

6. 大阪府における食品系廃棄物からの再生品の高度化に向けた実証

6.1 エコタウン地域の取組状況

6.1.1 大阪府エコタウン事業

(1) 大阪府エコタウンプラン概要

大阪府エコタウンプランは、平成 17 年 7 月に策定されている。プランの主な内容を以下に示す。

- 「大阪府エコタウンプラン」
 - 平成 17 年 7 月策定
- 基本的な考え方
 - 廃棄物処理・リサイクルをめぐる諸課題を踏まえて、課題解決の方向性を整理
 - ◇ リサイクル施設整備の考え方を提示
 - ◇ 有害物質を含む等処理困難な廃棄物
 - ◇ 最終処分される量及び比率が高い廃棄物
 - ◇ 資源として有用性があり更に有効利用を進めるべき廃棄物
 - 独創性、先駆性のある事業の推進
 - ◇ 臨海部の遊休地を活用した新技術・新システムを導入したリサイクル施設の立地
 - ◇ 中小企業から排出される有害産業廃棄物のリサイクル施設の立地
 - ◇ 地球温暖化対策にも貢献するリサイクル施設の立地
 - ◇ 自然再生の取組みとの連携により、廃棄物最終処分場跡地を循環型社会形成のモデル地区として再生
 - ◇ 資源循環型地域形成上の効果
 - 府域の廃棄物リサイクルに与える効果
 - ◇ 大阪経済を担う中小企業から排出される有害廃棄物の適正処理が進展
 - ◇ 建設系や木質系廃棄物のリサイクルが進み、府廃棄物処理計画の目標（最終処分量半減）達成に大きく貢献
 - 府域の経済に与える効果
 - ◇ 7 事業合計の施設整備費 約 2 5 0 億円、直接雇用 約 3 3 0 人
 - 地域における循環型社会形成の端緒として効果
 - ◇ 堺第 7 - 3 区（廃棄物最終処分場跡地）をリサイクル施設の拠点に

(2) 大阪府エコタウンプランの方針

大阪府エコタウンプランの施設整備方針は以下に示すとおりである。基本的には先導的に整備すべきリサイクル施設の要件が整理されており、それに基づいて基本的な考え方が示されている。

- 先導的に整備すべきリサイクル施設
 - 有害物質を含む等処理困難な廃棄物の適正処理・リサイクル施設
 - 建設廃棄物などの「最終処分される量及び比率が高い廃棄物」を対象としたリサイクル施設
 - 容器包装廃棄物や食品廃棄物などの「資源として有用性があり更に有効利用を進めるべき廃棄物」を対象としたリサイクル施設
 - 今回の実証実験対象の施設が該当
- 配慮すべき基本的な考え方
 - 周辺への環境影響を可能な限り回避・低減
 - 近隣府県等との広域連携による適切な施設配置
 - 関連する廃棄物処理・リサイクル施設相互の連携が容易となる施設配置
 - 産業構造の変化により臨海部を中心に発生している民間所有地を含めた遊休地の活用
 - 循環型社会のモデルとして、広大な未利用地である廃棄物最終処分場跡地の活用
 - リサイクルの取組を一層推進するため、地域に密着したリサイクル施設の整備を計画的に進めている地域への施設配置

6.1.2 施設整備状況

大阪府エコタウンプランの主要施設は表 6-1 のとおりである。また、各施設の立地場所を図 6-1 に示す。

表 6-1 大阪府エコタウンプランの主要施設

	事業名	処理能力	対象廃棄物	リサイクル製品
堺 第 7 3 区	①亜臨界水反応による 廃棄物再資源化事業 (リマテック㈱)	脱塩再資源化システム 50トン/日 バイオディーゼル燃料製造 システム 20トン/日	有機塩素系廃溶剤 動植物性油脂	アルコール 塩化ナトリウム バイオディーゼル燃料 低級燃料油 等
	②混合廃棄物リサイクリング アソートセンター事業 (㈱DINS堺RAC事業所)	破碎・選別・圧縮・梱包 施設 500トン/日	建設系混合廃棄物 工場系混合廃棄物	製紙原料 RPF原料 再生骨材 等
	③食品系・木質系廃棄物 総合リサイクル事業 (㈱関西再資源ネットワーク)	圧搾・乾燥・炭化・液化・分留 施設 105トン/日 実証研究:H16年度～ ※実証研究後、商用施設を具体化	食品系・木質系 廃棄物	炭化物 食酢液 木酢液 タールピッチ
	④食品残渣の飼肥料化及び 廃プラスチック等原燃料化 事業 (太誠産業㈱)	食品発酵施設 50トン/日 廃プラ圧縮梱包・破碎・ 圧縮固化施設 60トン/日	食品残渣 弁当箱 梱包材	飼料、肥料、 固形燃料(RPF)
	⑤廃木材等によるバイオマス エタノール製造事業 (㈱DINS堺 バイオエタノール事業所)	破碎施設 180トン/日 発酵施設 82トン/日 ポイラー施設 86トン/日	建設系混合廃棄物 紙くず 食品残渣(おから等)	燃料用エタノール 電力
臨大 海阪 部市	⑥都市型製鉄所における廃棄物 適正処理リサイクル事業 (中山エコメルト㈱)	ガス化溶融炉 320トン/日 回転炉床炉 530トン/日	建設系混合廃棄物 シュレッダーダスト(ASR) 製鉄ダスト 等	還元鉄 スラグ メタル 等
府 内 陸 部	⑦容器包装プラスチック100% 再利用高品質パレット製造 事業 (㈱リサイクル・アント・イール)	破碎・選別・再生品製造 施設 48トン/日	容器包装プラスチック (その他プラスチック)	物流パレット

(注) ⑥の事業については、事業化に至らず。

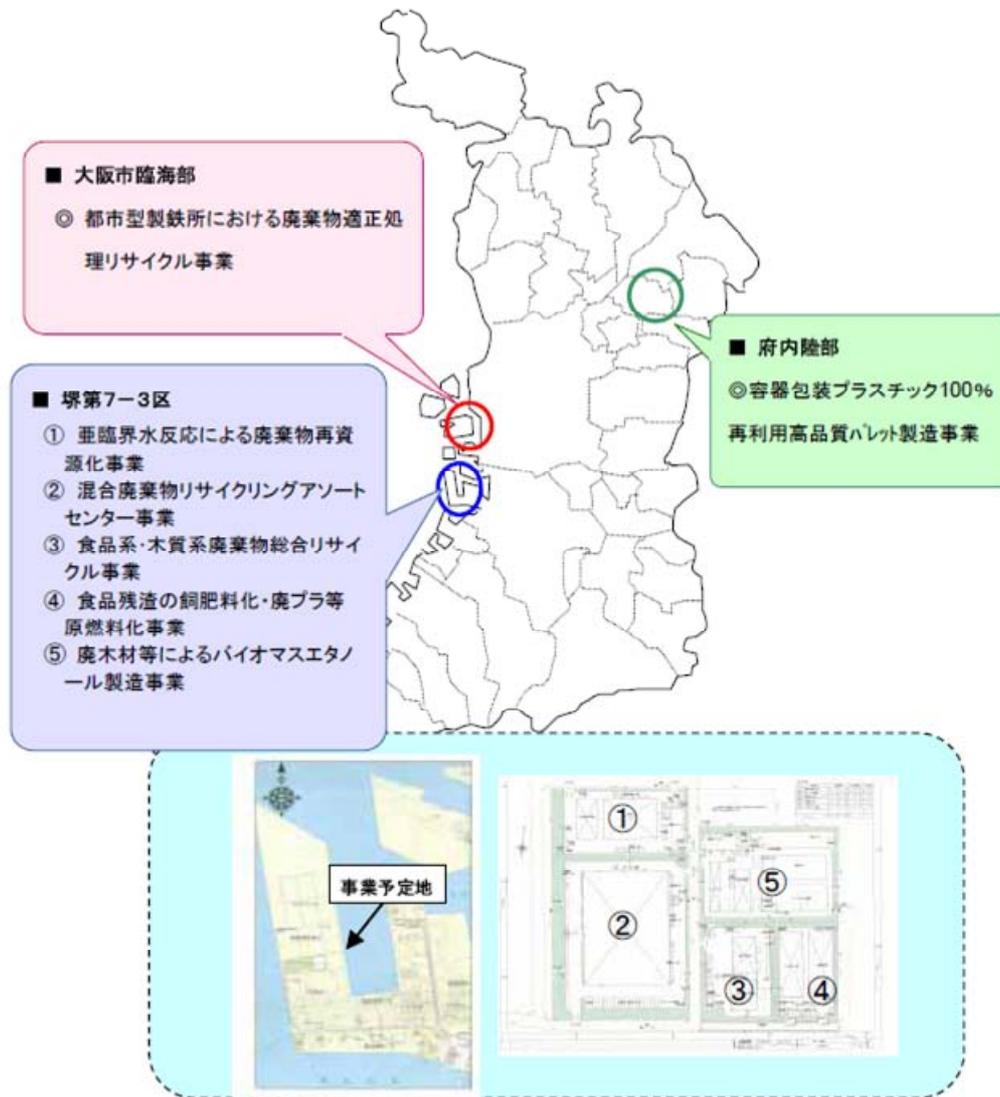


図 6-1 大阪府エコタウンプランの施設立地状況

6.2 モデル事業

6.2.1 モデル事業の狙い

(1) 背景

- 大阪府では、全国比で5%強の食品廃棄物の発生量があると推計される。
- また、食品リサイクル法の実績を見ると、まだまだ未利用の食品廃棄物も多い。

(2) 選定理由

- 「資源として有用性があり更に有効利用を進めるべき廃棄物」の有効利用については大阪府エコタウンプランにおいて、優先的に解決すべき課題として位置づけられている。
- 大阪府エコタウンには、全国で唯一食品リサイクル法の登録再生利用事業者として唯一認定された「炭化处理」事業者が存在。
- 炭化处理は、各種食品廃棄物を幅広く受入可能であり、未利用の食品廃棄物の有効利用に適した処理事業である。
- このため、調達側の拡大可能性としては十分にポテンシャルがあるものの、炭化製品の販売については、現状で幾つかの課題を抱えており、技術的な面から解決策を検証することが求められている。

6.2.2 モデル事業に係わる各種状況

(1) 大阪府における未利用食品廃棄物の推計量

- 全国での食品廃棄物の発生量から大阪府での食品廃棄物は1,194千トン/年と推計

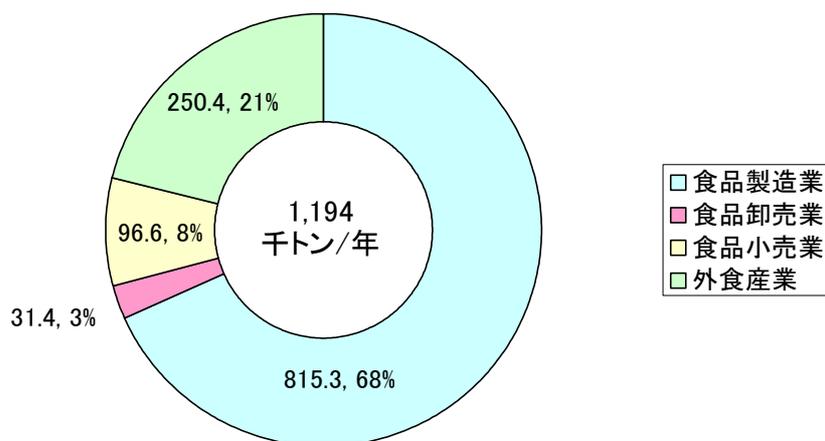


図 6-2 大阪府での食品廃棄物発生量（推計値）

- 全国平均の再生利用率を用いると、大阪府での未利用量が 342.4 千トン/年と推計
 - 外食産業からのものが 61%と最も多い

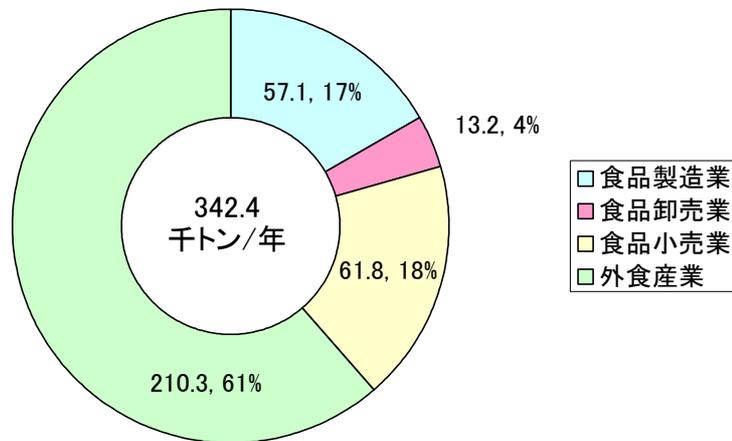


図 6-3 大阪府での未利用食品廃棄物発生量（推計値）

(2) バイオマス炭事業

- バイオマス炭製造設備
- 105t/日の設備能力
- 年間処理能力がおよそ 38 千トンであり、未利用量の 1 割程度に相当
- H23 年の生産実績は約 73 トン/月
- バイオマス炭の需要
- 製紙、鉄鋼、セメントなど石炭代替でのバイオマス燃料の需要有り
- ただし、含水率が高いため安価での売却
- 含水率 50%では 5 円/kg 程度
- バイオマス炭の製造工程フロー
 - 安全性の観点から、炭製造後に加水し含水率を 40~60%にして保管・販売

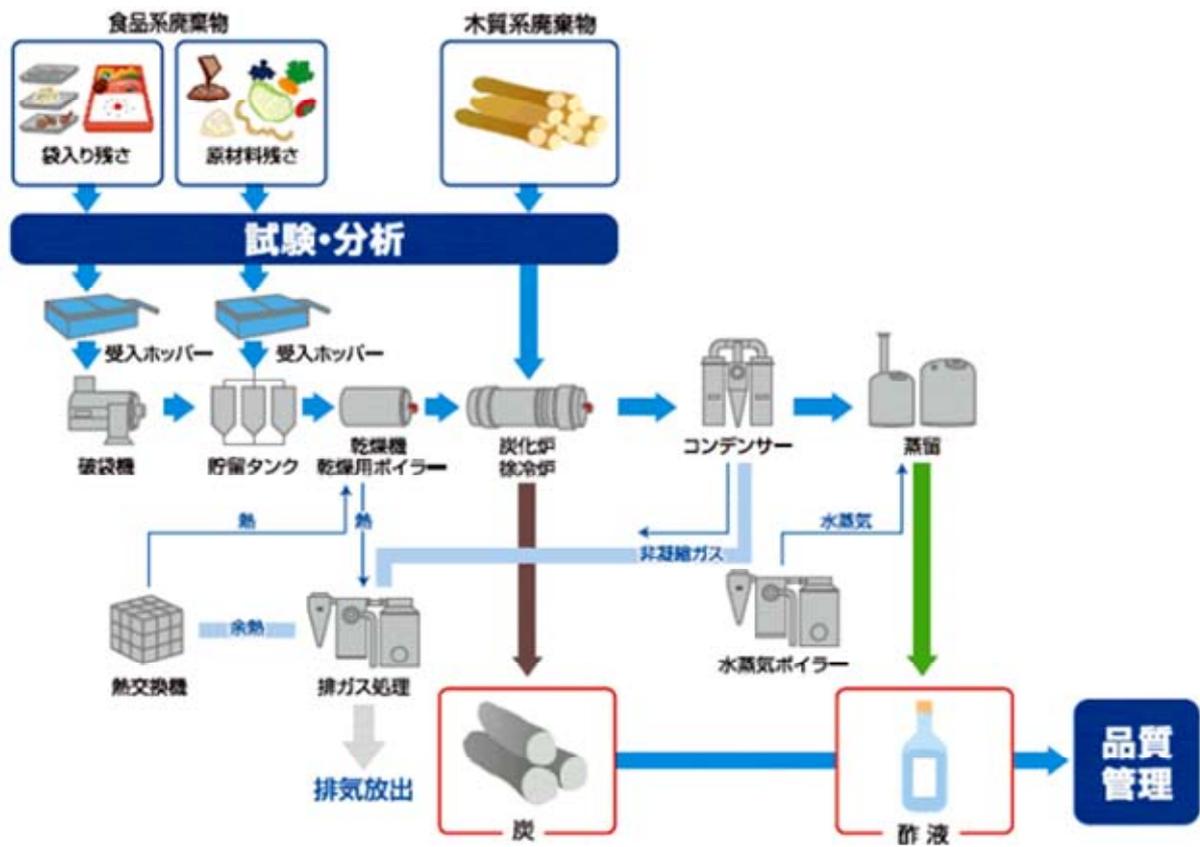


図 6-4 バイオマス炭製造工程フロー

(出典) 関西再資源ネットワーク <http://www.ksn.ne.jp/service/tankagijutsu/>

6.3 実証実験計画

6.3.1 実証実験概要

(1) 実証実験の狙い

① 全体

- バイオマス炭の需要拡大及び高付加価値化のための製品試作と製品機能評価を実施

② サーマルリサイクル実験

- 需要家のニーズの高い低含水率バイオマス炭の製造
 - 含水率を25%程度に下げると、売却単価を2倍程度（10円/kg）とできる想定
 - 液体燃料化による需要家の拡大
 - 石炭代替以外の需要家の開拓
 - エコタウン事業者の連携

③ マテリアルリサイクル実験

- 土壌改良資材としての用途拡大
- 木炭と同等の機能を有することの評価

(2) 事業仮説

① 低含水率化製品

- 石炭代替燃料としてニーズの高い低含水率のバイオマス炭を製造
- 製品単価として2倍相当（kcal/kgが2倍）の高付加価値化を図る
- これにより、需要家の拡大や既存需要家から収入の増加を図る

② 液体燃料化

- 液体燃料化により含水率が低下し、顧客ニーズに合致
- 重油等の液体燃料化を図り、従来と異なる需要家を開拓

③ マテリアルリサイクル（土壌改良資材利用）

- サーマルリサイクル以上の高付加価値化
- 排出事業者に再生利用としてアピールし調達力を強化
- 将来的には炭素貯留などの機能も想定
- 土壌改良資材であれば競合事業者が少ない
- サーマルリサイクルであれば、RPFなど他の再生燃料との競合あり

(3) 検証すべき課題

① 低含水率製品

- 含水率 40～60%のバイオマス炭を、ロータリーキルンを用いて緩慢乾燥し、含水率 25%（目標）のバイオマス炭を製造
- 製造方法の検証
- 製造した低含水率のバイオマス炭の性状を検証
- 含水率 40～60%のバイオマス炭と同様に利用可能であるか検証

② 液体燃料化

- 廃油や廃プラ粉を混合させバイオマス炭含有の液体燃料を製造
- 製造方法の検証
- 製造した液体燃料の性状を検証
- 想定される需要家で利用可能であるか検証

③ マテリアルリサイクル（土壌改良資材利用）としての評価

土壌改良資材は、土壌に施用し、土壌の物理的性質、化学的性質あるいは生物的性質に変化をもたらして、農業生産に役立たせる資材である。いわゆる土壌改良資材とよばれるものの中には、肥料取締法で肥料に該当するものや、地力増進法で指定されたものばかりでなく、そのいずれにも該当しないものも含まれる。

- 食品系バイオマス炭の土壌改良資材としての機能の検証
- 透水性の改善効果の検証
- 微生物活性化効果の検証
- 製品の安全性の検証

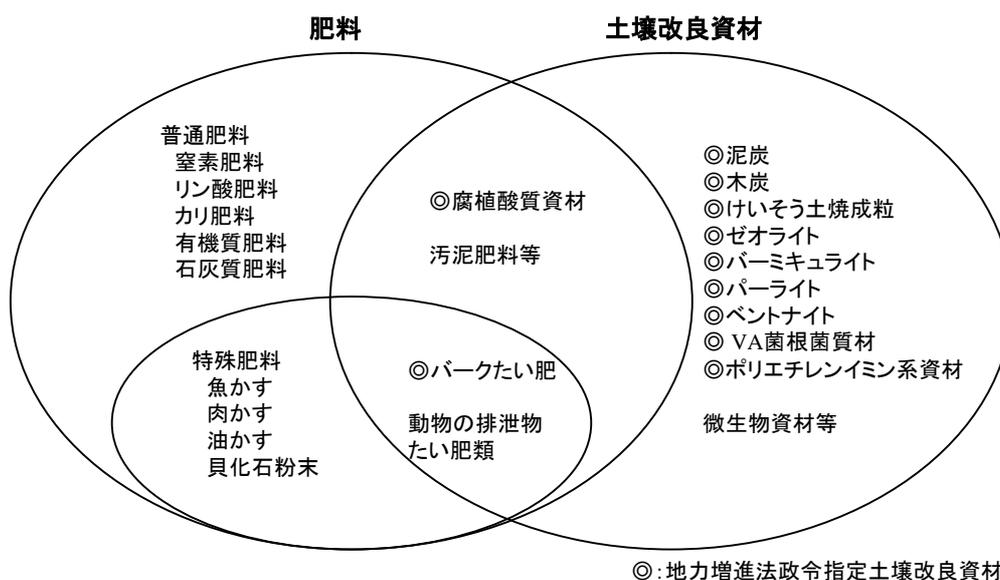


図 6-5 土壌改良資材と肥料の関係

表 6-2 地力増進法政令指定土壌改良材の主たる効果

種類	説明	基準	用途(主たる効果)
泥炭	地質時代にたい積した水ごけ、草炭等	乾物 100g 当たりの有機物の含有量 20g 以上	土壌の膨軟化、土壌の保水性の改善(有機物 70%未満)、土壌の保肥力の改善、(有機物 70%以上)
パークたい肥	樹皮を主原料とし、家畜ふん等を加えたい積、腐熟させたもの	肥料取締法(昭和 25 年法律第 127 号)第 2 条第 2 項の特殊肥料又は肥料取締法施行規則(昭和 25 年農林省令第 64 号)第 1 条の 2 第 1 項第 6 号若しくは第 7 号の普通肥料に該当するものであること	土壌の膨軟化
腐植酸質資材	石炭又は亜炭を硝酸又は硫酸及び硫酸で分解し、カルシウム化合物又はマグネシウム化合物で中和したもの	乾物 100g 当たりの有機物の含有量 20g 以上	土壌の保肥力の改善
木炭	木材、ヤシガラ等を炭化したものの粉		土壌の透水性の改善
けいそう土焼成粒	けいそう土を造粒して焼成した多孔質粒子	気乾状態のもの 1L 当たりの質量 700g 以下	土壌の透水性の改善
ゼオライト	肥料成分等を吸着する凝灰岩の粉末	乾物 100g 当たりの陽イオン交換量 50mg 当量以上	土壌の保肥力の改善
バーミキュライト	雲母系鉱物を焼成したもの非常に軽い多孔性構造物		土壌の透水性の改善
パーライト	真珠岩等を焼成したもの非常に軽い多孔性構造物		土壌の保水性の改善
ベントナイト	吸水により体積が増加する特殊粘土	乾物 2g を水中に 24 時間静置した後の膨潤容積 5ā 以上	水田の漏水防止
VA 菌根菌資材	土壌中の微生物である菌根菌の一つで、カビの仲間。のう状体(vesicule)、樹枝状体(arbuscule)の頭文字をとって VA 菌根菌と表現されている。	共生率が 5%以上	土壌のりん酸供給能の改善(植物が吸収することのできる土壌中のりん酸(有効態りん酸)が増加すること。)
ポリエチレンイミン系資材	アクリル酸・メタクリル酸ジメチルアミノエチル共重合物のマグネシウム塩とポリエチレンイミンとの複合体	質量百分率 3%の水溶液の温度 25°Cにおける粘度 10 ポアズ以上	土壌の団粒形成促進
ポリビニルアルコール系資材	ポリ酢酸ビニルの一部をけん化したもの	平均重合度 1,700 以上	土壌の団粒形成促進

(出典) 農林水産省資料 http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_dozyo/pdf/chi5.pdf

食品系バイオマス炭を、地力増進法指定の土壌改良資材あるいはそれと同等以上のものと位置づけることを想定すると、類似の「木炭」が有する性質やもたらす効果について、評価することが必要となる。そのために、主たる効果である「土壌の透水性の改善」の効果を評価する。さらに、土壌改良資材としての性状分析や安全性評価、木炭等で想定されている土壌中の微生物活性機能の評価を行うものとする。

6.3.2 炭の緩慢攪拌乾燥による含水率低下試験

- 低含水率製品の試作
 - ローターキルンを使用し、品質低下しないように、炭の十分な攪拌による乾燥空気循環および低温空気(温度帯の最適化)による緩慢乾燥を行い、低含水率の炭を試作
 - 基本的には、日次で製造するバイオマス炭から各実験用の炭を提供
 - 日次で製造するバイオマス炭 (4t/d 程度) からバイオマス炭 (低含水率) を 2t/d 程度継続製造
 - 合計 50t 程度の製造を予定
 - 適切な緩慢乾燥処理条件を検証
- 評価実験
 - 性状分析 (水分、発熱量) により品質を検証
 - 必要に応じて、組成等の分析も考慮
 - 需要家での燃焼 (試作品利用) により実用可能性を検証
 - 既存のバイオマス炭需要者等での利用を想定

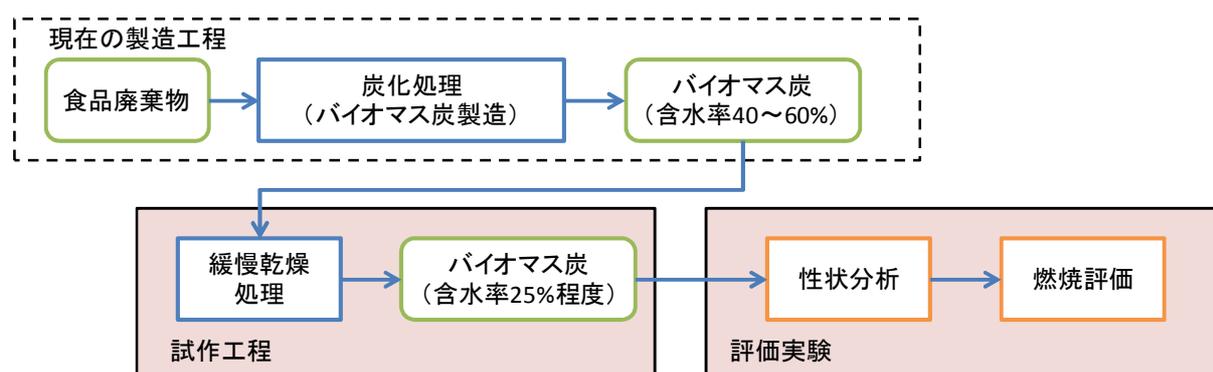


図 6-6 緩慢攪拌乾燥によるバイオマス炭の低含水率化実験概要

(1) 冷風乾燥実験

以下の試験区設定により、装置パラメータ条件（処理速度、キルン回転数、キルン誘引ファン出力）を設定のもと、冷風による乾燥実験を行った。各試験区の運転時間中、乾燥前および乾燥後の食品系バイオマス炭を1時間おきに500g採取しサンプルとした。実験 NO.1-1～1-5 は含水率が約50%、NO.1-6～1-10 は約30～40%のものを使用して実験を行った。

表 6-3 冷風乾燥実験の試験区

実験 NO.	運転時間 (h)	処理速度 (kg/h)	キルン回転数 (%)	キルン誘引ファン 出力(%)	乾燥前 含水率(%)
1-1	8	500	30	50	46.62
1-2	8	500	45	60	47.79
1-3	8	500	50	75	49.65
1-4	8	500	60	85	53.49
1-5	8	500	70	90	55.25
1-6	8	500	30	50	42.50
1-7	8	500	30	50	35.60
1-8	8	500	50	70	38.90
1-9	8	500	60	70	34.50
1-10	8	500	70	90	30.90

(2) 温風乾燥実験

以下の試験区設定により、装置パラメータ条件（処理速度、灯油バーナ出力）を設定のもと、温風による乾燥実験を行った。冷風乾燥実験において乾燥成績が比較的良好であった実験 No.1-5 における設定値（キルン回転数70%、キルン誘引ファン出力：90%）によりすべての実験を行った。乾燥前の炭の含水率は40%、50%、60%を供試し、灯油バーナ出力を10%～50%に各設定を行ったうえで、段階的に乾燥前炭投入量（kg/h）を増やし、その際の乾燥後含水率を指標にして実験を行った。各試験区において、乾燥前および乾燥後の炭を1時間おきに500g採取しサンプルとした。



図.乾燥キルン（上より撮影）



図.バイオマス炭供給機



図.バイオマス炭を炭供給機に仕込み 1



図.バイオマス炭を炭供給機に仕込み 2



図.灯油バーナ



図.調湿を行わない場合の炭の発火
(白い部分は灰・赤い部分は燃えている)

図 6-7 炭の緩慢攪拌乾燥の実験状況

表 6-4 温風乾燥実験の試験区

実験NO.	運転時間(h)	灯油バーナ 出力(%)	処理速度 (kg/h)	備 考
10-500	-40,50,60	2	10	乾燥前含水 率40,50,60% の炭を使用 して実験を 行った。
10-1000	-40,50,60	2	10	
10-1500	-40,50,60	2	10	
10-2000	-40,50,60	2	10	
10-2500	-40,50,60	2	10	
10-3000	-40,50,60	2	10	
20-500	-40,50,60	2	20	乾燥前含水 率40,50,60% の炭を使用 して実験を 行った。
20-1000	-40,50,60	2	20	
20-1500	-40,50,60	2	20	
20-2000	-40,50,60	2	20	
20-2500	-40,50,60	2	20	
20-3000	-40,50,60	2	20	
30-500	-40,50,60	2	30	乾燥前含水 率40,50,60% の炭を使用 して実験を 行った。
30-1000	-40,50,60	2	30	
30-1500	-40,50,60	2	30	
30-2000	-40,50,60	2	30	
30-2500	-40,50,60	2	30	
30-3000	-40,50,60	2	30	
40-500	-40,50,60	2	40	乾燥前含水 率40,50,60% の炭を使用 して実験を 行った。
40-1000	-40,50,60	2	40	
40-1500	-40,50,60	2	40	
40-2000	-40,50,60	2	40	
40-2500	-40,50,60	2	40	
40-3000	-40,50,60	2	40	
50-500	-40,50,60	2	50	乾燥前含水 率40,50,60% の炭を使用 して実験を 行った。
50-1000	-40,50,60	2	50	
50-1500	-40,50,60	2	50	
50-2000	-40,50,60	2	50	
50-2500	-40,50,60	2	50	
50-3000	-40,50,60	2	50	

(3) 各種分析

① 炭の含水率測定

JIS M8812 に準拠して水分の測定を行った。

② 炭の発熱量測定

JIS M8814 に準拠して測定を行った。

③ 余剰廃熱の熱量測定

炭化施設から発生する未利用な廃熱を乾燥熱として利用することを想定し、温度および風量を測定した。対象とした廃熱の出所は、食品系バイオマスを炭化した際に発生する熱分解ガスを排ガス燃焼炉において燃焼させる。熱は熱交換器で熱交換を行い、食品系バイオマスを乾燥するための乾燥キルンに導入し乾燥する。一方、熱交換されたガスは非接触で空気冷却にてさらに冷却する。この操作によって温空氣が発生していることから、平成 24 年 1 月～2 月にかけて、既設の風量計および熱伝対により風量と空氣温度を測定した。

6.3.3 炭と低含水再生資源等との混合による含水率低下試験

- 液体燃料の製造
 - バイオマス炭に廃プラ（粉末）、廃油等を混合し、バーナーなどの設備に適合する液体燃料を製造
 - 一定量のバイオマス炭がまとまった段階で液体燃料化
 - 混合物は適切な燃焼組成が得られるように調合（5種程度の組み合わせを想定）
 - 適切な性状の液体燃料製造条件を検証
- 評価実験
 - 性状分析（組成、発熱量、燃料性状）により品質を検証
 - 組成（水分・灰分・揮発分・固定炭素率、鉱物組成、塩素量、硫黄分）
 - 燃料性状（粉碎性（HGI）、灰の融点、引火点、流動性）
 - 需要家での燃焼（試作品利用）により実用可能性を検証
 - 液体燃料の需要者等での利用を想定

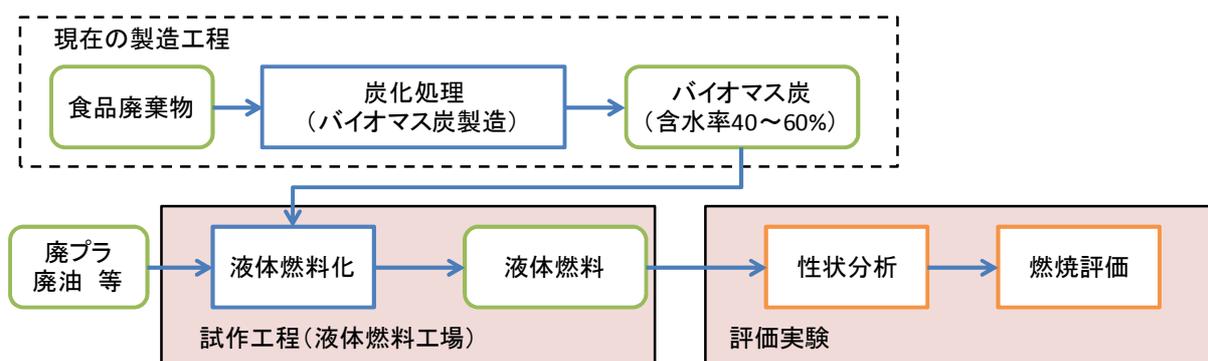


図 6-8 バイオマス炭の液体燃料化実験概要

(参考) RF 事業概要

- RF とは
 - RF とは、リマテック株式会社が発明した「可逆的チキソトロピー性を有するセメント焼成用補助燃料組成物（特許第 3039644 号）」による生成物を Reclaiming Fuel と称したもの。
- RF の製造
 - 各種製造業などから排出される廃油、汚泥などの産業廃棄物を「再資源化プラント」で、高度なミキシング技術と徹底した廃棄物管理による品質と安全管理により「セメント焼成用補助燃料」を製造。
 - この製造システムは二次公害の発生を伴わず、受入した産業廃棄物のほぼ 100% (97%) が燃料化。
 - ◇ RF プラントは、廃棄物の処理及び清掃に関する法律の許可を受けた「産業廃棄物処分施設（中間処理：混練による燃料化）」
- RF の販売
 - セメント工場へセメント焼成用補助燃料（石炭代替品）として販売。
- RF の技術 ～チキソトロピー性とエマルジョン～
 - チキソトロピー性とは、攪拌することにより粘度が減少し、静置すると粘度が極端に上がる現象。

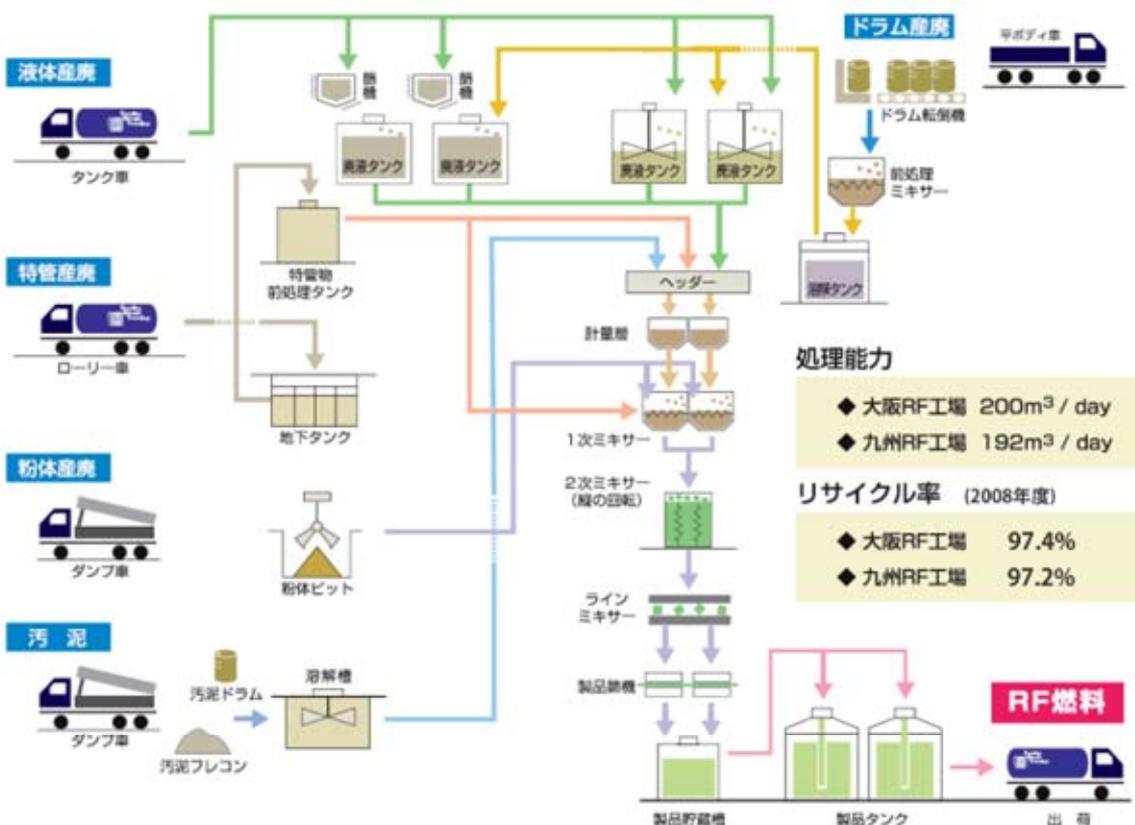


図 6-9 (RF 事業) の処理フロー

(出典) リマテック RF 事業 <http://www.rematec.co.jp/about/rf.htm>

バイオマス炭に含水率が低い再生資源、廃油等を混合し、熱量を調整した液体（スラリー状）燃料を製造して上述の技術的課題を解決する事を目標とする。試作製品の目標物性値は、現状製造されている石炭代替燃料のスペックに基づき、以下の内容で設定した。

表 6-5 試作液体（スラリー）燃料の目標物性値

物 性	目標・基準値
①低位発熱量	3000~5000[cal/g]
②塩素含有量	2000 未満[mg/L]
③燃焼特性	引火点：10℃以上、燃焼点：60℃以上
④可燃物濃度	可燃性液体 40%未満
⑤粘性	500cP 未満（測定温度：0℃）

(1) 試験内容及び方法

想定する液体（スラリー）燃料の製造フロー工程を図 6-10 に示す。

本製造工程での中核技術は、固体原料と水溶性原料及び油溶性原料を均一化する混錬技術である。単純に混合しただけでは、親和性が低いこれらの成分が分離してしまう。しかし、適度な配合、及び混合する事により、均一化（エマルジョン化）し、性状が安定した燃料として高付加価値化する事が出来る。

従って、本開発ではバイオマス炭に対して最適な再生資源（廃油等）の選定、及び混合比率を決定する事を目的として試験を実施した。

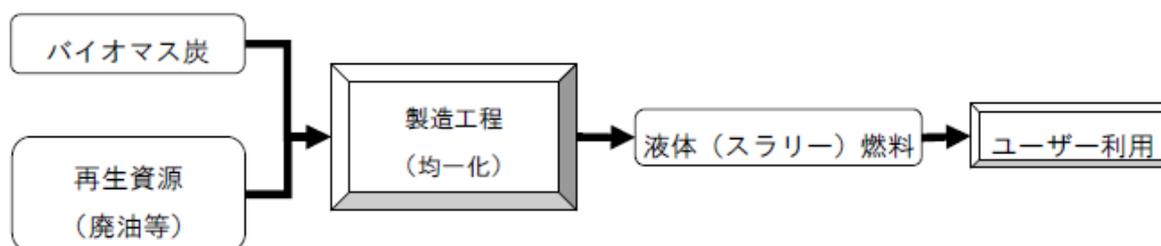


図 6-10 液体（スラリー）燃料製造フロー

① 原料の成分分析と前処理の検討

1) バイオマス炭

試作燃料の原料として関連する物性を測定した。分析項目と分析方法を表 6-6 に示す。

また、スラリー燃料を製造するためには、分散相（炭、固形）の粒子径及び粒度分布が十分に細かい事が必要となる。そのため、ロールブレイカー（楯前川工業所製 RBT1610）を用いた粉碎前処理試験を行い、粉碎前後の粒子径・粒度分布を測定し、2mm以下まで細かく出来るか検討を行った。

表 6-6 バイオマス炭の分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
①低位発熱量	JIS M 8814
②塩素含有量	燃焼式イオンクロマトグラフ (IC) 分析法
③燃焼特性	引火点：JIS K 2265 燃焼点：JIS K 2265 クリーブランド開放式
④含水率	JIS M 8812
⑤単位体積重量	重量法
⑥含有元素定性分析	蛍光 X 線分析法



図 6-11 ロールブレイカー

2) 再生資源（廃油）

試作燃料の原料として関連する物性を測定した。分析項目と分析方法を表 6-7 に示す。

表 6-7 再生資源（廃油）の分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
①低位発熱量	JIS M 8814
②塩素含有量	燃焼式イオンクロマトグラフ (IC) 分析法
③燃焼特性	引火点：JIS K 2265 燃焼点：JIS K 2265 クリーブランド開放式
④粘度 (0°C,20°C)	JIS Z 8803

② 原料の選定と配合率の決定

①で分析したバイオマス炭（粉砕前処理し、粒径を 2mm以下としたもの）・廃油、及び再生資源（汚泥・廃液）等を用い、500m Lスケールのビーカー試験にてスラリー燃料の試作試験を行った。試作品としては現状スラリー燃料製造における配合率を参考として、5種類を調製した。

試作品を常温（約 20°C）にて 1 時間程度静置し、成分分離の状況を観察し、試作品の原料選定、及び配合率決定を行った。

試作品の配合割合を表 6-8 及び表 6-9 に示す。

表 6-8 試作燃料の配合率（その1）

試作燃料Aの配合率

原料	原料性状	配合割合（重量%）
バイオマス炭	固形（2mm以下）	8%
廃油A	液体	10%
廃油B	液体	8%
廃油D	液体	15%
廃水	液体	30%
汚泥A	固形（粉体）	29%
合計		100%

試作燃料Bの配合率

原料	原料性状	配合割合（重量%）
バイオマス炭	固形（2mm以下）	8%
廃油A	液体	7%
廃油B	液体	6%
廃油C	液体	4%
廃油I	液体	9%
廃油K	液体	7%
廃水	液体	16%
汚泥A	固形（粉体）	13%
汚泥B	固形	28%
合計		100%

試作燃料Cの配合率

原料	原料性状	配合割合（重量%）
バイオマス炭	固形（2mm以下）	8%
廃油A	液体	7%
廃油B	液体	6%
廃油C	液体	4%
廃油I	液体	4%
廃油J	液体	5%
廃油K	液体	3%
廃水	液体	20%
汚泥B	固形（粉体）	21%
汚泥C	固形	8%
合計		100%

表 6-9 試作燃料の配合率（その2）

試作燃料Dの配合率

原料	原料性状	配合割合（重量%）
バイオマス炭	固形（2mm以下）	8%
廃油A	液体	8%
廃油B	液体	5%
廃油D	液体	5%
廃油F	液体	11%
廃油J	液体	2%
廃水	液体	31%
汚泥C	固形（粉体）	20%
汚泥D	固形（粉体）	10%
合計		100%

試作燃料Eの配合率

原料	原料性状	配合割合（重量%）
バイオマス炭	固形（2mm以下）	8%
廃油A	液体	8%
廃油B	液体	11%
廃油D	液体	2%
廃油F	液体	6%
廃油I	液体	5%
廃水	液体	30%
汚泥C	固形（粉体）	15%
汚泥D	固形（粉体）	15%
合計		100%

③ 液体（スラリー）燃料の試作

②で決定したスラリー燃料の配合条件に基づき、商用プラントによるスラリー燃料製造試験を行った。試作品は合計約 10 トン製造し、目標物性値を達成できているか、以下の分析によって確認した。分析項目と分析方法を表 6-10 に示す。

表 6-10 試作燃料の分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
①低位発熱量	JIS M 8814
②塩素含有量	燃焼式イオンクロマトグラフ (IC) 分析法
③燃焼特性	引火点：JIS K 2265 燃焼点：JIS K 2265 クリーブランド開放式
④揮発分	IS M 8812
⑤粘度 (0℃)	JIS Z 8803
⑥含水率	JIS M 8812
⑦灰分	JIS M 8812
⑧固定炭素率	JIS M 8812
⑨鉱物組成分析	蛍光 X 線分析法

6.3.4 マテリアル利用としての食品系バイオマス炭の高度化実証試験

- 土壌改良資材としての機能評価
 - 現在製造しているバイオマス炭（含水率 40%～60%）を用いて土壌改良資材としての機能を分析・評価
 - ◇ 適宜、バイオマス炭を用いて分析を実施
 - ◇ 分析に用いる土壌は「まさ土」を使用予定
 - 性状分析
 - ◇ 土壌改良資材としての性状を分析
 - ◇ 水分・灰分・揮発分・固定炭素率、充填密度、pH
 - 透水性改善率
 - ◇ 土壌改良機能の一つとしての透水性の改善効果を評価
 - ◇ 土壌にバイオマス炭を混合し評価
 - 微生物活性
 - ◇ 木炭等で想定されている土壌中の微生物活性機能を評価
 - ◇ 土壌にバイオマス炭を混合し、一定期間後（1 週間程度）に微生物量を評価
 - 安全性評価
 - ◇ 農地利用をした場合の安全性を評価
 - ◇ 重金属含有量、重金属溶出量



図 6-12 バイオマス炭の土壌改良資材としての機能性評価実験概要

現行の食品リサイクル法において、食品系バイオマスの炭化の過程を経て製造される炭(以下、食炭という)については、食品循環資源を炭化して製造される物質を燃料及び還元剤として利用する場合が該当すると定められている。このため、食炭を、燃料や還元剤として利用せず、土壌改良剤や消臭剤、吸湿剤等として利用する行為は再生利用には該当しないとされている。

一方、木材を炭化の過程を経て製造される木炭は、多孔質であるため、土の水はけを良くし適度に水分を保つことや、通気性や肥持ちを良くする。これらのことから、土壌改良資材として、昭和 62 年地力増進法の認定品目に定められ、施設園芸、ゴルフリンク等に広く使用されている。

このことから、食品系バイオマスを由来とする炭(以下、食炭と表現する)においても木炭と同様に土壌改良剤として利用できるのではないかと考えられた。

そこで、食炭を施用することによる土壌への効果・効能を検証するため、土壌へ食炭をさまざまな処方量を施用し、土壌微生物への影響や透水性への影響を調査した。さらに、土壌へ施用するためには、それらの効果・効果のほかに、重金属が含まれていないなどの安全性が確保できていることが最低必要条件であることから、加えて食炭の基礎分析と重金属測定を行った。

(1) 食炭の土壌への施用が微生物に与える影響(土壌微生物多様性・活性値測定試験)

食炭を土壌に混合することによる土壌の微生物相への影響を調査し、土壌改良資材としての効果・効能を検証した。また、地力増進法指定資材として認められている「木炭」とも比較した。

土壌の微生物相への影響を評価する方法として、土壌呼吸(土壌中の生物による酸素の吸収ないし二酸化炭素の発生)測定や希釈平板法などにより微生物数を計数するのが一般的であるが、本試験では、近年その方法が開発・注目されつつある「土壌微生物多様性・活性値」を用いた。

「土壌微生物多様性・活性値」とは、微生物群集の有機物分解活性の多様性と高さを数値化したものである。95 種類の異なった有機物(微生物のエサ)が入った試験用プレートに、サンプル土壌の懸濁液を入れて、15 分間隔で 48 時間連続的に測定して、各有機物が分解される速度を調べる(二酸化炭素発生量に比例して色がつく指示薬の色の濃さにより判別)。微生物によって分解できる有機物の種類は異なっているので、たくさんの種類の有機物が分解できたということは、たくさんの種類の微生物がいるということになる。また、有機物の分解速度が速いということは、それだけ微生物が活発に働いているということになる。

こうして、微生物の多様性と活性との両方を合わせて計測した値が、土壤微生物多様性・活性値となる。

① 供試材料

- 畑土壌 三重県 農業生産法人の畑土(H24.1.17 採取)
- 食炭(pH を下げる為、2 晩、ネットに入れて水に浸水させた。)(H24 年 1 月 4 日製造)
- 木炭(市販品)(製造元：奈良炭化工業株式会社)
- ワグネルポット 1/5000a (表面積 200cm²)(内寸法 直径 159×190mm)(容量約 4L)

表 6-11 食炭・木炭の基本データ

項 目	食 炭	木 炭
pH	9.4	8.8
粒の大きさ	粉状～20mm	5～13mm
充填密度(g/cm ³)	0.68	0.33



図 6-13 食炭(左)と木炭(右)

② 試験区の設定

試験区の設定等については、肥料取締法施行規則における「植物に対する害に関する栽培試験の方法」を参照し、木炭で一般的に施用されている 9:1 の割合を基準に、その施用量の 4 倍にあたる量を施用する 4 倍区まで設定した。

畑土壌は、未風乾土を用い、4.75mm 目合いのふるいにかけてのものを使用した。食炭、木炭は、上表の通り、各区の処方量を土壌に加え、混合した。その後、充填量がワグネルポット容量の約 9 割程度になるように、容器に土壌を充填した。なお、試験期間中、すべての区において、肥料は施用しないこととした。

表 6-12 各区の食炭の混合割合(体積比)

試験区名	改良資材 の種類	改良資材 の量	畑土壌	食炭、木炭
対照		対照区	100(4L)	0
食-標準	食炭	標準区	90(3.6L)	10(0.4L)
食-2倍		2倍区	80(3.2L)	20(0.8L)
食-3倍		3倍区	70(2.8L)	30(1.2L)
食-4倍		4倍区	60(2.4L)	40(1.6L)
木-標準	木炭	標準区	90(3.6L)	10(0.4L)
木-2倍		2倍区	80(3.2L)	20(0.8L)
木-3倍		3倍区	70(2.8L)	30(1.2L)
木-4倍		4倍区	60(2.4L)	40(1.6L)
合計			畑土壌(28L)	食炭(4L)、木炭(4L)

(カッコ内の数字はポット中の実容量)

③ 土壌加温による微生物の培養

本試験では、土壌を一定期間加温し、短期間で試験区ごとの比較検討を行いやすくするため、土壌微生物の増加促進を図った。

1) 加温温度と期間

農電マットによりポットの下から加温し、ポットの上から農業用ビニルを被覆した。設定温度は、30 度とした。加温は、平成 24 年 1 月 23 日から開始し、サンプル採取日の 2 月 6 日まで 14 日間行った。

なお、試験期間および加温温度は、「論文：糞 春明,2005,堆肥・土壌における細菌群集の解析および大腸菌など糞便汚染指標菌の生残性に関する研究」を参考に設定した。

2) 水分

水は、雨水を使用した。加温開始時にポットの下から水が排水されるまで水を供給した(すべての試験区に同量の水を供給)。加温期間中については、水分の蒸発が激しくなかったため、補給は行わなかった。

④ 土壌サンプル採取

加温期間の 14 日が経過後(平成 24 年 2 月 6 日(月))、表面から 5cm の箇所から 15cm ぐらいの深さまでを採取し、「微生物多様性・活性値」の分析を行った((有)ディージーシー総合研究所に常温郵送し、分析)。また、そのほかに、基礎データとして、pH、EC、含水比を測定した。

(2) 土壌への食炭施用が透水性に及ぼす影響(透水性試験)

地力増進法により土壌改良資材として認められている木炭は、主に、透水性改善の効果を持っているといわれている。食炭も同様の効果が期待できるのではないかと考え、食炭を土壌に混合することによる透水性への効果の検証を行った。また、木炭施用した試験区も設定し、比較検討を行った。

① 試験区

土壌微生物多様性・活性値測定試験と同様。バッド上にて土壌と炭を混合し、それらを供試材料として透水性を定水位法により測定した。

② 方法

1) 準備するもの

- 各試験区の土壌(各 1L)
- 透水性測定装置
 - アクリル筒(2 cm×2、5 cm×1 =土壌充填用)、(40 cm×1=定水位ホルダ用)
 - ろ紙(アクリル筒の断面の大きさ)、不織布もしくはガーゼ、輪ゴム、ホース、ビニルテープ、金網、洗い桶、ビーカー(500ml×4)、空瓶(ジャム 250ml×4)、アクリル水槽

2) 装置の作り方と操作方法

- (ア) (連結円筒)アクリル筒をビニルテープを使って連結させ、下方部に不織布もしくはガーゼを輪ゴムでとめる。土を充填した後、上方部も同じように不織布をかぶせてとめる。
- (イ) (透水性測定装置)洗い桶の中にビーカーを4つ並べて、その上にアクリル水槽を置く。その中に空瓶を4つ置いてその上に金網をのせておく。また、ホースは水道の蛇口につなげておく。
- (ウ) 土壌を充填し、水を飽和水分状態した後のアクリル筒は、上下2cm部分を切り離し、ろ紙をかぶせて上部に定水位用ホルダ用のアクリル筒をビニルテープで止める。
- (エ) アクリル水槽から水があふれるぐらいまで水をいれておく。
- (オ) 連結したアクリル筒を(ウ)の金網の上に乗せて、上からホースで水を定水位のところまで注ぐ。
- (カ) 注ぐ水は、蛇口で調節しながら水位を保っておきながら、アクリル水槽から水があふれたときからストップウォッチで時間を計測。一定時間、アクリル水槽から水をあふれさせ、あふれた水を洗い桶に貯める。一定時間経過後、水を止めて、洗い桶に入った水の量を測定する。

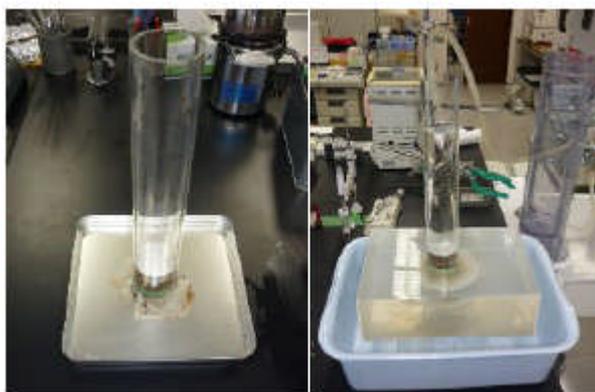


図 6-14 透水性測定装置

- 計算方法：
 - (定水位法) $K=LQ/Hat$
 - (減水深) $D(\text{mm/h})=Q(\text{cm}^3)/t(\text{s})\times 60\times 60/A(\text{cm}^2)\times 10$
 H ：水頭差(cm)、 L ：試料の長さ(cm)、 Q ：流量(cm^3)、
 A ：試料断面積(cm^2)、 t ：時間(s)
 - (透水性改善率) 透水性改善率($\%$)= $(Dt-Dc)/Dc\times 100$
 Dt ：対照土壌の減水深(mm/h)
 Dc ：検定試料処理土壌の減水深(mm/h)

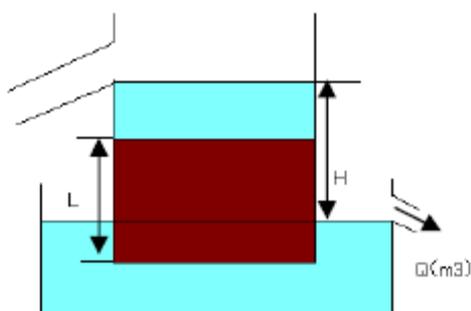


図 6-15 透水性改善率の評価イメージ

(3) 食炭の基礎分析および安全性分析

食炭の性状と安全性を確認するため、工業分析、重金属含有・溶出試験等を行った。

① 食炭のサンプリング方法

生産された食炭について、1/5～2/5 の期間、2 時間おきに一定量を採取し、8 時～翌日 8 時までの 24 時間分を 1 日分のサンプルとした(JISK0060:1992 産業廃棄物のサンプリング方法に準拠)。

そして、1 ヶ月間分のサンプルの中から無作為に 9 サンプルを選び、基礎分析を行った。

② 分析項目と分析方法

1) 工業分析(水分、灰分、揮発分、固定炭素率)

- JISM8812 石炭類及びコークス類・工業分析法に従い測定した。

2) pH

- 粉末状活性炭の pH 測定法を示した JIS K 1474:2007 (活性炭試験方法) に準拠し、炭 1g に蒸留水 100ml を加えて、静かに 5 分間沸騰させ、蒸発した量の蒸留水を加え、室温まで冷却した後、よくかき混ぜてガラス電極 pH 計 (HORIBA 製) を用いて、炭懸濁液の pH を測定した。

3) 充填密度

- 活性炭試験方法(JIS K1474)に基づき、測定した。

4) 重金属含有試験

- 土壌含有調査に係る測定方法(平成 15 年環境省告示第 18 号)により前処理を行い、ICP 発光分光分析法で分析した。【溶出条件：塩酸(1mol/L)、試料と溶媒の割合 3W/V・%】

5) 重金属溶出試験

- 土壌溶出調査に係る測定方法(平成 15 年環境省告示第 19 号)により前処理を行い、ICP 発光分光分析法で分析した。【溶出条件：水(pH5.8~6.5)、試料と溶媒の割合 10W/V・%】

6.4 実証実験結果

6.4.1 炭の緩慢攪拌乾燥による含水率低下試験結果

(1) 冷風乾燥実験

表 6-13 に冷風乾燥実験によって乾燥した炭の処理前および処理後の含水率を示した。また、時間当たりに蒸発した水分量（取去水分量）を計算した。乾燥前含水率が高いほど、乾燥後含水率が高い傾向にあり、乾燥前含水率が乾燥後含水率に及ぼす影響が大きいことが示唆された。実験 NO.1-4 および NO.1-5 では、キルン回転数およびキルン誘引ファンの出力を上げて攪拌速度キルン内循環乾燥空気量を増加した。その結果、取去水分量は時間当たりで 124～142kg/h を示し、乾燥効率が比較的良好であることが示された。しかしながら、目標と定めた含水率 25%以下には到達することができなかった。一方、乾燥前含水率を 30～40%にした場合、取去水分量は低い値を示したことから、初期含水率が低い場合、冷風乾燥では十分に水分を除去できないことが明らかになった。

以上の結果より、冷風乾燥でも一定の乾燥効果が認められるものの、目標含水率 25%以下には到達できないことが明らかになった。

表 6-13 冷風乾燥実験結果

実験 NO.	運転時間 (h)	処理速度 (kg/h)	乾燥前 含水率(%)	乾燥後 含水率(%)	取去水分量 (kg/h)
1-1	8	500	46.62	32.00	107.50
1-2	8	500	47.79	41.10	56.79
1-3	8	500	49.65	42.27	63.94
1-4	8	500	53.49	38.10	124.31
1-5	8	500	55.25	37.50	142.00
1-6	8	500	42.50	40.80	14.36
1-7	8	500	35.60	35.50	0.78
1-8	8	500	38.90	33.80	38.52
1-9	8	500	34.50	30.90	26.05
1-10	8	500	30.90	29.70	8.53

(2) 温風乾燥実験

図 6-16 に乾燥前含水率 40%の炭を乾燥した場合の乾燥後含水率および乾燥前の炭 1kg 当たりにかかる費用（電気および燃料）を示した。ここでは、使用した電気量および灯油量を測定し、それぞれ電気 1kwh 当たり 15 円および灯油 1L 当たり 90 円として費用を計算した。

灯油バーナ出力 10%の場合、処理速度が 1,000～1,500kg/h の間で、乾燥後含水率が 25%を上回る結果であった。

段階的に灯油バーナ出力を引き上げた結果、出力値 30%において処理速度が 2,500～3,000kg/h の間においても乾燥後含水率 25%以下を達成することができた。その際の乾燥前炭 1kg あたりの処理費用は 2.1 円/kg であった。

その一方、灯油バーナ出力が 40%および 50%の場合、処理速度 3,000kg/h においても乾燥後含水率が 25%を大きく下回る結果であった。しかしながら、乾燥キルンに投入する際に使用する搬送コンベアの能力が 3,000kg/h であるため、これ以上の処理速度による実験は行わなかった。

以上の結果より、乾燥前含水率 40%の炭の乾燥において効率的な乾燥が可能となる運転条件は、灯油バーナ出力 30%、処理速度 2,500～3,000kg/h 程度であると結論する。

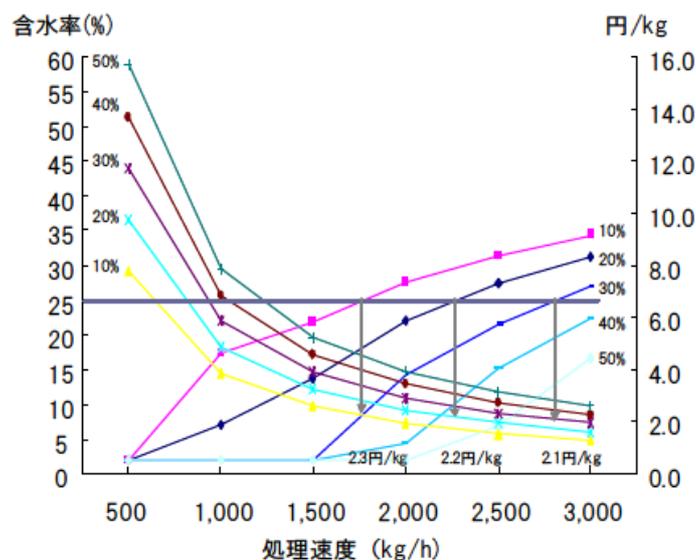


図 6-16 乾燥前含水率 40%の炭を乾燥した場合の乾燥後含水率および費用

図 6-17 に乾燥前含水率 50%の炭を乾燥した場合の乾燥後含水率および乾燥前の炭 1kg 当たりにかかる費用（電気および燃料）を示した。

灯油バーナ出力 10%では熱量が不足、十分な乾燥がなされなかった。灯油バーナ出力 50%において、処理速度が 2,500kg/h が乾燥後含水率 25%を達成することができ効率的な運転条件であると考えられた。

下図に乾燥前含水率 60%の炭を乾燥した場合の乾燥後含水率および乾燥前の炭 1kg 当たりにかかる費用（電気および燃料）を示した。

灯油バーナ出力 10%では熱量が不足、十分な乾燥がなされなかった。灯油バーナ出力 50%においても、処理速度が 1,500~2,500kg/h で乾燥後含水率 25%を上回る結果であった。その際の費用は、3.4 円/kg であった。線形より考察すると灯油バーナ出力を 70~80%程度にすることにより、効率的な乾燥が可能と考えられた。

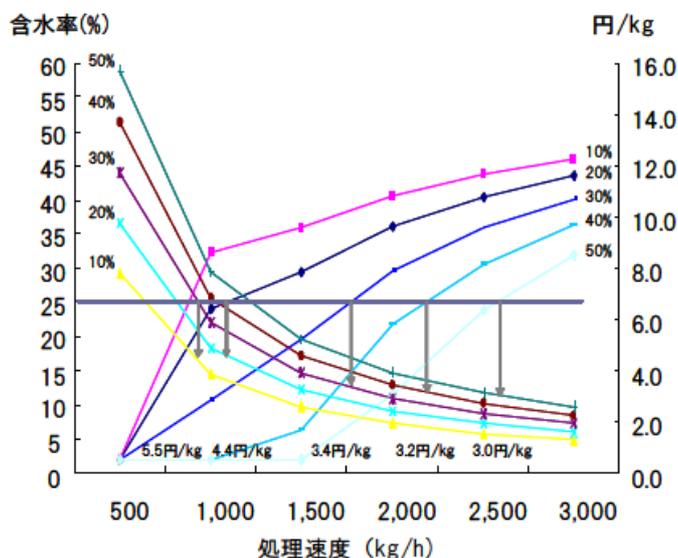


図 6-17 乾燥前含水率 50%の炭を乾燥した場合の乾燥後含水率および費用

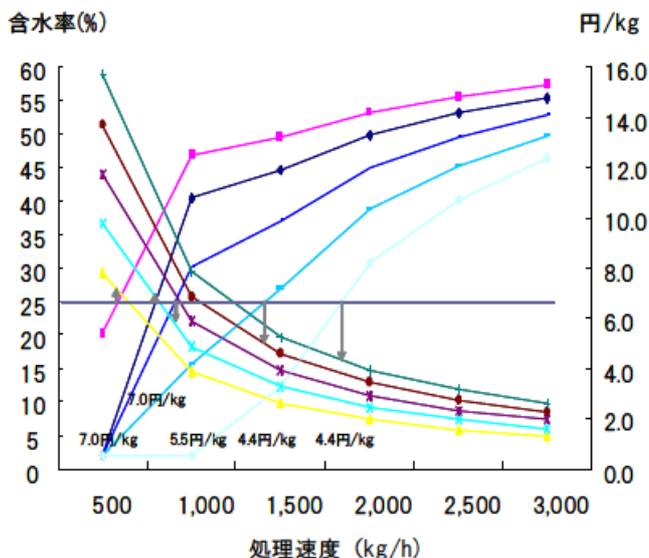


図 6-18 乾燥前含水率 60%の炭を乾燥した場合の乾燥後含水率および費用

乾燥前含水率 40%、50%および 60%の炭を乾燥する際に効率が良いと考察された条件を下表にまとめた。また、その際の電気・灯油使用量および乾燥前の炭 1kg 当たりにかかる費用を算出した。乾燥前含水率 40%の場合、灯油バーナ出力は 30%程度で十分であり、処理速度 2,700kg/h においても乾燥後含水率を 25%以下に維持することが可能であることが明らかになった。また、その際の費用は、2.17 円/kg であった。

乾燥前含水率 50%の場合、灯油バーナ出力は 50%まで引き上げる必要があり、乾燥後含水率を 25%以下に維持するには最大 2,600kg/h であることが明らかになった。費用は、40%含水時に比べて 2.91 円/kg であった。乾燥前含水率 60%の場合、多量の水分を蒸発させるための熱量が必要なため、灯油バーナ出力を 50%とした場合、最大処理速度は 1,800kg/h であった。費用は 4.36 円/kg であった。本実証研究では、灯油バーナ出力を 50%まで設定して実験を行ったが、70～80%に設定を引き上げることにより、効率を高めることができ、費用を抑制できると考えられる。

一方、余剰廃熱を炭の乾燥熱として利用することを想定し、対象とした温空気の風量および熱量を測定した。その結果、750,000KJ/h の余剰熱が発生していることが明らかとなり、換算すると、灯油約 20L 分に相当することが明らかになった(灯油熱量:36,700KJ/L)。そこで、この余剰熱を効率 100%にて利用することを想定した場合の費用を算出した。乾燥前含水率 40%、50%および 60%において、1.50 円/kg、2.32 円/kg、3.36 円/kg 程度であることが明らかになった。

表 6-14 乾燥前含水率 40%、50%および 60%の炭の最適乾燥条件および費用

項 目	乾燥前含水率 40%	乾燥前含水率 50%	乾燥前含水率 60%	備 考
	最 適 条 件	最 適 条 件	最 適 条 件	
運 転 条 件				
灯油バーナ出力(%)	30	50	50	
処理速度(kg/h)	2,700	2,600	1,800	・・・(A)
キルン誘引ファン出力(%)	90	90	90	
キルン回転速度(%)	70	70	70	
実 績				
乾燥前含水率(%)	39.92	51.23	61.20	
乾燥後含水率(%)	24.19	24.90	24.96	
使用電気量(kwh/h)	18.75	18.75	18.75	・・・(B)
使用灯油量(L/h)	62.00	84.00	84.00	・・・(C)
費 用 (実 績)				
電気費用(円/kg)	0.10	0.11	0.16	(D):(B)×15 円/kwh÷(A)
灯油費用(円/kg)	2.07	2.91	4.20	(E):(C)×90 円/L÷(A)
合計費用(円/kg)	2.17	3.02	4.36	(D)+(E)
廃熱利用想定				
使用電気量(kwh/h)	18.75	18.75	18.75	・・・(B)
使用灯油量(L/h)	42.00	64.00	64.00	(F):(C)-20L/h
費 用 (想 定)				
電気費用(円/kg)	0.10	0.11	0.16	(G):(B)×15 円/kwh÷(A)
灯油費用(円/kg)	1.40	2.21	3.20	(H):(F)×90 円/L÷(A)
合計費用(円/kg)	1.50	2.32	3.36	(G)+(H)

(3) 燃焼試験

冷風乾燥実験および温風乾燥実験で作製した乾燥炭については、約 120 t をセメント会社（北九州）に供給し、燃焼利用試験を実施した。具体的な使用方法は、セメント原料のキルン焼成炉において、石炭原燃料の代替として使用実験を実施した。燃焼性は良好であり、問題なく利用できるとのことであった。また、今後の展開としては、年間平均で水分量をモニタリングしながら継続的な使用が可能であるとの見解がなされ、本取り組みによって、乾燥炭の新規需要家を獲得するに至ることができた。

(4) 炭の発熱量

本実証研究で分析を行った結果をもとに、炭の高位発熱量および低位発熱量の関係性を表 6-15 に示した。含水率が 50%において炭の発熱量(高位)は 14,750KJ/kg であった。含水率 25%の場合、炭の発熱量は 22,125KJ/kg であった。無水においては 29,500MJ/kg(≒7,000kcal/kg) であることが明らかになり、有用な燃料としての利用が期待できる結果であった。

表 6-15 炭の含水率と発熱量の関係

水分 (%)	高位発熱量		低位発熱量	
	(KJ/kg)	(Kcal/kg)	(KJ/kg)	(Kcal/kg)
0.0	29,500	7,047	29,032	6,935
10.0	26,550	6,342	26,549	6,342
20.0	23,600	5,638	23,599	5,638
25.0	22,125	5,285	22,124	5,285
30.0	20,650	4,933	20,649	4,933
40.0	17,700	4,228	17,699	4,228
50.0	14,750	3,524	14,749	3,523
60.0	11,800	2,819	11,798	2,819
70.0	8,850	2,114	8,848	2,114
80.0	5,900	1,409	5,898	1,409
90.0	2,950	705	2,948	704



図 6-19 乾燥後のバイオマス炭

6.4.2 炭と低含水再生資源等との混合による含水率低下試験結果

(1) 原料の成分分析と前処理の検討

① バイオマス炭

1) 成分分析

バイオマス炭の燃料原料として関連する物性を測定した。分析項目と分析方法を表 6-16 に示す。

バイオマス炭は低位発熱量が目標値（3000～5000cal/g）よりも高い事から、試作スラリー燃料の熱量源として利用できる事がわかった。しかし、塩素含有量は目標値（2000mg/kg）より高く、塩素含有量の少ない他の再生資源と配合する必要がある。

表 6-16 バイオマス炭の分析結果

分析項目	分析結果
①低位発熱量	5,890[cal/g]
②塩素含有量	12,000[mg/kg]
③燃焼特性	引火点：80℃以上 燃焼点：300℃以上
④含水率	47.1[wt.%]
⑤単位体積重量	0.62[g/mL]
⑥含有元素定性分析	Ca:1.25%, Cl:1.24%, K:0.51%, P:0.44%, Si:0.10%, Fe:0.07%

2) 粉砕前処理

ロールブレイカーを用いてバイオマス炭の粉砕前処理試験を行い、粉砕前後の粒子径・粒度分布を測定した結果を図 6-20 に示す。

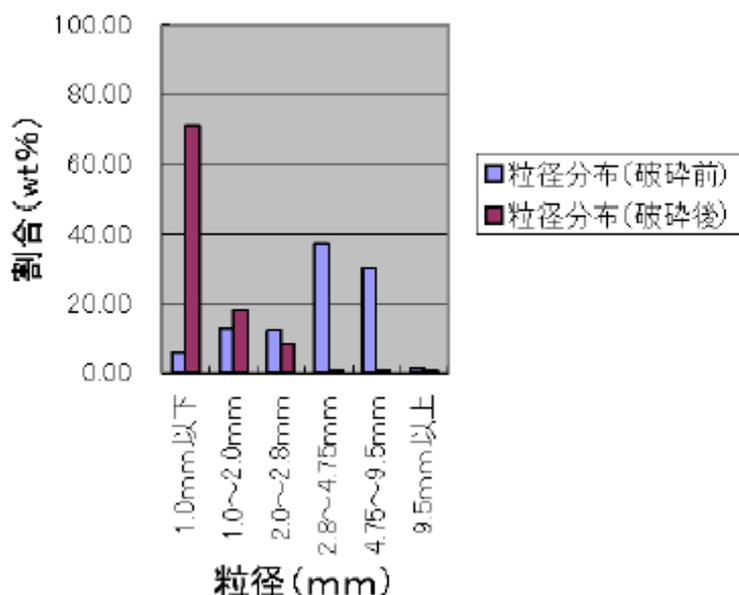


図 6-20 粉砕前後のバイオマス炭粒度比較

粉碎前のバイオマス炭は3～9mm程度の粒径が大部分であったが、粉碎前処理を行う事により1mm以下まで細かくする事が出来た。

バイオマス炭は見掛比重（単位体積重量）が0.6[g/mL]と小さく、スラリー連続相（廃油、廃液：比重0.8～1.0）と比重分離しやすい。

バイオマス炭を粉碎して粒子表面積を広くする事により、分散相（バイオマス炭）の連続相（油分等の液体成分）との界面が広がる。界面における分散相と連続相の摩擦抵抗が大きくなることによって、分散相は連続相と分離しにくくなる。流動性やハンドリングも加味して、本業務では粉碎して粒径2mm以下のバイオマス炭を使用することとした。

② 再生資源（廃油）

廃油の試作燃料料として関連する物性を測定した。分析結果を表6-17に、廃油の外観を図6-21に示す。

熱量は何れも6000[cal/g]以上であるが、引火点や粘度では大きな差異が見られる。配合するバイオマス炭の見掛比重が小さい事から、粘度の大きな廃油（A,B,C等）を中心として配合する事とした。

表 6-17 再生資源（廃油）の分析結果

測定項目	①低位発熱量	②塩素含有量	③-1 引火点	③-2 燃焼点	④粘度	
	(cal/g)	(ppm)	(℃)	(℃)	cP(20℃)	cP(0℃)
廃油 A	9520	17	80 以上	100 以上※	15000	100000 以上
廃油 B	8790	100	80 以上	100 以上※	16000	100000 以上
廃油 C	8560	92	62	130	3600	100000 以上
廃油 D	11100	380	80 以上	202	11	32
廃油 E	7350	39	<20	<20	2.5	5.8
廃油 F	6570	1900	<20	<20	5	40
廃油 G	7240	14	<20	29	120	360
廃油 H	8300	42	45	86	2.5	16
廃油 I	7360	33	<20	<20	4	15
廃油 J	7510	53	<20	<20	3	14
廃油 K	10800	22	80 以上	260	1800	95000

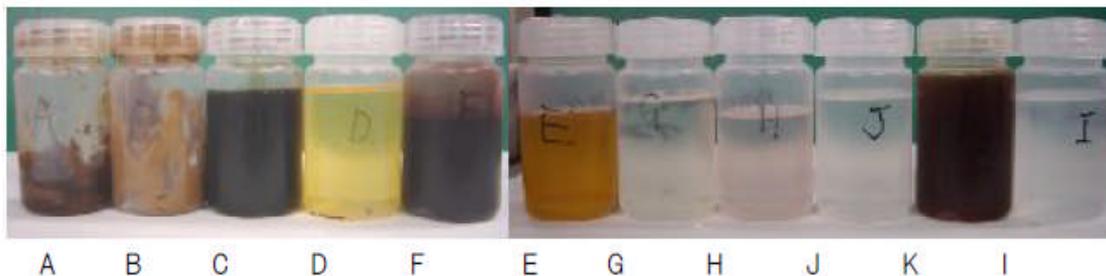


図 6-21 再生資源（廃油）の外観

(2) 原料の選定と配合率の決定

先に分析したバイオマス炭（粉碎前処理し、粒径を2mm以下としたもの）・廃油、及び再生資源（汚泥・廃液）等を用い、500mLスケールのビーカー試験にてスラリー燃料の試作試験を行った。試作品としては現状スラリー燃料製造における配合率を参考として、5種類を調製した。

5種の試作品を常温（約20℃）にて1時間程度静置し、成分分離の状況を観察した結果および試作品の物性測定結果を表6-18及び表6-19に、試作品の外観を図6-22に示す。

分離特性と分析結果より、試作品Dを基本として原料選定、及び配合率決定を行った。

表 6-18 試作品の分離特性評価

サンプル名	特性評価
試作品A	分離特性：均一維持
試作品B	分離特性：分離
試作品C	分離特性：分離
試作品D	分離特性：均一維持
試作品E	分離特性：均一維持

表 6-19 試作品の分析結果

測定項目	①低位発熱量 (cal/g)	②塩素含有量 (ppm)	③-1 引火点 (℃)	③-2 燃焼点 (℃)	④粘度 cP(0℃)
基準	3000~5000	2000 以下	10 以上	60 以上	500 未満
試作品A	3,700	1,300	80 以上	100 以上	10,000 以上
試作品B	3,500	1,600	40	58	700
試作品C	3,100	1,400	45	64	350
試作品D	3,200	1,700	40	74	450
試作品E	3,300	1,100	80 以上	100 以上	520

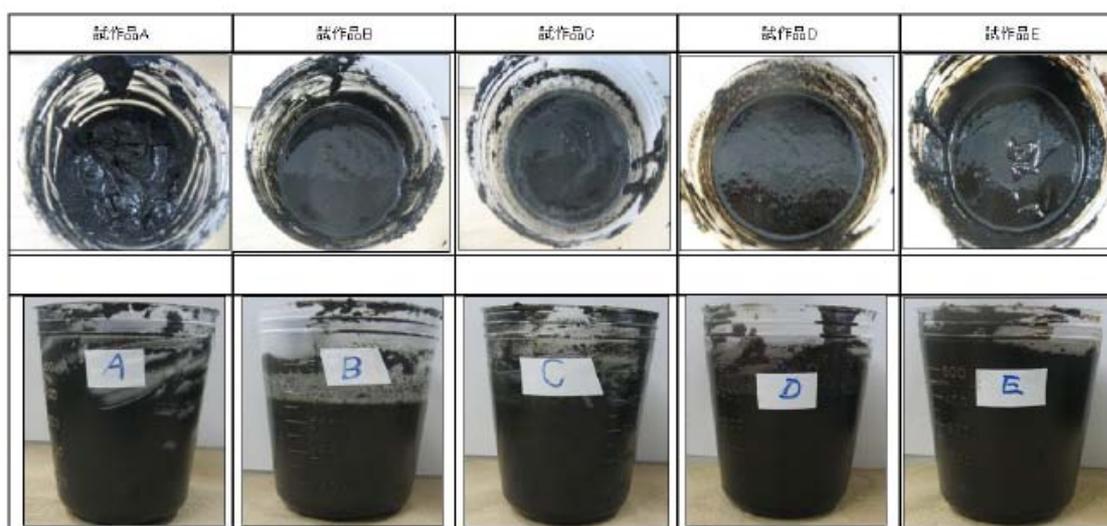


図 6-22 試作品の外観

(3) 液体（スラリー）燃料の試作

先に決定したスラリー燃料の配合条件に基づき、商用プラントによるスラリー燃料製造試験を行った。試作品は2ロット合計約10トン製造し、目標物性値を達成できているか、以下の分析によって確認した。尚、製品として出荷する都合上、供給先要望に基づき、廃油配合を増やして熱量を4500cal/g以上とした。試作試験の様子を図6-23の写真に示す。



バイオマス炭投入状況

撮影日：平成24年3月8日

備考：



燃料製造（混練）状況

撮影日：平成24年3月8日

備考：



試作品（スラリー燃料）

撮影日：平成24年3月8日

備考：

図 6-23 液体（スラリー）燃料の試作状況

試作品の配合割合を表 6-20 に示す。

製造時に使用した主なエネルギー量と、燃料製造に伴う二酸化炭素発生抑制効果（石炭燃料消費抑制換算）を、表 6-21 に示す。

CO₂ 削減効果は以下の計算で算出した。

- バイオマス炭入りスラリー燃料の熱量を 4700[cal/g]とすると、石炭の低位熱量は 6,354.5cal/g であるので、石炭の使用抑制量は、
 - $1 \times 4700 \div 6354.5 \approx 0.74$ [t-石炭]
- である。従って、以下の石炭の燃焼に伴う CO₂ 発生が抑制される。
 - 0.74 [t-石炭] \times 2.52 * [t-CO₂/t-石炭] \approx 1.9 [t-CO₂]
 （環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」より引用）

また、液体燃料を製造するコスト（粉碎前処理含む）はおよそ 15,000 円/トンと試算された。

表 6-20 試作品の配合割合

項目	配合率	配合量（炭 1 t あたり）
原料（バイオ炭）	8 Wt.%	1.00 トン
混合剤（廃油・廃液）	83 Wt.%	10.38 トン
混合剤（廃プラ粉・汚泥）	9 Wt.%	1.13 トン
液体燃料	100 Wt.%	12.50 トン

表 6-21 試作品製造時の使用エネルギー量と CO₂ 削減効果試算

項目	エネルギー量	配合量（炭 1 t あたり）
灯油消費量	0 t/t	バイオ炭 1 t 処理時の燃料消費量
電力消費量	9 kWh/t	バイオ炭 1 t 処理時の電力消費量
CO ₂ 発生量	(-1.9) t-CO ₂ /t	(石炭燃料消費抑制換算)

試作品の分析結果を表 6-22 に示す。

分析結果より、試作製品は目標物性値を全て満たしており、熱量を調整した液体（スラリー状）燃料を製造して技術的課題を解決するという開発目標を達成する事が出来た。

表 6-22 試作燃料の分析結果

分析項目	基準	ロット①	ロット②
①低位発熱量[cal/g]	3000~5000	4,710	4,680
②塩素含有量[mg/kg]	2,000 未満	1,400	1,400
③燃焼特性(引火点)	10℃以上	26	30
(燃焼点)	60℃以上	64	64
④揮発分（可燃性液体）[wt.%]	40 未満	31.0	28.8
⑤粘度（0℃）[cP]	500 以下	460	470
⑥含水率	—	18.8	18.4
⑦灰分	—	6.4	8.7
⑧固定炭素率	—	43.8	44.1
⑨鉱物組成分析[wt.%]	—	SiO ₂ : 3.2 Al ₂ O ₃ :0.8 CaO:0.4 Fe ₂ O ₃ :0.3	SiO ₂ : 5.4 Al ₂ O ₃ :1.1 CaO:0.3 Fe ₂ O ₃ :0.3

6.4.3 マテリアル利用としての食品系バイオマス炭の高度化実証試験

(1) 食炭の土壌への施用が微生物に与える影響(土壌微生物多様性・活性値測定試験)

表 6-23 各試験区の微生物多様性・活性値と基礎データ

試験区名	改良資材の種類	土壌：改良資材(体積比)	微生物多様性・活性値	pH	EC	土の含水比
対 照	—	100:0	579,974	4.8	0.09	37.8%
食-標準	食 炭	90:10	686,107	6.2	0.09	47.2%
食-2倍		80:20	678,599	6.9	0.20	63.8%
食-3倍		70:30	650,464	7.4	0.20	52.4%
食-4倍		60:40	661,508	7.8	0.45	59.5%
木-標準	木 炭	90:10	611,520	6.0	0.09	44.4%
木-2倍		80:20	607,622	5.8	0.06	48.5%
木-3倍		70:30	638,105	6.0	0.06	48.6%
木-4倍		60:40	755,296	5.8	0.11	43.7%

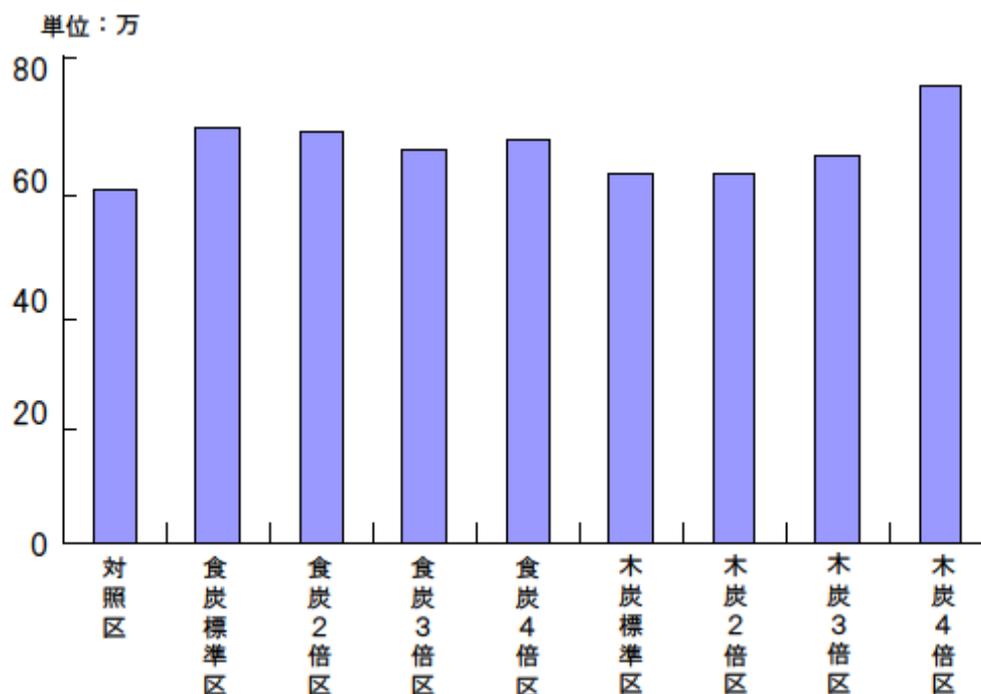


図 6-24 微生物多様性・活性値

対照区の微生物多様性・活性値が、579,974 であったのに対して、対照区以外のすべての区はその値は、高くなっていた。また、食炭処方のみみると、標準区(土炭:食炭=9:1)で最も高く、686,107 であったが、食炭 2 倍区~4 倍区では微量ではあるが、減少していた。一方、木炭処方のみを見ると、木炭 2 倍~3 倍区においては対照区と比べると少し高い値であり、4 倍区で最も高い値を示した。

食炭区と木炭区を比較すると、4 倍区では、木炭のほうが 90,000 ほど高い値であるが、その他の標準区から 3 倍区は、木炭区より食炭区のほうが、高い値であった。

食炭区において、標準区が最も高く、2 倍から 4 倍区で減少したのは、食炭を施用することにより土壌の pH が上昇したことが要因のひとつではないかと考えられた。地力増進法の土壌の基本的な改善目標によると、樹園地(畑土)の pH 改善値は、5.5 以上 6.5 以下(6.0 以上 6.5 以下)とされていることから、試験に供した土壌(対照区)に食炭を施用することにより pH が上昇し、土壌微生物の生存環境が改善されたのではないかと示唆された。

さらに、土の含水比においても木炭区より食炭区のほうが高く、食炭に保水力があると考えられる。微生物の生存には、水分も大きく影響すると言われるため、食炭を施用することにより、木炭より土壌の保水力が高まり、活性値が高くなったのではないかと考えられた。

活性値の偏差値が、すべての区において、44.4~49.2 と低い値であった。活性値の偏差値は、農林水産省が蓄積している土壌を母集団として算出された値であり、平均で 50、一般に良い土と言われるのは 60 以上とされる。それに比べると、本試験に供試した土壌の偏差値は低く、もともとの土壌に微生物が少なかったと考えられる。中国河南省のトウモロコシ小麦作付け圃場において 16 年間の肥料施用の影響を調べたところ、化学肥料に比べ有機質肥料施用によりバイオマス量や活性が増加したという結果や、また化学肥料施用区では、N、P、K のいずれかの施用が制限されるとバイオマス量や活性は低下したが、とくに P の影響が顕著であった (Chuet al., 2007) との報告があることから、食炭や木炭を施用するほかに、土壌に有機物や肥料を施用することにより、さらなる相乗効果が期待できるのではないかと示唆された。

土壌の微生物は、土壌中の有機物を分解したり、植物の根と共生関係にあるもの、植物に必要な栄養分である窒素を植物が吸収できる形態に変えるなど、さまざまな役割がある。そのような役割のある微生物が多いほど土壌の生物性がよいことを示し、それは、植物の生育に好影響を及ぼすはずである。本試験で、増加した微生物がどのような種類の菌であるか同定はできなかったものの、食炭を土壌に施用することにより、微生物が増加し、作物の収量増加や生育促進効果が期待できるものと考えられた。

(2) 土壌への食炭施用が透水性に及ぼす影響(透水性試験)

表 6-24 に各試験区の透水性試験結果を示した。対照区に比べ、食炭、木炭を施用した場合、どちらも施用量に伴い、透水係数、減水深が高くなり、透水性が改善されることがわかった。食炭区と木炭区を比較すると、木炭区のほうが、すべての区において透水性改善率が高かった。これは、木炭の粒径が 5~13mm 前後と大きく、かつ粒径がそろっていたことが要因であると考えられた。

また、参考表が示すように、他の資材では、5%施用でみると、おがくず炭と食炭が同等の透水性改善効果があると考えられた。これらのことから、食炭は、木炭より効果が劣るものの、土壌に 9:1(土壌：食炭(体積比))の割合以上で施用することにより、透水性改善効果が期待できると考えられた。

土壌の物理性のうち、表土の深さ、土性、地下水位は根の伸びや健全性に関係し、適正な条件にあることが必要であるが、栽培により変化することはないとされている。

一方、根への空気や水の供給、排水を支配している土壌の通気性、保水性、透水性や、根の伸び、水の透り易さに強い関係がある土壌のち密度なども適正でなければならぬが、栽培時の機械による踏圧等により悪化しやすいと言われている。

このことから、栽培終了後、もしくは植え付け前に食炭を施用し、土壌の透水性改善を図り、土壌の透水性を適正にすることは、土壌の生産性を向上させるための有効な手段であると考えられる。

表 6-24 各試験区の透水性関連データ

試験区名	改良資材 の種類	土壌：改良資材 (体積比)	透水係数 K(cm・s ⁻¹)	減水深 (mm/h)	透水性改善率 (%)
対照	—	100:0	1.61E-02	598	—
食-標準	食炭	90:10	3.38E-02	1256	110
食-2倍		80:20	3.72E-02	1381	131
食-3倍		70:30	4.55E-02	1690	183
食-4倍		60:40	4.45E-02	1654	177
木-標準	木炭	90:10	3.51E-02	1303	118
木-2倍		80:20	4.17E-02	1549	159
木-3倍		70:30	4.28E-02	1589	166
木-4倍		60:40	5.34E-02	1983	232

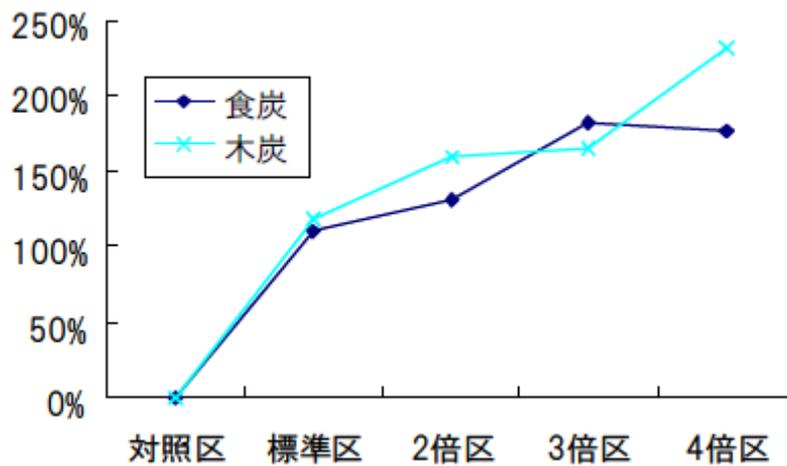


図 6-25 透水性改善率

表 6-25 (参考) 改良資材の施用による土壌透水性の改善

資 材	透水性改善率(%)		備 考
	混入量 5%	混入量 20%	
パーライト		90	
パーミキュライト		84	
もみがら炭	79	377	
パーク炭	60	192	ナラ
同上	220	710	北洋材
おが炭	44	30	
ペレット炭	16	41	外材・おがくず
同上	22	58	内地材・おがくず
同上	27	50	北洋材・樹皮
おがくず炭	140	360	内地材
廃材炭	210	430	住宅解体材

(3) 食炭の基礎分析および安全性分析

表 6-26 に食炭の工業分析値を示した。食炭の固定炭素率の平均は 74.6%、最小 71.4%、最大 83.8%であり、木炭と比べ低い値であった。また、食炭の灰分の平均は 15.4%であり、木炭に比べ高い値であった。pH においては、食炭が木炭に比べ高い値であった。このことから、食炭には、木炭に比べ灰分が多く、pH を高めるカリやカルシウムなどの無機成分が多く含まれていることが予想された。

充填密度は、木炭に比べ食炭のほうが高かった。これは、発火を防ぐ為に調湿している食炭の水分が要因と考えられた。

表 6-27、表 6-28 に食炭の重金属含有量試験データおよび重金属の溶出試験データを示した。どちらにおいても国の定める判断基準を大きく下回る値であった。このことから、食炭を土壤に施用することによって、重金属が土壤に溶出することはなく、重金属においては安全であることが示された。

表 6-26 食炭の工業分析値

サンプル	水分 (%) ^{※1}	灰分 (%) ^{※2}	揮発分 (%) ^{※2}	固定炭素率 (%) ^{※2}	pH	充填密度 (g/ml)
1	47.1	13.3	9.3	77.4	10.25	0.68
2	48.6	14.9	12.0	73.1	10.38	0.66
3	50.4	16.3	11.2	72.5	9.65	0.70
4	42.3	8.5	7.7	83.8	9.40	0.71
5	41.6	16.6	9.9	73.5	10.69	0.63
6	49.0	15.3	10.0	74.7	10.08	0.67
7	55.4	18.0	9.2	72.8	10.43	0.60
8	48.4	18.1	9.3	72.6	10.40	0.51
9	47.5	17.4	11.2	71.4	10.55	0.57
食炭平均	47.8	15.4	10.0	74.6	10.20	0.64
木炭(市販)	—	4.2	8.2	87.6	8.8	0.33

※ 1 炭は、炭化炉により生成後、炭の発火・飛散を防ぐため、調湿操作(炭に水噴霧)を実施。

※ 2 灰分・揮発分・固定炭素率については、炭の全乾ベースにより成分量を表示。

表 6-27 食炭の重金属含有試験 (単位 : mg/kg 乾炭)

	ヒ素 (As)	ホウ素 (B)	カドミウム (Cd)	全クロム (Cr)	鉛 (Pb)	セレン (Se)
1	<3.0	65.6	1.6	8.6	<0.8	11.8
2	<3.0	<0.8	1.3	9.3	4.7	11.4
3	<3.0	9.1	0.9	11.2	<0.8	<3.3
4	<3.0	32.5	1.6	4.6	<0.8	<3.3
5	4.1	20.0	1.5	3.8	12.7	<3.3
6	<3.0	36.2	<0.1	0.3	8.5	<3.3
7	<3.0	14.9	0.9	6.4	21.8	<3.3
8	<3.0	<0.8	1.9	1.9	10.0	4.4
9	<3.0	<0.8	<0.1	<0.2	17.6	17.7
食炭(平均)	<3.0	19.9	1.1	5.1	8.4	5.0
木炭	<3.0	<0.8	0.4	0.0	<0.8	<3.3
検出下限値	3.0	0.8	0.1	0.2	0.8	3.3
判断基準*	150.0	4000.0	150.0	250.0	150.0	150.0

※ 土壤汚染対策法の土壤含有量基準(全クロムは六価クロムの基準を採用)

土壤汚染対策法施行規則第 18 条第 2 項関係(最終改正平成 17 年 9 月 22 日環境省令 28 号)

表 6-28 重金属溶出試験(単位 : ppm)

	ヒ素 (As)	ホウ素 (B)	カドミウム (Cd)	全クロム (Cr)	鉛 (Pb)	セレン (Se)
1	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
2	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
3	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
4	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
5	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
6	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
7	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
8	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
9	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
食炭(平均)	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
木炭	<0.03	<3.00	<0.03	<0.15	<0.03	<0.03
判断基準*	≥0.3	≥30.0	≥0.3	≥1.5	≥0.3	≥0.3

※土壤汚染対策法の土壤溶出基準(全クロムは六価クロムの基準を採用)

土壤汚染対策法施行規則第 24 条第 1 項第 1 号関係(最終改正平成 17 年 9 月 22 日環境省令 28 号)

6.4.4 技術的課題の検証

(1) 炭の緩慢攪拌乾燥による含水率低下試験

食品系バイオマスを炭化して得られた炭について、25%以下を目標として乾燥処理実験を実施し、最適条件を明らかにすることができた。炭化施設より随時生産される炭を実験に用いた乾燥キルンなどの施設に搬送する設備がないので、炭の搬送設備を整備する必要があると考えられた。

また、後述するが、炭の緩慢攪拌乾燥のための熱に廃熱を用いることを想定した場合、炭化施設からの廃熱導管を整備する必要があり、設備投資が必要と考えられた。

炭化施設は廃棄物処理法上の許可量が 105t/日（24 時間稼働）である。炭の収率を 10%と仮定した場合、炭は乾物ベースで 10.5t 製造される。これに、およそ等量の水を炭に含ませた場合、21t/日の濡炭を製造することになる。その一方、本実証研究の結果、乾燥前含水率 40%、50%、60%の場合の最適処理速度は、それぞれ、2.7t/h、2.6t/h および 1.8t/h だった。したがって、24 時間の運転によって乾燥できる炭の量は 64.8t、62.4t および 43.2t であり、炭化による炭の製造量に対して、約 2～3 倍の緩慢乾燥処理が可能である。温風緩慢乾燥には、乾燥キルンを約 1 時間程度予熱する必要があるため、炭化による炭の製造量に合致した条件で連続的に乾燥処理をおこなう方が効率的と考えられる。炭の需要家への出荷状況にもよるが、濡炭をストックし、ある程度の量を確保した後に連続的に乾燥処理することによって、効率的な緩慢乾燥処理が可能になると考えられた。

その他、緩慢乾燥処理に用いた機械設備などの不備は認められず、上記の課題を解決することによって、事業化が可能と判断された。

(2) 炭と低含水再生資源等との混合による含水率低下試験

バイオマス炭が食品系バイオマスを由来としているため、塩素量などの組成的な変動が懸念されるため、液体燃料自体の品質を需要家が求めるニーズ範囲に適応できるよう品質を安定化および管理する方法を確立する必要があると考えられる。また、将来的な考察として、本実証研究においては、配合する油に鉱物由来の物を使用している。液体燃料のさらなる高付加価値化を図るためには、鉱物からバイオ系油（植物性・動物性油脂など）の配合率を高めることが課題とあげられる一方、バイオ系油については一般的に粘度が高いことや、気温による影響（凝固点など）を受けやすいため、これらの技術的課題を解決する必要があると考えられる。

(3) マテリアル利用としての食品系バイオマス炭の高度化実証

食品系バイオマス炭が土壌改良資材としての機能性を有していることが示された。食品系バイオマス炭は、粒状炭で軽量（含水 50%時において比重 0.6 程度）であることなどから農業現場において作業軽減につながると考えられる。また、含水を高めることによって、混在する粉末状炭の飛散を防ぐ効果が考えられる。食品系バイオマス炭のマテリアル利用における需要家は、個人農家などが想定され、小口販売も検討する必要がある。食品系バイオマス炭の出荷荷姿は 1m³ バッグと大きいため、小口の荷姿にする場合、炭の粒径をある程度そろえるための分粒機や梱包機などの諸設備を整備する必要があると考えられた。一方、農業生産法人（大規模）および農業資材メーカーに対しては現行の 1m³ バッグの荷姿で対応できると考えられる。その他、本実証研究の結果については、技術的な課題は想定されなかった。

6.5 環境負荷削減効果の評価

6.5.1 基本方針

LCA的手法を用いて、バイオマス炭の燃料利用（サーマルリサイクル）による環境負荷低減効果の評価する。本モデル事業によっては、以下の3つの削減効果が主に想定される。

- ① 食品廃棄物由来のバイオマス炭燃料利用による GHG 削減効果
- ② 未利用食品廃棄物由来の埋立削減効果
- ③ 食品廃棄物由来のバイオマス炭燃料利用による化石燃料消費削減効果

評価に当たっては上記の削減効果が評価できるように、評価範囲、ベースラインケース等の条件設定を行うこととする。

また、評価に当たっては実証実験で得られたデータを優先的に使用するが、一部で実証実験を試験的な状態で実施し、事業化の際に行う処理と異なる工程については、事業化段階で想定される処理工程でのデータを見なし値として使用する。

6.5.2 評価範囲（バウンダリ）

(1) バイオマス炭（低含水率化）

バイオマス炭（低含水率化）の燃料利用の評価範囲は、図 6-26 に示す範囲を取り扱うこととする。図 6-26 で四角の枠が処理工程、角丸の四角が対象物となる。

ライフサイクルで見れば、食品廃棄物の排出段階から資源化であるバイオマス炭（低含水率化）の製造工程と、需要家での利用までの範囲を対象とする。

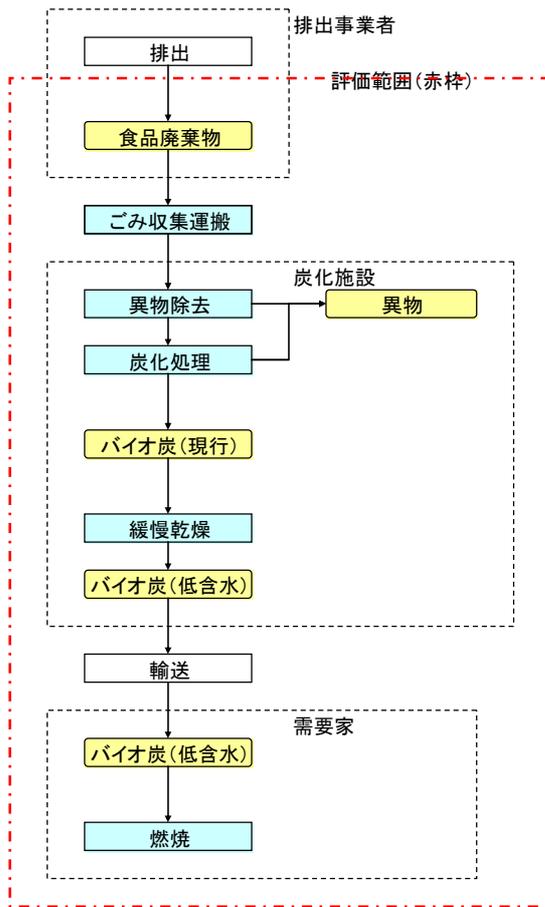
比較対象となるベースラインケースは食品廃棄物の単純焼却を想定する。

(2) バイオマス炭（液体燃料化）

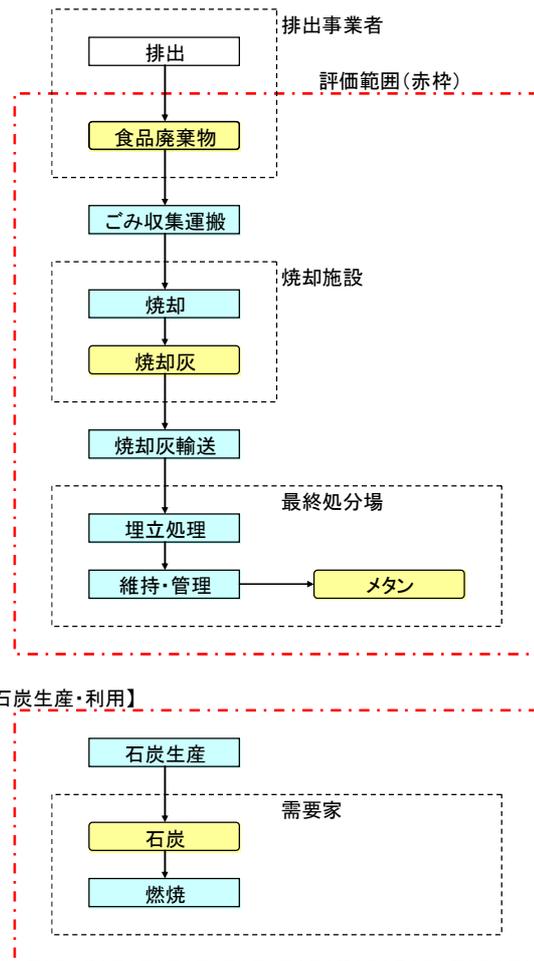
バイオマス炭（液体燃料化）の燃料利用の評価範囲は、図 6-27 に示す範囲を取り扱うこととする。基本的には、低含水率化の場合と同じ範囲を対象としており、液体燃料化の製造工程の部分が置き換わる形となる。

比較対象となるベースラインケースは食品廃棄物の単純焼却を想定する。

【食品廃棄物・炭化処理(低含水率)】



【焼却処理】



【石炭生産・利用】

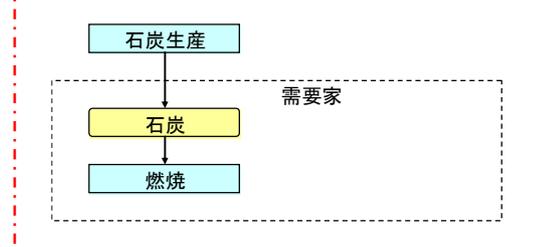
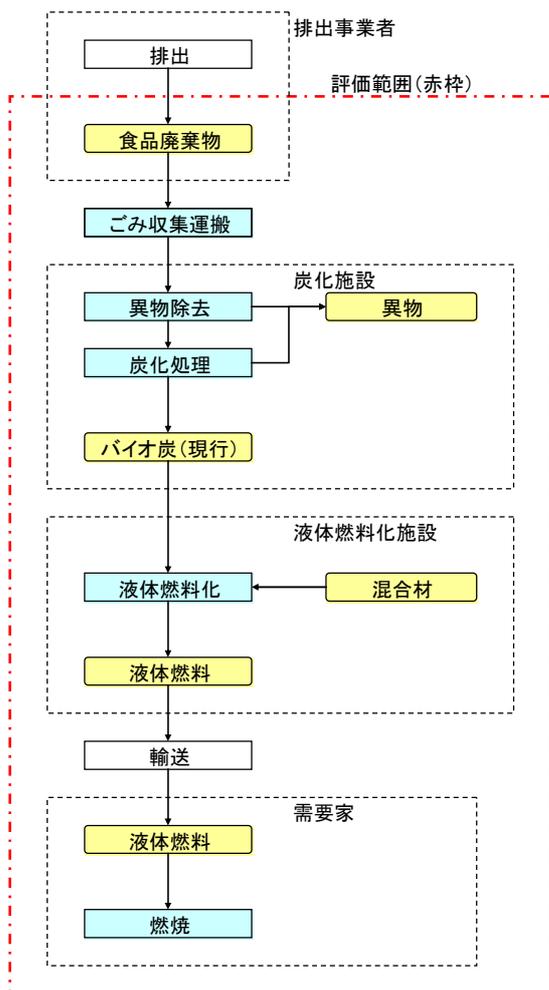


図 6-26 バイオマス炭の燃料利用（低含水率化）の評価範囲

【食品廃棄物・炭化処理(液体燃料化)】



【焼却処理】

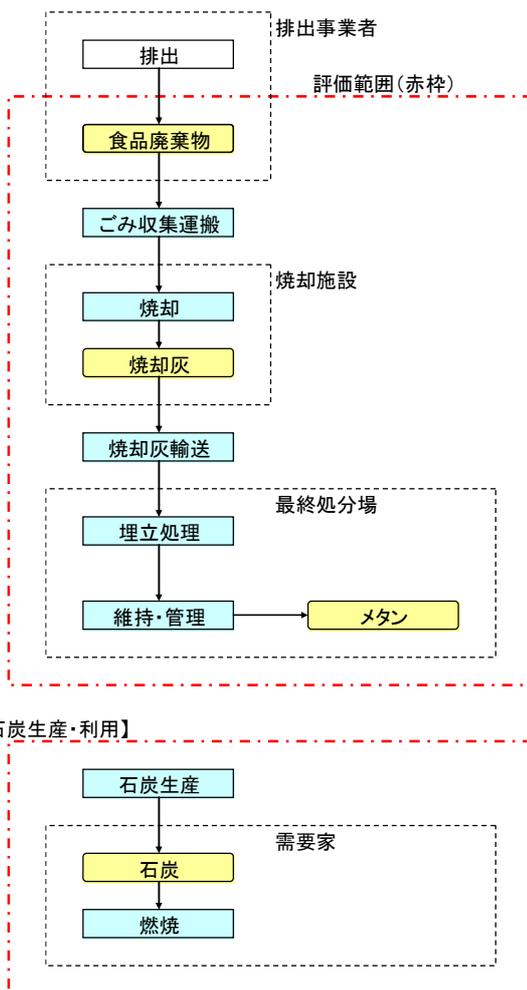


図 6-27 バイオマス炭の液体燃料化による燃料利用の評価範囲

6.5.3 リサイクルによる資源代替効果

(1) バイオマス炭（現行製品、低含水率製品）

バイオマス炭の燃料利用による代替効果としては、石炭（一般炭）の燃料代替として評価することとする。これは、現行の需要家が石炭代替として利用していること、新規に想定する需要家も固形燃料としての利用に限定されるため、石炭代替とする。なお、固形燃料としてバイオマス燃料の代替としても利用可能であるが、この場合にもバイオマス炭を利用する狙いとしては、石炭代替のバイオマス燃料の 1 種として利用すると考えることとして、この場合も石炭代替と見なす。

ここで、バイオマス炭の石炭代替効果はカロリー換算で評価する。このため、低含水率とすることで、製品重量あたりの代替効果は高くなる。

(2) 液体燃料（RF 燃料）

液体燃料の一種である RF 燃料は、もともとセメント会社との共同で研究開発を実施し、セメント用の燃料として開発された経緯があり、現行でセメント製造用の代替燃料として利用されている。この際に、専用の投入設備が必要であるため、需要者であるセメント工場では RF 燃料用の設備投資を行っている。

また、現状でセメント製造用の需要が現在の供給量以上にあり、RF 燃料の生産量が増えた場合でも当面セメント製造用として供給可能と想定される。

このため、RF 燃料の場合もセメント製造で主に使用される石炭の代替燃料として評価する。この場合に、石炭代替効果はカロリー換算で評価する。

6.5.4 使用データ

(1) 食品廃棄物の収集運搬

実証実験を実施する（株）関西再資源ネットワークの実績平均値データを使用する。

- 食品廃棄物収集運搬
 - 輸送車両積載量 5 t/台
 - 平均輸送距離 30 km
 - 輸送回数 630 台/月
 - トラック燃費 3.5 L/km
 - 燃料消費量 3.43 L/t
 - ◇ CO₂ 排出量原単位 8.917 kg-CO₂e/t

(2) バイオマス炭製造

実証実験を実施する（株）関西再資源ネットワークの実績平均値データを使用する。

- バイオマス炭製造
 - 灯油使用量 53 L/t
 - 電力消費量 108 kWh/t
 - ◇ CO₂ 排出量原単位 0.175 kg-CO₂e/kg

(3) 低含水率化（緩和乾燥）処理

（株）関西再資源ネットワークでの実証実験データを使用する。

- 低含水率化（緩和乾燥）処理
 - 灯油使用量 22.9 L/t
 - 電力消費量 6.94 kWh/t
 - ◇ CO₂ 排出量原単位 0.060 kg-CO₂e/kg

(4) 液体燃料化処理

混合率が低いため、実証実験を実施するリマテック（株）の RF 製造時の平均値データを使用する。

- 液体燃料化処理
 - 混合条件
 - ◇ バイオマス炭 1 t
 - ◇ 混合剤（廃油・廃液） 6.88 t/t
 - ◇ 混合剤（廃プラ粉・汚泥） 0.50 t/t
 - 電力消費量 9 kWh/t

◇ CO2 排出量原単位 0.017 kg-CO2e/kg

(5) 焼却処理

一般廃棄物の焼却灰の埋立処分による GHG 排出量データは、LCA プロジェクトのデータを使用する。

- 焼却処理（一般廃棄物） 3.34E-02 kg-CO2e/kg

（出典）「平成 14 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発成果報告書」，社団法人産業環境管理協会、(2003)

(6) 焼却灰埋立

一般廃棄物の焼却灰の埋立処分による GHG 排出量データは、LCA プロジェクトのデータ（埋立処分場の管理・浸出水処理含む）を使用する。

なお、データ分析の結果として焼却灰中に、未燃焼の炭素分が含有している場合には、すべてがメタンとして大気中に放出されると推計する。

- 埋立処分（一般廃棄物） 3.79E-02 kg-CO2e/kg

（出典）「平成 14 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発成果報告書」，社団法人産業環境管理協会、(2003)

(7) 食品廃棄物収集輸送

食品廃棄物の収集輸送についても、廃棄物の収集輸送としてパッカー車での輸送を想定する。

- 2t パッカー車 0.404 kg-CO2/km（満載時）

（出典）「プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討」（（財）日本容器包装リサイクル協会・プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等検討委員会）

(8) トラック輸送

トラック輸送については、カーボンフットプリント制度試行事業用 CO2 換算量データベース（暫定版）ver.3 の一般炭データを使用する。バイオマス炭の輸送用としては 10t 車（積載率 100%）を想定し、液体燃料の輸送用としては、タンクローリー 10kL 車（積載率 100%）を想定することとした。

- トラック輸送（10 トン車：積載率 100%） 1.01E-01 kg-CO2/tkm

（出典）温室効果ガスインベントリオフィス：”日本国温室効果ガスインベントリ報告書”（2009）
資源エネルギー庁：”荷主のための省エネ法ガイドブック，省エネルギーセンター”（2006），p. 103
環境省・経済産業省：”算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧”（2009）、燃料製造～トラック輸送のサービス

- タンクローリー輸送（積載量 10kL：積載率 100%） 1.13E-01 kg-CO₂e/tkm

（出典）温室効果ガスインベントリオフィス：“日本国温室効果ガスインベントリ報告書”（2009）
資源エネルギー庁：“荷主のための省エネ法ガイドブック，省エネルギーセンター”（2006），p. 103
環境省・経済産業省：“算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧”（2009）、燃料製造～タンクローリー輸送のサービス

（9）石炭生産

石炭の生産における GHG 排出量データは、カーボンフットプリント制度試行事業用 CO₂ 換算量データベース（暫定版）ver.3 の一般炭データを使用する。

- 一般炭（一般炭の採掘～選炭） 3.65E-02 kg-CO₂e/kg

※（独）産業技術総合研究所（2000）、環境省・経済産業省，“温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver. 2.4”，（2009）、豪州の石炭露天掘りを一般炭に適用”

6.5.5 環境負荷削減効果

(1) 通常バイオマス炭ケース

以下の条件で食品廃棄物由来のバイオマス炭の燃料利用によるCO₂排出削減効果の概算値を推計した。

今回は、製品となるバイオマス炭の含水率を50%と設定し、カロリー換算で石炭（一般炭）の代替を推計した。その他の条件は以下のとおりである。

この結果、食品廃棄物1t処理時に、石炭0.115トンの代替効果があり、ライフサイクルで見たCO₂削減効果は128.5 kg-CO₂e/tと推計された。詳細は表 6-29 に示す。

- 輸送条件
 - 食品廃棄物収集運搬 30 km（実績燃料データ 3.43L/t）
 - バイオマス炭輸送 200km（10tトラック積載率 100%）
- 食品廃棄物からのバイオマス炭製造割合
 - 10%（1tの食品廃棄物から0.1tのバイオマス炭（dry）を製造）

(2) 緩慢攪拌乾燥ケース

バイオマス炭自体のカロリーは含水率が変わっても不変であるため、石炭代替効果は0.115トンのままであり一定である。このため、緩慢攪拌乾燥でのエネルギー投入分だけCO₂削減効果は減少するものと考えられる。

含水率50%のバイオマス炭を含水率25%に灯油等を用いて乾燥させた場合を考えると、乾燥用の灯油由来のCO₂が含水率50%のバイオマス炭1トンあたり119.9kg-CO₂e/tに減少する。詳細は、表 6-30 に示す。

一方、売却価格は向上するため、事業採算性を考慮して取り組むべき状況となる。

(3) 液体燃料化ケース

液体燃料化ケースでは、混合する原料の影響もあるが、今回の推計ではバイオマス炭の部分のみの効果を評価する。

バイオマス炭に他の原料を加えて液体燃料化し、石炭代替として利用した場合を想定して環境負荷削減効果を推計すると、石炭代替量は歩留まり等を考慮して0.113トンであり、ライフサイクルで見たCO₂削減効果は120.1 kg-CO₂e/tと推計された。詳細は表 6-31 に示す。

表 6-29 バイオマス炭（通常含水）の石炭代替利用によるCO2削減効果の評価

◎食品廃棄物1tあたりの効果

ベースラインケース	322.7	kg-CO2e/t			
バイオマス炭（低含水）燃料利用	194.2	kg-CO2e/t			
削減効果（CO2削減量）	128.5	kg-CO2e/t			
経済価値（J-VER換算）	642	円/t	5,000 円/t	J-VER相場（売値、買値から想定）	

◎バイオマス炭（通常含水）の燃料利用

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
食品廃棄物排出	排出量	1.0	t-wet				
	含水率	90%					推計に使用せず
ごみ収集運搬	輸送距離	30	km				推計に使用せず
	軽油 輸送原単位	3.43 8.917	kg-CO2e/t	8.9	kg-CO2e	KSN実績平均値（3.5km/L）	
バイオマス炭製造	通常工程での製造	0.175	t-CO2e/t-wet	175.2	kg-CO2e	食品廃棄物1t処理時の排出量	
	灯油消費量	53	L/t-wet			KSN実績平均値	
	電力消費量	108	kWh/t-wet			KSN実績平均値	
	食炭	0.100	t-dry/t-wet			KSN実績平均値	
	異物率	0.9%					
	食炭熱量	29,032	KJ/kg			低位発熱量（含水率0%）,KSN実績平均値	
	含水率	50%				KSN実績平均値	
	食炭（含水後） 食炭（含水後）熱量	0.200 14,749	t-wet KJ/kg			低位発熱量（含水率50%）	理論値
バイオマス炭輸送	輸送距離	500	km	10.1	kg-CO2e	CFPでの越県輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
バイオマス炭燃焼	食炭（低含水後）	0.200	t-wet	0.0	kg-CO2e		
	食炭（低含水後）熱量	14,749	KJ/kg				
	食炭（低含水後）CO2	0	t-CO2e/t-wet				バイオマス炭燃焼時のCO2はゼロ設定
	供給熱量 代替石炭量	2,950 0.115	MJ t			一般炭換算	
合計				194.2	kg-CO2e		

◎ベースライン：食品廃棄物の単純焼却及び代替石炭燃焼

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
食品廃棄物排出	排出量	1.0	t-wet				
	含水率	90%					推計に使用せず
ごみ収集運搬	輸送距離	30	km				
	輸送原単位	0.510	kg-CO2e/tkm	15.3	kg-CO2e	KSN収集と同距離想定 ・2トントラック 積載量50%	CFP共通原単位DB ver.3.0
ごみ焼却	単純焼却処理	0.0334	t-CO2e/t-wet	33.4	kg-CO2e	一般廃棄物焼却処理	CFP共通原単位DB ver.3.0
	焼却灰	0.03	t-dry/t-wet			食品廃棄物由来の灰分想定値（3%）	他調査（2R検討会）での設定を使用
	未燃炭素分	1%				仮定値	
	未燃炭素量	0.300	kg				
焼却灰輸送	輸送距離	100	km	0.3	kg-CO2e	CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
埋立処分	一般廃棄物埋立	0.038	t-CO2e/t-wet	1.1	kg-CO2e	一般廃棄物埋立処分	CFP共通原単位DB ver.3.0
	メタン発生	0.024	kg-CH4	0.5	kg-CO2e	未燃炭素の50%分（メタン化）×12%（放出率）	
石炭燃焼	石炭量	0.115	t	272.0	kg-CO2e	一般炭	
	一般炭のボイラー燃焼	2.370	t-CO2e/t			一般炭の採掘～燃焼	CFP共通原単位DB ver.3.0
合計				322.7	kg-CO2e		

表 6-30 バイオマス炭（低含水）の石炭代替利用によるCO2削減効果の評価

◎食品廃棄物1tあたりの効果

ベースラインケース	322.7	kg-CO2e/t		
バイオマス炭(低含水)燃料利用	202.8	kg-CO2e/t		
削減効果(CO2削減量)	119.9	kg-CO2e/t		
経済価値(J-VER換算)	599	円/t	5,000 円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎バイオマス炭(低含水)の燃料利用

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
食品廃棄物排出	排出量	1.0	t-wet				
	含水率	90%					推計に使用せず
ごみ収集運搬	輸送距離	30	km				推計に使用せず
	軽油	3.43				KSN実績平均値(3.5km/L)	
	輸送原単位	8.917	kg-CO2e/t	8.9	kg-CO2e		
バイオマス炭製造	通常工程での製造	0.175	t-CO2e/t-wet	175.2	kg-CO2e	食品廃棄物1t処理時の排出量	
	灯油消費量	53	L/t-wet			KSN実績平均値	
	電力消費量	108	kWh/t-wet			KSN実績平均値	
	食炭	0.1	t-dry/t-wet			KSN実績平均値	
	異物率	0.9%					
	食炭熱量	29,032	KJ/kg			低位発熱量(含水率0%),KSN実績平均値	KSN実績平均値
	含水率	50%				KSN実績平均値	
	食炭(含水後)	0.200	t-wet				
緩慢攪拌乾燥	食炭(含水後)熱量	14,749	KJ/kg			低位発熱量(含水率50%)	理論値
	緩慢攪拌乾燥処理	0.060	t-CO2e/t-wet	12.0	kg-CO2e	温風乾燥(実験値)	
	灯油消費量	22.9	L/t-wet			実証実験結果値	
	電力消費量	6.9	kWh/t-wet			実証実験結果値	
バイオマス炭輸送	含水率	25%				実証実験結果値	
	食炭(低含水後)	0.133	t-wet			バイオ炭1tからできる低含水率炭	0.667
	食炭(低含水後)熱量	22,124	KJ/kg			低位発熱量(含水率25%)	理論値
バイオマス炭輸送	輸送距離	500	km	6.7	kg-CO2e	CFPでの越県輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
バイオマス炭燃焼	食炭(低含水後)	0.133	t-wet	0.0	kg-CO2e		
	食炭(低含水後)熱量	22,124	KJ/kg				
	食炭(低含水後)CO2	0	t-CO2e/t-wet				バイオマス炭燃焼時のCO2はゼロ設定
	供給熱量	2,950	MJ				
	代替石炭量	0.115	t			一般炭換算	
合計				202.8	kg-CO2e		

◎ベースライン:食品廃棄物の単純焼却及び代替石炭燃焼

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
食品廃棄物排出	排出量	1.0	t-wet				
	含水率	90%					推計に使用せず
ごみ収集運搬	輸送距離	30	km				
	輸送原単位	0.510	kg-CO2e/tkm	15.3	kg-CO2e	KSN収集と同距離想定 ・2トントラック 積載率50%	CFP共通原単位DB ver.3.0
	ごみ焼却	単純焼却処理	0.0334	t-CO2e/t-wet	33.4	kg-CO2e	一般廃棄物焼却処理
焼却灰輸送	焼却灰	0.03	t-dry/t-wet			食品廃棄物由来の灰分想定値(3%)	他調査(2R検討会)での設定を使用
	未燃炭素分	1%				仮定値	
	未燃炭素量	0.300	kg				
焼却灰輸送	輸送距離	100	km	0.3	kg-CO2e	CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
埋立処分	一般廃棄物埋立	0.038	t-CO2e/t-wet	1.1	kg-CO2e	一般廃棄物埋立処分	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	メタン発生	0.024	kg-CH4	0.5	kg-CO2e	未燃炭素の50%分(メタン化)×12%(放出率)	
石炭燃焼	石炭量	0.115	t	272.0	kg-CO2e	一般炭	
	一般炭のボイラー燃焼	2.370	t-CO2e/t			一般炭の採掘～燃焼	CFP共通原単位DB ver.3.0
合計				322.7	kg-CO2e		

表 6-31 バイオマス炭（通常含水）の液体燃料化後の石炭代替利用によるCO2削減効果の評価

◎食品廃棄物1tあたりの効果

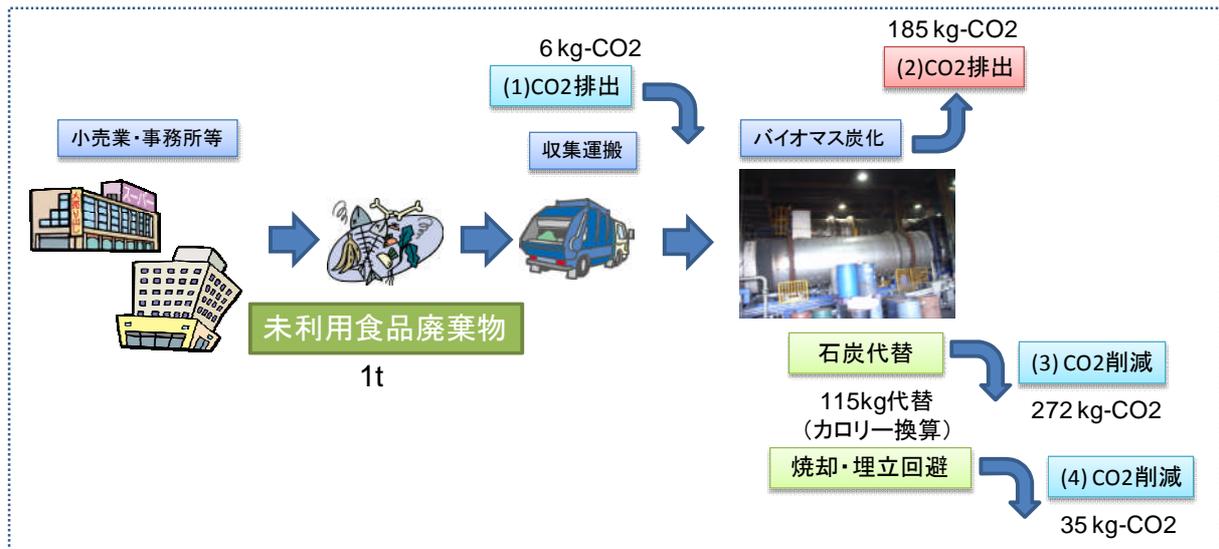
ベースラインケース	318.4	kg-CO2e/t			
液体燃料利用	198.2	kg-CO2e/t			
削減効果(CO2削減量)	120.1	kg-CO2e/t			
経済価値(J-VER換算)	601	円/t	5,000	円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎バイオマス炭(低含水)の燃料利用

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
食品廃棄物排出	排出量	1.0	t-wet				
	含水率	90%					
ごみ収集運搬	輸送距離	30	km				
	軽油 輸送原単位	3.43 8.917	kg-CO2e/t	8.9	kg-CO2e	KSN実績平均値	3.5km/L
バイオマス炭製造	通常工程での製造	0.175	t-CO2e/t-wet	175.2	kg-CO2e	食品廃棄物1t処理時の排出量	
	灯油消費量	53	L/t-wet				KSN実績平均値
	電力消費量	108	kWh/t-wet				KSN実績平均値
	食炭	0.1	t-dry/t-wet				
	異物率	0.9%					
	食炭熱量	29,032	KJ/kg			低位発熱量(含水率0%),KSN実績平均値	KSN実績平均値
	含水率	50%				製造後加水分	KSN実績平均値
	食炭(含水後) 食炭(含水後)熱量	0.200 14,749	t-wet KJ/kg			低位発熱量(含水率50%)	理論値
バイオマス炭輸送	輸送距離	30	km	0.6	kg-CO2e		
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	
液体燃料化	液体燃料化処理	0.017	t-CO2e/t-wet	3.4	kg-CO2e		
	電力消費量	9	kWh/t-wet				
	混合剤(廃油・廃液)	6.875	L/t-wet				
	混合剤(廃プラ粉・汚泥)	0.500	L/t-wet				
	液体燃料	3.500	t/t			バイオ炭1tからできる液体燃料	
	液体燃料 バイオ炭由来熱量	0.700 2,903	t MJ			バイオマス炭のみの部分を推計	
液体燃料輸送	輸送距離	500	km	10.1	kg-CO2e	CFPでの越県輸送の標準条件	バイオマス炭由来分のみを考慮
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
液体燃料燃焼	液体燃料	0.700	t-wet	0.0	kg-CO2e		
	バイオ炭由来熱量	2,903	MJ			バイオマス炭由来分のみを考慮	
	供給熱量	2,903	MJ				
	代替石炭量	0.113	t			一般炭換算	
合計				198.2	kg-CO2e		

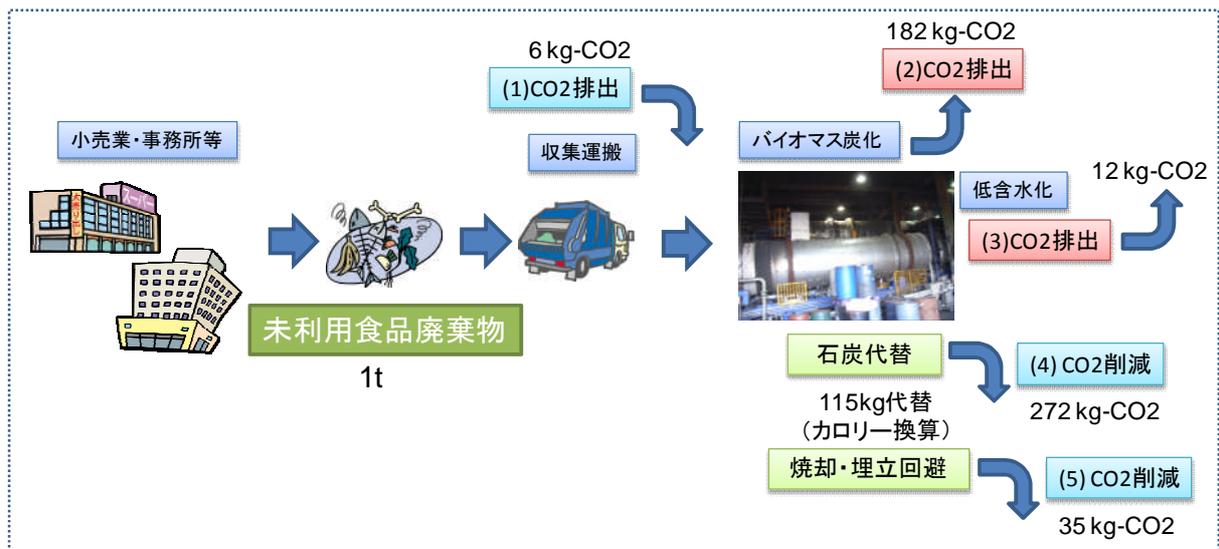
◎ベースライン:食品廃棄物の単純焼却及び代替石炭燃焼

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
食品廃棄物排出	排出量	1.0	t-wet				
	含水率	90%					
ごみ収集運搬	輸送距離	30	km				
	輸送原単位	0.510	kg-CO2e/tkm	15.3	kg-CO2e	KSN収集と同距離想定 ・2トントラック 積載量50%	CFP共通原単位DB ver.3.0
ごみ焼却	単純焼却処理	0.0334	t-CO2e/t-wet	33.4	kg-CO2e	一般廃棄物焼却処理	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	焼却灰	0.03	t-dry/t-wet			食品廃棄物由来の灰分想定値(3%)	他調査(2R検討会)での設定を使用
	未燃炭素分	1%				仮定値	
	未燃炭素量	0.300	kg				
焼却灰輸送	輸送距離	100	km	0.3	kg-CO2e	CFPでの産業廃棄物輸送の標準条件	
	輸送原単位	0.101	kg-CO2e/tkm			10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
埋立処分	一般廃棄物埋立	0.038	t-CO2e/t-wet	1.1	kg-CO2e	一般廃棄物埋立処分	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	メタン発生	0.024	kg-CH4	0.5	kg-CO2e	未燃炭素の50%分(メタン化)×12%(放出率)	
石炭燃焼	石炭量	0.113	t	267.7	kg-CO2e	一般炭	バイオマス炭由来分のみを考慮
	一般炭のボイラー燃焼	2.370	t-CO2e/t			一般炭の採掘～燃焼	CFP共通原単位DB ver.3.0
合計				318.4	kg-CO2e		



CO₂削減効果【(1)+(3)+(4)-(2)】 128 kg-CO₂

図 6-28 バイオマス炭利用による環境負荷低減効果



CO₂削減効果【(1)+(4)+(5)-(2)-(3)】 120 kg-CO₂

図 6-29 バイオマス炭（低含水率）利用による環境負荷低減効果

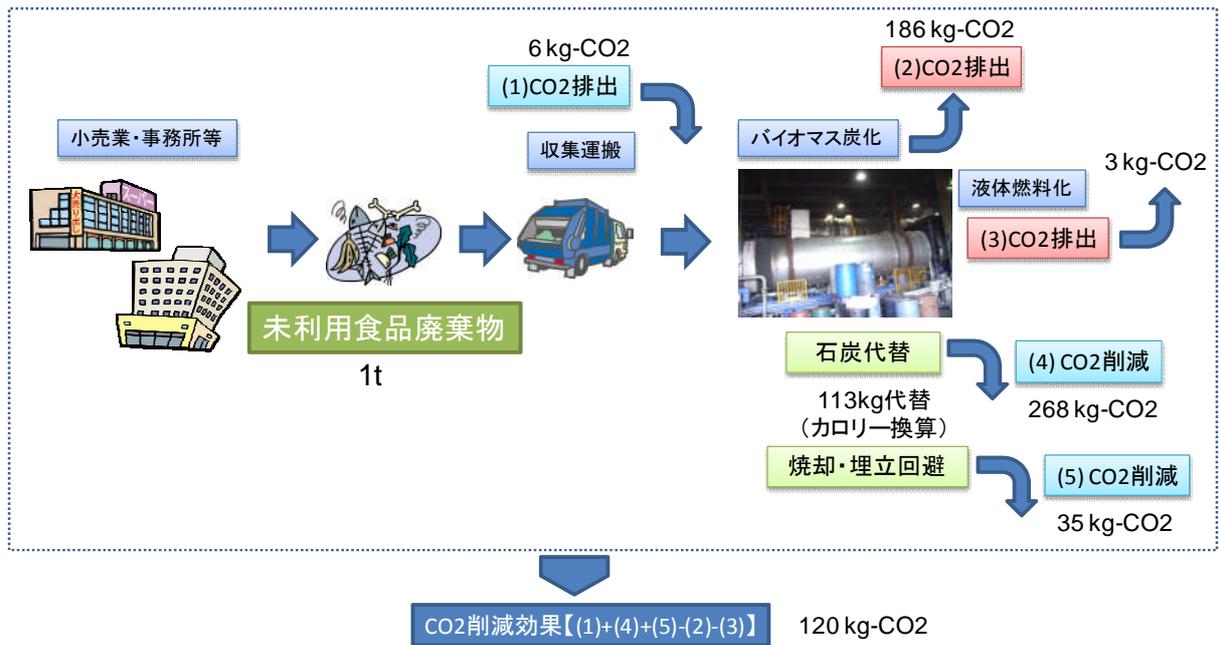


図 6-30 バイオマス炭の液体燃料化利用による環境負荷低減効果

6.6 コスト評価

6.6.1 バイオマス炭事業

バイオマス炭の事業は食品廃棄物処理委託費の収入を得て、バイオマス炭を製造し、売却収入を得るという形になっている。現在バイオマス炭の原料である食品廃棄物は表 6-32 のとおり、食品廃棄物 1kg あたり 30 円の処理費で引き受けている。これに対して周辺自治体の大阪市、堺市の事業系一般廃棄物の処理費用は、ごみ処理施設への持込で 9 円/kg（大阪市）、11 円/kg（堺市）である。大阪市の場合は収集ごみの場合は 27 円/kg となっているため、収集費用が 18 円/kg と推計され、これを堺市に当てはめると 29 円/kg（収集込み）となる。従って、バイオマス炭の廃棄物処理の方が 1~3 円/kg 程度高い状況と想定される。

このため、現状では稼働率は概ね 50% 割程度であり、更なる処理量の増加には一般廃棄物の処理費よりも価格優位となることが条件の一つと考えることができる。

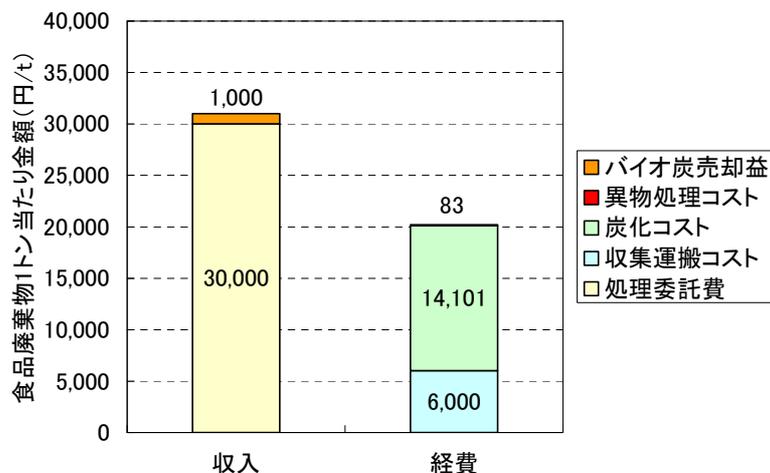
現状での稼働率 50% で事業採算（ランニング費用）を推計すると、（注）上記費用には減価償却費が含まれていない

図 6-31 のとおりとなり、減価償却費を除くと採算性が得られるが、減価償却費を考慮すると決して採算性を確保しており、処理量拡大のための処理費の引き下げができる状況ではない。

このため、モデル事業により高付加価値の検討を行った所である。

表 6-32 各種廃棄物処理単価

	廃棄物処理単価	
関西再資源ネットワーク	一廃（生ごみ）	30 円/kg
	動植物性残さ	30 円/kg
大阪市（一般廃棄物）事業系	収集ごみ	27 円/kg
	持込ごみ	9 円/kg
堺市（一般廃棄物）事業系	持込（破碎あり）	17 円/kg
	持込（破碎なし）	11 円/kg



（注）上記費用には減価償却費が含まれていない

図 6-31 バイオマス炭事業の収支推計（稼働率 50% 想定）

6.6.2 炭の緩慢攪拌乾燥による含水率低下試験

(1) 乾燥炭の製造原価および価格競争力の側面からの考察

温風乾燥実験により明らかにした最適条件における乾燥処理費用のデータをもとにして、製造される乾燥炭 1kg 当たりの製造原価を下表に示した。乾燥前含水率 40%、50%でそれぞれ 2.7 円/kg、4.5 円/kg であった。ここでは、炭の乾燥によって炭の重量が軽くなることから、製造原価を計算するとその費用は高くなる。なお、既存施設を利用していること、および事業化するにあたり新たな雇用などはしないことを前提として、施設の原価償却費および人件費は適用していない。

表 6-33 温風乾燥による乾燥炭製造原価

項 目	乾燥前含水率 40%	乾燥前含水率 50%
	最 適 条 件	最 適 条 件
処理速度(kg/h)	2,700	2,600
乾燥後炭重量(kg/h)	2,137	1,754
製造原価(円/kg)	2.7	4.5

国内で流通している石炭の価格帯を調査した結果、下図に示すとおり、1990 年から 2000 年過ぎまでは、石炭輸入価格はカロリーベースで 1 円/kcal 以下で推移してきた。その一方、昨今のエネルギー情勢および国際的な経済情勢などによって石炭価格が上昇しているのが現状であり、2008 年にはリーマンショックなどの影響を受けて、いったん 2 円/千 kcal 以上に上昇し、その後、2 円/kg 以内で安定はしていることがうかがえるが、先行きは不透明な状況である。これらカロリーベースでの価格設定を実証研究で明らかにした乾燥炭の熱量を基礎に、炭の含水率別に価格帯を予測した（表 6-34）。

炭の現状での販売価格は売先および供給量ならびに販売先までの距離などで需要家との協議のもと価格設定をしているが、概ね 5 円/kg である。50%含水率の炭では、1 円/千 kcal 設定で 3.5 円/kg、2 円/千 kcal では 7.0 円/kg であるから、現状の販売価格には妥当性があると考えられる。

本実証研究において、25%以下の含水率にすることにより、販売価格は 5.3～10.6 円/kg が期待できる。一方、緩慢乾燥処理による製造原価は初期含水率が 40～50%の場合において 2.7～4.5 円/kg であることから、既存の 50%含水率の炭の場合よりも収益性は低くなる可能性が考えられる。

しかしながら、石炭と比較しても価格競争力を十分に確保することができるとともに、含水率低下によって利用領域は拡大できると考えられる。また、カーボンニュートラルの観点から石炭使用量を削減できることから付加価値性が高いものと市場より評価を得られることが期待できる。

表 6-34 炭の発熱量と価格帯

水分 (%)	高位発熱量		低位発熱量		1 円/千 kcal	2 円/千 kcal
	(KJ/kg)	(Kcal/kg)	(KJ/kg)	(Kcal/kg)	(円/kg)	(円/kg)
0.0	29,500	7,047	29,032	6,935	7.0	14.1
10.0	26,550	6,342	26,549	6,342	6.3	12.7
20.0	23,600	5,638	23,599	5,638	5.6	11.3
25.0	22,125	5,285	22,124	5,285	5.3	10.6
30.0	20,650	4,933	20,649	4,933	4.4	9.9
40.0	17,700	4,228	17,699	4,228	4.2	8.5
50.0	14,750	3,524	14,749	3,523	3.5	7.0
60.0	11,800	2,819	11,798	2,819	2.8	5.6
70.0	8,850	2,114	8,848	2,114	2.1	4.2
80.0	5,900	1,409	5,898	1,409	1.4	2.8
90.0	2,950	705	2,948	704	0.7	1.4

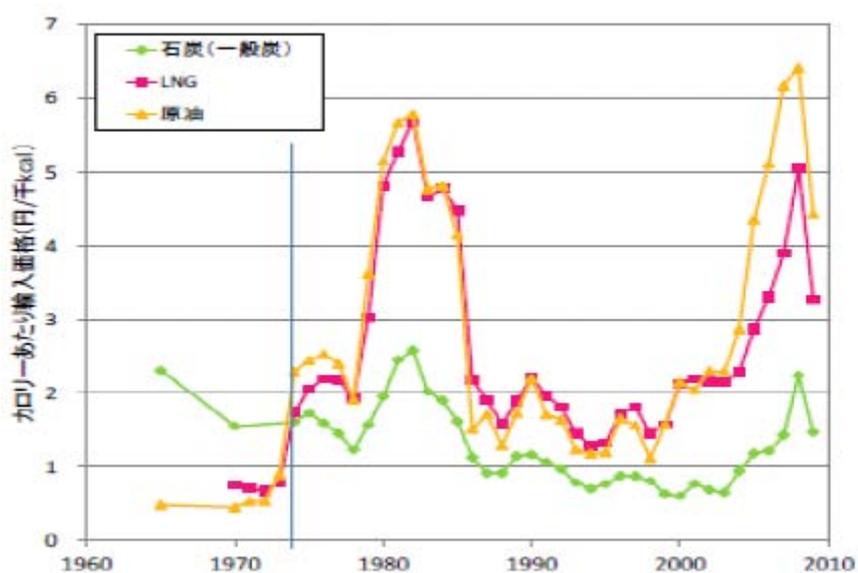


図 6-32 (参考) エネルギー源別のカロリー当たり輸入価格の推移

(出典) 日本エネルギー研究所：EDMC エネルギー経済統計要覧 2011

(2) 炭化事業全体にかかる採算性についての考察

乾燥前含水率 40%および 50%を緩慢攪拌乾燥した場合の食品系バイオマス 1t あたりに費用を表 6-35 に計算した。乾燥前含水率 40%の場合の食品系バイオマス 1t あたりの費用は 361 円/t-食廃、廃熱利用を想定した場合は 250 円/t-食廃であった。乾燥前含水率 50%の場合、604 円/t-食廃、廃熱利用を想定した場合、464 円/t-食廃であった。

その一方、緩慢攪拌乾燥による食品系バイオマス炭の販売による増収を、含水率 40~50%の炭の販売価格を 5 円/kg、25%含水率の場合を 10 円/kg に設定し計算すると乾燥前含水率 40%の場合、503 円/t-食廃、50%の場合 333 円/t-食廃であり、乾燥前含水率 40%の場合、採算性が確保できることが明らかになった。

表 6-35 食品系バイオマス 1t あたりの緩慢攪拌乾燥処理費用

項 目	乾燥前含水率 40%	乾燥前含水率 50%
	最 適 条 件	最 適 条 件
実証試験実績		
バイオマス炭 1t あたりの乾燥処理費 (円/t)・・・(A)	2,170	3,020
食品系バイオマス量 (t)・・・(B)	6.0	5.0
食品系バイオマスあたりの費用 (円/t-食品) (A)÷(B)	361	604
廃熱利用想定		
バイオマス炭 1t あたりの乾燥処理費 (円/t)・・・(C)	1,500	2,320
食品系バイオマス量 (t)・・・(D)	6.0	5.0
食品系バイオマスあたりの費用 (円/t-食品) (C)÷(D)	250	464

※データの詳細は、4.1.2.温風乾燥実験 を参照

◎緩慢攪拌乾燥による増収の計算

【乾燥前含水率 40%の場合】

バイオ炭 (含水率 40%) : 5 円/kg×166kg=830 円/t-食廃・・・(A)

バイオ炭 (含水率 25%) : 10 円/kg×133kg=1,333 円 t-食廃・・・(B)

増収(B-A)=503 円/t-食廃

【乾燥前含水率 50%の場合】

バイオ炭 (含水率 50%) : 5 円/kg×200kg=1,000 円/t-食廃・・・(C)

バイオ炭 (含水率 25%) : 10 円/kg×133kg=1,333 円 t-食廃・・・(D)

増収(D-C)=333 円/t-食廃

6.6.3 液体燃料化（炭と低含水再生資源等との混合による含水率低下試験）

緩慢攪拌乾燥の場合と同様に、液体燃料化の場合についてバイオマス炭の二次処理による高付加価値化の費用評価を行った。

バイオマス炭 1tあたりの液体燃料化費用は 15,000 円と推計された。この場合に食品系バイオマス 1t あたりでは 3,000 円に相当する。液体燃料化事業者に対し、現状設定価格である 5 円/kg でバイオマス炭を購入する場合には、食品系バイオマス 1t あたり、1,000 円の費用がかかる。他の原料調達費用をゼロ円と仮定し、食品系バイオマス 1t 当たりで製造できる液体燃料 2.5t の売却価格が費用に見合うように計算した場合、1.6 円以上の単価増加があれば、採算性を確保できると考えられる。

【費用】

液体燃料化コスト 15,000 円/t-バイオマス炭=3,000 円/t-食廃
バイオ炭（含水率 50%）購入費 5 円×200kg=1,000 円/t-食廃
合計 4,000 円/t 食廃

【増収】

液体燃料の販売価格増 4,000 円=1.6 円/kg×2.5t

6.6.4 マテリアル利用としての食品系バイオマス炭の高度化実証試験

土壌改良資材などとして認定および市販されている木炭は比較的高価（110～140 円/kg）であるため、バイオマス炭の効果・効能を明らかにし、土壌改良資材などとしての認定を受けることができれば、現行の売価（5 円/kg）においても価格競争力は十分にあると考えられる。

（出典）バイオ炭（炭の土壌改良資材）の普及に関する実践的調査研究、財団法人 中部産業・地域活性化センター、p32（2010）

6.7 経済価値化の可能性検討

6.7.1 適用可能な経済価値化手法の検討

バイオマスの燃料利用はクレジット化の可能性高い利用方法である。ただし、需要者において削減効果が現れるため適切な方法論を選択することが求められる。

今回のモデル事業の需要家をセメント工場など大規模な需要家とすると、国内クレジット制度の適用はできないものとなる。一方、J-VER 制度については、需要家側が経済的障壁を超えて利用する想定であれば、適用可能性は生ずるものとする。

この場合には、以下の2つの方法論などに準拠した形で方法論を承認してもらうことが必要である。なお、液体燃料化も考え方はバイオマス炭の燃料利用と同じに考えられるが、この混合物の成分やバイオマス炭の混合率によってはJ-VERを利用するメリットが小さくなることが想定されるため、今回の検討では対象外とする。

- 化石燃料から未利用の木質バイオマスへのボイラー燃料代替 (E001)
- 下水汚泥由来バイオマス固形燃料による化石燃料代替 (E005)

この際に必要な条件としては、以下の要因が挙げられる。特に経済的障壁については、事業の中で生ずることが必要である。

- 未利用の食品廃棄物であること（焼却処理されている新規取引先のものが対象）
- 化石燃料の使用削減が担保されること
- 関連法規制（廃棄物処理法、食品リサイクル法）を遵守していること
- 経済的障壁があること（ランニングの収益性が現状より悪い、投資回収が3年以上）

6.7.2 将来的な経済価値化の可能性について

(1) マテリアルリサイクルの経済価値化

将来的には、マテリアル利用により炭の地中貯留効果が認められた場合には、マテリアル利用によって経済価値化が認められる可能性が出てくるものと想定される。

ただし、この場合にも先の条件が満たされることが必要であり、食品リサイクル法上で炭化物のマテリアル利用が認められることが条件となるものと考えられる。

(2) 巡回回収などの輸送の効率化

秋田県の実証実験で行っているような巡回回収は、小口の食品廃棄物の排出事業者からの収集にも適用可能と考えられる。直接収集を行っていない場合でも、情報通信技術（ICT）を活用した効率化の仕組みを提供することで、J-VER 制度（方法論：E008）の適用を検討することも、事業性を向上させるための一つの手法と考えられる。

6.8 事業性の検討

6.8.1 炭の緩慢攪拌乾燥による含水率低下試験

食品系バイオマス炭の温風緩慢攪拌乾燥による 25%以下の低含水率化に成功した。乾燥前含水率 40%時においては、事業採算性を有していることが明らかになった。一方、乾燥前含水率 50%の場合においては、乾燥のための費用が高まるため、採算性を確保するには至らなかった。バイオマス炭の発火による安全性を十分に確保したうえで、含水率 40%炭の調湿方法の確立および緩慢攪拌乾燥の効率を高めることによって、持続性のある事業化が成されると考えられた。一方、含水率 25%以下の乾燥炭の作製によって、燃料需要家を獲得するに至ることができた。

6.8.2 炭と低含水再生資源等との混合による含水率低下試験

低含水率化を目的として、バイオマス炭を利用した新規液体燃料の製造方法を検討した結果、需要家が求める目標物性値をすべて満たす製造方法の開発に成功した。また、液体燃料の価格増を 1.6 円/kg 以上にすることによって、採算性ある事業運用が可能であることを実証することができた。既存の液体燃料利用者が存在することから、事業化が可能であると判断することができた。

6.8.3 マテリアル利用としての食品系バイオマス炭の高度化実証試験

バイオマス炭のマテリアル利用については、木炭と同様の機能性を有することを実証することができた。一方で、地力増進法の原料として食品系バイオマス（廃棄物）が認められていないため、認定されるためにクリアすべき条件を整理し、課題解決に向けた取り組みを行う必要があると考えられる。

マテリアルリサイクルの付加価値向上のためには、土壌改良資材として地力増進法の政令指定を目指すことが考えられるが、都道府県知事から農林水産大臣への提案が必要となることが想定されるなど容易ではない可能性が高い。そこで、地力増進法政令指定土壌改良資材である木炭と同等以上の「土壌の透水性の改善」の効果と、性状分析や安全性評価、木炭等で想定されている土壌中の微生物活性機能の評価などの評価データを示すことで、当面、実質的な評価を得ることを目指し、将来的には、地力増進法の指定を目指すことも考えられる。一般的な土壌改良剤としての販売を目指すのであれば、価格、用途・効果による一般市場での競争となる。現状の土壌改良資材の供給状況を表 6-36 に示す。

なお、食品リサイクル法においては、サーマル利用（燃料および還元材）としての炭の利用が認められている一方、マテリアル利用にはその多くを利用することができない状況である。今後、地力増進法の認定に向けた基礎的な知見の取りまとめや、炭の CO₂ の地中貯留効果の実証および知見収集を行い、用途拡大を図ることが必要と考える。

表 6-36 地力増進法政令指定土壌改良資材供給量（生産量及び輸入量）

資材名	平成 16 年	平成 17 年	平成 18 年	平成 19 年	平成 20 年	平成 21 年	平成 22 年
泥炭	62,213	58,798	54,073	44,530	43,514	37,134	48,258
パークたい肥	267,246 (228,495)	246,429 (210,697)	231,573 (197,995)	236,908 (202,556)	276,308	269,136 (242,222)	287,714 (245,708)
腐植酸質資材	13,447	14,277	13,207	13,339	14,766	10,044	12,071
木炭	7,263	8,848	8,533	8,745	6,663	6,100	6,640
けいそう土焼成粒	533	341	311	217	82	254	241
ゼオライト	25,031	27,099	27,360	23,478	20,821	22,951	20,497
バーミキュライト	21,709	14,487	13,229	13,917	15,662	19,756	20,376
パーライト	11,630	10,682	12,575	27,916	24,179	31,266	30,402
ベントナイト	976	966	944	1,180	1,219	1,491	930
VA菌根菌資材	35	36	19	16	15	15	12
ポリエチレンイミン系資材	229	229	230	231	231	232	235
ポリビニルアルコール系資材	38	28	24	28	33	94	757
合計	410,350 (371,599)	382,220 (346,488)	362,098 (328,500)	370,505 (336,153)	403,493	398,473 (371,559)	428,133 (386,127)

農林水産省生産局農産振興課
(単位：トン)

(注)

1. 本調査は統計法第 19 条第 1 項に基づくものである。
2. 供給量は、当該年の 1 月から 12 月の間に生産及び輸入され、農業用に払い出された数量である。
3. バーミキュライト及びパーライトについては、容量(kl)で報告された数値を重量換算(0.15t/kl,0.2t/kl)した。
4. パークたい肥については、平成11年から抽出調査に移行したため、悉皆調査を行ったと仮定して換算した数字を上段に記載(平成11～14年:90.5%で割り戻した値、平成 16～19 年:85.5%で割り戻した値、平成 21, 22 年:85.4%で割り戻した値)し、抽出調査の結果を下段にカッコ書きで記載した。なお、平成 15 年、平成 20 年調査は悉皆調査で行っている。