

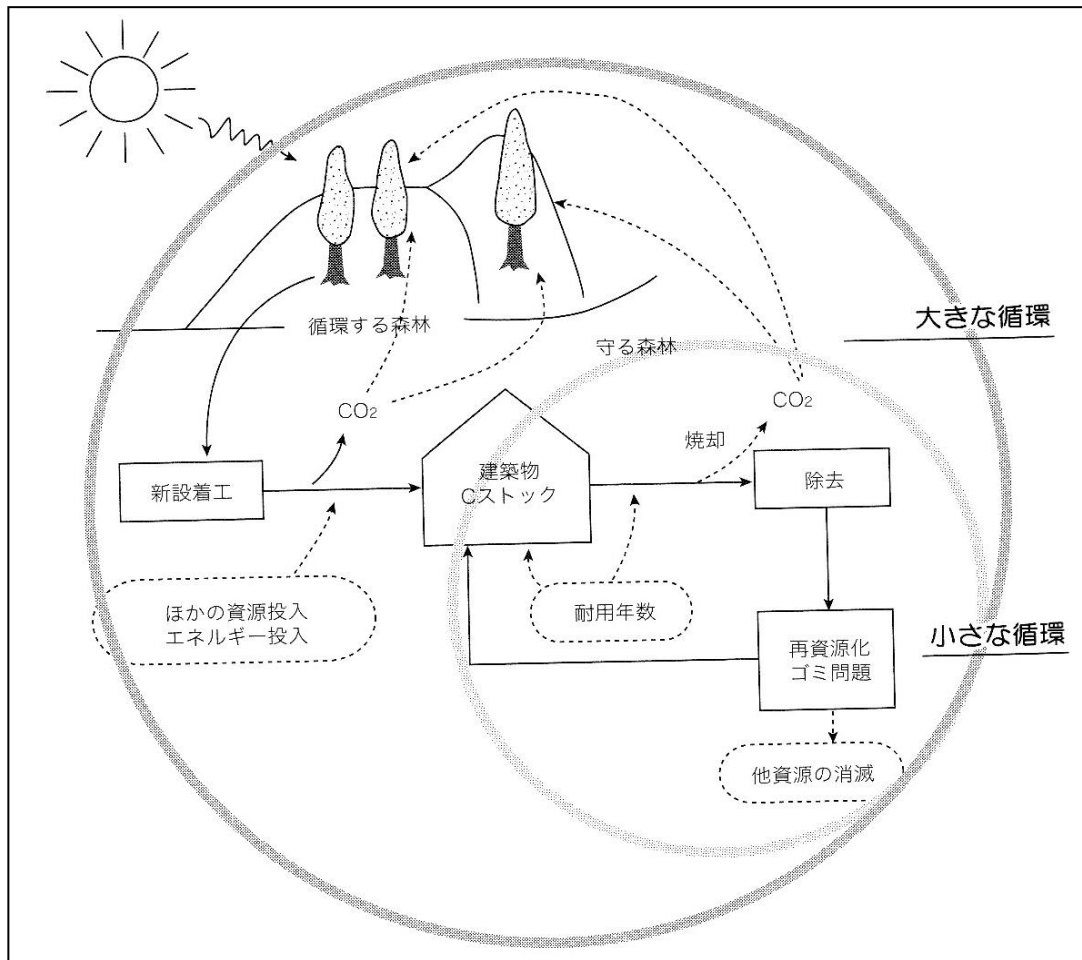
木材のカスケード利用と繊維板工業

有馬孝禮

(東京大学名誉教授)



森林・木材利用の 「小さな循環」と「大きな循環」

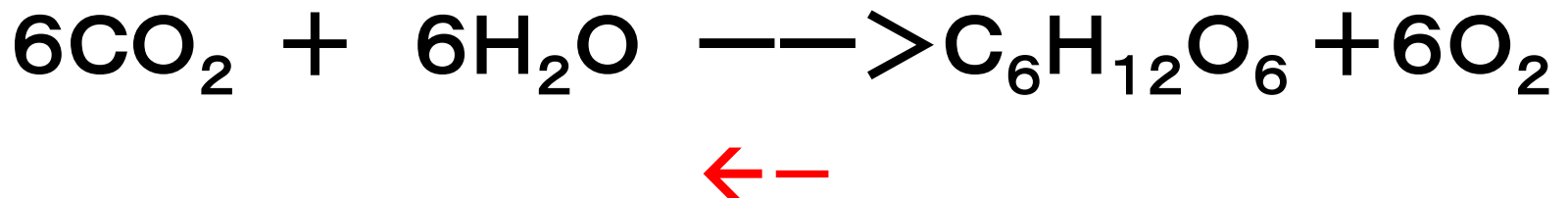


なぜ、木材？

- 省資源・省エネルギー（1973ー
 - 地球温暖化（気候変動）（1990ー
 - 低炭素（低二酸化炭素？）社会（2012ー
 - 脱炭素（脱二酸化炭素？）社会（
SDGs、サステナブル、レジリエンス、…
カーボンニュートラル
- > 高炭素貯蔵、持続可能性，再生可能
森林・木材、都市にもう一つの森林

二酸化炭素放出(排出)と炭素ストック(貯蔵)

- 炭素ストック(光合成 CO₂から木材へ)
木材中の炭素量 = 木材全乾重量 × 0.5
(固定炭素表示) C表示
(CO₂換算 = C表示 × 44/12)
- 木材の劣化・燃焼(木材からCO₂へ)



森林・木材利用による 二酸化炭素放出削減

- **炭素貯蔵効果**

森林成長、耐用年数、リサイクル

- **省エネルギー効果**

他材料から木材、木質材料へ

- **代替エネルギー効果**

バイオエネルギー、解体廃棄物燃料

産業を炭素資源から区分

- 「資源を生産していく産業」
(炭素固定)

農業、林業

- 「資源を消費していく産業」

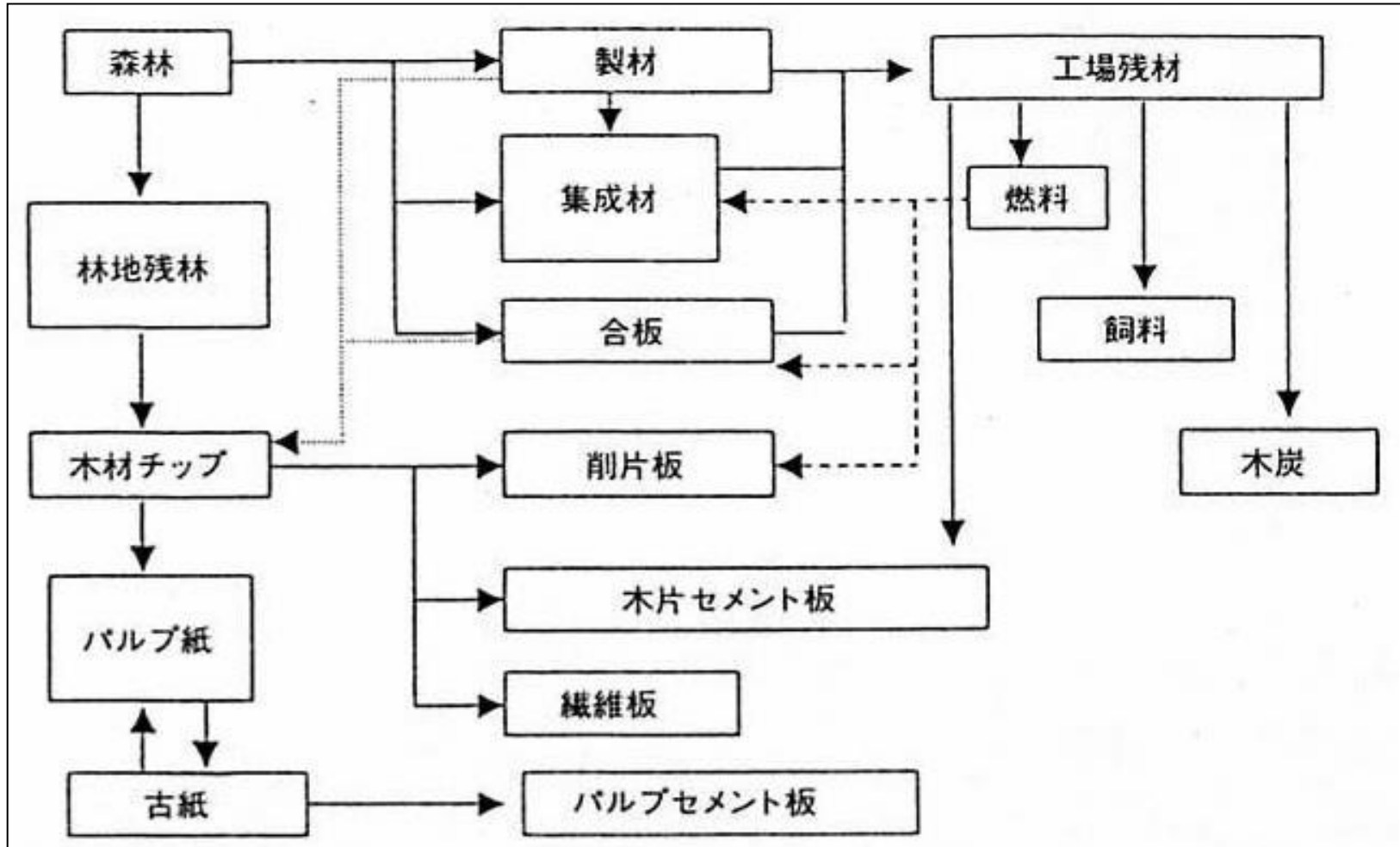
「消費が資源を生産する産業への駆動力になる産業」
(炭素保管および駆動力)

木材関連産業

「資源を確実に消費していく産業」
(二酸化炭素放出)

その他産業

木材のカスケード利用



資源循環型社会の要件 (持続可能な発展)

- 一般の資源循環型社会のキーワード
抑制 (Reduce)
再利用 (Reuse)
再生利用 (Recycle) すなわち3R。
- されど 炭素資源は
熱回収 (Recover) すなわち4R。
 → 「小さな資源循環」
- 生物資源は
再生産 (Renew) すなわち5R。
 → 「大きな資源循環」

カスケード利用は時間の要素を含む

- ・ バイオマス資源のカスケード利用
—消費速度の減少と生産のための時間稼ぎ
リユース・リサイクル・サイクル
持続可能性
- 化石・鉱物資源のカスケード利用
—消費速度の減少
リユース・リサイクル

木材による炭素のストックのスタート



木材資源のカスケード利用の視点

- 木材関連産業は炭素貯蔵(ストック)産業
木材は原料とエネルギー材料である
- カスケード利用は流れを重視
仕組み、制度の中の資源と廃棄物
- カスケード利用は連携、役割分担が重要
アシスト、ゴールキーパーは誰だ
- 3Rから5Rへ
持続可能と空間的連携、時間的連携

炭素の受け入れ、貯蔵、消失

	森林	丸太素材	製材	住宅	解体再処理	再生品利用	解体焼却
受け入れ	15,000	10,000	7,500	6,000	5,000	3,000	2,500
炭素ストック (製品)	10,000	7,500	6,000	5,000	3,000	2,500	0
炭素排出	- 5,000	- 2,500	- 1,500	- 1,000	- 2,000	- 500	- 2,500

受け入れ

原料入荷

炭素ストック

製品として出荷 → 炭素表示

炭素排出

焼却に相当 (=炭素ストック-受け入れ)

CLT、集成材もラミナ(厚板)？ — 製材、乾燥、木質燃料 —



木質材料と木製品の (炭素放出量／炭素貯蔵量)の比較

• 製材	0.09
• パーティクルボード	0.214
• MDF(中質繊維版)	0.433
• インシュレーションボード	0.419
• 複合フローリング	0.164
• 内装建具	0.289
• 防腐処理	0.041
• 木造住宅	1.975

チップ・木質エネルギー・敷料 —適切な連携を—





木材は廃棄物ではなく資源



資源循環型社会は

「消費のための消費」から

- 化石資源や他資源の延命
- 生物(木材)資源の持続性

「生産を生む消費」へ
木材関連産業はその駆動力

京都議定書

我が国の目標

温室効果ガス6%削減(1990年比)

2010年(2008-2012の平均)

・ 地球温暖化対策推進大綱

削減目標6%のうち、3.8%(1300万tonC)森林吸収として想定

****2020年までに1990年比25%削減、**

2005年比3.8%減 (1990年比3.0%増)

パリ協定 2030年まで2013年比26%減

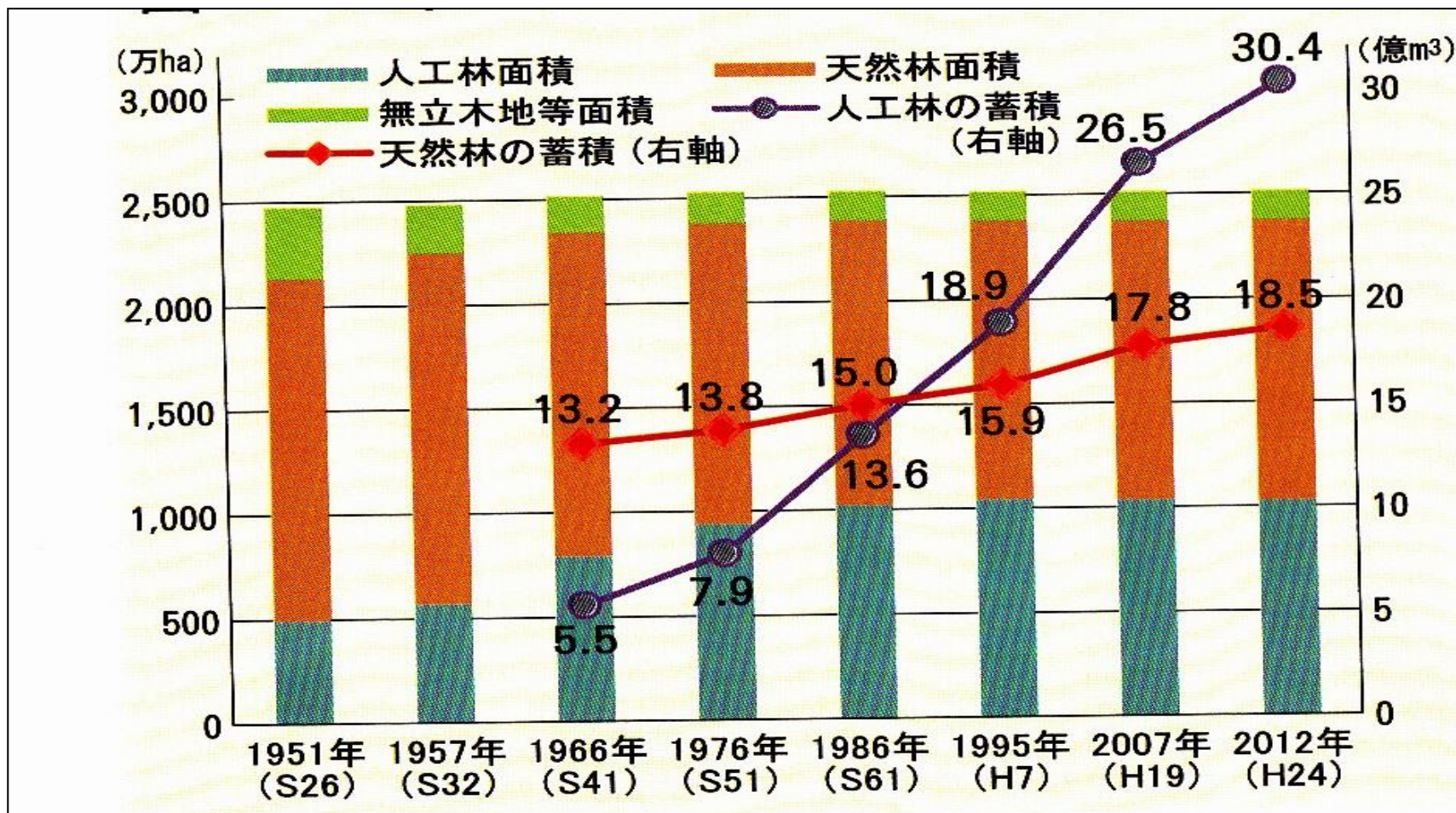
2030年>46%減、2050年まで カーボンニュートラル

国産材利用の鍵

- 地球温暖化防止、省エネルギー（CO₂削減）
- 炭素貯蔵（Cストック）
- 木材資源の持続性
- 地域の資源を生かす波及効果
- 木材、資材の特性を生かす技術開発
- カスケード利用
- 連携

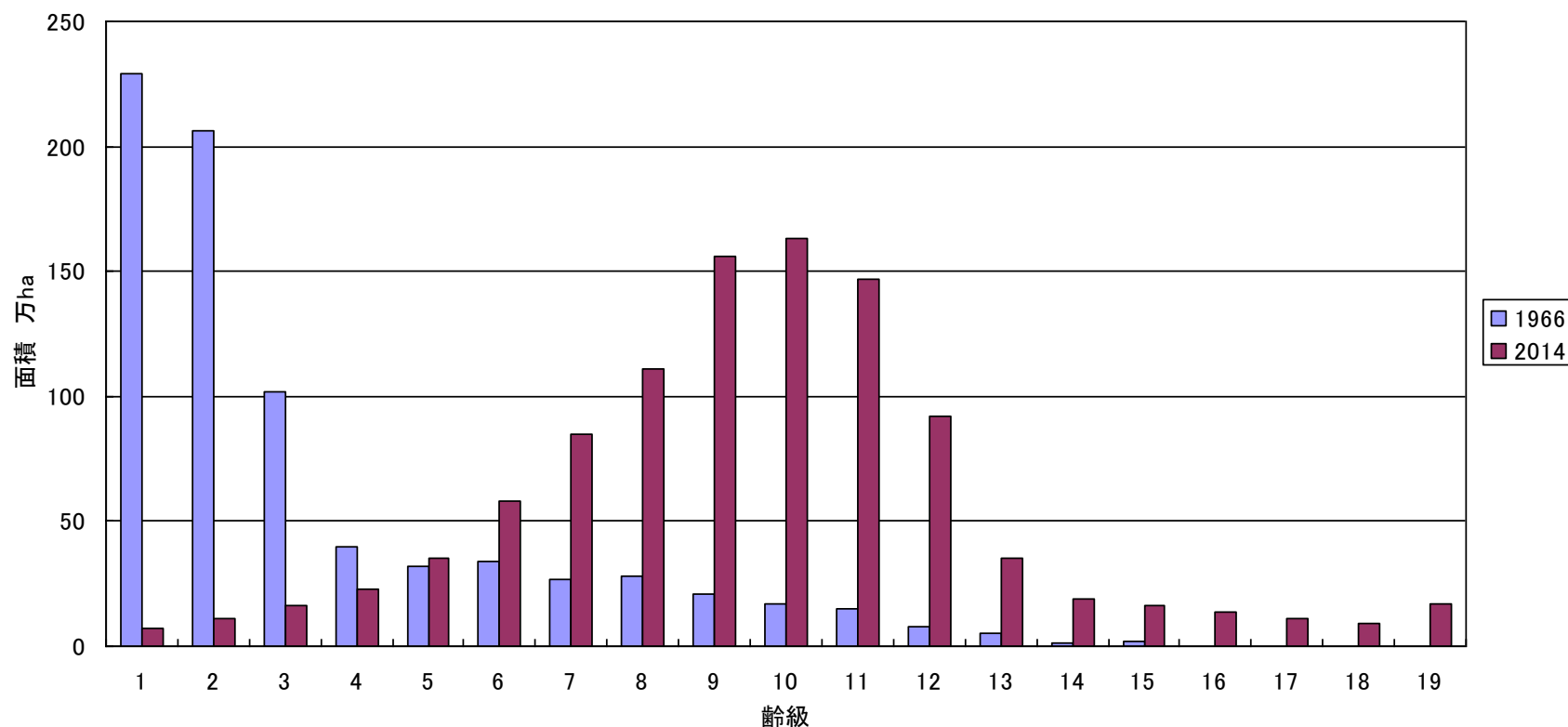
我国の森林状況

—人工林で蓄積が増加—



成長はしているが、資源の持続性は —1966年と2014年—

j人工林の樹齢分布(昭和41年と平成24年の比較)



バイオマス資源の他資源との違い

(1)「3R・4R」から5Rへ

—「消費が生産をうむ」—

(2)資源戦争の中の資源生産

—資源の持続性の確保—

(3)資源と廃棄物

—生物資源に廃棄物という言葉はない—

木材資源のカスケード利用の視点

- 木材関連産業は炭素ストック産業
木材は原料とエネルギー材料である
- カスケード利用は流れを重視
仕組み、制度の中の資源と廃棄物
- カスケード利用は連携、役割分担が重要
アシスト、ゴールキーパーは誰だ
- 3Rから5Rへ
持続可能と空間的連携、時間的連携

公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律

2010. 5. 19 成立

第一章 総則

(目的)

- 第一条 この法律は、木材の利用を促進することが地球温暖化の防止、循環型社会の形成、森林の有する国土の保全、水源のかん養その他の多面的機能の発揮及び山村その他の地域の経済の活性化に貢献すること等にかんがみ、公共建築物等における木材の利用を促進するため、農林水産大臣及び国土交通大臣が策定する基本方針等について定めるとともに、公共建築物の整備の用に供する木材の適切な供給の確保に関する措置を講ずること等により、木材の適切な供給及び利用の確保を通じた林業の持続的かつ健全な発展を図り、もって森林の適正な整備及び木材の自給率の向上に寄与することを目的とする。

定義

- 2 この法律において「木材の利用」とは、建築基準法第二条第五号に規定する主要構造部その他の建築物の部分の建築材料、工作物の資材、製品の原材料及びエネルギー源として国内で生産された木材その他の木材を使用すること(これらの木材を使用した木製品を使用することを含む。)をいう。

地球温暖化防止と森林・木材

- 「京都議定書」の第一約束期間(2008－2012)では森林の伐採は二酸化炭素の放出と評価
- 木造住宅や木製品による炭素貯蔵評価の扱いは第2約束期間以降
伐採木材 HWP (Harvested Wood Products)

COP15 (コペンハーゲン)

国産材の国内利用、輸出には炭素貯蔵を評価

- 今後IPCCでも本格的な議論
木材の伐採、輸出入には直接利害が絡む

炭素資源の流れについて炭素貯蔵と放出関係を明らかにすべき
耐用年数、耐久性向上、リサイクルの推進を生むかは取り扱い次第

地球温暖化防止や資源問題は本来都市の問題

気候変動枠組み条約COP17

南アフリカダーバン会合(2011)の森林・木材吸収源

- ・ 京都議定書第一約束期間(2008→2012)では伐採は排出であったが、炭素貯蔵を評価する
- ・ 国内の森林伐採後の木材製品(HWP harvested wood products)「廃棄された時点」で排出
- ・ 「廃棄された時点」は平均寿命を想定
半減期 紙2年、木質パネル25年、製材品35年
- ・ 伐採時に森林減少したものは除外
- ・ エネルギー用途は即時排出
- ・ 第二約束期間前に伐採したのも計上(第一約束期間で計上したものは除く)

木造化、木質化の加速

—都市の炭素資源化—

- 資源消費地(廃棄物)——>資源ストックへ
循環資源・カスケードへ
- 都市の炭素資源ストック
- 省エネルギー資材(二酸化炭素放出削減)
- エネルギー資源
- 居住環境の改善

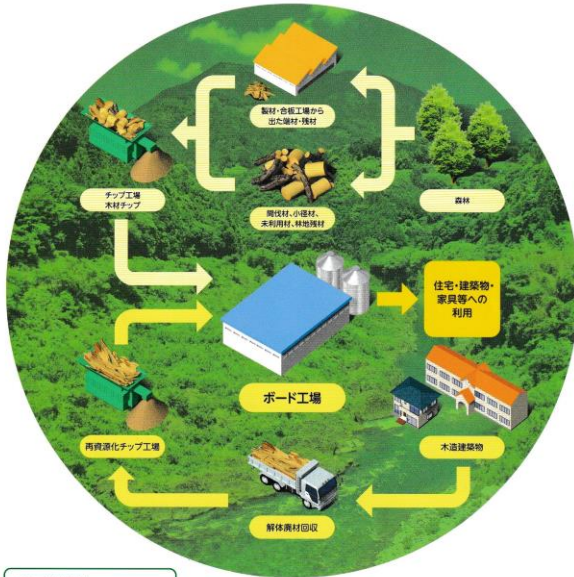
都市資源化の担い手、繊維板工業は

- 都市は資源消費地→廃棄物から都市資源
- カーボンストック(炭素貯蔵 C表示)
- ボードの使用後の先はエネルギー産業？
- カーボンニュートラル ゼロ・カーボンにおける位置づけは
- 資源循環型社会におけるデポジット

再生可能資源


木質ボード SDGs

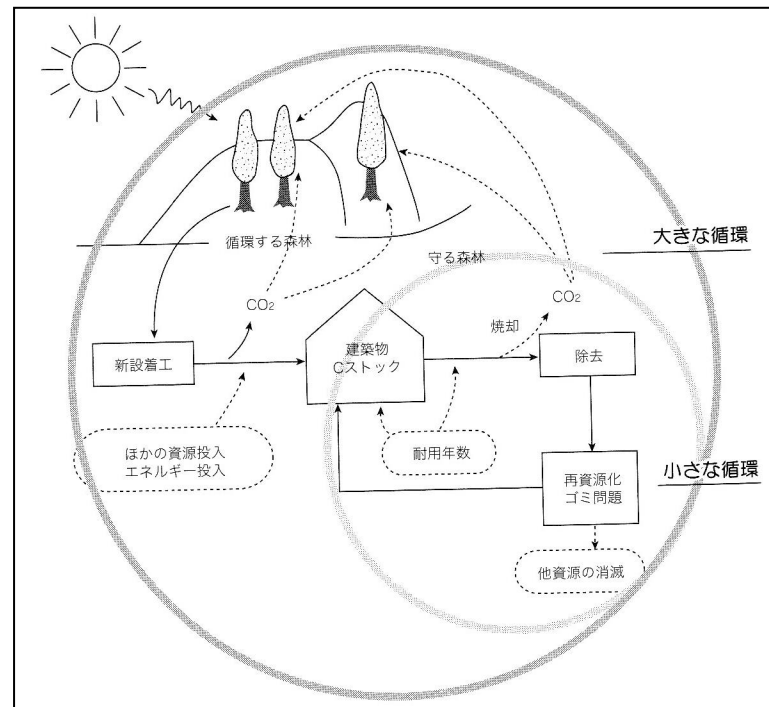
繊維板・パーティクルボードで持続可能な循環型社会を




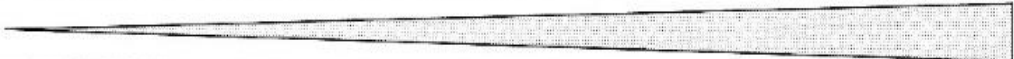



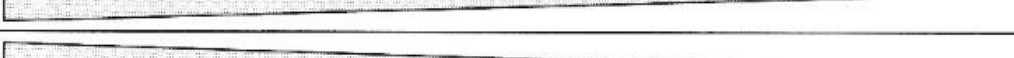
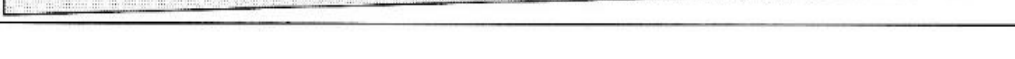
木質ボードの廃棄物削減 与 森林100ha中の
50万t/年 炭素削減量
* 40年未満人工林1haの
炭素蓄積量 約52トン
（国産材利用時の森林吸収量の約1/10）
2019年の国内主要木質ボード中の炭素蓄積量は
約50万トン。これは山手線内側の広さ（約34町）とほ
ろ同程度の森林を蓄積するための炭素量に相当します。
私たち工業会の自主的の取組により、廃材を、都市
に再び資源を供給していることに誇ります。



 日本繊維板工業会



木質材料と特性

軸材料	集成材	LVL	PSL				
面材料	合板		ウェハー ボード	OSB	フレーク ボード	パーティクル ボード	ファイバー ボード
エレメント (構成要素)	ラミナ	単板	単板 ストランド	ウェハー	ストランド	フレーク	パーティクル ファイバー
大きさ	大						小
原料選択性	小						大
歩留り	小						大
製造エネルギー	小						大
自動化・省力化	難						易
強度・剛性	大						小
異方性	大						小

繊維板の特性を活かす

- 密度の多様性
- 寸度特性、圧密、成型
- 面内せん断特性
- 接合特性

- カスケード対応とは

材料一部材

- 木材なれど、木材にあらず
接着
断面寸法、長さ
強度設計
寸度(膨張、収縮)
- 木材にあらず、されど木材
密度 熱伝導率、熱容量、異方性
吸放湿 調湿機能
防耐火性能
耐久性

CLT(直交集成板)



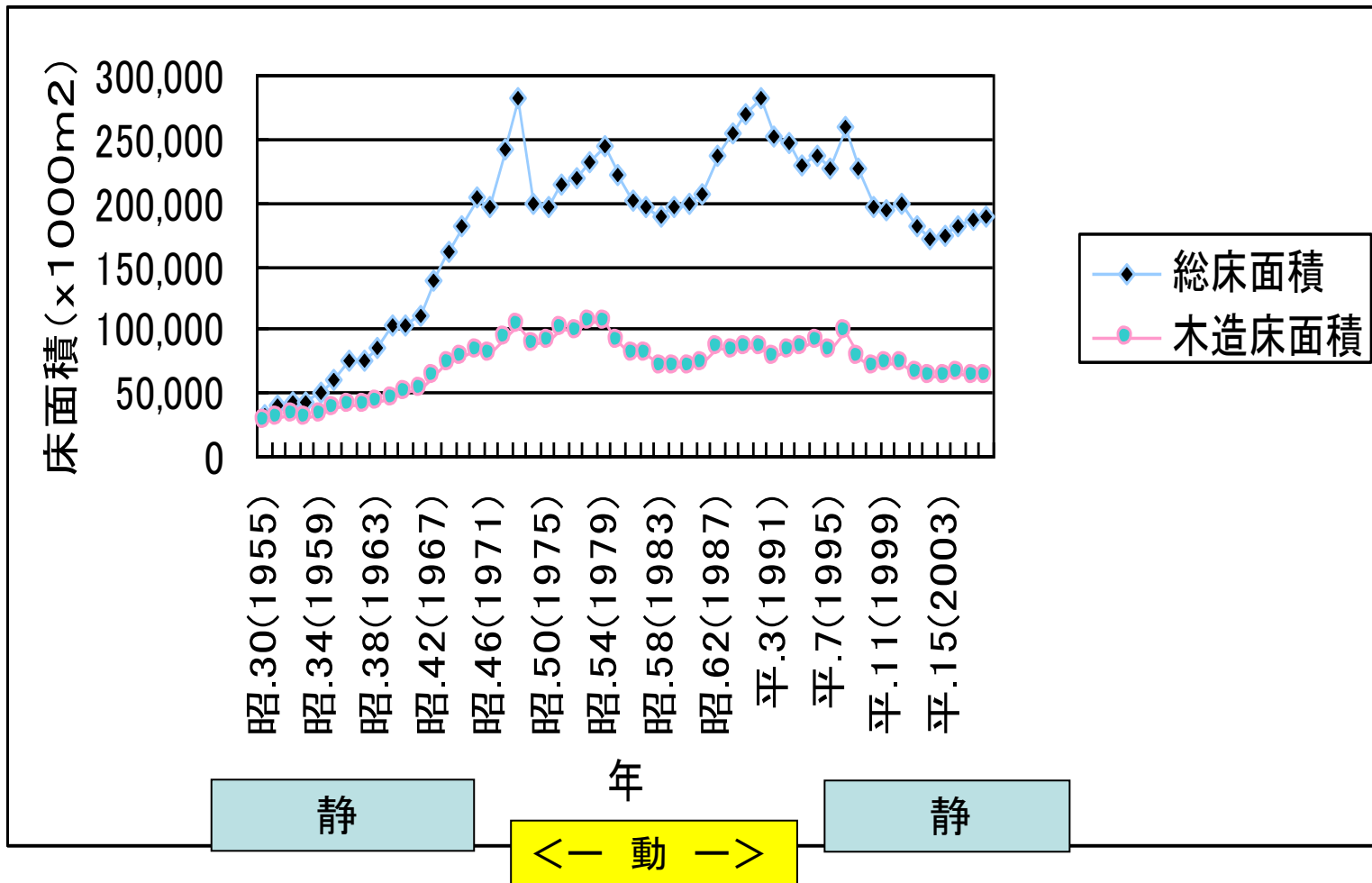
部材一構造

- 壁, 床、他構造との併用
- 接合
接合金物、各種ボルト、通し軸ボルト、ビス
- 軸組み、壁式、組積造
構造設計法、標準仕様書
- 施工体系

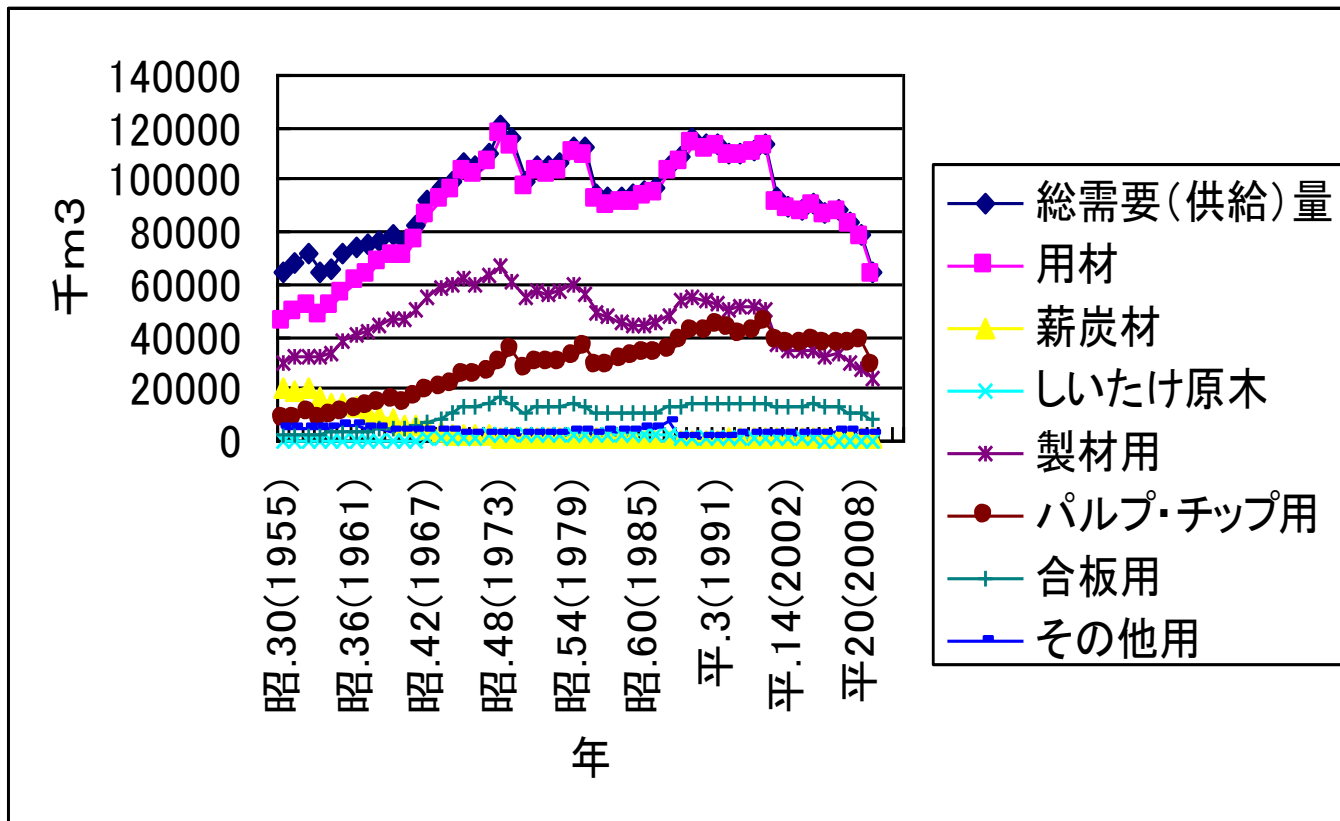


新設着工床面積の推移

—1973年(昭和48年)を基点にして—



1973年(昭和48年)を基点にみると —丸太(1964)、為替相場(1973)の自由化—



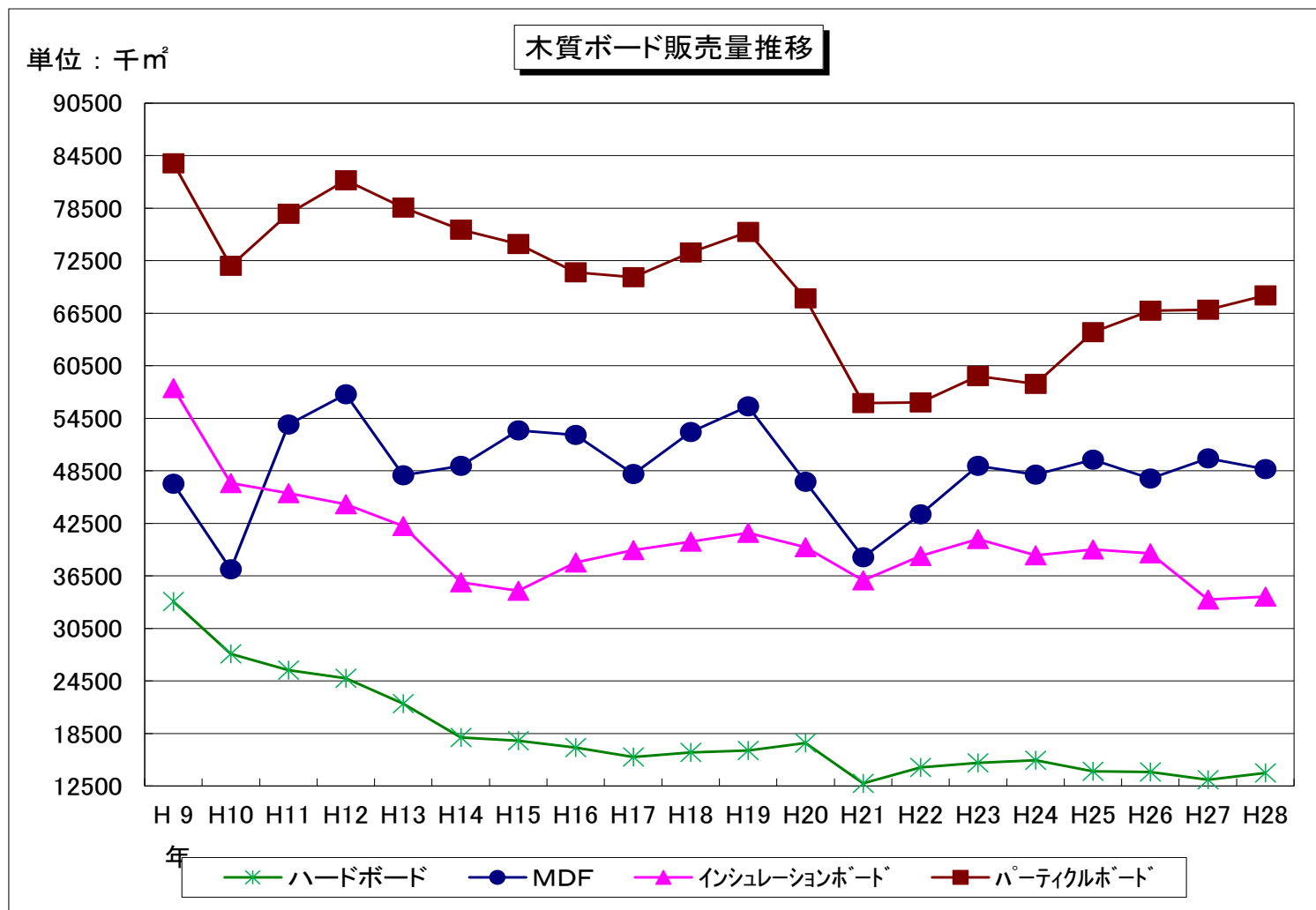
静

< 動 >

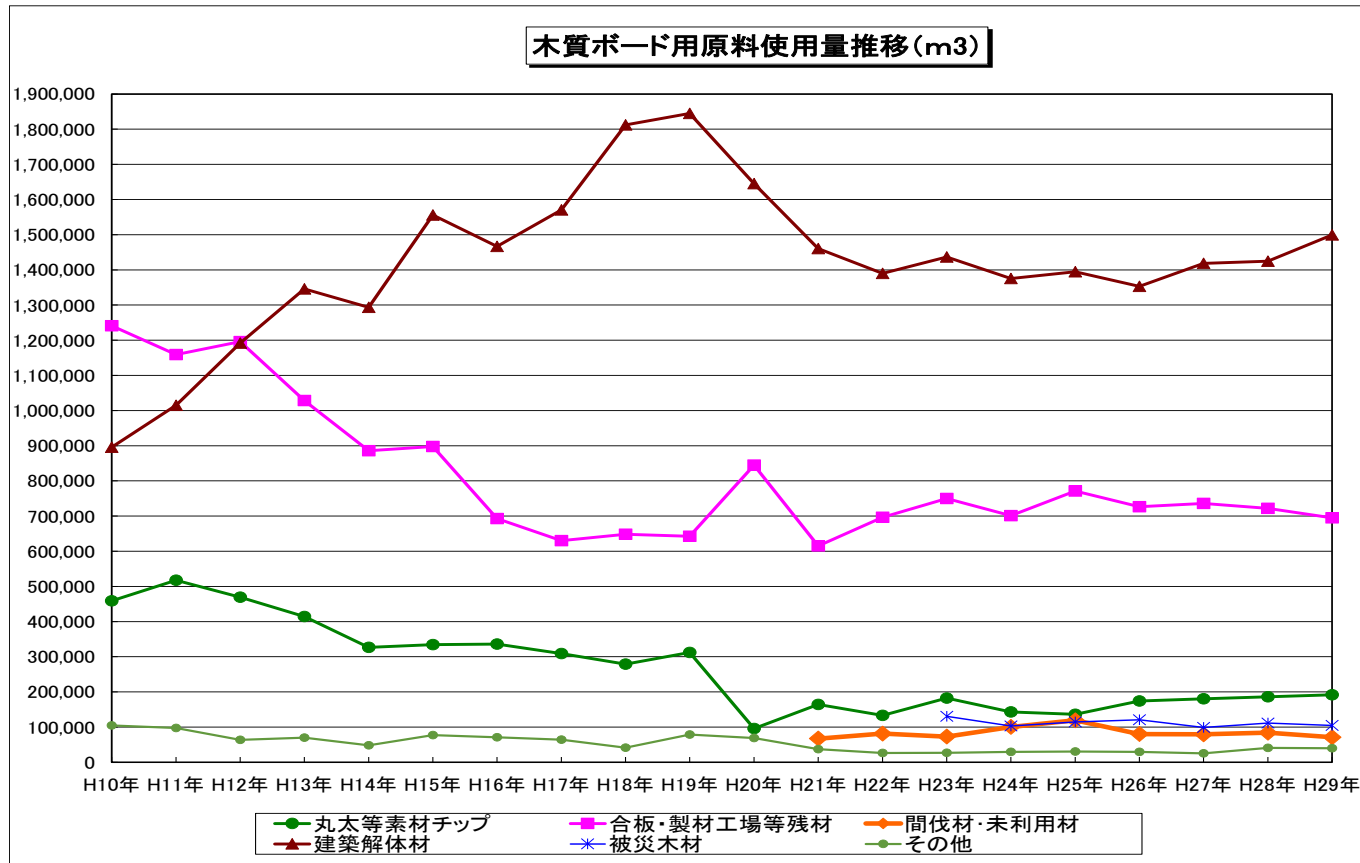
静

木質ボード類の販売量

(出典 日本繊維板工業会 2017年)

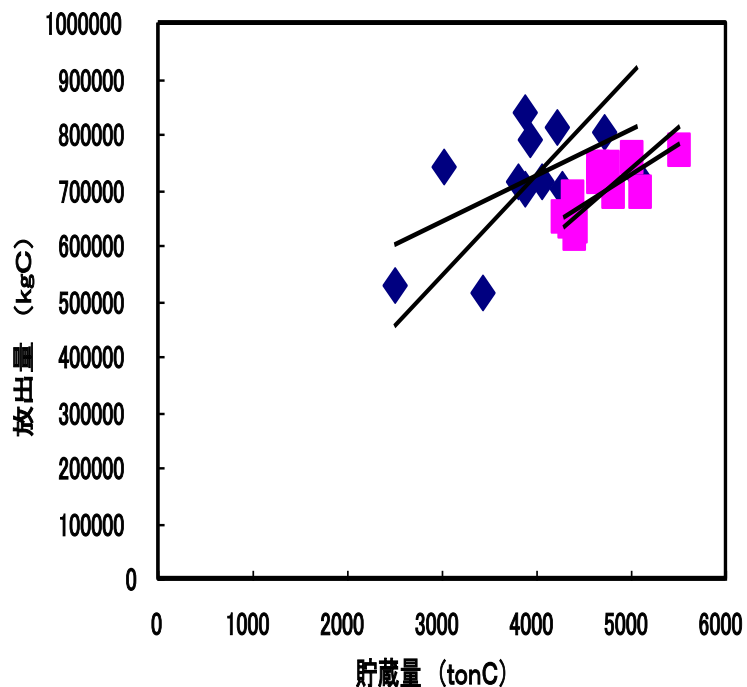


木質ボードの原料入手場所

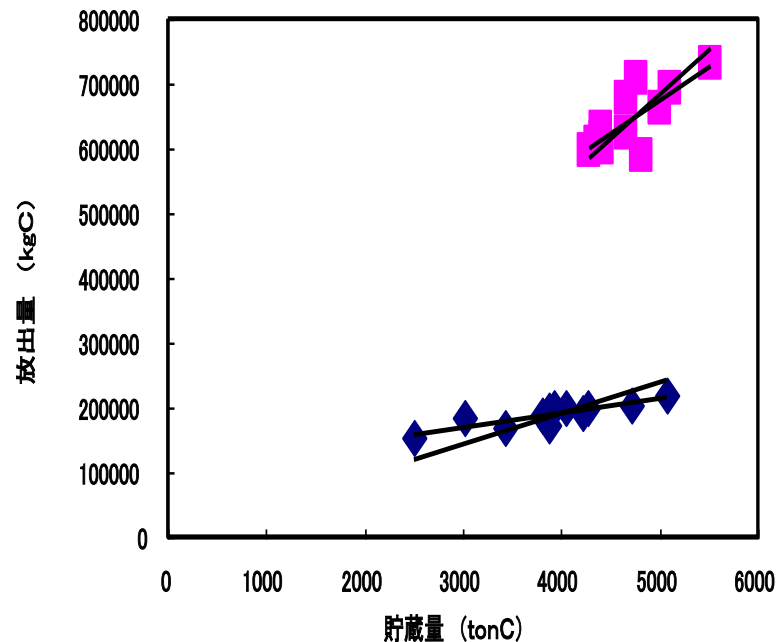


炭素貯蔵量(生産量)と 炭素放出量(製造エネルギー)

生産量(ストック量)－エネルギー量(放出量)



生産量(ストック量)－エネルギー量(放出量)
(除く木屑)



木材利用を取り巻く背景

1. 地球温暖化防止における森林吸収源対策と資源持続性
2. 資源争奪戦下の木材産業におけるマテリアルバランス
3. 木材産業におけるエネルギーとカスケード利用
4. 排出権取引と第二約束期間における伐採木材の扱い
5. 資源の流れの連携としての基幹産業

木材、バイオエネルギーの利用

- 化石燃料(CO₂放出)の削減
- 「カーボンニュートラル」? 再生産が条件
伐ったら植える
+ 伐採年数を担保する面積
(伐採量 = < 成長量)
- 木材利用やバイオエネルギー回収による二酸化炭素の放出はカウントされないので、他分野からやや安直に受け入れられている傾向にある。

素朴な視点が必要？

- 多くの産業にとって資源・エネルギー対策は自己矛盾を含んでいる
 - 量の確保（収入の増加）は資源・エネルギーの増加を伴う
 - 量の減少に対して収入維持は価格転嫁
 - 価格転嫁せずに、収入維持するには生産工程での無駄をなくすしかない

素朴な疑問

- 単純な産業対策が資源・エネルギー対策を阻害していないか

- 資源・エネルギー対策は連携が基本だが

少なくともアシストとゴールキーパーの役割の認識が必要

「再生資源の利用の促進に関する法律」 （「建設リサイクル法、1991年4月成立、10月施行、」）

目的

「この法律は、主要な資源の大部分を輸入に依存している我が国において、近年の国民経済の発展に伴い、再生資源の発生量が増加し、その相当部分が利用されずに廃棄されている状況にかんがみ、**資源の有効な利用の確保を図るとともに、廃棄物の発生を抑制及び環境の保全に資するため、再生資源の利用促進**に関する所要の措置を講ずることとし、もって国民経済の健全な発展に寄与することを目的とする」

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」 （「廃棄物処理法」1991年10月改正）

目的

「この法律は、廃棄物の発生の抑制し、及び廃棄物の適正な分別、保管、収集、運搬、再生、処分等の処理をし、並びに生活環境を清潔にすることにより、生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図ることを目的とする」

生産地と消費地を結ぶ —都市の森林へ—

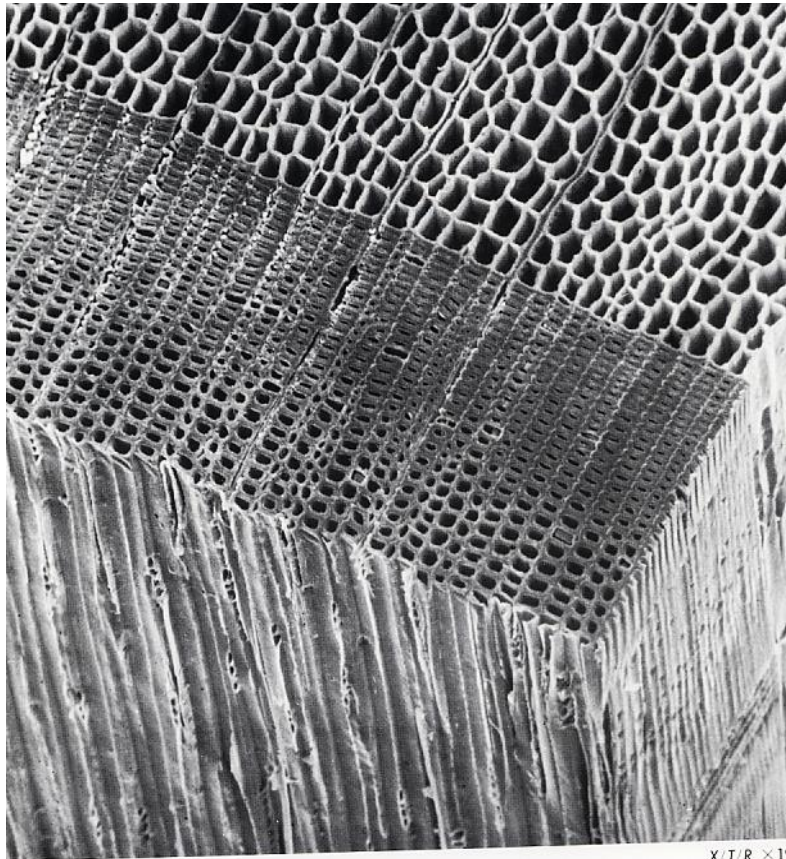


ありがとうございました

さて、この次は
The next one

スギ

ヒノキ

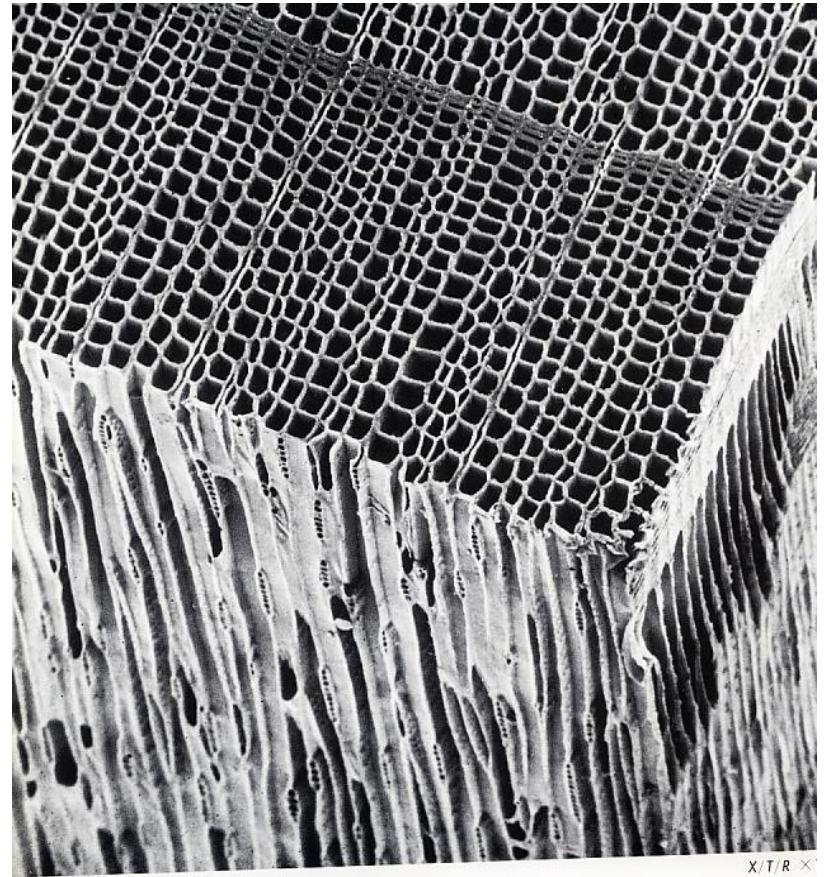


10-1 Sugi (Japanese cedar)

X/T/R ×15

10 スギ <スギ科>

早材と晩材の密度差が大きい。
軸方向柔細胞(樹脂細胞)は年輪の後半部分に
まられ、接線状に並ぶ傾向を示す[10-2, 10-6]。



14-1 Hinoki (Hinoki cypress)

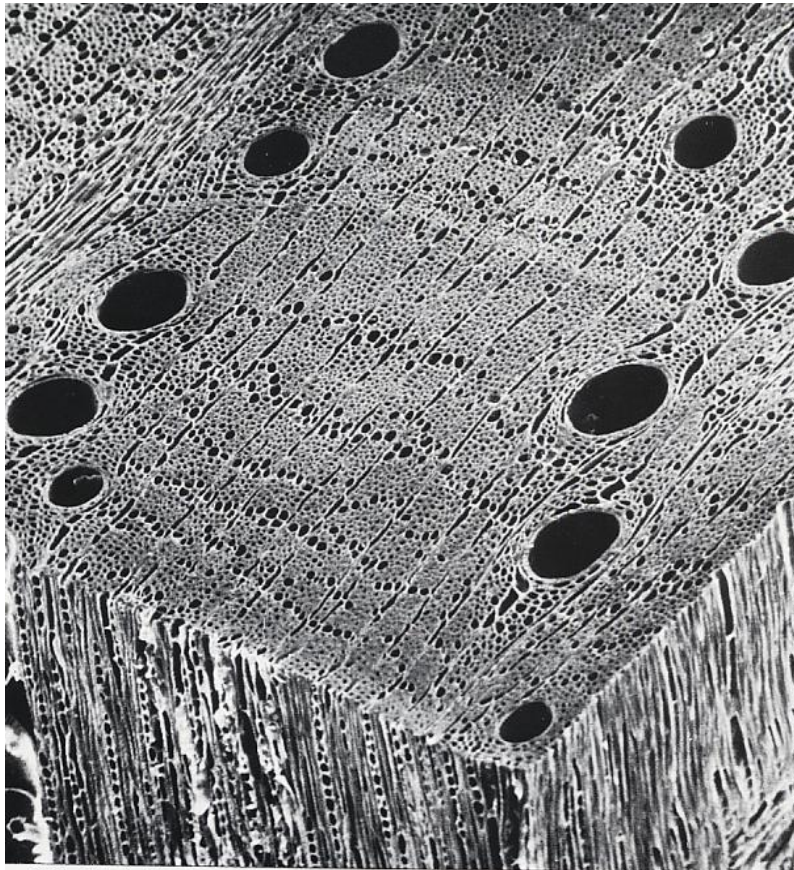
X/T/R ×

14 ヒノキ <ヒノキ科>

けて散在し、しばしば接線方向に並ぶ傾向を示
放射断面では仮道管内ごうの壁孔分布、放射
... (text partially obscured)

シラカシ

ケヤキ

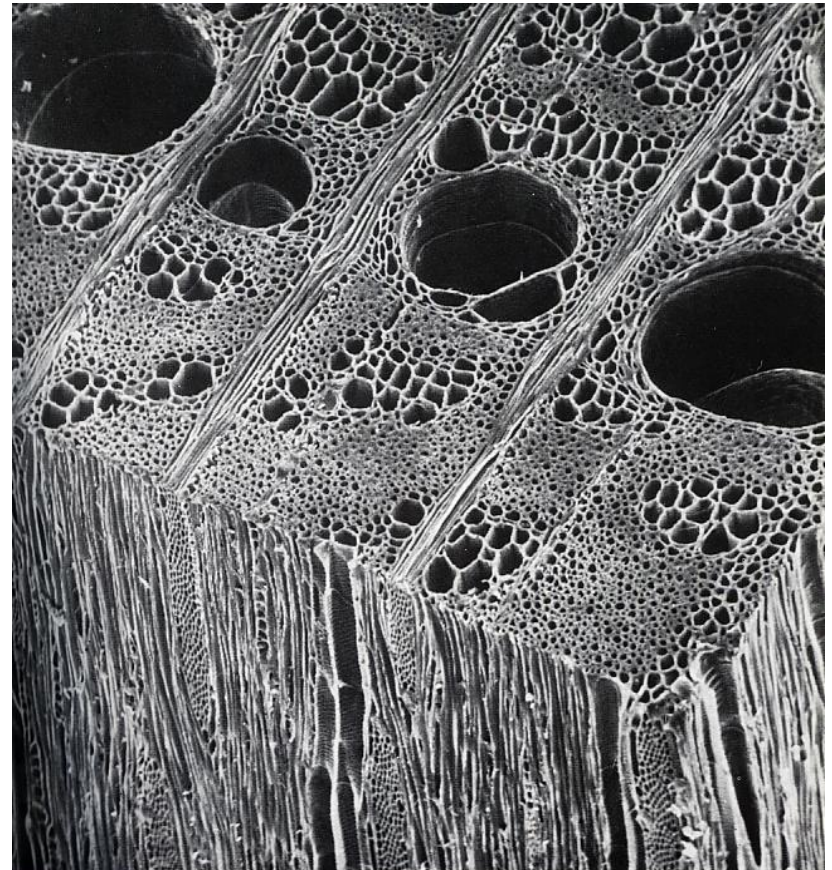


35-1 Shirakashi

X/T/R ×

35 シラカシ 〈ブナ科〉

軸方向柔組織も発達し、接線状ないし波状に連った帯状柔組織が密な間隔であらわれ、その目



31-1 Keyaki (Japanese zelkova)

X/T/R ×120

31 ケヤキ 〈シラカシ科〉

ないし波状の配列を示す [31-1, 31-10]。小道管にはらせん肥厚がある [31-2]。孔圍道管も小道管も