

# 廃有機物再資源化技術の最新動向

合同会社チエリー・アルシア研究所

H25/9/23

## 始めに

地球上に生物が存在する以上、動物は勿論植物でも例外なく廃棄物は必ず排出する運命に有る。

太古に於いては是等の有機廃棄物が累々と積み重ねられた結果、気の遠く為る様な時を経て動物性廃棄物は石油へ、植物性廃棄物は石炭へと夫々が変化したと考えられている。

人類が出現し地球を支配し始めて以来、この様な長期間隔での自然淘汰を待つ余裕が無くなった結果、人類は有機廃棄物の処理に奔走している。

環境保全、省資源、と叫ばれている現在、有機廃棄物を再資源化出来る技術が存在し其の技術も此処まで来ており、正に現代版錬金術と言って良い技術に成長して来ている。

「対向衝突の理論」を原点に 20 年以上に亘り高圧、高温を制御・駆使した装置の数々を開発した技術者が其の知識と経験を基に「地球温暖化阻止」、「ゼロエミッション (Zero emission)」\*<sup>1</sup>の願いを込めて「廃有機物連続再資源化技術」の最先端開発状況を最新の資料を交えながら紹介する。

## 1. 開発の経緯

2000 年、国立研究所日本航空宇宙研究所〔(NAL) 現；独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)〕からの要請で「将来人類が宇宙で生活をする様に為った場合、宇宙空間で全ての物資を自給自足する為に必要な技術・装置」と位置づけた装置の共同研究開発を受けて開発に着手した。最終的に“NULLASSEN SYSTEM”\*<sup>2</sup>として連続処理装置の試作機 2 台を完成させ、1 台は JAXA へ納入、1 台は当社の評価実験用装置とし、独自に研究開発を続行している。

其の後、スケール・アップ装置の受注が有り、連続処理装置“NULLASSEN SYSTEM”日量 20 トン処理装置を完成させた。

2008 年、農林水産省林野庁から林業活性化の手段として、未利用部木材の連続糖化装置の委託研究事業の打診有り「森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業」\*<sup>3</sup>として受託した。

2009 年 2 月に農林水産省所管の独立行政法人中央農業総合研究所内に日量 15 トン連続糖化装置の第一期工事を完成させた。現在同装置を稼働させながら、各種データを集積中で有り、得られた資料を基に更なる改善・改良を行っている。

## 2. 廃有機物の再資源化を可能とする基本理論

水は大気圧下 100℃で沸騰し気体になる。水は圧力 22.1MPa 下で 374℃迄は液体状態を保ち、是以上の圧力、温度下では水と水蒸気の区別がつかなくなる「超臨界水」になる。是より低い圧力・温度の水を「亜臨界水」と呼ぶ。(図 2 を参照)

水は常温、常圧でも水分子の衝突に抛り電離しているが、温度が上昇するに従い水分子の衝突頻度が上昇し電離が進む。超臨界の状態では通常の水対比水酸化イオン (OH<sup>-</sup>) の濃度が非常に高く為る。



此の水酸化イオンが有機物を加水分解する。

超臨界水ではステンレスをボロボロに腐食したり、蛋白質をアンモニアに迄分解したり協力な反応を起こすが、是では反応が強過ぎて扱い難いので 374℃以下の温度と 22.1MPa 以下の圧力にした亜臨海水を利用する。

亜臨界水では酸化反応は殆ど起こらず、有機物はアミノ酸、脂肪酸、グルコース、等の分子迄分解はするが、適切な条件設定に因り二酸化炭素を短時間で発生させる迄には至らない。

亜臨界水に拠る加水分解の様子を図 1 に示す。

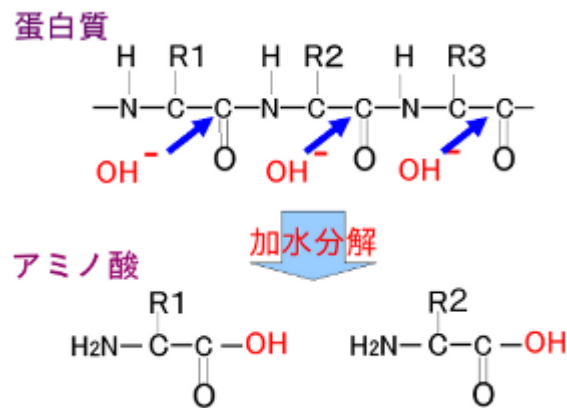


図 1；亜臨界水に拠る加水分解の様子

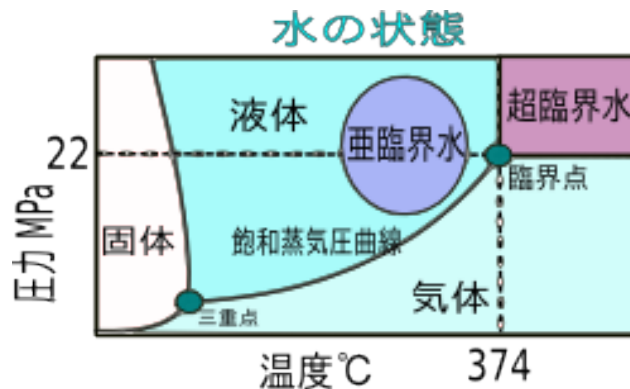


図 2；水の状態

### 3. 廃有機物の再資源化可能な範囲

亜臨界水処理での可能範囲は、生塵、廃木材、紙屑、動物の糞尿、下水汚泥、廃油、プラスチック、等、有機物で有れば全て分解が可能で有る。

廃棄物からアミノ酸、油、グルコース、等の有用成分を抽出し、其の俵使用若しくは、醗酵方に拠り 2 次加工して、エネルギー源として使用若しくは、水と二酸化炭素にして再循環させる事も可能で有る。

図 3 に亜臨界水処理での処理手順を示す。

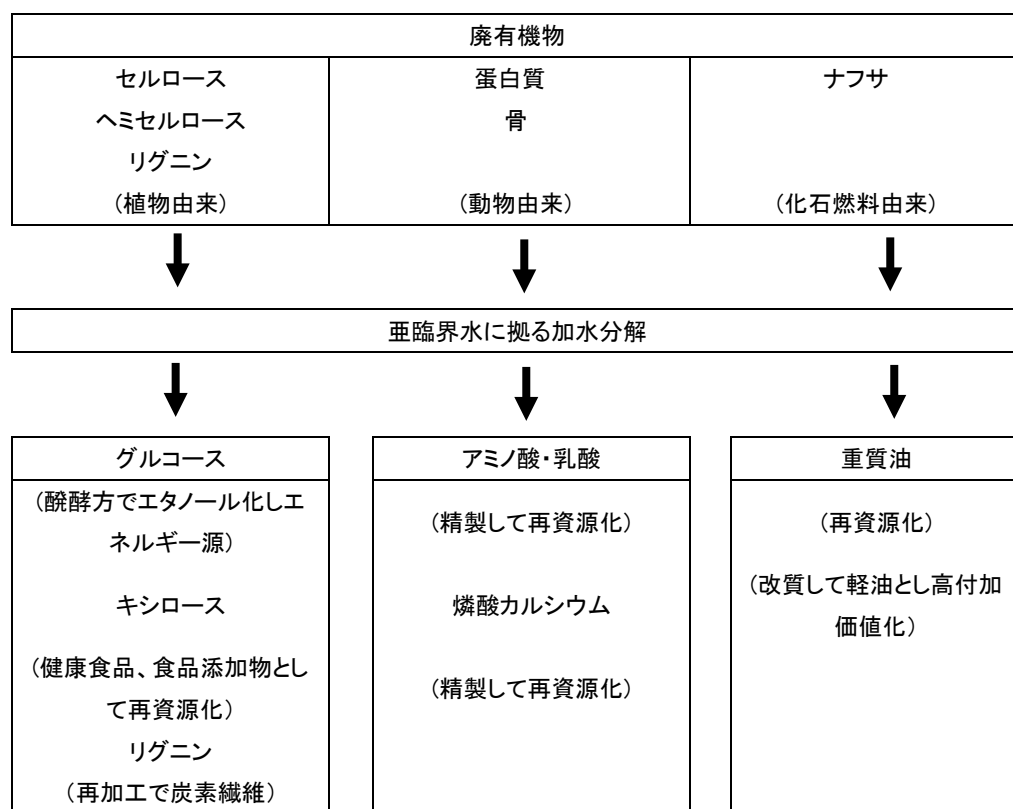


図3；亜臨界水処理での処理手順

#### 4. ゼロエミッションの技術と其の必要性

先ず前置きとして、「ゼロエミッション」と「リサイクル」は全く異なる。古紙(使用済みの紙)を原料に戻して再生紙を作るのはリサイクルで有り、再生には莫大なエネルギーを必要とするが、「ゼロエミッション」は同じ物に戻すのでは無く、違う有価物に転化させる事を指す。廃棄物を出さない事は不可能で有るから、其れ等を有価物に変えて、社会全体として廃棄物が無くなる状態に近づけて行く事が「ゼロエミッション」本来の語意で有る。

日本では毎年4億5千万トン強の廃棄物が排出されているが、其の大部分は下水汚泥、糞尿、生塵、プラスチック等の有機性廃棄物で有る。是等の多くはリサイクルもされずに焼却、埋め立てで処理しているが、焼却すれば大量の二酸化炭素を排出し、焼却灰は焼却前体積比で5～10%程度も出る。埋め立て処理に至っては、是等の焼却灰処理も含めて全国の最終処分場も一杯に為ってきており、不法投棄や周辺環境の破壊等が深刻な問題に為って来ている。

其処で我々は、高温高压の「亜臨界水」と呼ばれる状態にした水を利用して有機廃棄物を短時間で連続的に分解・抽出する技術を開発した。滅菌も同時に出来て臭気も其れ程出なく為る。

魚は、略55%が食べられる部分で残り45%は頭、骨、内臓、等の「あら」は食べられない部分で有り、此の部分は殆ど焼却処分している。然し、其れ等の部位には、DHA<sup>\*4</sup>、EPA<sup>\*5</sup>と言った成分が多例えべく含まれている。此の「あら」を亜臨界水処理すれば5～10分程度で連続的に抽出する事が可能で有り、健康食品として販売が可能で有る。肉の部分は有用なアミノ酸、乳酸等に分解する。骨は燐酸カルシウムの溶液状で抽出が可能で

有る。磷は窒素、カリウムと共に三大肥料のひとつで有るが、磷鉱石が今後 20 年程度で枯渇すると言われている。然し、動物の骨は磷酸カルシウム其の物で有り、今後は亜臨界水処理で作る磷酸が鉱石に取って変わる時期がくると思われる。

勿論此の他の利用方法として、加水分解の時間を調整する事で、完全滅菌された液体肥料の抽出も可能で有り、鳥インフルエンザ対策等には打って付けの肥料の提供も可能で有る。

又木材の枝、葉、根の部分、間伐剤、等は商品価値が無いばかりか処分費用が発生する為に林業衰退の要因とも為っているし、穀物の藁・籾殻、花序軸(玉蜀黍の芯)、の処理も深刻で有る。然し、是等の組成も科学的には略一緒であるから亜臨界水処理をすれば 10～20 分程度でリグニンはグルコースへ、ヘミセルロースはキシロール、キシロオリゴ糖へ、リグニンはリグニンペレットとして抽出が可能で有り、グルコースは醗酵方で容易にエタノール化出来るのでエタノール原料として、キシロース、キシロオリゴ糖は砂糖同様の甘味を持つが人体内では消化吸収しないので健康志向食品、ダイエット食品、糖尿病患者の甘味料等の高付加価値商品として、リグニンペレットは航空機素材等への使用が可能な高付加価値商品炭素繊維の原料として又は、電気自動車等の普及に欠かせない軽量・硬張・耐熱特性を有する高付加価値熱可塑性樹脂原料として夫々販売が可能で有る。

## 5. 湿式酸化装置の歴史と現状

廃有機物処理装置等の総称を「湿式酸化装置」若しくは「触媒湿式酸化装置」と呼ぶ。「触媒」\*6 が付くか付かないかは文字通り「触媒を使用しているかないか」の違いで有り同義語で有る。又は、「亜臨界水処理装置」と呼ぶ場合も有る。

開発の歴史は 40 年程度以前からアメリカで製紙工場の排水中に多く含まれるパルプの処理装置として開発が為されて来た。

日本国内に於いては、日本触媒、大阪ガス、が中心になり開発と製品化が進んで来たが、何れも廃有機物の濃度が低く工業排水処理の域を出る事が出来なかったが、低濃度スラリー処理装置として主に工業排水処理装置としては相当数を販売と稼働実績が有る。

一方で、高濃度スラリーを対象とした研究は主に、京都大学、大阪府立大学、名古屋大学、高知大学、信州大学、熊本大学、等の大学及び、独立行政法人の産業技術総合研究所、森林総合研究所、等の旧国立研究所が中心と為って開発が進められて来ているが、全て「回分処理(バッチ式)」で有り、「連続式」は現在の処、世界中を見渡しても当社のみの独占技術で有る。

因みに、1 年程前に招待されて独立行政法人産業技術総合研究所バイオマス研究センター(広島)が開発、稼働中の装置を見学する機会を得たが、日量処理能力 5 トンのバッチ式装置の装置製造価格が 15 億円、エタノールの製造価格が 10 当り 2 千円で有った。〔日本では、2030 年にガソリン中にエタノールを 10%入れる事が決まっているが(E10 と言う)此の時の政府購入予定価格は 10 当り 100 円で有る。〕

以上記述の通り、低濃度有機物スラリーに対応した連続処理技術・装置は略確立されている物と思われるが、高濃度有機物スラリーに対応した連続処理技術・装置は当社以外に見当たらない。

## 6. 当社装置の特徴

最大の特徴は、今迄に述べた通り「連続処理装置」で有る事だが、連続処理を可能とさせる要因は次の 4 点で有る。

### 6-1. 高圧・高速パルス発生装置

最大 10MPa、0.5Hz の断続加圧力で、繊維質が多く含まれる有機物を効率的に破碎

して、亜臨界水との接触面積を増加させる事で処理時間の短縮を図る。  
木質系に於いては、リグニン成分の事前分離を行い反応管の管内にリグニン成分の付着を防止する。

#### 6-2.高濃度対応高圧スラリーポンプ

連続湿式分散・破砕・乳化装置“ULTIMAIZER”<sup>\*7</sup>で培った技術を応用した部品で有り、林野庁事業を通じて得られた其の後の技術を加え、現在では殆ど流動性が無いスラリーを 20MPa 迄に加圧・移送が可能なポンプである。

#### 6-3.同軸チューブラー式反応管

内側に全長に亘り 10  $\mu$ m<sup>\*8</sup>程度の開口部を設けたフィルター状のチューブを、外側は耐圧性能を持つチューブを配した二重構造のパイプで構成されている。

反応管内にて亜臨界水処理に抛り分解が進み、所定の資源に変化したと同時に即回収をする事で過分解を防止する。

又、フィルターの開口部が微細な為に開口部が閉塞しない様に超音波振動子を取り付けて閉塞を防止している。

#### 6-4.エバポレート式高純度化・高濃度化装置<sup>\*9</sup>

コアキシャル・チューブで回収された資源は純度、濃度共に低いので、此の装置に抛り純度と濃度を上げる。

同時に、回収された水蒸気を復水器を経由して装置加温源として使用する。

#### 6-5.圧力制御用バルブ群

装置全体の圧力を制御し、保証する。

此の技術も“ULTIMAIZER”で培った技術を応用した部品で有る。

複数のノズルと耐熱バルブで構成されており、コンピュータ制御に抛り常に最適なノズルの組合せを選択し、装置の安全と管内が飽和水蒸気圧以下にしない事を保証する。万が一、バルブの何れか1個でも閉塞した場合、即座に閉塞を解消させる為のブリッジ回路<sup>\*10</sup>を持っている。

装置全体で、運転中は常時通水している構造を採っている為に日本では、高圧ガス保安法<sup>\*11</sup>に基づく「圧力容器」に非該当<sup>\*12</sup>で有る唯一の高圧、高温運転装置で有る。

以下、図4、図5、図6、に装置のフローチャートを示す。

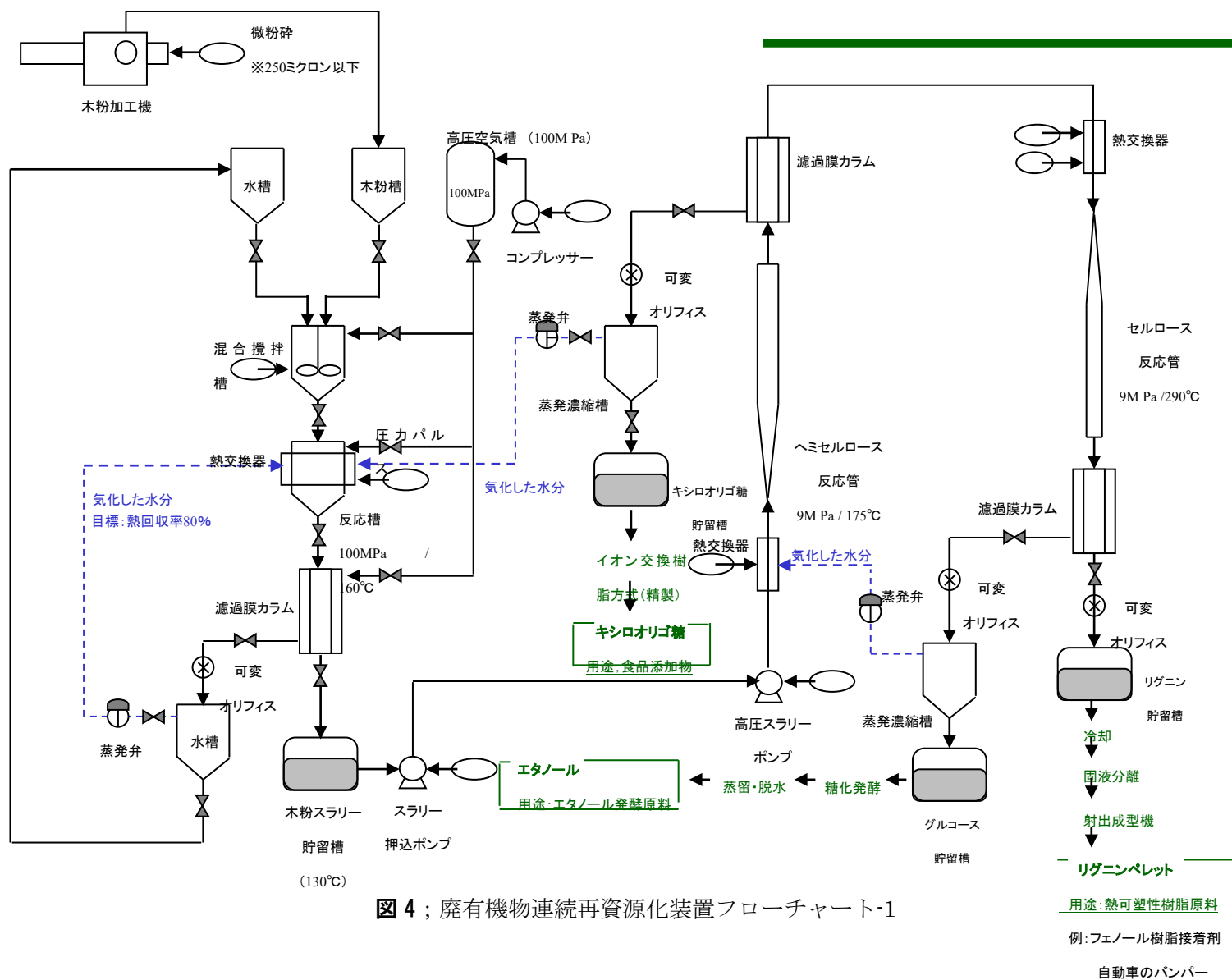
### 7. 事業としての採算性

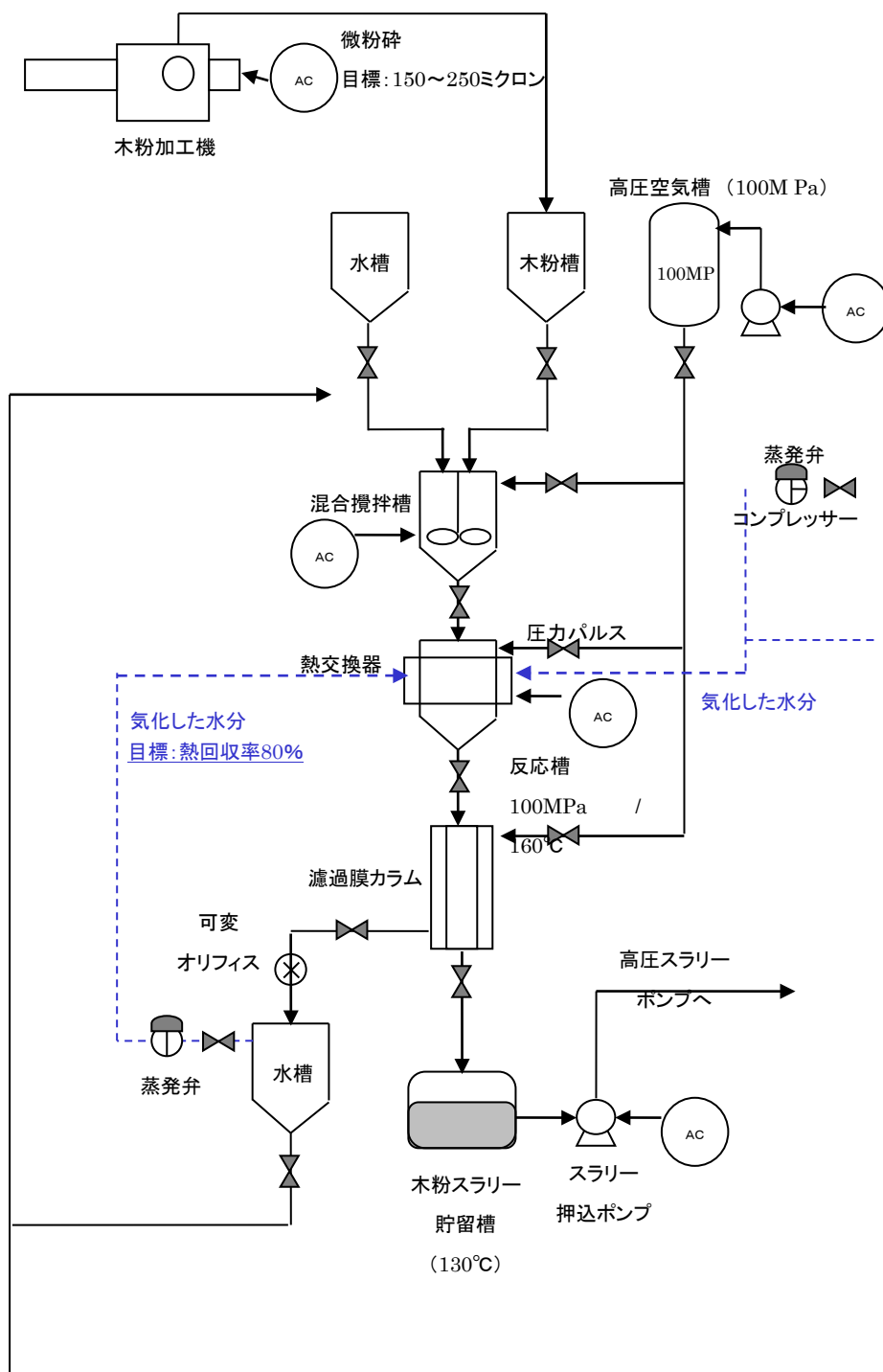
日本に於ける廃有機物の焼却費用は都道府県毎に、対象物毎に千差万別で有るが、一般生塵を対象に言えば概ね 1t 当り 15,000 円と思われる。

日本国内での廃棄物総量は年間 4 億 5 千万トンと前述したが、仮に其の内の 3 億トンが有機物で有ると仮定し是を全て焼却処理したとすれば其の経費は 4 兆 5 千億円にも上る。

是に対して、廃有機物連続再資源化装置は文字通り再資源化装置で有るので、環境保全に貢献すると言う大きな意義を度外視しても、処理をする事で利益が生じる装置だと言う事が廃棄物処理装置とは大きく異なる点で有る。

林野庁委託研究事業「森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業」に於いて林野庁の指示に基づき、木質バイオマスを対象に廃有機物再資源化装置を商業運用時の試算表を表 1 に示す。





## 前処理工程

### 木粉加工機

- ①平均粒度250ミクロン以下の木粉に加工する



### 混合攪拌槽

- ①微粉碎した木粉に充分に加水する
- ②木粉粒子表面を水膜で覆われるように調整する



### 反応槽

- ①高圧空気槽から10MPaの気体を充填して脱水する
  - ②全体を加熱し130°Cの亜臨界状態とする
- ※ヘミセルロースの分解温度(140°C)以下で分解を防止しつつ懸濁状態を維持



### 木粉スラリー貯留槽

- 高濃度スラリー(10w%以上) ※目標数値: 15w%以上



## 分解・分離工程

図5; 廃有機物連続再資源化装置フローチャートー2





表 1 ; 商業運転時の試算表

| 項 目                | 値             | 単位   |
|--------------------|---------------|------|
| 木材の乾物換算重量          | 6             | t/d  |
| 含水率（最大含水率）         | 150           | %    |
| 1 日に処理する生木の重量      | 15            | t    |
| スラリー濃度             | 15            | %    |
| スラリー量に換算           | 100           | t/d  |
| 稼働時間               | 24            | h    |
| 時間当たり処理量           | 4, 167        | ℓ    |
| スラリー入口温度           | 10            | ℃    |
| スラリー出口温度           | 300           | ℃    |
| 放熱による損失            | 10            | %    |
| 電熱器の効率             | 85            | %    |
| 熱交換器の効率            | 85            | %    |
| 起動時加熱量(89 万 Kcal)  | 1, 035        | Kw   |
| 常用加熱量(10 万 Kcal/h) | 116           | Kw   |
| 加圧ポンプ 電力           | 15            | Kw   |
| 常用所要電力(合計)         | 131           | Kw   |
|                    |               |      |
| プラント価格(100t/24 時間) | 960, 000, 000 | 円    |
|                    |               |      |
|                    |               |      |
|                    |               |      |
|                    |               |      |
|                    |               |      |
| 廃森林資(原料)源購入価格      | 10, 000       | 円/ t |
| 原料使用量              | 4, 500        | t /年 |
| 原料購入額              | 45, 000, 000  | 円/年  |
| 耐用年数               | 15            | 年    |
| 償却費(残存簿価無定額式)      | 64, 000, 000  | 円/年  |
| 保守費率（取得価格比）        | 1             | %    |
| 保守費                | 9, 600, 000   | 円/年  |
| 固定資産税率             | 1. 4          | %    |
| 固定資産税              | 13, 440, 000  | 円/年  |
| 損害保険料率             | 1             | %    |
| 損害保険料              | 9, 600, 000   | 円/年  |
| 年間稼働費用(300 日)      | 141, 640, 000 | 円    |
| 年間事務費等(年間可動費の 10%) | 14, 164, 000  | 円    |
| 年間製造費用合計           | 155, 804, 000 | 円    |

| 項目              | 値             | 単位   |
|-----------------|---------------|------|
| 乾物重量            | 6             | t/d  |
| セルロース重量比        | 50            | %    |
| 糖化率             | 90            | %    |
| グルコース           | 810           | t/年  |
|                 |               |      |
| ヘミセルロース重量比      | 20            | %    |
| 糖化率             | 85            | %    |
| キシロオリゴ糖収率       | 70            | %    |
| キシロオリゴ糖(糖度 70%) | 306           | t/年  |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
| リグニン重量比         | 30            | %    |
| リグニン収率          | 90            | %    |
| リグニン            | 486           | t/年  |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
| グルコース販売価格       | 50            | 円/Kg |
| キシロオリゴ糖販売価格     | 1, 000        | 円/Kg |
| リグニン販売価格        | 35            | 円/Kg |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
| グルコース生産額        | 40, 500, 000  | 円/年  |
| キシロオリゴ糖生産額      | 306, 000, 000 | 円/年  |
| リグニン生産額         | 17, 010, 000  | 円/年  |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
|                 |               |      |
| 生産・販売額合計        | 363, 510, 000 | 円/年  |

|        |               |     |
|--------|---------------|-----|
| 予想事業利益 | 207, 706, 000 | 円/年 |
|--------|---------------|-----|

## 8. JAXA 納入装置や林野庁委託研究設備等の紹介

JAXA 納入装置、焼酎廃液処連続処理装置、客先での実証実験実施風景、林野庁委託研究現場風景等、実施例として写真1～17に示す。

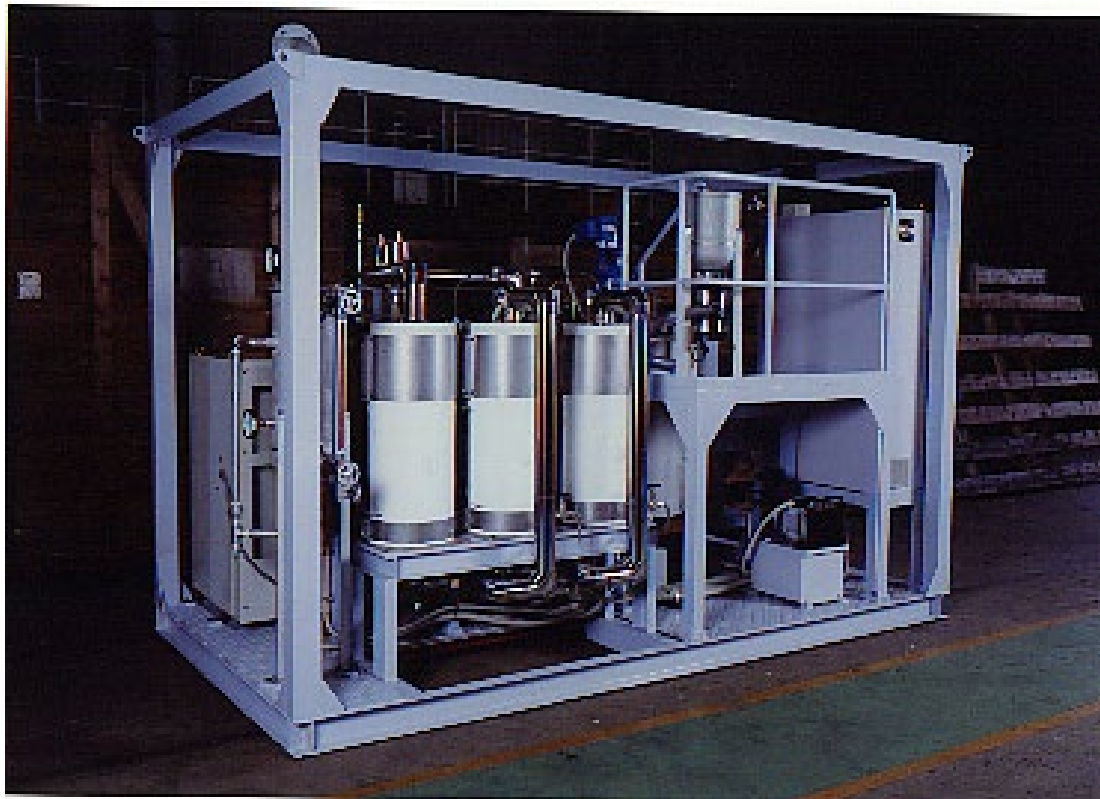


写真1;JAXA 納入同型装置(500kg/day)



写真2;JAXA 納入同型装置スラリーポンプ側より撮影



写真3;JAXA 納入装置上部より撮影



**写真 4** ; 宮崎県にて実施の公開実証実験風景



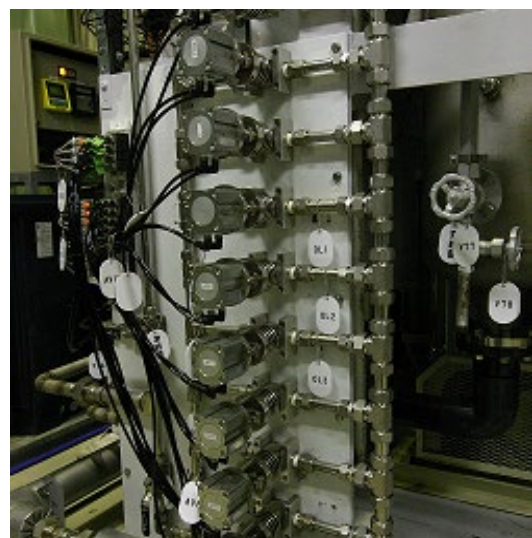
**写真 5** ; 焼酎廃液処理装置(20t/day)



**写真 6** : 焼酎廃液処理用装置(20t/day)



**写真 7** ; 焼酎廃液処理装置の反応塔部  
(20t/day)



**写真 8** ; 焼酎廃液処理装置圧力制御部





写真 9; 処理前、処理途中、処理後の芋焼酎廃液

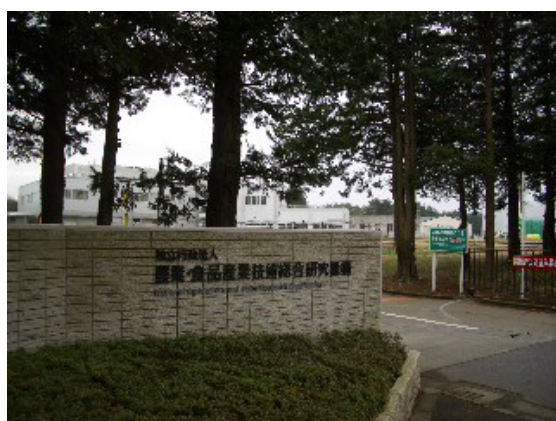


写真 10; 林野庁委託研究装置設置場所



写真 11; 同、実験棟の全景写真



写真 12; 装置全景写真(15t/day)



写真 13; 高圧スラリーポンプ





写真 14; 反応塔

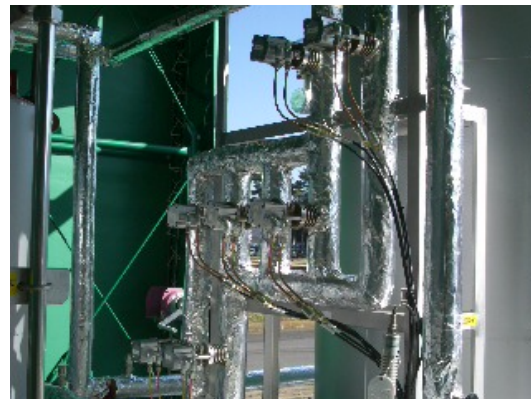


写真 15; 圧力制御ノズル・バルブ群



写真 16; 冷却装置

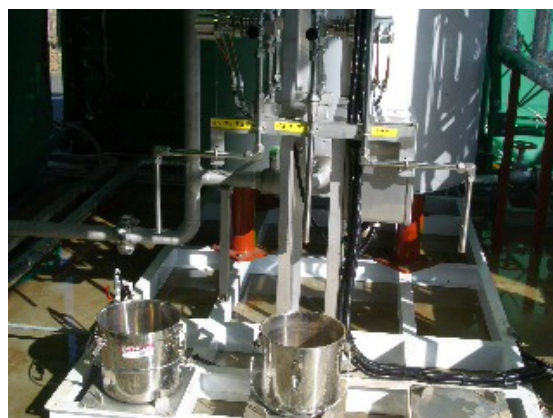


写真 17; 資源回収

## 纏め

塵処理問題に頭を痛めていない国、自治体は恐らく存在しないであろう。其れ程に塵処理問題は生活に密着した切実な問題で有り、人類が裕福に成れば成る程大きな問題として人類の前に立ち塞がる問題で有る。

「廃有機物連続再資源化技術」はそうした塵の問題を従来の様に受身で悲観的な考えから、塵処理費用が掛からなくなるばかりか、資源として販売し利益を得る事が出来る事業に置き換えられる資源製造技術で有る。

塵は塵では無く正に「資源が詰まった宝の山」で在り、塵として扱えば其の処理方法に頭を痛め、環境破壊にも繋がってしまう。廃有機物連続再資源化技術を導入する事で環境保全に貢献しながら、新たな市場の創造に因る利益追求が出来る 21 世紀に相応しい技術・装置の最新動向で在る。

- \* 1 ; 異なった業種間協同で地球の限られた資源の使用効率を高め、廃棄物(エミッション)がゼロに為る事を目指すと言う考え方。(出展 ; スーパー大辞林)
- \* 2 ; 連続湿質酸化装置の商標
- \* 3 ; 平成 20 年 (2008 年) 度林野庁委託研究事業「森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業 小規模分散型事業」で単年度契約だが 3 年間継続事業として受託し、平成 23 年 (2011 年) 3 月末日終了の委託研究事業
- \* 4 ; ドコサヘキサエン酸(docosahexaenoic acid) ; 鰵、鯖、鰯、等に多く含まれ、血中コレステロールの低下や脳の働きを活発にする作用が有るとされる。(出展 ; スーパー大辞林)
- \* 5 ; イコサペンタエン酸(icosapentaenoic acid) ; 鰵、鯖、等に多く含まれ、血中コレステロールの低下や血栓形成抑制等の作用が有る。(出展 ; スーパー大辞林)

- \* 6 ; 通常、酸化チタンを担持体として、ルテニウム (ruthenium ; Ru) をコーティングした物を使用する
- \* 7 ; 連続湿式分散・破碎・乳化装置の商標
- \* 8 ; 産業技術総合研究所バイオマス研究センター 坂木 剛 主任研究員の提唱に拠る
- \* 9 ; 国立学校法人熊本大学バイオエレクトロニクス研究センター 後藤元信教授と共同研究
- \* 10 ; 単一流路を 4 個のバルブを使用して流れ方向をバルブの操作で双方向に変える事を可能とした回路
- \* 11 ; ボイラー及び圧力容器安全規則中の「加圧器、反応器、蒸発器以外で、大気圧に於ける沸点を越える温度の液体を内部に保有する容器は、第一種圧力容器」は高圧ガス保安法に該当する
- \* 12 : ボイラー及び圧力容器安全規則中の除外規定「内部を熱水が流れ、しかも流路の断面積が略一様な物は、熱水を保有する容器とは見做さない。」に該当するので、高圧ガス保安法の対象外と為る