

【事業名】低濃度エタノール使用高効率エンジン等革新的バイオエタノール利用技術の開発

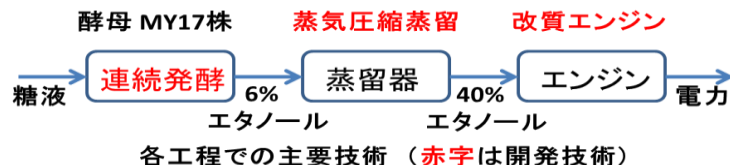
【代表者】(一般社団法人)宮古島新産業推進機構 奥島憲二

【実施予定年度】平成26～28年度

(1)事業概要

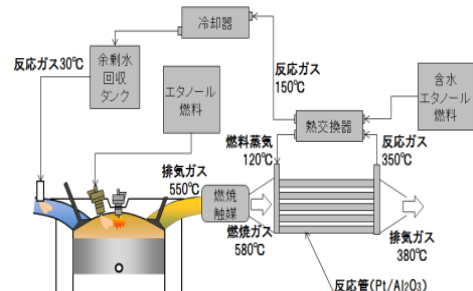
①【事業概要】

①エンジン排気熱でエタノールを改質して燃料系の熱量アップを図ると共に、改質した水素主体気体燃料を希薄・高圧縮比燃焼させて効率向上を図り、動力変換効率50%を達成する高効率改質エンジンを開発する。②発酵・蒸留両工程の大幅な省エネ化により、改質に最適な40%程度の低濃度含水エタノール燃料のライフサイクルCO₂排出量が対ガソリン比35%以下となる新規バイオエタノール燃料の高効率製造技術を開発する。



②【技術開発の詳細】

(1)改質エンジンの開発



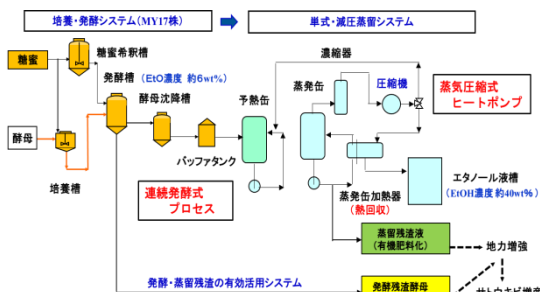
(改質火花エンジンシステム)

・エンジンの排気管に改質器、各熱交換器、熱回収増加装置を装着し、燃焼制御条件の最適化により動力変換効率50%を目指す。

(改質ディーゼルエンジン実用化システム)

・市販30kWディーゼルエンジンに一連の改質システムを装着し、エンジン部品やオイルへの影響調査、非飲料化の燃料添加剤の検証と合わせて改質装置の仕様と改造コスト試算を検証する。

(2)改質エンジン用低濃度含水エタノール燃料の開発



(連続醗酵システム)

・糖蜜を原料としMY17酵母の特性を活かしたメンテナンスフリーで実用的な連続醗酵システムを開発する。

(減圧蒸留システム)

・減圧蒸留システムにより従来法に対し6割の省エネシステムを開発する。

(発酵残渣、蒸留残渣の利活用)

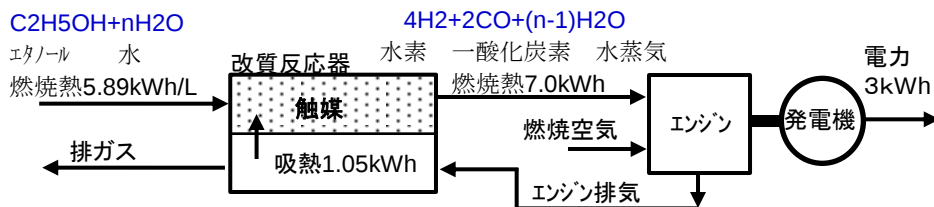
・地元農家で利活用し廃棄物ゼロとする循環システムを開発検証する。

(3)全体システムの最適化

・改質エンジンと一体化した実用発電システム仕様のライフサイクルCO₂排出量が石油火力発電対比20%以下であるシステムプロセスを開発する。

③【システム構成】

(1)改質エンジン基本システム



エンジン排ガスの熱を回収・利用してエタノールと水を水素主体気体燃料へと改質する。

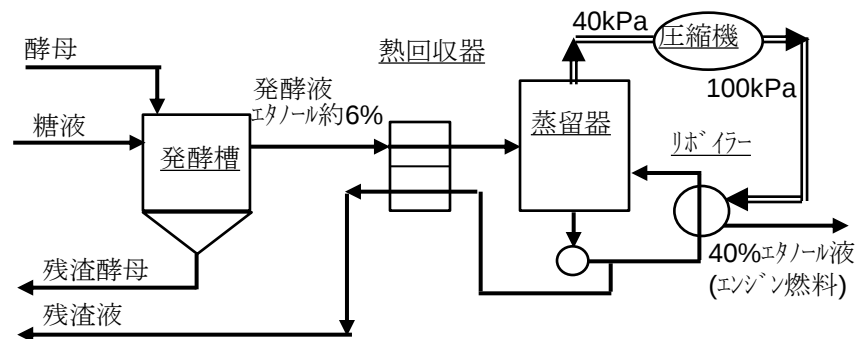


改質ガス生成のために加熱された熱量は改質ガスにシフトし、改質ガス燃焼熱はその熱量分増熱し、エンジンの効率向上に寄与する。

なお、基礎実験の結果では、 $n=4$ 、即ち40%エタノールが最適。

改質ガスには水素や水蒸気が含まれるため、高圧縮比燃焼、希薄燃焼、高速燃焼が可能となり、エンジンの効率向上を図ることが可能となる。

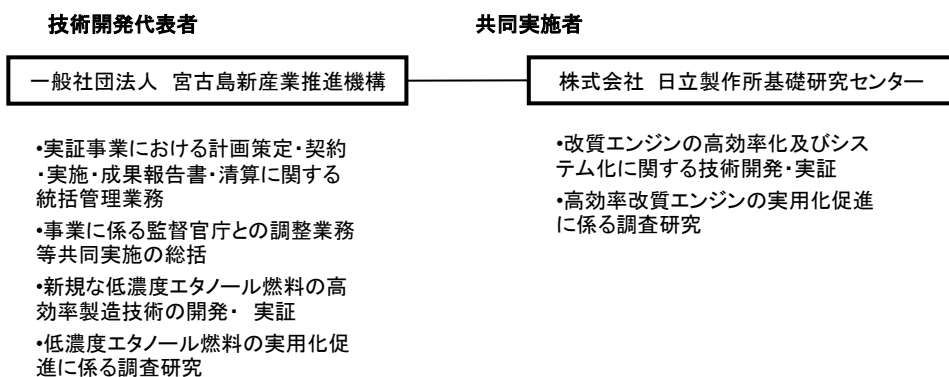
(2)低濃度含水エタノール燃料製造基本システム



発酵液(エタノール6%)を蒸留して燃料用エタノールを得るが、濃度が40%で良いので濃縮工程は不要となり、基本的にはエタノールを蒸発させて回収する工程のみでよい。そこで、塔頂蒸気を圧縮して温度を上げてその潜熱をリボイラーの加熱のために再利用することにより、大幅な省エネルギー化を図る。

(2)事業実施計画

①【実施体制】



②【当初計画の実施スケジュール】

実施スケジュール及び事業費	平成26年度	平成27年度	平成28年度
・改質エンジンの高効率化に関する技術開発 ・改質エンジンの部材やオイル等の規格化に関する実証試験			→
(物品費＋人件費・謝金＋旅費)	30,027千円	21,804千円	16,306千円
・新規な低濃度含水エタノール燃料の高効率製造プロセスの開発・実証			→
(物品費＋人件費・謝金＋旅費)	14,759千円	25,679千円	25,122千円
その他経費	45,353千円	66,472 千円	58,416千円
事業費の総計(消費税8%含む)	90,169千円	113,955千円	99,844千円

③【目標設定・達成可能性】

○本事業における最終目標

- (1) 火花エンジンとディーゼルエンジンの両タイプの高効率改質エンジンを開発。エタノール燃料製造プロセスと合わせて実用発電システム仕様を提案。ライフサイクルCO2排出量が石油火力の20%以下となることを実証。
- (2) 低濃度含水エタノール燃料を使用する改質火花エンジンで熱変換効率50%を達成すると共に、実用システムの基本仕様を提示。
- (3) 改質ディーゼルエンジン等の実用システムの基本仕様を提示。添加剤含有燃料を用いた1000h以上の連続試験で、エンジン部材や改質触媒等の耐久性を評価。
- (4) 糖蜜原料から40wt%含水エタノール燃料を製造する際の所要エネルギーを、無水エタノール換算1L当りで熱エネルギー消費量が1.65MJ以下、電力消費量が0.5 kWh以下とし、ライフサイクルCO2排出量が対ガソリン比35%以下とする。また、燃料製造と改質エンジンの両技術を一体化して大幅なCO2排出削減を実現する社会実装の具体案を提案する。

④【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

- (1) **地産地消型の実用化実証事業の提案**(2015～2017)
糖蜜原料、果汁原料、食物残渣原料、米原料、セルロース原料等でバイオエタノールを製造しており、200kW～500kWのエタノール発電が出来る可能性のある地域・企業を調査し、実用化実証事業案を提案する。
- (2) **実用化実証事業**(2017～2018)
実用化に近い高効率な改質ディーゼルエンジンの発電システムの検証と、低濃度含水エタノール燃料の製造実証を組み合わせた社会実装に向けた実証事業を準備し実施する。
- (3) **実用化事業計画の立案**(2018)
上記実績等を踏まえて、その問題点等の見直し・検討を行い、本実証事業の成果普及を目指す実用化事業計画を立案する。
- (4) **実用化事業改質エンジン第1号機の運転**(2020年)
2019年に設計、実用化事業設備設置工事等を行い2020年に実用化第1号機を稼働・運転し、その実用性を実証する。
- (5) **商用販売促進活動**
2018年以降、本実証事業の成果について積極的に広報・宣伝を行い、高効率エンジンの商用販売促進活動を展開する。海外への展開も図る。また、自動車メーカーと連携した移動体適用の検討も併せて実施し、本システムの標準化等を目指す。

○事業展開における普及の見込み

エタノール製造コスト90円/L以下(無水ベース)、エタノール燃焼熱の電力への転換率50%、発電における燃料コスト30円/kWhを達成し、技術の普及を図る。

○普及に向けた障害、課題

- ・含水エタノール燃料の新燃料としての規格化(JIS化に向けて)
- ・低濃度含水エタノールの安全な取扱いのための制度の確立(消防法)
- ・燃料用低濃度エタノール製造・販売に関する規制の緩和(酒税法)
- ・小型エンジンの商品開発と燃料用エタノール供給システムの整備

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- (改質ガソリンエンジン40kW試験機を作成)
- ・図示熱効率52%を達成(目標の100%以上を達成)
- (改質ディーゼルエンジン30kW試験機を作成)
- ・300時間運転の耐久性を確認、改質触媒連続1000時間で90%以上の性能を確認。
- ・60kW、300kWエンジンの改質システム改造仕様を提示、効率向上で2~4年で回収。
- (低濃度含水エタノール燃料製造試験機を作成)
- ・熱エネルギー消費量(発酵)1.5MJ、(蒸留)0.15MJ以下を達成(目標100%達成)。
- ・電気消費量(発酵)0.2kWh、(蒸留)0.3kWh以下を達成(目標100%達成)
- (改質エンジンと一体化した実用発電システムの仕様試算)
- ・ライフサイクルCO₂排出量が石油火力発電対比20%以下を確認(目標100%達成)

②【CO₂削減効果】

○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン B-b, II-i)

経済産業省の長期エネルギー基本計画の2020年バイオエタノール導入目標はE3ペースで年間180万kL、実施側の石油連盟の目標は2017年度に50万kLでその差130万kLは導入が困難な状況である。本事業の改質エンジン発電はバイオエタノールの新規用途を提供でき、その適用で130万kL分に対するCO₂排出削減量の試算は、燃料代替効果の化石燃料(ガソリン換算)削減量が84万kL/年(発熱量比較)、そのCO₂削減量は194万t/年となる。次に改質エンジンの熱変換効率向上分15%のCO₂削減量が277万t/年で、低濃度含水エタノール燃料製造省エネルギー達成によるCO₂削減量が16万t/年となる。全て合算した**487万t/年が年間のCO₂排出削減量として期待できる量となる。**

○2021年以降の削減効果 (試算方法パターン C, II-i)

農林水産省はバイオエタノール製造可能量を1,180万kL/年と推計している。(バイオマス活用推進会議資料2014年2月)その全量利用で、自動車燃料添加の従来法と本技術適用とのCO₂排出削減効果比較は、従来法CO₂削減量は、1,760万t/年(ガソリン削減量: $1,180 \times (21.2/32.9) = 760$ 万kL)、本技術適用CO₂削減量は2,520万t/年(ガソリン削減量: $1,180 \times (21.2 \times 0.5)/(32.9 \times 0.35) = 1,086$ 万kL)、含水燃料製造の省エネルギー化CO₂削減量73万t/年を合算し、**年間833万tものCO₂追加削減効果が期待できる。**

③【成果発表状況】

- ・ニュースリリース(2016/2/8)
- ・SAE fuel and lubricants 2016発表(2016年10月)(発表者: 島田敦史)
- ・「日立評論」(2016年7・8月合併号p.72~p.75; 島田敦史、白川雄三、石川敬郎)
- ・「日立評論」(2017年特別号p113; 日立 基礎研究センタ)
- ・「自動車技術会 学会誌」(2016年11月70巻11号 島田敦史)
- ・「新エネルギー新報」(2017年3月16日)
- ・燃料改質技術の研究開発動向講演(2017年3月28日)、(発表者: 島田敦史)
- ・技術情報セミナー講演(2017年6月20日)(発表者: 石川敬郎)
- ・自動車技術会2017年秋季大会発表予定(2017年10月12日)(発表者: 白川雄三)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・2018年までに、エタノール原料多様化対応技術、改質エンジンの低コスト化を推進。
- ・2020までに、エタノール燃料製造と一体化した改質エンジンの社会実装利用システムの実証事業を踏まえて経済性を有する商用化を推進。
- ・2025年を目処として、全国の既存のバイオエタノール事業者との事業連携により改質エンジンシステムの販売ネットワークを構築し、公共施設等へモデル事業を中心に商品生産・販売を実施。
- ・2028までに、海外のバイオエタノール先進国への商品販売の事業展開を実施。

○事業拡大シナリオ

年度	2016	2020	2025	2028 (最終目標)
低コスト化、商品技術開発				
燃料製造と一体化した社会実装実証事業				
国内バイオエタノール燃料企業連携の販売と拡大展開				
海外への事業展開				

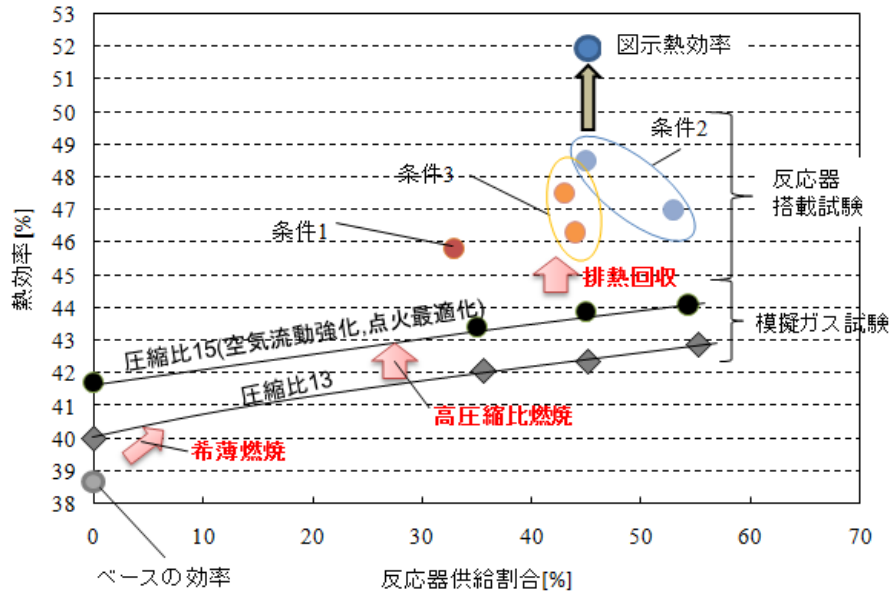
○シナリオ実現上の課題

- ・事業化に向けた改質エンジン商品化技術の開発と社会利用技術の実証。
- ・低濃度エタノール燃料の原料多様化技術の開発、実証。
- ・国内バイオエタノール燃料製造事業者との販売網拡大に向けた連携強化。
- ・海外への事業展開に向けた海外動向調査。
- ・低濃度エタノール燃料としてエネルギー事業法、消防法での燃料の位置付け、燃料課税に基づく義務付けの要件緩和 等。
- ・発酵・蒸留残渣の地元農家の利活用システムを地域行政支援のもと構築。

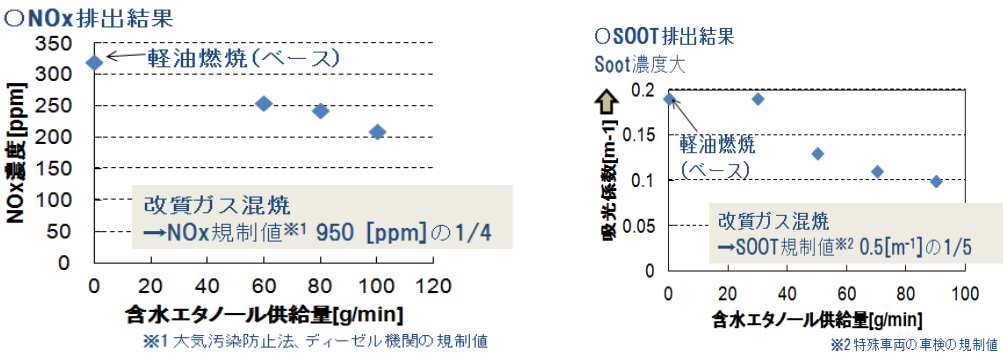
○参考資料 改質エンジンの効率化、部材やオイルの規格化に関する実証試験

■改質エンジンの評価結果

ベースエンジンの効率38.7%から、水素を混合し希薄燃焼、高圧縮比化により、44%まで効率向上。この燃焼条件で改質器を組み付け排熱回収を実施し、効率は正味で48.5%、図示効率で52%と含水燃料による高効率システムを実証した。

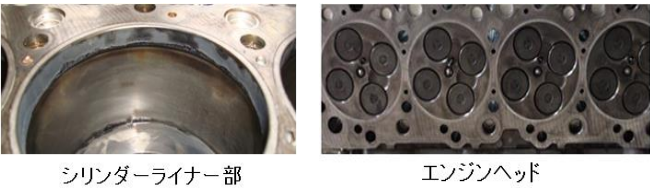


■NOx、SOOT排出計測結果 含水エタノール供給で各種規制値以下を実現。



■部材、オイル等への影響調査

含水燃料運転で、定期的に部品オイルのチェックを実施腐食や傷等部品への影響なく良好。



■実用エンジン改良仕様及びコスト算出結果

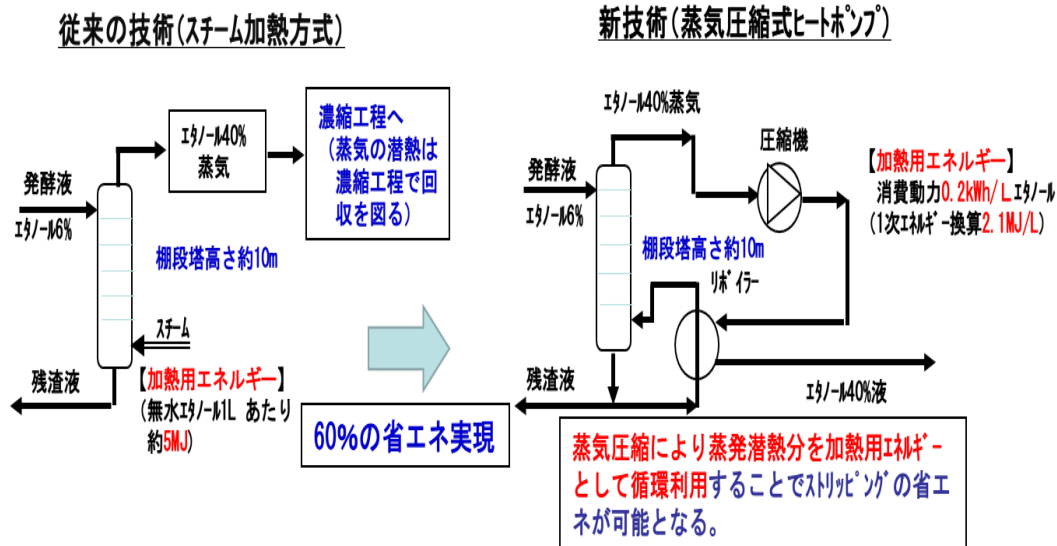
改良に必要な機器及びそのコストを下記表に記載。
稼働率60%、電力18¥/kWh、本システム改良で効率10%を仮定
60kWシステム: 60kW × 5256h × 18¥/kWh × 0.1=568k¥/年 ⇒ 4年回収
300kWシステム: 300kW × 5256h × 18¥/kWh × 0.1=2838k¥/年 ⇒ 2年回収

	条件1	条件2		条件3	
燃料濃度 [wt%]	21	29		39	
空気過剰率 [-]	1.91	1.9	1.95	1.8	1.85
NOx [ppm]	187	140	120	130	150
リアクタ入口温度 [°C]	105	105	105	105	105
リアクタ出口温度 [°C]	450	420	420	430	430

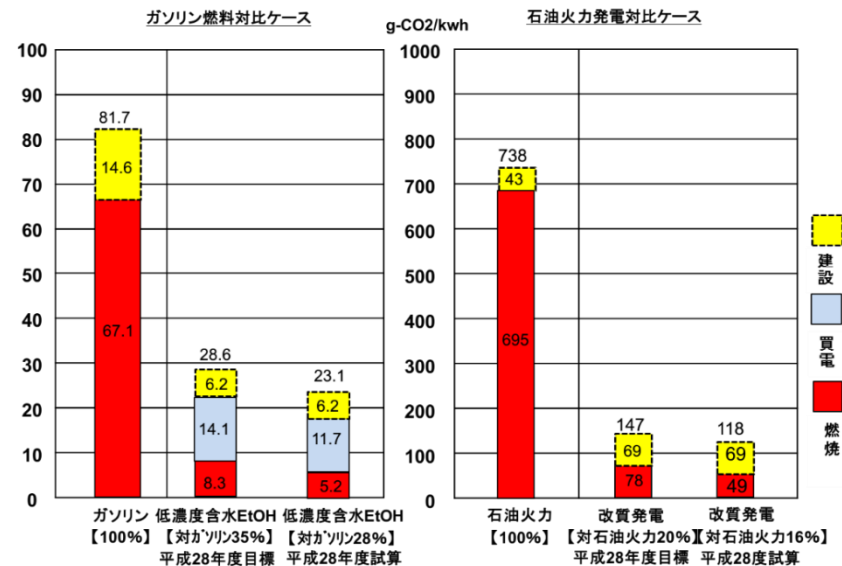
	改造部品	仕様	追加コスト [k¥] _60kW	追加コスト [k¥] _300kW
共通部品	燃料タンク	ステンレスタンク	100	200
	コントローラ	汎用FPGAボード	200	200
直接供給	燃料フィードポンプ、配管	汎用のマグネットポンプ、ステンレス配管	45	90
	圧力センサ	燃料水対応	5	5
	インジェクタ (4気筒分)	E85対応	50	250
	改質器	改質触媒	1000	2000
リアクタシステム	熱交換器	空冷インタークーラ型	100	200
	回収タンク	ステンレスタンク	50	100
	各種センサ (圧力、温度)	エタノール水対応、改質ガス対応	10	10
	マストロポンプ	燃料水対応	500	1000
	合計コスト (直接供給システム、リアクターシステム)		2060	4055

○参考資料 低濃度含水エタノール燃料製造システムに関する実証試験

蒸気圧縮式ヒートポンプによる蒸留塔の省エネルギー化



低濃度含水エタノール製造事業の温室効果ガス排出削減効果

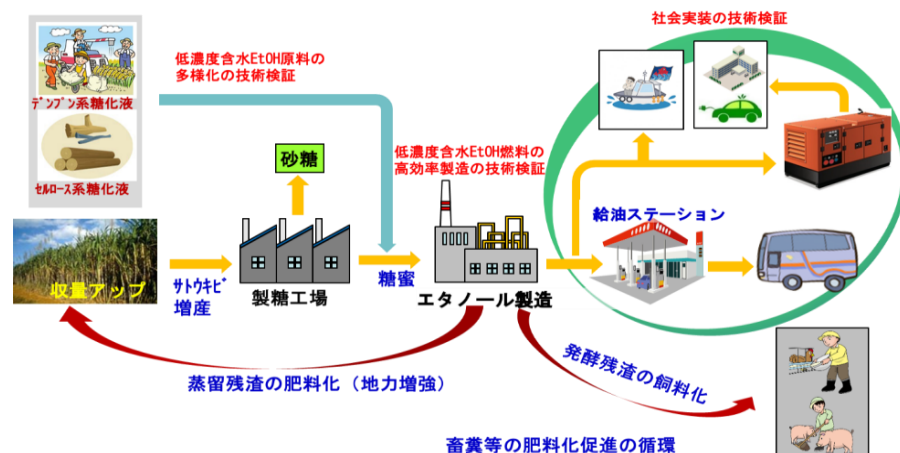


低濃度含水エタノール製造コスト試算(宮古島既存実用化設備想定)

E t OH生産量 (KL/年)			700		備考欄				
稼働日数 (日/年)			280						
項目			千円/年	円/L、円/kg					
売上	含水エタノール		42,000	60					
	蒸溜残渣液		27,000	5	産出量	5,400	トン/年		
	乾燥酵母		5,200	200	産出量	26	トン/年		
	合計		74,200						
原料費			②	3,500	5.0	糖蜜使用量(ton/Y)	3,500	単価 (¥/ton)	1,000
加工費	変動費	電気		6,275	9.0				
		燃料(A重油)		2,170	3.1				
		市水		1,820	2.6				
		薬品・副資材		2,450	3.5				
		変動費計	③	12,715	18.2				
	固定費	人件費		18,400	26.3	運転員：5名（含む残渣処理1名）、スタッフ：1名			
		外注費		5,020	7.2				
		修繕費		2,000	2.9				
		その他固定費		2,150	3.1				
		原料運搬費		1,820	2.6				
		減価償却費		5,000	7.1	設備改造費1.5億円（償却年数30年）			
		固定費計	④	34,390	49.2				
加工費計		⑤（＝③＋④）	47,105	67.4					
製造原価			④（＝②＋⑤）	50,605	72.4				
売上総利益			①－④	23,595					

宮古島の次期技術開発実証事業のイメージ図

- ①原料多様化に対応する低濃度含水エタノール燃料製造の連続発酵・連続蒸留技術開発の検証
- ②低濃度含水エタノール燃料の車両搭載技術、電気自動車充電及び非常用改質エンジン発電設備等への社会実装の技術実証
- ③地元農業高校との連携した農畜産物の共同研究実証を踏まえて発酵残渣酵母及び蒸留残渣液の地元農家、畜産家への利用を促進する地域体制の構築



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 6.7点（10点満点中）
- 評価コメント
 - － 本事業については計画通り行われ、技術開発の目標を概ね達成したものと評価する。
 - － 今後の事業化に向け、改質エンジンとエタノール発酵技術を含めた全体システムの普及には必ずしも十分な見通しが得られていないと思われる。地域の具体的な条件の中でさらに改善すべき点を明らかにすると同時に、どのようなビジネス形態が成立しうるか十分に検討し、円滑に事業化することを期待する。
 - － 本事業の実施内容について積極的に成果を広く公表し、その際は環境省「CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」である旨を周知することを求める。