

ササの利用ふたたび

遠藤 展

1. はじめに

最近流行している言葉の一つに、バイオマスという言葉があります。バイオマスとは、難しい言い方をすれば、生物現存量すなわち一定の地域内にある動物・植物・微生物などの生物体の総量を意味する言葉です。このバイオマスが、石油や石炭に代わる再生産可能な資源として注目を浴びているわけです。特に、農林水産省関係の研究機関の元締めである技術会議が中心となって、昭和56年から10年計画で“バイオマス変換計画”を進めており、木材の飼料化などの成果をあげています。

この計画では平成2年度に最終年度を迎え、最終計画の一つとしてササ資源の利用がとりあげられています。ササの利用については、林産試験場においてもハードボード化の検討を行いましたし、古くから様々な所でいろいろな検討が行われておりますが、実用化に至っている研究が見当たらないというのが現状です。

北海道におけるササ資源は、林業試験場北海道支場の昭和57年度の調査結果を基にした、林業科学技術振興所の報告¹⁾によりますと、その分布面積400万ha、資源量は、生重量でチシマザサ5,369万t、クマイザサ6,992万t、ミヤコザサ834万t、合計13,195万tと推定されています。また、年収穫可能量は推定で、生重量でチシマザサ358万t、クマイザサ1,144万t、ミヤコザサ200万t、合計1,702万tとされています。一方、昭和61年度の北海道林業統計²⁾によると、昭和62年4月現在の北海道の全森林蓄積は、54,957万m³（生重量で約44,000万t）、昭和61年度の

北海道の全伐採材積は、768万m³（生重量で約590万t、針葉樹の絶乾密度を0.40g/cc、広葉樹は0.54g/cc、水分を40%として計算）です。したがって、ササ資源は、蓄積の点では木材の1/4であり、年間の収穫可能量は、現在の全伐採材積の約3倍にも達する膨大な資源といえます。この膨大な資源は国土保全など間接的な効用を除き直接的には利用されず、逆に造林作業時の障害物として除去されているのが現状です。しかし、最近になり、ササ類の特性を生かした各種の用途開発が積極的に進められています。その一つが、健康食品としての利用です。この場合は、主にクマイザサが用いられています。ササの葉を乾燥し、煎じて飲むお茶としての利用から、細かく粉碎して、そのエキスを抽出する方法、お菓子や酒類、麺類に添加する方法など、さまざまです。このような方法を用いて、北海道においても各種の商品が作られており、市販されています。これらの用途に使用するササの量はわずかですが、その付加価値が比較的高いので、ササの搬出は、主に人力によって行われています。

このように、小規模な利用はありますが、ササ資源の大規模な利用は、行われていないのが実態です。その理由は、種々あると考えられますが、その一番の要因は、その搬出技術の開発が遅れているためと考えられます。この点については、先ほど述べましたバイオマス計画において、ササ類の収穫機の開発研究が行われており、またその再生力の大きさに注目した、収穫方法の開発も行われており、これらの研究成果により、生産、搬出

コストの大幅な削減が期待されています。本文では、これらの検討を基に、ササ類が工場に運びこまれたとして、それを、飼料などの各種の製品に加工するための、前処理方法について主にお話します。

2. ササを粉碎する

ササ類を製品化するためには、採取したままの形では利用しにくいので、利用しやすい形にする必要があります。この方法として一般に用いられる方法が、粉碎です。そこでまず、この粉碎処理についてお話します。

採取したままのチシマザサを、写真1に示したスイングハンマー式の衝撃型粉碎機で粉碎しました。結果は表1に示しました。採取地は、稚内で

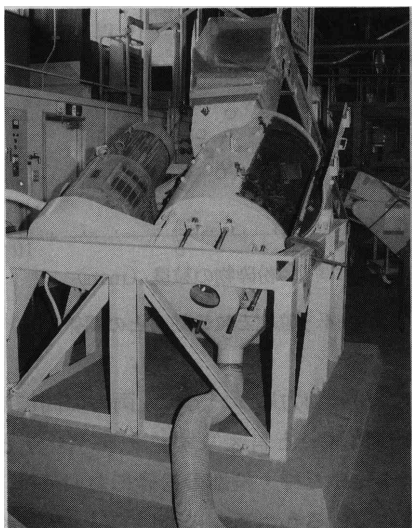


写真1 スイングハンマー式粉碎機

表1 粉碎試験結果(チシマザサ)

部 位	採取時期 月/日	粉 碎 機		粉碎動力 (kWh/t)	粉 碎 物	
		回転数 (rpm)	目皿径 (mm)		粒 度 (mm)	かさ密度 (t/m ³)
全 体	8/22	2,000	10	51.1	1.8	0.135
		10/14	2,000	10	59.2	1.3
	800	20	83.7	4.2	0.075	
	1,400	20	41.2	3.3	0.104	
	2,000	20	35.8	2.3	0.099	
	800	50	38.2	3.4	0.082	
	1,400	50	20.3	3.5	0.102	
	2,000	50	19.9	4.2	0.075	
稈・枝	10/14	1,400	50	31.7	6.0	0.084

す。処理能力は、人員2名で1時間あたり乾燥重量で0.2t程度です。このタイプの粉碎機は、バーク等を粉碎し、家畜の敷料を生産する場合に広く用いられています。図1には、粉碎物の細かさ(以下、粒度といいます)とそのかさ密度との関係を示しました。図に示したように、粉碎物の粒度の減少に伴い、かさ密度が増加しています。チシマザサを人力で採取結束した場合のかさ密度は、0.186t/m³程度なので、チシマザサの場合は、粉碎処理によって逆に、そのみかけの体積が増加することになります。原料と同じ程度のみかけの体積とするためには、約1mm程度まで粉碎

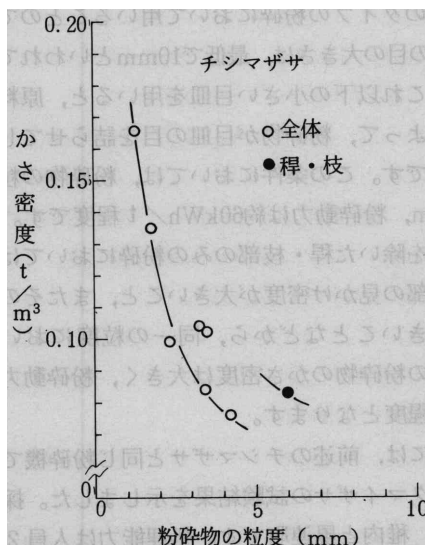


図1 粒度とかさ密度との関係

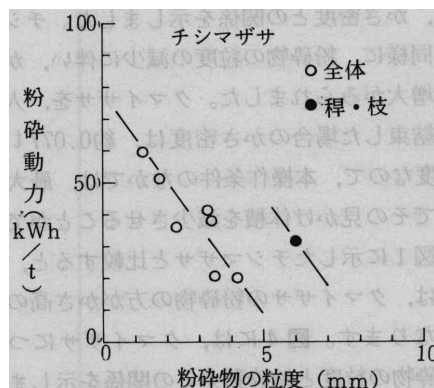


図2 粒度と粉碎動力との関係

表2 粉碎試験結果(クマイザサ)

部 位	採取場所	採取時期 月/日	粉 碎 機		粉碎動力 (kWh/t)	粉 碎 物	
			回転数 (rpm)	目皿径 (mm)		粒 度 (mm)	かさ密度 (t/m ³)
全 体	稚 内	8/22	2,000	10	60.9	1.8	0.128
		10/7	2,000	10	51.3	1.5	0.108
		10/14	2,000	10	58.0	1.7	0.135
	風 連	10/21	800	20	83.3	4.3	0.059
			1,400	20	36.9	3.4	0.069
			2,000	20	35.2	2.2	0.076
			800	50	31.9	4.3	0.055
			1,400	50	21.7	3.5	0.078
			2,000	50	19.2	3.7	0.073
程	風 連	10/21	1,400	50	25.7	4.1	0.081

しなければなりません。図2には、粉碎物の粒度と、粉碎に要する正味動力との関係を示しました。通常このタイプの粉碎において用いることのできる目皿の目の大きさは、最低で10mmといわれています。これ以下の小さい目皿を用いると、原料の水分によって、粉碎物が目皿の目を詰らしてしまうからです。この条件においては、粉碎物の粒度は1mm、粉碎動力は約60kWh/t程度です。また、葉を除いた稈・枝部だけの粉碎においては、稈・枝部の見かけ密度が大きいこと、またその強度が大きいことなどから、同一の粒度においても、その粉碎物のかさ密度は大きく、粉碎動力も約3倍程度となります。

表2には、前述のチシマザサと同じ粉碎機で粉碎したクマイザサの試験結果を示しました。採取場所は、稚内と風連町です。処理能力は人員2名で1時間あたり0.15t程度です。

図3には、クマイザサを粉碎する時の粉碎物の粒度と、かさ密度との関係を示しました。チシマザサと同様に、粉碎物の粒度の減少に伴い、かさ密度の増大がみられました。クマイザサを、人力で採取結束した場合のかさ密度は、約0.077t/m³程度なので、本操作条件のなかでは、最大1/2程度までその見かけ体積を減少させることができます。図1に示したチシマザサと比較すると、全体的には、クマイザサの粉碎物の方がかさ高の粉碎物となります。図4には、クマイザサについて、粉碎物の粒度と粉碎動力との関係を示しました。粉碎動力については、チシマザサとほぼ同じ

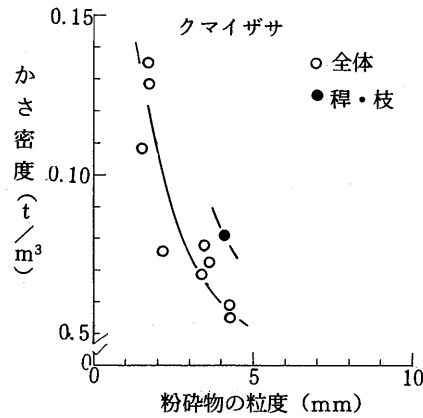


図3 粒度とかさ密度との関係

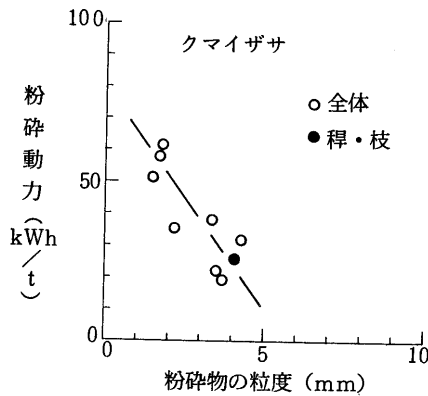


図4 粒度と粉碎動力との関係

であり、粉碎動力については、両者の間には、差異はみられないと言えます。チシマザサと同様に、葉を除いた稈・枝部の粉碎においては、同一の粒度におけるかさ密度については、大きくなる傾向がみられますが、粉碎動力については、はっきりした違いは認められませんでした。

3. さらに細かく粉碎すると

クマイザサの葉部については、特にその葉部分を微粉碎し、食品の着色剤として用いる方法や、エキスを抽出して、健康食品として利用する方法が開発されています。そこで、本項では、クマイザサの葉部の微粉碎処理について述べます。

表3には、クマイザサの当年生の葉の部分を、写真2に示したハンマー固定式の衝撃型微粉碎機

で粉碎した結果を示しました。採取場所は、旭川市内で、採取日は、昭和63年7月29日です。この試験では、原料を、写真3に示した目皿つきの切削型粉碎机で粉碎処理したものを用いました。粒度は、2.5mm、かさ密度は、0.018t/m³です。

図5には、粉碎物の粒度とかさ密度との関係を示しました。0.1mm程度まで粉碎すると、かさ密度は0.3t/m³まで増加します。図6には、粉碎物の粒度と粉碎動力との関係を示しました。0.1mm程度まで粉碎するために要する動力は約400kWh/t程度で、電力費用のみでは、製品1tあたり5千円程度となります。

表4には、このようにして微粉碎処理したササの、酵素による消化率を示しました。クマイザサは、前項と同じハンマー固定式の衝撃型微粉碎机にて0.1mmの目皿を用いて粉碎しました。原料は、この粉碎にかける前に、前項と同じ写真3に示した目皿つきの切削型粉碎机で粉碎処理して用いました。粒度は、2.8mm、かさ密度は、0.136t/m³です。木材については、30ミクロン程度まで粉碎することによって、酵素消化率が增大することが知られています³⁾。ササの場合は、表4

表3 クマイザサ当年生葉部の微粉碎

目皿径 (mm)	粉碎動力 (kWh/t)	粉 碎 物	
		粒 度 (mm)	かさ密度 (t/m ³)
4.0	151.3	0.69	0.162
0.8	273.9	0.39	0.229
0.2	399.0	0.13	0.278

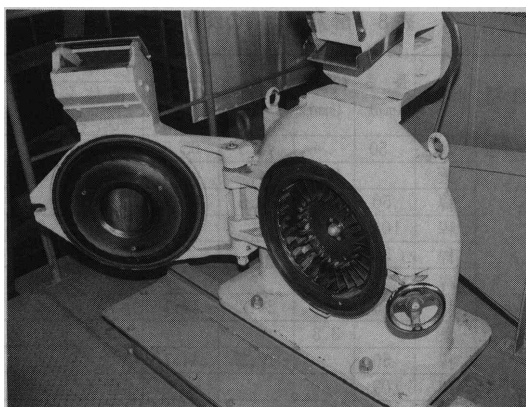


写真2 微粉碎机

に示したように、微粉碎処理による酵素消化率の増大は、当年生の葉を除いて約8%程度でした。しかし、当年生の葉をボールミルで3日間粉碎し、32ミクロンの篩いの通過率を99%程度となるまで粉碎すると、その酵素消化率は50%程度まで増大しました。

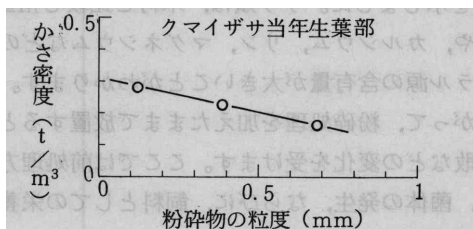


図5 微粉碎における粒度とかさ密度との関係

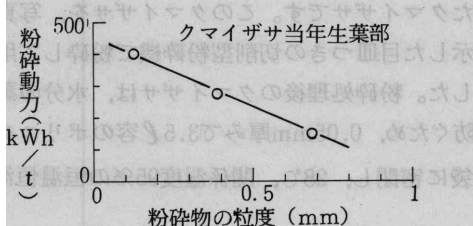


図6 微粉碎における粒度と粉碎動力との関係

表4 微粉碎と消化率の変化(クマイザサ)

原 料	採取時期 月/日	粉碎前 消化率 (%)	粉碎動力 (kWh/t)	粉 碎 後		消化率 増加分 (%)
				消化率 (%)	粒 度 (mm)	
当年生葉	7/29	27.9	393	29.8	0.090	1.9
多年生葉	8/29	12.4	423	20.8	0.058	8.3
多年新稈	8/29	10.1	587	18.4	0.070	8.3

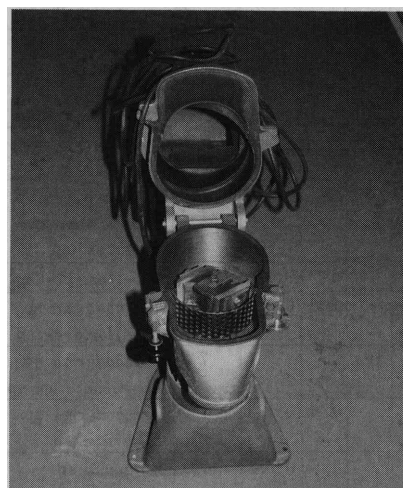


写真3 切削型粉碎机

5. 粉碎したササの腐れについて

前項までの検討は、前処理としての粉碎処理についての検討ですが、本項においては、粉碎物の腐れについて述べます。表5には、日本飼料標準成分表⁴⁾によるクマイザサの成分と、木質飼料の飼養マニュアル⁵⁾によるシラカンバの成分との比較を示しました。ササ類は、木材と比較し粗蛋白質や、カルシウム、リン、マグネシウムなどのミネラル源の含有量が大いことがわかります。したがって、粉碎処理を加えたままで放置すると、腐敗などの変化を受けます。ここでは前処理方法と、菌体の発生、ならびに、飼料としての栄養価の変化について述べます。

原料は、昭和63年7月5日、幌加内町にて採取したクマイザサです。このクマイザサを、写真3に示した目皿つきの切削型粉碎機で粉碎して用いました。粉碎処理後のクマイザサは、水分の蒸発を防ぐため、0.05mm厚みで3.5l容のポリエチレン袋に密閉し、28℃、関係湿度95%の恒温恒湿室

にいれ、試料表面における菌体（孢子あるいは菌糸）の発生状況を肉眼的に観察しました。密閉方法としては、ポリエチレン袋1枚をふくらまし、その底部に少量の試料を入れる方法、および、袋3枚を重ね内部の空気をよく排除し、圧縮充填する方法の二つを用いました。表6には、原料の形状と菌体が発生するまでの日数を示しました。ポリエチレン袋1枚で密閉した方法では、粉碎処理方法の如何によらず、ほぼ1週間程度で菌体の発生がみられました。なお、表には、アクロマイシンを添加したPDA培地を用いて、常法によって分離した菌体の名称も示しました。袋3枚に密閉した条件では、前処理や部位の違いが現われました。葉部は、当年生、および多年生のいかによらず、袋1枚の条件とほぼ同様に、7日から9日程度で菌体の発生をみましました。稈部については、細かく粉碎すればするほど、菌体が発生するまでの期間が長くなり、当年生の稈部を、10mmの目

表5 クマイザサ、シラカンバの飼料成分の比較

種類	組成 (乾物中, %)				
	粗蛋白質	粗脂肪	可溶性無窒素物	粗繊維	粗灰分
クマイザサ	11.6	4.2	43.8	29.9	10.5
シラカンバ	1.4	1.7	76.0	78.2	0.3

表6 粉碎処理、密封方法と菌体の発生

種類	部位	長さ (mm)	粒度 (mm)	かさ密度 (t/m ³)	袋 1 枚		袋 3 枚
					発生までの日数	菌 体	発生までの日数
当年生	葉		2.4	0.052	7	<i>Acremonium</i> sp. <i>Paecilomyces</i> sp.	7
	稈	104			7	<i>Penicillium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.	18
	稈	50			7	<i>Paecilomyces</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.	20
	稈		1.7	0.088	17	<i>Paecilomyces</i> sp.	無し
多年生	葉		3.8	0.057	7	<i>Trichoderma</i> sp. <i>Paecilomyces</i> sp.	9
	稈	109			7	<i>Trichoderma</i> sp. <i>Aureobasidium</i> sp.	13
	稈		2.5	0.129	7	<i>Trichoderma</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.	
	稈		1.6	0.188	7	<i>Rhizopus</i> sp. <i>Avreobasidium</i> sp. <i>Mucor</i> sp.	30

表7 水分と菌体の発生

種類	水分 (%)	袋 1 枚		袋 3 枚
		発生までの日数	菌 体	発生までの日数
当年生	78.0*	17	<i>Paecilomyces</i> sp.	無し
	56.0	7	<i>Penicillium</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.	無し
	23.6	122		無し
多年生	69.1	64		無し
	49.0*	7	<i>Trichoderma</i> sp. <i>Fusarium</i> sp.	20
	18.1	122		無し

表8 酵素消化率の変化

種類	部位	長さ (mm)	粒度 (mm)	酵 素 消 化 率 (%)			
				菌体発生前		菌体発生後	
				無処理	蒸 煮	無処理	蒸 煮
当年生	葉	50		40.3	65.5		
	葉		2.4			34.6	62.6
	稈	50		32.5	62.6		
	稈	104				16.7	42.5
	稈	50				15.2	42.8
	稈		1.7				52.8
多年生	葉	50		22.2	43.1		
	葉		3.8			10.0	40.2
	稈	50		12.2	44.7		
	稈	109				3.3	32.1
	稈		2.5				3.6
	稈		1.6				6.5

表9 蒸煮収率の変化

種類	部位	長さ (mm)	粒度 (mm)	蒸煮収率 (%)	
				菌体発生前	菌体発生後
当年生	葉	50		78.3	
	葉		2.4		99.0
	稈	50		89.8	
	稈	104			79.7
	稈	50			91.5
	稈		1.7		91.0
多年生	葉	50		94.0	
	葉		3.8		94.8
	稈	50		95.4	
	稈	109			87.8
	稈		2.5		95.6
	稈		1.6		95.8

皿にて粉碎した場合は、122日経過後も菌体の発生はみられませんでした。

次に、原料の水分を調整し、水分の影響についての検討を行いました。その結果を、表7に示しました。表中の*印は、原料そのままの条件です。菌体の発生は水分条件に大きく影響されますが、当年生、多年生とも水分20%程度では、菌体の発生は、122日後となりました。また、多年生については、水を加えることで実験の水準を整えましたが、加水することで、逆に菌体の発生が抑えられ、その発生は、40日後となりました。また、ポリエチレン袋3枚で圧縮充填した場合は、多年生の水分調整なしの条件のみ、20日後に菌体の発生がみられましたが、他の条件においては、122日経過後も菌体の発生はみられませんでした。

次に、この菌体発生前後の試料について酵素消化率を求め、表8に示しました。蒸煮、および消化率の測定は、試験開始134日後に行いました。部位、年生の差異によらず、菌体発生後の酵素消化率の減少は大きく、当年生葉部を除いて、その値は菌体発生前の1/2以下となっています。さらに、12kg/cm² 10分の蒸煮条件で処理した場合、葉部を除くとその低下は大きく、10~20%の低下をみました。しかし、葉部については、3%程度の低下に留まりました。

表9には、蒸煮収率を示しました。データのバラツキは大きいですが、菌体の発生の影響は少な

いと考えられます。

6. 終わりに

本報告においては、主にササを製品化するための前処理条件の検討を行いました。検討結果を要約しますと、

- 1) 粉碎処理により粉碎物のかさ密度の変化がみられ、粉碎物の粒度が減少するに従って、かさ密度が増加する傾向が認められました。
- 2) 粉碎動力は、実用規模の粉碎機にて粉碎可能な一番細かい粒度である、1mm程度に粉碎する場合で、チシマザサ、クマイザサともに60 kWh/t程度でした。
- 3) 粉碎機の処理能力は、人員2名で行う場合、乾燥重量でチシマザサ0.2t/h、クマイザサ0.15t/h程度でした。
- 4) 菌体の発生は、比較的空気と触れる機会の大きい条件下で、1週間程度でみられました。しかし空気を排除、密封し、さらに原料の粒度を小さくすることで、その発生を抑制することができました。
- 5) 水分を、20%程度に下げることによって、菌体の発生は4か月程度抑えられました。
- 6) 菌体が発生することで、その酵素消化率は、低下しました。

なお、本研究は、農林水産省森林総合研究所の委託によって実施したものです。

引用文献

- 1) 北方系大型ササ資源の収集・搬送に関する事前評価，林業科学技術振興所，昭和58年3月
- 2) 昭和61年度北海道林業統計，北海道林務部
- 3) 松村義人，須藤賢一，志水一允：木材誌，23，562（1977）
- 4) 日本標準飼料成分表，農林水産省技術会議事務局
- 5) 蒸煮広葉樹による乳牛および肉用牛の飼養マニュアル，農林水産省，1988

（林産試験場 物性利用科）