

# 木質系廃棄物の最適炭化による再資源炭有効活用システムの開発

## 1. 研究開発の概要

農業用水系由来の木質系廃棄物は、野焼き等の焼却処理が禁止となり、その処分に困窮しているのが現状である。これら木質系廃棄物を発生地点において用途別に炭化を制御して炭化することで、減容の効果があると共に、有効な資源としての再構築が可能である。

「再資源炭化及び利用技術」の構築・活用を図り、新しい農業農村整備技術の確立につなげる事ができる。

## 2. 導入効果

- 1) 木質系廃棄物の炭化による減量, 環境保全効果
- 2) 再資源炭の土壌改良材, 水質浄化材等への活用効果

## 3. 研究開発期間

平成11年度～平成13年度

## 4. 研究体制

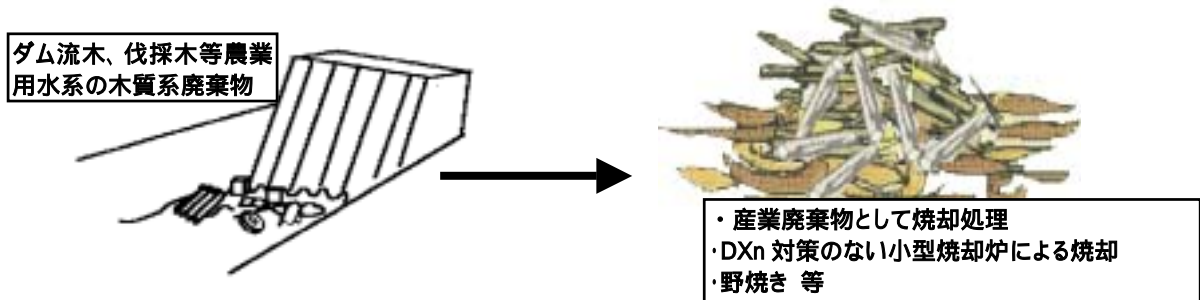
組 合: 株式会社荏原製作所, 株式会社DAITO

農業工学研究所: 農地整備部畑整備研究室

## 5. 従来技術との比較

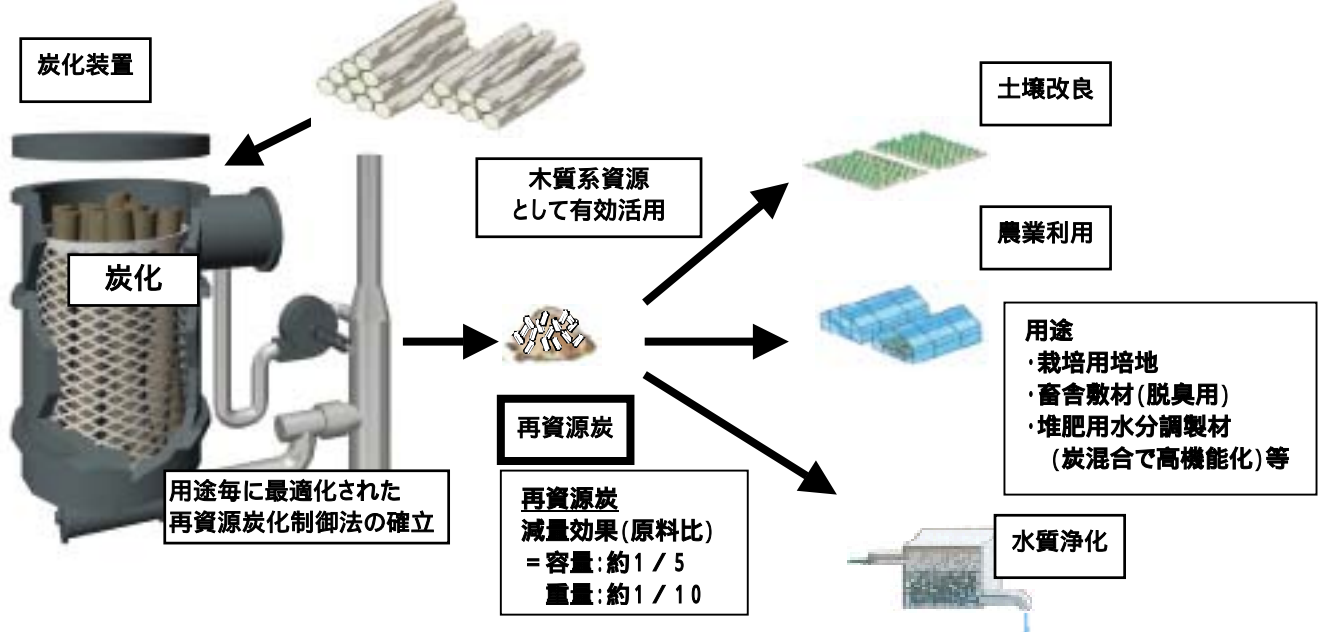
### 1) 従来技術

農業・農村事業で排出される木質系廃棄物のほとんどが産業廃棄物として処理されている状況であり、ダイオキシン等による処理規制が厳しくなっている現状でその処理費用も上昇傾向にある



### 2) 新技術

農業・農村事業で排出される木質系廃棄物のうち、伐採木や流木等を適当に切断した後、固定床バッチ式炭化装置により再資源炭化を行う。再資源炭の用途により炭化材料の乾燥時間や温度上昇条件、外気導入条件を制御することで、生成する炭化物の特性を変えることが可能である。



## 新技術開発の成果

### 1. 新技術開発の概要

農業用水系由来の木質系廃棄物を再資源炭化し、農村部等の地域で有効利用するシステムを開発することを目的とする。

木質系廃棄物を発生地点で炭化することで、減容の効果があると共に、用途別に炭化を制御して有効な資源としての再構築が可能である。また、このシステムを持続的に運営・活用するための社会システム等の検討も合わせて実施する。

### 2. 新技術開発の背景

木質系廃棄物等の処理において、野焼き等の焼却処理がダイオキシン問題等の影響で禁止となり、その処分に困窮しているのが現状である。

本開発事業において、これらを木質系資源として炭化後、有効利用する「再資源炭システム」を構築する。また、本開発事業で「再資源炭」の主な用途である土壌改良、水質浄化等の効果を、再資源炭の炭化特性と比較しながら検証することで「再資源炭化及び利用技術」の活用を図り、新しい農業農村整備技術の確立につなげる事ができる。

### 3. 新技術開発の実施成果

#### 3 - 1. 再資源炭の最適炭化制御法の確立

本新技術開発で開発した再資源炭化装置は、温度制御用に加熱バーナを装備した熱風発生装置により炭化装置内に導入する熱量を制御するほか、二次燃焼室の熱を炭化室内へ循環導入できる構造を有する。炭化時の空気量は、装置壁に上部・下部に設けた導入口及び循環ファン手前の外気導入口のバルブを制御して調整する。その全体構成を図1に、基本フローを図2に示す。

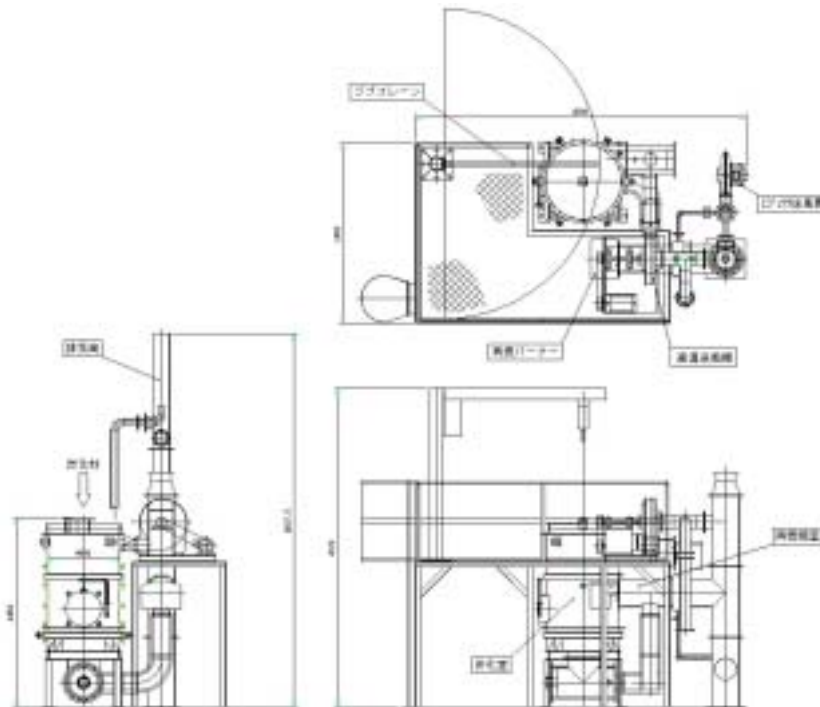


図1 再資源炭化装置の全体構成

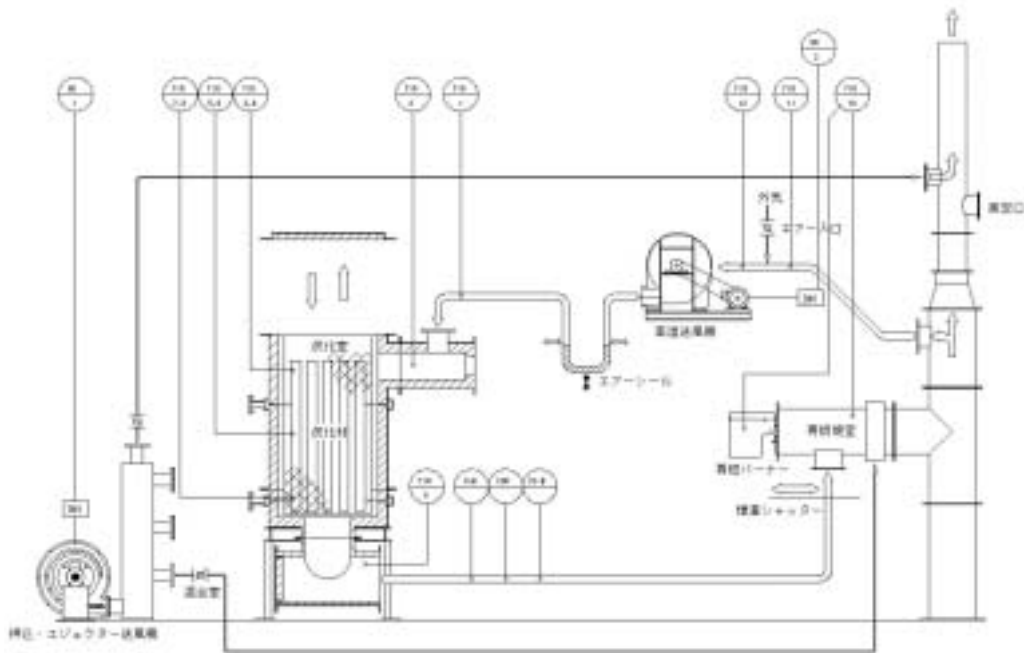


図2 再資源炭化装置の基本フロー

炭化室内に導入された炭化材料(試験では主にナラ材を使用)は、まず二次燃焼室(図では再燃焼室)で発生する熱風を高温送風機で炭化室内に導入することで乾燥工程に入る。材料が乾燥した後は、風量を絞った状態で燃焼ガスを循環させ炭化を進行させるシステムである。必要に応じて高温送風機手前の外気導入用ダンパの開度により炭化室内へ導入する空気量を調節する。

炭化終了時は、炭化室内への空気の漏れ込みを防止する為、二次燃焼室(図では再燃焼室)入口部のシャッターを手動で閉止すると共に高温送風機出口部のU字管部を水封する。

また二次燃焼室(図では再燃焼室)の着火バーナは高燃焼と低燃焼の切り替え型を採用し、炭化開始後は着火バーナを低燃焼側に切り換えることで、炭化時に発生する可燃性ガスが持つ熱量を有効に利用する事が可能となり、高燃焼時のバーナ燃料使用量が11.8L/hrに対し低燃焼時は4.2L/hrとバーナの燃料使用量を削減することができる。

全体写真を写真1、二次燃焼ガスの循環部を写真2、炭化の状況を写真3それぞれに示す。



写真1 再資源炭化装置の構成全景



写真2 燃烧ガス循環部



原料投入状況



炭化後の状態



炭化物取り出し状況

写真3 再資源炭化装置による炭化状況

本装置では、炭化試験により得られたデータを検討した結果を基に、炭化制御の自動化が可能である。自動化の内容は、以下の通りである。

- 炭化材料を乾燥する工程の温度変化制御
- 乾燥工程から炭化工程への切り換えの判断
- 炭化工程時の再燃焼室バーナの低燃焼設定への切り換え
- 炭化工程時の温度変化制御
- 炭化工程終了の判断

これらを設定した自動化チャートを図3に示す。この自動化の実現により、必要な制御条件を入力した後は、乾燥から炭化まで一貫した自動運転が可能である。

本再資源炭化装置は、現場での実証へ適用できるように、材料の取り出し等を考慮した機器を整備した。

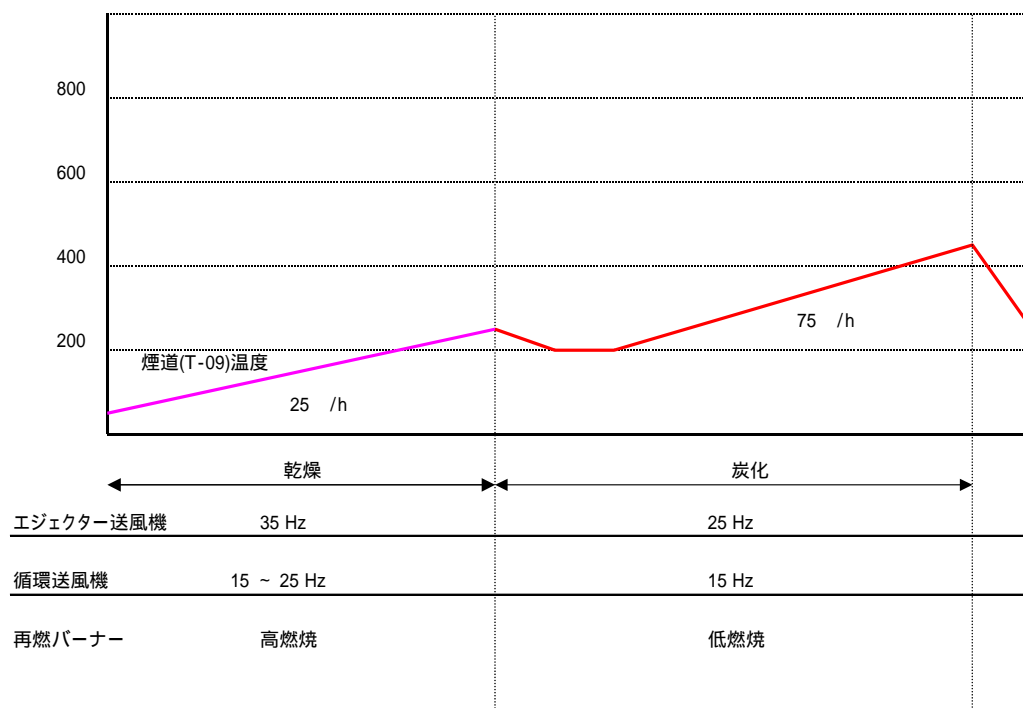


図3 試験炭化装置 自動化チャート

### 3 - 2 . 再資源炭の有効性及び安全性の検証

#### (1) 有効性の検証

再資源炭化装置で得られた炭化物をそれぞれ分析した結果の各特性を比較したグラフを図4～図5に示す。

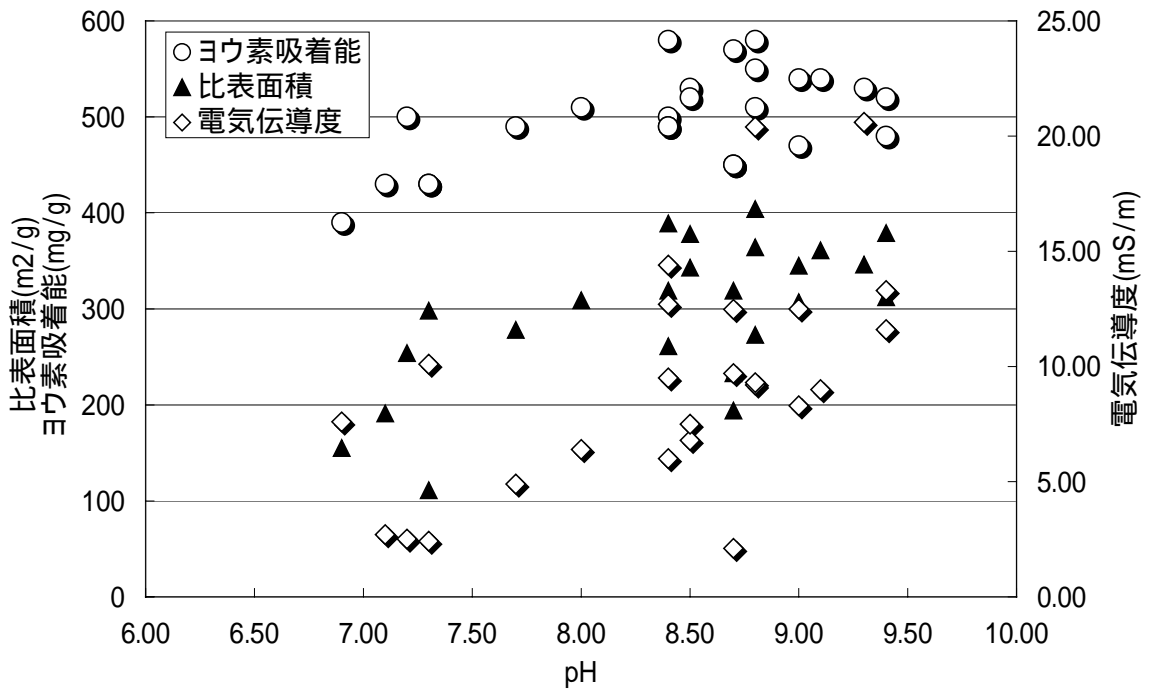


図4 試験装置による炭化物のpH、比表面積、ヨウ素吸着能、電気伝導度の関係

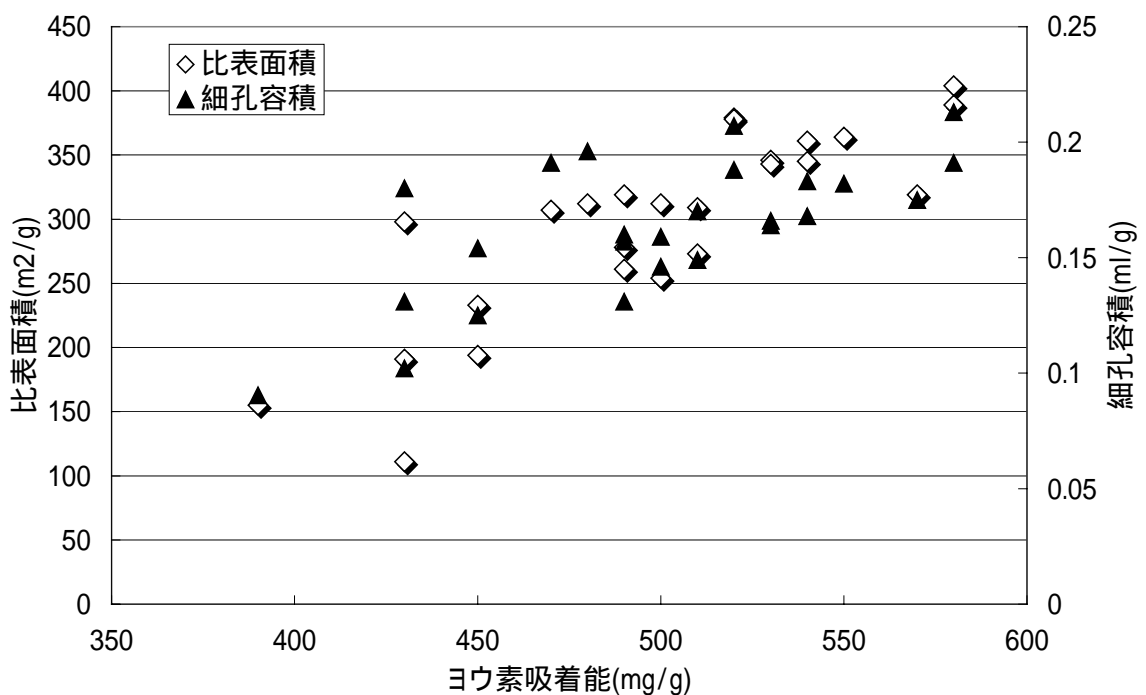


図5 試験装置による炭化物のヨウ素吸着能、比表面積、細孔容積の関係

以上の結果から判るように、炭化の条件制御を変えることで炭化温度を変化させることに相当した炭化物の製造が可能となっており、先に述べた自動化の設定条件に、温度変化値、外気導入方法、炭化終了温度等を設定することで、希望の制御が可能である。

(2)安全性の検証

再資源炭化装置による炭化物の重金属含有量およびその溶出分について分析した結果を表1に示す。表2に示す埋立基準を参考にした規制値から判るとおり、試験に用いた材料が純木材であるため、含有量、溶出量共に問題はみられない。本事業で対象とする農業農村整備事業由来の木質系廃棄物が主に伐採木等の純木であることから、重金属等有害物の問題は少ないと考えられる。

含有量試験 (mg/kg)	サンプルA	サンプルB	サンプルC	サンプルD	サンプルE	サンプルF
Hg	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満
As	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
Cd	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
Ni	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
Cr	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
Pb	1未満	1未満	2	2	1未満	1未満
Zn	10	16	44	51	24	10
Fe	12	38	49	78	32	19

溶出試験 (mg/L)	サンプルA	サンプルB	サンプルC	サンプルD	サンプルE	サンプルF
Cd	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満
Pb	0.03未満	0.03未満	0.03未満	0.03未満	0.03未満	0.03未満
As	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満
CN	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満
Hg	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満
有機リン	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満

表1 試験装置で得られた炭化物の重金属含有量及び溶出量の分析結果



関係法令		法令 <sup>1)</sup>		
項目	処分の方法	埋立処分		海洋投入処分
	主な関係条文	第1条 <sup>4)</sup> 別表1	第3条 <sup>4)</sup> 別表1、 5、6	第2条 <sup>4)</sup> 別表2
	主な対象物	燃え殻、ばいじん 汚泥	燃え殻、ばいじん 汚泥とその処理	有機性汚泥
	検定方法の区分 (単位)	溶出(mg/l)	溶出(mg/l)	含有(mg/kg)
	アルキル水銀	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
	水銀又はその化合物	0.005	0.005	0.025
	カドミウム又はその化合物	0.3	0.3	0.1
	鉛又はその化合物	0.3	0.3	1
	有機りん化合物	1	1	1
	六価クロム	1.5	1.5	0.5
	ヒ素又はその化合物	0.3	0.3	0.15
	シアン化合物	1	1	1
	銅又はその化合物	-	-	10
	亜鉛又はその化合物	-	-	20
	ベリリウム又はその化合物	-	-	2.5
	クロム又はその化合物	-	-	2
	ニッケル又はその化合物	-	-	1.2

表2 金属などを含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令(昭48総令5、改正平12総令1)、産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法(昭48環告13、改正平12環告78)

また、炭化時のガスを分析し、ダイオキシン類等の環境性の評価をした。得られた結果の一覧を表6に示す。

結果の表3から判る通り、表4～7に示す焼却炉を参考とした場合の規制値を下回っており、ダイオキシン類等に関する環境影響は少ないと考えられる。このうち硫黄酸化物は地域によってK値による規制があり、その最も厳しい値であるK=1.17の地域の許容濃度0.03m3N/hrに対して、表3の結果ではいずれも0.001 m3N/hr以下と問題はない。一酸化炭素の濃度が650～1200ppmと高いのは、炭化を優先にした条件で試験を行ったため、二次燃焼が充分でなかった可能性があるためと考える。製品化の際には、二次燃焼室の最適化を行うことで一酸化炭素濃度の低減は可能と考えている。

また、本事業のように純木材を炭化する場合は、塩素等の原因物質をほとんど含有しないため燃焼ガス800以上を保持しない場合に置いてもダイオキシン類の発生量が少ないことが判る。

測定項目			循環ファンによる空気導入試験時	炉壁ハルブによる外気導入試験時	2次燃焼室バーナが低燃焼時	2次燃焼室バーナが高燃焼時
排ガス量	実ガス	m3/h	1100	835	540	876
	湿り	m3N/h	282	252	182	251
ガス温度			783	622	530	675
ダスト濃度	実測値	g/m3N	0.015	0.0032	0.0079	0.0018
	換算値	g/m3N	0.011	0.0027	0.0059	0.0014
硫黄酸化物濃度	実測値	ppm	1.8	1.4	2.9	6.4
	換算値	ppm	-	-	2.1	5
窒素酸化物濃度	実測値	ppm	71	64	120	61
	換算値	ppm	62	59	92	49
塩化水素濃度	実測値	mg/m3N	5.7	2.9	4.3	3.8
	換算値	mg/m3N	5	2.8	3.2	3.1
一酸化炭素濃度	実測値	ppm	1500	610	930	1200
	換算値	ppm	1200	650	740	1000
酸素濃度			9.8	11.0	9	9.2
ダイオキシン類	実測値	ng/m3N	9.5	4.7	2.7	0.33
	換算値	ng/m3N	7.6	4.2	2	0.25
	毒性等量	ng-TEQ/m3N	0.14	0.079	0.046	0.000034

換算値は、標準酸素濃度12%換算

表3 炭化時のガス分析結果

物質名		規制の方式と概要
ばい煙	硫黄酸化物(SO <sub>x</sub> )	1) 排出口の高さ(He)及び地域ごとに定める定数Kの値に応じて規制値(量)を 許容排出量(Nm <sup>3</sup> /h) = K × 10 <sup>-3</sup> × He <sup>2</sup> 一般排出基準: K = 3.0 ~ 17.5 特別排出基準: K = 1.17 ~ 2.34 2) 季節による燃料使用基準 燃料中の硫黄分を地域ごとに設定。 硫黄含有率: 0.5 ~ 1.2%以下 3) 総量規制 総量削減計画に基づき地域・工場ごとに設定
	ばいじん	施設・規模ごとの排出基準(濃度) 一般排出基準: 0.04 ~ 0.7g/Nm <sup>3</sup> 特別排出基準: 0.03 ~ 0.2g/Nm <sup>3</sup>
有害物質	塩素(Cl <sub>2</sub> )、 塩化水素(HCl)	施設ごとの排出基準 塩素: 30mg/Nm <sup>3</sup> 塩化水素: 80, 700mg/Nm <sup>3</sup>
	窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> )	1) 施設・規模ごとの排出基準 新設: 60 ~ 400ppm 既設: 130 ~ 600ppm 2) 総量規制 総量削減計画に基づき地域・工場ごとに設定

表4 工場及び事業場から排出される大気汚染物質に対する規制方式とその概要(大気汚染防止法)

施設種類	規模	新設基準値			
		On	ばいじん		NO <sub>x</sub>
		(%)	(g/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	一般	特別
廃棄物焼却炉	4t以上	12	0.08	0.08	250 ~ 700
	2 ~ 4t	12	0.15	0.15	
	2t未満	12	0.25	0.25	

表5 ばいじんとNO<sub>x</sub>の排出基準値一覧(大気汚染防止法)  
(環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-6.html> より抜粋)

施設規模	基準値 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N)
火格子面積2m <sup>2</sup> 以上または 焼却能力200kg/hr以上 ~ 2,000kg/hr未満	5
焼却能力2,000kg/hr以上 ~ 4,000kg/hr未満	1
焼却能力4,000kg/hr以上	0.1

表6 ダイオキシン類濃度の基準(廃棄物の処理及び清掃に関する法律 省令65号)

施設規模	基準値 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N)	
火格子面積0.5m <sup>2</sup> 以上 ~ 2m <sup>2</sup> 未満または 焼却能力50kg/hr以上 ~ 200kg/hr未	排ガス	5
	ばいじん 及び燃えがら	3

表7 ダイオキシン類濃度の基準(ダイオキシン類特別対策措置法)

炭化物についても、サンプリングを行いダイオキシン類含有濃度の分析を行った。  
その結果を表8に示す。

表7のばいじん燃えがらの規制値との比較から判るとおり、各サンプル共に低い値であり、炭化物中のダイオキシン類濃度は問題ではない。

分析項目			サンプル1 循環	サンプル2 外気	サンプル3 外気
ダイオキシン類	実測値	pg/g	3.4	5.9	2.1
	毒性等量	pg-TEQ/g	0.00023	0.0049	0.00015

分析項目			サンプル4 循環	サンプル5 循環
ダイオキシン類	実測値	pg/g	4.6	2.9
	毒性等量	pg-TEQ/g	0.0057	0.0047

・サンプル1、4、5は循環ファンのみで空気導入  
・サンプル2、3は炉壁より外気導入

分析項目			2次燃焼室 バーナが 低燃焼時	2次燃焼室 バーナが 高燃焼時
ダイオキシン類	実測値	ng/g	0.086	0.12
	毒性等量	ng-TEQ/g	0.000011	0.000015

表8 試験装置で得られた炭化物中のダイオキシン類濃度  
(1 ng = 1,000 pg)

3-3. 再資源炭活用システムの構築

各農政局における建設副産物調査票平成12年度再生利用率調査を表9に示す。この表に基づき、建設木材の発生量とその再生利用量を抽出したものを表10に示す。建設リサイクル推進目標値が建設発生木材で70%(リサイクルプラン21の目標値)とされていることから、現在の再生利用率を目標値に到達させるために必要な利用量とその全てを再資源炭化した場合に得られる再資源炭の量を併せて表10に示した。

建設副産物調査票-平成12年度再生利用率調査

農政局名	建設副産物発生量(1)発生						建設副産物発生率・割合関係					
	木材	コンクリート	鉄筋	石膏ボード	その他	合計	木材	コンクリート	鉄筋	石膏ボード	その他	合計
東北農政局	1,894,263	1,765,184	221,821	21,896	21,821	4,925,885	38.5%	35.8%	4.5%	0.4%	0.4%	80.0%
関東農政局	961,853	168,658	11,850	41,588	11,130	1,295,079	74.3%	12.9%	0.9%	3.0%	9.9%	91.1%
北陸農政局	831,821	852,388	203,882	24,874	21,130	1,933,015	42.8%	44.1%	10.5%	1.3%	1.3%	60.0%
東海農政局	955,490	24,890	113,960	41,130	11,130	1,146,500	83.4%	2.1%	9.7%	0.9%	4.9%	97.0%
近畿農政局	1,436,109	1,232,922	308,914	45,127	21,130	2,943,202	48.8%	41.8%	13.7%	2.4%	2.4%	79.1%
中国四国農政局	431,725	205,122	97,471	44,877	3,102	782,297	55.2%	26.2%	12.4%	0.5%	0.5%	94.8%
九州農政局	1,271,843	1,046,222	225,471	25,124	24,981	2,593,641	49.0%	40.5%	9.7%	0.7%	0.7%	80.6%
合計	8,091,881	7,292,221	1,211,841	308,121	113,890	17,018,014	47.5%	44.2%	13.2%	1.7%	1.7%	70.0%

注1 建設副産物発生率・割合関係は、木材、コンクリート、鉄筋、石膏ボード、その他を合計した割合を示す。

建設副産物	リサイクル目標	備考
建設発生木材	70%	
コンクリート	70%	
鉄筋	70%	
石膏ボード	70%	
建設発生廃棄物	40%	
建設発生廃棄物	70%	
建設発生廃棄物	80%	

表9 各農政局における建設副産物調査票 平成12年度再生利用率調査結果

この表によると、各農政局レベルで発生する建設木材の内、再資源炭として利用でき得る量は、平均して年間450トン程となる。これらの再資源炭可能な木材が、20%の収率で再資源炭として再生された場合、その用途を農地還元できる土壌改良材として見た場合は、その投入量を10a当たり2トンとすると、各農政局平均で年間4haの農地へ利用できる計算となる。

	建設木材発生量 (ton/年)	内再生資源利用量 (ton/年)	再利用率 (%)	再利用率70%に必要な利用量 (ton/年)	全量炭化した場合の再資源炭量 (ton/年)	2ton/10aで施用した場合の投入可能面積 (ha)
東北農政局	2,674	1,423	53%	449	90	4
関東農政局	969	18	2%	660	132	7
北陸農政局	512	64	13%	294	59	3
東海農政局	638	518	81%	-	-	-
近畿農政局	400	160	40%	120	24	1
中国四国農政局	2,685	599	22%	1,281	256	13
九州農政局	1,503	617	41%	435	87	4
合計	9,381	3,399	36%	3,168	634	32
平均	1,340	486	36%	453	91	5

表10 建設木材の再資源炭化利用可能量

このうち、東北農政局内の事業所別の調査結果を表11に示す。平成12年度にここで発生した建設木材は、合計512トン。内再利用率が、12.5%の64トンである。

平成12年度再生利用率調査結果 北陸農政局

I. 建設副産物利用(搬入) 関係調査結果

番号	調査事業所	建設副産物利用(搬入) 関係							
		土砂(m <sup>3</sup> )		砕石(t)		アスファルト混合物(t)		その他(t)	
		全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量
1	西濃原農業水利事務所	46,553	38,436	25,745	14,846	893	714	0	0
2	新堀開拓建設事業所	1,866	1,866	12,428	3,659	1,022	893	0	0
3	阿賀野川右岸農業水利事業所	8,432	425	26,236	2,034	801	446	1,166	1,166
4	佐渡農業水利事業所	0	0	53	0	27	0	0	0
5	柚崎周辺農業水利事業所	60,721	60,386	10,196	302	1,252	96	0	0
6	九頭竜川下流農業水利事業所	4,885	2,435	1,608	293	200	0	0	0
7	日野川用水農業水利事業所	661,242	659,646	93,701	1,151	306	170	0	0
8	白根樹園地防災事業所	11,264	2,369	1,660	313	139	0	1	1
9	富山農地防災事業所	0	0	1,466	753	323	323	0	0
10	石川農地防災事業所	37,008	20,688	2,819	0	300	300	0	0
11	奥知地溝帯農地防災事業建設所	495	0	5,752	1,506	0	0	0	0
12	上越土地改良建設事業所	19,365	16,347	24,218	0	6,910	6,772	567	567
	合計	851,851	802,598	205,882	24,674	12,176	9,714	1,734	1,734
	利用率		94.2%		12.1%		79.8%		100.0%

II. 建設副産物発生・搬出関係調査結果

番号	調査事業所	建設副産物発生・搬出関係											
		土砂(m <sup>3</sup> )		コンクリート塊(t)		アスファルト塊(t)		建設木材(t)		建設河泥(t)		建設混合廃棄物(t)	
		全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量	全発生量	内再生資源利用量
1	西濃原農業水利事務所	173,285	160,560	3,351	3,141	924	657	50	0	0	0	20	16
2	新堀開拓建設事業所	6,621	4,945	5,942	5,136	640	134	86	0	0	0	4	0
3	阿賀野川右岸農業水利事業所	42,466	3,621	7,604	7,604	1,220	669	81	0	0	0	30	14
4	佐渡農業水利事業所	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
5	柚崎周辺農業水利事業所	60,747	60,447	54	54	95	95	0	0	33	0	11	0
6	九頭竜川下流農業水利事業所	6,545	6,545	29	29	106	106	0	0	328	0	2	2
7	日野川用水農業水利事業所	672,556	672,556	856	848	1,088	1,088	195	46	29,799	29,799	1,482	0
8	白根樹園地防災事業所	19,976	2,889	1,040	1,040	0	0	18	18	0	0	49	23
9	富山農地防災事業所	1,777	1,479	314	175	25	21	1	0	0	0	27	0
10	石川農地防災事業所	9,790	8,464	1,384	491	276	267	46	0	0	0	0	0
11	奥知地溝帯農地防災事業建設所	0	0	1,250	1,250	0	0	0	0	0	0	0	0
12	上越土地改良建設事業所	18,310	17,388	255	12	103	95	35	0	562	476	109	0
	合計	1,012,073	938,892	22,079	19,760	4,484	3,152	512	64	30,722	30,277	1,734	55
	利用率		92.8%		89.6%		70.3%		12.5%		99.6%		3.2%

表11 北陸農政局における事業所別建設副産物調査票 平成12年度再生利用率調査結果

農政局レベルと同様に、再資源炭化によって再利用率の目標70%に到達させるとした場合の、再資源炭原料木材は、294トンとなる。この管内の12の事業所で見ただけの場合、1事業所平均は、年間約40トンの発生量であるが、事業所毎では1~195トンとばらつきが大きいのがわかる。

発生木材を再資源炭化する場合、その発生地点と炭化処理する地点をどこに置くかで必要とされる再資源炭化設備の規模が異なってくる。

農政局レベルで発生する木材を集中処理する場合は、表の最低値である年間400トンの木材を炭化処理できる設備規模においても、設備の稼働日数を年間250日とした場合、1.6トン/日の処理量となり、連続式炭化装置の導入が必要となる。図6、図7に連続式炭化装置の参考フロー図、配置図をそれぞれ示す。この場合、事業所-処理施設間の運搬や発生の季節変動等を考慮した広大なストックヤードの確保等、様々な対応課題が発生すると考えられる。

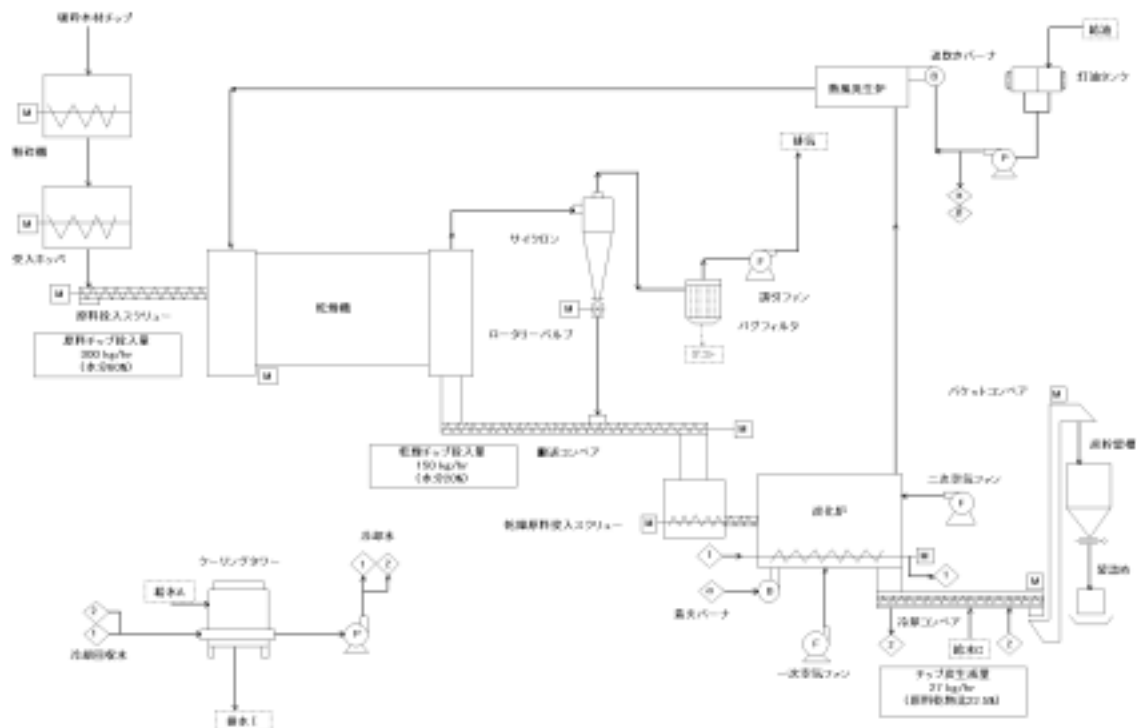


図6 連続式炭化装置の参考フロー図

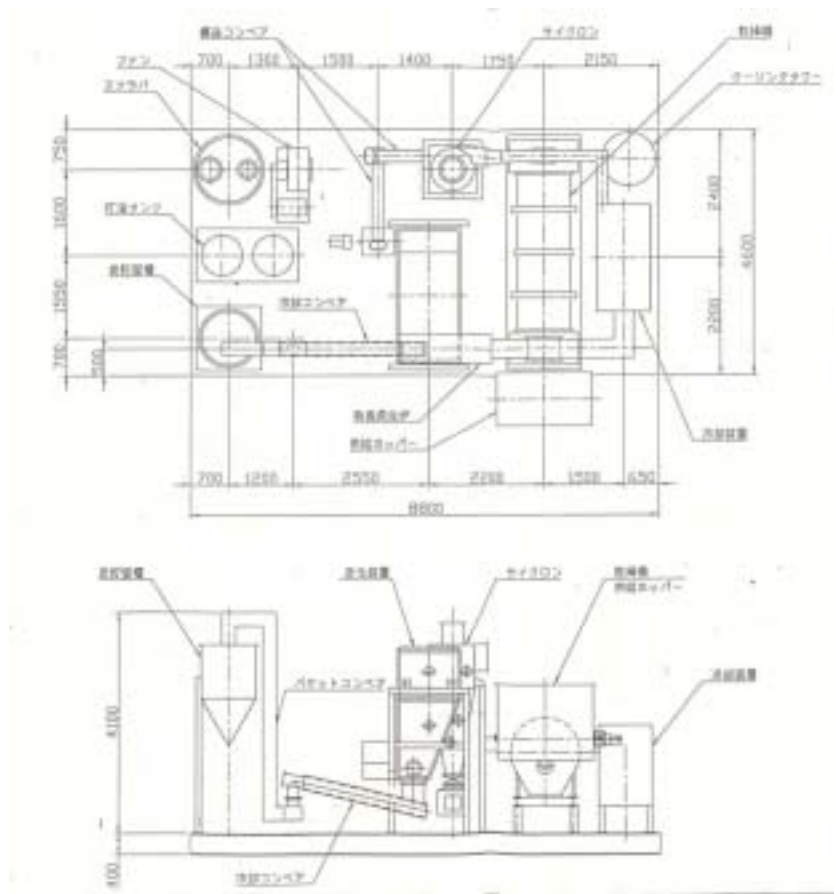


図7 連続式炭化装置の参考配置図

しかしながら、各事業所規模で見た場合、平均40トンの発生木材は、250日稼働の場合、約200kg/日の処理能力となるため、今回の事業で開発した固定床バッチ式の炭化装置で対応可能と考える。

農政局集中レベルの連続式炭化装置と各事業所レベルのバッチ式炭化装置の仕様をそれぞれ表12に示す。表12の連続式炭化装置は、伐採木処理を想定した乾燥設備付きの炭化装置であり、木材処理量300kg/hrにおいて、炭化物発生量と運転費用等を概算で算出した。

### 連続式炭化装置

#### 乾燥機

処理能力	300	kg/hr
水分率	60	%
水分蒸発量	150	kg/hr
乾燥用補助バーナ	20	L/hr(起動時)
使用時間	2	hr/day
乾燥用補助バーナ	10	L/hr(定常時)
使用時間	6	hr/day
消費電力	20	kW
稼働時間	8	hr/day

#### 炭化装置

処理能力	150	kg/hr
水分率	20	%
生成炭化物量	27	kg/hr
乾物比	23	%
着火用補助バーナ	10	L/hr
使用時間	1	hr/day
消費電力	5	kW
稼働時間	6	hr/day

#### 前処理: 破砕機

処理能力	1	ton/hr
消費電力	15	kW
使用時間	2	hr/day

消費電力料	220	kWh/day
燃料(灯油)消費量	110	L/day
木材処理量	2,400	kg/day
炭化物生成量	162	kg/day

稼働日数	250	day/year
木材処理量	600	ton/year
炭化物生成量	41	ton/year

運転費用	193	万円/year
電気料金	15	円/kWh
灯油単価	40	円/L

木材処理費として 0.32 万円/木材ton

### バッチ式炭化装置

#### 乾燥工程

処理能力	200	400	600	kg/回
水分率	60	60	60	%
水分蒸発量	120	240	360	kg/回
乾燥用熱風バーナ	11.8	22.8	30.4	L/hr
使用時間	8	8	8	hr/回
消費電力	3.3	4.7	7.8	kW
稼働時間	8	8	8	hr/回

#### 炭化工程

処理能力	80	160	240	kg/回
水分率	0	0	0	%
生成炭化物量	24	48	72	kg/回
乾物比	30	30	30	%
2次燃焼補助バーナ	4.2	9.5	11.4	L/hr
使用時間	4	4	4	hr/回
消費電力	3.3	4.7	7.8	kW
稼働時間	4	4	4	hr/回

前処理: 装置サイズに合わせて切断のみ

消費電力料	39.0	55.8	93.6	kWh/回
燃料(灯油)消費量	111.2	220.4	288.8	L/回
木材処理量	200.0	400.0	600.0	kg/回
炭化物生成量	24.0	48.0	72.0	kg/回

稼働日数	250	250	250	回/year
木材処理量	50	100	150	ton/year
炭化物生成量	6	12	18	ton/year

運転費用	125.8	241.3	323.9	万円/year
電気料金	15.0	15.0	15.0	円/kWh
灯油単価	40.0	40.0	40.0	円/L

木材処理費として	2.52	2.41	2.16	万円/木材ton
----------	------	------	------	----------

表12 連続炭化装置とバッチ式炭化装置の仕様比較



表12のバッチ式炭化装置は、各事業所の発生量に対応できるように、1回当たりの木材処理量を200kg/回、400kg/回、600kg/回の3パターンで検討した。各炭化装置の仕様を表13に、装置外形図を図8に示す。なお、バッチ式炭化装置の運転費用は、バーナによる8時間乾燥を行った高品質炭化対応時の運転で算出した。用途によりそれほど高い品質が必要ない場合は、短時間乾燥によりコスト低減を図った運転が可能となる。

処理量	200kg/回	400kg/回	600kg/回
炭化室容積(m3)	0.67	1.33	1.71
内カゴ寸法(mm)	680×1,000	1,000×1,000	1,000×1200
有効容積(m3)	0.36	0.79	0.94
装置外形寸法(mm)	4,300W × 2,450D × 4,200H	5,000W × 2,900D × 4,400H	5,000W × 2,900D × 5,000H
排気筒外径(mm)	220	290	360
排気筒高さ(m)	4.8	5.3	5.8
補助バーナー	0.25kW, 4.2～11.8L/h	0.25kW, 9.5～22.8L/h	0.4kW, 11.4～30.4L/h
循環送風機	1.5kW, 15m3/m, 0.49kPa(600 )	2.2kW, 30m3/m, 0.98kPa(600 )	3.7kW, 45m3/m, 0.177kPa(600 )
エジェクター送風機	1.5kW, 19m3/m, 2.45kPa	2.2kW, 24m3/m, 3.14kPa	3.7kW, 36m3/m, 3.77kPa
概算重量	3,500kg	5,000kg	6,500kg

表13 バッチ式炭化装置 処理量毎仕様比較表

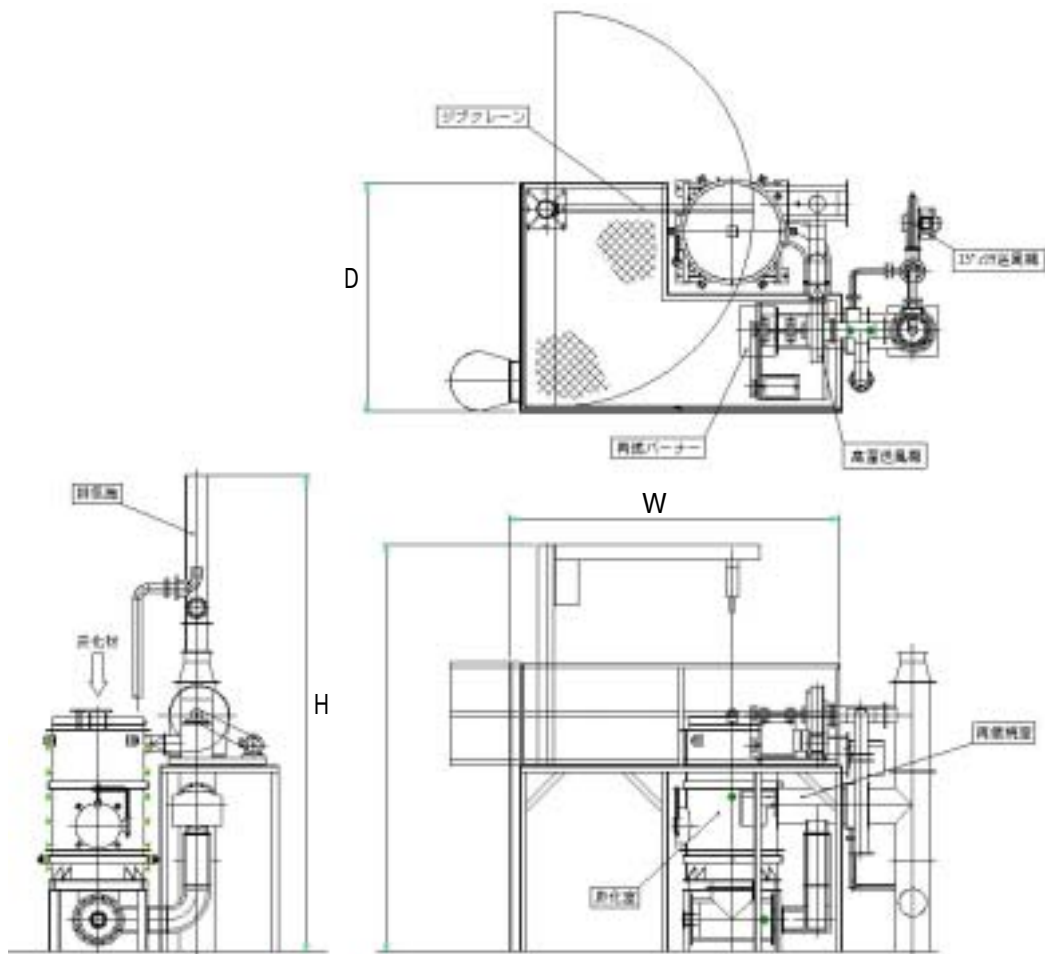


図8 バッチ式炭化装置 装置外形参考図

年間の処理能力の点で、連続式は低い運転費用で炭化処理が可能である、木材処理費として見た場合は大きな優位性がある。しかし、その設備費用が莫大となる他、前述したストックヤード等の解決課題も多い。また、連続式炭化炉の場合運転員を1名張り付ける必要もある。

これに対し、本事業で開発した固定床バッチ式の炭化装置の場合、木材処理量当たりの運転費(=木材処理費)としてみた場合は、処理能力の面で連続式に大きく劣るが、設備費用の面で桁違いの差があり、導入に際しての敷居が1段低くなると考える。また、連続式に比べて、炭化物の特性をある程度制御できることが本事業で開発した装置で見いだされたため、事業所毎に求められる用途に即した炭化物の製造が可能と考えられる。装置の運転も原料を投入した後は、送風ファン以外は稼働部がなく乾燥から炭化までが自動で完了するため、選任の運転員を張り付ける必要もない。

以上のように、再資源炭を有効利用する場合は、炭化の処理対象とする規模により、設備面で大きく異なるため、原料の発生量、集材方法、想定用途とその利用量を十分に検討した上で、大型連続式炭化装置もしくは、小型バッチ式炭化装置の選択を行う必要がある。

#### 4. 今後の課題と対応方針(導入に当たっての留意事項)

(1)本事業により炭化条件制御を行うことが可能な小型固定床バッチ式の再資源炭化装置を開発した。実用事業として導入するに当たっては、発生する木質廃棄物の量と用途および必要な炭化物特性を十分に検討し、実状に即した炭化炉の導入が必要と考える。

#### (2)再資源炭の活用法について

木質系廃棄物から得られた再資源炭を有効に利用するに当たっては、その用途に要求される炭化物の性能が明らかになることが必要であるが、現段階では、予備的な試験を通してその性能を評価する事が必要であり、炭化物の一般的な特性を持ってその性能を代表させることが困難な状況にある。今後公的機関に置いて継続的に用途毎に必要な炭化物特性の検証が必要と考える。

## 参考文献

- (1)「窒素及び空気雰囲気下で製造したトドマツ材炭化物の化学吸着とアンモニア吸着能」本間千晶他 木材学会誌 Vol46, No.4 (2000)
- (2)「流木炭化物の吸着特性」黒田他 用水と排水 Vol39, No.6 (1997)
- (3)「クロマツの炭化」新村孝善他 鹿児島県工業技術センター 研究報告第12号(1998)
- (4)「木炭の特性とその利用」谷田貝光克 木材工業 Vol.52 No.10(1997)
- (5)「土壌改良材等利用法に応じた木炭の適正」桑垣 整他 木炭と木酢液の新用途開発研究成果集
- (6)「木質系素材による環境浄化(1)-炭化物による内分泌攪乱化学物質の吸着-」金子直太他 第51回日本木材学会大会研究発表要旨集(2001)
- (7)「木質系素材による環境浄化(2)-炭化物等によるエチレンガスの吸着-」金子直太他 第51回日本木材学会大会研究発表要旨集(2001)
- (8)「炭 = 消臭・脱臭の仕組みを解き明かす」安部郁夫、炭の力 3, 2001
- (9)「木質系炭化物のホルムアルデヒド脱吸着」斉藤幸恵他 木材学会誌 Vol46, No.6 (2000)
- (10)「残廃木材炭による NOx の無害化変換および除去」、石原茂久、ECO INDUSTRY Vol.2 No.2 1997
- (11)「木炭を利用した小河川水の直接浄化」河野行雄他 長野県衛生公害研究所 研究報告 No.20 1997
- (12)「木炭・微生物の複合機能による水質浄化」堀克敏 ケミカル・エンジニアリング NO.9(1998)
- (13)「木炭粉の農業資材としての特性」北海道中央農業試験場(平成5年)
- (14)「木炭を生かす-床下調湿資材としての木炭の活用」(財)日本住宅・木材技術センター
- (15)「再資源炭(1)-製造と利用による資源循環システムの展望-」山岡他 農業土木学会講演会講演要旨集(1999)
- (16)「再資源炭(2)-土壌施用による改良効果の検討-」吉田他 農業土木学会講演会講演要旨集(1999)
- (17)「森林環境に対する酸性雨の影響(V) スギ炭の硝酸イオン吸着能について」諫本他 大分県林業試験場研究時報 No.25(1998)
- (18)「木炭の孔隙特性が硝酸イオンの保持機能に及ぼす影響」森他 日本土壌肥料学会雑誌 vol.72 No.5(2001)
- (19)「土壌改良材としての炭の効用」小川眞 農業開発のための技術情報 持続的な自立発展性を求めて 第1集(平成8年)
- (20)「ダム流木炭を利用した農業用資材の研究開発」三谷敏博 R&D News Kansai 11(2000)
- (21)木材工業ハンドブック