

平成13年度 農林水産省補助事業  
木材産業技術実用化促進緊急対策事業

# 木材産業技術実用化促進緊急対策事業報告書

## VI 樹皮利用、廃棄物抑制編（4課題）

平成15年1月

財団法人 日本住宅木材技術センター



# まえがき

地球温暖化対策森林資源の炭素固定機能の高度発揮が求められている中、我が国においては、スギ等人工林を中心とした森林資源が成熟しつつあり、木材の持続的利用を担う木材産業の発展が緊急の課題となっております。

また、我が国の木材産業は、木材需要及び価格の低迷、木材製品輸入の増大等から厳しい経営環境におかれており、木材産業の活性化が必要となっております。一方、木材関連企業の中には、木材利用の推進に資する新たな製品及び利用技術等の開発に真剣に取り組んでいる企業も見受けられます。

こうした中で、林野庁の平成13年度補正予算により、「木材産業技術実用化促進緊急対策事業」が実施されることになり、(財)日本住宅・木材技術センターが事業実施主体となって実施したところです。

この事業は、木材の利用推進や木材産業の発展に資する幅広い分野での新製品あるいは新技術の実用化に向けて必要な品質性能試験、市場調査、技術可能性評価等の試験調査課題を公募し、122件の応募課題の中から外部委員による評価を経て31課題を選定し、これらの課題に必要な試験調査を当センターと実施企業及び試験研究機関と共同で実施したものです。

これらの試験調査結果については、各課題毎に報告書を取りまとめたところですが、31分冊にもなるため、ここでは、活用と保存の便宜を考慮し、下記のように課題を7分類し、それぞれを合本・編集したところです。

- I 木質構造編
- II 集成材、合板、LVL編
- III 乾燥編
- IV ボード製造、利用編
- V 成型、防・耐火編
- VI 樹皮利用、廃棄物抑制編
- VII 高齢者対策、圧密化、サッシ保存編

多くの方にご活用頂きますようお願いする次第です。

平成15年1月

財団法人 日本住宅・木材技術センター  
理事長 岡 勝 男



# 木材産業実用化促進緊急対策事業報告書

## VI 樹皮利用、廃棄物抑制編

- 1310 水稲育苗用培地の品質管理技術の開発
- 1321 バークを堆肥化したコンポストシートの開発
- 1303 木炭泥炭複合材による木質廃材焼却煙内物質の吸着機能調査
- 1326 木質系廃材の完全焼却炉と蒸気発生装置の実用化調査



1310 水稻育苗用培地の品質管理技術の開発





課題番号：1310

## 水稲育苗用培地の品質管理技術の開発

チューモク株式会社

### 要 旨

従来より行ってきた廃樹皮の堆肥化事業をさらに発展させるため、高品質な水稲育苗用樹皮培地の生産に必要な品質管理技術の確立を企図した。

本試験調査では、新鮮樹皮、及び1年ないし3年間野積みした樹皮の3種類の樹皮から樹皮培地をそれぞれ4 m<sup>3</sup> 試作し、それらの化学成分と水稲苗の生育性との関係を検討した。その結果、水稲育苗培地として具備すべき品質指標として、特に重要である水溶性フェノール、及び全リン酸含有量について、前者は、0.1mM 以下を、後者は 0.25 %以下を目安に調整すること、また、培地の肥料成分量の安定性を保つために pH 値を約 4.5 ~ 5.0 の範囲に調整する必要があること等が明らかとなった。

これらの指標に基づき品質管理を行うことにより、安全、かつ、育苗性能に優れた樹皮培地の生産が可能になるものと結論づけられた。

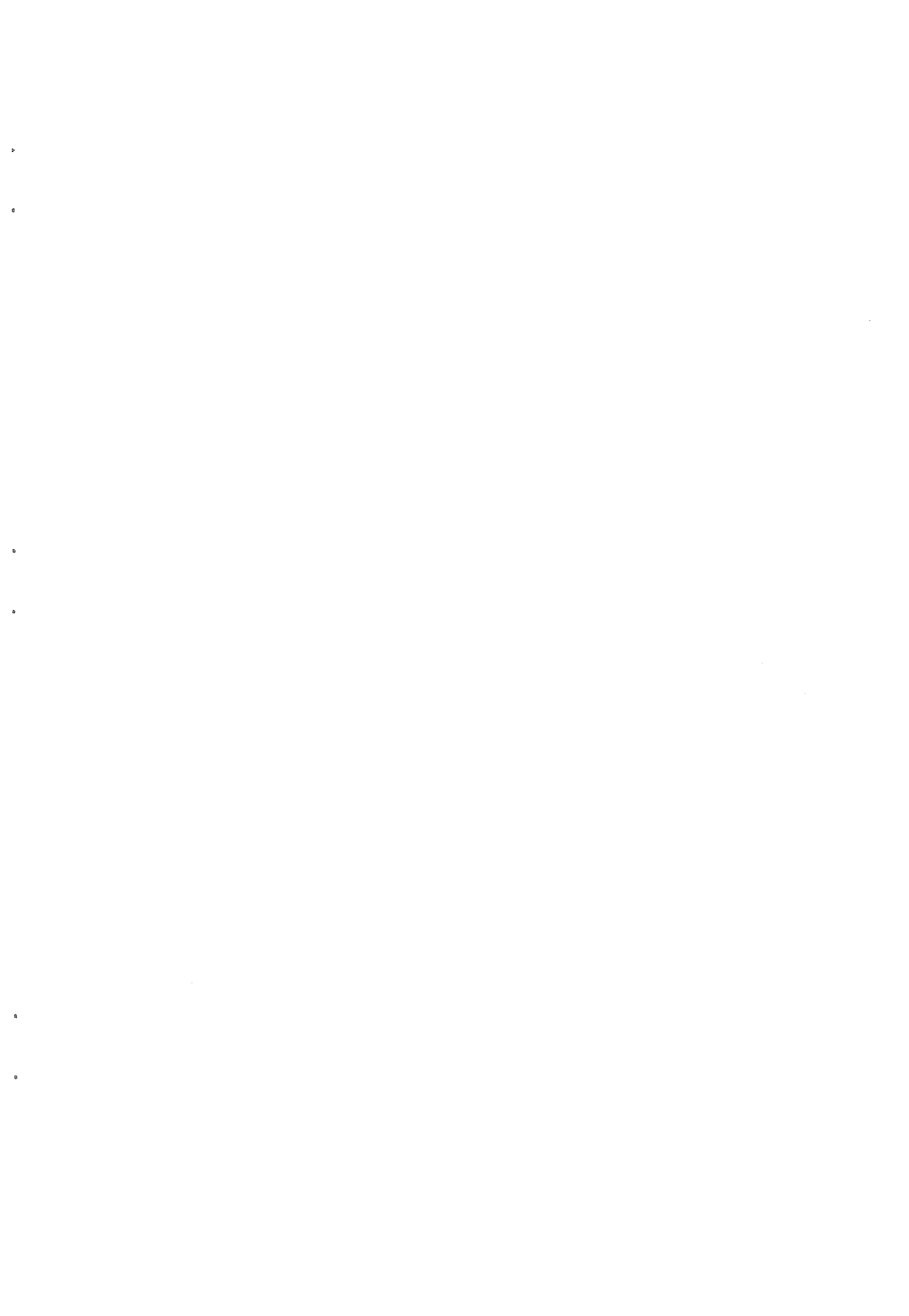
### キーワード

廃樹皮、樹皮堆肥、水稲育苗用培地、樹皮培地、品質管理、品質指標、水溶性フェノール、全リン酸、pH



## 目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	2
3. 試験調査の内容	2
3.1 発酵槽の製作	2
3.2 樹皮培地の製造	3
3.3 樹皮堆肥及び樹皮培地の成分分析	6
3.4 樹皮培地による育苗試験	9
4. 試験調査の日程	10
5. 試験調査の結果	10
5.1 発酵槽の作業性	10
5.2 新鮮樹皮の簡易堆肥化と成分変化	12
5.3 樹皮培地の成分分析	17
5.4 樹皮培地による育苗試験	18
6. 実用化の見通し	21
7. 今後の対応	22
8. 特筆すべき成果	22
9. 試験調査委員会 委員	22
10. 技術者	22
11. 他からの指導または協力事項	22
12. 参考文献	22



# 水稻育苗用培地の品質管理技術の開発

チューモク株式会社

## 1. はじめに

木材のチップ化や製材工程において排出される樹皮は、これまで産業廃棄物として取り扱われ、その処理に長年苦慮してきた。さらに近年に至っては、従来より行われてきた焼却処分も環境保全、並びに資源の有効利用の観点から見直しを迫られる状況下にある。

当社では、平成2年から県産広葉樹材や北洋材の樹皮の有効活用を事業化するため、これら樹皮の堆肥化研究に着手し、試行錯誤の結果、平成4年には高速道路等の法面の植生を促進させる法面緑化資材としての樹皮堆肥を生産する技術を開発し、本県及び隣県に出荷販売し、現在に至っている。

一方、稲作においては、全ての農作業に機械化が取り入れられ、田植え作業もその殆どが田植機によって行われているのが現状である。この田植機の導入・普及によって、田植えに至るまでの育苗方法も大きく様変わりし、播種も従来の苗代田から田植機に積載可能な苗箱へと大きく変貌した。

さらに苗質も、機械植えに適するよう草丈が揃い、かつ、根張りの良いことが極めて重要な要件であることから、これまでは山砂に肥料分を添加したもの（以下、これを「慣行床土」という）を育苗培地として苗箱へ充填し、これに種籾を播種し水稻苗を育成してきた。

しかし、良質な山砂の枯渇に加えて、山砂自体がかなりの重量を有することから、就業者の多くが高齢化を迎えつつある現状においては、軽量で、かつ、育苗に必要な肥料分を保持し得る新たな培地の開発が強く求められている。

当社では、樹皮堆肥のさらなる製品開発を目指して、水稻育苗用の樹皮培地の開発を富山県林業技術センター、及び農業技術センターと共同で進めてきた。この培地は、重量が慣行床土の約 1/2 と軽量であることに加えて、肥料成分の保持能力も高いなど育苗用培地としての必要条件を具備するばかりではなく、慣行床土に比べ苗の根張りが良く、しかも田植機に積載する際にも、培地マットの折損が少ないなど多くの利点を有する。

しかしながら、これまでの樹皮培地の多くは、屋外に野積みしてから1年以上経過した樹皮を原料とするものであり、入荷直後の新鮮樹皮を原料とする培地製造は、未だその例が無いことに加えて、培地の保管中、微生物等の作用による変質、あるいは肥効成分の消失を防ぐためには、pH をどの範囲内に保持・調整すべきか等の品質管理技術については未だ確立されていない。

さらに、樹皮の発酵過程、あるいは発酵終了時における肥料成分の経時的変化についても不明な点が多く、これが発酵樹皮の培地としての品質管理、さらには樹皮培地の育苗床

土への活用においてこれまで大きなネックとなっていた。これに加えて、収集された樹皮は、屋外にある期間、野積みされているのが常であるが、野積み期間が培地の品質に及ぼす影響についても不明である等々、樹皮培地については解決すべき問題が多く残されている。

よって、本事業においては、最も基本となる新鮮な樹皮による培地への発酵過程をその発酵温度と成分分析から追跡すると共に、培地の pH 調整後には水稻の育苗試験を行い、培地としての適性を検証する。さらに、1年及び3年間の野積み後に pH 調整した樹皮培地についても同様に成分分析、並びに育苗試験による検証を行う。これによって、水稻育苗用培地開発のための品質管理技術の指針が確立され、廃棄樹皮の有効、かつ、高付加価値的活用の方途が確立されると共に、高齢化、機械化、省力化が進む現在の稲作ニーズに大きく貢献できるものと期待される。

## 2. 試験調査の目的

本試験調査においては、新鮮な樹皮が培地として発酵・熟成される過程の発酵温度、並びに肥料成分の経時的増減・変化を把握するため、先ず発酵槽の製作を行う。次いで、この発酵槽に湿潤状態に調整した新鮮樹皮粉碎物に窒素肥料を添加しつつ充填する。発酵状況は、発酵槽内に設置した温度計によって追跡・把握すると同時に、適宜、肥料成分分析用の試料を採取して分析に供し、新鮮な樹皮の発酵から熟成過程における樹皮成分と肥料成分の経時的変化を明らかにする。

さらに、培地としての pH 調整終了後には水稻の育苗試験を行い、育苗用培地としての適性を評価し、水稻育苗用培地の品質管理技術開発のための指針を確立する。

また、1年間、及び3年間野積み後に pH 調整した培地についても新鮮樹皮培地と同様に肥料成分の成分分析、並びに育苗試験を行い、培地肥料成分並びに育苗に及ぼす野積みの影響を明らかにする。

## 3. 試験調査の内容

### 3.1 発酵槽の製作

簡易発酵の至適条件を明らかにするため、長さ 2 m、幅 12 cm、厚さ 2 cmのカラマツ材を用いて、図 1 に示すような 170 cm×200 cm、高さ 170 cmの木箱（内容積 4m<sup>3</sup>）を製作し、これを発酵槽とした。

なお、発酵槽の設計・製作には、特に以下の仕様を採り入れた。

- 1) 外気温の影響を極力防ぐため発酵槽は、内壁と外壁とから構成される二重壁として、内壁と外壁との間には厚さ 45 mmの発泡スチロール材を挿入した。
- 2) 発酵樹皮による発酵槽内の汚染を防ぐため、内壁の内側には厚さ0.3 mmのステンレス板を貼った。
- 3) 発酵槽への樹皮培地の入れ替え、調整、繰り返し作業等を円滑に行うために底板の取

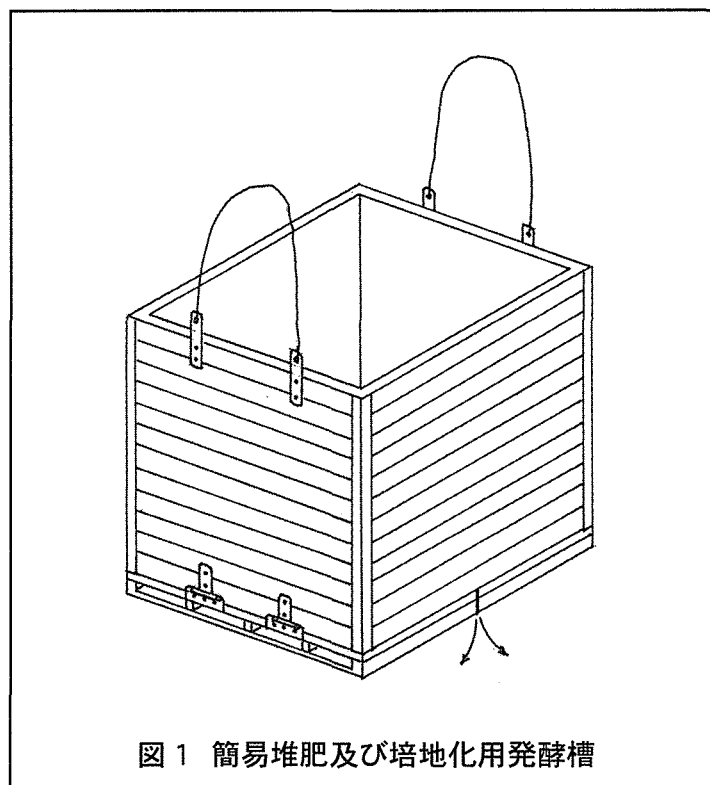


図 1 簡易堆肥及び培地化用発酵槽

り付けには特に工夫を凝らした。具体的には、底板は中央部で2枚に分断し、底板の分断面と平行する面は壁材に蝶番（ちょうつがい）で固定するが、分断面と交差する面は壁材には固定せずに単に底板の上に壁材を載せた状態として、底板は蝶番によって中央から外部へ自由に開閉できるようにした。

こうした工夫によって、発酵槽が床面上にある場合は通常の箱と同様の機能を果たすが、発酵槽を持ち上げた場合には、底板の自重によって底板が自動的に中央から観音開きに下方に垂れ下がり、あたかも底が抜けた状態となる。その結果、内容物が自然落下し、発酵槽の内容物を容易に取り出すことが可能となる。

4) 発酵槽の上部には、発酵槽をフォークリフト等で吊り上げるためのワイヤーを取り付けた。これは、3) で既述した内容物の取り出し作業を円滑に行うためのものである。

## 3.2 樹皮培地の製造

### 3.2.1 新鮮樹皮の簡易堆肥化と培地調製法

搬入直後の北洋材等の新鮮樹皮からの培地製造手順を図2に示す。詳細は以下の通りである。

まず、新鮮樹皮をハンマーミルで粉碎後、15 mm 目スクリーンで篩分し簡易発酵用材料とした（写真1）。次いで同材料に窒素分が 1.5 %、水分 63 %になるよう窒素肥料、水道水を添加ながらバートミキサー（写真2）で十分攪拌混合し、簡易発酵用試料 1,650 kg（約 4 m<sup>3</sup>）を調製した。さらに、これをベルトコンベアにて3.1に既述した発酵槽内

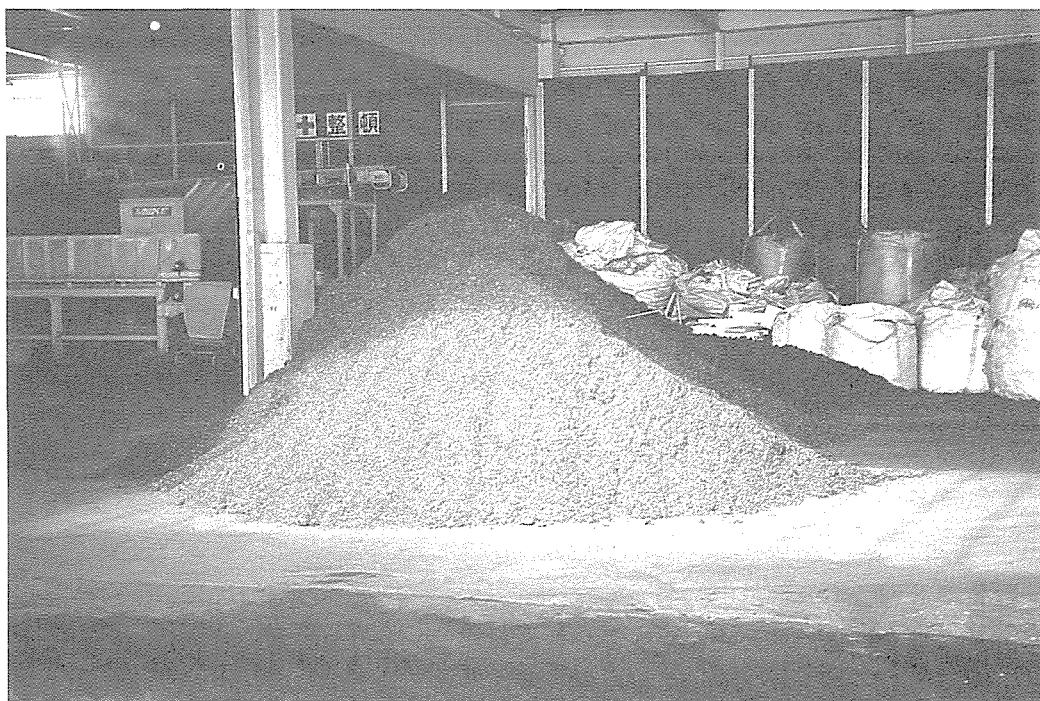
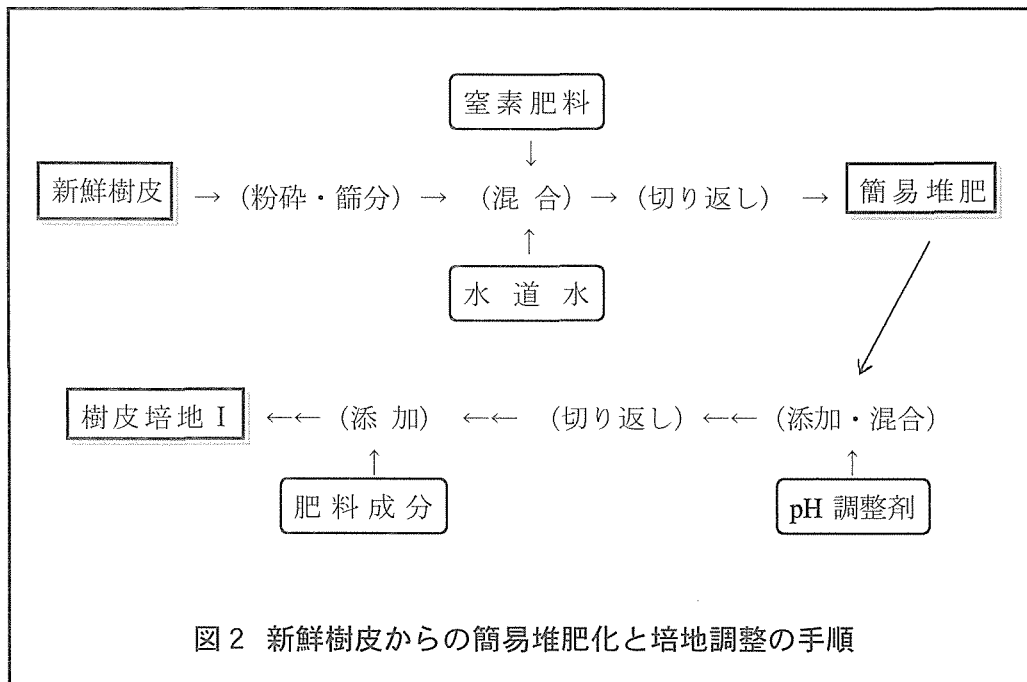


写真1 新鮮樹皮から粉碎・篩分し調整した堆肥原料

に充填し、2ヶ月間の発酵処理を行った（写真3）。

その間、発酵槽内に温度計を設置し、発酵温度の変化を毎日測定するとともに、発酵温度の推移を見ながら、より一層の好気発酵を促すべく、15、40日目に前述のバートミキサーによる切り返しを行った。また、水分測定、成分分析に供するため、発酵開始時、切り返し時2回、及び終了時にそれぞれ1kgの試料を採取した（写真4）。





写真2 攪拌混合用のパートミキサー

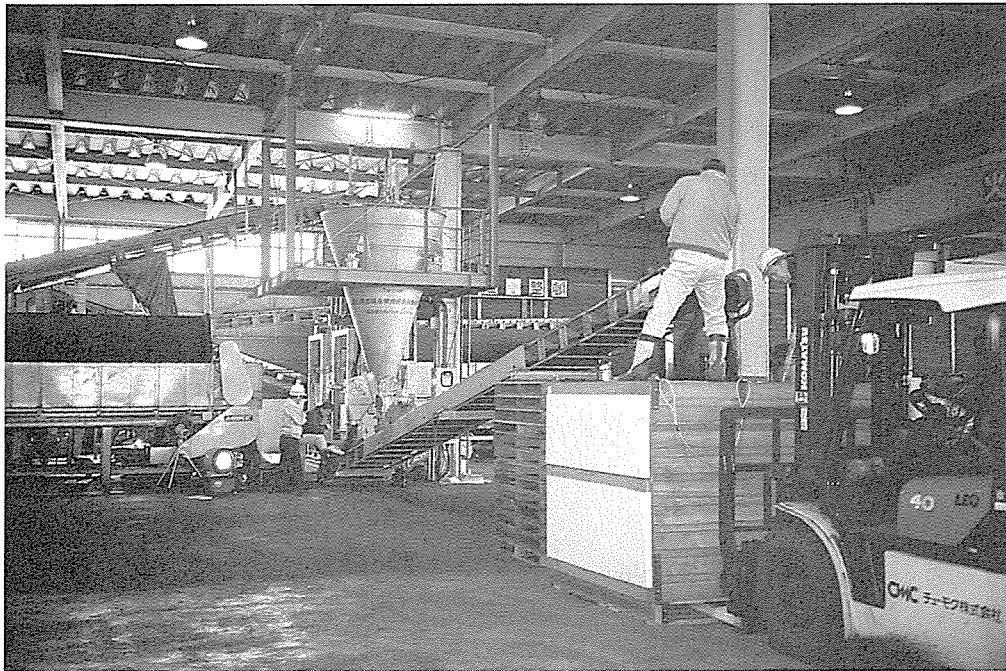


写真3 発酵槽（容量4 m<sup>3</sup>）への詰め込み



写真4 水分測定、分析用試料の採取状況

2ヶ月間堆積・発酵させた簡易堆肥は、pH調整剤を添加後、写真2に示すバートミキサーでよく混合し、図1に示した発酵槽に再充填し、約3週間発酵させながらpH調整処理を行った。その間、発酵温度の計測を行うとともに至適pH範囲(4.5~5.0)になったことを確認後、フレキシブルコンテナに詰め保管した。pH調整開始時及び終了時には、各々約1kgのサンプルを採取した。

### 3.2.2 野積み樹皮の培地調製法

野積み樹皮からの培地調製は、図3に示す通りに行った。すなわち、野積み期間が1年、及び3年の樹皮をハンマーミルで粉碎後、15mm目スクリーンで篩分し、所定のpH調整剤を添加後、含有水分が63%になるよう水を加えながら、写真2に示したバートミキサーで十分混合し、発酵槽で約20日間、pH調整を行った。

なお、この処理で得られた野積み樹皮からの樹皮培地の内、野積み期間約1年の樹皮を起源とするものを樹皮培地Ⅱ、3年経過樹皮のそれを樹皮培地Ⅲとし、3.2.1の新鮮樹皮を起源とする樹皮培地Ⅰと併せ、計3種類の樹皮培地を調製した(写真5)。

## 3.3 樹皮堆肥及び樹皮培地の成分分析

### 3.3.1 供試試料

今回、新鮮樹皮から培地化した樹皮培地Ⅰについては、予め簡易発酵時の成分変化等を明らかにするため、その原料の新鮮樹皮、簡易堆肥化開始時(経過日数0日)、第1回切り返し時(同15日)、第2回切り返し時(同40日)、終了時(60日)とpH調

整開始時（経過日数 0 日）、その終了時（同 21 日）つまり、樹皮培地 I 完成時にそれぞれ試料を採取し、3.3.2 に示す 12 項目の測定・分析に供した。一方、野積み樹皮から調製した樹皮培地 II、III ついても pH 調整終了時、つまり培地完了時に試料を採取し、同様に 3.3.2 に示す測定・分析に供した。

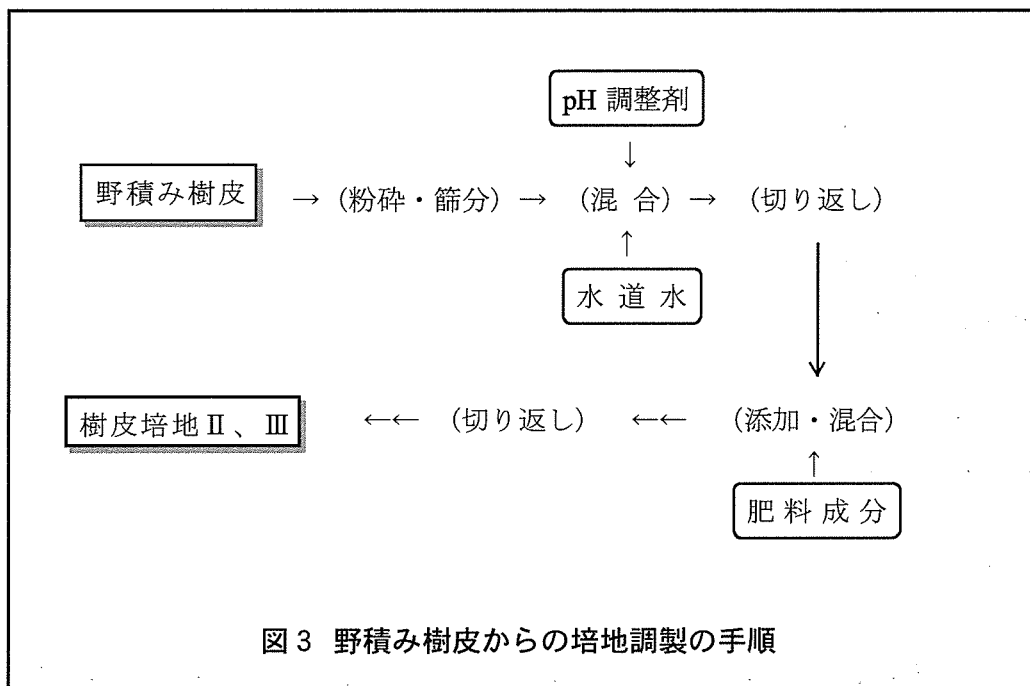


写真 5 培地化が終了した 3 種類の樹皮培地試作品

### 3.3.2 測定・分析項目

上記供試料の測定・分析項目、並びに方法は、以下のとおりである。なお、このうち⑤から⑫の分析は、株式会社安全性研究センターに委託した。

- ①水分
- ②重量残存率
- ③pH
- ④EC（電気伝導度）
- ⑤水溶性フェノール含有量
- ⑥全炭素含有率
- ⑦全窒素含有率
- ⑧アンモニア態窒素含有率
- ⑨硝酸態窒素含有率
- ⑩全リン酸含有率
- ⑪全カリウム含有率
- ⑫置換性カリウム含有率

測定・分析項目ごとの測定法は、以下によった。

#### ①水分

生試料約 200 g をステンレスバットにはかり採り、電気オープン中で 105 °C、2 昼夜乾燥し、湿量基準の水分を求めた。

#### ②重量残存率

発酵槽ごとにトラックスケールで測定した樹皮堆肥化物重と①で測った含水率から、堆肥化物の全乾重量を求め、堆肥化開始時を基準とする重量減少率を求めた。

#### ③ pH

液比 1:5 になるよう生試料とイオン交換水を 100 ml 容ビーカーにはかり採り、ガラス電極法で一昼夜放置後の pH を測定した。

#### ④ EC

上記③のろ液を用い、EC メーターで測定した。

#### ⑤水溶性フェノール含有量

採取した生試料を室温で一昼夜水浸漬（液比 1:5、乾物重量換算）後、ろ液をホリナーデニス法<sup>1)</sup> に準じて測定した。

#### ⑥全炭素含有率

風乾試料の微粉碎物を用い、チューリン法<sup>2)</sup> で測定した。

#### ⑦全窒素含有率

風乾試料の微粉碎物を用い、ケルダール法<sup>3)</sup> で測定した。

#### ⑧アンモニア態窒素含有率

生試料を2 N 塩化カリウム溶液（液比 1:5）で抽出後、ろ液を水蒸気蒸留法により塩化マグネシウムとともに蒸留し、留出液中のアンモニア態窒素を 2 % ホウ酸溶液による滴定<sup>4)</sup>で測定した。

#### ⑨硝酸態窒素含有率

アンモニア態窒素を測定後、デバルタ合金を蒸留フラスコに添加し、硝酸態窒素をアンモニア態窒素に還元して、アンモニア態窒素の測定と同様に、2 % ホウ酸溶液による滴定<sup>4)</sup>で測定した。

#### ⑩全リン酸含有率

風乾試料の微粉碎物を硝酸、次いで過塩素酸で湿式灰化し、湿式灰化物中のリン酸をバナドモリブデン酸法における比色定量法<sup>5)</sup>によって測定した。

#### ⑪全カリウム含有率

⑥の湿式灰化物から一定量を採取し、原子吸光法<sup>6)</sup>によって測定した。

#### ⑫置換性カリウム含有率

風乾試料の微粉碎物を1 N 酢酸アンモニウム溶液（液比1:100）で抽出後、ろ液の一定量を採り、原子吸光法<sup>7)</sup>によって測定した。

### 3.4 樹皮培地による育苗試験

28 cm×19 cm、深さ 3.5 cm の苗箱に新鮮樹皮培地 I、野積み樹皮培地 II、III、及び対照区として慣行床土をそれぞれ充填し、各苗箱に種籾 100 g をそれぞれ播種し（写真 6）、同一培地で覆った（写真 7）。反復数は、各培地とも 5 箱とした。



写真 6 苗箱への培地の充填と播種状況



写真7 播種作業の完了した各培地の状況

なお、播種に先立ち 5.3 で詳述する各樹皮培地の成分分析の結果を基に、窒素肥料分が1箱当たり 0.67 g になるよう硫酸アンモニウムを添加して調整した。また、カリウム肥料分についても同様に1箱当たり 0.50 g になるよう不足分は硫酸カリウムの添加によって調整した。

播種から育苗終了までの日程、作業手順は次のとおりである。

6月11日	播種	芽出し28℃で調整
6月12日	出芽	芽出し29℃で調整
6月13日	緑化	育苗室(温室)
}	〃	〃
6月17日	硬化	〃
}	〃	〃
6月21日	育苗終了	

育苗終了後は、常法に従い苗の草丈、第一葉鞘高、葉齢、乾物重(茎葉および根)を測定した。また、目視観察により細根状況を評価した。

#### 4. 試験調査の日程

本試験調査は、平成14年2月から平成14年7月まで行った。

#### 5. 試験調査の結果

##### 5.1 発酵槽の作業性

今回、製作した発酵槽による樹皮堆肥化物等の入れ替え、調製、切返しの作業性について検証した結果、今回、考案した底板の観音開き方式は、150 kgを超えるような大量の内容物の入れ替え作業には非常に効率的で有効であることが明らかとなった（写真8）。

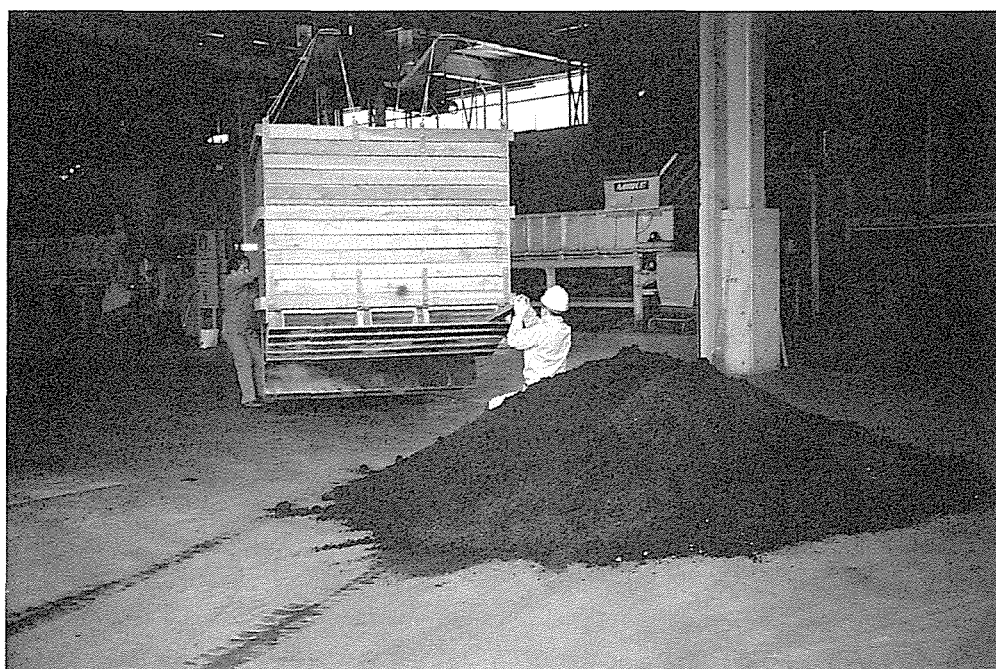


写真8 堅牢で開閉がスムーズな発酵槽

## 5.2 新鮮樹皮の簡易堆肥化と成分変化

新鮮樹皮の簡易堆肥化試験における発酵温度と経過日数との関係を図 4 に、また、切り返し作業風景を写真 9 にそれぞれ示す。

新鮮樹皮の簡易堆肥化は、製造時期が冬季にもかかわらず、非常に旺盛な発酵を示し最高温度が 80℃ にも達した。しかし、pH 値の調整処理を行った 60 日以降の発酵温度は、ほぼ 40℃ で安定に推移した。

なお、発酵温度における 3 回の急激な低下は、いずれも切り返し作業によるものである。

また、新鮮樹皮の堆肥への発酵状況、並びに発酵過程における組成の変化を把握するため、堆肥生成過程における重量、及び pH 値の経時的変化、並びに水溶性フェノール、全窒素等の各種成分についての分析結果を一括して表 1 に示した。

新鮮樹皮の堆肥生成過程における重量変化は、図 5 に示すように、堆肥化日数の増加に伴って、直線的に低下し、堆肥化終了時の 60 日目、つまり 2 ヶ月間で開始時の約 85 % にまで減少した。これは、堆肥化によって成分分解が極めて順調に進行したためと考察される。

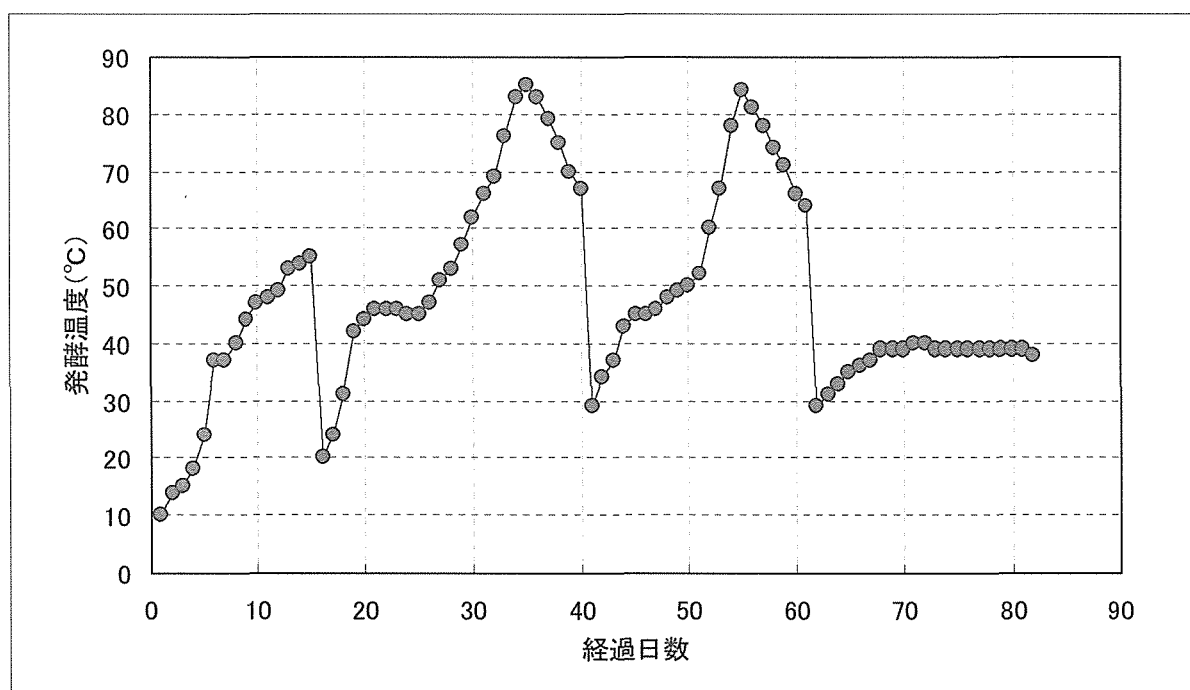


図 4 新鮮樹皮簡易堆肥の経過日数と発酵温度との関係



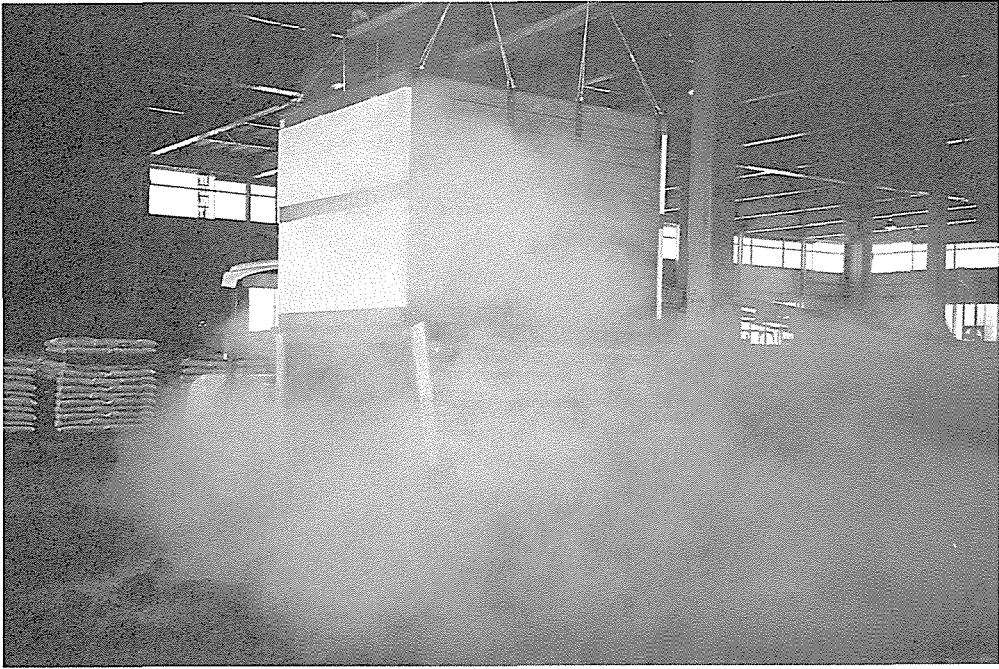


写真9 旺盛に発酵した新鮮樹皮の簡易堆肥

また、植物生育阻害成分の一つである水溶性フェノールの消長は、図 6 に示すように堆肥化初期には樹皮成分の旺盛な分解に伴ってやや増加するものの、堆肥化日数の増加に伴って急速に低下し、堆肥化終了時には 0.2 mM にまで低下した。つまり、堆肥化によって生育阻害要因である水溶性フェノールの含有量は、看過できるレベルまで改善されたことが確認された。

さらに、もう一つの生育阻害要因である C/N 比は、図 7 に示すように、堆肥化開始後 40 日以降は、30 近くまで低下し、C/N 比も看過できるレベルまで改善されたことが確認された。

さらに、水稻育苗用培地としての保存性に大きく影響する pH 値は、図 8 に示すように発酵初期には急激に上昇し、pH 8.5 近辺まで到達したが、堆肥化開始後 15 日以降は急激に低下し、終了時には pH 7 を下回るまでに低下した。

表 1 新鮮樹皮及び簡易堆肥化物の成分分析結果

測定、分析項目	新鮮樹皮	簡易樹皮堆肥 (経過日数)			
	(原料樹皮)	0 日	15 日	40 日	60 日
①重量残存率 (%)	—	100	95.8	89.1	84.9
② pH	5.5	6.8	8.3	7.2	6.9
③ EC(mS/cm)	1.7	4.3	5.5	2.0	2.1
④水溶性フェノール(mM)	1.2	0.8	1.1	0.5	0.2
⑤全炭素(%)	52.0	50.3	51.3	50.2	52.6
⑥全窒素(%)	0.34	1.39	1.21	1.62	1.65
⑦アンモニア態窒素(mg/kg)	11	1,800	4,180	2,760	1,960
⑧硝酸態窒素(mg/kg)	9	248	29	48	81
⑨全リン酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	853	836	1,050	1,200	1,250
⑩全カリウム K (mg/kg)	0.19	0.18	0.22	0.22	0.25
⑪置換性カリウム K(mg/kg)	0.16	0.17	0.13	0.20	0.22
⑫ C/N 比	153	36	42	31	32

注) ③ EC (電気伝導度) の単位は、電極間の電気抵抗値の逆数 (ミリシーメンス) で示す。

④水溶性フェノールの単位は、抽出溶液中のフェノール濃度をミリモルで示す。

以上のように、60日間の簡易堆肥化においては、発酵温度の過剰な上昇は切り返しによって抑制することが可能である上に、植物の生育阻害要因である水溶性フェノールの含有量や C/N 比も看過できるレベルまで低下させ得ることが判明した。

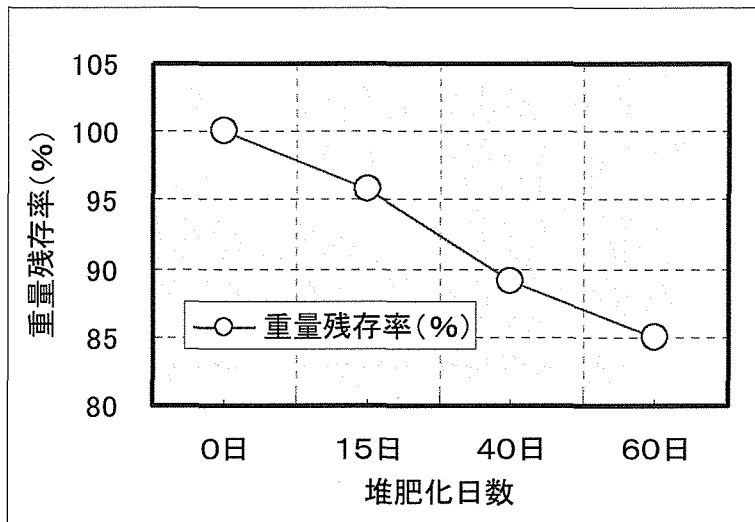


図5 新鮮樹皮簡易堆肥の堆肥化日数と重量残存率との関係

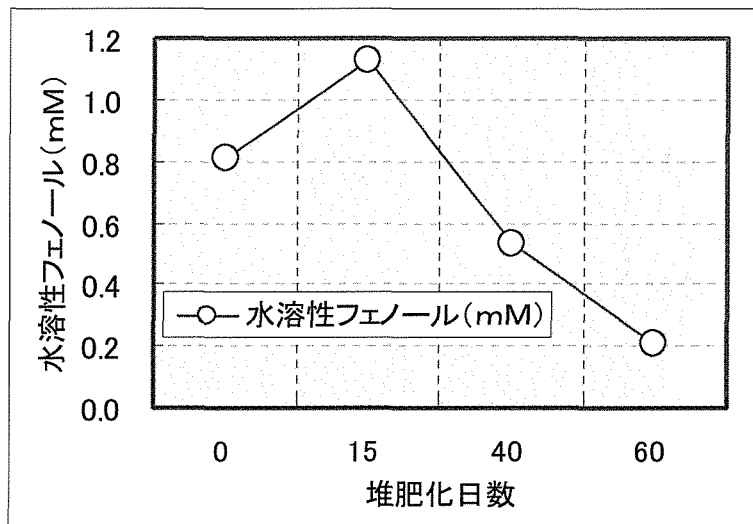


図6 新鮮樹皮簡易堆肥の堆肥化日数と水溶性フェノールとの関係

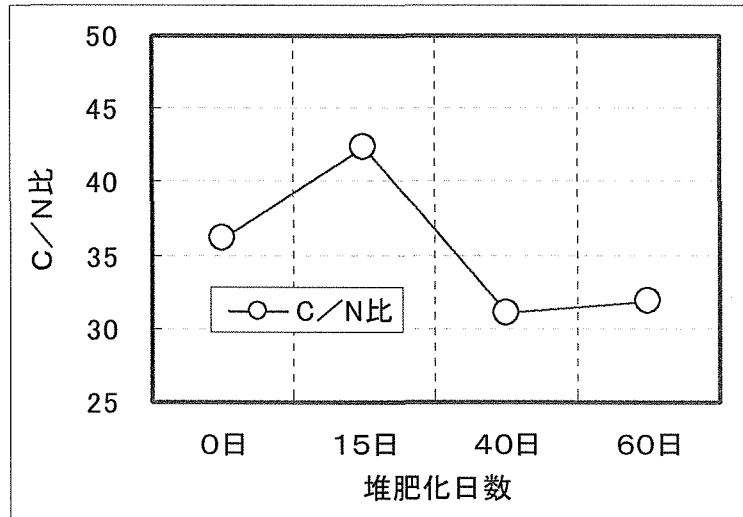


図7 新鮮樹皮簡易堆肥の堆肥化日数とC/N比との関係

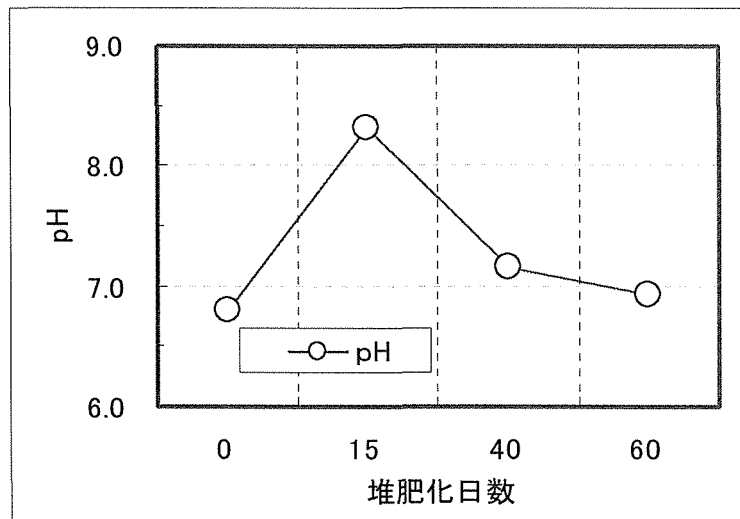


図8 新鮮樹皮簡易堆肥の堆肥化日数とpHとの関係

しかし、この pH 値は、過去に得られている育苗用樹皮培地としての至適 pH 値である 約4.5～5.0<sup>9, 10)</sup> に比べてやや高いことから、前記 3.2.1 に示す pH 調整剤の添加、発酵処理により至適 pH 値まで低下させた。

### 5.3 樹皮培地の成分分析

新鮮樹皮を簡易堆肥化した後、pH 調整した培地 I と屋外野積み樹皮を pH 調整した培地 II、及び III の 3 種類について分析した結果を一括して表 2 に示す。

これより、pH 値は、いずれの培地も 4.5 前後を示し、育苗時に根の生育の傷害となる pH 4 以下を回避できるレベルに調整できた。また、水溶性フェノール含有量は、いずれの培地においても低く、生育阻害を惹起するおそれは無いものと考察される。

表 2 樹皮培地 3 種類の成分分析結果

測定・分析項目	新鮮 樹皮培地 (I)	野積み 1 年 樹皮培地 (II)	野積み 3 年 樹皮培地 (III)
① pH	4.6	4.3	4.7
② EC(mS/cm)	2.5	5.4	4.7
③水溶性フェノール(mM)	0.06	0.10	0.11
④全炭素(%)	55.3	56.2	50.5
⑤全窒素(%)	1.65	1.47	1.75
⑥アンモニア態窒素(mg/kg)	1,850	2,180	2,320
⑦硝酸態窒素(mg/kg)	116	29	53
⑧全リン酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	1,230	1,470	2,490
⑨全カリウム K(mg/kg)	0.25	0.20	0.30
⑩置換性カリウム K(mg/kg)	0.17	0.12	0.24
⑪ C/N 比	33.5	38.2	27.0

注) ③ EC (電気伝導度) の単位は、電極間の電気抵抗値の逆数 (ミリシーメンス) で示す。

④水溶性フェノールの単位は、抽出溶液中のフェノール濃度をミリモルで示す。

#### 5.4 樹皮培地による育苗試験

育苗試験においては、苗を2.5葉齢まで育成するのが一般的であるが、本試験では通常の育苗時期より約1ヶ月遅い、6月上旬～下旬に行ったために、日射量が多いことに加えて、気温も高く、苗の成長が非常に早かった。よって、苗の葉齢が1.8葉期に達した時点で育苗を終了し、苗の生育量等の調査を実施した。測定結果は、表3に示すとおりであり、育苗期間が短いことによる生育面での影響は認められなかった。

樹皮培地における育苗結果は、慣行床土における育苗結果に比較して、草丈、乾物重などの諸点においてほぼ同等の値を示し、良好な育苗性能を示した。この結果から樹皮培地においても慣行床土と同等の苗質が得られたものと考察される。

なお、根の乾物重は、慣行床土による育苗の方が樹皮培地より大きな値を示した。これは測定のために根を水洗した際、慣行床土では根に付着した床土を容易に除去できたのに対し、樹皮培地では根の多くが樹皮培地と一体化した状態を示し、樹皮培地を除去する際に根が裁断されて流失し、根重が実際より過小に計測されたためと推察される。したがって、両培地における根重には、実質的にはほとんど差がないものと考察される。

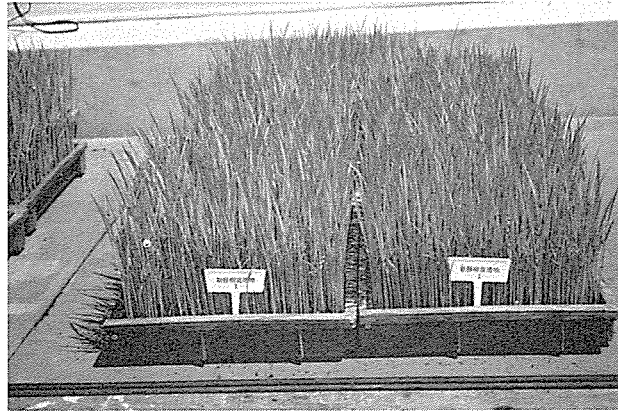
目視観察による調査では、葉色はいずれの培地による苗も濃い緑色を呈し、黄変や葉先の褐変等の障害はまったく認められなかった(写真10)。また、根張りの状況は、いずれの培地においても良好であり(写真11)、特に細根の発生状態は、新鮮樹皮培地Iが最も良好であった。

表3 各樹皮培地による水稻苗の苗質

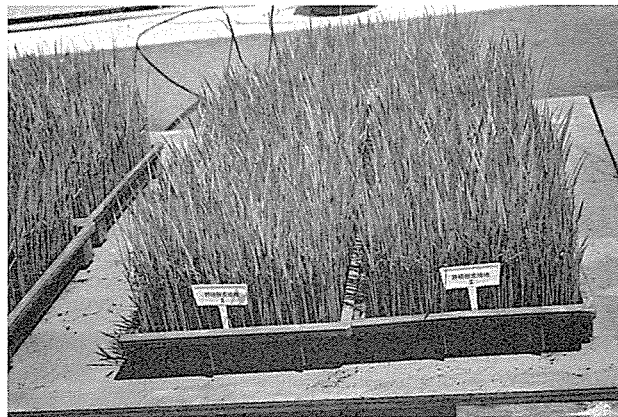
培地	草丈 (cm)	第一葉 鞘高(cm)	葉齢	乾物重(g/100本)		細根 <sup>1)</sup> 状況	充実度 <sup>2)</sup>
				茎葉	根		
新鮮樹皮 培地I	12.8	6.6	1.8	0.92	0.12	◎	0.81
野積樹皮 培地II	12.9	6.9	1.8	0.93	0.12	○	0.81
野積樹皮 培地III	13.1	7.0	1.8	0.91	0.13	○	0.79
慣行床土 (対照区)	13.2	6.5	1.7	0.88	0.17	○	0.80

注：1)細根状況は、その発生状態が極めて良好を◎、良好を○、不良を×として評価した。

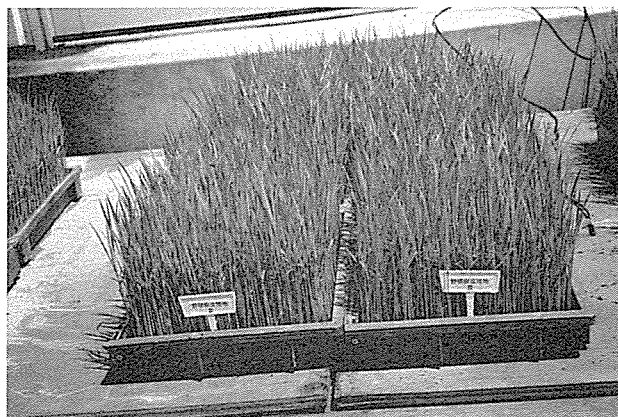
2)充実度 = (乾物重 / 草丈) × 10



←新鮮樹皮培地 I



←野積樹皮培地 II



←野積樹皮培地 III



←慣行床土 (对照区)

写真10 樹皮培地および慣行床土育成苗の生育状況



←新鮮樹皮培地Ⅰ



←野積樹皮培地Ⅱ



←野積樹皮培地Ⅲ



←慣行床土（対照区）

写真11 樹皮培地および慣行床土育成苗の根張り状況



このように、樹皮培地Ⅰ～Ⅲがいずれも良好な育苗性能を示した理由として、培地の成分分析結果（表2）等から以下のことが推論される。

1) 植物の生育阻害物質である水溶性フェノールの含有量は、樹皮培地Ⅰ～Ⅲとも 0.1 mM 以下であり、新鮮樹皮の値の 1/10 以下と極めて低濃度であったため、苗の生育阻害は発生しなかった。

2) 市販のバーク堆肥のように全リン酸の含有量が 0.5% 以上含む堆肥を培地として水稻苗を育成した場合には、葉先の褐変や茎葉部全体の黄化など苗のリン酸過剰障害が発生<sup>8)</sup>する危険性があるが、当該樹皮培地は全リン酸含有量が 2,500mg/kg (0.25%) 以下であり、同障害の発生を回避できた。

3) 過去の試験結果から培地の保存性を高めるための至適 pH 値は、4.5～5.0<sup>9,10)</sup> であるとされているが、当該樹皮培地はほぼこの範囲内にあった（表2）。また、培地の適正な窒素およびカリウムの含有量はそれぞれ、市販育苗箱（600×300×30mm）当たり 2g および 1.5g<sup>11)</sup> である。本試験ではこれに見合うように当該樹皮培地の無機態窒素（アンモニア態窒素+硝酸態窒素）、及び置換性カリウムの成分分析結果に基づき、不足成分量を硫酸アンモニウム、及び硫酸カリウムで補充したことにより、良好な苗質が得られたものと考察される。

以上の結果から、新鮮樹皮や野積み樹皮を原料として高品質の水稻育苗用培地を製造するためには、堆肥化、及び pH 値の調整過程における発酵温度や pH 値、さらには表1に掲げた各成分の経時変化の把握が極めて重要である。また、育苗に必要な窒素、及びカリウムの適正含有量を満たすためには、pH 値の調整後の樹皮培地の無機態窒素や置換性カリウム含有量の把握も不可欠であることが明らかとなった。

すなわち、健全苗育成のためには、培地の品質指標として、特に水溶性フェノール及び全リン酸含有量が重要であり、前者は 0.1mM 以下、後者は 0.25 % 以下になるよう培地化処理を行うこと、また、肥料成分の安定性に優れた培地を得るためには、培地 pH を約 4.5～5.0 に調整する必要があること、さらに、優良苗育成のために pH 調整後の培地に窒素及びカリウムをそれぞれ市販育苗箱当たり 2 g 及び 1.5 g 含まれるように不足成分量を硫酸及び硫酸カリウムで補充すること等が樹皮培地の品質管理におけるポイントと言える。

このような品質管理を適正に行うことにより、安全、かつ、育苗性能に優れた樹皮培地の生産が可能となるものと結論づけられる。

## 6. 実用化の見通し

本事業によって技術的な課題は、ほぼ解決されつつある。また、既存製品との価格競争においても十分に対抗できる状況にあるので、実用化の見通しは非常に高いものと考えられる。

## 7. 今後の対応

本事業によって、樹皮培地の製造に供する原料樹皮の履歴や、製造時期（季節）の違い等に伴う品質管理技術の確立に確かな見通しが得られたことから、今後は、各種の苗生産現場において実証事例を繰り返し積み重ね、当該製品の製造、並びに施用技術のマニュアル作成に努め、早急に商品化を図りたい。

## 8. 特筆すべき成果

本事業への参画により、永年の懸案事項であり、また、宿願でもあった樹皮堆肥・樹皮培地の品質管理技術について、大きな前進が得られた。これは、今後の進展のための貴重な基盤と契機を与えるものと確信される。

## 9. 試験調査委員会 委員

委員長	水本 克夫	富山県林業技術センター 木材試験場	資源利用課	課長
委員	水口 吉則	チューモク株式会社	バーク部	部長
	渡辺 久志	福光農業協同組合	営農資材課	課長

## 10. 技術者

主任技術者	水口 吉則	チューモク株式会社	バーク部	部長
技術者	山岸 栄一	チューモク株式会社	バーク部	
技術者	大門 豊	チューモク株式会社	バーク部	

## 11. 他からの指導または協力事項

水稻育苗用樹皮培地の基本技術及びその実用化を当該企業と共同で行ってきた富山県林業技術センター木材試験場・田近克司副主幹研究員より当該事業推進のための指導、助言を得た。

## 12. 参考文献

- 1) Folin,O. ; Denis,W. : Colorimetric Method for the Determination of Phenols (and Phenol Derivatives) in Urine, J. Biol. Chem, 22, 305~308 (1915)
- 2) 河田 弘 : Tyurin法による有機炭素の定量法の検討およびその改良法について, 林野土調報, 8, 67~80 (1957)
- 3) 土壌養分測定法委員会編 : 土壌養分分析法, 171~175, 養賢堂 (1976)
- 4) 土壌養分測定法委員会編 : 土壌養分分析法, 197~200, 養賢堂 (1976)
- 5) 土壌養分測定法委員会編 : 土壌養分分析法, 225~232, 養賢堂 (1976)
- 6) 土壌養分測定法委員会編 : 土壌養分分析法, 258~262, 養賢堂 (1976)

- 7) 土壤養分測定法委員会編：土壤養分分析法，263～264，養賢堂（1976）
- 8) 田近克司，高橋理平ら：樹皮を利用した水稻育苗用培地の開発（第1報）市販バークの培地適性と育苗用バーク堆肥の製造，富山林技セ研報，10，80～88（1997）
- 9) 田近克司，鷺岡 雅ら：樹皮を利用した水稻育苗用培地の開発（第1報）保存方法の検討，富山林技セ研報，11，41～46（1998）
- 10) 沼田益朗，田近克司ら：バーク堆肥を利用した軽量な水稻育苗用培地の開発，土肥誌，72，689～693（2001）
- 11) 富山県林業技術センター，富山県農業技術センター：“樹皮を利用した水稻育苗用培地の開発”特別研究実績報告書，28～42（1995）



1321 バークを堆肥化したコンポストシートの開発



平成13年度 農林水産省補助事業  
木材産業技術実用化促進緊急対策事業

# バークを堆肥化したコンポストシートの開発

(課題番号：1321)

平成14年7月

財団法人 日本住宅・木材技術センター  
ピース産業株式会社





課題番号：1321

## バークを堆肥化したコンポストシートの開発

ピース産業株式会社

### 要旨

屋上緑化やのり面資材として使用できる、運搬に便利で強度特性に優れた緑化資材の開発を目指して、スチレンブタジエンラテックスを結合剤としてバーク堆肥をシート化したコンポストシートの開発を行った。コンポストシートはマルチ材としての特性を保持しつつ、堆肥としても機能するシート状製品である。本事業では製造条件を検討するとともに、実際に作物の成長や雑草防除試験を行った。その結果、乾燥堆肥を原料として使用すれば、幅広い物性を有するコンポストシートが作製可能であること、またコンポストシートはマルチ材としても堆肥としても優れた効果を有することが明らかになった。

### キーワード

樹皮、廃材利用、リサイクル、堆肥、木質材料、柔軟性、SBR、架橋、熱圧



## 目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	1
3. 試験調査の内容	2
3.1 シートの製造試験	2
3.2 シートの物性試験	3
3.3 生物性試験	4
3.4 現場試験	8
3.5 市場調査	10
4. 試験調査の日程	10
5. 試験調査の結果	11
5.1 コンポストシートの製造	11
5.2 コンポストシートの物性	15
5.3 生物性試験の結果	34
5.4 現場試験の結果	38
5.5 市場調査の結果	40
6. 実用化の見通し	41
7. 今後の対応	42
8. 特筆すべき成果	42
9. 試験調査委員会 委員	42
10. 技術者	42
11. 他からの指導または協力事項	43
12. 参考文献	43



# バークを堆肥化したコンポストシートの開発

ピース産業株式会社

## 1. はじめに

現在行われている道路のり面等に使用されている堆肥の吹き付け資材は、降雨や時間の経過とともに損壊し、十分な機能を果たしていない。また、今後都市部で注目される屋上緑化でも運搬に便利で強風に耐え、手間のかからない緑化資材が求められている。しかし現在のところ上記性能を満足する製品は製造されていない。そこで本事業では堆肥をシート化することでマルチ材としての特性を保持しつつ、堆肥としても機能するシート状製品を開発する。

## 2. 試験調査の目的

当社は木質廃棄物と有機性廃棄物とを原料として堆肥の製造を行い、この技術を基に堆肥をシート化した新製品を開発した。現在、屋上緑化は都市緑化事業の一つとして、都市灼熱化を防ぎ省エネとなるばかりでなく、CO<sub>2</sub>の固定効果の面からも大変有効であると注目されている。しかし、一般に屋上緑化では、かなりの重量の土が屋上に載ることとその運搬、散水、雑草の防除、メンテナンスなどの作業が不可欠であり、その簡便化が要求されている。当社の開発したコンポストシートは、重量が軽く高い保水性を有し加工しやすいという利点を持っている。そのため扱いやすく、堆肥として機能するばかりでなく、雑草の発生を防ぐなどマルチ材としての能力をも持ち合わせている。これらの点から本製品は屋上緑化用資材やのり面資材として幅広く使用されるものと考えられる。しかしながら、実際の使用に当たって想定される様々な条件に対して最適な製造方法の詳細を確立するまでに至っておらず、本事業ではこれらを確立することを目的とする。

### 3. 試験調査の内容

本試験調査では、まずシートの製造とその物性の関係を明らかにし、その後シートを実際に使用した比較的小規模で行う生物性試験と実際の現場に施工する現場試験、更にコンポストシートが実用化した際にどの程度の需要があるのかを調べる市場調査の5項目を実施した。

#### 3.1 シートの製造試験

##### 3.1.1 供試材料

###### (1) 堆肥

針葉樹樹皮および家畜糞を主原料とし、土壌定着有用微生物によって発酵製造された無臭堆肥（商品名：ピースソイル ピース産業（株））を用いた。

堆肥の粒度分布を測定するために5、10、20、30、40、60mesh（目開き4.0mm、1.68mm、0.84mm、0.59mm、0.42mm、0.25mm）の篩により、卓上形標準ふるい振とう機（VSS-50形 筒井理化学器械株式会社）を用いて分級した。

###### (2) 結合剤

ブタジエンリッチなスチレン-ブタジエンゴムエマルジョン（SBR）にカルボキシル基を持つポリカルボン酸系樹脂を混合したものを主剤とし、これに架橋剤としてオキサゾリン化合物を添加して用いる柔軟性を有する樹脂<sup>1)</sup>（商品名KR-M55、光洋産業（株））を結合剤とした。

##### 3.1.2 コンポストシートの作製方法

含水率を約12%に調整した堆肥をロータリーブレンダーに入れ、攪拌しながらエースプレーガンを用いて結合剤を噴霧塗布した。比較としてロータリーブレンダーを用いず、手による混合も行った。結合剤含脂率（RC）は堆肥および結合剤の絶乾重量をベースに算出した。なお、RCが3%および15%になるように塗布した2種類の堆肥を任意の割合で混合して目標のRCとなるように配合した。

結合剤を塗布した堆肥を33×33cmのフォーミングボックスを用いて均一な厚さになるように手まきでフォーミングした。以下の条件を組み合わせて様々なコンポストシートを約100枚作製した。

熱圧温度：120、140、160、180℃

架橋剤添加量：0、2.5、5部

RC：3、6、9、12、15%

目標比重：0.5、0.6、0.7、0.8

熱圧時間は40秒/mm（合計4分間）、初期圧縮圧20kgf/cm<sup>2</sup>で、シート厚さは6mmとしディスタンスバーにより厚さを規制した。コール板にコンポストシートが付着するのを防ぐため、ガラス繊維入りテフロンシートをコール板と堆肥との間に挿入した。

なお、製造は静岡大学農学部森林資源科学科木質科学講座研究室にて行った。

## 3.2 シートの物性試験

### 3.2.1 結合剤の物性測定

結合剤主剤および主剤に架橋剤を 2.5 部、5 部添加して攪拌後、テフロン板上にキャストし、乾燥後の厚さが約 0.1mm のフィルムを作製した。その後、定温乾燥機を用いて 160℃で 2 時間硬化させた。

減圧乾燥機内で水分を除去したサンプルと水に浸せきしたサンプルについて、DVA-225 (アイテュー計測制御 (株)) を用いて動的粘弾性を測定した。測定は周波数 10Hz で、温度範囲は乾燥サンプルの場合 -80℃~200℃、水浸せきサンプルの場合 20℃~約 80℃とした。

### 3.2.2 コンポストシートの引張り試験

約 10cm×2.5cm の短冊形試験片を作製条件ごとに各 4~6 片作製した。常態および室温水 24 時間浸せき処理した試験片を、インストロン型材料試験機 (テンシロン STM-F-1000BP 型、東洋ボールドウイン (株)) を用いて、クロスヘッドスピード 10mm/min で引張り試験を行い、得られた荷重をシート断面積で除して引張り強さを求めた。

### 3.2.3 コンポストシートの吸水性試験

寸法約 4.5×4.5cm の試験片を作製条件ごとに各 6 片準備した。厚さ、重量を測定した試験片を 20℃水に浸せきした。5 分、30 分、2 時間、6 時間、24 時間後の重量を測定し、浸せき前後の重量差から以下の式により吸水率(WA)を算出した。また浸せき 24 時間後の厚さを測定し、以下の式より吸水厚さ膨張率(TS)を算出した。その後 60℃で 24 時間乾燥し厚さ膨張率 (スプリング・バック、以下 SB) を同様に算出した。

$$WA(\%) = [(W_w - W_d) / W_d] \times 100$$

ただし  $W_d$ : 浸せき前の試験片重量(g)、 $W_w$ : 浸せき後の試験片重量(g)

$$TS(\%) = [(T_w - T_d) / T_d] \times 100$$

ただし  $T_d$ : 浸せき前の試験片厚さ(mm)、 $T_w$ : 浸せき後の試験片厚さ(mm)

$$SB(\%) = [(S_0 - S_1) / S_0] \times 100$$

ただし  $S_0$ : 処理前の乾燥試験片厚さ(mm)、 $S_1$ : 処理後の乾燥試験片厚さ(mm)

### 3.3 生物性試験

#### 3.3.1 シートの作製

前項において確立された方法によって生物性試験用にシートを作製した。シート製造は光洋産業(株)開発研究所にて行った。なお、ここではシート製造因子として比重およびRCを取り上げ、比重0.7でRC9%、比重0.8でRC6%、比重0.8でRC9%の3種類のシートを作製した。それ以外の製造条件は全て同一とし、架橋剤添加量2.5部、熱圧温度160℃で1分/mmでシート厚さ5mmとした。

これらのシート寸法は30cm×30cm×0.5cmで各30枚、合計90枚作製した。以下にその工程を示す。なお、製造工程は5.1で後述するコンポストシートの製造とほぼ同様である。

##### (1) 原料チップの仕込み

あらかじめ乾燥しておいた堆肥チップ(含水率5%程度)を必要量だけ量り取り、ブレンダーボックス内に入れる。

##### (2) 結合剤の調製

結合剤は専用主剤KR-M55を使用し、主剤100部に対し専用架橋剤AX-55を2.5部添加して用いた。必要量の主剤及び架橋剤をカップに採り、攪拌機にて数分間均一になるまで混合した。

##### (3) 結合剤の塗付

調整した結合剤を設定含脂率に応じて、必要量だけ堆肥チップに塗付した。含脂率はチップ仕込み量の絶乾重量に対する結合剤固形分量とした。

塗付は回転するブレンダーボックスの中央の穴から、スプレーガンを用いて行った。結合剤塗付後、いったんブレンダーボックスのふたを開け、ボックス側面に付いているチップを手で払いふたを閉め、さらに均一に混合するようにしばらく回転させた。

##### (4) フォーミング

塗付後のチップから作製するシート1枚分の必要重量を量り取った。コール板の上に離型紙を敷き、その上にフォーミングボックス(内寸33×33cm)を置いた。ボックス内部に量り取ったシート1枚分のチップを均一に撒いた。全てのチップを撒き終わったらフォーミングボックスに落し蓋をし、自重で押さえつけ、そのままの状態周囲のボックスを引き抜いた。

##### (5) 熱圧縮

できたマットの上に更に離型紙、コール板をのせプレス機に入れた。圧縮は温度160℃、時間はボード厚さ1mmあたり1分の条件でとした。なお、ボード厚さはディスタンスバーで規制した。プレス解圧後、出来上がったボードは重ねて放置し、2~3日養生した。

#### 3.3.2 生物性試験(雑草防除試験、のり面資材試験および発芽・育成試験)

比較的小規模な試験区を設定し、雑草防除試験、のり面資材試験、発芽・育成試験を行った。なお、試験に使用するコンポストシートは30cm×30cmサイズで約90枚(8.1m<sup>2</sup>)とした。生物性試験の実施場所はピース産業株式会社 試験圃場とした。



本試験は含脂率(結合剤の添加量)・シートの比重の配合を変えて試作したコンポストシート(30×30×0.5cm)を使用し、雑草防除・のり面資材・発芽・育成について利用適正を調査する事を目的とした。

表 3-1 使用したコンポストシートの種類

LOT	含脂率 9% 比重 0.7	含脂率 9% 比重 0.8	含脂率 6% 比重 0.8	試験の種類
1	7枚			雑草防除試験
2	8枚			雑草防除試験、のり面資材試験
3	7枚			のり面資材試験
4	7枚			発芽試験、育成試験
5	1枚	6枚		雑草防除試験
6		6枚		雑草防除試験
7		6枚		雑草防除試験、のり面資材試験
8		6枚		のり面資材試験
9		6枚		雑草防除試験、発芽試験、育成試験
10			7枚	雑草防除試験
11			5枚	雑草防除試験
12			18枚	のり面資材試験、発芽試験、育成試験

(1) 雑草防除試験

- ①定植して3年目の果樹(デコポン:ポンカンとキヨミの掛け合わせ)を試験種とし、その幹A、B、C、Dの周囲に作製条件の異なるコンポストシートを設置し、どの配合のコンポストシートが雑草の発芽を抑制することができるか試験を行った。なお、使用したコンポストシートは、LOT1、2:試験種A、LOT5、6:試験種B、LOT10、11:試験種C、LOT9、12:試験種Dとした。
- ②設置したコンポストシートから発芽・成長した場合その雑草を摘み取り、乾燥重量を1週間おきに測定した。

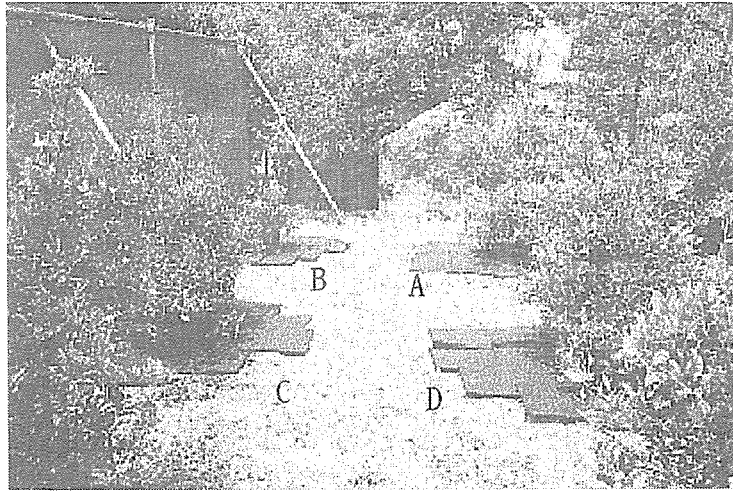


写真 3-1 雑草防除試験の様子

(2) のり面資材試験

- ①斜面に種類の異なるコンポストシートを3cmずつ重なるように敷き、試験規模が2.7m<sup>2</sup>となるよう竹の杭で固定し、斜面での利用適正の試験を行った。試験区に使用したコンポストシート LOT は E-1 : LOT2、3、E-2 : LOT7、8、E-3 : LOT12 とした。なお、試験に使用したコンポストシートは写真3-2に示した。
- ②また、斜面での雑草防除試験として①で使用したコンポストシート (E-1,E-2,E-3) とその対照区として、資材を使用しない場所 (F)、生バーク 50Lを敷いた場所 (G)、生バークを100L敷いた場所 (H) の計4ヶ所、それぞれ2.7m<sup>2</sup>で行った。(写真3-3)
- ③雑草が発生したら、その雑草の乾燥重量を1週間おきに測定した。

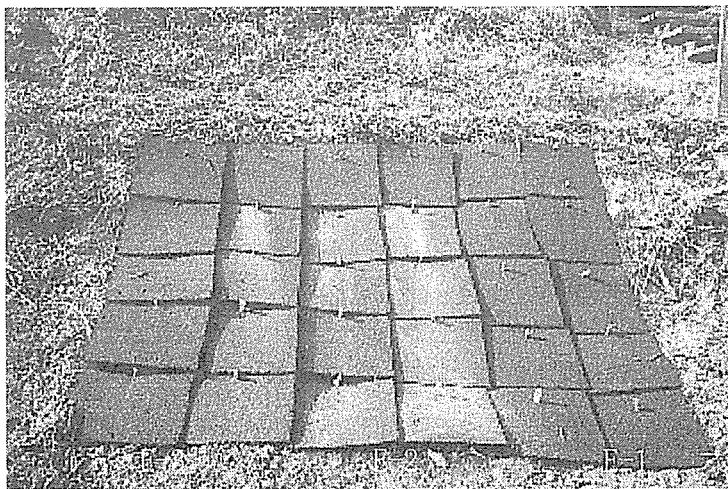


写真 3-2 種類の異なる3種類のコンポストシートを設置した様子



写真 3-3 のり面資材試験の様子

### (3) 発芽試験

①3 種類の異なるコンポストシートに直径 3mm 程度の穴を 9 ヶ所あけ設置し、その各穴に試験種として小松菜の種を 3 粒ずつ入れた。なお、試験に使用したコンポストシートは次のとおりである。I-1 : LOT4、I-2 : LOT9、I-3 : LOT12 (1 種類につき 2 枚使用、計 6 枚) また、対照区としてコンポストシートを敷かない試験区を設置し、①と同規模の試験面積に同じように直径 3mm 程度の穴を同数あけ、小松菜の種を入れた。

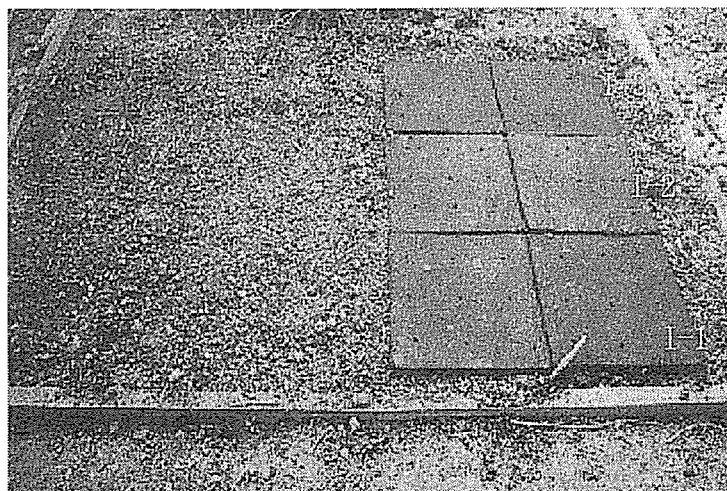


写真 3-4 発芽試験の様子

### (4) 育成試験

- ①発芽試験で発芽した小松菜を育成試験として継続した。
- ②本葉が出てから 5 日おきに葉長を測定し、その平均を求めた。

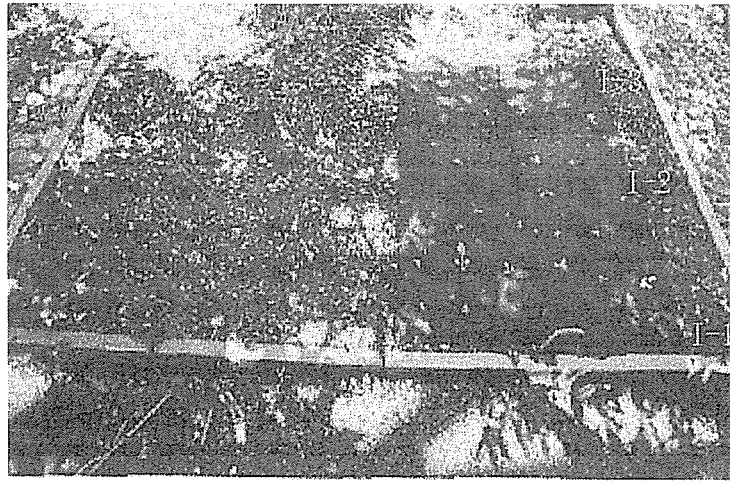


写真 3-5 育成試験の様子

### 3.4 現場試験

#### 3.4.1 シートの作製

光洋産業㈱の開発研究所にて3×6プレス機を用いて試作した。試作方法は3.3.1の生物性試験用シートと同様である。

#### 3.4.2 シートの使用試験

本試験では、60cm×60cm×1cmサイズのコンポストシートを約20枚使用し、利用適性試験結果の検証を行った。また、本試験前に(有)ゆうき農産とピース産業㈱で共同製作した堆肥シート（堆肥とウレタン樹脂を配合し固形化したシート）と今回試作したコンポストシートの性能比較を行う。性能比較として、雑草防止試験、発芽試験、耐久試験を行った。

※現場試験で使用する予定であったコンポストシートのサイズは当初、180cm×90cmで行う予定であったが共同研究者の静岡大学の試験結果（表5-1(C)）より耐久性の面からコンポストシートの保持が難しいこと、また、現場での運搬・施工に使用することが現実的に難しいという点から、今回使用するコンポストシートのサイズの変更をした。

使用したシート：発芽試験・雑草防除試験・耐久試験は全て含脂率9%、比重0.8で行った。

##### (1) 発芽試験

- ①コンポストシートを2枚敷き、それぞれに直径3mm程度の穴を9ヶ所ずつあけ設置した。試験種として小松菜の種を3粒ずつ入れた。
- ②堆肥シート120cm×90cm×3cmにそれぞれ3mm程度の穴を18ヶ所あけ設置した。試験種として小松菜の種を3粒ずつ入れた。
- ③本葉が生え揃うまで、3日おきに発芽した本数を測定した。また、コンポストシートと堆肥シートの比較も同様に行った。

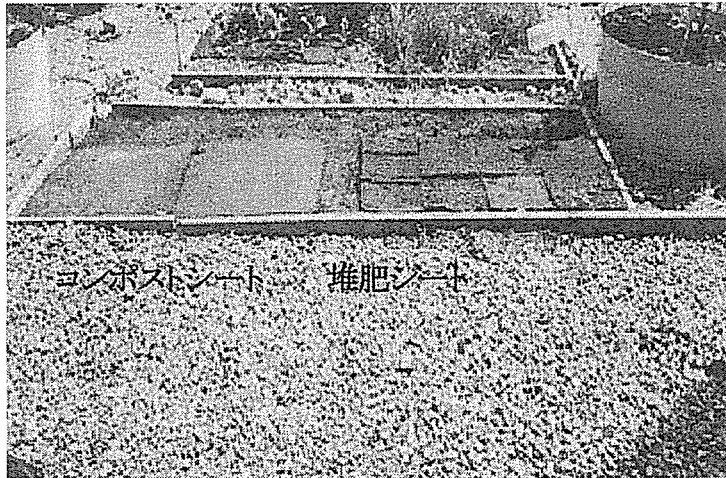


写真 3-6 発芽試験の様子

### (2) 耐久試験

- ①試験圃場にコンポストシートを数枚設置し、その耐久性を観察する。また、設置したコンポストシートと同規模の堆肥シートを設置した。
- ②コンポストシートと堆肥シートの形状が保持できる期間を調査することを目的とし、2 週間おきにその様子を記録した。

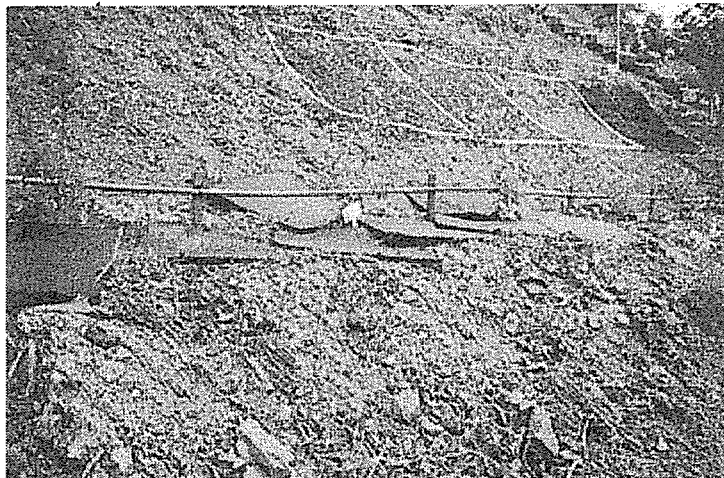


写真 3-7 耐久試験の様子

### (3) 雑草防除試験

- ①定植して2年目の果樹（ブルーベリー）を試験種とし、その幹の周りにコンポストシートを周囲に設置した。また、堆肥シートも同様の試験面積になるように、幹の周りに設置した。
- ②設置したコンポストシートまたは、堆肥シートから発芽・生長した場合その雑草の生重量、乾燥重量を5日おきに測定した。

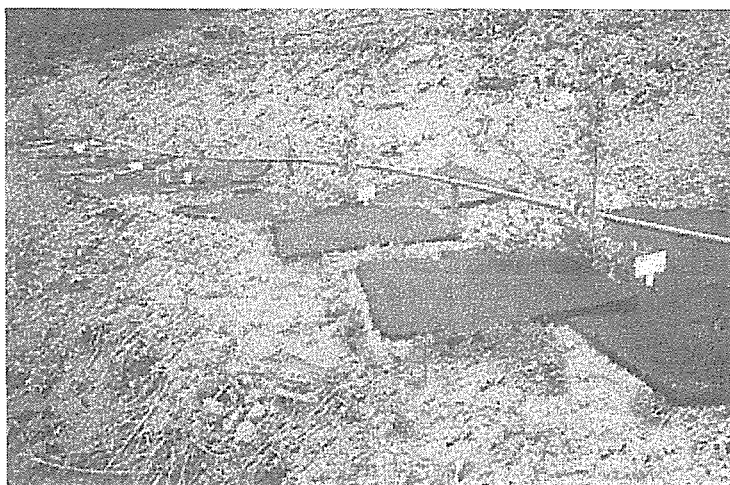


写真 3-8 雑草防止試験の様子

### 3.5 市場調査

屋上緑化、雑草防止資材の需要と供給またその利点と欠点に関して、沼津周辺の農業資材利用者や大阪、名古屋、東京の土木工事・設備関連会社に聞き取り調査を行った。これらの調査対象者は、以前に当社製の堆肥シートを使用した事がある会社である。

今回のコンポストシートについて現物を見せ、以前の堆肥シート使用経験と比較した意見を聞き、実用化する為のコストダウン方法や需要先の意見交換を行った。また、屋上緑化の適用サイズの聞き取り調査も行った。

### 4. 試験調査の日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 7 月まで

## 5. 試験調査の結果

### 5.1 コンポストシートの製造

コンポストシートの作製状況を以下の写真 5-1～5-9 に示す。シートの作製方法は実験室製パーティクルボードと同様<sup>2)</sup>で、以下に示すとおりである。

- ① 堆肥および結合剤の計量
- ② 堆肥への結合剤の塗布 (写真 5-2)
- ③ フォーミング (写真 5-4)
- ④ 熟圧 (写真 5-8)
- ⑤ 完成 (写真 5-9)

今回使用した結合剤は室温でゴム状弾性体となる非常に柔らかい物性を有しているが、ホットプレスによる製造の効率化を図るため、加熱によって硬化する樹脂を配合してある。製造に際しての注意点として、ホットプレスを使用するため、パンク防止策として原料の含水率を低くする必要がある。本実験では、予め含水率を約 12% とした堆肥を使用し、一部比較として生堆肥 (含水率 82%) も使用した。



写真 5-1 原料堆肥

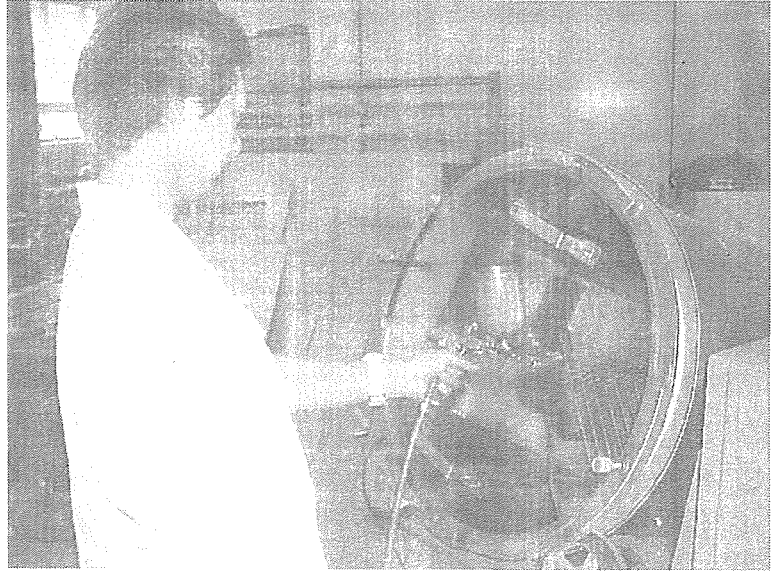


写真5-2 結合剤の塗布



写真5-3 塗布後の堆肥

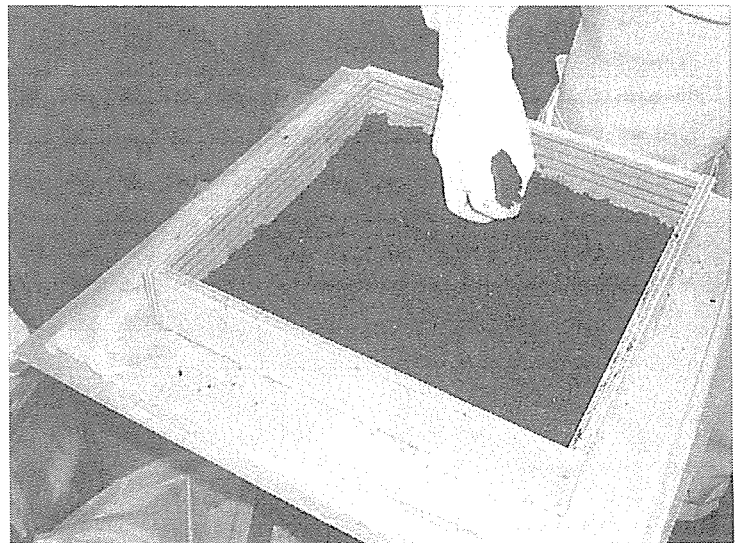


写真5-4 フォーミング



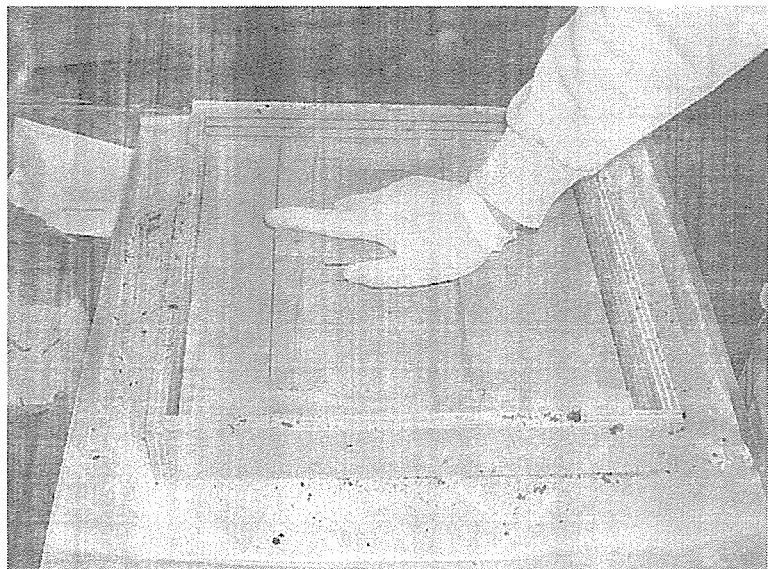


写真5-5 形を整える

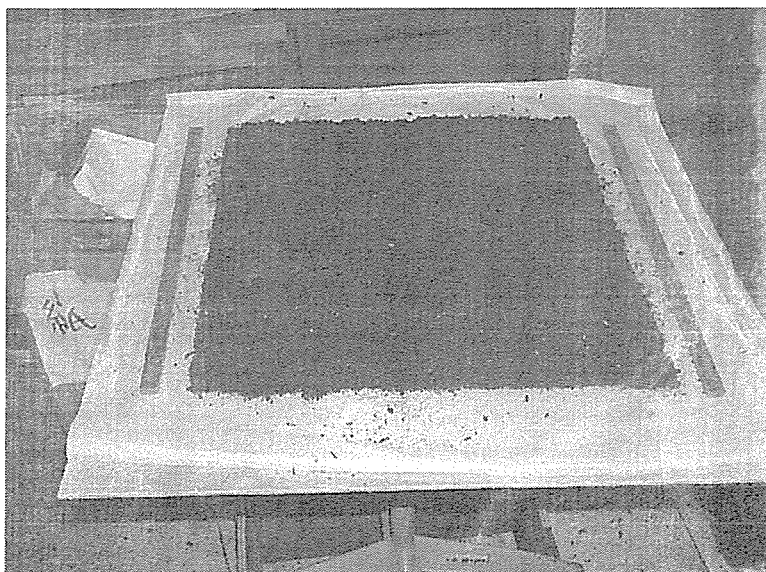


写真5-6 フォーミング終了

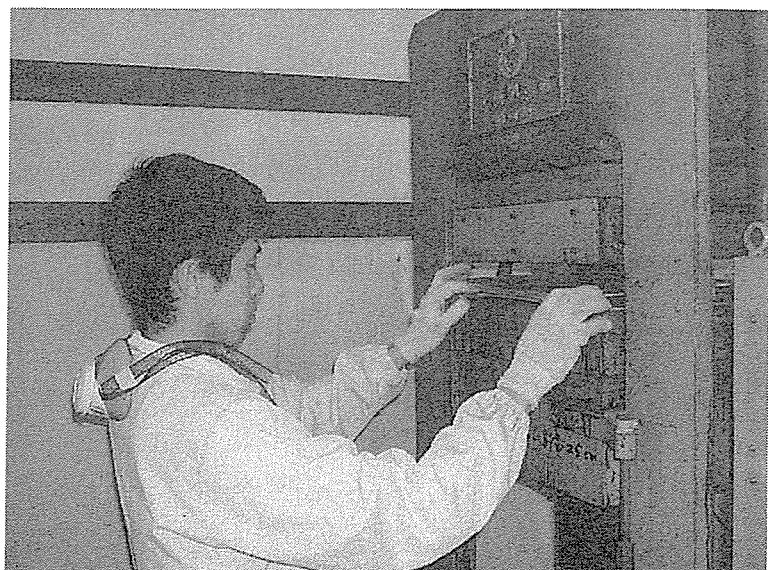


写真5-7 プレスに入れる

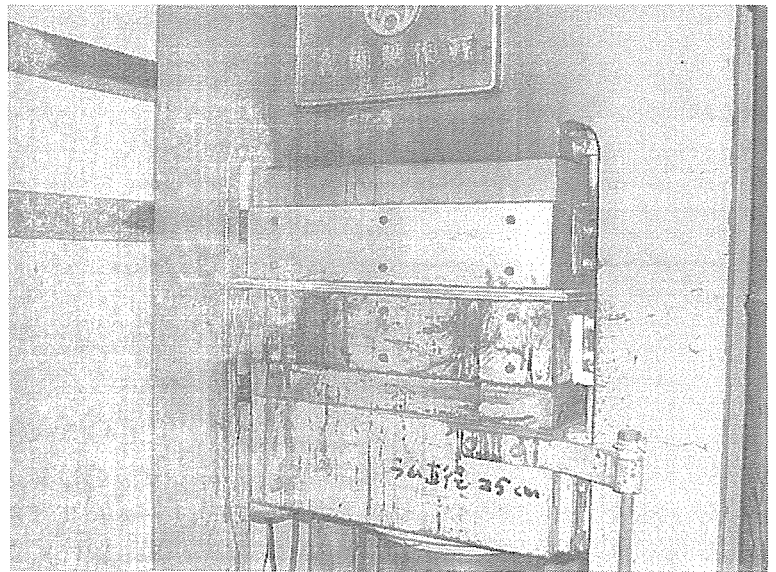


写真5-8 熱圧

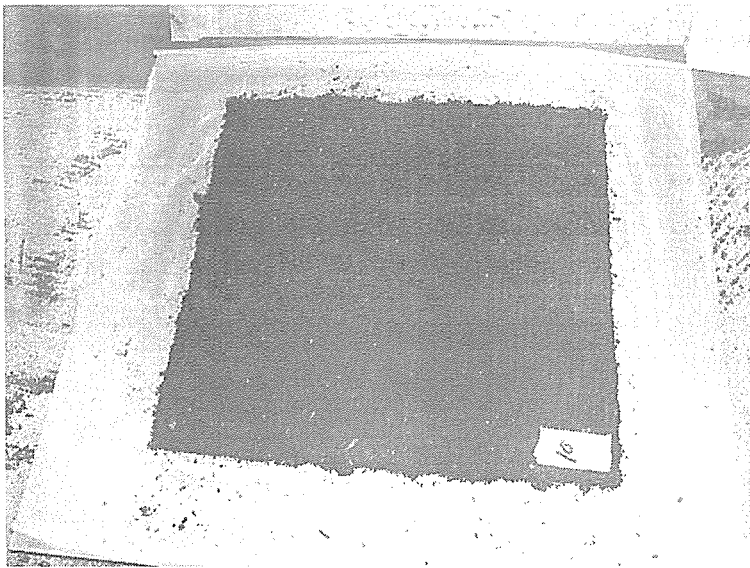


写真5-9 シートの完成

今回行った製造実験では含水率さえ適切にコントロールすればRC3~15%の範囲では、実験室でパーティクルボードを作製するのと同様の方法でコンポストシートが作製できることが分かった。しかし二、三の注意点が提起された。堆肥は木材パーティクルや木材ファイバーに比較して比重が大きく、フォーミングした際にマットのかさが小さいので、均一なマットにフォーミングするのが難しく、同一シート内でも比重のバラツキが大きくなりやすい。また、出来上がったシートは可撓性が大きく、特に低比重・低RCシートでは注意して持ち運ばないとシートが断裂し易いことである。

なお生堆肥を使用した場合、含水率が高いため熱圧終了時にパンクが発生し、シートがひび割れした(写真5-10)。堆肥の含水率は気乾状態よりも低くする必要がある。

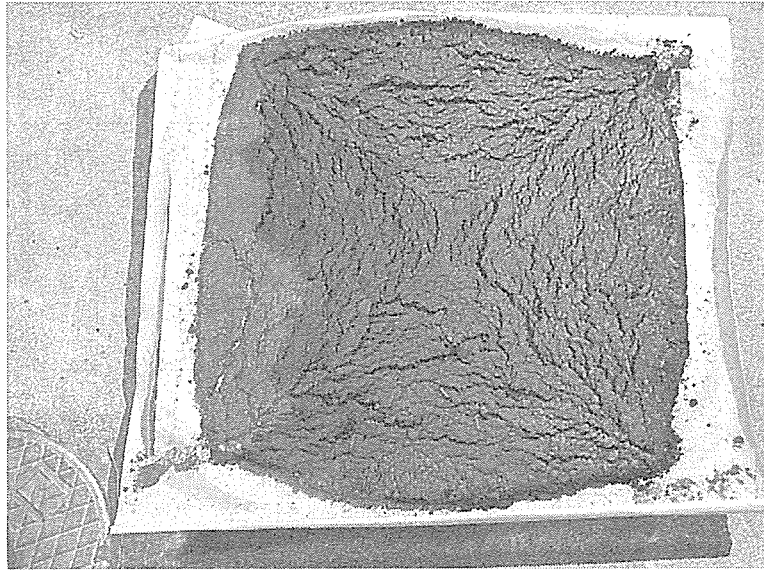


写真 5-10 生堆肥で作製したコンポストシート

## 5.2 コンポストシートの物性

### 5.2.1 堆肥の粒度分布および比重

各粒度に篩い分けされた堆肥の重量を図 5-1 に示す。#5～#40 までは#20 をピークとした分布をみせたが、#40 よりも粒度が小さいメッシュでは再度重量が増加する傾向が見られた。一方、これを体積別（図 5-2）に見ると#5～#40 まではバラツキはあるものの特に大きな変化は認められず、#40 よりも小さなメッシュでは体積が増加する傾向が見られた。

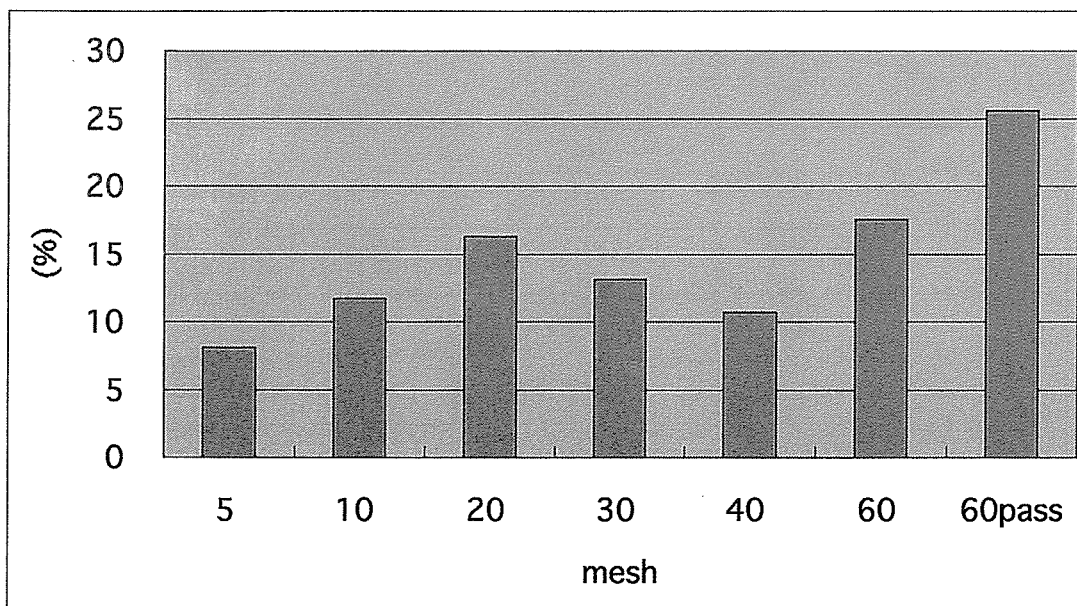


図 5-1 各粒度別の重量

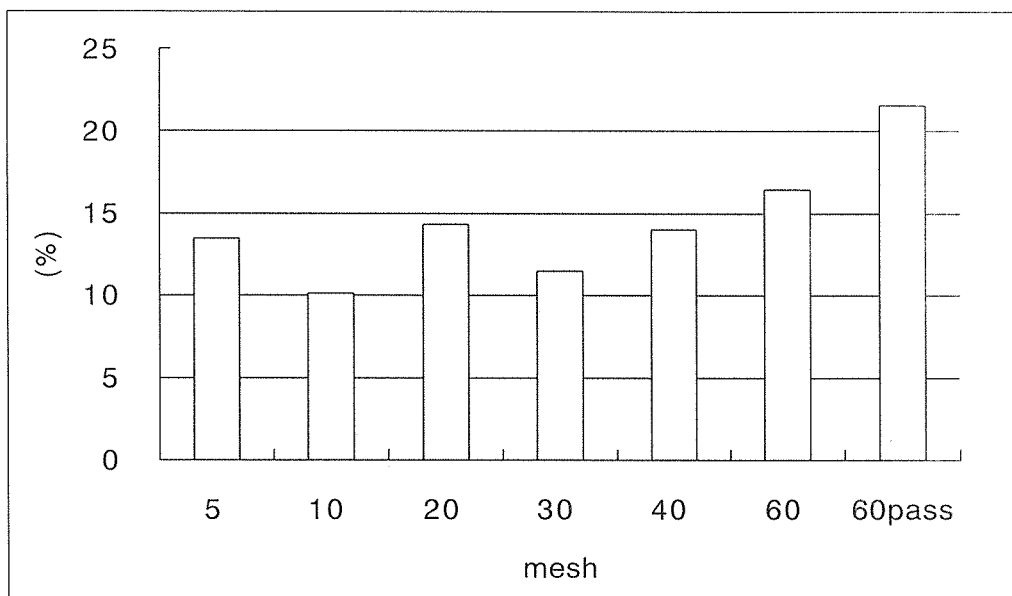


図5-2 各粒度別の体積

各粒度のかさ密度を図5-3に示す。#5 on はもともと密度が小さくかさ高いので、重量の割に体積が大きく、空隙が多くなるので大きな体積を占めるのに対して、エレメントが#10～#30付近では粒度が小さくなると次第に空隙が小さくなり、これに伴って体積も小さくなる。#40でかさ密度は最小となり、その後再度大きくなった。なお、今回使用した堆肥には若干砂などの夾雑物が混入しており、これが原因で#60 pass では特に重量が大きくなったものと思われる。しかし、樹皮には砂などが混入するのは当然であるし、また堆肥の製造過程においても夾雑物が混入することはやむを得ないことであるので、本実験では特にこれらの夾雑物を分別することなく、また粒度も統一することなく、提供された堆肥を全て試験に供することにした。

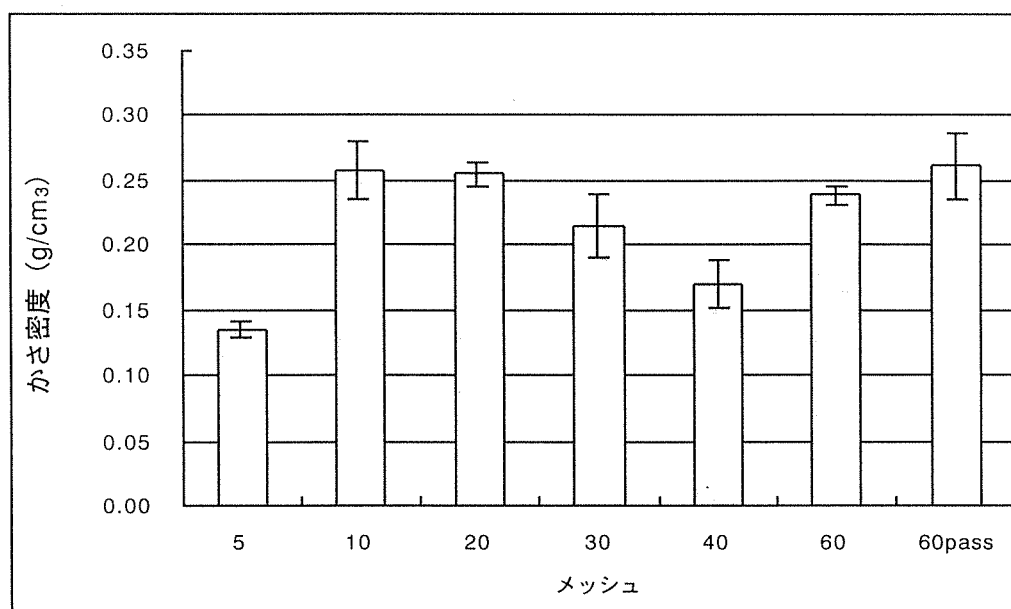


図5-3 各粒度のかさ密度

## 5.2.2 結合剤の物性

コンポストシートは柔軟性を有していることが特徴であり、この点が従来の木質材料とは最も異なっている。コンポストシートはその柔軟性のためにロール状に巻いて現場へ持ち運んだり施工が容易になったりする。シートに柔軟性をを持たせるためには、その製造に必要な結合剤の物性をコントロールし、硬化時に低弾性率となる結合剤を使用することが必要となる。また、使用に際しては、架橋剤の添加量や環境温度により結合剤の物性がどのように変化するかを掴んでおく必要がある。そこで、これらのことを把握するために、様々な環境で結合剤の動的粘弾性を測定することにより、樹脂の硬さの程度やそれを左右するガラス転移温度を求めた。またこれらのデータから架橋の効果、また吸水時の弾性率変化などについて検討した。

最初に乾燥時の動的粘弾性を図 5-4 に示した。今回使用した結合剤は常温における弾性率を低くするため、また紫外線により結合剤が分解し易くするためにブタジエンリッチな SBR を主成分としている。そのため、振動 1 周期あたりの発熱量の程度を示す  $E''$  は  $-30^{\circ}\text{C}$  付近でピークとなり、SBR に基づくガラス転移点（以下  $T_g$ ）がこの温度域に存在することが示された。これは従来の木材用結合剤に使用されている SBR<sup>3)</sup> よりもかなり  $T_g$  が低く、また共重合体の  $T_g$  の計算式<sup>4)</sup> によるとブタジエンリッチであることが分かる。このように  $T_g$  が低温域に存在するため、非常に広い温度領域にわたって結合剤の硬さの程度を示す  $E'$  値は低い。このことから今回使用した結合剤を使用したコンポストシー

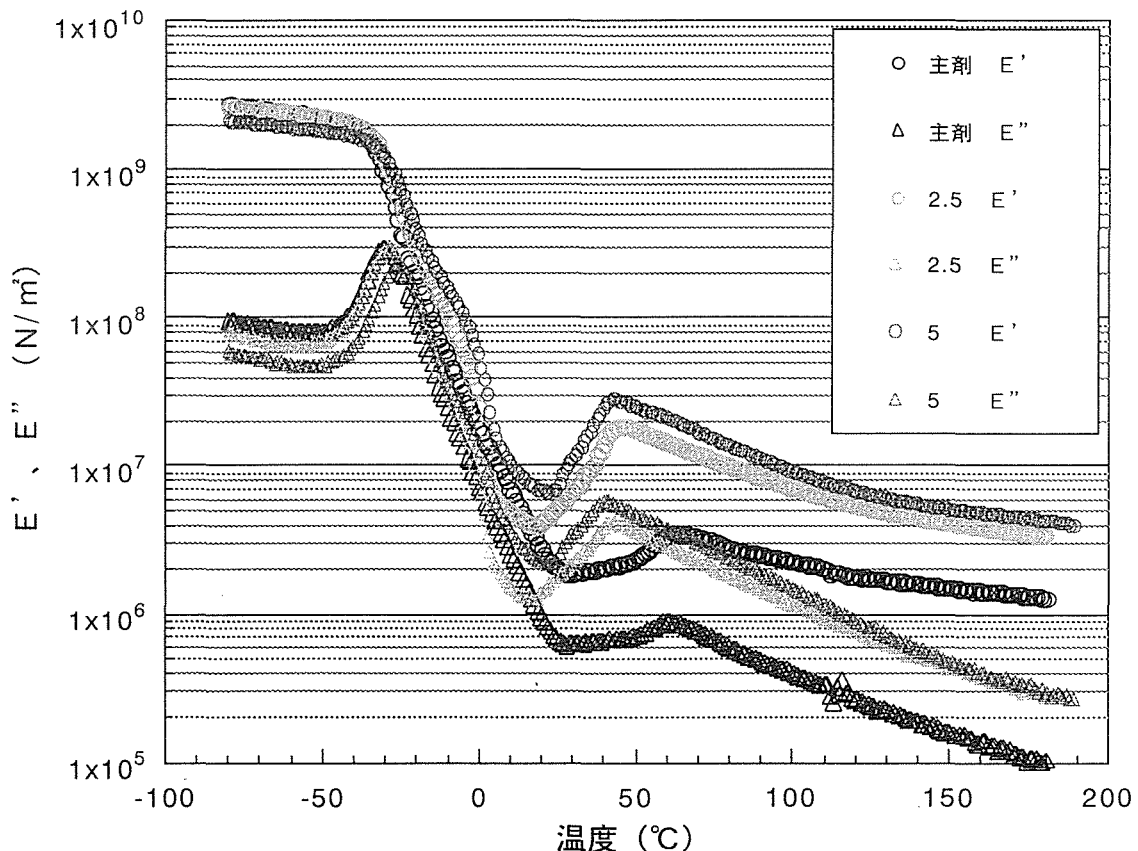


図 5-4 架橋剤添加量の異なる結合剤フィルムの乾燥時における動的粘弾性

トは広い温度領域にわたって柔軟な物性を示すことが推測される。図 5-4 には架橋剤添加量を変えた 3 種類のサンプルのデータを示したが、どのサンプルにおいても  $T_g$  の温度はほとんど変わらなかった。これは架橋剤として添加したオキサゾリン化合物が、主成分である SBR とは反応していないことを示している。しかし、 $T_g$  以上の温度では架橋剤添加量が多くなると  $E'$  の値も大きくなる ( $E'$  の低下が少なくなる) ため、架橋剤の効果は認められる。実用温度域である  $0^\circ\text{C}$  付近から  $50^\circ\text{C}$  付近における  $E'$  値は、主剤と比べて架橋剤添加系では 2~3 倍の値を示した。このことから、架橋剤添加量をコントロールすることにより、結合剤の硬さをある程度は変えられることが分かる。なお、どのサンプルにおいても  $40^\circ\text{C}$  付近に  $E'$  ピークが観測されている。これは主剤中のある成分の結晶化によるものと推察されるが、これについては後ほど詳述する。

次に、水中浸せき時の動的粘弾性を図 5-5 に示した。コンポストシートは使用時に散水や雨などにより吸水する。一度敷設し、散水した後にシートを移動できるか否かも含めて、水分を吸着した際の弾性率を検討しておくことは重要である。なお装置の関係上、測定温度範囲は  $20^\circ\text{C}$ ~ $80^\circ\text{C}$  付近とした。

どのサンプルにおいても測定範囲内での  $E'$  はほぼ一定の値を示した。しかし、架橋剤添加量が多くなると  $E'$  値も高くなり、架橋剤効果が示された。主剤のみに比べて架橋剤 2.5 部添加では  $E'$  が約 2 倍の値を示し、同 5 部添加では約 3 倍の値を示した。水に濡れた際でも硬いシートを作製したい場合には架橋剤添加量を増やすことである程度の物性のコントロールが可能である。また、図 5-4 の乾燥時の

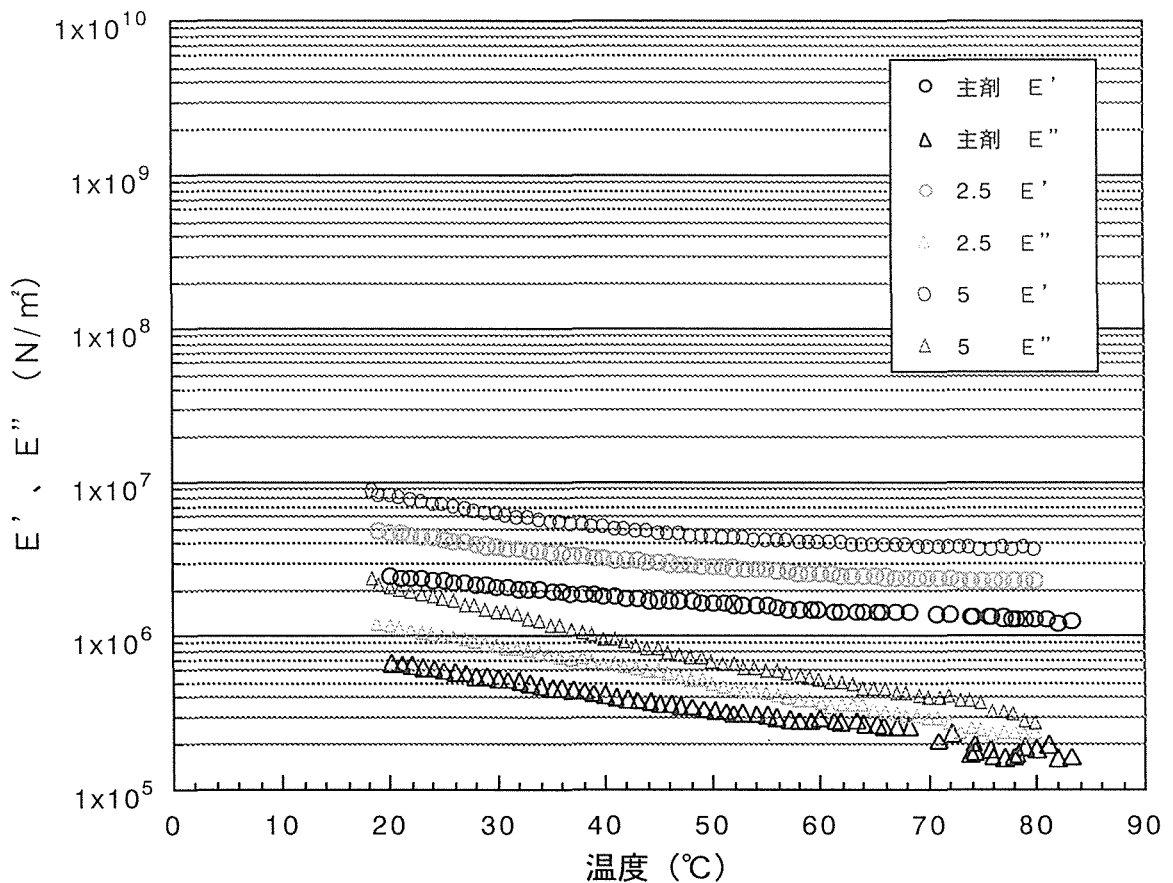


図 5-5 架橋剤添加量の異なる結合剤フィルムの水中浸せき時における動的粘弾性

値と比較すると、前述した結晶化の影響による弾性率の上昇分をキャンセルすれば水に濡れることによりほとんどE'値が変化していないことが予想される。よって、吸水による重量変化の影響は見逃せないものの結合剤自体の弾性率についてのみ考えると、水による物性変化は非常に小さいことが分かった。

最後に、図 5-4 に見られた 20°C付近においてE'が上昇する現象について若干触れておく。熱可塑性樹脂の動的粘弾性では、温度の上昇とともに一旦低下したE'が上昇することは通常見られない。しかし、測定中に硬化反応が起こった場合、サンプルが水分を含んでおり測定中の昇温過程時にサンプル中の水分の揮散が起こった場合、および測定中に結晶性樹脂が結晶化を起こした場合などではこの限りではない。本サンプルでも上記の可能性は否定できない。そこで、一旦測定を行ったサンプルを乾燥雰囲気中で急冷し、再度動的粘弾性の測定を試みた。樹脂が未硬化の場合やサンプル中に水分が存在する場合にはこの操作により原因が除去できる筈である。しかし、結果は図 5-4 と同様にE'の上昇が見られた。次に、一旦測定終了したサンプルを 2°C/分の速度で徐冷し、再度動的粘弾性の測定を行った。1 回目（乾燥）と2回目（徐冷）の結果をまとめて図5-6に示した。

徐冷サンプルではE'の再上昇が見られず、徐々に低下するのみであった。また、これを1回目の測定データと比較すると、-10°C以下および50°C以上の両温度域では1回目と2回目のデータはぴったりと一致していた。サンプルを急冷した場合には本来結晶化度の高い樹脂であっても瞬時に凍結するためアモルファス状態で固定化される。このサンプルを再度加熱するとある温度でセグメントの配列が再び結晶化し、樹脂の弾性率が上昇するものと考えられる。しかし、徐冷することにより冷却過程に

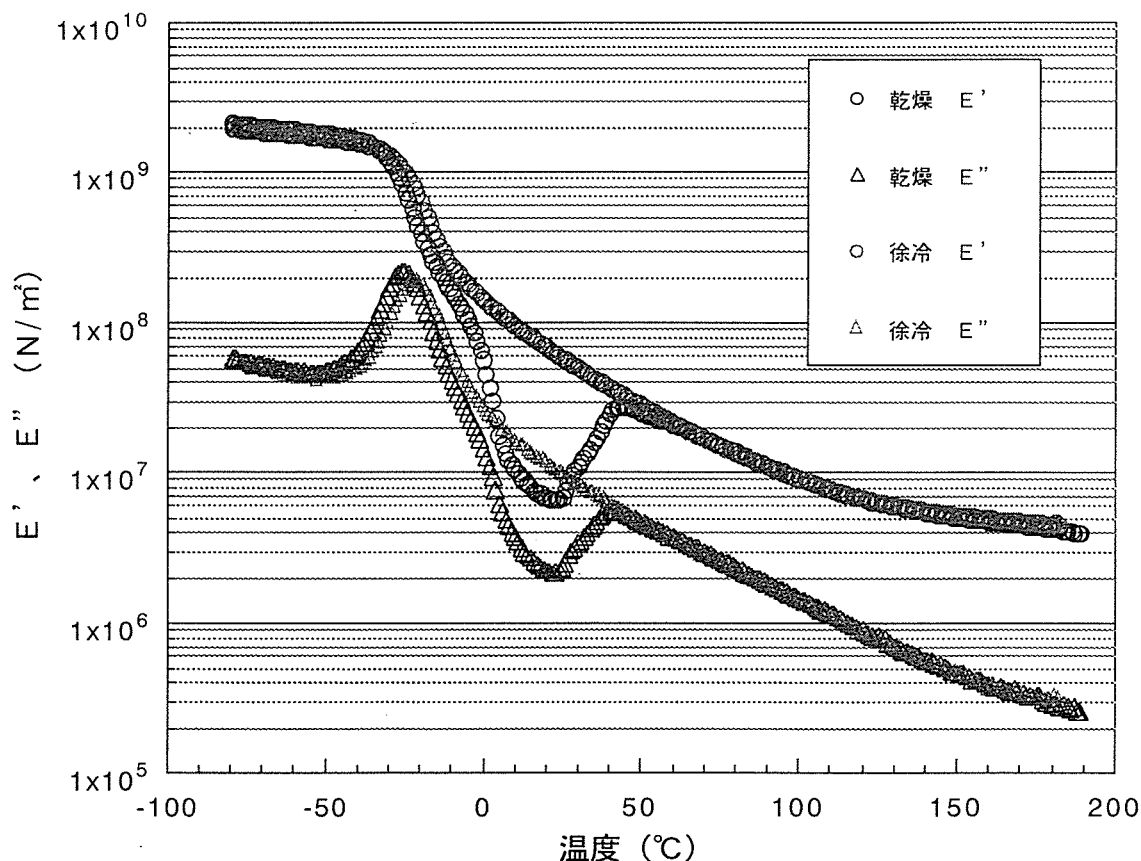


図 5-6 急冷および徐冷した架橋剤 5 部添加フィルムの動的粘弾性

徐々に結晶化が進行するので、測定開始の $-80^{\circ}\text{C}$ 付近では結晶が成長しており、再度加熱しても測定中に弾性率が上昇することはない。ところで、今回用いた結合剤であるが、SBRの結晶性は低いと考えられるので、主剤中に添加し架橋に関与しているポリエステル樹脂および架橋剤として使用したオキサゾリン化合物が結晶化に関与したものと推察される。これらの挙動がシート物性に与える影響は定かではなく、今後検討を続ける必要がある。

### 5.2.3 コンポストシートの材質

#### (1) ブレンダー混合と手混合の比較

コンポストシートの製造において、製造の効率化やシートの材質に最も大きく影響を与えるのが結合剤の塗布工程である。堆肥に直接液状結合剤を添加し混合する方法が最も簡便であるが、この方法では一部の堆肥にのみ結合剤が吸収されてしまい堆肥全体に均一に塗布できない可能性がある。その結果、シート強度等の基礎物性に大きな影響を与えることが懸念される。そこで、まず堆肥に結合剤を塗布する方法について検討した。

最も簡単な塗布方法としてアクリル容器内に計量した堆肥および結合剤を入れ、手で混合する方法、また、実験室でパーティクルボードを作製する際に使用するものと同様の回転式ブレンダーを用いた方法も行い、両者を比較した。回転式ブレンダーによる塗布はドラムの中に堆肥を入れて回転させ、堆肥が自然落下する際にエアスプレーで結合剤を噴霧塗布する方法である。

ここでは先ず作製したシートの引張り強さについて考察する。結果を図5-7に示した。横軸には比重を取ってある。比重が大きくなるほど引張り強さも向上するのは全ての条件について言えることであ

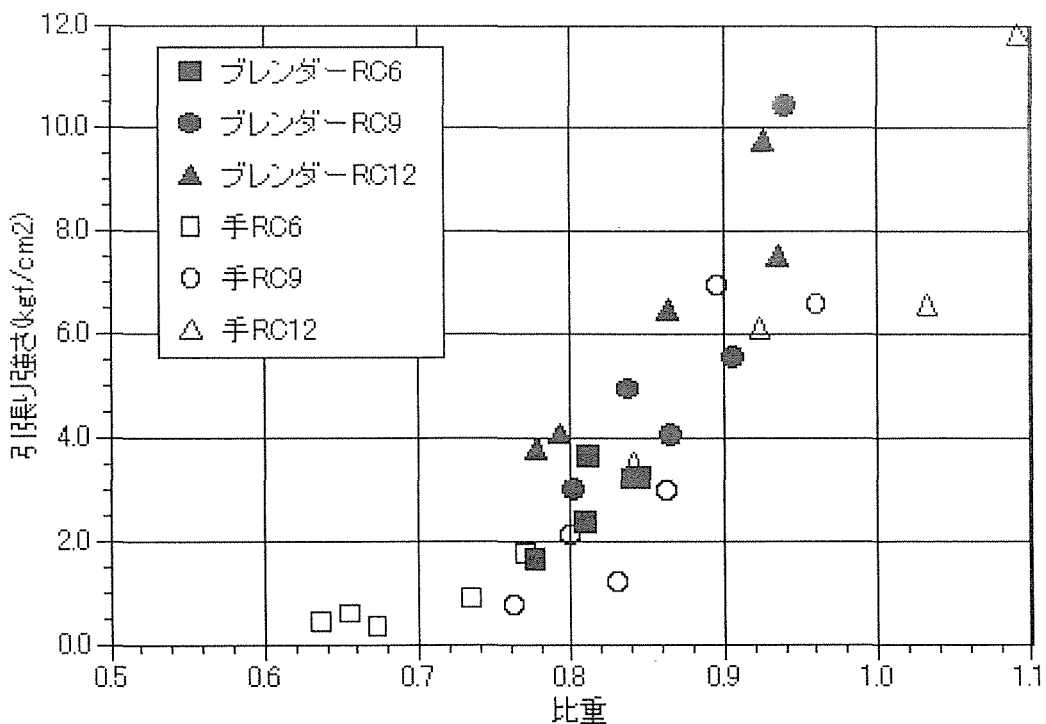


図5-7 混合方法がシート引張り強さにおよぼす影響



るが、手混合シートでは比重のバラツキが大きいことや、高比重域（0.9 以上）では引張り強さが頭打ちになることなどが認められた。これに対してブレンダー混合ではどの RC でも比重の増加に比例して引張り強さが向上し、また幾分手混合よりも強度が大きかった。ブレンダーでは混合攪拌しながらエアスプレーを用いて塗布を行うため、結合剤が薄く均一に堆肥表面に塗布されるためと思われる。

次に吸水率について考察する。図 5-8 には手混合の RC 別の吸水率を、図 5-9 にはブレンダー混合の同グラフを示した。どの条件についても時間の経過とともに吸水率は増加し、24 時間後にはほぼ一定となった。また RC が多くなるほど吸水率は低くなる傾向を示した。これは結合剤が多くなるほど堆肥表面が樹脂でコーティングされ、また水分吸着による膨潤を拘束するためであると考えられる。なお、吸水率の詳細については後述するのでここでは割愛する。

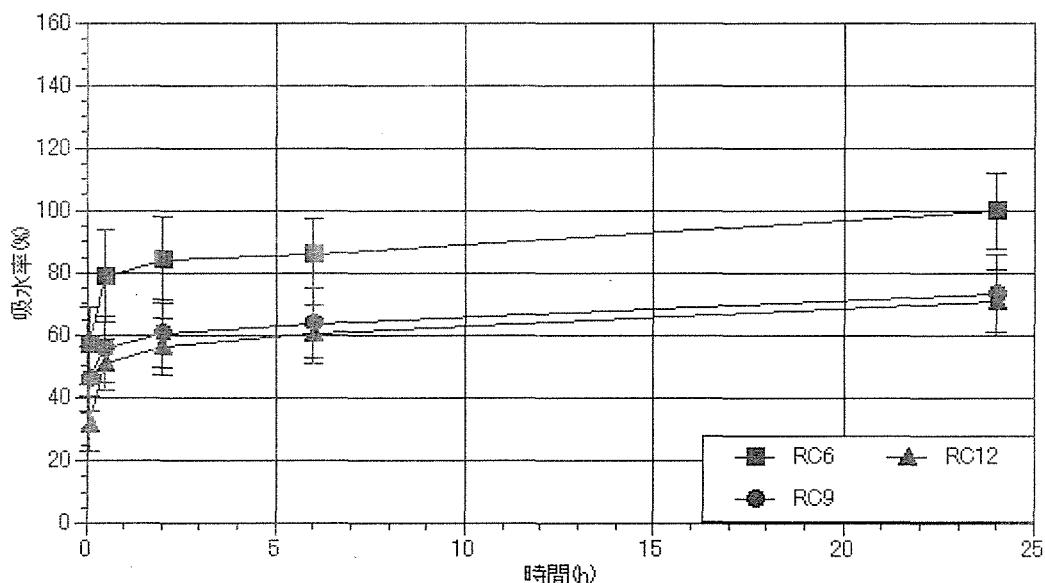


図 5-8 手混合で作製したコンポストシートの吸水率 (目標比重 0.8)

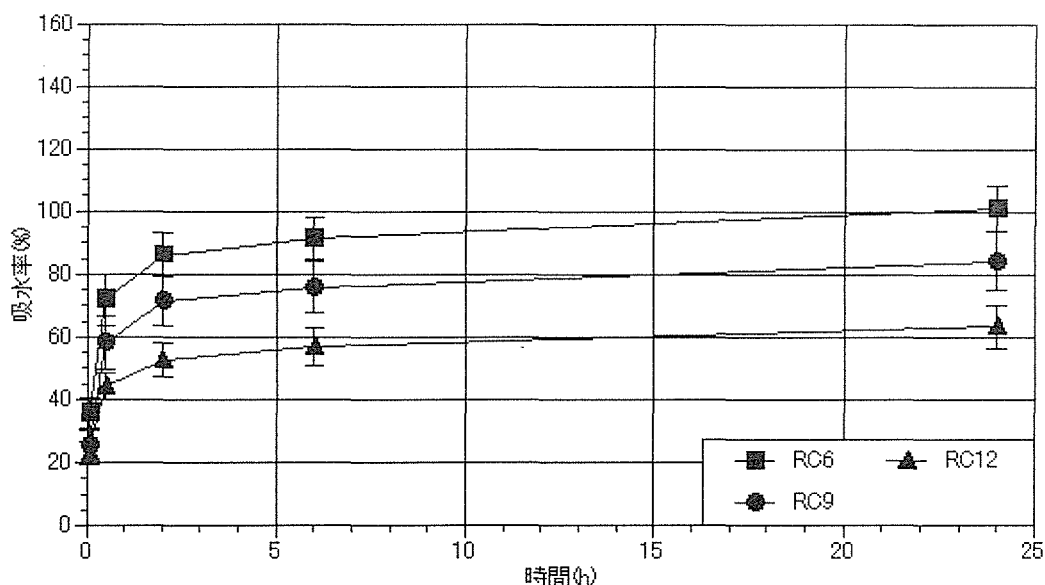


図 5-9 ブレンダー混合で作製したコンポストシートの吸水率 (目標比重 0.8)

手混合とブレンダー混合とを比較すると、幾分ブレンダー混合の方が吸水率が大きい傾向を示した。また、RCごとの吸水率の差が明確であった。これはブレンダーを用いて塗布した方が結合剤の塗布が均一になることが関係しているものと思われる。

以上、ブレンダーを用いた方が強度、吸水率ともに優れていることが明らかになったので、今後の実験では全てブレンダーによる混合を行った。

## (2) 引張り強さ

ブレンダー混合により作製した各種コンポストシートの引張り強さについて考察する。なお、今回のシート作製では熱圧時にコンポストシートがコール板に付着するのを防止するため、堆肥マットとコール板の間に厚さ 0.1mm のテフロンシートを挿入した。しかし、熱圧の際にディスタンスバーが当たる位置のシートが破断し、シートの厚さ分だけシートの仕上がり厚さが薄くなってしまった。それ以外にもシートを作製する際の様々な工程における誤差が重なった結果、作製したコンポストシートの厚さが設定値よりも幾らか薄くなり、その結果シート比重は目標比重よりも若干高くなってしまった。以下の文章および図中の目標比重とはあくまで目標値のことであり、実際の比重とは異なる値である。また文章中に目標比重と実際の比重の両方の表現が登場する場合があります、これらを混同をされないよう予めお断りする。

### ① 比重の影響

コンポストシートの引張り強さにおよぼす比重の影響をみるため、目標比重を 0.5、0.6、0.7、0.8 に設定しシートを作製した。なお、熱圧温度は 160℃、架橋剤添加量は 2.5%とし全ての条件で統一した。

RCを変えて作製したコンポストシートの比重と引張り強さの関係を図 5-10 に示した。どのRCにおいても比重が高くなるほど引張り強さは大きくなった。RCの少ないシート (3%、6%) では比重の増加に伴う引張り強さの向上はそれほど多くないが、RCが多くなると比重の増加に伴う引張り強さの向上も大きくなった。また、比重0.7程度まではどのRCでも引張り強さは2kgf/cm<sup>2</sup>前後と大差ないが、比重がそれ以上になるとRCによる引張り強さの差が明確になった。

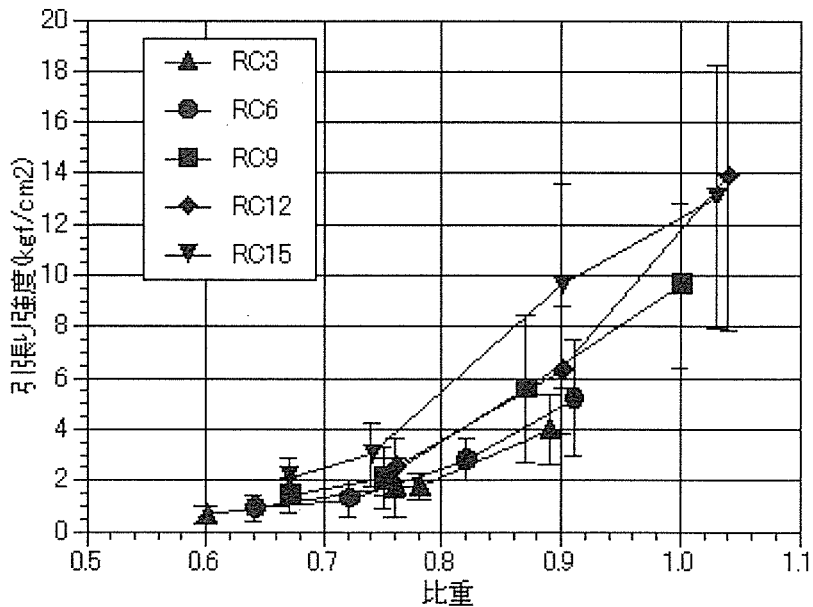


図5-10 RCを変えて作製したコンポストシートの比重と引張り強さの関係

## ②RCの影響

次にコンポストシートの引張り強さにおよぼすRCの影響をみるため、RCを3%～15%まで変化させてシートを作製した。なお、熱圧温度、架橋剤添加量は先程と同様全ての条件で統一した。目標比重別の結果を図5-15～18に示した。

目標比重 0.5、0.6 ではRCと引張り強さの間に明確な関係は見られないが、比重が 0.7 以上になるとRCの増加に伴い引張り強さが大きく向上した。また目標比重 0.8 では、RC12%以上では引張り強さが頭打ちとなった。

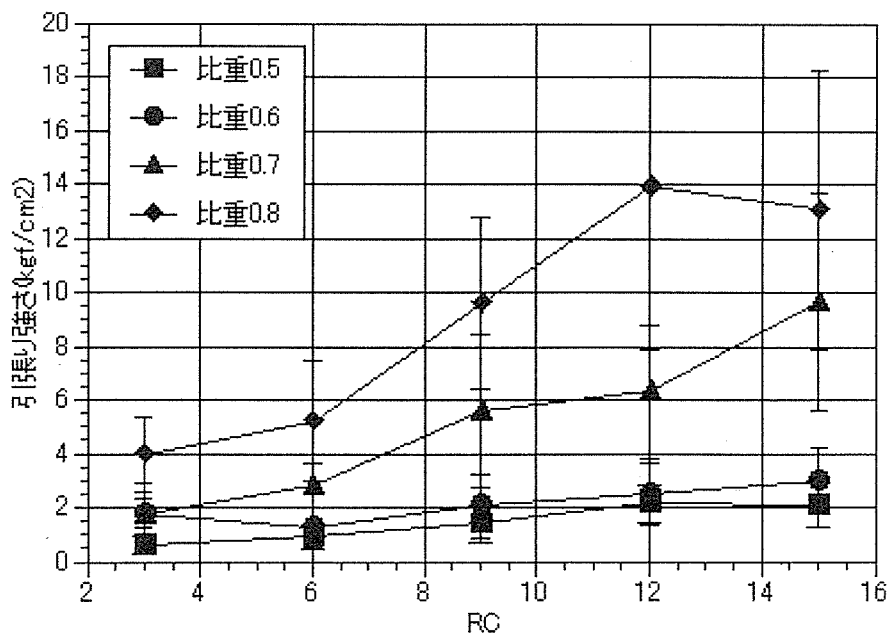


図5-15 コンポストシートのRCと引張り強さの関係

### ③ 架橋剤添加量の影響

引張り強さにおよぼす架橋剤添加量の影響をみるため、架橋剤添加量を 0（主剤のみ）、2.5 部、5 部と変化させてシートを作製した。なお、熱圧温度は 160℃、RC9%とし全ての条件で統一した。実測比重別の結果を図 5-19～21 に示した。なお、図内の数字はシートの実際の比重である。

比重やRCの場合と異なり、架橋剤添加量の引張り強さにおよぼす影響は明確ではなかった。しかし、比重が大きくなると主剤のみと架橋剤添加系（2.5 部、5 部）とでは引張り強さが明確に異なった。架橋剤としてはオキサゾリン化合物を使用しており、これが主剤中のカルボキシル基を持つポリカルボン酸系樹脂と反応して架橋を形成すると推測されるが、高比重シートではこの架橋の効果が明確となった。なお、架橋剤添加量は 2.5 部でも 5 部でも引張り強さにはさほど影響しないようであり、コストの面から添加量は 2.5 部で十分と言える。

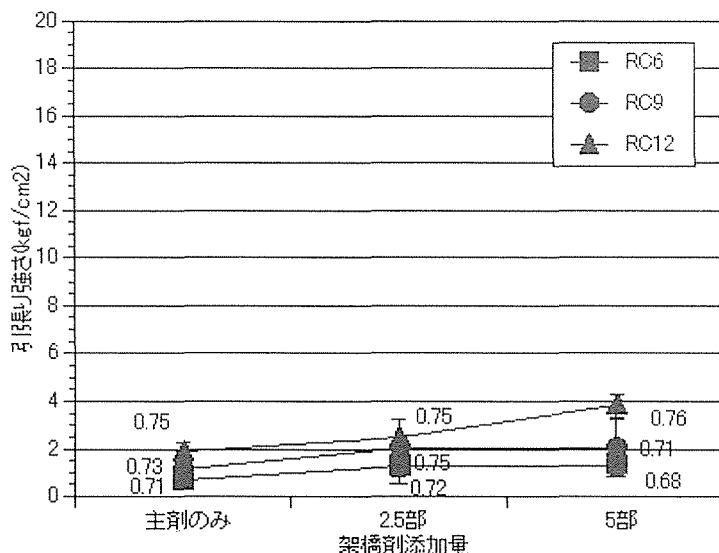


図 5-19 コンポストシートの架橋剤添加量と引張り強さの関係（比重約 0.7）

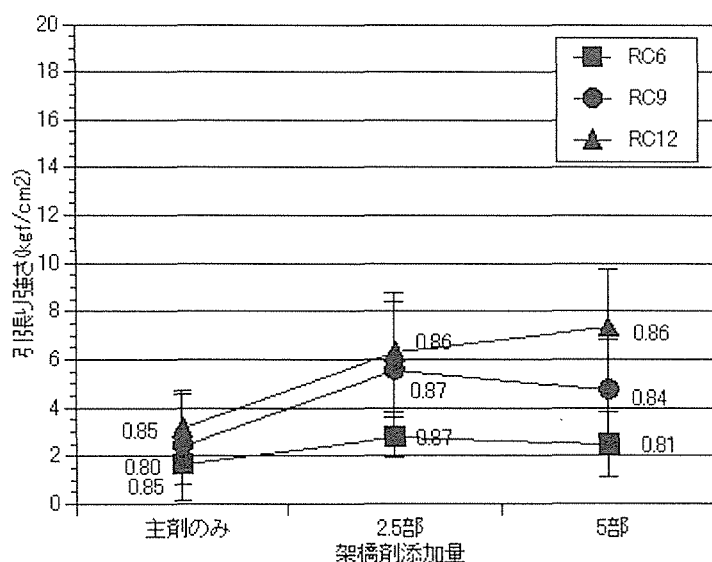


図 5-20 コンポストシートの架橋剤添加量と引張り強さの関係（比重約 0.8）

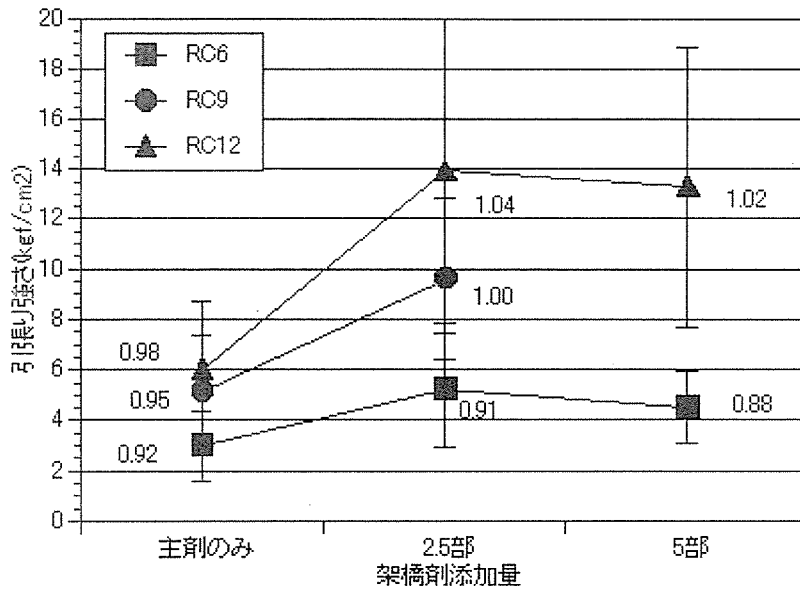


図5-21 コンポストシートの架橋剤添加量と引張り強さの関係 (比重約0.9)

④ 熱圧温度の影響

引張り強さにおよぼす熱圧温度の影響をみるため、温度を 120、140、160、180℃と変えてコンポストシートを作製した。熱圧時間は全て 40 秒/mm とした。なお、RCは 9%とし全ての条件で統一した。結果を図5-22に示した。なお、図内の数字はシートの実際の比重である。

今回検討した様々な製造因子の中で、熱圧温度は引張り強さにおよぼす影響が最も小さかった。すなわち、熱圧温度 120℃でもシートはRCに応じて引張り強さを発現し、それらの値はバラツキがあるものの140℃~180℃で作製したシートの値と大差がなかった。

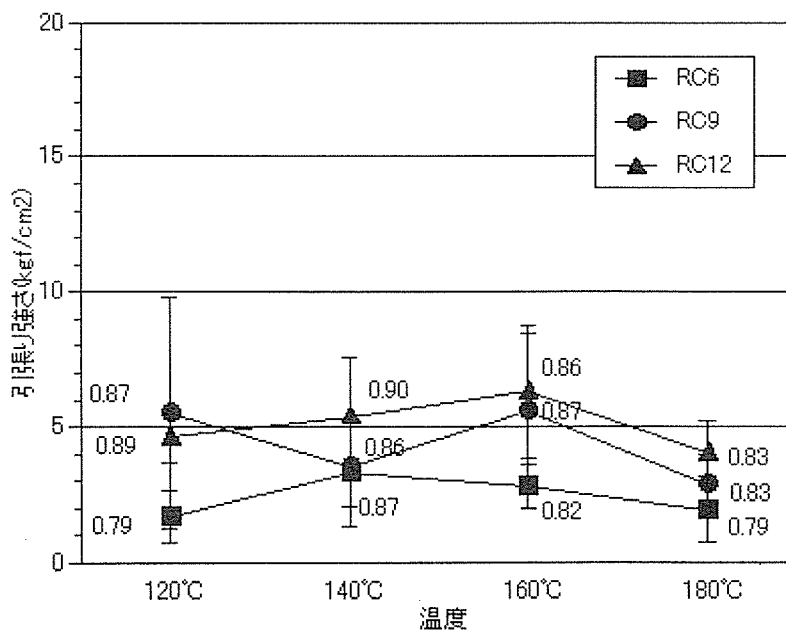


図5-22 熱圧温度の影響

原料エレメントとして堆肥を用いた場合、他の木質材料エレメントと比べてエレメント自体の強度が非常に低い。堆肥の強度よりも結合剤の強度が上回るまで結合剤が硬化すればシートの強度は発現するものと考えられるので、むしろそれ以上の硬化条件はシートの引張り強さに反映されないばかりか、エレメントの熱劣化を引き起こす可能性もあり推奨できない。仮に低温での熱圧により未反応物がシート中に残存していても、コンポストシートでは常態での引張り強さにはほとんど影響がないものと思われる。熱圧時間をもっと短くすれば熱圧温度の影響があらわれる可能性はあるし、また未反応物が環境面や目的とする植物体へ与える影響は皆無とはいえないが、ことシート製造面のみからすれば 120℃程度の低温でも充分実用に耐えると考えられる。本研究ではメーカー推奨である 160℃を主仕様としたが、製造コストの低減を図る上からもより低い温度での製造は可能であると思われる。

#### ⑤ コンポストシートの施工時の強度に関する考察

コンポストシートを運搬したり現場に敷設する場合、その作業に耐える強度が必要である。そこで、シートをつまんで持ち上げた時のシート強度と自重との関係について検討した。厚さ 0.5cm のコンポストシートの製品サイズを 30cm×30cm、60cm×60cm、180cm×90cm と 3種類想定し、各サイズごとに比重から算出した重量と引張り強さの関係について検討した。

シートを施工する際には両手でシートの端をつまんで引張ることになる。そこで、両手の親指と人差し指、中指でシートをつまんで作業することを想定して、シートが断裂するかどうかを評価した。そこで問題となるのは荷重がかかる面積をどの程度にするのかということと、静的試験から求めた引張り強さから断裂に対する抵抗性をどのように評価するのかである。

まず荷重が作用する面積の見積もりであるが、ここではこの面積を 2cm<sup>2</sup> とした。これは片手の親指と人差し指、中指で挟まれたシートの長さを 2cm、シート厚さを 0.5cm とし、これを 2 倍して両手で掴んだ場合の面積を算出したものである。

次に断裂の抵抗性評価であるが、引張り強さは 10mm/min の静荷重下で測定した値であり、強度の比較として用いたものである。実際の使用時には様々な様式の力が作用すると考えられるので、耐荷重の 2 倍の荷重まで耐えられることで断裂の評価を行った。

断裂の評価は、2cm<sup>2</sup> あたりの耐荷重がシート重量よりも小さいもの (×印)、2cm<sup>2</sup> あたりの耐荷重がシート重量の 1 倍以上 2 倍未満のもの (△印)、および 2cm<sup>2</sup> あたりの耐荷重がシート重量の 2 倍以上のもの (○印) の 3 段階で行った。

結果をみると、30cm×30cm サイズでは比重、RCを問わず全てのシートが○であったのに対して、60cm×60cm では概ね比重 0.8 以上が○となり、180cm×90cm では全ての条件で○印は皆無となり、シートサイズが裂断の有無を大きく左右する結果となった。当初、最終的なシートサイズは 180cm×90cm を想定していたが、今回の結果によりシートサイズを変更するか、シート強度を何らかの方法で大きくする必要があることが明確となった。

表5-1 (a) 30cm×30cm コンポストシートの耐施工強度

比重	RC (%)	重量 (g)	引張り強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	2cm <sup>2</sup> あたりの耐荷重(gf)	断裂の評価*
0.5	6	225	0.26	520	○
	9	225	0.27	540	○
	12	225	0.58	1160	○
0.6	6	270	0.53	1060	○
	9	270	0.56	1120	○
	12	270	1.04	2080	○
0.7	6	315	1.08	2160	○
	9	315	1.18	2360	○
	12	315	1.83	3660	○
0.8	6	360	2.20	4400	○
	9	360	2.49	4980	○
	12	360	3.24	6480	○

表5-1 (b) 60×60cm コンポストシートの耐施工強度

比重	RC (%)	重量 (g)	引張り強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	2cm <sup>2</sup> あたりの耐荷重(gf)	断裂の評価*
0.5	6	900	0.26	520	×
	9	900	0.27	540	×
	12	900	0.58	1160	△
0.6	6	1080	0.53	1060	×
	9	1080	0.56	1120	△
	12	1080	1.04	2080	△
0.7	6	1260	1.08	2160	△
	9	1260	1.18	2360	△
	12	1260	1.83	3660	○
0.8	6	1440	2.20	4400	○
	9	1440	2.49	4980	○
	12	1440	3.24	6480	○

\* × : 2cm<sup>2</sup>あたりの耐荷重がシート重量よりも小さいもの

△ : 2cm<sup>2</sup>あたりの耐荷重がシート重量の1倍以上2倍未満のもの

○ : 2cm<sup>2</sup>あたりの耐荷重がシート重量の2倍以上のもの

表5-1 (c) 180×90cm コンポストシートの耐施工強度

比重	RC (%)	重量 (g)	引張り強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	2cm <sup>2</sup> あたりの耐荷重(gf)	断裂の評価*
0.5	6	4050	0.26	520	×
	9	4050	0.27	540	×
	12	4050	0.58	1160	×
0.6	6	4860	0.53	1060	×
	9	4860	0.56	1120	×
	12	4860	1.04	2080	×
0.7	6	5670	1.08	2160	×
	9	5670	1.18	2360	×
	12	5670	1.83	3660	×
0.8	6	6480	2.20	4400	×
	9	6480	2.49	4980	×
	12	6480	3.24	6480	△

\* × : 2cm<sup>2</sup>あたりの耐荷重がシート重量よりも小さいもの

△ : 2cm<sup>2</sup>あたりの耐荷重がシート重量の1倍以上2倍未満のもの

○ : 2cm<sup>2</sup>あたりの耐荷重がシート重量の2倍以上のもの

### (3) 吸水率

コンポストシートはその使用状況を考えた場合、施工後の散水により速やかに水分を吸収してその場の形状に馴染み、加えて植物体の生育に必要な水分を保持することが必要である。そういう意味からすれば、吸水速度や吸水開始後数秒から数分以内の吸水挙動が最も重要であると考えられる。そこで、ここでは吸水時間 5 分から 24 時間までの重量変化率を測定し、製造条件が吸水挙動におよぼす影響について検討した。

吸水率に及ぼすシート作製因子の影響 (160℃、架橋剤添加量 2.5%) について検討した。最初に目標比重の影響について述べる。目標比重を 0.5、0.6、0.7、0.8 に設定し、RC6%で作製したシートの吸水時重量増加率 (吸水率) を図5-23 に示した。

吸水 5 分後では、目標比重によりその値は異なるが 30%~70%の吸水率を示した。その後吸水率の増加は徐々に減少し、6 時間でほぼ一定となった。また吸水率は比重に大きく左右され、目標比重が小さいほど吸水率は高くなった。これは比重が低いほど堆肥間の接着が粗く、空隙が多いためと考えられる。ちなみに目標比重 0.7 では 24 時間後の吸水率は約 100%であるが、目標比重が 0.5 であれば約 30 分で吸水率が 100%を越えている。このように吸水率を大きくしたい場合には比重を小さくすることが効果的である。



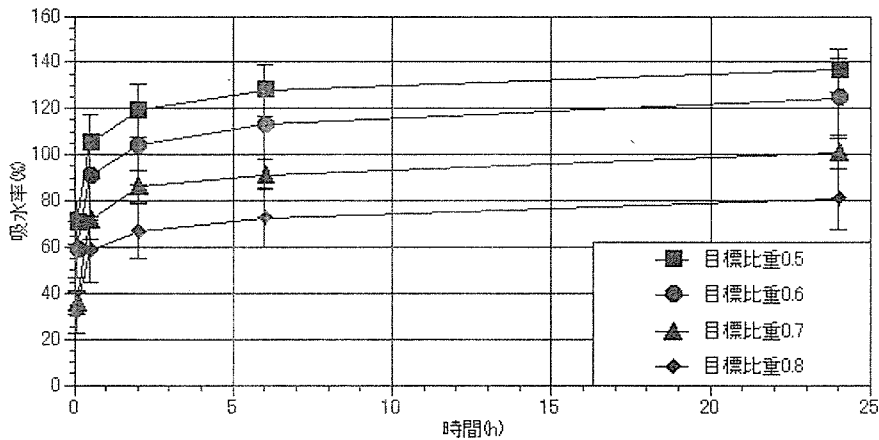


図5-23 目標比重を変えて作製したコンポストシートの吸水率の経時変化 (RC6%)

次に、RCの影響について述べる。RCを3、6、9、12、15%に設定し、目標比重0.8で作製したシートの吸水時重量増加率(吸水率)を図5-24に示した。

図5-24より、比重と同様、RCもシートの吸水率に大きく影響を与えることが分かる。すなわち、RCが高くなる程吸水率は低下し、シート内への吸水が困難になる。これは結合剤が多くなるほど堆肥表面が樹脂でコーティングされ、また水分吸着による膨潤を拘束するためであると考えられる。特にRCが10%を越えると吸水率は低くなり、24時間吸水しても吸水率は50%前後であった。またの吸水率の経時変化も比重の場合と同様の傾向を示した。

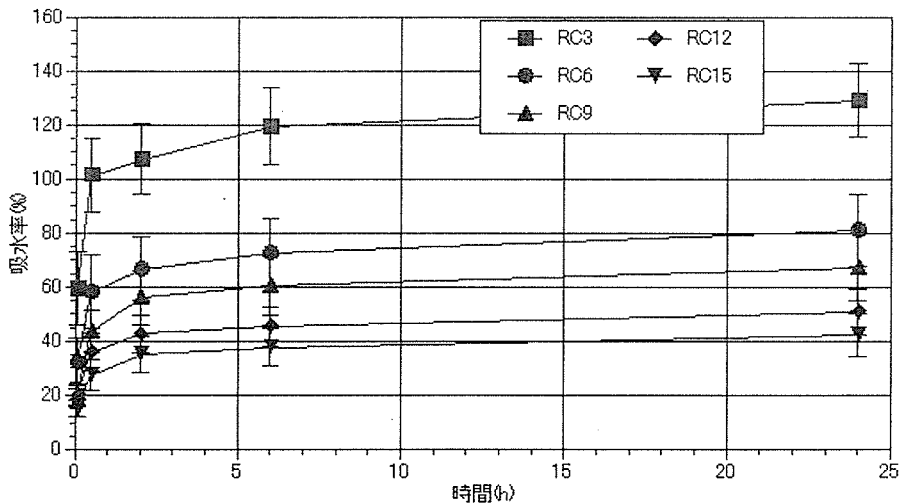


図5-24 RCを変えて作製したコンポストシートの吸水率の経時変化 (目標比重0.8)

架橋剤添加量の影響について図5-25に示した。コンポストシートは架橋剤添加量を0部(主剤のみ)、2.5部、5部とし、RCを6%、目標比重0.8、熱圧温度は160°Cで作製した。

比重やRCと異なり、架橋剤添加量はシートの吸水率にほとんど影響を与えなかった。強いて言えば、架橋剤添加量5%のシートでは若干吸水率が低い傾向があるが、その他のシートとの大差はなく、この程度であれば他の製造因子を変更することで吸水率を大きくすることは充分可能であろう。結合剤の物

性の項でも説明したが、この結合剤は充分架橋反応が起こったとしても架橋密度は低く、また樹脂のガラス転移点も低いので、ポリマーの三次元網目が緻密でなく柔軟性があるため、堆肥の吸水がほとんど妨げられないものと思われる。

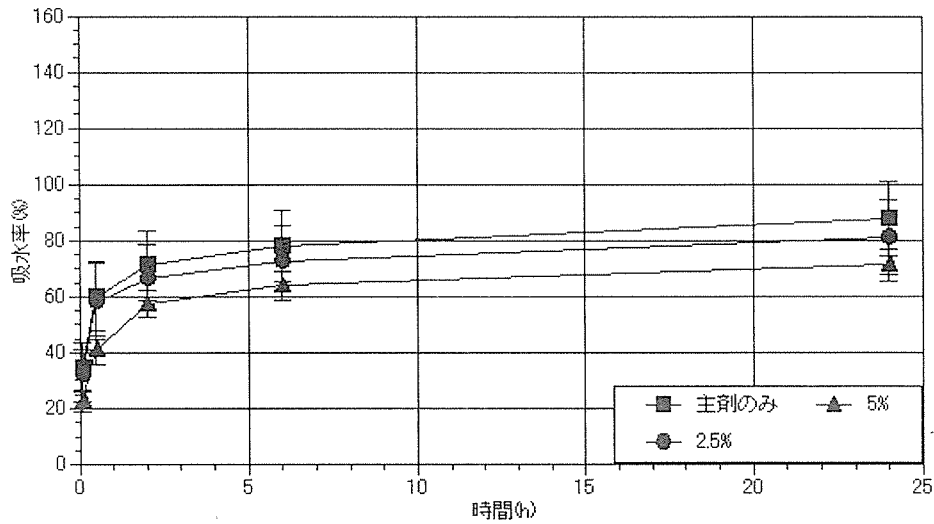


図5-25 架橋剤添加量を変えて作製したコンポストシートの吸水率の経時変化  
(目標比重0.8、RC6%)

熱圧温度の影響も同様で、シートの吸水率にほとんど影響なかった (図5-26)。なおコンポストシートは架橋剤添加量を2.5部、RCを6%、目標比重0.7、熱圧温度は160℃で作製した。

前述のとおり (引張り強さの項)、120℃熱圧でも引張り強さは発現しており、樹脂の硬化は充分進行しているものと思われる。他の熱圧温度と比べて、シートの強度のみならず吸水挙動も変化がないことから、120℃熱圧で充分であると言える。

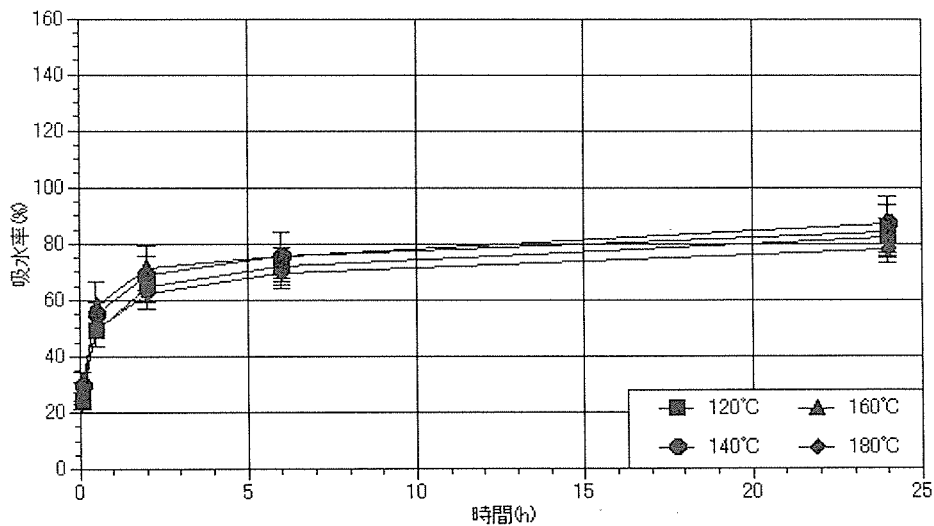


図5-26 熱圧温度を変えて作製したコンポストシートの吸水率の経時変化  
(目標比重0.7、RC6%、架橋剤添加量2.5%)

#### (4) 吸水寸法安定性

吸水時あるいはその後乾燥した際のコンポストシート寸法安定性は、実用に際してはさほど影響を与える因子ではないと思われるが、シートの一物性値として吸水 24 時間後の厚さ膨張率 (TS) および吸水率 (WA)、その後の乾燥によるスプリングバック (SB) の値を求めた。

まず比重およびRCの影響について述べる。TS、WA、SBを図 5-27、5-28、5-29 に示した。図は全て横軸に比重をとり、凡例はRC3、6、9、12、15%である。TSはRCに大きく影響を受け、RCの少ないシート (3%、6%) では比重が大きくなるとTSが大きくなるが、RCの多いシート (12%、15%) では逆に比重が大きくなるとTSが小さくなる傾向が見られた (図 5-27)。また、RCが多いほどTSの値は小さくなった。シートの厚さ膨張はその際の吸水量に大きく左右されるが、RC3%では比重との相関は見られず、それ以外のシートでは比重が高くなるとWAの値は小さくなった (図 5-28)。これは比重が大きくなるほど、シートの膨潤に必要な水分量は少なくて済むということである。また、乾燥後のSBの値もTSと同様の傾向を示した。RCが高くなるとシートの厚さはほぼ元に戻るため、高耐久性シートが必要な場合はRCを高くするのが望ましい。

ところで、通常の木質材料とは異なり、コンポストシートはその使用状況から多く水を含むことが必要であるので、吸水率はできるだけ大きい方が良く考えられる。そういった意味からすれば比重はできるだけ低く、RCもできるだけ少なくしたい。また、これらは同時に製造コストの低減にも繋がるので、必要な強度性質さえ維持していればなるべく低比重、少RCシートの作製が望ましい。

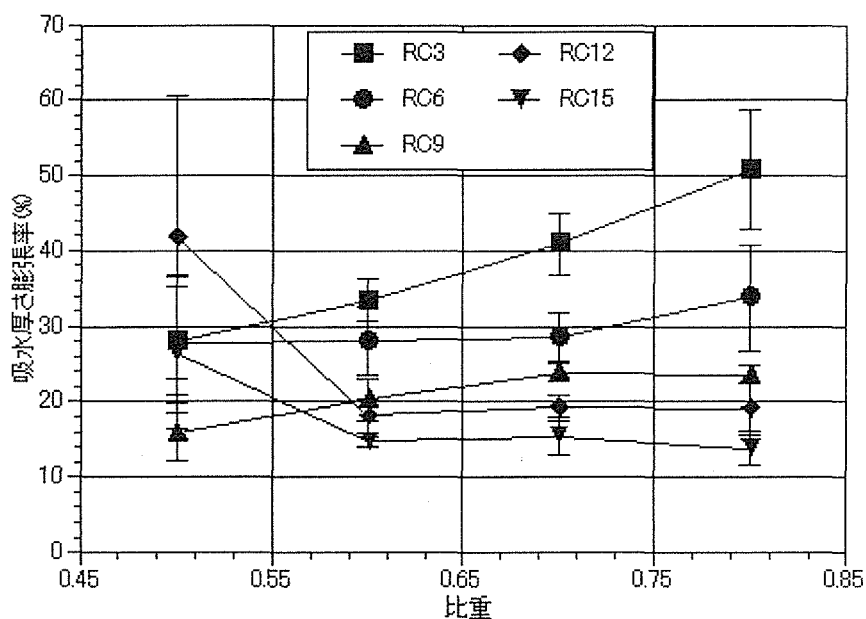


図 5-27 比重およびRCを変えて作製したコンポストシートの吸水 24 時間後の厚さ膨張率  
(架橋剤添加量 2.5%、熱圧温度 160°C)

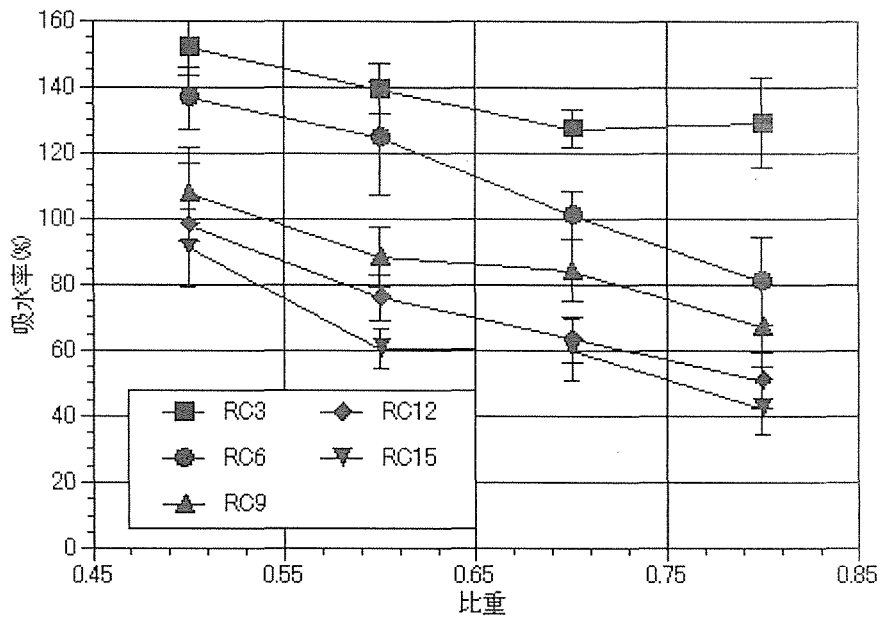


図5-28 比重およびRCを変えて作製したコンポストシートの水24時間後の吸水率  
(架橋剤添加量2.5%、熱圧温度160°C)

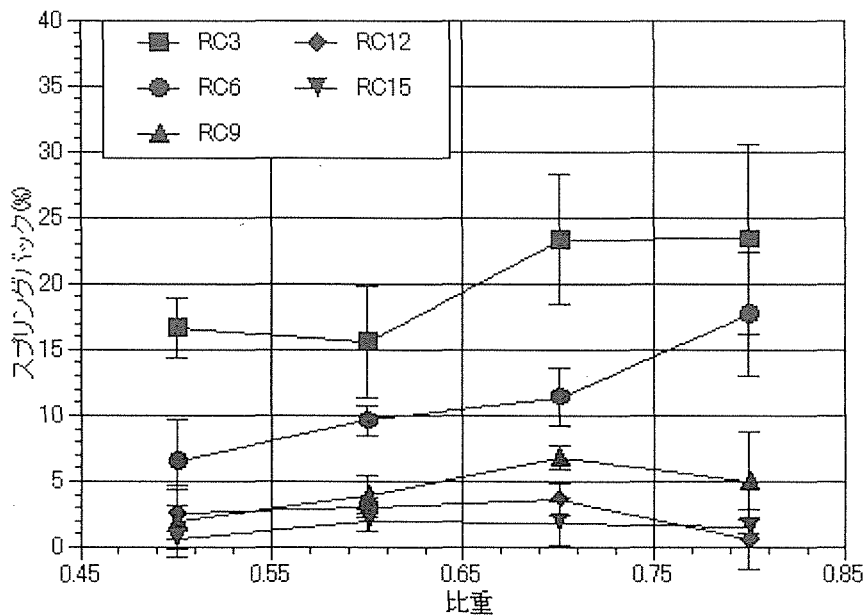


図5-29 比重およびRCを変えて作製したコンポストシートのスプリングバック  
(架橋剤添加量2.5%、熱圧温度160°C)

次に架橋剤添加量の影響について述べる。同様に図5-30、5-31、5-32に示した。引張り強さ以上に架橋剤添加量がシートの水吸収安定性に与える影響は少なかった。引張り強さにおいては、比重が高くなると架橋剤添加の効果が若干認められたのに対して、水吸収安定性の各項目ではこれはほとんど認められなかった。

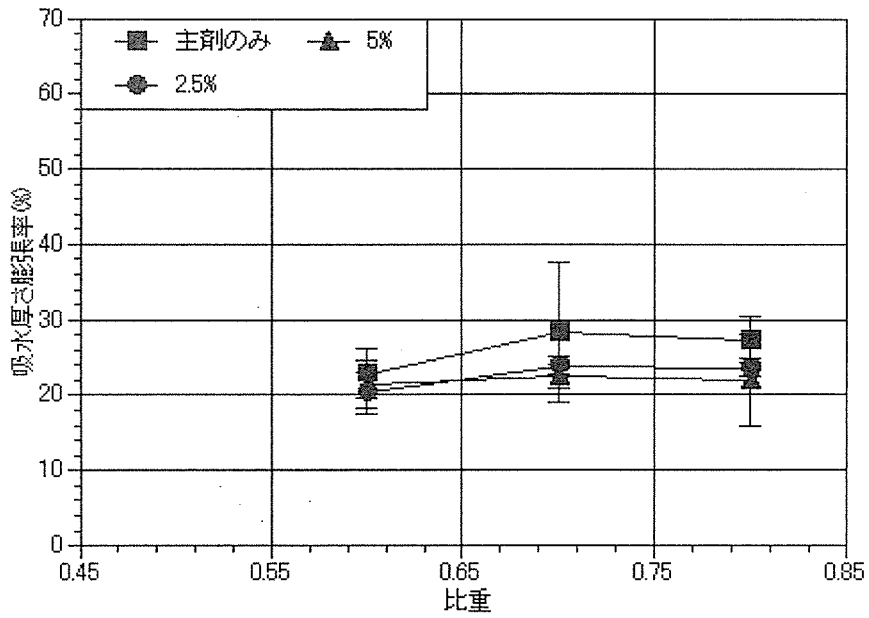


図5-30 架橋剤添加量を変えて作製したコンポストシートの水吸24時間後の厚さ膨張率  
(RC9%、熱圧温度160°C)

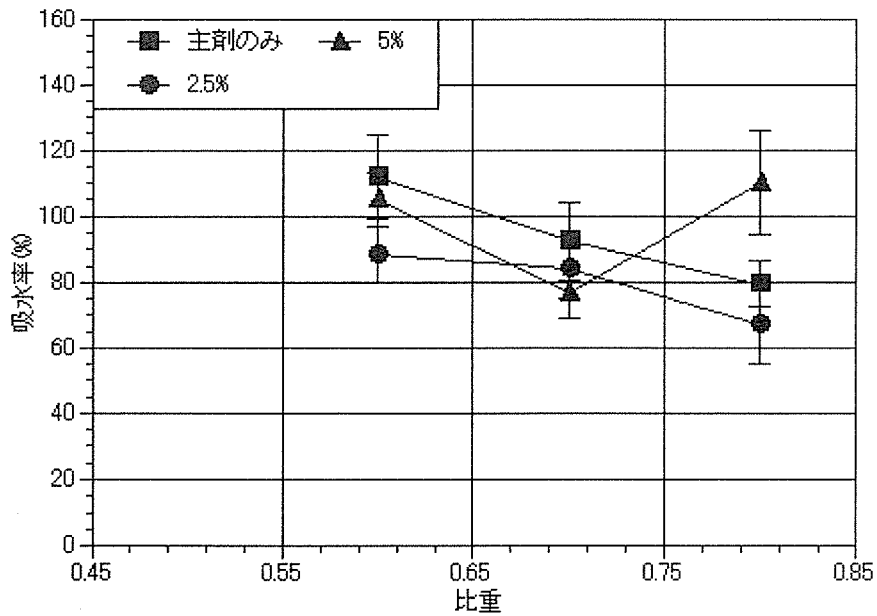


図5-31 架橋剤添加量を変えて作製したコンポストシートの水吸24時間後の吸水率  
(RC9%、熱圧温度160°C)

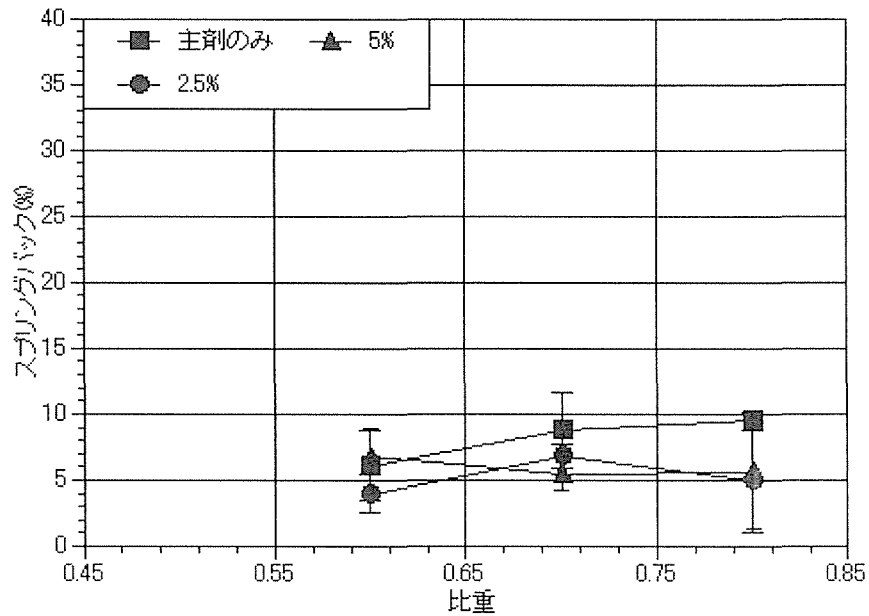


図5-32 架橋剤添加量を変えて作製したコンポストシートのスプリングバック  
(R C9%、熱圧温度 160°C)

なお、図は割愛したが、吸水寸法安定性におよぼす熱圧温度の影響も同様にほとんど見られなかった。

### 5.3 生物性試験の結果

#### (1) 雑草防除効果

- ① 1週間ごとの雑草の発生本数を表5-2に示す。
- ② コンポストシートを突き破り雑草が生えるという事はなかった。
- ③ コンポストシートを敷いていない場所は雑草が生えていた。

#### 考察

- ① 試験区 D のコンポストシート試験開始 21 日目に 1 本発生した以外は発生が見られず、また、コンポストシートを設置していない場所では雑草の発生が見られた。このことから、コンポストシートは充分雑草を防除できると考えられる。しかし、全ての試験区で雑草の発生は見られず、結合剤の含脂率・比重による違いは見られなかった。このことから、原料に関わらずシート化することが行えれば、雑草の発生を抑えることは可能と推測できる。

表 5-2 雑草防止試験 (デコボン)

(本数)

	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0
D	0	0	1	0	0

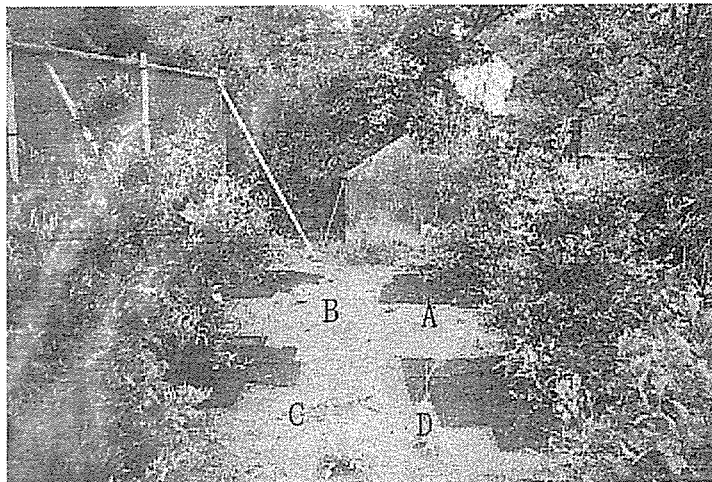


写真 5-1 雑草防除試験終了時の様子

## (2) のり面資材試験

①斜面に設置したコンポストシートは、1週間後には風雨によって水分を含み多少ずれ落ち、固定部のずれた場所やシートとシートの間から雑草が生えてきた。

②1週間おきに測定した雑草の乾燥重量および雑草発生本数を表 5-3、表 5-4 に示す。③試験対照区 F はかなり大量の雑草が発生した。また対照区 G、H でも少ないながら発生がみられた。

しかし、コンポストシートを敷いた試験区 E は、E-1 は杭とシートの間から多少の発生があったが、E-2、E-3 では全く発生が見られなかった。

## 考察

①試験中風雨により水分を含むとコンポストシートがずれてしまった。今後新たな固定方法の構築が必要であると考えられる。

②試験区 G、H は生バークの使用量が異なるが、大きな違いは見られない。しかし、試験区 F のように何も敷かない所と比較すると雑草の防除は見られた。

③試験区 E は含脂率、比重に関係なく雑草の防除が行えることが分かった。このことから、シート化を行うと雑草防除に効果が大きいことが分かる。

表 5-3 乾燥重量 (グラム)

	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
E-1	0.11	0	0	0	0
E-2	0	0	0	0	0
E-3	0	0	0	0	0
F (シートなし)	0.88	3.78	1.24	1.61	0.89
G (パーク 500)	0.25	0.21	0.22	1.15	0.54
H (パーク 1000)	0.20	1.47	0.54	1.20	0.44

表 5-4 雑草発生本数 (本数)

	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
E-1	1	0	0	0	0
E-2	0	0	0	0	0
E-3	0	0	0	0	0
F	18	23	20	25	22
G	5	12	10	11	10
H	4	13	6	10	9



写真 5-2 のり面資材試験終了時の様子

(3) 発芽試験

①表 5-5 に発芽本数を示す。

②発芽本数の多い順は、コンポストシートなし>I-1>I-2>I-3である。



## 考察

コンポストシートなしとコンポストシートを敷いた試験区での発芽率の違いは、シート化することによって日光を遮断してしまうためだと考えられる。

表 5-5 発芽本数 (本数)

	7日目	10日目	13日目	16日目
I-1	9	11	15	15
I-2	5	5	8	9
I-3	6	8	8	9
シートなし	18	23	27	32

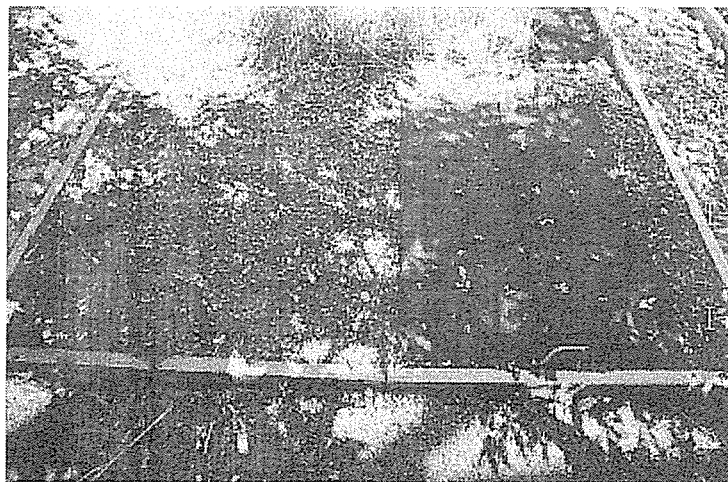


写真 5-3 発芽試験終了時の様子

## (4) 育成試験

①コンポストシートを敷いた試験区 (I-1、I-2、I-3) のシート下の土壌とコンポストシートを設置しなかった試験区の土壌の pH (表 5-6)、平均葉長 (表 5-7) を示す。<sup>5)</sup>

②発芽試験の結果と異なり、コンポストシートを設置した全ての試験区は設置しない試験区と比較すると成長が良かった。

## 考察

①表 5-6 から推測できることは、日数の経過とともにコンポストシートを設置しなかった試験区の pH が酸性側に傾き、コンポストシートを設置した全ての試験区 I は中性付近に停滞している。これは酸性雨の影響であると考えられる。シートなしの場所では酸性雨で pH の値が酸性側に傾き、シートを敷いた場所は堆肥シートの緩衝性で中和され、中性付近をキープできていると考えられる。植物の種類によっては酸性側を好まないものもあり、中性付近をキープできるということは植物を育てる上で不可欠であると考えられる。

②表 5-7 からコンポストシートを敷いた方が、シートなしよりも生育が良いということが分かる。

この結果から、コンポストシートから栄養成分が流れ出て、植物に供給されていると推測できる。このことは、今までにあった木質廃棄物をシート化したものと違い堆肥をシート化したことによる大きな特徴であると言える。

表 5-6 pH

	0日 目	7日目	36日目
I-1	7.27	7.31	7.54
I-2	7.27	7.22	7.31
I-3	7.27	7.19	7.01
シートなし	7.27	6.97	6.58

表 5-7 平均葉長

(本数)

	16日目	21日目	26日目	31日目	36日目
I-1	1.9	2.4	3.1	4.8	5.8
I-2	1.3	1.9	2.5	4.1	5.4
I-3	1.4	1.7	2.8	4.5	5.6
シートなし	1.7	2.1	2.8	3	3.4

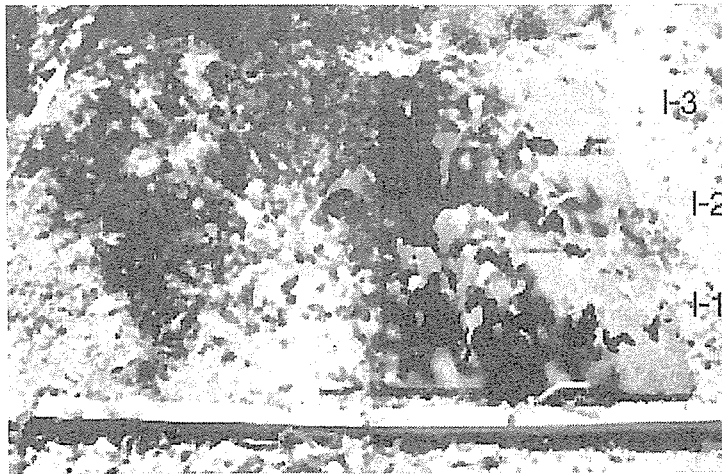


写真 5-4 育成試験終了時の様子

#### 5. 4 現場試験の結果

##### (1) 発芽試験

- ① 堆肥シートと比べるとコンポストシートの発芽本数は多いが 5.3 (3) と比べると発芽本数はかなり少なかった。

##### 考察

- ① 厚さがコンポストシート 0.5cm の時と 1cm また、堆肥シート 3cm では、発芽率が大幅違う

と考えられる。

表 5-10 発芽本数 (本数)

	3日目	6日目	9日目	12日目	15日目	18日目	21日目
コンポストシート	0	3	3	3	3	3	3
堆肥シート	0	1	2	2	2	2	2

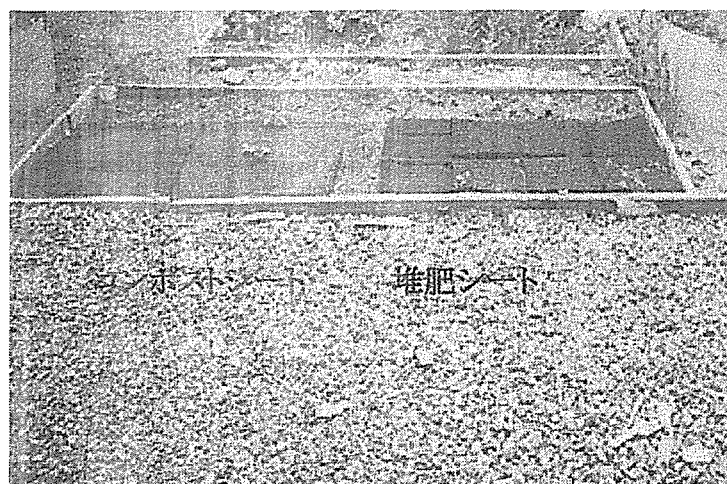


写真 5-5 発芽試験終了時の様子

## (2) 耐久試験

①試験期間中に風雨が非常に強い日があったが、コンポストシートは破損することなく、原形を保持することができていた。また、試験開始から2週間たっても形の変化は見られなかった。

### 考察

今回、2週間という短い期間での耐久試験だったが、原形の保持は行われており風雨に対しても崩壊することがなかった。しかし、コンポストシートの耐久期間は2年間と設定しているので、本試験では耐久限界を見るまでには至っておらず、今後も継続して行いたいと考えている。

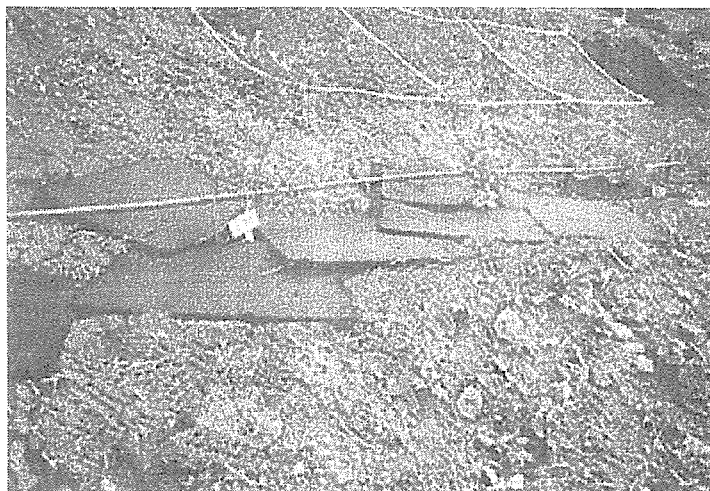


写真 5-6 耐久試験終了時の様子

### (3) 雑草防除試験

- ①コンポストシートと堆肥シートは共にシートを突き破って雑草が生えるということはない。ゆえに、コンポストシートと堆肥シートは共に雑草防除効果は高かった。

#### 考察

今回は短い期間での経過報告だが、シートが劣化していく時にどのような違いを示すか、今後の観察も行っていきたい。



写真 5-7 雑草防止試験終了時の様子

## 5.5 市場調査

調査の結果、次のような反応があった。

- ① 伊豆長岡町近郊の花壇の管理に手間がかかるので堆肥シートを下に張り、その間に花を植えたいという話があった。
- ② 伊豆長岡町の農家数軒がサンプルを利用して農業用に使用してみたいとの話があり、雑草防止、肥料としての需要は多いと予想される。

- ③ 現在の屋上緑化では、単価が高い為、軽量の資材でかつ安価なものが求められていた。
- ④ サイズ、厚さ、強さについてデータを集めた。現在コンポストシートのサイズは30cm×30cmと180cm×90cmで考えている。しかし、屋上緑化で使用する場合、既に規格(45cm×45cm)サイズがある事が多い。その為、規格に沿った形が良いと考えられる。厚さは耐久年数、用途によって変わることもあるが、コンポストシートは0.5cmで光が遮断された。
- ⑤ 他社の育成用シートの大部分が屋上緑化に向けた製品である。屋上緑化に効果的な育成用シートとして、安価、簡単設計、簡単施工、簡単成育、簡単管理が可能であるものを求めている。
- ⑥ 屋上緑化だけでなく側面(垂直)についても緑化を考えていた。

以上のようにコンポストシートの実用化はコストが最大の問題である。それには今後次のような対策をとり、実用化に結び付けたい。

- (1) 結合剤を安く入手して大量生産し、コストダウンを図る。
- (2) コストダウンには自社堆肥を安価で作る必要がある。そこで、沼津インター近くで剪定木をチップ化し、これを堆肥化する。これをシートの材料として効果的に利用したい。また、牛糞、豚糞を中心にスギの樹皮を混合して堆肥を製造し、全ての製品をシートにし、付加価値を高めて製品にしたいと考える。
- (3) シートをより早く製作する方法を構築する。
- (4) 今後も雑草防止、発芽等に適しているか調査を続ける。
- (5) 1m<sup>2</sup>あたり1万円前後を目標にシートの製造を行う。

## 6 実用化の見通し

現在、スギ・ヒノキ等の樹皮、チップおよび枝条材は地球環境への配慮から焼却処理が行えず、処理に大変困っている状況にある。そこでこれら残廃材をすべて堆肥化することにより樹木資源の完全利用化を図り、さらにこれをシート化することにより、その需要が大幅に拡大し、雇用の創出にも資するものと思われる。

のり面資材として使用する場合、現在一般的に行われている吹きつけの方法は作業的に簡単で楽に行えるが、現在の方法では吹きつけ作業を行いにくく、時間を必要とする場所もある。ゆえにそこはシートで対応するといった適材適所的な使用方法によって、作業の効率化を行える可能性もあると考えられる。

樹木の周りにシートを置き、雑草防止効果があると共にシートから流出される養分により成長も助ける働きがある為、実用化に向けシートの高さを考える必要がある。

シートの製造に関しては、乾燥堆肥が手に入れば製造方法に関しては特に問題がない。またシートの高強度およびマルチング・堆肥性能に関してもほぼ満足できるレベルにあるので、実用化は近いと思われる。ただ、乾燥堆肥を原料としているため、乾燥に掛かるコストや手間が

ネックである。堆肥を迅速に乾燥できる乾燥機の導入およびコストダウンのための乾燥方法の研究が必要である。また、生堆肥が使用できる結合剤の開発も同様に必要である。これらが解決できればより安価なコンポストシートの製造が可能となる。

## 7. 今後の対応

今回の事業により、コンポストシートの初期の開発段階は終了したが、本製品の实用化に向けて、ユーザーからの要求性能に対して個々の使用条件に合わせた最適なシートの開発を行う必要がある。また、従来のシートとは異なり、堆肥をシート化したことで、水により流出した肥料成分が植栽した植物へ養分を供給する事が分かった。しかし、どの程度の期間持続して、肥料成分を供給できるか今後の調査が必要である。また、今回の調査で、屋上緑化でシートを使用する場合、屋上の基本的な規格として 45cm×45cm というシートのサイズがある事が分かった。その為 45cm×45cm の試作も考えている。

バーク堆肥を原料としているため、シート強度を向上させようとしても限界がある。しかし、180cm×90cm サイズ、あるいはロール状に巻いて施工するには強度性能の向上が不可欠である。シートの強度を向上させるためには、繊維状物質を堆肥に混合したり、強度の優れたシートでコンポストシートを補強する必要がある。前者としては堆肥化していないバークの粉碎物を、後者としては寒冷紗や不織布などがあり、これらとの複合化技術の確立が必要である。

## 8. 特筆すべき成果

バーク堆肥をエレメントとした場合でも、柔軟な物性を有するシート状成型物が製造でき、なおかつある程度の範囲でその物性をコントロールできることが分かった。これは比重や含脂率を変えることにより、意図する強度性能を持ったシート状堆肥の製造を確立したことになり、今までにない画期的なことである。また従来のように、チップやオガクズなどの木質廃棄物をシート化したものと違い、堆肥をシートすることで堆肥中の栄養成分が植栽した植物に供給され、成長を著しく向上させることができた。また、製造過程中、堆肥が一時的に高温状態になるが、栄養成分が変化せず、栄養成分の供給が行えるということも分かった。

## 9. 試験調査委員会 委員

委員長 山田雅章 静岡大学農学部森林資源科学科木質科学講座研究室 助手  
委員 若月 剛 ピース産業株式会社 開発事業部チームリーダー (主任技術者)  
委員 林 哲 有限会社ゆうき農産

## 10. 技術者

主任技術者 若月 剛 ピース産業株式会社 開発事業部チームリーダー  
技術者 崎村 勉 ピース産業株式会社 開発事業部

技術者 高岡理江 ピース産業株式会社 開発事業部

#### 11. 他からの指導又は協力事項等

田村靖夫 光洋産業株式会社 技術顧問 農学博士（製造の指導）

滝 欽二 静岡大学農学部森林資源科学科木質科学講座研究室教授 農学博士  
（製造試験の指導）

林 哲 有限会社ゆうき農産（生物試験・現場試験の指導）

#### 12. 参考文献

- 1) 山口ら：日本木材加工技術協会第19回年次大会講演要旨集、70（2001）
- 2) 日本木材学会編：木質科学実験マニュアル、文永堂出版（株）、210-211（2000）
- 3) 滝 欽二、富田文一郎、水町 浩：木材学会誌、28、143-149（1982）
- 4) Nielsen, L. E.（小野木重治訳）：高分子の力学的性質、化学同人、p. 26（1970）
- 5) 藤原俊六郎、安西徹郎、加藤哲郎：土壌診断の方法と活用、農山漁村文化協会、87-92（1996）





### 1303 木炭泥炭複合材による木質廃材焼却煙内物質の吸着機能調査



課題番号：1303

## 木炭泥岩複合材による木質廃材焼却煙内物質の吸着機能調査

有限会社 秋田三七三共同ビル

### 要 旨

木炭は樹木の組織と同じような微細な多孔体構造になっている。多孔体の木炭は細菌類が着生し、着生した微生物は木炭が化学的に吸着した有機物を分解するはたらきをする。泥岩(クリストバライト)、珪藻土などは、共に天然の多孔質珪酸物質の一つで、強い吸着性、親水性などの特性がある。

本調査では平成 11 年度革新的技術開発促進事業新炭化炉開発の際、排煙試験中、木炭と泥岩混合物に極めて優れたダイオキシン類の無害化除去能力が認められたことを活かし、これを基盤とした複合材料の調製が可能となったので、この性能評価を実用燃焼炉において実施した。本複合材料を木質焼却炉排煙中のダイオキシン類無害化材料として利用したときの機能を検証し、木炭泥岩複合材料の機能の実証と実用化の展開を図り、同時に秋田県産スギ廃材焼却時のダイオキシン類生成の有無を検証した。

### キーワード

木炭、泥岩、木質廃材焼却煙、ダイオキシン類、低温燃焼、無害化除去能力、  
焼却炉排煙、ダイオキシン類分解、秋田県産スギ



## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 試験調査の目的 .....	1
3. 試験調査の内容 .....	2
4. 試験調査の日程 .....	5
5. 試験調査の結果 .....	5
5.1 燃焼試験 .....	5
5.2 調査内容 .....	6
5.3 調査結果 .....	7
5.4 測定結果の評価 .....	14
6. 実用化の見通し .....	17
7. 今後の対応 .....	17
7.1 木炭泥岩複合材料素材の適性機能の特化 .....	17
7.2 吸着装置と複合材料 .....	18
7.3 供試被焼却廃材の検討と対応 .....	19
8. 特筆すべき成果 .....	19
9. 試験調査委員会 委員 .....	20
10. 技術者 .....	20
11. 他からの指導又は協力事項 .....	20
12. 参考文献 .....	20



# 木炭泥岩複合材による木質廃材焼却煙内物質の吸着機能調査

有限会社 秋田三七三共同ビル

## 1. はじめに

ダイオキシン類は塩素化合物存在下で木材等有機物の低温焼却によって容易に生成し、700℃以上の高温燃焼で瞬時に分解するというが、焼却排煙中の無害化は解決に至っていない。本事業は現在使用されている除去フィルターに代わる技術材料として木炭・泥岩混合物を提供しようとするもので、ダイオキシン類の吸収分解の調査の意義は極めて大きいものと思われる。

木炭は樹木の組織と同じような微細な多孔体構造になっている。多孔体の木炭はバクテリア類が着生し、着生した微生物は木炭が化学的に吸着した有機物を分解するはたらきをする。(岸本定吉)。泥岩(クリストバライト)、珪藻土などは、共に天然の多孔質珪酸物質の一つで、強い吸着性、親水性などの特性がある。(クリストバル岩の利用に関する基礎研究、東北通商産業局)

本課題である複合材(木炭・泥岩)によるダイオキシン類の無害化分析調査の成果が得られたので、その結果について報告する。

## 2. 試験調査の目的

木質廃材(プレカット、建築端材)焼却炉のダイオキシン類対策としての規制化に伴い、焼却炉の設置条件、排煙安全分析報告義務等が施行される。これを受けて、排煙無害化資材を提供するための実証調査を行った。先に革新的技術開発促進事業による炭化炉開発において、排煙試験中木炭泥岩複合材は極めて優れたダイオキシン類無害化消去能力が認められた。本事業では実用化への実証調査を3ブロック、粒形ごとに分析調査し、木質焼却炉に最も適するブロックを選択するため機能調査を実施した。

本事業によって実証調査、分析資料を収集することに加え、秋田県産スギ廃材焼却時のダイオキシン類の生成についても検討した。





### 3. 試験調査の内容

#### (1) 焼却施設の概要

施設の概要を表1に、全体像を写真1に示す。

表 1

施設名称		秋田県木材防腐加工協同組合廃棄物焼却炉	
炉型式 (設計時)		ジェット式焼却炉 RB-700型	
ガイドラインにおける新設・既設の別		既設	
使用開始年月 西暦:		更新予定年月 西暦: <input type="text"/> 年 月	
標準的な1日稼働時間帯 (全連続式以外の場合) および稼働時間 (立上げ・立下げを含む)		8時00分~17時00分  稼働時間: 2時間00分	
埋火の有無		燃焼方式	
設計処理能力 (全炉合計)		0.300 t/h	
炉数及び規模		t/日	
設計ごみ質	高 質 基 準 低 質	kcal/kg kcal/kg kcal/kg	
燃焼室熱負荷	kcal/h	火格子燃焼率	1.5 kg/h
ガス冷却方式		焼却炉メーカー名	旭機械株式会社
煙突高さ	19.4 m	煙突の出口口径 (ノズル部)	m
設計排ガス温度 (ごみ質: 基準ごみ)		① 炉出口	300 °C
		② 集じん器入口	°C
		③ 煙突出口	200 °C
煙突出口設計排ガス量		1730	N/h・炉
焼却するごみの物理組成 (年平均・乾物重量)		秋田杉角材	
焼却するごみの水分		%	
低位発熱量		kcal/kg	
年間焼却量 (施設合計)		t/年 (	t/年)
実稼働日数 (施設平均)		120	日
飛灰量		-	t/日



写真 1



焼却炉

## (2) 具体的な調査の方法

木炭・泥岩複合材料における木質廃材焼却煙内のダイオキシン類物質の吸着機能について試験調査を行った。調査分析は(株)秋田県分析化学センターに委託した。

分析項目

- ① Aブロック 面状複合体 黒炭・泥岩 (粒形大：70mm 以下)
- ② Bブロック 棚式複合体 フィルター (粒形中：15mm 以下)
- ③ Cブロック 棚式複合体 フィルター (粒形小：8mm 以下)

試験実施場所：秋田市向浜一丁目 8-1

(株)秋田県木材防腐加工協同組合敷地内

## (3) 試験調査の規模

試験体鉄製タンク、ロストル型、資材充填器を 14 枚作製する。

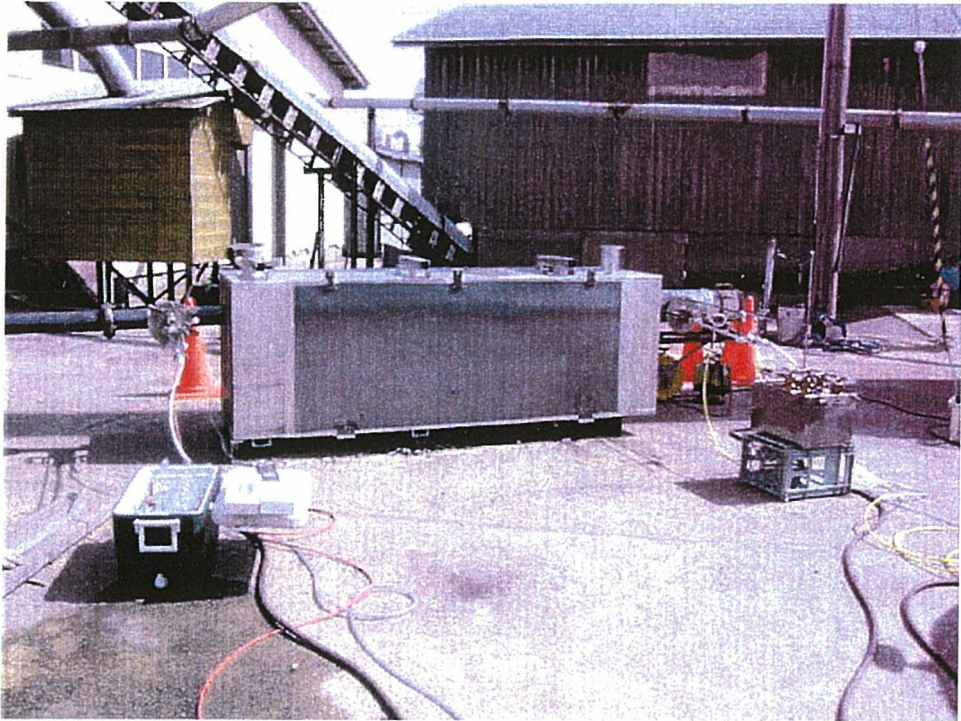
木炭・泥岩複合体 3 タイプ 800kg を試験体とする。

分析方法において 1 タイプごとに採煙する場合、濃度測定と浄化成果測定の 2 口であるが、3 タイプそれぞれ時間、温度、焼却資材が異なるため同一タンクであるが充填器は新しく対応する最小 6 口の工程とした。

吸着筒の全体像および内部を写真 2、写真 3 に示す。

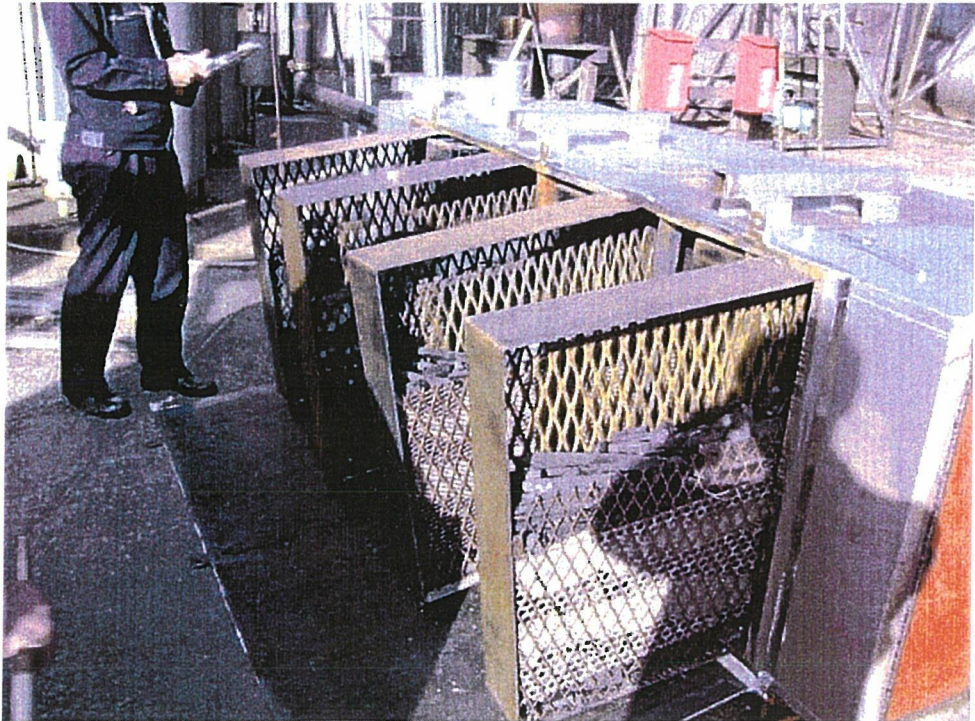


写真 2



泥岩+木炭の吸着筒

写真 3



泥岩+木炭の吸着筒内部



#### 4. 試験調査の日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 7 月まで

#### 5. 試験調査の結果

##### 5.1 燃焼試験

ケース A 焼却物 : 秋田スギ柱材の端材  
焼却量 : 0.86m<sup>3</sup>/h  
焼却時間 : 5 時間

ケース B 焼却物 : 秋田スギ柱材の端材  
焼却量 : 0.86m<sup>3</sup>/h  
焼却時間 : 5 時間

ケース C 焼却物 : 秋田スギ柱材の端材  
焼却量 : 0.85m<sup>3</sup>/h  
焼却時間 : 4 時間





## 5.2 調査内容

### (1) 調査分析項目

調査分析項目及び数量を表 2 に示す。

表 2 調査分析項目および数量

調査分析項目	排ガス	固体
ダイオキシン類濃度	6	4
ダスト濃度	6	—
塩化水素濃度	6	—
一酸化炭素濃度	6	—
酸素濃度	6	—
排ガス温度	6	—
含水率	—	4
強熱減量	—	4

### (2) 試料採取

排ガスの試料採取は、秋田県木材防腐加工協同組合 廃棄物焼却炉屋外煙道で実施した。また、固体の試料採取に関しては、木炭泥岩複合材充填装置（タイプ A, B, C に於いて各々図 1, 2, 3 の①, ②で均等採取）実施した。

### (3) 調査分析方法

調査分析項目及び方法を表 3 に示す。

表 3 調査分析項目および分析方法

調査分析項目	種別	分析方法
ダイオキシン類濃度	排ガス	JIS K 0311:1999 「排ガス中ダイオキシン類及びコプララナー-PCB の測定方法」
塩化水素濃度		JIS K 0107:1995 6.1 及び 6.2
ダスト濃度		JIS Z 8808:1995
一酸化炭素濃度		JIS K 0098:1998 7.2 非分散型赤外線吸収式濃度計
酸素濃度		JIS K 0301:1998 6 連続分析 JIS K 7983:1994.4.1 磁気式ダンベル型酸素濃度計
排ガス温度		JIS Z 8808:1995
ダイオキシン類濃度		固体
強熱減量	底質調査方法 II 4	
含水率	底質調査方法 II 3	



### 5.3 調査結果

#### (1) 施設の運転状況

ダイオキシン類測定時における施設の運転概況を表 4-1～4-6 に示す。また、各々の実験条件を図 1～図 3 に示す。

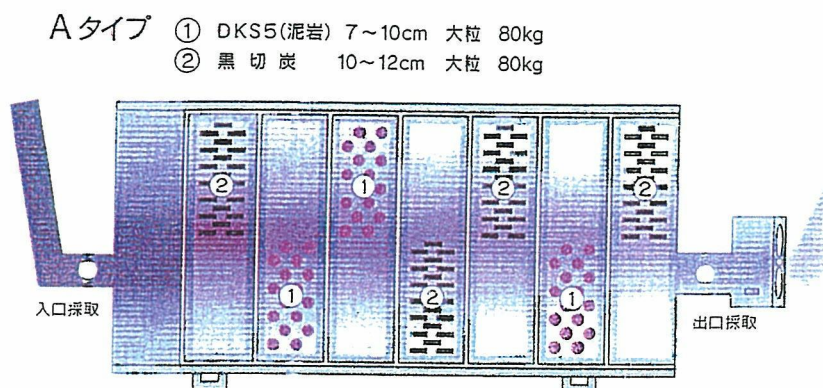


図 1

表 4-1 ダイオキシン類測定時における施設の運転概況

測定条件	泥岩+木炭 (泥岩：粒形 大, 木炭：黒炭)		
試料名	ケース A (入口)		
測定場所	屋外煙道		
測定回数	1 回		
測定日	14 年 4 月 24 日		
試料採取時間	9 : 55 ~ 13 : 59		
焼却量	— t/h	測定点の O <sub>2</sub> 濃度 (平均)	16.8 %
焼却物	秋田杉角材	測定点の水分量 (平均)	4.2 %
炉内一次燃焼温度	— °C	測定点の HCL 濃度	< 10 mg/m <sup>3</sup> N
炉内二次燃焼温度	— °C	(O <sub>2</sub> 12%)	< 10 mg/m <sup>3</sup> N
集じん器入口排ガス温度	— °C	測定点のばいじん濃度	0.08 g/m <sup>3</sup> N
測定点の排ガス温度 (平均)	85 °C	(O <sub>2</sub> 12%)	0.17 g/m <sup>3</sup> N
測定点の CO 濃度 (平均)	180 ppm		
(O <sub>2</sub> 12%)	390 ppm		
測定点の排ガス量			261 m <sup>3</sup> N/h

表 4-2 ダイオキシン類測定時における施設の運転概況

測定条件	泥岩+木炭 (泥岩：粒形 大, 木炭：黒炭)		
試料名	ケース A (出口)		
測定場所	屋外煙道		
測定回数	1 回		
測定日	14 年 4 月 24 日		
試料採取時間	9 : 55 ~ 13 : 59		
焼却量	— t/h	測定点の O <sub>2</sub> 濃度 (平均)	17.5 %
焼却物	秋田杉角材	測定点の水分量 (平均)	4.0 %
炉内一次燃焼温度	— °C	測定点の HCL 濃度	< 10 mg/m <sup>3</sup> N
炉内二次燃焼温度	— °C	(O <sub>2</sub> 12%)	< 10 mg/m <sup>3</sup> N
集じん器入口排ガス温度	— °C	測定点のばいじん濃度	< 0.02 g/m <sup>3</sup> N
測定点の排ガス温度 (平均)	44 °C	(O <sub>2</sub> 12%)	< 0.02 g/m <sup>3</sup> N
測定点の CO 濃度 (平均)	150 ppm		
(O <sub>2</sub> 12%)	390 ppm		
測定点の排ガス量			943 m <sup>3</sup> N/h



- Bタイプ ① DKS5 5~7cm 中粒 80kg  
 ② ナラ白炭 5~7cm 中粒 80kg

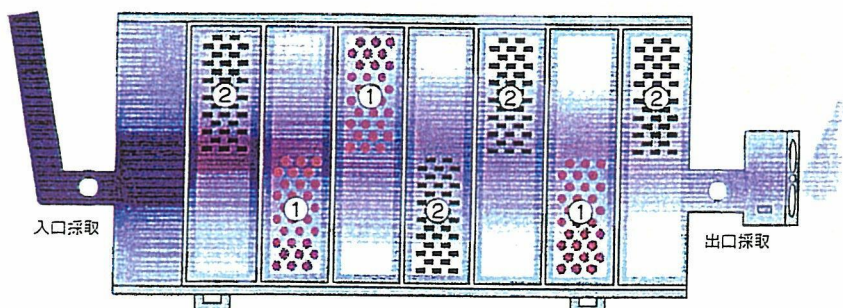


図 2

表 4-3 ダイオキシン類測定時における施設の運転概況

測定条件	泥岩+木炭 (泥岩:粒形 中, 木炭:白炭)		
試料名	ケース B (入口)		
測定場所	屋外煙道		
測定回数	1 回		
測定日	14 年 4 月 25 日		
試料採取時間	8:09 ~ 12:02		
焼却量	- t/h	測定点の O <sub>2</sub> 濃度 (平均)	16.4 %
焼却物	秋田杉角材	測定点の水分量 (平均)	2.9 %
炉内一次燃焼温度		測定点の HCL 濃度	<10 mg/m <sup>3</sup> N
炉内二次燃焼温度	- °C	(O <sub>2</sub> 12%)	<10 mg/m <sup>3</sup> N
集じん器入口排ガス温度	- °C	測定点のばいじん濃度	0.08 mg/m <sup>3</sup> N
測定点の排ガス温度 (平均)	69 °C	(O <sub>2</sub> 12%)	0.15 mg/m <sup>3</sup> N
測定点の CO 濃度 (平均)	310 ppm		
(O <sub>2</sub> 12%)	610 ppm		
測定点の排ガス量			255 m <sup>3</sup> N/h

表 4-4 ダイオキシン類測定時における施設の運転概況

測定条件	泥岩+木炭 (泥岩:粒形 中, 木炭:白炭)		
試料名	ケース B (出口)		
測定場所	屋外煙道		
測定回数	1 回		
測定日	14 年 4 月 25 日		
試料採取時間	8:09 ~ 12:00		
焼却量	- t/h	測定点の O <sub>2</sub> 濃度 (平均)	17.9 %
焼却物	秋田杉角材	測定点の水分量 (平均)	2.2 %
炉内一次燃焼温度		測定点の HCL 濃度	<10 mg/m <sup>3</sup> N
炉内二次燃焼温度	- °C	(O <sub>2</sub> 12%)	<10 mg/m <sup>3</sup> N
集じん器入口排ガス温度	- °C	測定点のばいじん濃度	<0.02 g/m <sup>3</sup> N
測定点の排ガス温度 (平均)	33 °C	(O <sub>2</sub> 12%)	<0.02 g/m <sup>3</sup> N
測定点の CO 濃度 (平均)	250 ppm		
(O <sub>2</sub> 12%)	730 ppm		
測定点の排ガス量			893 m <sup>3</sup> N/h



- Cタイプ ① DKS5 2cm以下 小粒 80kg  
 ② ナラ白炭 5cm以下 小粒 80kg

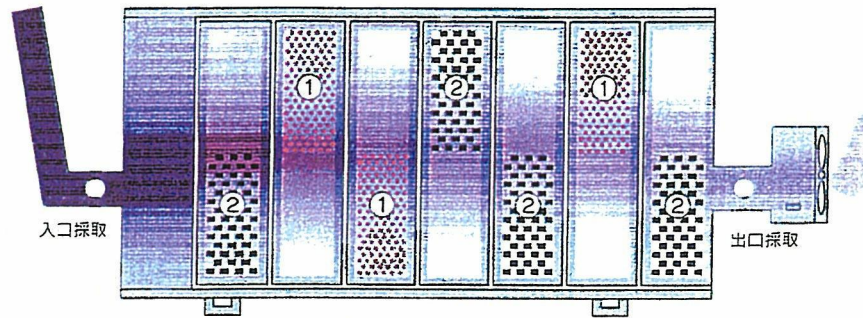


図 3

表 4-5 ダイオキシン類測定時における施設の運転概況

測定条件	泥岩+木炭 (泥岩：粒形 小, 木炭：白炭)		
試料名	ケースC (入口)		
測定場所	屋外煙道		
測定回数	1回		
測定日	14年 4月 25日		
試料採取時間	12:40~ 16:30		
焼却量	— t/h	測定点のO <sub>2</sub> 濃度 (平均)	17.0 %
焼却物	秋田杉角材	測定点の水分量 (平均)	2.2 %
炉内一次燃焼温度		測定点のHCL濃度	<10 mg/m <sup>3</sup> N
炉内二次燃焼温度	— °C	(O <sub>2</sub> 12%)	<10 mg/m <sup>3</sup> N
集じん器入口排ガス温度	— °C	測定点のばいじん濃度	0.05 g/m <sup>3</sup> N
測定点の排ガス温度 (平均)	76 °C	(O <sub>2</sub> 12%)	0.11 g/m <sup>3</sup> N
測定点のCO濃度 (平均)	77 ppm		
(O <sub>2</sub> 12%)	170 ppm		
測定点の排ガス量			265 m <sup>3</sup> N/h

表 4-6 ダイオキシン類測定時における施設の運転概況

測定条件	泥岩+木炭 (泥岩：粒形 小, 木炭：白炭)		
試料名	ケースC (出口)		
測定場所	屋外煙道		
測定回数	1回		
測定日	14年 4月 25日		
試料採取時間	12:40~ 16:31		
焼却量	— t/h	測定点のO <sub>2</sub> 濃度 (平均)	18.0 %
焼却物	秋田杉角材	測定点の水分量 (平均)	2.3 %
炉内一次燃焼温度		測定点のHCL濃度	<10 mg/m <sup>3</sup> N
炉内二次燃焼温度	— °C	(O <sub>2</sub> 12%)	<10 mg/m <sup>3</sup> N
集じん器入口排ガス温度	— °C	測定点のばいじん濃度	0.05 g/m <sup>3</sup> N
測定点の排ガス温度 (平均)	31 °C	(O <sub>2</sub> 12%)	0.15 g/m <sup>3</sup> N
測定点のCO濃度 (平均)	70 ppm		
(O <sub>2</sub> 12%)	210 ppm		
測定点の排ガス量			985 m <sup>3</sup> N/h





(2) ダイオキシン類濃度等 (排ガス)

ダイオキシン類分析結果を表 5-1~5-6 に示し、また、ダイオキシン類の個々の異性体の分析結果等詳細な結果を計量証明書に示す。さらに、排ガスの一酸化炭素濃度等その他の項目の分析測定結果を試験結果証明書に、変動(経移)資料 1 に示した。

表 5-1 ダイオキシン類分析結果 (排ガス)

試料名	ケース A (入口)		
	実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	換算濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )
Total PCDDs	2.3	5.1	0.12647
Total PCDFs	9.1	20	0.18813
Total PCDDs+PCDFs	11	25	0.3146
Total Co-PCBs			0.0101383
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)			0.32

表 5-2 ダイオキシン類分析結果 (排ガス)

試料名	ケース A (出口)		
	実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	換算濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )
Total PCDDs	1.0	2.6	0.001493
Total PCDFs	1.9	4.9	0.053015
Total PCDDs+PCDFs	2.9	7.5	0.054508
Total Co-PCBs			0.0000228
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)			0.055

表 5-3 ダイオキシン類分析結果 (排ガス)

試料名	ケース B (入口)		
	実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	換算濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )
Total PCDDs	0.70	1.4	0.059
Total PCDFs	3.8	7.5	0.0695
Total PCDDs+PCDFs	4.5	8.9	0.1285
Total Co-PCBs			0.0000423
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)			0.13

表 5-4 ダイオキシン類分析結果 (排ガス)

試料名	ケース B (出口)		
	実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	換算濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )
Total PCDDs	0.51	1.5	0.001726
Total PCDFs	1.0	3.1	0.03445
Total PCDDs+PCDFs	1.5	4.6	0.036176
Total Co-PCBs			0.0001735
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)			0.036

表 5-5 ダイオキシン類分析結果 (排ガス)

試料名	ケース C (入口)		
	実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	換算濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )
Total PCDDs	1.3	3.0	0.190027
Total PCDFs	9.3	21	0.2116
Total PCDDs+PCDFs	11	24	0.401627
Total Co-PCBs			0.0110962
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)			0.41



表 5-6 ダイオキシン類分析結果 (排ガス)

試料名	ケース C (出口)		
	実測濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	換算濃度 (ng/m <sup>3</sup> )	毒性等量 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> )
Total PCDDs	0.18	0.55	0.027
Total PCDFs	1.5	4.4	0.0539
Total PCDDs+PCDFs	1.7	5.0	0.0809
Total Co-PCBs			0.000029
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)			0.081

注) Total PCDDs : ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins) 7種

Total PCDFs : ポリ塩化ジベンゾフラン (Polychlorinated dibenzofurans) 10種

Total Co-PCBs

Total non-ortho PCBs : オルト位非塩素置換型塩化ビフェニルのうち、4種

Total mono-ortho PCBs : オルト位1塩素置換型塩化ビフェニルのうち、8種

毒性等価係数 : WHO-TEF(1998)を適用



(3) ダイオキシン類濃度等 (固体)

ダイオキシン類分析結果を表 6-1~6-4 に示し、また、ダイオキシン類の個々の異性体の分析結果等詳細な結果を試験結果報告書 2 に示す。また、固体の含水率及び強熱減量の結果を表 7 及び試験結果報告書 1 に示す。

表 6-1 ダイオキシン類分析結果 (固体)

試料名	ブランク (泥岩+木炭)	
	実測濃度 (ng/g-dry)	毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)
Total PCDDs	0.0025	0
Total PCDFs	ND	0
Total PCDDs+PCDFs	0.0025	0
Total Co-PCBs		0.00000077
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)		0.00000077

表 6-2 ダイオキシン類分析結果 (固体)

試料名	ケース A (泥岩+木炭)	
	実測濃度 (ng/g-dry)	毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)
Total PCDDs	0.003	0
Total PCDFs	ND	0
Total PCDDs+PCDFs	0.003	0
Total Co-PCBs		0.00000015
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)		0.00000015

表 6-3 ダイオキシン類分析結果 (固体)

試料名	ケース B (泥岩+木炭)	
	実測濃度 (ng/g-dry)	毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)
Total PCDDs	0.0043	0
Total PCDFs	ND	0
Total PCDDs+PCDFs	0.0043	0
Total Co-PCBs		0
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)		0

表 6-4 ダイオキシン類分析結果 (固体)

試料名	ケース C (泥岩+木炭)	
	実測濃度 (ng/g-dry)	毒性等量 (ng-TEQ/g-dry)
Total PCDDs	0.0063	0
Total PCDFs	ND	0
Total PCDDs+PCDFs	0.0063	0
Total Co-PCBs		0
Total(PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)		0

注) Total PCDDs : ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins) 7 種  
 Total PCDFs : ポリ塩化ジベンゾフラン (Polychlorinated dibenzofurans) 10 種  
 Total Co-PCBs  
 Total non-ortho PCBs : オルト位非塩素置換型塩化ビフェニルのうち、4 種  
 Total mono-ortho PCBs : オルト位 1 塩素置換型塩化ビフェニルのうち、8 種  
 毒性等価係数 : WHO-TEF(1998)を適用



表 7 含水率及び強熱減量 (固体)

試料名	含水率 (%・wet)	強熱減量 (%・dry)
ブランク (泥岩+木炭)	12.5	38.2
ケース A (泥岩+木炭)	5.8	40.8
ケース B (泥岩+木炭)	10.5	37.8
ケース C (泥岩+木炭)	11.0	28.0

試験方法

含水率 : 底質調査方法 II 3. (%・wet)

強熱減量 : 底質調査方法 II 4. (%・dry)





## 5.4 測定結果の評価

### (1) ダイオキシン類の発生量と各ダイオキシン類の出現割合について

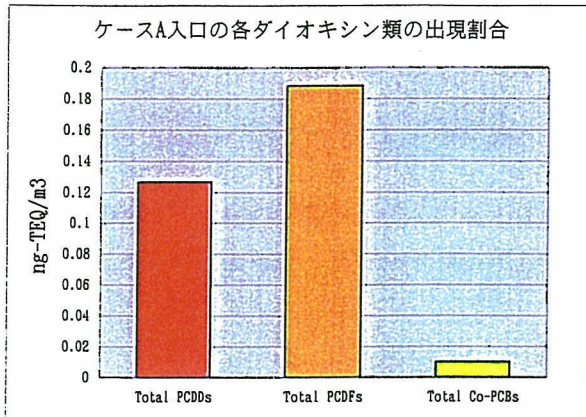


図 4

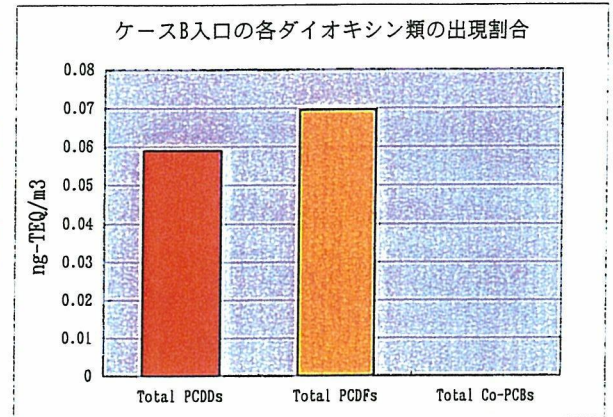


図 5

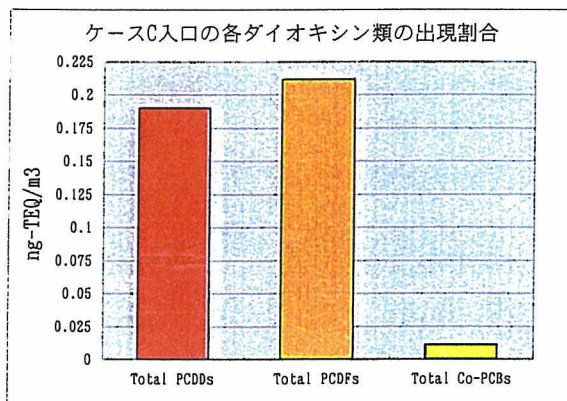


図 6

各々のケースにおけるダイオキシン類の発生量は、ケース A (入口) 0.32 ng-TEQ/m<sup>3</sup>、ケース B (入口) 0.13 ng-TEQ/m<sup>3</sup>、ケース C (入口) 0.41 ng-TEQ/m<sup>3</sup> と発生に差はあったものの平成 12 年 12 月 1 日から 2～4 トン/時の廃棄物焼却炉に係るダイオキシン類の基準値 10 ng-TEQ/m<sup>3</sup> を大きく下回る発生量における調査であった。また、各々のケースにおけるダイオキシン類の出現割合は、図 4～図 6 に示すとおりほぼ同一の割合であり、各々のケースの結果を比較する上で好条件であった。

### (2) 各実験条件における毒性等量 (TEQ) の減衰結果

各実験条件における排ガス中のダイオキシン類 (毒性等量) の入口に対しての出口の減衰結果は、図 7 に示すとおりケース A : 83.8%、ケース B : 72.3%、ケース C : 80.2% の減衰結果が得られ、減衰効果は、ケース A > ケース C > ケース B であった。

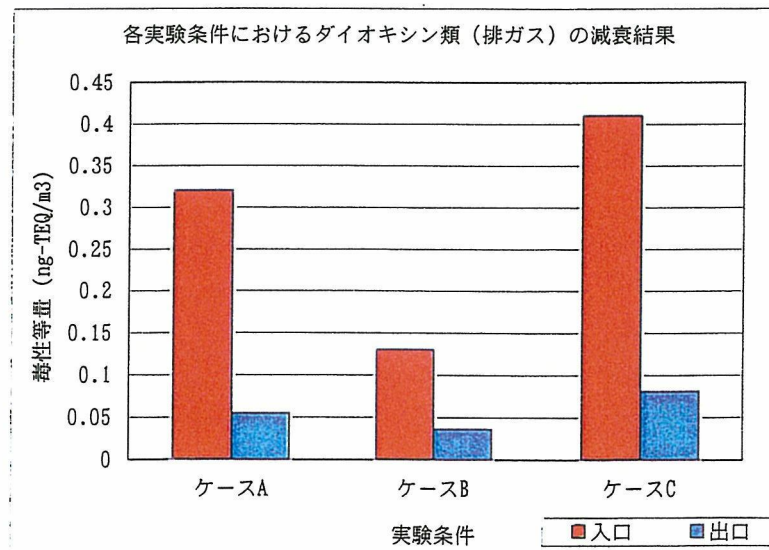


図 7



各実験条件における PCDDs の入口に対する出口の減衰は、図 8 に示すとおりケース A : 98.8%, ケース B : 97.1%, ケース C : 85.8%であった。また、PCDFs は、図 9 に示すとおりケース A : 71.8%, ケース B : 50.4%, ケース C : 74.5%であり、3条件全てで PCDDs が PCDFs より減衰した。

一方、Co-PCBs は、図 10 に示すとおり発生量の少なかったケース B を除いて著しく減衰した。

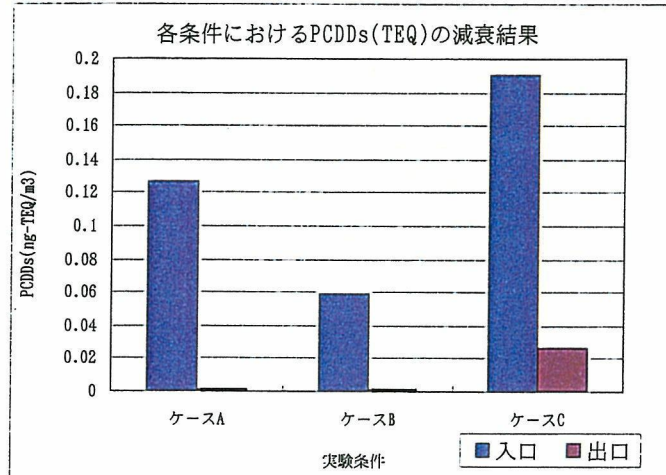


図 8

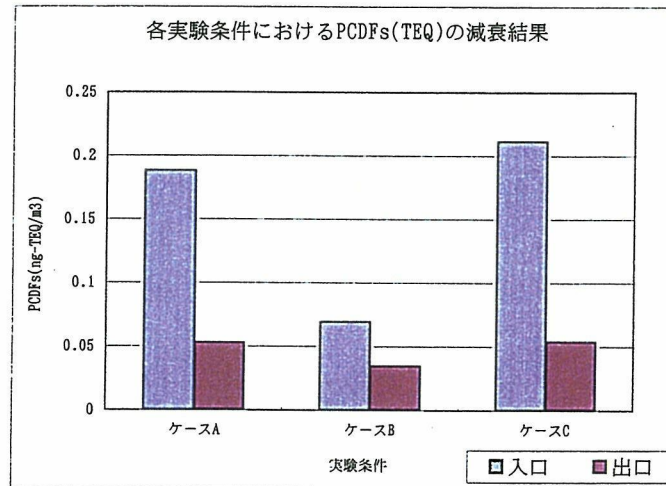


図 9

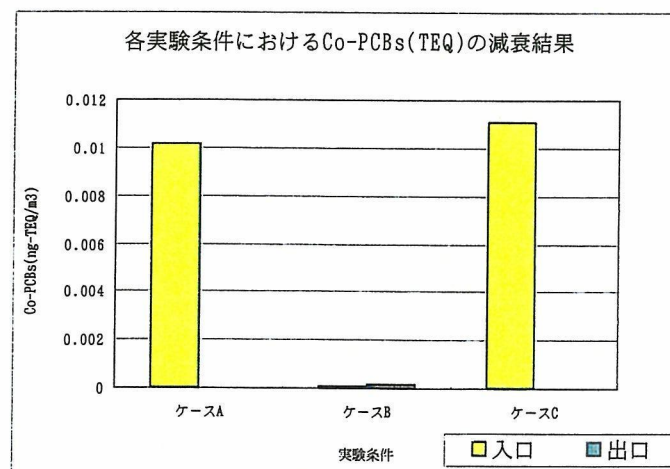


図 10



(3) 各実験条件における PCDDs+PCDFs (換算濃度) の減衰結果

また, PCDDs+PCDFs (換算濃度) の減衰結果は, 図 1 1 に示すとおりケース A:70.0%, ケース B:48.3%, ケース C:79.2 %の減衰結果が得られ, 減衰効果は, ケース C>ケース A>ケース Bであった。

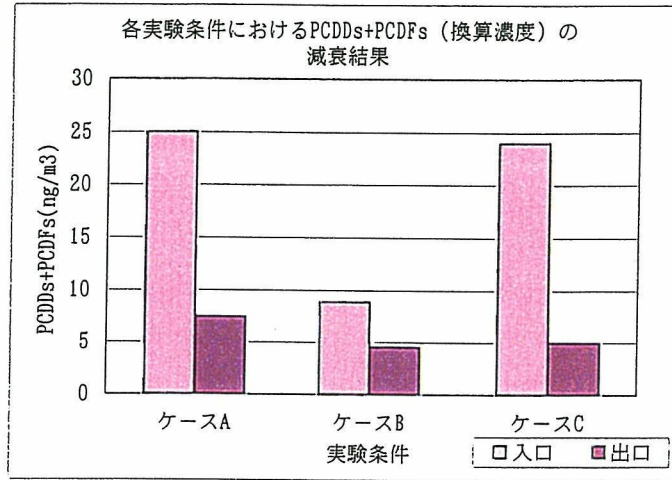


図 1 1

3) PCDDs 濃度と (泥岩+木炭) の含水率及び水分との関係

(泥岩+木炭)中の PCDDs 濃度の絶対量が少ないため評価は困難であるが含水率と PCDDs 濃度の関係を見る限り含水率が高くなるにしたがって (泥岩+木炭) 中の PCDDs 濃度が高くなる傾向であった。(図 1 2 参照)

一方, 強熱減量と PCDDs 濃度の関係では, 強熱減量が, 高くなるにしたがって PCDDs 濃度が低くなる傾向であった。(図 1 3 参照)

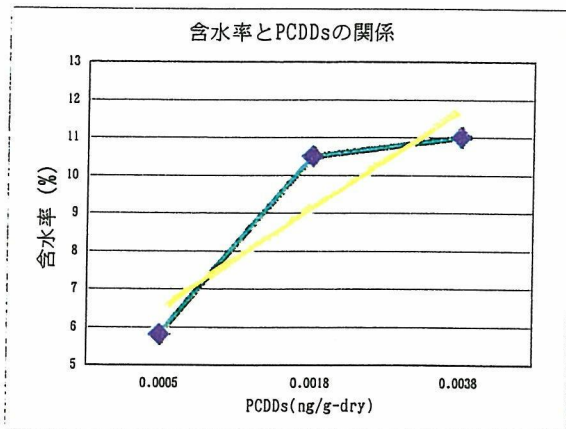


図 1 2

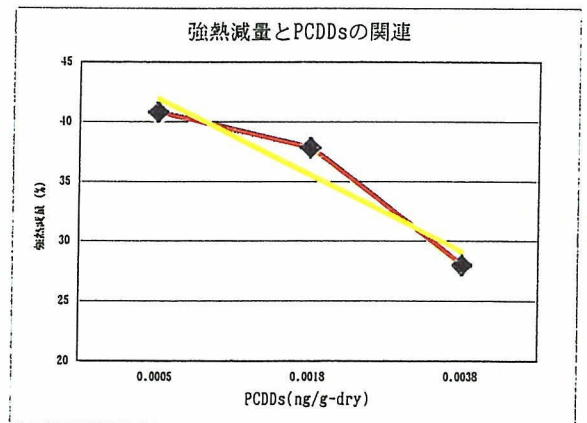


図 1 3



## 6. 実用化の見通し

実用木質廃棄物焼却炉焼却において検証した結果から、吸着装置(条件)A, B 及び C ケース入り口のダイオキシン類の生成濃度はそれぞれ 0.32ng-TEQ/m<sup>3</sup>, 0.13ng-TEQ/m<sup>3</sup> 及び 0.41ng-TEQ/m<sup>3</sup> であった。これらは 2 ~ 4 トン/時の廃棄物焼却に係るダイオキシン類の下限基準値 10ng-TEQ/m<sup>3</sup> を 3 桁も下回る低い値であり、秋田県産スギ材の焼却においてもダイオキシン類の超微量生成はあるものの、これによる環境負荷はないものと判断された。

木炭泥岩複合材料の吸着機能は、各ケースの出口におけるダイオキシン類発生の低減、すなわち毒性等量の減少をみることができる。これによるといずれのケースもその減衰率は 72.3 ~ 83.8 % にも達し、木炭泥岩複合材料のダイオキシン類の吸着性能は、現在、排煙中ダイオキシン類吸着の一般室用に供されているバックフィルターのそれに比べて極めて高いものであった。

また、汚染影響を正確に把握するために毒性対象であるダイオキシン類化合物の実測濃度を酸素 12 % 時に換算した PCDDs + PCDFs(換算濃度)の減衰も顕著であって、この結果からも木炭泥岩複合材料の吸着性能が極めて高いことを証明できる。

以上の結果は、木炭泥岩複合材料が木質廃棄物焼却処理煙中のダイオキシン類の吸着材料として極めて高い機能を有し、その機能はバックフィルターに依存する現状を打破、代替して新材料として飛躍展開し得る可能性をもつ。

このことから、7 に示す対応を施せば、新材料、新技術、新装置、新システム、新産業として実用化し、発展することの可能性が期待できる。

## 7. 今後の対応

実用規模の廃棄物焼却煙中のダイオキシン類の吸着材料及びそのシステムとしてはバックフィルターのそれが一般的であるが、これらは大規模、高額設備費、高ランニングコストを要するのに対し、本複合材料はバックフィルターをはるかに凌ぐ機能と小規模、低設備費、低ランニングコストで運用が可能となる。以下の対応が望まれる。

### 7.1 木炭泥岩複合材料素材の適性機能の特化

#### 7.1.1 木炭

本調査に供された木炭は、黒切炭及びナラ白炭である。本調査の結果から、炭種による機能の相異は特に認められず、それらの炭化温度は 600 ~ 800 °C と推測されるが、これによる機能の差も特に認められない。ダイオキシン類の吸着機能と炭化温度の関係は石原らによって詳細に検討されており(12 項参考文献(3))、スギ炭にその性能が顕著であることが示されている。このことから、未利用のスギ間伐材等を本材料に適正な炭化温度で炭化して木炭を調製、とくに実用規模材料用木炭への特化が望まれる。





### 7.1.2 泥岩

クリストバライトを主成分とするクリストバライト岩であり、珪藻土と同様の多孔質珪酸物質の一つである。その細孔、比表面積等はゼオライトと珪藻土の中間に位置しており、吸着材としては優れているものと推定できるが、焼却炉排煙温度下での物性と機能を把握し、その上での複合化が望ましい。

### 7.1.3 木炭と泥岩の複合比

本調査において両者の重量比は1：1となっているが、機能性向上とコスト低減のためにも、木炭及び泥岩それぞれの単独機能の調査を行った上で、両者の適正配合比を選択し決定する必要がある。

### 7.1.4 形状、粒度

本調査においては、形状は採取形状であり、粒度は3段階の級別を施したが、吸着性能に特に相異は認められなかった。目的材料によって形状・粒度の選択的利用が予想されることから、目的に沿った形状粒度の選択肢を確保する必要がある。

## 7.2 吸着装置と複合材料

### 7.2.1 本調査の吸着装置と複合材料について

本調査に供された吸着装置は鉄製タンクにロストル型の吸着材料充填器を付して、これに木炭と泥岩を相互適正に充填して、燃焼ガスを通過させて、目的物質を吸着させるものである。バックフィルター方式に比較してその形状は1/16～1/20の小型な装器であって、その操作性も極めて簡易軽便である。さらに低設備費、低ランニングコストを可能とする。

本調査に供された吸着装置と吸着材料である木炭及び泥岩の形状、粒度、両者の充填比率と充填量等は試行錯誤の結果、たまたま、現在の好結果を招来しているが、流体工学、触媒工学的考察に基づく装置設計及び材料配置等の対応をとれば、更なる機能向上と低コスト化が可能となる。また、可燃性高温ガスを対象とする本装置及び吸着材は過熱燃焼や爆発を招く危険があり、流体工学、伝熱工学的な考察と対応が必要である。

### 7.2.2 木炭・泥岩の複合材料の調製と新しいダイオキシン類無害化材料、装置、システムの開発

本調査に供された吸着材料は木炭と泥岩を相互適正に配置、混合したもので、複合の範疇には入らない。従って、両者の十分な複合効果、相乗作用は得られていない。木炭は多孔性無機材料と複合することにより、有害物質に対して吸着、分解、除去に顕著な相乗作用が確認されていることから、7.1の検討と考察に基づく複合材料の調製とこれに適應する装置とシステムが構築されることにより、バックフィルターに替わるダイオキシン類の無害化新技術が生まれる。これにより高機能、低コストの無害化システムの開発と新産業



の創成の可能性が期待できる。

### 7.2.3 木炭泥岩複合材料の既設排煙装置への応用

7.2.2で調製される複合材料を吸着材料、濾過材料、接触材料として、それぞれを既設あるいは新規の排煙システムに導入することが可能であり、面状複合材料、棒状複合材料、粒子状複合材料等、形状構成が任意で可能となるので、適材適所の応用が期待される。

### 7.3 供試被焼却廃材の検討と対応

本調査では秋田県産スギ材のプレカット、建築端材を供試被焼却材とした。この結果から、秋田県産スギ材焼却によるダイオキシンの環境負荷のないことが実証されたが、ダイオキシン類生成の可能性をもつ加工木質材料や防虫・防腐木材のそれが含まれていないため、化学材料処理量や保存処理薬品量の定量可能な木質材料を供試被焼却材料として調査を行う必要がある。実験室規模での高濃度ダイオキシン類消去については石原らによって確認されているが(12項参考文献(3))、上記材料の実用焼却炉による実証が不可欠である。

## 8. 特筆すべき成果

### (1) 秋田県産スギ材からのダイオキシン類生成の確認とそれによる環境非負荷の実証

木材の燃焼に伴うダイオキシン類の生成は多く論議されているものの、いずれも実験室規模のそれにとどまっていたが、実用規模の焼却炉燃焼においてダイオキシン類の生成が極超微量ながら確認された。本調査における秋田県産スギ材燃焼からのダイオキシン類の生成は産業廃棄物処理法規制値を3桁以上下回る極めて低い濃度であり、自然界が植物にもたらず微量元素に基因するもので、環境負荷はないことを実証した。

### (2) 木炭泥岩複合材料によるダイオキシン類無害化機能の確認

産業廃棄物処理法の焼却排煙中のダイオキシン類の濃度は10ng-TEQ/m<sup>3</sup>を下限值とし、その動態を検証するが、本調査では、この濃度より3桁も下回る濃度減における低減消去の動態が把握でき、木炭泥岩複合材料にダイオキシン類無害化機能が確認できた。

### (3) ダイオキシン類無害化材料、装置、システムとしての実用化の検証

本調査の結果が示すように木炭泥岩複合材料のダイオキシン類無害化機能はバックフィルター及びそのシステムを凌駕することが検証でき、バックフィルターシステムに替わる無害化材料、装置、システムの開発が可能であることを検証した。

### (4) 木炭泥岩複合材料としての未利用材木炭の利用開発

本調査に用いた複合材料素材の木炭は、黒切炭とナラ白炭であるが2種の木炭の炭化温度は600～800℃と推定されるもののその機能は優れており、調査3ケースの機能に特記



する相異のないことから、木炭原料樹種を広く採用することが可能であって、未利用残廃材、例えば、スギ間伐材からの木炭調達が有望であり、未利用残廃棄材を本複合材料として開発利用する事が可能である。

#### (5) 木炭泥岩複合材料の機能性材料としての利用展開

木炭は、単独では成型が困難であるが、泥岩は湿式成型、接着成型、焼結成型が可能であって、本調査によりダイオキシン類無害化材料、煙内物質吸着材等々の機能が予測されることから、木炭に泥岩を配することにより、目的に沿った成型が可能となり、ダイオキシン類無害化材料、環境制御材料、シックハウス対応建築材料等々、機能性材料としての可能性が示唆された。

### 9. 試験調査委員会 委員

委員長 石原 茂久 京都大学 名誉教授 農学博士  
委員 鈴木 勝男 (有)秋田三七三共同ビル 代表取締役  
小松 敏郎 秋田県木材防腐加工協同組合 専務理事  
佐藤 一徳 (株)秋田県分析化学センター 調査管理課課長

### 10. 技術者

鈴木 勝男 (有)秋田三七三共同ビル 代表取締役  
小松 敏郎 秋田県木材防腐加工協同組合 専務理事

### 11. 他からの指導又は協力事項

石原 茂久 京都大学 名誉教授 農学博士  
調査から得られた具体的解説、事業化に向けた課題等  
岸本 定吉 炭やきの会名誉会長 林学博士  
木炭の吸着性と反応性、木炭の電気特性等

### 12. 参考文献

- (1) 岸本定吉監修：池嶋庸元編著「炭人たちへ」(株)DHC 2000.11.28  
引用箇所：P.120～129
- (2) 仙台通商産業局 非金属鉱物資源調査委員会：  
クリストバル岩の利用に関する基礎研究、東北の非金属鉱物資源調査報告、  
平成6年3月 東北通商産業局 引用箇所：序文上から10行目
- (3) 石原茂久ら：特開 2002-37630 (H12.2.8)



1326 木質系廃材の完全焼却炉と蒸気発生装置の実用化調査





課題番号：1326

## 木質系廃材の完全燃焼炉と蒸気発生装置の実用化試験

株式会社アルボレックス

### 要旨

木材産業分野における廃棄物減量化対策については、廃棄物の発生抑制、背板、端材など未利用材の商品化（小型木製品）、ボードやチップとしてのリサイクル（再資源化）利用、堆肥化等の有効利用に取り組んでいる。なかでも、木材産業としてはサーマルサイクルとして木質系廃材の完全焼却熱を熱エネルギーとして有効活用することが最も緊急で重要な課題である。

この度、木屑等産業廃棄物処理（焼却）ダイオキシン類対策措置法に対応可能な小型高性能自燃装置（完全燃焼炉）を設置することにより、自社工場内での木質系廃材処理（焼却）が可能となり、完全焼却炉から発生する熱エネルギーを活用することにより木質系廃材の処理経費の軽減と木材乾燥コストの大幅な低減をはかることが可能なことが分かった。また、この試験の実施により焼却炉の安全性も実証することができた。

今後はこの成果が木材産業におけるサーマルサイクルとして、持続的発展可能な循環型社会の形成において木質廃材の環境保全型地域リサイクル処理技術のシステム化に向けて活用されることを期待している。

### キーワード

循環型社会、木質系廃棄物、ダイオキシン、工場内処理、安全性、熱エネルギー、低コスト、木材乾燥、サーマルサイクル

## 目 次

1. はじめに	1
2. 試験調査の目的	1
3. 試験調査の内容	
3.1 自燃複合装置の開発	2
3.2 燃焼試験	7
3.3 木材乾燥応用試験	8
4. 試験調査の日程	8
5. 試験調査の結果	
5.1 燃焼試験	8
5.2 木材乾燥応用試験	28
6. 実用化の見通し	
6.1 安全性への対応	35
6.2 環境問題への対応	36
7. 今後の対応	
7.1 施工性の改良	37
7.2 排出ガスの利用	37
7.3 木屑完全燃焼炉の特長	37
8. 特筆すべき成果	38
9. 試験調査委員会 委員	42
10. 技術者	42
11. 他からの指導又は協力事項	42
12. 参考文献	42

# 木質系廃材の完全燃焼炉と蒸気発生装置の実用化試験

株式会社アルボレックス

## 1. はじめに

地球温暖化対策の推進が重要な課題となっている中、木材産業界の取り組みとして、森林資源が地球温暖化の主な原因である二酸化炭素を大気から吸収し蓄える機能と、その森林から繰り返し得られる木材を利用する炭素固定化の機能を生かす必要がある。そのため、木材の需要拡大を図ることが、温暖化対策として重要と考える。

その一方、木材工業界から発生する木質系廃棄物の適正な処理等、環境問題への対応が迫られており、木質系廃棄物を適正に処理できる業界に変革することが必要とされている。

今回の木質系廃材の完全燃焼炉と蒸気発生装置の実用化試験の試験データ等は、木材産業分野における廃棄物処理費用の低減、熱利用システムの品質・性能向上に伴う乾燥コストの低減化等に生かされ、地域の技術力を背景とした環境にやさしく、競争力に富む木材産業の育成に役立つものと考えている。

## 2. 試験調査の目的

平成 14 年 12 月に施行される木屑等産業廃棄物処理（焼却）ダイオキシン類対策措置法に対応可能な、小型高性能自燃装置の安全性及び処理能力等を、実用試験により調査確認し、木材工業界で発生する木屑等木質系廃材の自社工場内処理が可能かどうか、また現状の廃材処理経費と比較して低コストでの処理が可能かどうか、そして設置可能であれば、完全燃焼炉から発生する熱エネルギーを活用した（サーマルサイクル）高効率木材乾燥技術を併用することによる木材乾燥コストの低減化が可能かどうか等の点について調査分析するものである。

### 3. 試験調査の内容

#### 3.1 自燃複合装置の開発

独自の燃焼工学に基づいて、木質系廃材を完全燃焼させその熱エネルギーを活用する小型高性能複合装置を開発した。この自燃複合装置の性能評価試験として燃焼試験と木材乾燥応用試験を行なった。

##### 3.1.1 自燃複合装置の特徴

この自燃複合装置の特徴は次の通りである。

(1) 高粘性・高含水率の湿潤廃棄物を循環流中に巻き込んで分散・加熱・乾燥・賦活・焼却が自動運転できる一筒一貫式の高効率・高性能システムである。

(2) 炉内処理物を高温燃焼ガスの循環で加熱することにより処理能力が極めて大きく、設備がコンパクトである。

(3) 燃焼部とガス養生部を一炉内に併設しており、高効率で完全燃焼ができるので放出ガスが極めてクリーンである。

(4) 複数隔壁の設置で従来炉の数倍の充填投入量が確保されるので、高能力・高性能である。従来の回転炉は内筒充填率（ホールドアップ）が10%程度であるがUターンキルンでは案内羽根仕切り壁装置で30～40%の投入処理ができるので、コンパクトで省エネ・低ランニングコストである。

(5) 処理物の乾燥・炭化・賦活・燃焼・冷却（熱回収）の操作を連続して行うので、人件費等のランニングコストが大幅に低減できる。

(6) 炉内には常時火炎が存在するのでガス爆発などの危険性がなく、極めて安全性に優れた設備である。

(7) 高含水率の処理物の場合は、可燃性廃棄物を混合投入して水分調整と自燃熱源供給ができるので、燃料費を節約できる。

(8) 炉体の異常発生時には自動停止装置により停止し、高い安全性を確保している。

(9) 特殊耐火物構造により耐久性に優れているので、メンテナンス・補修が簡易である。

### 3.1.2 自燃複合装置の概要

自燃複合装置の全景を写真1に示す。概要は次の通りである。

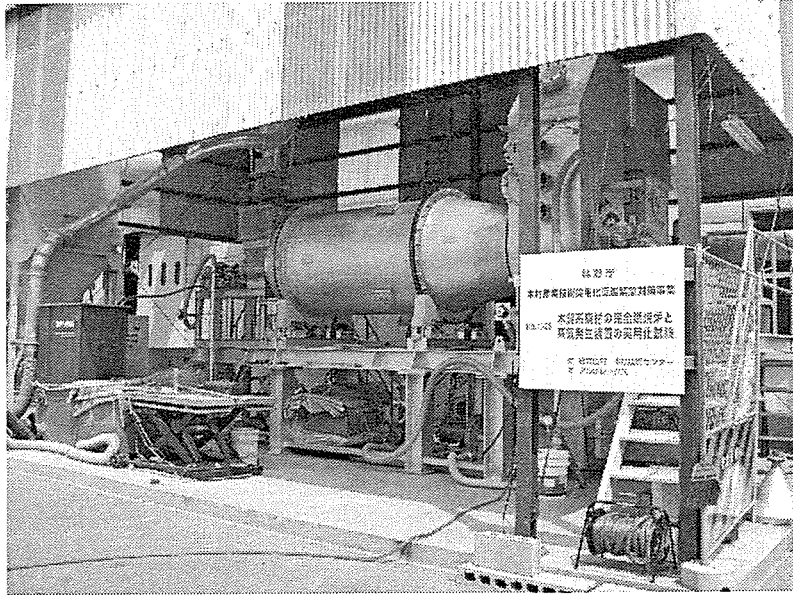


写真1 自燃複合装置の全景

- (1) 炉体寸法： $\phi 1220 \times 3550L(\text{mm})$
- (2) 外形寸法：約  $1300 \times 6500 \times 4200H(\text{mm})$
- (3) 炉内容積： $1.23\text{m}^3$
- (4) 燃焼室熱負荷： $200,000\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$
- (5) 公称能力： $100\text{kg}/\text{hr}$
- (6) 機器構成：
  - ・原料供給スクリュウコンベア
  - ・エゼクターエア装置
  - ・Uターンキルン（乾燥帯、燃焼帯、ガス養生帯からなる）
  - ・補助オイルバーナー
  - ・排出フード
- (7) 材 質：
  - ・Uターンキルン SS400 耐火断熱キャストブル
  - ・仕切壁、案内板 耐火キャストブル又は耐熱・耐食合金
  - ・スクリュウコンベヤー SUS304、SS400
  - ・排出フード SS400 断熱キャストブル
- (8) 処理能力： $100\text{kg}/\text{hr}$  プレーナ屑 24時間連続運転
- (9) 焼却温度： $800 \sim 900^\circ\text{C}$  (MAX $1000^\circ\text{C}$ )
- (10) 排ガス量： $23\text{Nm}^3/\text{min}$

### 3.1.3 自燃複合装置システム構成

自燃複合装置の設備フローシートを図1に、主要構成装置を写真2に示す。

構成は、原料供給設備、焼却装置、オイル焼却設備、蒸気発生設備、排ガス設備、電気制御と計装制御機器から成り立っている。

#### (1) 原料供給装置

##### ① プレーナ屑

工場定量機よりロータリーバルブにて定量排出された原料を風送にて集塵機へ送り、集塵機下側に付いているロータリーバルブにて定量落下させ、風送にてサイクロンに入れ、原料は自然落下によりホッパーに供給される。

##### ② 混合物

他工場より搬入された原料（MDF、パーティクルボード、化粧材（オレフィン、PP、PE））を集塵機にて吸い取り、集塵機下側に付いているロータリーバルブにて定量落下させ風送にてサイクロンに入れ、原料は自然落下によりホッパーに供給される。

##### ③ MDF、パーティクルボード、木片、スギ皮

粉砕機で粉砕した原料を集塵機にて吸い取り、集塵機下側に付いているロータリーバルブにて定量落下させ、風送にてサイクロンに入れ、原料は自然落下によりホッパーに供給される。

#### (2) 焼却装置（Uターンキルン）

原料供給スクリーコンベアで炉内へ木質系廃材が供給され、炉内では乾燥・燃焼焼却され灰となり灰受箱へ排出される。この時の焼却温度はダイオキシン類の発生を制御するために850℃以上とした。さらにガス養生帯で燃焼ガスは2秒間滞留し、炉外へと排出される。

また、燃焼効率アップの為、炉内高温ガスが循環するエゼクター構造が具備されている。

#### (3) オイル燃焼設備

オイルバーナー使用の為、燃料タンク、オイルポンプユニット、オイル調節ユニットで構成され、炉内温度による自動コントロールがされるようになっている。

#### (4) 蒸気発生設備

炉から排出された850℃以上の燃焼ガスを利用するもので、二次燃焼室にU字管を入れ、水の流量計、温度計、排出される湯温計からなる。

#### (5) 排ガス設備

燃焼ガス（排ガス）は、サイクロンを経由し大気放出する。

#### (6) 電気制御・計装制御機器

電気制御はPLC（シーケンサー）を使用した制御とした。また、実用化に向けた自動運転制御を考慮し、運転管理に必要なデータを入手する目的で、なるべく多くのデータが取れるように計器はたくさん取り付けた。

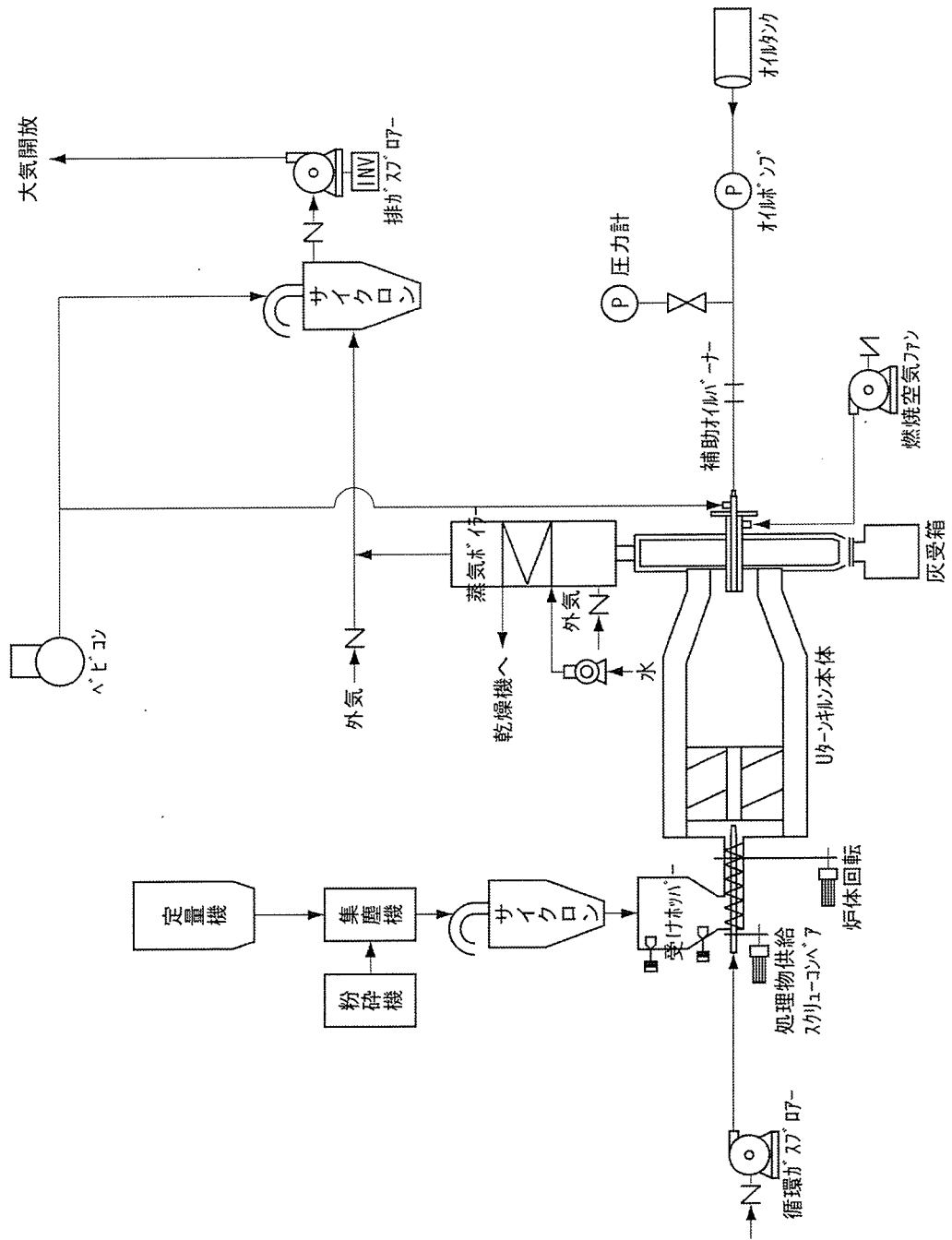
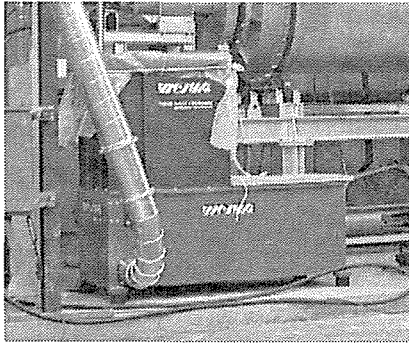
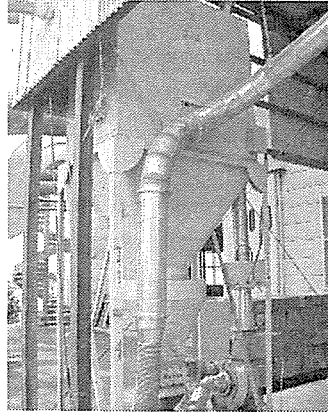


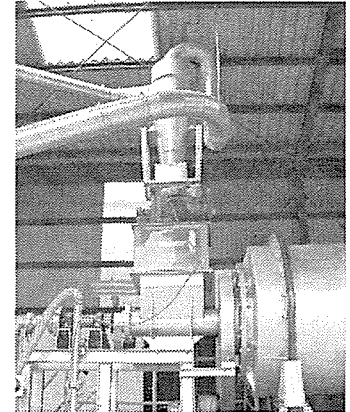
図1 自然複合装置フロー



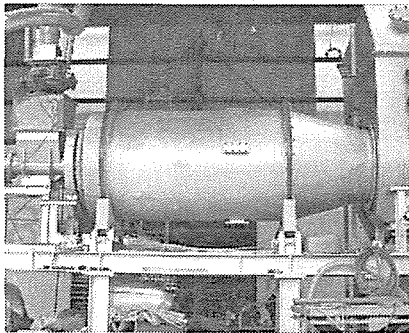
粉碎機



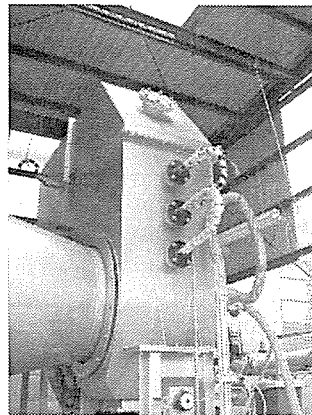
集塵機



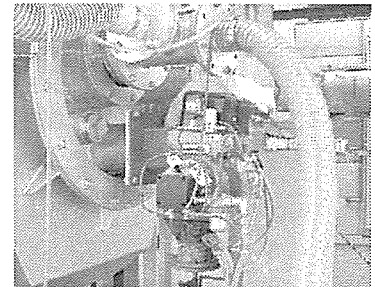
原料供給装置



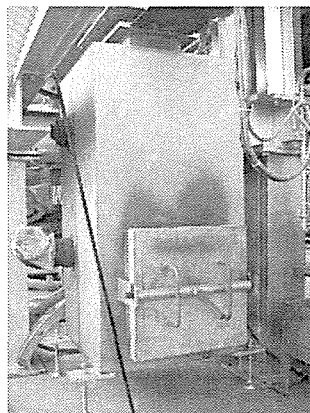
Uターンキルン



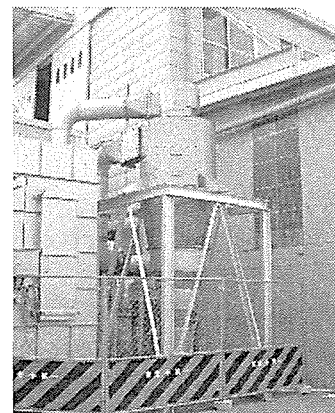
水蒸気発生装置



補助オイルバーナー



灰受箱



サイクロン

写真2 主要構成装置

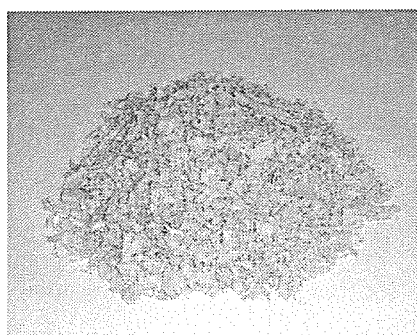


### 3.2 燃焼試験

排出ガス分析評価、焼却灰・飛灰分析、自燃装置の燃焼効率等評価のために、3時間燃焼試験、6時間燃焼試験、24時間連続5日間燃焼試験を行なった。試験は6種類の燃焼試料(写真3)を用いて、燃焼効率、蒸気発生量、残さ量、ダイオキシン類、ばい煙を測定することとした。

燃焼試料は次の通りである。

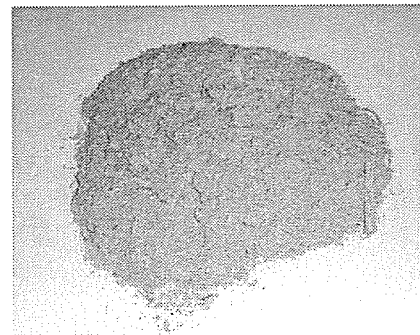
- ①プレーナ屑 ----- 切削屑：ベイマツ、ベイツガ、スギ
- ②木片粉砕物 ----- 粉砕物：ベイマツ、ベイツガ
- ③混合物 ----- 切削屑：MDF、パーティクルボード、  
化粧材（オレフィン、PP、PE）
- ④MDF粉砕物 ----- 粉砕物：MDF
- ⑤パーティクルボード粉砕物 --- 粉砕物：パーティクルボード
- ⑥スギ皮粉砕物 ----- 粉砕物：スギ皮



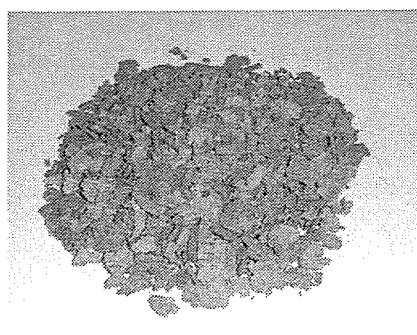
プレーナ屑



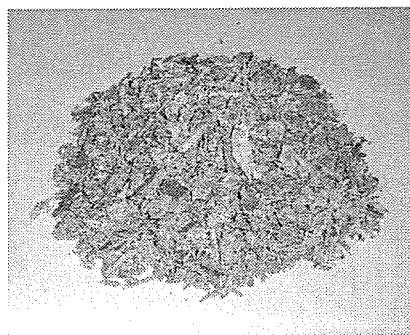
木片粉砕物



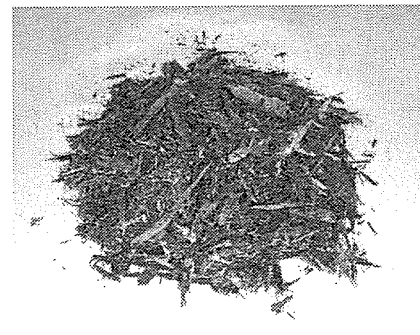
混合物



MDF粉砕物



パーティクルボード粉砕物



スギ皮粉砕物

写真3 燃焼試料

### 3.3 木材乾燥応用試験

廃棄物処理経費の軽減と木材乾燥コストの大幅な低減、木製品の品質向上をはかるために、スギ板の人工乾燥試験を実施し、木材乾燥への応用と実用化コスト評価を行なった。

## 4. 試験調査の日程

平成 14 年 2 月から平成 14 年 7 月まで

2 月	据付工事、電気配線工事、試運転
3 月中旬まで	焼却予備試験
3 月下旬～5 月末	燃焼試験
6 月～7 月	試験結果の取りまとめ

## 5. 試験調査の結果

### 5.1 燃焼試験

#### 5.1.1 3 時間燃焼試験結果

##### (1) 目的

燃焼試料ごとの燃焼条件を見極めるために 3 時間燃焼試験を行なった。

##### (2) 試験体

プレーナ屑、木片粉砕物、混合物、MDF 粉砕物、パーティクルボード粉砕物、スギ皮粉砕物の 6 種類の燃焼試料を用いた。

##### (3) 試験方法

6 種類の燃焼試料を原料供給装置から炉内に供給して燃焼させ、炉内温度、排ガス温度、ブロー入口温度、炉体鉄皮温度、スクリー表面温度、煙突表面温度、炉内圧力、燃焼空気差圧、循環空気差圧を測定し、燃焼効率の良い条件を見出す。各条件は次の通りである。

- ①材料供給量-----スクリーコンベアの回転速度（インバータの周波数）
- ②エア供給量-----ブローのダンパー開き具合
- ③回転炉の回転数-----1 分当たりの回転数（インバータの周波数）
- ④排気ブロー回転数-炉内圧力を負圧にする

燃焼時間経過と炉内温度の設定は図2に従った。

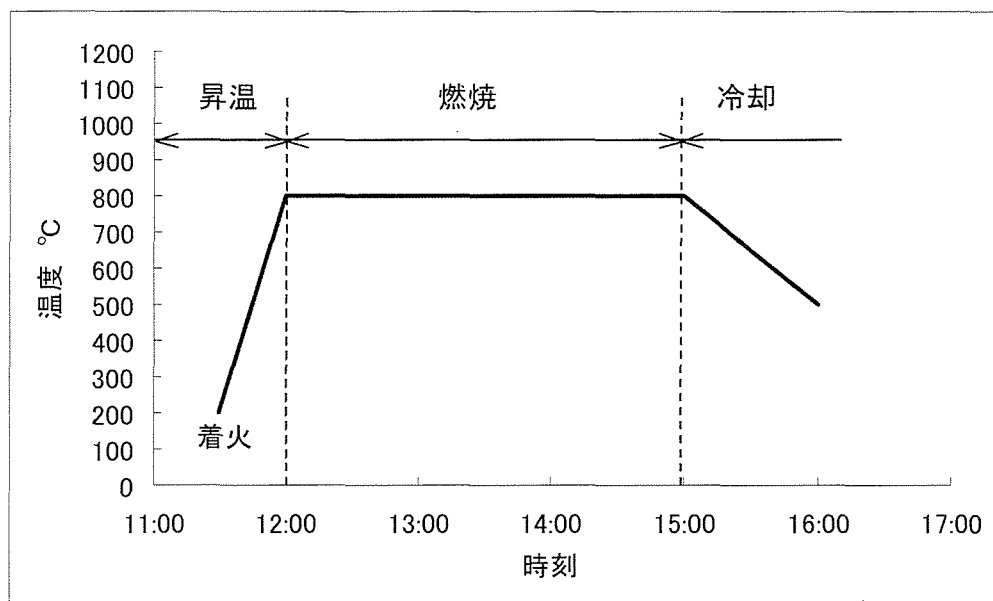


図2 3時間燃焼計画

(4) 試験結果

①燃焼条件

燃焼試験により見出された各条件は、表1の通りであった。

表1 条件設定

条件	燃焼試料	設定値
材料供給量	プレーナ屑、木片、スギ皮	20Hz
	混合物、MDF 粉砕物、パーティクルボード	15Hz
エアー供給量	6種類すべて	フルオープン
回転炉の回転数	6種類すべて	12.6Hz
排気ブロワー回転数	状況に応じ	-20~-30Pa

②原料供給量

表2の原料供給量で連続運転が安定して行なえることを確認した。

表2 3時間燃焼試験における原料供給量

プレーナ屑	木片粉砕物	混合物	MDF 粉砕物	パーティクルボード粉砕物	スギ皮粉砕物
100kg/h×3hr	100kg/h×3hr	80kg/h×3hr	80kg/h×3hr	80kg/h×3hr	100kg/h×3hr

## (5) 考察

6種類の燃焼試料全て黄白炎が見え、良好な燃焼状態となった。

プレーナ屑、木片粉砕物は、時間あたり 100kg の原料供給量を得られた。

混合物は燃焼空気ファン、循環ガスブロワー共に最大出力にて供給すると発熱量が高く、投入量（スクリーコンベア）の回転数を落とし燃焼させた。木片、プレーナ屑と同量の供給量にはできず時間あたり 80kg の原料供給量となった。

MDF 粉砕物、パーティクルボード粉砕物も、時間あたり 80kg の原料供給量を得られた。

スギ皮粉砕物は、3時間燃焼試験試料の含水率が 40%程度であったため、Uターン羽根により原料が攪拌され良好な燃焼状態となり、時間あたり 100kg の原料供給量を得られた。

MDF、パーティクルボード粉砕物等は発熱量が多く非常に高温になるため、Uターン羽根の材質上変形する恐れがあるため、Uターン羽根を取り外した。

高含水率の原料にはUターン羽根が必要であるが、低含水率である原料には小さな羽根を使用することにした。

### 5.1.2 6時間燃焼試験結果

#### (1) 目的

3時間連続燃焼試験の結果に基づき、燃焼条件を設定し、連続運転の確認と燃焼試料の違いによる焼却灰と飛灰の分析評価と自燃装置の燃焼効率評価及び蒸気発生量の調査を目的として6時間燃焼試験を行なった。

#### (2) 試験体

プレーナ屑、木片粉砕物、混合物、MDF 粉砕物、パーティクルボード粉砕物、スギ皮粉砕物の6種類の燃焼試料を用いた。

#### (3) 試験方法

6種類の燃焼試料を原料供給装置から炉内に供給して燃焼させ、炉内温度、出口排ガス温度、二次燃焼室出口温度、炉体鉄皮温度、スクリー表面温度、冷却室表面温度、煙突表面温度、熱交入口水量、入口水温、出口水温、炉内圧力、燃焼空気差圧、循環空気差圧を測定した。

焼却灰と飛灰は燃焼試験終了後、灰受箱、二次燃焼室、サイクロンより採集し、分析した。また、プレーナ屑の燃焼試験時に、ばいじん量を測定した。

燃焼時間経過と炉内温度の設定は図3に従った。

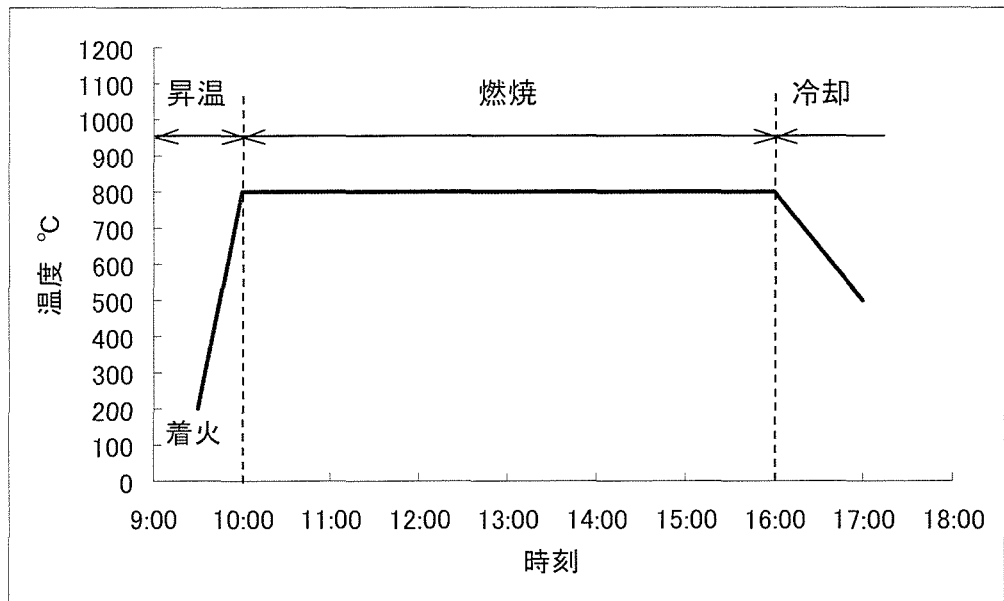


図3 6時間燃焼計画

(4) 試験結果

①結果

運転結果を表3~8に示す。また、運転記録の一部を図4に示す。

表3 プレーナ層結果

時刻	9:10	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30
炉内温度	815	620	540	810	890	940	980	1000	1020	980	950	960	920	940
出口排ガス温度	570	700	500	800	860	920	960	980	1040	940	900	910	810	840
冷却塔出口温度	490	560	440	610	680	700	710	780	780	710	680	680	620	620
炉体鉄皮温度	31.2	30.6	30	32	41.8	56	70.4	95.6	97	106.6	114.5	117.5	128.7	134.1
SC表面温度	19.4	18.9	18.1	19.7	22.5	22.3	23.9	27.3	26.6	27.3	27.2	29.1	28.5	31
冷却室表面温度	224.6	266.9	215.6	324.9	342.6	377.4	388.4	409	407.9	385.3	361.2	361	342.7	326.7
煙突表面温度	34.3	40.2	44.8	51.1	60	68.5	66.7	72.4	71.1	70.5	64.9	66	63.1	59.3
熱交入口水量	7.5~7.6	7.8~8.4	7.5~7.7	7.7~7.9	7.6~7.9	7.5~7.8	10.2~10.7	9.7~10.2	9.8~10.2	10.2~10.7	10.1~10.5	10.0~10.5	10.0~10.2	10.2~10.5
入口水温	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3
排ガスブロー※	23.5	29.3	29.3	24.6	24.6	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1
炉体回転	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
サイロン入口ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷気吸込ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
バイパスダンパ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内圧力	5~-10	10~-40	-30~-60	10~-50	0~-40	0~-50	10~-40	0~-60	10~-40	10~-40	0~-50	0~-50	0~-50	-10~-50
燃焼空気差圧	1.5	1.52	1.52	1.52	1.5	1.48	1.48	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
循環空気差圧	0	0.5	0.46	0.46	0.46	0.44	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.4	0.4	0.4
積算電力量	327.5	328.4	330.3	332.1	333.5	335.3	337.3	338.8	340.5	342.3	344.3	345.8	347.8	349.7
バーナーの方向	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下

着火時刻 8:30

※排ガスブロー：排出風量=80m³×測定値/50

表 4 木片粉砕物結果

時刻	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30
炉内温度	°C	982.5	702.1	830.7	921	951.1	946.7	969.3	1000.2	1011.8	998.9	984.1	1010.9	999.1
出口排ガス温度	°C	880.6	870.3	864	890.7	960.9	856.1	881.8	870.1	921.6	920.4	896.5	948.9	857.5
冷却塔出口温度	°C	660.5	681	681.2	680.7	714.4	639.8	648.1	634.1	672.2	666.2	653.4	677.4	613.2
サイロン入口温度	°C	301	300.9	330	319.6	338.8	304.4	307.7	306.5	323.2	319.7	314.2	327.9	301.2
サイロン出口温度	°C	205	211.4	229	220.5	231.1	212.3	211.5	225.8	233	214.6	211.2	216.9	202.9
出口水温	°C	58.5	56.6	54.9	56.3	62.6	54.7	57.5	55.7	59	59.3	58.5	62.6	55.4
入口水温	°C	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
炉体鉄皮温度	°C	23.6	28.1	34.8	41.5	53.3	64.5	81.9	101.2	110.2	113.1	120.3	120.8	129.3
SC表面温度	°C	21.2	24	25	23.9	25.7	25.2	26.5	28	28.3	28.7	28.7	30	28.7
冷却室表面温度	°C	361.5	365.8	341.7	336.6	353.1	311.6	301.1	304.8	328.2	322.9	320	331.5	285.9
煙突表面温度	°C	64.1	72.8	77.7	72.3	74.7	70.1	67.2	76.4	80.7	69.7	68.9	70.8	70.2
熱交入口水量	L/MIN	8.3~8.7	8.4~8.7	8.4~8.8	8.4~8.6	8.3~8.8	8.2~8.5	8.2~8.4	8.4~8.5	8.6~8.8	8.3~8.7	8.4~8.8	8.6~9.0	8.5~8.8
排ガスブロー※	Hz	26	26.7	27.5	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9
炉体回転	回/分	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BF入口ダンパ	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷気吸込ダンパ	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
パイバスタダンパ	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内圧力	Pa	0~-50	0~-40	10~-30	0~-30	0~-30	0~-30	-10~-30	-10~-30	-10~-30	-10~-40	-10~-40	-10~-40	-10~-40
燃焼空気差圧	kPa	1.5	1.5	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.44	1.44	1.44	1.44
循環空気差圧	kPa	0.46	0.46	0.44	0.44	0.44	0.42	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
積算電力量	kWh	594	596	597.8	599.7	601.7	604.3	606.5	610.8	612.9	615.1	617.2	619.5	621.6
ハーナーの方向		下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下

着火時刻 8:30

※排ガスブロー：排出風量=80m<sup>3</sup>×測定値/50

表 5 混合物結果

時刻	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30
炉内温度	585.5	789.9	846.7	841.1	855.6	872.7	879.7	878.4	879.2	910.2	880.4	886.2	877	918.5
排ガス温度	780.8	1020.2	1049.3	995.1	985	1019.7	995.6	996.1	967.1	1007.2	930.5	927.4	903.1	972
冷却塔出口温度	585.3	784.5	800.4	774.3	747.8	760	742.8	735.2	729.1	752.1	706	703.9	684.2	720.5
サイロン入口温度	272.6	346.1	352.9	337.7	323.7	330.6	329.1	322.4	315.5	333.9	321	314.1	306.7	921.6
サイロン出口温度	171.3	215.5	214.7	206.9	194.2	195.8	199.1	195.2	193.8	209.1	199.3	191.4	185.7	196.5
出口水温	50.5	71.2	76	69.7	68.3	71.3	66.6	57.1	63.4	66.7	58.2	59	58.1	65.9
入口水温	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
炉体鉄皮温度	23.6	30.6	35.4	42.5	50.3	62.1	71.6	85.4	99.4	113.1	118.8	124.3	126.7	132.7
SC表面温度	20.5	22.5	24.2	21.7	23.1	21.4	23	25.7	25.6	27.2	26.2	26.4	25.2	25.8
冷却室表面温度	314.1	438.1	453.5	418.4	396.2	408.2	417.4	387	381	396.3	378.4	363.4	350.6	368.7
煙突表面温度	54.9	70	67.9	64	63.5	61.6	61.2	64.6	63.7	69.3	68.9	62.9	62.6	64.1
熱交入口水量	7.7~7.9	10.0~10.5	10.0~10.2	10.2~10.6	10.2~10.5	10.5~10.7	10.4~10.7	10.5~10.7	10.3~10.5	10.4~10.8	10.5~10.7	10.5~11	10.0~10.3	9.8~10
排ガスブロー※	23.8	22.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
炉体回転	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BF入口ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷気吸込ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
パイパスダンパ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内圧力	10~-50	0~-50	0~-50	0~-40	-10~-50	0~-40	0~-50	-10~-50	0~-50	0~-50	-10~-50	-10~-50	-10~-50	0~-50
燃焼空気差圧	1.48	1.48	1.46	1.46	1.48	1.48	1.46	1.46	1.46	1.44	1.46	1.48	1.44	1.46
循環空気差圧	0.44	0.44	0.44	0.42	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
積算電力量	366	367.4	369.3	371.4	373.3	375.2	377.1	379.2	381	383	385	386.8	388.8	390.9
バーナーの方向	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下

着火時刻 9:30

※排ガスブロー：排出風量=80m<sup>3</sup>×測定値/50



表 6 MDF 粉砕物結果

時刻	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
炉内温度	510.8	464.9	673.8	735.7	798.1	836.3	782.1	888.1	879.8	851	839.4	905.8	926	885.2
出口排ガス温度	591.3	543.8	777.9	800.6	880.9	906.9	759.2	993.2	945.1	860.1	831.4	963.2	974.2	872.1
冷却塔出口温度	490.8	458.8	623.3	641.1	685.3	694.9	593.5	746.8	722	652.9	627.5	703.2	708	652.9
サイクロン入口温度	242.8	211	276.5	296.9	307.6	321.4	281.2	333.9	325.3	301.7	285.1	313.3	323.9	306.3
サイクロン出口温度	171.6	143.6	176.6	192.5	197.5	207.7	185.5	206.7	203.7	197.3	186.7	200.4	210.6	203.2
出口水温	35.3	34.9	51.9	52.7	59.8	62.2	47.1	74.5	67.7	58.5	57.7	70.3	70.6	58.9
入口水温	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
炉体鉄皮温度	20.1	21.6	28.1	38.9	52.8	67.4	78.1	88	98.2	103.4	111.7	121.5	130.2	134.5
SC表面温度	18.8	18.7	19.8	22.5	21.9	23	27.1	25.8	26.3	26.4	26.9	26.4	29.5	27.8
冷却室表面温度	263.1	219.8	277	311.3	326.5	354.1	289.6	353.6	349	328.6	298.6	340.2	358.2	333.7
煙突表面温度	57.9	47.7	55.1	63.4	64.7	67.4	60.6	65.6	69.3	65	60.9	63.5	68	70.7
熱突入口水量	8.1~8.5	7.9~8.1	8.1~8.4	8.0~8.2	8.2~8.4	8.2~8.4	7.8~8.2	7.8~8.2	8.0~8.2	7.9~8.1	7.9~8.0	8.0~8.1	8.3~8.4	8.1~8.2
排ガスブロー※	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
炉体回転	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BF入口ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷気吸込ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
バイパスダンパ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内圧力	0~-50	-10~-50	-10~-50	0~-40	0~-40	-10~-40	-10~-40	0~-40	-10~-40	-10~-40	-10~-50	-10~-50	-10~-50	-10~-40
燃焼空気差圧	1.48	1.48	1.48	1.46	1.44	1.44	1.44	1.42	1.44	1.44	1.42	1.44	1.42	1.42
循環空気差圧	0.42	0.42	0.42	0.4	0.4	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.36	0.38	0.38	0.36
積算電力量	444.7	446.8	448.8	450.7	452.7	454.6	456.6	458.6	460.5	462.4	464.3	466.3	468.4	470.3
バーナーの方向	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下

着火時刻 9:00

※排ガスブロー：排出風量=80m<sup>3</sup>×測定値/50

表7 パーテイクルボード粉砕物結果

時刻		9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
炉内温度	°C	456	573.9	688	782.1	852.2	867.3	878.4	865.9	874.1	890.1	890.5	799.1	888.6	870.1
出口排ガス温度	°C	630.3	803.2	907.8	985.1	1015.7	997.8	991.4	989.5	981	991.8	976	809.3	949.1	909.9
冷却塔出口温度	°C	514.5	616.3	694.5	745.9	765.5	759.9	757.7	753.5	736.6	739.9	729.3	628.9	700	682.1
サイホン入口温度	°C	247.4	287.3	314.7	340.5	345.4	342.3	341.6	336.2	332.5	331.8	328.6	287.5	318.6	306.4
サイホン出口温度	°C	163.8	182.8	212.2	219.4	224	224.9	216.7	218.2	217.1	217.5	212.9	192.3	206.1	200.5
出口水温	°C	40.5	55.1	68.2	77.9	80.6	76.5	77.1	88.4	72.4	73.7	70.7	53.3	68.1	61.9
入口水温	°C	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6
炉体鉄皮温度	°C	21.4	25.2	34.7	46.6	62.8	76	83.9	98.4	108.2	118.1	108.8	113.1	118.4	124.1
SC表面温度	°C	20.3	19.6	20.6	21.4	22.9	23.8	23.2	24.6	25.2	26.3	25.2	24.9	25.3	25.7
冷却室表面温度	°C	286.1	321.7	364.1	394.7	425.7	403.2	393.9	383.7	381.4	383.1	373.5	320.5	354.3	333.6
煙突表面温度	°C	53.6	58.8	68.2	70.6	76.7	76.1	73.8	72.6	76	77.5	75.6	70.3	70	68.8
熱交入口水量	L/MIN	8.1~8.2	8.3~8.5	8.2~8.3	8.1~8.4	8.2~8.4	8.0~8.2	8.1~8.2	7.9~8.2	8.0~8.4	8.1~8.4	8.2~8.4	7.9~8.4	8.4~8.5	8.2~8.4
排ガスブローワー※	Hz	25.5	25.5	27.5	27.5	27.5	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6
炉体回転	回/分	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BF入口ダンパ	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷気吸込ダンパ	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
パイパスダンパ	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内圧力	Pa	0~-50	0~-60	0~-50	0~-50	0~-50	0~-50	0~-50	0~-50	0~-50	0~-50	0~-60	-20~-60	-10~-60	-10~-50
燃焼空気差圧	kPa	1.56	1.54	1.54	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.54	1.54	1.54	1.54
循環空気差圧	kPa	0.46	0.46	0.44	0.46	0.46	0.46	0.46	0.44	0.44	0.42	0.42	0.4	0.4	0.4
積算電力量	kWh	405	406.8	408.6	410.4	412.3	414	416.4	418	420	421.8	423.8	425.6	427.6	429.6
バーナーの方向		下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下

着火時刻 9:00

※排ガスブローワー：排出風量=80m<sup>3</sup>×測定値/50

表 8 スギ皮結果

時刻	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
炉内温度	721.7	470.1	368.5	301.7	286.2	977.5	970.1	979.4	994.6	985.2	957.6	987.1	978.4	1005.1
出口排ガス温度	730.3	532.9	459.4	388.6	272.7	713.3	795.3	821	833.6	823.6	821.7	844.5	824.7	845.1
冷却塔出口温度	544.6	419	367.9	316.5	238.9	487.7	577.5	601.5	606.7	603.6	599.3	616.1	602.2	618.2
サウロン入口温度	232.7	190.3	169.4	145.7	124.9	201.2	257.4	278.7	283.1	279.4	282.4	288.8	280.5	291.8
サウロン出口温度	154	131.7	117.4	101.6	93.1	129.5	157	184	187.7	186.3	186.7	193.2	187.8	191.4
出口水温	45.3	31.3	28.3	24.9	21.9	42.6	46.9	48.2	49.5	47.4	47.3	50	48	49.4
入口水温	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3
炉体鉄皮温度	28.8	35.4	44.3	57.9	67.9	72.2	78.2	81.4	82.7	88.6	84.6	83.3	87.8	87.2
SC表面温度	26.5	26.2	26.7	26	25.8	28.6	27.4	27.6	28.1	29.5	29.2	29.5	29.8	29.2
冷却室表面温度	298.4	223.1	185.9	152.2	117.7	245.3	273.6	319.4	300.2	295.1	294.7	297.4	304.8	302.5
煙突表面温度	53.7	49	45.8	40.9	38.8	45.2	52.6	63.6	65.4	62.7	65.5	68	65.9	65.6
熱交入口水量	8.5~8.7	8.5~9.0	8.3~8.7	8.4~8.6	8.4~8.5	8.7~9.0	8.1~8.5	8.4~8.7	8.7~8.8	8.5~9.1	8.4~8.7	8.4~9.0	8.4~8.7	8.5~9.0
排ガスブローワー※	21.3	18.2	17.8	20.6	20.6	16.5	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	25.6	25.6	25.6
炉体回転	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BF入口ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷気吸込ダンパ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
パイパスダンパ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内圧力	0~-50	-15~-40	-10~-30	-10~-30	-10~-30	-10~-30	0~-40	0~-30	-10~-30	-10~-30	0~-20	-10~-20	-10~-30	0~-20
燃焼空気差圧	1.5	1.52	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.48	1.5	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
循環空気差圧	0.46	0.46	0.46	0.46	0.48	0.46	0.48	0.48	0.48	0.46	0.48	0.46	0.44	0.46
積算電力量	638.5	640.2	641.7	643.5	645.2	646.6	648.4	650	651.7	653.5	655.4	657	659	660.7
バーナーの方向	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下	下

着火時刻 9:00

※排ガスブローワー：排出風量=80m<sup>3</sup>×測定値/50

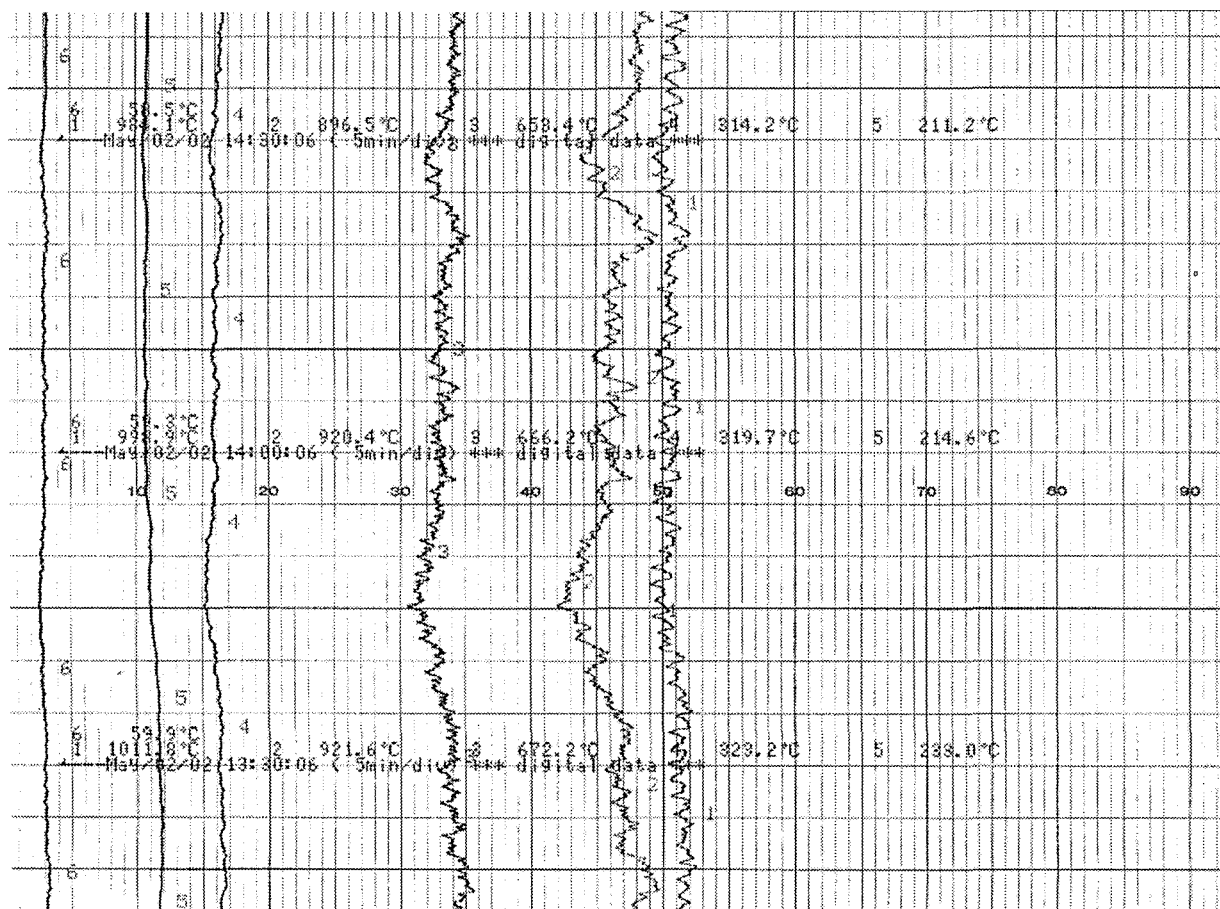


図4 運転記録（プレーナ屑）

②連続運転

表9の原料供給量で連続運転が安定して行なえることを確認した。

表9 6時間燃焼試験における原料供給量

プレーナ屑	木片粉砕物	混合物	MDF粉砕物	パーティクルボード粉砕物	スギ皮粉砕物
100kg/h×6hr	100kg/h×6hr	80kg/h×6hr	80kg/h×6hr	80kg/h×6hr	100kg/h×6hr

③焼却灰と飛灰の分析評価

焼却灰と飛灰の分析結果は表 10～12 の通りであった。

表 10 灰の分析結果

	撮取場所	灰の状態	灰量(kg)
プレーナ屑	灰受け箱	完全燃焼していた	0.33
	二次燃焼室	完全燃焼していた	0.34
	サイクロン	完全燃焼していた	0.30
木片粉碎物	灰受け箱	一部未燃物が見られた※	0.62
	二次燃焼室	完全燃焼していた	0.23
	サイクロン	完全燃焼していた	0.89
混合物	灰受け箱	完全燃焼していた	0.21
	二次燃焼室	完全燃焼していた	0.37
	サイクロン	完全燃焼していた	0.76
MDF粉碎物	灰受け箱	完全燃焼していた	0.89
	二次燃焼室	完全燃焼していた	0.36
	サイクロン	完全燃焼していた	1.66
パーティクルボード 粉碎物	灰受け箱	完全燃焼していた	0.28
	二次燃焼室	完全燃焼していた	0.26
	サイクロン	完全燃焼していた	1.17
スギ皮粉碎物	灰受け箱	完全燃焼していた	0.71
	二次燃焼室	完全燃焼していた	0.46
	サイクロン	完全燃焼していた	0.74

※着火時に排ガスブローの調整が不十分であったため未燃物が灰受け箱に移動した。

表 11 採取場所ごとの灰量及び写真

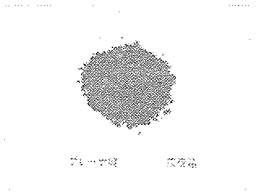
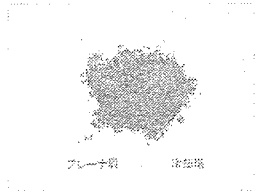
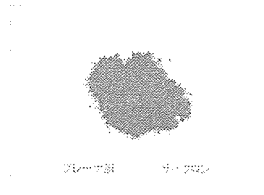
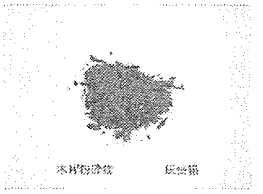
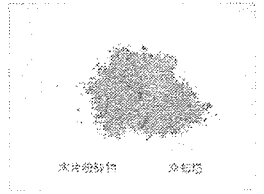
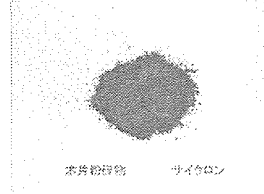
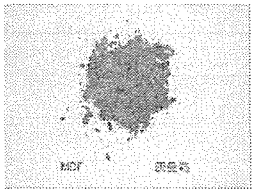
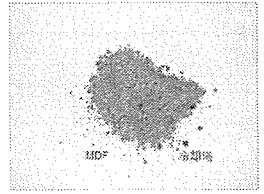
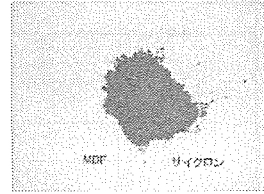
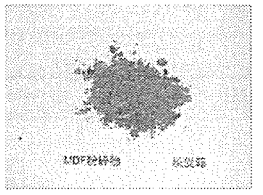
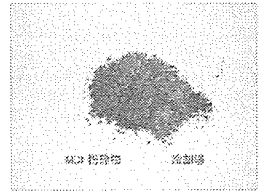
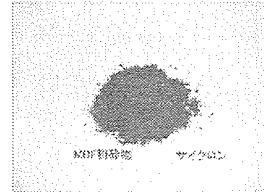
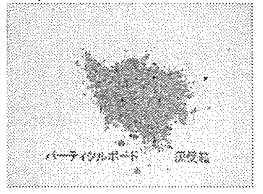
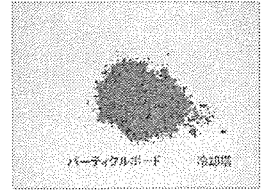
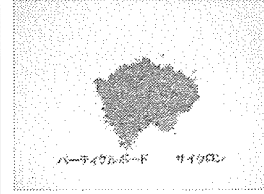
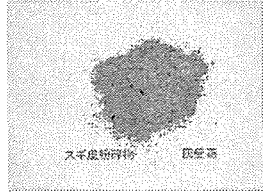
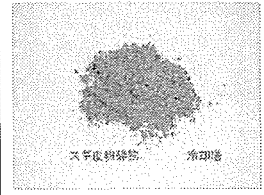
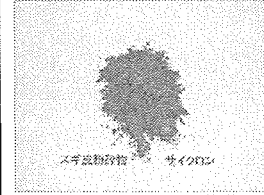
	灰受け箱	二次燃焼室	サイクロン	計
プレーナ屑 燃焼量 600kg				0.977 kg
	0.332 kg	0.340 kg	0.305 kg	
木片粉碎物 燃焼量 600kg				1.730 kg
	0.617 kg	0.226 kg	0.887 kg	
混合物 燃焼量 480kg				1.336 kg
	0.209 kg	0.366 kg	0.761 kg	
MDF 粉碎物 燃焼量 480kg				3.177 kg
	0.885 kg	0.631 kg	1.661 kg	
パーティクル ボード粉碎物 燃焼量 480kg				1.707 kg
	0.276 kg	0.263 kg	1.168 kg	
スギ皮粉碎物 燃焼量 600kg				1.914 kg
	0.713 kg	0.460 kg	0.741 kg	

表 12 減容率

	プレーナ屑	木片 粉碎物	混合物	MDF 粉碎物	パーティク ルボード 粉碎物	スギ皮 粉碎物
減容率(%)	0.14	0.25	0.24	0.57	0.30	0.27

減容率 = (灰量/燃焼量) × 100 (%)

④ばいじん測定結果

プレーナ屑焼却時のばいじん量は表 13 の通りであった。

表 13 ばいじん量測定結果

番号	採取時間	等速吸引量 (L/min)	排ガス 採取量 (m <sup>3</sup> ) ※	ばいじん 採取量 (g)	ばいじん量 (mg/Nm <sup>3</sup> )	送風機効率 (%)
1	10:30 - 10:50	9.92	210.2 (193.7)	0.010	0.052	80
2	10:55 - 11:25	12.40	411.3 (379.3)	0.054	0.143	100
3	11:35 - 11:55	9.92	205.1 (189.1)	0.011	0.058	80

※ ( ) 内は Nm<sup>3</sup> 換算値

Nm<sup>3</sup> (ノルマル立方メートル) は、0℃、1 気圧の状態に換算した気体の体積

⑤燃焼効率評価

表 14 自燃装置の燃焼効率評価

原料名	単位	プレーナ屑	木片 粉碎物	MDF	MDF 粉碎物	パーティク ルボード 粉碎物	スギ皮 粉碎物
含水率	%	14.1	18.4	8.3	9.3	10.3	16.2
焼却量	kg/h	100	100	80	80	80	100
低位発熱量	kcal/kg	3100	3100	5250	5250	5250	3100
空気比 (+1) 注1	*	2.5	2.4	2.7	2.7	2.6	1.1
理論空気量 注2	Nm <sup>3</sup> /kg dry S	4.5	4.5	5.7	2.7	5.7	4.5
理論燃焼ガス量 注2	Nm <sup>3</sup> /kg dry S	5.2	5.2	6.2	6.2	6.2	5.2
ボイラー入口温度	°C	800	800	800	800	800	800
ボイラー出口温度	°C	200	200	200	200	200	200
燃焼空気量	Nm <sup>3</sup> /h	966.9	880.8	1128.8	1117.3	1064	190.4
	Nm <sup>3</sup> /min	16.1	14.7	18.8	18.6	17.7	3.2
燃焼ガス量	Nm <sup>3</sup> /h	446.9	424.1	454.7	450.1	445.1	200
	Nm <sup>3</sup> /min	7.4	7.1	7.6	7.5	7.4	3.3
水蒸気量	Nm <sup>3</sup> /h	17.5	22.9	8.3	9.2	10.2	76.6
	Nm <sup>3</sup> /min	0.3	0.4	0.1	0.2	0.2	1.3
総排ガス量	Nm <sup>3</sup> /h	1431.4	1327.9	1591.8	1576.6	1519.3	467
	Nm <sup>3</sup> /min	23.9	22.1	26.5	26.3	25.3	7.8
蒸気発生量 (9atm 174.5°C)	kg/h	441.1	409.2	490.6	485.9	468.2	

注 1 過剰空気率はこの値から 1 を引いた値

注 2 dry S は乾原料を示す



表 15 灰のダイオキシン類測定結果

	焼却灰 (ng-TEQ/g)	飛灰 (ng-TEQ/g)
プレーナ屑	0.0031	0.027
木片粉砕物	1.8	1.1
混合物	0.087	0.030
MDF粉砕物	1.4	0.52
パーティクルボード 粉砕物	2.1	0.16
スギ皮粉砕物	1.0	0.72

ng (ナノグラム) : 10 億分の 1 グラム

TEQ : 毒性等量のこと、ダイオキシン類の量をダイオキシン類の中でも最も毒性の強い 2,3,7,8-四塩化ダイオキシンの毒性に換算した数値

#### (5) 考察

排出ガス中のばいじん量測定により、黒煙が出なければ規制値を下回ることを確認した。原料供給、燃焼、ばいじん（黒煙排出無し）に問題なく運転ができた。

焼却灰、飛灰の量は 0.5% で、「焼却炉の維持管理基準—熱しゃく減量を 10% 以下にする事」を大きく下回った結果となり完全燃焼したことを確認できた。

排熱を利用した蒸気発生装置も木材乾燥に要する蒸気量 336kg/hr 以上発生することが確認された。

スギ皮粉砕物は、含水率が 162% と高く燃焼温度が上昇しなかったため、補助オイルバーナーを作動させた。その後、再試験を行い、スギ皮：プレーナ屑=1：2 の重量比で混合し燃焼させることにより、補助オイルバーナーを作動させなくても燃焼温度 850℃ を維持できることを確認した。

### 5.1.3 5日間連続燃焼試験結果

#### (1) 目的

排出ガスの分析評価と試験炉の連続運転性能を確認するために24時間連続5日間燃焼試験を行なった。

#### (2) 試験体

プレーナ屑

#### (3) 試験方法

プレーナ屑を原料供給装置から炉内に供給し24時間連続5日間燃焼させ、炉内温度、出口排ガス温度、二次燃焼室出口温度、炉体鉄皮温度、スクリー表面温度、冷却室表面温度、煙突表面温度、熱交入口水量、入口水温、出口水温、炉内圧力、燃焼空気差圧、循環空気差圧を測定した。

焼却灰と飛灰は燃焼試験終了後、灰受箱、二次燃焼室、サイクロンより採集し、分析した。

#### (4) 試験結果

##### ①連続運転

運転結果の一部を表16に示す。また、運転記録の一部を図5に示す。

100kg/h×24hr×5dayの原料供給量で連続運転が安定して行なえることを確認した。

##### ②排出ガス分析評価

排出ガス分析結果を表17に示す。

#### (5) 考察

排出ガス分析結果よりダイオキシン類排出量は0.38ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>となり、新設の維持管理基準に示されている廃棄物焼却処理量時間あたり200kg以上2t未満の場合の排出量5ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>を大きく下回った結果となった。

原料供給量、燃焼空気量、循環ガス量、排ガスブロー排出量を安定させ、定量の供給を行うことで問題なく運転することができた。

原料受けホッパーへ原料を安定(定量)供給する事により、安全に24時間連続運転ができることを確認した。

表 16 連続 5 日間運転結果

時刻		1日目			2日目			3日目		
		12:00	13:00	14:00	12:00	13:00	14:00	12:00	13:00	14:00
炉内温度	°C	609	747	794	862	879	890.1	830	798	759
出口排ガス温度	°C	580	823	844	853	869	875.1	852	821	285
冷却塔出口温度	°C	519	671	694	673	682	686.9	682	667	644
サイロン入口温度	°C	368	353	434	333	343	335.7	333	342	330
サイロン出口温度	°C	258	257	289	243	255	235.4	253	252	245
出口水温	°C	42	68	70	54	54	55	46	45	42
入口水温	°C	21.3	20.6	19.5	19.8	20.8		22.4	22.7	22.5
炉体鉄皮温度	°C	82.5	113.8	145	203	214	209	213	217	212
SC表面温度	°C	28.5	30.8	31.7	34.8	33.7	34.8	37.5	37.6	35.8
冷却室表面温度	°C	259	313	321	313	331	271.3	319	287	289
煙突表面温度	°C	85.3	82.2	86.2	85.7	85.8	82.9	93	83.9	78.2
熱交入口水量	L/MIN	8.1	8.3	8.4	9.7	9.6	9.5	9.7	9.5	9.1
排ガスの流量	Hz	30.9	30.9	30.9	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2
炉体回転	回/分	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
BF入口ダンパ	%	100	100	100	100	100		100	100	100
冷氣吸込ダンパ	%	25	60	40	60	60		60	55	55
バイパスダンパ	%	0	0	0	0	0		0	0	0
炉内圧力	Pa	-80~-170	-30~-100	-50~-160	-80~-170	-90~-170	-150	-50~-120	-90~-160	-90~-160
燃焼空気差圧	kPa	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
循環空気差圧	kPa	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
積算電力量	kWh	848.0	851.5	855.1	947.0	949.5	954.0	1046.4	1051.0	1054.3
ハーナーの方向		右水平	右水平	右水平	水平右	水平右	水平右	水平右	水平右	水平右

時刻		4日目			5日目			6日目		
		12:00	13:00	14:00	12:00	13:00	14:00	12:00	13:00	14:00
炉内温度	°C	692	828	913	750	857	839	849	821	891
出口排ガス温度	°C	763	888	926	792	883	870	890	874	921
冷却塔出口温度	°C	670	723	759	652	700	698	721	697	724
サイロン入口温度	°C	396	408	352	332	350	354	400	403	360
サイロン出口温度	°C	282	285	276	242	256	268	288	294	268
出口水温	°C	50	57	62	44.2	50.6	50.7	50.3	48.1	57
入口水温	°C	21.5	22.7	20.8	21.2	22	21.6	23.3	23.7	22.2
炉体鉄皮温度	°C	46.3	75.2	113	208	206.8	219.3	221.3	233.3	226.8
SC表面温度	°C	29.3	29.2	31.2	32.4	35.4	38	38.3	38.1	38.1
冷却室表面温度	°C	286	334	338	274	263.5	285.9	338	328.1	289.6
煙突表面温度	°C	82.9	92.4	86.7	77.9	105	107.8	90.1	91	87.8
熱交入口水量	L/MIN	9.5	10	9.7	9.2	9.7	9.5	10	9.5	9.7
排ガスの流量	Hz	34	34	36.1	36	36	36	36	36	36
炉体回転	回/分	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
BF入口ダンパ	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100
冷氣吸込ダンパ	%	75	50	65	55	55	55	50	50	50
バイパスダンパ	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炉内圧力	Pa	-50~-130	-50~-180	-80~-160	-100~-160	-100~-160	-100~-160	-100~-180	-100~-180	-101~-179
燃焼空気差圧	kPa	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
循環空気差圧	kPa	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
積算電力量	kWh	1110.5	1114.4	1118.8	1219.5		1228.5	1327.9	1332.0	1337.0
ハーナーの方向		水平右	水平右	水平右	水平右	水平右	水平右	水平右	水平右	水平右

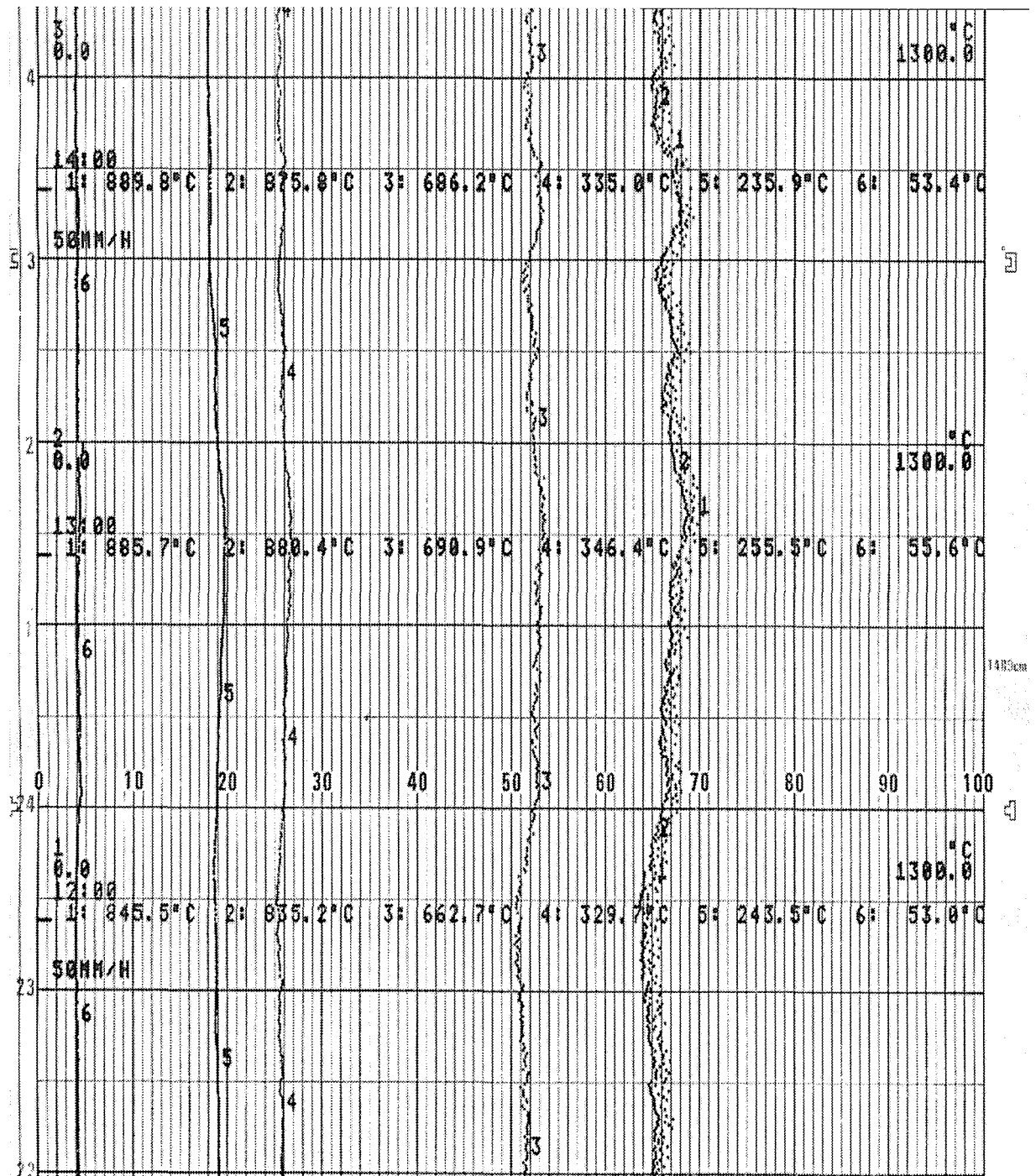


図5 運転記録

表 17 排ガス中のダイオキシン測定結果

排ガス中のダイオキシン類分析結果表

(4212201)

		試料名：排出ガス					
		実測濃度 (Cs) ng/m <sup>3</sup> N	試料における 定量下限 ng/m <sup>3</sup> N	試料における 検出下限 ng/m <sup>3</sup> N	換算濃度 (C) ng/m <sup>3</sup> N	毒性等価 係数	毒性等量 (TEQ) ng-TEQ/m <sup>3</sup> N
ポリ塩化ジベンゾフラン	2,3,7,8-TeCDF	0.29	0.017	0.005	0.42	0.1	0.042
	TeCDFs	6.1	0.017	0.005	8.7	—	—
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.23	0.016	0.005	0.32	0.05	0.016
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.17	0.018	0.005	0.24	0.5	0.12
	PeCDFs	2.9	0.016	0.005	4.1	—	—
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.11	0.023	0.007	0.16	0.1	0.016
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.11	0.026	0.008	0.16	0.1	0.016
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	N.D.	0.027	0.008	N.D.	0.1	0
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.087	0.030	0.009	0.12	0.1	0.012
	HxCDFs	1.1	0.026	0.008	1.6	—	—
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.19	0.031	0.009	0.27	0.01	0.0027
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	N.D.	0.03	0.01	N.D.	0.01	0
	HpCDFs	0.27	0.03	0.01	0.39	—	—
	OCDF	0.06	0.05	0.01	0.08	0.0001	0.000008
Total PCDFs	10	—	—	15	—	0.22	
ポリ塩化ジベンゾオキシン	2,3,7,8-TeCDD	0.037	0.017	0.005	0.052	1	0.052
	TeCDDs	1.1	0.017	0.005	1.6	—	—
	1,2,3,7,8-PeCDD	0.060	0.017	0.005	0.086	1	0.086
	PeCDDs	1.3	0.017	0.005	1.8	—	—
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.023 *	0.024	0.007	0.033	0.1	0
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.033	0.030	0.009	0.047	0.1	0.0047
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.021 *	0.031	0.009	0.030	0.1	0
	HxCDDs	0.83	0.024	0.007	1.2	—	—
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.09	0.03	0.01	0.13	0.01	0.0013
	HpCDDs	0.21	0.03	0.01	0.30	—	—
	OCDD	0.31	0.07	0.02	0.44	0.0001	0.000044
Total PCDDs	3.8	—	—	5.3	—	0.14	
Total (PCDDs+PCDFs)		14	—	—	20	—	0.37
コプラナーポリ塩化ビフェニル	3,4,4',5'-TeCB(#81)	0.05	0.03	0.01	0.07	0.0001	0.000007
	3,3',4,4'-TeCB(#77)	0.23	0.031	0.009	0.33	0.0001	0.000033
	3,3',4,4',5'-PeCB(#126)	0.07	0.03	0.01	0.10	0.1	0.010
	3,3',4,4',5,5'-HxCB(#169)	0.03 *	0.03	0.01	0.05	0.01	0
	Total ノンオルト体	0.38	—	—	0.55	—	0.0095
	2',3,4,4',5'-PeCB(#123)	N.D.	0.032	0.009	N.D.	0.0001	0
	2,3',4,4',5'-PeCB(#118)	0.40	0.03	0.01	0.57	0.0001	0.000057
	2,3,3',4,4'-PeCB(#105)	0.18	0.03	0.01	0.26	0.0001	0.000026
	2,3,4,4',5'-PeCB(#114)	N.D.	0.027	0.008	N.D.	0.0005	0
	2,3',4,4',5,5'-HxCB(#167)	0.05	0.03	0.01	0.07	0.00001	0.000007
	2,3,3',4,4',5'-HxCB(#156)	0.094	0.025	0.008	0.13	0.0005	0.000065
2,3,3',4,4',5'-HxCB(#157)	0.05	0.03	0.01	0.06	0.0005	0.00003	
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB(#189)	0.04	0.03	0.01	0.06	0.0001	0.000006	
Total モノオルト体	0.81	—	—	1.1	—	0.00019	
Total コプラナーPCB		1.2	—	—	1.7	—	0.0097
Total ダイオキシン類		15	—	—	22	—	0.38

備考1. 実測濃度中の\*付の数値は、検出下限以上定量下限未満の濃度であることを示す。

2. 実測濃度中の“N.D.”は、検出下限未満であることを示す。

3. 毒性等価係数は、WHO/IPCS(1998)のTEFを適用した。

4. 換算濃度 (ng/m<sup>3</sup>N at O<sub>2</sub>=12%)  $C = ((21-12)/(21-O_2)) \times C_s$  (O<sub>2</sub>= 14.7 %)

5. 毒性等量は、定量下限未満の実測濃度を0(ゼロ)として算出したものである。

## 5.2 木材乾燥応用試験

### 5.2.1 乾燥試験

#### (1)目的

燃焼炉を用いて木質系燃料の燃焼試験を行い、発生する熱量を木材乾燥機に利用した場合の乾燥能力を把握する。

#### (2)試験概要

焼却炉で木質系燃料を焼却し、発生する熱量を測定する。その熱量を蒸気発生量に換算し、木材の人工乾燥に必要な蒸気量と比較し、乾燥機の熱源とした場合の乾燥能力を検討する。また、人工乾燥機を用いて乾燥試験を行い燃料消費量を比較する。

#### (3)試験方法

焼却炉から得られる熱量は、燃焼時の燃焼温度等を測定し、算出した。

木材の人工乾燥に要する熱量の計算は、寺沢<sup>1)</sup>によった。想定する乾燥機の容量は40m<sup>3</sup>とし、乾燥する木材は、スギ板厚さ35mm、幅200mm、長さ4000mm(表示寸法)とした。

また、木材の人工乾燥において実際に消費する熱量を確認するため、人工乾燥機を用いてスギ板を乾燥し、消費燃料を測定した。比較に用いた人工乾燥機は、蒸気加熱式 I F 型 中温タイプ(新柴設備製 SK20 型)、収容材積 8m<sup>3</sup>とした。乾燥スケジュールは、乾燥温度 60℃とし、含水率の低下に合わせて乾湿球温度差を大きくした。

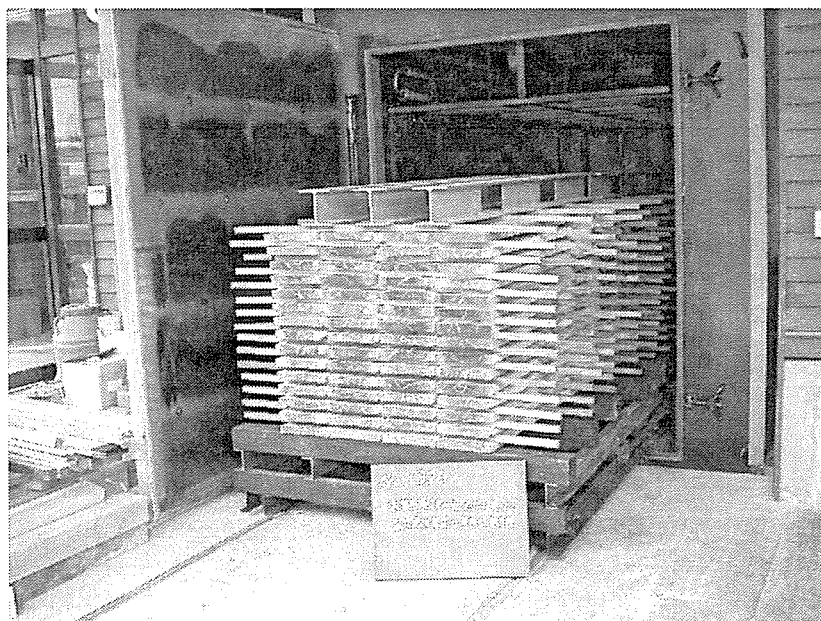


写真 4 乾燥試験

(4)試験結果

1) 燃焼炉の理論値による蒸気発生量

燃焼炉の理論値による蒸気発生量は表 18 のとおりであった。

表 18 燃焼試料の種類による蒸気発生量

原料名	単位	プレーナ屑	木片 粉碎物	MDF	MDF 粉碎物	パーティク ルボード 粉碎物	スギ皮 粉碎物
含水率	%	14.1	18.4	8.3	9.3	10.3	16.2
蒸気発生量 (9atm 174.5℃)	kg/h	441.1	409.2	490.6	485.9	468.2	—

2) 木材の人工乾燥に要する熱量計算値

木材の人工乾燥に要する熱量を寺沢<sup>1)</sup>の式により計算した。計算例は次のとおりであった。なお、乾燥条件は、次のように設定した。

乾燥室サイズ(内法)：幅 8.5m×奥行 8.0m×高さ 4.0m

2 mm厚アルミ板サンドイッチパネル

収容材積：40m<sup>3</sup>(栈積み材積、25 mm栈木使用時実質材積約 24m<sup>3</sup>)

外気温度：5℃(冬)～25℃(夏)

乾燥温度：初期 60℃、末期 60℃

乾燥時間：120 時間

含水率：初期含水率 120%、仕上げ含水率 15%

①乾燥初期の室温上昇に必要な熱量

a 木材の加熱

$$\begin{aligned}
 H_{1a} &= V_0 R_0 C_0 (t_2 - t_1) \\
 &= 24\text{m}^3 \times 380 \text{ kg/ m}^3 \times 0.52\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \times (60^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) \\
 &= 260,832 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

b 材中水分の加熱

$$\begin{aligned}
 H_{1b} &= V_0 R_0 (U_a/100) (t_2 - t_1) \\
 &= 24\text{m}^3 \times 380 \text{ kg/ m}^3 \times 1.20 \times (60^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) \\
 &= 601,920 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

c 壁体、扉の加熱

$$\begin{aligned}
 H_{1c} &= F_1 b_1 R_1 C_1 (t_2 - t_1)/2 \\
 &= (8.5\text{m} \times 8.0\text{m} + 8.0\text{m} \times 4.0\text{m} + 8.5\text{m} \times 4.0\text{m}) \times 2 \times 0.002\text{m} \times 2700 \text{ kg/ m}^2 \\
 &\quad \times 0.217\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \times (60^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) \\
 &= 17,272 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

d 室内機械の加熱

$$\begin{aligned}
 H_{1d} &= V_3 R_3 C_3 (t_2 - t_1) \\
 &= 300 \text{ kg} \times 0.111\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \times (60^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C})
 \end{aligned}$$

$$\doteq 1,832 \text{ kcal}$$

② 乾燥経過中に必要な熱量

a 材中水分の蒸発(60°C時)

$$\begin{aligned} H_{2a} &= V_0 R_0 [(U_a - 30) / 100 \times Q + (30 - U_e) / 100 \times (Q + 20)] \\ &= 24\text{m}^3 \times 380 \text{ kg/m}^3 [(120 - 30) / 100 \times 560 + (30 - 15) / 100 \times (560 + 20)] \\ &= 5,389,920 \text{ kcal} \end{aligned}$$

b 換気する空気の加熱

$$\begin{aligned} H_{2b} &= m'(X_2 - X_1) \times (C_a + C_s X_1) (t_3 - t_1) \\ &\doteq m'(X_2 - X_1) \times C_a (t_3 - t_1) \end{aligned}$$

となっているが、材中水分の蒸発に要する熱量の約 60% という報告があるため

$$\begin{aligned} H_{2b} &= H_{2a} \times 0.6 \\ &= 3,233,952 \text{ kcal} \end{aligned}$$

c 壁体、扉からの損失

$$\begin{aligned} H_{2c} &= F K \theta (t_2 - t_1) \times \text{hr} \\ &= (8.5\text{m} \times 8.0\text{m} + 8.0\text{m} \times 4.0\text{m} + 8.5\text{m} \times 4.0\text{m}) \times 20 \times 0.5\text{kcal/m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C} \times (60^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) \\ &\quad \times 5 \text{ 日} \times 24\text{hr} \\ &= 8,844,000 \text{ kcal} \end{aligned}$$

d 室温の上昇

今回の試験では室温 60°C 一定のため省略



以上まとめたものを表 19 に示す。

初期の室温上昇に要する時間を 4 時間とすると時間当りの所用熱量は、220,464kcal となる。

表 19 スギ板材の乾燥に要する熱量

所用熱量の種類		熱量 (kcal)	1 時間当り所要熱量(kcal)
乾燥初期の室温上昇に必要な熱量 (4時間)	木材の加熱	260,832	
	材中水分の加熱	601,920	
	壁、扉の加熱	17,272	
	室内機械の加熱	1,832	
	小 計	881,856	220,464
乾燥経過中に必要な熱量 (116時間)	材中水分の蒸発	5,389,920	
	換気空気の加熱	3,233,952	
	壁、扉からの放熱	8,844,000	
	室温の上昇	0	
	小 計	17,467,872	150,585
	計	18,349,728	

### 3) 木材人工乾燥試験

木材人工乾燥機を用いたスギ板の乾燥試験経過を表 20 に示す。

乾燥経過に伴う燃料消費率の変化は、図 6 の通りであった。乾燥開始後、設定温度の 60℃ に到達するまでの間に 6~7L/hr と高い値を示した。乾燥経過中（経過時間 5.9 時間以降）は、3L/hr を上回ることはなかった。

表 20 スギ板の人工乾燥に伴う燃料消費

経過時間	サンプルの含水率(%)	燃料消費量(L)	燃料消費率(L/hr)	消費水量(m <sup>3</sup> )	電力消費量(kW)
0.0	139.1	0.0	0.0	0.00	0
0.5	139.5	3.4	6.8	0.02	2
1.0	139.7	6.5	6.2	0.05	4
1.5	139.9	7.1	1.2	0.06	5
2.0	140.0	9.2	4.2	0.08	7
2.5	140.0	12.7	7.0	0.11	9
3.0	140.0	13.9	2.4	0.13	11
3.5	139.9	16.1	4.4	0.15	13
4.0	139.9	18.1	4.0	0.17	14
4.5	140.3	19.9	3.6	0.19	15
5.0	140.9	22.5	5.2	0.20	16
5.9	140.0	22.9	0.4	0.21	20
24.0	121.2	42.7	1.1	0.28	83
30.0	116.0	49.2	1.1	0.31	104
36.0	101.3	64.9	2.6	0.38	167
42.0	96.5	69.5	0.8	0.41	188
48.0	83.8	83.3	2.3	0.75	252
54.0	79.8	87.9	0.8	0.75	273
120.0	45.3	140.2	0.8	1.29	511
126.0	42.8	144.5	0.7	1.31	533
132.0	35.9	159.6	2.5	1.67	597
138.0	33.8	164.6	0.8	1.69	619
144.0	27.8	178.4	2.3	1.75	683
150.0	26.0	182.6	0.7	1.77	733
156.0	21.3	194.3	1.9	1.81	765
162.0	20.0	197.9	0.6	1.82	788
180.0	16.7	209.6	0.7	2.14	851
186.0	15.9	213.3	0.6	2.16	871
187.2	15.7	214.2	0.8	2.16	875

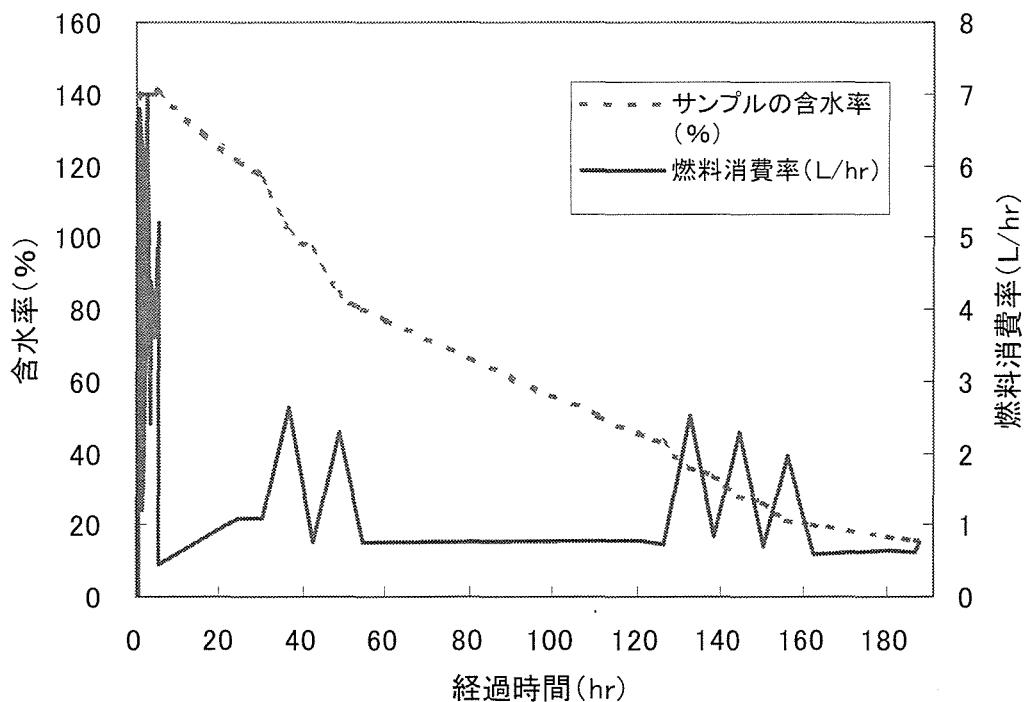


図6 スギ板の人工乾燥に伴う燃料消費

(5)考察

算出された木材乾燥機の熱消費量のうち、1時間当りの所要熱量が最大となるのは、表19から乾燥初期の室温の上昇に要する熱量の220,464kcalである。

これを絶対圧力5 kg/cm<sup>2</sup>蒸発量に換算すると

$$E1 = 220,464 \text{kcal} \div 656.1 \text{kcal/kg} \\ = 336.0 \text{kg}$$

となる。

同様に、スギ板人工乾燥試験による結果から燃料消費率が最大となる時の蒸発量を求めると次のようになる。

$$E2 = [(7 \text{L/hr} \times 0.8 \text{kg/L} \times 10400 \text{kcal} \times 0.8) \div 656.1 \text{kcal/kg}] \times 40 \text{m}^3 / 8 \text{m}^3 \\ = 355 \text{kg}$$

注) ボイラー効率は、80%とした。

一方、焼却炉から得られる蒸気発生量は、表18から409.2~490.6kg/hrであり、計算値、実験値いずれの値をも上回っている。

したがって、今回の焼却炉を熱源として、収容材積40m<sup>3</sup>の木材乾燥機を運転することは、十分可能であると考えられる。

## 5.2.2 乾燥コストの評価

### (1)燃料費の節減

収容材積 40m<sup>3</sup> の人工乾燥機でスギ板を乾燥した場合、表 19 の熱量を要すると仮定して灯油に換算すると

$$\begin{aligned} V_k &= 18,349,728 \text{ kcal} \div (10,400 \text{ kcal} \times 0.8 \text{ kg/L}) \\ &= 1411.5 \text{ L} \end{aligned}$$

灯油単価 40 円/L とすると 56,460 円に相当し、乾燥材 1m<sup>3</sup> 当り 1411.5 円の節約が期待できる。

### (2)燃焼炉を用いた場合の乾燥コスト

燃焼炉を熱源に用いた場合、燃料費等直接コストが削減できるだけでなく、工場で発生する木屑の処理費用が不要となる。

## 6. 実用化の見通し

試験データより炉内温度が 800℃～900℃で燃焼ガスの滞留時間が 2 秒以上あり、ダイオキシン類の発生も抑制され、焼却灰も完全に燃えた残渣となった。

また蒸気発生量も 409kg/h～490kg/h と 40m<sup>3</sup>の乾燥炉を稼働できる蒸気量が得られた。

以上により焼却炉、蒸気発生装置として評価が得られた。

さらに、安全性や性能の向上、環境問題に対する方法を次のように検討した。

### 6.1 安全性への対応

#### (1) 点火方法、炉内温度を 800℃以上に速やかに上げる方法の検討

試験機では図 7 の様に点火バーナーが原料供給側ではなく排気側にあり、着火に時間がかかる。

図 8 に改良する事により第 1 バーナーにて材料に確実に着火し、着火時間が短縮される。

第 2 バーナーにて速やかに炉内の燃焼ガス温度を 800℃以上にする。

炉内温度が 900℃以上に達すると自動的にバーナーを止め安定燃焼する。

#### (2) 材料供給方法の検討

供給材料の発熱量に応じてスクリーコンベア-の回転数を調整し、あくまでも供給量を安定する。

炉内温度安定の為、炉内温度を感知し 950℃以上にて供給材料に水を噴霧する。

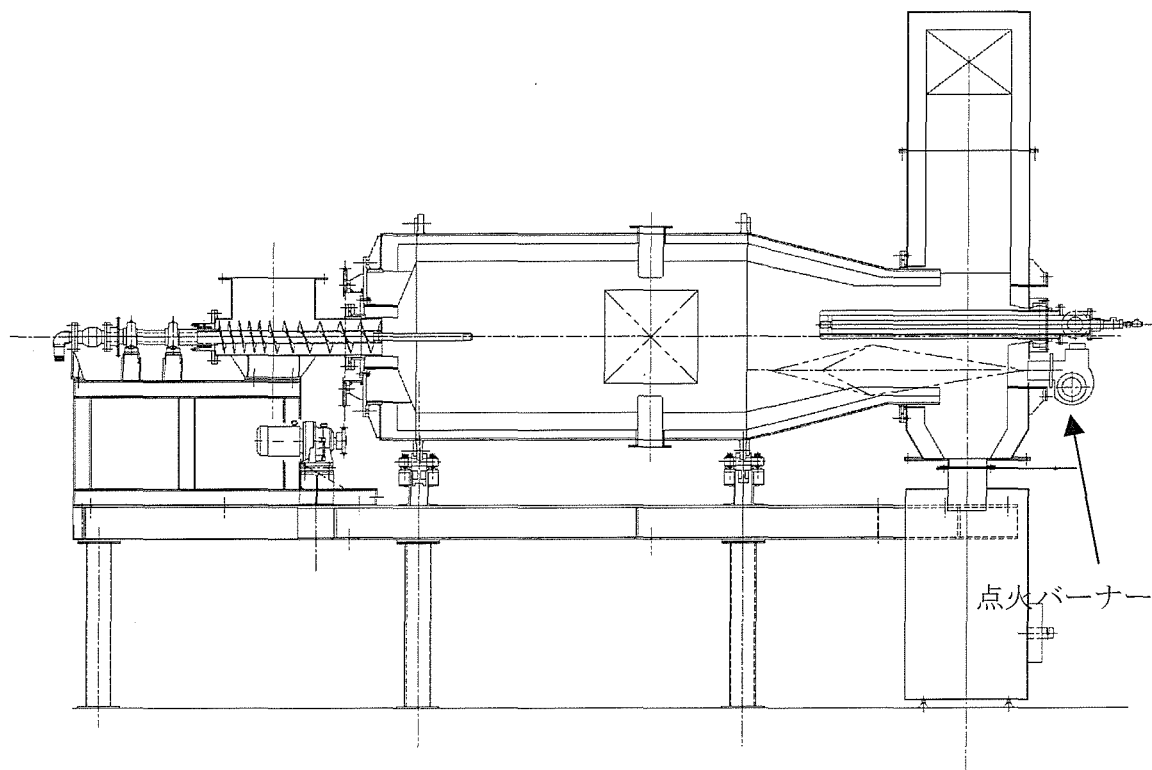


図 7 現行キルン図

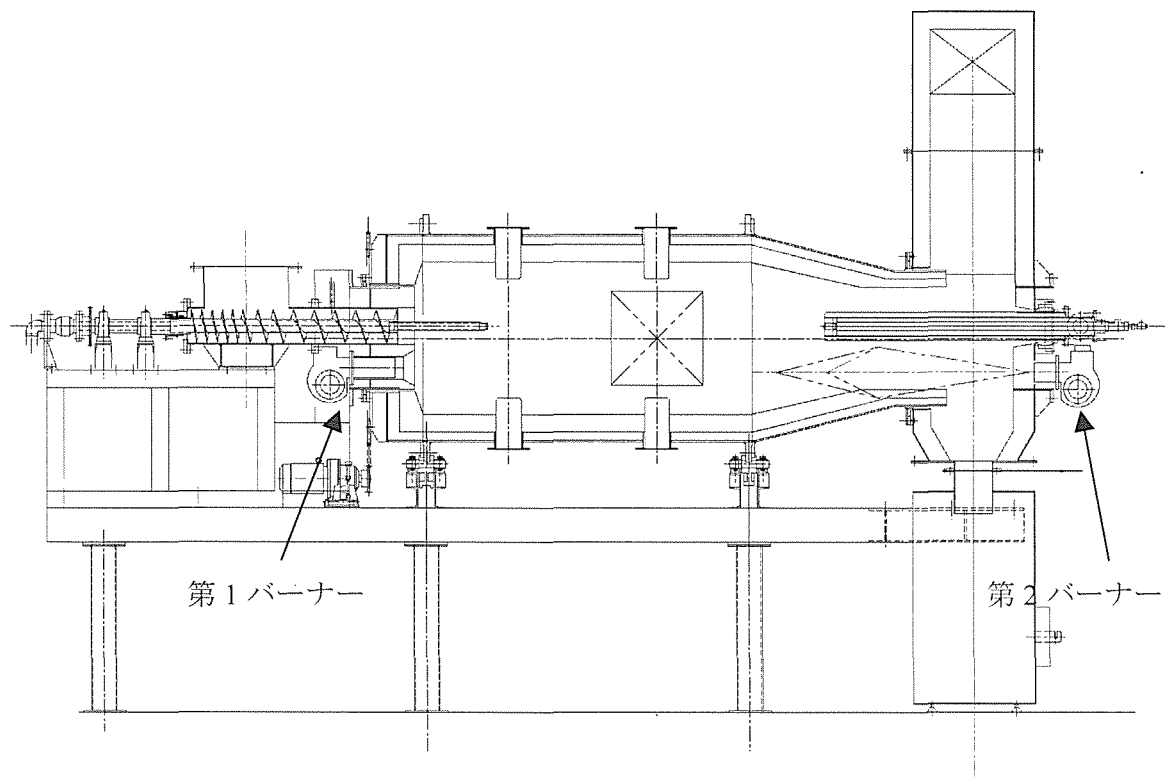


図8 改良キルン図

(3) 燃焼空気供給量の制御方法の検討

炉内温度を感知し燃焼空気投入ブロワーの回転数を増減させ空気供給量の増減を図る。  
(過剰空気率のコントロール)

(4) 排気ガス排出量の制御方法の検討

炉内静圧を $-3\text{mmAq}$ ～ $-5\text{mmAq}$ に安定させる為に、炉内温度の傾向を見ながら負静圧の値を決め、吸引ブロワーをコントロールする。

6.2 環境問題への対応

排気ガス排出によるばいじんその他の対応

排熱ボイラーを付け、排気ガス温度を下げるのと、空気を取り入れ急激に温度を $200^{\circ}\text{C}$ まで下げダイオキシン類の再発生を抑制する。

ばいじんについては完全燃焼するためにほとんど出ないが、サイクロンにて採取する。今後の規制を考慮しサイクロンの後にバグフィルターにて採取することを計画する。

## 7. 今後の対応

### 7.1 施工性の改良

本試験の小型焼却炉は24時間（3日間）で組み立て、据付が完了。基礎工1日、建て屋1日の日数を要した。またメーカーでの組み立てに2ヶ月を要する。従来型焼却炉（定床式焼却炉）の場合と比較すれば短期間での据付となる。

本炉には、雨除けカバーが付いていない状態なので、建て屋を作成したが本体にカバーを付ければ更に工期が短縮される。

### 7.2 排出ガスの利用

完全燃焼炉であるから排熱の有効利用のため排出ガスを木材乾燥炉に供給する。これにより少量なりとも地球温暖化を防ぐ策とする。

排出ガス温度は160～180℃もあり、乾燥炉に排出ガスを供給し乾燥炉の温度を上げるのに利用また蒸気にて乾燥炉の湿度を調整すれば、徳島独自の乾燥炉が出来上がる。

乾燥炉に排出ガスを用いるには完全に焼却できた排出ガス、ばいじんを除去した排出ガスが重要な条件である。利用する排出ガスにばいじん等が含まれておれば乾燥材の木肌の変色が出る。

板材等、乾燥条件の比較的管理範囲の広い乾燥には使用できると思われる。今後の課題として研究しなければならない。

### 7.3 木屑完全燃焼炉の特長

(1) 形状・寸法・発熱量・含水率が大幅に異なる木質バイオマスを定常連続的、安全且つ完全に燃焼でき、水蒸気発生に要する高温の燃焼ガス発生が横型回転方式の試験炉にて得られた。

(2) 本炉で連続運転の場合、焼却灰、飛灰とも炉外（灰受け箱）に排出されるので、灰が過熱され炉内に焼着する事は無かった。

定床炉では場合により部分的に過熱部分が発生し灰の焼着する事があり、長期連続運転が困難である。

(3) 一般的に固定炉においては局部過熱による灰の焼着を防止するため、水冷管または水冷壁を用いるが、これは水蒸気発生に使用されるべき熱量を温水の形で浪費している。

本炉では冷却要因として回転炉、2次燃焼室から熱の放散以外には熱のロスが無く、水蒸気発生量は固定炉より大きい。

## 8. 特筆すべき成果

(1) 焼却炉据付現場での施工が短時間にて据付可能である。

(2) 輸入木材には海水による塩分が含まれているが、高温にて焼却するのでダイオキシン類の排出が抑制された。

(3) 回転炉の特長である炉内耐熱キャストブル上を焼却灰が移動するため内部温度が1000℃以上になっても耐熱キャストブルに焼却灰が焼着しなかった。

(4) 廃棄物処理経費が次のように軽減できる。

廃棄物を産業廃棄物処理業者に委託し、乾燥機を重油燃料にて稼働させている場合は、本自燃複合装置を導入することにより、次の経費節減が可能になる。

廃棄物処理能力 50kg/h の場合は、年間 1,694,544 円の経費節減

廃棄物処理能力 100kg/h の場合は、年間 10,594,944 円の経費節減

廃棄物処理能力 200kg/h の場合は、年間 33,243,936 円の経費節減

試算例①：廃棄物処理能力 50kg/h の場合

		電気容量
小型燃焼炉	1,500 万円	13.15kW
粉砕機	300 万円	30kW
蒸気発生装置	300 万円	
サイロ設置(80 m <sup>3</sup> )	400 万円	
付帯設備及び工事費	300 万円	
経費	50 万円	
その他		5kW
計	2,850 万円	48.15kW

焼却炉 30 日稼働、使用電気料

$(13.15 + 5) \text{ kW} \times 24\text{h} \times 30\text{d} \times 16 \text{ 円/kWh} = 209,088 \text{ 円}$

粉砕機 22 日稼働、1 日 10 時間稼働

$30\text{kW} \times 10\text{h} \times 22\text{d} \times 16 \text{ 円/kWh} = 105,600 \text{ 円}$

$209,088 \text{ 円} + 105,600 \text{ 円} = 314,688 \text{ 円}$

$314,688 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 3,776,256 \text{ 円}$ -----年間電気料

保守点検

$100,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 1,200,000 \text{ 円}$

$1,200,000 \text{ 円} + 3,776,256 \text{ 円} = 4,976,256 \text{ 円}$ -----年間ランニングコスト (A)



小型焼却炉をリース契約とするとリース料(72ヶ月リース)

$28,500,000 \text{ 円} \times 0.017 = 484,500 \text{ 円}$

$484,500 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 5,814,000 \text{ 円}$ -----年間リース料 (B)

蒸気量から  $20 \text{ m}^3$  の乾燥炉が可能

廃棄物を産業廃棄物処理業者に委託処理費

月間

$50\text{kg} \times 24\text{h} \times 30 \text{ 日} = 36,000\text{kg}$ -----月間処理量

処理費  $1\text{kg} = 20 \text{ 円}$

$36,000\text{kg} \times 20 \text{ 円} = 720,000 \text{ 円}$

年間

$720,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 8,640,000 \text{ 円}$ -----年間委託処理費

重油を燃料にし、 $20 \text{ m}^3$  の乾燥炉ボイラーを稼働させると

$267\text{L} \times 40 \text{ 円} \times 30 \text{ 日} = 320,400 \text{ 円}$

$320,400 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 3,844,800 \text{ 円}$

廃棄物処理費、乾燥炉ボイラーの重油費で

$8,640,000 \text{ 円} + 3,844,800 \text{ 円} = 12,484,800 \text{ 円}$ ----- (C)

年間廃棄物処理費、重油費 (C) より焼却炉使用電気料と保守点検費 (A)、リース料 (B) を引くと

$12,484,800 \text{ 円} - 4,976,256 \text{ 円} - 5,814,000 \text{ 円} = 1,694,544 \text{ 円}$ -----年間の経費削減

計算例②：廃棄物処理能力  $100\text{kg/h}$  の場合

		電気容量
小型燃焼炉	3,000 万円	13.15kW
粉碎機	400 万円	30kW
蒸気発生装置	300 万円	
サイロ設置(80・)	400 万円	
付帯設備及び工事費	400 万円	
経費	100 万円	
その他		5kW
計	4,600 万円	48.15kW

焼却炉 30 日稼働、使用電気料

$(13.15 + 5) \text{ kW} \times 24\text{h} \times 30\text{d} \times 16 \text{ 円/kWh} = 209,088 \text{ 円}$

粉碎機 22 日稼働、1 日 10 時間稼働

$30\text{kW} \times 10\text{h} \times 22\text{d} \times 16 \text{ 円/kWh} = 105,600 \text{ 円}$

$209,088 \text{ 円} + 105,600 \text{ 円} = 314,688 \text{ 円}$

$314,688 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 3,776,256 \text{ 円}$ -----年間電気料

保守点検

$100,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 1,200,000 \text{ 円}$

$1,200,000 \text{ 円} + 3,776,256 \text{ 円} = 4,976,256 \text{ 円}$ -----年間ランニングコスト (A)

小型焼却炉をリース契約とするとリース料(72 ヶ月リース)

$46,000,000 \text{ 円} \times 0.017 = 782,000 \text{ 円}$

$782,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 9,384,000 \text{ 円}$ -----年間リース料 (B)

蒸気量から乾燥炉  $40 \text{ m}^3$  が可能

廃棄物を産業廃棄物処理業者に委託処理費

月間

$100\text{kg} \times 24\text{h} \times 30 \text{ 日} = 72,000\text{kg}$ -----月間処理量

処理費  $1\text{kg} = 20 \text{ 円}$

$72,000\text{kg} \times 20 \text{ 円} = 1,440,000 \text{ 円}$

年間

$1,440,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 17,280,000 \text{ 円}$ -----年間委託処理費

重油を燃料にし、 $40 \text{ m}^3$  の乾燥炉ボイラーを稼働させると

$533\text{L} \times 40 \text{ 円} \times 30 \text{ 日} = 639,600 \text{ 円}$

$639,600 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 7,675,200 \text{ 円}$

廃棄物処理費、乾燥炉ボイラーの重油費で

$17,280,000 \text{ 円} + 7,675,200 \text{ 円} = 24,955,200 \text{ 円}$ ----- (C)

年間廃棄物処理費、重油費 (C) より焼却炉使用電気料と保守点検費 (A)、リース料 (B) を引くと

$24,955,200 \text{ 円} - 4,976,256 \text{ 円} - 9,384,000 \text{ 円} = 10,594,944 \text{ 円}$ -----年間の経費削減

計算例③：廃棄物処理能力 200kg/h の場合

		電気容量
小型燃焼	4,000 万円	13.6kW
粉碎機	400 万円	30kW
蒸気発生装置	400 万円	
サイロ設置(80 m <sup>3</sup> )	400 万円	
付帯設備及び工事費	400 万円	
経費	100 万円	
その他		5kW
計	5,700 万円	48.6kW

焼却炉 30 日稼働、使用電気料

$$(13.6 + 5) \text{ kW} \times 24\text{h} \times 30\text{d} \times 16 \text{ 円/kWh} = 214,272 \text{ 円}$$

粉碎機 22 日稼働, 1 日 10 時間稼働

$$30\text{kW} \times 10\text{h} \times 22\text{d} \times 16 \text{ 円/kWh} = 105,600 \text{ 円}$$

$$214,272 \text{ 円} + 105,600 \text{ 円} = 319,872 \text{ 円}$$

$$319,872 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 3,838,464 \text{ 円} \text{-----年間電気料}$$

保守点検

$$100,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 1,200,000 \text{ 円}$$

$$1,200,000 \text{ 円} + 3,838,464 \text{ 円} = 5,038,464 \text{ 円} \text{-----年間ランニングコスト (A)}$$

小型焼却炉をリース契約とするとリース料(72 ヶ月リース)

$$57,000,000 \text{ 円} \times 0.017 = 969,000 \text{ 円}$$

$$969,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 11,628,000 \text{ 円} \text{-----年間リース料 (B)}$$

蒸気量から乾燥炉 40 m<sup>3</sup>×2 室が可能

廃棄物を産業廃棄物処理業者に委託処理費

月間

$$200\text{kg} \times 24\text{h} \times 30 \text{ 日} = 144,000\text{kg} \text{-----月間処理量}$$

処理費 1kg=20 円

$$144,000\text{kg} \times 20 \text{ 円} = 2,880,000 \text{ 円}$$

年間

$$2,880,000 \text{ 円} \times 12 \text{ 月} = 34,560,000 \text{ 円} \text{-----年間委託処理費}$$

重油を燃料にし、40 m<sup>3</sup>の乾燥炉2室のボイラーを稼働させると

533L×40円×30日×2室=1,279,200円

1,279,200円×12月=15,350,400円

廃棄物処理費、乾燥炉ボイラーの重油費で

34,560,000円+15,350,400円=49,910,400円----- (C)

年間廃棄物処理費、重油費 (C) より焼却炉使用電気料と保守点検費 (A)、リース料 (B) を引くと

49,910,400円-5,038,464円-11,628,000円=33,243,936円-----年間の経費削減

#### 9. 試験調査委員会 委員

委員長	友竹 正明	徳島県木材協同組合連合会	事業部長
		財団法人日本住宅・木材技術センター	地域技術相談員
委員	吉本 俊夫	株式会社アルボレックス	技術部部長
委員	阪井 茂美	徳島県木の家づくり協会	技術顧問
委員	仁木 龍祐	徳島県農林水産総合技術センター	主任専門技術員
委員	今瀬 亘	元徳島県保健環境センター次長	
		エネルギー(熱)管理士 環境計量士 大気関係第一種公害防止	
		管理者 水質関係第一種公害管理者 騒音関係公害防止管理者	
		振動関係公害防止管理者	

#### 10. 技術者

主任技術者	吉本 俊夫	株式会社アルボレックス	技術部部長
技術者	萩野 雅章	株式会社アルボレックス	工場長
技術者	森 修	株式会社アルボレックス	製造部課長

#### 11. 他からの指導又は協力事項

國井 大蔵	東京大学工学部	名誉教授	木質系廃材の熱利用について
今瀬 亘	試験調査委員		排ガス中のばいじん量測定

#### 12. 参考文献

- 1) 寺沢真：木材工業 VOL.15、No.7、39-43(1960)
- 2) 乾燥手帳：日本木材乾燥施設協会 (2001)