

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されません

研究課題名	高品質バイオ燃料と高機能生理活性物質を同時製造可能な環境配慮型反応分離技術の開発
研究機関・ 部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・准教授
氏名	北川 尚美

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	131,000,000	131,000,000	0	131,000,000	131,000,000	0	0
間接経費	39,300,000	39,300,000	0	39,300,000	39,300,000	0	0
合計	170,300,000	170,300,000	0	170,300,000	170,300,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	1,948,359	15,345,591	76,745,338	10,979,749	105,019,037
旅費	0	961,640	1,268,300	1,534,935	3,764,875
謝金・人件費等	0	1,137,530	4,941,111	6,120,130	12,198,771
その他	0	4,341,043	2,879,572	2,796,702	10,017,317
直接経費計	1,948,359	21,785,804	85,834,321	21,431,516	131,000,000
間接経費計	923,100	16,586,400	15,401,100	6,389,400	39,300,000
合計	2,871,459	38,372,204	101,235,421	27,820,916	170,300,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
(株)日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計	U-3900(UV Solution付) 他	1	2,856,000	2,856,000	2011/7/21	東北大学
分光光度計用一定温度制御 恒温セルホルダー	131-0305	1	756,000	756,000	2011/8/30	東北大学
(米)ウォーターズ社製 ACQUITY UPLC	H-classシス テム ST-P	1	9,450,000	9,450,000	2011/8/30	東北大学
バイオディーゼル燃料製造装置	カチオン交換 樹脂塔、アニ オン交換樹 脂塔等	1	69,993,000	69,993,000	2012/4/23	東北大学
高流量フラクションコレクター	Foxy R2	1	1,288,014	1,288,014	2012/8/2	東北大学
バイオディーゼル燃料製造設 備改造業務		1	2,835,000	2,835,000	2013/3/22	東北大学
タンク付ステンレスホルダー 1 台 外	アドバンテッ ク東洋(株)製 KST-293-10	1	681,297	681,297	2013/6/17	東北大学
ACQUITY UPLC H-Class シス テム	(米)ウオー ターズ社製 型番なし	1	6,925,800	6,925,800	2013/9/27	東北大学

5. 研究成果の概要

本研究では、イオン交換樹脂を触媒ならびに吸着剤とする独自技術に基づき、これまで原料利用できなかった脂肪酸含有量1-100wt%までのどのような油からも本反応分離装置を通過させるだけの簡便な操作で高品質バイオディーゼルを連続製造できることを実証した。また、トリグリセリドリッチ油を原料とした場合では純度の高いグリセリンが、ビタミンE類を含む脂肪酸油を原料とした場合ではビタミンE類濃縮液が、燃料と同時に回収できることを明らかにした。さらに、装置の環境負荷を削減するための薬剤使用量の最小化にも取り組み、最終的にプロセス全体の収支を算出することで製造コストを推算し、本技術の有効性を示した。

課題番号	GR009
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます
------------------

研究課題名 (下段英語表記)	高品質バイオ燃料と高機能生理活性物質を同時製造可能な環境配慮型反応分離技術の開発
	Development of green technology for simultaneous production of high quality biodiesel and biologically active substance
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	東北大学・大学院工学研究科・准教授
	Associate Professor, Graduate School of Engineering, Tohoku University
氏名 (下段英語表記)	北川 尚美
	Naomi Shibasaki-Kitakawa

### 研究成果の概要

(和文):

本研究では、食用油製造工程で排出し現在未利用の脂肪酸高含有油を原料とし、環境調和型軽油代替燃料バイオディーゼル、化成品原料用途のグリセリン、抗癌作用を持つ新規生理活性物質トコトリエノール(スーパービタミン E)の同時製造を実現する独自技術を完成させた。本技術の優位性は、脂肪酸 100%までのどんな油からも樹脂充填層を通過させるだけの簡便な操作で JIS 規格を満たす高品質燃料を製造可能、樹脂再生時にアルカリを含まない高純度グリセリンと、トコトリエノールを含むビタミン E 類を選択的に回収可能、な点である。燃料製造用途では、既に全自動運転のパイロット装置を完成させた。トコトリエノール製造はベンチ装置の段階であり、商品化へのブレークスルーとして期待されている。

(英文):

This research developed a new green technology for producing simultaneously high quality biodiesel and glycerin, and tocotrienol, a bioactive compound with anticancer activity, from the waste oils with high free fatty acid content discharged from the edible oil refining process. Advantages of this technology are as follows: 1) The product biodiesel flowed from the process

## 様式21

fully met the fuel standard specifications without the complicated upstream and downstream purification processes. 2) The glycerin adsorbed on the resin was completely recovered as a transparent, clean methanol solution during regeneration of the resin. 3) Vitamin E, tocotrienol and tocopherol, was selectively recovered by adsorption/desorption using the resin without molecular distillation. A fully-automated pilot plant for the continuous biodiesel production was established and operated. The selective recovery of tocotrienol was performed in the bench scale system and this is a key technology to realize the commercial production of tocotrienol.

1. 執行金額                    170,300,000 円  
    (うち、直接経費    131,000,000 円、 間接経費    39,300,000 円)

2. 研究実施期間    平成23年2月10日～平成26年3月31日

### 3. 研究目的

本研究では、イオン交換樹脂を触媒ならびに吸着剤とした新規な反応分離技術を用い、食用油製造工程で多量に排出し現在未利用の脂肪酸高含有油を原料として、高品質バイオディーゼル燃料と化成品原料用途の高品質グリセリン、ビタミン E 類などの高機能生理活性物質を同時製造するプロセスの構築を目指す。

平成 22 年度から 25 年度までの全体の研究計画における達成目標は次の通りである。

- ①遊離脂肪酸(FFA)含有量0-100%の原料油からJIS規格を満たす高品質燃料を合成できる条件の確立と燃料合成装置(反応部)のスケールアップパラメータの決定
- ②ビタミン E 類回収率を 90%以上とする吸着脱離条件の確立と品質評価
- ③生理活性物質回収装置(分離部)のスケールアップパラメータの決定とリサイクルシステムの構築
- ④残渣油に含まれる他の生理活性物質の回収方法の探索とプロセス化
- ⑤プロセス全体の物質、エネルギー、コスト収支の算出と経済性評価

### 4. 研究計画・方法

前述の項目①を達成するため、現行法では利用できない非食用ジャトロファ粗油(FFA2-40 wt%、他トリグリセリド)、あるいは米サラダ油製造工程で排出し焼却されている脂肪酸油(FFA>95 wt%、他トリグリセリド)を原料とし、本反応分離技術を用いた燃料(脂肪酸メチルエステル)製造実験を行い、樹脂単位質量・時間当たりの生産性を明らかにした。そして、これらのデータに基づきパイロットスケールの全自動運転の製造装置を設計・製作し、数百リットルの燃料製造を行い、得られた製品燃料の品質を多面的に評価した。

項目②の達成のため、ラボスケールの反応分離装置を用いて、米サラダ油製造工程で排出する

## 様式21

脂肪酸油や脱臭流出物(スカム油)を原料としてビタミンE類(トコフェロールとトコトリエノール)の回収実験を行い、回収率に及ぼす吸着・脱離条件の影響を明らかにした。また、得られたビタミンE類の品質を評価した。

項目③の達成のため、ビタミンE類含有量が高いスカム油を原料としてベンチスケールの回収実験を行い、樹脂単位質量・時間当たりのビタミンE類回収率や純度を明らかにした。また、ビタミンE類の脱離や樹脂再生に用いる溶液使用量を削減するため、流出液組成の全成分分析を行い、溶液のリサイクルシステムを構築した。

項目④の達成のため、他の生理活性物質として付加価値の高いスクワレンに着目し、その回収方法を探索した。

最後に、項目⑤の達成のため、プロセス全体の収支を算出して経済性評価を行い、本手法の有効性を証明した。

また、追加の項目として、回収したビタミンE類を汎用性の高い食品用途で利用するため、これまで用いていたメタノールの代わりにエタノールを用い、脂肪酸エチルエステルで燃料を製造する手法の確立に取り組んだ。

## 5. 研究成果・波及効果

・現行法で利用不可の非食用油から精製工程なしに高品質燃料とグリセリンの同時製造を実現

トリグリセリドリッチ油(ジャトロファ油)とFFAリッチ油(脂肪酸油)のいずれを原料とした場合でも、

樹脂の触媒能による転化率100%の反応と樹脂の吸着能による副生物除去によって、装置からの流出液はアルコールを除去するだけの簡便な操作でJIS規格の全項目を満たす高品質燃料となった(表1)。また、トリグリセリドリッチ油を原料とした場合、樹脂の再生工程で純度60wt%以上の無色透明なグリセリン溶液(図1)を得ることができ、アルコールを除去するだけで化成品原料として利用可能であるこ

とが確認された。これより、バイオディーゼル普及の障害となっている原料の制約(トリグリセリド油のみ利用可能)、煩雑な精製が必要で燃料品質が不安定、触媒アルカリが混入した低品質グリセリンが副生、という問題を一挙に解決した。

表1 本法で得た製品燃料の油料検定協会による規格分析結果

項目	単位	規格値 JISK2390	Jatropha油 からの製品	米ぬか 脂肪酸 油からの製品
<b>製品</b>	<b>脂肪酸エステル</b>	wt%	≥96.5	99.5
<b>反応物</b>	<b>酸価(脂肪酸)</b>	mg-KOH/g	≤0.5	0.03
	<b>モノグリセリド</b>	wt%	≤0.80	0.02
	<b>ジグリセリド</b>	wt%	≤0.20	0.01
	<b>トリグリセリド</b>	wt%	≤0.20	0.06
<b>副生物</b>	<b>水</b>	mg/kg	≤500	300
	<b>遊離グリセリン</b>	wt%	≤0.02	0.01
	<b>全グリセリン</b>	wt%	≤0.25	0.02
<b>触媒</b>	<b>I族金属(Na+K)</b>	mg/kg	≤5.0	<2
	<b>II族金属(Ca+Mg)</b>	mg/kg	≤5.0	<2
<b>不純物</b>	<b>硫黄分</b>	mg/kg	≤10	<5
	<b>硫酸灰分</b>	wt%	≤0.02	<0.005
	<b>リン</b>	mg/kg	≤4	<1
	<b>10%残油の残留炭素</b>	wt%	≤0.30	0.14
	<b>固形不純物</b>	mg/kg	≤24	9
<b>燃料物性</b>	<b>密度(15°C)</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.86-0.90	0.879
	<b>動粘度(40°C)</b>	mm <sup>2</sup> /s	3.5-5.0	4.356
	<b>引火点</b>	°C	≥101	135.5
	<b>セタン価</b>		≥51.0	51.7
	<b>銅板腐食(50°C,3h)</b>		≤1	1
	<b>ヨウ素価</b>		≤120	97.6
	<b>リノレン酸メチルエステル</b>	wt%	≤12	0.2
				1.2



図1 本法で回収されたグリセリン溶液

・全自動運転可能なパイロットスケール連続製造装置の完成

以上のデータに基づき、パイロットスケールの反応分離装置(図2)を設計・製作した。この装置は、原料供給部、反応・分離部、製品・溶液回収部、制御部からなる。反応・分離部は、陽イオン交換樹脂を充填したカラム2塔(内径 13cm×75cm)と陰イオン交換樹脂を充填したカラム3塔からなる。後段の陰イオン交換樹脂の定期的な再生操作は、2塔を反応に用い、その間に残りの1塔を再生するメーゴーラウンド方式を採用し、それを全自動運転で実施するためのソフトウェアも開発した。本装置を用いて、トリグリセリドリッチ油を原料とした燃料製造実験を行い、スケールアップが設計通り実現できたことを確認した。

また、200L の燃料製造を行い、最新コモンレール方式による本格的なエンジン試験を自動車メーカーの協力により実施した。そして、通常の脂肪酸メチルエステルの特長に加え、温和で簡便な本製造法特有の性質として、燃料に酸化分解物がほとんど含まれていないという高品質性を明らかにした。

・非食用油から分子蒸留なしにビタミン E 類の選択的回収を実現

ビタミン E 類( $V_{EH}$ , トコリエノールとトコフェロール)含有量 3wt%程度の米ぬかスクラム油(図3左)を原料とし、ラボおよびベンチ装置を用いて燃料と  $V_{EH}$  の同時製造を行った。本法では、原料

に含まれる  $V_{EH}$  が後段の陰イオン交換樹脂にイオン交換で吸着し、樹脂の再生工程で弱酸とのイオン交換で脱離する。そこで、 $V_{EH}$  の吸着・脱離条件の最適化とスケールアップパラメータを求めた。結果の一例を表2に示す。装置を run1 から run3 と体積基準で 800 倍までスケールアップしても、回収率 100%が維持され、70%程度の高い純度で  $V_{EH}$  を選択的に回収できることを明らかにした(図3右)。現行法では、

多段の分子蒸留が必須で、特に熱安定性が低いトコリエノールの回収率は 35%と低く、純度も 20wt%と多成分の混入が問題となっている。そのため、クロマト精製の負荷が大きく高純度品は極めて高価で、量産化に至っていない。本法は、トコリエノールを分解損失なしに高純度で回収できる世界初の画期的な技術であり、量産化へのブレイクスルーとなる。

・溶液リサイクルシステムの構築とプロセス全体の収支に基づく経済性評価

陰イオン交換樹脂の再生工程でのコストや環境

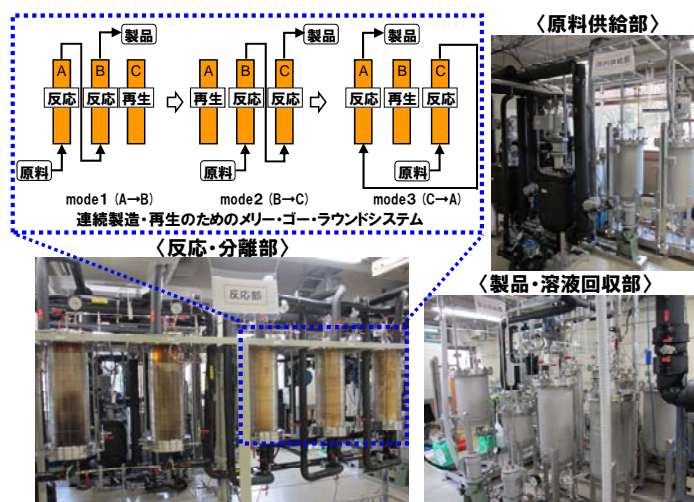


図2 パイロットスケールの反応分離装置(日産 50L)



図3 原料油(左)と $V_{EH}$ 濃縮液(右)の写真

表2 本法によるビタミン E 類の回収率と純度

濃縮液	run1	run2	run3
回収率 トコリエノール	105.2	102.4	107.2
[%]			
トコフェロール	106.1	98.8	106.8
平均値	105.7	100.6	107.0
純度 トコリエノール	27.5	24.9	25.8
[wt%]			
トコフェロール	53.1	43.6	46.2
合計値	80.6	68.5	72.0

への負荷軽減を目指し、本研究開始前は5段階で行っていた再生手順を改良して4段階とし、溶液総使用量(アルコール+水)を 7.92 dm<sup>3</sup>から 4.49dm<sup>3</sup>まで 43%削減した(表3)。また、各段階での流出液組成に基づきリサイクル利用を検討したところ約 75% (廃棄物 25%) の薬剤リサイクルが可能となり、最終的な溶液必要量は 1.47dm<sup>3</sup>と当初から 81%削減できた。以上の結果に基づき、再生溶液のリサイクル利用を伴うプロセス全体の収支を算出した。

図4に米ぬか粗油(トリグリセリドリッチ油、V<sub>E</sub>H 含有量 0.1wt%)を原料として 1L の FAME を製造する際の物質収支を示す。この原料では、樹脂の再生頻度が高く 4.6L/kg-resin 毎に再生が必要となる。一方、米ぬか脂肪酸油(FFA リッチ油、V<sub>E</sub>H 含有量 0.1 wt%)を原料とした場合も考えた。この原料では、樹脂の再生頻度が低く 40L/kg-resin 毎に再生が必要となる。これより、ランニングコスト(薬剤費、樹脂費、光熱費、廃液処理費含)を求めると、前者で 46.3 円/L、後者で 17.8 円/L となった。つまり、本法では、FFA 含有量が高いほど樹脂の再生頻度が低くなるため、ランニングコストが安くなる事が分かる。実際には、この価格に、原料費、装置の減価償却費、人件費が加わる。原料費は FFA 含有量が高いほど安くなるため、本法の優位性がさらに増すことになる。

再生工程で回収された V<sub>E</sub>H 濃縮液のクロマト精製によりトコリエノール 95%品 (30 万円/kg) とトコフェロール 95%品 が得られることが確認された。そのため、トコリエノールだけでも FAME 1L あたり 90 円の利益が加わることになり、経済性はさらに大きく向上する。

・高品質脂肪酸エチルエステルの製造条件の確立と燃料品質の評価

バイオディーゼルは、現在、反応物アルコールに化石燃料由来のメタノールを用いたメチルエステル(FAME)の形で製造されている。しかし、本来は、アルコールにバイオマス由来のエタノールを用いたエチルエステル(FAEE)の形が望ましい。しかし、現行法では、水を含みやすいエタノールを用いて効率的に燃料製造を行うことが難しく、大量製造は実現されていない。本研究では、燃料と同時に得られる生理活性物質を汎用性の高い食品用途で利用するためにも、反応物にエタノールを用いることが望ましい。そこで、追加の検討事項として、パイロット装置を用い、トリグリセリドリッチ油を原料としてエチルエステル(FAEE)を 200L 製造し、FAMEと同様に、燃料規格分析とエンジン試験を実施した。そして、FAEEの場合も、JIS 規格値(換算値含)の全項目を満たす高品質品であること、図5に示すように、FAMEよりも発熱量が高くエンジン性能が向上すること、を示した。

表3 樹脂 0.6kg 再生時の薬剂量とリサイクル可能量

step	薬剤	改善前		改善後	
		使用量	使用量	リサイクル	必要量
1)	メタノール	1.02 dm <sup>3</sup>	1.02 dm <sup>3</sup>	100%	0.0 dm <sup>3</sup>
2)	酢酸	0.080kg	0.094kg	0%	0.094 kg
	メタノール	3.12 dm <sup>3</sup>	1.20 dm <sup>3</sup>		
3)	NaOH	0.048kg	0.043kg	98%	0.0009kg
	水	1.20 dm <sup>3</sup>	0.21 dm <sup>3</sup>		
4)	メタノール	—	0.86 dm <sup>3</sup>	—	0.017 dm <sup>3</sup>
	水	1.20 dm <sup>3</sup>	— dm <sup>3</sup>		
5)	メタノール	1.38 dm <sup>3</sup>	1.20 dm <sup>3</sup>	79%	0.25 dm <sup>3</sup>
	total	7.92 dm <sup>3</sup>	4.49 dm <sup>3</sup>		

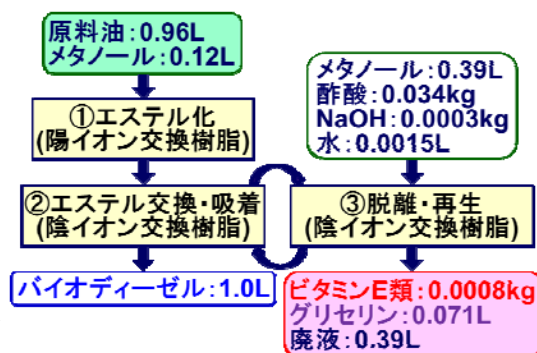


図4 トリグリセリドリッチ油を原料とした場合のプロセス全体の物質収支



・研究の目的に対する達成度

当初の計画通り、項目①-⑤の全ての目標を達成することができた。ただし、項目④で、原料油のスクワレン含有量が低く、回収による利益が見込めないことから、この回収プロセスの導入は行わないこととした。加えて、完全にバイオマス由来の燃料となるFAEEの高品質品を世界に先駆け連続製造し、その燃料性能がFAMEよりも優れていることを示すなど、当初の計画以上の達成度を得た。

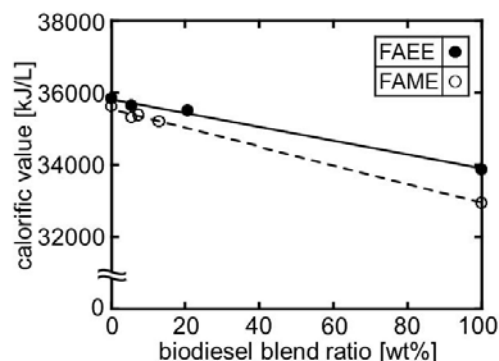


図5 種々のバイオディーゼル-軽油混合比での発熱量の比較

・関連分野の進展や社会的、経済的な課題解決への波及効果

本成果により、燃料製造用途の技術はほぼ完成しており、現在、実機の導入を検討する数社の企業と具体的な打合せを行っている状況にある。

トコトリエノールについては、最近、高い抗癌作用が報告されているものの、分離回収が困難で量産化には至っていない。今年はじめに研究試薬として販売された高純度品は95%含有品18万円/100mg (Sigma-Aldrich, Co.)と極めて高価である。そのため、ヒトを対象とした実証試験は夾雑物を含むトコトリエノールリッチ抽出液の使用に留まっており、研究進展の大きな障害となっている。また、天然ビタミン E (トコフェロール) の市場に関しても、トランス脂肪酸の生成防止のために食用油製造工程の脱臭条件が緩和されたのに伴い、その製造量が大きく低下しており、供給量不足が深刻な問題となっている。本技術は、これらの問題点を一挙に解決できる革新性があり、関連分野からV<sub>E</sub>H回収に特化したプロセス開発を期待されている。



6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計7件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計5件</p> <p>① N.Shibasaki-Kitakawa, K.Kanagawa, K.Nakashima, T.Yonemoto, Simultaneous production of high quality biodiesel and glycerin from Jatropha oil using ion-exchange resins as catalysts and adsorbent, <i>Bioresource Technology</i>, Vol.142 No.8, 2013, 732-736</p> <p>② K.Nakashima, N. Shibasaki-Kitakawa, T.Miyamoto, M.Kubo, T.Yonemoto, Production of human secreted alkaline phosphatase in suspension and immobilization cultures of tobacco NT1 cell, <i>Biochemical Engineering Journal</i>, Vol.77 No.8, 2013, 177-182</p> <p>③ M.Kubo, K.Sekiguchi, N.Shibasaki-Kitakawa, T.Yonemoto, Kinetic model for formation of DMPO-OH in water under ultrasonic irradiation using EPR spin trapping method, <i>Research on Chemical Intermediates</i>, Vol.38 No.9, 2012, 2191-2204</p> <p>④ N.Shibasaki-Kitakawa, M.Murakami, M.Kubo, T.Yonemoto, A Kinetic Model Describing Antioxidation and Prooxidation of <math>\beta</math>-Carotene in the Presence of <math>\alpha</math>-Tocopherol and Ascorbic Acid, <i>Journal of the American Oil Chemists' Society</i>, Vol.89 No.5, 2012, 815-824 (Edwin N. Frankel Award for Best Paper of 2012 受賞)</p> <p>⑤ N.Shibasaki-Kitakawa, T.Tsuji, M.Kubo, T.Yonemoto, Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Anion-Exchange Resin as Both Catalyst and Adsorbent, <i>Bioenergy Research</i>, Vol.4, No.4, 2011, 287-293</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計2件</p> <p>① 北川尚美, 中島一紀, 米本年邦, 脂肪酸 100%の油をも原料利用可能な高品質バイオディーゼル連続製造プロセスの開発, <i>ケミカルエンジニアリング</i>, Vol.59, No.2, 2014, 20-26</p> <p>② 北川尚美, 高品質バイオ燃料と高機能生理活性物質を同時製造可能な環境配慮型反応分離技術の開発, <i>化学工学</i>, Vol.76, No.4, 2012, 207-208</p> <p>(未掲載) 計0件</p>
<p>会議発表 計40件</p>	<p>専門家向け 計34件</p> <p>① 遠藤孝治, 中島一紀, 北川尚美, 米本年邦, セルロース吸着性タンパク質を融合したセルラーゼの吸着および反応特性, 化学工学会第79年会, 2014年3月20日, 岐阜大学(岐阜)</p> <p>② U.E.Selahattin, N.Shibasaki-Kitakawa, K.Nakashima, T.Yonemoto, Process optimization of regeneration of anion-exchange resin catalyst for biodiesel production, 化学工学会第79年会, 2014年3月19日, 岐阜大学(岐阜)</p> <p>③ 北川尚美, バイオディーゼル燃料製造に関する実用化技術開発, 化学工学会第79年会, 2014年3月19日, 岐阜大学(岐阜), 招待講演</p> <p>④ N.Shibasaki-Kitakawa, T.Oyanagi, K.Nakashima, T.Yonemoto, Pilot plant production of high quality biodiesel without downstream purification process, Asian Congress on Biotechnology2013, 2013年12月17日, Indian Institute of Technology Delhi (New Delhi, India)</p> <p>⑤ N.Shibasaki-Kitakawa, T.Ihara, T.Yonemoto, Simultaneous reaction and purification process for continuous production of high quality biodiesel from acid oils, 2013AIChE Annual Meeting, 2013年11月7日, San Francisco Union Square (San Francisco, USA)</p> <p>⑥ 北川尚美, 高品質バイオ燃料を連続製造可能な環境配慮型反応分離技術の開発, 化学工学会第45回秋季大会, 2013年9月16日, 岡山大学(岡山), 招待講演</p> <p>⑦ 海老友稀, 中島一紀, 北川尚美, 米本年邦, セルロース系バイオマスの酵素分解における超音波前処理の影響, 化学工学会第45回秋季大会, 2013年9月17日, 岡山大学(岡山)</p> <p>⑧ 廣森浩祐, 北川尚美, 中島一紀, 米本年邦, 陰イオン交換樹脂を吸着剤としたビタミンE類の回収, 化学工学会第45回秋季大会, 2013年9月17日, 岡山大学(岡山)</p> <p>⑨ 北川尚美, 鮎川祐子, 中島一紀, 米本年邦, フリーラジカル存在下での生体膜脂質の共酸化速度論, 日本油化学会第52回年会, 2013年9月4日, 東北大学(仙台)</p> <p>⑩ 北川尚美, 大柳友克, 中島一紀, 米本年邦, パイロットプラントを用いたジャトロファ粗油から高品質バイオディーゼル製造, 化学工学会盛岡大会 2013, 2013年8月8日, 化学工学会盛岡大会 2013, 岩手大学(盛岡)</p>

	<p>①① 北川尚美, 高品質バイオ燃料と高機能生理活性物質を同時製造可能な環境配慮型反応分離技術の開発, 技術紹介@トヨタ自動車東日本(株), 2013年7月16日, トヨタ自動車東日本(株)岩手工場(岩手)</p> <p>①② 北川尚美, 高品質バイオ燃料を連続製造可能な環境配慮型反応分離技術の開発, 第45回プロセス設計技術講演会・見学会化学工学会, 2013年7月4日, 東北大学(仙台), 招待講演</p> <p>①③ N.Shibasaki-Kitakawa, T.Yonemoto, High quality biodiesel production from acid oils using ion-exchange resin as catalysts and adsorbent, 2013 International Conference on QiR, 2013年6月26日, Sheraton Mustika Resort &amp; Spa(Yogyakarta, Indonesia), 招待講演,</p> <p>①④ 北川尚美, 米本年邦, イオン交換樹脂を触媒・吸着剤とする高品質バイオディーゼルの連続合成プロセス, 第2回 JACI/GSC シンポジウム, 2013年6月7日, メルパルク大阪(大阪)</p> <p>①⑤ N.Shibasaki-Kitakawa, M.Murakami, M.Kubo, T.Yonemoto, A kinetic model describing antioxidation and prooxidation of <math>\beta</math>-carotene in the presence of <math>\alpha</math>-tocopherol and ascorbic acid, 104<sup>th</sup> AOCS Annual Meeting &amp; Expo, 2013年4月30日, Palais des congress de Montreal(Montreal, Canada), 受賞招待講演</p> <p>①⑥ 鮎川祐子, 北川尚美, 中島一紀, 米本年邦, 生体膜系におけるリン脂質とコレステロールの共酸化速度論, 化学工学会第78年会, 2013年3月18日, 大阪大学(大阪)</p> <p>①⑦ 井原亨, 北川尚美, 中島一紀, 米本年邦, 廃棄脂肪酸油からの高品質バイオディーゼル連続合成プロセスの開発, 化学工学会第78年会, 2013年3月18日, 大阪大学(大阪)</p> <p>①⑧ 中島一紀, 佐藤拓海, 北川尚美, 米本年邦, セルロースの酵素分解における超音波前処理の効果, 第64回日本生物工学会大会, 2012年10月26日, 神戸国際会議場(神戸)</p> <p>①⑨ N.Shibasaki-Kitakawa, K.Kanagawa, K.Nakashima, T.Yonemoto, Simple Production Process of High Quality Biodiesel and Glycerin from <i>Jatropha</i> Oil Using Cation- and Anion-exchange Resins, World Congress on Oleo Science (WCOS 2012) &amp; 29th ISF Congress, 2012年10月1日, アルカス SASEBO(佐世保)</p> <p>②⑩ 米本年邦, 北川尚美, イオン交換樹脂を触媒・吸着剤とした高品質バイオディーゼル製造技術, 技術紹介@日野自動車(株), 2012年9月19日, 日野自動車(株)本社工場(東京)</p> <p>②⑪ N.Shibasaki-Kitakawa, T.Yonemoto, A New Biodiesel Production Process Using Ion-exchange Resins as Catalysts and Adsorbents,ACHEMA (International Powder and Nanotechnology Forum 2012), 2012年6月19日, (Frankfurt, Germany), 招待講演</p> <p>②⑫ Y.Sukegawa, Y.Kimura, K.Nakashima, N.Shibasaki-Kitakawa, T.Yonemoto, Kinetic Analysis for Water-soluble Free Radical Induced Oxidation of Biomembrane Lipids, 103th AOCS Annual Meeting, 2012年4月30日, (Long Beach, CA, USA)</p> <p>②⑬ N.Shibasaki-Kitakawa, T.Ihara, K.Nakashima, T.Yonemoto, High Quality Biodiesel Production from Waste Acid Oil Using Ion-exchange Resins as Catalysts and Adsorbents, 103th AOCS Annual Meeting, 2012年4月30日, (Long Beach, CA, USA)</p> <p>②⑭ 金川恵一、中島一紀、北川尚美、米本年邦、イオン交換樹脂を触媒・吸着剤とした高品質バイオディーゼル燃料合成法、化学工学会第77年会、2012年3月16日、工学院大学(東京)</p> <p>②⑮ N.Shibasaki-Kitakawa, K.Kanagawa, K.Nakashima, T.Yonemoto, High Quality Biodiesel Fuel Production from Crude <i>Jatropha</i> Oil without Upstream and Downstream Processing, 2011 AIChE Annual Meeting, 2011年10月18日, Minneapolis Convention Center(Minneapolis, MN, USA)</p> <p>②⑯ 北川尚美、イオン交換樹脂触媒を用いた高品質バイオディーゼル燃料製造技術、(財)京都高度技術研究所産学連携事業部第64回バイオマス利用研究会, 2011年9月29日, 京都高度技術研究所(京都), 招待講演</p> <p>②⑰ 井原亨, 北川尚美, 中島一紀, 米本年邦, 遊離脂肪酸残渣油を原料としたバイオディーゼル燃料合成, 化学工学会第43回秋季大会, 2011年9月16日, 名古屋工業大学(名古屋)</p> <p>②⑱ 鮎川祐子, 中島一紀, 北川尚美, 米本年邦, リポソーム内包コレステロールの酸化</p>
--	---

	<p>反応速度に及ぼす構成リン脂質の影響, 化学工学会第 43 回秋季大会, 2011 年 9 月 15 日, 名古屋工業大学(名古屋)</p> <p>②⑨北川尚美, イオン交換樹脂触媒を用いた高品質バイオディーゼル燃料製造技術, NPO 法人近畿バイオインダストリ振興会議第 18 回バイオマス研究会, 2011 年 7 月 15 日, 大阪科学技術センター(大阪), 招待講演</p> <p>③⑩N.Shibasaki-Kitakawa, T.Yonemoto, Continuous Production of High Quality Biodiesel from Vegetable Oils with High Fatty Acid Content Using Ion-exchange Resin Catalysts, The 12th The International Conference on QiR, 2011 年 7 月 11 日 (Bali, Indonesia), 招待講演</p> <p>③⑪N.Shibasaki-Kitakawa, T.Yonemoto, Production Process of High Quality Biodiesel Using Ion-exchange Resin Catalysts without Upstream and Downstream Processing, The World Conference on Oilseed Processing, Fats &amp; Oils Processing, Biofuels &amp; Applications, 2011 年 6 月 22 日 (Izmir, Turkey)</p> <p>③⑫ N.Shibasaki-Kitakawa, Y.Kimura, M.Murakami, T.Yonemoto, Kinetic Analysis for Water-Soluble Free Radical Induced Oxidation of Liposomal Cholesterol with/without Lipid-soluble Antioxidants, Asian Congress on Biotechnology 2011, 2011 年 5 月 12 日, (Shanghai, China)</p> <p>③⑬金川恵一, 久保正樹, 北川尚美, 米本年邦, 副生物の除去工程を必要としない高品質バイオディーゼル燃料合成法, 化学工学会第 76 年会, 2011 年 3 月 24 日, 東京農工大学(東京)</p> <p>③⑭佐々木 翔平(M2), 久保 正樹, 北川尚美, 米本 年邦, 感温性ヒドロゲルからのタンパク質放出挙動に及ぼす環境温度の影響, 化学工学会第 76 年会, 2011 年 3 月 24 日, 東京農工大学(東京)</p> <p>一般向け 計6件</p> <p>①北川尚美, 米本年邦, バイオ燃料と健康機能物質の同時製造を実現する反応分離技術, 東北大学イノベーションフェア 2014, 2014 年 1 月 28 日, 仙台国際センター(仙台)</p> <p>②米本年邦, 北川尚美, 木村俊之, 食用油製造工程で排出する遊離脂肪酸残渣油を原料とした高品質バイオディーゼル燃料の連続製造技術の開発, 平成 25 年度環境省社会形成推進研究発表会 2013 年 12 月 11 日, 中央大学(東京), 招待講演,</p> <p>③北川尚美, バイオ燃料と健康機能物質の同時製造を可能にする反応分離技術の開発, INCHEM TOKYO2013, 2013 年 10 月 31 日, 東京ビッグサイト(東京), 招待講演</p> <p>④北川尚美, イオン交換樹脂を触媒としたバイオディーゼル燃料の連続製造技術, 東北大学イノベーションフェア, 2013 年 1 月 17 日, 仙台国際センター(仙台)</p> <p>⑤北川尚美, 廃棄脂肪酸油を原料とした高品質バイオディーゼル燃料製造法, 東北大学イノベーションフェア, 2012 年 3 月 15 日, 東京国際フォーラム(東京)</p> <p>⑥北川尚美, 米本年邦, 廃棄バイオマスを原料とした高品質バイオディーゼル燃料製造技術の開発, INCHEM TOKYO 産学官マッチングフォーラム, 2011 年 11 月 16 日, 東京ビッグサイト(東京)</p>
<p>図書 計1件</p>	<p>① 北川尚美、イオン交換樹脂触媒を用いた高品質バイオディーゼル燃料製造技術、(財)京都高度技術研究所産学連携事業部バイオマス利用研究会、2012、総ページ 112(担当 p52-58)、平成 23 年度活動報告「バイオマス利用研究 No.13」</p>
<p>産業財産権 出願・取得状 況  計2件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計2件</p> <p>① 名称: 油からビタミン E 類の選択的な連続回収方法 発明者: 北川尚美・米本年邦・廣森浩祐 権利者: 東北大学 種類番号: 特願 2014-22613 出願年月日: 平成 26 年(2014 年)2 月 7 日出願 国内外の別: 国内</p> <p>② 名称: 脂肪酸エステルの製造方法およびバイオディーゼル燃料 発明者: (東北大)北川尚美・米本年邦・井原亨・(三菱化学)高柳弘昭 権利者: (株)東北テクノアーチ、三菱化学(株) 種類番号: 特開 2013-159685</p>

	<p>出願年月日:平成24年2月3日 国内外の別:国内</p>
Webページ (URL)	<p>① 東北大学 2013 年受賞・成果等 <a href="http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2013/03/award20130314-01.html">http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2013/03/award20130314-01.html</a></p> <p>② 東北大学工学研究科ニュース一覧: <a href="http://www.eng.tohoku.ac.jp/news/news.php?news=20130312153726">http://www.eng.tohoku.ac.jp/news/news.php?news=20130312153726</a></p> <p>③ 東北大学研究シーズ集:<a href="http://www.rpip.tohoku.ac.jp/seeds/profile/194">http://www.rpip.tohoku.ac.jp/seeds/profile/194</a></p> <p>④ 東北大学大学院工学研究科化学工学専攻米本研究室 Web サイト <a href="http://www.che.tohoku.ac.jp/~rpel/research_1.html">http://www.che.tohoku.ac.jp/~rpel/research_1.html</a></p> <p>⑤ 高品質バイオディーゼル連続製造装置紹介, 東北大学, You Tube 日本語版(1,735 回再生,2014.6.9 現在) <a href="http://www.youtube.com/watch?v=27JGXhWU2BA&amp;feature=youtu.be">http://www.youtube.com/watch?v=27JGXhWU2BA&amp;feature=youtu.be</a> 英語版(1,219 回再生,2014.6.9 現在) <a href="http://www.youtube.com/watch?v=kZAT7zoraGs">http://www.youtube.com/watch?v=kZAT7zoraGs</a></p>
国民との科学・技術対話の実施状況	<p>① 東北大学サイエンスカフェ, 2014 年 1 月 31 日, 仙台メディアテーク, 一般, 86 名, 環境に優しいバイオ燃料の新製造技術</p> <p>② 岩手県立盛岡第一高等学校「キャリアアップ講演会(東北大学研究)」, 2013 年 12 月 4 日, 盛岡第一高校 2 年, 44 名, 東北大学工学部化学・バイオ系の紹介とバイオ燃料に関する研究紹介</p> <p>③ 国立長野工業高等専門学校「研究室訪問」, 2013 年 11 月 8 日, 長野工業高等専門学校 5 年生, 2 名</p> <p>④ 群馬県立高崎女子高校「大学模擬授業」, 2013 年 11 月 7 日, 高崎女子高校 2 年生, 30 名, 東北大学の理系学部・学科ガイダンスとバイオ燃料に関する研究紹介</p> <p>⑤ 宮城県立石巻高校「大学模擬講義」, 2013 年 10 月 22 日, 石巻高校 1,2 年生, 38 名, 東北大学の理系学部・学科ガイダンスとバイオ燃料に関する研究紹介</p> <p>⑥ 東北大学オープンキャンパス, 2013 年 7 月 30-31 日, 東北大学工学部化学・バイオ工学科, 一般, 3124 名, 大学発の最先端技術～新規なバイオディーゼル燃料連続製造装置～</p> <p>⑦ 宮城県立仙台二華中学校「スタディーツアー」研究室訪問, 2013 年 7 月 11 日, 仙台二華中学校 3 年生, 5 名</p> <p>⑧ 仙台育英学園高校「サイエンス・コ・ラボ(理科共同実験講座)」, 2013 年 6 月 29 日, 仙台育英学園高校 2 年生・秀光中等教育校 5 年生, 43 名, バイオ燃料の利点と問題点を考えよう</p> <p>⑨ 日本大学大学院工学研究科「特別講義」, 2013 年 6 月 19 日, 日本大学大学院工学研究科, 98 名, 環境に優しいバイオ燃料を環境に優しく製造するための化学工学に基づく研究開発</p> <p>⑩ 栃木県立宇都宮女子高校「大学模擬授業」, 2013 年 5 月 23 日, 宇都宮女子高校 2 年生, 44 名, 東北大学の理系学部・学科ガイダンスとバイオ燃料に関する研究紹介</p> <p>⑪ 青森高校「総合学習特別講演会」, 2013 年 1 月 24 日, 青森県立青森高校 1 年生 280 名, 東北大学の理系学部・学科ガイダンスとバイオ燃料に関する研究紹介</p> <p>⑫ サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト報告会, 2013 年 1 月 11 日, 仙台メディアテーク, 宮城県工業高校生, 生徒発表に対する講評・指導助言</p> <p>⑬ 宮城県仙台第二高校「一日大学」, 2012 年 12 月 6 日, 仙台第二高校 1 年生, 18 名, バイオディーゼル製造技術について</p> <p>⑭ みやぎクラフトマン 21 高大連携授業, 2012 年 12 月 4 日, 宮城県工業高校, 化学工業科 2 年生, 41 名, 植物油を原料とし従来の触媒と新規の触媒を用いてバイオディーゼルの作る実験</p> <p>⑮ 研究室訪問, 2012 年 11 月 28 日, 会津高校, 35 名</p> <p>⑯ 研究室訪問, 2012 年 11 月 7 日, 福島東高校, 40 名</p> <p>⑰ 仙台育英学園サイエンス・コ・ラボ(理科共同実験講座), 2012 年 9 月 8 日, 仙台育英学園高校特別進学コース 2 年生及び秀光中等教育校 5 年生, 36 名, バイオディーゼル燃料の製造</p> <p>⑱ 東北大学オープンキャンパス, 2012 年 7 月 30-31 日, 東北大学工学部化学・バイオ工学科, 一般, 2,154 名, バイオディーゼル燃料の新しい合成法</p> <p>⑲ みやぎクラフトマン 21 高大連携授業, 2011 年 12 月 6 日, 宮城県工業高校, 化学工業科 2 年生, 41 名, バイオディーゼル燃料の特徴や製造方法についての講義および実験</p> <p>⑳ 東北大学オープンキャンパス, 2011 年 7 月 27-28 日, 東北大学工学部化学・バイオ工学科, 一般, 2,154 名, バイオディーゼル燃料の新しい合成法</p>

## 様式21

新聞・一般雑誌等掲載計3件	① 河北新報社, 2013年9月17日~22日連載, 科学の泉「バイオ燃料について」 ② 旺文社, 2013年5月14日, 「新規高品質バイオ燃料連続製造装置を完成」, 蛍雪時代6月号 p.153 ③ 日刊工業新聞, 2013年3月5日21面, 「粗油で100%反応生産, 東北大学が設置, バイオディーゼル, 酸・アルカリの個体触媒使用, せっけん副生成解消」
その他	

### 7. その他特記事項

The American Oil Chemists' Society (アメリカ油化学会) の Edwin N. Frankel Award for Best Paper of 2012 を受賞