

平成 22 年 6 月 23 日現在

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2007 ～ 2009  
 課題番号：19402003  
 研究課題名(和文) カリマンタン島パームオイル生産による代替エネルギー産業発展と環境消失に関する研究  
 研究課題名(英文) Research on development of alternative energy industry and environmental disappearance by production of palm oil in Kalimantan Island  
 研究代表者  
 高橋 さち子 (TAKAHI SACHIKO)  
 秋田大学・教育文化学部・准教授  
 研究者番号：00261644

## 研究成果の概要(和文)：

本研究は、環境負荷を低減するパーム油の利用促進とパーム油生産の大規模プランテーション開発に伴う環境破壊の修復との両側面から進められた。パーム油などから作られるバイオディーゼル燃料にバイオエタノールを混合し、環境負荷の減少を試みるとともに、今後持続的水質修復効果を進めるため、現地生産品の“炭”の有効利用を研究することに発展した。

## 研究成果の概要(英文)：

This study has been carried out from both sides, the reduction of environmental impact by the acceleration of palm oil usage and the restoration of environmental damage caused by palm oil plantation development. Mixture of ethanol and biodiesel made from palm oil was attempted to promote environmental impact reduction and effective utilization of "charcoal" produced in the local area was developed to sustain the water quality damage.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2008年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
年度			
総計	10,800,000	3,240,000	14,040,000

## 研究分野：環境政策論

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：ボルネオ・カリマンタン島，パームオイル，大規模プランテーション開発，代替エネルギー，バイオエタノール，商品経済，環境破壊，健康被害

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 今日「経済発展と環境保全」を両立させることは、1992年「地球環境サミット」における「リオ宣言」を引用するまでもなく地

球環境政策の基本目標として掲げられている。また、同時に環境は、地球共同体における「国際的公共財」としての共通認識の重要度が一段と増している。また、1997年

にデンバーで開催された主要国首脳会議の共同宣言は、地球規模の課題として「環境」において、国連・持続可能な開発委員会(CSD)に対し、森林資源に関する行動計画を立案した。この立案の細目を見ると、地下水管理・流域管理を含めた熱帯雨林を代表とする森林資源の機能管理(保続)のあり方の検討が提起された。

(2)2002年ヨハネスブルグ・サミット「持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)」では、地球共同体の持続可能な開発の基本構成3要素として、①経済開発 ②社会開発 ③環境保全を相互依存・相互補強として形成して、また、統合して進める方針である。社会開発の基礎となる“森林資源の保護と管理＝アジア地域の持続可能な森林経営”は持続可能な開発の相対的目標として必要不可欠である。加えて、インドネシアの提唱した「アジア森林パートナーシップ」に基づき森林認証制度の必要性及び重要性の共通認識が得られた。地表の1/3を覆っている森林資源は、現実的にはこの対応が可能な地域・国は限られる。開発途上国が多く抱えている熱帯林については、原材料調達の産業・貿易、都市開発、バイオマス燃料の原料としてのオイルパーム・プランテーションの原因により以前に増して保護区以外で無差別に伐採がおこなわれている。将来これは、多方面にわたるパートナーシップを通して各国及び地球規模で持続可能な森林経営と開発に向けた不可欠な目標でもある。

従って、平成13年度から科学研究費補助金により半島マレーシア、ボルネオ・カリマンタン島の森林環境を中心とする環境問題と開発について継続して現地調査を実施している。河川流域の継続調査として森林環境のモニタリング調査を含む研究を基礎として発展した本研究は、「プランテーション開発に伴う環境破壊」と「環境負荷を低減するオイルパームの利用・発展」の両側面から実施するに至った。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、ボルネオ・カリマンタン島のマレーシア・サバ州、インドネシア・東カリマンタン州・西カリマンタン州国境付近を現地調査の対象とする(図1参照)。

2002年サミットでの“アジア森林パートナーシップ(AFP)”の取り組みを基礎として本研究は、

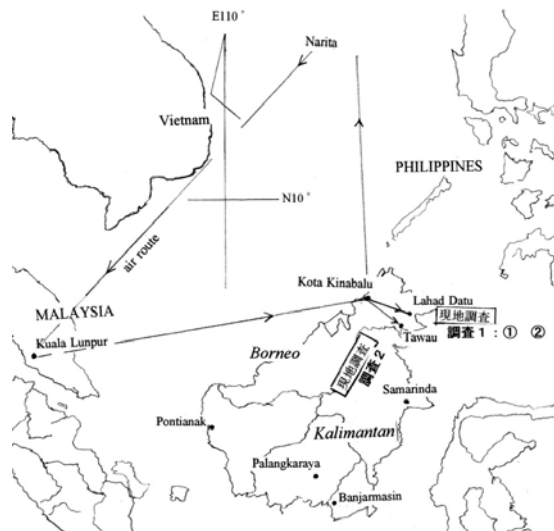
【I】環境資源の破壊・修復 【II】産業発展・開発の2点とする。

【I】オイル・パーム・プランテーション開発(造成)に関連する環境/社会問題(先住民族の問題)・操業過程の問題、環境資源の破壊・修復可能性調査。

【II】バイオマス燃料利用としてのオイルパームの産業発展性・経済効率性・環境負荷低減の研究。下記の7項目に従って平成19～21年度3カ年間で調査研究を進める。

- ① マレーシア・インドネシアの森林プログラムを基礎とする持続可能な森林経営に機能する社会的・政治的枠組みの構築(「アジア森林パートナーシップ」に基づく)
- ② 近代化のオイルパーム・プランテーションを中心とした各国投資が予定されている地域(サバ州 Lahad Datu周辺 Segama上流域・東カリマンタン州流域において、熱帯林の伐採による下流への土壌浸食災害の影響・この地域の環境影響評価の必要性)
- ③ 熱帯林の伐採と代替案としてのパーム油の買い付けが実施された場合、新しいプランテーション開発の環境への影響
- ④ プランテーションからの農薬による土壌・河川流域の汚染・排水管理の現状分析
- ⑤ バイオマス利用・産業発展と環境負荷低減のモデル構築
- ⑥ オイルパームのバイオマス燃料の開発可能性
- ⑦ バイオエネルギー利用によるCO<sub>2</sub>排出削減予測

図1 調査地域

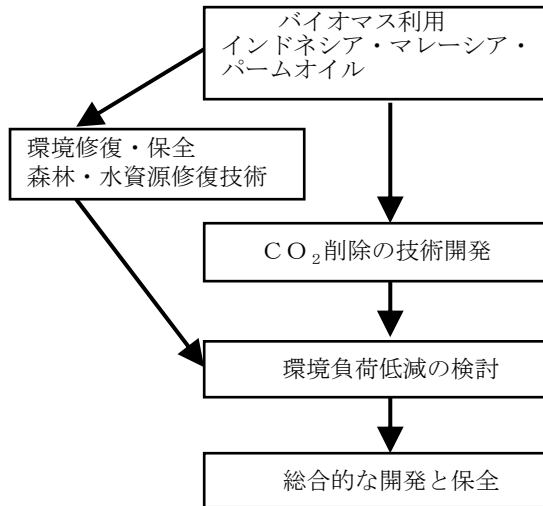


## 3. 研究の方法(図2参照)

(1) 近年、ボルネオ・カリマンタン島のマレーシア・インドネシア国境付近において、プランテーション開発によるサバ州ダノン谷(Danun Valley)、マリアウ川流域・カラバカン川流域森林保護地域、サラワク州ラジャン川(Rajang)流域などで、原材料調達のため森林伐採だけではなく水資源環境・住民の生活

環境にまで大きな影響が出ている。今までの現地調査を継続してきた内容を基礎として、本研究では大きな期待がされているパームオイルから世界的なバイオエネルギー開発によるCO<sub>2</sub>削減=環境負荷低減方法を模索する。本研究から「パームオイルからバイオエネルギー開発・産業発展のアプローチ」と「環境資源消失のアプローチ」の両側面からの現地調査を実施する。

図2 研究フロー



(2) マレーシア・インドネシアの各流域は、“自然-人間”の生態系を急速に変えつつある。すべて人為的な要因で森林環境が減少しているため、河川水位変化パターンの変容は、水位の変化リズムに依拠して生活をしている住民・産業と生活基盤に多大な影響を及ぼしている。この状況下で、流域環境が大きく変化している点は今まさに取り組んでおかなければならない課題である。本研究では、森林と土壌環境を基盤として流域の生活水環境等の分析にも波及して実施する。

(3) CO<sub>2</sub>削減に寄与できるオイルプランテーション建設の現地調査を実施し、森林環境経営を中心として産業、農村、労働と各国投資によるSegama, Bandak川流域・土壌・森林を多方面からの研究に位置づけられる“総合的な開発と保全”の融合点をみいだす。

#### 4. 研究成果

(1) 近代化により、土地の所有権<sup>i</sup>が設定

<sup>i</sup> 1881年『土地法』が制定され、1913年『土地布令』により統廃合が実施された。その後、現在の基礎となる1930年『土地条例』が完成した。1975年7月30日『土地条例』を基礎として何度も改正され現在に至る(Land Ordinance (CAP.68))。

Source:<http://www.sabah.gov.my/jtu/>

されるとともに、近年の急速な森林伐採に代表される生物資源収奪、それに続くココナツ、ゴム、アブラヤシ、カカオプランテーション等の大規模プランテーション開発により、これらの民族の生活環境を急速に劣化させた。その結果、資源の収奪、大規模開発の恩恵にあずかれない一部の民族は、今まで依存していた自然資源の減少、土地の所有権設定で伝統的生活の維持が困難になってきた。例えば、サバ州の森林保護区(図3)などキナバタンガン(560km<sup>2</sup>・集水域16800km<sup>2</sup>)上流域(図4)においては森林の違法伐採による植物生態系の質的变化が生じた。周辺住民は生活を生物生産性に依存していたが減退し、そのため生活の質が悪化した。また、中流域住民は大規模プランテーション開発の影響で、土地が奪われ、生活圏が縮減した。さらに、河口では、中・上流での森林伐採による大量のシルト質を含んだ土砂の流入、大規模パームオイル・プランテーションからの土砂と農薬・オイルの流入により水界生態系が悪化し、水産物の生産性が極端に減少し、住民の水産資源依存の生活が維持することができなくなった。

図3 サバ州の森林保護区域

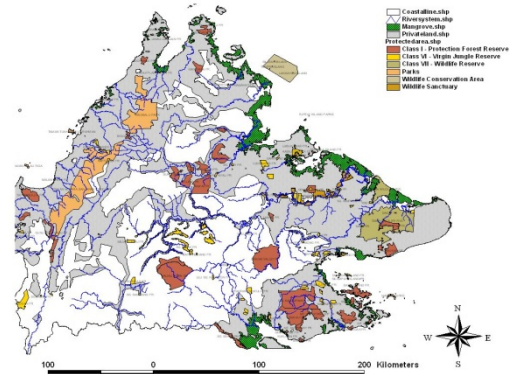
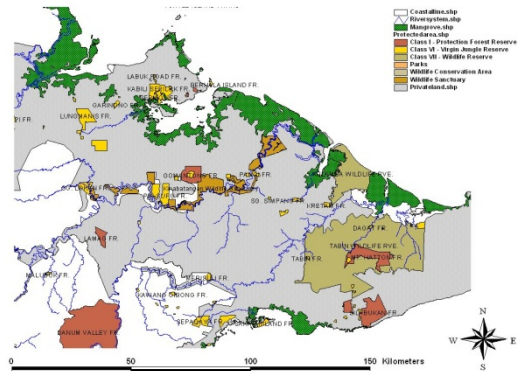


図4 キナバタンガン流域森林保護区域



沿岸部では広域大規模漁業の発達により、漁民が水産資源利用から締め出され、定住化せざる得なくなった。このため、海上略奪行為が頻発し治安の悪化を招いている。

従って、経済開発から取り残された人々は、減少した生物資源に依存する貧しい生活を継続するか、または都市に流入して都市貧困生活者となるかの選択を余儀なく迫られる状況となっている。

他方、現在大規模プランテーションにより急速に拡大しているカリマンタン島におけるパームオイル<sup>ii</sup>の耕作面積(表1,表2)の急激な増加と保護区域以外の森林面積の減少が明確である。

表1 カリマンタン島におけるパームオイル・プランテーション面積の推移

Province	Oil Palm Area	Oil Palm Area	Oil Palm Area	Increase	Average Annual Increase
	1984	1998	2003	(1998-2003)	(1998-2003)
W. Kalimantan	13,044	279,535	415,820	+48.75%	+8.27%
C. Kalimantan	53	110,376	222,034	+101.16%	+15.00%
S. Kalimantan	0	93,902	139,634	+48.70%	+8.26%
E. Kalimantan	44	78,938	192,146	+143.41%	+19.47%
<b>Total in Kalimantan</b>	<b>13,141</b>	<b>562,751</b>	<b>969,634</b>	<b>+72.30%</b>	<b>+11.50%</b>
<b>Sabah</b>	<b>160,507</b>	<b>842,496</b>	<b>1,135,100</b>	<b>+34.73%</b>	<b>+6.14%</b>
Sarawak	26,237	248,430	464,774	+87.08%	+13.35%
<b>Total in East Malaysia</b>	<b>186,744</b>	<b>1,090,926</b>	<b>1,599,874</b>	<b>+46.65%</b>	<b>+7.96%</b>
<b>Ground Total in Borneo Island</b>	<b>199,885</b>	<b>1,653,677</b>	<b>2,569,508</b>	<b>+55.38%</b>	<b>+9.21%</b>

Sources for Kalimantan: The World Bank: *Indonesia: Environment and Natural Resource Management in a Time of Transition*, February 2001; and Summary of WWF-Indonesia's 1<sup>st</sup> Report on Oil Palm Plantations in West Kalimantan (prepared by Fitriani Ardiansyah and Purwo Source for Malaysia: Malaysian Oil Palm Statistics 2003. Economics & Industry Development Division Malaysian Palm Oil Board [http://161.142.157.2/home2/home/stac03\\_area1.htm](http://161.142.157.2/home2/home/stac03_area1.htm), accessed February 2, 2005

(2) 農業生産・流通の可能性とボルネオ島の現地実態調査

調査先はボルネオ島マレーシア領サバ州のサバ州政府農業省、開発研究所(サバ)、キナバル山麓の高原野菜の生産地およびクア

ii 「ヤシ油」は、ココナツの胚乳から採取される油、「パーム油(パームオイル)」は油ヤシから採取される油である。このパームヤシには、「パーム油」の果肉から搾油する、「パーム核油」の種から搾油する2種類がある。また、工程では、「粗油(絞りたて)」、「パームオレイン」(精製した液体)、「パームステアリン」(固体部分)へ加工される。

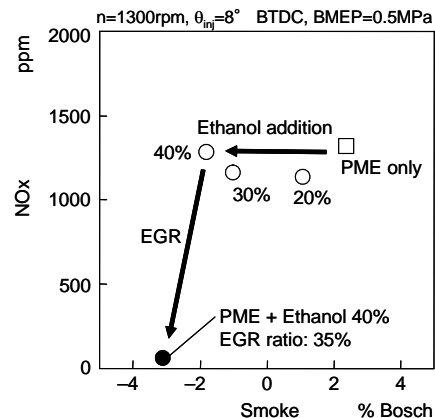
表2 サバ州におけるパームオイル・プランテーション面積の推移

Sabah Oil Palm Plantation Area (ha)		Land Area	7,250,000	
Year	Oil Palm Estate (ha)	% of Land	Annual Growth Rate	Annual Increase of Oil Palm Converting Area
1984	160,507	2.21%		
1994	452,485	6.24%	+10.92%	29,198
2004	1,165,412	16.07%	+9.92%	71,293

Source: Department of Statistics, Malaysia : 1975 to 1984 at <http://econ.mpob.gov.my/economy/annual/stat2004/Area2.htm>

ランプール政府統計局等である。マレーシアは農業生産に関する公的統計の整備が不十分であるため、現地での実態調査が不可欠であるが、ボルネオ島においてもオイルパームの大規模農園開発やキナバル山麓及びコタキナバルを中心とした観光開発によって平野部はもとより山岳地帯においても商品経済が浸透しつつあり、森林地帯や平野部での商品作物(野菜や果物等)の導入による環境破壊が進展している。山岳地帯での野菜生産とその流通は、商品作物の集荷と市場出荷を担うブローカーに大きく依存しており、生産物をこれらのブローカーから安く買い叩かれる場合も少なくないため、収入増大を目指した焼き畑等による過度の耕作地の拡大によって貴重な自然環境が破壊されるなど悪循環に陥っている地域も少なくない。農民自らによる主体的な流通システムの構築をどう図るかが大きな課題であり、公的機関によるサポートが必要となっている。

図5 パーム油 BDF へのエタノール混合と排気再循環(EGR)による黒煙とNOxの低減



(3) 東南アジアで生産されるパーム油などから作られるバイオディーゼル燃料 (BDF) にバイオエタノールを混合し、排気再循環と組み合わせることで、図5のようにディーゼルエンジンの排気中の黒煙と窒素酸化物を大幅に低減できることを実験により示した。この黒煙低減は、BDFに比べてエタノールのセタン価および沸点が低いことにより、着火遅れ期間に形成される予混合気量が多く、拡散燃焼の割合が減少することによるものである。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)

2009 年度

① 下渡 敏治, 「東アジアフードシステム圏の構築と農業・農村の活性化」, アジア・グローバル構造における新たな経済・社会構造の実現に関する研究, 査読無, 2010, 52-73.

② Shudo, T., Simultaneous reduction in smoke and NOx emissions by blending ethanol to biodiesel fuel and applying exhaust gas recirculation, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> JICA AUN/SEED-Net Regional Conference on New/Renewable Energy, 査読有.

Chonburi Thailand, January 2010.

③ 下渡 敏治, 「東アジアフードシステム圏の成立条件」, フードシステム研究, 査読有, 16 巻 2 号, 2009, 91-92.

④ 下渡 敏治, 「中国の国民に対する食料供給力と食料供給戦略」, 海外農業調査分析報告, 査読無, 2009, 17-48.

⑤ 高樋 さち子, 「持続可能な開発のための教育—ESD の取り組み—」, 教育研究情報, 査読有, 41 巻, 2009, 4-10.

⑥ Shudo, T., Nakajima, T., Hiraga, K.,, "Simultaneous reduction in cloud point, smoke, and NOx emissions by blending bioethanol into biodiesel fuels and EGR", International Journal of Engine Research, 査読有, 10-1, 2009, 15-26

⑦ Shudo, T., Research on new/renewable energy for vehicle powertrain, Proceedings of the 1st AUN/SEED-Net Regional Workshop on New and Renewable Energy, Bandung Indonesia, 査読無, 2009.

⑧ Reksowardojo. I.K., Pham, A.T., Bui, H.N., Praksono, T., Shudo, T., Arismunandar, W., Pham, M., Performance, exhaust gas emissions and combustion characteristics of mixed biodiesel fuels on a direct injection diesel engine, Proceedings of the 15th Asia Pacific Automotive Engineering Conference, No.APAC15-202, Hanoi Vietnam, 査読無, 2009.

⑨ Phommvongsa, D., Soerawidjaja, T.H., Reksowardojo, I.K., Arismunandar, W., Shudo, T., Quantitative relationships between fuel properties and fatty acid composition: a milestone toward the establishment of blending rule and strategy for formulating biodiesel, The International Conference on Energy and the Environment, Bandung Indonesia, 査読無, 2009.

⑩ Phommvongsa, D., Soerawidjaja, T.H., Reksowardojo, I.K., Arismunandar, W., Shudo, T., Consistent sets of pure FAME fuel properties for biodiesel raw material blending calculations, The 1st AUN/SEED-Net Regional Workshop on New and Renewable Energy, Bandung Indonesia, 査読無, March 2009.

⑪ PHOMAVONGSA, Deuansavanh, SOERAWIDJAJA, Tatang, REKSOWARDOJO, Iman, ARISMUNANDAR, Wiranto, SHUDO, Toshio, Quantitative relationships between fuel properties and fatty acid composition -A milestone toward the establishment of blending rule and strategy for formulating biodiesel fuels-, 第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, 札幌, 査読無, 2009.

⑫ 長田 春輝, 首藤 登志夫, 低セタン価・低沸点燃料を混合したディーゼル燃料による無煙燃焼と NOx 排出低減第 47 回燃焼シンポジウム講演論文集, 札幌, 査読無, 2009.

2008 年度

⑬ T. Shudo, T. Nakajima, K. Hiraga, Simultaneous reduction in cloud point, smoke and NOx emissions by blending bioethanol into biodiesel fuels, International Journal of Engine Research, 査読有, Vol.10.No.1, 2008, 15-26

2007 年度

⑭ 下渡 敏治, Requirements for a Sustainable Food supply Chain and Environment Conservation in Sabah State in Malaysia, 人間科学研究, 査読有, 第5巻, 2008, 249-263.

⑮ Amran Ahmed, Nor Bin Abdul Hamid, Sachiko TAKAHI, The impact of ISO Registration on Total Quality Management Practices of The Public Sector in KOTA KINABALU SABAH, Memoirs of Faculty of Education and Human Studies Akita University, 査読無, No.63, 2008, 7-14.

⑯ Shudo, T., Hiraga, K., Ogawa, H., Mechanisms in Reducing Smoke and NOx from BDF Combustion by Ethanol Blending and EGR, SAE Technical Paper, 査読有, 2007-01-0622, 2007, 1-5.

⑰ 首藤 登志夫, 平賀光太郎, 石田幸大, バイオディーゼル燃料へのエタノール混合による燃焼の予混合化と未規制有害物質排出

特性, 日本機械学会論文集 B編, 査読有, 73 巻735号, 2007, 2362-2367.

⑮ 首藤 登志夫, 中島俊哉, 小川英之, 青柳友三, 石井素, 後藤雄一, 野田明, バイオディーゼル燃料へのエタノール混入とEGRによる黒煙およびNOxの同時低減, 自動車技術会論文集, 査読有, Vol.38, No.2, 2007, 137-142.

[学会発表] (計 9 件)

2009 年度

① 高樋 さち子, 東南アジアにおける低炭素社会形成のための環境資源修復, 日本化学会東北支部・化学工学会東北支部, 2010 年 9 月 30 日, 秋田県

② 高樋 さち子, 開発途上国における持続可能な原材料調達と環境社会への配慮, ケミカルエンジニアリング研究会, 2009 年 5 月 29 日, 秋田県

③ 首藤 登志夫, Homogeneous charge compression ignition combustion engine system fuelled with dimethylether and hydrogen onboard-reformed from methanol utilizing waste heat, 1st AUN/SEED-Net Regional Workshop on New and Renewable Energy, 2009 年 5 月 12 日, Bandung Indonesia,

2008 年度

④ 平山淑子・高樋 さち子・松葉谷治, フェアトレードの現状と効果, 2007/08 ACCU Invitation Programme for International Education Exchange of Teachers and Professional Scholars and Professional Invitation Project, 2008 年 10 月 7 日, 東京都

⑤ 高樋 さち子, フィールドサイエンスと環境情報一人と自然環境をつなぐー, 海外学術調査総括班フォーラム/連続ワークショップ, 2008 年 6 月 21 日, 東京都

⑥ 福田真也, 石田幸大, 首藤登志夫, エタノール混合炭素ディーゼル燃料の燃焼および排気特性に関する研究, 日本機会学会, 2008 年 6 月 19 日, 北海道

2007 年度

⑦ 高樋 さち子, ボルネオ島における大規模プランテーションによる森林環境消失と産業発展, Environment and Development Society for Developing Nations, 2007 年 10 月 24 日, 東京都

⑧ 高樋 さち子, マレーシア・サバ州における開発と環境消失の時空間分析・Landsat 利用による-, フィールドサイエンス・コロキアム, 2007 年 7 月 11 日, 東京都.

⑨ Shudo, T., Mechanisms in Reducing Smoke and NOx from BDF Combustion by Ethanol Blending and EGR, SAE 2007 World Congress, 2007 年 4 月 17 日, アメリカ合衆国デトロイ

ト

[図書] (計 1 件)

① 近藤均編集 高樋 さち子, 太陽出版株式会社, 『新版増補 生命倫理事典』, 2010, 1552.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

① 首藤 登志夫, 日経産業新聞, 「バイオディーゼル・バイオエタノール 混ぜれば排ガス浄化」, 2007 年 10 月 4 日.

② 首藤 登志夫, 日経産業新聞, 「直接メタノール型燃料電池」, 2007 年 9 月 25 日.

③ 首藤 登志夫, 日刊産業新聞, 「燃料電池・山特, 発電出力 3 倍に 世界初のセパレータ技術」, 第 19164 号, 2008 年 11 月 26 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高樋 さち子 (TAKAHI SACHIKO)  
秋田大学・教育文化学部・准教授  
研究者番号: 00261644

(2) 研究分担者

- ・首藤 登志夫 (SHUDO TOSHIO)  
北海道大学・工学系研究科・准教授  
研究者番号: 10301574
- ・下渡 敏治 (SHIMOWATARI TOSHIHARU)  
日本大学・生物資源科学部・教授  
研究者番号: 00120478
- ・小川 克郎 (OGAWA KATSUROU)  
名古屋産業大学・環境マネジメント研究科・教授  
研究者番号: 40262844
- ・福岡 克也 (FUKUOKA KATSUYA)  
東亜大学・大学院総合学術研究科・教授  
研究者番号: 80062777

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

成田 堅悦 (NARITA KENETSU)  
秋田大学・教育文化学部技術部・技術長