

林産試 だより

ISSN 1349-3132



『ほくでん 北森カレッジ 共創の森』の植樹の様子
(北森カレッジニュースより)



「道民森づくりの集い2025」の様子
(林産試ニュースより)

・「木になるフェスティバル」を開催しました	1
・樹木内部の応力による製材の変形	3
・ブドウ糖を中心に見たバイオマスの化学	6
・行政の窓	
北海道の木質バイオマスエネルギー利用促進の取組	9
・林産試ニュース・北森カレッジニュース	10

11
2025



道総研

(地独)北海道立総合研究機構
林産試験場

「木になるフェスティバル」を開催しました

企業支援部 普及連携グループ 品川 学

■はじめに

林産試験場では、例年、木材や科学技術、研究への興味・理解を深めていただくため、施設を公開し、木を使った様々な体験ができる「木になるフェスティバル」を開催しており、これまで多くの方々に参加いただきました。

第34回となる今年度は、子ども限定で午前・午後各50名の事前申込制とし、10月11日（土）に、北海道立北の森づくり専門学院、（一社）北海道林産技術普及協会との共催、上川農業試験場、林業試験場との協力により、8つのブースで催事を行いました。

概要並びに参加した子どもたちの様子は次のとおりです。

① ストリングアートでカラフルな木を作ろう

木の板に釘を打ち付けて、そこに色の着いた糸を結んで、カラフルな木の模様をつくっていきましょう。



② きのこと収穫体験

きのこについて学んだ後、シイタケ、ユキノシタ、タモギタケのいずれかを収穫体験しよう。



③ 木のしおり作り

シェービングマシンで作成した木の薄板に絵を描いたり、スタンプを押してしおりをつくろう。



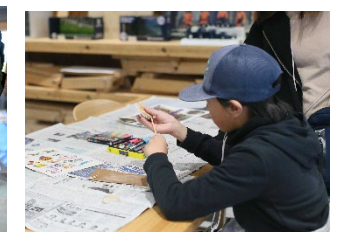
④ 親子で木琴をつくろう

木琴キットの製作に挑戦！ダボや部品をはめ込み、完成させよう。



⑤ 「木」の校舎の北森カレッジで、「木」のコースターをつくろう！（北海道立北の森づくり専門学院）

細い木の棒をノコギリで輪切りにして、それに絵を書き、オリジナルコースターをつくろう。



⑥森を知り，木を知る（（一社）北海道林産技術普及協会）

木と暮らしの情報館で木と森のクイズに挑戦して，景品をもらおう。



⑧森の中を探索してみよう！（林業試験場）

森の香りと仮想空間（VR）で森林体験。苗木を見ながら，種子→苗木→森への変化も体験しよう。



⑦「たねアート」をつくってみよう（上川農業試験場）

小さな木の板にさまざまな色，大きさの「たね」を貼り付け，点描風アートをつくろう。



■おわりに

嬉しいことに，参加募集受付開始とともに早々に参加枠が埋まりました。開催当日は晴れていたものの肌寒い中での開催となりましたが，事故もなく無事開催することができました。また，子どもたちはとても元気に各催事に参加し，楽しんでいる様子が伺えました。このイベントを通じて森林や林産物，ものづくりに興味を持ってもらえたらと思います。

催事参加後に，参加した子どもたちや保護者の方々には，アンケートに答えていただきました。今後集計・分析等を行い，来年に向けて役立てていきたいと思えます。お越し頂いた皆様，誠にありがとうございました。

樹木内部の応力による製材の変形

技術部 生産技術グループ 土橋 英亮

■はじめに

木材は、材中に含まれる水分の減少に伴い収縮し、収縮の異方性や、表層と内部の乾き方の違いなどの影響により、反りや曲がり、割れなどの変形が生じることがあります。また、これらの変形は、木材中の水分量や水分分布の変化によって増減します。このように、木材の変形には木材中の水分が大きく影響しています。その一方で、木材の変形には水分が影響しない変形もあります。例えば、鋸で挽いたばかりの製材に反りや曲がり、割れが認められることがあります。これらの変形は、樹木に作用していた応力が影響しています。この応力は、樹木の成長応力と呼ばれるもので、樹種や樹齢、生育環境などによって程度の差はありますが、あらゆる樹木に存在するものです。本稿では、成長応力の概要と製材の変形、変形への対応方法について説明します。

■軸方向の成長応力

樹木は肥大成長に伴い、外周部に軸方向の引張応力が発生しますが、外周部から樹心までの樹木全体で見ると図1のような応力分布になっています¹⁾。

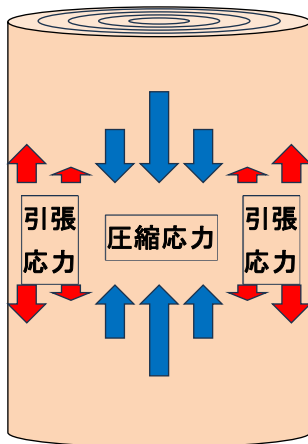


図1 樹木内部の成長応力の模式図（軸方向）

外周部に軸方向の引張応力が作用している状態は、樹木が風などの外力に対抗して自らを支持するのに有益な状態です。例えば、風が吹いて樹木がしなる様子はよく見かけられますが、この時、樹木の風上側の外周部には軸方向の引張応力が、風下側の外周

部には軸方向の圧縮応力が発生（図2）するのですが、軸方向（繊維方向）の圧縮強度は引張強度の1/3～1/2です²⁾。風による外力で発生する応力だけを見ると、風下側の圧縮応力により樹木が破壊される危険性が高くなります。

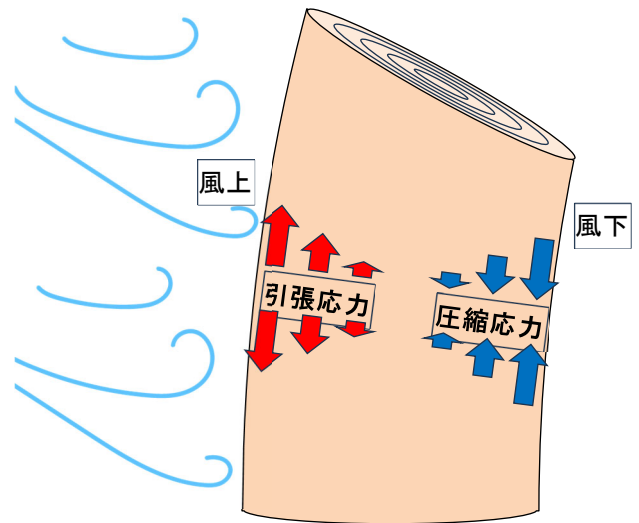


図2 樹木内部の成長応力の模式図（軸方向）

ところが、実際に樹木に作用する応力は図1の成長応力と図2の応力を合わせたものになり、風下側の圧縮応力が軽減されます（図3）。このようにして、樹木は外力による圧縮破壊の危険を軽減しているのです。

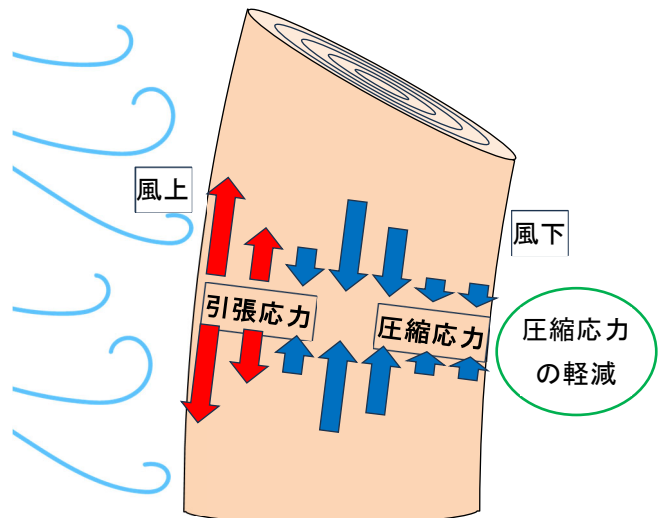


図3 成長応力と風による応力の模式図（軸方向）

■製材工程での成長応力の影響と対応方法

樹木が伐採されて丸太になっても成長応力は残留していて、製材工程に影響を及ぼします。丸太の端から鋸で切断すると、図1に示した応力（製材の厚さにより、外周側の強い引張応力と樹心側の弱い引張応力、外周側の引張応力と樹心側の圧縮応力など）が解放され、図4のように変形します。

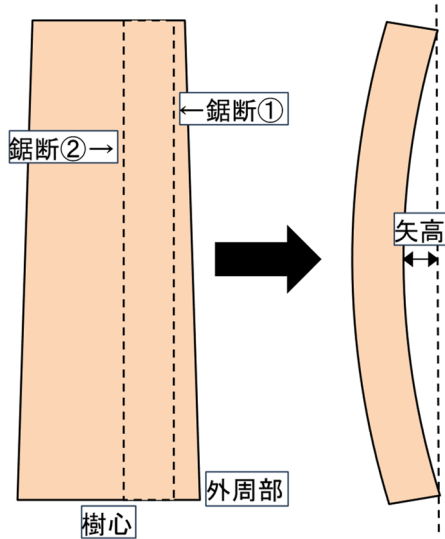


図4 成長応力の解放による製材の変形の模式図

スギの丸太から樹心を挟んで2本の平角材を、丸太の外周部から順に鋸入れして製材した例³⁾ (図5)では、先に製材した平角材①の縦反り矢高（平角材の場合、図4の変形は縦反りと呼びます）の平均値が11.7mm、後から製材した平角材②の縦反り矢高が5.7mmと報告されています。

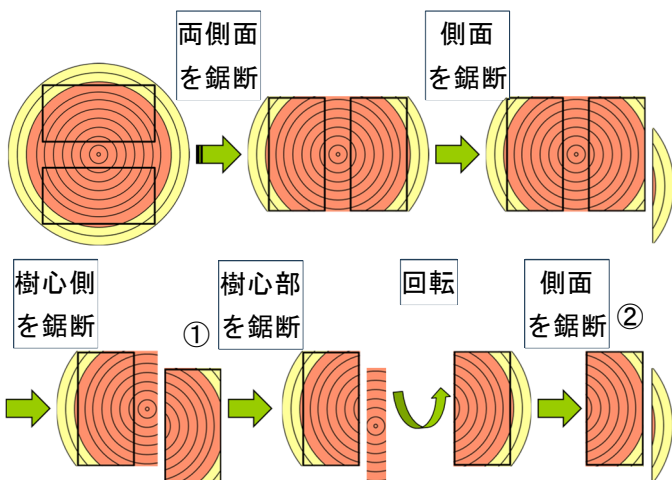


図5 平角材2本の製材（端から順に製材）

また、この例では縦反り矢高の差を考慮して、先に製材する平角材と後で製材する平角材の歩増し寸

法を変えることを提案しています。

熱処理によって丸太に残留する成長応力を低減させる方法も研究されていて、スギの間伐材を使った試験では、80℃で40時間程度、廃材を燃料とした燃焼ガスで直接加熱する方法が提案されています⁴⁾。

この他、鋸で切断する回数が増えてしまいますが、図6・図7のように、樹心の部分に鋸を入れて応力を解放してから製材を挽いていく方法もあります。

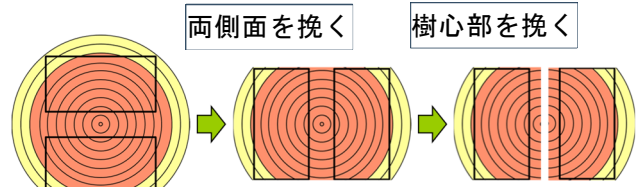


図6 変形を軽減するための製材方法①

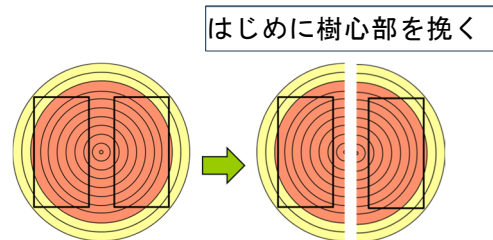


図7 変形を軽減するための製材方法②

■水平方向の成長応力と製材への影響

軸方向とは逆に、水平方向の成長応力は、外周部に圧縮応力、樹心付近に引張応力が作用しています¹⁾ (図8)。

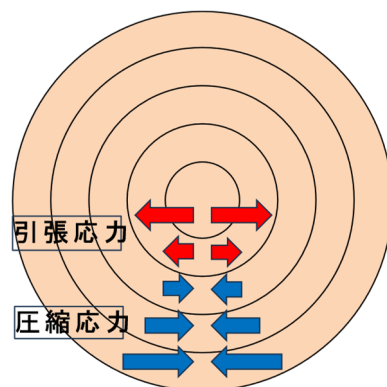


図8 樹木内部の成長応力の模式図（水平方向）

外周部の圧縮応力には、外力や放射組織の発達により樹木の表面が裂けるのを防ぐ役割があるとされています。一方、樹心近くの引張応力は割れを引き起こすことがあります。伐採直後で乾燥していない状態でも、丸太や切り株の木口面の樹心付近に割れ

(心割れと呼びます) が見えることがあるのはこのため、大きな割れの場合は製材の表面に割れが達することになり、製材の価値を下げてしまいます。

心割れは、カラマツのように心割れからヤニが溢れ出し、非常に目立つこともあります(写真1)、丸太や乾燥前の製材では目立たず、乾燥後に気がつくこともあります。良質な製材を生産するためには、心割れの大きな丸太を避けるか、割れの伸び方を考慮して鋸入れの向きを決めるなどの対応が必要になりますが、前述のとおり目立たないものもあるので、対応が難しいこともあります。



写真1 カラマツの心割れ

■おわりに

今回、製材の変形に影響を及ぼす樹木内部の応力について、応力が樹木を守る役割を担っていることや、応力による変形に対応する手段とあわせて紹介しました。良質な製材の生産方法を考えるときの参考になれば幸いです。

■参考文献

- 1) Claus Mattheckm, Hans Kubler : 材—樹木のかたちの謎, 青空計画研究所, p.86 (1999)
- 2) 寺澤眞 : 木材乾燥のすべて [改訂増補版], 海青社, p.659 (2004)
- 3) 伊神裕司, 松村ゆかり, 松田陽介, 山下香菜 : スギ大径材から心去り平角を効率良く製材, 森林総合研究所第4期中長期計画成果 35, p.31-32 (2021)
- 4) 奥山 剛, 木方洋二 : 直接熱処理によるスギ間伐材の材質変化, 木材工業 43, p.359-363 (1988)

ブドウ糖を中心に見たバイオマスの化学的利用について

利用部 バイオマスグループ 戸田 守一

■はじめに

石油の代替や二酸化炭素問題の対策の一つとしてバイオマスの活用が注目されています。バイオマスの中でも木材は世界で最大の貯蔵量を誇っており、その利用法の研究は日進月歩で進んでいます。日本は石油資源には乏しいものの木材資源が豊富ですので、石油の代替としてこの豊富な森林資源を有効に活用する技術開発はとても重要です。

木質バイオマスの成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニン、そして樹脂などの微量の成分の4種類に大きく分けられます。木材成分の重量によるおおよその割合はそれぞれ50%、25%、25%、数%で、このうち、セルロースとヘミセルロースの一部はブドウ糖（グルコース）によって構成されているため、木質バイオマスの半分以上はブドウ糖で構成されていることとなります。糖類は構成する元素が炭素、酸素、水素の3種類のみであり、これは石油の主成分と同じ炭化水素と呼ばれる構造であるため、有機化学が発達した近年ではバイオマス由来の原料としても注目されています。従って、技術的には木質バイオマスは化学製品の原料として利用することが可能なのです。

本稿ではバイオマスなどからブドウ糖をどのように得られるのか、ブドウ糖は化学的にどこまで利用を広げられるのかを述べていきます。

■ブドウ糖の原料について～セルロースとデンプン～

木材に限らず、植物の基本骨格を形成する細胞壁はセルロースでできています。樹木は生育が遅いため、セルロースの原料として生育が早い草本植物を使うための研究も行われています¹⁾。

木質バイオマス以外に目を向けると、まず思いつくのが食料としてのブドウ糖です。食品中のブドウ糖は砂糖や蜂蜜などの甘いもののほか、穀物のデンプン、野菜やナタデココなどの食物繊維のセルロースに含まれています。穀物をバイオマス原料として使うことにより食料品の価格に影響を与えることが懸念されており、近年では最初から食用ではない工業用の穀物を生産する動きも見られます。なお、キシリトールなどの甘味料、ジャムなどに含まれるペクチン、寒天などの海藻由来の食物繊維なども糖類で構成されます

が、これらは主にブドウ糖以外の単糖により構成されています。木材のヘミセルロースにもブドウ糖以外の糖が多く含まれ、食品添加物の原料になっているものもあります。

このようにブドウ糖の原料となる植物細胞壁中のセルロースと穀物やいも類などに含まれるデンプンはどちらもブドウ糖で構成されていますが、性質は大きく異なります。例えばデンプンはお湯をかけると粘りが出ますが、セルロースではそのようなことはありません。その違いは何に由来するのかというと、ブドウ糖同士の結合の様式が違うためであり、それに伴って分子の立体構造が異なる形になり、さらには結晶構造などマクロな構造と性質が違うものになります。

図1にブドウ糖がとる2種類の構造を示します。赤く示した酸素が環状構造の上側に来るのがβ構造で、この構造同士のブドウ糖が結合するとセルロースになります。下側に来るとα構造となり、これ同士が結合するとデンプンになります。

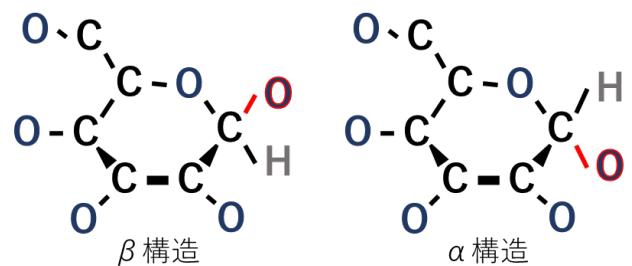


図1 ブドウ糖の2種類の構造（水素は一部省略）

このような結合様式の違いは、分子単独の安定状態の形と集まって結晶を形成した構造（結晶構造）の違いを生じます。それぞれのイメージを図2に示します。セルロース分子はほぼ板状で、結晶を形成すると分子間の隙間の少ない構造になります。この結晶構造の緊密さにより酵素や薬品などが結合部に接触しにくくなるため、水に溶けず、分解されにくい原因の一つとなっています。一方で、デンプン分子は安定状態ではらせんを形成するため、結晶にも分子間の隙間が多く、水分子が入り込みやすい形をとります。片栗粉などの純度の高いデンプンは水に溶けませんが熱を加えると溶けるようになるのは、加熱によりらせんがほどけて水分子が入り込み、ひも状になるためです。

セルロースからブドウ糖を化学的に得るためには

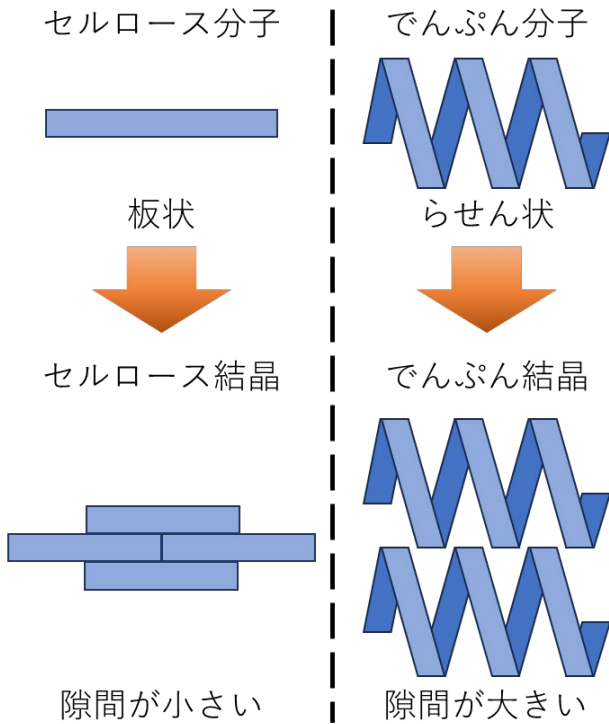


図2 セルロースとデンプンの分子の結晶の形状イメージ

まずは結晶構造を崩す必要がありますが、そのためには強力な薬品を使ったり、熱や圧力を加えたりとかなりのエネルギーが必要となります。少ないエネルギーでセルロースを分解する方法としてセルロース分解酵素を利用する方法も研究されています。

デンプンのブドウ糖を利用する技術は農作物の加工から発達してきました。デンプンを分解する基本的な流れは、デンプン分子の隙間に水分子が入り込んでひも状になるとそれぞれが絡まるため、糊のような粘りが出ます。このような状態にする工程を糊化といいます。このような状態にした後、アミラーゼという酵素で結合を加水分解すると、ブドウ糖が得られます。人間はそのブドウ糖を有用な物へと加工して利用している訳です。

■木質バイオマスからブドウ糖を得るためには

前述したように、木質バイオマスと農産物では同じブドウ糖から構成されるものでも結合の仕方一つの違いで大きく性質が異なるため、同じ工程でブドウ糖を得ることはできません。木質バイオマスからセルロース、そしてブドウ糖はどのようにして得られるのでしょうか。

まず、山林から切り出された丸太は建築材などの製材の状態にされます。この状態では木質バイオマスとして扱われることはほとんどありません。木質バイオ

マスとして扱われるのは、さらに細かく砕かれてチップや粉の状態になったものが主です。また、樹体のうち葉や枝、樹皮などは特筆されない限りは化学的利用の原料として扱われることはありません。これらには木質バイオマスの基本的な成分以外にも様々な成分が含まれているため、成分の分離・精製が困難であり、化学加工に適していないことが理由の一つです。

パルプは木材チップから物理的・化学的処理により高純度のセルロース繊維を取り出したもので、近年ではバイオマス素材の一つと見なされています。パルプ由来のセルロースの製造とその加工技術は木質バイオマスを化学的に利用する技術の中でも比較的古くから開発が進められ、代表的なものに紙やフィルターなどに使われる再生セルロースなどが挙げられます。

再生セルロースはバイオマスプラスチックの先駆けとも言えるもので、有名な化学メーカーの中にもかつては再生セルロースからレーヨンなどの繊維を生産していたところも少なくありません。良質なセルロース加工品を作るにはセルロースの純度の高さが重要であり、そのための技術も発達してきました。

そしてセルロースを構成単位までさらに細かく分解していくことでブドウ糖となります。純度の高いセルロースを原料とすることで、純度の高いブドウ糖を得やすくなるので、前述のセルロース製造技術が活かすこととなります。かつては木粉から糖を生産する技術を当試験場も含め日本各地で研究していたこともありましたが、技術的な問題で実用化には至りませんでした²⁾。現在でも低コストで糖を得るための研究が微生物や酵素を利用するなど様々なアプローチにより行われています。

■ブドウ糖の利用

ブドウ糖の利用先は食品や薬品、工業材料など多岐にわたります。図3はブドウ糖の生産と化学的利用のイメージを筆者の見解で描いた図です。ブドウ糖に繋がる緑の矢印は身近に使われてきた経路で、赤は今後更なる発展が期待される経路、青の経路はブドウ糖に関わらない一般的に使われている経路です。

まず食品としての利用ですが、ブドウ糖単体として甘味料に使われることは珍しく、一般的な砂糖はスクロースなどのブドウ糖とそれ以外の単糖が結合した状態で存在します。ブドウ糖として一般に目にしやすいのはサプリメントなどタブレット状にしたものではないでしょうか。サプリメントとしては人間以外にも家畜の餌に混ぜられることがあり、これは糖が間接的に人間

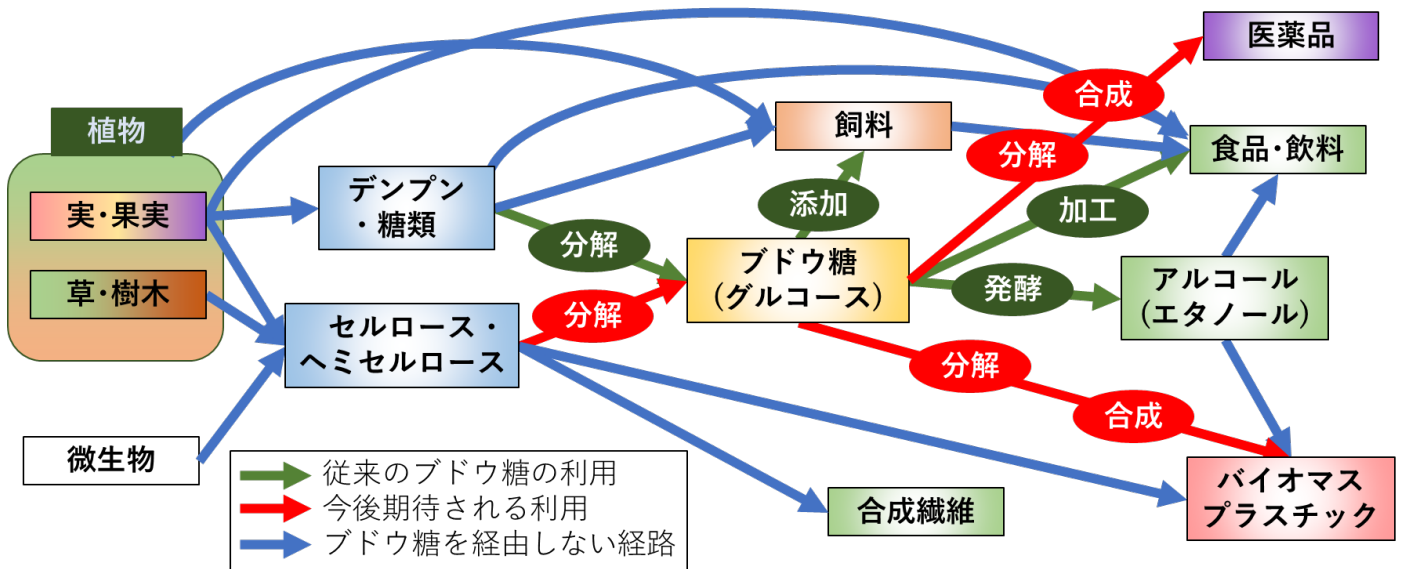


図3 ブドウ糖を中心とした化学的利用のイメージ

の食料となる経路です。なお、セルロースから化学的に作られた糖は値段や安全性などの理由により食用にとり出回することは今のところ減多にありません。

糖の発酵と密接に関わる食品は非常に多く、アルコールや酢は糖が発酵することで作られます。アルコール発酵は酒だけではなくパンなどを作る際にも重要でイーストは糖をアルコールと二酸化炭素にするため生地が膨らみます。また、工業的にも糖の発酵は重要であり、ブドウ糖から製造された酸やアルコールを原料にした石油代替品の開発が盛んに行われ、バイオマスプラスチックやバイオマス燃料などとして広がっています。例えばバイオマスプラスチックの一つであるポリ乳酸の原料である乳酸は乳酸発酵により生産され、また、バイオマスエタノールは酒造のプロセスでもあるアルコール発酵により生産されます。

ブドウ糖を原料に工業的に利用する方法は発酵以外にも様々な方法が存在し、例えばポリ乳酸の製造においても触媒によりエタノールを経由して乳酸を作る方法、さらには微生物に合成させる方法などが研究されています³⁾。

医薬品としてのブドウ糖は栄養としての直接の摂取のほか、炭化水素の構造を利用して薬品を合成するための原料として使われています。糖に多数ある水酸基は反応性が高く、様々な分子を結合することで多様な生理機能を持たせることができます。

■おわりに

本稿ではブドウ糖を中心にバイオマスの利用可能性を述べてきましたが、石油代替としてのバイオマスの利用は扱う技術の難しさと、それに伴う生産コスト

の高さが障害となります。そのような障害も、技術の進歩などによりある程度解決され、身近なところではスーパーのレジ袋などにもバイオマス由来のプラスチックを混ぜるようになるなど普及と実用化に至るようになりました。

このようにブドウ糖やそれを含む成分を得るための生産技術とそれを利用する技術は様々な分野で進められてきました。化石資源に乏しい日本ではバイオマスによる代替技術は非常に重要な研究です。バイオマス利用の技術は、さほど劇的ではないものの着実に進歩しており、今後は分野を超えて技術を活用することで、より植物バイオマスの有効利用が期待できます。今後も粘り強く研究を続けていくことで更なる発展に繋がるように我々も務めていきます。

■参考文献

- 1) 山越幸康, 北口敏弘, 上出光志, 小林広和, 福岡淳, 工業試験場報告 No.312, 4 (2013年)
- 2) 林産試験場 HP, <https://www.hro.or.jp/forest/research/fpri/koho/default/default/biomass/4/4-7.html>, 2025年10月14日参照
- 3) Sangho Koh, Sho Furutate, Yusuke Imai, Toshihiko Kanda, Shinji Tanaka, Yuichi Tominaga, Shunsuke Sato, Seiichi Taguchi, ACS Sustainable Chem. 12, 16, p.6145–6156 (2024), 2025年10月14日参照

行政の窓

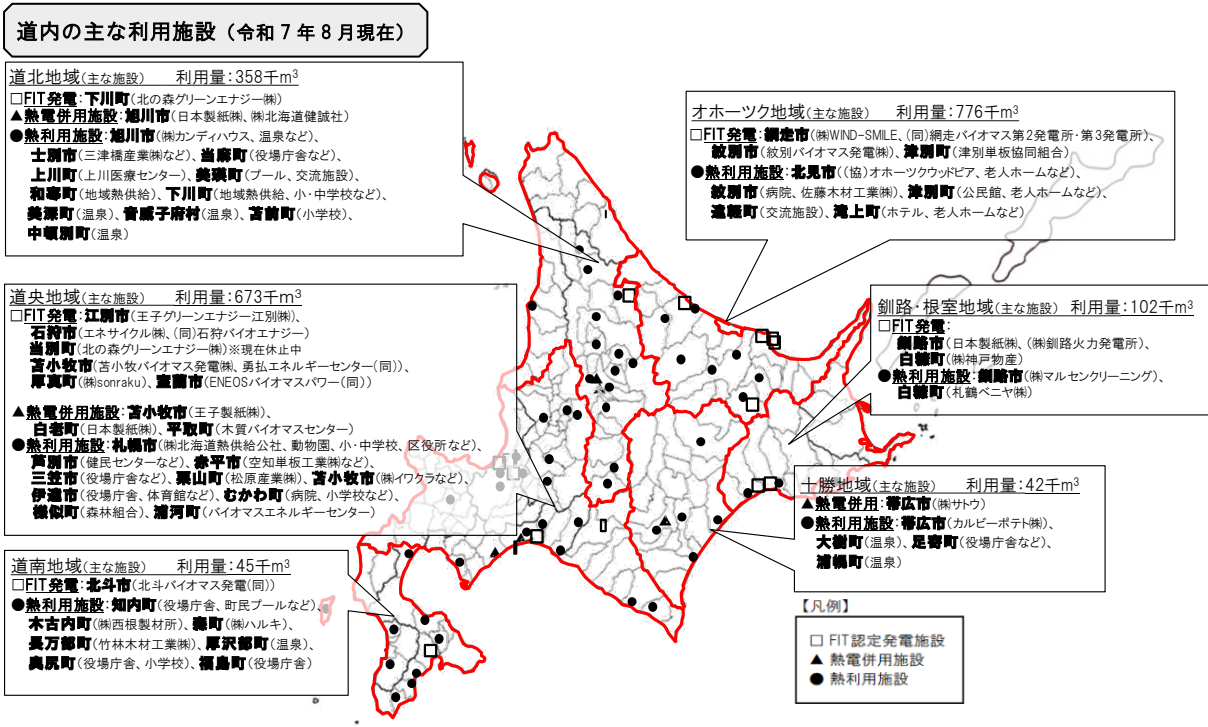
北海道の木質バイオマスエネルギー利用促進の取組

森林整備で発生する林地未利用材や製材工場で生じる端材などの木質バイオマスは、暖房などのエネルギー燃料として活用することで、森林資源の循環利用や地球温暖化の防止、地域の活性化にも貢献する取組であることから、道ではこれまで、木質バイオマスの関連施設整備や安定供給体制の構築に向けた支援を行ってきました。

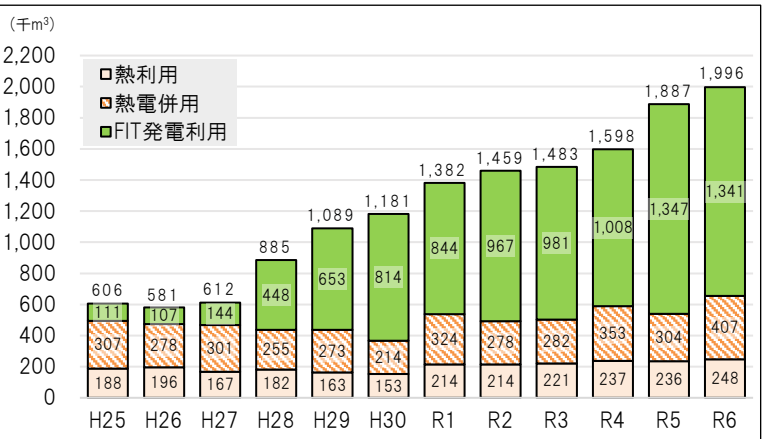
一方で、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT制度）が始まって以降、令和6年度末までに道産木材を燃料とする木質バイオマス発電施設が14施設稼働するなど、発電向けの需要が高まっています。こうした中で、発電燃料の調達が既存の木材利用に影響を与えないよう、これまで利用されてこなかった細い間伐材や枝条などの未利用材を安定的に供給することが求められています。

このため道では、林地未利用材の効率的な集荷・搬出や加工に必要な機械の導入を支援するなど、未利用材の利用促進に取り組んでおり、また、北海道木質ペレット推進協議会と連携し、各種イベントに出展してペレットストーブの展示や木質燃料の紹介を行うなど、木質バイオマスの普及啓発に取り組んでいます。

今後も、地域に合わせた木質バイオマスの利用が進むよう、関係機関と連携して取り組みを進めていきます。



木質バイオマスの原料別エネルギー利用量の推移



道内木質バイオマス利用施設の状況

〔令和6年度に利用実績のあった設備〕
 木質バイオマス発電機：54基
 木くず焚きボイラー：133基
 ペレットボイラー：59基
 ※木くず焚き・ペレットボイラーは、発電利用目的のボイラーを含む



(水産林務部林務局林業木材課利用推進係)

林産試ニュース

■「道民森づくりの集い 2025」に出展しました

令和7年10月4日(土)、さとらんど(札幌市東区丘珠町584-2)にて、「道民森づくりの集い 2025」に出展しました。

この行事は、「森林や木材とふれ合う」、「森づくりに関心を持つ」、「森づくりに参加する」などのきっかけづくりの場として、森遊びや木工体験などができる木育イベントです。出展内容は、木の枝や木片でキーホルダーを作成する参加費無料のワークショップで、林産試験場の研究開発を紹介したパネルの展示も行いました。オープン直後から大盛況で、用意した材料が瞬く間に減っていき、大人気のイベントとなりました。



【ワークショップの様子】

(林産試験場 広報担当)

北森カレッジニュース

■『ほくでん 北森カレッジ 共創の森』の植樹を実施！

2021年にほくでんグループと北森カレッジの「共働」により、新たな森を「創生」という思いを込め、「ほくでん 北森カレッジ 共創の森」と命名された森は、当別町の道民の森にあります。今年で5回目となった植樹は、1年生の生徒とほくでんグループの社員の方々と一緒に9月26日に実施しました。

前日からの降雨で天候が心配されましたが、当日は植樹の時間には雨も止み、シラカバ、キハダ、カツラなど6種、1,100本の植樹を行いました。

午後からは参加者全員で勉強会を実施。生徒2名が代表として「北森カレッジで学んできたこと」と題し、半年間の学びの成果と将来の目標を発表し、意見交換を行いました。

植樹から勉強会まで、貴重な経験が出来た事と思います。来年には生徒自ら下刈りを実施する予定なので、来年も頑張ってください。



【植樹の様子】



【勉強会で生徒が発表している様子】

(北海道立北の森づくり専門学院 教務係長 今泉 純一)

林産試だより

2025年11月号

編集人 林産試験場
HP・Web版林産試だより編集委員会
発行人 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
森林研究本部 林産試験場
URL: <https://www.hro.or.jp/forest/research/fpri/index.html>

令和7年11月1日 発行
連絡先 企業支援部普及連携グループ
071-0198 北海道旭川市西神楽1線10号
電話 0166-75-4233 (代)
FAX 0166-75-3621