

Biomass

ヤナギ畑からの利用

—木質バイオマス資源作物の可能性—

はじめに

— スーパーツリー・ヤナギ — 太陽と土の恵みを利用する

化石エネルギー資源に頼って生活してきた我々は、新しいエネルギーの獲得に向けてチャレンジを続けています。その中には機械のエネルギー利用効率の向上、効率的な生活スタイルへの改善なども含まれますが、今最も注目されるのが自然エネルギーの有効利用です。

自然エネルギーの有効利用は、ソーラーパネルや風力等、直接的に自然エネルギーを利用する方法と、植物に一度貯留してから間接的に利用する方法があります。後者をバイオマスエネルギーと言います。バイオマスエネルギーは、植物が太陽光エネルギーを利用し、炭素を植物体に蓄積させたものです。食物生産と競合しない樹木「ヤナギ」は北方系の土地利用に適しており、その旺盛な成長からバイオマスエネルギーとして有望です。

このパンフレットでは、「木質バイオマス」としてヤナギの育て方、利用方法について、北海道下川町を例に展望します。



木質バイオマスの利用とは

<木質バイオマスの特徴>

- 貯蔵安定性が高い
腐りにくい。多年生で成長を続ける
- 生産安定性が高い
通年伐採が可能
- 事業安定性が高い
数十年間にわたる伐採計画が可能

地球温暖化の原因の1つに、化石燃料の消費による大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度の上昇があります。木質バイオマスも燃焼するとCO₂が放出されますが、そのCO₂はもとも“光合成”によって大気中から吸収されたものです。そのため、バイオマスを利用しても大気中の正味のCO₂量は増減せず、これをカーボンニュートラルと呼びます(図-1)。このように、バイオマス利用は、地球温暖化防止にも貢献します。

木質バイオマスの利用方法として、チップやペレットとしての直接燃焼の他、エタノール化やガス化等のエネルギー変換技術も進展しています。



バイオマス造林に適した樹木 それがヤナギ

<ヤナギの特徴>

- 挿し木が容易
- 成長が早い
- 萌芽再生能が高い

ヤナギの特徴は、林地造成が容易で効率よく生産でき、繰り返し生産・収穫できる持続性を備えていることです。まさにバイオマス造林に適した「スーパーツリー」と呼ぶにふさわしい樹木なのです。

北海道では、ヤナギの仲間(ヤナギ属)は18種類あり、溪畔性のヤナギは挿し木が容易に行えます。なかでも、オノエヤナギとエゾノキヌヤナギの2種は河川の上流から下流まで広域に分布し、13mを越える高木となることから、バイオマス利用の面で着目されます。

下川町におけるヤナギに関する 試験研究

森林総合研究所と北海道下川町は、2007年から「ヤナギ超短伐期栽培による新たな木質バイオマス資源の作出」研究プロジェクトを開始しました。そこでは、優良クローンの選抜、栽培システムの確立、低コスト有効利用技術の開発をめざし、研究を行っています。

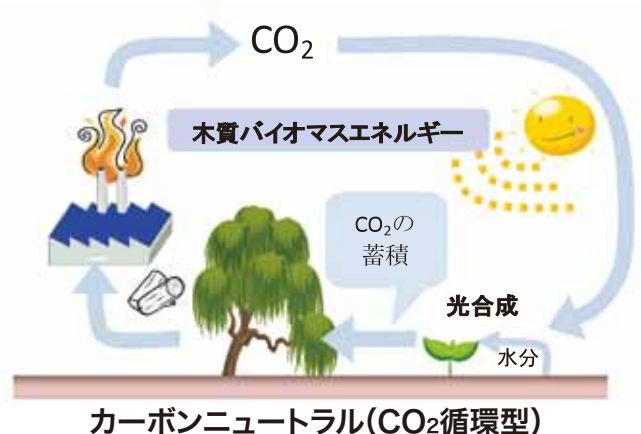
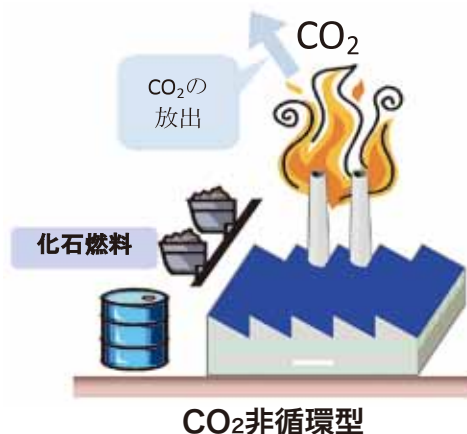


図-1 CO₂非循環型は従来の化石燃料利用型です。カーボンニュートラルでは、太陽エネルギーを用いてCO₂が地球上を循環することになります。



Photosynthesis

CO₂を吸収する

Photo : エゾノキヌヤナギの葉の裏の毛

成長試験で 良いクローンを選ぼう

“CO₂をより多く吸収する”とは、収穫量を増やす事と同義であり、生育させる場所に依じて、最適なクローンや植栽密度を選ぶ必要があります。ここでは、北海道下川町のクローン別成長試験の例を示します。



クローン間の差は樹高成長の差となって現れます(図-1)。樹高の高くなるクローンを選べば、収穫量が多くなります(図-2)。

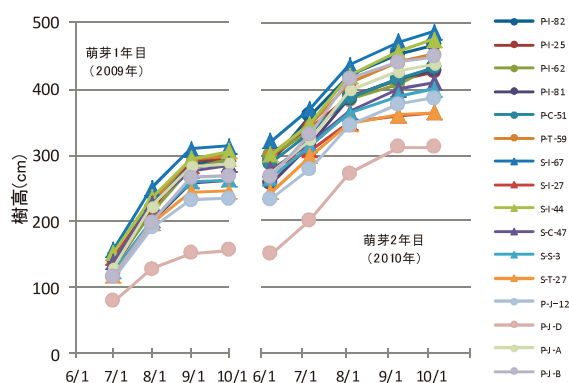


図-1 エゾノキヌヤナギ(P:●)とオノエヤナギ(S:▲)16クローンの樹高成長の経時変化

植栽密度も単位土地面積当たりの収穫量に影響します。しかし、単に高密度に植栽すれば良いというわけではなく、高密度では低密度に比べて、個体が小さくなったり(図-2)、植栽コストが高くなったりというデメリットがあります。

実験の結果、高密度と低密度で最終的な収穫量の差が小さくなりました。また各密度区で収穫量の変動幅が大きく、クローン間の差が大きい事がわかります(表-1)。

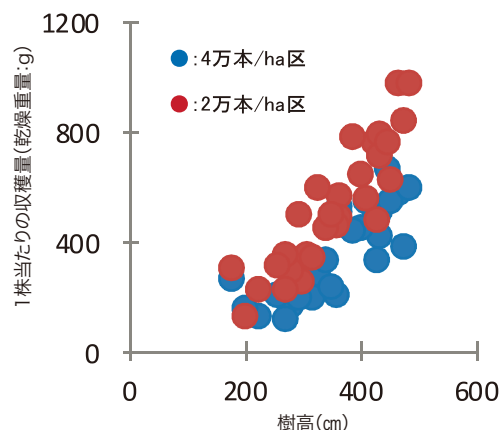


図-2 植栽密度別の樹高と収穫量の関係

一般的な落葉広葉樹林や落葉針葉樹林(カラマツ)の最大の収穫量が6～7 ton/ha/yearですから、クローン選抜による10ton/ha/yearと言う値は、大変大きな収穫量と言えます(収穫量はすべて乾燥重量)。

表-1 ヤナギ2種の1ヘクタール(ha)当たり、1年(year)当たりの平均収穫量(乾燥重量ton)

	2万本区 ton/ha/year	4万本区 ton/ha/year
エゾノキヌヤナギ	3.5～9.7	6.5～13.2
オノエヤナギ	4.8～9.8	7.5～12.0

コラム：ヤナギが 湿潤な場所を好む理由

植物の体の約半分は炭素(C)で作られています(乾燥重量あたり)。炭素は、葉で行われる“光合成”という過程で、大気中の二酸化炭素(CO₂)と根から吸い上げられた水を材料に取り込まれます。ヤナギの高い成長量は、高い光合成速度によって多くの炭素が取り込まれる事で発揮されます。高い光合成速度を維持するためには、二酸化炭素の取り込み口である“気孔”を大きく開け続ける必要があります。しかし、気孔を開けると葉の内部の水分が外に出てしまい、根を通じて多くの水分を補給しなければなりません。ヤナギが湿潤～適湿の土壌を好む理由は、ここにあります。

Cultivation

育てるために

Photo : 大型機械(ディスクハロー)による碎土・整地

どんな栽培方法？

挿し穂(太さ1～2cm、長さ20cm)を植え付けます。植え付けた年に伸びた枝は、萌芽を促す目的で翌年春に刈り取り、萌芽更新後3年※1)で収穫するようにします。

1. 林地の造成



立地は、湿潤から適湿潤土壌を選択する。養分の収奪となる極度の表土の持ち去りを避ける。

2. 穂作り



穂の長さが10cm以下では死亡率が高くなる。萌芽枝は樹皮近くの休眠芽から生じるので、挿し穂を選ぶときは樹皮上に休眠芽(の痕跡)が多く見られるものを選ぶ。

3. 植栽



植え付ける場所に鉄の棒などで穴を開ける。植栽間隔は、将来の機械収穫を考えると、使用する機械のサイズに合わせて決める。



穂の長さの2/3ほどを土中に差し込む。葉跡や休眠芽の形をよく見て、枝の上下を間違わないように挿し込む。挿した後、穴と穂の間に空隙が残らないように踏みつける。



植栽密度は、2万本/ha。

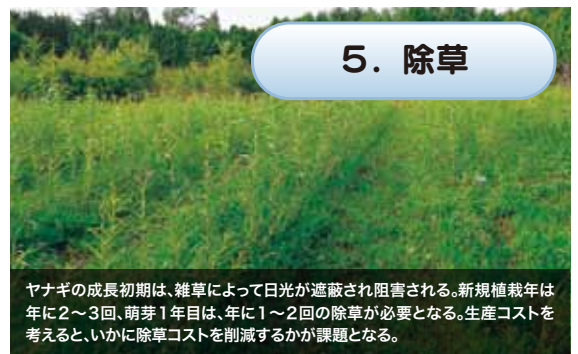
4. 施肥



コストと雑草への影響を考え、施肥は挿し穂周辺への緩効性肥料の「つぼ播き」にする。



5. 除草



ヤナギの成長初期は、雑草によって日光が遮蔽され阻害される。新規植栽年は年に2～3回、萌芽1年目は、年に1～2回の除草が必要となる。生産コストを考えると、いかに除草コストを削減するかが課題となる。



※1) 機械収穫を考えた場合、枝の太さ(直径)が7cm以下が良いため、その太さを越えない3年が収穫適期となります。



Cost

いかに安く
生産するか

Photo : 大型機械により収穫されたヤナギ

生産性を高める！

ヤナギバイオマスの利用促進には採算性の向上が必要です。そのためには、穂作り、植栽、除草、収穫の機械化や効率的な施肥が必要となってきます。



図-1 短伐期のヤナギ栽培計画。最初の刈り取りの1年を含め、合計22年間で7回収穫します。

短伐期のヤナギ栽培計画では、22年を1サイクルとします(図-1)。現状ではこの1サイクルにかかる経費は、11,000円/ton以上です。エタノールなどのエネルギーを得るためには、第一段階^{※1)}として7,500円/tonまでコストを下げる努力が必要です。

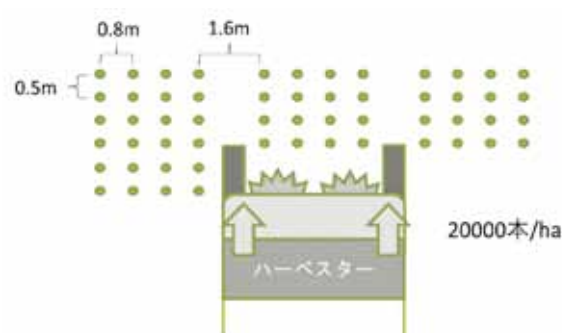


図-2 ハーベスターによる収穫方法

コラム：コスト、なにが問題？

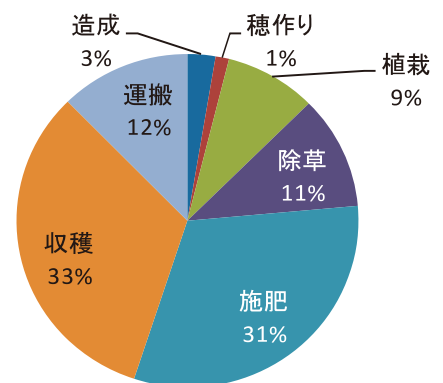


図-3 現在の各作業コストの比率

初期造林では、林地造成の際に徹底した除草対策を行い、除草コスト(11%)を下げる事が重要になります。施肥のコストも大きく(31%)、廃棄物である糞尿や堆肥、貝ヒモなどを利用した有機施肥、窒素を固定する草本植物(年間窒素固定量は10-100kg/ha)との混植などが必要です。収穫では、図-2の様なハーベスターの利用を考慮した初期植栽計画が、コスト削減に大切です。運搬は工場までの距離によりますが、40円/ton/kmの費用が目標になります。現状1.1万円/ton強のコストが、革新的技術を用いて4,000円/tonにまで下がれば、石油等の燃料生産コストと太刀打ちできるようになるでしょう。

※1) 現在すでにある技術を工夫・応用した場合

A photograph of two spotted deer (likely Japanese sika deer) standing in a lush green field. They are positioned behind a wire fence supported by wooden posts. A small brown bird is perched on the top of the leftmost fence post. The background is filled with dense green foliage and trees.

Trouble

障害
—病、虫、獣害—

Photo : ヤナギ畑に集まるエゾシカ

ヤナギ栽培に対する生物害

短伐期栽培などで単一樹種を植栽する場合、病虫害のリスクが高くなります。全ての害を未然に防ぐことはできませんが、周辺で生じている害に気を配り、被害を拡大させないことが大切です。ヤナギに関する主な病虫害としてヤナギ類葉さび病、ハムシ類及びガ類による食葉被害、アブラムシ類による吸汁被害、ウサギやシカ等による動物食害が考えられます。その危険性を排除するためには、ヤナギ栽培現場に合った効率的対策手法の構築と、対策に関わる経費の計上についての検討が必要です。

ヤナギ類葉さび病



ヨーロッパでは栽培地の拡大や単一クローン栽培に伴って葉さび病の被害が出ており、注意深く監視する必要がある。

マメコガネによる食害



コウモリガの幼虫



一部の試験地では、幹や枝へのコウモリガの穿孔加害による折損・倒伏が見られている。コウモリガの幼虫は、若齢幼虫期には草本植物を加害するが、成長するとヤナギ等の木本植物に移り住む。防除には産卵の防止と食入初期の駆除が効果的である。

コウモリガの穿孔加害



シカ個体数は下川町を含めて全道的に増加傾向にあり、ヤナギ栽培地におけるシカの食害危険性は益々高まると予想される。今後栽培現場に合った効率的対策手法の構築と対策に関わる経費の計上についての検討が必要である。

ネットに絡みついたシカ





Bark polyphenols

Bioethanol

ヤナギの利用方法

Photo : バイオエタノール製造実証プラント

木質バイオエタノール製造実証プラント



バイオエタノールは、前処理、糖化、発酵、蒸留・脱水の工程で作られる。特に、木質バイオエタノールの製造においては、前処理工程が重要である。木材の30%を占めるリグニンは細胞壁中で多糖類を保護しており、多糖類を簡単に発酵させることができない。そこで、アルカリ薬剤を使ってヤナギチップを155℃、90分で加熱処理し、リグニンを除去している。リグニンが除かれた多糖類は、カビがつくる酵素によってブドウ糖などの単糖に分解される。単糖は酵母の力で発酵し、エタノールが作られる。現在最適な酵素・酵母を安く作る手法が、バイオマスエタノール製造の重要な研究課題となっている。

詳細は、<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kouho/mori/topics-j.html>のNo170をご覧ください。

平成19年に政府のバイオマス・ニッポン総合戦略推進会議が発表した「国産バイオ燃料の生産拡大工程表」の中で、2030年には木質系バイオマスから200万キロリットルのバイオエタノール生産目標が掲げられています。そこでヤナギを原料に、アルカリ前処理・酵素糖化法による効率的なエタノール変換を目指しています。現在の所、ヤナギを原料とした場合、乾燥重量1tonから約250リットルのバイオエタノールが製造可能と試算されています。

樹木の樹皮にはポリフェノール成分が含まれ、菌や虫などから木を守っています。ポリフェノールは人間にも有用な成分で、接着剤、染料、生薬、健康食品など様々な用途に利用されています。ポリフェノール成分はヤナギの樹皮に多く含まれていることがわかり、その効率的な抽出方法を研究しています。



ヤナギチップ(写真右筒内)をアルカリ蒸解(約155℃、90分、写真中央圧力容器内)することで、リグニンを除去することができる(写真左筒内)。除去されたリグニンは、燃焼させてエネルギーを取り出すことができ、またグリーンプラスチック原料や界面活性剤などの工業材料としても有望である。リグニンを除去されたヤナギは、酵素糖化法でエタノール変換される。



ヤナギの樹皮から熱水抽出した物質の80%は、ポリフェノール関連物質であった。



抽出したポリフェノール溶液

まとめ — ヤナギの利用とその将来 —

化石エネルギーに代わるエネルギー資源として、木質バイオマスもその一翼を担うはずです。木質バイオマスは複数年の栽培が可能で、収穫時期を計画的に設定でき、また柔軟に変更できます。このことはエネルギーを備蓄できるということです。さらにヤナギは萌芽による再生産が可能であると言う大きな特徴を持ち、エタノールへの変換効率も良いことがわかってきました。またチップやペレットとして、各地域に設置される小型ボイラーでの利用など、直接的な燃烧エネルギー源としての利活用も期待されます。

しかしヤナギを「生産」して「利用」する中で生じる、3つの大きな課題をクリアする事が必要です。

1. 施肥のコスト削減と、環境に配慮した施肥技術の確立
2. 植え付けと収穫が一体化した機械化技術の開発
3. エタノール製造を阻害する樹皮成分の効率的抽出方法とその有効利用

化石エネルギーは、「すでにある物・できている物」を利用していると言えます。しかし太陽光を使った自然エネルギーは、エネルギーを人間が利用できる形に「生産・加工」して「利用」しなければなりません。そこにはコストも含め、まだ解決しなければならない問題があります。

しかしスーパーツリー・ヤナギは木質バイオマス系資源作物として、最有力であることは間違いありません。技術的な見通しが立ってきた今、さらにコストの面で成功すれば、「再生可能なエネルギー源」として重要な価値を生み出すはずです。ヤナギは自然エネルギーの大きな未来を背負っている樹木なのです。



ヤナギは、萌芽後の2年間で4mを越える高さに成長します。
優良クローンの挿し木による林地造成が簡単であり、刈り
取り後の萌芽更新能力が高く、再造林が必要ないなど、木質
バイオマス資源として有効な樹種です。

Photo：下川町五味温泉試験地の萌芽2年目のヤナギ

(執筆者)

宇都木玄 北海道支所 CO₂収支チーム長
上村 章 北海道支所 植物土壌系研究グループ
石原 誠 北海道支所 森林生物研究グループ
高橋祐二 北海道下川町地域振興課
大原誠資 木質バイオマス利用研究担当コーディネーター
橋田 光 樹木抽出成分研究室
牧野 礼 樹木抽出成分研究室
野尻晶信 微生物工学研究室長
眞柄謙吾 木材化学研究室長
池田 努 木材化学研究室
丸山 温 林野庁

このパンフレットは、森林総合研究所交付金プロジェクト「ヤナギ超短伐期栽培による新たな木質バイオマス資源の作出」による成果であり、北海道下川町との共同研究として行われました。
この研究には、NEDO技術開発機構「セルロース系エタノール革新的システム開発事業」の成果が含まれています。



独立行政法人 森林総合研究所北海道支所

〒062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘7

Tel: 011-851-4131 (代)

Fax: 011-851-4167

ホームページ <http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp>

(担当者: 宇都木玄・上村 章)