

## 4. 実証試験

### 4.1. 実証試験設備

#### 4.1.1. 設置場所

本実証設備は以下の場所に設置した。

設置場所：鳥取環境大学内

住所：鳥取市若葉台北 1-1-1

図 4 は鳥取環境大学内の設置場所の外観である。鳥取環境大学ではこれまで廃食油を原料として FAME 法により 100L/日の FAME を製造し、スクールバスや農機具等の燃料として利用している。



図 4 実証設備設置場所の外観

図 5 に本実証事業の体系図を示す。本事業において使用する原料には、同大学が鳥取市内の家庭や事業所から回収している廃食油を用いた。また、製造したバイオ燃料の自動車燃料としての評価は、同大学のスクールバスを用いた。

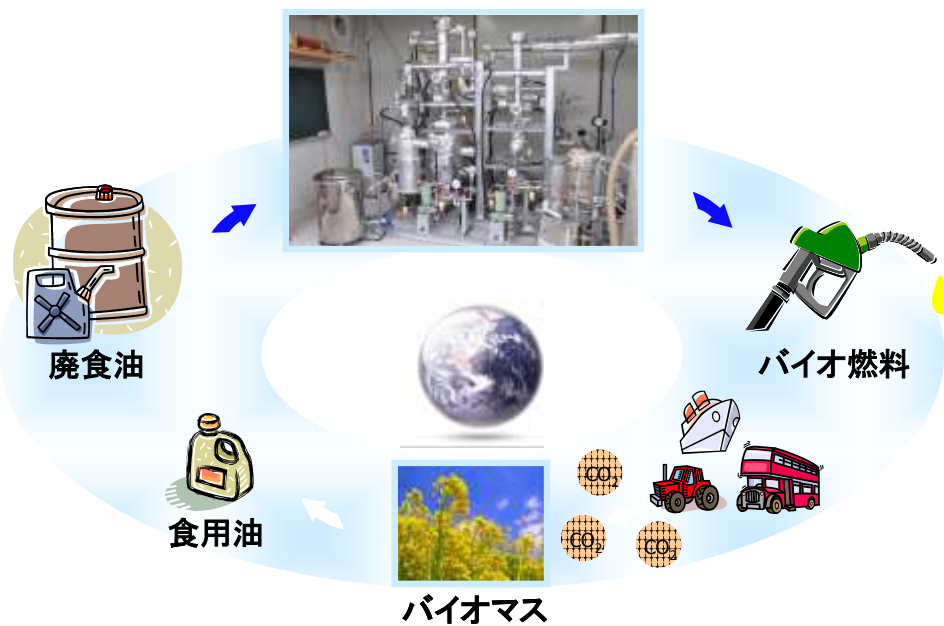


図 5 実証体系図

#### 4.1.2. 設備概要

図 6～7 と表 2 にバイオ燃料製造実証設備の設備外観、配置図と設備仕様を示す。なお本設備の能力および寸法は以下の通りである。

##### <設備能力>

原料	:	廃食油 (鳥取環境大学が鳥取市内の家庭等より回収した廃食油)
原料処理量	:	5L/h
バイオ燃料製造量	:	3L/h
設置基数	:	1 基

##### <設備寸法>

反応器ユニット	:	幅 2.6m×奥行 1.0m×高さ 2.5m
---------	---	------------------------



図 6 実証設備外観(反応器ユニット)

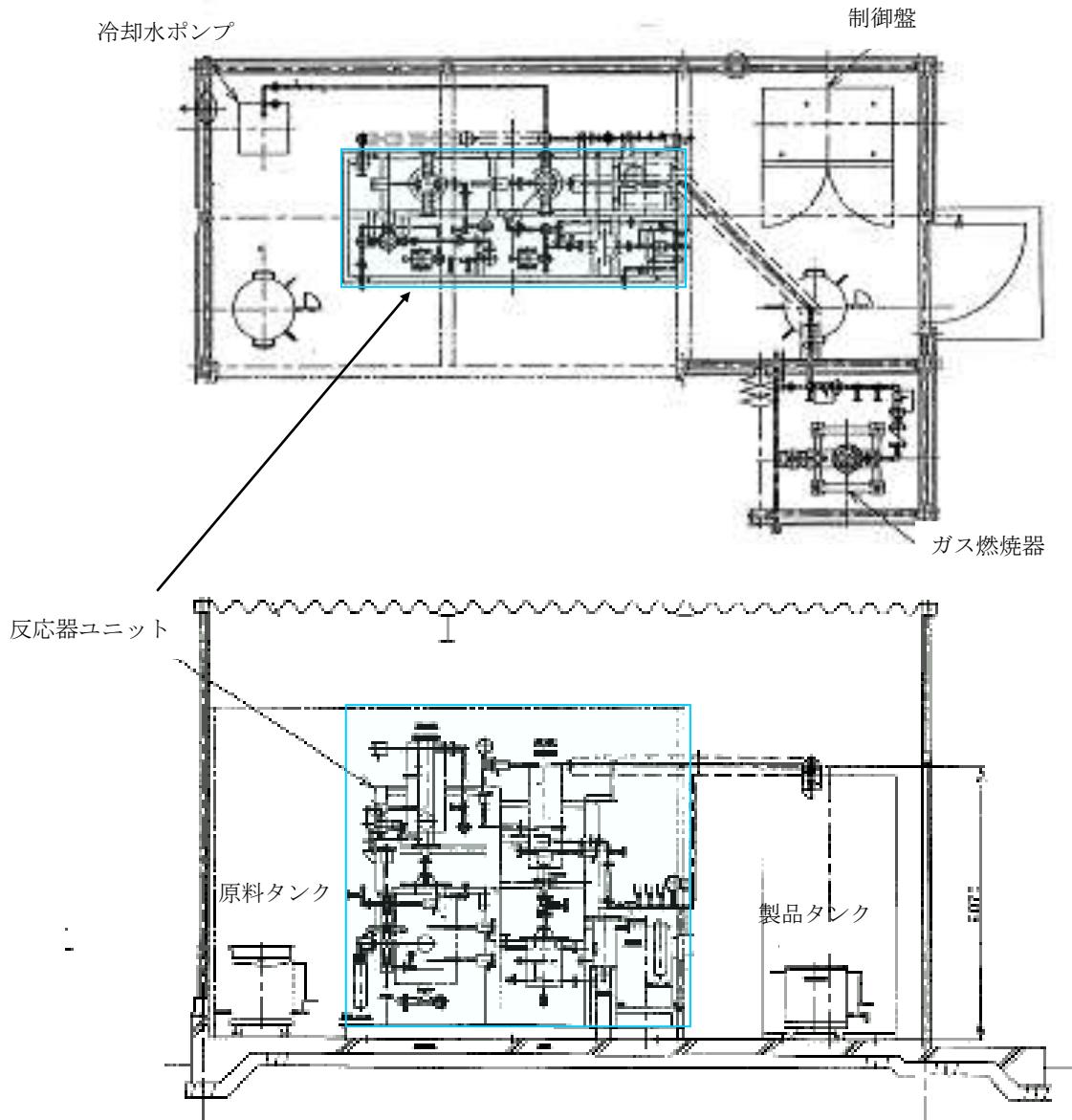


図 7 実証設備配置図

表 2 設備仕様

項目	仕様
原料	廃食用油
原料供給量	5L/h
触媒反応器	固定床式触媒充填層
反応方式	接触分解方式
触媒	セラミック系触媒
反応温度	400℃
反応圧力	常圧
分留器	充填塔
充填材	磁器ラッシュリング
冷却器	水管式
冷却水温度	10℃
後処理器	固定床式充填層
後処理剤	脱酸剤、脱色剤
後処理温度	常温
ガス燃焼器	触媒燃焼方式
触媒	白金系触媒
被処理流体	可燃性ガス、ナフサ留分

実証設備の各系統について以下に役割を示す。

<原料供給系統>

プレフィルタで粗ろ過した廃食油を原料タンクに一旦貯蔵してからポンプにより予熱器に送り、所定の温度まで昇温した後に触媒反応器内へ供給する。

<触媒反応器系統>

廃食油を添加ノズルから触媒が充填された固定床式の反応器に供給し、400℃において触媒上で反応させることにより軽質な炭化水素油の蒸気に変換する。

<分留系統>

触媒反応器から発生した炭化水素油を分留器にて高沸点成分（未分解成分）と中低沸点成分とに分離し、高沸点成分は触媒反応器へ返送する。中低沸点成分はさらに中沸点成分（軽油留分）と低沸点成分（ナフサ留分）とに分離する。

<後処理系統>

中沸点成分を冷却器にて常温まで冷却した後、後処理器にて脱酸・脱色処理等を行い、軽油規格を満たしたバイオ燃料として製品タンクに貯蔵する。

<ガス処理系統>

分留された低沸点成分と可燃ガスは設備の熱源として有効利用することができる。しかし、本実証試験では、製造したバイオ燃料の品質および自動車燃料としての適用性評価に重点を置いたため、低沸点成分と可燃ガスを白金系触媒（ハニカム形状）が充填されたガス燃焼器にて燃焼処理し、排ガスとして排気する。

### 4.1.3. 適用法規

本設備の設置・運用にあたり、表 3 に示す法規申請および届出を行った。なお、廃食油については、廃棄物処理法に基づき鳥取環境大学が回収しているものを使用した。

今回の設備では適用外であったが、大規模な設備の場合には危険物製造所の申請や環境法令の届出が必要となる場合がある。

表 3 法規申請および届出

適用法令	届出・申請項目	対象
消防法・火災予防条例	少量危険物貯蔵届出	製造したバイオ燃料の貯蔵
	炉等設置届出	ガス燃焼器の設置
地方税法	営業の開廃等届出	バイオ燃料の製造・使用
	製造承認申請	バイオ燃料の製造
	軽油引取税納付申告	バイオ燃料の消費(自動車燃料)



## 4.2. 試験用原料油

実証試験で用いた原料油の性状および外観をそれぞれ表 4 と図 8 に示す。原料油には鳥取環境大学が鳥取市内の家庭や事業所より回収している廃食油を使用した。

実証試験期間中に原料油の酸価およびアルカリ成分を定期的に測定した結果、酸価は 0.5～4.6mgKOH/g、Na は 5～20mg/L、K は 3～10mg/L の範囲であった。

表 4 原料油(廃食油)性状

項目	単位	原料油(廃食油)	測定方法
工業分析			
密度(15°C)	kg/L	0.9228	JISK2249
動粘度(40°C)	mm <sup>2</sup> /s	32.2	JISK2283
流動点	°C	-5.0	JISK2269
酸価	mgKOH/g	0.5～4.6	JISK2501
水分	ppm-wt	3100	JISK2275(カールフィッシャー法)
高位発熱量	kJ/kg	39,400	熱量計
低位発熱量	kJ/kg	36,900	熱量計
元素分析			
C分	%-wt	78.6	CHN計
H分	%-wt	11.1	CHN計
N分	%-wt	<0.01	ケルダール法
O分	%-wt	10.2	計算
Na分	mg/L	5～20	JISK0102
K分	mg/L	3～10	JISK0102
Cl分	%-wt	<0.05	イオンクロ
S分	%-wt	<0.05	JISK2541準拠



図 8 原料油各ロットの外観

### 4.3. 運転条件

表 5 に代表的な試験条件を示す。原料油の供給量は定格で 5L/h である。触媒反応器の平均温度は約 400℃、圧力は常圧である。

得られたバイオ燃料の収量は、触媒反応器への原料投入量と中沸分留器出口の冷却器で回収された量を経時的に計測することによって算出した。また回収したバイオ燃料の性状は JIS K2204 に則って分析評価した。

表 5 実験条件

原料油	廃食油
原料処理量	5 L/h
触媒温度(平均)	400 °C
反応圧力	1 kPaG
分留温度(高温部)	250 °C
分留温度(低温部)	160 °C
回収油冷却温度	10 °C

#### 4.4. 試験結果

##### 4.4.1. 運転状況

図 9 に触媒反応器内の温度および圧力、各分留器内温度のトレンドの一例を示す。触媒温度は中心部で 400℃前後、高沸分留温度は 250℃、中沸分留温度は 160℃に制御し、反応器圧力も常圧で安定した運転を行うことができた。

表 6 にガス燃焼器の出口排ガス性状を示す。いずれも数 10ppm 程度と十分に低い値で運転できた。

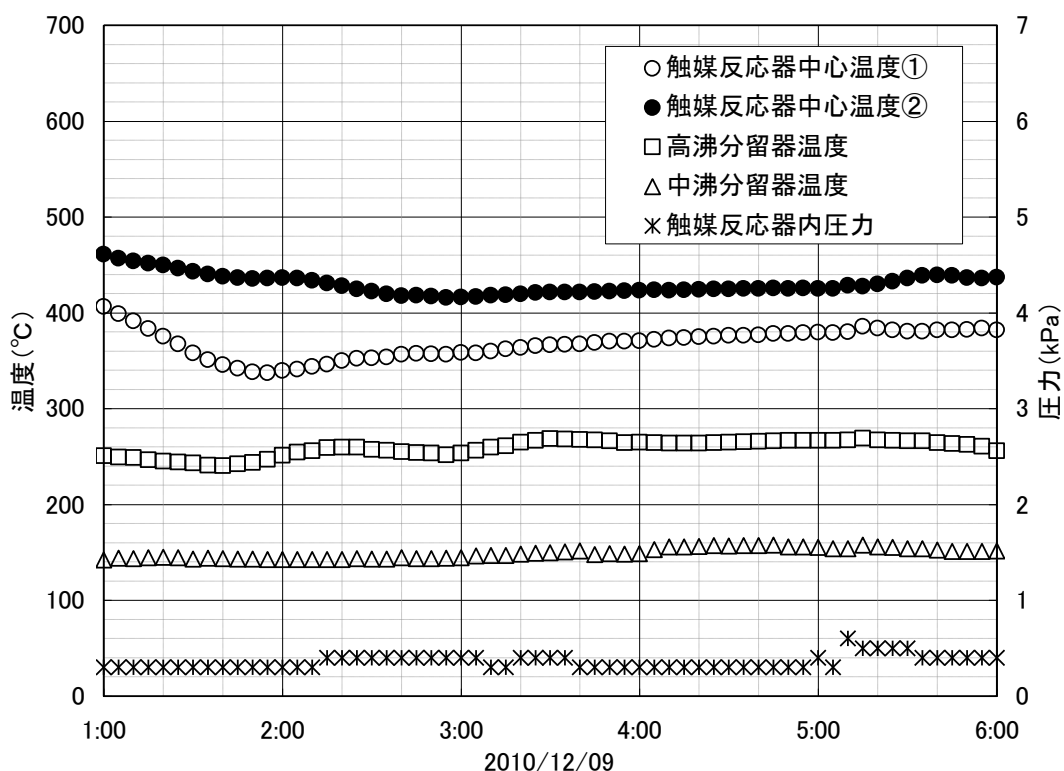


図 9 触媒反応器内部温度および圧力、分留器内部温度のトレンド

表 6 可燃性ガスの燃焼排ガス性状

項目	単位	排ガス濃度	測定方法
酸素	%	13.8	O <sub>2</sub> 計
一酸化炭素※	ppm	10.6	CO計
塩化水素※	ppm	18	JISK0107
窒素酸化物※	ppm	4.5	JISK0104
硫黄酸化物	ppm	0.4	JISK0103

※ 濃度は酸素12%換算値

#### 4.4.2. 物質収率・熱量収率

図 10 に得られたバイオ燃料の重量収支とエネルギー回収率を示す。それぞれ原料油を 100%とした時の結果を示している。物質収支では、軽油留分のバイオ燃料を 60%回収でき、また、エネルギー回収率は 67%を達成した。

従来のエステル交換法で得られる FAME の燃料利用可能分のエネルギー回収率は 81%となる。一方、本技術における燃料としての利用可能分は、可燃ガス（水素、一酸化炭素および炭素数 1 から 4 の炭化水素ガス）と低沸成分（ナフサ留分：炭素数 5 から 8 の炭化水素油）を含めると 87%となり、従来の FAME に比べ優れたエネルギー回収率となる。また、本技術で製造したバイオ燃料は製造の際に化石燃料（石油）由来のメタノールを用いない 100%バイオマス由来の燃料であり、地球環境に優しい燃料である。

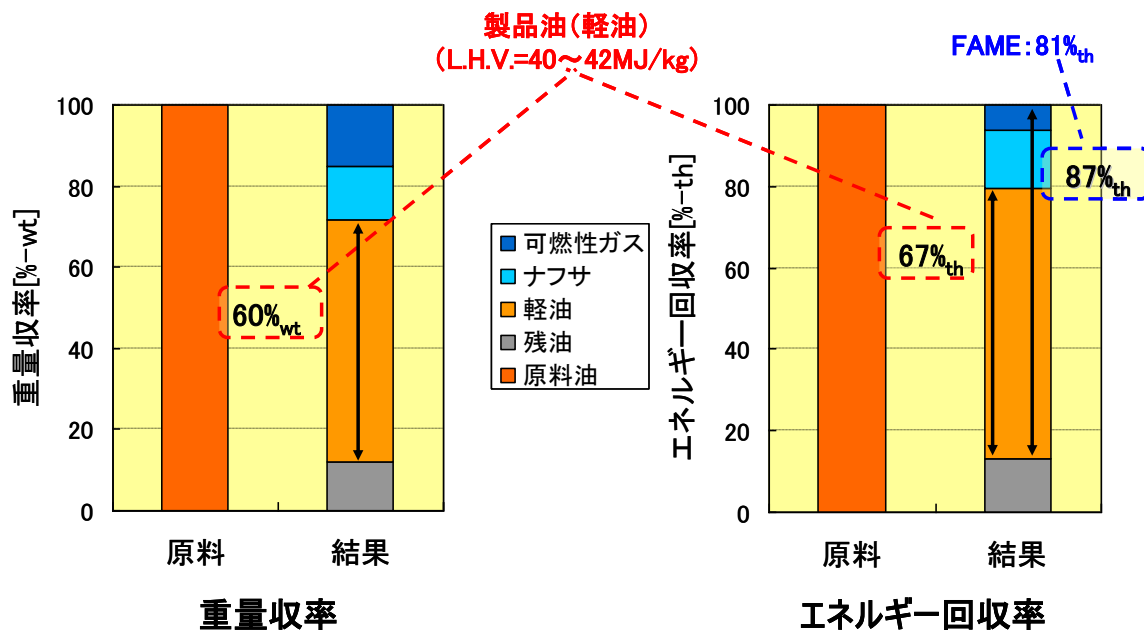


図 10 重量収支とエネルギー回収率

#### 4.4.3. 回収油の品質

得られたバイオ燃料の性状および外観を表 7 と図 11 に示す。表 7 の右端に併記した軽油規格と比較すると、製造したバイオ燃料は軽油規格を満足することがわかる。特に流動点と目詰点については、一般的な FAME の 0~20℃と大きく異なり、低温流動性向上剤を添加することなく-30℃と、規格値の-7.5℃を満たしており、低温流動性に優れた燃料である。また、低位発熱量が 41.6MJ/kg と市販軽油と同等の値であり、FAME の 37.0MJ/kg を大きく上回る。

表 7 回収したバイオ燃料の性状

項目		バイオ燃料	軽油規格
脂肪酸メチルエステル含有量	重量%	<0.1	<0.1
密度(15℃)	g/ml	0.84	<0.86
動粘度(40℃)	mm <sup>2</sup> /s	2.94	>1.7
引火点(PMCC)	℃	57	>45
硫黄分	ppm	<3	<10
残留炭素分(10%残油)	重量%	0.06	<0.1
セタン指数	-	47.7	>45
蒸留性状(90%留出温度)	℃	331	<360
トリグリセリド	重量%	<0.01	<0.01
流動点	℃	-30	<-7.5(冬季)
目詰点	℃	-25	<-5(冬季)
高位発熱量	kJ/kg	44,500	-
低位発熱量	kJ/kg	41,600	-



図 11 回収したバイオ燃料の外観

#### 4.4.4. 自動車利用によるエンジン適合性評価

鳥取環境大学殿のスクールバス（図 12 参照）を用いたエンジン適合性評価試験の結果について述べる。使用したスクールバスはトヨタ自動車株式会社製の水冷直列 6 気筒ディーゼルエンジンを搭載した 24 人乗り用で、排気量は 4.2L である。試験運行は 7 月末から 12 月末まで実施した。本試験期間中のバイオ燃料給油量は約 500L、総走行距離は約 2,700km に達した。

運転者を対象に実施したアンケート調査結果を表 8 に示す。本技術で製造したバイオ燃料は市販軽油と同等のエンジン性能（エンジン音、始動性、応答性）であり、かつ、排ガスの臭いや色も問題ないとの評価を得た。また燃費については、バイオ燃料が 4.8～6.1km/L に対し、市販軽油が 4.9～6.2km/L、FAME が 4.4km/L となり、従来の FAME より優れ、市販軽油と同等の結果であった。

以上より、本技術で製造したバイオ燃料は市販の軽油と同等の自動車燃料として使用できることが立証された。



図 12 スクールバスの外観

表 8 運転性評価アンケート調査結果(回答数計 50 日分)

評価項目	バイオ軽油	FAME(従来法)
エンジン音	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(100%)
エンジンの始動性	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(92%) やや悪い(8%)
アクセル応答性	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(85%) やや悪い(15%)
エンジン回転	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(62%) やや悪い(38%)
エンジン出力	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(23%) やや悪い(77%)
登坂能力	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(8%) やや悪い(92%)
異常な振動・ショック (ノッキング)	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(100%)
運転のしやすさ	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(100%)
排ガスの臭い	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(8%) やや悪い(92%)
排ガスの色	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(85%) やや悪い(15%)
マフラーの付着物	軽油と変わらない(100%)	軽油と変わらない(100%)

※市販軽油と比較して「良い」「やや良い」「変わらない」「やや悪い」「悪い」の5段階評価