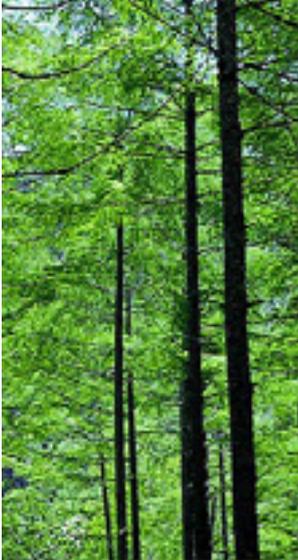


参 考 资 料

平成17年度バイオ生分解素材開発・利用評価事業
第1回 低コスト化検討部会

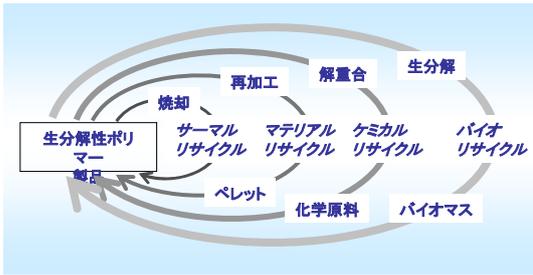
バイオマスプラスチックのリサイクルに係る技術動向

西田 治男
近畿大分子工学研究所
2005. 10. 13

資源循環型高分子

- 生分解性ポリマー



– PLLA

– PCL

– PHB

– PBSU, PESU

$$n \text{ X} \xrightarrow{\text{重合}} \text{X}_n$$

$$\text{X}_n \xrightarrow{\text{解重合}} n \text{ X}$$

$$n \text{ A} \left(\text{B} \right)_n \rightleftharpoons n \text{ A} + n \text{ B}$$

生分解性高分子

微生物産生

Poly(3-hydroxybutyrate)
 Poly(alkanoate)s
 Bacterial Cellulose

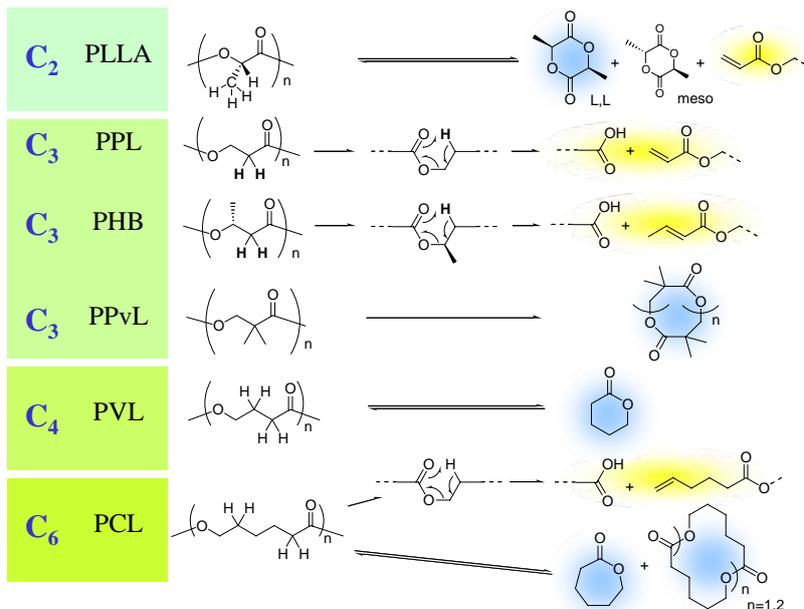
天然物/複合系

Starch
 Starch-based PVA
 Starch-based PCL
Cellulose Acetate
Chitosan-Cellulose

化学合成

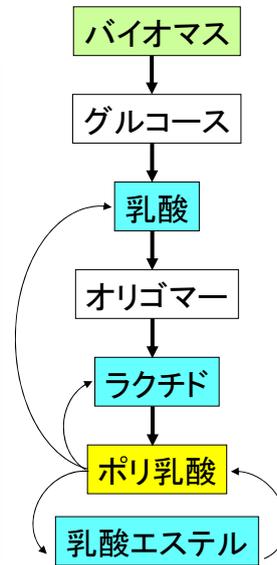
Poly(butylene succinate) Poly(ϵ -caprolactone)
 Poly(butylene succinate-*co*-adipate) Poly(vinyl alcohol)
 Poly(butylene succinate-*co*-carbonate)
 Poly(butylene succinate-*co*-terephthalate) **Poly(L-lactic acid)**
 Poly(ethylene succinate)

脂肪族ポリエステル解重合特性

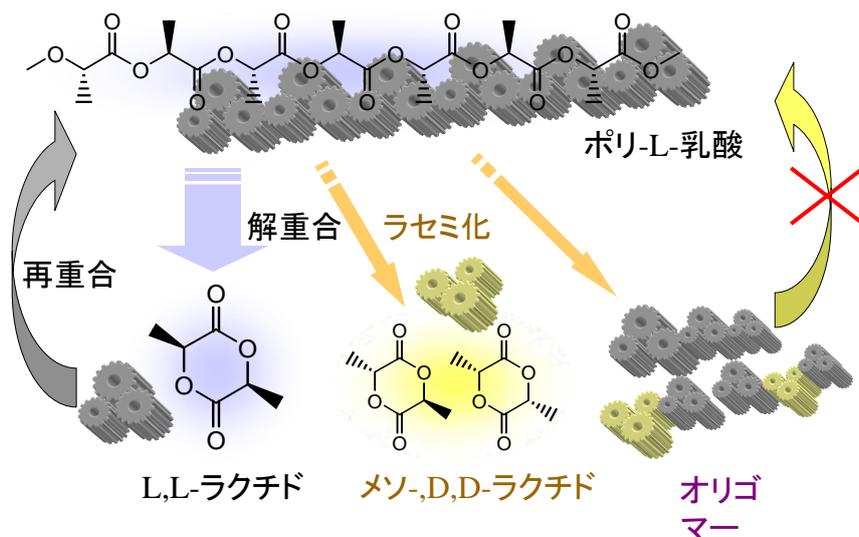


ポリ(L-乳酸) PLLA

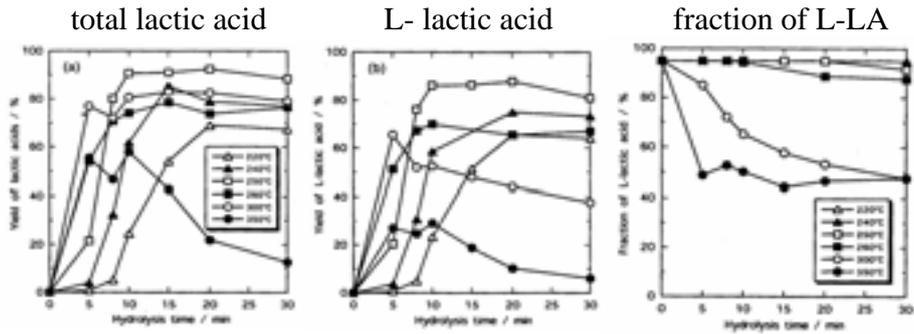
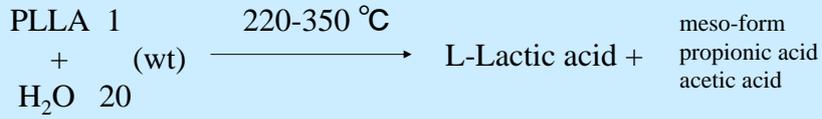
- バイオマスポリマー
- カーボンニュートラル材料
- 生体内吸収性
- 生分解性(酵素分解、微生物分解)
- 光分解性
- 加溶媒分解性
 - 水 → 乳酸
 - アルコール → 乳酸エステル
 - アミン → 乳酸アンモニウム
- 熱分解性 → ラクチド



ポリ乳酸ケミカルリサイクルの課題

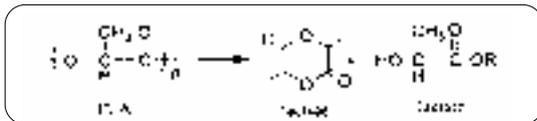


高温高圧水中でのケミカルリサイクル



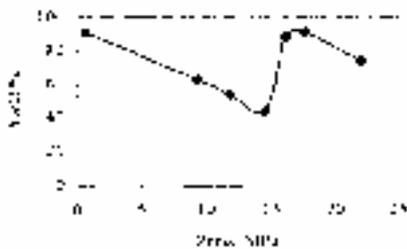
H. Tsuji et al., *Biomacromolecules*, **4**, 835-840 (2003).

ポリ乳酸のメタノリシス

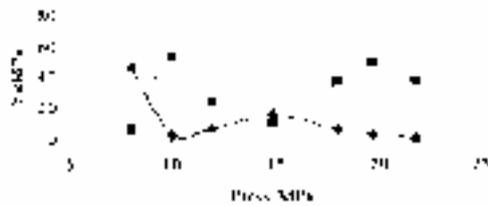


PLLA 0.2g
 K₂CO₃ 0.21 mmol
 MeOH 10 mL 100 ° C, 1 h

PLLA 0.2g
 K₂CO₃ 0.05 mmol
 MeOH 3 mL 100 ° C, 1 h



CO₂ pressure dependence on the yield of methyl lactate

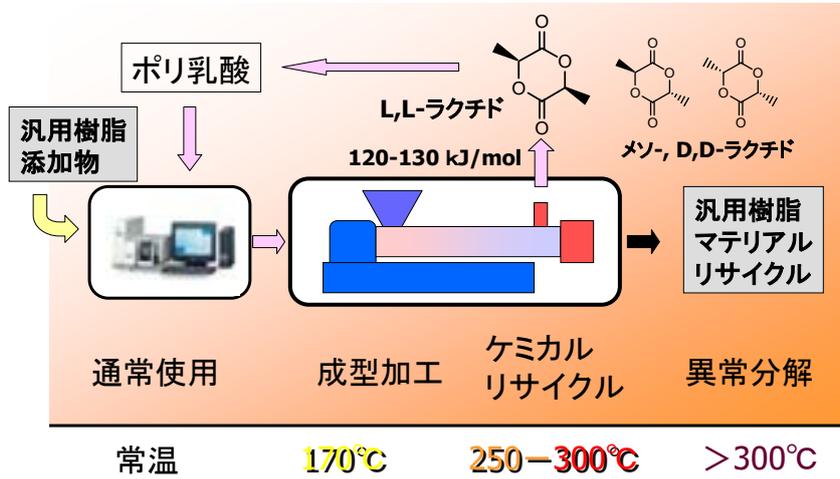


CO₂ pressure dependence on the yield

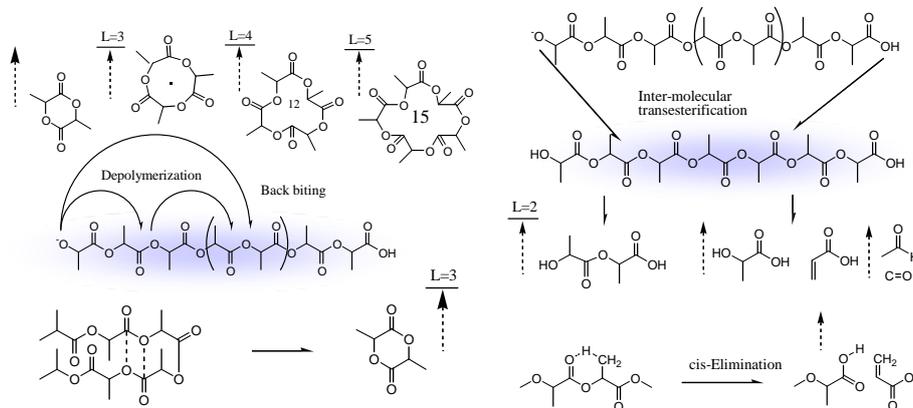
■ lactide, ◆ methyl lactate

M. Yoshida, R. Matsumoto, *Polymer Preprints, Japan*, **54**[2], 5282-3 (2005).

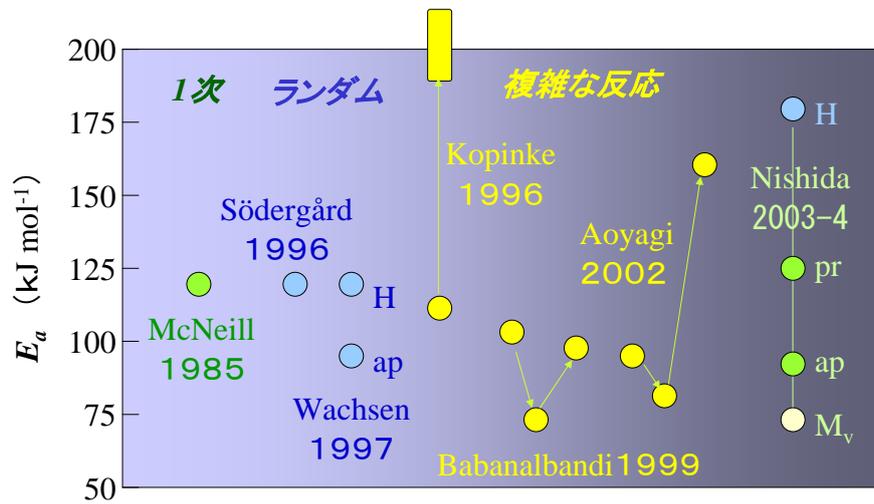
熱分解によるケミカルリサイクル



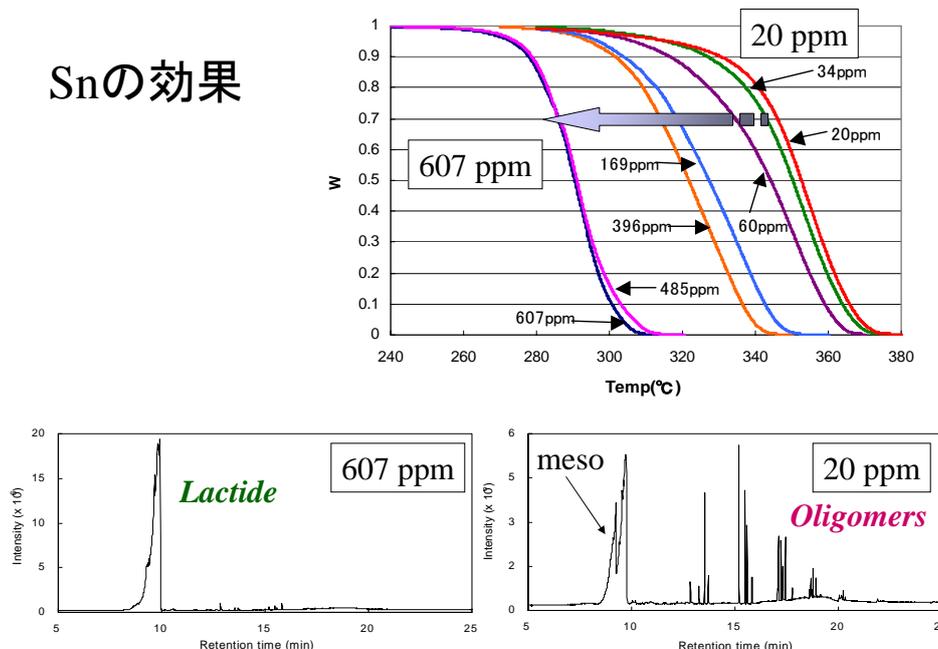
報告されているポリ乳酸の熱分解機構



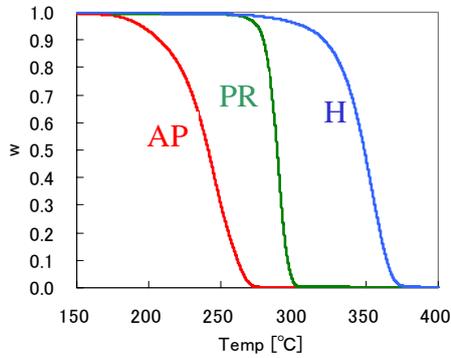
従来の報告： PLLAの熱分解の E_a



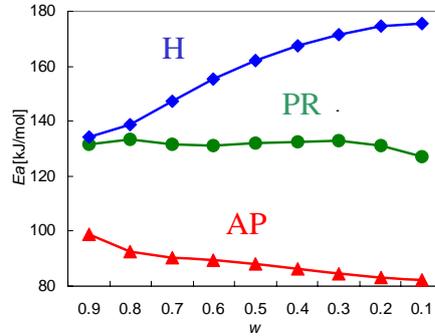
Snの効果



PLLAの熱分解：履歴の影響



TG曲線 ϕ 5K/min

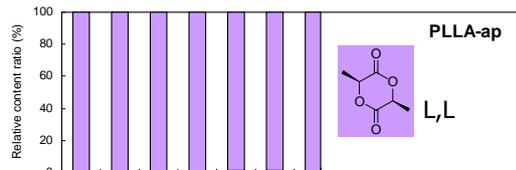


活性化エネルギー: E_a

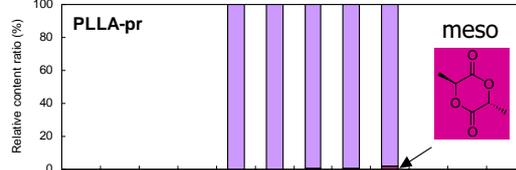
AP: 重合直後	PR: 沈殿精製後	H: 脱金属後
Sn (ppm) 1,006	689	23

Py-GC/MS による生成物分析

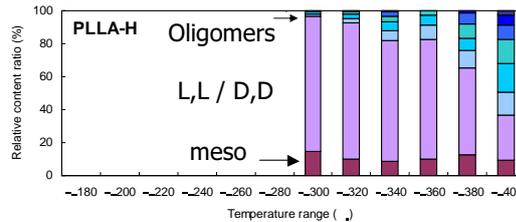
PLLA-ap



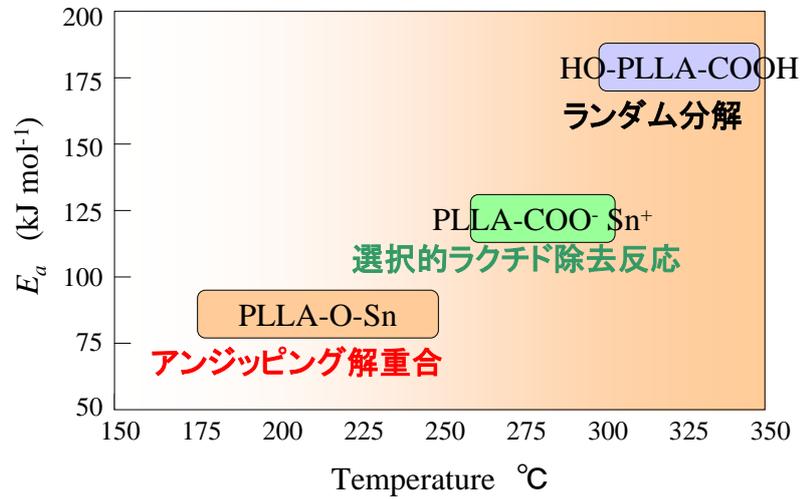
PLLA-pr



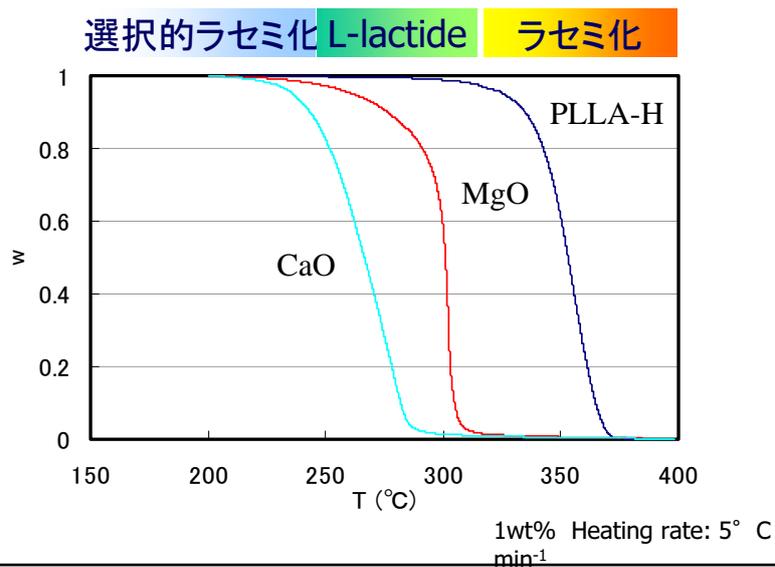
PLLA-H



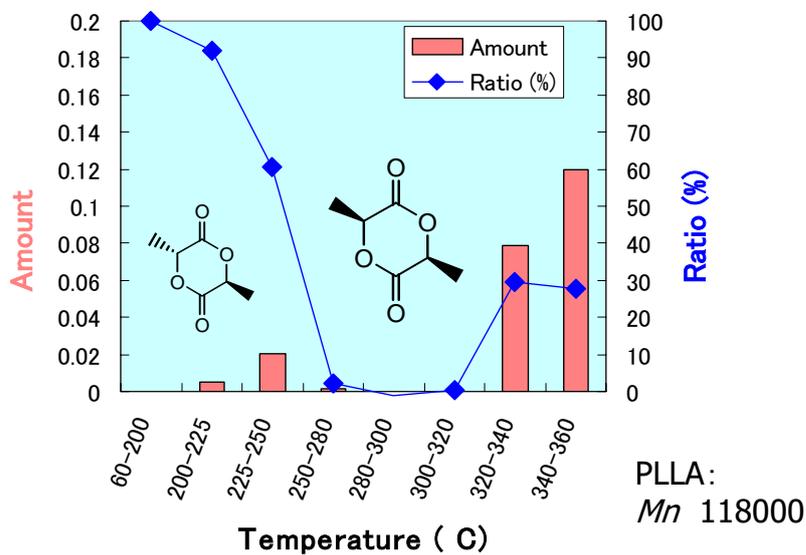
Sn存在下での熱分解の特性



アルカリ土類金属触媒の添加効果

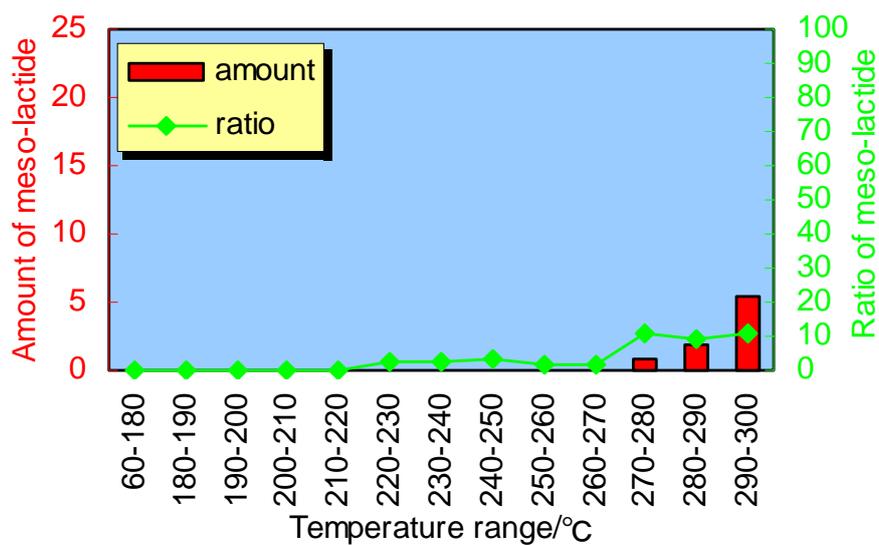


Caの効果 -ラセミ化制御-



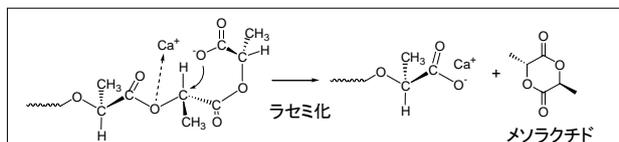
Y. Fan et al., *Polym. Degrad. Stab.*, **80**, 503. (2003).

触媒添加系: PLLA/MgOのラセミ化

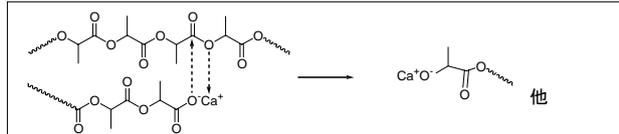


PLLA/MgO による多段階熱分解プロセス

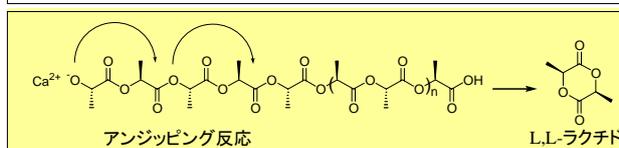
<200°C



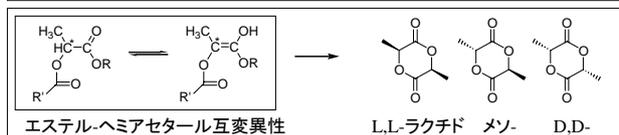
200-250°C



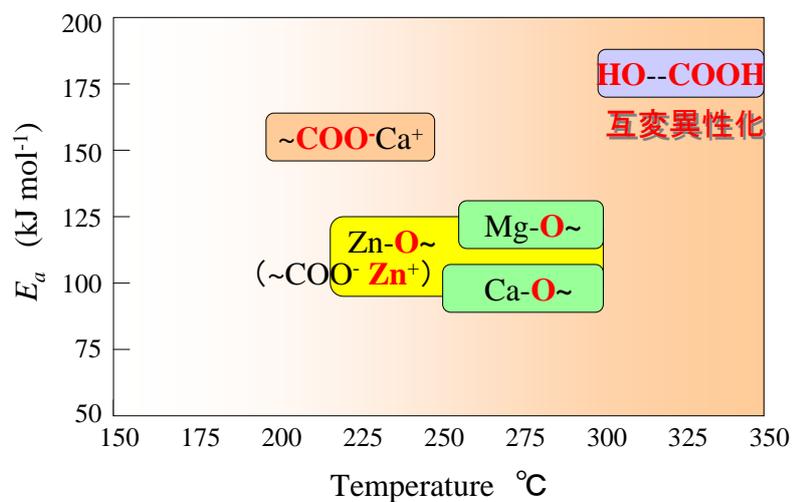
250-320°C



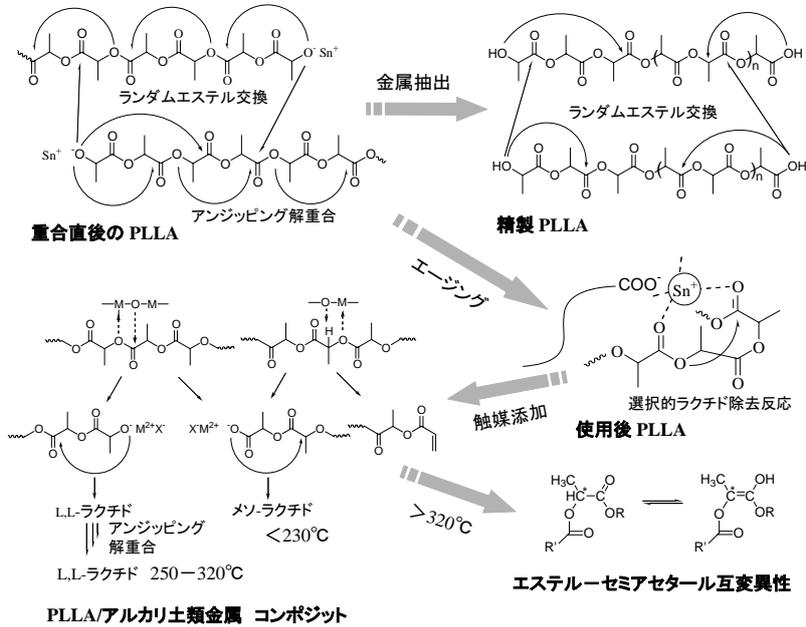
>320°C



熱分解における金属種の効果

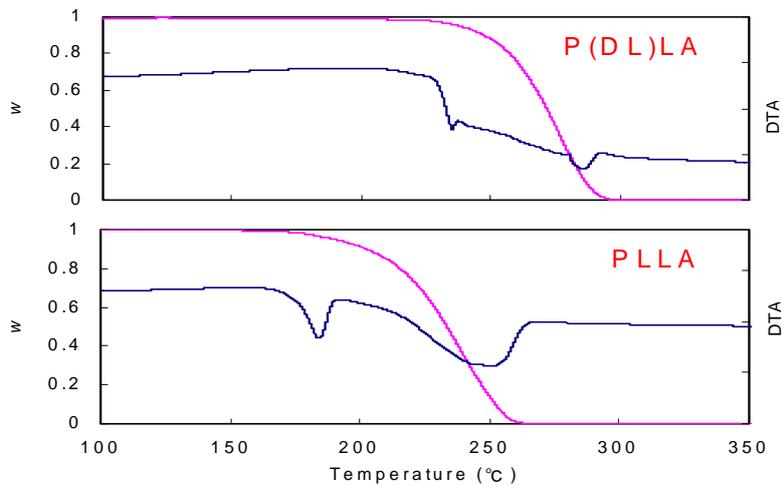


ポリ乳酸の予測される熱分解機構

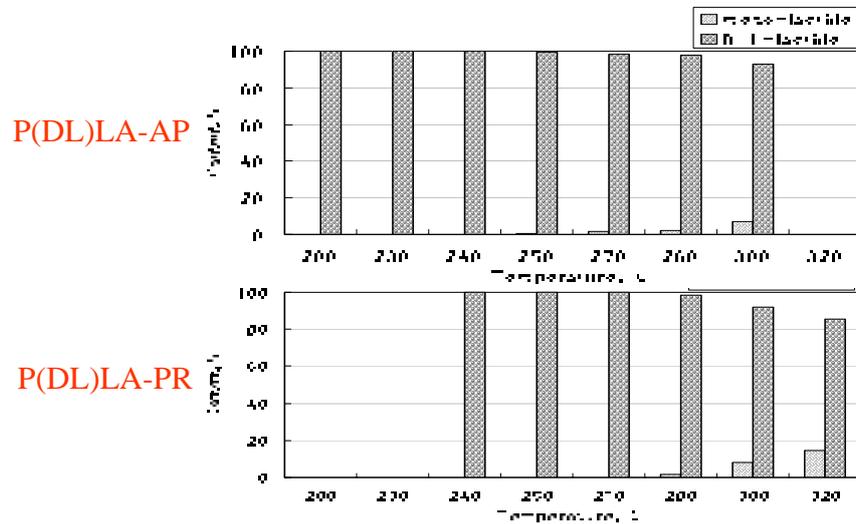


ステレオコンプレックスの熱的性質 TG/DTA

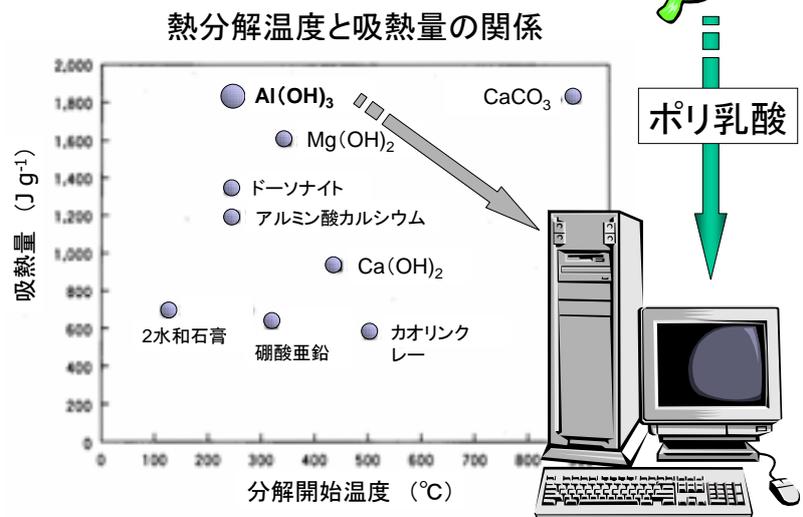
重合直後サンプル, Heating rate 1K/min



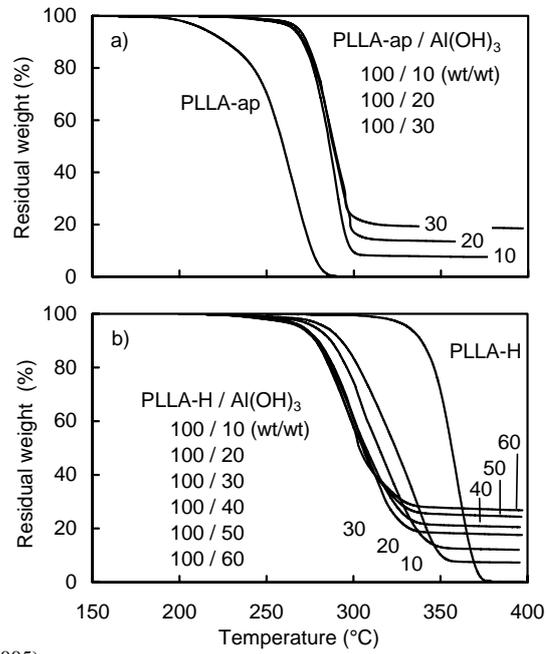
ステレオコンプレックスの熱分解生成物



カーボンニュートラルと難燃化

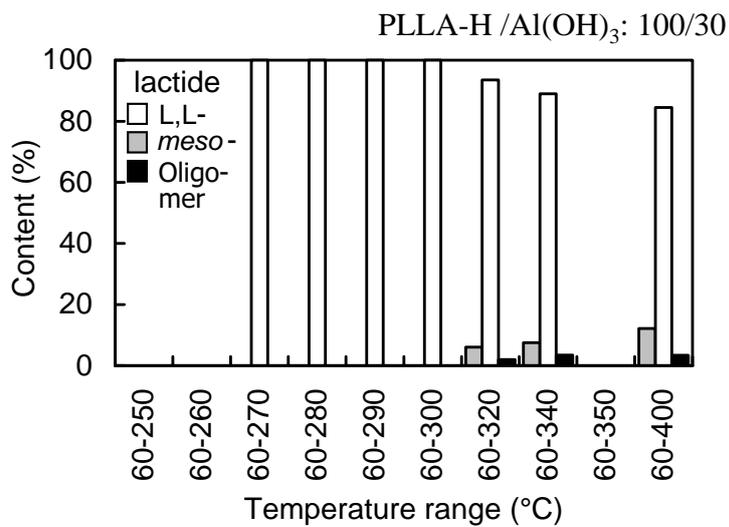


PLLA/ $\text{Al}(\text{OH})_3$ TG分析

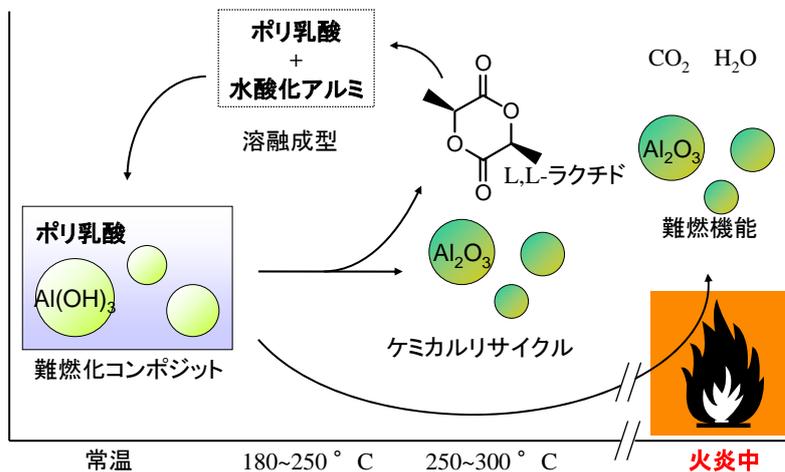


H. Nishida et al.,
Ind. Eng. Chem. Res., **44**[4], 1433. (2005).

熱分解生成物組成の温度変化



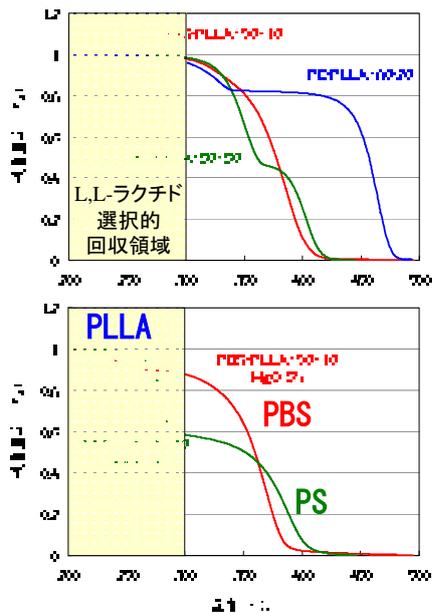
難燃化とリサイクル



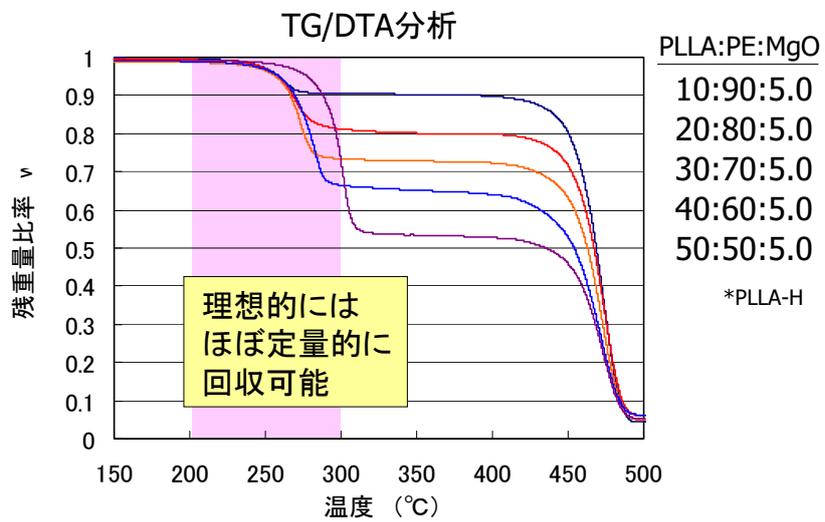
汎用樹脂とのブレンド体からのケミカルリサイクル

① ポリエチレンとポリ乳酸
触媒なしでOK

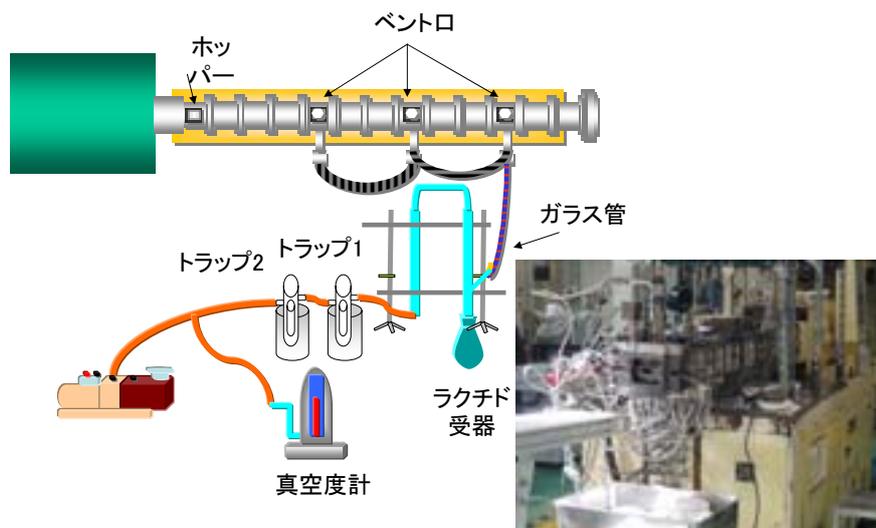
② ポリスチレンとポリ乳酸
③ ビオノーレとポリ乳酸
MgO触媒でOK



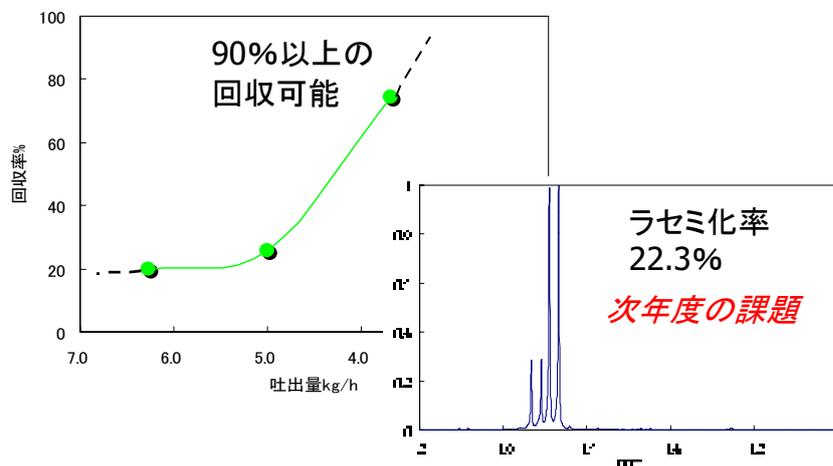
PLLA-PE - MgO触媒とブレンド比率の影響 -



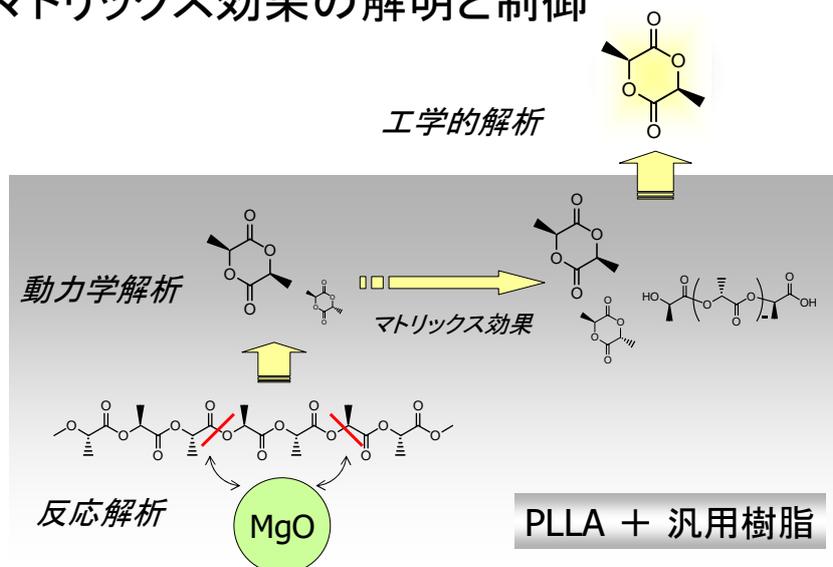
PLLA-PE (20:80wt比) エクストルーダーによるラクチド回収試験



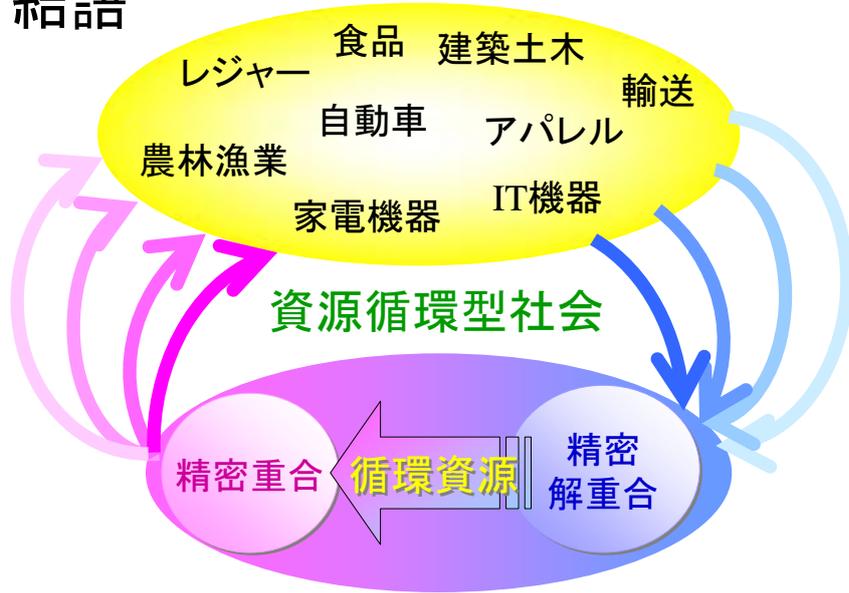
ラクチド回収率と混合樹脂吐出量の関係



L,L-ラクチドの回収 マトリックス効果の解明と制御



結語



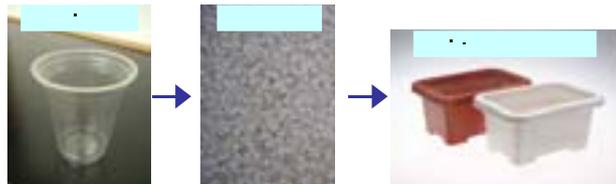
バイオマスプラスチックのマテリアルリサイクル に係る技術動向



昭和興産株式会社 開発室 部長 松浦栄三

財団法人バイオインダストリー協会・バイオプロセス実用化開発事業R&D
コンソーシアムより依頼を受け、愛・地球博にて使用されたクリアカップの
成形時に発生した端材等をリペレット化されたりサイクル資材を使用して、
プランターの成形を試みた。

- ポリ乳酸原料に、リサイクル資材を20%導入レインジェクションにて成形を行う。
- 樹脂の流れが遅く、シボに樹脂が入り込んでしまい、型が離れなかった。そのため、シボを極力削り、型の抵抗を少なくした。
- バリが張ってしまい、型の離れも良くなかったため、成形機を大きいものに変更。
- 成形時、成形が一時的にとまったりして、熱のかかる時間が長くなると、温度が分解温度に達してしまい、分解してしまう恐れがあるため、原料を滞留させないように注意する。
- 比重が大きく、重量が重くなってしまうため、ポリ乳酸へ混練したタルクの量を減らし、比重を減らすよう検討。(PP:約0.95 今回:約1.41)



愛・地球博でのプランター利用状況



岡山国体でのプランター利用状況



ホームページ | 愛知県の資源物 | HP <http://www.jba.or.jp/katsudou/aichikyuu/recycleplanterokayama.pdf>

クリアカップ回収品を用いて育苗ポットの成形を試みた。

- クリアカップを粉碎
- 通常の生分解性育苗ポットに用いている原料に粉碎原料を混ぜてブロー成形にて成形を行う。
- 粉碎原料10%は、成形に問題なし。20%・30%導入すると、偏肉・成形不良となる確率が高くなる。
- 育苗ポットがブロー成形なのに対して、クリアカップはブロー成形ではなく、樹脂の流れが異なると考えられる。そのため、粉碎原料の割合が高くなるにつれ、成形不良品となってしまおうと考えられる。
- 結果現状で商品として考えるならば、混合比率10%までが妥当であると考えられる。



バイオリサイクルプランターの再再利用実証

- 岡山国体で使用されたバイオリサイクルプランターを更に再生化し、成形の検討を進める。
- 実施の可能性としては、異なった素材を混ぜるのではなく、同じ素材のリサイクルなので、樹脂同士が混ざらないという心配はない。
- 一度使用したということで、洗浄しても、細かい汚れや、不純物が付着している可能性が高い。不純物の付着度合いが製品にどう影響するか。
- 土や水(湿気)に触れていたため、少なからず分解が始まっていると考えられる。そのため、対応期間・耐久性の検討が必要である。
- プランター粉碎後、十分な乾燥が必要と思われる。

以上の内容を踏まえてバイオマスプラスチックの市場形成の一助を担いたい。

『北九州地区における PLAケミカルリサイクル実証事業の概要』

化学リサイクルで生まれ変わるバイオマスプラカップ



産官学民の連携により
新しい循環社会を
共につくりだすことを
目指します

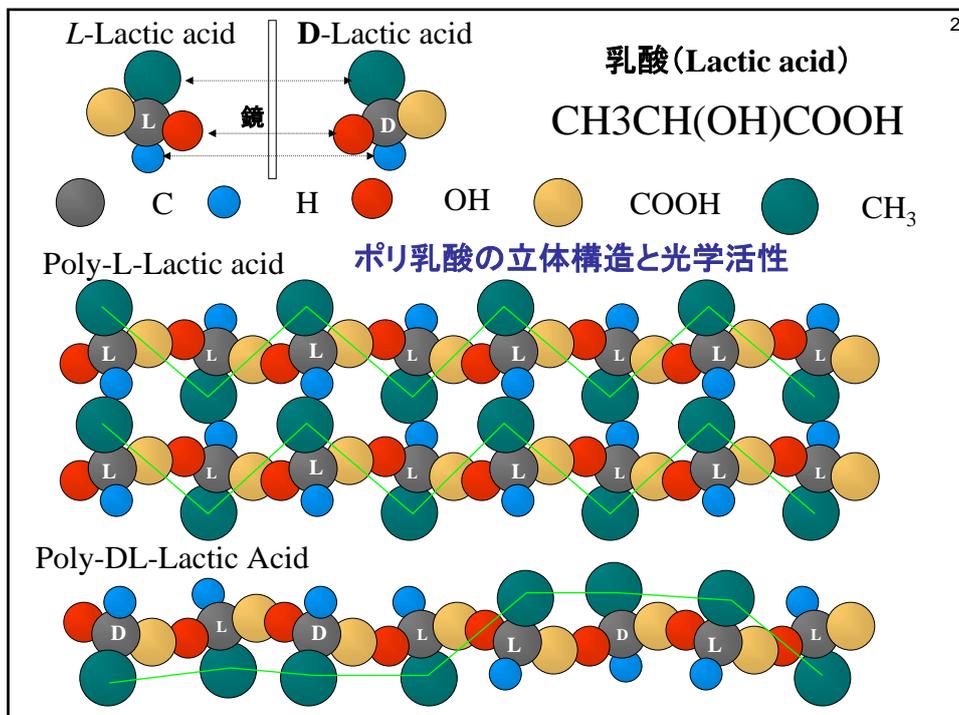


KITA-Q
eco supporters

教授 白井義人 理事長

国立大学法人 九州工業大学は我が国でも産学連携の教育研究ではトップレベルの実績があります。他に先駆け、大学の教育研究成果を産業界だけでなく、広く民間にも普及させるため、NPO等との積極的な連携を図っています。

NPO法人 北九州エコ・サポーターズは北九州市における環境保全技術の発展とその啓発のために、大学等研究教育機関、産業界、民間活動グループ、行政を積極的に結び付ける事業を行い、北九州市の環境保全と地域の活性化に寄与することを目的とし、平成17年6月14日に設立されました。



ポリ乳酸製品のケミカルリサイクル

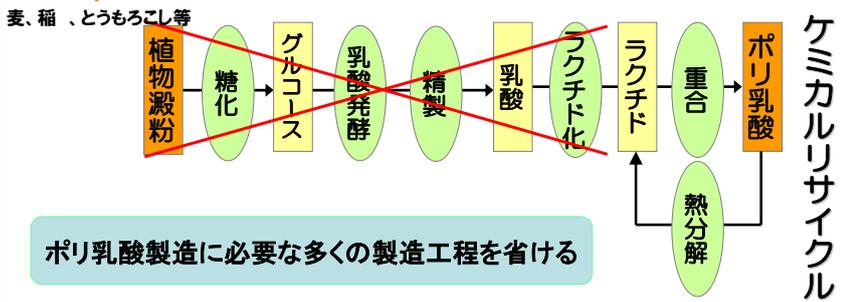
ケミカルリサイクル

- ・モノマー原料に戻すリサイクル法
- ・リサイクル製品の質が落ちない



ポリ乳酸は澱粉からつくった糖を発酵させてできた乳酸からできる。つまり、植物からできるバイオマスプラスチック。製造工程は長く複雑。しかし、化学リサイクル(化学リサイクル)なら、はるかに簡単にポリ乳酸ができる。なぜなら、ポリ乳酸は、つくるのが難しいL乳酸の集合体だから。モノマー原料に戻るので、リサイクルする毎に品質を向上させることさえできます。

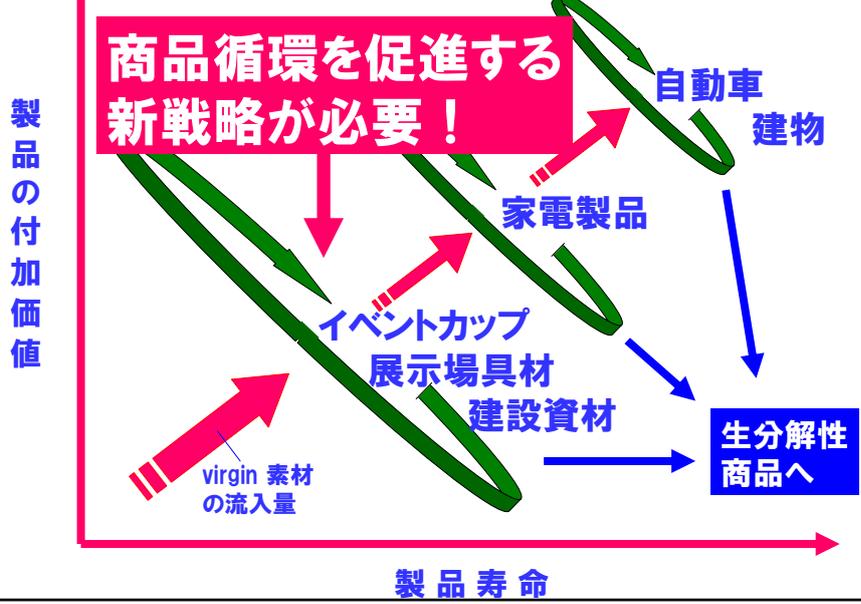
ポリ乳酸の製造工程



ポリ乳酸製造に必要な多くの製造工程を省ける

ケミカルリサイクル

ポリ乳酸の化学リサイクルと 高品質カスケード



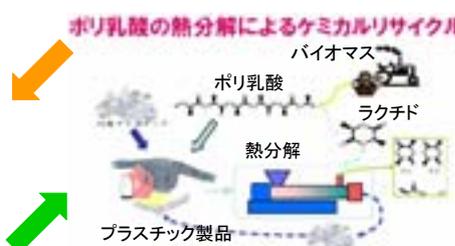


化学リサイクルで生まれ変わるバイオマスプラカップ



NPO法人北九州エコ・サポーターズ(理事長:白井義人)と九州工業大学(学長:下村輝夫)は、ポリ乳酸製カップの普及と化学リサイクルによる新しい循環社会の実現を目指している。九州工業大学は、ポリ乳酸を熱分解により容易に原料ラクチドに戻す(化学リサイクル)技術を所有する。NPO法人北九州エコ・サポーターズは、コンサートやイベントなどで使用されたポリ乳酸製のカップを回収する。ここでは、回収したポリ乳酸製カップを化学リサイクルによって、原料ラクチドに戻す実証研究を、北九州エコタウン内の九州工業大学エコタウン実証研究センターで行う。

**九州工業大学のケミカルリサイクルで
新品のポリ乳酸に生まれ変わります**



**バイオマスプラスチックカップのワンウェイユース
～コンサートやイベント会場での利用～**

提供 ⇒ 使う ⇒ 回収



NPO法人北九州エコ・サポーターズ
〒816-8580 北九州小倉区小倉1-1-1
〒816-8580 北九州小倉区小倉1-1-1



お問合せ先: NPO法人北九州エコ・サポーターズ 事務局長 永田 浩一
HP: kitaq-eco.net/welcome.htm 九州工業大学エコタウン
実証研究施設

6

バイオマスプラスチックについて

バイオマスプラスチックとは・・・

植物(トウモロコシなど)から採れるデンプンを酵素で分解し、糖化、乳酸発酵させ抽出した「**ポリ乳酸**」でつくられた植物性プラスチック

- 石油などの限りある化石資源を節約
- 微生物が水と二酸化炭素に分解
- 燃やしてもダイオキシンなどの有害物質の発生なし



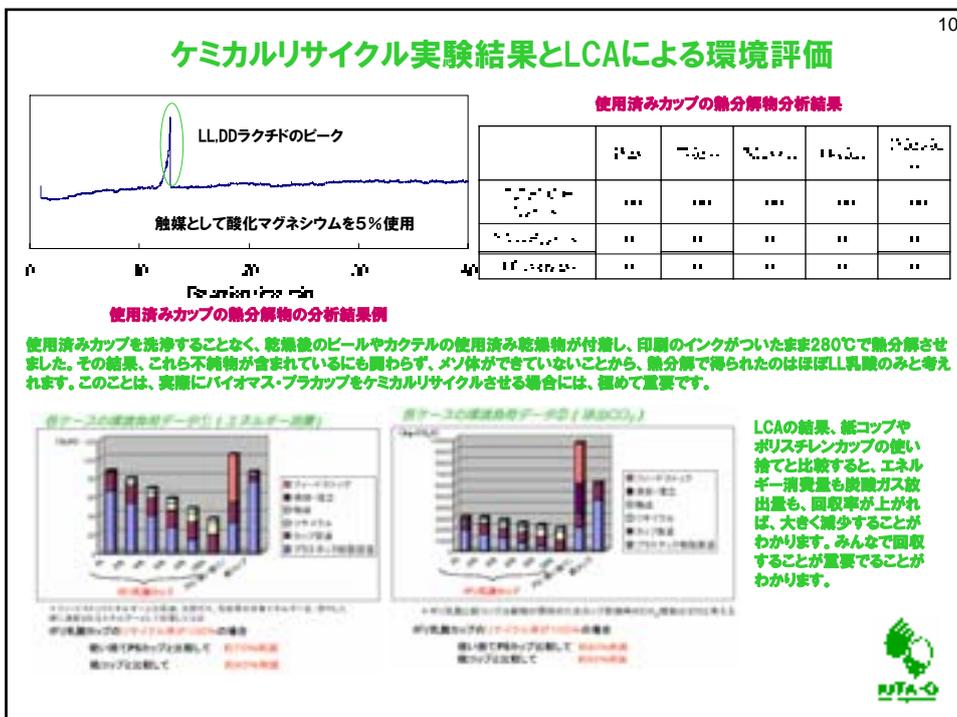
バイオプラカップ作成!

我が国で初めて、バイオマスマーク製品として認定

- 熱分解で原料に戻る
- 半永久的にリサイクル可能
- ゴミの大量削減



愛・地球博でも使用



TERUMASA HINO SEXTET
 日野てるまさ・ジャズコンサート

2005年8月2日(火)19時～ エメニティのおがた小ホール
 福岡県直方市

化学リサイクルで生まれ変わるバイオマスプラスチック
 バイオマスプラスチックカップのワンウェイユース
 ～ NPOと大学の連携 ～

九州工業大学エコタウン
 実証研究施設にて

どうもろこし
 生まれの
 ポリ乳酸

我が国初のバイオマスマーク商品
 (社)日本有機資源協会より

12

調査結果

観 衆：200人(客層は4、50代の男女が多数を占める)

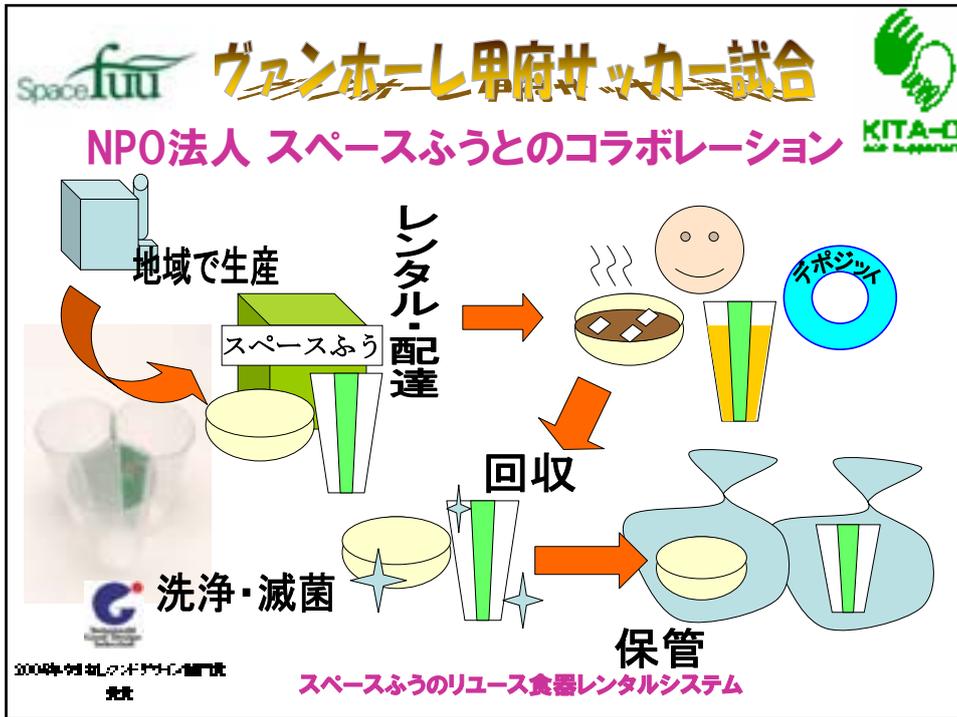
カップ：使用数364 回収数349(ゴミはすべて回収した、
 未回収はお客さんが持ち帰った)

エコサポーターズがゴミ箱設置。すべてのゴミを入れた。
 小規模会場のゴミの量を把握した。

ゴミの内容
 ペットボトル(1.5リットル) 9本
 紙皿(直径25センチ) 52枚
 (直径15センチ) 42枚
 生ゴミ1.5キログラム

- ・ カップについて、バー店員、客ともに持った感触に違和感なし。問題はなかった。
- ・ 演奏終了後清掃は20分、床下、テーブル上にほとんどゴミはなかった。

NPO法人北九州エコ・サポーターズのHPをご覧ください。
<http://kitaq-eco.net/home.htm>



14

今回スペースふうの協力でワンウェイカップのデポジットを検証



スペースふうペタルカップ

観客にバイオマス
 カップが資源に
 なることを説明

→

**ワンウェイでも
 デポジット可能か？**



バイオマスプラカップ

実施場所: 小瀬スポーツ公園陸上競技場(山梨県甲府市)
 実施期間: 2005年8月6日

100円デポジット制

ドリンクを100円増して販売
 ↓
 カップ返却で100円返金

調査結果

■回収率:96.4%

会場内への投棄ほとんどなし

デポジット制 回収スタッフ:20名

ワンウェイカップでもデポジット可能!

以前から、デポジット制によるリユースカップを実施しており、客への認知度が高い。



スタジアム内



カップの回収



NPO法事スペースふうのHPをご覧ください
<http://www.spacefuu.net>

NPO法人北九州エコ・サポーターズのHPをご覧ください。
<http://kitaq-eco.net/home.htm>



サンセットライブについて

福岡県芥屋ビーチで開催される野外ライブ。

規模が次第に大きくなり今年で13回目を迎えた。

今では福岡の夏の風物詩である。

開催場所: 福岡県 芥屋ビーチ

開催日時: 9月2日、3日、4日

(11時~21時)

環境保全に関心を持つ林オーナーの意向もあり、ライブ会場、その周辺に至るまで散乱したゴミがほとんどないのも大きな特徴である。

実験方法

- NPO法人北九州エコ・サポーターズがサンセットに**無償**でカップを提供。
- サンセットは各飲食店舗(54店舗)に**10円デポジット**でカップを提供した。
- 各飲食店舗は、来場したオーディエンスに対し、飲料の料金に**10円加算**して販売した。
- 飲料を購入したオーディエンスは、会場に4箇所設けられたカップ返却ブースにカップを持ち込み**10円返却**された。

カップ回収率

- カップ販売数12977個
- カップ返却数11868個
- 約91%の回収率
- 未回収1109個

非常に高い回収率！！

ひびきの祭について **北九州市の学園祭**

- 北九州市立大学国際環境工学部の学生で立ち上げた大学祭。
- 今年で3回目となる大学祭だが、1年目から(財)北九州産業学術推進機構(FAIS)が行う ひびきの祭と共同開催で行っている。
- 講演会やゲストによるライブ、ステージでの企画、模擬店など様々な催しがある。
- **模擬店でのバイオマスカップの利用と回収**

開催場所: 福岡県 北九州学術研究都市
開催日時: 10月22日(土)、23日(日)



ひびきの祭でカップの回収を呼びかけるポスター

カップ返却ブース

カップ返却でくじ引きができる

- 1位 お菓子詰め合わせ
- 2位 チロルチョコ
- 3位 ボーリング、カラオケ無料券
- 特別賞 オリオン(折尾の地域通貨)

※オリオン以外は大学祭
に企業から協賛品として
もらったものを使用。

カップ回収率

- カップ使用数2873個
- カップ返却数1187個
- 約41 %の回収率
- 未回収1686個

サンセット
回収率:約91%

サンセットライブに比べ、
低い回収率

イベント終了後のヒアリング

- カップ使用の模擬店からは特にクレームはなかった。
- 使用する模擬店が少なかった。提案自体が遅かったため、缶売りとカップ売りの両方があり、カップ使用量が少なくなったと思う。
- カップ回収ブースが狭かったことから集めるのが困難であった。
- 回収ブースよりもわかりやすい回収箱をゴミ箱と一緒に置いた方が回収率は高かったのではないかと思う。

イベント終了後のヒアリング

- イベント終了後、会場ならびに会場周辺道路、民家までボランティアスタッフがすべてのゴミを回収した。その後、それらを袋から出し、分別を行ったが、カップは5個しか出てこなかった。（未回収は1109個あったが、5個しか発見できなかった。オーディエンスが興味半分で持ち帰ったのか？各飲食店舗が持ち帰ったのか？）
- 昨年度まで、ゴミ袋が推定300くらいだったのが、半分くらいになった。ゴミの激減は一目瞭然に実感できた。その分のゴミ処理費は削減できた。

結果の分析とバイオマスプラカップの今後

- バイオマスプラカップは化石起源プラカップと比較して遜色ないことがわかった。クレームもなかった。
- バイオマス起源の資源は好意的に認められることもわかった。
- 化学リサイクルの仕組みは驚きをもって理解された。
- 価格は依然として高いままである。
- 回収についての工夫が必要であることがわかった。
- 工夫をすることで、カップを使用する会場の清掃の経費が削減できることがわかった。

今後のあり方

- さらにバイオマスプラカップを広範囲、かつ、組織的に利用することが望まれる。
- 持続可能なプラカップ回収システムをつくる必要がある。
- 化学リサイクルされたポリ乳酸を、カップ以上の価値のある「もの」をつくり、持続可能な循環社会の可能性を検証することが必要。
- さらなる周知・広報が必要。

バイオ生分解素材の開発・利用評価事業第2回低コスト化部会 2006.1.16 **TAKUMA** 1

平成15-16年度生分解性プラスチック魚箱を活用した資源循環
<京都モデル>実証実験成果

『京都の漁箱の回収・リサイクルの仕組み及びその成果と課題』嫌気性メタン発酵調査



株式会社 タクマ 益田光信

ポリ乳酸魚箱分解試験 **TAKUMA** 2
<京都モデル>実証試験

2003年8月～ 京都市
「生分解性プラスチック魚箱を活用した資源循環<京都モデル>実証試験」

市場で使用後の **魚箱** と野菜くずをバイオマス資源として利用

ポリ乳酸系プラスチック(以下PLA系プラ)製
(カネボウ合繊(株)製 ラクトロンRフォーム)



生分解性魚箱(PLA系プラ)と野菜くずとを嫌気発酵し、
メタンガスや電気エネルギーを回収

生分解性プラスチック魚箱の経過(1) (H17京都市報告より)

3

- ・京都市の経緯
 - ・2002:「京都バイオシティ構想」
 - ・環境分野:「バイオテクノロジーを活用した生物機能活用型循環産業システムの構築」
 - ・2002~2003:竹とPLAのコンポジット素材開発
 - ・2003~2004:本事業
 - 「生分解性プラスチック魚箱を活用した資源循環<京都モデル>実証実験」
- ・EPSとの比較
 - ・EPS(ビーズ法発泡スチロール)に対して、PLA発泡製品は同じ施設で製造可能で、緩衝性能、機械物性、断熱性などがEPSに類似しており、代替できる。但し、発泡倍率が低く(30/55→やや重くなる。但し丈夫)、高価格という問題がある。PLAが曲げや圧縮弾性は優れる。緩衝性もPLA優れる。耐薬品性もPLA優れマジックインキで表面は溶けない。断熱性も同等以上。耐熱性は落ちる。(55°C/80°C)
- ・導入口
 - ・H15年度:ハモ用 587×337×100×18.5t 230g(EPSだと110g) 製作数26,600個
 - ・H16年度:鯛用 620×400×102×25t 360g 製作数53,400個
 - コストは現状4倍(原料高、ビーズの生産性、成型工程の生産性、発泡倍率)
- ・トラブル
 - ・夏場に強度不足品製造/凸凹が大きいためハモでは跡がつく/重い

生分解性プラスチック魚箱の経過(2) (H17京都市報告より)

4

- ・コストダウン研究
 - ・高発泡品の目処(50倍)はたった。製造量アップによるコストダウン可能。
 - ・現状4倍 → 将来1.5倍
- ・EPS日本での出荷状況(H15)

用途	千トン/年	比率(%)	PLA適用
水産関係(魚箱)	96.7	51.6	○
農業関係(野菜、漬物箱)	13.8	7.4	○
家電緩衝材	19.0	10.1	○紙化
自動車用資材、通函等産業用	36.8	19.6	△
土木用ブロック類、建設資材	19.6	10.5	×

生分解性プラスチック魚箱の経過(3) (H17京都市報告より) TAKUMA 5

小売流通段階の調査アンケート13社(小スーパー、ホテル、鮮魚小売、料理店)

魚箱の状態

- ・専用保管場所あり
- ・そのまま保管又は夏場水洗浄保管

魚箱の処理

- ・市場へ自社運搬:4社
- ・配送にきた仲卸に引き取らせる:6社
- ・産廃へ委託処理:3社

大口業者は?

- ・商品取引量の6~7割
- ・魚箱は自社で処理(市場へは帰らない)

市場

- ・市場外へ出たものは再持込禁止が原則
(産廃処理は自らが行うべきだ)

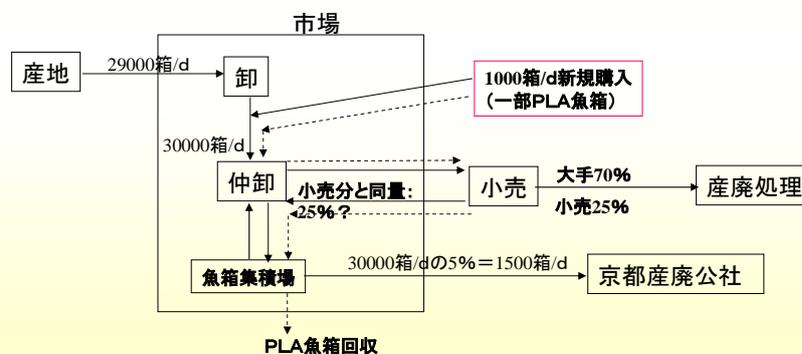
PLA魚箱回収課題

- ・小売: 自社内で保管は可、市場への集積場所へ出すのは大変
- ・仲卸: 回収量増加、2種類を扱う→作業量増加
- ・市場: 産廃処理費の負担責任は?

生分解性プラスチック魚箱の経過(4) (H17京都市報告より) TAKUMA 6

京都市中央卸売り市場物流

- ・取り扱い量 79000t/年
- ・魚箱使用対象 41000t/年
- ・魚箱使用量 5kg/1箱として820万箱/年・・・3万箱/d
- このうち卸売り業者購入分 31万箱(約4%)・・・1000箱強/d
- 今回のPLA魚箱はその一部を置き換え



生分解性プラスチック魚箱の経過(5) (H17京都市報告より)

7

課題

・製造上の問題

- ・価格:発泡倍率と生産規模拡大で4倍から1.5倍程度?
- ・耐熱性(熱変形):夏場対策が必要になる。60°Cを目標。
- ・発泡倍率:現在30~55倍→20~80倍として用途拡大
- ・ビーズの微小化:現状5mm→3mm(発泡スチロール並)

・市場での魚箱回収システムの構築にかかわる問題

- ・今回PLA箱について浅箱は32.1%、鯛箱は28.4%が回収された。これはPLA魚箱については再利用を控えたためできた数値。本来は5%になる。新たなリサイクルルールが必要。
- ・現在魚箱のリサイクルルートはない。魚箱のリユースが可能性高いが臭いの付着があり困難。食品リサイクル法の一環として堆肥化やメタン発酵でリサイクルすれば可能か。
- ・単に産直系でPLA魚箱が普及するだけでも大きな市場ができる。

<京都モデル>実証実験-メタン発酵によるエネルギー回収

8

場所:京都バイオガス化技術実証研究プラント

(高温乾式メタン発酵:コンポガス方式)

処理能力:3ton/日

稼動:1999年4月~



原料: 生分解性魚箱

野菜くず

新聞紙



生分解性魚箱



野菜くず

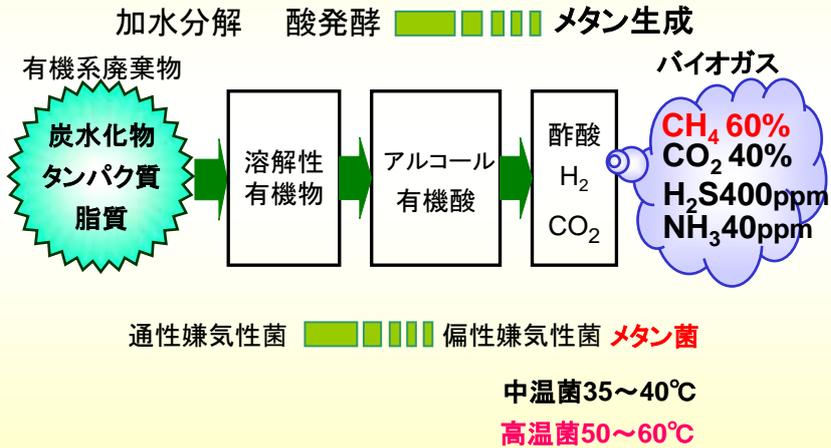


新聞紙

バイオガス化とは

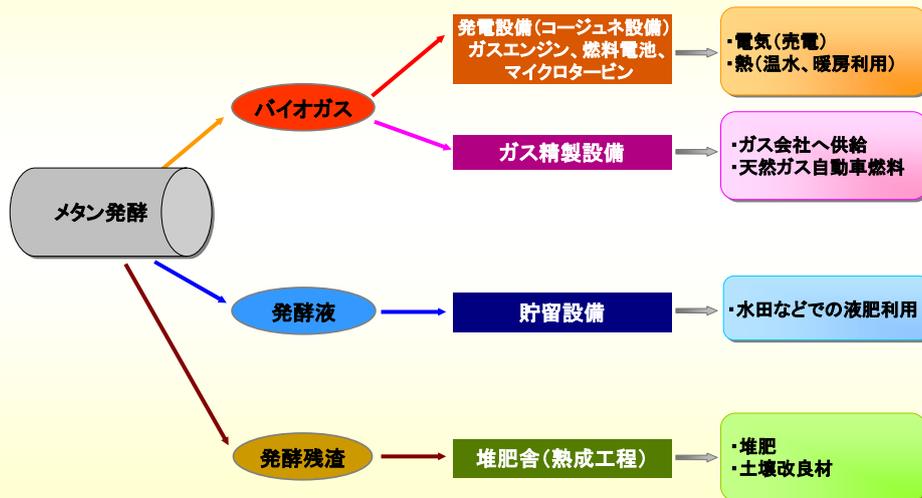
9

嫌気発酵：空気のない状態での微生物による有機物の発酵
メタン発酵，嫌気性消化（Anaerobic Digestion：AD）



メタン発酵によるリサイクル製品

TAKUMA 10



各種有機物質毎のバイオガス発生量とその成分

TAKUMA 11

1. 有機物のメタン発酵分解 理論量

有機物	CH ₄ (Nm ³ /kg)	CO ₂ (Nm ³ /kg)	H ₂ (Nm ³ /kg)
糖質	790	50	50
蛋白質	1250	68	32
油脂	704	71	29



2. 有機物のメタン発酵分解 コンポガス方式実績値

	厨芥類		紙類	草木類
	ホテル厨芥	市場ごみ		
ごみ1トンあたりの バイオガス発生量	175	79	490	85

発熱量: 5000kcal/m³

単位 Nm³-dry/トン

ポリ乳酸魚箱分解試験

実験① 破碎粒度による嫌気発酵分解速度の評価

TAKUMA 12

実験方法

生ごみ高温嫌気発酵汚泥

種汚泥とPLA系プラとを500mL容フラスコに投入



気相部をN₂で置換後、55℃で振盪

<目視で形状の変化を観察>



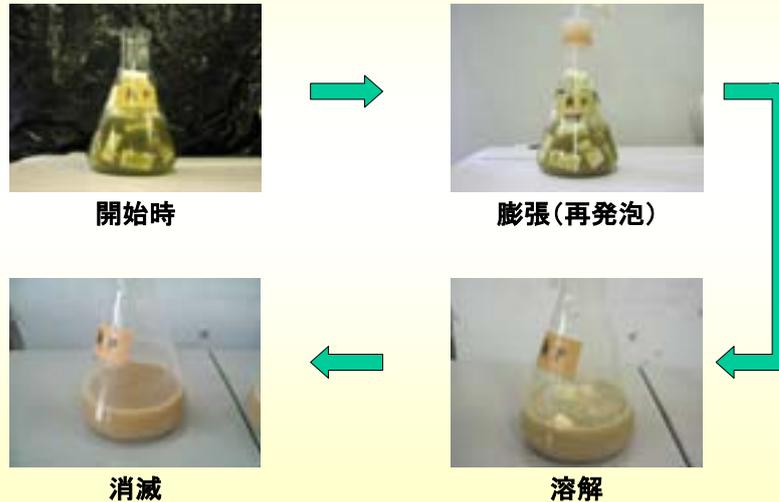
🚦 破碎粒度 → 小(~5mm)、中(~10mm)、大(~20mm)、角(30mm角)

🚦 投入量 → 汚泥:プラ Full...約1:3、Middle...約1:1 (容積比)

🚦 攪拌速度 → 120rpm、60rpm

実験① 破碎粒度による嫌気発酵分解速度の評価

実験結果-1 例)角(30mm角)での結果



実験① 破碎粒度による嫌気発酵分解速度の評価

実験結果-2 55°C保持遊動試験

種汚泥	破碎粒度	投入量	攪拌速度 rpm	経過日数																		
				1	2	3	4	~	8	9	10	11	12	13	14	~	18	22				
嫌気性汚泥	小	Full	120							溶					消	終						
	小	Middle	120							溶					消							
	中	Full	120				膨			溶		消				終						
	中	Middle	120				膨			溶				消		終						
	大	Full	120							溶					消	終						
	大	Middle	120							溶					消	終						
	角	Full	120							溶					消	終						
	角	Middle	120			膨					溶	消			終							
水	角	Full	60				膨							崩		消	終					
	角	Middle	60				膨							崩		消	終					
水	角	Middle	60						膨								濁					

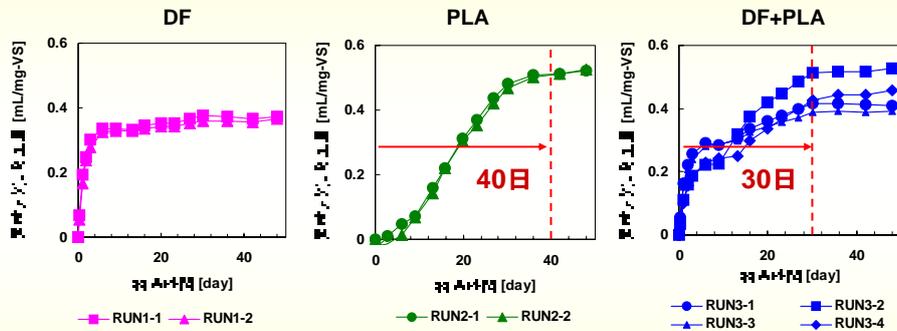
膨張 崩壊/溶解
消滅 終了

破碎粒度に関係なく(高温嫌気発酵では)、
PLA系プラは10日前後で溶解が進み、14~22日で消滅する。

実験② PLA系プラの嫌気発酵特性の評価

実験結果

VS1mgあたりのメタン発生量(DF:ドッグフードとPLA)



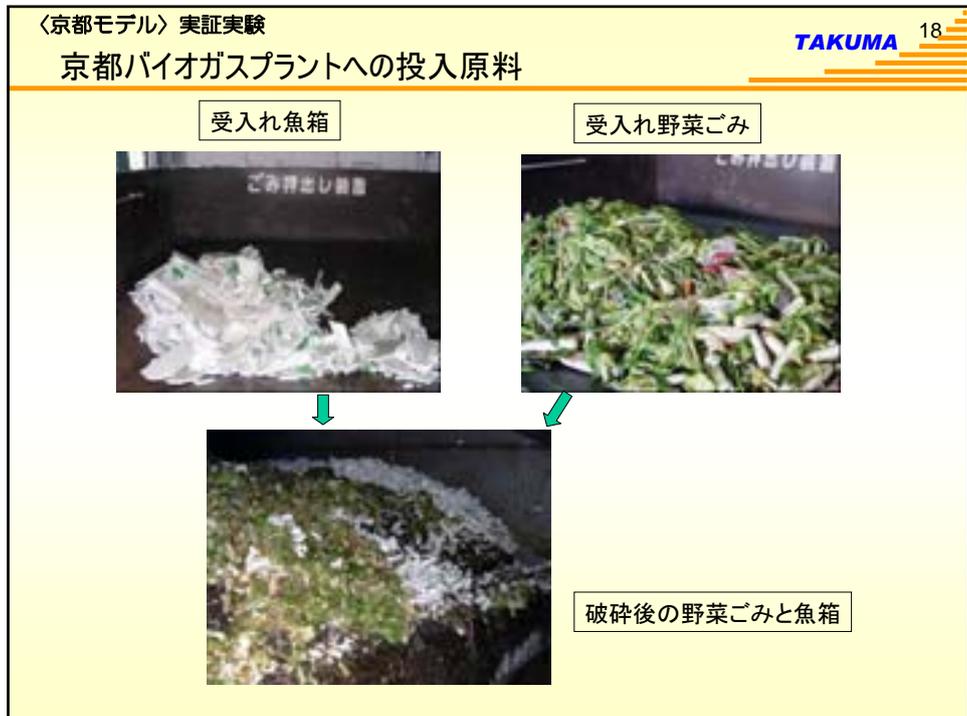
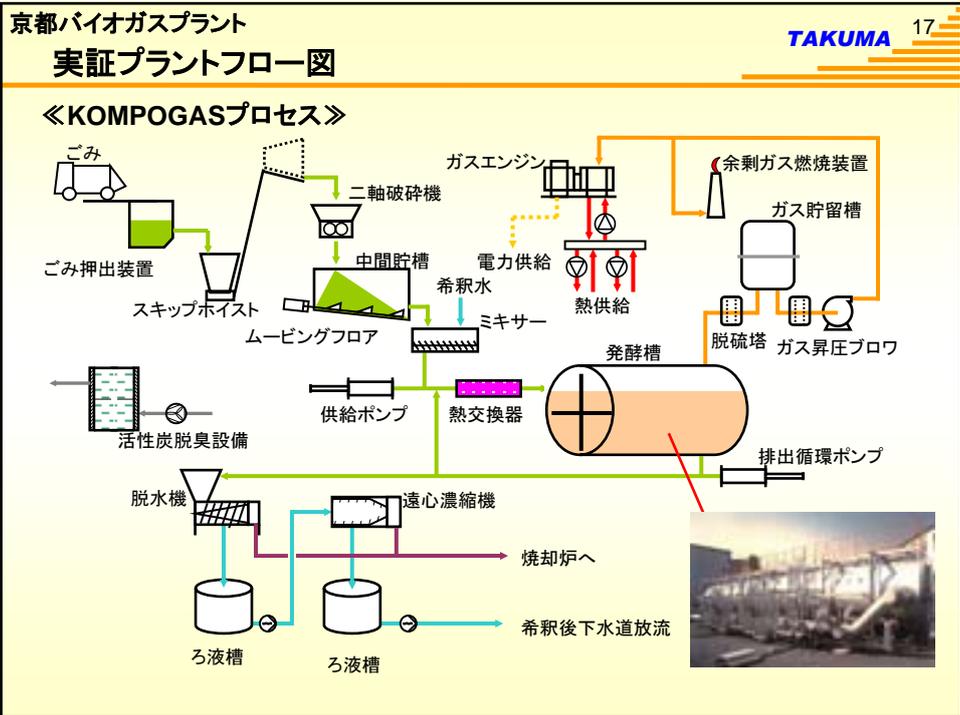
0.335mL/mg-DF
50.6%-CH₄

0.485mL/mg-PLA系プラ
54.2%-CH₄

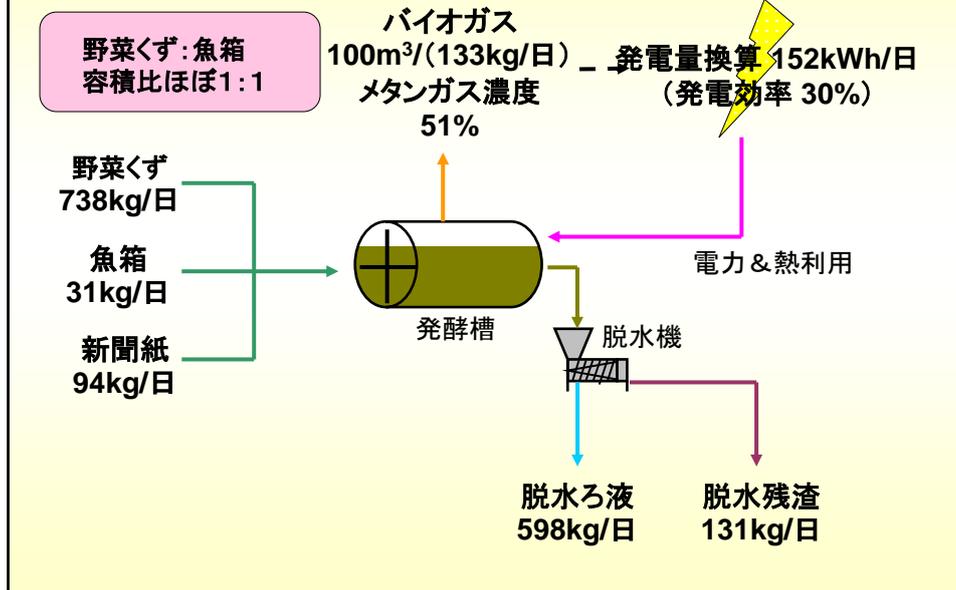
2段階でガス発生
53.0%-CH₄

まとめ

- ✚ PLA系プラから高温嫌気発酵によりバイオガスが生成する。
- ✚ PLA系プラは、高温嫌気発酵では10日程度で加水分解され、分解に要する総時間は30~40日である(破碎粒度にはあまり影響されない)。
- ✚ PLA系プラからのメタンガス発生量は、約0.5mL/mgであり、発生バイオガス中の濃度は約54%である。
→500ml/g/0.54=926ml/gのバイオガスの発生:理論量に近い
- ✚ PLA系プラの高温嫌気発酵では、ほぼ100%の炭素をバイオガスとして回収できる。



実証実験 物質収支 RUN3



回収エネルギー量試算

- ・ラボ試験試験での確認結果 920ml-wet/g, メタンガス濃度 54%
 - ・メタンガス濃度 54%よりバイオガス発熱量は 19.3MJ/m³-バイオガス
- DRY 状態でのバイオガス量を 780m³/t-魚箱と仮定すると, 1t の魚箱を嫌気分解することにより回収できるエネルギーは以下の通り。

発電装置によるエネルギー回収量比較

発電機種類		回収量 (魚箱 1t あたり)
ガスエンジン	発電電力 (効率 30%)	1,260 kwh
	回収熱量 (効率 45%)	6,770 MJ
燃料電池 (リン酸型)	発電電力 (効率 38%)	1,590 kwh
	回収熱量 (効率 49%)	7,380 MJ

魚箱の分解状況



固形物形状のまま投入可能
→生分解プラの分解可能
(特別な前処理の必要なし)

PLA系プラ残留物
残渣中の0.03%
PLAプラ分解率
99.7%(有機分ベース)



まとめ

・滞留日数33日間の運転を行い、ほぼ完全に生分解魚箱を分解する処理が可能であった。これはラボテストで予測された必要滞留日数30~40日間という数値の範囲内であった。

・生分解性プラスチック魚箱と生ごみの混合処理で、高温嫌気発酵によりバイオガスを回収することができる。固形形状のまま投入できるコンボガス方式メタン発酵は、前処理として特別な可溶化処理(加水分解処理)を必要としないため、生分解プラの嫌気分解に適切なシステムといえる。

食品包装・容器として利用されれば食品残渣と同時処理(エネルギー回収)可能であり、分別困難なため食品残渣のリサイクルが進んでいない分野・業界において有効。