
家電製品への 植物原料プラスチックの活用

バイオ生分解性素材開発・利用評価事業
利用普及検討部会 事例報告

2003年11月4日

ソニー株式会社
森 浩之

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

1

背景

- ・バイオマス資源活用の世界的流れ(素材、エネルギー)
- ・ソニーのプラスチック使用量は30万トン強と多量



植物由来の原料を用い、
環境面で優れたプラスチックを商品に活用し、
環境負荷の削減に貢献する。

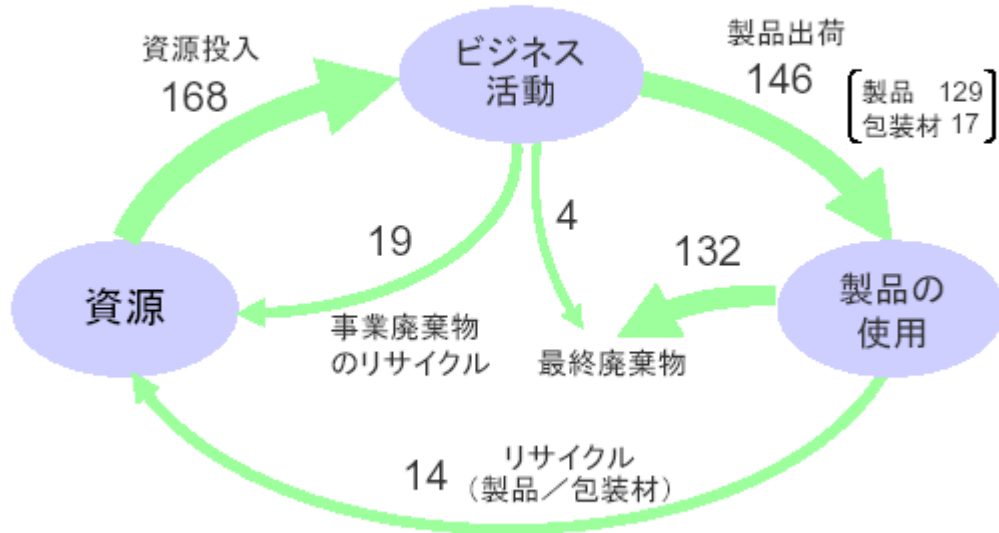
Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

2

ソニーのマテリアルフロー

FY2002、Worldwide、単位：万トン



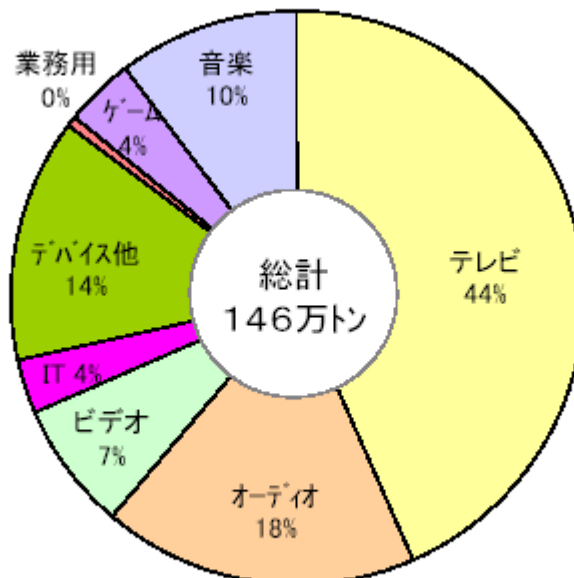
出典：ソニーCSRレポート2003

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

3

製品別資源使用量



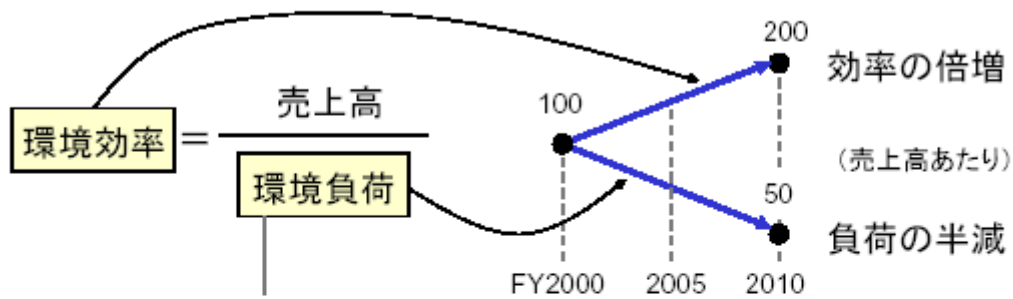
出典：ソニーCSRレポート2003

Oct. 9, 2003

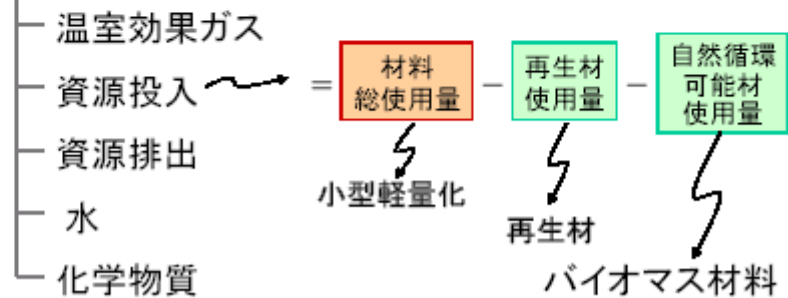
ソニー株式会社

4

環境負荷削減の目標



環境指標



Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

5

植物原料プラスチック — 循環図



Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

6

筐体用材料の改善

<u>ポリ乳酸の弱点</u>	<u>改善前</u>	<u>改善後</u>
耐衝撃性	脆い	ABS並
耐熱性	60°C以上で 剛性低下	剛性向上
保存安定性	加水分解 で劣化	耐久材として 十分な物性

ゴム系生分解性樹脂、無機フィラー(天然由来)、
改質材の配合、成形方法を工夫して改善

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

※ 三菱樹脂㈱、三宝化成㈱共同開発

7

品質信頼性 試験項目

- ・ 基本物性： 分子量／メルトフローレート／成形収縮率
- ・ 機械強度： 衝撃強度／引張り強度／曲げ強度／ビス締め強度
- ・ 熱特性： 高温保存／低温保存／ヒートサイクル／耐熱性
- ・ 耐薬品性： オイル／グリス／食用油／洗剤／整髪料／汗
- ・ 加工性： 成形性／印刷性(磨耗、密着)／塗装性
- ・ 耐久性： 加速寿命試験／耐候性
- ・ 環境特性： 含有物の安全性／LCA／生分解性

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

8

筐体としての製品化例



ウォークマン WM-FX202
キャビネット全般
2002/11/1発売(日欧) 計85g



DVDプレーヤー DVP-NS999ES
フロントパネル
2002/10発売(日欧米) 123g



使用部位
おりこうAIBO ERF-210AW06J
マーカーベース(前、後)
2002/11/16発売(日欧) 計133g



AIBO ERS-7
マーカーベース、足他計5種12部品
2003/11発売(日欧米) 計254g

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

light 9

ブリストアパックへの応用



ポータブルラジオ ICR-P10
ポリ乳酸シート、 $t=0.35\text{mm}$ 、圧空成形

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

10

包装フィルムへの応用



ミニディスク5枚／10枚パックの包装フィルム
従来品PPをポリ乳酸フィルムへ置換え
(2000年～)

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

11

ロゴマーク、エコインフォ



- 1) 植物原料プラスチックのロゴマーク
ソニーオリジナルマーク（商標登録中）



- 2) “エコ・インフォ”
ソニーオリジナルマーク
取組み内容を具体的に記述



- 3) “グリーンプラ” マーク
生分解性プラスチック研究会の認証マーク

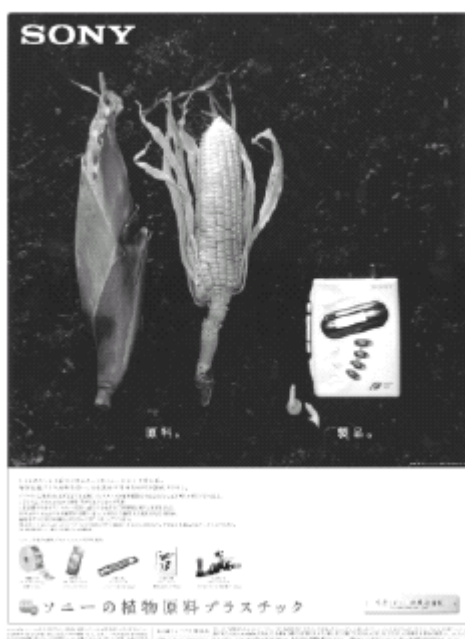
Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

12

広告、展示

朝日新聞 関東版 2003/1/28 朝刊



Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

銀座ソニービル 2003/1/28-2/16



13

筐体応用上の課題

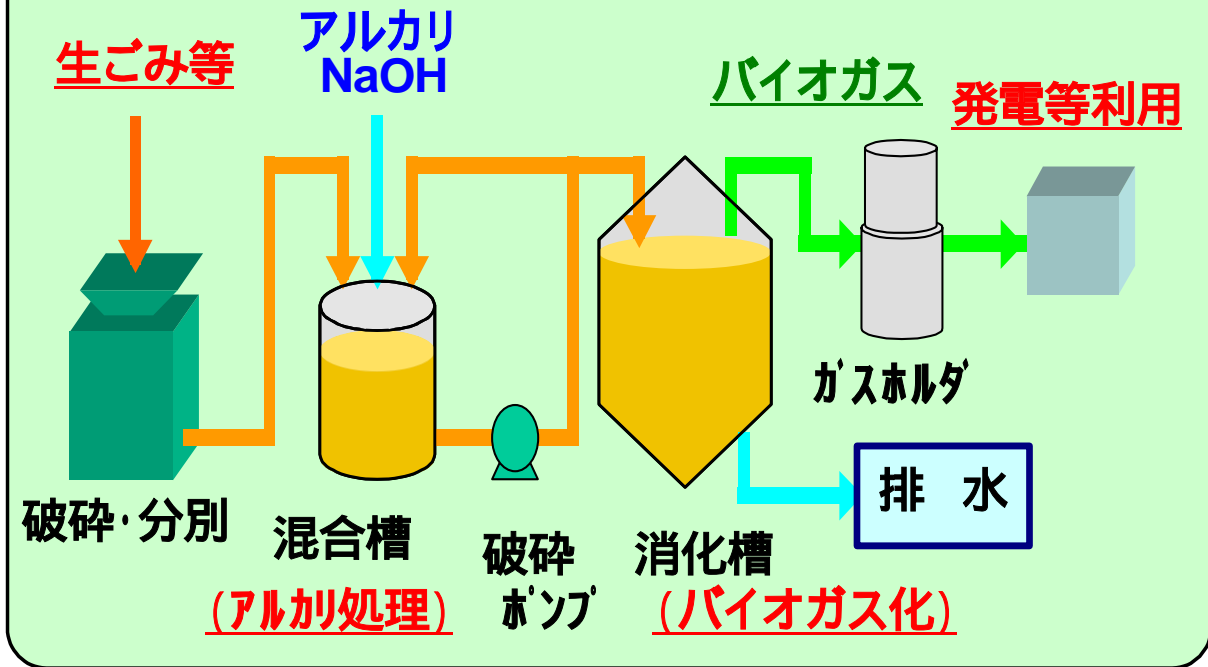
- ◆ 難燃化 UL94規格でV2以上が主流
- ◆ 耐熱性 発熱部周辺／車載機器
- ◆ 透明材料 窓部／デザインの多様性
- ◆ コストダウン (せめて)汎用樹脂の1.5倍以内
- ◆ リサイクル性検証 マテリアル／ケミカル・リサイクル

Oct. 9, 2003

ソニー株式会社

14

パイロットプラント概略フロー図



研究実施項目とスケジュール

研究実施項目		H14						H15												
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
共同研究会			▼			▼					▼									▼
室内実験等	事前検討	■																		
	生プラ処理											■	■	■	■					
パイロットプラント	据付・立上			■	■															
パイロットプラント実験	事業系					■	■	■	■											
	一次処理物									■	■									
	家庭系未処理											■	■	■	■					
	生プラ混入																■	■		
評価・まとめ・報告書作成																		■	■	■

実験結果

1 室内実験結果

(1) 生ごみ一次処理物の比較試験

乾燥型一次処理物の方が多くのバイオガスが得られたのでこれを選択した。

- ・乾燥型一次処理 - - - バイオガス化に適応
発酵型に比べ、一般的な生ごみ組成に近く、生ごみと同等のガス発生量が期待できる。
- ・発酵型一次処理 - - - バイオガス化に不適
バイオガス発生量が少ない。粗繊維、灰分が多いので残さ発生量が多い

(2) 乾燥型一次処理物の前処理条件（混合槽のアルカリ処理）

前処理条件による違いはほとんどないので、最も経済的な処理条件を選択した。

<最適条件> 処 理 温 度 : 37
 処 理 時 間 : 1時間
 アルカリ添加量 : 1g / 100mL

(3) アルカリ処理による生分解性プラスチック可溶化試験

予備試験にて、生分解性プラスチックごみ袋を8試料より5試料に絞り込み、絞り込んだ5試料について生ごみ処理条件近辺で詳細試験。

- ・予備試験（pH：12、処理温度：50、処理時間：24時間）
各試料の可溶化率は、5～60%。
可溶化物はBODが高くなっているため、ガス発生量の増加が期待できる。
- ・詳細試験（pH：10, 11, 12、処理温度：37, 50、処理時間：1時間）
可溶化率5～35%。予備試験で可溶率の高い試料でも、通常アルカリ処理条件近辺では可溶化率が低くなる。 処理時間の影響大きい。

(4) 生分解性プラスチックガス化試験

前処理による可溶化なしでもバイオガス化可能。

生ごみと同じ条件による可溶化によりバイオガス発生量の増加が可能。

- ・投入1g(乾基準)当りのガス発生量：
可溶化無し：約200mL/g 可溶化有り：約400mL/g
- ・最適可溶化条件
生ごみ処理条件近辺の条件と詳細試験の条件で可溶化した試料のガス化量は殆ど同じなので下記生ごみ処理条件近辺の条件によりパワレットプラント試験実施。
条件 pH：10、処理温度：37、処理時間：1時間

2 パイロットプラント実験結果

(1) 各種ごみの消化性能

処理対象		事業系 生ごみ	家庭系 一次処理物	家庭系 未処理生ごみ	生分解性プラ混入 (添加率1.5%)
生ごみ処理量(kg/日) (固形分25%換算値)		30 (50)	12 (50)	60 (50)	60 (50)
バイオガス発生量 (m ³ /日)		6	4	5	5
ガス組成	CH ₄ (%)	54	57	67	61
有機物 分解率(%)	BOD基準	84	58	87	89

(2) 生分解性プラスチック混入処理の影響

消化性能： 生分解性プラスチック混入による明確な影響は見られない。

ハンドリング等： 粉碎した生分解性プラスチックでも、ダマ状の塊りを形成するため、実設備では機器・配管閉塞等ハンドリング面での装置改善が必要。

ま と め

【室内実験】

生ごみ一次処理物の比較

乾燥型： 事業系生ごみと同等のメタン濃度を得ることができる。

発酵型と比較して分解率、減容率及びガス発生量も高く有利。

生分解性プラスチックのバイオガス化

一部の試料を除き、前処理による可溶化なしでもバイオガス化可能。

通常のアルカリ処理条件で、生分解性プラスチックのガス化向上が可能。

【パイロットプラント実験】

ガス化性能

各生ごみのガス化性能を把握。

発生ガスを発電等に利用する場合、特に問題となる有害物質は無い。

名古屋市内の発生生ごみをガス化した場合の総発電量を概算。

生分解性プラスチック混入処理

機器・配管閉塞等ハンドリング面での装置改善が必要。

閉塞の課題をクリアすれば特にガス化性能に支障無く処理可能。

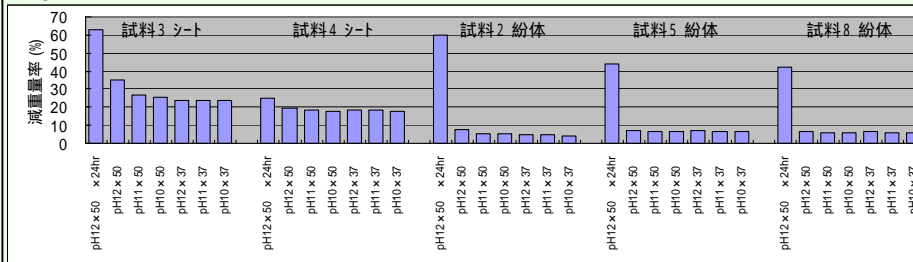
ごみ種類	事業系 生ごみ	家庭系 一次処理物 (乾燥型)	家庭系 未処理ごみ
ごみ発生量(万トン/年)	11	0.9~1.2	16
(トン/日)	301	24~36	438
ガス発生量(m ³ /日)	60274	8000~11917	48219
発電効率(%)	59	58	58
発電端出力(kW)	8000 (2700世帯相当)	1100~1600 (370~540世帯相当)	7100 (2400世帯相当)
試算前提条件	名古屋市内全量	市内集合住宅(20~30万世帯) 生ごみを一次処理すると仮定	名古屋市内全量

室内実験

生分解性プラスチック可溶化試験

予備試験(pH:12、処理温度:50、処理時間:24時間)にて、生分解性プラスチックごみ袋を8試料より5試料に絞り込み、

絞り込んだ5試料について生ごみ処理条件近辺で詳細試験(pH:10, 11, 12、処理温度:37, 50、処理時間:1時間)。

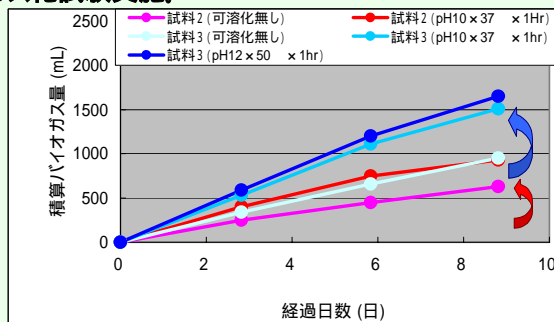


・pH12 x 50 x 24時間処理にて可溶率の高い試料でも、通常処理条件近辺での可溶化率は5~35%程度である。
 完全可溶化を実施するのは困難。
 高可溶化率を得るには、長い処理時間を要し、非現実的。

室内実験

生分解性プラスチックガス化試験

最も可溶性の高い試料3、及び予備試験でガス化性の高かった試料2を対象にガス化試験実施。



- ・前処理による可溶化無しでもバイオガス化可能。
- ・試料2、試料3とも可溶化により、バイオガス発生が促進されることを把握。
- ・試料3の二つの可溶化条件のガス発生量は殆ど変わらず、以下条件が最適

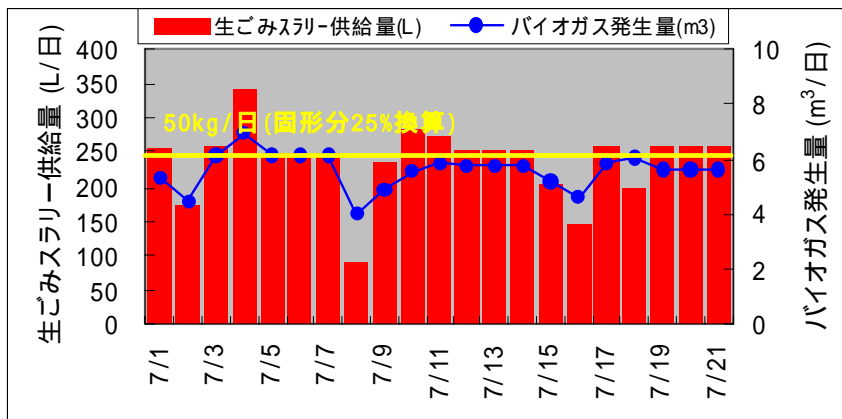
<最適可溶化条件> pH:10、処理温度:37、処理時間:1時間

- ・パイロットプラント試験では、試料3を対象に実験実施する。

パイロットプラント実験処理対象物

H14年度	H15年度
<p>事業系生ごみ(コンビニ弁当等)</p> 	<p>家庭系生ごみ未処理物</p>  <p>水分調整材(ゴマ油粕)・庭木の枝葉が混入</p>
<p>家庭系生ごみ一次処理物(乾燥型)</p>  <p>貝殻・桃の種等が混入</p>	<p>生分解性プラスチック混入生ごみ</p>  <p>生プラごみ袋破砕物を1.5%混入</p>

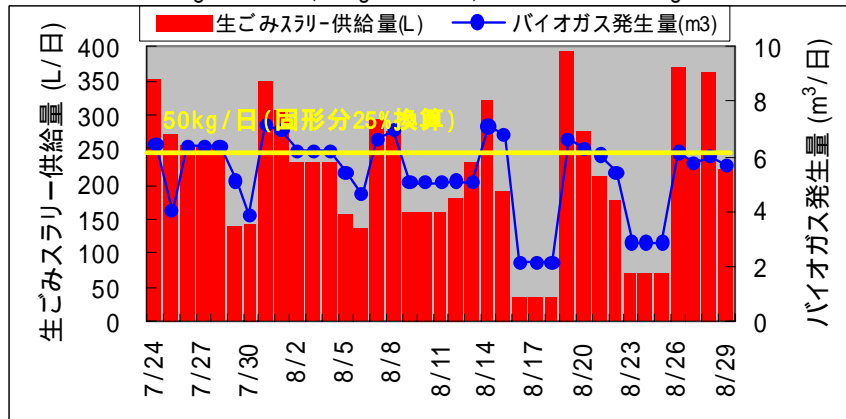
家庭系未処理生ごみ



- ・家庭系未処理生ごみ処理量約60kg/日にて安定運転達成。
- ・有機物分解率:50%(BOD基準では、87%)
(生ごみ回収時に水分調整材として添加しているゴマ油粕の影響
生ごみ:ゴマ油粕 2:1)

生分解性プラ混入処理

処理量 60kg-W.B./日 (20kg-D.B./日) 生プラ 0.9kg-DB/日

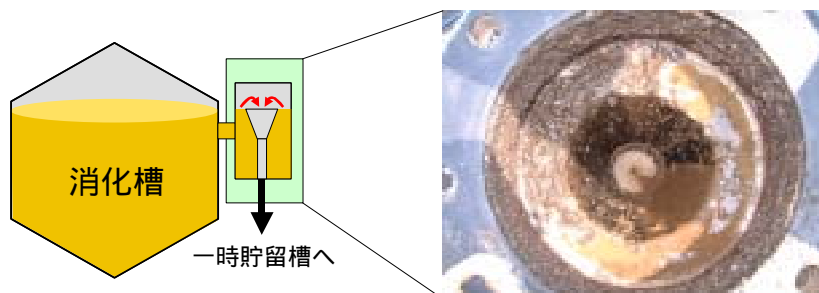


- ・閉塞により処理量に変動有るが、平均約60kg/日処理達成。
- ・有機物分解率:50%(BOD基準では、89%)
- ・生分解性プラスチック混入による、ガス化阻害は無い。

生分解性プラ混入処理

- ・生分解性プラ破砕物添加率:対未処理ごみ1.5%
- ・これまで、深刻なハード上の問題は無いが、“ダム”状の塊りの形成により、以下のトラブル有り。

生ごみスラリーの供給ポンプ閉塞。
消化槽からの消化液オーバーフロー不良。



オーバーフローの構造と、不良状況

バイオマスプラスチックの利用普及に向けた 現状・動向・方策について

2003年12月11日

バイオ生分解素材の開発・利用評価事業検討会
利用普及検討部会

三井化学株式会社
八木 正



概要

TY121103.ppt

製品の要求物性を満たすために

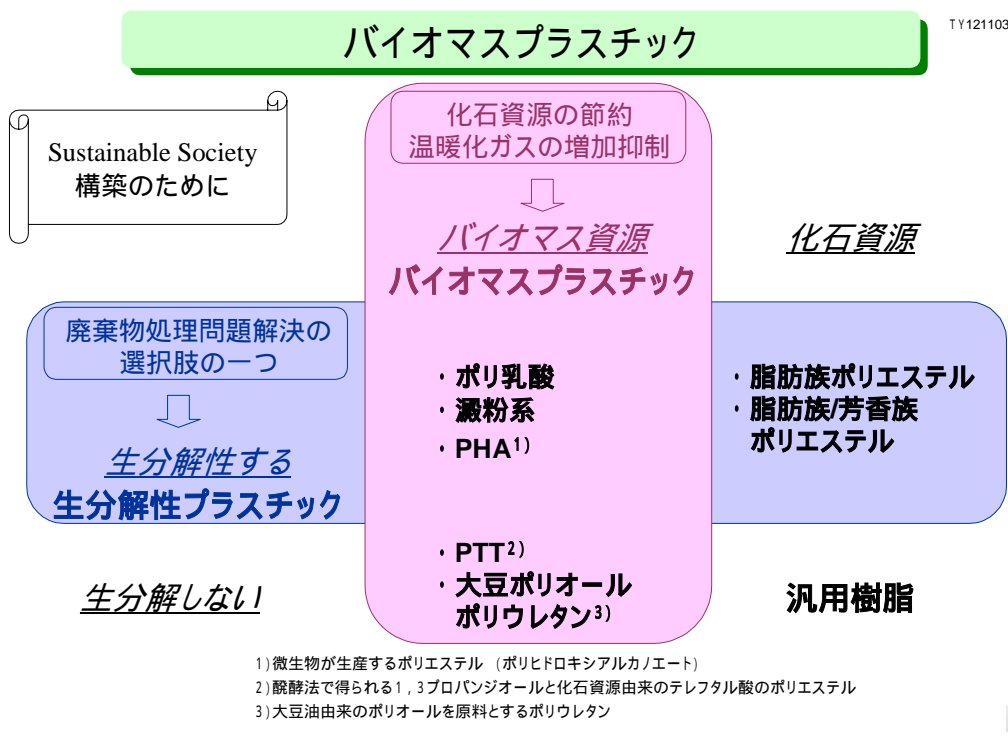
法規制や規格について

- ・ 国内法規制
- ・ 国外の事例 ~ヒント~
- ・ ロゴマーク
- ・ 国内での取り組み

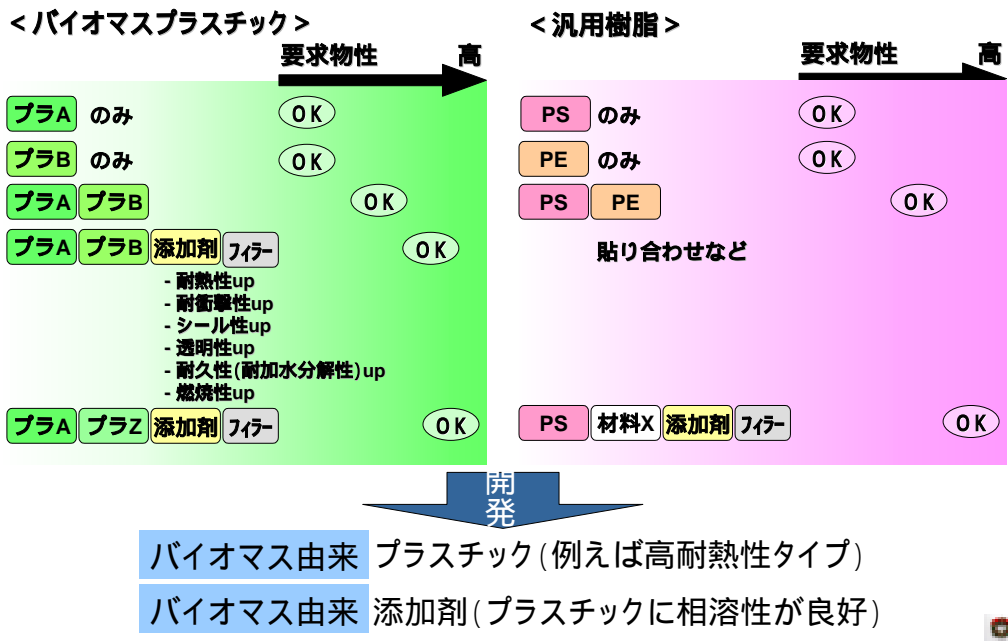
まとめ

KEY
分別方法
識別マーク
リサイクルシステム





製品の要求物性を満たすために

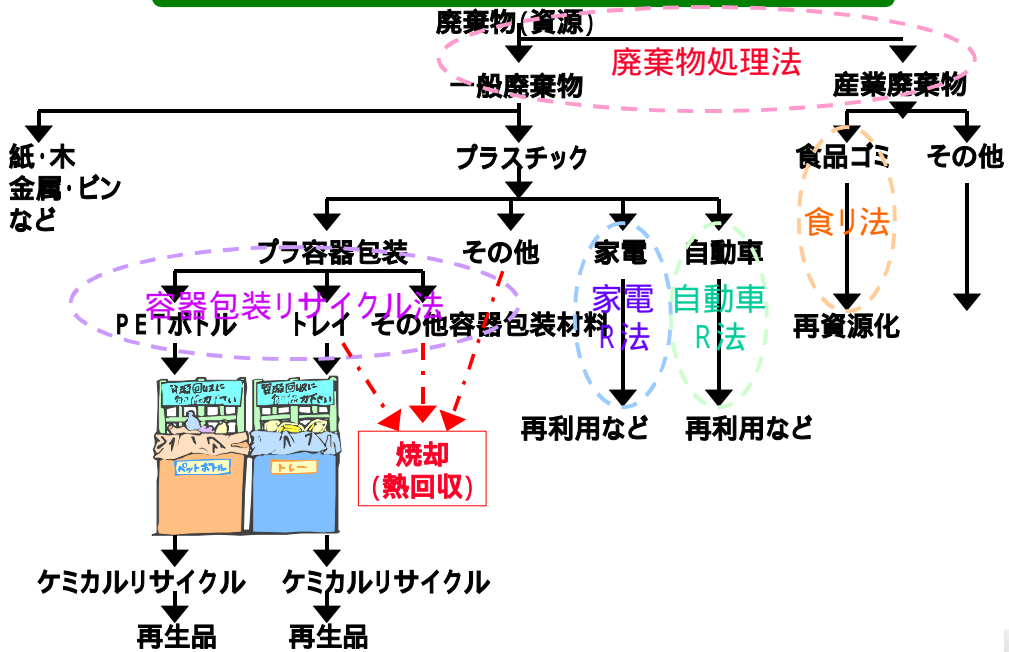


循環型社会を目指す国内の法規制

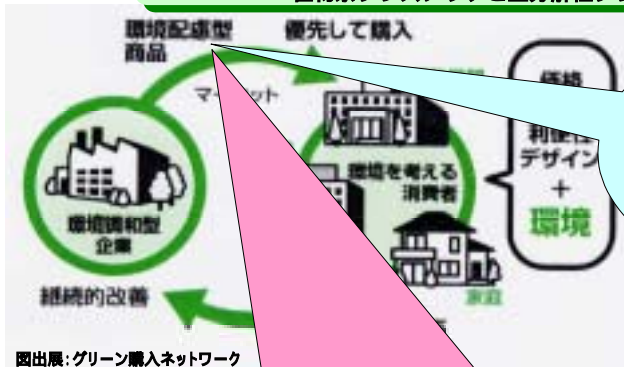
環境基本法	1994年4月 施行	自然循環と社会物質循環の総合基本計画
循環型社会形成推進基本法	2001年4月 施行	基本理念：ごみの抑制、生産者の回収責任など
廃棄物処理法	2001年4月 施行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物の適正処理に向けた処理基準の設定など ・ 排出企業に産業廃棄物の最終処分の確認を義務付け
資源有効利用促進法	2001年4月 施行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分別回収のための表示や副産物の有効利用促進
容器包装リサイクル法	2000年4月 施行	<ul style="list-style-type: none"> ・ ペットボトルやプラスチック容器の再商品化を義務付け
家電リサイクル法	2001年4月 施行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家電メ - カ - に製品の再商品化を義務付け
食品リサイクル法	2001年4月 施行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外食産業などに飼料や肥料への再資源化を義務付け
建設資材リサイクル法	2002年5月 施行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 解体業者などに木材や鋼材といった資源ごとの再利用を義務付け
自動車リサイクル法	2002年 制定・公布予定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動車メーカーと輸入業者に廃棄自動車の再資源化を義務付け
グリーン購入法	2001年4月 施行	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国や地方自治体が環境への負荷が低い製品などを調達



廃棄物と分別廃棄（1）



グリーン購入法調達品目 ～植物系プラスチックと生分解性プラスチック～



- ・ライフサイクルアセスメント(LCA)による定量的な環境負荷低減効果より判断する
- ・石油エネルギー使用量
- ・二酸化炭素排出量

図出展: グリーン購入ネットワーク

閣議決定された「基本方針(平成15年度)」の変更の別表からの抜粋(グリーン調達のみ)

「窓付き封筒(紙製)」- 3.文具類 -

【判断基準】 古紙配合率40%以上であること。(窓部分に紙を使用している場合は、窓部分には適用しない)
窓部分にプラスチック製フィルムを使用している場合は、窓フィルムについては再生プラスチックがプラスチック重量の40%以上使用されているか、植物を原材料とするプラスチックが使用されていること。

「食堂」- 16-3食堂 -

【判断基準】 庁舎または敷地内において委託契約により営業している食堂であって、生ゴミを減容及び減量する等再利用に関わる適正な処理が行われるものであること。

【配慮事項】 1.生ゴミ処理材等により処理後の生成物は肥料化、飼料化又はエネルギー化等再利用されるものであること。
2.生分解性の生ゴミ処理袋または水切りネットを用いる場合は、生ゴミと一緒にコンポスト処理すること。



Separate collection of food waste from MSW

From Dr.KIM@BPS symposium 2001



Effectively separated in the apartment complex areas, not so in other individual houses area.



Reduce Plastic Bag Use Underway in R.O.C. (Taiwan)

in 1997

- 227,000 tons of plastic bags
- nearly 3 billion plastic bags

The Taiwan-EPA

- Waste Disposal Act <Section 7 of Article 10.1> (regulatory control)
- the planned Resource Recycling and Reuse Act
- "polluter pays principle"



"Plastic Bag Management and Control Plan."

- collection and analysis of basic data on plastic bags
- in depth study of the most suitable means for clearing and disposing bags
- forecasts of plastic bag production rates
- feasibility studies of recycling and disposal measures
- cost-benefit analyses of disposal and recycling measures

Bureau of Solid Waste Management until Sep.2002

- "bring your own bag" activities
- checkout service and price discounts
- voluntary program

汎用プラ製品の
使用禁止令

レジ袋
ワンウェイ食器類

TY121103.ppt

欧州における生分解性樹脂に関する法規制

99年12月

ドイツ: 包装政令 - 98年8月

再生可能資源由来の生分解性樹脂(ポリ乳酸は対象)は、独自の回収システムで回収・コンポスト処理されるならば、一般プラスチックのDSDリサイクル費3 DM/kgは課せられない。

トータルコストの考え方(製品料金 + 廃棄費用
その優遇処置)

ドイツ: 有機廃棄物政令 - 98年9月

再生可能資源由来の生分解性樹脂(ポリ乳酸は対象)は、生ゴミと一緒に回収されコンポスト処理できる。

生ゴミの分別回収 + バイオマスプラは生ゴミと廃棄

EU: 埋立政令 - 99年4月

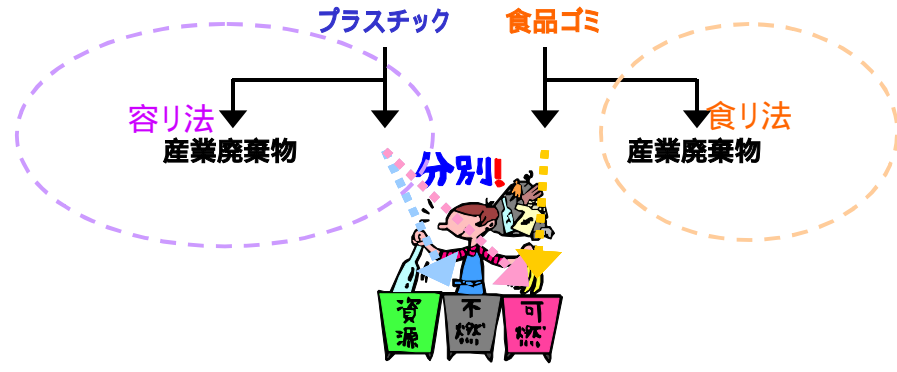
埋立地への有機物投入制限。 95年を100として、2010年 35目標。
コンポスト処理が拡大の方向。

WHO: 有機農産物に関する国際規格(コーデックス) - 99年7月

有機農産物の包装材として生分解性樹脂の使用を推奨。

* コーデックス: FAO(国連食料農業機関)とWHO(世界保健機関)の合同食品規格委員会

廃棄物と分別廃棄（2：可燃物と不燃物）



東京都方式

分け方	プラスチック	食品ゴミ
ケース1 物性から	燃やせないもの	燃やすことが可能なもの <プラスチック・生ゴミ>
ケース2 処理方法	その他 <プラスチック>	焼却（熱回収） <生ゴミ>
ケース3 製品原料	石油系 <汎用プラ>	植物系 <バイオマスプラ・生ゴミ>
参考	欧州方式 <汎用プラ>	<バイオマスプラ・生ゴミ>



Kassel Project in Germany - Model for a Dual System for BDP Packaging - from Mr.LICHTL@BPS-symposium 2001

カッセルプロジェクトから学んだこと
 【Martin Lichtl プロジェクトリーダー】
 No.1：再生可能資源由来が重要、インフラ不要
 Plus：インフラがあるなら、
 生分解（コンポスト分解）が重要

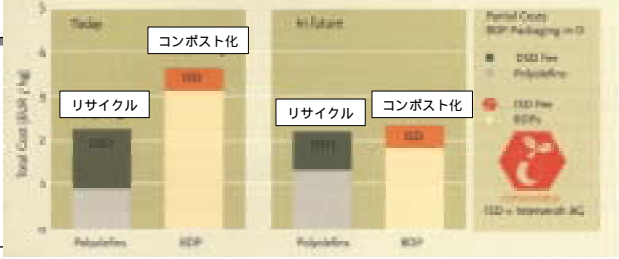
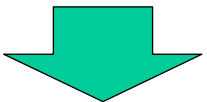


IBAW（ドイツ生分解性プラスチック協会）の基本方針
 【Harald Kaeb 事務局長】
 自然循環のモデルに従うこと：再生可能資源の使用
 炭酸ガスの排出抑制、化石資源の節約
 石油系生分解性プラスチックは補完材料として重要



合理的な価格とは？ トータル費用 (製品価格と処理費用)

国内	容器包装リサイクル法			
	再資源化委託料	75.1円/kg (ペットボトル)	82.0円/kg (プラスチック)	42.0円/kg
	PETリサイクル費用	101円/kg (H 9年)	64円/kg (H15年)	(紙)
	分別収集費用	(税金)		
欧州	独: DSD	プラスチックに課せられる処理費用		175円/kg
	独: Interseroh (カッセルプロジェクト)	生分解性樹脂の処理費用		64円/kg



生分解性樹脂の場合

処理コストを含んだ素材と考え300 ~ 400円/kgが合理的価格

Ecolabel (Logo)

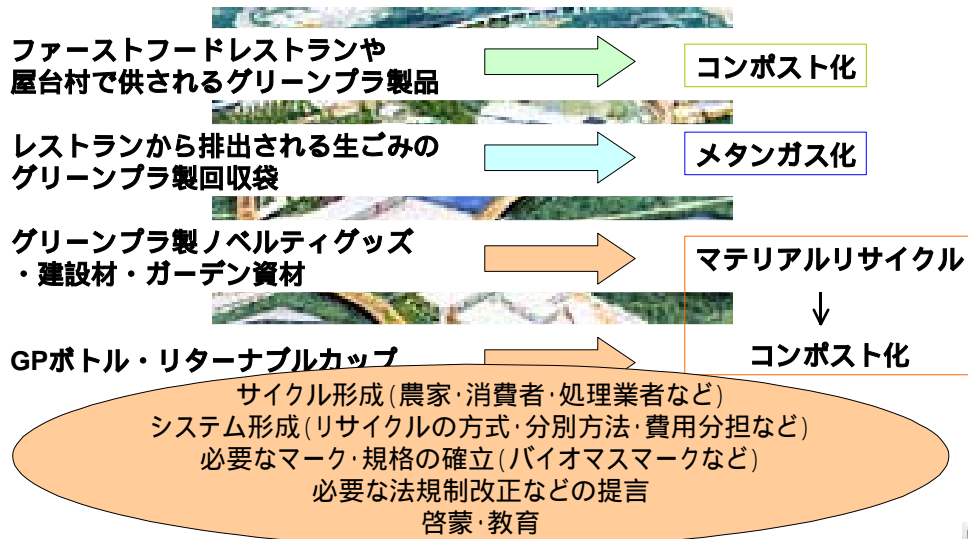
 Australia	 Brazil	 Canada Criteria:125+3+1 Products:3000	 Croatia	 Czech Republic	 EU Criteria:15+7	
 Germany Criteria:85+2+39+2 Products:2981	 Hong Kong	 Hungary	 India	 Israel	 Japan Criteria:68+1+5 Products:4235	
 New Zealand Criteria:17+4+5 Products:120	 North Europe	 R.O.C. (Taiwan) Criteria:67+4 Products:926	 Thailand Criteria:29+3+3 Products:213	 Spain	 Sweden	 U.S.A.

GEN members @ May 2002

Harmonization of Certification Systems in the world



正式名称：2005年日本国際博覧会
 略称：愛知万博
 開催期間：2005年3月25日～2005年9月25日
 テーマ：「自然の叡智」
 宇宙、生命と情報
 人生の「わざ」と知恵
 循環型社会



植物系素材を用いた製品の宣伝広告例

ISO14000・環境報告書

二酸化炭素排出量削減
石油資源使用量削減



植物性フィルム
二酸化炭素削減



とうもろこしが原料
地球に優しい

バイオマスプラスチックが関連する国内関連法規について ～現状・課題・方策～

	件名	現状	課題	バイオマスプラスチック普及に向けて
法規制	廃棄物処理法	廃棄物の焼却の規制 (農業用マルチを含む)	(農業用マルチの展張 回収 洗浄 運搬 焼却による作業量増・処理費用増)	(北海道や長野県で国の助成が後押しし、生分解性マルチの普及が進む)
	食品廃棄物リサイクル法	生分解性プラの食品包装材への利用推奨(基本方針)	現在のところ特にメリットなし	・生ゴミと同じ扱い(容リ法対象外など) ・数値規定 ・認定制度 ・インフラ整備(コンポスト処理施設など)
	容器包装リサイクル法	生分解プラはその他プラ扱い(課金なし)	・市場拡大により課金対象 ・再資源化ルート未確定	・再資源化ルートの構築(ケミカル、マテリアルリサイクル) ・容リ法対象外もしくは課金的優遇処置
	グリーン購入法	・現行パーজন品やリサイクル品とLCA比較(化石資源E投入量) ・特定調達品目リスト掲載:2点(窓付き封筒・生ゴミ回収袋/水きり袋)	LCA解析に必要な汎用のパーজনプラスチック・リサイクルプラスチックのデータが不足	・LCAデータでの以外の比較方法 ・バイオマスニッポン総合戦略での取り組み
	JAS法(農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律)の有機JAS規格	原則として化学合成農業、化学合成土壌改良資材を使用しないで、3年以上を経過し、堆肥等による土づくりを行ったほ場において収穫された農作物を有機農産物とする	グリーンプラを処理したコンポストを使用した場合、有機野菜と認定されない(PE製ごみ袋などは使用可)	

バイオマスプラスチックが関連する国内関連規格について ～現状・課題・方策～

件名	現状	課題	バイオマスプラスチック普及に向けて
規格 ISO14000	植物性材料の使用により石油資源削減・二酸化炭素排出量削減にカウント可能	算出方法など不明な点あり	・算出方法などの明確化 ・積極的活用
材質表示マーク (容り法関係)	JIS6899-1で略号表示を規定 (現在のバイオマスプラは規定されておらず勝手に表記できない)	例えば、ポリ乳酸はPLAは不可 ポリ乳酸orポリニューサンとなる	ユーザーならびに消費者が分かりやすく、使用しやすいよう、早期に略号確立
エコマーク	他国ではグリーンプラに対する基準があるが、国内にはない	・エコとしての認知 ・国際的整合性 (取り扱いlor GPマークとの整合性)	知名度の高い認定マークとの整合性を計りながら、独自のバイオマスマークを確立



バイオマスマーク



生ゴミの分別廃棄自体が進む
バイオマスプラとの補完で分別廃棄が進む

(生ゴミの廃棄処理は各地域に見合った適正な処理方法
(例えば焼却・コンポスト化など)に対応可能であり
二酸化炭素削減のメリットは残ったまま



【海野委員ご提供資料】

農業資材への生分解性製品の普及について

JA 全農長野農業企画課 海野幸治

平成 8 ~ 9 年当時、長野県において農業用生分解性マルチを普及し始めた大きな理由は、環境にやさしい農業の産地づくりを目指すこともありましたが、農家の高齢化が急速に進み、生産基盤の維持のために、剥ぎ取り作業の省力化や空いた時間を意欲ある農家に規模拡大してほしい、という狙いがありました。1 シーズン使いきりの資材であれば、マルチ以外でも同じことが言え、例えば、キュウリ・トマト等の吊り用ネット、果菜類・果樹用誘引紐などがあります。価格が高いという問題も、労働費・廃プラ処理費を換金計算すれば、2 倍までは許容範囲だと思いますし、実際、生分解製品を購入使用している農家は理解します。

生産基盤の脆弱化は全国同一の課題であり、生産基盤を維持し農家の手取りを確保していくためには、こうした農業資材への生分解性製品の普及が期待されます。

[主なグリーンプラ農業資材の現状]

べたがけ用長繊維不織布

2 0 0 m 巻 (9 5 ・ 1 3 5 ・ 1 5 0 幅) や家庭菜園用 (長さ 3 ~ 5 m) などが既に販売されているが、まだ、強度が弱い点が問題で、露地栽培で利用するよりもハウスやトンネル内のべたがけとして利用する方が良いと思われる。

寒冷紗・防虫ネット

1 0 0 m 巻 (1 3 5 ・ 1 8 0 幅) や家庭菜園用 (長さ 3 ~ 1 0 m) などが既に販売されているが、未だ試作段階的な商品も多い。強度や対候性の問題が解決出来れば、実用的な商品が本格販売される可能性は高いと思われる。

ハウス用被覆資材

まだ、積極的に開発しているメーカーは少ない。展張試験でも 1 年以上展張できたフィルムはまだ少なく、いずれも継ぎはぎ部分から裂けてしまう。また、ビニネットで押さえる部分からの劣化が生じ易いなどの問題もある。実用的なものが開発されるまでには、まだまだ年数を要すると思われる。

誘引紐

トマトやメロンのようにハウス内で栽培するつる性作物の誘引紐は、収穫後、植物と紐を分けて廃棄しなければならず、分別作業は大変つらい仕事である。この分別作業を無くしたのが、グリーンプラ誘引紐で、既に 1 , 0 0 0 m 巻などが本格販売されており、半年間のハウス内トマト栽培試験で、張力の低下が認められなかったという試験結果もあり、実用性が認められつつある。

キュウリネット

家庭菜園用 (幅 1 . 8 m、長さ 9 m ・ 1 8 m) で急速に普及し始めている。従来のネットでは、つるとネットが絡んでしまい回収が大変だったが、グリーンプラのキュウリネットと一緒にコンポスト化することが出来るので労力が軽減する。

育苗ポット

既に、多くのメーカーが開発・販売している。育苗したものをポットから剥がして定植する作業は、量が多いと大変な仕事である。グリーンプラの育苗ポットだとそのまま定植が出来て、ポットを剥がす作業が無くなる。また、ガーデニングの花苗ポットも購入者にしてみれば、余計なゴミとなっており、ポットのまま植えられる便利性が購入者にうけている。

植木ポット

果樹などの仮植用ポットは掘り起こした後、定植時にポットを剥ぎ取る必要がある。この作業は大変手間のかかるもので、しかも根を傷めてしまう危険性がある。グリーンプラの植木ポットは土壌中で徐々に分解するので定植時はポットの形状が残っており、そのまま2～4年間は形状が残ったというフィールドテストの結果もある。近いうちに販売されるものと思われる。

園芸クリップ

カラー鋼管などの支柱を連結する園芸クリップもグリーンプラ製のものが既に販売されている。家庭菜園では栽培後に支柱を片付ける際、どこかに落として無くしてしまうことがある。グリーンプラの園芸クリップは、その場合でも土壌分解するので安心である。

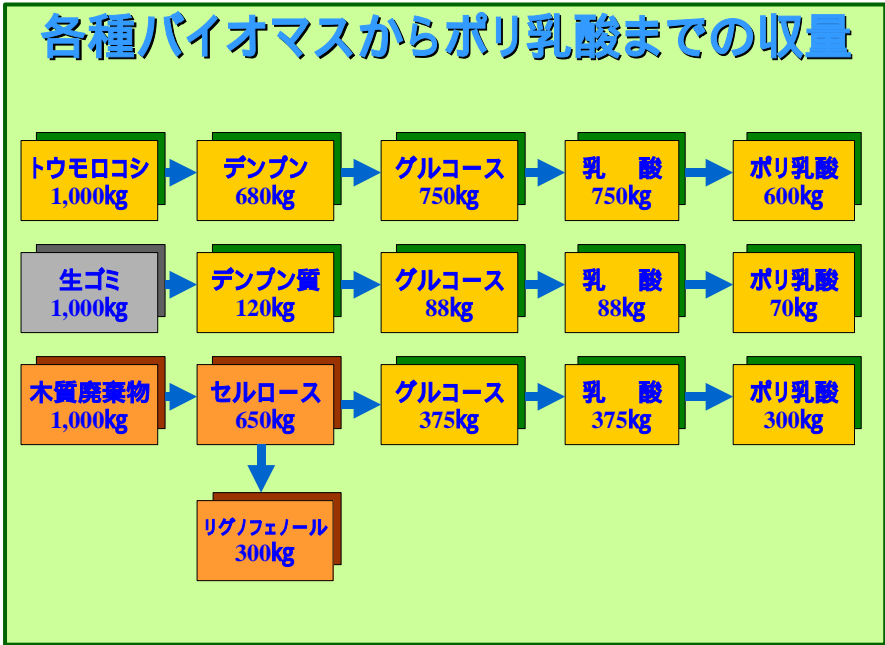
こうしたグリーンプラ資材は、まだまだ認知度が低く、また価格も高価です。商品のアイテムを増やして市場を拡大し、価格を引き下げていく努力をメーカーに求めています。

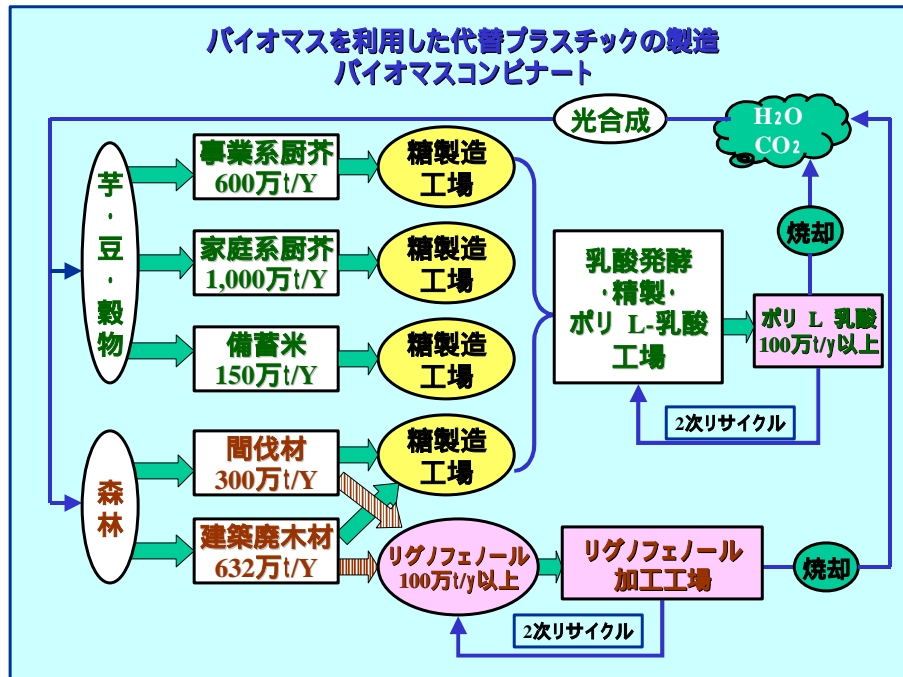
今後、農業用プラスチック資材全てがグリーンプラに替わることは無いにしても、環境保全型農業の推進や石油に代わる再生可能な資源利用を促進させる先導役として、農業用グリーンプラの更なる発展が期待されます。

バイオマスを利用した代替プラスチック

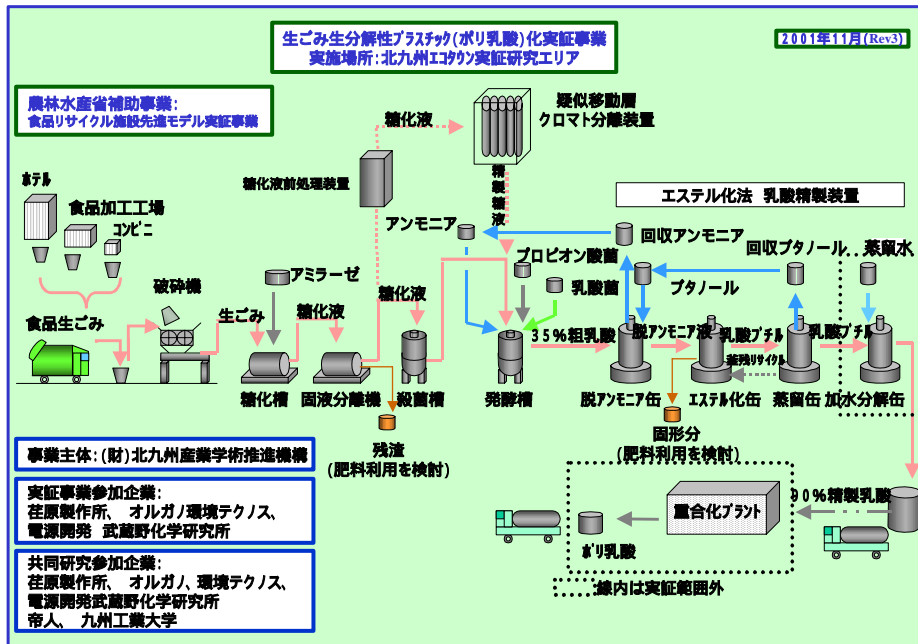
生ごみと木質廃棄物を原料とした
ポリ乳酸とリグノフェノールの製造

株式会社荏原製作所

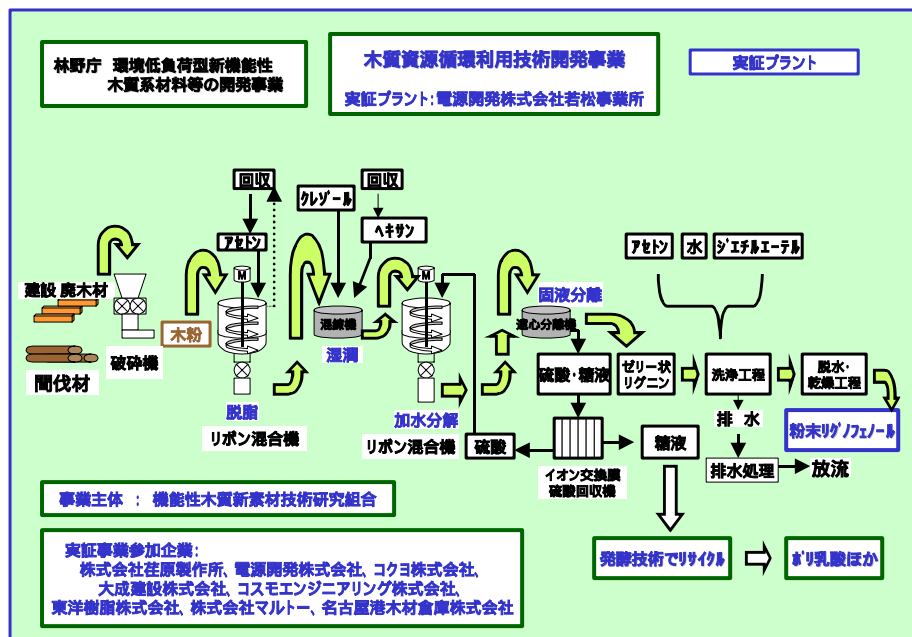




現在のプロジェクト状況				
共同研究	相分離システム <small>木質資源循環利用技術開発事業</small>	8社	荏原製作所、大成建設、東洋樹脂、電源開発、マルトー、名古屋港木材倉庫、コスモエンジニアリング、コクヨ '機能性木質新素材技術研究組合'	
	リグノフェノール利用 <small>木質資源循環利用技術開発事業</small>	15社	日精樹脂工業、住友林業、段谷産業、ザナジェン、住産産業、大建工業、松下寿電子工業、荏原製作所、大成建設、東洋樹脂、マルトー、コクヨ など '機能性木質新素材技術研究組合'	
	ポリ乳酸 <small>生ごみ精製乳酸化実証事業</small>	5社	'北九州産業学術推進機構'、荏原製作所、武蔵野化学研究所、オルガノ、環境テクノス、電源開発	
	糖・硫酸分離精製発酵 <small>生ごみ精製乳酸化実証事業</small>	12社	荏原製作所、大成建設、東洋樹脂、電源開発、マルトー、名古屋港木材倉庫、コクヨ、コスモエンジニアリング、オルガノ、武蔵野化学研究所、環境テクノス など	
事業進行状況	生ごみ生分解性プラスチック化実証事業	平成14年～16年	実証研究	ポリ乳酸： 北九州市エコタウン内
	木質資源循環利用技術開発事業	平成15年12月 平成14年～17年	プラント建設 実証研究	リグノフェノール： 電源開発 若松総合事業所
	生産振興総合対策事業	平成15年～18年	建設・実証	バイオマスポリ乳酸化： 北九州市エコタウン内



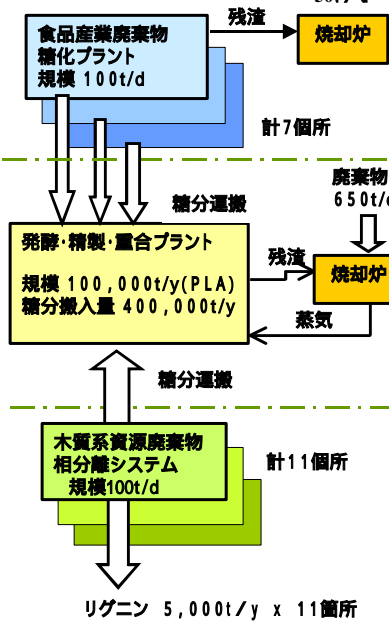
Commercially Confidential



Commercially Confidential

株式会社 荏原製作所

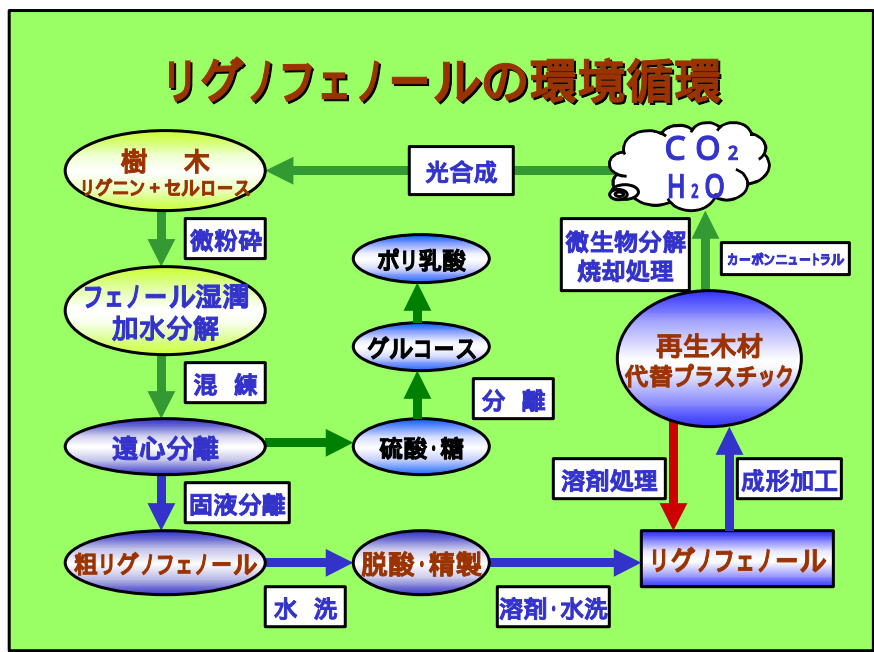
事業の経済性



プラント建設費	糖化	15億円×7個所	105億円
	焼却	10億円×7個所	70億円
支出	運転経費	3億円×7個所	21億円
	減価償却費(15年単純償却)		11.7億円
		計	31.7億円
収入	ごみ処理費	4.5億円×7個所	31.5億円
	糖分売却費	1.1億円×7個所	7.7億円
		計	39.2億円

プラント建設費	発酵精製	300億円	重合	200億円
支出	運転経費	146億円	重合	100億円
	減価償却費(15年)	20億円		13億円
	計	発酵精製166億円(重合113億円)		279億円
収入	PLA売却	350円として		350億円
	ごみ処理費	1.5万円/tとして		28億円
		計		378億円

プラント建設費	95億円×11個所	1,045億円
支出	運転経費	19億円×11個所
	減価償却費(15年単純償却)	70億円
	計	279億円
収入	ごみ処理費	3億円×11個所
	糖分売却費	3.2億円×11個所
	リグニン売却費	25億円×11個所
	計	343億円



リグノフェノールを古紙パルプに含浸させ作った再生木材



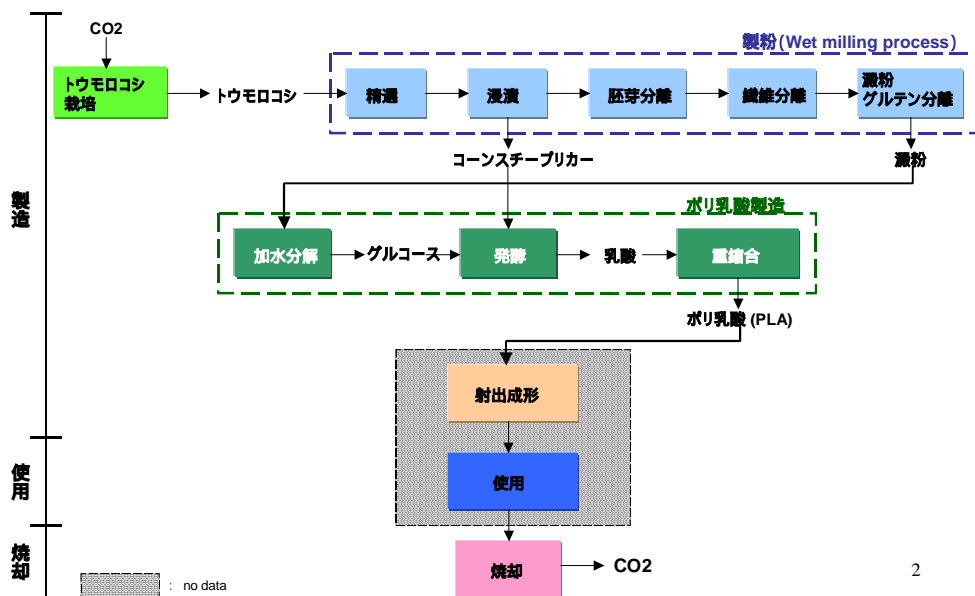
三重大学提供

ポリ乳酸の環境負荷等の基礎データと負荷軽減に関する提言

株式会社 荏原製作所

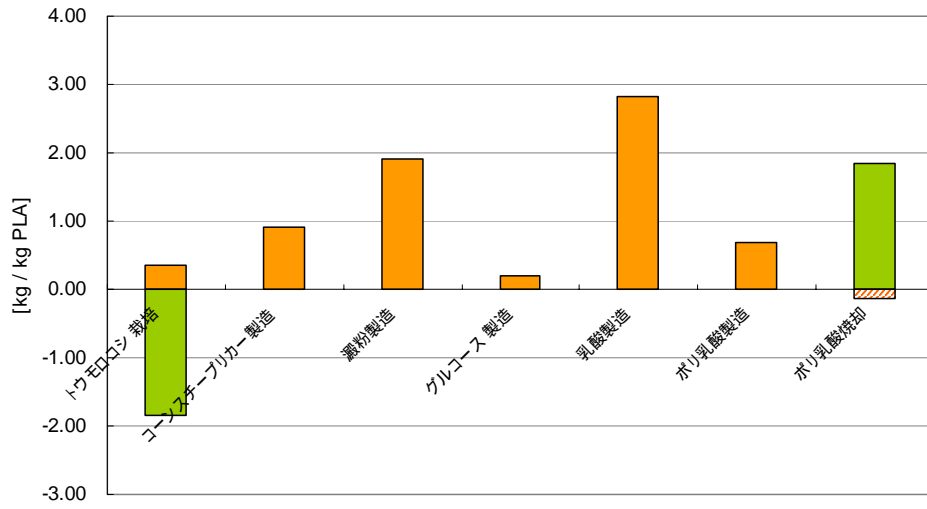
1

機能単位 - 1kg-PLAの製造及び焼却処理 -



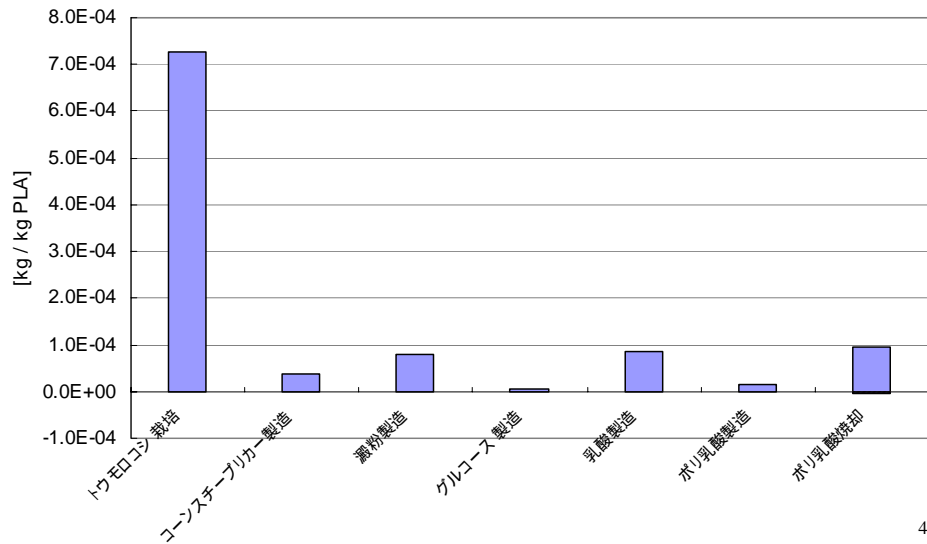
2

PLAのライフサイクルのCO2排出

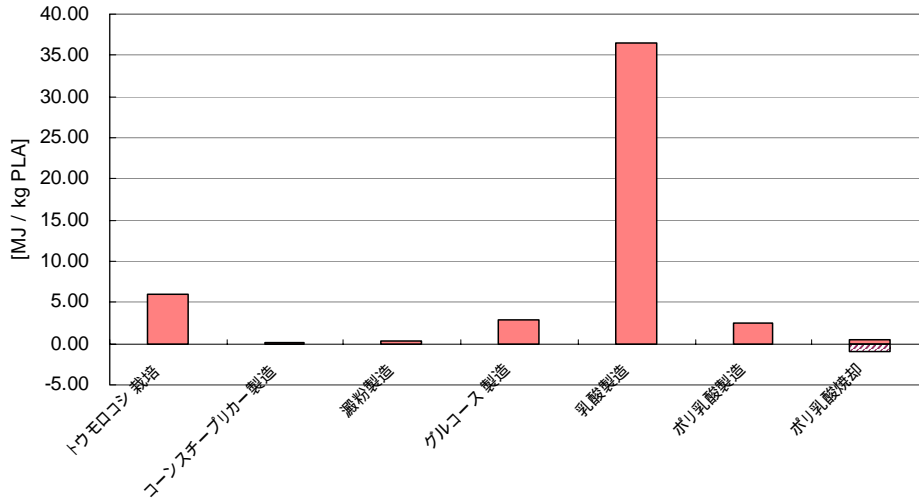


3

PLAのライフサイクルのN2O排出



4



5

考察

- バイオマス由来のCO₂排出量は、原料生産国におけるCO₂吸収分であり、輸入するだけの日本にとってはマイナスカウントにはならない。
- 原料の栽培方法によって、肥料が多投入されることになる。CO₂以外の物質による環境負荷が発生する可能性がある。
 - どの国で、何を、どのように栽培するか比較検討を行う必要がある。
- 日本国内で行われる製造プロセスからの環境負荷発生低減が、全体の排出量抑制に大きく寄与する。
 - 製造プロセス自体の環境負荷低減型へ向けた詳細検討が必要 (DfE)
 - 焼却処理によって相殺または低減を図る検討が必要
- 部品単位で見た場合、難分解性に加工が施されることを考慮する必要がある。また国土の少ない日本における埋立処理には別の問題が常について回る。
 - 焼却処理(サーマルリサイクル)、廃生分解性プラの再原料化(マテリアルリサイクル)等の多様な処理方式の比較検討が必要

6

ポリ乳酸製造技術の現状

- 1) ポリ乳酸製造技術の研究開発動向 (市場、国産資源)
- 2) ポリ乳酸製造技術を保有する各社の状況
- 3) ポリ乳酸製造コスト
- 4) ポリ乳酸製造に係る環境負荷
- 5) ポリ乳酸製造に有望な国産資源

京都工芸繊維大学 繊維学部

木村良晴

バイオ生分解素材の開発・利用普及評価事業

第1回低コスト化部会

2003. 11.20、JORA



生分解性プラスチック適用範囲と動向

第一世代

(2000? 2002年に企業化)

- 汎用プラスチックの代替
繊維、フィルム
- 比較的短命な用途: 生分解
ゴミ袋、日用品等
- 脂肪族ポリエステル系
PLLA, PHB, etc.
- 生分解
- 法的インフラの支援

第二世代

(2003? 2005年に企業化)

- エンジニアリング用の代替
射出成形品
- 長期に使用する用途
電気製品・自動車部品等
- 芳香族基・ポリアミド結合の利用
Ecoflex®, Biomax®, etc.
- 植物由来(環境効率)
- 環境ブランド戦略

新局面: 汎用プラスチックの生分解

ポリ乳酸製造技術の研究開発動向

- 乳酸：発酵原料、D-乳酸
- 重合
 - ラクチド法（モノマー精製）
 - 直接重縮合法（触媒量・不活性化、反応最適化）
 - DL-ラクチドの立体特異重合（ステレオブロック）
- ポリマー改質
 - 成形性（繊維、フィルム、射出成形）
 - 耐衝撃性（ポリマーブレンド）
 - 結晶化（核剤、ハイブリッド）
 - 耐熱性（ステレオコンプレックス）
 - 繊維強化（繊維性バイオマスの利用）
- 用途開発

ポリ乳酸およびその製品の供給先

製造企業	商品名	生産規模 (ton/year)
Cargil-Dow	NatureWorks	140,000
三井化学	LACEA	500
トヨタ自動車	U'z	100 (1,000)
武蔵野化学研究所		1000?
TABAGH a.g.		1,000
PURAC		
カネボウ合繊	ラクトロン	
ユニチカ	TERRAMAC	
クラレ	プラスターチ	
三菱樹脂	エコロジー	
大日本インキ化学工業	プラメート	
東洋紡績	バイロエコール	
東セロ	パルグリーン	
ダイニック	オーペルコーンシート	
東レ		
第一工業製薬	プラセマL110	(エマルジョン)

ポリ乳酸の市場展開の方向性

分類	タイプ	用途
硬質フィルム	2軸延伸フィルム	窓付き封筒、ブラ封筒、ひねり包装、溶断シール袋 プリントラミ紙、ラミ袋、パウチ、粘着テープ
軟質フィルム	ブローンフィルム	生ゴミ袋、レジ袋、重袋、衛材、農業用マルチ
シュリンクフィルム	延伸フィルム	オーバーラッピング、ラベル
シート	未延伸タイプ	サーモフォーミング(食品容器、プリスタ)、クリアケース
	高耐熱タイプ	サーモフォーミング(電子レンジ対応食品トレイ)
	発泡タイプ	サーモフォーミング、ボード、緩衝材
1軸延伸成形品		梱包バンド、スリットヤーン、ロープ、紐
モノフィラメント		テグス、ネット、織り編物、フィルタ
長繊維		織り編物(産業資材・衣料)、ロープ、紐
短繊維	レギュラータイプ	紡績糸、複重層糸、織り編物(衣料、産業資材、インテリア)
		詰綿、短繊維不織布、ボード
	芯鞘複合タイプ	バインダ繊維(不織布、クッション)
	偏芯複合タイプ	伸縮性不織布
ショートカット	レギュラータイプ	湿式不織布、エアレイ不織布
	芯鞘複合タイプ	バインダ繊維
不織布	スパンボンド	農園芸・土木資材、カーペット基布、フィルタ
	スパンレース	生活衛生資材
射出成形	標準グレード	生活雑貨用品
	耐熱グレード	電子・OA機器筐体、自動車内装部品
水性エマルジョン		紙コーティング、繊維バインダ、接着剤
		(望月政嗣、OHM、2003-11、42)

ポリ乳酸製造技術を保有する各社の状況

(すべてラクチド法)

USA

Cargill-Dow : 140,000 t (2001); 蒸留法 (コーン)

Japan

Toyota Motor Co., : 100 t ; 晶析法 (サトウキビ)

Mitsui Chemical Corp. : 500 t ; CD、直重法を検討

Musashino Chemicals : 1,000 t (?); (コーン)

Europe

TABAGH a.g. : 1,000 t

Purac : ? (適地)

Asia

ポリ乳酸製造コスト

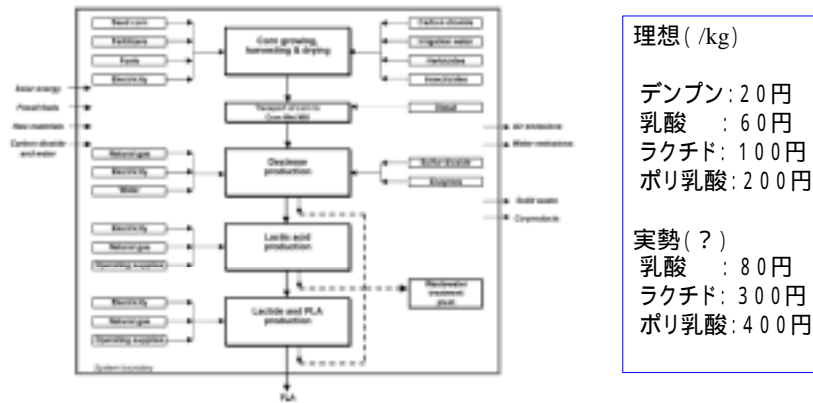


Fig. 4. Simplified flow diagram and system boundary of PLA production system. [E.T.H. Vink et al. / Polym. Degrad. Stabil. 80 (2003) 403-19]

ポリ乳酸製造に係る環境負荷 (I)

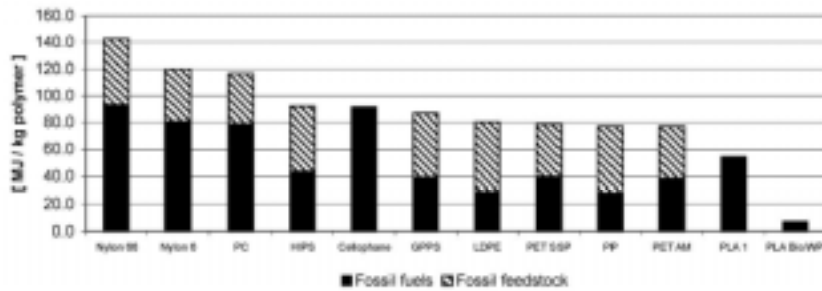


Fig. 8. Fossil energy requirement for some petroleum based polymers and polylactide. The cross-hatched part of the bars represent the fossil energy used as chemical feedstock (the fossil resource to build the polymer chain). The solid part of each bar represents the gross fossil energy use for the fuels and operations supplies used to drive the production processes. PC=polycarbonate; HIPS=high impact polystyrene; GPPS=general purpose polystyrene; LDPE=low density polyethylene; PET SSP=polyethylene terephthalate, solid state polymerization (bottle grade); PP=polypropylene; PET AM=polyethylene terephthalate, amorphous (fibers and .1m grade); PLA1=polylactide (first generation); PLA B/WP (polylactide, biomass/wind power scenario). [E.T.H. Vink et al. / Polym. Degrad. Stabil. 80 (2003) 403-19]

ポリ乳酸製造に係る環境負荷(II)

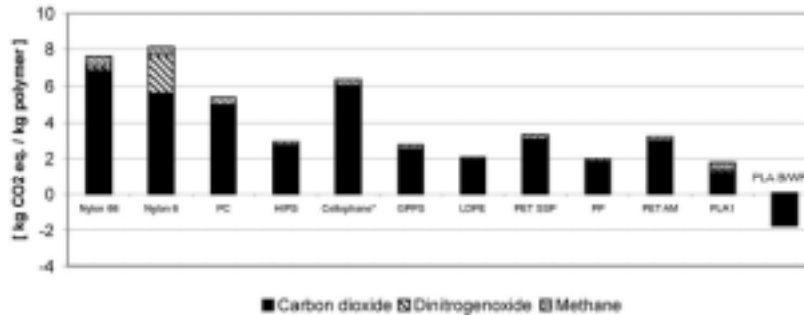


Fig. 9. Contributions to global climate change for some petrochemical polymers and the two polylactide polymers. PC=polycarbonate; HIPS=high impact polystyrene; GPPS=general purpose polystyrene; LDPE=low density polyethylene; PET SSP=polyethylene terephthalate, solid state polymerization (bottle grade); PP=polypropylene; PET AM=polyethylene terephthalate, amorphous (fibers and .lm grade); PLA1=polylactide (first generation); PLA B/WP (polylactide, biomass/w ind power scenario).
[E.T.H. Vink et al. / Polym. Degrad. Stabil. 80 (2003) 403-19]

ポリ乳酸製造に有望な国産資源

- 廃棄食品 (北九州市)
- 米 (休耕田による潜在的生産量)
 - カドミ米 (3,000 t/y)
 - 古米 (?)
 - 粉米 (10%)
 - 米糠 (15% x 30%)
- セルロース資源 (古紙など)

Poly(L-lactic acid): PLLA

Bioabsorbable polymer in biomedical application

Biodegradable polymer as a compostable plastic material

Prepared from renewable resources (sustainable)



● Application

- 1) Biomaterials (implants, DDS)
- 2) Packaging and consumer goods (fibers and films)
- 3) Engineering purpose

● Production

Cargill-Dow : 140,000 metric tons / year (2001)

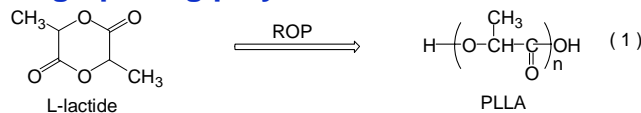
Toyota Motor Co., Mitsui Chemical Corp., etc. : each 100-500 tons/year

Kyoto Institute of Technology



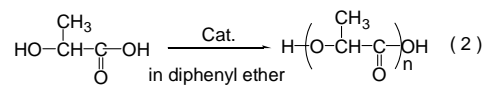
Synthesis of poly(L-lactic acid)

A) Ring opening polymerization

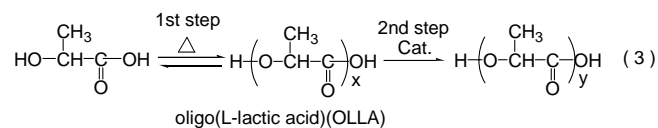


B) Polycondensation

B-1 Solution polycondensation



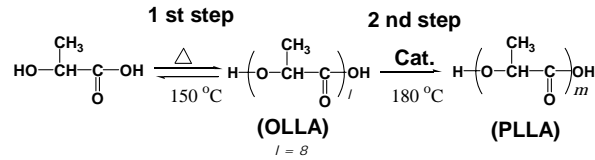
B-2 Melt polycondensation



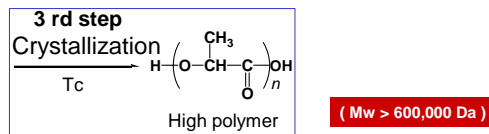
S.I.Moon and Y. Kimura, *J.Polym.Sci.Part A: Polym Chem* **38**, 1673-1679(2000)

3) Melt/Solid Polycondensation

Melt-state

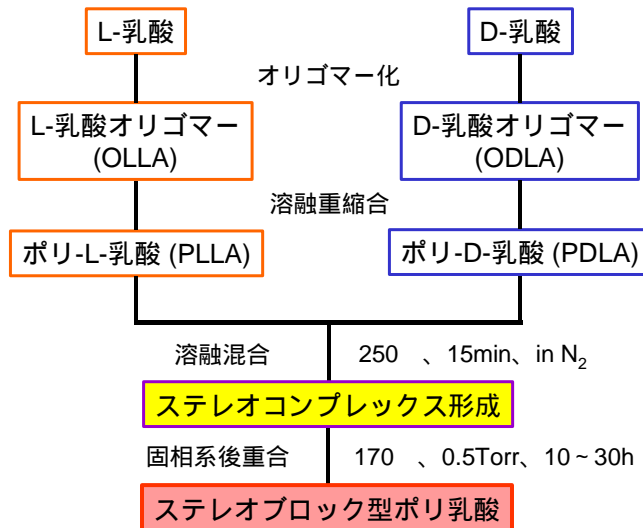


Solid-state

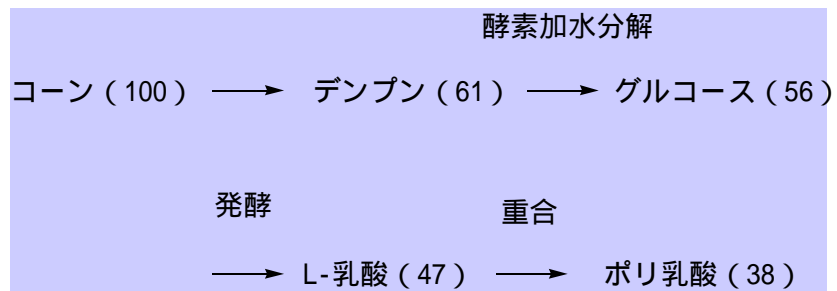


S.I. Moon and Y. Kimura, *Polymer* 42, 5059~5062(2001)

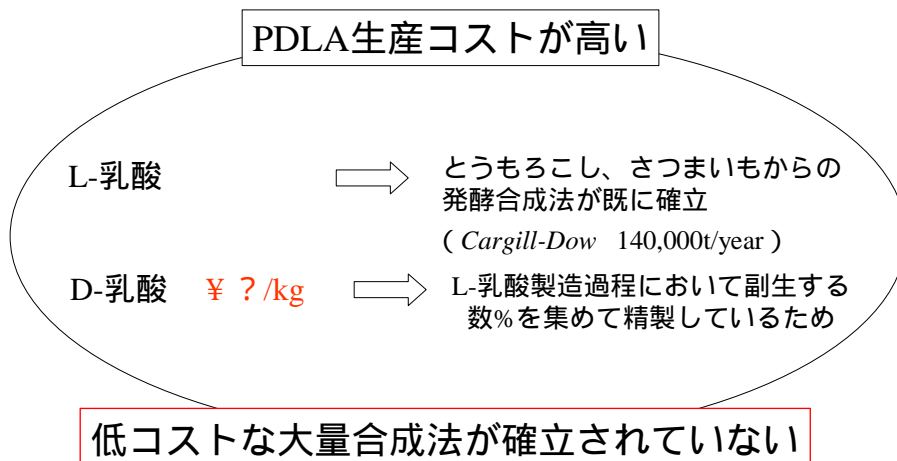
ステレオブロック型ポリ乳酸の生成（直接重合法）



発酵・重合によるポリ乳酸の生成



ステレオコンプレックス型ポリ乳酸の 実用化への障害



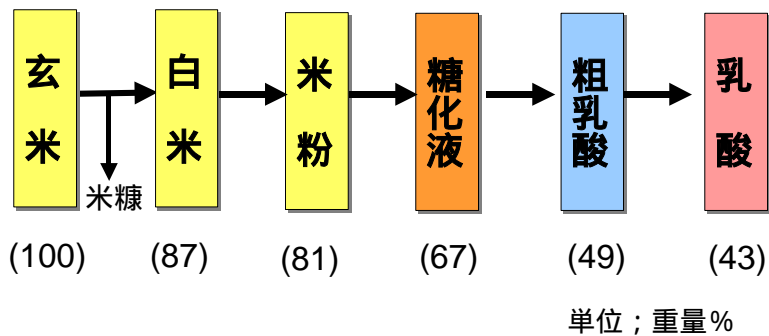
D-乳酸生成菌のスクリーニング

Table1. results of screening test

菌株	D光学純度 (%)
<i>Lactobacillus casei</i> sp. <i>rhamnosus</i> (LC0001)	2.5
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> (LB0004)	1.2
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> (LD0008)	3.4
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> (LD0012)	1.1
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> (LD0025)	98.5
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> (LD0028)	99.4
<i>Lactobacillus helveticus</i> (LH0030)	50.5
<i>Lactococcus thermophilus</i> (LT)	3.0
<i>Lactococcus lactis</i> (LL0005)	1.0
<i>Lactococcus lactis</i> (LL0016)	1.6
<i>Lactococcus lactis</i> (LL0017)	4.4
<i>Lactococcus lactis</i> (LL0018)	2.9
<i>Sporolactobacillus inulinus</i> (SI0073)	98.9
<i>Sporolactobacillus inulinus</i> (SI0074)	98.9

市販の乳酸菌接種用培地
を用いて
24h、37℃にて静置培養

余剰米からの乳酸発酵効率 (L-およびD-乳酸の生産に適用)



Properties of typical biodegradable polymers

Polymer	Suppliers or Trade name	Tg (°C)	mp (°C)	Tensile strength (kg/cm ²)	Tensile elongation (%)	Flexural modulus (ton/cm ²)
PLLA	Toyota Mitsui Chem. Cargill-Dow	56	171	590	2	30.4
PHB/HV	(Biopol)	2	154	240	7	9.3
PBS	Showa Kobunshi	-32	113	310	350	6.5
PCL	Daicel	-60	57	150	430	3.6
Starch/PVA	(Mater-Bi)	-	132	220	125	10.3

PCL: polycaprolactone, PVA: poly(vinyl alcohol)

澱粉樹脂の状況

- (1) 澱粉樹脂製造技術の現状
- (1-1) 澱粉樹脂の製造技術の研究開発動向
 - * 市場展開の方向性(供給先・価格・品質)
 - * 国産資源を用いた澱粉樹脂製造技術の研究開発動向
- (1-2) 澱粉樹脂製造技術を保有する各社の状況
- (1-3) 澱粉樹脂製造に関わるコスト・環境負荷
- (2) 澱粉樹脂から見て有望な国産資源とその理由

平成15年11月20日
日本コーンスターチ株式会社
開発研究所 田中秀行

(1-1)製造技術研究開発動向 - 代表的市場展開の方向性

* 供給先	マルチフィルム 生ごみ袋など 発泡製品	農業団体経由で個々の農家 メーカー経由で市町村・消費会社 製造会社経由で消費者・消費会社
* 価格	価格としては、 マルチフィルム 生ごみ袋など 発泡製品	現行の2倍～1.5倍 現行の50%アップ 現行と同等～25%アップ
* 品質	アプリケーションの対象により異なるが、略品質面では、 使用可能領域に入っている。	

(1-1)国産資源ベースの樹脂化の可能性

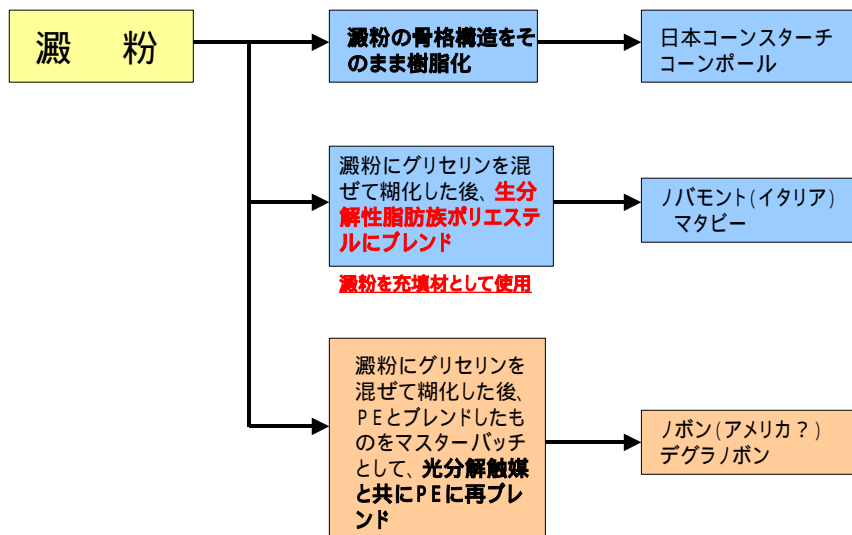
< 樹脂化 >	< 国産資源 >	< 澱粉製造会社 >
可能	穀物輸入トウモロコシ	20社程度
可能	馬鈴薯	多数(北海道)
可能	甘藷	多数(九州)
可能	米	1社(島田化学)
可能	その他輸入澱粉	複数社



← 国内のその他バイオマスとの複合化も含む

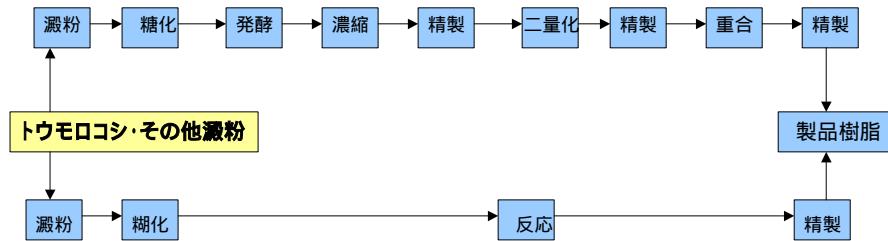
単独及び複合品としての商品化

(1-2)澱粉の樹脂化製造技術及び澱粉の充填剤化技術を有する各社の状況(市場にでているもの)



(1-3)コスト・環境負荷 - PLA対比

PLA製造工程



澱粉樹脂製造工程(ブレンド技術は除く)

(2)有望な国産資源

*** 前提条件**

- ・安定的に供給されること(生産高の上下が少なく、生産地域を選ばない)
- ・価格が安価であること
- ・品質が一定していること

*** コーンスターチ以外の国産資源の例**

馬鈴薯澱粉	現在炭入り馬鈴薯澱粉として、10～20万トンが糖化用に主として、北海道で大量に生産されるが、その他の地域でも栽培が可能。 廃棄馬鈴薯が存在するとの話もあり(農家) 。 澱粉に加工する工場が多数存在する(中小規模)
甘藷澱粉	相当量が、同じく糖化用に使用されている。 全国各地で原料の甘藷の生産が行われている。 澱粉に加工する工場が存在する。(中小規模)
米澱粉	年間30万トン程度が、工業用途向けに存在するが、問題点として澱粉に加工する工場が、国内で1社しか存在しない。 但し、白米から澱粉樹脂を製造することは可能であるので、リストアップした。

バイオ生分解素材の開発・利用評価事業委員会
低コスト部会・第2回:Dec.25th 2003

バイオマス・プラスチックの研究開発動向と市場動向

1. 実用化されているバイオマス・プラスチック
2. 天然物系
 - セルロース系
 - でん粉系
3. 化学合成系
 - ポリ乳酸
 - ポリトリメチレンテレフタレート
 - ポリブチレンサクシネート
4. バイオ合成系
 - ポリヒドロキシアルカノエート
5. 課題と今後の展望

但し、定義については考慮していない。
単に「バイオマスを原材料としているプラスチック」。

生分解性プラスチック研究会 大島一史

グリーンプラ BPS

表1 工業用資材としてのバイオベース・ポリマー概観^(*)

ポリマー	BTとの関わり		生分解性	備
	モノマー資源	モノマー合成		
1. 天然物系ポリマー^(*) ・多糖類系 ・セルロース及びその化学修飾系 ・澱粉およびその化学修飾系 ・キトサン ・蛋白質系 ・フィブリン ・アルギニン酸 ・グルテン ・コラーゲン ・セラチン ・グリシニン ・天然ゴム	モノマー資源: 水, CO ₂ , NH ₃ , 尿素 モノマー合成: バイオ合成 重合: バイオ合成 注:1: ここで言うバイオ合成は動物体内の生体過程 ^(*) による。 注:2: セルロース及び澱粉の化学修飾は化学プロセス	重合	多糖類系: アセチル化セルロース(アセチル化度<2.4程度迄はセルラーゼによる修飾系: エステル化澱粉。用途: フィルムキチン(海老・蟹・昆虫の殻)の脱アセチル化(50%以上)体。水溶性。用途:	
2. 化学合成系ポリマー^(*) ・ポリ乳酸 ・ポリグリコール酸 ・ポリトリメチレンテレフタレート ・ポリブチレンサクシネート ^(*)	モノマー資源: バイオ合成 重合: 化学合成 注:1: ここで言うバイオ合成は、微生物・酵素の持つ機能およびその発現を最大限に活用し、BTを主要な原料とする。将来は "in vitro" 合成の可能性も。	重合	x モノマー: (澱粉、セルロース、グルコース) 乳酸。用途: 硬質系グリモノマー: (澱粉、セルロース、グルコース、グリセリン) 1,3-プロピレノール。用途: 軟質系グリ	
3. バイオ合成系ポリマー^(*) ・微生物誘発ポリエーテル ・ポリヒドロキシブチレート ・ポリ(HB/HV) ^(*) ・ポリ(HB/HX) ^(*) ・微生物多糖類 ・バクテリアセルロース ・カルドラン ・プルラン ・微生物ポリアミン酸 ・ポリヒドロキシブチレート ・ポリヒドロキシペンタノエート	モノマー資源: バイオ合成 重合: バイオ合成 注:1: ここで言うバイオ合成は、微生物・酵素の持つ機能およびその発現を最大限に活用し、BTを主要な原料とする。将来は "in vitro" 合成の可能性も。	重合	x ポリヒドロキシアルカノエート系 微生物: 菌体性(水藻類、粘菌類、シュートモナス等)。炭素源: グルコース以上 同上と思われる ^(*)	

(*)工業化されている資材である事を前提に、白石伸夫・谷吉樹・工藤謙一編著:『実用化進む生分解性プラスチック』, 第4-5章(樹工業調査会), 及び生分解性プラスチック研究会編:『生分解性プラスチックハンドブック』, 第編第1-4章(樹工業・ティー・エス)を改題

(*)バイオマス(生物資源)由来

(*)植物性バイオマス系ポリマー: セルロース系, 澱粉系, グルテン, グリシニン, グリシニン, 天然ゴム

(*)動物性バイオマス系ポリマー: キトサン, フィブリン, アルギニン酸, コラーゲン, セラチン等

(*)バイオマス原料から酵素合成したモノマーを化学工学的プロセスで重合するタイプ

(*)現時点では石油化学由来モノマーを化学合成したタイプ。近い将来にバイオマス由来モノマーから化学合成される見込み(本文参照)

(*)バイオマス原料から酵素合成したモノマーを、微生物体内で酵素重合するタイプ

(*)ポリ(ヒドロキシブチレート/ヒドロキシブチレート)

(*)ポリ(ヒドロキシブチレート/ヒドロキシペンタノエート)

(*)P & G社及び幾ヶ所化学工業株式会社の開発による。

出所: 大島, ベトロテック誌

生分解性プラスチック研究会 Biodegradable Plastics Society (Tokyo, Japan)



ポ	リ	マ	ー	BTと
				モノマー資源

1. セルロース系

・酢酸セルロース:

- ダイセル化学工業(株), 帝人(株)
- セルロース 3 酢化体 加水分解 任意の変性
- 用途: 不燃性フィルム, 煙草フィルター (7 - 8 万トン/年)

2. でん粉系

・でん粉 - PVA, PCL, PBAT, CA 等とのブレンド

- Novamont社(伊), 日本食品化工(株)
- 用途: パラ緩衝材, 生ゴミ回収袋, マルチフィルム, 食器具(スプーン・フォーク・コップ等)

・エステル化でん粉

- 日本コーンスターチ(株)
- 用途: マルチフィルム

2. 化学合成系ポリマー (*c)

- ・ポリ乳酸
- ・ポリゲル
- ・ポリトリメチレンテレフタレート

モノマー合成: バイ
重 合: 化学

注: ここで言うバイ
酵素の持つ機能お
化学系PBATも

生分解性プラスチック



参 照

澱粉基グリーンプラ

1. 単純系:

+ 水, グリセリン 発泡: パラ緩衝材, 低発泡カップ, トレー

2. 疎水化・熱可塑化処理:

+ PVA 発泡 (: Mater - Bi V) : 緩衝材

+ PCL 製膜 (: Mater - Bi Z) : バッグ

+ 脂肪酸エステル化, エーテル化

製膜 (: コーンポール, プラコーン) : マルチフィルム,
バッグ

3. 耐油化・耐熱化・耐久化処理:

+ CA 成型 (: Mater - Bi Y) : 食器具類

+ コポリエステル 製膜 (: Mater - AGRO) : マルチフィルム

ラミネーション: トレー類

グリーンプラ

・蛋白質系
・フィブロイン

注-1: この生産...

1. ポリ乳酸 (PLA)

・PLA:

- 企業: CD(14万トン/年), 三井化学(株), トヨタ自動車(株)(100 1千トン/年)
- 製造法: トウモロコシ 澱粉 グルコース L-乳酸 PLA
- 用途: 硬質フィルム/シート, 繊維, 筐体, 自動車内装材

・変性タイプ:

- カネボウ合繊(株) : 伸長粘度発現型PLA ... ビーズ発泡(型発泡) 通い箱
- 大日本インキ化学工業(株): 衝撃改良材 ... PLA-PBSブロックコポリマー
- 東洋紡績(株) : 顔料結着剤 ... 生分解性色材
- ユニチカ(株) : 発泡シート(トレイ)

生分解性プラスチック

このせ来

で持

させるB

グリーンプラ

BPS

ポリ乳酸 (PLA)

1. Cargill-Dow 法:

糖質バイオマス 澱粉 グルコース 乳酸 PLA

2. 北九州産業学術推進機構法:

生ゴミ , 乳酸 PLA

3. 機能性木質新素材技術研究組合:

農業収穫残等 セルロース グルコース 乳酸 PLA

: 酸加水分解法, 酵素分解法(グルコアミラーゼ)

& : 乳酸発酵法

: 酸加水分解法, 酵素分解法(セルラーゼ)

生分解性プラスチック研究会

Biodegradable Plastics Society (Tokyo, Japan)

グリーンプラ BPS

木質系廃バイオマス (建設廃材 (セルロース))

クレゾール硫酸

L-乳酸 ポリ乳酸

糖

リグノフェノール

生分解性プラスチック

・北九州産学推進機構の技術を適用
(生ゴミ中の糖分: 15%程度で低効率)

・統合化:
 - 03~05年度: 全体システム構築
 - 5千トン/年プラントで実証
 - 3~5万トン/年プラントの実用化
 (100億円規模)

木質系廃バイオマスの機能性材料への変換
(機能性木質新素材技術研究組合)

出所: 日刊工業新聞紙, Jan.15th 2003

生分解性プラスチック研究会 Biodegradable Plastics Society (Tokyo, Japan)

グリーン 注-1: この生産

・蛋白質系
- フィブロイン

1. ポリ乳酸 (PLA)

・ PLA:

- 企業: CD (14万トン/年), 三井化学(株), トヨタ自動車(株) (100~1千トン/年)
- 製造法: トウモロコシ 澱粉 グルコース L-乳酸 PLA
- 用途: 硬質フィルム/シート, 繊維, 筐体, 自動車内装材

・変性タイプ:

- カネボウ(株): 伸長粘度発現型 PLA ... ビーズ発泡 (型発泡) 通い箱
- 大日本インキ化学工業(株): 衝撃改良材 ... PLA-PBSブロックポリマー
- 東洋紡績(株): 顔料結着剤 ... 生分解性色材
- ユニチカ(株): 発泡シート(トレイ)

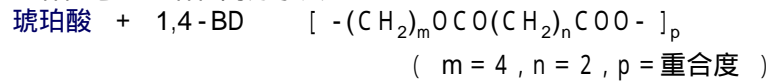
2. ポリブチレンサクシネート (PBS) 系

- 企業: 昭和高分子 (3千トン/年), DuPont社 (10万トン/年), BASF社 (8千トン/年), Eastman Chemical社 (1.5万トン/年), Ire Chemicals社 (8千トン/年), 三菱化学+味の素 (3千トン/年)
- 製造法: 琥珀酸 + 1, 4-BD + 第3成分 PBS, PBSA, PETS, PBAT, PTMAT
- 用途: 軟質フィルム/シート全般 (マルチフィルム, 生ゴミ回収袋), 発泡体

生分解性プラスチック で持させるB

ポリブチレンサクシネート (PBS)

1. 昭和電工 / 昭和高分子法:



2. 琥珀酸の合成法:

- 従来法:



- 三菱化学 / 味の素法:



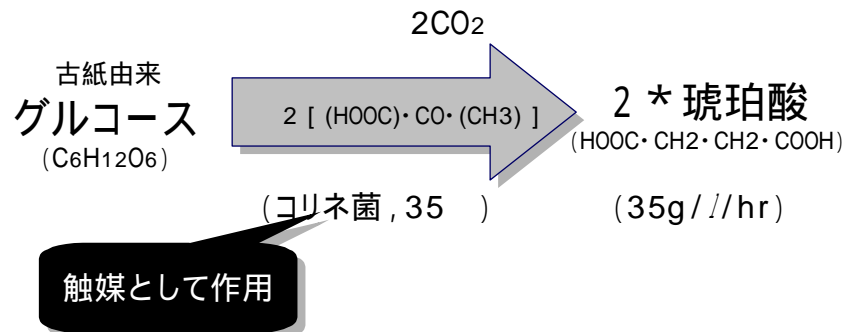
- 地球環境産業技術研究機構 (RITE) 法:



- - - - -

: 発酵法

: コリネ菌利用嫌気性雰囲気下流通反応法 (菌: 触媒)



特徴:

1. 原材料: 古紙 (: セルロース), CO₂ LCA上極めてグリーンなプロセス
2. 連続触媒反応 経済性あるバイオプロセス

地球環境産業技術研究機構が開発したバイオ琥珀酸合成法

(出所: 湯川英明, グリーンプラジャーナル誌, 2(2), 12(2002))

ポリトリメチレンテレフタレート (PTT)

0. PTT ?

芳香族系ポリエステル:

PET: ポリエチレンテレフタレート (EG + TPA)

PTT: ポリトリメチレンテレフタレート (1,3-PD + TPA)

PBT: ポリブチレンテレフタレート (1,4-BD + TPA)

位置づけ:

PET: 強度・耐熱性

PBT: 染色性・伸縮性

PTT: PETとナイロンの特徴を合わせ持つ “バイオの繊維”

工業化:

Shell社: “CORTERRA”, 2万トン/年(米)

11.5万トン/年(メキシコ)

DuPont社: SORONA, 5万トン/年

ポリトリメチレンテレフタレート (PTT)

1. 1,3 - PDの合成法:

- シェル法:

エチレンオキシド(EO) 1,3-PD

- Degussa Huls 法:

アクロレイン 1,3-PD [: DuPont 現行法]

- DuPont バイオ法:

澱粉 グルコ

: Diversa 社法 (

: (ヒドロフォルミル化

: 水和

& : Genencor 社法 (組換え遺伝子法)

・EPAより
米国大統領グリーンケミストリー最優秀賞
を受賞(2003年)
・受賞者: Dupont + Genencor
・理由: エネルギー使用量及び排出量の削減
(出所: 化学工業日報紙, 2003年7月7日)

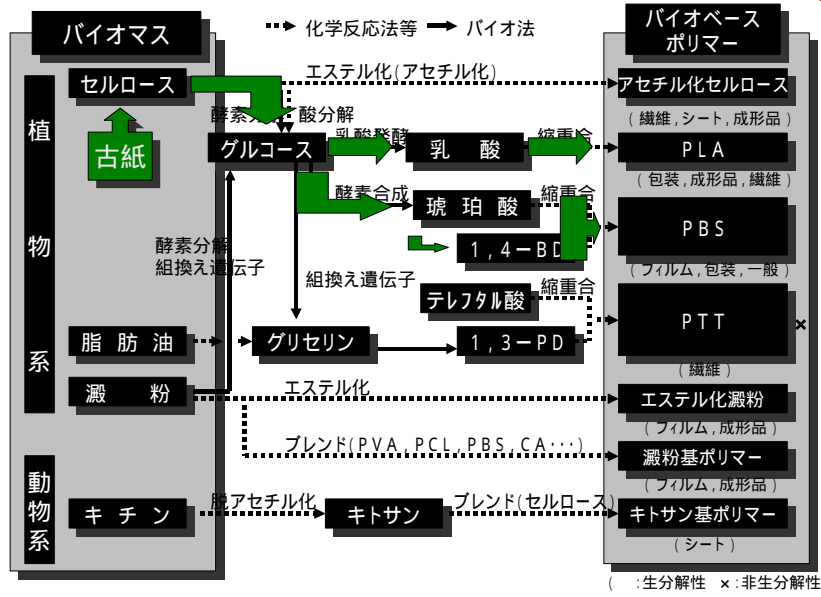


図1 実用若しくは実用化間近なバイオベースポリマー(：天然物系及び化学合成系)

生分解性プラスチック研究会

Biodegradable Plastics Society (Tokyo, Japan)

グリーン

- ・ ポリ乳酸
- ・ ポリグルコニール酸
- ・ ポリ(1,3-ブチレンサクシネート)
- ・ ポリ(1,4-ブチレンサクシネート) (*d)

3. バイオ合成系ポリマー

微生物脂肪族ポリエステル

- ・ ポリヒドロキシブチレート
- ・ ポリ(HB/HV) (*f)
- ・ ポリ(HB/HX) (*g)

微生物多糖類

- ・ バクテリアセルロース
- ・ カードラン
- ・ プルラン

微生物ポリアミノ酸

- ・ ポリ-γ-グルタミン酸
- ・ ポリリジン

重

注：ここで酵素の持たせられる将来

モノマ・モノマ・重

注：ここで酵素の持たせられる将来は遺伝子をバイオ

(*a) 工業化されている資材であることを前提に，白石伸：生分解性プラスチック研究会編：『生分解性プラスチック』出所：大島，ベトロテック誌

(*b) バイオマス(生物資源)由来
- 植物性バイオマス系ポリマー：セルロース系，

表 国内で実用展開されているグリーンプラ (2003年6月時点)

分類	高分子名称	商品名	製造企業	規模 ^(*) (L/y)	特異 ^(*)
微生物由来系	ポリヒドロキシブチレート	バイオグリーン	三井ガス化学	10(1,000)	H
	ポリ(ヒドロキシブチレート/ヒドロキシヘキサノエート)	-	三井化学工業	-	H-S
化学合成系	ポリ乳酸	NatureWorks	Cargill-Dow (CD)	140,000	H
		レイシア	三井化学	500 (0と提携)	
		ラクトロン プラメート バイオエコール エコブラスチック	カネボウ食品 大日本インキ化学工業 東洋紡績 トヨタ自動車	100	
	ポリカプロラクトン	TONE	Dow	4,500	S
	ポリ(カプロラクトン/ブチレンサクシネート)	セルグリーン PH	ダイセル化学工業	1,000	
		セルグリーン GB8	-	-	
	ポリブチレンサクシネート	GS-Pa	三井化学 (ノルダ)	3,000(3万トン)	
	ポリ(ブチレンサクシネート/アジバート)	ピオノーレ	昭和高分子	3,000(6千トン)	
	ポリ(ブチレンサクシネート/カーボネート)	Empol	Ire Chemical	8,000(5万トン)	
	ポリ(エチレンテレフタレート/サクシネート)	ユーベック	三井ガス化学	パイロット<1万トン>	
	ポリ(ブチレンアジバート/テレフタレート)	Biomax	DuPont	90,000 ^{(*)b}	
	ポリ(ブチレンアジバート/テレフタレート)	Ecoflex	BAF	8,000 (3万トン)	
ポリ(ブチレンアジバート/テレフタレート)	EastarBio	Eastman Chemicals	15,000		
ポリ(エチレンテレフタレート/テレフタレート)	Empol	Ire Chemical	8,000(5万トン)		
ポリ(エチレンサクシネート)	ルナール SE	日本紡績	パイロット<4万トン>		
ポリビニルアルコール	ボパール ゴーゼノール ドロソ VA	クラレ 日本合成化学工業 アイセロ化学	200,000 ^{(*)c}	H	
ポリグリコール酸	-	真研化学	パイロットプラント	S	
天然物系	エステル化澱粉	コーンボール	日本コーンスターチ	パイロットプラント	H-S
	酢酸セルロース	セルグリーン PGA	ダイセル化学工業	100,000 ^{(*)d}	H
	キトサン/セルロース/澱粉	ドロソ GC	アイセロ化学	パイロットプラント	H
	澱粉/化学合成系グリーンプラ	Mitec-Bi	Novamat ケミテック	20,000(1.5万)	H-S
		プラコーン	日本食品化工	パイロットプラント	

(*)a) 出典: D. Riggle, BioCycle, March, p.04(1998), 下掲脚注, 環境情報誌, 8月号, p.08(1999) にBPS調査結果を加えた。
: 過去1年以内に公表された規模計
(*)b) 汎用 PET を含めた総産能力
(*)c) ビニロン原料・顔料・顔料・顔コーティング・酸化剤・包膜フィルム用塗料を含めたトータル量
(*)d) 澱粉原料・澱粉用フィルム用塗料を含めたトータル量
(*)e) 澱粉の基本単位: H = 澱粉澱粉 (ガラス転移点<澱粉), S = 澱粉澱粉 (ガラス転移点<澱粉)
□ : ジオール・ジカルボン酸系 (: l1 ずれも LLDPE ~ PP ~ PET 類似軟質系)

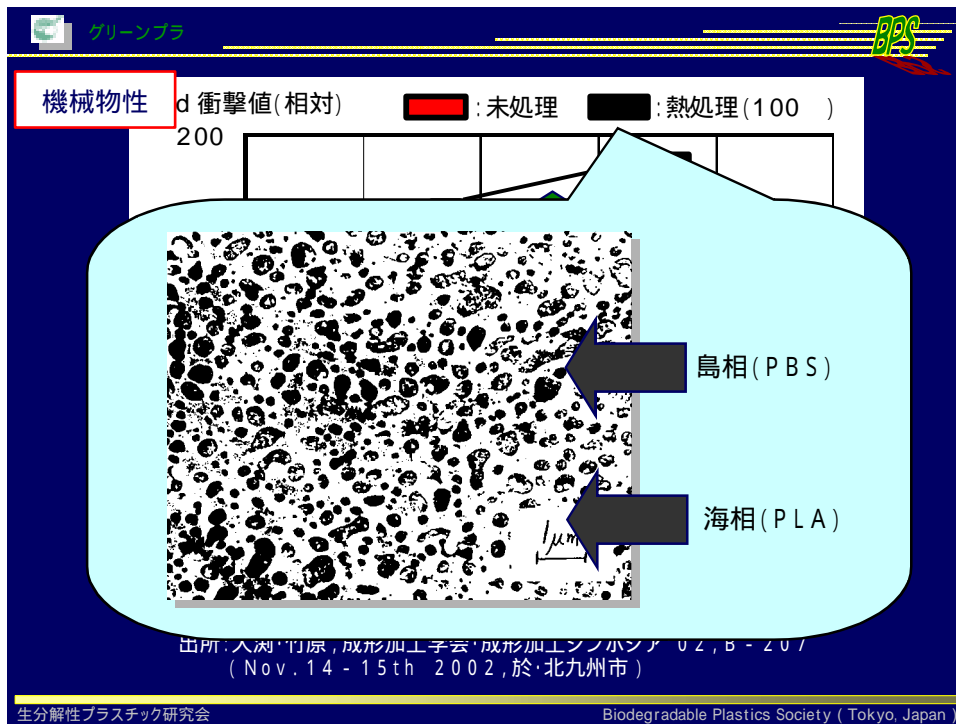
課題

PEST PVA

単一樹脂だけで品質設計は難しい !!

- ・生分解性の設計:
 - ・軟質製品: + PLA, PEST
 - ・硬質製品: + PBS系, PCL
- ・機械物性の設計:
 - ・軟質化: + PBS系, PCL
 - ・硬質化: + PLA
- ・耐熱性, 耐久性アップ: + 無機フィラー
- ・ガスバリア性:
 - ・アップ: + PHB, PBS系 (PEST), // PVA, PGA, PBS系 (PES)
 - ・ダウン: + PLA, PBS系 (PTMAT)
- ・印刷・着色:
 - ・可及的に避ける, 若しくは最小限に留める

キー: 配合技術



- グリーンプラ BPS
- 熱的物性**
- 組織設計に見る“耐久性”, “耐熱性”の付与
1. 結晶化
 - ・ 核剤 (PLA 向け) : カーギル・ダウ社
 - ・ 金型内結晶化 + ヒートセット
 2. 加水分解抑制
 - ・ エステル結合部のキャップ剤 : 三菱樹脂(株)
 3. 無機化合物とのコンポジット化
 - ・ 層状珪酸塩とのナノ・コンポジット化 : 豊田工業大学 + ユニチカ(株)
 4. ステレオ・コンプレックスの形成
 - ・ P(L-LA) + P(D-LA) …… ブレンド
- 生分解性プラスチック研究会 Biodegradable Plastics Society (Tokyo, Japan)

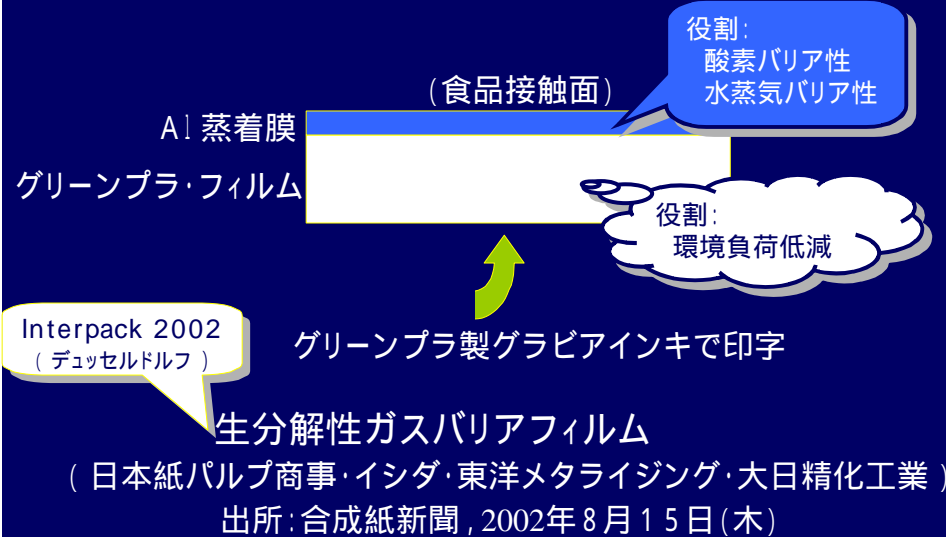
ガスバリア性

表 表 2 掲載グリーンプラのガス透過特性 (*a)

種別	特性	酸素透過係数	水蒸気透過係数
		cc・mm/m ² ・d・atm	g・mm/m ² ・d
バイオグリーン (PHB)		2.9 (*b)	3.6
セルグリーン (PCL)		60	23
レイシア (PLA)		11	4
ビオノーレ (PBS)		10	18
ユーベック (PEC)		16	18
Ecoflex (PBAT)		70	5.1
Biomax (PETS)		1.6 (*b)	1.6 (*b)
ルナーレ (PES)		1.2 (*b)	11
対照 -1 : LDPE		145	0.085
対照 -2 : PP		37	0.12
対照 -3 : PET		1.5	0.5

(*a) 大島・渡辺, ソフト・ドリンク技術資料, 2001年1月号, p.42-54(2001) の表 6 を改編
 (*b) ガスバリア性が要求される食品容器包装資材として実用化検討候補の可能性あり

ガスバリア性 グリーンプラ製食品容器 : 材質設計の基本, 2 / 2



加工特性 グリーンプラ：“加工”上の課題

- ・脂肪族ポリエステル：
 - 化学的側面：高分子量化($> 10^5$)し難い
 - 物理的側面：分子鎖間/内絡合いが少ない
- 溶融粘度が低い：
 - MFR (190 /2.16kg) 2 - 5 g/10min. (以上)
 - 対比：PP 4, PE 2 g/10min. (230)
- 繊維加工：し易い (“ポリエステル系タイプ”)
 - 一般成形：工夫が必要 (温度・速度管理)
- ・溶融粘度アップ銘柄 (高分子量化, 絡み合い度アップ)：
 - 昭和高分子 : Bionolle (鎖延長剤 高分子量化)
 - ダイセル化学工業 : Celgreen (微架橋)
 - 三井化学/島津製作所 : LACEA / Lacty (禁水下重合)

分子設計 第1世代グリーンプラ: simple linear type



2. 第二世代グリーンプラ: comb type



3. 第三世代グリーンプラ: star-like



図 PBSに見る分子設計の進展
(出所: 藤巻 隆, 繊維学会誌, 52(8),320(1996))

分子設計

分子設計に見る“第4世代グリーンプラ”の登場

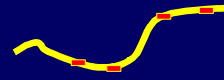
1. 微架橋 …… 伸長粘度発現 加工特性改善

- ・ PCL の放射線架橋 : ダイセル化学工業 + 原研 (高崎)
- ・ 化学架橋 …… イソシアネート, ポキシ架橋等



2. ランダム・コポリマー …… 物性制御

- ・ L-LA 連鎖への D-LA 導入
- ・ LA 連鎖への CL, …… 導入
- ・ BS 連鎖への LA, …… 導入



3. ブロック・コポリマー …… 高次構造制御

- ・ PLA - PBS : 大日本インキ化学工業



4. 乳化 …… エマルション化

バイオマス・プラスチック：
- 実用化に向けた課題と方策 -

1. 定義と識別表示

- 物質貯蔵分に占める
- 製造プロセスに占める
- 識別表示制度の構築

留意点:

1. 海外バイオマス: CDMが効く事
2. 国内バイオマス: 収集コスト・持続性
3. 栽培型バイオマス: 環境負荷 (“富栄養化”) 大
4. 廃バイオマス: 糖化効率

2. コストと市場性

- 原材料 : 適切なバイオマスの見極めと最適な調達方法
- 製造プロセス: 糖化及び発酵プロセスの最適化 技術革新
- 循環資源化 : 適切なりサイクル・システムの構築
- 需要拡大 : 国の基本戦略に沿った初期需要創出

3. 機能設計

- 適切な用途の選択
- 分子鎖設計
- 配合 / 成形加工設計



「バイオプラスチックの性能と機能面の課題」



形態	用途分野	課題	現状
フィルム/シート	コホストバッグ・レジ袋	引張り・引裂き強度	樹脂・添加剤ブレンドで実用化
	マルチフィルム	生分解性の制御	樹脂・添加剤ブレンドで実用化
	食品包装	接触安全性	ポリ衛協認証中(PLA)
		軟質透明性	研究中(可塑剤添加他)
		耐久性(耐加水分解性)	軟質系の長寿命課題
内装・屋内外表示	難燃性・耐候性	ノンハロ難燃剤研究中	
電子関連	導電性	不透明品で実用化	
成形品	食器	耐熱性(熱水・レンジ)	結晶化促進・コホシット技術で実証段階
	電子機器筐体	耐久性・耐衝撃	結晶化促進・コホシット技術で実証段階
	自動車部材	耐熱性・耐久性(水・光)	副部材で一部実用化、主要部材研究中
		難燃性	ノンハロ難燃剤研究中
ボトル	清涼飲用水容器	バリア性	開発中(技術的には目処)
	各種容器(化粧品他)	耐油性・酸アルカリ	研究中
繊維・不織布	衣料	耐熱性(アイロン)	ノーアイロン用途に実用化
	農業・土木用途	用途開拓	実用化・実証段階
	内装資材(車・住宅)	難燃性・耐久性	開発中
	メディカル用途	柔軟性	研究中(手術衣等に実用化開始)
全ての形態	各用途の意匠性	鮮明・濃度のある着色剤	青系・赤系に難点
		印刷	生分解性UVインキ実用化
			生分解性UVインキ・スクリーンインキ未開発
	2次加工性	溶着・接着・粘着	低融点樹脂の一部実用化(PLA)
			生分解性接着剤・粘着剤一部実用化

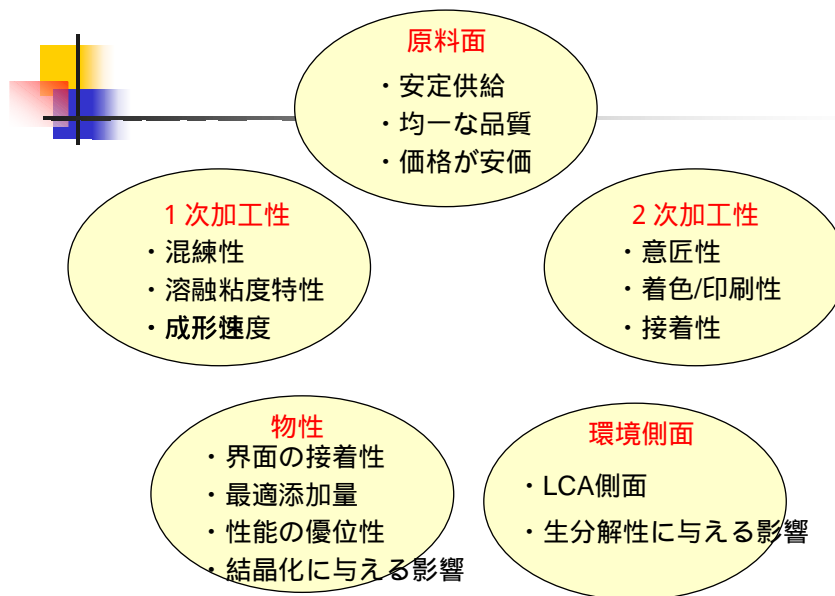
バイオプラスチックの高性能・高機能化の方策

課題	方策	実施企業
機械的物性の改良	軟質化: +PBS系(PBSA系・)、PCL・	各社加工メーカー
	高質化: +PLA	
耐熱性、耐久性向上	添加剤: +無機フィラー(ケイ酸塩)	ユニチカ/豊田工業大学
	+有機フィラー(天然繊維他)	ソニー/三菱樹脂/三宝化成
	加工面: +結晶化、架橋	富士通・NEC
生分解性の制御	促進: +澱粉系、+PBS系(PBSA系・)、PCL・	マルチフィルム加工メーカー
	遅延: +PLA、+PEST	
ガスバリア性	向上: +PVA、PGA、PETS・	クラレ・呉羽化学
	低下: +PLA、PBS系・	三菱瓦斯化学
柔軟化	生分解性可塑剤	リケンビタミン・大八化学
生分解性色材	ベヒクル: 生分解性樹脂の利用	大日精化・東洋インキ
複合化の副資材	生分解性エマルジョン	第一工業製薬・昭和高分子
		日本コースターチ/ミノ油脂 他
	生分解性粘着剤、生分解性接着剤	ソニーケミカル、東洋紡他
	制電性コンパウンド	リケンテクノス

バイオマス活用による高性能・高機能化の現状

品目	活用用途	担当企業・機関	概要	高性能化の要点
ケナフ	スベアタイヤカバー	トヨタ/東レ/アラコ	PLA/ケナフ = 30/70 の成形性不織布	低環境負荷
	パソコン筐体	NEC	PLA/ケナフ = 85/15	耐熱性・耐衝撃性
	自動車ボディ (小型電気自動車)	アラコ (2003東京モーターショー)	ケナフの全茎をリグニン を接着剤としてプレス成形	CO2削減、軽量化
	成形分野に用途開拓	北越製紙	PLA/古紙 = 70/30	低環境負荷
古紙	コハク酸系樹脂	RITE/昭和高分子他	2007年実用化目標	低コスト化(300以下)
	研究段階	京都市工試/京都工機大 幹グリーンバイオ/積水化学	PBS/PCL系に竹繊維10%	引張り弾性率の向上 アジアに大量にある
竹繊維 藁繊維	バイオコンポジットペレット	リケンテクノス	PBS/木粉	剛性改良
	食器	ウチキ/白石京大名普教授	GP/木粉 = 30/70	山中漆器職人の活性化
	食器・育苗ポット他	ジーザック	PLA他/バイオマス:50~80%	農・林産廃棄物利用
	合成木材	幹D.Pニューウッド	PLA他/バイオマス:45~85%	林産廃棄物利用
木粉 鹿木材	育苗培地他	幹グリーンバイオ/三和農粉/京大	マイクロバブル	林産廃棄物利用
	天然繊維質	グリーンコンポジット	絹・布団綿・竹/PLA・PBSで用途開拓	環境調和型複合材料
じゃがいも	乳酸、L乳酸原料	幹セテック	一段発酵で高純度ラクチド	農産廃棄物利用
米	生分解性プラスチック	幹グリーンケイティング・米沢	地域資源として準備段階	減反農地利用
植物油類	生分解性透明塗料・インキ・フィルム	京都大学大学院/豊田中研 (研究中)	エビキリ大豆油・亜麻仁油 シリカ/コンポジット/クレイ/コンポジット	安価な植物油バイオマスの活用
	PHA系生分解性プラスチック	東京大学大学院 (研究中)	余剰汚泥を含有する混合微生物 でPHAを生産する	汚泥残渣の利用

バイオマス活用の留意点



バイオプラスチックの高付加価値化の役割

