

植織機[®]でのバイオマスの利活用

—夢の素材 ふわふわ君—

平田 和男

バイオマス利活用を始めて10年。化学肥料万能の農業に有機質素材を持込んでの有機農業より始め、現在は林業、畜産と広がっている。バイオマス利活用と言っても広範囲な方法が検討されている。またバイオマスと言っても木質から魚臓骨までである。今回バイオマスを有効利用する方法の一つとして木質を中心として報告する。

本報文では、バイオマスを使いやすくするために植織機[®]（一般的に膨潤処理機械と称される）により加工した場合と他の加工方法との処理後の性質の違い及びその特徴と用途について紹介する。

キーワード：膨潤、爆砕、植織機[®]、堆肥、培土、飼料、臭気、養液

1. はじめに

バイオマス日本構想ならびに京都議定書の目標達成に向けて各業界共バイオマス利活用に向けた活動が活発に展開されている。

神鋼造機株式会社（以下、当社）においても木質、竹、農業用残滓等を中心とした未利用資源の有効利用を計る事業を展開している。これら未利用資源のバイオマスを利用するに当たって、その目的、用途によって適正な加工を施す必要がある。適正な加工によりバイオマスの持っている特長を引出すことにより真の有効利用が計られるものと考えている。

未利用資源を加工しても利用されない、売れない商品を作るのではなく、喜んで利用してもらい、真の有価物に変える事がバイオマス未利用資源の利活用と考える。

本報文において当社の植織機[®]により加工した素材の特徴及び用途につき今迄の活動状況を報告する。

2. 素材の準備と加工

バイオマス利活用において、素材の加工方法、仕上がり状態により利用、用途に大きな差異が生じてくる。加工の良否、大小によりその後のバイオマスに変化がおこる。素材の品質、材質等にもより、その後の用途に大きな差が現われてくる。

(1) 素材の種類

バイオマス素材としては次のような物が考えられる。

① 森林・林業よりの資源

間伐材、林地残材、製材残滓、剪定枝等。

② 農業よりの資源

農産物残滓（粃殻、藁、廃棄農産物等）、廃棄農業資材（分解性シート）

③ 畜産業よりの資源

家畜排泄物（牛、豚、鶏等の糞尿）

④ 水産業よりの残滓

水産加工物の残滓（魚臓骨、貝殻等）

⑤ 建設業よりの資源

解体バイオマス、建設廃材

⑥ その他

生ごみ、下水汚泥等

これらの残滓物を有効に利用する事によりバイオマスを利活用したことになる。残滓物を単に処理して見えなくするのではなく新しい用途として再使命を持たせる事だと考える。

(2) 素材の加工方法（破碎方法）

バイオマス素材を利活用する上において、固形物は粉碎するなり解織するなりして、形を小さくすると同時に使い勝手の良い形にして利用する。

① せん断式破碎

回転刃、固定刃等により破碎。二軸式破碎機 一軸式破碎機等。

② 衝撃式破碎

打撃衝突等により破碎。

③ 爆砕式破碎

高温・高圧下より急激に常温・常圧に戻す事により破碎。温度 200°C~250°C, 圧力 20 kg/cm²

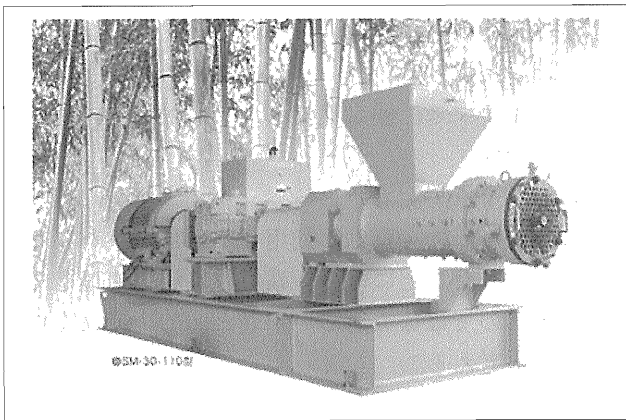
④ 膨潤式破碎（当社製植織機[®]による破碎）

爆砕式破碎に比較して温度は低く、圧力も低いが素材による共摺りとカットによるせん断を加える事により安価に膨潤した材料を得る事の出来る破碎機械。

温度 70°C~90°C 程度、圧力 3~10 kg/cm²。

(注) 膨潤とは水分を含んで膨れ上がること(大辞林より)である。

破砕加工方法にはこれらの方法が考えられる。またこれらを組合わせた加工方法が取られている。しかし最終的にはどのような形状になっているかが問題であり、利用方法により選択する必要がある。例えばせん断式破砕は木質を剪断した場合、強固な木質構造はそのまま形状が小さくなっている状況である。爆砕式破砕は断熱膨張による急激な破砕のため、木質の包埋構造が破壊されて元の木質ではなくなっており、利用の幅を広げる加工である。膨潤破砕はせん断の長所と爆砕の長所と共に、共擦りを加えた破砕であり、包埋構造の破砕にまでは至っていないと思われるが、品質は爆砕に近い性質を持っている。このため爆砕に近い性状を持ちながら容易に強固な木質構造を変えて柔らかな素材を得る事が出来る。膨潤破砕は別名膨軟化処理と呼ばれ、その柔らかさが利活用の範囲を広げている。写真—1 に植織機を示す。



写真—1 植織機®外観図

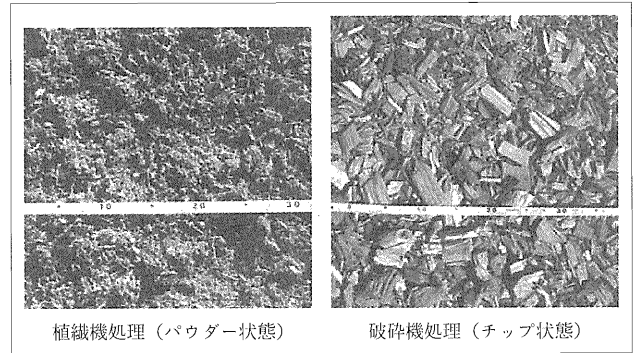
3. 不思議な素材「ふわふわ君」

先の破砕方法で説明したように植織機®は膨潤破砕機械であり、加工された素材には不思議な力を秘めている。

植織機®による膨潤作用がどのようなものなのか、せん断破砕のオガコ又はチップと比較して説明する。

(1) 粒度(大きさ)

処理された物理的粒度はオガコのように均一な細かさでもチップのような強固な固形物でもない。長さは0.2~15 mm 程度と種々雑多な大きさの繊維状を示しており、握るとふわふわした状態で、これが名前の由来になっている。写真—2 にチップとの粒度比較を示す。



写真—2 粒度の比較

(2) 保水性

バイオマス利活用において素材の保水性は大きな意味を持って来る。土壌改良材や堆肥として利用する場合保水性がないと乾燥して役に立たない。どの程度保水力があるか、表—1 に比較して示す。

表—1 保水力比較表

材 料	処理機械	水分率(%)	吸水率(%)	浸漬前重量	浸漬後重量
剪定枝 A	植織機	45.6	337	240	440
剪定枝 B	植織機	14.9	377	165	530
剪定枝 C	2軸破砕機	9.8	202	115	210
もみから	植織機	11.3	401	90	320
建築廃材 A	チップ	11.1	176	80	125
建築廃材 B	チップ	9.7	229	70	145

富士市剪定枝資源化モデル事業実証試験結果(平成12年度)より

(3) 水溶性有機分

水溶性有機分とは微生物が活動し、分解する際に適した大きさ、状態を表す。植織機®で加工した物は他のチップ等で加工したものに比較して水溶性の有機分が10倍程度と格段に多い(表—2)。

表—2 水溶性有機分の比較

サンプル名称	SS (mg/L)	T-C (mg/L)	T-N (mg/L)
剪定枝の破砕機処理品	220	490	23
剪定枝の植織機処理品	2,700	3,600	150

富士市剪定枝資源化モデル事業実証試験結果(平成12年度)より

(4) 通気性

膨潤された材料は内部に多くの空気を抱えており、堆積発酵させるとき、この空気が好気性発酵を助け良質の堆肥を作る。また膨潤素材は自立性が高く押し潰された時も復元する力を持っており、空気の通り道を確保する。

図—1 に通気性の比較試験結果を示す。

このグラフは東京農業大学における比較試験結果

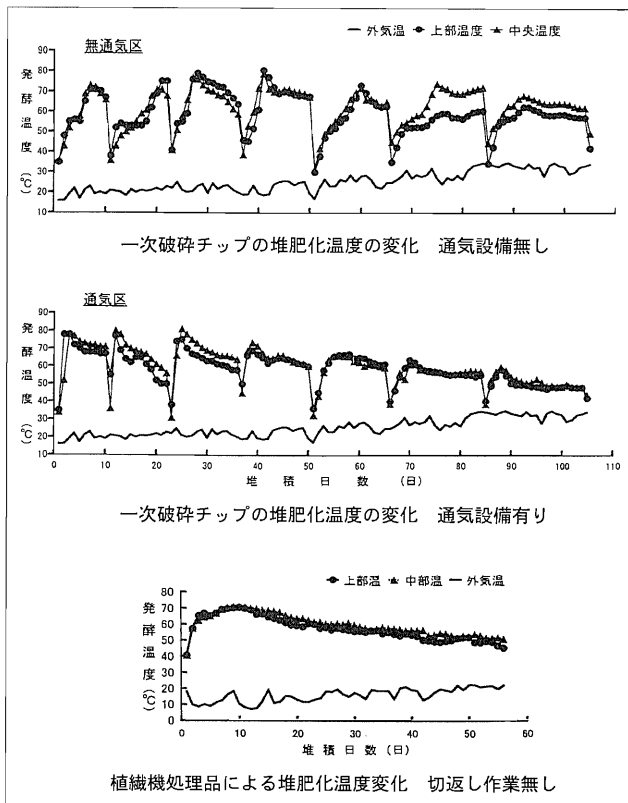
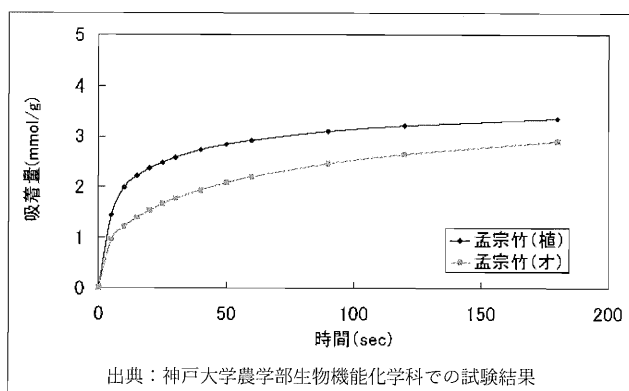


図-1 通気性比較試験

より転載した(出展:カレッジ講座テキスト 樹木ゴミの処理システム)。

(5) 脱臭性

植繊機®により膨潤された素材はそのまま堆積しても汚水の発生がなく、又悪臭の発生も起さない。又この「ふわふわ君」と家畜糞と混合した場合、混合完了時に糞尿の悪臭は消えており、堆肥生産現場はもとより近隣の環境は守られている。同時に悪臭の出ない良質堆肥を生産し供給する。膨潤素材はアンモニア吸収させた場合、木質チップ、オガコと比較して吸収量が多いと同時に吸収点に達する時間が早い事が実証されている。この早く吸収することは多く吸収する事よりも堆肥製造には不可欠の要素と言える。早く吸収する



出典:神戸大学農学部生物機能化学科での試験結果

図-2 孟宗竹におけるアンモニア吸収量の経時変化 (5,000 ppm, n=2)

ことにより堆肥製造現場より悪臭がなくなる。図-2にアンモニア吸収時間を示す。

(6) 殺種性

バイオマス利活用で最終的に使用する場所において、素材より雑草が生えたり害虫の卵が孵化してくる事がある。再使用の条件としてこれら雑草の種子が殺種されており、害虫の卵も潰されていることが再使用条件となる。この殺種性が確保されて堆肥として、マルチング材として使用可能となる。植繊機®素材の実験によるとほぼ100%殺種されている事が判明している。

以上のように「ふわふわ君」には6つの大きな特徴があり、これらの特徴を生かした利用方法について次に紹介する。

4. 「ふわふわ君」の利活用

前章に説明したようにバイオマスを植繊機®にて加工した素材「ふわふわ君」の性状を説明した。

粒度、保水性、水溶性有機分、通気性、脱臭性、殺種性と6項目の特徴を有する材料は次のような利用方法が行われている。

(1) マルチング材料—土壌表面に散布する素材として—

① 一般的な利用

雑木、間伐材、剪定枝などは公園、道路分離帯、遊歩道等のマルチング材として利用されている。これは草抑えと同時に自然に土に還る。チップとの大きな違いは土への活着性の相違で、「ふわふわ君」は活着性がよく流失等が少ない。

② 特殊用途利用

竹の「ふわふわ君」により法面緑化資材としての利用が計られている。法面緑化にはバーク、木質と同時に保水性、保肥力、活着性より従来ピートモスが10%~20%混合されて使われる。しかし竹の「ふわふわ君」はピートモスに優る保水力、保肥力、活着性を示し、かつ国産材として調達出来る素材である。

③ 農業用途

農業用土壌改良材として堆肥が多く使用される。堆肥に替わり竹の「ふわふわ君」を利用して美味しく、安全で、かつ収量を増やす有機農法が最近注目を集めている。竹の「ふわふわ君」をマルチング材として使用する事により磷酸優先成長の生育がみられ、有機野菜、有機米の生産が可能となる。

この農法は竹の持つ特性と植繊機®により「ふわふ

わ君」の特性を最大限に利用した有機農法で徐々に広がりを見せている。竹には繊維管内に多くの糖分を有しており、この糖分と繊維質の相乗効果を発揮して安全で、美味しい農作物を生み出している。現在、果樹（ぶどう、桃、梨、さくらんぼ）、いちご、トマトその他野菜、米などで効果を上げている。

（２） 敷料

「ふわふわ君」の保水性と通気性及び脱臭性を利用して畜舎の敷料として利用され、敷料にした後は良質堆肥として再利用が可能である。

（３） 堆肥化

堆肥製造における従来の問題点は、臭い、乾燥している、固形物がある、に代表される。ここに売れる堆肥、使える堆肥の製造方法を紹介する。

① 「ふわふわ君」をそのまま堆積発酵させて堆肥化

約5カ月間堆積すれば CEC 70 前後、C/N 30 前後の堆肥が製造可能である。通常チップ等を堆肥化する場合1年から2年の期間が必要であるが、約1/2から1/3の期間で堆肥化出来る。これは素材の持つ通気性と保水性および木質の包埋構造が破壊前状態による事で早期堆肥化が可能となる。

② 「ふわふわ君」と家畜糞（牛、豚等）との混合堆肥化

家畜糞と木質の「ふわふわ君」を混合して堆肥を作る目的は、家畜糞の持つ窒素と木質の持つ炭素をバランス良く混合して良質堆肥を作る事にある。従来の考え方は木質をあくまで家畜糞の過剰水分を引下げるための水分調整材の役目が主であった。木質は堆肥原料の一つであり副次的材料ではない。この堆肥は混合する過程で悪臭がなくなる。これは先に説明したアンモニアの吸収が早いことに起因する。

堆肥成分は以下の特性を有する。

炭素率	C/N 比	15~25
電気伝導度	EC 値	1.5~3.0 mS/cm
陽イオン交換容量	CEC 値	80~100 meq/100 g

堆肥期間は夏季で70日、冬季で90日程度の日数で完成する。この混合堆肥は「ふわふわ君」の持つ通気性、保水性、自立性と脱臭性を利用した堆肥製造方法である。この方法は家畜糞のみならず生ごみ、汚泥にも適用可能である（堆肥製造システムは特許出願中、連続混合混練機も特許出願中である）。

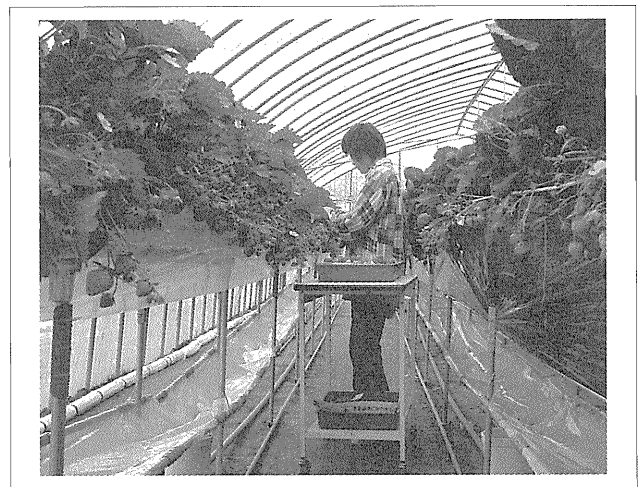
（４） 軽量培土として利用

「ふわふわ君」を土の代わりに栽培用培土として利用している例を以下に述べよう。

① 養液栽培用培地

土の代わりに「ふわふわ君」を利用することにより軽い林産未利用資源が利用出来て、しかも使用後は堆肥として農地に還元するリサイクルが完成する。軽い特徴を生かして高設栽培用の培地に最適である。材料としてバーク、杉などの間伐材、林地残材の利用が可能であり、生木を膨潤加工後すぐに使用できる。

木質の持つ成育阻害物質は膨潤過程でなくなり、木の持つ抗菌作用が働き、病気に強い栽培が可能となる。写真—3に養液栽培を示す。



写真—3 いちご高設栽培

北海道道南農業試験場と共同開発を行い、培地としての特許を出願中である。

② その他の培地としての利用

挿し木用培地、播種培地、鱗片培養培地、きのこ培地等

（５） 養液栽培における排養液排水処理材として利用

養液栽培において廃液には作物が吸収しきれない窒素分が含まれている。栽培者はこの廃液を回収して窒素分を無くし、排水基準以下にして河川等に放流しなくてはならない。この排水基準を守るために費用をかけて処理することが必要である。

「ふわふわ君」にこの排水を通す事により基準値以下の放流が可能な排水となる。「ふわふわ君」と排水を有酸素状態に置けば窒素は吸収され、無酸素状態におけば脱窒作用をおこして窒素分の無い処理水を得ることになる。その後これらの「ふわふわ君」は堆肥として再利用が可能であり窒素のリサイクルが完成する

表-3 無機態窒素の残存率
(培養0週は無機態窒素量を100とする)

資 材	培 養 週 数					
	0	1	2	4	8	12
スギ樹皮	100	7.5	2.3	0.4	1.2	0.5
スギ材	100	81.7	84.8	62.5	43.1	35.6
スギ間伐材	100	68.6	67.1	46.1	30.7	7.0
トドマツ間伐材	100	62.3	59.1	41.0	50.0	65.4
カラマツ間伐材	100	88.8	92.5	83.0	88.5	84.9
ブナ間伐材	100	53.7	42.3	27.5	16.3	0.3
スギおがくず	100	84.6	80.7	67.5	70.3	66.4
対 照 培 土	100	97.7	102.2	73.8	100.0	98.6

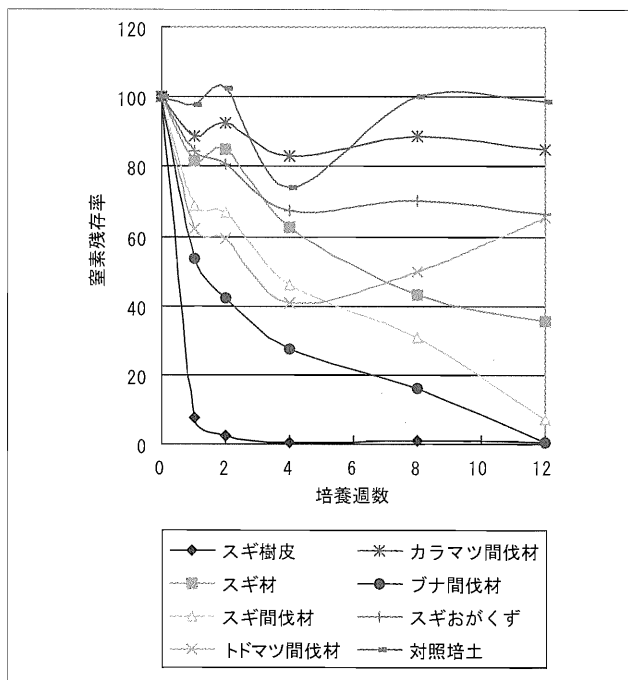


図-3 各資材における無機態窒素の残存率の推移

(表-3, 図-3)。

北海道道南農業試験場との共同開発で、廃養液処理材並びに装置として特許出願中である。

(6) 飼料としての利用

木質を家畜の飼料として与える事は多くの研究者が取組んでいる。これら飼料化には従来以下の2つの方法が取られてきている。

- ・木質を蒸煮解繊処理して飼料とする方法。
- ・爆砕による方法。

2つに共通するのは高温に曝す事により柔らかくすることで、いずれにしても熱源が必要となり、エネルギーコストと大掛かりな設備を必要とする。

植繊機[®]による竹の「ふわふわ君」は約80°C程度で膨潤されており、別に熱源も必要とせず新たな設備も無く、加工された状態で家畜に与えることができる。

現在竹は全国に繁茂（北海道は笹が繁茂）しており、この竹を「ふわふわ君」にして家畜に与える事ができる。竹を飼料にする利点は以下のように考えられる。

- ① 従来の蒸煮解繊あるいは爆砕に比較して低コスト
- ② 竹公害と呼ばれている竹を飼料とすることができ環境改善がはかれる。
- ③ 輸入飼料につきまとう不安（価格の不安定、品質のばらつき、病原体の有無、残留農薬）などがあり、輸入品を国産でしかも自給可能な粗飼料が確保できる。

これらの利点が考えられるうえに家畜が喜んで食べる、安全であるという飼料としての条件を備えている。表-4に竹と乾草の成分表を示す。竹は良好に間伐すれば資源は枯渇する事なく毎年新しい竹が育ってくる。広島大学と共同開発し、飼料の特許出願中である。

表-4 竹飼料と乾草の一般成分組成（乾物中%）

	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	粗灰分	可溶無窒素
1回処理タケ飼料	3.11	0.98	52.91	2.42	40.59
2回処理タケ飼料	3.30	0.95	50.78	2.50	42.48
オーツ乾草	8.39	0.81	41.25	8.40	41.15

5. ま と め

未利用資源のバイオマス利活用に当たって神鋼造機株式会社の状況を報告した。今後ますます各業界とも活発な活動が期待される。これら未利用資源の活用に当たり、分別が何よりも重要課題となってくる。バイオマスは原料であり、これを使って製品に変えるに、原料の品質が最終商品に影響を与えるばかりでなく、途中の製造工程においても大きな影響を及ぼす。

本報文が読者諸兄姉の参考にして頂ければ幸いです。各位のご意見、ご批判等を頂ければこの上ない喜びである。

各項目とも紙面の都合上概説のみを記述することに止どめた。詳細が必要な各位は別途連絡ください。

JCMIA

[筆者紹介]

平田 和男 (ひらた かずお)
神鋼造機株式会社
技術顧問
e-mail: hirataka@shinko-zoki.co.jp

