



道総研

温暖化する地球 北海道の農林業は 何ができるのか!?

地球温暖化と生産構造の変化に対応できる
北海道農林業の構築



地方独立行政法人 北海道立総合研究機構



温暖化する地球 北海道の農林業は何ができるのか!?



[発行] 2014年2月
[編集・制作] 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
〒060-0819
札幌市北区北19条西11丁目北海道総合研究プラザ内
電話 011-747-0200 (代表)

※本資料は、北海道立総合研究機構が実施した戦略研究「地球温暖化と生産構造
の変化に対応できる北海道農林業の構築」の成果の一部を取りまとめたものです。



温暖化
Agriculture & Forestry

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

温暖化で北海道の気候は
どう変わるのでしょうか

温暖化で北海道の農業は
どうなるのでしょうか

どうして農林業は
地球温暖化を
抑制するのでしょうか

最も効果的なのは
森の力を高めることです

農林業には
未利用のバイオマス資源が
まだまだあります

二酸化炭素排出量が低い
木製品とは？

バイオマス利用でコストも
二酸化炭素も削減します

森の残材を
もっと活用しましょう

温暖化を防ぐ社会は
資源循環型社会です

温暖化で北海道の気候は どう変わるのでしょうか

地球温暖化が 深刻になっています

我が国の年平均気温は過去100年間で1.1℃上昇しており、特に1990年以降では高温の年が多くなっています。「地球温暖化」と聞いても、北海道では悪影響が少ないように思われますが、今回の研究で採用した気候変化予測では、2030年代(①)の道内の月平均気温は現在よりも年平均で2.0℃上昇し(③)、年間降水量は1.2倍に増加すると予測され(③)、農業へのマイナスの影響も懸念されています。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告(2013年9月)によると、最近30年の各10年間の世界平均地上気温は、1850年以降のどの10年間よりも高温であると報告されており、二酸化炭素の累積排出量と世界平均地上気温の上昇量はほぼ比例関係にあるといった見解が述べられています。

戦略研究を立ち上げました

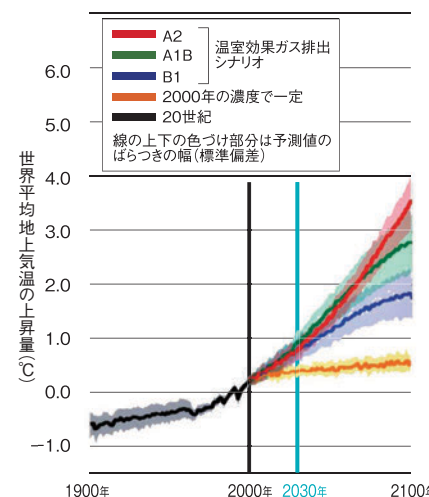
地方独立行政法人北海道立総合研究機構(道総研)では、平成21年～25年度にかけて『地球温暖化と生産構造の変化に対応できる北海道農林業の構築』と題した戦略研究を立ち上げ、地球温暖化が本道の農業に及ぼす影響を調査するとともに、農林業が地球温暖化の防止に貢献できる道を探ってきました。このパンフレットはその成果をまとめたものです。

地球温暖化が、北海道の農業に与える影響、
農林業が温暖化防止に貢献できるあり方を研究しました。

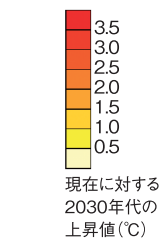
北海道農業における気候温暖化予測とその対応方向

① 2030年代を ターゲットとしました

IPCCの2007年報告によると、今世紀末までの世界の平均気温予測値は温室効果ガス排出シナリオにより異なりますが、2030年代まではどのシナリオでも概ね1℃の上昇が見込まれています。本研究では、採用するシナリオの違いの影響がなく、かつ現実味のある近未来として、2030年代をターゲットとしました。



グラフ1 世界平均地上気温の上昇量 (IPCC, 2007年)
[温室効果ガス排出シナリオ]
人間活動に伴う二酸化炭素などの温室効果ガスの排出に関する見通し。排出シナリオは将来の社会の発展方向に強く依存する。



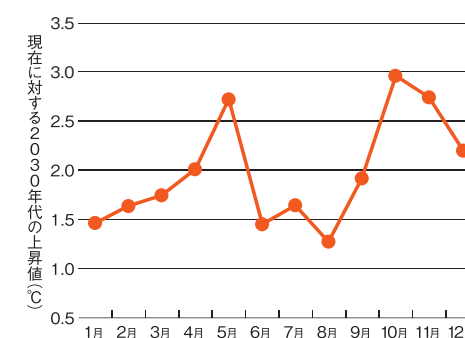
グラフ2 2030年代の7月の平均気温

② 3度も上昇する 地域があります

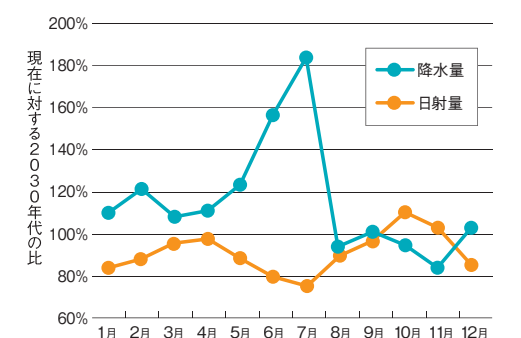
本研究で採用したYokozawaら(2003)の気候変化予測のうち、2030年代の7月の平均気温の例を示しました。北海道全域が10 km四方のメッシュに区切られて予測されています。全道平均では現在よりも1.6℃の上昇ですが、一部には3℃以上高まる地域もあります。

③ 気温が上昇し、雨が増え日射量が減ります

Yokozawaら(2003)の予測によると、2030年代の道内の月平均気温は現在(1971～2000年を統計期間とする年平均値)よりも1.3～2.9℃(平均2.0℃)上昇し、このうち農耕期間(5～9月)の上昇幅は平均1.8℃と見込まれています。また、温暖化で水分蒸発が増えて雲ができやすくなるので、日射量は年平均で現在よりも15%減少し、年間降水量は現在の1.2倍に増えます。ただし、降水量と日射量の予測には、地形も含めた複雑な要因が関係するので、気温の予測値よりも確からしさは劣ることに留意が必要です。



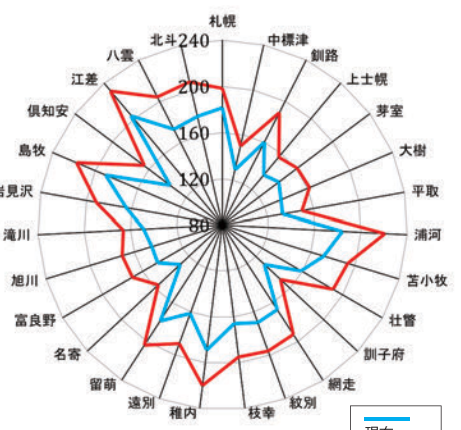
グラフ3 2030年代の道内の平均気温



グラフ4 2030年代の道内の降水量、日射量

④ 初霜は遅く、 雪解けは早くなります

春の晩霜日は早く、秋の初霜日は遅くなり、無霜期間(霜が降りない期間)は現在よりも16～37日長くなります。また、根雪終日は全道平均で11日早まると予測されます。



グラフ5 各地の無霜期間の変化 (数値の単位は日)

2 温暖化で北海道の農業はどうなるのでしょうか

2030年代の主要農産物の生育・収量・品質

1～2ページに示したような気候の変化は、北海道の主要農産物にどのような影響を及ぼすのでしょうか。農業試験場がこれまで蓄積してきた作物の収量や品質に関するデータを基に、気象要素から収量・品質を予測する計算式を作成し、これに2030年代の気象予測データをあてはめて予測を行いました。

その結果、気温の上昇で水稲（①）や大豆・小豆（②③）のように収量が増える場合もありますが、秋まき小麦（⑤）やじゃがいも（⑥）のように主に日射量の減少で減収する場合もあると予測されました。また、品質については、水稲を除き、全般に低下すると見込まれます。また、高温・多雨で発生しやすい病害の影響も懸念されます。

気候変動への対応 — 品種開発と栽培技術の見直し —

対応として、高温でも収量や品質が低下しにくい品種の開発が必要です。ただし、気温の変動幅を考慮すると、当面は冷害などの寒さに強い性質も求められます。また、高温・多湿で発生拡大が予想される病気や虫の害への抵抗力を備えることも大切です。

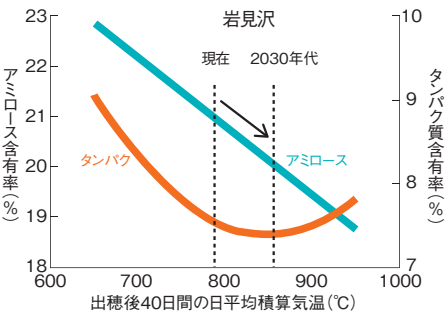
栽培技術面では、作物の生育期間が変化するので、種まきや収穫時期の見直し、栽培地帯区分の見直しが必要になるでしょう。また、雨量が増えることに対応した畑の排水改良もこれまで以上に重要です。

北海道農業における気候温暖化予測とその対応方向

① 水稲

収量はやや増加、食味向上

もみが熟する期間の気温上昇により、収量はやや増加します。出穂期が早まり出穂後40日間の日平均積算気温が高くなることで、食味に関するアミロースとタンパク質の含有率が低下し、お米の味は良くなります。ただし、冷害が発生する危険性は今とあまり変わりません。

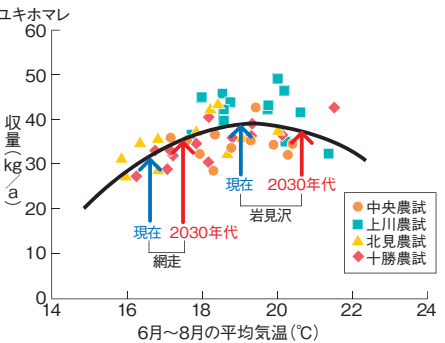


グラフ1 食味に関するアミロース・タンパク質含有率と温度との関係

② 大豆

全道平均16%増収、品質は低下

気温上昇により、現在の6～8月の気温が18℃以下の低温地帯を中心に増収します（全道平均で16%増）。ただし、高温で生じやすい裂皮粒やしわ粒が増えて品質の低下が気になるところです。生育期間は全般に短くなり、品種の熟期で分けている現行の栽培地帯区分を見直す必要もありそうです。

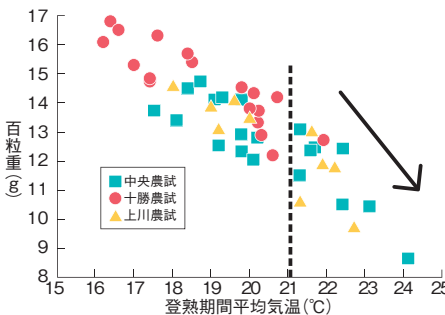


グラフ2 大豆「ユキホマレ」収量と6～8月平均気温との関係（1998～2010年）

③ 小豆

全道平均12%増収、品質は低下

収量は十勝・オホーツク管内で増収、渡島で微増、上川で減少しますが、道内での生産量は12%増加します。豆が熟する（登熟）期間の気温上昇で粒が小粒化し、登熟期間平均気温が21℃以上の地域では製品歩留まりが低下する可能性があります。



グラフ3 小豆の登熟期間の気温と百粒重の関係（1989～2009年）

④ 飼料用とうもろこし

品種変更で10～14%増収

気温の上昇程度に合わせた熟期の遅い品種に変更することで10～14%の増収が期待されます。特に、オホーツクや十勝の山麓および沿海地域で大きな増収効果が見込まれます。

地域	収量 (Kg/10a)		(B)/(A) ×100 (%)
	現在 (A)	2030年代 (B)	
十勝中部	1,232	1,280	104
十勝山麓・沿海	1,063	1,176	111
オホーツク	1,063	1,337	126
根釧・天北	1,193	1,226	103
全道平均	1,138	1,255	110

表1 2030年代の飼料用とうもろこしの収量予測

収量が増加する作物もありますが、病気の多発や品質の低下など、大きな影響を受けます。

⑤ 秋まき小麦

収量8～18%低下

降水量が増えて日射量が減少することにより、収量は道内全域で8～18%低下します。粘土質で水分不足になりがちな岩見沢のような畑では、降水量の増加で増収する可能性もありますが、雨による倒伏や穂発芽の増加により、品質低下をまねくことが懸念されます。

⑥ じゃがいも

収量15%減少、でんぷん含量も低下

降水量が増えて日射量が減少することにより、主産地の収量は15%減少します。また、8～9月の気温上昇により、でんぷん含量も低下します。さらに、じゃがいも疫病の初発時期も早まると見込まれます。生育期間は現在よりも短くなります。

⑦ てんさい

収量12%増加、根中糖分0.8ポイント低下

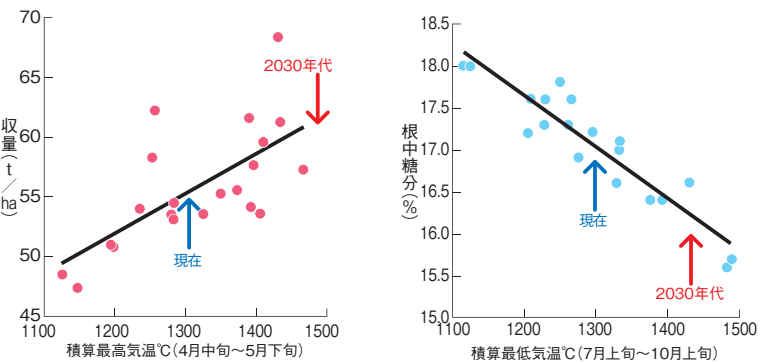
春～初夏の最高気温の上昇により根重（収量）は全道平均で12%増加しますが、夏～秋の最低気温が上がるため根中糖分は0.8ポイント低下します。その結果、得られる糖量は6%増加します。生育期間が長くなるので、収穫時期を現在よりも遅くする必要があります。また、高温・多雨で病害が増えることが懸念されます。

年代	起生期 (月/日)	成熟期 (月/日)	最大可能収量 (t/ha)	
			気温と日射量 から計算	土壌水分条件 を考慮
現在	4/13	7/18	7.8	5.1
2030年代	4/3	7/8	7.2	7.1

表2 秋まき小麦の生育シミュレーション例（岩見沢市）

年代	萌芽期 (月/日)	生育停止 (月/日)	最大可能収量 (塊茎重、t/ha)
現在	5/30	9/29	65
2030年代	5/27	9/18	55

表3 じゃがいもの生育シミュレーション例（芽室町）

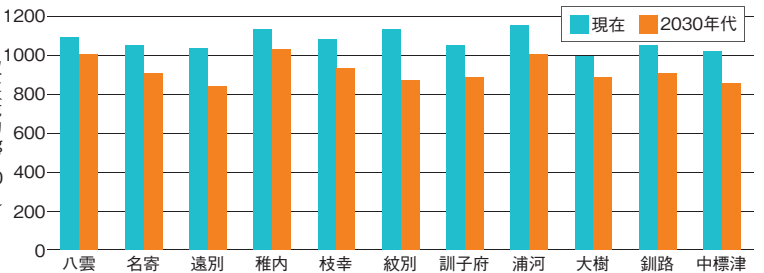


グラフ4 てんさいの収量、根中糖分と積算最高・最低気温との関係（1986～2006年）

⑧ 牧草

収量10～20%減少

雪解けの早まりと気温の上昇で、1番草の出穂期が全道平均で13日早まります。しかし、年間収量は日射量の減少により10～20%減少します。



グラフ5 温暖化が道内各地のチモシー草地の年間収量に及ぼす影響

今後必要な対応は？

- **品種開発**：高温でも収量や品質が低下せず（当面は耐寒性も必要）、高温・湿潤環境で多発する各種病害虫に強い品種の開発
- **栽培技術**：種まき・定植・収穫時期の変更、栽培する品種の熟期の見直し、栽培地帯区分の変更、新しい病害虫への備え
- **基盤整備**：降雨パターンの変化に合わせた農地の排水機能の強化

3 どうして農林業は地球温暖化を抑制するのでしょうか

農林業はカーボンニュートラルの要

地球の環境問題、特に地球温暖化に農林業はどのような貢献をするのでしょうか。このことを考える上で「カーボン・ニュートラル」という概念がとても重要です。木材を燃やすと二酸化炭素を放出しますが、それは元々樹木が大気から吸収した二酸化炭素ですから、全体的な二酸化炭素の量は変化しません。このように生物由来のエネルギー資源＝バイオマスの使用は、二酸化炭素（カーボン）を増やしも減らしもしない（ニュートラル）ので、カーボンニュートラルと呼ばれます。一方、化石燃料の使用は二酸化炭素を増やすだけなので、結果としてバイオマスの利用は二酸化炭素増加の抑制につながります。

二酸化炭素を吸収・固定する植物を核として二酸化炭素を循環する仕組みをつくるのが、温暖化防止に最も有効な手立てとされます。生きた植物を対象とした産業である農業、そして林業が、地球温暖化抑制に貢献する理由がここにあります。

草や樹木からエタノールをつくる

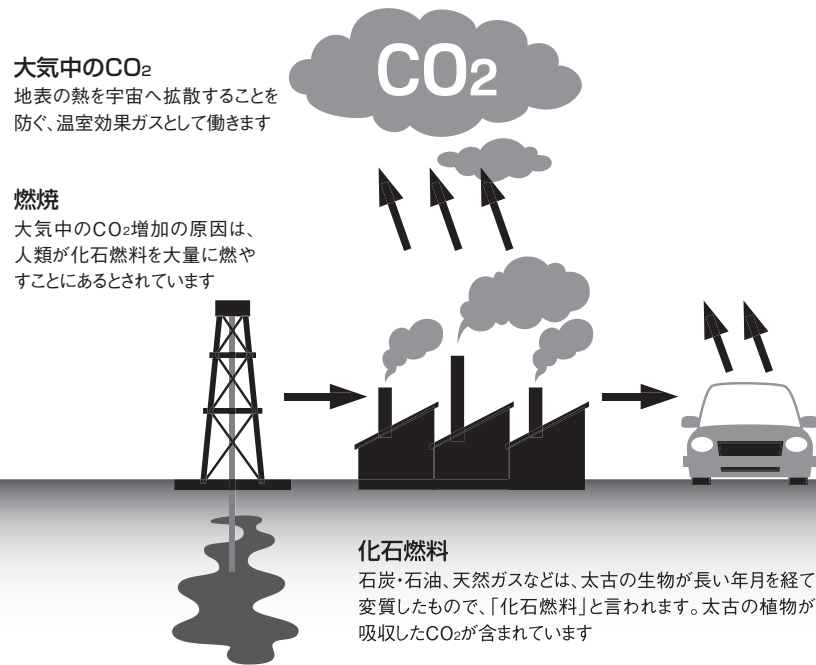
バイオマスの利用はチップ化、ペレット化してボイラー燃料にすることが古くから行われてきました。しかし、これを石油と同じく液体にすると活用範囲はぐんと広がります。道内に豊富に存在する草や樹木を原料（食料生産と競合しない）としてバイオエタノールを製造（①）するために原料特性、前処理特性、糖化・発酵特性を明らかにする研究を行いました。

植物が仲介し二酸化炭素(CO₂)を循環させることで、排出量を抑制します。

二酸化炭素の循環とカーボンニュートラル

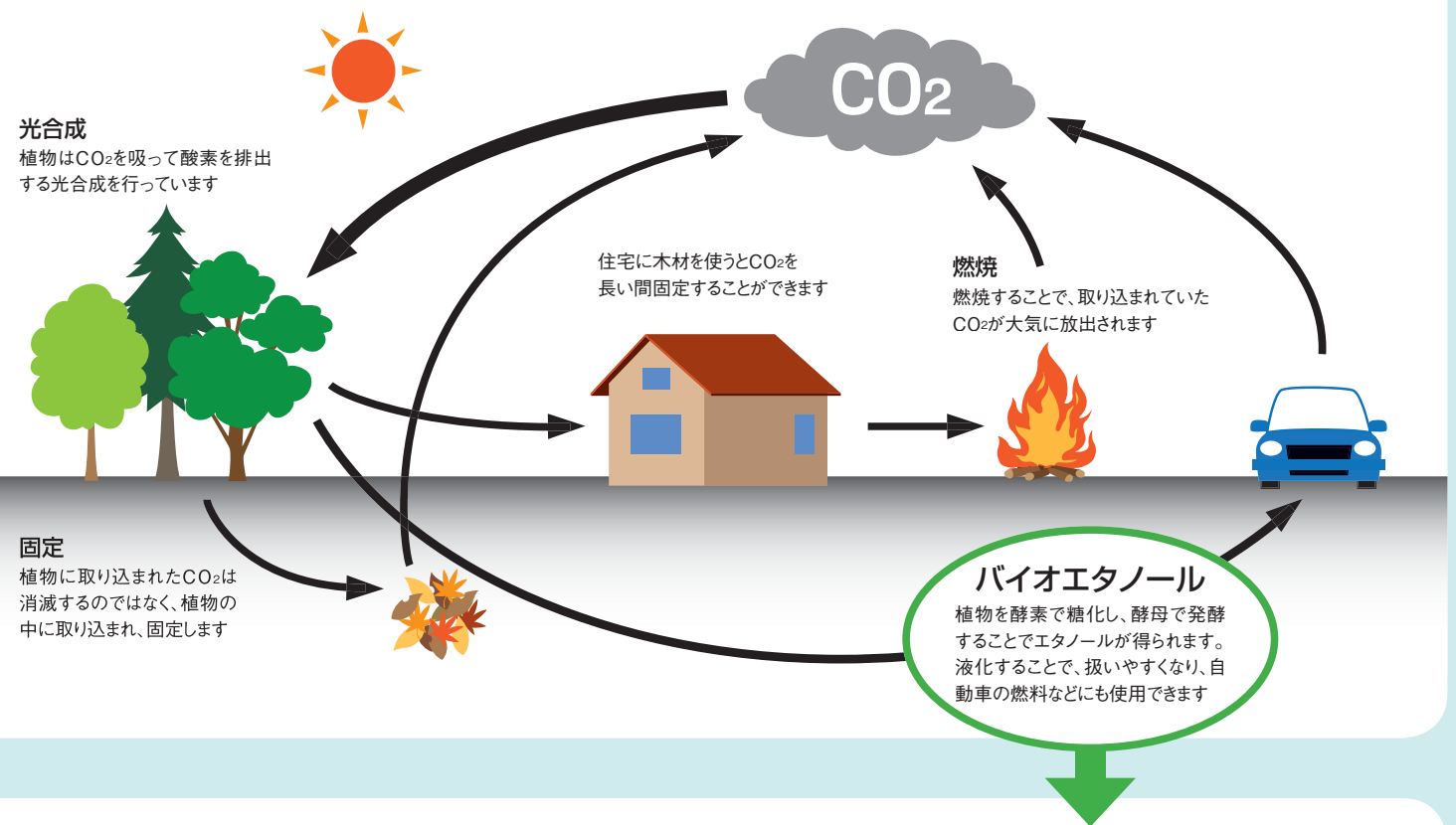
▶化石燃料の消費

化石燃料由来のCO₂は増え続ける一方です。



▶カーボンニュートラル

CO₂は循環し、全体の総量は変わりません。



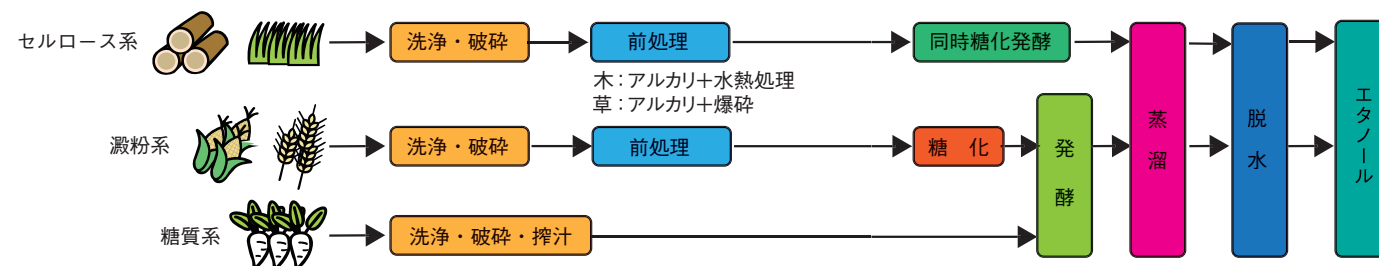
技術的検証が必要なバイオマス

— 各種バイオマスのエタノール発酵特性の検討 —

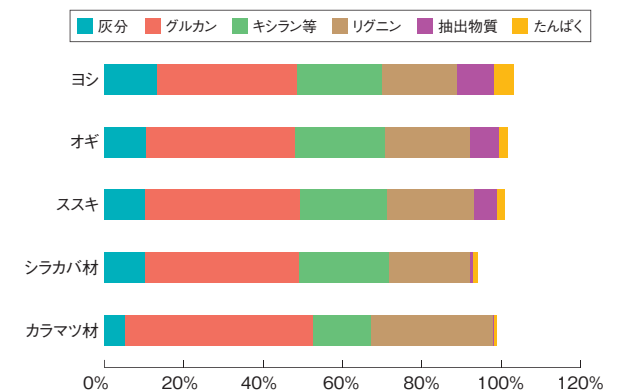
▶農林業バイオマスからエタノールを効率的につくる方法を研究しました

① バイオエタノールの製造工程

草や樹木の主成分のひとつであるセルロースは強固な結晶であるため、そのままでは酵母が食べてくれません。その結晶を壊し、酵素で糖化しやすくするために前処理が必要となります。ここでは、前処理方法を草についてはアルカリ+爆砕処理（容器に対象物と水蒸気を入れて高温、高圧とした後、一気に解放する）、樹木については主に水熱処理（容器に対象物を入れて100℃以上の高温、高圧とする）として、それらの性能について研究しました。また、糖化と発酵を同時に行う方法について検討しました。



② バイオマスの成分



グラフ1 原料分析値
草や樹木は主にセルロース、ヘミセルロース（＝主にキシラン）、リグニンから構成されます。グルカンのうちのほとんどがセルロース由来です。適正な前処理されたセルロースは酵素と普通の酵母によってバイオエタノールに変換可能です。草や樹木には多くのセルロースがあり、バイオエタノールの原料として有望であることが分かります。

③ 糖化発酵効率

糖化発酵効率（理論的に得られる最大のエタノール量に対する生成量の割合）は草のススキで80%、樹木のシラカバで70%が得られました。

4 最も効果的なのは 森の力を高めることです

成長の早い木が 炭素を吸収する木

先に紹介したように森林が地球温暖化抑制に果たす役割は大きく、その担い手である林業に対する期待も高いものがあることから、地球温暖化抑制に貢献する林業の姿を検討しました。

森林が地球温暖化を抑制する最大の働きは、樹木が二酸化炭素を吸収・固定することです。樹木の成長量が大きいほど吸収・固定する力が強いことから、林業試験場で品種改良を続けているカラマツの中から成長の早い品種の炭素固定量を調べました(①)。

炭素固定能の高い 木材生産システムを提案

ただし、樹木が山にあるだけではカーボンニュートラルな資源として利用できません。林業のサイクルは、カーボンニュートラルな資源を生み出す活動と捉えることができます。そこで人工林の作り方、特に単位面積当たりどれくらいの木を植え、何年後に収穫することが、収穫した木材の炭素固定量の増加につながるかについて調べました(②)。また、樹木をバイオマスとして見た場合の林業のあり方も検討しました。

ここで明らかになったのは、活用されずに山に残るバイオマスが大量にあることです(15-16p参照)。伐採した樹木は現場で丸太に加工されますが、細い木や根株など製材に利用できない部分がこの時多量に捨てられます。これらを活用したときのバイオマス量について調べました(③)。研究の成果として、これらを組み合わせた「炭素固定能の高い木材生産システム」(④)を提案しました。

二酸化炭素を吸収する森林の力を高め、
木材の使用を広げることで、大きな貢献をすることができます。

炭素固定能の高い木材生産システムの確立

▶ 収量の向上と環境貢献は両立することがわかりました



5 農林業には未利用のバイオマス資源がまだまだあります

バイオマス資源量を調査

バイオマスの活用は、化石燃料の使用を減らし、結果として地球温暖化の抑制につながることは確かです。しかし、実際に私たちが利用できるバイオマスはどれほどあるのでしょうか。

林業から集められるバイオマスの量を調べてみました。林地残材として多くのバイオマスがありますが、山深いところにあれば収集するコスト増を招きます。現実的に集められる林地残材は年間約20万トンで、枝を含めると36万トンとなりました(①)。

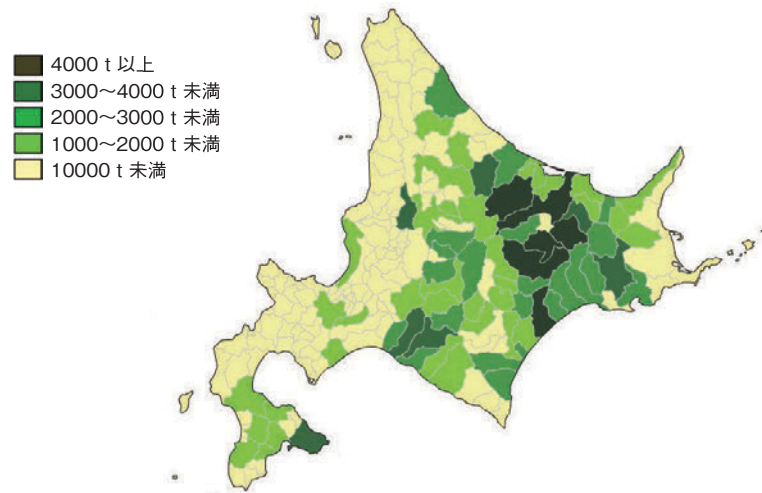
続いて農業から収集できるバイオマスを調べました(②)。稲わらが有望ですが、資源量は稲作地帯に集中しています。麦わらなども調べましたが、多くは土壌改良材としてすき込まれていたり、家畜の敷きわらとして活用されていました。

耕作放棄地にバイオマス作物を

稲わらや麦わらなど収穫した後に残るもの(作物残渣)だけが農業のバイオマス資源でしょうか。北海道では担い手の高齢化などにより耕作放棄地が増えています(③)。耕作放棄地で栽培に手間のかからないバイオマス作物を育てると、温暖化抑制にもつながり、耕作地の有効利用につながります。こうしたことからススキなどをバイオマス作物として栽培する研究を行いました(④～⑥)。

林業系バイオマスの利用可能性

▶ 人工林から集められるバイオマスの利用可能性を調べました

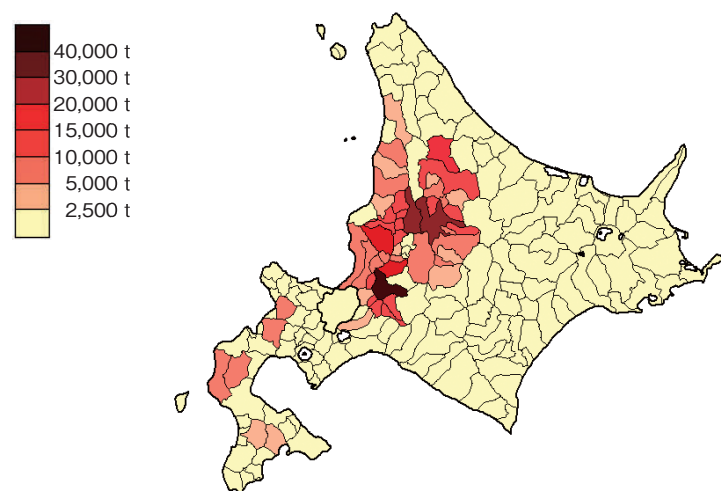


① 林業系バイオマスの利用可能性 **約20万トン／年**

道内の針葉樹の人工林からは、1年で約20万トン、枝を含め最大で約36万トンほど集めることができることがわかりました。この他、製材工場などからもバイオマスを集めることができます。

農業系バイオマスの利用可能性

▶ 農地から集められるバイオマスの利用可能性を調べました



② 農業系バイオマスの資源量 **稲わら約58万トン／年**

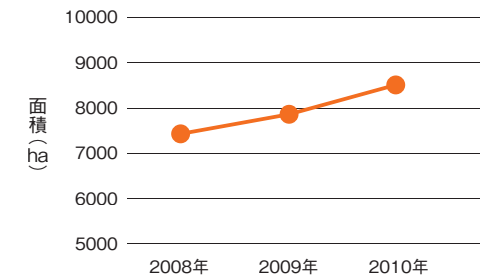
稲わらは面積当たりの存在量が林地残材に比べて1桁少なく収集にコストがかかりそうです。麦わらは現状でも、畜舎の寝わらなどに先行して活用されていました。

林地残材、稲わらなど収穫の残りや休耕地を有効利用することで、バイオマスを生み出すことができます。

補完的活用が期待されるバイオマス—多年生草本活用の可能性の検討

③ 耕作放棄地を活用するバイオマスの栽培試験を行いました

農業従事者の高齢化などによって道内でも耕作放棄地が増えています。バイオマス原料となる栽培に手間のかからない資源作物を植えて、耕作放棄地の有効利用ができないか研究しました。



グラフ1 北海道の耕作放棄地(道農政部)

④ 手間のかからない資源作物を作れないでしょうか

毎年の種まきなどが不要で手間をかけず良く育ち、バイオマス量の多いススキ、ヨシ、オギなどが想定されます。これらは欧州で実際に栽培されています。



ススキ



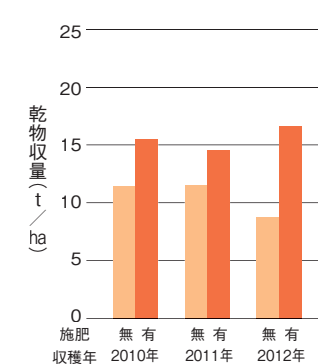
ヨシ



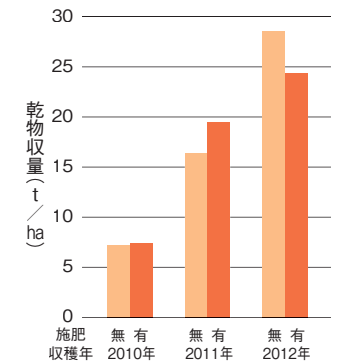
オギ

⑤ どうやって栽培するのでしょうか

自生のススキの収量は道東では1～10t/ha程度ですが、適切な栽培管理を行えばススキで15～20t/ha、オギで10～15t/haが収穫可能となりました(年15t/haは稲わらの3倍程度)。haあたり28000株を植え施肥を行い、11月に収穫します。栽培3年目に安定生産を迎えます。



グラフ2 ススキ収量の推移(中央農試)「無・有」は施肥の有無



グラフ3 ススキ収量の推移(根釧農試)「無・有」は施肥の有無

⑥ どのくらいエネルギーが得られますか

収量15t/haの場合、240GJ/ha(重油6.2kL相当)のエネルギーを生み出すことがわかりました。栽培のためのエネルギー(肥料、農薬、散布作業、収穫運搬)は10.6GJ/haでしたから、投入したエネルギーの約23倍のエネルギーを生産したことになり、これが20年間続けば重油109kLを節約できます。

生産量	(GJ/ha)	投入量	(GJ/ha)
草本乾物1tあたり	18.0	肥料・資材分	6.8
収量乾物15t/haの場合(注)	243.0	施肥・農薬散布	0.3
注) 貯蔵などで10%のロスを見込む		収穫	1.6
		輸送・貯蔵・出荷	1.9
		合計	10.6

表1 多年生草本収穫年におけるエネルギー生産量と投入量

6 二酸化炭素排出量が低い木製品とは？

木材製造にどれくらいエネルギーが必要か

木材の使用は、樹木に固定された二酸化炭素を長くとどめることにつながり、温暖化抑制に貢献します。しかし、現実に私たちの手にする木材は人の手によってエネルギーを消費して加工された製品です。これが多すぎると木材使用が二酸化炭素排出量を減らすことになりません。そこで製材について丸太の生産から加工・輸送までの二酸化炭素排出量を外国産を含めて調べました(①②)。

乾燥工程に要する熱源をそろえて比較すると、遠くから運んでくるために多大なエネルギーを使用する外国産・準道産製品は排出量が高くなりましたが、カナダ産の製材に限っては道産とほとんど変わらない結果となりました。これは、カナダが水力発電を主体とした国であり、電力消費による排出量が極めて少ないこと、輸送に大型船が用いられていることに起因しています。

排出量削減のポイントは乾燥熱源

さらに、製品における乾燥熱源を何に求めるかで排出量が大きく変わることわかりました。木質系燃料による排出量削減効果を調べると、木材の製造過程で使用されている化石燃料を木質燃料に置き換えることで大きく削減できることがわかりました。このことは13-14pで詳しく見ていきます。

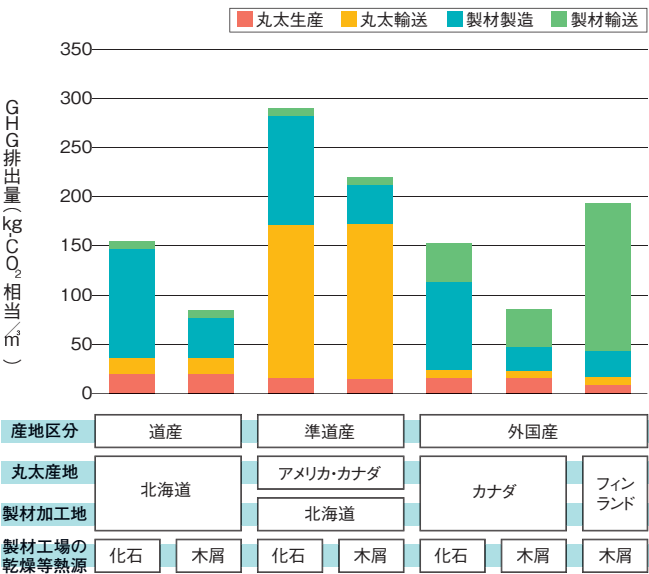
なお農業では、道産飼料用とうもろこしと海外産飼料用とうもろこしとでは輸送における排出量の差が大きく、道産飼料用とうもろこしを利用することで温暖化抑制に貢献できます(③)。

木製品の製造・輸送における二酸化炭素排出量を比較しました。

輸入木材・木製品の代替による温室効果ガス排出量削減効果の評価

① 木材の製造・輸送による排出量の国際比較

原木やラミナ(集成材用の木材)を輸入して国内で加工する準道産製品は、輸送時の排出量が大きく、最も排出量が多いものとなっています。道産木製品のCO₂排出量低減には、乾燥熱源を木くずへ転換することなどが有効です。

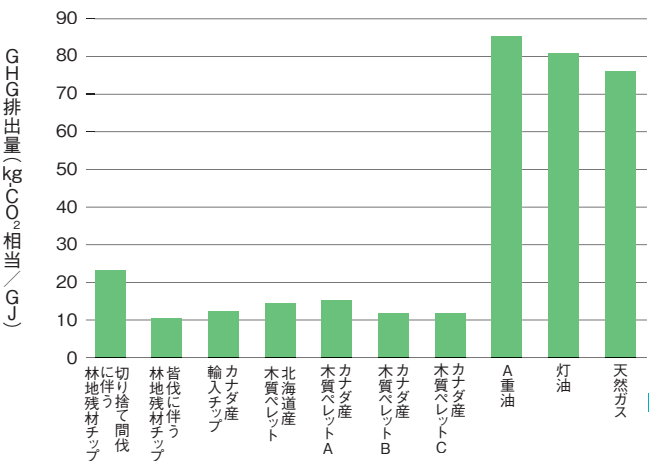


グラフ1 産地区分・熱源別の製材の温室効果ガス(GHG)排出量

② 木材のエネルギー利用による排出量

木質燃料の削減効果は70%以上

ボイラーの熱源に木質系バイオマス燃料を使用すると、化石燃料よりも最低でも70%以上ものCO₂排出量を削減できることがわかりました。



グラフ2 木材のエネルギー利用による温室効果ガス(GHG)排出量

道産製品の排出量削減には製材製造段階での取り組みが効果的です

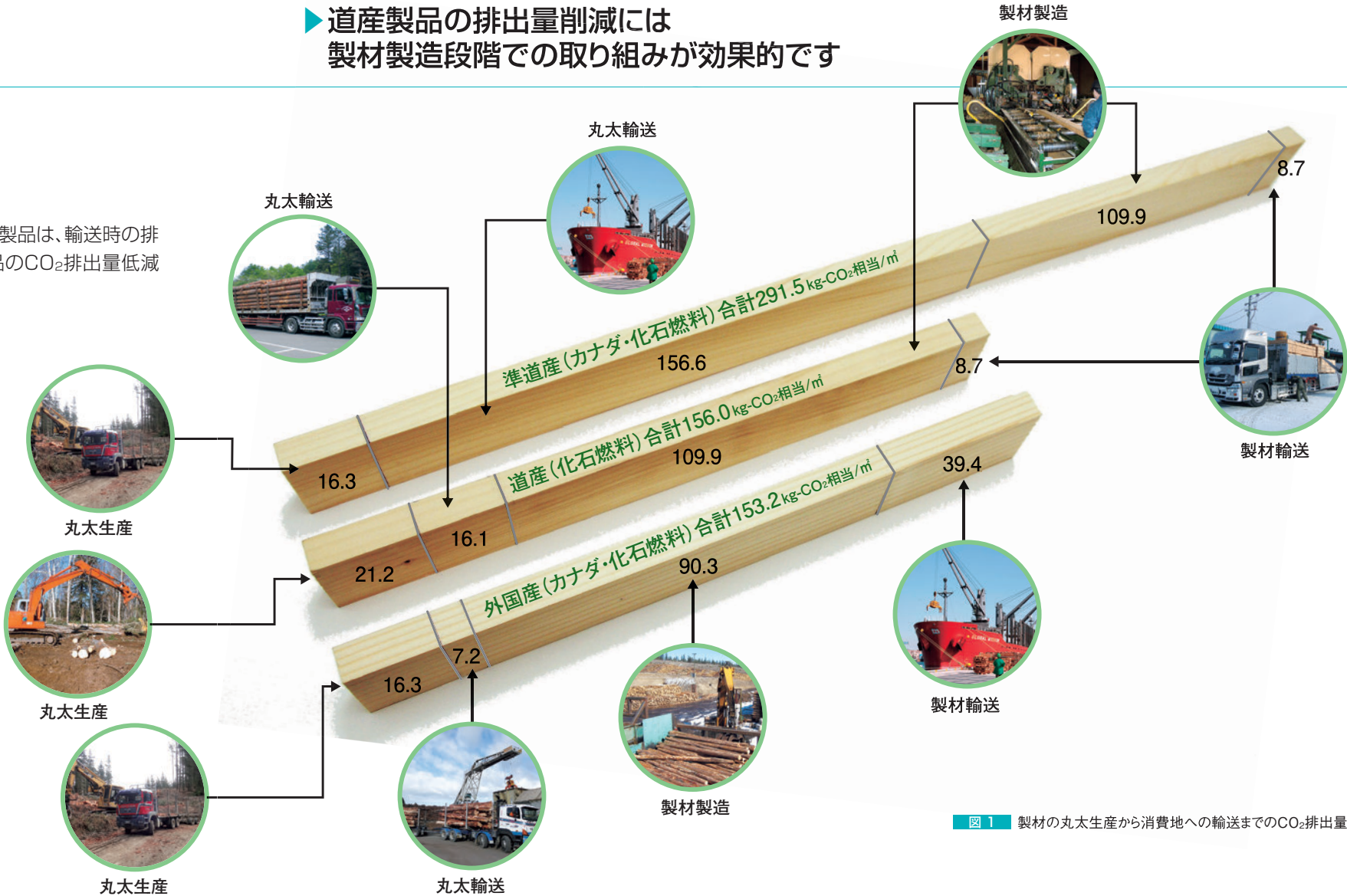


図1 製材の丸太生産から消費地への輸送までのCO₂排出量

輸入飼料作物の道内生産による温室効果ガス排出量削減効果の評価

農業では輸送による排出量で差が出ます

		道央産	アメリカ産
10a当たり排出量 (kg-CO ₂ 相当)	肥料、農業の使用、製造	140	90
	圃場内作業(耕起～残渣処理)	67	57
	乾燥調整	91	40
	計(生産段階)	298	188
とうもろこし子実 1kg当たり排出量 (g-CO ₂ 相当)	生産段階	305	235
	輸送段階	44	174
	計(利用段階)	349	409

表1 とうもろこしの生産・輸送での温室効果ガス(GHG)排出量

③ 道産飼料用とうもろこしの利用で15%削減

道内で飼料にもちいられるとうもろこし子実のほぼ全量は輸入品です。これを米国産から道産に代替すると、とうもろこし子実の生産・輸送に伴って発生する温室効果ガス(GHG)を15%削減できることが明らかになりました。米国産のほうが生産段階の排出量は少ないですが、輸送ではより多くの温室効果ガス(GHG)が排出されます。とうもろこしの栽培技術を開発することで、道産とうもろこしでも9~10t/haの子実収量が期待できるようになりました。道央では転作作物としてとうもろこしを作ると土壌改良効果も期待できます。

7 バイオマス利用でコストも二酸化炭素も削減します

道内全製材工場を調査

製材業は育林と並ぶ林業を支えるもう一つの担い手です。製材工場でのバイオマスの利用がすすめば、林業における二酸化炭素循環が大きくすすむことから、道内の製材業の状況について調査しました。

製材工場では、大型の加工機械を動かすための電力や人工乾燥の過程で使用する燃料など、実に多くのエネルギーが使われています。

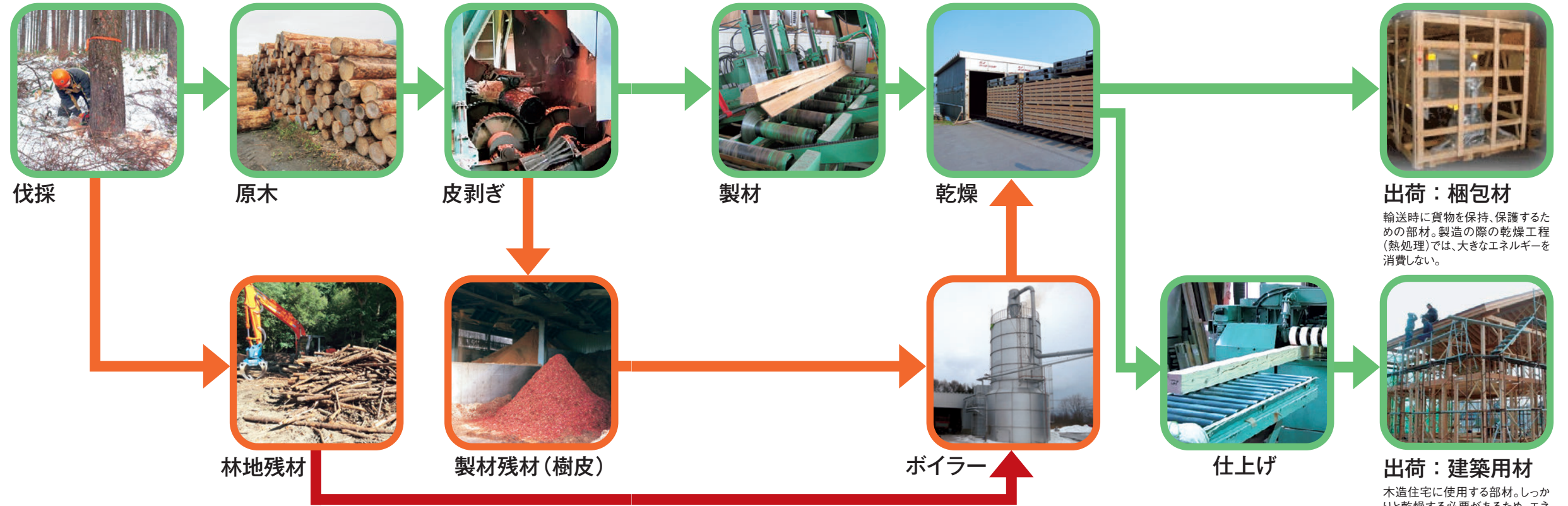
そこで道内の全製材工場での乾燥工程に使用する燃料を化石燃料から製材残材（樹皮）に代替した場合のエネルギー消費量を統計資料と現地での聞き取り調査から明らかにしました（①）。

製材工場には様々な規模の工場があり、また、そこで生産している製品も様々です。規模が大きくなったり、乾燥を必要とする製品が多くなると、製材工場から産出される製材残材だけでは、燃料が足りなくなる場合があります。

そのため、製材工場の乾燥釜によって、`熱処理した梱包材。と`乾燥した建築用材。を重油とバイオマス（製材端材+林地残材）を燃料として製造した場合を想定し、その製品構成と生産量を変化させた場合の乾燥経費への影響をシミュレーション（②）によってそれぞれ比較しました。

林業系バイオマス有効利用のイメージ

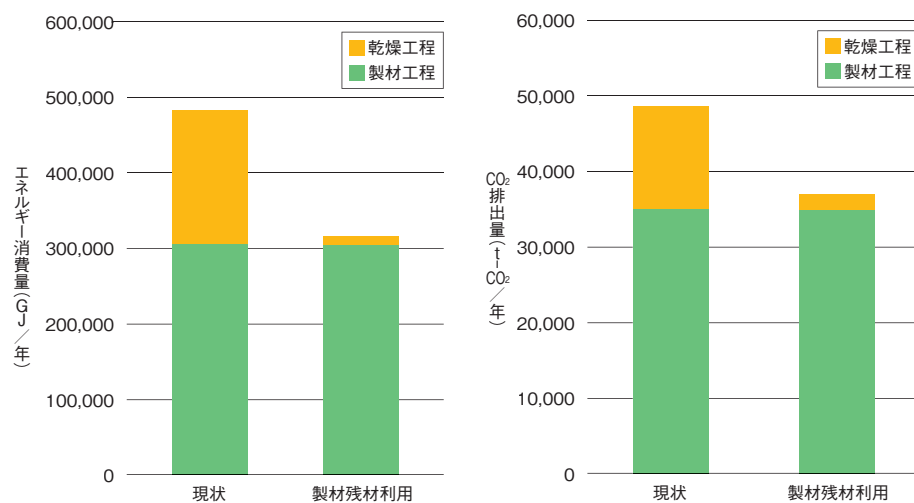
《製材の製造工程》



① 道内の全製材工場が乾燥工程で製材残材を使用したら

23.7%のCO₂削減効果

製材、乾燥工程を通して、化石燃料等によるエネルギー消費量は約33.8%の代替効果があると試算されました（図左）。また、CO₂排出量は約23.7%の削減効果があると試算されました（図右）。



グラフ1 道内の全製材工場におけるエネルギー消費量（図左）とCO₂総排出量（図右）

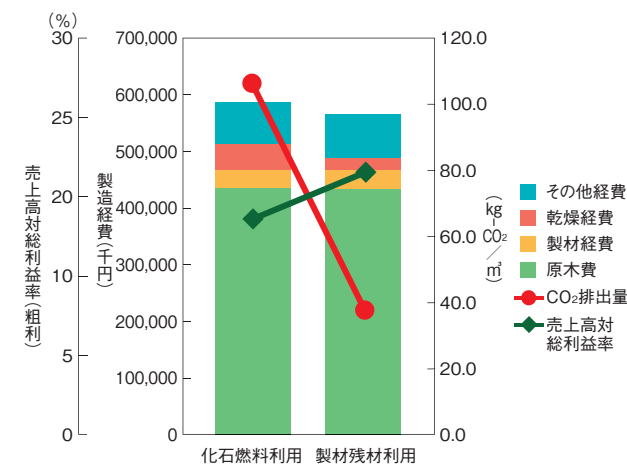
乾燥工程に木質バイオマスを活用することで経費も二酸化炭素排出量も削減できることが明らかになりました。

▶ 製材工場でのバイオマスを使うことのメリットを探りました

② 1工場の場合で見ると

製造経費約2千万円削減

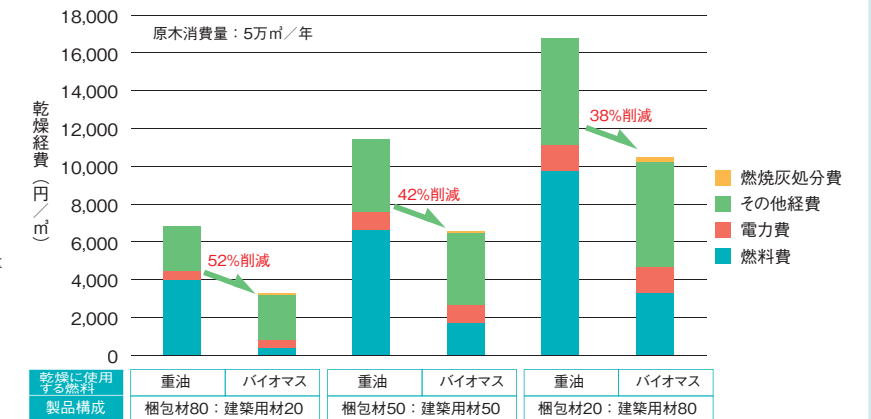
原木消費量5万m³/年で、建築用材（乾燥材）を製造する製材工場を設定した場合、CO₂排出量は約64%の削減、製造経費は約2千万円削減され、売上高対総利益率（粗利）は3.5%向上する試算結果となりました。



グラフ2 乾燥工程における燃料の違いによる製造経費とCO₂排出量

製品構成が変化するとエネルギー消費量も変化する

製造する製品の割合（製品構成）の違いによる比較では、エネルギーの消費が少ない梱包材の比率が高いほど、乾燥経費の削減効果が大きくなりました。しかし、今後、建築用材の需要が高まれば、必然と建築用材の製品比率が向上することから、燃料としてのバイオマス（林地残材）の利用は不可欠となります。



グラフ3 梱包材と建築用材を生産した場合の乾燥に伴う経費

8 森の残材をもっと活用しましょう

林地残材を バイオマスエネルギーに

道内木材業におけるバイオマス燃料の使用状況の調査（13-14p）によって、製品によっては工場が必要とする燃料に対して製材残材だけでは十分ではなく、林地残材の活用が望まれていることが見えてきました。そこでバイオマス資源としての林地残材の状況を調べました（①）。

林地残材は、間伐や主伐などの伐採によって派生するものですが、材を収集し土場まで運ぶ収集方法によって資源量に大きな差があることがわかりました。

さらにそこから、林地残材発生率を調べました。林地残材は、資源として着目されてから日が浅く、これをエネルギー資源として活用するためには、まだまだ多くの検討・工夫の余地がありそうです。

課題は収集運搬のシステム作り

林地残材はそのままでは取り扱いが難しく、扱いやすい燃料にしようと思えばチップ化する必要があります。そのため林地残材を山から搬出し、チップ化して工場ボイラーなどに活用するシステムについて実用化の点から検討しました（②）。またバイオマス燃料としての林地残材のエネルギー収支について検討しました（③）。

運搬距離が長くなったり、チップ化に手間がかかるほど、エネルギー収支は悪化する傾向があります。林地残材に限らず、バイオマス資源は地元で利用することが望ましいと言えます。

木材生産の副産物として
山に残る未利用木材をエネルギー資源として利用する研究を行いました。

林地残材集荷システムの確立

① 林地残材は、どれくらい バイオマス資源にすることができるのでしょうか

収穫した木材を集めて処理する「土場」に残る未利用木材（林地残材）を有効活用する道筋を研究しました。木材の集材方法が異なると集められるバイオマスの量も異なります。木材の収集方法には「全木集材」「全幹集材」「短幹集材」がありますが、「全木集材」では立木重量の28%が、「全幹集材」では16%が土場に集まることがわかりました。



▶ バイオマス利用拡大のポイントは収集と運搬です

カラマツを1m³切ったときのバイオマスは…？（乾物基準含水率30%時）

- ①全木集材 立木幹材積1m³×木材容積密度（525kg/m³）×重量比0.28＝147kg
- ②全幹集材 立木幹材積1m³×木材容積密度（525kg/m³）×重量比0.16＝84kg
- ③短幹集材 土場に残材が残りません

③ 林地残材利用のエネルギー収支は？

実証可能性調査では、主伐であれば熱量単価で重油を下回りました（A重油67円/ℓ：2010年1日の北海道地区平均価格）。伐採の規模や運搬距離にもよりますが、50km運搬してボイラー燃料としての使用を仮定すると、投入したエネルギーの約2倍～6倍のエネルギーを出力することが確かめられました。

	主伐由来の バイオマス	利用間伐由来の バイオマス	未利用間伐由来の バイオマス
経済性 （総費用）	約1万円/t （重油より約1割安い）	約12,000円～ 16,000円/t （重油と同程度～ 約4割高い）	約21,000円/t （重油の約8割高い）
エネルギー 収支	6.3倍	4.3倍	2.1倍

表2 消費地まで50km運搬しチップ燃料として利用する場合
（A重油価格67円/ℓ）

② チップ化システムを検討しました

林地残材をバイオマス資源として利用するためにはチップ化が不可欠ですが、総費用に占めるチップ化費率が5割から7割と高いため、どこでチップ化するのが問題です。検討の結果、3つのシステム（A～C）が考えられました。それぞれ、長所と短所があるのでどれを導入するかについては、状況を考えて判断する必要があります。

	A 現地チップ化システム	B 工場チップ化システム	C 中間土場チップ化システム
長所	①枝などかさばる部分を効率的に運搬できる ②バイオマスが大量にある場合、運搬距離が長い場合に有利	①チップ化機の運搬設置費が不要 ②安定した環境でチップ化を動かせるため、年間稼働率が高い	(B)とほぼ同じ 低コストで貯蔵・乾燥がしやすい
短所	①チップ化機の重器運搬費が必要 ②大型チップ化機には不向き＝生産性が低い ③チップ化機の年間稼働率が低くなりやすい	①枝は運搬効率が悪い ②広範囲から大量にバイオマスを集める場合は、運搬費が割高	①新たに用地が必要 ②施設の維持が必要
目安	チップ生産20～48m ³ /時間・年間の実働日数：70～100日	チップ生産30～75 m ³ /時間・年間の実働日数：100～200日	(B)とほぼ同じ

表1 森林バイオマスを効率的に集めて運ぶための代表的な作業システム

環境にやさしい 再生可能エネルギー

私たちの生活や経済活動に必要な一次エネルギー（石油、石炭、天然ガス、原子力、太陽光、風力等）のうち、国内で確保できる比率をエネルギー自給率といいます。我が国の2010年の化石エネルギー依存度は81%と高い状態にあり、エネルギー自給率は水力・太陽光・バイオマス等による4.4%にすぎません（エネルギー白書2013）。

太陽光やバイオマスといった「再生可能エネルギー」は、資源を繰り返し使え、発電や熱利用時に大気中の二酸化炭素をほとんど増やさないため、環境に優しいエネルギーといえます。

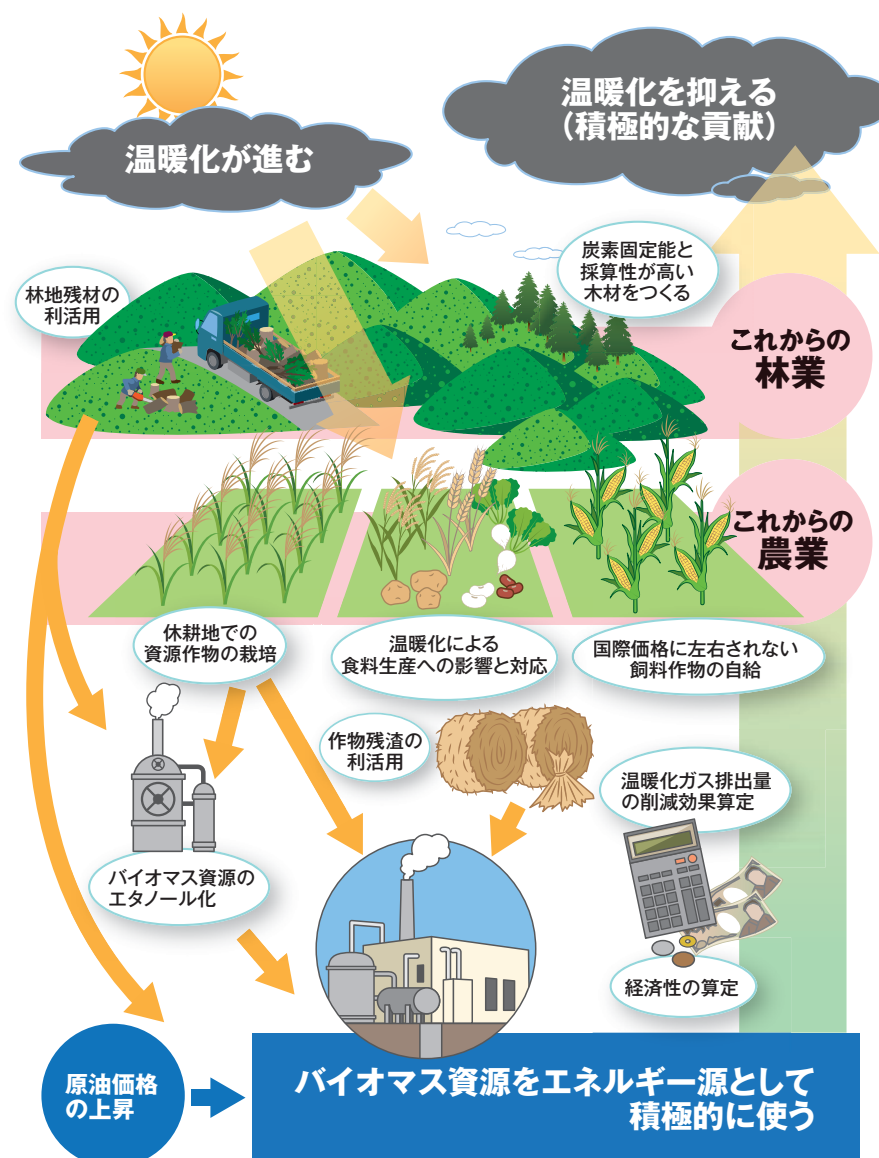
資源循環型の社会へ向けて

稲わらや林地残材など道内に豊富な農林バイオマスによる発電や熱源利用といった取組みは、いくつかの先進事例を見ることができます。バイオマス資源のエネルギー利用は、地球温暖化の防止につながるとともに、地域循環型の産業形成を通して、地域社会の活性化にもつながります。

そのためには、農林バイオマスの源となる農林業そのものが元気でなければなりません。また、道内に広く存在するこれらの資源を効率的に収集する仕組み作りも必要となります。資源循環型の社会形成に向けて、私たちにできることはまだまだたくさんあります。私たちの未来のために、北海道からその一歩を歩み始めましょう。

農林業を中心とした循環型社会のイメージ

▶ 環境と地域に貢献する北海道農林業が進むべきひとつの道考えた



- 北海道には大きな可能性があります
地域資源の有効活用で地球温暖化を抑制できます。
- 北海道から始めよう
地球温暖化を防ぐ新たな取り組み。
- 北海道の希望をかたちに
地球温暖化を防ぐためにできることはたくさんあります。
- 子供たちの未来につなげよう
この北海道で作られる食とエネルギー。

資源循環型社会に向けて農林業は大きく貢献することができます。

先進事例調査 — 循環型社会への取り組みは全道各地で、もう始まっています

① 稲わらを温泉の燃料に(南幌町)

CO₂を年350t削減

南幌町では、町営温泉施設のボイラーで、稲わらペレットと木質ペレットを混ぜて燃やし、温泉施設の非温泉水の加熱に利用しています。稲わらは地元工場で3500円/ロールで買い取り、ペレット化後35円/kgで販売しています。燃焼灰(燃焼量の15%)は水田の融雪剤として活用。重油使用量を129kl/年、CO₂排出量を350t/年削減する見込みです。



② 林地残材をハウスの熱源に(七飯町)

重油消費量4割削減

JA新はこだて花卉生産出荷組合七飯支部と七飯町森林組合の協力による取り組み。七飯町は道内最大のカーネーション産地で、冬期間ハウス加温用に2006年から、林地残材を燃やす薪ストーブを設置しています。100mハウスでは薪ストーブだけでは不足なので重油ボイラー併用していますが、重油消費量は4割削減しました。



③ 林地残材を多目的利用(苫小牧市)

品質に応じて利用するカスケード利用を実践

苫小牧で木質ボードを製造する(株)イワクラでは、胆振・後志・石狩・空知などから林業系バイオマスを現地でチップ化して収集し木質ボードの原料にするほか、ペレット燃料、厩舎の敷料と、品質に応じて利用する「カスケード利用」を実践しています(2010年度実績：約8万トン)。



④ 製材工場のバイオマス発電(津別町)

木質バイオマス発電施設での燃焼試験

津別町で単板・合板を製造する津別単板協同組合では、道内有数の林業地域にあるという立地を生かして、地元針葉樹材(カラマツ・トドマツ)で年間18万6千㎡の単板・合板を製造しています。同組合では、これらの製造過程で発生する年間約7万トンもの工場端材を燃料とする「木質バイオマスコージェネレーション設備」を導入し、電気と熱を利用しています。さらに、燃焼灰は地元の農家に肥料として活用されています。

