

M-2 草木系バイオマス利用の現状

門屋 卓

2002年1030日 シルバー21秋の連続講演会

「木質系バイオマスのエコロジー」

新教科書シリーズ「新しい紙の機能と工学」(後編, 2001から)

神奈川大学シルバー21 門屋卓

1. はじめに

本講演の典拠である拙著は材料学を中心として、最近の技術革新の流れを、学生、若手研究者などを対象に分り易く解説しようとして企画されたもので、本書を含め23冊が刊行されている。

紙系材料の話はその中で異色の存在で、1.紙の基礎、2.製紙技術、3.紙の加工、4.特殊紙、5.非セルロース系材料と複合紙、6.環境と紙パルプ産業の167頁の内容で、今回の講演会ではその中の第6章から主題に関連する項目に関連資料を加えてお話しする。

(第6章世界の森林資源、森林資源とCO₂、森林と放牧地、紙のリサイクル、非木材資源、製紙業のエネルギーフロー)

2. バイオマス

今までは生物現存量とか生物体総量と訳される生態学の用語として使われていたが、現在ではすべての生物、すなわち全有機体をエネルギー資源としてバイオマスと呼んでいる。光合成により作り出された植物体は物質循環サイクルにより、動物、微生物、無機物へ変化し、このサイクルに関与するすべての物質をエネルギー資源として利用することを広義のバイオマスと呼ぶようになってきた。

バイオマス利用の研究は70年ころ日本では活発であったが、その後中断し、その間欧米では地道な研究が行なわれ、'99年のクリントン前大統領の「国家戦略とする」発言により活性化している。

バイオマスを生み出す仕組みはもちろん地球と太陽であり、約20億年前地球に誕生した植物によって始められた。図1に示すように、地球に降り注ぐ太陽エネルギーは年に 7.2×10^{20} Kcalで、現在人類が消費する化石燃料の1万倍である。植物の光合成で得られるエネルギーは 7.2×10^{16} Kcalで化石燃料の10倍にも当たる。

3. 森林と草類

地球上で陸上植物の生産している面積は148.89億haとされ、このうち森林が40.87億ha(最近のFAO統計では34.5億ha)でこれから2500億トンの森林樹木を生産しこのうちわれわれは薪炭材16.57億m³、製材用10.07億m³、パルプ材4.33億m³、その他3.38億m³を利用している。

森林以外の陸地は耕地面積13.76億ha、樹園地1.00

億ha、永年採草・放牧地33.04億haでこれによるバイオマス総量は海洋植物を入れた総量は森林樹木の約倍以上と推定されている。

これからの化石燃料に替わるエネルギー源としてこのような炭素循環機能を持った樹木、高生産性の草地、海洋資源が重視されてきた。

4. カーボン・ニュートラル

木質系バイオマスを広義に解釈して草木系資源つまり木と草が持続可能な社会の構築を果たす役割を担って注目されてきた。その大きな理由はカーボン・ニュートラルという言葉で代表され学術的な領域が生まれてきたことによる。その特長は①再生可能、②莫大な貯蔵量、③貯蔵性・代替性、④カーボン・ニュートラルにあるといわれます。カーボン・ニュートラルとはこの資源を直接燃焼して発生するCO₂は、この植物体の生育時に吸収・固定され、CO₂総量としては±0と相殺されバランスする。すなわち地球規模のサイクルという見方では、カーボンの量としてバランスがとれている。

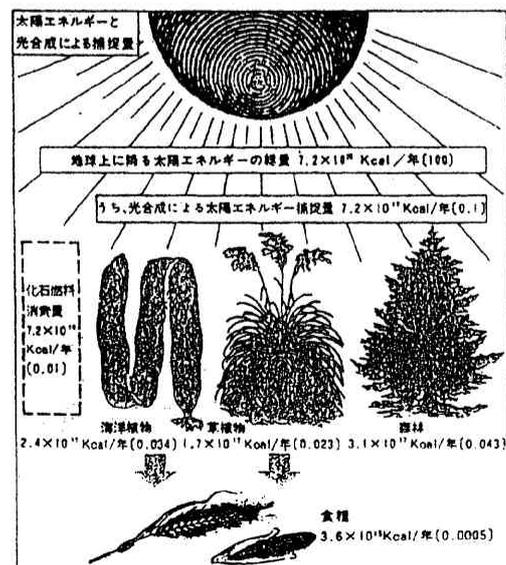
地球温暖化の主な原因は化石燃料の使いすぎといわれていますが、この原点は植物由来に基づくものの、この生成には2億5千年もの時間が必要でバイオマスとは称されない。これに対し樹木は60~70年、草類は半年~1年で循環可能であり、新たな見直しが進められている。

5. バイオマスの利用(草木類)

- i そのまま使う…燃料、建材、家具、包材、その他
- ii 加工して使う…セルロースの抽出、加工、処理

6. 環境保全的役割

- i CO₂の吸収源
- ii 持続可能な社会の構築
- iii エネルギー資源として



各論資料

表 1. 世界の森林事情(FAO 統計から,1990)

	森林	その他の樹木林	総樹木林地	林木の蓄積量	消費量の動向(100 万 m ³)		
	(100 万 ha)	(100 万 ha)	(100 万 ha)	(10 億 m ³)	1991→2010 年		
ヨーロッパ	149	46	195	19.3	薪炭材		
旧ソ連	755	187	942	84.2	工業国	236	278
北米	457	292	749	53.4	途上国	1594	2117
オセアニア	47	106	163	3.7	合計	1830	2395
日本	24	1	25	2.9			
工業国総計	1432	632	2064	163.5	産業用材		
アフリカ	15	38	53	1.0	工業国	1210	1875
アジア	159	48	207	11.1	途上国	177	799
南米	43	25	68	5.1	合計	1599	2674
非熱帯途上国計	217	111	328	17.2			
アフリカ	530	554	1084	54.7	総計		
アジア・太平洋	338	115	453	44.1	工業国	1466	2153
ラテンアメリカ	924	267	1191	104.3	途上国	1983	2916
熱帯途上国計	1792	936	2728	203.1			
世界計	3442	1678	5120	383.7	合計	3449	5069

森林の定義

日本の語源: 「森が危ない」日本包装出版(1993) ではあいまい。世界的に統一がなく、森林と林、草原の区別は国ごとに違う。

「原色百科事典・1968」では樹木が密生している土地、林木と土地からなり古くは山林といていたが、明治になって森と林を合わせて森林という熟語を作った。

FAO では: 天然林と植林を併せて森林という。樹冠面積 20%以上、樹高 7m 以上の直立した立木からなる木材生産の可能な林地 (樹冠は…樹木の上部の枝や葉が茂っている部分、種類によって特長ある形を示す。)

木材の事典 (朝倉、1982) では平均林分成長量 (たとえば米国では 1.4m³/ha/yr) を有する林地で、疎林を除くと加えている

紙の機能と工学から § 6.3 森林資源と CO₂

森林は光合成を行い、昼間は CO₂ を吸収し O₂ を出す。また、昼夜を通して O₂ を吸収し CO₂ を出し呼吸している。木が育っている間は、吸収する CO₂ の方が吐き出す O₂ より多い。しかし、十分成熟した森林は、光合成により蓄積された有機物とちょうどつり合う量を落ち葉などで失う。地面では、落ち葉などをバクテリアが分解して CO₂ に戻してしまうから、森林全体では CO₂ を吸収固定しなくなる。森林資源は再生・持続可能で CO₂ 対策の主役であるが、上記の条件を配慮し、伐採と植林のバランスをとる必要がある。

製紙原料としての役割

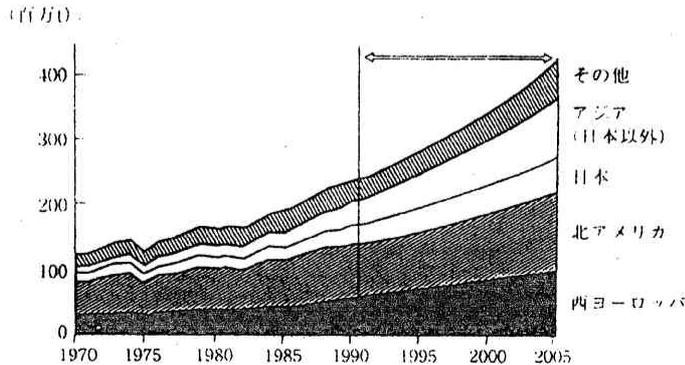


図 6-1 世界の紙・板紙の生産動向 [RISI and Ake Axelsson MoDo (1991)]

木質系バイオマスの最近のリサイクル動向

1. 一次用途→回収→選別→再生
2. カスケード型リサイクルシステム→一次用途→回収→選別→低グレード製品→さらに低グレード製品→サーマルリサイクル
3. リサイクルバイオマスのエネルギー発電 (コジェネレーション構想)
1. バイオマスエネルギー化のための新しいセルラーゼの探索等
(2000年10月バイオマスエネルギーの認定:通産省)

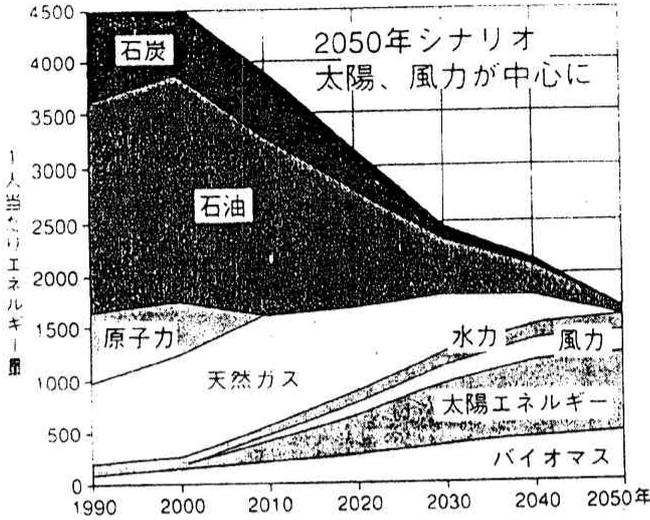


図2 欧州ITPプロジェクトのエネルギー見通し

7. カスケード型リサイクルシステム

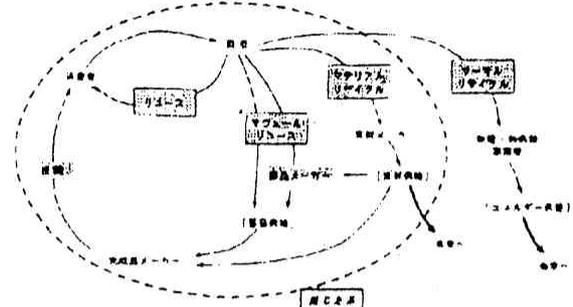
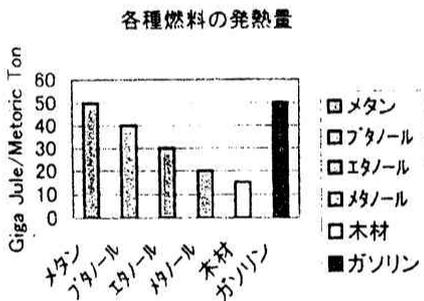


図 代表的エネルギー作物と収率及びhaあたり等価オイル量

エネルギー植物	Ha 当たりの乾燥重量(t/ha)	等価製油量(l/ha)
Sorgham		
Arundo donax	30t	12000l
Hemp		
Reed Canarygrass	20t	8000l
Poplar, Eucalypt		
Straw		
Fax	10t	4000l
Amaranth		

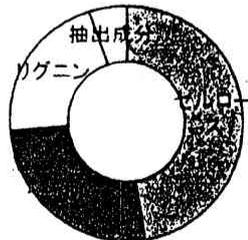


非木材資源と木材資源

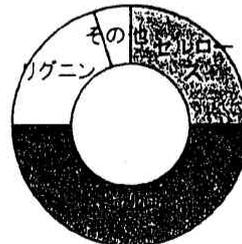
木と草の違い

木本類の成分

草本類の成分



- セルロース
- ヘミセルロース
- リグニン
- 抽出成分



- セルロース
- ヘミセルロース
- リグニン
- その他

表 代表的非木材繊維資源の種類と潜在量 (単位: 億トン)

バガス	ワラ類 (稲、ムギ等)	韌皮繊維類 (ジュート、 麻ケナフ楮等)	アシ	タケ	コーン茎	ワタ (茎部)	左記以外 を含めた 世界の総 量
1.02	13.0	0.37	0.3	0.3	7.5	0.7	25.7億ト