

【事業名】車両適合性のある第二世代バイオディーゼル燃料利活用に向けた技術開発実証研究

【代表者】(公財)京都高度技術研究所 中村 一夫

【実施年度】平成24～26年度

(1)技術開発概要

①【技術開発の概要・目的】

- 第一世代のバイオディーゼル燃料(FAME)に関し新型車両で起きている技術的課題を解消するため、接触分解技術、水素化処理の組み合わせにより、第二世代バイオディーゼル燃料(炭化水素、以下「バイオ軽油」という)を生産するシステムを開発する。
- 燃料生産技術の開発、自動車での車両適合性の評価、地域での普及拡大のための社会システム構築(廃食用油の回収システム、制度改革、品質確認方法等)を一体的に実施する体制の下に実施する。
- 自治体や自動車、石油業界などの主なステークホルダーの参画を得て実証・研究し、バイオディーゼル燃料化事業の円滑化・加速化を目指す。

②【技術開発の詳細】

(1) 燃料化技術の開発

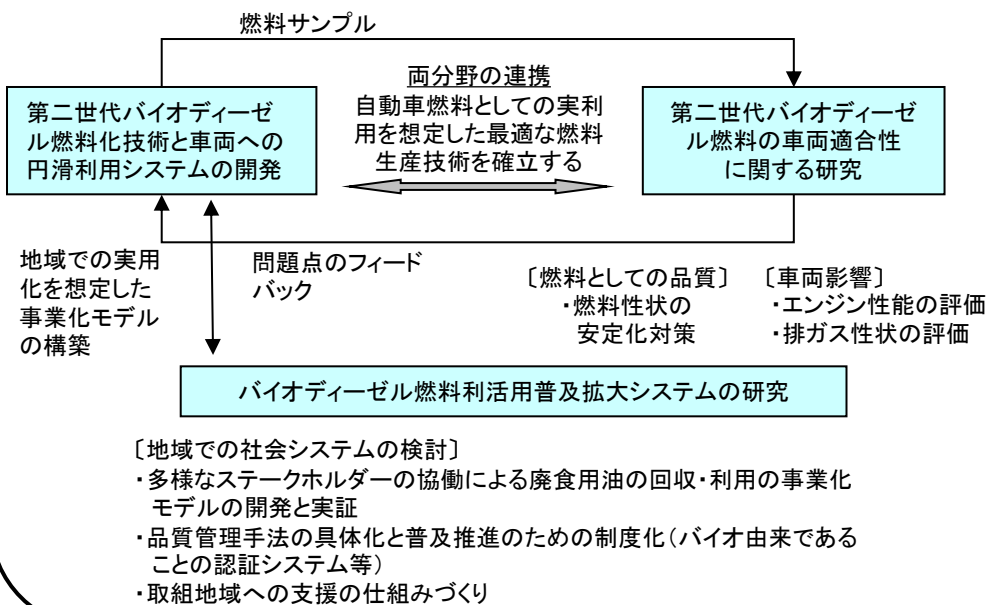
- 接触分解反応および水素改質システムによる軽油と同等の燃料製造技術の開発

(2) 第二世代バイオディーゼル燃料の車両適合性に関する研究

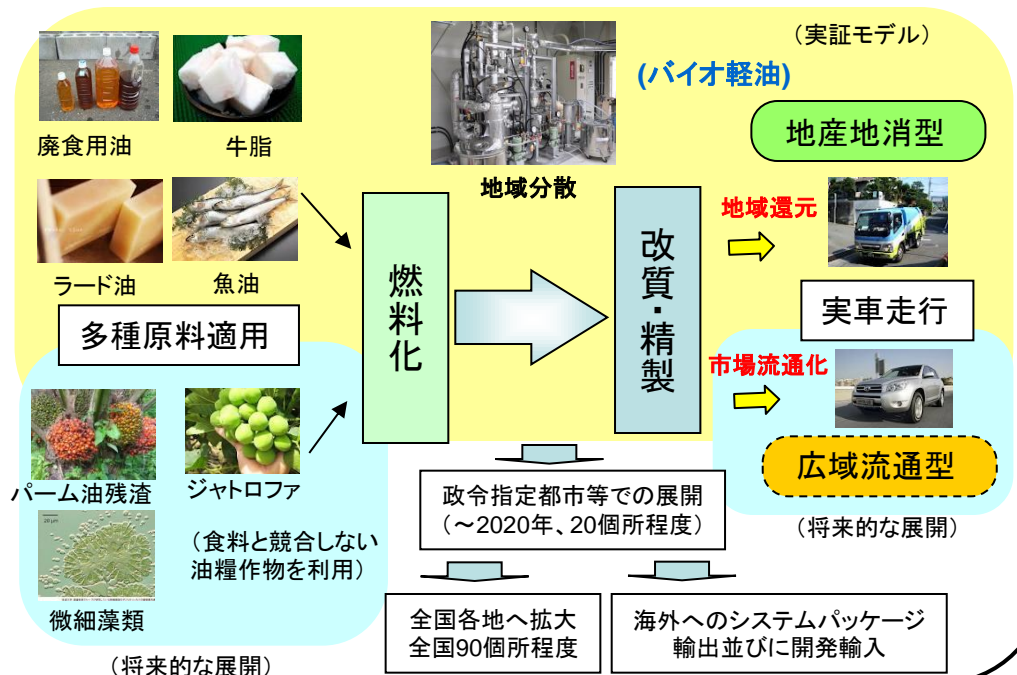
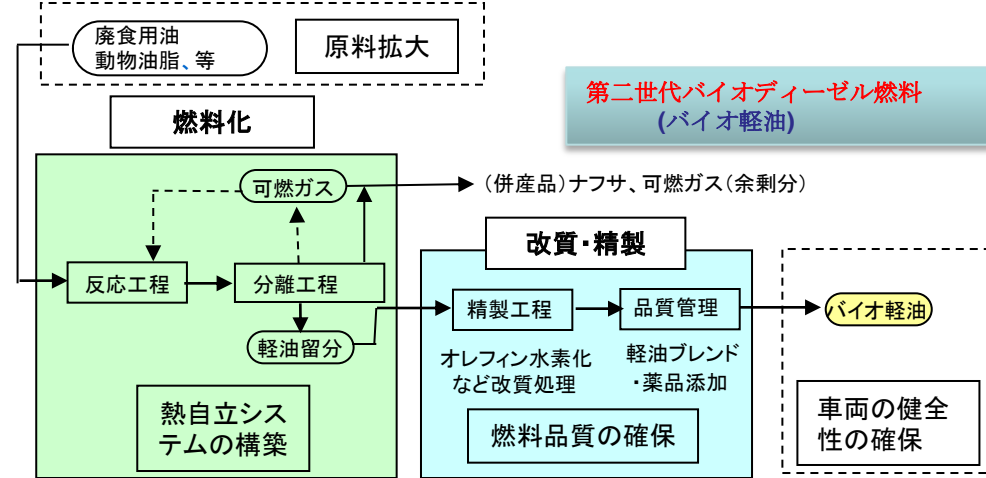
- 部材試験・エンジンベンチ試験や車両による実証運行調査など総合的な観点からの車両適合性の確認

(3) バイオディーゼル燃料利活用普及拡大システムの研究

- 回収・利用システムの地域実証、バイオ由来認証システム(同位体測定法)検討、LCA評価などバイオ燃料利活用普及拡大に向けた総合的なシステムの検討・提示



③【システム構成】



(2)技術開発計画

①【実施体制】

技術開発代表者

(公財)京都高度技術研究所

(第二世代バイオディーゼル燃料化と車両への円滑利用システムの開発、事業総括)
バイオマス活用システムの開発実績あり。
バイオディーゼル燃料分野について15年間の技術研究実績あり。

協力者

京都市

(実証サイトや原料の提供、実車走行など、全面支援)
BDF活用分野について長年の運用実績あり。

共同実施者

トヨタ自動車㈱

(燃料の車両適合性に関する研究)
自動車分野について長年の研究・業務実績あり。

共同実施者

(一社)JORA

(バイオディーゼル燃料活用普及拡大システムの研究)
バイオマス活用分野について長年の調査・研究業務実績あり。

(全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会事務局)

※JORA: 日本有機資源協会

バイオディーゼル燃料化事業技術検討会(第二世代)

座長

○池上詢 京大名誉教授

副座長

○藤元薫 東大名誉教授

委員

○酒井伸一 京大教授

○塩路昌宏 京大教授

○大城芳樹 阪大名誉教授

技術実証※

○自動車メーカー(トヨタ、日野)

○石油メーカー(JX日石、東燃ゼネ)

○プラントメーカー(タクマ、新日鉄)

○添加剤メーカー(三洋化成)

○分析メーカー(島津テクノ)

システム実証

○京都市

○全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会(JORA)

○シンクタンク(三菱総研)

【開発総括・バイオディーゼル燃料化技術(自立)の実証、燃料改質・精製技術の実証、社会制度システムの提言】
燃料化技術、水素化技術、燃料利用などについて調査・研究業務実績あり。廃食用油の回収・利用システム、燃料の品質管理システムなどの実績あり。

②【実施計画】

| | 平成24年度 | 平成25年度 | 平成26年度 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 第二世代バイオディーゼル燃料化技術と車両への円滑利用システムの開発 | 86,676千円 | 107,804千円 | 157,938千円 |
| 第二世代バイオディーゼル燃料の車両適合性に関する研究 | 3,200千円 | 5,661千円 | 5,906千円 |
| バイオディーゼル燃料活用普及拡大システムの研究 | 11,004千円 | 13,735千円 | 13,336千円 |
| 合計 | 100,880千円 | 127,200千円 | 177,180千円 |

③【目標設定】

○最終的な目標:

- 仕様:最大処理量500L/日規模(事業化規模の1/10~1/20)
- 性能:軽油収率60%vol、熱量収率85%(ナフサ、可燃ガス含む)
- エネルギー損失率:15%以内
- 1台当たりのCO₂削減量:260t/年

④【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

- 2015年までに、システム設計を確立し、事業化規模(処理量2,000~10,000L/日規模)での設計標準化を実施。
- 2016年より、京都市をはじめシステムモデル事業の導入検討と展開開始(2018年)。
- 2020年を目処として、システムのパッケージ化をはかり、公共施設へのモデル事業等を中心に販売展開

○事業展開における普及の見込み

実用化段階コスト目標:100円/L_第二世代バイオディーゼル燃料(バイオ軽油)
実用化段階単純償却年:20年程度

| 年度 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 目標販売台数(台) | 1台 | 1台 | 3台 | 5台 | 10台 |
| 目標販売価格(円/台) | 800,000千円 | 750,000千円 | 750,000千円 | 700,000千円 | 700,000千円 |
| CO ₂ 削減量(t-CO ₂ /年) | 3千t | 6千t | 1.5万t | 3.0万t | 6.0万t |

注)標準的施設規模5,000L/日での数値。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ① 第二世代バイオディーゼル燃料化技術開発では、分解工程の二段化、キャリアーガス導入や水素化工程に脱酸機能も担わせるなどの合理的な燃料化システムを明確化すると共に、2500ℓ/日(最大5000ℓ/日)の実証プラントで高品質のバイオ軽油が6,000ℓを製造し、実車走行試験に提供できた。
- ② 車両適合性については、材料試験やエンジンベンチ試験などにより、軽油と遜色のない燃料特性を確認し、最終年度には、データ自動採取装置を装備した市バスやごみ収集車による実証運行を実施し、実際の車両使用条件下におけるバイオ軽油の車両適合性の確認を行い、軽油と遜色のない車両適合性のある安定した燃料であることが確認された。
- ③ バイオ燃料利活用普及拡大に向けては、学校や店舗などのコミュニティ拠点を活用した回収方式の有効性やLCA評価での軽油・第一世代BDFとの比較での優位性、更には、5,000ℓ/日規模での、2,900t-CO₂/年で削減率92%になるとの試算も提示すると共に、炭素同位体測定と帳簿方式による将来の合理的なバイオ由来認証システムの提示もすることが出来た。

②【期待されるCO₂削減効果】

○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン C,Ⅲ-i)

- ・国内潜在市場規模:100台(既設の従来システムのストック台に基づき推計)
- ・2020年度に期待される最大普及量:4台
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO₂削減量:2.9千t-CO₂/年
- ・年間CO₂削減量:1.2万t-CO₂ (海外展開含む全体削減 1.5万t-CO₂)

○2025年時点の削減効果 (試算方法パターン C,Ⅲ-i)

- ・国内潜在市場規模:100台(既設の従来システムのストック台に基づき推計)
- ・2025年度に期待される最大普及量:24台
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO₂削減量:3千t-CO₂/年
- ・年間CO₂削減量:7.2万t-CO₂ (海外展開含む全体削減 8.1万t-CO₂)

③【成果発表状況】

- ・25年1月29日 京都市門川市長記者発表「動植物性の廃油から製造する世界初の『バイオ軽油』実用化プロジェクト』を実施」朝日・毎日・産経・京都新聞など各紙に関連記事掲載(25年1月30日)
- ・廃棄物資源循環学会発表(25年11月2～4日 北大)「第二世代バイオディーゼル燃料化技術に関する詳細分析の知見と評価」(発表者:高菅)

- ・3R International Scientific Conference (2014 3.10～13 Kyoto University) 「Basic Test on Technology for Conversion to Second-generation Biodiesel Fuel」(Kakuta)
- ・26年9月16日 京都市よりプレスリリース「バイオ軽油による実車運行の開始に当たっての発車式について」日経新聞・京都新聞など各紙に関連記事掲載(26年9月18日)
- ・月刊誌「地球温暖化」,「軽油性状のバイオ燃料、走行実証開始」(2014/11)
- ・Junya Yano, Tatsuki Aoki, Kazuo Nakamura, Kazuo Yamada, Shin-ichi Sakai (2015) Life cycle assessment of hydrogenated biodiesel production from waste cooking oil using the catalytic cracking and hydrogenation method. Waste Management 38:409-423

④【技術開発終了後の事業展開】

- ・2015年までに、システム設計を確立し、事業化規模(処理量2,000～10,000ℓ/日規模)での設計標準化を実施。
- ・2016年より、京都市をはじめシステムモデル事業の導入検討と展開開始(2018年)。
- ・2020年を目処として、システムのパッケージ化をはかり、公共施設へのモデル事業等を中心に販売展開、海外展開については、高濃度バイオ軽油の利用が課題であるASEAN地域各国(タイ、インドネシア、マレーシアなど)を主な対象として導入開始。

○事業拡大シナリオ

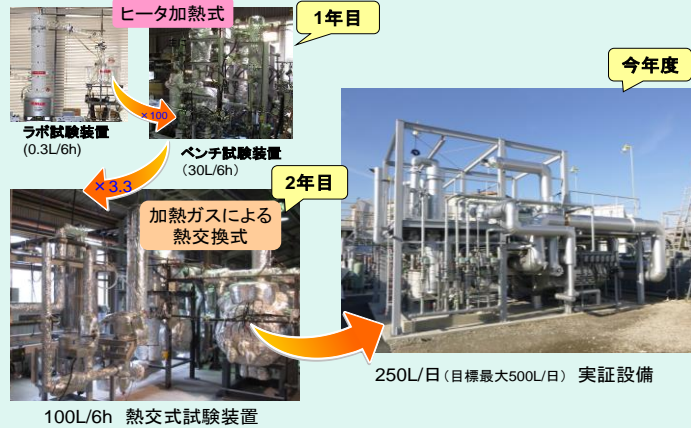
| 年度 | 2018 | 2020 | 2025 | 2030 |
|-----------|--------------|----------------|---------------|-----------------|
| 低コスト化技術開発 | パッケージ化開発 | パッケージ化開発完了 | パッケージ化開発完了 | 燃料コスト100円/L |
| 国内での普及 | モデル事業の導入開始1台 | モデル事業の全国導入展開3台 | 販売事業の強化・展開20台 | 販売事業の全国展開30台 |
| 海外での普及 | 展開の情報収集・検討 | 海外モデル事業導入開始1台 | モデル事業各国展開2台 | 海外販売事業の強化・展開10台 |

○シナリオ実現上の課題

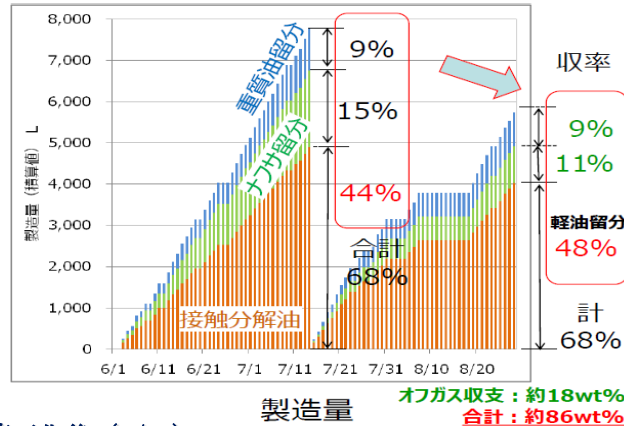
- ・コストの低減化 (燃料化収率の向上や装置の簡素化、)
- ・安価で多様な原料拡大 (ソーダ油滓、黒液など)
- ・分解併産物の利用拡大に向けた最適燃料化システムの開発 (バイオガソリン、バイオジェット燃料などへの用途拡大)
- ・軽油引取税、揮発油税の要件緩和によるバイオマス燃料利活用拡大の社会制度の確立 (地産地消のバイオ燃料の地域規格や認証システム)

○参考資料 1

本プロジェクトの燃料化の試験装置・実証設備

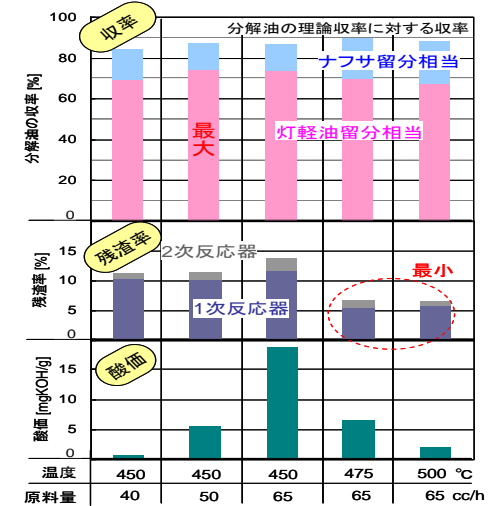


実証プラント (最大500L/日) での製造量と燃料化収率



軽油留分60%から約50%に低下

実験プラント (100L/日) での反応条件と燃料化収率



多様な使用原料と製造したバイオ軽油

| | 新品食用油 | 廃食用油 | 劣化廃食用油 | 動物油混合 | パーム油 |
|-------|-------|------|--------|-------|------|
| 原料 | | | | | |
| 接触分解油 | | | | | |
| バイオ軽油 | | | | | |

分留条件適正化後 (7/15)

燃料化収率は、実証プラントで全留分は68%、軽油留分48%に低下
熱量収率は86% (全留分+オフガス)

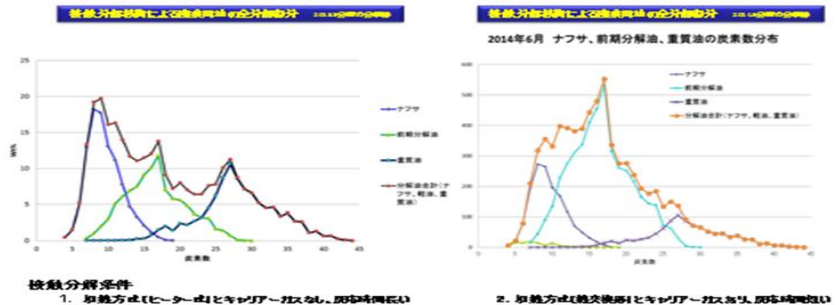
今後の原料拡大



ソーダ油滓や黒液 (クラフトパルプ)

分解反応では温度や滞留時間 (SV) などの条件により、ナフサ・軽油留分などの生成比率が変化する特性があり、最適条件化で軽油留分の最大化 (60%) を図ること、更には、利用用途によりナフサ留分 (ガソリン) の増加なども図ることが可能

廃食用油の分解条件の変化による全分解留分の炭素数分布の変化



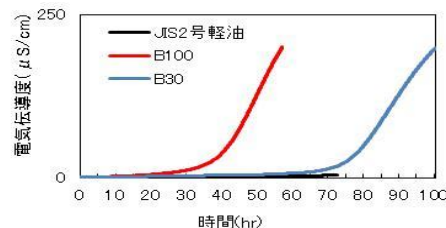
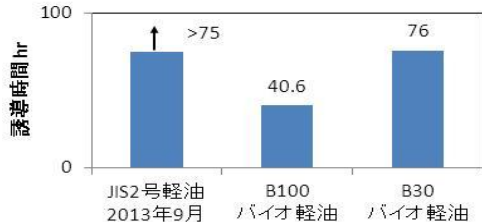
多様な原料から製造したバイオ軽油の燃料品質は、セタン指数、酸化安定性、蒸留特性、潤滑性など軽油とほぼ同等の特性で、新型ディーゼル車への車両適合性がある

○参考資料 2

バイオ軽油の燃料特性や品質

バイオ軽油は燃料特性や品質分析から、セタン指数、酸化安定性、蒸留特性、オレフィン、酸素含有など軽油とほぼ同等の特性

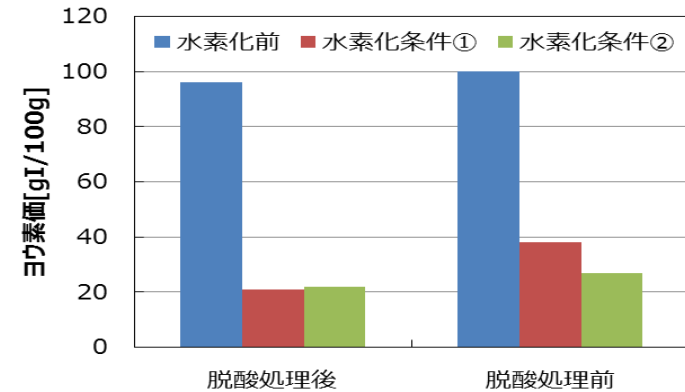
| 試料名 | | 接触分解油 吸着材 処理前 | 接触分解油 吸着材処理 後 平均n-3 | バイオ軽油 平均 n-4 | 市販 軽油 | FAME | 測定方法 | |
|--------------|--------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|----------|--------|----------|-----|
| 密度(15°C) | kg/L | 0.85 | 0.853 | 0.844 | 0.823 | 0.884 | JISK2249 | |
| 動粘度(40°C) | mm ² /s | | 3.09 | 3.2 | 4.30 | 4.59 | JISK2283 | |
| 引火点(PMCC) | °C | | 50 | 50 | - | 135 | JISK2265 | |
| 残留炭素分(10%残油) | 質量ppm | 0.36 | 0.24 | 0.015 | <0.01 | 0.53 | JISK2270 | |
| セタン指数 | - | 49.5 | 48.5 | 51.7 | 56.3 | 52.5 | JISK2280 | |
| 蒸留性状(90%留出) | °C | 632.5 | 363.8 | 359.9 | 329 | - | JISK2254 | |
| 酸価 | mgKOH/g | 0.80 | 0.023 | <0.01 | 0.02 | 0.14 | JISK2501 | |
| 酸化安定性(ランシマツ) | h | >36 | >36 | >36 | >48 | 5.9 | EN14112 | |
| 酸化安定性(ハトロキ) | min | 58 | 49.7 | 109 | - | - | JISK2287 | |
| ヨウ素価 | gI/100g | 99 | 91.7 | 14 | 4 | 112 | JISK0070 | |
| 酸化の増加 | mg KOH/g | 1.36 | 1.1 | 0.0675 | - | - | | |
| 過酸化物価 | Mg/kg | 1 | 2.0 | 1 | - | - | | |
| 流動点 | °C | | -20 | -13.1 | - | -2.5 | JISK2269 | |
| 目詰点 | °C | | -5 | -4 | - | -5 | JISK2288 | |
| くもり点 | °C | | -2 | -0.5 | - | - | JISK2269 | |
| 発熱量(低位) | kJ/kg | | 42480 | 42580 | 44,100 | 37,200 | 熱量計 | |
| 組成 | パラフィン | 質量% | 18.4 | 18.5 | 31.7 | 80 | - | |
| | Iso-パラフィン | 質量% | - | - | 14.8 | - | - | |
| | オレフィン | 質量% | 36.9 | 36.5 | 0 | 0 | - | |
| | ナフテン | 質量% | 5.0 | 5.0 | 19.7 | 1 | - | |
| | アロマ | 質量% | 33 | 34.0 | 30.0 | 19 | - | |
| | ケトン | 質量% | 3.6 | 3.9 | 2.3 | 0 | - | |
| | アルコール | 質量% | 0 | 0 | 0.68 | - | - | |
| 成分 | C | 質量% | | 86.16 | 85.89 | 86.0 | 77.1 | CH計 |
| | H | 質量% | | 11.94 | 12.64 | 12.5 | 11.9 | CH計 |
| | O | 質量% | | <0.5* | <0.5* | <0.5* | 10.8 | |



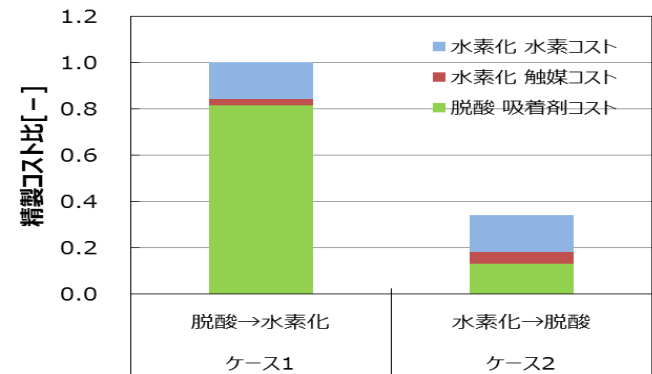
・ランシマツ試験装置を用いた酸化安定性試験から、バイオ軽油B100は、開発目標の誘導時間 ≥36hr を満足、バイオ軽油B30の場合、JIS2号軽油と同水準であった。

水素化による精製（脱酸）工程の負荷及びコスト低減効果

脱酸処理していない分解油でもSVなどの条件調整によりヨウ素価を低減できるだけでなく、同時に酸価も低減できることが確認され、水素化による脱酸吸着剤などのコスト低減が明確化された。



分解油の脱酸処理の有無による水素化処理前後のヨウ素価 (水素化条件①: SV2h⁻¹・圧力0.5MPaG、条件②: SV1h⁻¹・圧力0.7MPaG)



精製工程（脱酸・水素化）のランニングコスト

- ◆ ケース1 接触分解処理→脱酸処理→水素化処理 (SV=2.0h⁻¹)
- ◆ ケース2 接触分解処理→水素化処理 (SV=1.0h⁻¹) →脱酸処理

CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 6.6点（10点満点中）
- 評価コメント

- バイオ軽油生産、車両による実証など計画どおりの成果が得られ、技術開発の目標を達成したと評価できる。

- 第二世代燃料の物質収率を更に向上するための取組を進めること。

- 技術としてはほぼ確立できているが、更なる普及拡大を目指して、コスト低減、対象とする原料範囲の拡大、パッケージ化、製造工程に必要な熱の確保等の課題の解決に取り組むこと。