

# 「森林・木質資源と木材リサイクル」

## Forest / wood resources and recycle

NPO法人全国木材資源リサイクル協会連合会講演会  
 亀戸文化センター May, 2015

静岡大学農学研究科 鈴木滋彦

1. 木材・木質の特徴
2. バイオマスを考える
3. 森林資源の特徴
4. マテリアル利用と木質材料  
 軸材料、面材料  
 エレメント寸法の変遷



# 環境森林科学(Forest Resources Science)

Forest Sci. (森林科学)

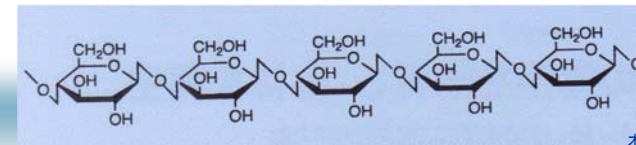
Wood Sci. (木質科学)

木質材料 (Wood Based Material)

木質バイオマス利用(Wood Biomass Utilization)

木質とは？

セルロース、ヘミセルロース、リグニン



木質科学

2

## 1-2 木材の特徴

(1)多年生植物 (2)伸長成長 (3)肥大成長

- ・ 長寿 樹齢9500年?  
 ヨーロッパトウヒ (スウェーデン) 縄文杉2500~3000年
- ・ 樹高: 115m  
 レッドウッド、米、カリフォルニア 傘スギ60m (鳳来寺山)
- ・ 体積: 1486m<sup>3</sup> 1385トン  
 ジャイアントセコイア(樹齢2500年) 米、カリフォルニア

光合成→ショ糖が師部を通して樹幹全体に  
 地球上に1.7兆ton?

3

## 1-3 微細構造

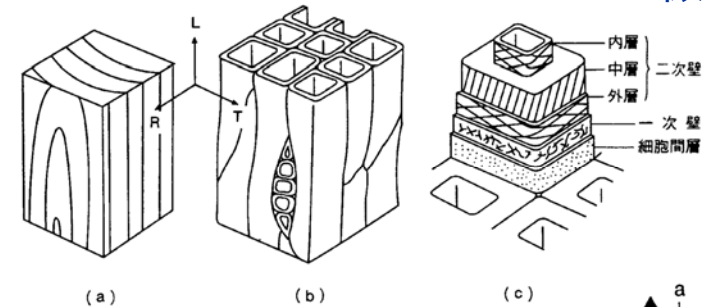
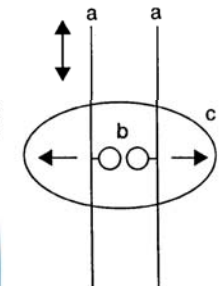


図 2-1 木材の構造の模式図

L: 縦維方向 (a): 肉眼で観察できる構造  
 R: 放射方向 (b): 光学顕微鏡で見ることのできる構造  
 T: 接線方向 (c): 電子顕微鏡で見ることのできる構造



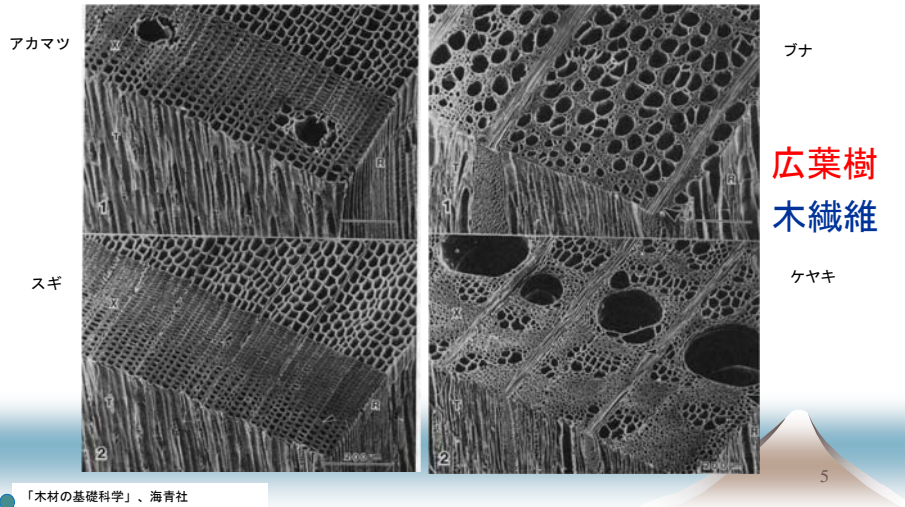
## 木材(木質)の模式図

「木材の基礎科学」、海青社

## 1-4 植物細胞壁成分の組成

セルロース：糖質高分子、結晶化  
 ヘミセルロース：多糖類  
 リグニン：芳香族高分子、疎水性

### 針葉樹 仮道管



### 広葉樹 木繊維

「木材の基礎科学」、海青社

## 1-5 木質と炭素

### 木質構成要素の組成式と炭素率

|           | 組成式                                | 炭素率   |
|-----------|------------------------------------|-------|
| セルロース     | $(C_6H_{10}O_5)_n$                 | 0.444 |
| ヘミセルロース   | $(C_6H_{10}O_5 \cdot C_5H_8O_4)_n$ | 0.45  |
| リグニン(平均的) | $(CH_{0.8} \cdot 0.3[H_2O])_n$     | 0.66  |
| 木質        | $(CH_{0.2} \cdot 0.66[H_2O])_n$    | 0.50  |

### 木質の組成

|    |     |
|----|-----|
| 炭素 | 50% |
| 酸素 | 43% |
| 水素 | 6%  |

## 1-6 木材利用の環境への寄与

1. 「貯蔵効果」  
木材・木製品を保持・使用することによる
2. 「省エネルギー効果」  
非木質系材料に代替することによる
3. 「エネルギー代替効果」  
化石燃料に代替することによる

IPCC第2次報告書：二酸化炭素抑制への寄与  
 「京都議定書」森林における二酸化炭素の吸収

### “Biomass”という用語

### “Biomass”という用語

B. G. Bogorov: Seasonal changes in biomass of *Calanus finmarchicus* in the Plymouth area in 1930, J. of the Marine Biological Association, XIX, No.2, 1934. 「プリモス地域1930年におけるプランクトンバイオマスの季節変化」

“By biomass we term the quantity of substance in living organisms per unit of surface or volume. The biomass may be considered at some particular moment, the average yearly, seasonal, monthly, etc.”, (L. A. Zenkewitch, 1931, Fish-food in the Barents Sea (Introduction). Reports of the first Session of the State Oceanographical Institute, April 14-22, 1931, Moscow) 「バイオマスという用語は、単位面積とか単位体積あたりの生きた有機体の物質量を定義する。バイオマスは年平均とか季節別あるいは月別といった特定の時間について論じることができる。」

Copepod (*Calanus finmarchicus*): 【名】カイアシ(類) ◆エビに似た小型の甲殻生物。プランクトンの中で最も多い。海の中では最大のタンパク源。淡水にも生息。クジラなどの餌。

## 2-2 バイオマス BIO+MASS

### バイオマス

- ・ 生物由来の有機性資源で、化石資源を除いたもの。
- ・ 再生可能な資源。カーボンニュートラルな資源。
- ・ ある場所と時間での光合成産物とその誘導体を含む総量

### 分類（1）（賦存形態による分類）「バイオマスニッポン総合戦略」による分類

- ・ **廃棄物系**（食品廃棄物、家畜排泄物、下水汚泥、建築廃材など）
- ・ **未利用（系）**（稲わら、もみ殻、間伐材、林地残材など）
- ・ **資源作物**（目的生産：サトウキビ、トウモロコシ、大豆、菜種）

### 分類（2）（組成による分類）

- ・ **糖質系**（サトウキビ、てん菜など）
- ・ **でんぷん系**（トウモロコシ、米など）
- ・ **セルロース系**： 草本：稲わら など  
木本：建築廃材、間伐材など

9

## 2-3 バイオマスの特徴

- 1 資源として量が多い
- 2 更新可能資源、持続的生産供給が可能
- 3 炭素の閉循環サイクル（カーボンニュートラル）
- 4 種類、利用法とも多様性に富む
- 5 地域偏在性が少ない（輸入しなくてよい）
- 6 分散型、小規模施設、初期投資が少ない
- 7 地域に適合、活性化や雇用の増大に寄与

- 1 かさばる（運搬や貯蔵コスト）
- 2 供給の季節性
- 3 有機物なので変質しやすい

10

## 森林資源に由来

世界の森林： 約40億ha

- (6300km)<sup>2</sup>
- 日本の森林：2500万ha (500km)<sup>2</sup>
- 地球表面積：500億ha、陸地面積：130億ha

世界森林蓄積量： 約3800億m<sup>3</sup>

世界の森林バイオマス： 2890億ton  
(FRA2010)

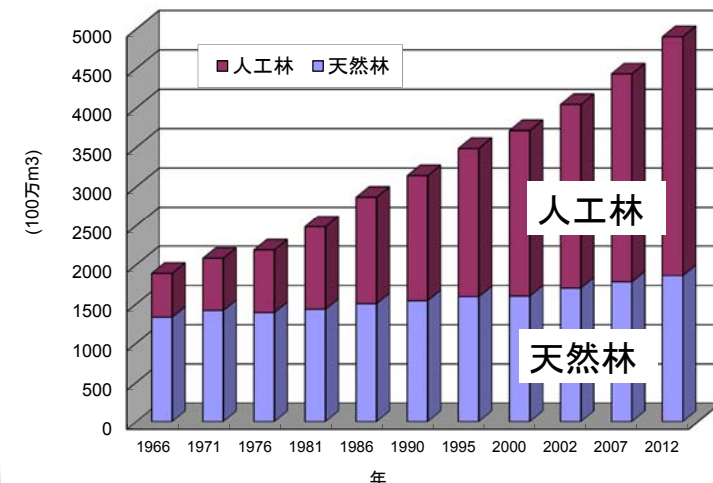
伐採量(公式)：34億m<sup>3</sup> だが

### 森林資源の特徴

- 再生可能な循環型資源
- 公益的機能
- バイオマスとして
- 森林の定義に幅 → 資源量の推定値に幅

11

## 3-1 日本の森林蓄積



Change of growing forest stock in Japan

12

### 3-2 森林の持つバイオマス

#### 木質

49億m<sup>3</sup> → 24億ton → 12億ton-C  
 (体積) (重量) (炭素量)

#### 木質(森林)バイオマス

約1.5倍 (樹幹 + 根,枝葉)

18億ton-C → 66億ton-CO<sub>2</sub>

日本のエネルギー消費 12億ton-CO<sub>2</sub>

拡大係数 = BEF × (1+R)

BEF: (幹・枝・葉)と(幹)の比 biomass expansion factor

R: (根)と(幹)の比 (root-shoot ratio)

### 3-3 持続可能な森林・木質バイオマス

森林の蓄積 49億m<sup>3</sup>

年間成長量 8000万m<sup>3</sup>/年

日本の木材需要 7000万m<sup>3</sup>/年

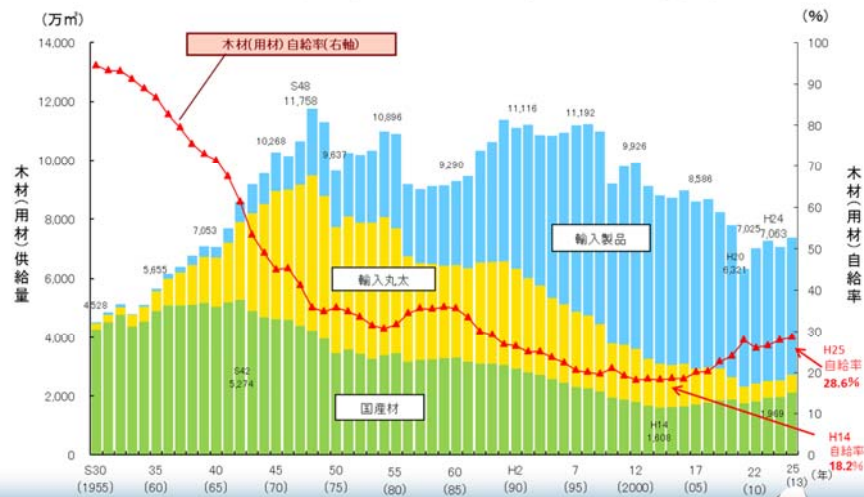
国産材の利用 25%

成長量(8000万m<sup>3</sup>/年)の意味

木質資源 利息?

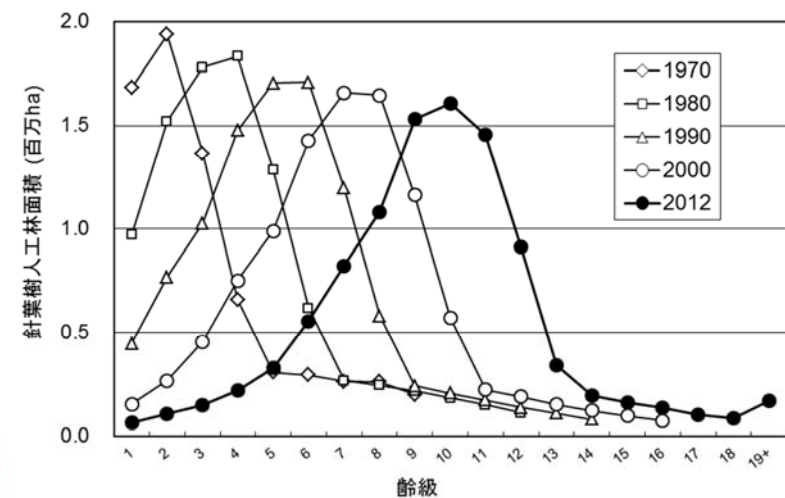
他の資源 元本の取り崩し?

### 3-4 木材供給量と自給率の推移



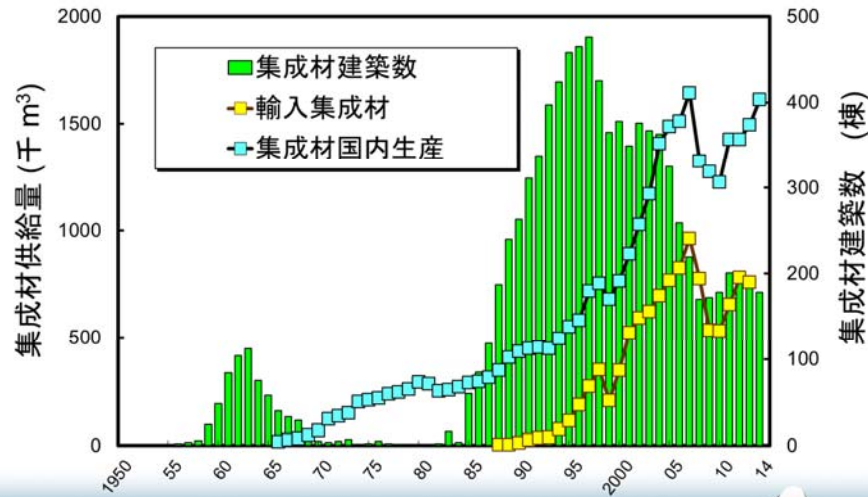
原図: 林業白書より引用

### 3-5 針葉樹人工林年齢級分布の推移



# 4-1 集成材

集製材構造着工と集成材の供給量



原図：宮武文氏(森林総合研究所) GLT Supply 17



PSLを用いたUBCの建物

## 木質材料の種類とエレメントの概寸

### 軸材料

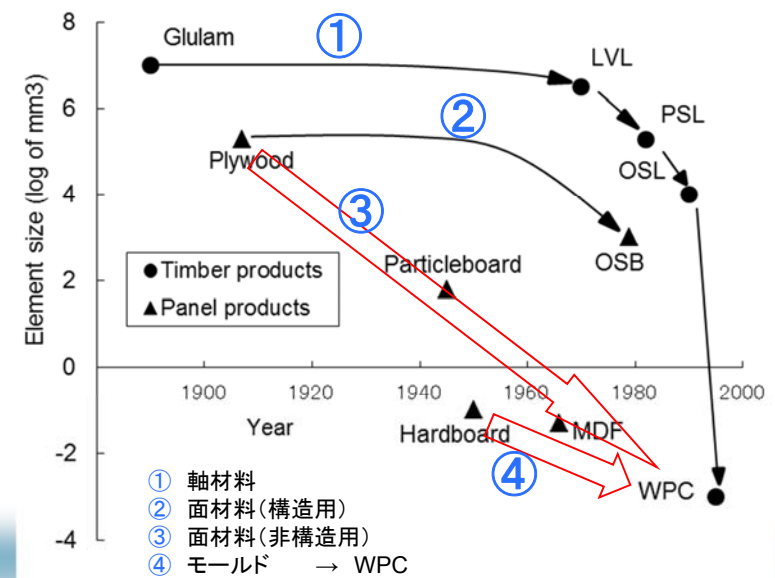
|     |         |                    |
|-----|---------|--------------------|
| 集成材 | ラミナ     | 3cm × 20cm × 2m    |
| LVL | 単板      | 3mm × 90cm × 180cm |
| PSL | 単板ストランド | 3mm × 3cm × 180cm  |
| OSL | ストランド   | 1mm × 3cm × 30cm   |

### 面材料

|     |        |                     |
|-----|--------|---------------------|
| 合板  | 単板     | 3mm × 90cm × 180cm  |
| OSB | ストランド  | 0.5mm × 4cm × 8cm   |
| PB* | パーティクル | 0.5mm × 3mm × 10mm  |
| 繊維板 | 木材繊維   | 0.1mm × 0.1mm × 3mm |

\* PB : パーティクルボード

## 木質材料エレメント寸法の推移



Original: Kawai, S.: Proc. 3rd Pacific Rim Bio-based Composites Symposium, p1-4, 1996, Kyoto, Japan.

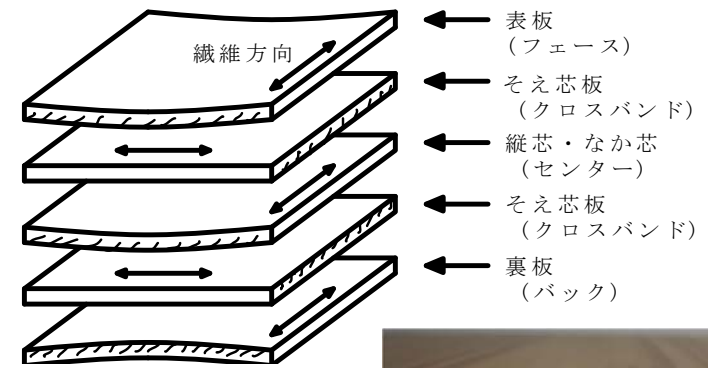
「森林・木質資源と木材リサイクル」  
Forest / wood resources and recycle

主な木質材料と構成エレメント

| エレメント(構成要素) |                 | 木質材料       |      |     |
|-------------|-----------------|------------|------|-----|
| 呼称          | 寸法(例示)          | 名称         | 配向性  | 区分  |
| 挽き板(ラミナ)    | 3cm×20cm×2m     | 集成材        | 一軸配向 | 軸材料 |
|             |                 | 直交集成板(CLT) | 直交   |     |
| 単板(ベニア)     | 3mm×90cm×180cm  | 単板積層材(LVL) | 一軸配向 | 面材料 |
|             |                 | 合板         | 直交   |     |
| 単板ストランド     | 3mm×3cm×180cm   | PSL        | 一軸配向 | 軸材料 |
| ストランド       | 0.5mm×4cm×8cm   | OSB        | 直交配向 | 面材料 |
| パーティクル      | 0.5mm×3mm×10mm  | パーティクルボード  | ランダム |     |
|             |                 | 木片セメント板    |      |     |
| 木材繊維(ファイバー) | 0.1mm×0.1mm×3mm | MDF        |      |     |

21

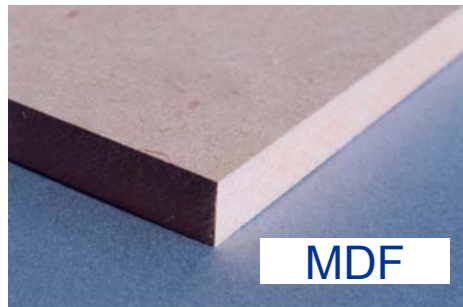
合板の構成



Particleboard

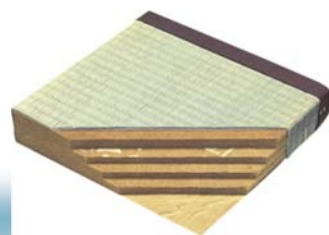


OSB



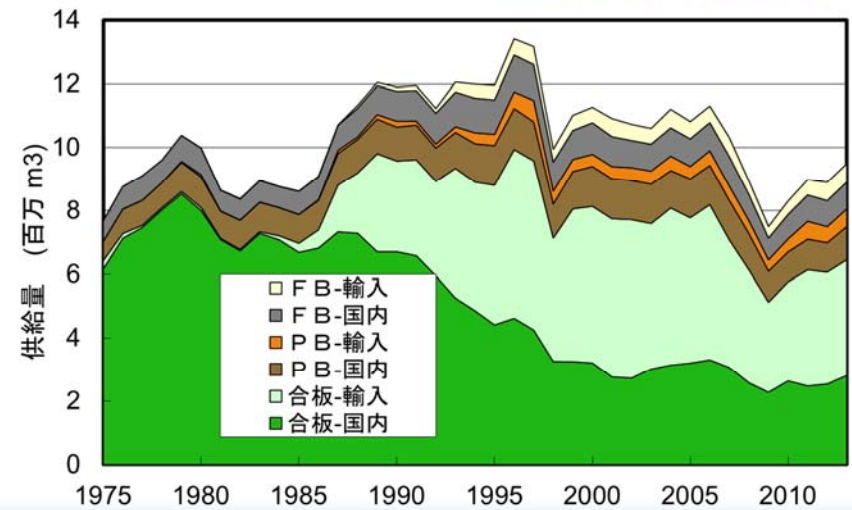
MDF

TATAMI-mat core



23

国産合板の減少、5百万立米

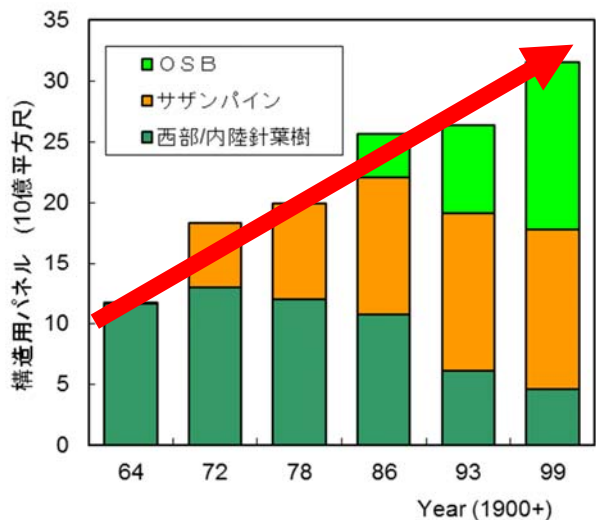


木質パネル供給量の推移

西暦年

Panel Supply 24

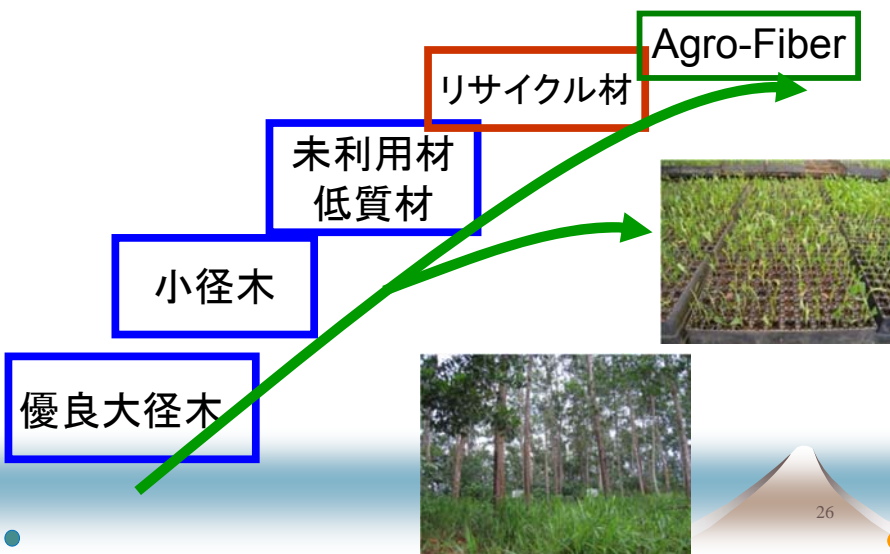
量の増加  
↓  
質の低下  
↓  
技術課題



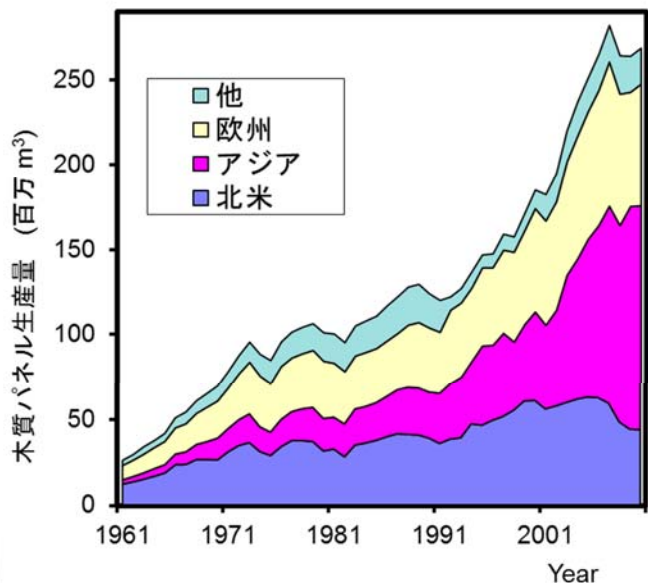
北米における構造用パネル生産の推移 (by APA)  
西部/内陸: Douglas-fir and Hemlock PW  
サザンパイン: South: Southern yellow pine PW

NA structural panel  
25

## 木質材料の原料の推移



26



世界の木質パネル供給量の推移

27

## Mile stone

1. 木材・木質の特徴
2. バイオマスを考える
3. 森林資源の特徴
4. マテリアル利用と木質材料  
軸材料、面材料  
エレメント寸法の変遷
5. おわりに

28

# FIT

## Feed-in tariffs for renewable energy

Act on Special Measures concerning the Procurement of Renewable Electric Energy by Operators of Electric Utilities has been enforced from July 1, 2012.

|             |         |                                  |
|-------------|---------|----------------------------------|
| Solar:      | 34 – 42 | (J-Yen/kWh)                      |
| Wind:       | 23 – 57 |                                  |
| Hydro:      | 25 – 35 |                                  |
| Geothermal: | 27 – 42 |                                  |
| Biomass:    | 13 – 40 |                                  |
|             | 32      | Thinning or unused wood          |
|             | 24      | General wood                     |
|             | 13      | Demolition or construction waste |

The purchase price of woody biomass energy is classified into three stages.

## 背景 持続可能な社会を達成するための手段:循環型社会

1993年 「環境基本法」

1997年12月 COP3 「気候変動枠組条約第3回締約国会議」  
**バイオマスに対する関心の高まり**

1997年4月 新エネルギー法 「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」  
 施行、2002年 政令改正  
**バイオマスが新エネルギーの仲間入り**

2002年5月 RPS法 「電力事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」  
 Renewable Portfolio Standard  
**バイオマスを含む新エネルギーの導入の義務付け**

「循環型社会形成推進基本法」  
 「建設リサイクル法」、「建設リサイクル法基本方針」  
**循環的な利用: (2)再使用、(3)再生利用、(4)熱回収**  
**再資源化率が95%**

## 木質チップの品質区分

| チップの区分(旧) | 加工方法 | 用途     | 新区分  |
|-----------|------|--------|------|
| P         | 切削   | 製紙     | Aチップ |
| S1        | 破碎   | 製紙、ボード | Bチップ |
| S2        | 破碎   | ボード    | Cチップ |
| S3        | 破碎   | 燃料     | Dチップ |
|           |      |        | ダスト  |

旧区分: 昭和60年建設省度総合技術開発プロジェクト, "廃棄物の建設事業への再利用技術に関する研究", (1986).

## 5 廃木材利用の課題

