

セルロース系バイオマスから固体発酵で バイオエタノール生産



農業・食品産業技術総合研究機構
農業環境変動研究センター
物質循環研究領域 物質変換解析ユニット
ユニット長 堀田 光生

新技術の特徴

- 収穫後、貯蔵しながら糖化・エタノール発酵をする、エタノール「固体発酵法」
- 酵素や微生物が持つ自然な力を利用し、国産飼料の生産利用技術を応用
- 使用するエネルギーを低く抑え、手間をかけない
- エタノール回収後の残さは家畜飼料に
(同時生産)

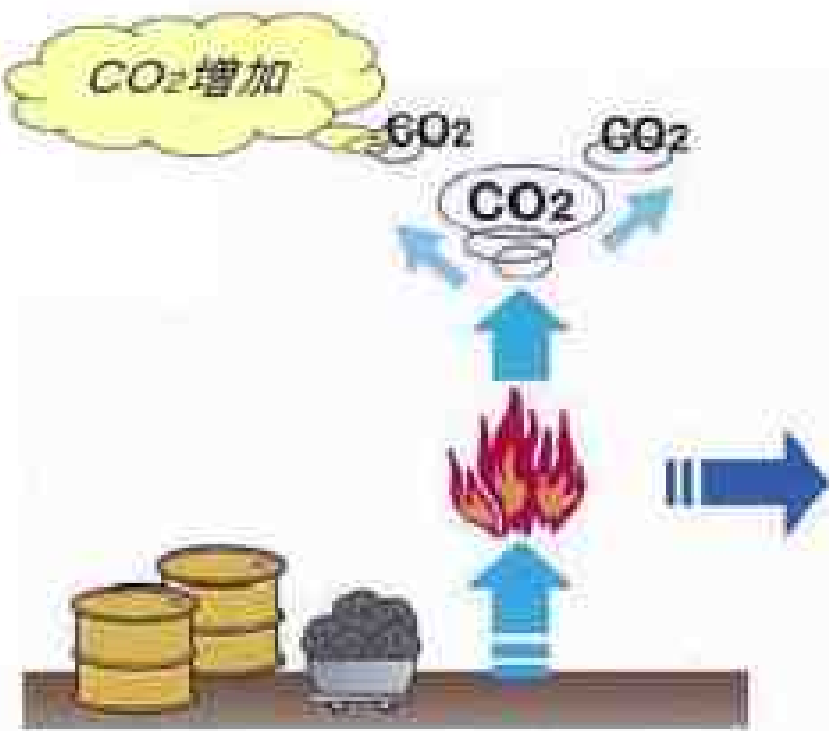
想定される用途 (エタノール)

- ・燃料(ボイラー、車等)
- ・農耕地土壤中の病害虫を駆除する新規技術
(土壌還元消毒)の資材
- ・飼料作物以外に、糖分を多く含む食品廃棄物
等の有効利用にも応用可能
(エタノール発酵 + 残渣は堆肥、飼料に)

化石燃料の使用量を減らそう！

化石資源依存型の社会
～これまで～

バイオマス利用型の社会
～これから～



地球温暖化進行・非循環型

地球温暖化防止・持続的循環型

出典：国産バイオ燃料の大幅な生産拡大（参考資料）
平成19年3月 農林水産省

セルロース系バイオマス

収穫

エネルギーをたくさん使う工程

貯蔵

乾燥 腐敗防止策

収集・運搬

粉碎・酸、アルカリ分解

中和

糖化

発酵

発酵
阻害物質

蒸留

廃液処理

エタノール

残さの
脱水・利用



原料の運搬、腐敗防止



酸・アルカリ分解、中和

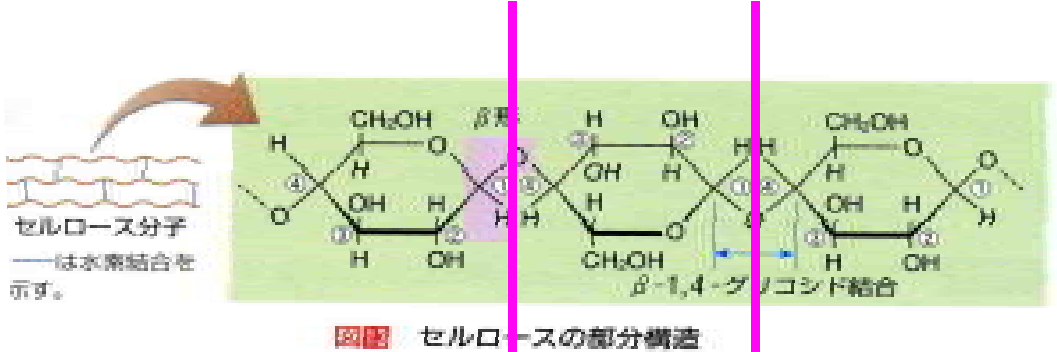


廃液処理

(回収エタノールの10~20倍)

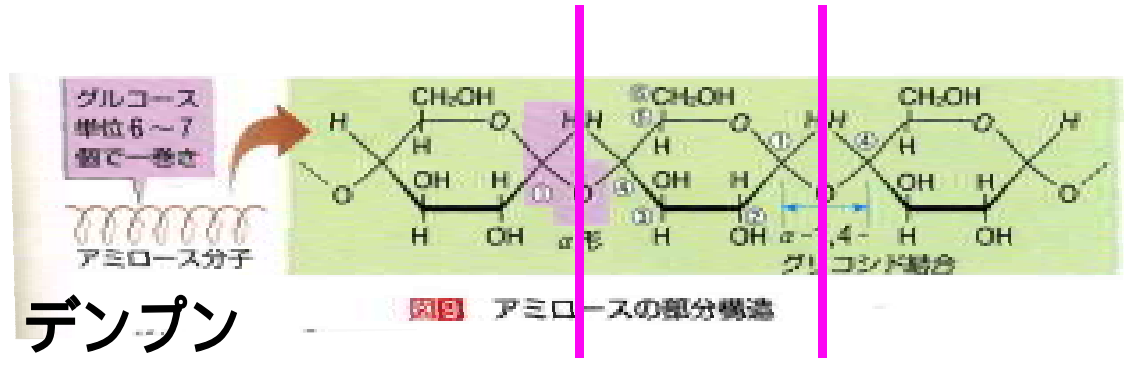
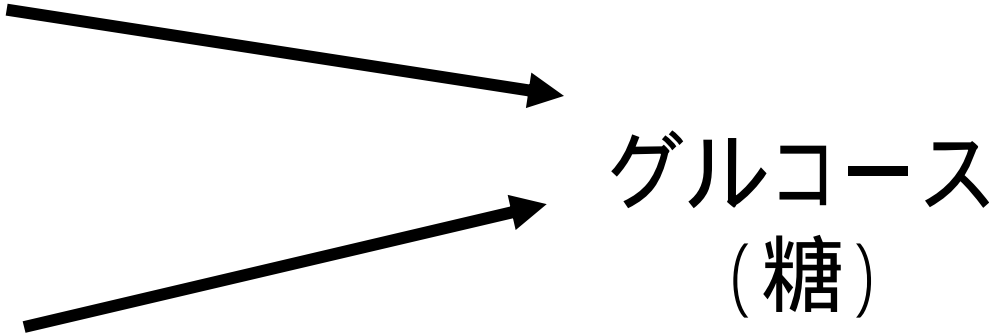
エタノール固体発酵法の原理(1)

酸・アルカリ処理に代わり、主に酵素による
バイオマス分解を行う



セルロース
草本系・木質系バイオマス (難分解性)

セルラーゼ
(植物細胞壁等の
主成分を分解)



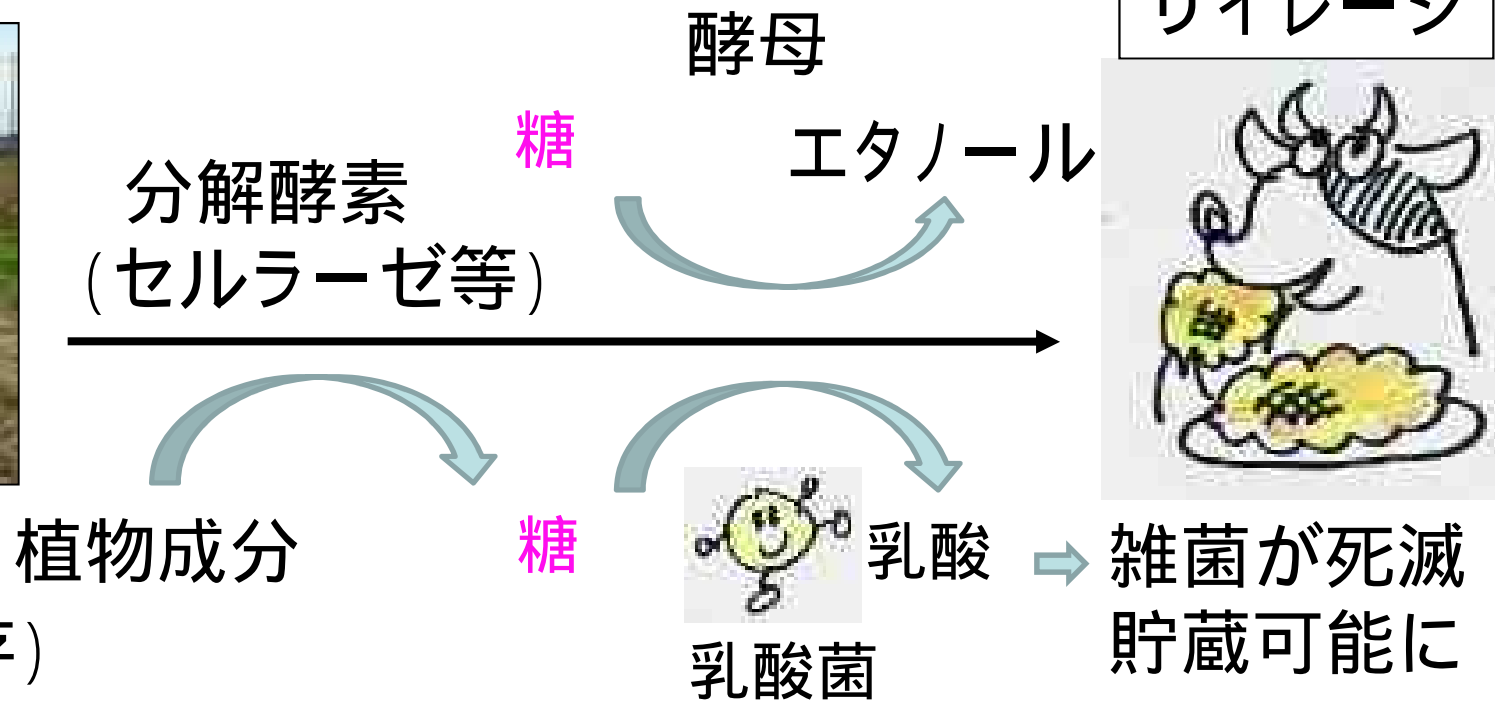
デンプン
糖質バイオマス

アミラーゼ
(デンプン質の分解)

エタノール固体発酵法の原理(2) サイレージ(発酵飼料)生産工程の利用



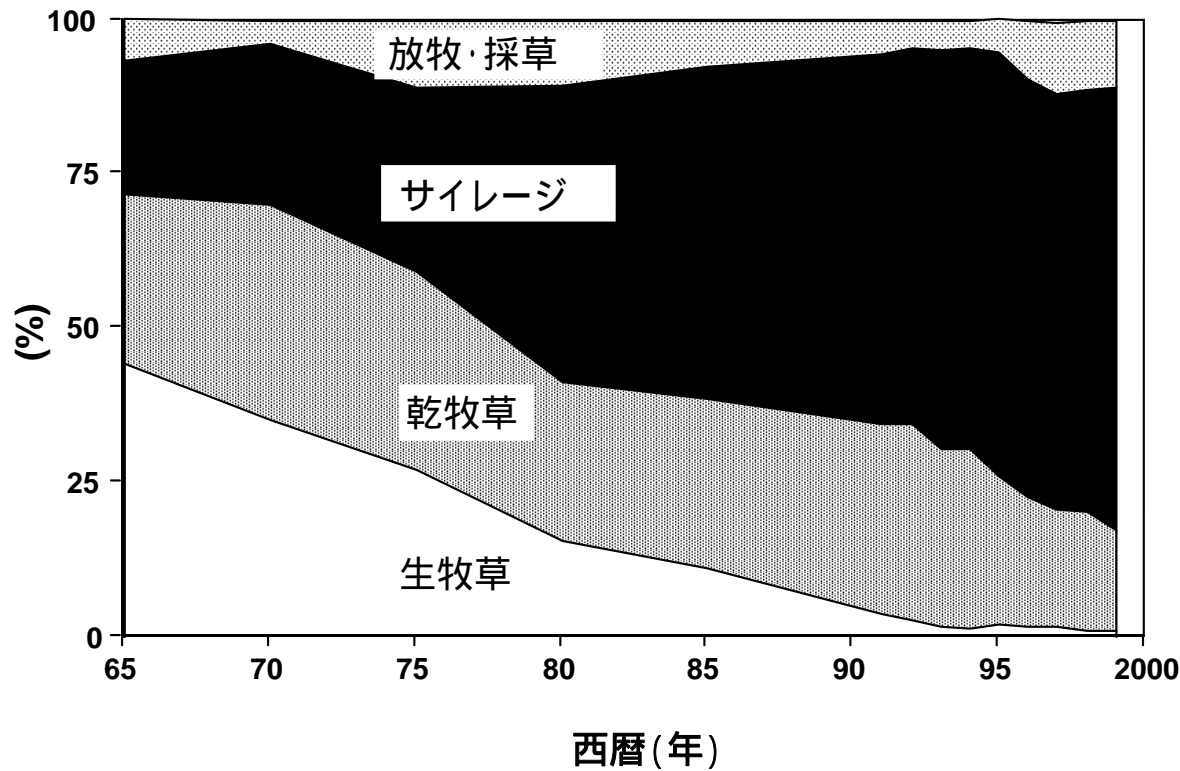
飼料草
(収穫後、密封して保存)



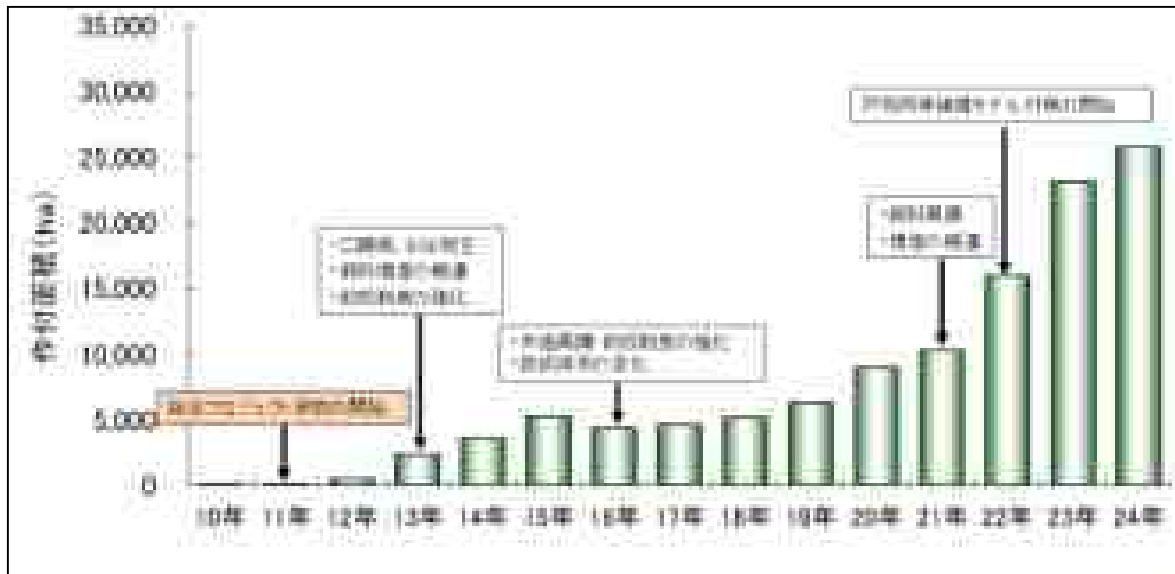
利点

- 1. バイオマスの水分(60~70%)のみを利用し廃液がほとんど出ない
- 2. エタノール抽出後の残渣はそのまま家畜飼料に利用

国産粗飼料の7割はサイレージ(発酵飼料)



飼料稲 ホールクロップ
サイレージ



飼料稲作付面積
(浦川, 2014)

どのような設備で発酵を行うべきか

- ・サイレージとエタノールを同時生産
- ・既存の機械、施設を利用
- ・操作が容易
- ・発酵過程のロスを減らす

ロールベール
ラップサイロ



サイレージの製造

(圧密)



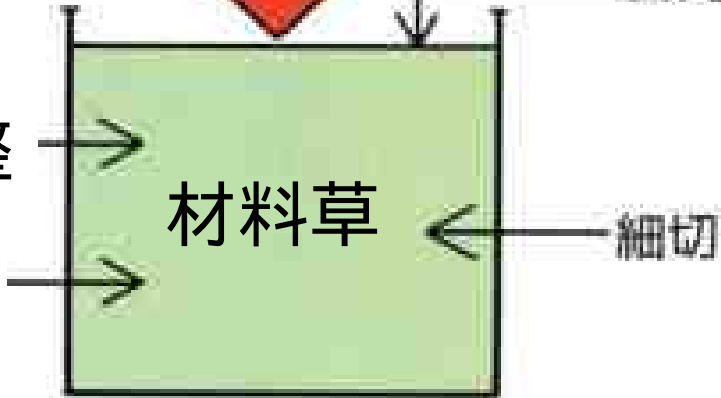
密封

水分無調整

温度管理
せず

材料草

細切



エタノール回収操作

残渣を家畜飼料に

バイオマス分解酵素(セルラーゼ、アミラーゼ等)酵母、乳酸菌等添加

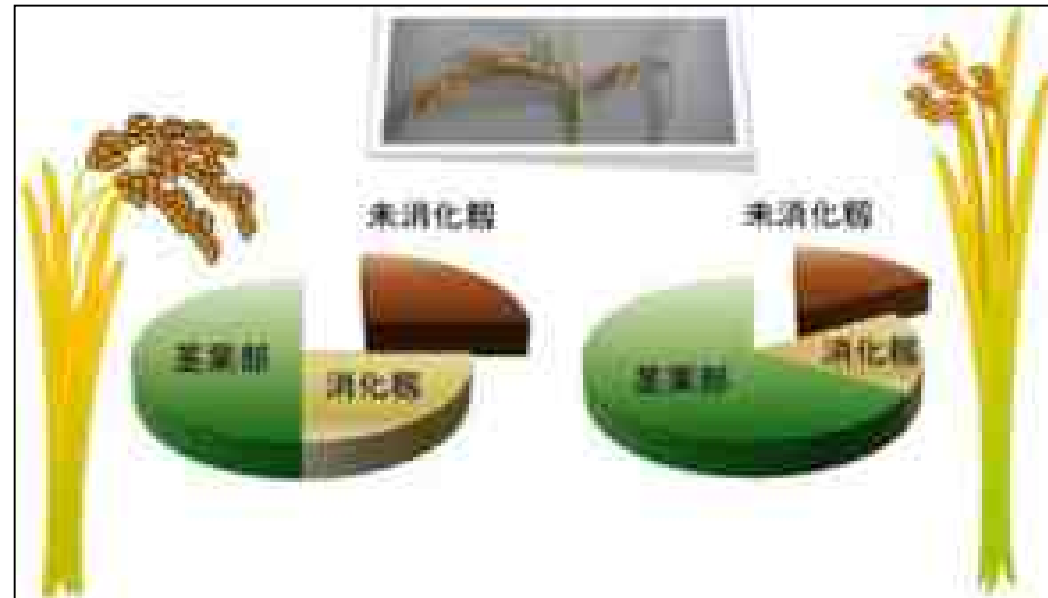
飼料稲ロールベール固体発酵試験

1. 飼料稲品種

- ・リーフスター
- ・たちすがた
- ・たちすずか

食用稲

飼料稲(茎葉多収型)



(浦川, 2014)

2. エタノール固体発酵

ロールベールラップサイロ (>300kg/個)



バイオマス分解酵素、酵母、乳酸菌
(全て市販品)を溶解して添加

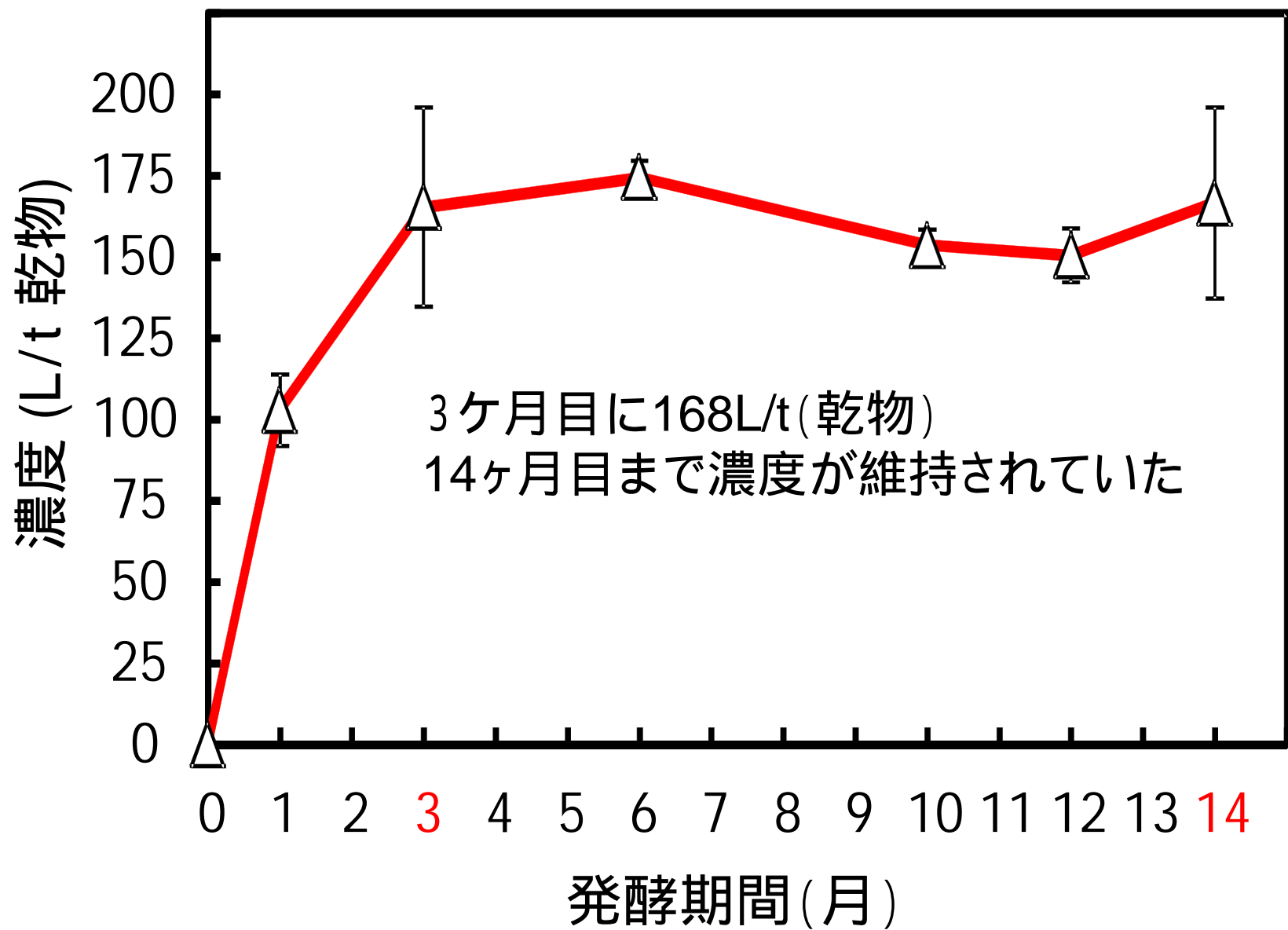


ラッピングして発酵(屋外)





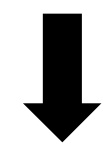
品種 リーフスター (茎葉多収型)



3ヶ月目に168L/t(乾物)
14ヶ月目まで濃度が維持されていた



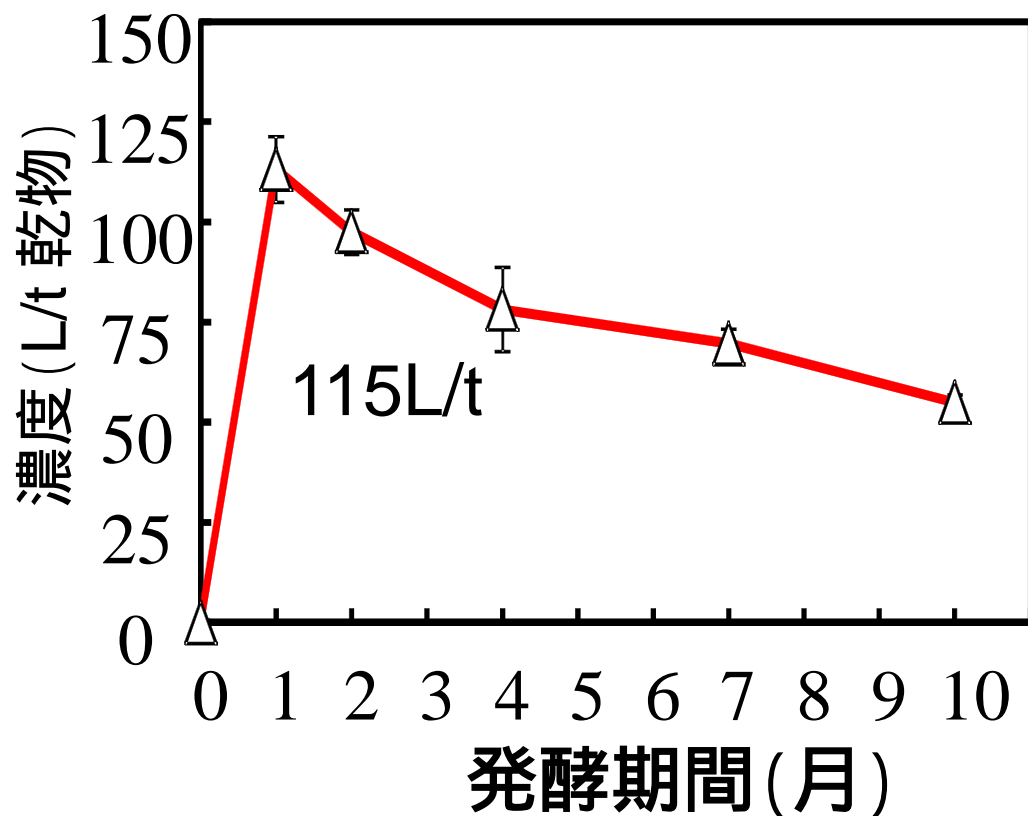
屋外試験



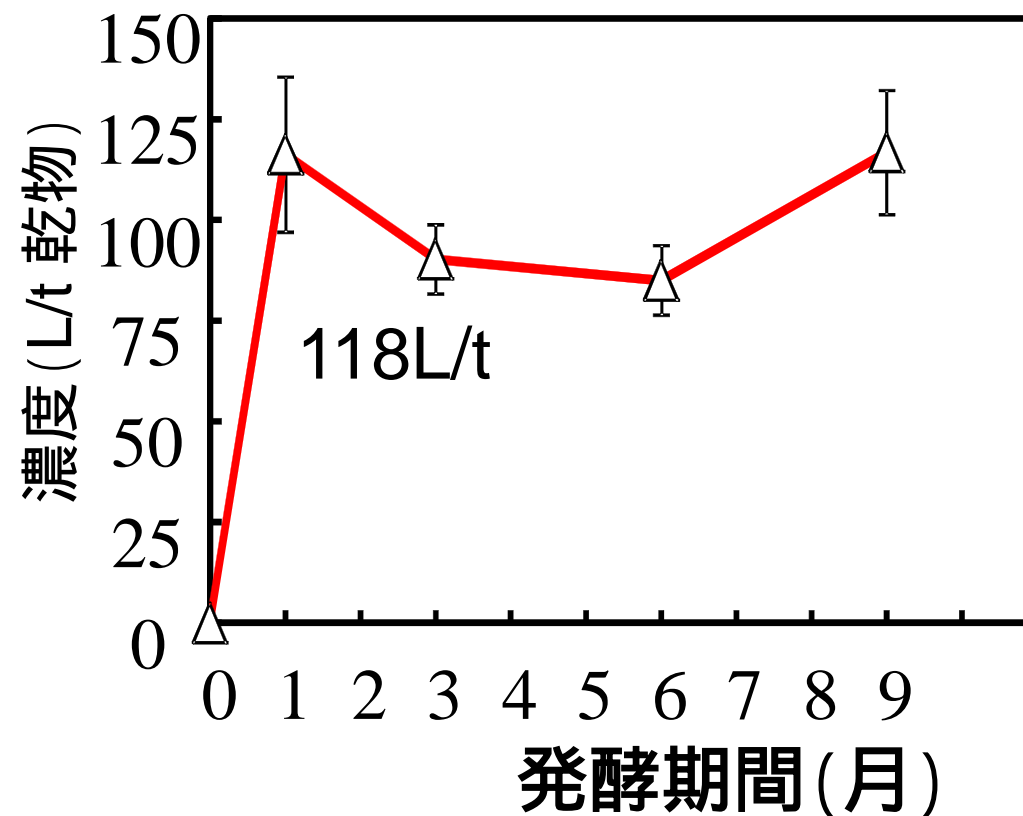
経時的に採取して
濃度測定

発酵ロール中のエタノール濃度の推移(1)

品種 たちすがた



品種 たちすずか



発酵ロール中のエタノール濃度の推移(2)

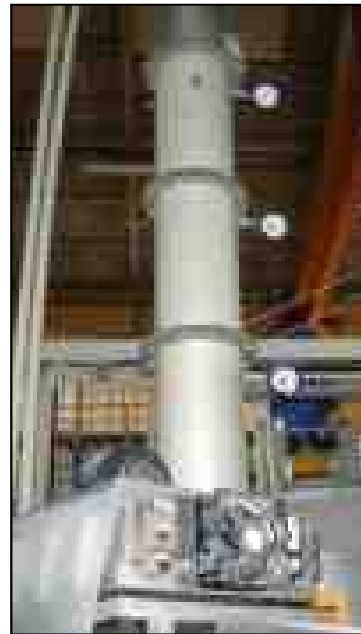
エタノール生産量は品種によって異なる

エタノール回収方法の検討

東海リソース(株)



エタノール蒸留装置
(減圧蒸留)



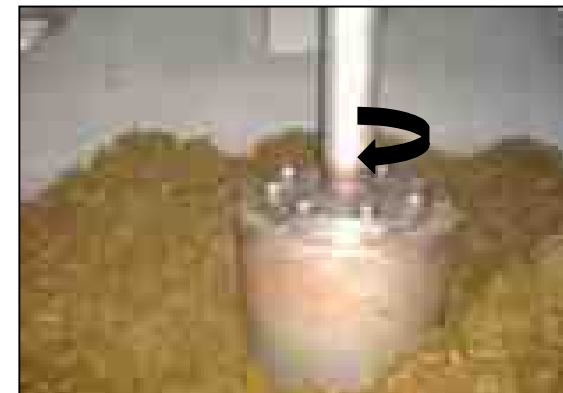
蒸留塔



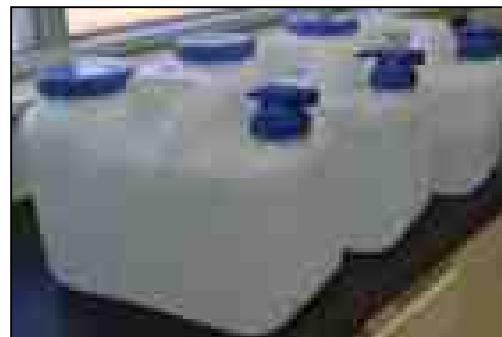
発酵済
ロール



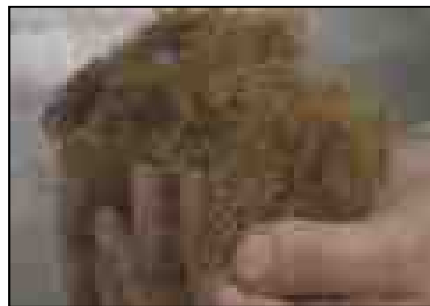
装置に
投入



装置
内部
(攪拌)



エタノール回収



残渣

飼料
化

エタノール回収試験(まとめ)



	エタノール発酵			エタノール回収		
	発酵産物重量 (kg)	濃度 (%)	総量 (L)	回収量 (L)	回収率 (%)	蒸留時間
1回目	232	6.7	15.5	6.6	42.6	6
2回目	244	6.5	15.8	13.5	85.4	12
合計	476	6.6	31.3	20.1	64.2	18

エネルギー収支

	回収エネルギー (A)	使用エネルギー ^a (B)	収支(A/B)
1回目	139	300	0.46
2回目	287	472	0.61
合計	426	772	0.55

a. 使用電力と重油量を元に換算(単位 MJ)

固体発酵試験中のロール重量の変化(kg)

品種	開始時	終了時	減少量	減少率(%)
リーフスター	313.0	238.0	-75.0	-24.0
たちすがた	333.8	262.0	-71.8	-21.4
たちすずか	366.3	300.3	-66.0	-18.0
たちすがた(サイレージ)	324.0	322.0	-2.0	-0.6
たちすずか(サイレージ)	354.5	352.4	-2.1	-0.6



ロールから発酵液が多量に漏出している？

エタノール回収法の検討



ロールからのエタノール回収
(ロール全体を更にビニル袋で包む)

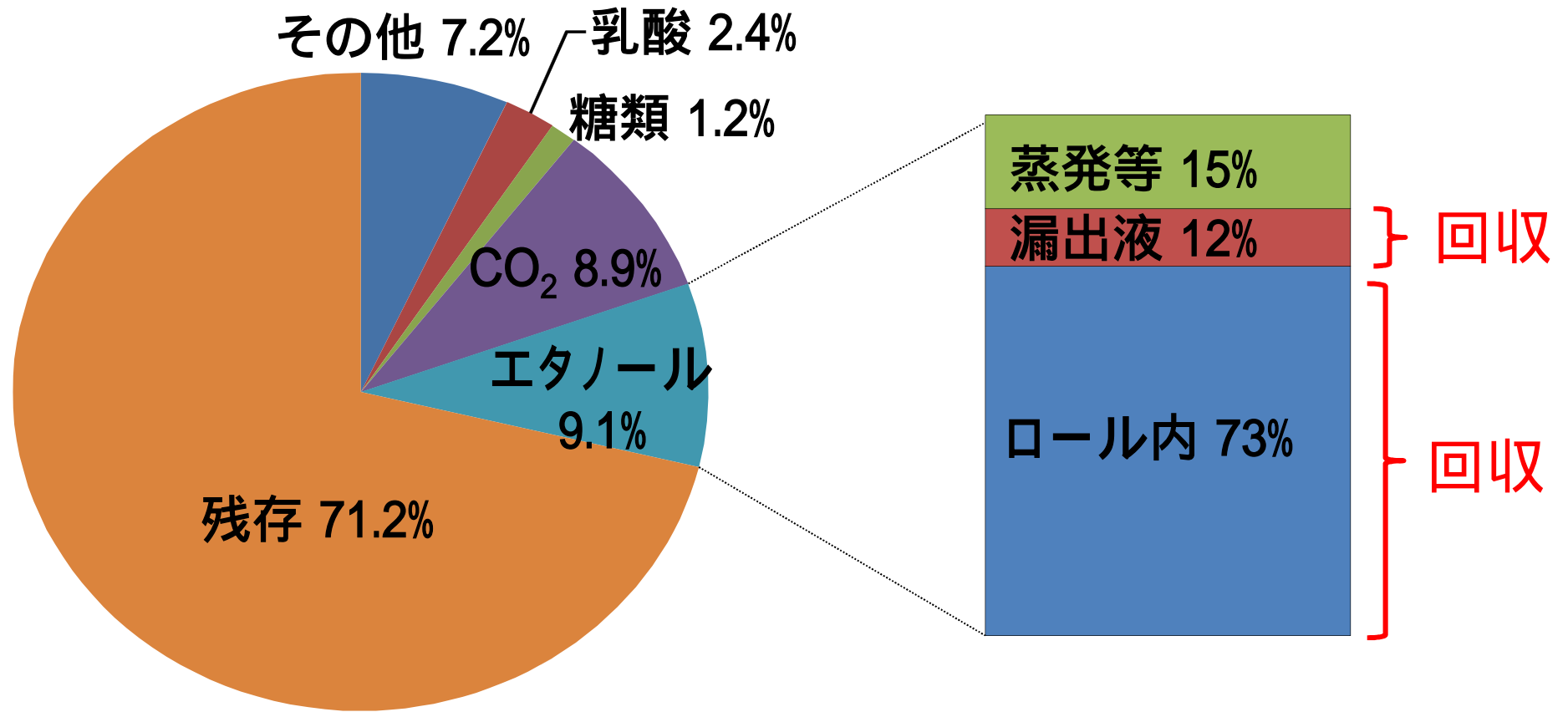


4-10%
エタノール濃度

ロール下にエタノールを含む
発酵液が多量に漏出

平均41 kg/ロール
(品種 たちすずか)

発酵ロールベールの成分変化



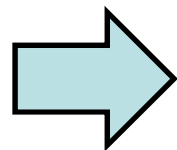
(品種 たちすずか)

飼料作物を用いたバイオエタノール生産と利用



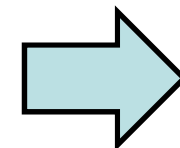
飼料稲
(3品種)

刈取り



酵素、微生物の添加

ロール



エタノール固体発酵

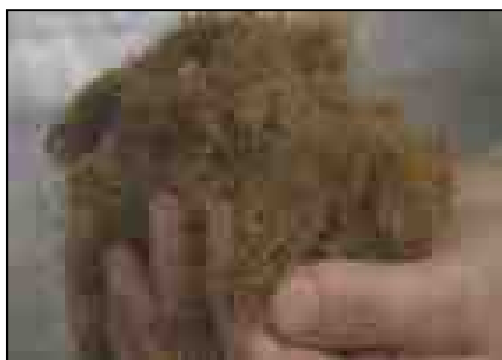
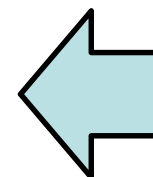
回収率の向上



漏出液



回収



残渣



回収エタノール



蒸留装置

飼料化



表 エタノール発酵残さの組成

組成 (%) ^a	残さ	サイレージ
セルロース	22.0	22.1
ヘミセルロース	13.8	12.1
デンプン	5.2	20.3
糖分	9.3	0.9
乳酸	3.4	2.4
全炭素 (C)	36.8	37.3
全窒素 (N)	1.1	0.7
C/N	34.1	51.4

pH	4.0	4.1
水分含量	64.7	63.9

^a 乾燥重量比 (品種 たちすずか)

バイオエタノールの用途拡大

バイオエタノールを車等の燃料にする場合、高純度かつ
混入割合はガソリンの最大10%まで



他の用途への利用拡大

低濃度エタノール土壌還元消毒

低濃度(2%以下)のエタノール水を土壌に湛水、被覆することで、土壌を還元状態にして消毒

露地
試験

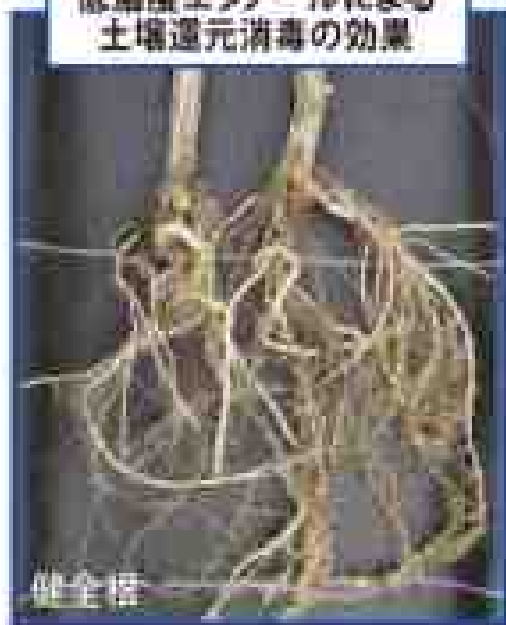


温室内
試験

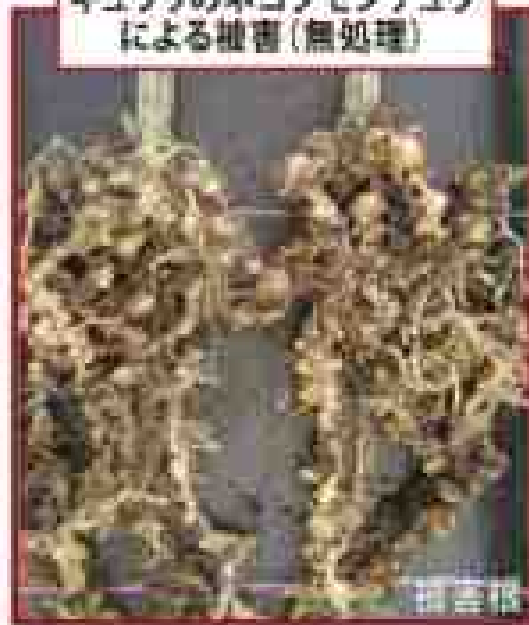


土壌還元消毒法の現地実証(例) -キュウリ・ネコブセンチュウ-

低濃度エタノールによる
土壌還元消毒の効果



キュウリのネコブセンチュウ
による被害(無処理)



低濃度エタノールそのものに
消毒効果は無い(農薬ではない)



エタノール添加により土壌中の
微生物が活性化し、
作物生産にとって良い土壌
環境が形成される

(地力の向上などによる**間接的
な効果**)



土壌還元消毒用エタノール資材
(エコロジール)

(株)日本アルコール産業
より発売中

知的財産関連情報

特許: 4436426号

特許: 5299264号

従来法と**固体発酵法**の比較

従来法

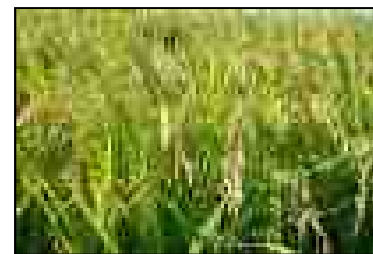
- ・原料の腐敗防止対策
- ・糖化効率を上げる前処理
(酸、アルカリ、加熱処理)
- ・発酵阻害物質の生成
- ・蒸留等のエネルギーコスト
- ・廃液処理
- ・手間がかかる
- ・エタノール変換効率高い

固体発酵法

- ・**収穫直後**に加工
- ・**酵素処理**
(酵素コスト)
- ・阻害物質なし
- ・蒸留処理必要
- ・**廃液処理なし**
- ・**手間をかけない**
- ・同時生産(副産物)

実用化に向けた課題

1. エタノール固体発酵
回収率の向上 (蒸留方法の検討)
生産・回収エネルギーの削減
2. 残渣の飼料評価 (給餌試験)
3. 他のバイオマス資源の利用
飼料作物 (高糖性ソルガム等)
食品廃棄物等



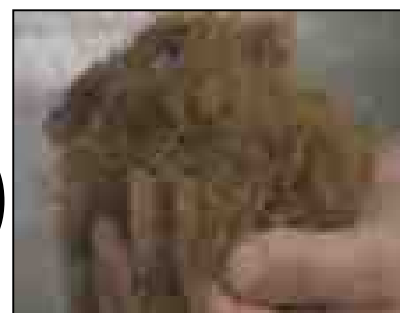
飼料作物



固体発酵 (ロール)



回収



残渣



家畜飼料



エタノール



燃料 他用途

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : アルコールの製造方法
- 特許番号 : 第5050236号
(登録日 : 2012.8.3)
- 出願人 : 農研機構
- 発明者 : 北本宏子、堀田光生

発明者の産学連携の実績 (北本、堀田)

- 2012年- 資金提供型共同研究(毎年3社以上)実施
- 2016年-2018年
農水省農食事業に民間企業(1社)、産総研と
共同採択

問い合わせ先

農研機構 連携広報部 知的財産課 特許チーム

TEL 029-838-6465

FAX 029-838-8905

E-mail naro-kyodaku@naro.affrc.go.jp

(技術相談窓口)

農研機構 農業環境変動研究センター

TEL 029 - 838 - 8181

E-mail niaes_koryu@ml.affrc.go.jp