

事業者との連携による リサイクルへの取組み ～地域循環共生圏の形成を目指して～



三重県工業研究所
ものづくり研究課

主幹研究員 村山正樹

Contents

1. 三重県工業研究所の紹介
2. 地域循環圏の形成に向けた産業廃棄物等に関する調査研究事業
3. 事業者との連携によるリサイクルへの取組み事例紹介

1.三重県工業研究所の紹介

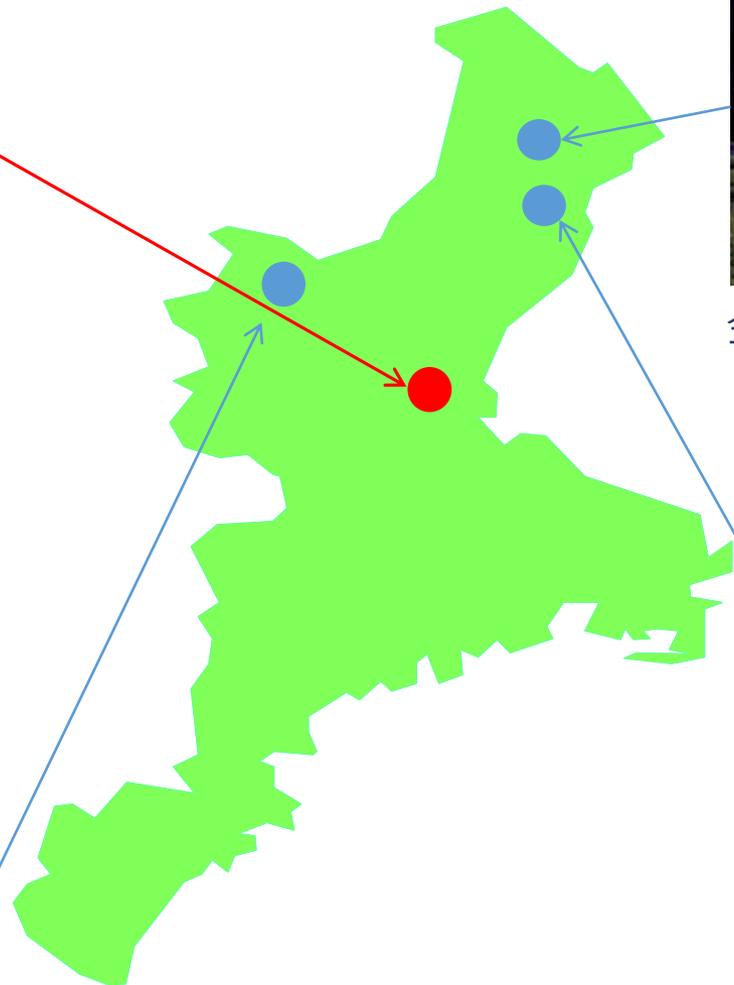
三重県工業研究所



本所 (津市高茶屋5-5-45)
企画調整課
プロジェクト研究課
エネルギー技術研究課
ものづくり研究課
電子機械研究課
食と医薬品研究課



窯業研究室伊賀分室 (伊賀市丸柱474)



金属研究室
(桑名市大字志知字西山208)



窯業研究室
(四日市市東阿倉川788)

令和2年4月現在
正規職員数57 (うち研究員50)

工業研究所 本所各課の紹介

企画調整課

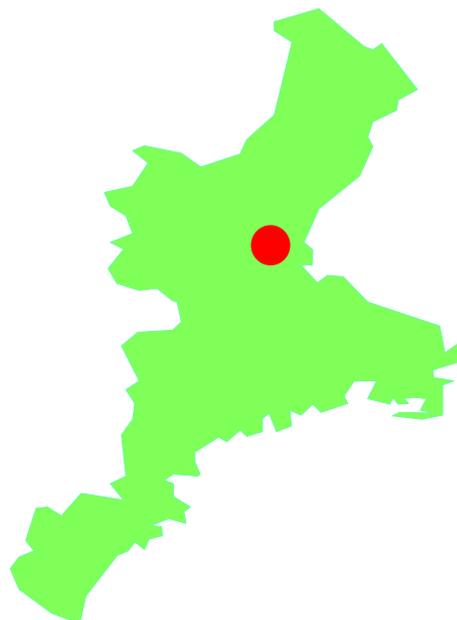
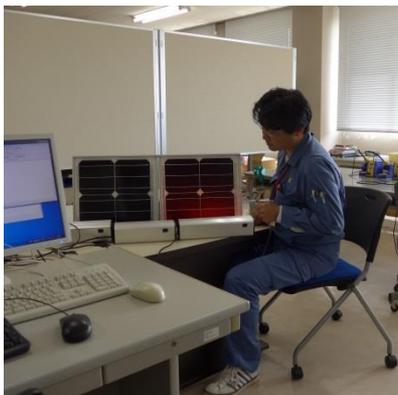
- 企画，総務業務

プロジェクト研究課

- 企業，支援機関との連携
(共同研究等)

エネルギー技術研究課

- エネルギー技術の試験
研究，技術支援



食と医薬品研究課

- 食品及び発酵食品の試験研究，
技術支援
- 薬事関連の試験研究・技術支援



ものづくり研究課

- 機械・金属加工等基盤技術の試験研究，
技術支援
- 有機・無機材料の試験研究，技術支援



電子機械研究課

- 電子関連技術の試験研究，
技術支援
- 医療機器及び福祉用具の試
験研究，技術支援



主な業務内容

1.技術支援

県内産業界の技術上の課題解決をはかるために、企業訪問による技術ニーズの把握や、依頼試験、試験機器の開放等による技術支援を実施。

2.開放機器・依頼試験

工業研究所の設備を有料で開放。開放機器数は223機種。また、試験等手数料条例に従い、依頼試験も実施。

3.人材育成

中小企業・小規模企業の技術者育成を支援するために、陶磁器・鋳物分野をはじめ、電子・機械、医薬品・食品やコンクリート材料等の分野を対象として、研修講座や技術セミナーを実施。

4.共同研究・受託研究

事業者等と研究課題を分担する共同研究を実施。共同研究には、「ニーズ対応型（課題解決型・産業廃棄物等活用型に区分）」、「シーズ促進型」の2つの型式に区分。また、委託者の研究開発を推進することを目的に受託研究を実施（経費は申請者負担）。

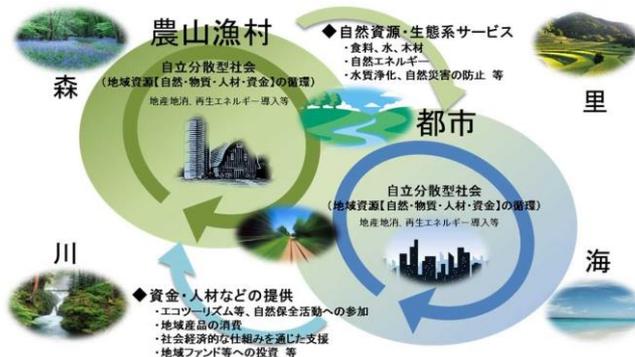
2. 地域循環圏の形成に向けた 産業廃棄物等に関する調査 研究事業

地域循環圏の形成に向けた産業廃棄物に関する調査研究事業【H29-R2】

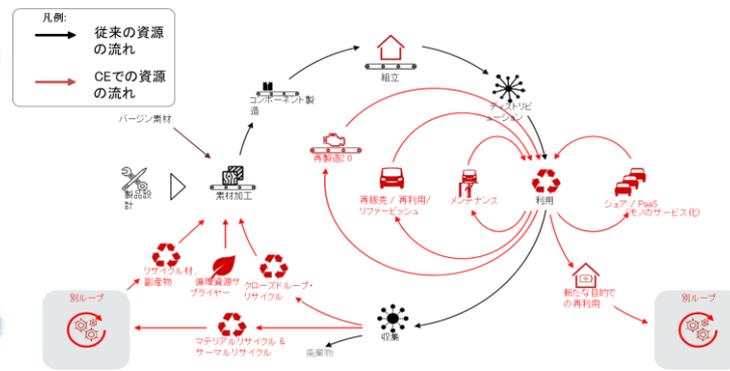
【事業の背景】 廃棄物問題の顕在化や環境配慮に関する意識（要請）の高まり



SDGs



地域循環共生圏の創造



循環経済 (サーキュラーエコノミー)

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/sdgs_gaiyou_202009.pdf

https://www.env.go.jp/seisaku/list/kyoseiken/pdf/kyoseiken_01.pdf

<https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200522004/20200522004-1.pdf>

環境活動としての3R → 経済活動としての循環経済

【事業の目的】 各種産業廃棄物の調査研究を実施し，製品の実用化などに取り組むことにより，地域循環共生圏の形成に貢献する。

【事業の概要】

本事業の対象範囲(工業研究所)

実用化への取組み (産官学連携)

廃棄物調査

- 企業訪問
- ・ヒアリング
- ・サンプル入手

分析評価

- サンプルの分析・評価
- ・分析後，実用化の可能性の有無について検討
- (有れば，次の段階)
- ・一部，保健環境研究所へ委託

可能性試験

- 実用化の可能性を探るための一実験
- ・リサイクル材としての適用性などについて検討
- (有れば，次の段階)

技術支援事業

- ・可能性試験を更に進めた実験を行い，共同研究などの可否を判断

共同研究・競争的資金の獲得

- ・実用化に向けた本格的な研究を実施
- ・大学などとの連携

学会発表などによる情報提供・意見交換

廃棄物の情報提供，企業間マッチング

実用化

持続可能な開発目標 SDGs

2015年9月の国連サミットで全会一致で採択。「誰一人取り残さない」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のため、2030年を年限とする17の国際目標。
(その下に、169のターゲット、232の指標が決められている。)

(①貧困)



(②飢餓)



(③保健)



(④教育)



(⑤ジェンダー)



(⑥水・衛生)



(⑦エネルギー)



(⑧成長・雇用)



(⑨イノベーション)



(⑩不平等)



(⑪都市)



(⑫生産・消費)



(⑬気候変動)



(⑭海洋資源)



(⑮陸上資源)



(⑯平和)



(⑰実施手段)



地域循環共生圏

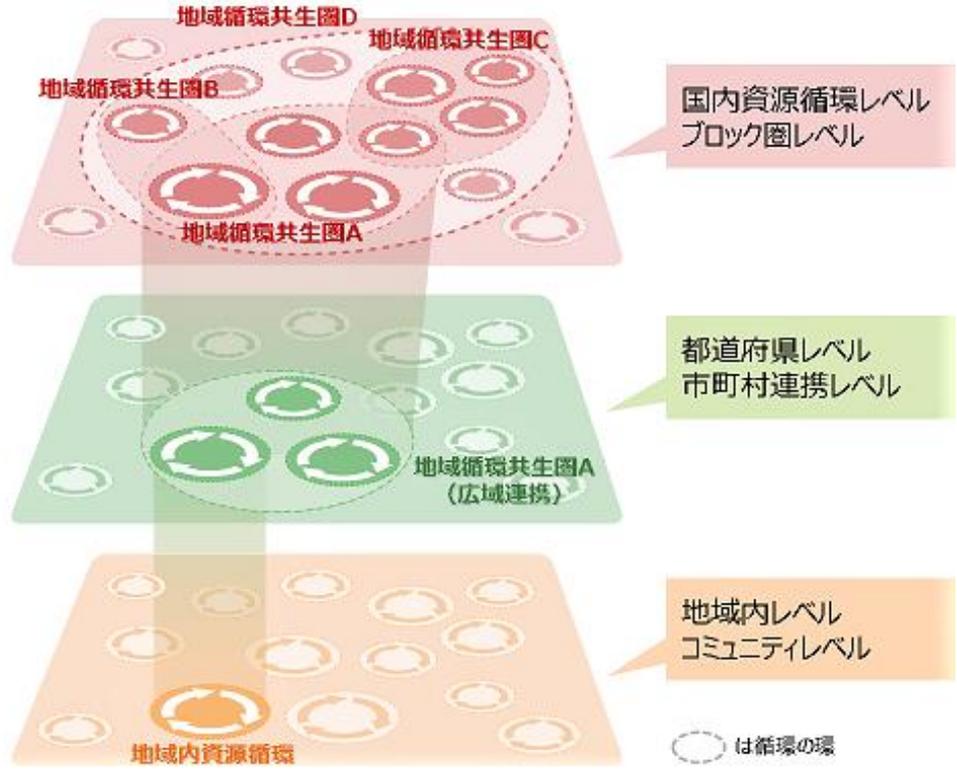
(環境省HP) 第五次環境基本計画の概要ほかより抜粋
https://www.env.go.jp/seisaku/list/kyoseiken/pdf/kyoseiken_01.pdf
http://www.env.go.jp/recycle/circul/area_cases/attach/tebiki_mat_01.pdf



- ・循環型社会の形成には、**地域の特性や循環資源の性質に応じ、最適規模の循環形成が重要。**
- ・地域循環共生圏の形成には、**地域で循環可能な資源はなるべく地域で循環させ、それが困難なものは物質が循環する環を広域化させていき、重層的な地域循環を構築していくことが重要。**

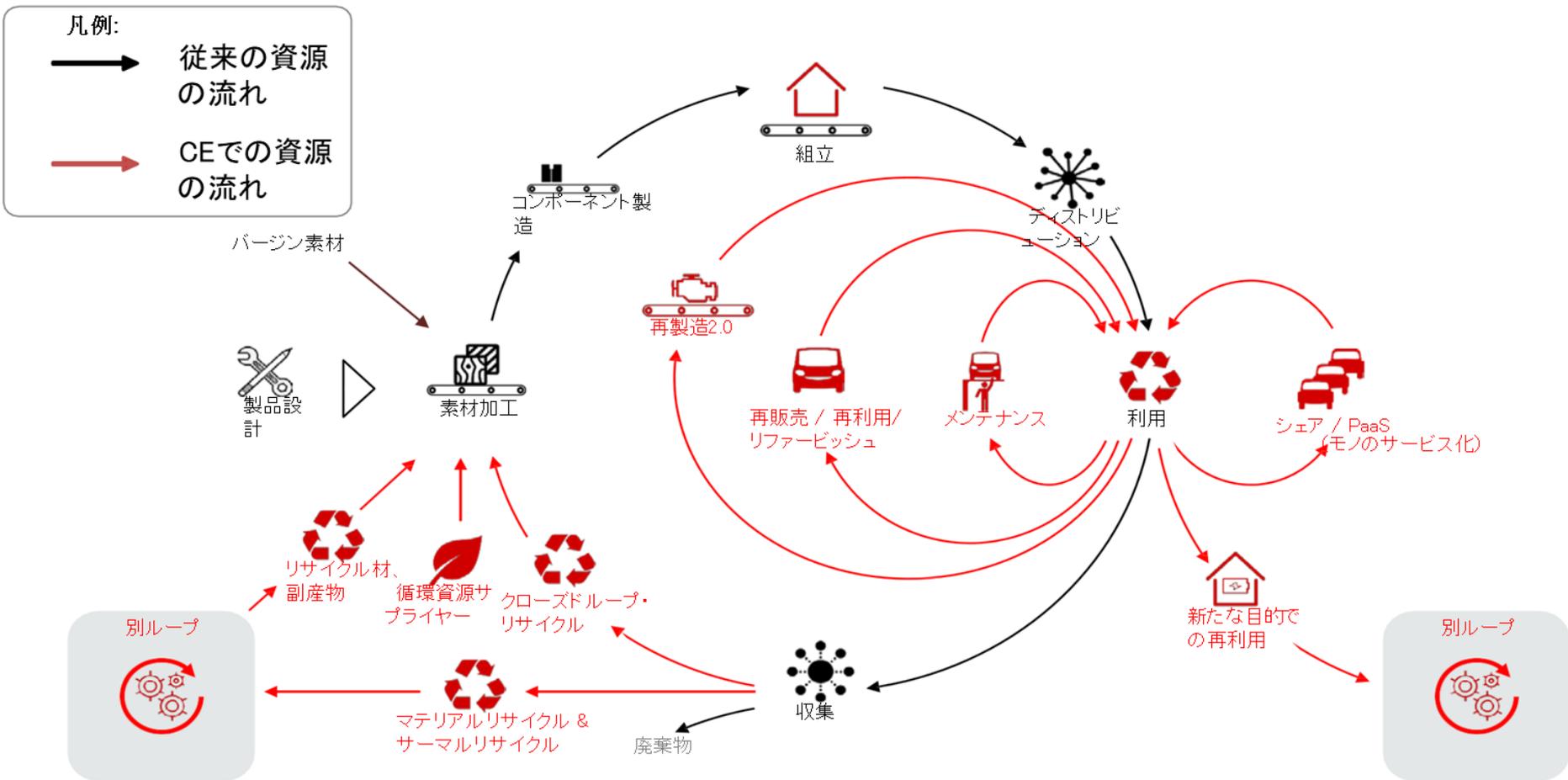
地域循環共生圏の創造

地域循環共生圏の機能



循環経済

- ・線形経済：大量生産・大量消費・大量廃棄の一方通行※の経済
 ※調達，生産，消費，廃棄といった流れが一方向の経済システム
- ・循環経済：あらゆる段階で資源の効率的・循環的な利用を図りつつ，付加価値の最大化を図る経済



- ・環境活動としての3R⇒**経済活動**としての**循環経済**への転換
- ・グローバルな市場に循環型の製品・ビジネスを展開していくことを目的に，経営戦略・事業戦略としての**企業の自主的な取組**を促進

地域循環圏の形成に向けた産業廃棄物に関する調査研究事業【H29-R2】

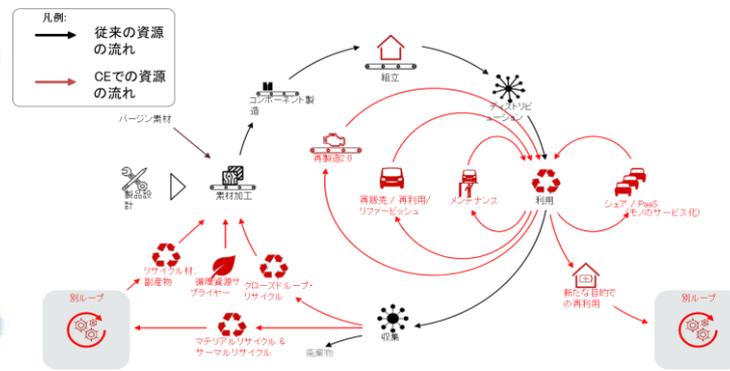
【事業の背景】 廃棄物問題の顕在化や環境配慮に関する意識（要請）の高まり



SDGs



地域循環共生圏の創造



循環経済 (サーキュラーエコノミー)

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/sdgs_gaiyou_202009.pdf

https://www.env.go.jp/seisaku/list/kyoseiken/pdf/kyoseiken_01.pdf

<https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200522004/20200522004-1.pdf>

環境活動としての3R → 経済活動としての循環経済

【事業の目的】 各種産業廃棄物の調査研究を実施し，製品の実用化などに取り組むことにより，地域循環共生圏の形成に貢献する。

【事業の概要】

本事業の対象範囲(工業研究所)

実用化への取組み (産官学連携)

廃棄物調査

- 企業訪問
- ・ヒアリング
- ・サンプル入手

分析評価

- サンプルの分析・評価
- ・分析後，実用化の可能性の有無について検討
- (有れば，次の段階)
- ・一部，保健環境研究所へ委託

可能性試験

- 実用化の可能性を探るための一実験
- ・リサイクル材としての適用性などについて検討
- (有れば，次の段階)

技術支援事業

- ・可能性試験を更に進めた実験を行い，共同研究などの可否を判断

共同研究・競争的資金の獲得

- ・実用化に向けた本格的な研究を実施
- ・大学などとの連携

学会発表などによる情報提供・意見交換

廃棄物の情報提供，企業間マッチング

実用化

採取したサンプルの例



廃カーペット



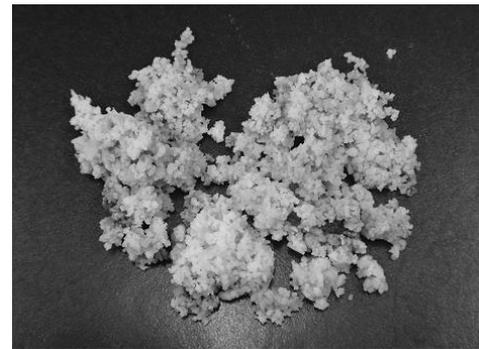
廃プラスチックペレット



廃プラ繊維（漁網など）



RPF



廃ゴム類



廃木材（建築廃材）



現場発生木材



廃コーヒー豆



野菜廃材



おからかす



甘夏みかん皮



廃菌床（キノコ）

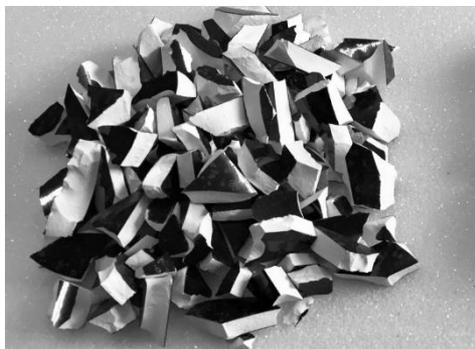
採取したサンプルの例



コンクリートがら



廃サイディングボード



陶磁器くず



液晶ガラス廃材



溶融スラグ



廃石こう



セメントスラッジ



アスファルト廃材



砂利洗浄汚泥



木質バイオマス燃焼灰



スラグ (金属)



外装材廃材 (木質)

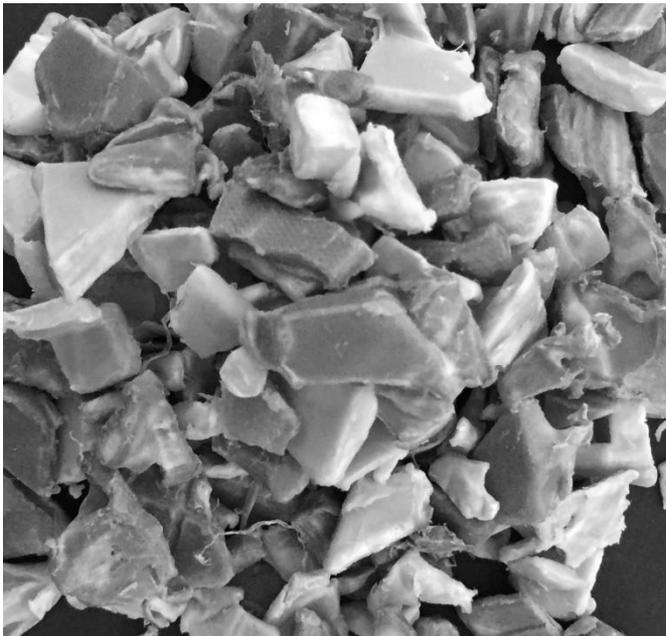
実施した主な内容(H29～R元年度まで)

1. 企業訪問件数：**74社**（H29年度24社,H30年度25社,
R元年度25社）
2. 廃棄物サンプルの採取件数：**42件**(H29年度14件,
H30年度15件,R元年度13件)
3. 試験トライ実施件数：**14件**(H29年度5件,H30年度5件,
R元年度4件)
4. 技術支援実施件数：**9件**（H29年度3件, H30年度3件,
R元年度3件）
5. 共同研究実施件数：**4件**(H29年度1件,H30年度1件,
R元年度2件)
6. 認定リサイクル製品登録申請支援件数：**2件**(2社登録済)
7. 成果の公表・情報発信件数(廃棄物資源循環学会,日本化学
会などの学会等発表件数)：**10件**(H29年度1件,H30年度
4件,R元年度5件)

3.事業者との連携による リサイクルへの取組み 事例紹介

取組み事例1

1. 企業名：株式会社アイテクノス 様（いなべ市員弁町）
2. 対象となる廃棄物：廃プラスチック
3. 事業内容：再生プラスチック製品の製造
4. 支援内容：廃棄物および製品の分析評価など

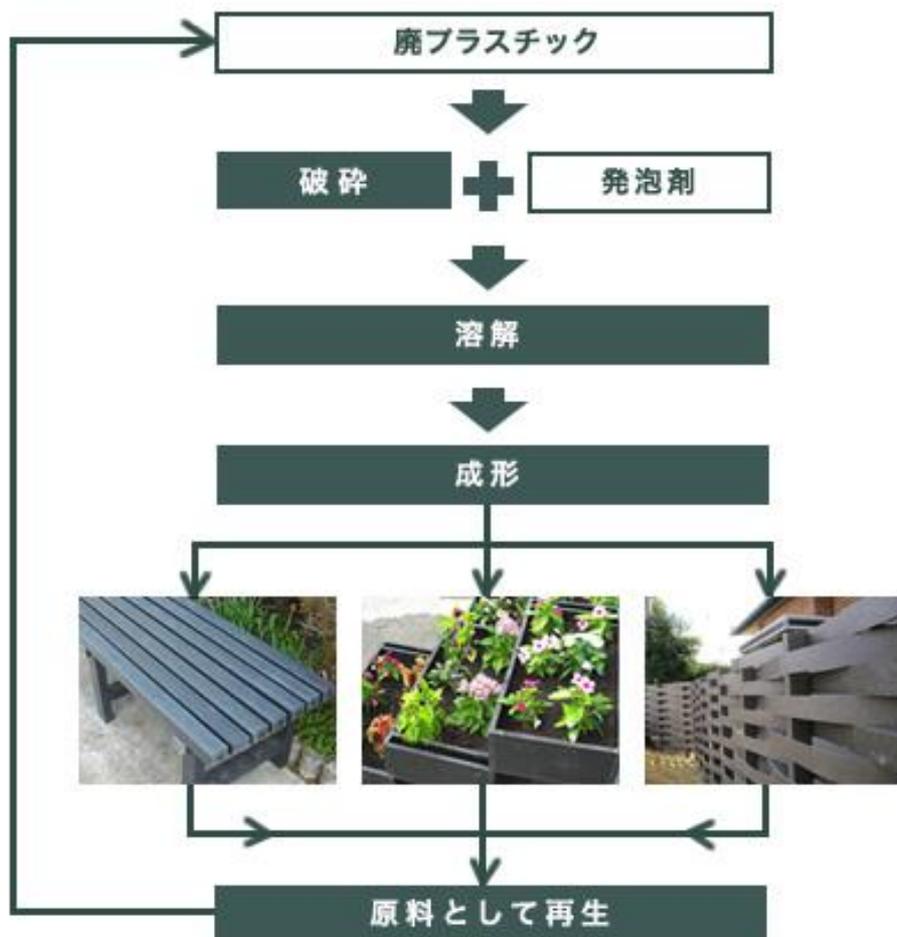


廃プラスチック



再生プラスチック製品

製品製造の流れ



製造のフロー図

製品の主な用途

- 建築資材(角材, 板材)
- 畜産業向け建築資材(床, 壁など)
- 農業資材(防草シートなど)
- 屋外用資材(現場養生, BMX場など)
- パレット, 屋外用家具, 日用品など

三重県認定リサイクル製品に認定

認定年月日：令和元年12月6日

認定番号：建-178

品目名：リサイクルプラスチック製品

製品名：リプラウッドパネル

主な用途：ブロック工裏型枠
養生用パネル

三重県認定リサイクル製品

リサイクルプラスチック製品 **建-178**

リプラウッドパネル

再生樹脂 (PE・PP・PS・ABS) 混合物品
ブロック工裏型枠、養生用パネル

再生資源等の割合	100%
再生資源等の県内割合	50%以上



認定日：令和元年12月6日

(株)アイテクノス

いなべ市員弁町東一色2140-1
TEL：0594-74-2181 FAX：0594-74-3857
<http://www.aitechnos.com/>

生産方法

再生樹脂 (PP・PE等) を混合 (混練) して乾燥後、押出成形して製造しています。

製品特長

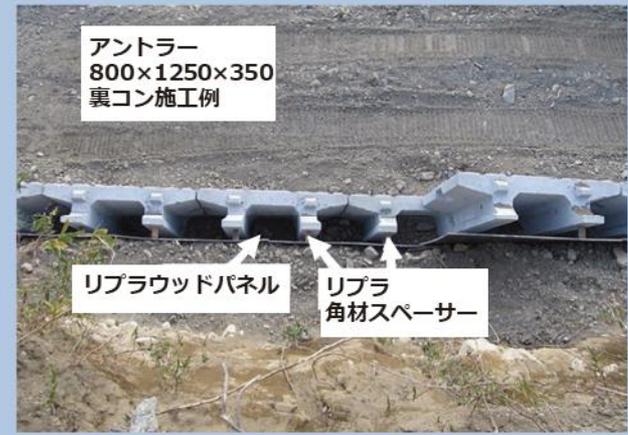
100%再生樹脂を使用して製造した製品で、木材製の養生用パネルの代替として使用できます。また、木と同様に加工が簡単にできます。

リサイクル製品の認定基準：

1. 県内で生産・加工されている
2. 使用する**再生資源等の県内発生割合が50%以上**
(企業間マッチング)
3. 生産工場等では環境の保全に関する法令が遵守されている
4. 製品の品質及び安全性が基準に適合することなど

使用例

- 仮設道路工事や土壌仮置場での養生材として
- ブロック工の裏型枠として



(三重県認定リサイクル製品パンフレット)

<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000877674.pdf>

取組み内容(廃プラスチック評価および製品試作の例)

材料評価



製品試作の例



(耐衝撃性能を向上させた製品についても検討)



電線・ガス管などの地中埋設時に用いる保護板

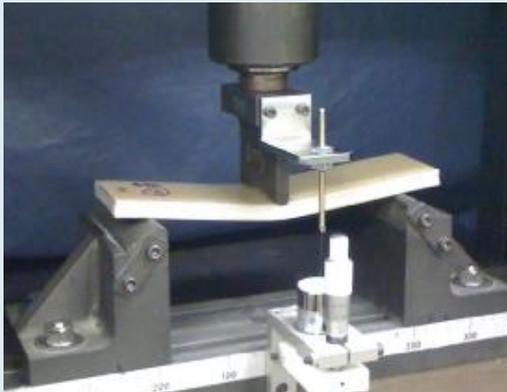
取組み内容(リサイクル製品に関する評価)

実施した試験の例

項目	試験方法
比重 [g/cm ³]	液中ひょう量法
加熱寸法変形率 [%]	K6767
耐薬品性 (1wt%硫酸 および飽和水酸化カルシウム水溶液)	K7114
耐油性 (ケロシンおよびディーゼルエンジンオイル)	
曲げ強さ [MPa]	K7171
曲げ弾性率 [MPa]	
引張強さ [MPa]	K7161
10%圧縮強度 [MPa]	K7220
シャルピー衝撃強さ	K7111
赤外分光光測定	1回反射型ATR



引張試験片の例



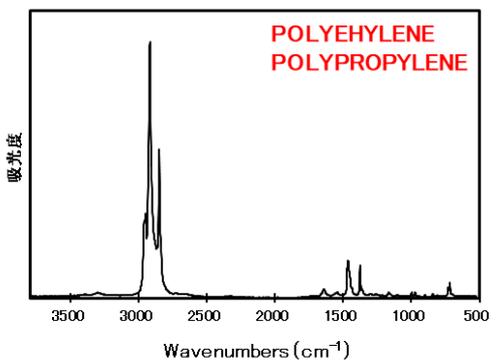
曲げ試験



引張試験



赤外分光光度計(FT-IR)



FT-IR測定結果の例

取組み事例2

1. 企業名：株式会社大栄工業 様（伊賀市西明寺）
2. 対象となる廃棄物：食品廃棄物
3. 事業内容：メタン発酵法を用いたバイオガス発電事業
4. 支援内容：バイオガスの分析評価など
5. 協力機関：三重県保健環境研究所
鈴鹿工業高等専門学校 甲斐穂高 博士
大阪府立大学 徳本勇人 博士

メタン発酵法：生ごみや家畜排せつ物などの固形有機性廃棄物と消化液（発酵液）を反応させることによりメタンガスを生成させる手法。得られたガスはガス発電機に供給・発電する。

バイオガス発電所

食品廃棄物をメタン発酵させることで得られる「バイオガス」を利用し、ガス発電機により発電する。



2018.7操業開始

食品残渣を利用したバイオガス発電所は三重県初

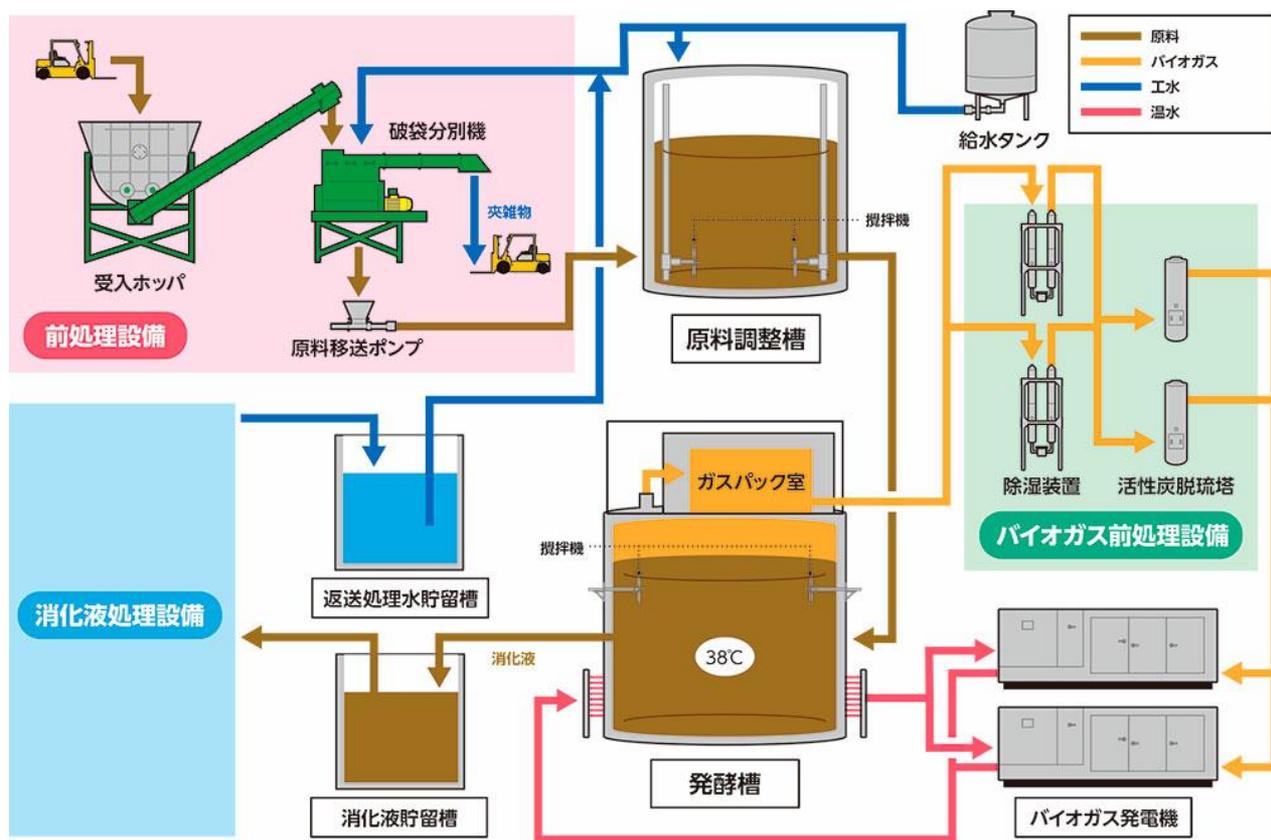
メタン発酵槽
消化液量：1200m³

消化液処理施設

バイオガスパワープラント伊賀（伊賀市）
年間約400万kWh発電，処理能力約62t（24h）

本研究の目的

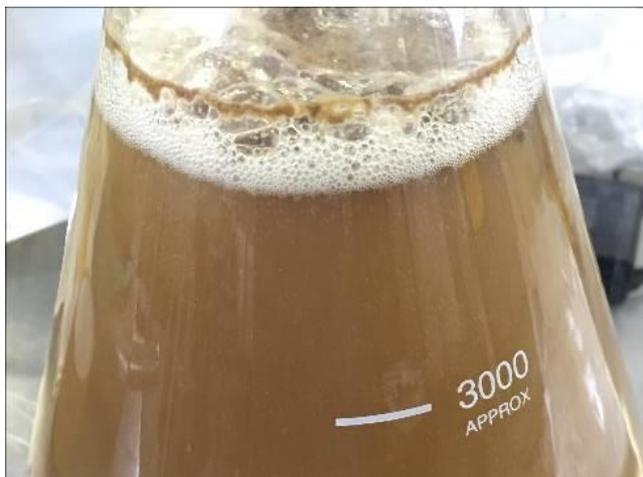
本研究では、メタン発酵に関する基礎研究を実施し、得られたメタンガスを評価することなどにより、適切な発電事業の運営に貢献する。



バイオガス発電プラントのフロー図

実験の概要

本研究では、メタン発酵発電システム構築のための基礎実験として、各種食品廃棄物と消化液を混合しガスを生成させた。各混合液から生成するガスをアルミニウムバックに捕集し、ガスクロマトグラフを用いて、ガス種類や量などについて確認した。



ガス生成の様子
(食品残渣+消化液)



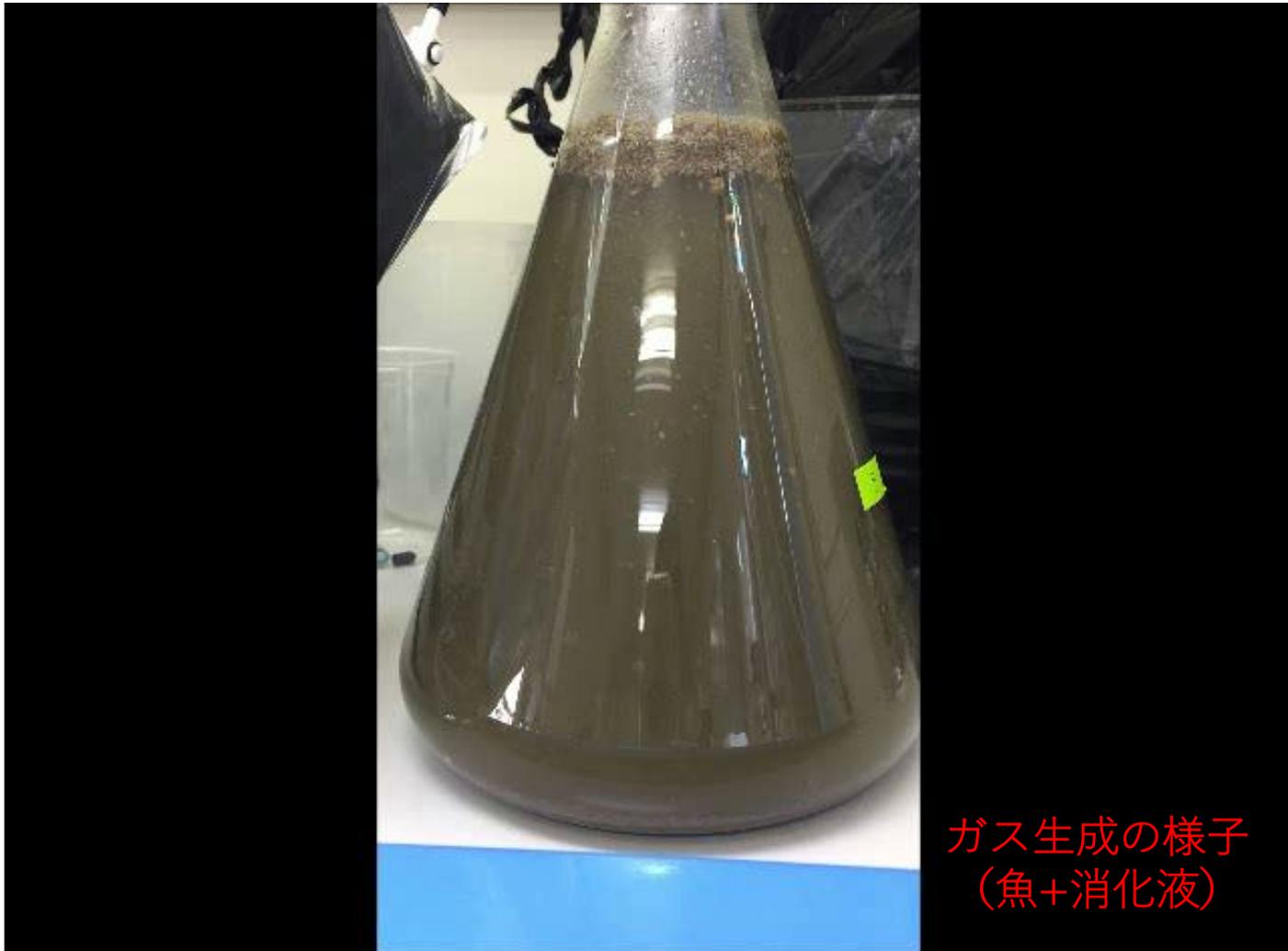
ガス生成実験の様子
(液温37℃)



ガスクロマトグラフ

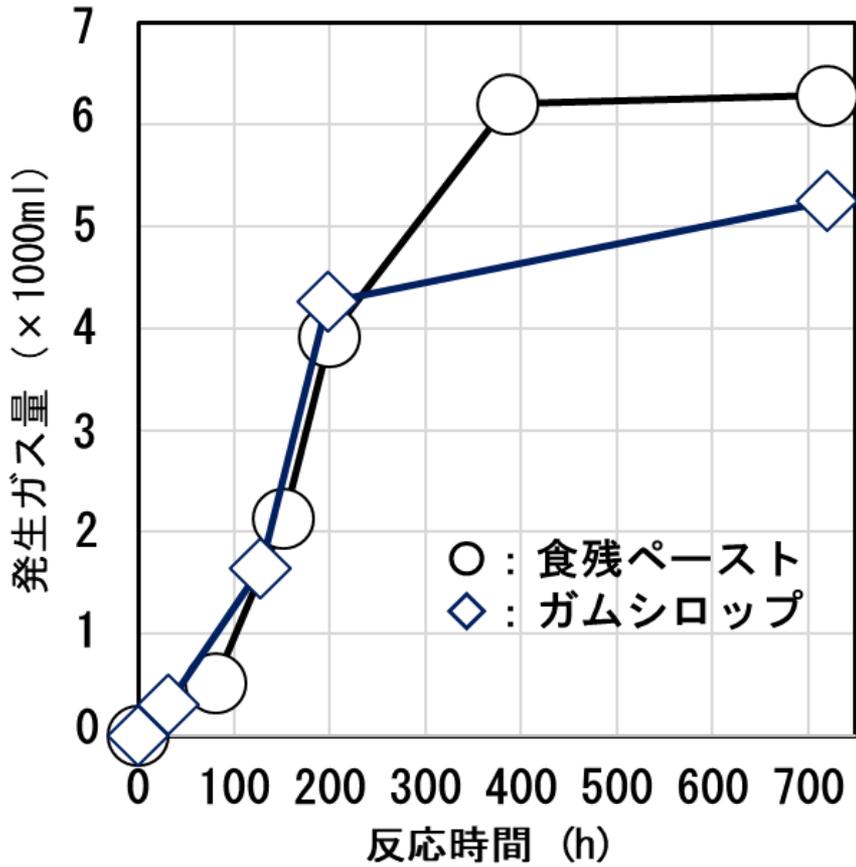
実験結果の例

消化液と各種廃棄物を用いた混合液を37℃（発電所では38℃）で加温することにより生成するバイオガスの様子

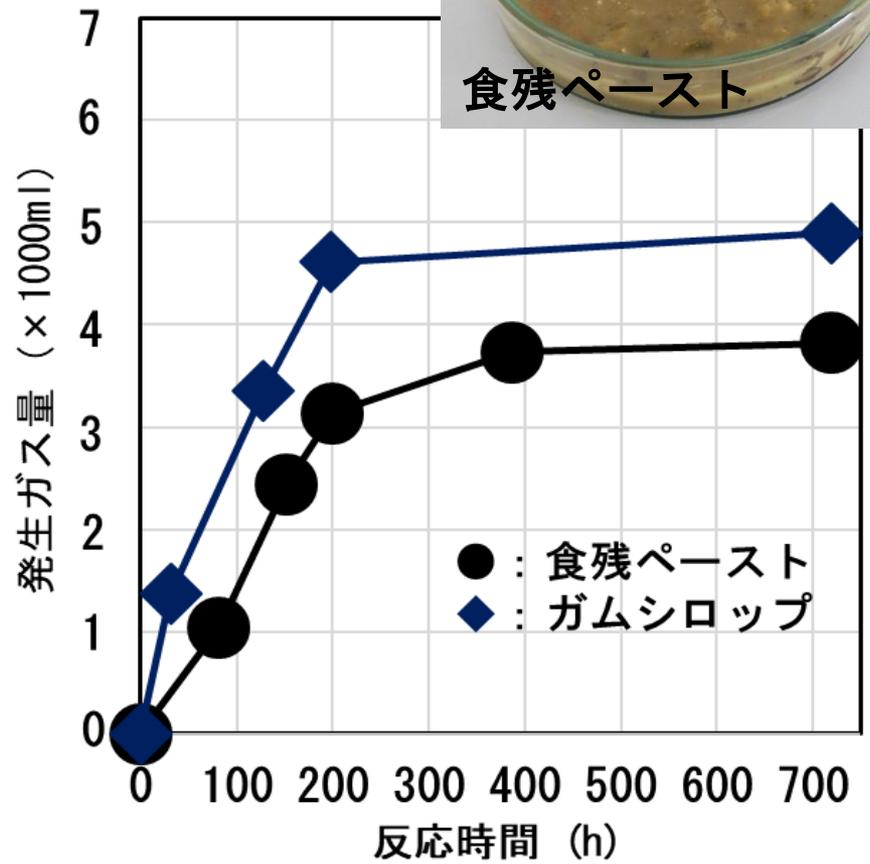


ガス生成の様子
(魚+消化液)

実験結果の例



(a) CH₄ガス

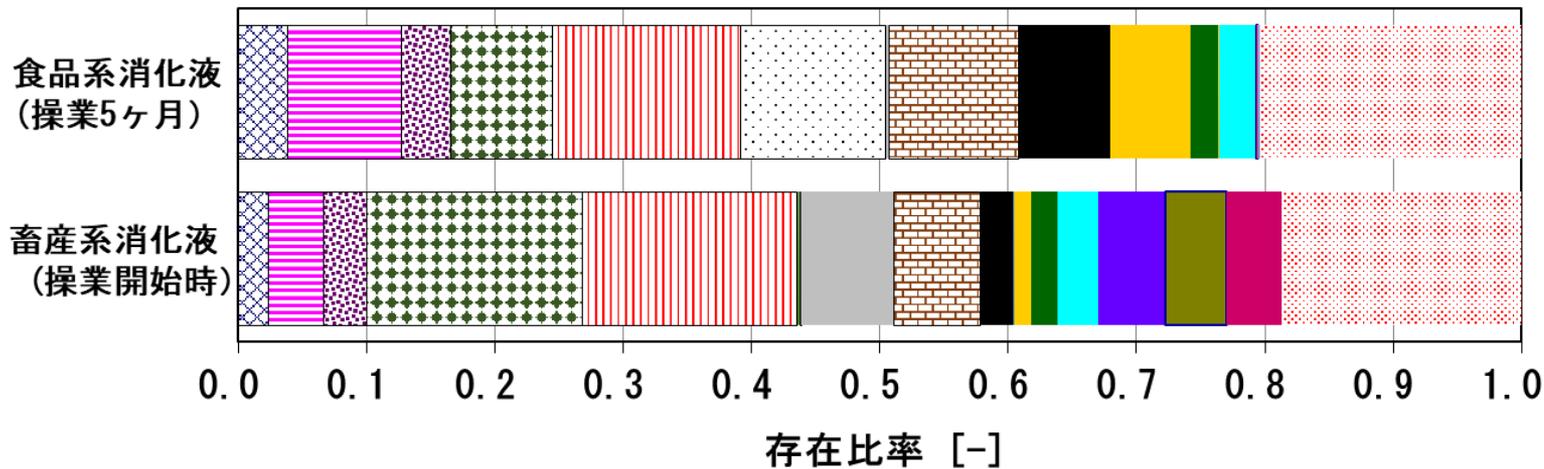


(b) CO₂ガス

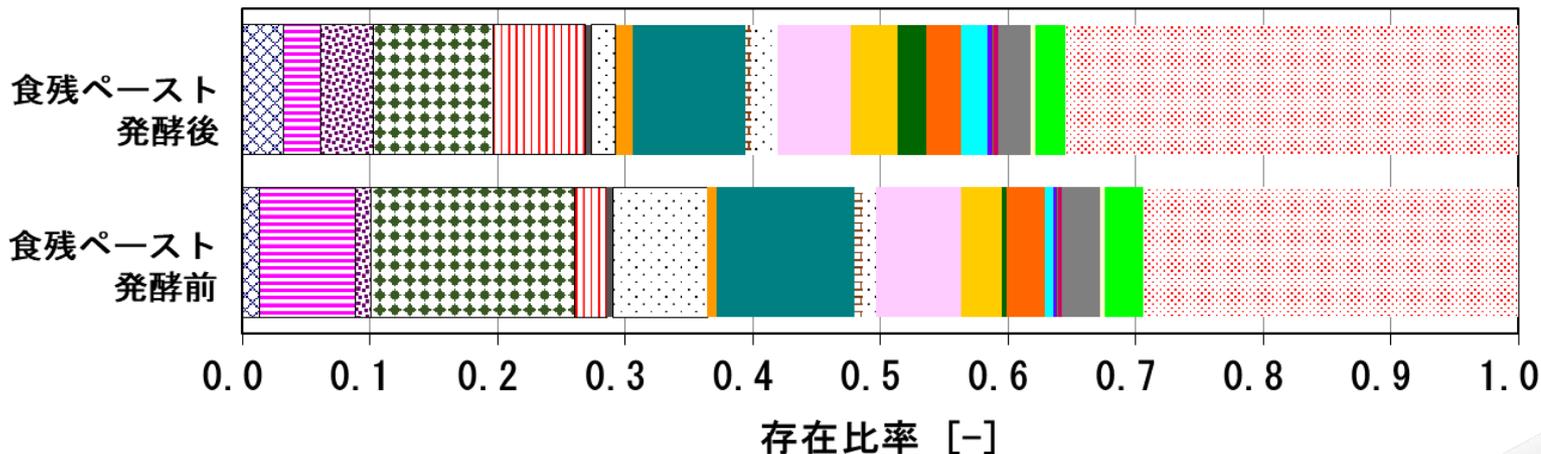


各廃棄物から発生するCH₄およびCO₂ガス量

[Cross-hatch] : Porphyromonadaceae, [Pink stripes] : Bacteroidaceae, [Green dots] : Bacteroidales, [Purple dots] : Tissierellaceae,
 [Red stripes] : Clostridiaceae, [Brown bricks] : Cloacamonaceae, [White dots] : Lactobacillaceae, [Dark teal] : Thermotogaceae,
 [Pink] : Streptococcaceae, [Grey] : Lachnospiraceae, [Purple] : Peptostreptococcaceae,
 [Olive] : Coriobacteriaceae, [Magenta] : Turicibacteraceae, [Red dots] : other



(a) 施設稼働前後の消化液



(b) 食残ペーストを用いた発酵前後の消化液

菌叢解析結果



取組み事例3

1. 企業名：勢和建設株式会社 様（津市美杉町）
2. 対象となる廃棄物：液晶パネル用廃ガラス
3. 事業内容：液晶パネル用廃ガラスを用いた
複層コンクリート積みブロック製品の
の製造（既製品の改良，**県型エコR**）
4. 支援内容：複層コンクリート積みブロック製品の
製造技術

複層コンクリート：異なる複数のコンクリートを一体化させたコンクリート（ここでは，液晶パネル廃ガラスを用いたコンクリートと**ポーラスコンクリート**）

ポーラスコンクリート：内部に連続した空隙を有し，透水性や植生など，多機能なコンクリート
（以下，POCとする）



ポーラスコンクリート

開発の経緯

河川護岸の災害復旧にブロック製品を適用する場合，周辺環境との調和を考慮し，明度，彩度，輝度への適応が要求され始めた．現時点においては，**法面の明度6以下**および**輝度の標準偏差11以上**という数値が設定され，対応が求められている．



三重県型ブロック(既成品・液晶パネル用廃ガラス混入)

従来の製品では、基準をクリアできない。

クリアすべき基準

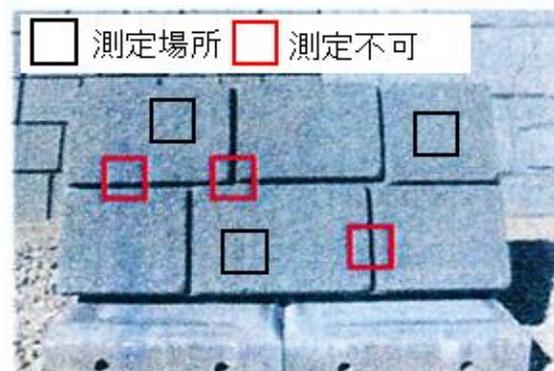
明度



明度6以下

液晶ガラス混入コンクリートでは、**明度9**と大きくクリアできない

輝度*



全国土木コンクリートブロック協会
護岸ブロックのテクスチャー計測マニュアル(案)より

輝度の標準偏差11以上

ブロック製品に要求される基準

*公社・全国土木コンクリートブロック協会HP) <http://www.cba.or.jp/application02.html>

開発の内容

液晶パネル廃ガラスを用いたブロック製品表面（滑面）の明度などを低下させるため、工業研究所が有するPOCの知見を活かしブロック表面を複層化した製品開発を支援した。ここでは、**2層間の界面付着が大きな技術課題**であった。



液晶パネル廃ガラス

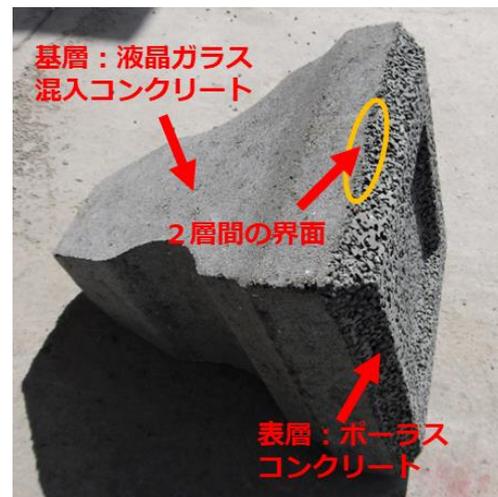


POC

液晶パネル廃ガラスをコンクリートに混入したコンクリートを作製(基層部)

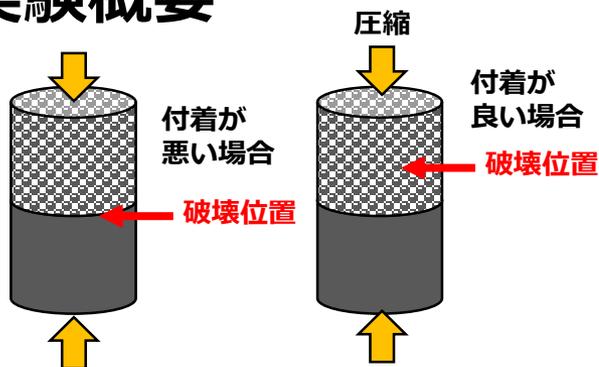


POC(表層部)を作製し、下層コンクリートと一体化



複層コンクリートブロック

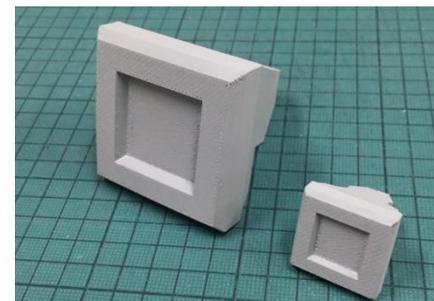
実験概要



複層供試体の圧縮強度（付着）試験



ブロック試作品の付着界面の様子
(左：不良、右：良好)



【参考】3Dプリンタを用いた製品の造形

三重県認定リサイクル製品 (プレキャスト無筋コンクリート製品)

建-120

変更認定日：令和2年3月23日

県型エコR

液晶パネル用廃ガラス

土留め擁壁等

< 特 長 >

1. 三重県型積みブロックを環境配慮型に改良
2. 用途・工法は、従来の三重県型積みブロックと同様
3. ブロック表面，細粒POC製で，明度，テクスチャー等の基準をクリア

- ①明度（6以下）：3.5
- ②テクスチャー（輝度標準偏差11以上）：57
- ③製品表面は透水性・保水性の両方の性質を保有



県型エコR

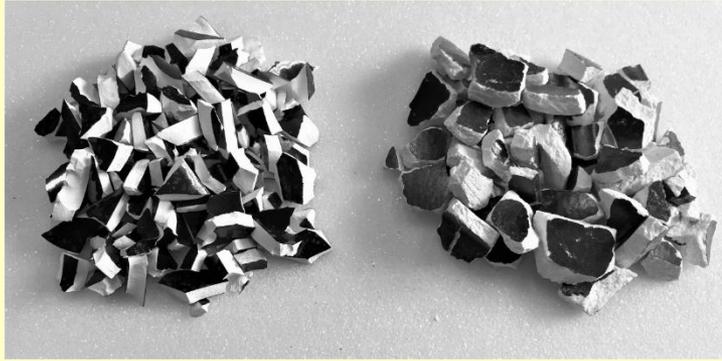
取組み事例4 (検討段階)

1. 企業名：住友金属鉱山シポレックス株式会社 様
(亀山市関町)
2. 対象となる廃棄物：陶磁器くず
3. 検討内容：陶磁器くずの軽量気泡コンクリート用原料としての適用性評価

検討の経緯

オートクレーブ養生軽量気泡コンクリート（以下、ALC）の原料である珪石は、同一産地のものを継続して入手することが困難な状況で、代替材料の検討が必要となっている。また、陶磁器製造企業では、その製造過程において陶磁器くずが発生している。そこで、陶磁器くずの軽量気泡コンクリート用原料としての適用性について検討した。

実験概要と結果



陶磁器くずの例

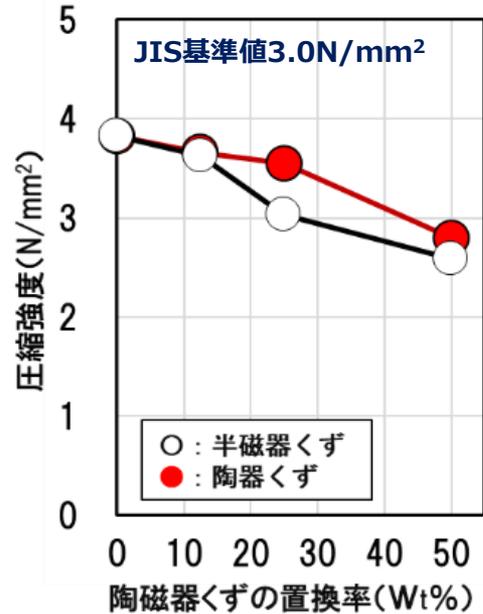
180℃、10気圧で処理することによりALC硬化体を作製



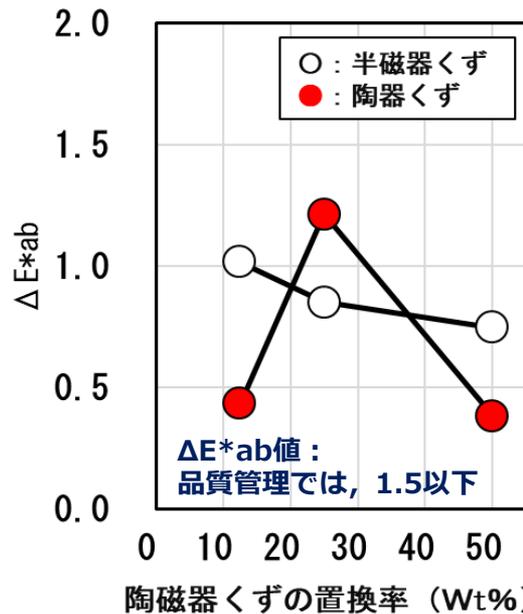
廃棄物の使用が、硬化体の圧縮強度や色調・色差などに及ぼす影響を確認



ALC硬化体の例



圧縮強度と陶磁器くずの置換率との関係



ALC硬化体の色調変化と陶磁器くず置換率との関係

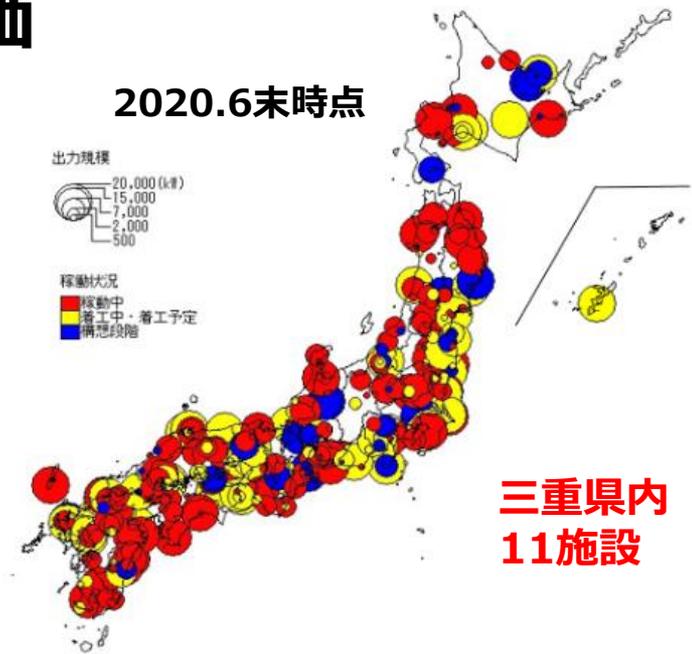
陶磁器くずは、その使用量が多ければ、ALC硬化体の圧縮強度が基準値を満たせない恐れが生じる。しかしながら、色調・色差に及ぼす影響は小さく、その使用量を制御すれば、ALC材料として利用できる可能性を有している。

取組み事例5 (検討段階)

1. 企業名：県内木質バイオマス発電事業所(複数社)
2. 対象となる廃棄物：木質バイオマス燃烧灰，竹炭
3. 検討内容：木質バイオマス燃烧灰の建設用材料などへの適用性評価

検討の経緯

木質バイオマスの固定価格買取制度が導入され，各地で様々な規模の発電所が稼働している。また，発電の際には産業廃棄物として取り扱われる**木質バイオマス燃烧灰**が発生し，その処理経費が事業の収益性を大きく低下させるため，その有効活用が急務となっている。



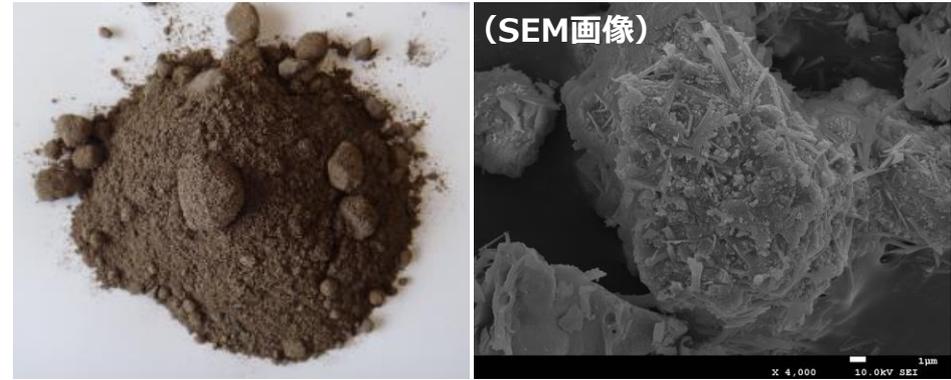
木質バイオマス発電所一覧地図

出典：株式会社森のエネルギー研究所HP

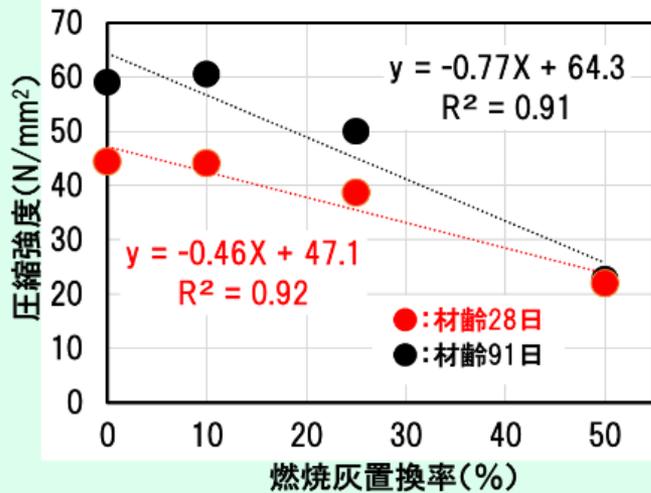
<http://www.mori-energy.jp/hatsuden1.html>

実験概要と結果

木質バイオマス燃焼灰を高炉セメントの一部に置換したモルタル硬化体を作製し、燃焼灰置換率が硬化体の各種特性（圧縮強度、重金属の溶出など）に及ぼす影響について確認した。



木質バイオマス焼却灰の一例



セメントモルタル硬化体の圧縮強度と燃焼灰置換率との関係

セメントモルタル硬化体の重金属溶出試験結果

材齢	29日				92日			
	0	10	25	50	0	10	25	50
燃焼灰置換率 (%)	0	10	25	50	0	10	25	50
カドミウム (mg/L)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛 (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
六価クロム (mg/L)	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
砒素 (mg/L)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
総水銀 (mg/L)	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
セレン (mg/L)	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
ふっ素 (mg/L)	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ほう素 (mg/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

燃焼灰は、使用量を制御すること等により、コンクリート材料として利用できる可能性を有する。ただし実用には、長期的な耐久性の確認等、更に数多くのデータ蓄積が必要となる。