

モノづくりフェア2022（マリンメッセ福岡）

廃棄物によるバイオ燃料製造の 高効率化と貯蔵安全評価

福岡大学 工学部 化学システム工学科

教授 重松 幹二

2022年10月6日

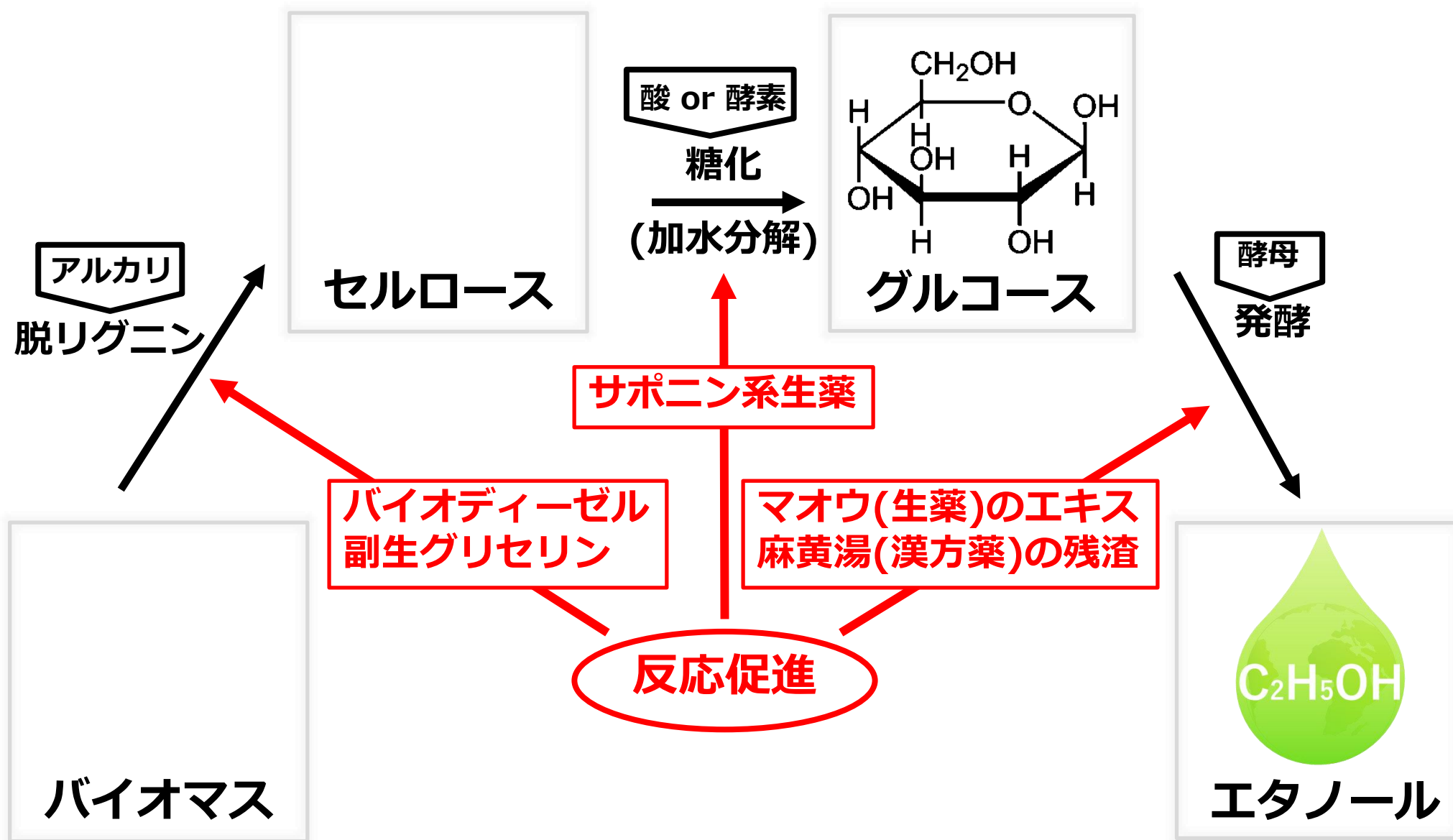
廃棄物を原料とする様々なバイオ燃料

バイオ燃料の種類	利用法	主な原料	問題点
バイオエタノール	ガソリン代替燃料	廃糖蜜(モラセス)	砂糖製造時に発酵阻害物質が生成する
		廃木材	酵素法では糖化速度が遅く、脱リグニン前処理が必要 加水分解法では発酵阻害物質が生成する
バイオディーゼル	軽油代替燃料	廃植物油	保存性(酸化安定性)が低い 副生成物のアルカリ含有グリセリンの用途がない
木質ペレット	ストーブ燃料	廃木材	吸湿して崩壊しやすい 崩壊ダストによる粉じん爆発の危険性がある
メタンガス	加熱燃料	食品廃棄物	発酵が遅い

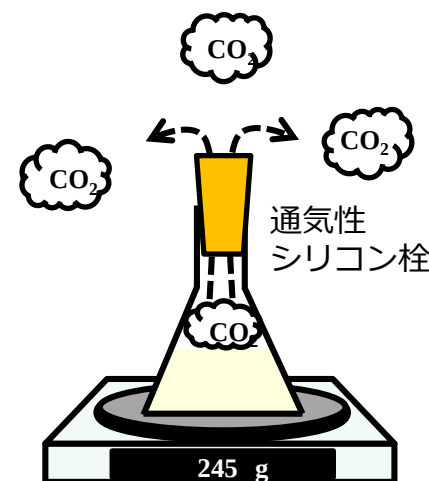
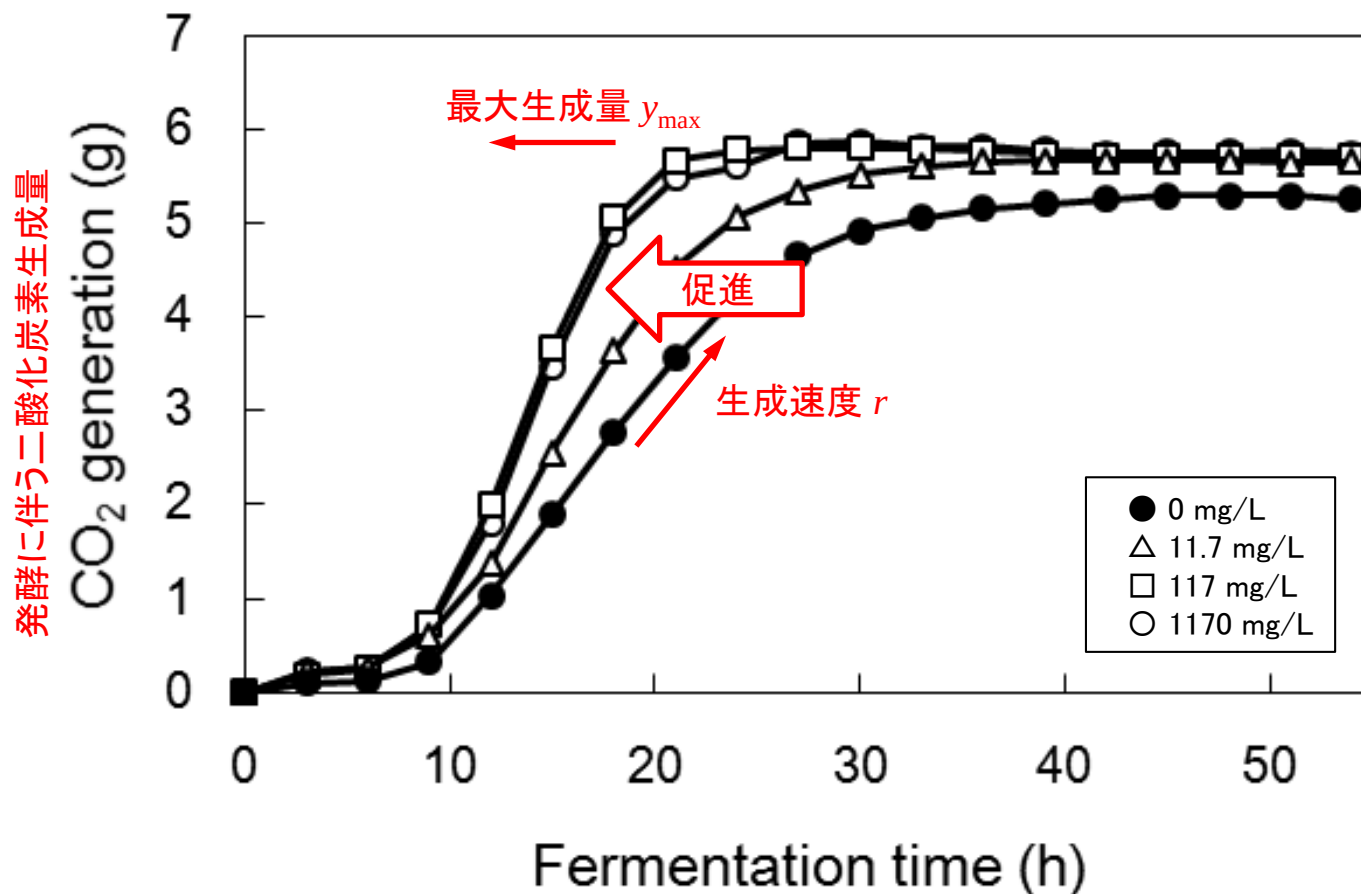
本日の発表内容

漢方薬残渣等の添加による発酵速度の促進と発酵阻害物質の克服 生薬添加による糖化速度促進	発酵物の製造方法、エタノールの製造方法および乳酸発酵物の製造方法、ならびに発酵促進剤：重松幹二、正本博士、松山雅子、田中亜依：特開2020-65549 漢方薬残渣の発酵促進剤としての効果と用途拡大：重松幹二：ふくおかファイナンスグループ企業育成財団 漢方薬残渣の発酵促進効果を活用した第二世代バイオエタノール製造の高効率化：重松幹二、中村嘉利、亀井一郎：科研費基盤研究(B)22H03784
バイオディーゼルのコーヒー粕による改質と副生グリセリンの脱リグニンへの適用	セルロース含有材料の製造方法およびバイオエタノールの製造方法、ならびに、リグニン含有グリセリンおよびその製造方法：戸高昌俊、重松幹二：特許第7013009号 日本石鹼洗剤工業会,平成30年度新規グリセリン用途開発助成
木質ペレット材料の粉じん爆発危険性評価	木質バイオマスの粉じん爆発：重松幹二、コウハクル ワサナ、永島大：科研費基盤研究(B)17H03849

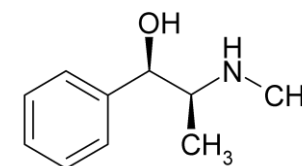
(1) 生薬等の添加によるエタノール発酵促進



マオウエキス添加による発酵促進



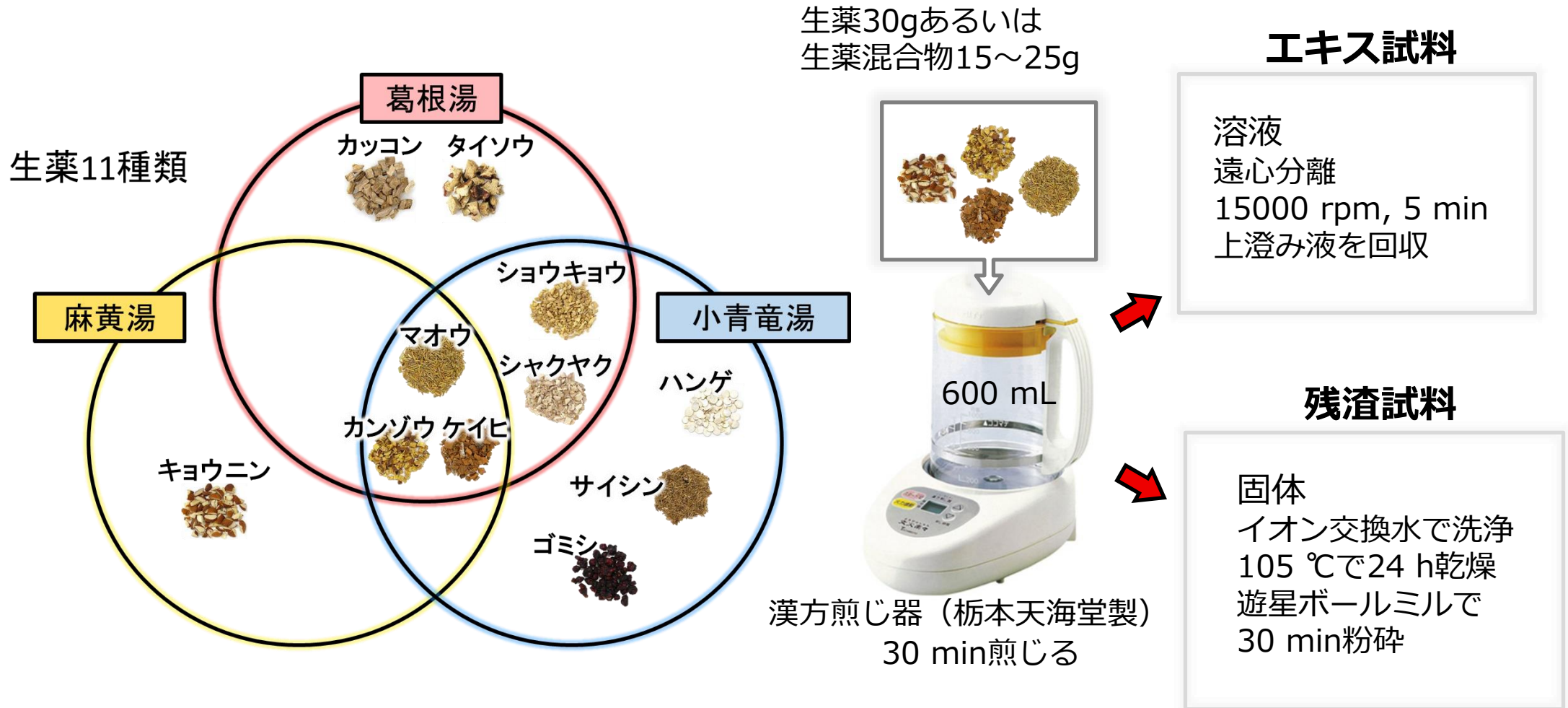
エタノール発酵の式



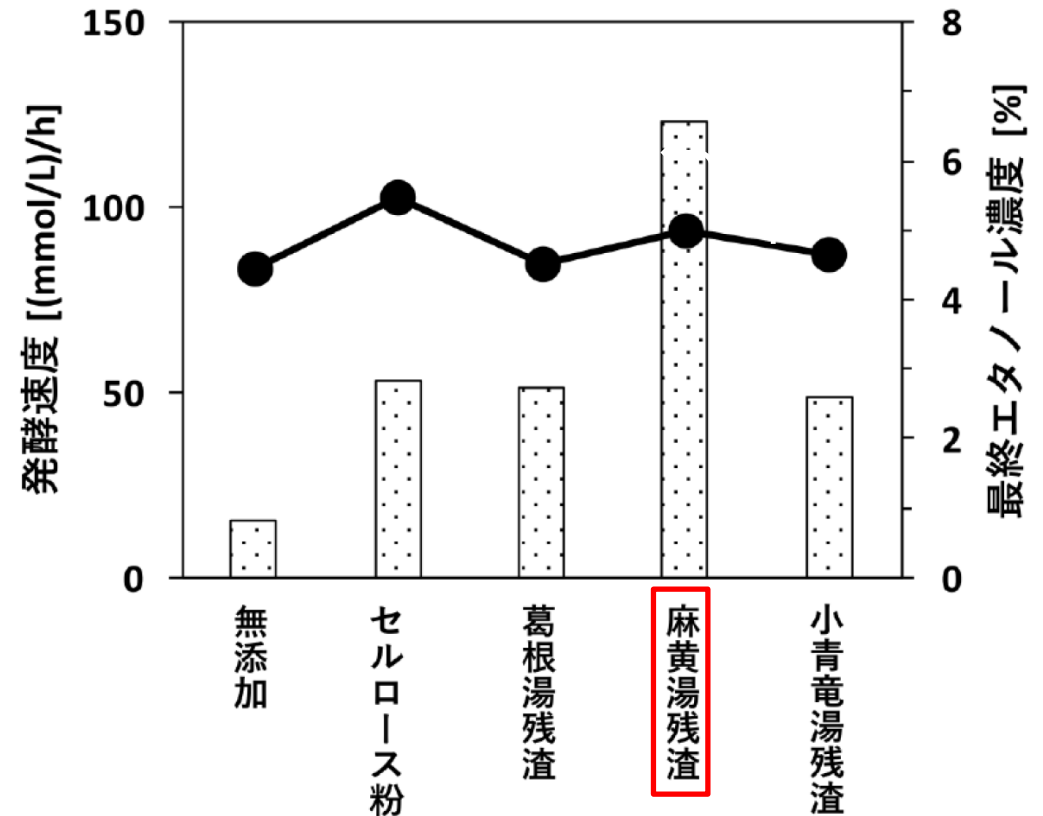
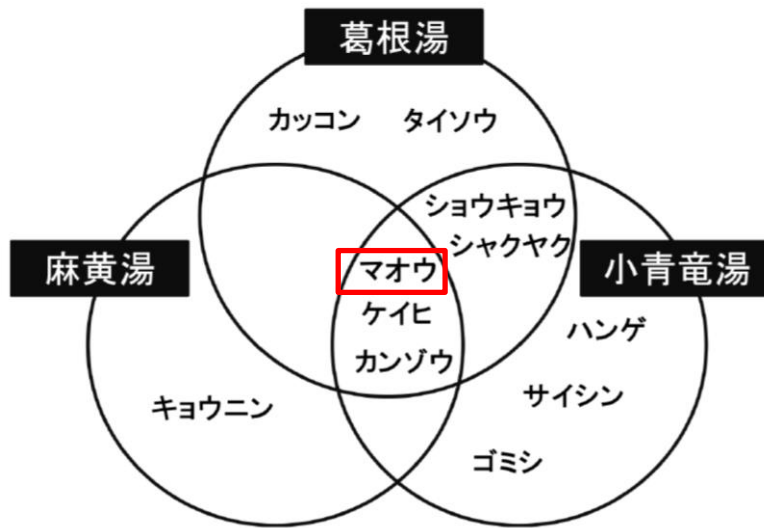
マオウ薬効成分: エフェドリン
中枢神経や交感神経の興奮作用

マオウエキスを加えることで、顕著な促進効果が見られた。

生薬および漢方薬残渣



漢方薬抽出残渣の添加による発酵促進



漢方薬の抽出残渣(特に麻黄湯)で高い発酵促進効果が見られた。
医薬品製造からの廃棄物の有効利用が期待される。

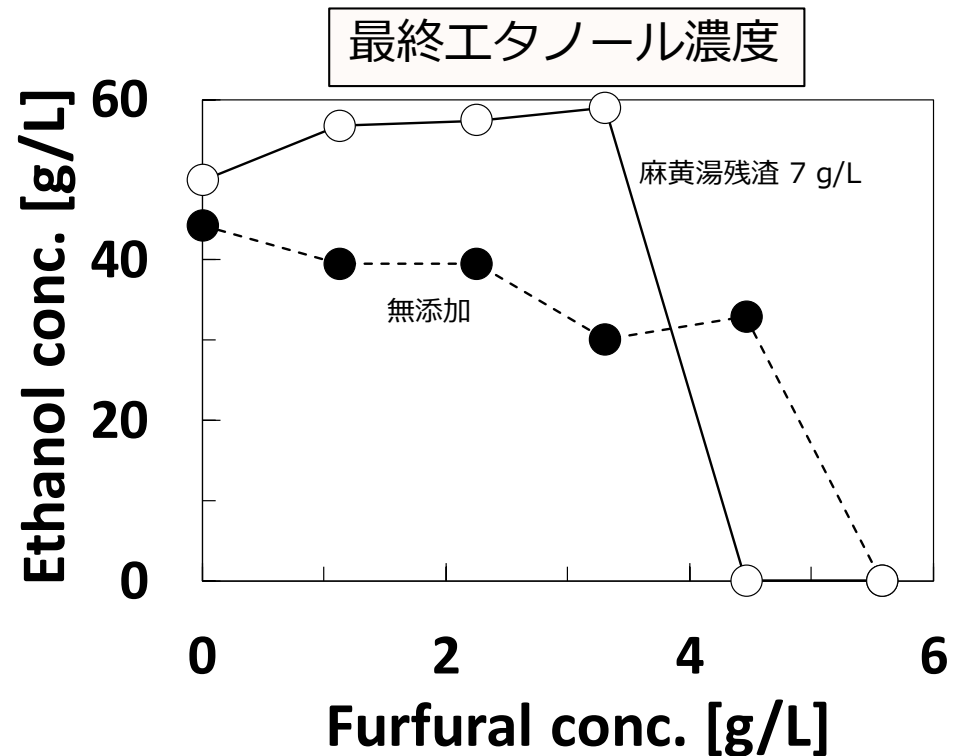
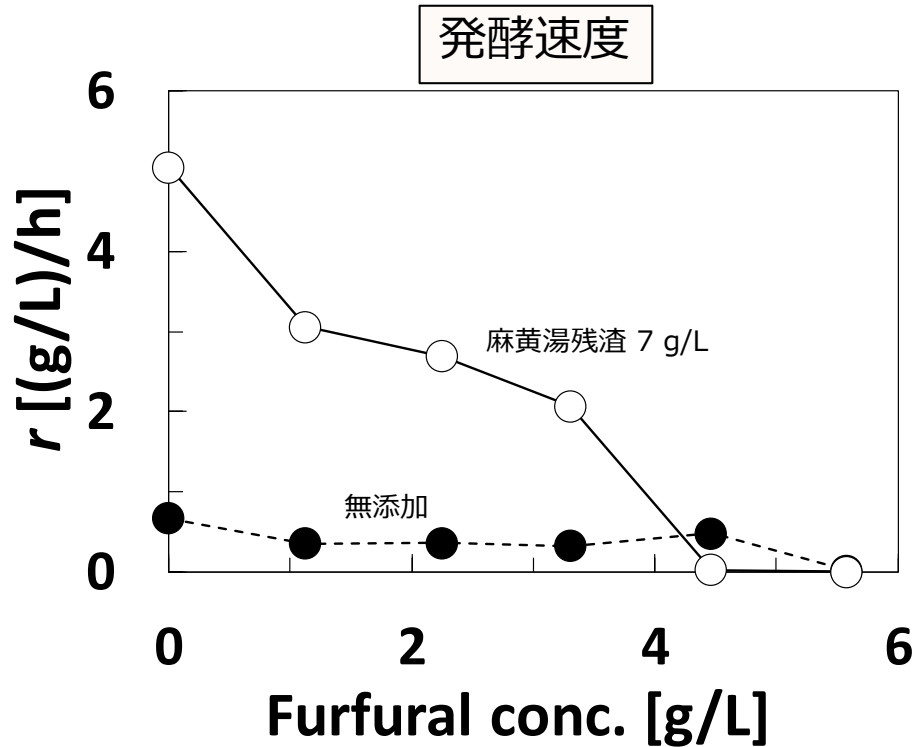
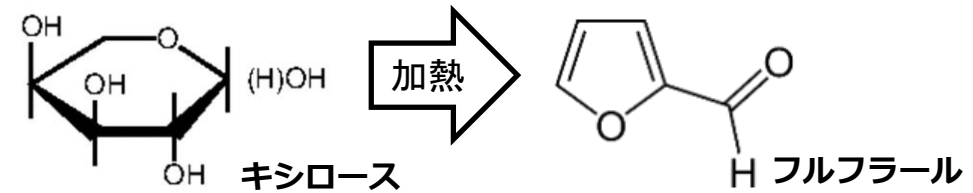
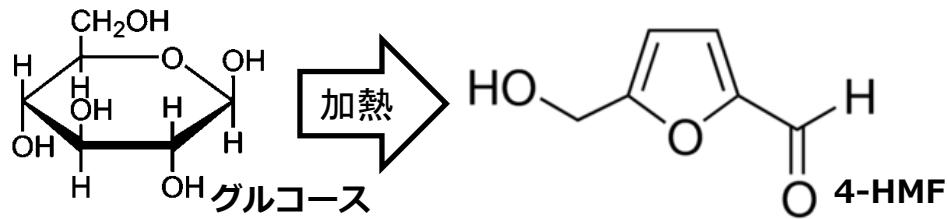
【ここまでの結論】

生薬や漢方薬残渣で
酵母が元気になる



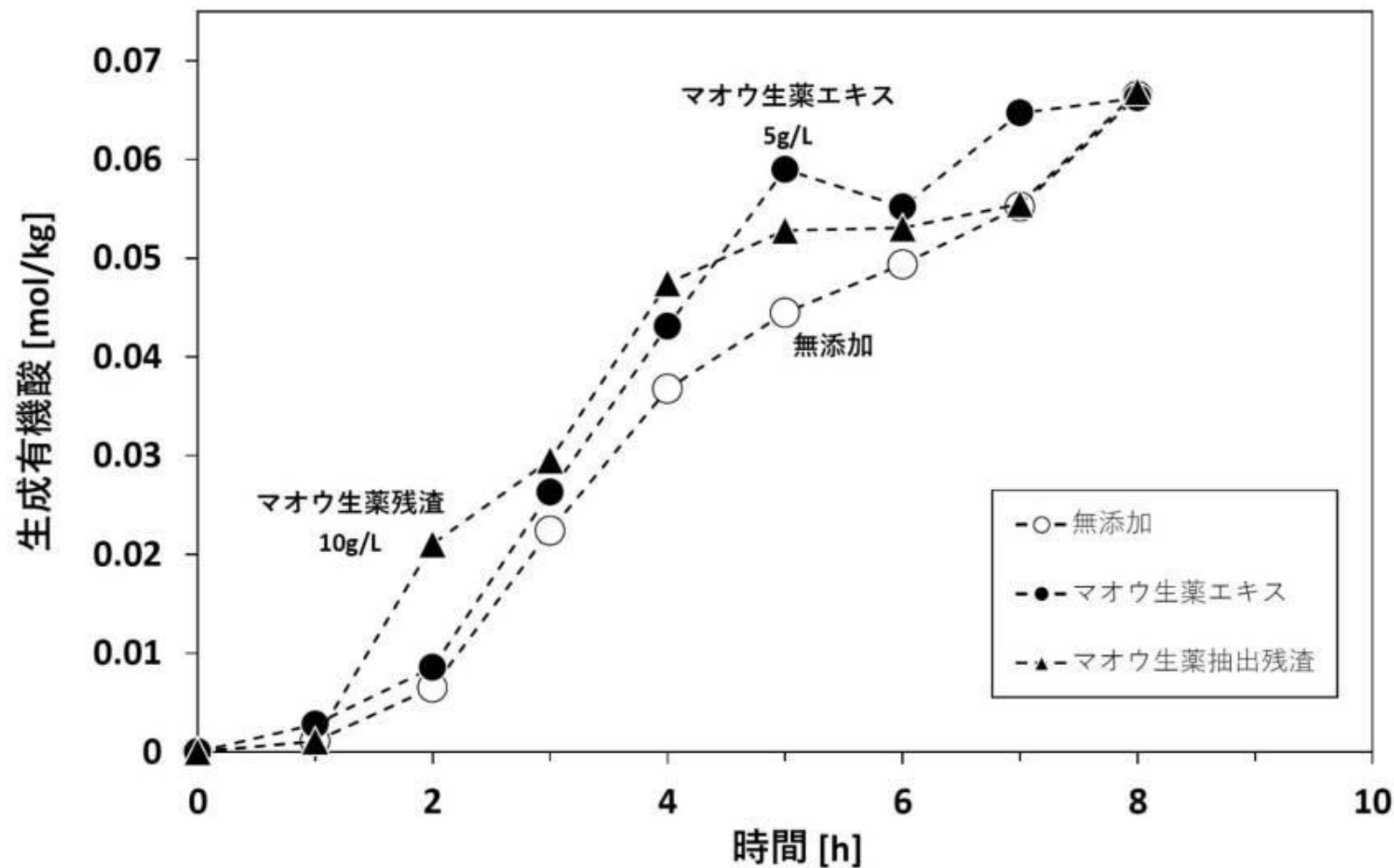
悪条件でも発酵が可能となる？

発酵阻害物質(フルフラール)との競合



フルフラール存在下でも、麻黄湯残渣の添加で発酵を維持できる。

(参考)マオウの乳酸発酵への効果

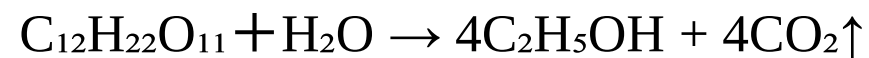
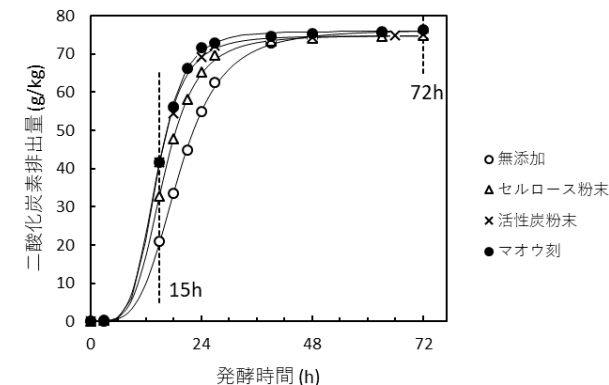
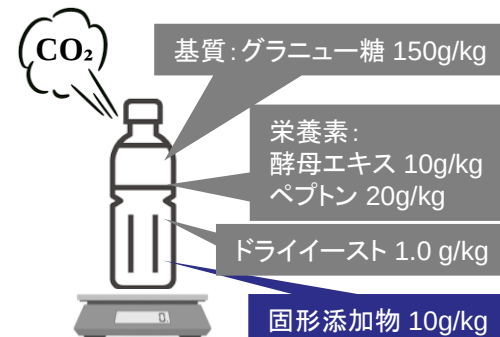
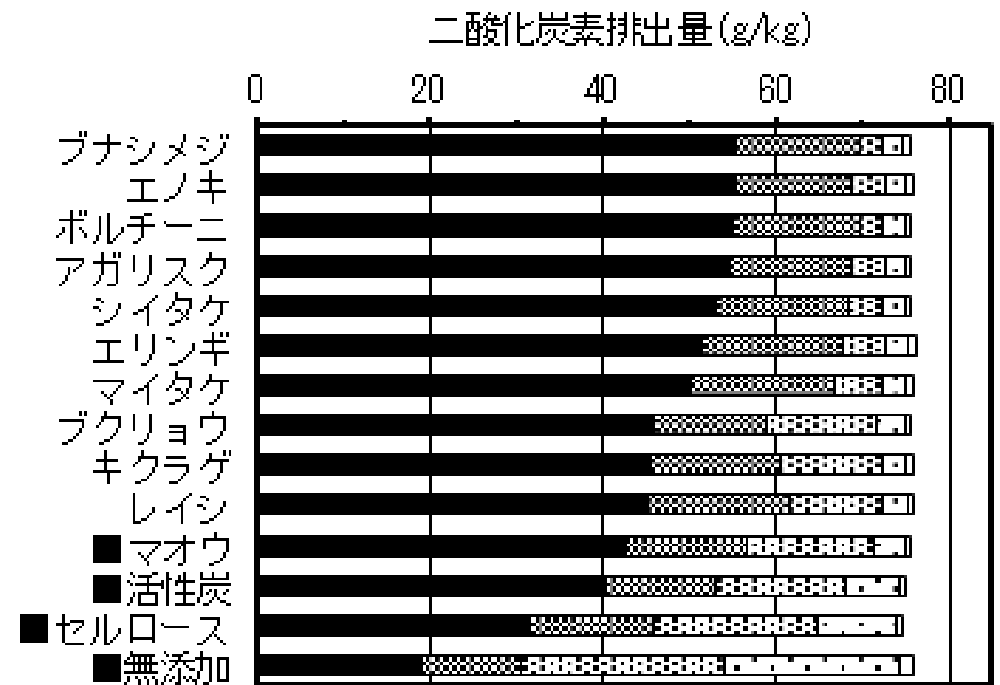
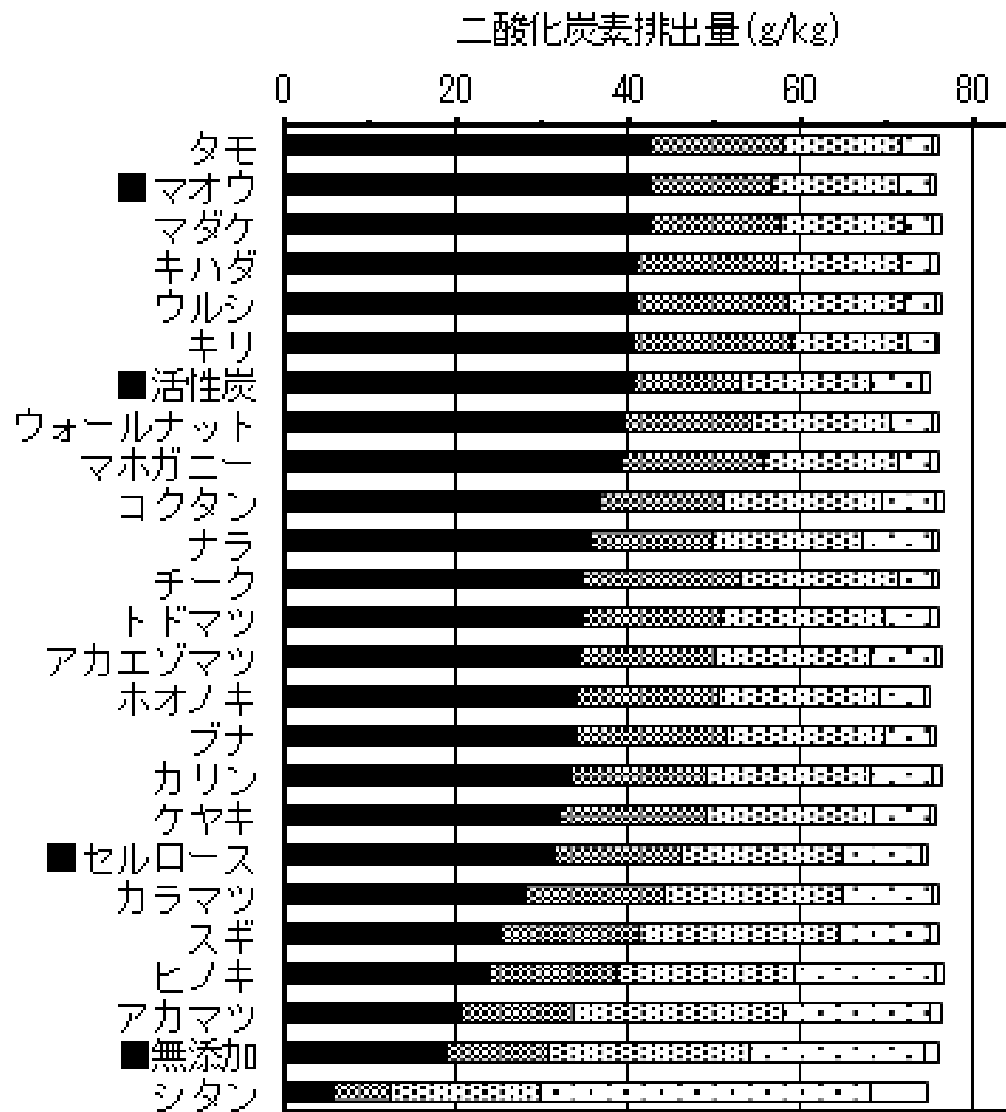


乳酸発酵に対してもある程度の効果が見られた

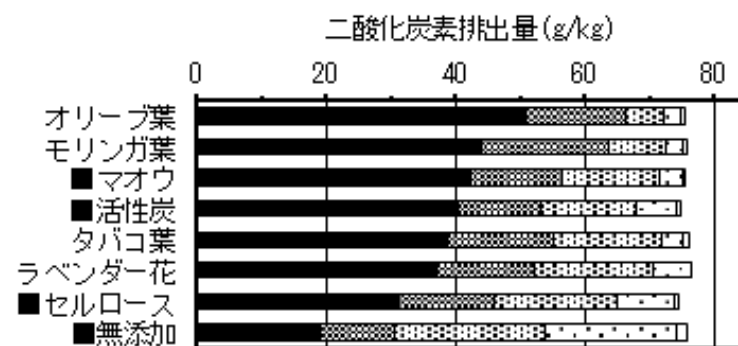
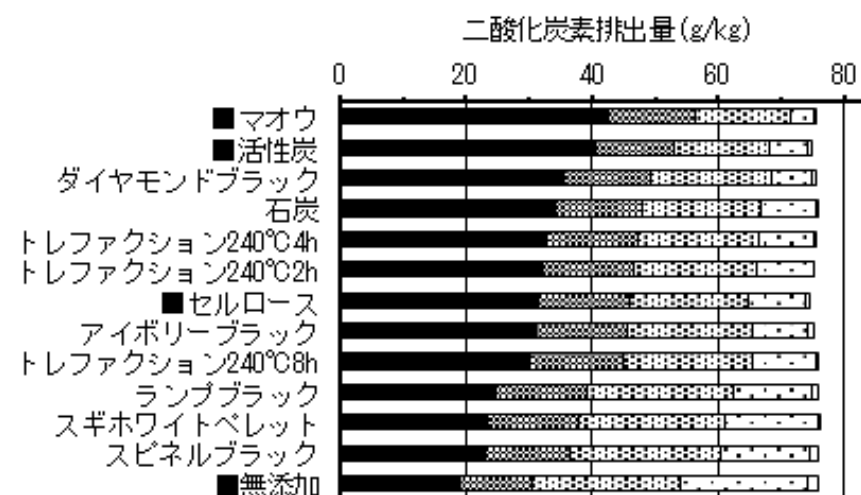
様々な固形物のエタノール発酵への影響(その1/3)

(a) 樹木木部

(b) 乾燥きのこ



(d) 炭化物

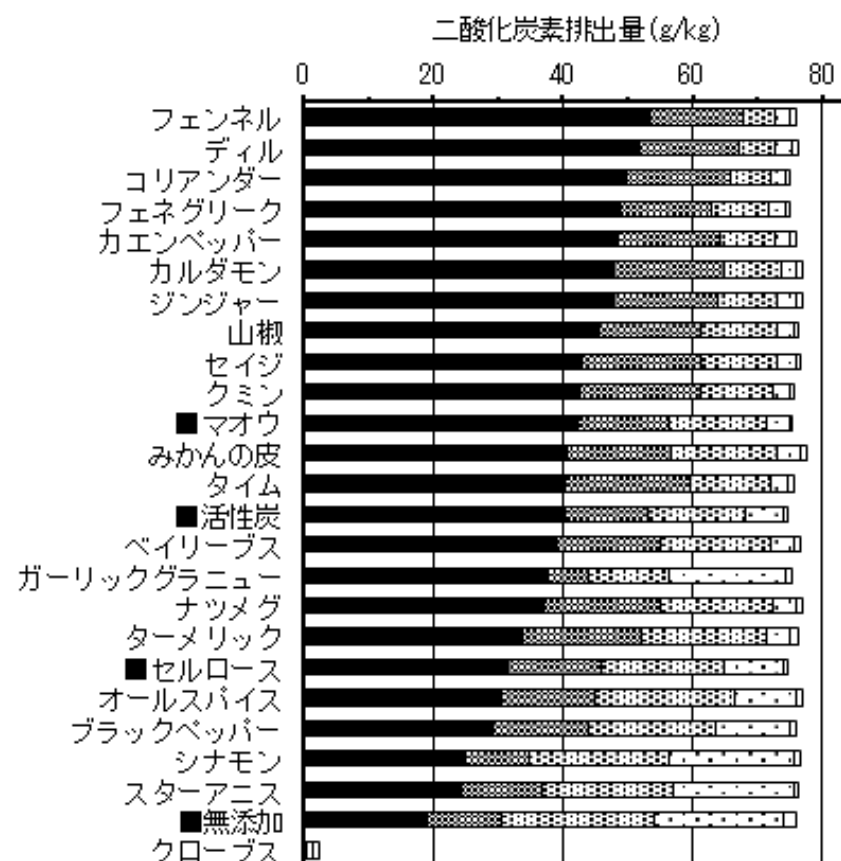
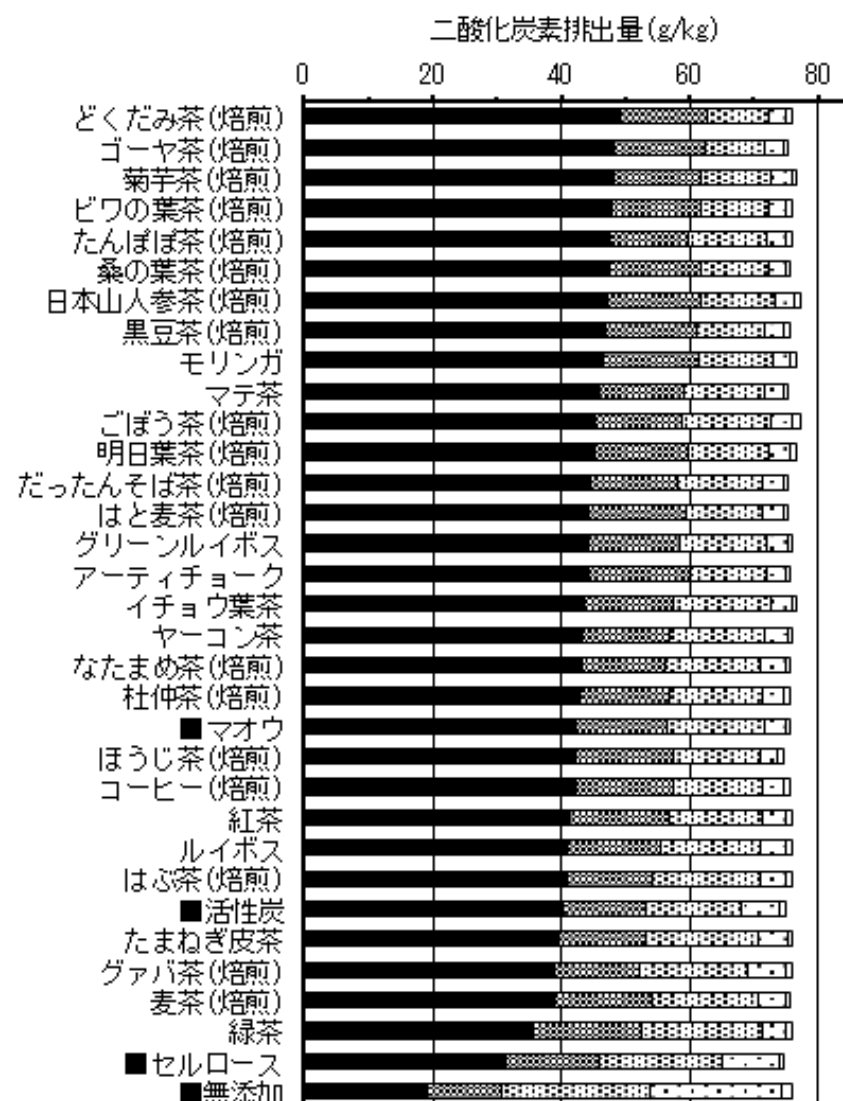


■ 15h ▤ 18h ▥ 24h ▦ 48h □ 72h

様々な固形物のエタノール発酵への影響(その3/3)

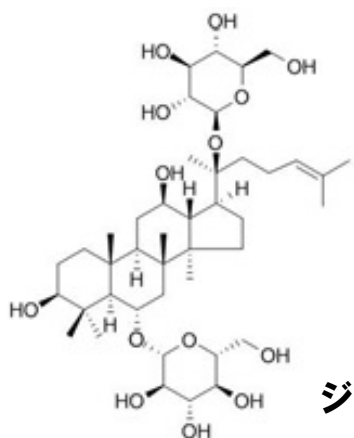
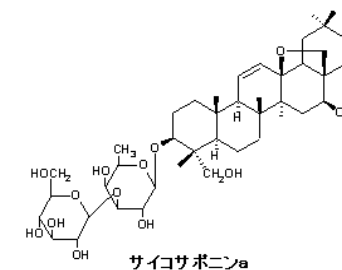
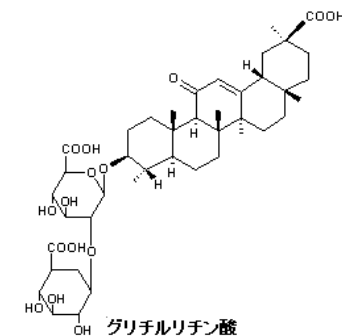
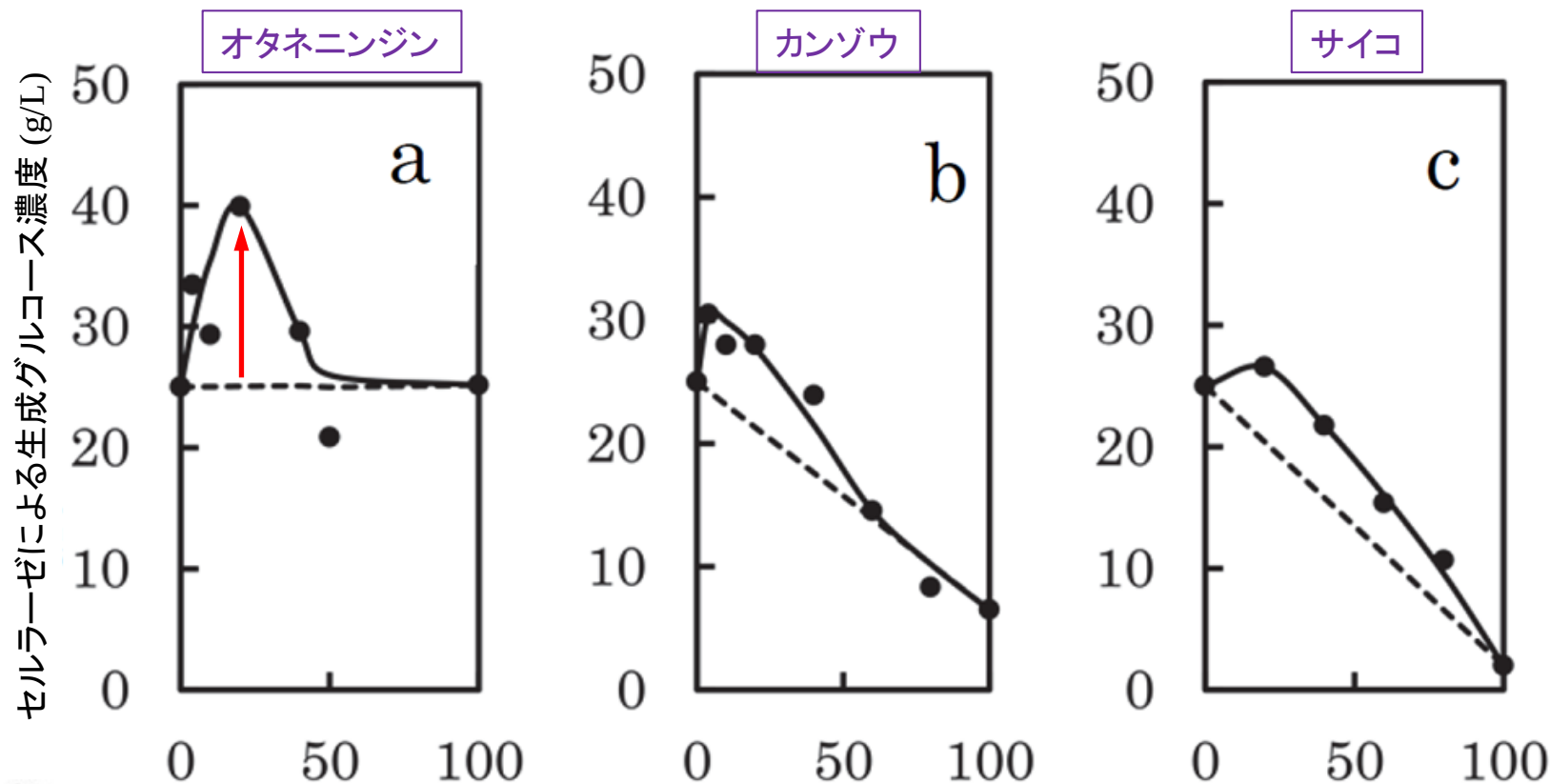
(e) お茶類

(f) スパイス



■ 15h ▨ 18h ▩ 24h ▤ 48h □ 72h

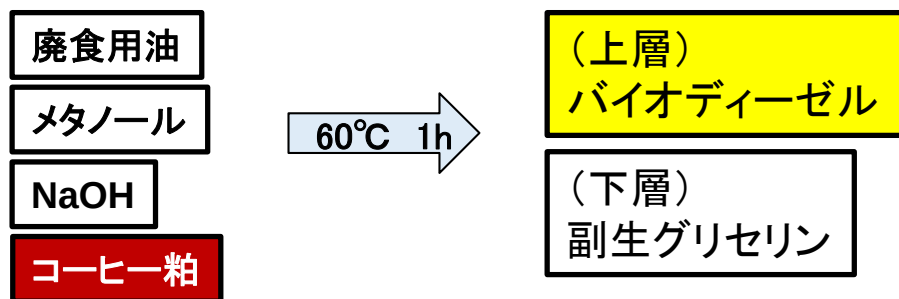
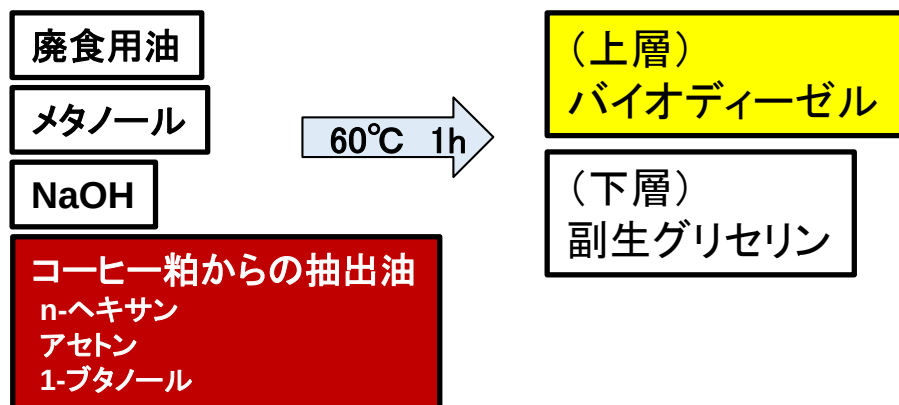
生薬添加による酵素糖化速度の促進



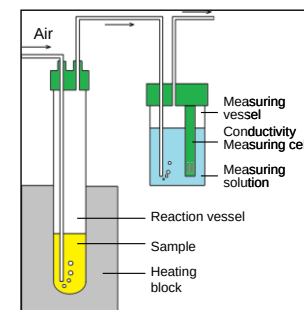
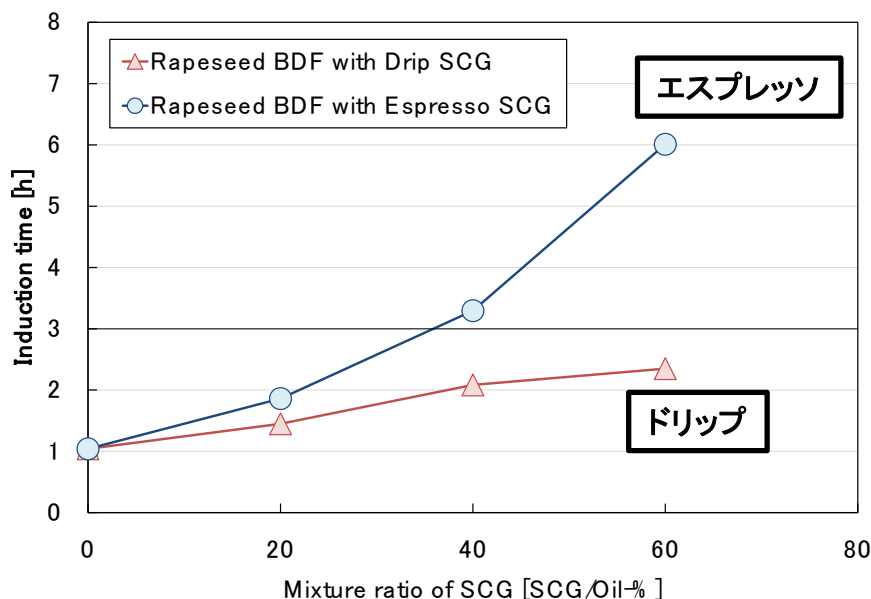
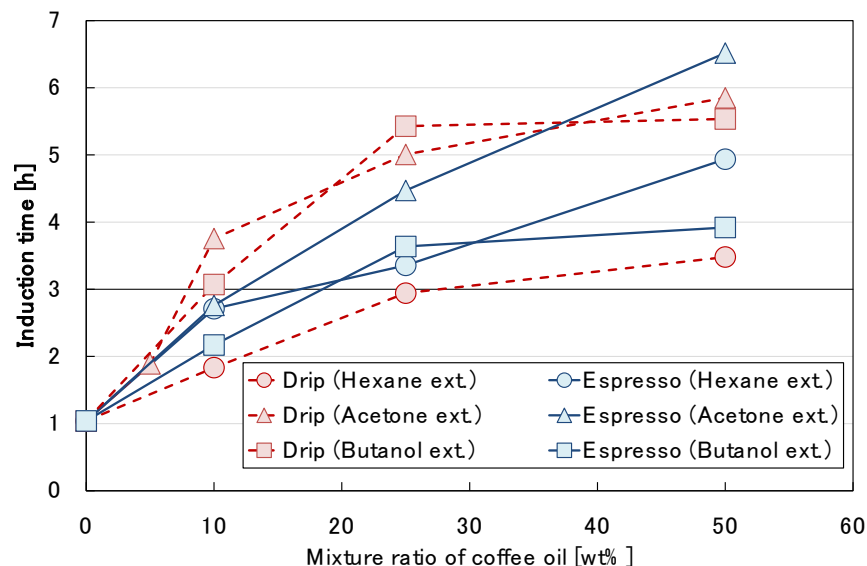
セルロースに対するサポニン系生薬の配合量 (wt%)

サポニンの界面活性作用によりセルラーゼ糖化活性が高まり、生成グルコース濃度を上げることができた。

(2) コーヒー粕によるバイオディーゼルの品質向上

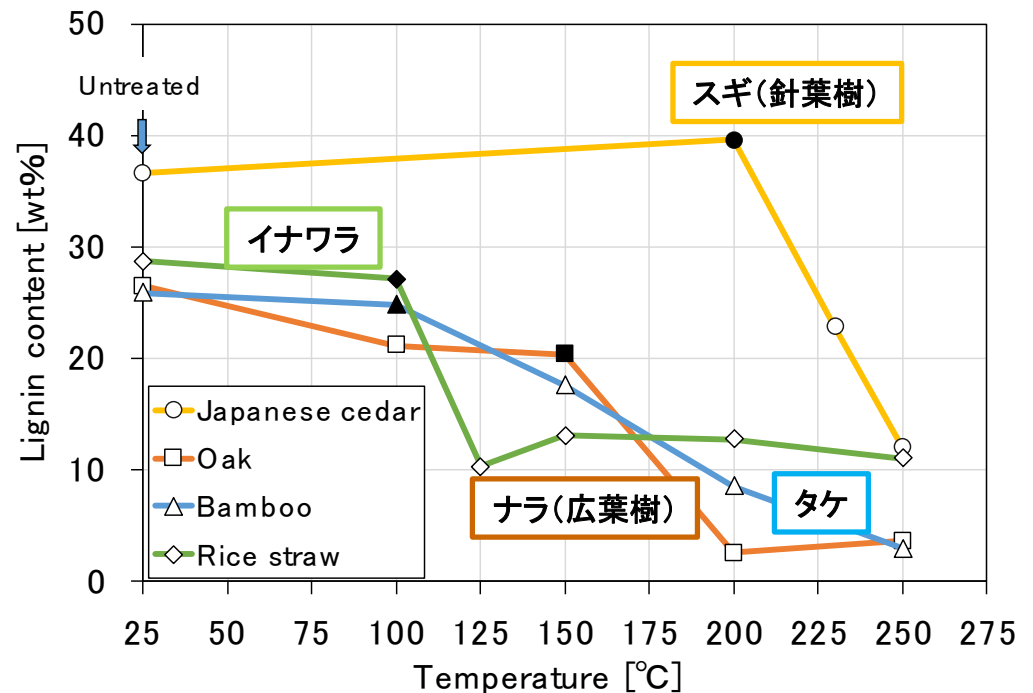
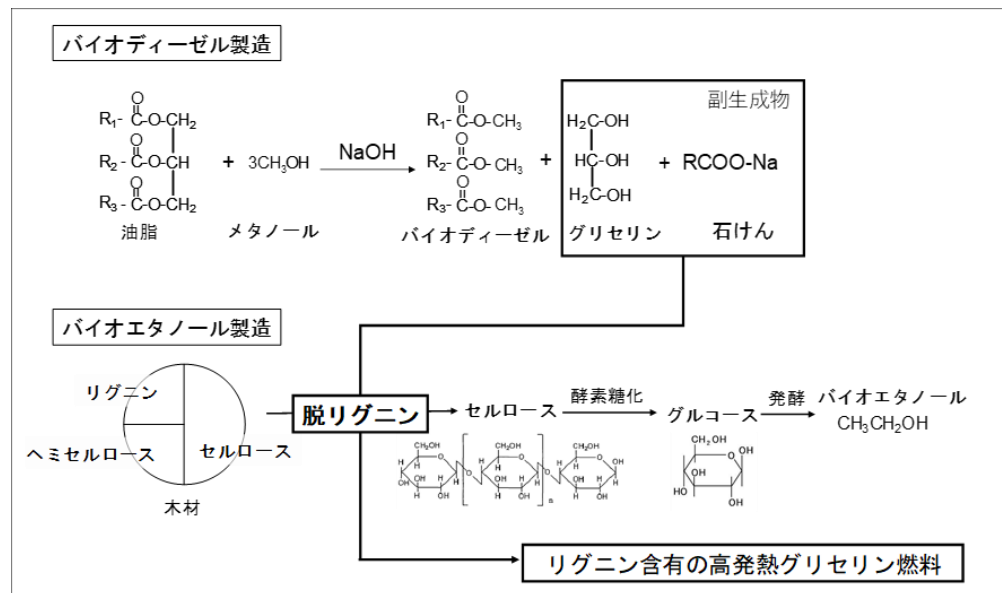


廃食用油からのバイオディーゼルは酸化安定性が低い、コーヒー粕を添加することで解決した。



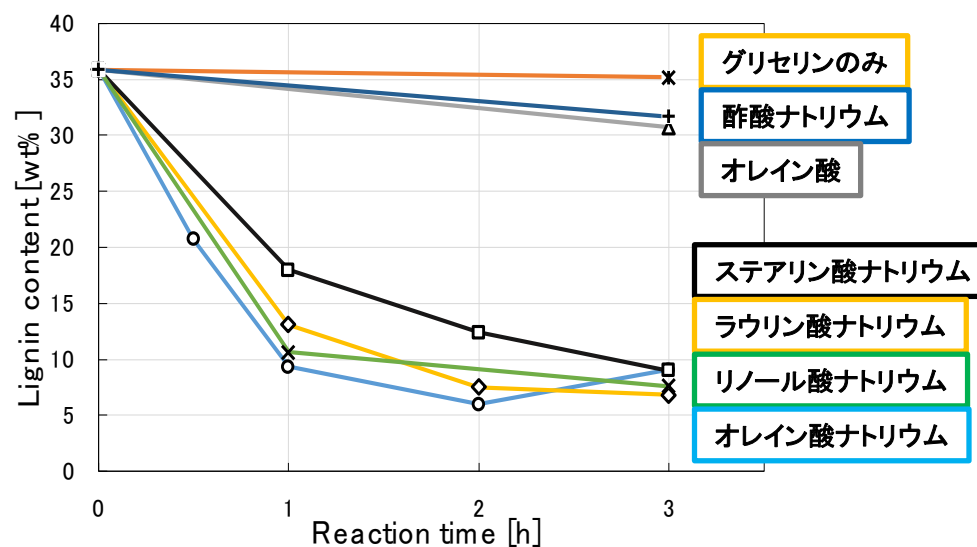
酸化安定性評価
(ランシマット法)
EN14112
110°Cで3h以上

(2) 副生グリセリンによる脱リグニン



バイオディーゼルの副生グリセリンで加熱するだけで、従来困難だった針葉樹の脱リグニンも可能となった。

副生グリセリン中の石けん成分が関与している。



脂肪酸Na塩	略称
酢酸Na	C ₂ Na
ラウリン酸Na	C ₁₂ Na
ステアリン酸Na	C _{18:0} Na
オレイン酸Na	C _{18:1} Na
リノール酸Na	C _{18:2} Na

(3) 木質ペレット材料の粉じん爆発危険性評価

堆積した粉じん



工場の被災状況



【事故例】

平成16年1月 パーティクルボード製材所(北九州市)の粉じん爆発事故

【測定法】 JIS Z 8818

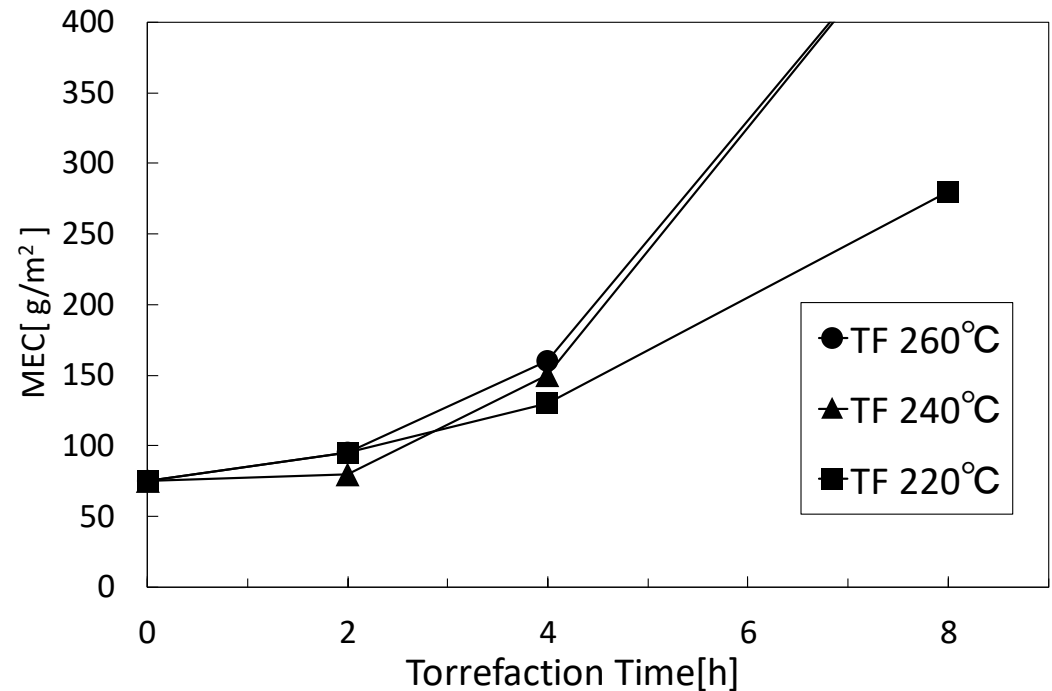
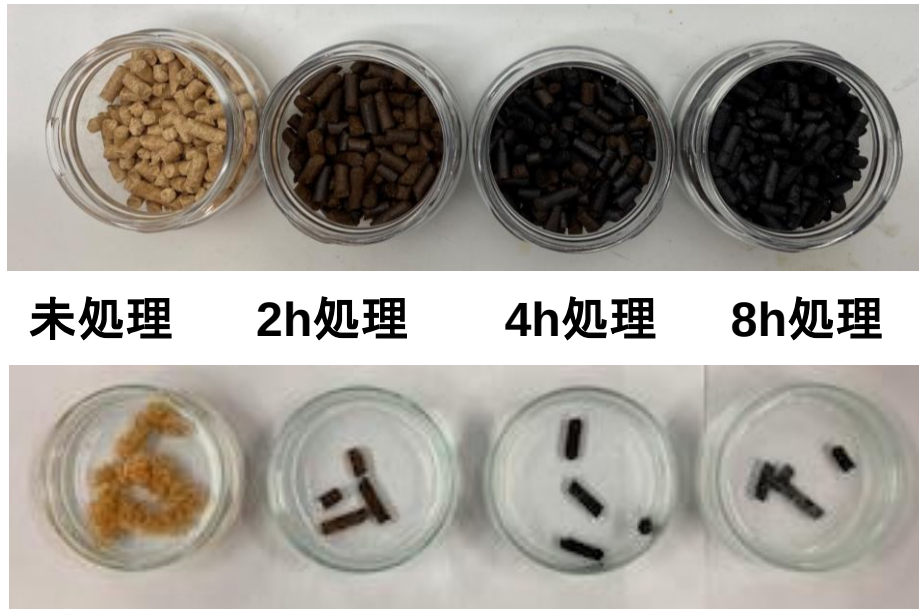


危険性の評価基準

爆発下限濃度		最小着火エネルギー	
爆発危険度	MEC [g/m ³]	爆発危険度	MIE [mJ]
高	< 45	高	< 10
中	45 - 100	中	10-100
低	> 100	低	> 100

トレファクション(焙煎、半炭化)の影響

240°Cトレファクション(焙煎、半炭化)



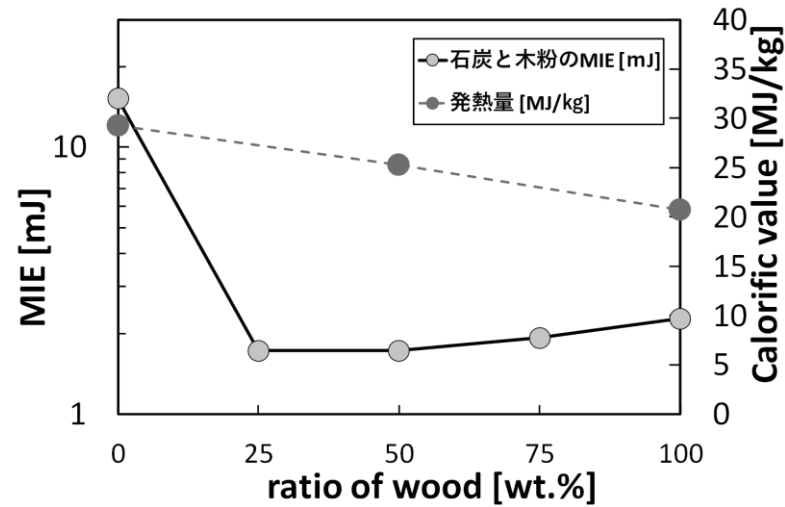
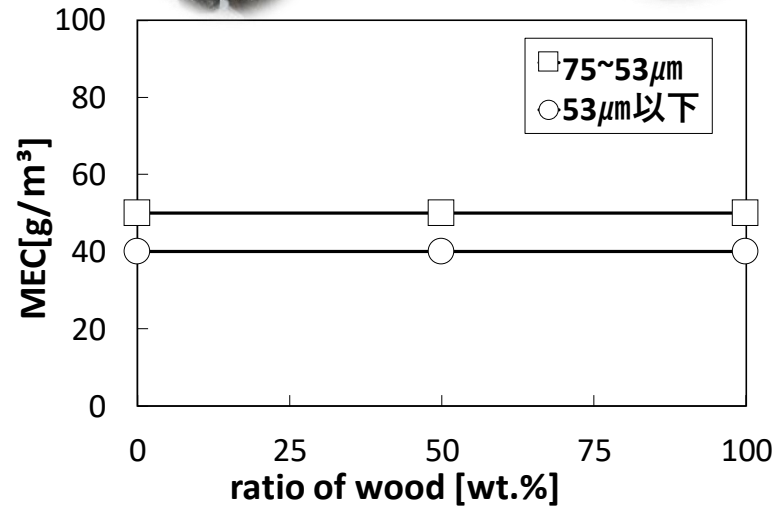
危険

トレファクションにより

- ・耐水性が上がる
- ・粉じん爆発の危険性は安全側に移行する

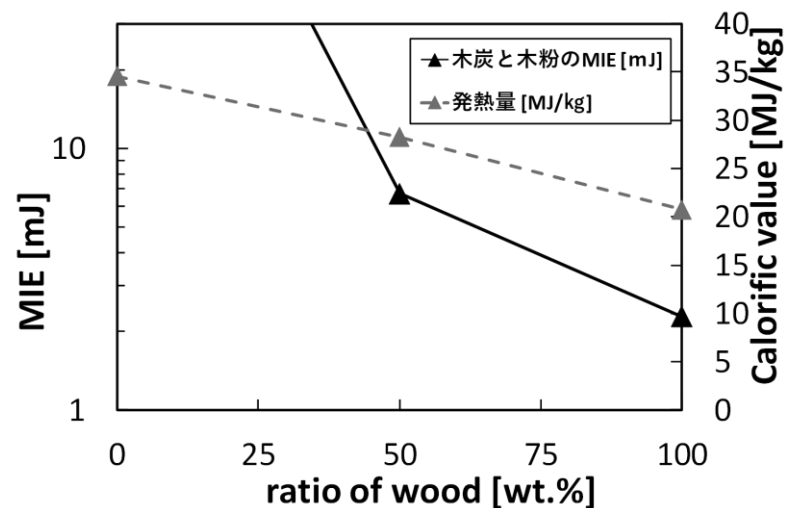
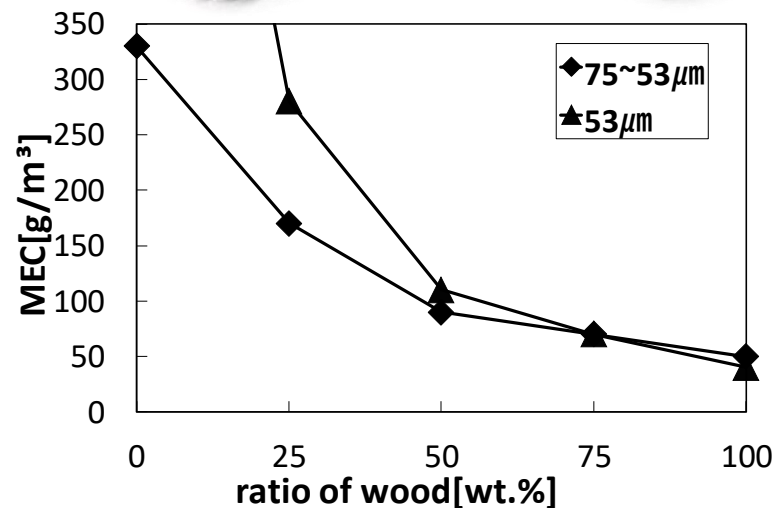
石炭や木炭との混合

【石炭 + 木粉】



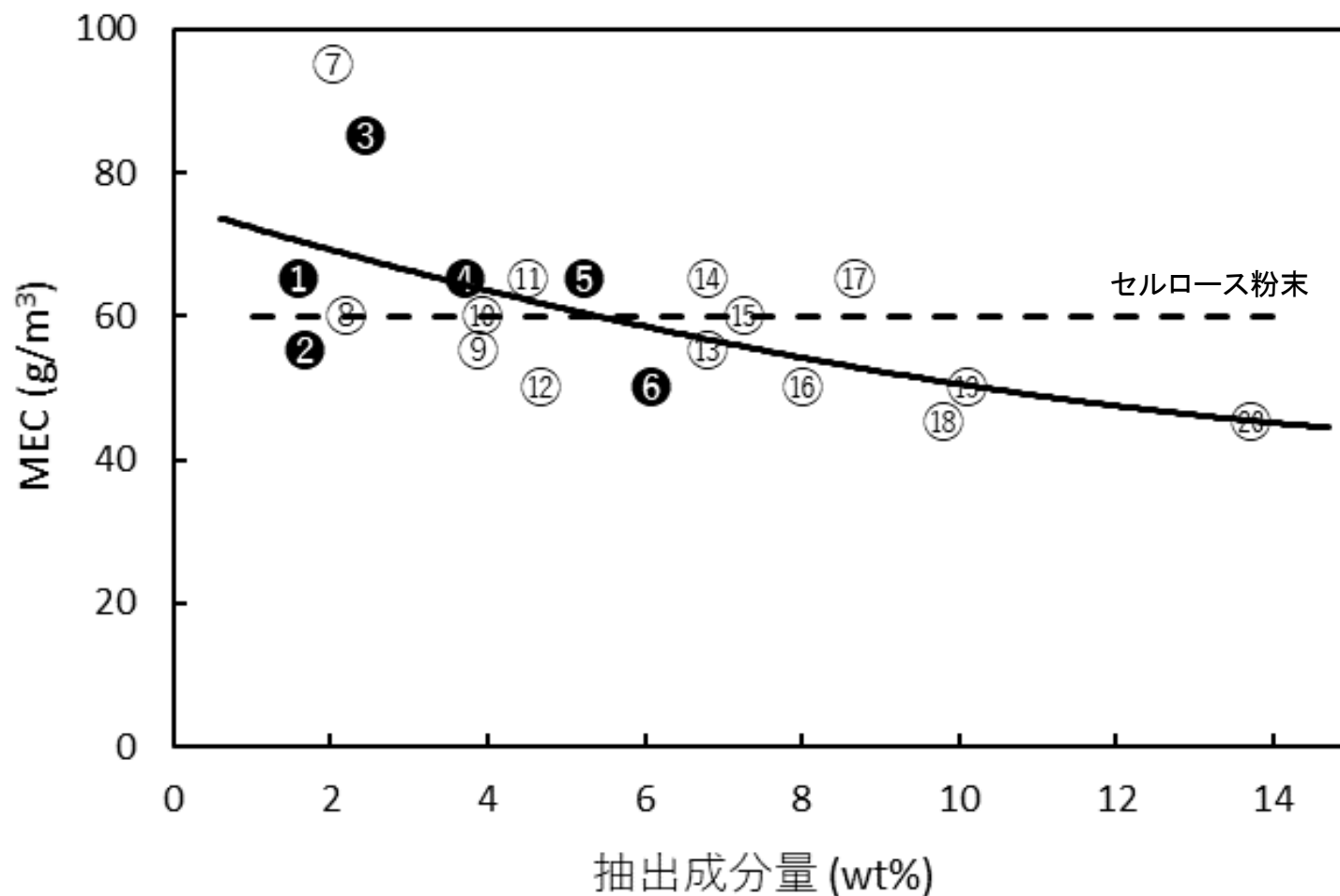
MECには変化がみられないが、MIEにミニマムがみられた。

【木炭 + 木粉】



不爆の木炭に木粉を加えるとMEC, MIEともに危険となった。

樹種による違い



針葉樹

- ①スギ
- ②ヒノキ
- ③アカマツ
- ④アカエゾマツ
- ⑤トドマツ
- ⑥カラマツ

広葉樹

- ⑦タモ
- ⑧ブナ
- ⑨キハダ
- ⑩ケヤキ
- ⑪マホガニー
- ⑫ウェンジ
- ⑬チーク
- ⑭ナラ
- ⑮キリ
- ⑯コクタン
- ⑰ウルシ
- ⑱カリン
- ⑲ウォルナット
- ⑳シタン

樹種により危険性に差がある
抽出成分が多いシタンやカリンは危険

参考資料

(1) バイオエタノール燃料の効率的製造

福原佑太郎、横田洋純、和多奎弥、正本博士、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2016) 生薬ならびに木質熱水抽出物のエタノール発酵促進効果: 第23回日本木材学会九州支部大会(鹿児島) p.34-35.

Masamoto, H., Matsuyama, M., Fukuhara, Y., Kowhakul, W., Shigematsu, M. (2017) Accelerating effect of the crude drug extracts on the ethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*: Proceeding Book of Full Papers ACB 2017, The 13rd Asian Congress on Biotechnology "Bioinnovation and Bioeconomy", 255-1-255-10

田中亜依、松山雅子、正本博士、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2018) 漢方薬残渣の添加によるエタノール発酵促進効果とフルフラール存在下での発酵維持: 第25回日本木材学会九州支部大会(福岡) p.4

松山雅子、戸高昌俊、田中亜依、正本博士、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2019) マオウエキスによるアルコール発酵促進効果の同時糖化発酵への適用: 福岡大学工学集報 101&102, 37-41.

田中亜依、重松幹二 (2019) 漢方薬残渣のアルコール発酵促進効果: アグリバイオ 3(10), 37-39

田中亜依、喜多芽衣、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2020) マオウによるエタノール発酵促進効果の化学耐性と熱耐性: 第29回日本エネルギー学会(富山) 3-32

田中亜依、松山雅子、正本博士、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2020) 生薬、漢方薬、およびそれらの抽出残渣のエタノール発酵促進効果: 生薬学雑誌 74(2), 81-88.

蒲池紘明、中村祐紀、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2021) バイオエタノール生成におけるサポニン系生薬の糖化促進効果および発酵促進効果: 第27回日本木材学会九州支部大会 (オンライン福岡)

重松幹二 (2022) 高校部活動研究のためのドライイーストとペットボトルを用いたバイオエタノール発酵速度実験: 福岡大学工学集報 No.107&108, 1-11

重松幹二、池田和弘、牟田あかり、岡崎佑亮、コウハクル ワサナ (2022) バイオエタノール発酵を促進・阻害する固形物の探索: 第72回日本木材学会大会 (オンライン名古屋・岐阜)

(2) バイオディーゼル燃料の改質と廃グリセリンの利用

Todaka, M., Kowhakul, W., Masamoto, H., Shigematsu, M., Onwona-Agyeman, S. (2012) Thermal decomposition of biodiesel fuels produced from *Jatropha* and waste coffee oils: The 48th Japanese Conference on Calorimetry and Thermal Analysis (Higashi-Osaka) p.73.

Todaka, M., Kowhakul, W., Masamoto, H., Shigematsu, M. (2015) Improving oxidation stability of biodiesel by antioxidant derived from spent coffee ground: The International Chemical congress of Pacific Basin Societies 2015 (Honolulu) ENRG578

戸高昌俊、コウハクル ワサナ、正本博士、重松幹二 (2016) コーヒー粕抽出油バイオディーゼルのORAC法による抗酸化能評価: 日本エネルギー学会・西部支部 第1回学生・若手研究発表会(福岡) O-4.

Mori, H., Todaka, M., Kowhakul, W., Masamoto, H., Shigematsu, M. (2016) Improvement of oxidant stability of biodiesel by antioxidant derived from *jatropha* shell: The 29th International Symposium on Chemical Engineering (Miyazaki) PB19

Todaka, M., Katahira, Y., Mori, H., Masamoto, H., Shigematsu, M., Kowhakul, W. (2017) Study on brake specific fuel consumption of coffee and *jatropha* biodiesel: 8th International and 10th Japan-China Joint Symposium on Calorimetry and Thermal Analysis, CATS-2017 (Fukuoka), p.105

戸高昌俊、梶 竜也、貞兼涼太、渡邊真大、コウハクル ワサナ、正本博士、重松幹二 (2018) 脂肪酸ナトリウム塩を含有したグリセリンによる木材の脱リグニン処理ー脂肪酸ナトリウム塩の種類および温度の影響ー: 第25回日本木材学会九州支部大会(福岡) p.56

Todaka, M., Kowhakul, W., Masamoto, H., Shigematsu, M. (2018) Improvement of oxidation stability of biodiesel by an antioxidant component contained in spent coffee grounds: *Biofuels* (published online),: *Biofuels* 12(2), 227-235 (2021)

戸高昌俊、貞兼涼太、コウハクル ワサナ、正本博士、重松幹二 (2019) バイオディーゼル製造により副生するグリセリンを用いたスギ木粉の酵素糖化前処理: 第28回日本エネルギー学会大会(吹田) p.116-117

戸高昌俊、重松幹二 (2019) バイオディーゼルとバイオエタノールの並行製造: アグリバイオ 3(10), 34-36

戸高昌俊、立花 泉、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2020) 鎖長の異なる脂肪酸ナトリウムを用いたスギの脱リグニン処理および酵素糖化への効果: 第29回日本エネルギー学会(富山) 3-27

参考資料

(3) バイオマスの粉じん爆発

コウハクル ワサナ、朝野 理、正本博士、重松幹二 (2012) 製材屑の粉じん爆発に対するリスク評価－静電気帯電特性－:第62回日本木材学会大会(札幌) P15-P-PM07

重松幹二、村上周宏、矢野 仁、コウハクル ワサナ、正本博士 (2012) 製材屑の粉じん爆発特性:第62回日本木材学会大会(札幌) P17-02-1045.

原口雅央、戸高昌俊、内村俊介、コウハクル ワサナ、正本博士、重松幹二 (2013) 油分を含むバイオマスの粉じん爆発特性:第63回日本木材学会大会(盛岡) P27-03-1100

Todaka, M., Haraguchi, M., Masamoto, H., Shigematsu, M., Kowhakul, W. (2013) Dust explosion and combustion of oily biomasses: jatropha and spent coffee grounds: 2nd Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry, CEEC-TAC2 (Vilnius/Lithuania), p.167

田村瑞樹、長山泰輔、重松幹二、正本博士、コウハクル ワサナ (2015) 木粉の粉じん爆発の危険性:油分の影響:第65回日本木材学会大会(東京) P17-P-S11

Todaka, M., Kowhakul, W., Masamoto, H., Shigematsu, M. (2015) Thermal behavior and dust explosion characteristics of spent coffee grounds and Jatropha as biodiesel feedstock: Mary Kay O'Connor Process Safety Center 18th Annual International Symposium (Texas) 627-636

秋吉賢、副島和博、コウハクル ワサナ、正本博士、重松幹二 (2015) 木質ペレットから生じる崩壊ダストの粉じん爆発危険性:プラスチック成形加工学会第23回秋季大会(成形加工シンポジウム'15) (福岡) p.289-290

長山泰輔、コウハクル ワサナ、正本博士、永島大、重松幹二 (2016) 木粉の粉じん爆発危険性に対する抽出成分の影響:第66回日本木材学会(名古屋) P29-03-1100.

山下博正、正本博士、重松幹二、コウハクル ワサナ (2017) セルロースおよびその誘導体の吸湿性と粉じん爆発との関連:第82回化学工学会年会(東京) PE338

長山泰輔、コウハクル ワサナ、正本博士、永島 大、重松幹二 (2017) 樹種が異なる木粉の粉じん爆発危険性に対する抽出成分の粘着性と引火性の作用:第67回日本木材学会大会(福岡) P17-10-1600

小西里沙、コウハクル ワサナ、正本博士、重松幹二 (2017) 研磨方向が異なるベルトサンダー屑の粉じん爆発危険性:第67回日本木材学会大会(福岡) P18-P2-07

秋吉賢、コウハクル ワサナ、正本博士、永島大、重松幹二 (2017) 木質ペレットの粉じん爆発危険性に対するトレファクション処理の影響:第67回日本木材学会大会(福岡) P18-P2-08

秋吉賢、倉地雄太郎、坂本真奈、永島大、正本博士、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2017) 各種バイオマスの粉じん爆発に対する含有揮発成分の影響:第50回安全工学研究発表会(北九州), p.9-10

坂本真奈、コウハクル ワサナ、永島 大、正本博士、重松幹二 (2018) 木粉の粉じん爆発危険性における針葉樹と広葉樹の差異:第25回日本木材学会九州支部大会(福岡) p.23

山下博正、コウハクル ワサナ、永島 大、正本博士、重松幹二 (2018) セルロースの粉じん爆発に対する乾燥履歴に伴う水の吸脱着の違いの影響:第51回安全工学会秋季大会(金沢) p.39-40

倉地雄太郎、コウハクル ワサナ、正本博士、永島 大、重松幹二 (2018) スパイスの粉じん爆発危険性に対する水分と揮発成分の影響:第51回安全工学会秋季大会(金沢) p.47-48

重松幹二、山下博正、吉岡 慶、永島 大、正本博士、コウハクル ワサナ (2019) 吸湿性が異なるセルロース微粉体の粉じん爆発危険性:セルロース学会第26年次大会(福岡) p.170-171

戸高昌俊、外尾祐介、正本博士、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2019) 木材の混合に伴う石炭および木炭の粉じん爆発危険性の増大:第26回日本木材学会九州支部大会(宮崎) p.28-29

友納優太、秋吉 賢、永島 大、コウハクル ワサナ、重松幹二 (2020) 木質ペレットのトレファクション処理による粉じん爆発危険性の低下:第70回日本木材学会大会(鳥取) P16-02-1630