

5-1. 木質バイオマスを利用した高機能活性炭、
バイオオイル、バイオガス製造技術開発事業

株式会社G E C

事業名： 木質バイオマスを利用した高機能活性炭、バイオオイル、バイオガス製造技術開発事業

事業者名： 株式会社 GEC
共同実施者：株式会社 佐藤木材

1. 事業概要

1-1. 事業の実施目的

現在、日本の森林の木質バイオマスのほとんどが未利用になっている。この未利用の木質バイオマスの有効活用により、地球温暖化や廃棄物への対策に繋がることが期待されている。さらに、原材料調達や木質バイオマス加工・利用施設など新たな産業での雇用促進が図られ、山村地域の活性化にも貢献することができる。

本事業の目的は、(株) GEC が開発した活性炭製造技術を生かして、木質バイオマスから高機能活性炭、バイオオイル、バイオガスを製造する木質バイオマスインテグレートシステム (B-i システム) を実証することにある。

B-i システムは、次の装置から構成されている。

- ・ 高機能活性炭製造装置
- ・ 木質に含まれる水分より水を製造する装置
- ・ 乾留ガスからのバイオオイル製造装置
- ・ 賦活ガスからの水素改質装置

各装置を利用した、本事業の目標と効果は次のとおりである。

- ・ 高機能活性炭を製造する装置 :
 - 1) 高機能活性炭を製造する装置については、比表面積 $1550 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上、全細孔容量 $0.8 \text{ cm}^3/\text{g}$ 以上、メソ孔細孔容積 $0.1 \text{ cm}^3/\text{g}$ 以上、平均細孔幅 1.80 nm 以上の活性炭を連続製造する。
 - 2) 活性炭製造方法は、乾燥、炭化、賦活工程を経るが、木質バイオマスの種類毎の特性によって、運転条件が異なってくる。安定的に連続して高機能活性炭を製造する最適条件 (温度、圧力、時間、流量 (投入量、炭化量)、収率) を実証する。
 - 3) 収率を向上させる
現状では、炭化炉においては、原材料に対して収率 30 % であるが、35 % を目指す。また、賦活炉においては、8 % であるが、10 % を目指す。
- ・ 木質に含まれる水分より水を製造する装置 :
 - 1) 木質バイオマスは、水分を 50 % 以上含んでいる。乾燥工程で水蒸気が発生する。この水蒸気を凝縮器に導き凝縮させて水を製造する。この水は、このシステム内のボイラーの供給水として利用する。

	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオオイル製造装置の製作 ・水素改質装置の製作 ・各構成機器の製作 <ul style="list-style-type: none"> ・熱交換器（凝縮器） ・各ポンプ ・架台の製作 ・制御盤製作 	
ステップ 3 (運転)	<p>【B - i システムの運転】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・B - i システムの運転方法の確立 ・B - i システムの運転データ収集 <ul style="list-style-type: none"> ・各温度 ・各圧力 ・各流量 ・活性炭の量 ・データ解析 ・データ整理 	<ul style="list-style-type: none"> ・B - i システムの運転技術のノウハウ ・(株) G E C のデータ集録技術、解析能力
ステップ 4 (分析)	<p>【活性炭の分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・活性炭の分析技術の確立 <ul style="list-style-type: none"> ・比表面積 ・全細孔容積 ・メソ孔細孔容積 ・平均細孔幅 等 <p>【水の分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水の分析技術の確立 <ul style="list-style-type: none"> ・残留窒素 <p>【バイオオイルの分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バイオオイルの分析技術の確立 <ul style="list-style-type: none"> ・引火点 ・比重 ・硫黄分 ・留出温度 ・煙点 ・銅板腐食 等 <p>【水素の分析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素の分析技術の確立 <ul style="list-style-type: none"> ・水素純度 等 <p>・分析報告</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・分析技術のノウハウ
ステップ 5 (検証、問題点)	<p>【B - i システムの問題点、設計資料の作成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・B - i システムの問題点の洗い出し ・ステップ 1 ～ステップ 4 の結果を参照して問題点の抽出・解析 ・今後の B - i システムの設計資料の作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・B - i システムの設計製作技術、ノウハウ
ステップ 6 (将来展望・計画)	<p>【事業化への将来展望・計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・B - i システムの技術事業を通して、実証プラントを確立し、実用機へ展開 ・将来の B - i システムの増設計画案 	<ul style="list-style-type: none"> ・B - i システムの製作技術、ノウハウ

1-3. 実施項目の達成目標

活性炭は、以下の項目について調べる。

1. 炭化炉・賦活炉内温度の温度変化を調べる。
2. " と滞留時間との関係を調べる。
3. " と収率との関係を調べる。
4. " と比表面積、全細孔容積、メソ孔細孔容積、平均細孔幅との関係を調べる。
5. 木質の種類を変えて、上記1～4の関係を調べる。
6. 収率と炉内温度、滞留時間、比表面積、木質の種類と関係を調べる。
7. 最適な高機能活性炭を製造するための近似式を作成して、炭化炉・賦活炉の設計資料を構築する。

表 1.2 は、事業項目の達成度を示す。

表 1.2 事業項目の達成度

事業化する際の最終目標	当初達成目標 (H25/7～H25/9)	当初達成目標 (H25/10～H25/12)	当初達成目標 (H26/1～H26/3)	事業項目の達成度
目標 1: B - i システムの 建屋、設計、製作	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋の建設 (50%) ・B - i システムの完成 (50%) 	—	—	1. 建屋の建設が終了した (100%) 2. B - i システムの設計が終了した (100%) <ul style="list-style-type: none"> ・ 多種の木質バイオマスに対応した乾燥炉・炭化炉の設計 ・ " 賦活炉の設計 ・ 水製造装置の設計 ・ バイオオイル製造装置の設計 ・ 水素改質装置の設計 ・ 各構成機器の設計 <ul style="list-style-type: none"> ・ 熱交換器 (凝縮器) ・ スクラバー ・ 各ポンプ ・ 架台の設計 ・ 制御盤の設計 3. B - i システムの製作をした (100%) <ul style="list-style-type: none"> ・ 多種の木質バイオマスに対応した乾燥炉・炭化炉を製作した (100%) ・ " 賦活炉の製作をした (100%) ・ バイオオイル製造装置の製作をした (100%) ・ 水素改質装置の製作をした (100%) ・ 各構成機器の製作をした (100%) ・ 熱交換器 (凝縮器) を製作した (100%) ・ 架台の製作をした (100%) ・ 制御盤の製作をした (100%)
目標 2: B - i システムの 運転	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ B - i システム試運転 (負荷: 10, 30, 50, 75%) ・ B - i システム連続運転 (負荷: 100%) 	—	1. B - i システム試運転を行った (100%) <ul style="list-style-type: none"> ・ 多種の木質バイオマスに対応した乾燥炉・炭化炉の試運転を行った 2. B - i システム連続運転を行った (100%) <ul style="list-style-type: none"> ・ 多種の木質バイオマスに対応した乾燥炉・炭化炉の運転を行った (100%) ・ 活性炭の電気特性について測定を行った (100%)

表 1.2 つづき

事業化する際の最終目標	当初達成目標 (H25/7～H25/9)	当初達成目標 (H25/10～H25/12)	当初達成目標 (H26/1～H26/3)	事業項目の達成度
目標 3： B - i システムの 運転結果の整理	—	<ul style="list-style-type: none"> ・運転結果整理 : 項目 1～3 (50%) ・運転結果整理 : 項目 4～5 (50%) 	—	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多種の木質バイオマスに対応した乾燥炉・炭化炉の運転結果の整理を行った(100%) 2. 活性炭の電気特性について測定結果の整理を行った(100%)
目標 4： 活性炭、純水、 バイオオイル、 水素の分析	—	<ul style="list-style-type: none"> ・分析結果整理 : 項目 6 (50%) ・分析結果整理 : 項目 7 (50%) 	—	<ol style="list-style-type: none"> 1. 活性炭、水、バイオオイルの分析を行った(100%)
目標 5： B - i システムの 問題点の抽出、設 計資料の作成	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・運転、分析結果の考 察(50%) ・最適な B - i システ ムの設計資料を作成 (50%) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 運転、分析結果の考察を行った(100%) 2. 最適な B - i システムの設計資料を作成した(100%)
目標 6： 事業の報告	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業の報告書を作 成 (80%) ・セミナー・ヒアリン グための資料を作成 (15%) ・この事業後の、新た な特許について、最 適な B - i システム の特許出願の準備 (5%) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本事業の報告書を作成した(100%) 2. セミナー・ヒアリングための資料を作成した(100%) 3. この事業後の、新たな特許について、最適な B - i システムの特許出願の準備(100%)

2-1. B-i システム

図 2.1 は、本事業の B-i システム図を示す。

本事業は、B-i システム（高機能活性炭製造装置（炭化炉、賦活炉）、水製造装置、バイオオイル製造装置、水素製造装置）、データ集録装置、活性炭・水・バイオオイル・水素分析装置から成る。

本事業で計画している活性炭は、炭化炉（乾燥工程と炭化工程を担っている）、賦活炉で木質バイオマスから製造、水は乾燥工程で、木質バイオマス乾燥時の水蒸気を凝縮して製造、バイオオイルは炭化炉からの乾留ガスを凝縮器で凝縮してバイオオイルを製造、水素は、賦活ガスから製造する。

データ集録装置は、運転時の温度、圧力、流量を測定する。活性炭・水・バイオオイル・水素分析装置は、分析室で活性炭、水、バイオオイル、水素の特性を分析する。

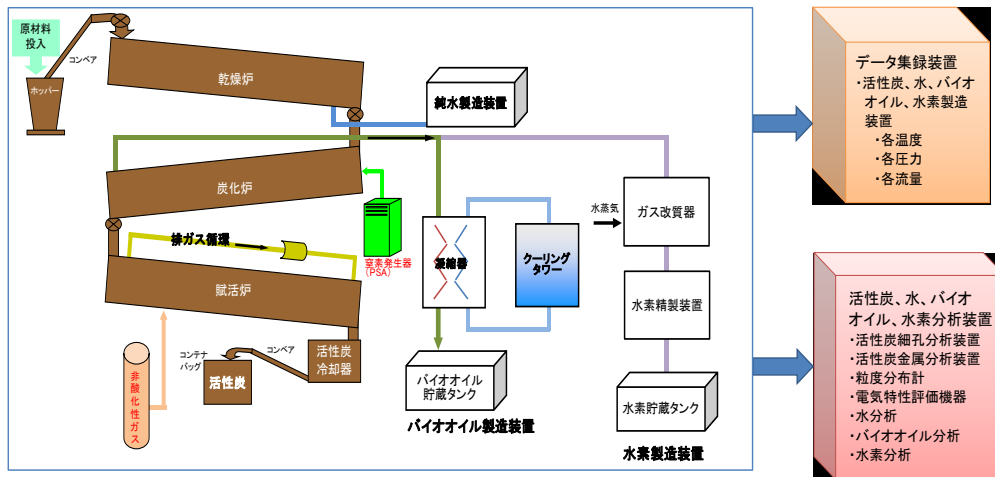
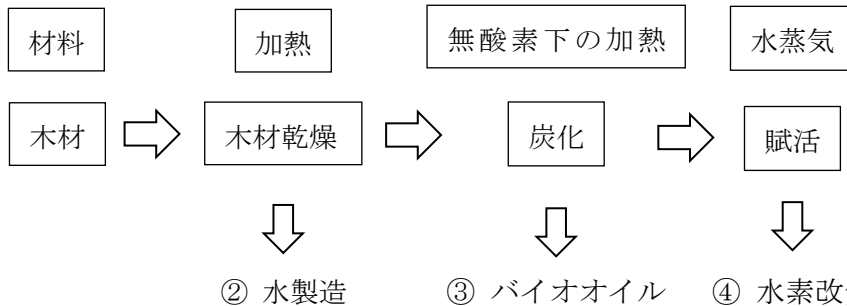


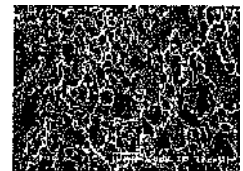
図 2.1 本事業の B-i システム

2-2. 補助事業の流れ

補助事業の流れを以下に示す。



賦活により、炭化内の細孔が増加したものが高機能活性炭



以下、事業項目の説明を示す。

事業項目	事業の実施内容	
	当事業の装置	各大学との共同研究
① 高機能活性炭	電池材料としての最適な活性炭の製作と基礎評価 * 基礎評価: 比表面積の測定 (賦活で生じた細孔の評価をする。)	・ 佐賀大学にて評価を行う。
② 水製造	乾燥時発生する蒸気を凝縮させて水を回収する。 水の成分を調べ飲料及び工業用として再利用する。	・ 民間の分析機関
③ バイオオイル	炭化時の乾溜ガスを凝縮させてバイオオイルを製造	北九州市立大学と共同研究 ・ バイオオイルの成分分析は、民間の分析機関
④ 水素改質	賦活工程で発生する一酸化炭素を水蒸気と触媒を使い改質する。* 今回水素の回収は行わない。	北九州市立大学と共同研究 ・ 大学で改質装置を設計し導入する。 ・ 改質後ガスの分析

2-3. B-i システムの建屋、設計、製作

2-3-1. B-i システムの建屋

B-i システムは、(株) 佐藤木材の敷地内 (神埼市) に建設した。

図 2.2 は、B-i システムの建屋の寸法を示す。B-i システムの建屋は、2 つのユニットハウスからなる。4812 mm x 5400 mm、7218 mm x 5400 mm の 2 棟である。

図 2.3 は、B-i システムのレイアウトを示す。

図 2.4 は、B-i システムの建屋の外観写真を示す。

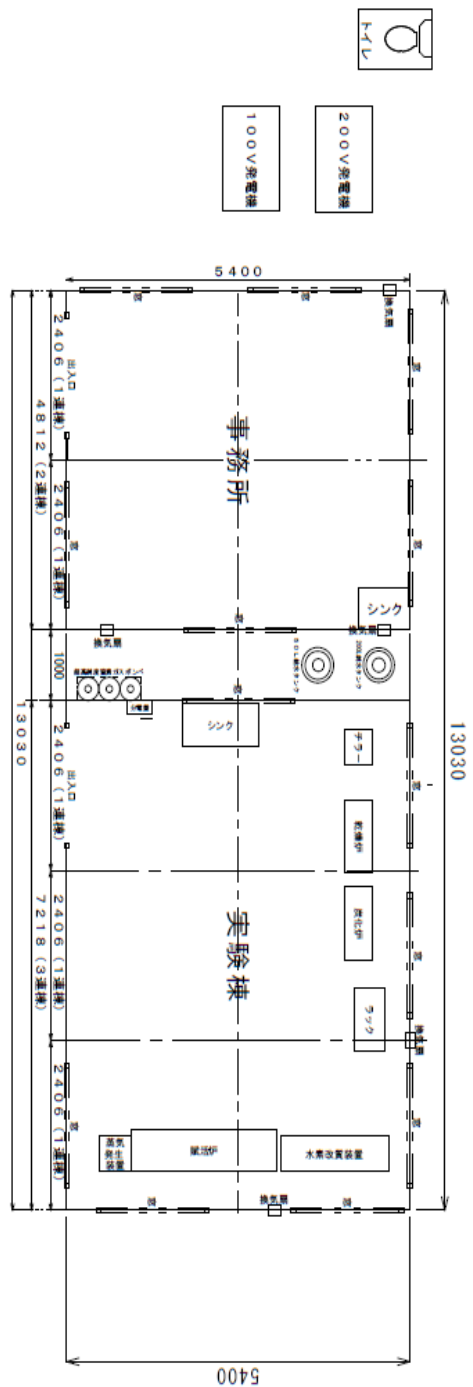


図 2.2 B-i システムの建屋の寸法

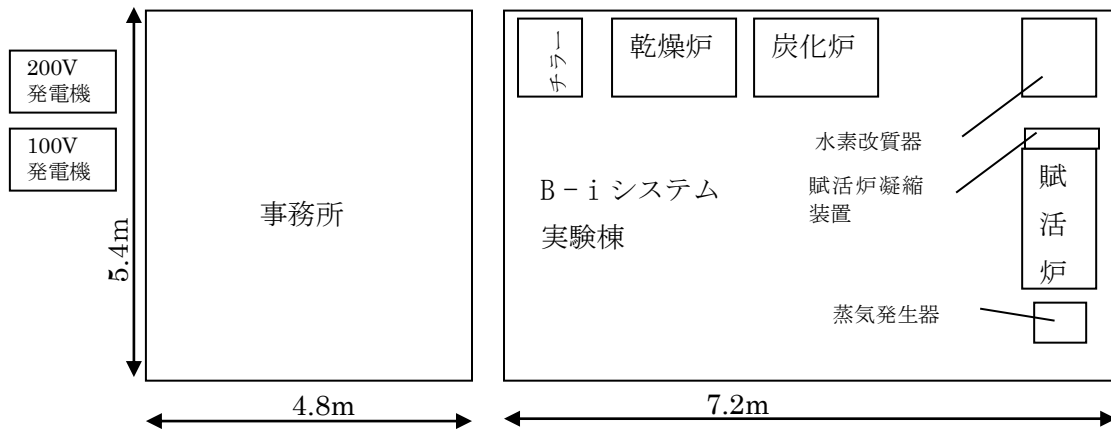


図 2.3 B - i システムのレイアウト



図 2.4 B - i システムの建屋の外観写真

2-3-2. B - i システムの分析

B-i システムの分析機器は、佐賀大学工学部 5 号館 2F (佐賀市) に設置した。図 2.5 は、B-i システムの分析機器の配置を示す。B-i システムの分析機器は、比表面積測定機器、蛍光 X 線分析装置、粒子径分布測定装置と電気特性測定装置からなる。図 2.6 は、B-i システムの分析室の全体の写真を示す。

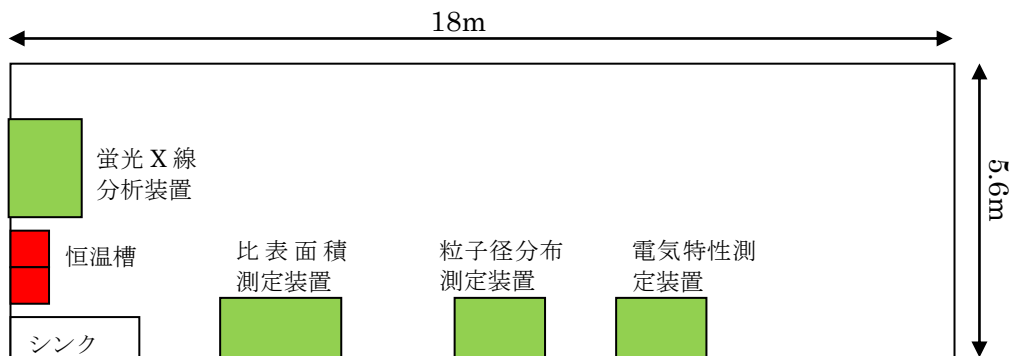


図 2.5 B - i システムの分析機器の配置



図 2.6 B - i システムの分析室の写真

2-4. B - i システムの構成機器

図 2.7 は、B - i システムの構成機器を示す。(a)は乾燥炉の全体、(b)は炭化炉の全体、(c)は賦活炉の全体を示す。

図 2.8 は、B - i システムの乾燥炉の構成機器の写真を示す。(a)は乾燥炉本体、(b)は熱交換器、(c)はドレンピット、(d)は真空ポンプ、(e)は流量計、(f)はバンドヒーターを示す。

図 2.9 は、B - i システムの炭化炉の構成機器の写真を示す。(a)は炭化炉本体、(b)は熱交換器、(c)はドレンピット、(d)はミストトラップ、(e)は流量計、(f)はバンドヒーターを示す。

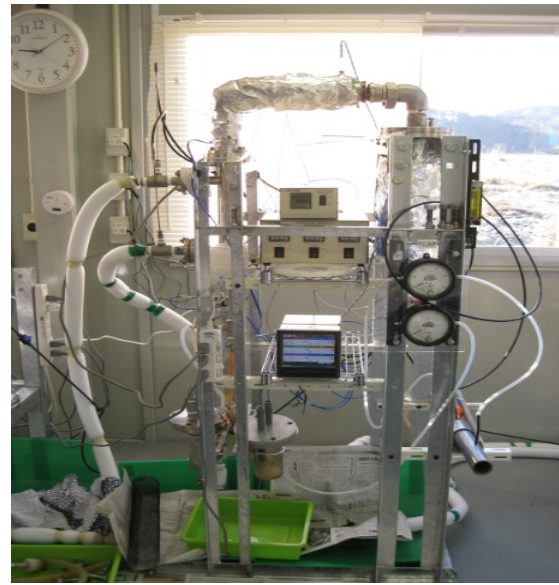
図 2.10 は、B - i システムの賦活炉の構成機器の写真を示す。(a)は賦活炉本体、(b)は熱交換器、(c)はドレンピット、(d)はミストトラップ、(e)は流量計、(f)は蒸気発生器を示す。

図 2.11 は、B - i システムの水素改質装置の写真を示す。(a)はバイオマス触媒反応装置、(b)はバッファータンク、(c)はコンプレッサー、(d)はエアータンク、(e)は加圧ポンプを示す。

表 2.1 は、B - i システムの構成機器の仕様を示す。表 2.1 より、1) 乾燥炉、2) 炭化炉、3) 賦活炉、4) 賦活炉凝縮装置、5) 蒸気発生器と、6) 水素改質装置の型式、仕様を示す。



(a) 乾燥炉



(b) 炭化炉



(c) 賦活炉

図 2.7 B - i システムの構成機器



(a) 乾燥炉本体



(b) 熱交換器



(c) ドレンピット



(d) 真空ポンプ



(e) 流量計



(f) バンドヒーター

図 2.8 B - i システムの乾燥炉の構成機器の写真



(a) 炭化炉本体



(b) 熱交換器



(c) ドレンピット



(d) ミストトラップ



(e) 流量計



(f) バンドヒーター

図 2.9 B - i システムの炭化炉の構成機器の写真



(a) ロータリーキルン炉



(b) 熱交換器



(c) ドレンピット



(d) ミストトラップ



(e) 流量計



(f) 蒸気発生器

図 2.10 B - i システムの賦活炉の構成機器の写真



(a) バイオマス触媒反応装置



(b) バッファータンク



(c) コンプレッサー



(d) エアータンク



(e) 加圧ポンプ

図 2.11 B - i システムの水素改質装置の写真

表 2.1 B - i システムの構成機器の仕様

1) 乾燥炉（社内作製）

	装置名	メーカー	型式	仕様	使用数
1	熱交換器	日阪製作所	UX-005-A-J-12	伝熱面積 0.18 m ²	1
2	ヒーター	ツールハウス	φ 89.1×100	120V/625W	3
3	温度調節器	アズワン	TR-KN	100V	3
4	真空ポンプ	アルバック	DA-20D	100V/160W	1
5	データロガー	チノー	KR2S6P-N0A	6 チャンネル	1
6	チラー	アズワン	MTC-3000	200V/1.54kW	共通
7	流量計	東フロー	FC-A20	0.2~2 ℓ/min	1

2) 炭化炉（社内作製）

	装置名	メーカー	型式	仕様	使用数
1	熱交換器	大栄螺旋工業	DRS-435	伝熱面積 0.091 m ²	1
2	ヒーター	ツールハウス	φ 89.1×100	120V/625W	1
3	ヒーター	ツールハウス	セラミックヒーター	200V/1.38kW	3
4	温度調節器	アズワン	TR-KN	100V 用	1
5	温度調節器	アズワン	TS-K3	200V 用	1
6	データロガー	チノー	KR2S6P-N0A	6 チャンネル	1
7	チラー	アズワン	MTC-3000	200V/1.54kW	共通
8	流量計	東フロー	FC-A20	0.2~2 ℓ/min	1

3) 賦活炉

	装置名	メーカー	型式	仕様	使用数
1	ロータリーキルン炉	高砂工業		200V/6kW(ヒーター4kW)	1

4) 賦活炉凝縮装置（社内作製）

	装置名	メーカー	型式	仕様	使用数
1	熱交換器	日阪製作所	UX-005-A-J-12	伝熱面積 0.18 m ²	1
2	データロガー	チノー	KR2S6P-N0A	6 チャンネル	1
3	流量計	東フロー	FC-A20	0.2~2 ℓ/min	1
4	チラー	アズワン	MTC-3000	200V/1.54kW	共通

5) 蒸気発生器

	装置名	メーカー	型式	仕様	使用数
1	マントルヒーター	アズワン	AF-10	100V/400W	1
2	安定化電源	山菱電気	ACE-1R-B	100V/1.4kW	1

6) 水素改質装置

	装置名	メーカー	型式	仕様	使用数
1	バイオマス触媒反応装置	福岡理研工業		100V/2kW	1
2	加圧ポンプ	ジャパンコントロールス	AGD-1.5	エア駆動	1
3	コンプレッサー	日立産機システム	0.75LE-8S	0.75kW	1
4	バッファータンク	岩谷産業		120 ℓ	1
5	エアータンク	岩谷産業		200 ℓ	1

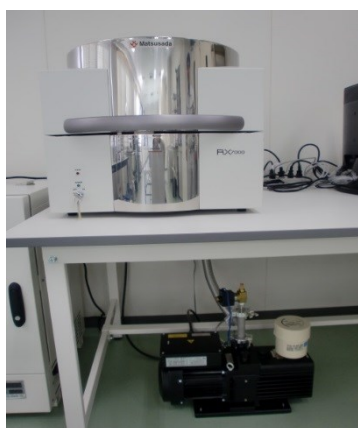
2-5. B-i システムの分析機器

図 2.12 は、B-i システムの分析機器を示す。(a)は比表面積測定装置、(b)は蛍光 X 線分析装置、(c)は粒子径分布測定装置、(d)は電気化学測定システム/直流充放電電源、(e)は真空乾燥器である。

表 2.2 は、各分析機器の型式と仕様を示す。



(a) 比表面積測定装置



(b) 蛍光 X 線分析装置



(c) 粒子径分布測定装置

図 2.12 B-i システムの分析機器の写真



(d) 電気化学測定システム／直流充放電電源



(e) 真空乾燥器

図 2.12 B - i つづき

表 2.2 各分析機器の仕様

	装置名	メーカー	型式	仕様	使用数
1	比表面積測定装置	日本ベル	BELSORP-mini II-DM	<ul style="list-style-type: none"> ・比表面積測定範囲：. 0.01m²/g 以上 ・細孔分布(直径)： 0.7~200nm ・3 検体同時測定可 ・前処理装置付 (BELPREP-Vac II) 	1
2	蛍光 X 線分析装置	松定プレシジョン	RX7000	<ul style="list-style-type: none"> ・測定元素：Na~U ・測定対象： 固体・液体・粉体 ・測定雰囲気： 大気・真空 	1
3	粒子径分布測定装置	堀場製作所	LA-300	<ul style="list-style-type: none"> ・測定粒子径範囲： 0.1~600 μm ・水、エタノール仕様 	1
4	電気化学測定システム	北斗電工	HZ7000 (HAG1312m)	<ul style="list-style-type: none"> ・最大出力電圧：±12V ・最大出力電流： ±300mA ・動作モード：CV, CDC 他 	1
5	直流充放電電源	松定プレシジョン	ECD5-10-LGmb	<ul style="list-style-type: none"> ・出力電圧：0~5V ・入出力電流：0~10A ・動作モード：CC, CP, CR 	3

2-6. B-i システム運転方法

1) 乾燥工程の運転

図 2.13 は、乾燥工程のフロー図を示す。乾燥工程では、まず、乾燥炉にチップ加工を施した木材を約 0.5kg 投入する。そして、乾燥炉内を真空ポンプで真空にする。電気ヒーターで所定の温度まで昇温し、所定時間乾燥を行う。

乾燥工程では、木材に含まれている水分が蒸発する。その水蒸気は、凝縮器へ送られ、ここで、冷却水と熱交換して凝縮する。凝縮水は、ドレンピットに貯められる。

一方、冷却水は、チラーを用いて冷却して熱交換器を循環する。冷却水の流量は、出口側のバルブで調整する。

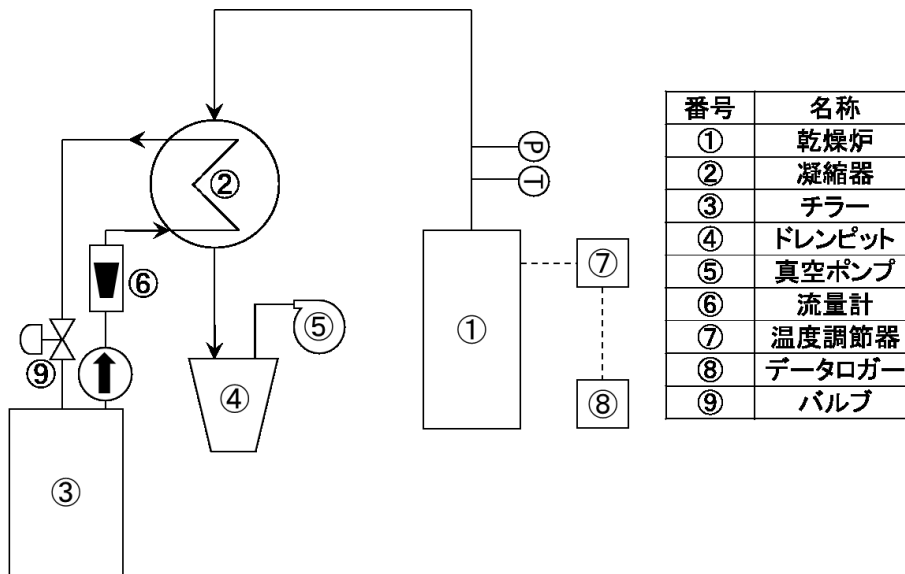


図 2.13 乾燥工程のフロー図

2) 炭化工程の運転方法

図 2.14 は、炭化工程のフロー図を示す。炭化工程では、まず、乾燥工程で作成した乾燥チップを 0.4kg~0.5kg 投入する。そして、炭化炉内を窒素置換し、電気ヒーターで温度調整器を調節して、所定の温度まで昇温する。60 分炭化させ、その後冷却を行う。

炭化工程では、空気を遮断し加熱をすることで乾燥チップに熱分解が生じ、その中から揮発性の低い固体の炭素分を残すことが目的である。また、乾燥チップに含まれている揮発性の高いバイオオイルやタール等を含んだ水蒸気は、凝縮器へ送られ、ここで、冷却水と熱交換して凝縮する。凝縮したバイオオイルは、バイオオイル回収器へ、そのほかの物質は、ミストトラップを経て大気に解放される。

一方、冷却水は、チラーを用いて冷却して熱交換器を循環する。冷却水の流量は、乾燥工程同様出口側のバルブで調整する。

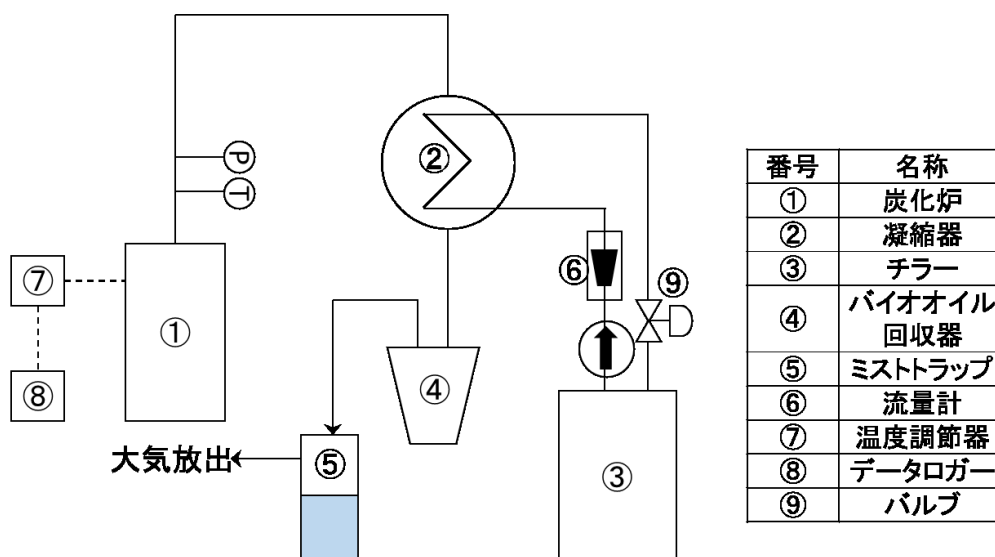


図 2.14 炭化工程のフロー図

3) 賦活工程の運転方法

図 2.15 は、賦活工程のフロー図を示す。賦活工程の目的は、高温に加熱した炭化物に水蒸気を吹き付け多孔質へと変化させ、比表面積などを増やすことである。

賦活工程では、まず、炭化工程で作成した炭化物をロータリーキルンに約 0.03kg 投入する。そして、賦活炉内を窒素置換し、10 分後ロータリーキルンを回転させながら電気ヒーターで、所定の温度まで昇温する。その後、蒸気発生装置より水蒸気をキルン内に入れ、所定時間、水蒸気を投入し賦活させる。その後冷却を行う。

賦活時に発生したガスは、ドレンピット、ミストラップを経て水素改質器に送られる。

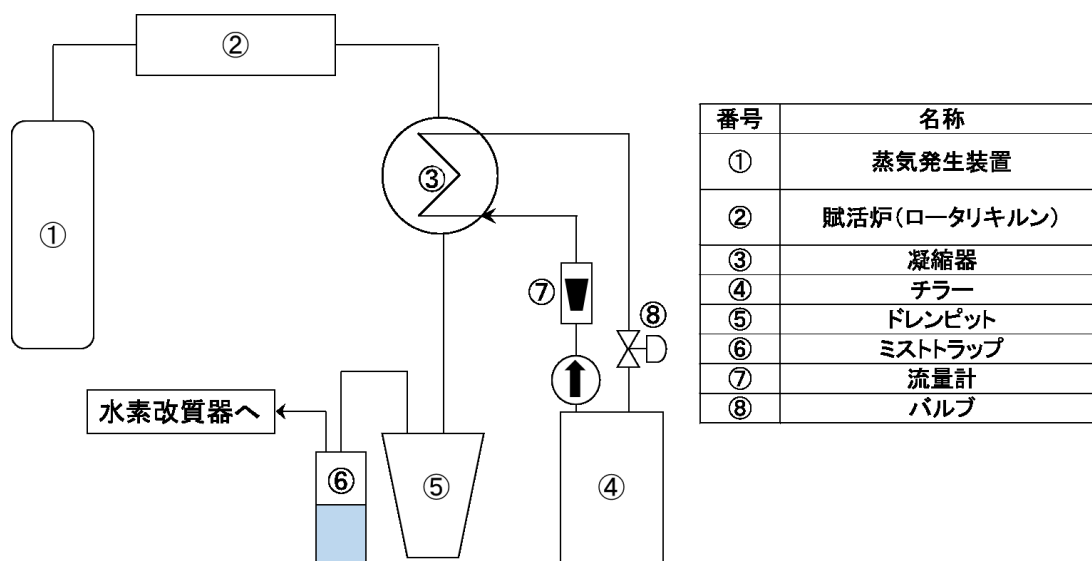


図 2.15 賦活工程のフロー図

4) 水素改質工程の運転方法

図 2.16 は、水素改質工程のフロー図を示す。水素改質工程の目的は、賦活時に発生した一酸化炭素を水素改質器に通すことで一酸化炭素を水素と二酸化炭素に変化させることである。

水素改質工程では、まず、賦活工程で発生した賦活ガスを加圧ポンプで圧力を昇圧してタンクに送る。タンクに蓄えられたガスは、水素改質器内へ送られ、水素改質器内の触媒を通り、水素と二酸化炭素に改質することができる。改質したガスは大気へ解放される。

図 2.17 は、気化部、反応部の詳細図を示す。

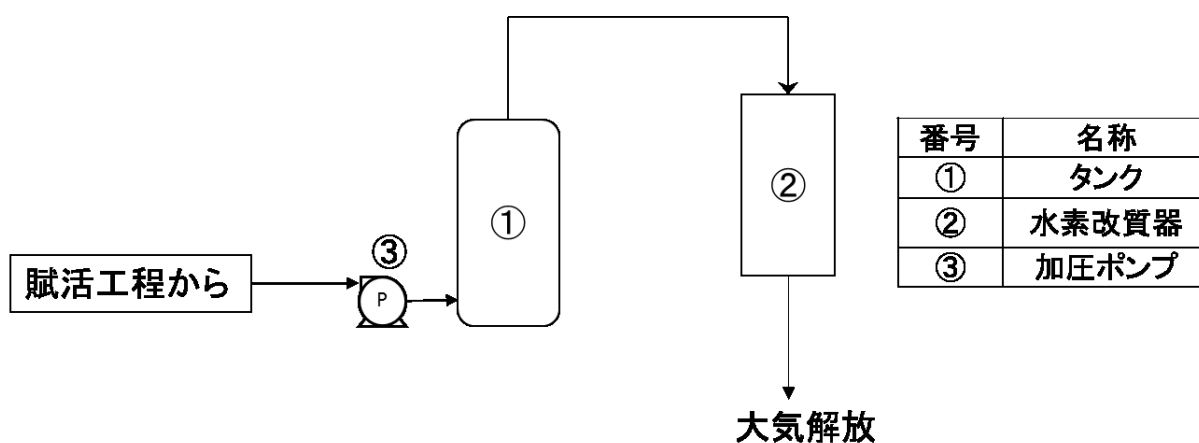


図 2.16 水素改質工程のフロー図

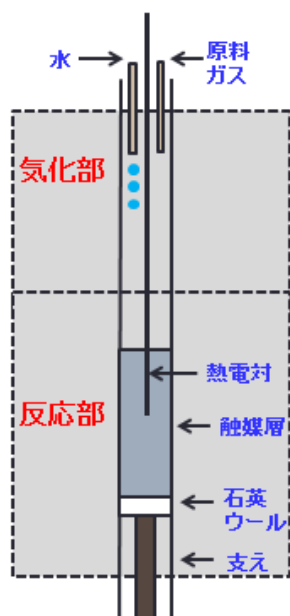


図 2.17 気化部、反応部の詳細図