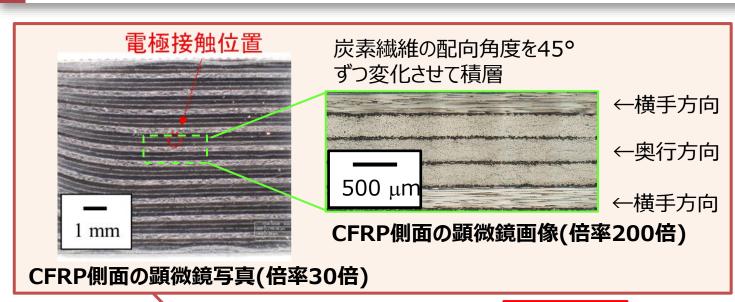
CFRP/GCRPはカーボンニュートラルのための軽量化・高機能素材として重要視されている



しかし、その循環・再生・処理のための分離はますます困難化



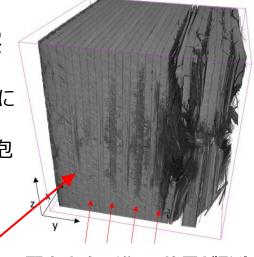
電気パルス外部刺激によるCFRPの粗解体



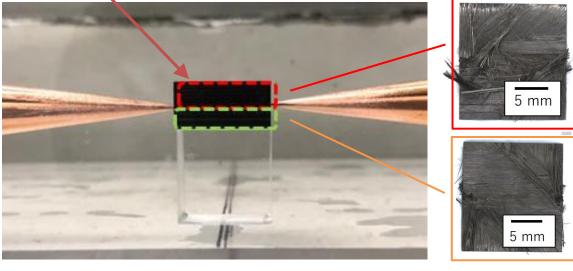


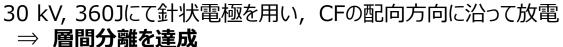
・電極を設置した90°配向層 以外の90°配向層も選択的に 破壊

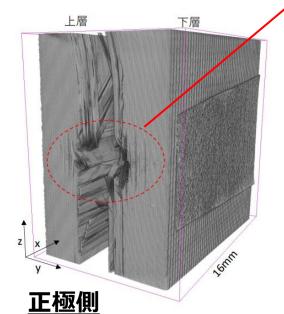
・分離した樹脂には亀裂や気泡の跡

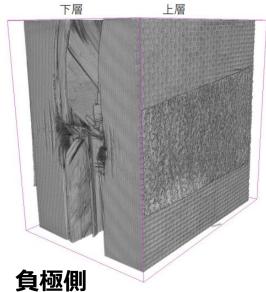


CF配向方向に沿って放電が発生

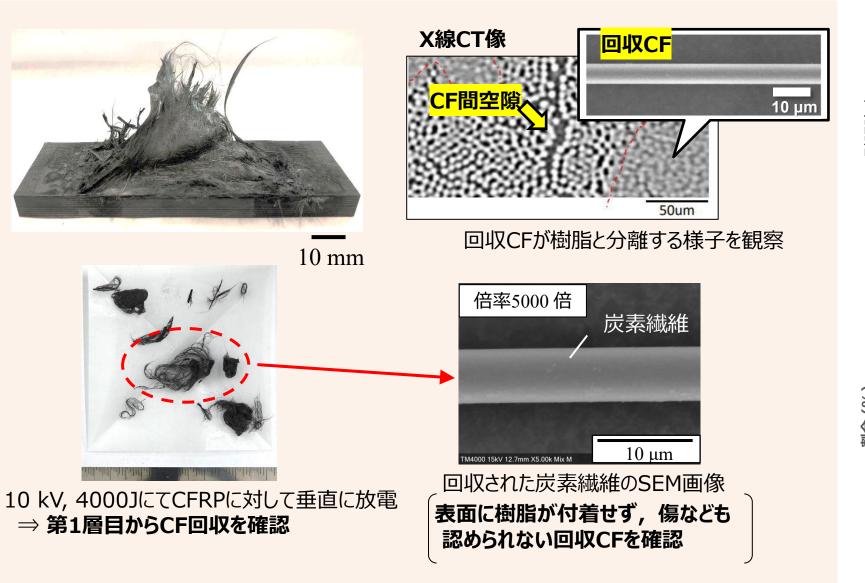


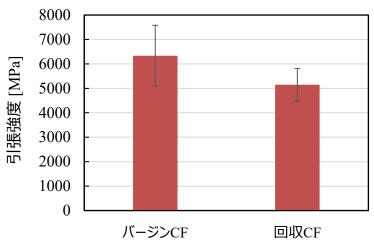




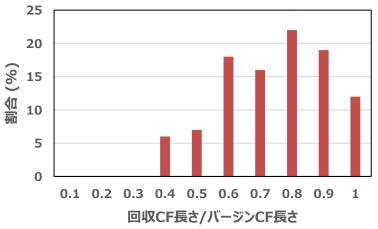


電気パルス外部刺激によるCFRPからのCF回収





回収CFの強度: バージンCFの80%以上を 維持 (熱分解では50%程度まで減少)

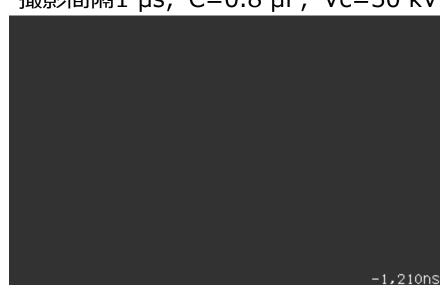


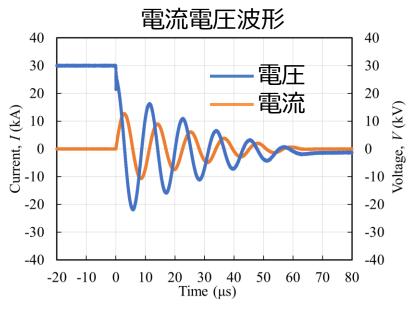
回収CFの長さ:半数以上がバージンCFの長さの80%以上を維持

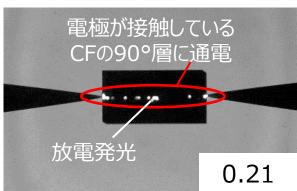
WASEDA University

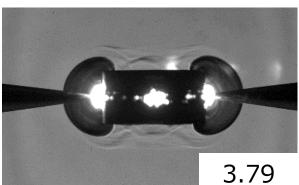
CFRP積層体ブロックへの電気パルス印加高速度ビデオカメラによる可視化

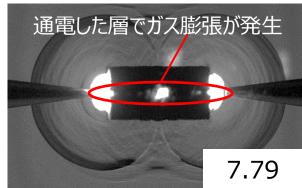
撮影間隔1 μs, C=0.8 μF, Vc=30 kV









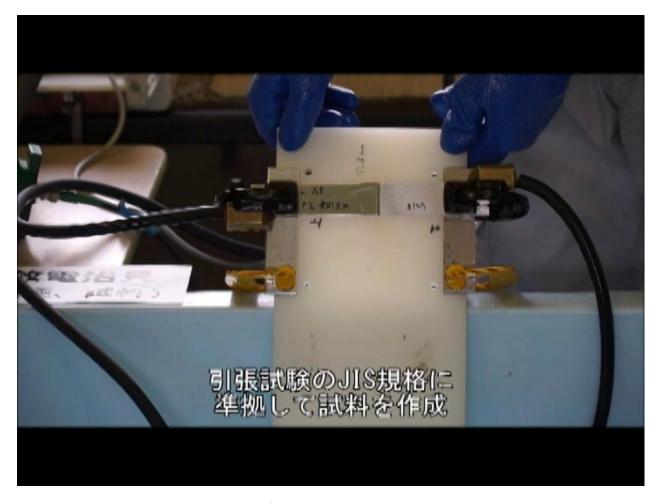


μs

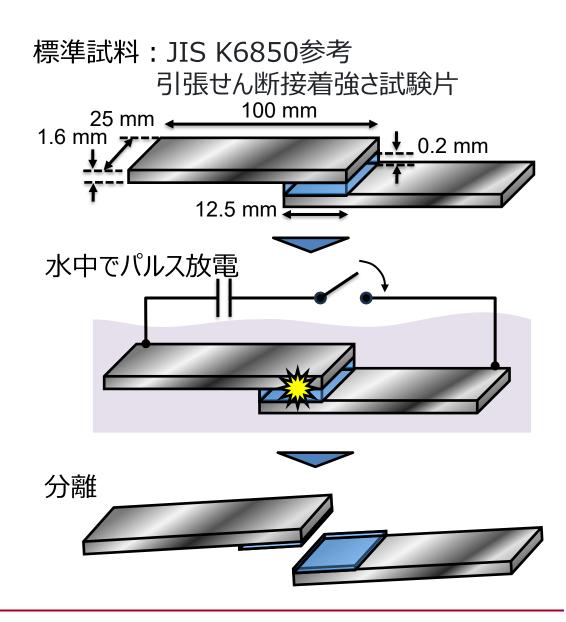
電極を接触させた90⁶層へ通電し、炭素繊維でジュール発熱が発生することで 樹脂が温度上昇し、気化・膨張したことで層間剥離が発生したと考えられる Tokoro, C., Sato, K., Inutsuka, M., Koita, T., "Efficient recovery of carbon fibers from carbon fiber-reinforced polymers using direct discharge electrical pulses", Scientific Reports, 14, 29762 (2024).

Sato, K., Koita, T., Inutsuka, M., Yamaguchi, K., Kimura, M., Tokoro, C., "Disassembly of laminated CFRP using direct pulsed discharge", Composites Part B: Engineering, 297, 112301 (2025)

水中電気パルス法による接着体の分離

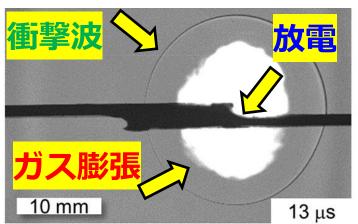


○ 30 MPaのエポキシ接着剤を瞬間的に剥離 △ 水中でないと剥離できない

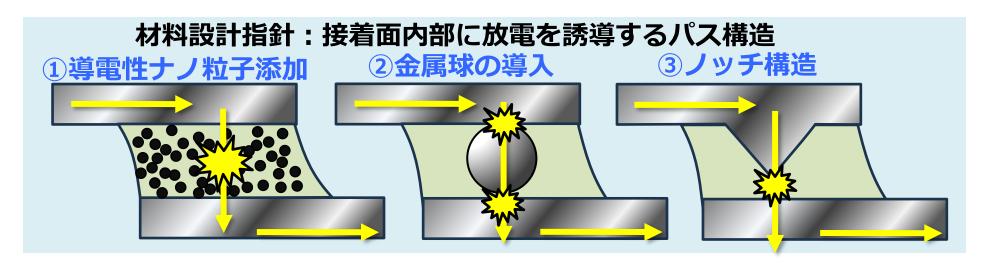


電気パルス分離を想定した易分解設計

空気中での放電



接着面内で放電しなければ剥離しない



M.Inutsuka, C.Tokoro et al. "Electrical properties of adhesives designed for smart debonding by a pulsed discharge method" The Journal of Adhesion. 2023, Vol.99, Issue 13.

M.Kondo, C.Tokoro et al. "Study of the Metal Sphere Explosion Driven by Pulsed Discharge for Separating Adherends"
IEEE Transactions on Plasma Science. 2022, Vol.50, No.11, 4649.

T.Koita, C.Tokoro et al. "Application of simple notch to selective separation of adherend bonded with resin adhesive by pulsed discharge in air" IEEE Transactions on Plasma Science. 2021, Vol.49, No.12, pp.3860-3872.

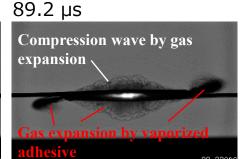
電気パルス法による接着体の分離の様子

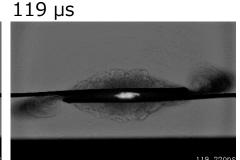
シャドーグラフ法による可視化,High-speed camera: HPV-X2,interval: 5 μs



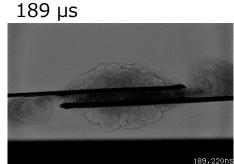
Air Discharge emission (in adhesive)
Fe Fe

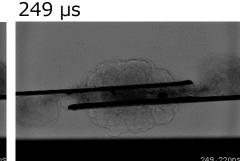
Cathode Anode

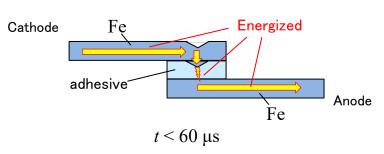


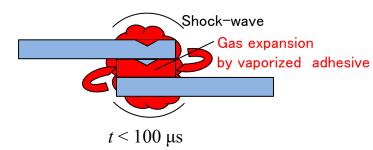


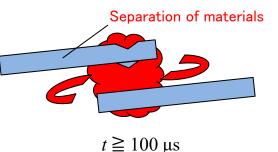
149 µS
Separation of materials











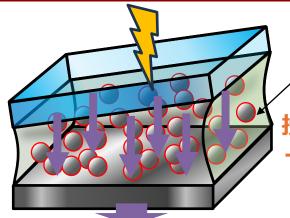
- High voltage application (5 kV)
- · Dielectric breakdown of adhesive
- Joule heating by large current

 Vaporization of adhesive by Joule heating

Separation of materials
 by gas expansion of vaporized adhesive

CREST [分解・劣化・安定化の精密材料科学]

「ナノ粒子凝集分散制御による電気パルス刺激での易分解接着の開拓」



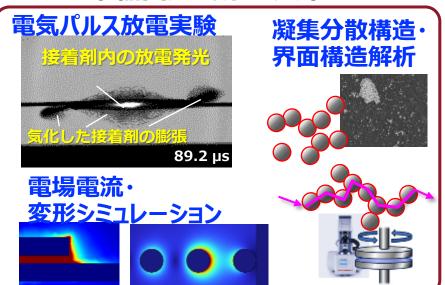
導電性ナノ粒子

接着樹脂内に安定して電流を流す +絶縁破壊で大きな剥離力発生

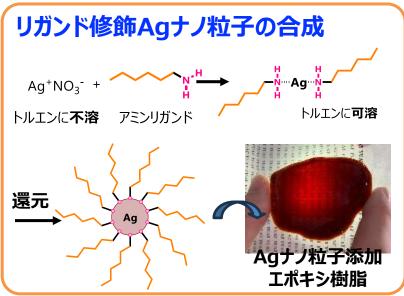
→高接着性と易分解性の両立の実現

- ・構造用接着剤に資する高接着性
- ・機械的刺激・熱的刺激・薬剤添加に比べて 省エネルギー・低環境負荷・高操作性の分離技術確立

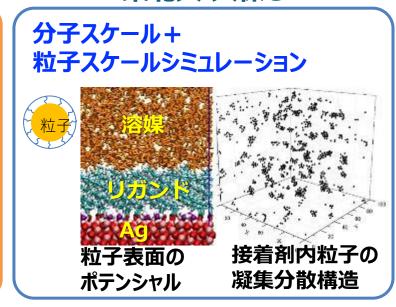
早稲田大 所G·犬束G



農工大 岡田G

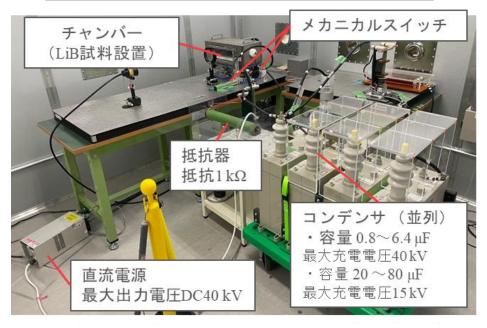


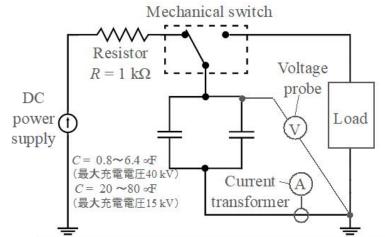
東北大 久保G



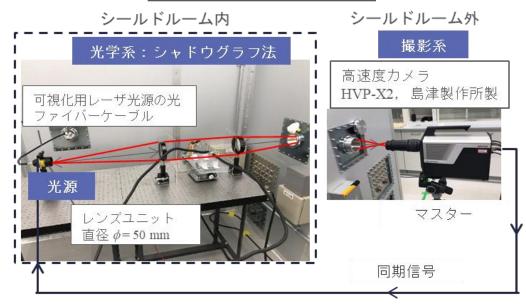
新規電気パルス法の技術開発

電気パルス装置の外観・回路図

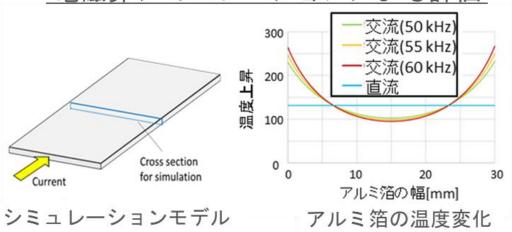




光学的可視化手法



電磁界シミュレーションによる評価

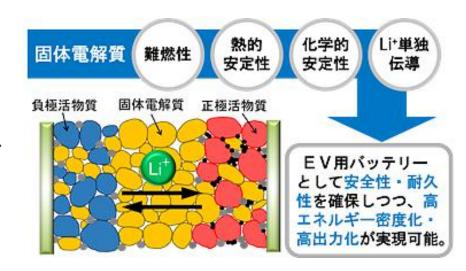


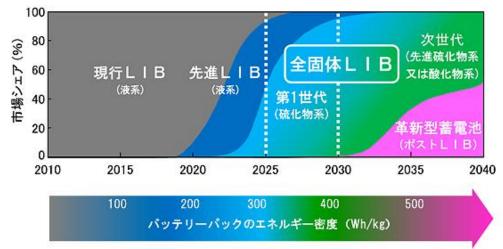
全固体LiBの資源循環上市前から検討(NEDO先進・革新蓄電池材料評価技術開発第2期)

液系LiB



固体LiB





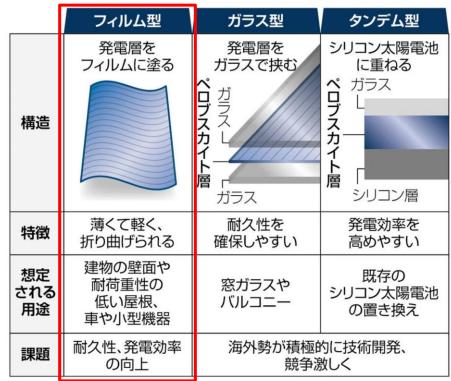
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100968.html

想定される全固体LiB資源循環プロセスの形

- ①液系LiBと同じ工程 (焙焼処理後に酸浸出) にて処理 ⇒現状の乾式・湿式処理プロセスにて金属回収が可能 かを検討
- ②固体電池に特有のプロセスを構築

ペロブスカイト型太陽電池もリサイクル検討開始

https://www.waseda.jp/inst/research/news/80128



(https://www.yomiuri.co.jp/pluralphoto/20240911-OYT1I50154/)

シリコン系太陽電池と最も構造が異なり 新たなリサイクル技術開発が必要

研究概要

看水化学工業 (研究協力者)



マイクロウェーブ

<本研究による具体的な提言>

- ・最適なリサイクルプロセス確立に向けた技術開発の方向性
- 資源循環性を兼ね備え競争力を高めた製品の易解体設計 への指針

サブテーマ1:早稲田大学 所千晴(研究代表者)

リサイクルプロセス開発の方向性検討および易分解設計へのフィードバック

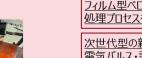
次世代型分離 プロセス

電気パルス装置

・電気パルス,マイクロ波による誘電加熱,誘導加熱等



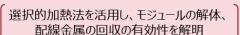
連携



現行のリサイクルプロセスを活用した フィルム型ペロブスカイト太陽電池の 処理プロセスを確立

次世代型の新規分離技術として, 電気パルス・誘電加熱・誘導加熱を 検討し、有効性を示す.

高度資源循環達成を補完する易解 体設計の指針を提案



サブテーマ2:東京大学 髙谷雄太郎

物理的分離を主軸としたリサイクルプロセス検討

物理的分離 プロセス

·粉砕,分級,比重選別, 渦電流選別,磁選等

ボールミル



各種物理選別による有害物質、金属、 樹脂の分離を定量的に検証

サブテーマ3:早稲田大学 神谷秀博

化学的分離を主軸としたリサイクルプロセス検討

化学的分離 プロセス

·加熱,浸出等

分離回収

鉛、銅、ヨウ素、 低分子量カンチオンポリマー 微量希元素

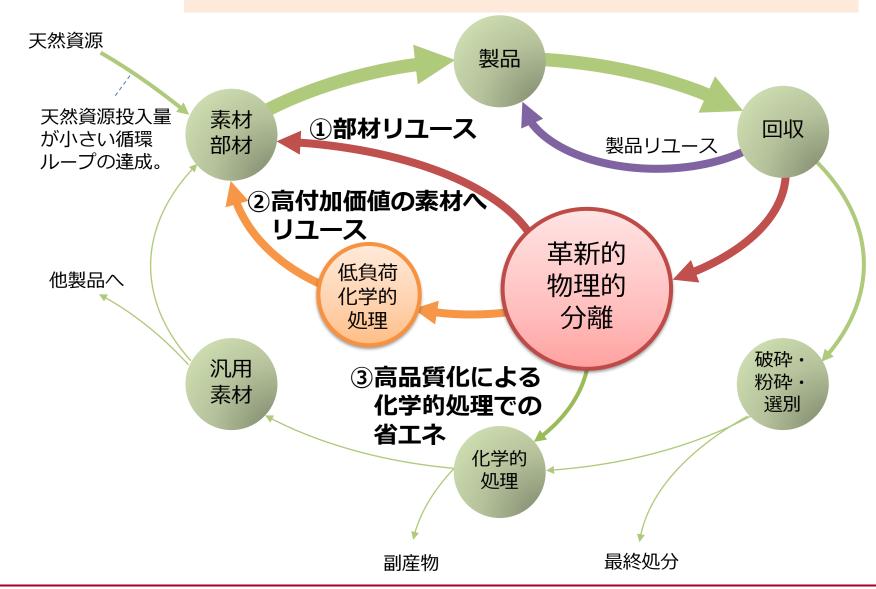
溶出条件、加熱条件、雰囲気などが 分離挙動に与える影響を解明

事務局(協力機関):早稲田大学アカデミックソリューション



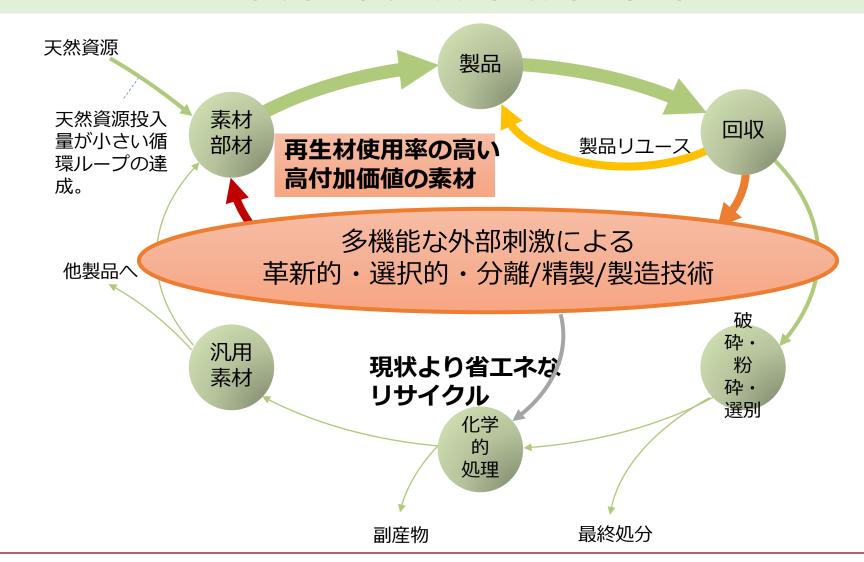
内側の資源循環ループ創成でサーキュラーエコノミー実現へ

太く短い多重ループによる循環生産システムの構築



リサイクルからリソーシングへ

選択性を有するワンプロセス分離・精製・製造技術,多機能な外部刺激による 経済性を有する資源循環技術の新規開発





場の構築:循環バリューチェーンコンソーシアム Circular Value Chain Consortium (略称: CVC)



持続可能な社会の実現に向け、

Well-beingの向上と資源消費・環境負荷低減を両立させる、 資源循環技術の研究・開発と社会実装のための活動を 産官学協力して行う場の創出を目指しています。

プロセス技術とシステム技術の 両面で取組み、 循環バリューチェーンの構築、

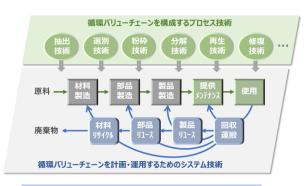


会員限定セミナー

運用を目指します。

- ◆業界を超えた会員間の 課題共有
- **◆事例·最新動向**共有
- ◆チュートリアルセミナー
- ◆課題解決に向けた議論
- ◆ネットワーキング交流会
- ◆学生ポスターセッション

会員企業施設見学



公開シンポジウム

- ◆産官学 最新動向共有
- ◆ネットワーキング交流会



◎ 発起人/アドバイザー

それぞれの技術に造詣の深いアドバイザーの協力を得ながら、事業者間の交流を推進します。



会長 所 千晴 早稲田大学







天沢 逸里 早稲田大学 准教授



小林 英樹 大阪大学大学院



犬束 学 早稲田大学 准教授



早稲田大学

中村 昌弘 早稲田大学



早稲田大学

SOLAR FRONTIER

RIKEN TEGLETOS

小野田 弘士 東京大学大学院







早稲田大学



山口 勉功 早稲田大学

正会員·賛助会員

ADEKA

企業: 61 団体: 6 2025年3月現在 順不同

TEPCO

Maintech



DENSO

















Cominix







経済産業省













参考図書 - 著書紹介(所千晴) -



所 千晴

早稲田大学理工学部卒業。

東京大学大学院工学系研究科にて博士(工学)を取得。

専門は資源循環工学・化学工学・粉体工学。

早稲田大学理工学術院 助手、専任講師、准教授を経て2015年より教授。

早稲田大学では創造理工学部教務主任、理工学術院長補佐、ダイバーシティ推進室長を歴任。

カーボンニュートラル社会研究教育センター副所長、高等研究所副所長を歴任。

2024年9月より創造理工学部長・研究科長。

クロスアポイントメントにて東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授、

東京大学生産技術研究所特任教授を兼担。

JX金属株式会社社外取締役・株式会社テクセンドフォトマスク社外取締役を兼担。

日本学術会議第24期・第25期会員、第26期連携会員。

経産省、環境省、文科省、国交省、人事院、東京都、JST、NEDO、JOGMEC等の各種委員を歴任。

化学工学会、粉体工学会、資源・素材学会、環境資源工学会、エコデザイン推進機構,

資源環境センター、近藤記念財団等理事を歴任。

現在、JST・CREST, 東京都事業, NEDO先導事業等の研究代表者、20を超える企業との 共同研究実施中。

循環バリューチェーンコンソーシアム会長。





TOP

研究内容

▶ 研究業績

メンバー

進路

メインターン

▼ インタビュー

講演会

」 講義資料

実験動画

■ GR研究会関連論文集



所千晴 mail: tokoro@waseda.jp

所研究室 URL:

http://www.tokoro.env.waseda.ac.jp/

コンソーシアムお問い合わせ



早稲田大学循環バリューチェーンコンソーシアム事務局 (早稲田大学オープンイノベーション戦略研究機構内)

〒162-0041 東京都新宿区早稲田鶴巻町513 早稲田大学121号館 1階101事務所内

Language: Japanese/English

Email: cvc-contact@list.waseda.jp (早稲田大学 所研究室内 藤平)

HP: https://cvc.smartcore.jp/