

# 木材の地産地消に関する研究

## —太陽熱利用木材乾燥施設における木材乾燥実験—

新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程  
環境科学専攻 社会基盤・建築学コース

指導教員

尾池孝太  
赤林伸一教授

# 1 研究目的

# 1 研究目的

- 近年、農産物を中心に安全性や地域農産物の多様性を確保する等の観点から地域生産地域消費（**地産地消**）という概念が定着している。
- 国際化が進展する現代社会において、輸入農産物と国内の農産物を評価するため、フードマイレージ (food mi leage) などの食料の輸送距離に関する概念が構築され、農産物における環境負荷を評価する試みが進められている。
- 建築分野ではウッドマイルズ研究会が建築物の環境負荷を評価するため、木材の材積と輸送距離を掛け合わせたウッドマイレージという概念を整備している。



国内産材使用による環境負荷低減効果を評価して消費者の購買意欲を喚起し、環境に配慮した地球にやさしい住宅生産を誘導できる可能性がある。



## 2 研究概要

- 本研究では木材乾燥施設を3棟作成し、木材乾燥に最適な**乾燥施設の仕様**や**木材の設置方法**などの検討を行う。研究対象とする木材は、森林組合から入荷し、製材所で製材された新潟県産杉材とする。
- 木材乾燥の評価については、**木材含水率20%**を目安にし、**20%以下となった木材**を**出荷可能な木材**として評価する。
- 木材乾燥施設の温熱環境は、**温湿度計**により測定する。又、外部温熱環境及び全天日射量は**気象観測装置**により測定する。

本研究では木材含水率の算定には**木材重量**と杉の**全乾比重**から求める**全乾法**を用いる。木材含水率は、全乾状態の木材重量に対する水分の重量の割合で表す。全乾重量は木材の容積と杉の全乾比重を乗じた値を使用する。

$$U = \frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 \quad U: \text{含水率} [\%] \quad W_u: \text{木材重量} [\text{g}] \quad W_o: \text{全乾重量} [\text{g}]$$

$$W_o = V_o \gamma_o \quad W_o: \text{全乾重量} [\text{g}] \quad V_o: \text{木材容積} [\text{cm}^3] \quad \gamma_o: \text{杉の全乾比重} [\text{g}/\text{cm}^3]$$

図 全乾法による木材含水率の算定式

**3**

# 熱負荷シミュレーションソフト TRNSYSによる太陽熱利用木材乾 燥施設の温熱環境の解析

# 3 TRNSYSによる温熱環境の解析

表 1 解析case

解析case	case 1	case 2	case 3	case 4
対象の概要	太陽熱利用木材乾燥施設		断熱強化した太陽熱利用木材乾燥施設	
壁材 (東・西・南)	単層ガラス		複層ガラス	
壁材 換気回 コンクリ (蓄熱)	<p>本研究では木材乾燥実験前に<b>熱負荷シミュレーション</b>ソフト<b>TRNSYS</b>により、太陽熱利用木材乾燥施設の温熱環境の解析を行う。</p>			

■ 気象データには、日本建築学会拡張アメダス気象データ標準年(新潟市)を用いる。

リート  
化させ

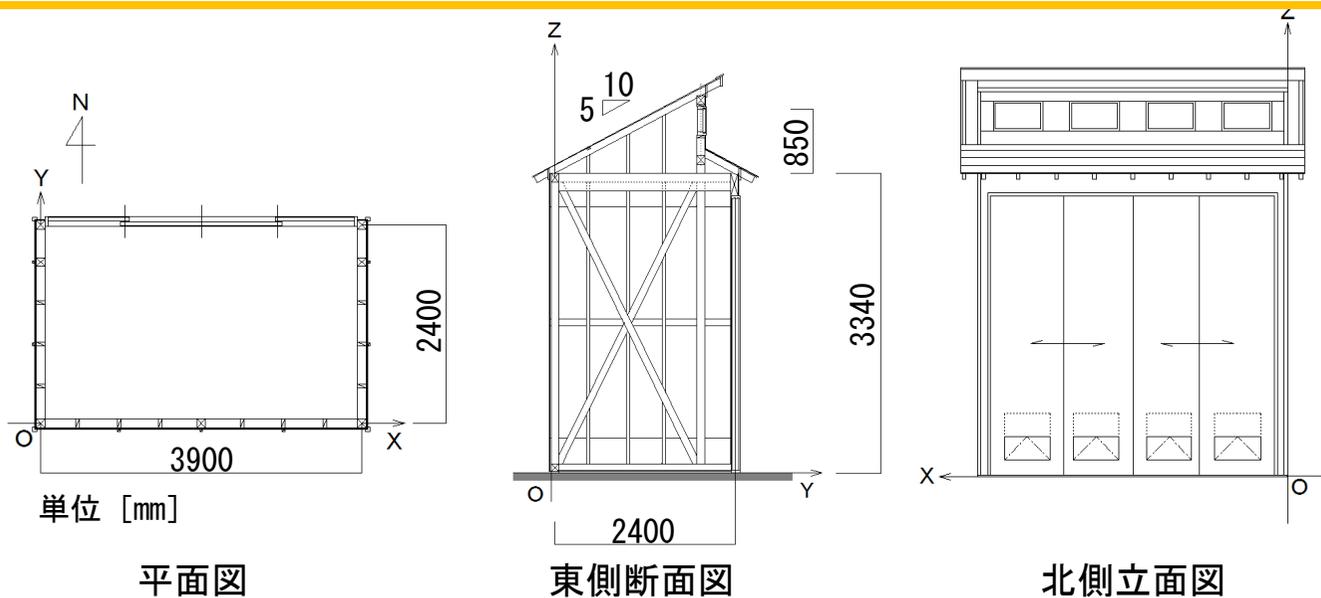


図 解析対象

### 3 TRNSYSによる温熱環境の解析

表2 各caseの解析結果

(1) 平均温度

平均温度 [°C]	春季 (5/1-5/31)	夏季 40°C	秋季 (10/1-10/31)	冬季 8.6°C
case 1	22.5		22.0	
case 2	22.4		22.0	
case 3	28.3		27.6	
case 4	28.3		27.7	
外気	16.6		16.1	

(2) 平均相対湿度

平均相対湿度 [%]	春季 (5/1-5/31)	夏季 39.7%	秋季 (10/1-10/31)	冬季 55%
case 1	50.6		57.0	
case 2	49.6		55.4	
case 3	40.1		46.9	
case 4	38.0		43.7	
外気	65.2		71.4	

表 解析case

case 1	単層ガラス
case 2	単層ガラス コンクリートブロック有
case 3	複層ガラス
case 4	複層ガラス コンクリートブロック有

乾燥がコンクリートブロックの有無による影響は、単層ガラス・複層ガラスでは温度・相対湿度の差はほとんどない。夏季では温度は40°C、相対湿度は39.7%となり、冬季では温度は8.6°C、相対湿度は55%となる。

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験 (実験①)

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験(実験①)

表3 木材乾燥施設の仕様(実験①)

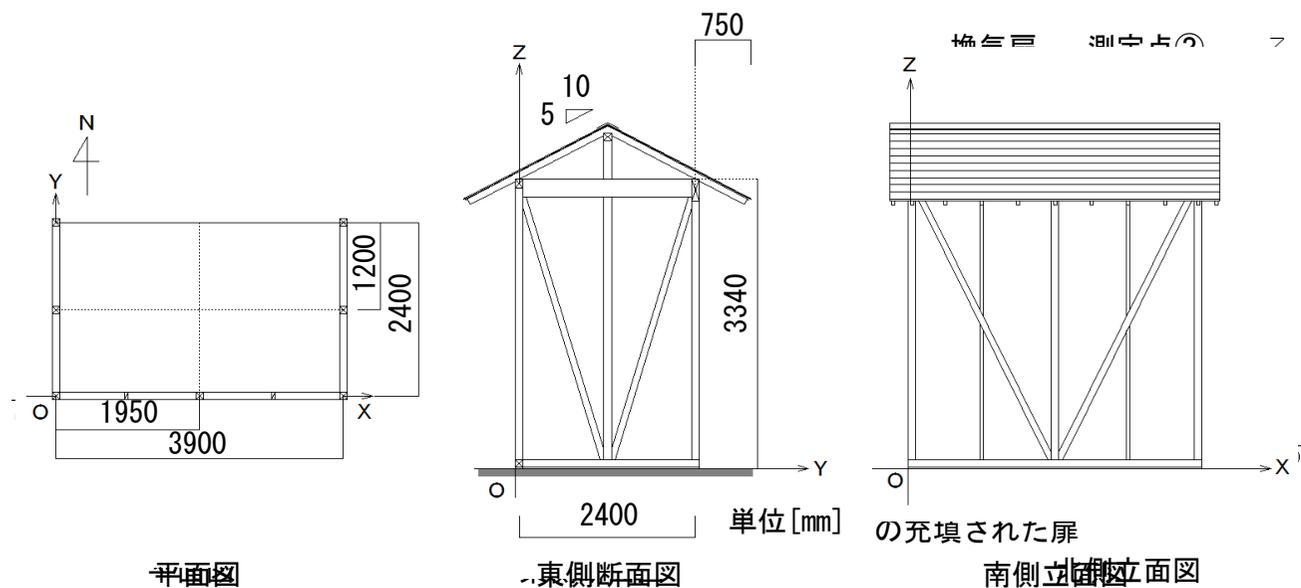
	A棟	B棟	C棟
壁材(東・西・南)	ポリカーボネート板+透明断熱シート	ポリカーボネート板	木造 屋根のみ
壁材(北)	断熱材(押出発泡ポリスチレン20mm)の充填された扉		
熱損失係数[W/(m <sup>2</sup> ・K)]	18.0	27.5	
熱貫流率[W/(m <sup>2</sup> ・K)]	3.4	6.1	
日射透過率[%]	48.6	81.0	
換気風量[m <sup>3</sup> /h]	588		



図 B棟東側外観



図 B棟外観



(1) (A棟・C棟)

図2 木材乾燥施設の概要(実験①)

※換気扇は  
11/30から稼働。

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験(実験①)

表4 各乾燥施設における木材の設置条件(実験①)

木材	正角材 (130mm × 130mm × 2000mm)			平板材 (210mm × 40mm × 2000mm)			
	横置き		縦置き	横置き			縦置き
置き方	横置き		縦置き	横置き			縦置き
間隔	8.9cm	3.5cm	15cm	8.9cm	3.5cm	なし	5cm
搬入数	10本	10本	20本	6枚	6枚	6枚	18枚
合計	40本			36枚			



図 横置き

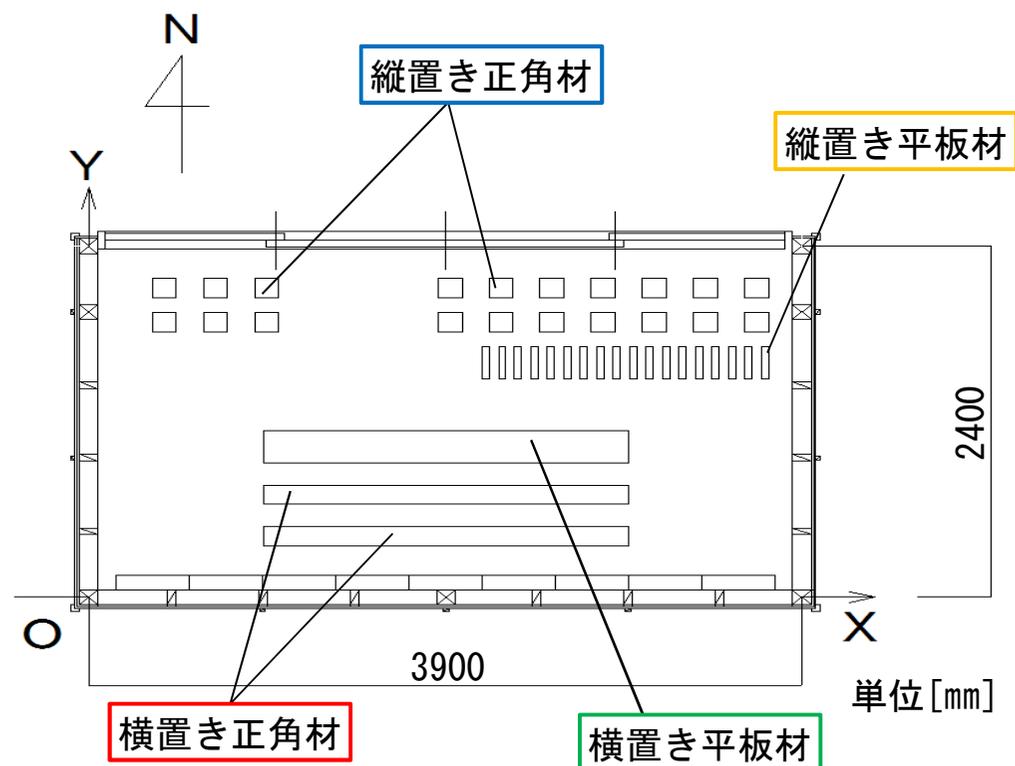


図 木材設置概要(実験①)



図 縦置き

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験(実験①)

- 測定期間は2010年9月27日から2011年1月16日で、11月4日に木材を搬入し、定期的に木材重量を測定する。
- A棟とB棟の温度・相対湿度は温湿度計により測定し、C棟の温度・相対湿度は気象観測装置により測定する。
- 本実験では木材含水率の算定に用いる全乾比重の値は、一般的な杉の全乾比重である0.35g/cm<sup>3</sup>とする。

表5 各乾燥施設の測定概要(実験①)

	A棟	B棟	C棟
測定期間	2010年9月27日~2011年1月16日		
測定方法	温湿度計	温湿度計	気象観測装置
測定対象	温度	相対湿度	温度・相対湿度
測定対象	全乾重量 [g]	木材容積 [cm <sup>3</sup> ]	木材重量 [g]

	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
測定点① (乾燥施設中央付近)	1950	1200	1500
測定点② (換気扇付近)	400	500	4500
測定点③ (換気口付近)	1450	0	200

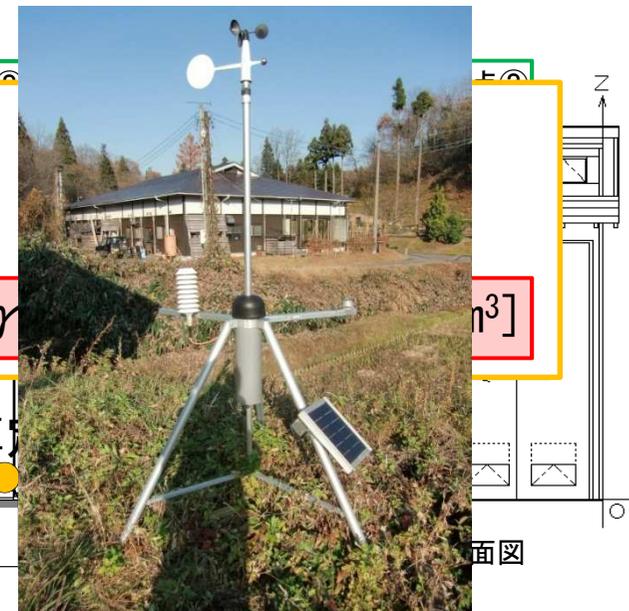


図 A棟 図B棟 気象観測装置設置概要

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験(実験①)

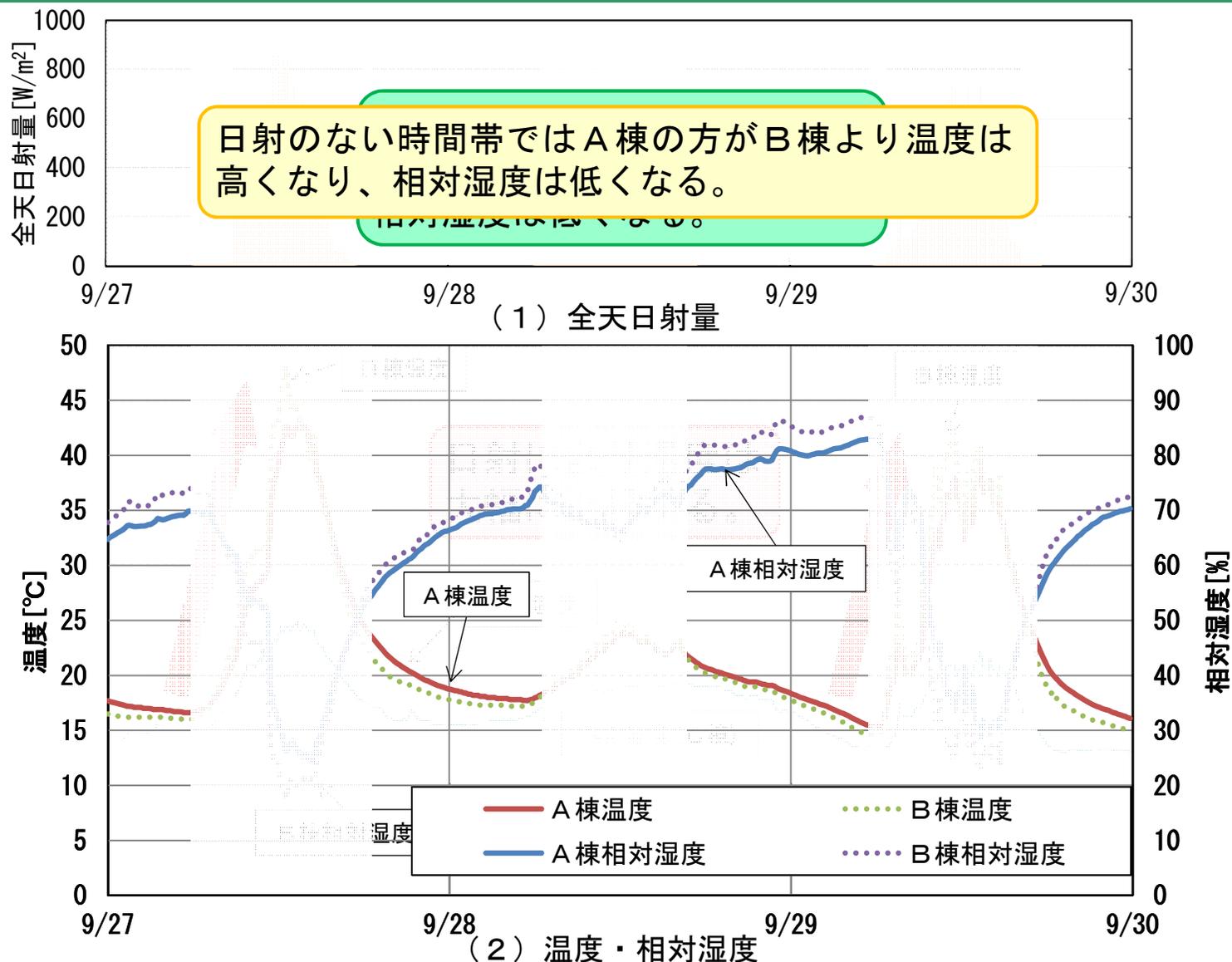


図3 各乾燥施設の温熱環境(実験①)

※温湿度計測定点①の値。

表6 秋季・冬季における各測定点の平均温湿度

(1) 秋季 (9/27-10/31)

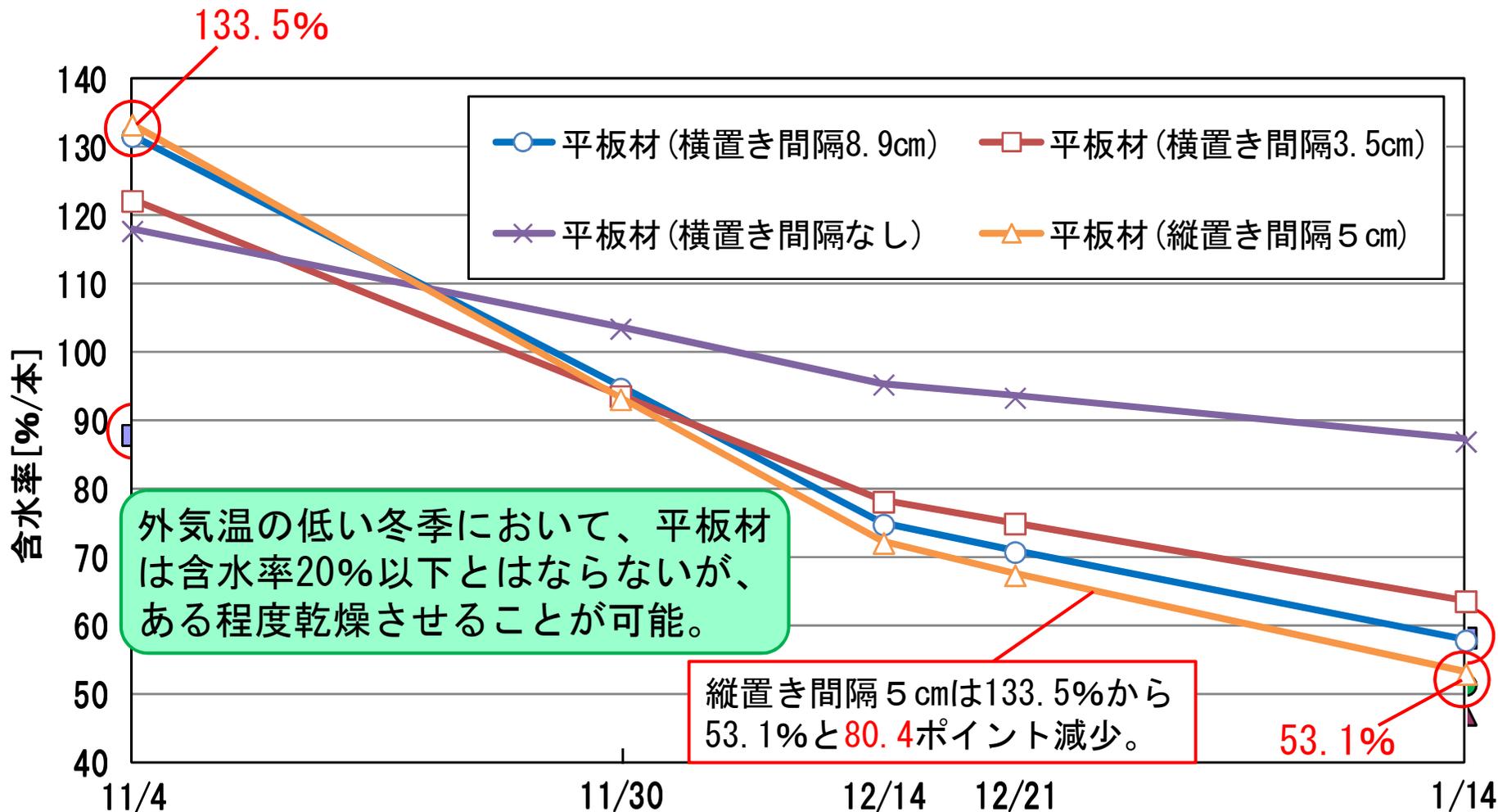
9/27-10/31	A棟		B棟		外気	
	温度 [°C]	相対湿度 [%]	温度 [°C]	相対湿度 [%]	温度 [°C]	相対湿度 [%]
測定点①	20.4	62.9	20.4	62.7	15.2	83.1
測定点②	20.8	63.4	21.1	63.4		
測定点③	20.2	63.1	20.9	64.5		

(2) 冬季 (11/1-1/16)

11/1-1/16	A棟		B棟		外気	
	温度 [°C]	相対湿度 [%]	温度 [°C]	相対湿度 [%]	温度 [°C]	相対湿度 [%]
測定点①	6.0	95.5	6.4	94.4	4.2	86.5
測定点②	6.6	94.4	6.7	93.6		
測定点③	6.3	94.8	6.4	94.2		

A棟・B棟で測定点②の温度が比較的高くなり、A棟とB棟を比較すると、秋季・冬季ともに各測定点で温湿度差はほとんどない。

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験 (実験①)



外気温の低い冬季において、平板材は含水率20%以下とはならないが、ある程度乾燥させることが可能。

縦置き間隔 5 cmは133.5%から53.1%と80.4ポイント減少。

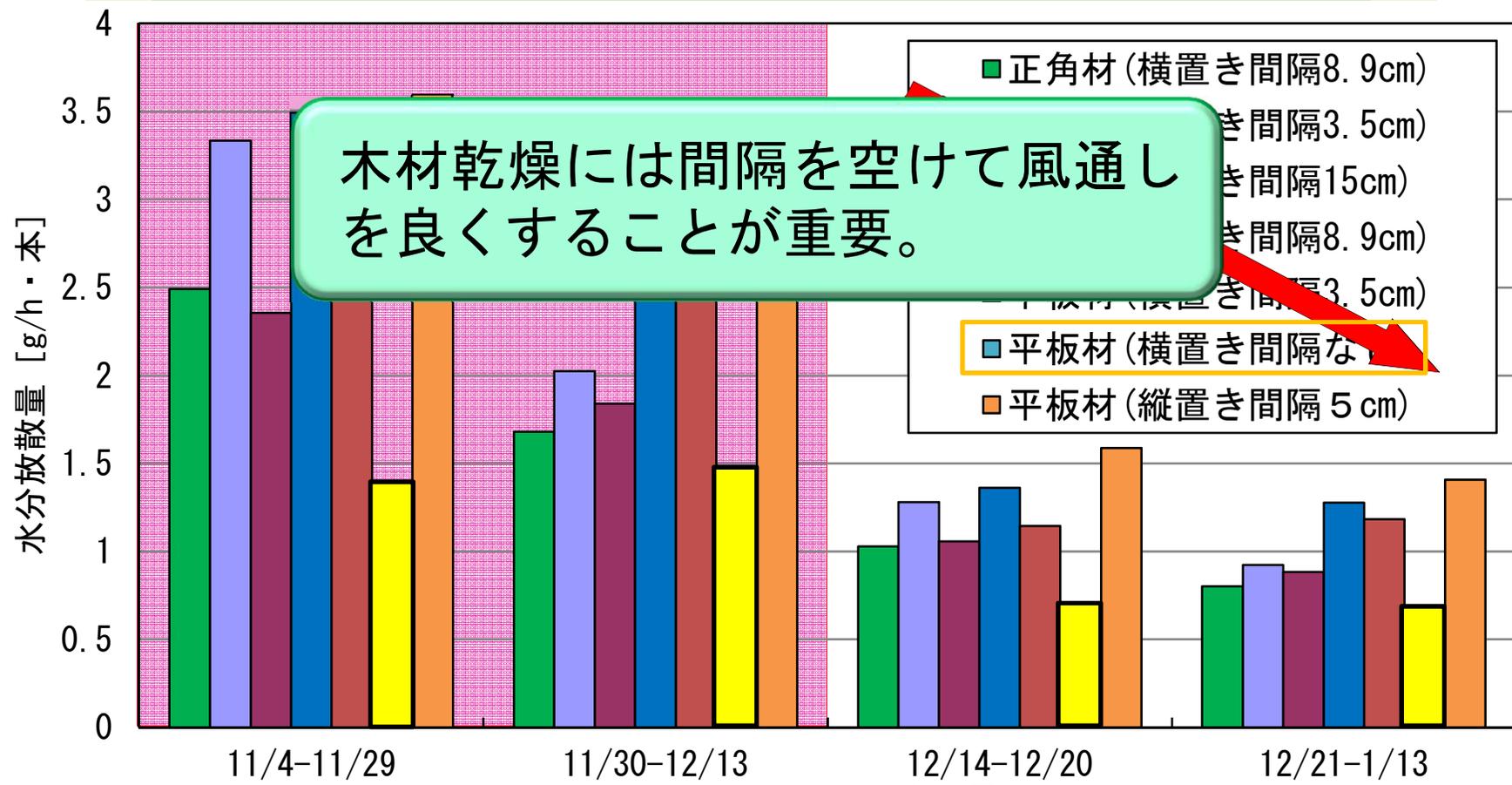
(1) 含水率

図5 木材設置条件による木材乾燥状況 (実験①)

※図中の数値は正角材・平板材の各設置条件ごとの全木材 (A棟・B棟・C棟) の平均値。

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験(実験①)

1 平板材の横置き間隔なしは他の設置条件に比べて極端に、その乾燥速度が遅い。

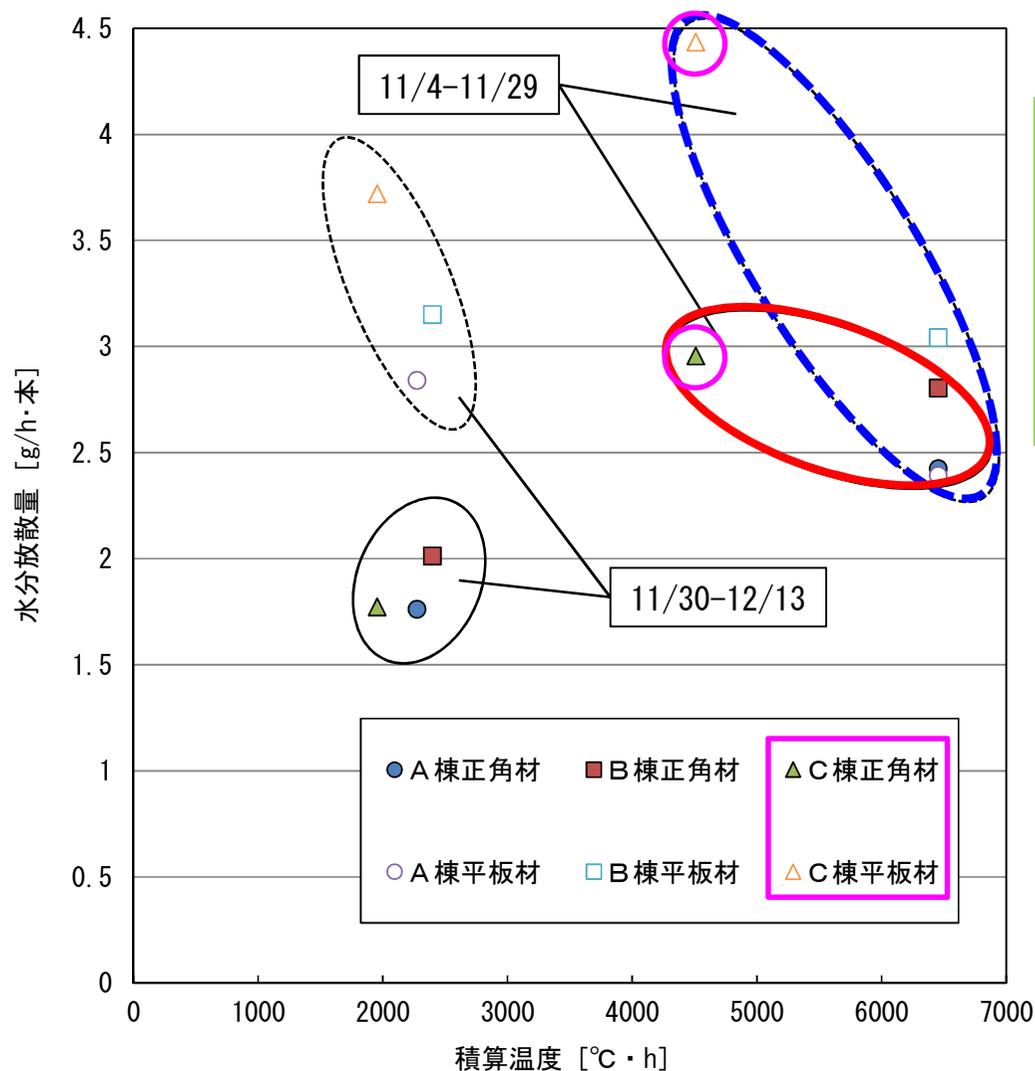


木材乾燥には間隔を空けて風通しを良くすることが重要。

図5 木材設置条件による木材乾燥状況(実験①)

※図中の数値は正角材・平板材の各設置条件ごとの全木材(A棟・B棟・C棟)の平均値。

# 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験(実験①)



乾燥開始から約1か月(11/4-11/29)では、正角材・平板材でC棟はA棟・B棟よりも積算温度は低いながら、水分放散量は多い。

壁のあるA棟・B棟よりも壁のないC棟の方が水分放散量が多いのは、湿度・気流による影響が大きい。

図6 乾燥開始から約1か月半(11/4-12/13)の期間における積算温度と木材の水分放散量の関係(実験①)

## 4 太陽熱を利用した木材乾燥実験(実験①)

### 積算乾湿球温度差

1時間毎の乾球温度と湿球温度の差の積算値。空気が乾燥していれば値は大きくなり、空気中の水分が飽和すれば値は0となる。木材は空気が乾燥しているほど乾燥速度が速くなるため、積算乾湿球温度差が大きいほど木材乾燥性能は高いと考えられる。

## 5 室内気流を与えた木材乾燥実験 (実験②)

実験①では、壁のあるA棟・B棟よりも壁のないC棟の方が木材乾燥速度が速いため、**木材乾燥には気流の影響が大きい**と考えられる。

実験②では、人工的に木材に気流を与えた場合と気流を与えない場合の木材乾燥性能の比較を行う。

# 5 室内気流を与えた木材乾燥実験(実験②)

表 7 木材乾燥施設の仕様(実験②)

	A棟	B棟	C棟
壁材 (東・西・南)	ポリカーボネート板		木造 屋根のみ
壁材 (北)	断熱材(押出発泡ポリスチレン20mm)の充填された扉		
概要	扇風機なし	扇風機あり	
熱損失係数	<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px;">                     本実験では木材に気流を与えた場合の木材乾燥性能を明らかにするためB棟内には扇風機を設置して室内気流を与える。                 </div>		
熱貫流率 $[W/m^2K]$			
日射透過率			
換気風量 $[m^3/h]$			

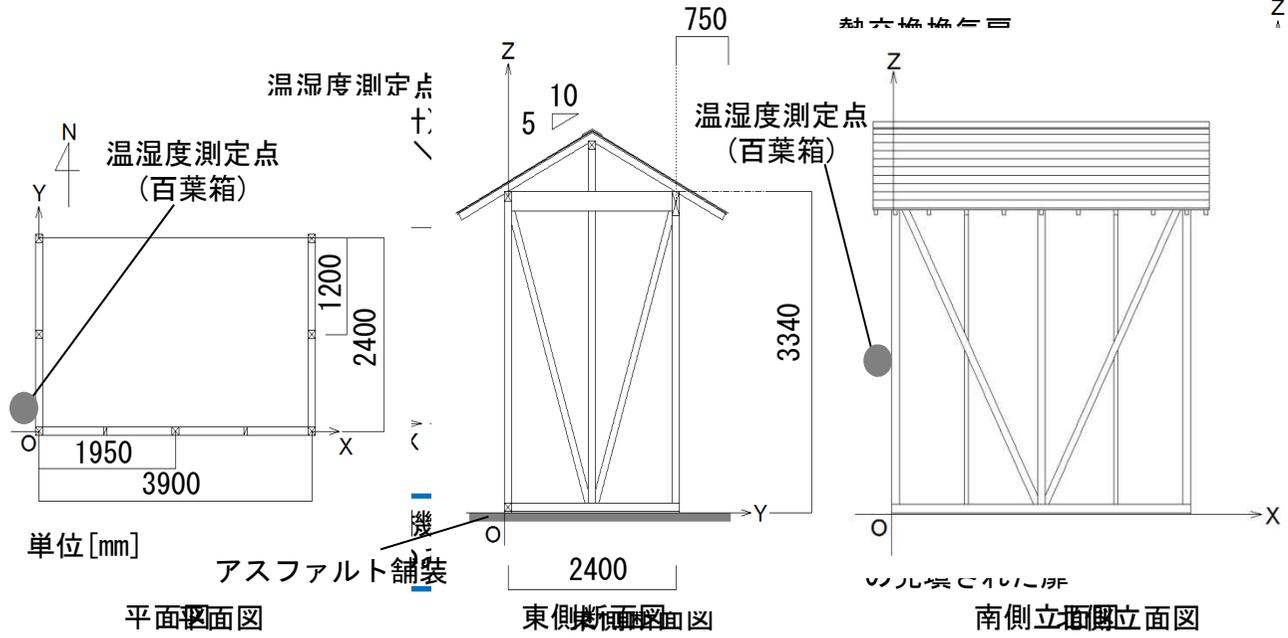


図 8 木材乾燥施設の概要(実験②)

図 C棟南側外観

図 A棟・B棟南側外観

表8 各乾燥施設における木材の設置条件(実験②)

	A棟		B棟		C棟		外部
概要	ポリカーボネート板 (扇風機なし)		ポリカーボネート板 (扇風機あり)		木造 屋根のみ		雨ざらし
木材	正角材 (120mm×120mm×1500mm)						
置き方	横置き (上下2段)	斜め置き	横置き (上下2段)	斜め置き	横置き (上下2段)	斜め置き	横置き (上下2段)
搬入数	10本	10本	10本	10本	10本	10本	10本
合計	20本		20本		20本		10本

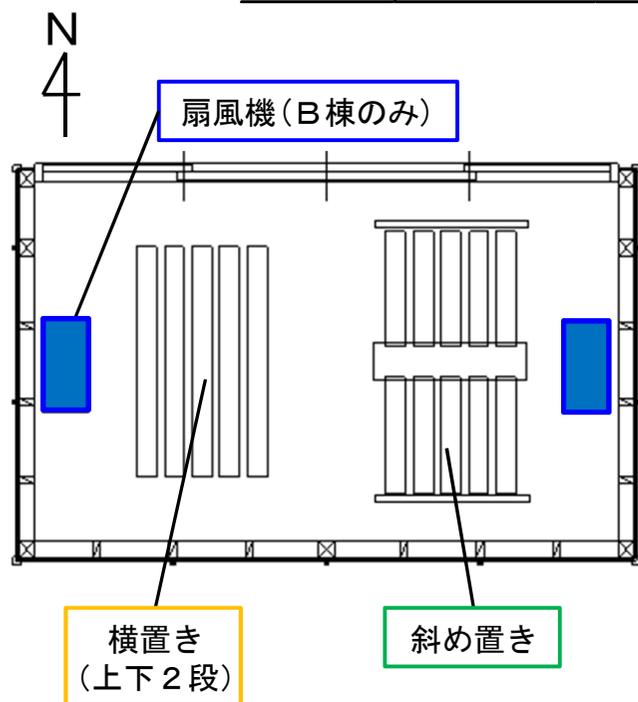


図 横置き



図 斜め置き

図 木材設置概要(実験②)

# 5 室内気流を与えた木材乾燥実験(実験②)

- 測定期間は20材舎本算の算定に用い各全乾比重の値は月毎木材の両端から搬入角の試験材を木樫重量を測定時の恒温器に入れて全乾状態まで乾燥
- 本棟を各棟の益護験材の全乾比重の平均値を木樫測定本の全乾比重とする。  
相対湿度は下葉箱中に設置した湿度計により測定する

$$U = \frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 \quad U: \text{含水率} [\%] \quad W_u: \text{木材重量} [\text{g}] \quad W_o: \text{全乾重量} [\text{g}]$$

$W_o = V_o \gamma_o$		$W_o$ : 全乾重量 [g]	$V_o$ : 木材容積 [cm <sup>3</sup> ]	$\gamma_o$ : 杉の全乾比重 [g/cm <sup>3</sup> ]
測定期間		2011年6月16日～2011年9月1日		
木材搬入日		2011年6月17日		
測定方法	温度			
	相対湿度			
全天				

図 全乾法による木材含水率の算定式



図 恒温器



図 試験材

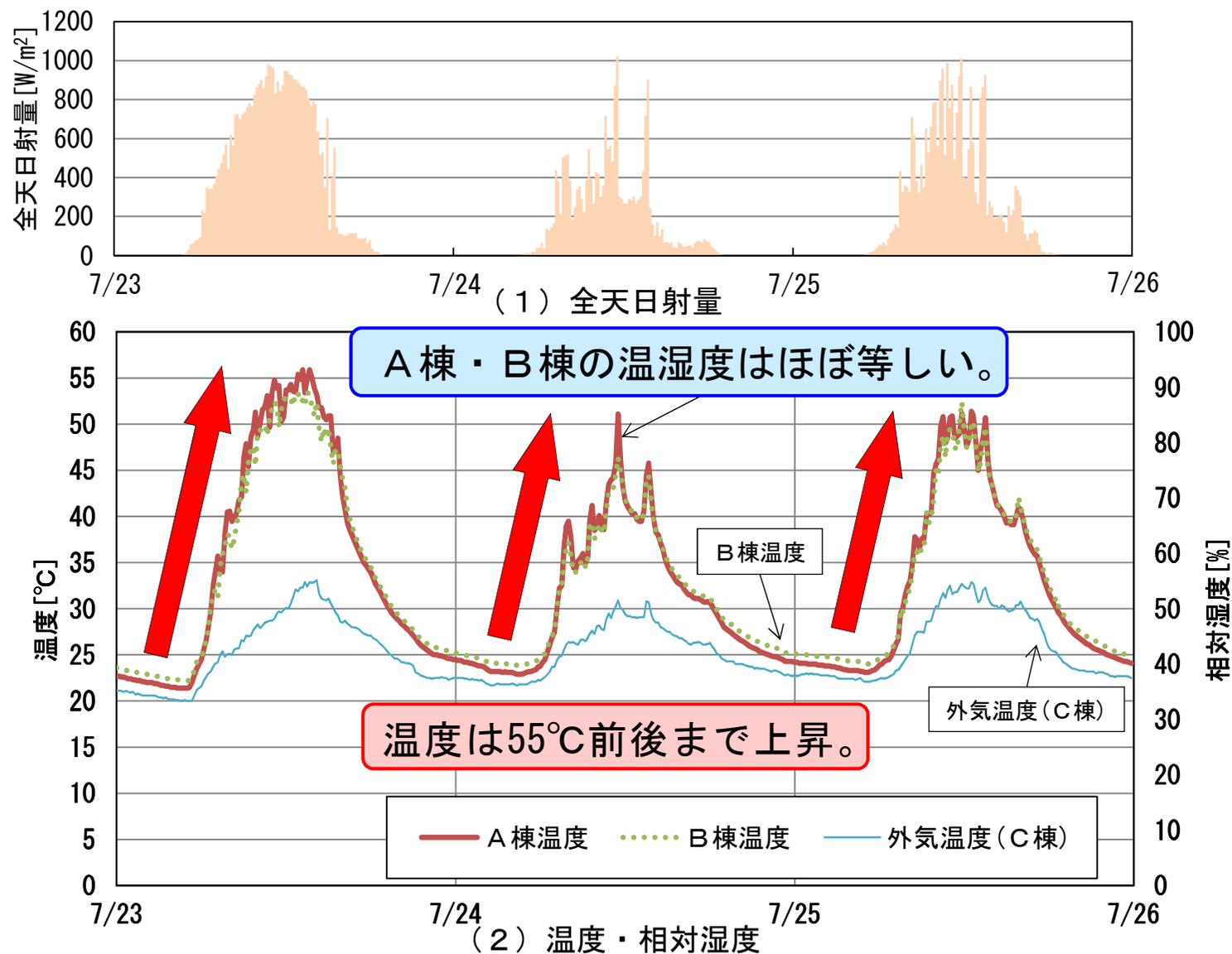


図9 各乾燥施設の温熱環境(実験②)

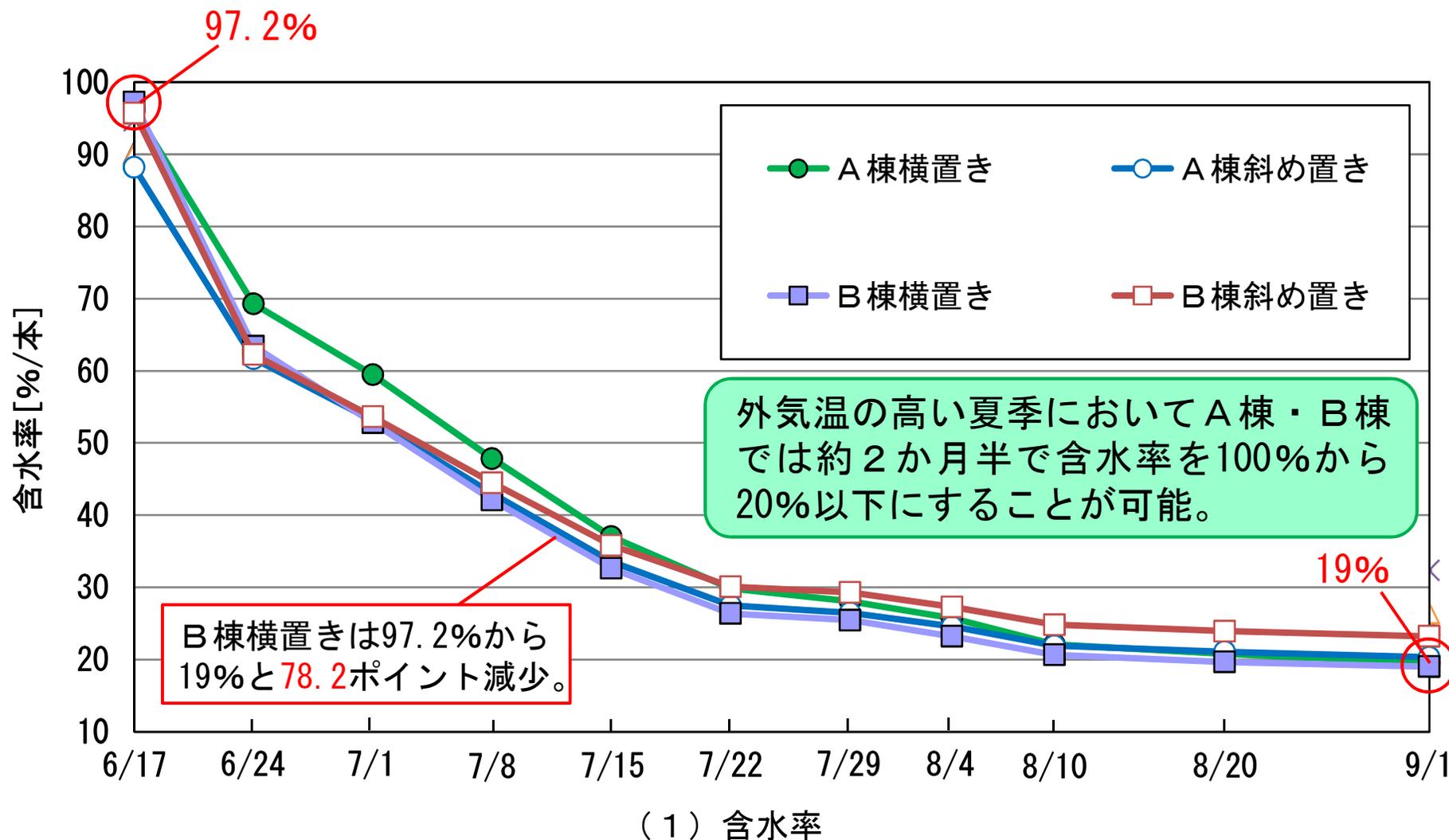


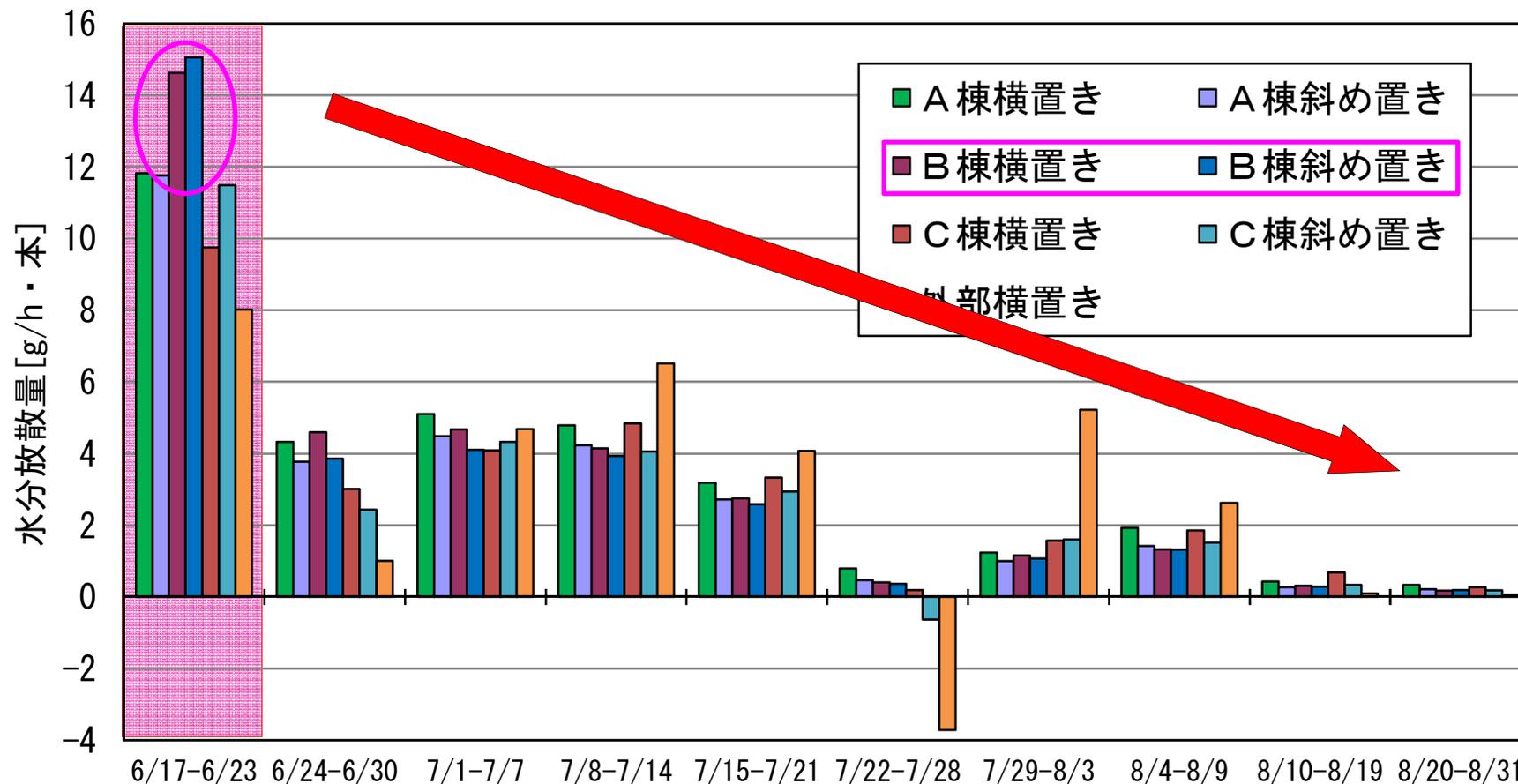
図11 木材設置条件による木材乾燥状況(実験②)

※図中の数値は各乾燥施設の設置条件ごとの全木材の平均値。

# 5 室内気流を与えた木材乾燥実験(実験②)



乾燥施設では最初の1週間(6/17-6/23)で室内気流を与えたB棟の水分放散量が多く、他の乾燥施設との差も大きい。

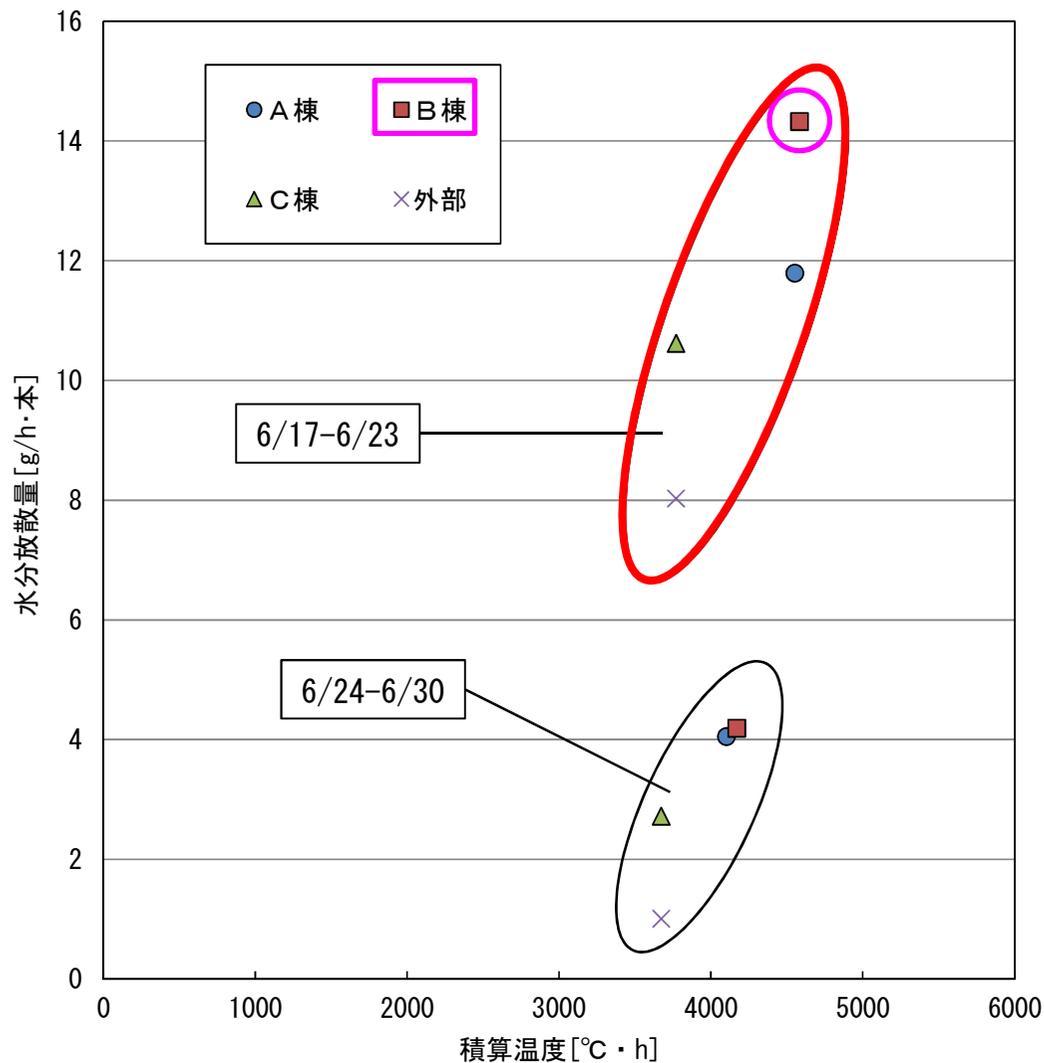


(2) 1時間当たりの水分放散量

図11 木材設置条件による木材乾燥状況(実験②)

※図中の数値は各乾燥施設の設置条件ごとの全木材の平均値。

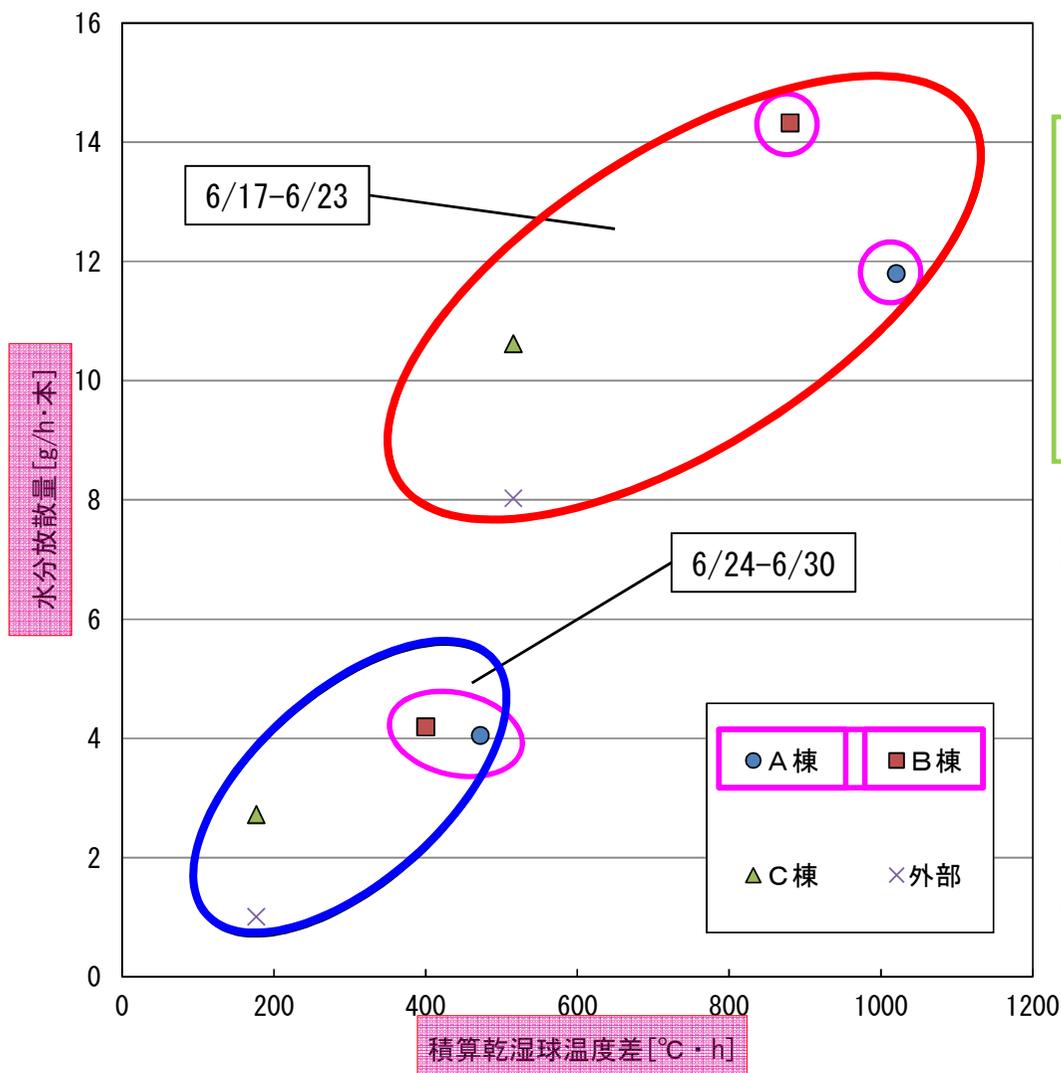
# 5 室内気流を与えた木材乾燥実験 (実験②)



水分放散量が最も多い最初の1週間 (6/17-6/23) では、A棟・B棟の積算温度は等しいが、水分放散量はB棟の方が多い。

扇風機による気流が木材乾燥に有効。

図12 乾燥開始から2週間 (6/17-6/30) の期間における積算温度と木材の水分放散量の関係 (実験②)



最後の1週間(6/24-6/30)では、  
A棟とB棟で水分放散量の差  
が小さい。

A棟の方が木材乾燥に適している  
が、水分放散量はB棟の方が多い。

木材乾燥において気流  
の影響は木材乾燥開始  
当初の期間では有効で  
あるが、その後は気流  
の影響は小さい。

図13 乾燥開始から2週間(6/17-6/30)の期間における  
積算乾湿球温度差と木材の水分放散量の関係(実験②)

## 6 結論

## 6.1 太陽熱を利用した木材乾燥実験

### 6.1.1 温熱環境測定結果

- ① 日射の多い時間帯ではB棟(ポリカーボネート板)の方がA棟(ポリカーボネート板+透明断熱シート)より温度は高くなり、逆に日射のない時間帯ではA棟の方がB棟より温度は高くなる。
- ② 作成した木材乾燥施設の透明断熱シートとコンクリートブロックによる断熱・蓄熱効果は得られない。

### 6.1.2 木材乾燥実験測定結果

- ① 外気温の低い冬季において太陽熱利用木材乾燥施設では正角材は乾燥させることが難しいが、平板材は乾燥させることが可能である。
- ② 1時間当たりの水分放散量は木材乾燥開始当初の期間に多く、時間が経つにつれて徐々に少なくなる。
- ③ 木材乾燥には湿度及び気流の影響が大きい。

## 6.2 室内気流を与えた木材乾燥実験

### 6.2.1 温熱環境測定結果

- ① A棟・B棟(ともにポリカーボネート板)の温度・相対湿度はほぼ等しく、日射の多い時間帯では温度は55°C前後まで上昇する。

### 6.2.2 木材乾燥実験測定結果

- ① 外気温の高い夏季において太陽熱利用木材乾燥施設では約2か月半で含水率を100%から20%以下にすることが可能である。
- ② 木材乾燥において気流の影響は木材乾燥開始当初の期間では有効であるが、その後の期間では影響はほとんどない。

## 森林・林業再生プラン概要

### ◆◆ 再生プランの目ざすところ ◆◆

- ・林業・林産業の再生を、環境をベースとした成長戦略の中に位置付け、木材の安定供給力の強化を軸にした対策により雇用も含めた地域再生を図る。
- ・森林計画制度等の制度面から路網・作業システム整備、人材育成などの実践面も含め、森林・林業政策を全面的に見直す。



木材自給率50% (2020年までに)  
【木材生産1,800万m<sup>3</sup>→4,000万～5,000万m<sup>3</sup>】

### ■林業経営・技術の高度化

#### ○路網・作業システム

- ・先進的的林業機械の導入、普及
- ・作業道作設に関する新たな指針の創設
- ・生産性の高い機械利用を前提とした路網体系の理論・技術の整理・普及
- ・理論・技術の整理(作業システム、機械、森づくり、間伐方法等)

#### ○森林組合改革・民間事業者サポート

- ・地域の森林管理の主体として森林組合の役割の明確化
- ・員外利用の厳格化
- ・会計制度の見直し
- ・民間事業者の育成強化

#### ○日本型フォレスター制度の創設・技術者等育成体制の整備

- ・理論・技術、研修・普及体制の整理
- ・フォレスター育成システムの確立
- ・現場技術者、路網設計者、オペレーターを体系的に育成する制度整備

### ■森林資源の活用

#### ○国産材の加工・流通構造

- ・質・量ともに、外材に負けない効率的な加工・流通体制の整備
- ・大ロット需要先への供給体制の整備
- ・木材利用の多角化や新たな木質部材開発に向けた研究・技術開発の推進

#### ○木材利用の拡大

- ・地域材住宅の推進とそれを支える技術の標準化、木造設計を担える人材の育成
- ・公共施設等への木材利用の推進
- ・バイオマス利用の理論・技術の整理と着実な普及体制の整備
- ・環境貢献度の「見える化」などによる国産材の信頼性の向上

### ■国民の財産を活かす

#### ○国有林の技術力を活かしたセーフティネット

- ・公益重視の管理経営のより一層の推進
- ・民有林への指導やサポート、森林・林業政策への貢献

### ■制度面での改革、予算関係

- ・補助金・予算の見直しは2010年6月、他は原則として2010年11月までに結論
- ・森林・林業基本計画に反映
- ・公開ヒアリングを開催

#### ○森林情報の整備、森林計画制度の見直し、経営の集中化

- ・森林の現状を把握するための森林資源モニタリング調査等森林情報の整備・公表
- ・森林計画制度の見直しによる適切な森林管理の確保
- ・経営意欲のある者への経営の集中化の促進策の導入
- ・管理放棄地に対するセーフティネット体制(公的森林整備)の確立

#### ○伐採・更新のルール整備

- ・森林資源の循環利用を念頭においた伐採・更新対策の整備(大規模皆伐の抑止・確実な植林の確保対策等)

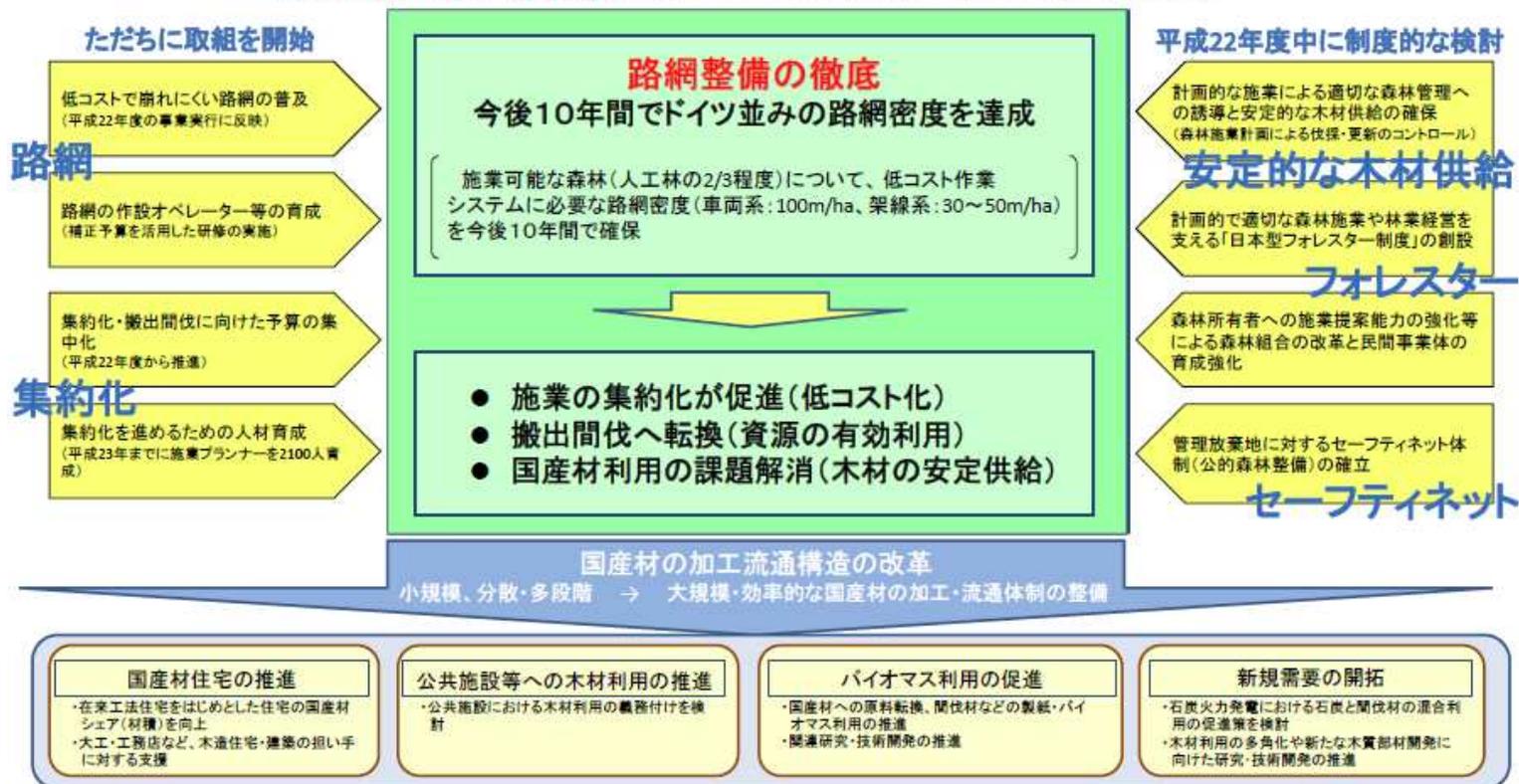
#### ○補助金・予算の見直し

- ・補助金の見直し(メニューの簡素化、補助金の透明性・公平性の確保、長伐期化への誘導)
- ・路網、機械への補助は、理論・技術の習得とあわせて実施
- ・予算の見直し

## 森林・林業再生プラン(イメージ図)

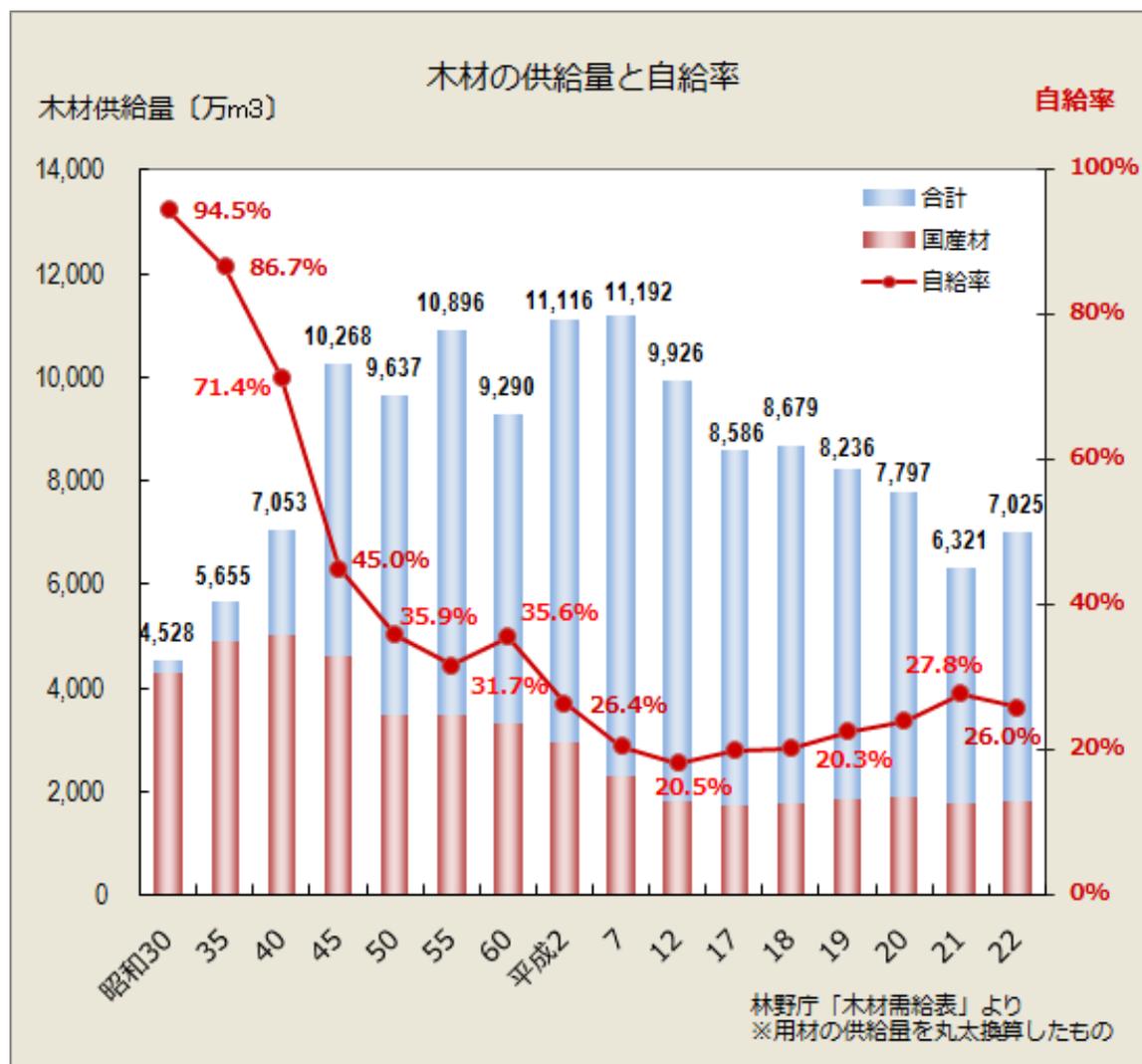
- 強い林業の再生に向け、**路網整備**や**人材育成**など集中的に整備し、今後、10年以内に外材に打ち勝つ国内林業の基盤を確立
- 山元へ利益を還元するシステムを構築し、**やる気のある森林所有者・林業事業者を育成**するとともに、林業・木材産業を地域産業として再生
- 木材の安定供給体制を構築し、**外材からの需要を取り返して**、強い木材産業を確立
- **低炭素社会づくり**に向け、我が国の社会構造を「**コンクリート社会から木の社会**」に転換

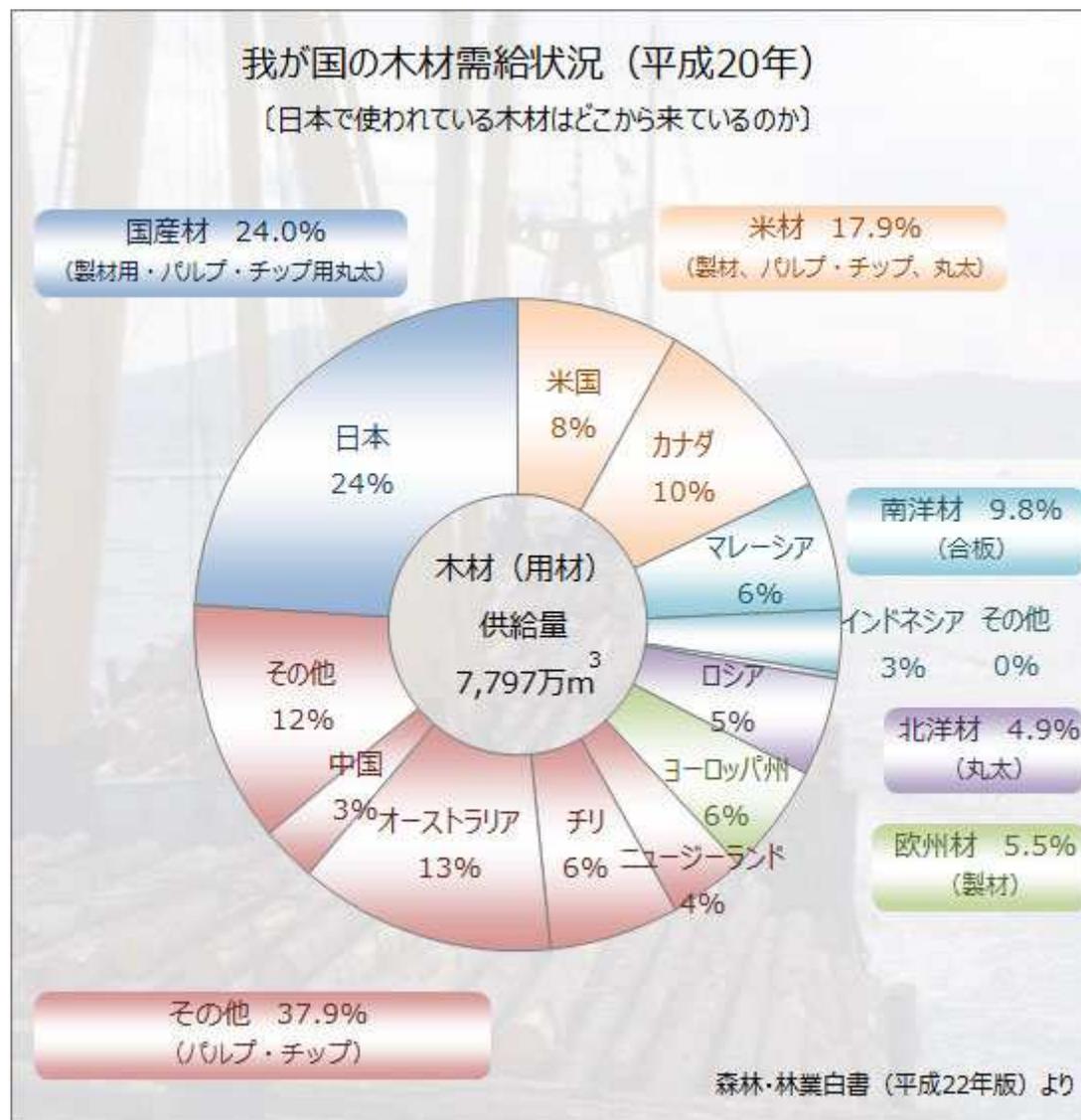
### 《木材の安定供給体制を構築し、儲かる林業を実現》



～ コンクリート社会から木の社会へ 木材自給率50% 低炭素社会の実現 ～

# 木材供給量と自給率





# 国産材自給率及び木材供給量と木材需要量の推移

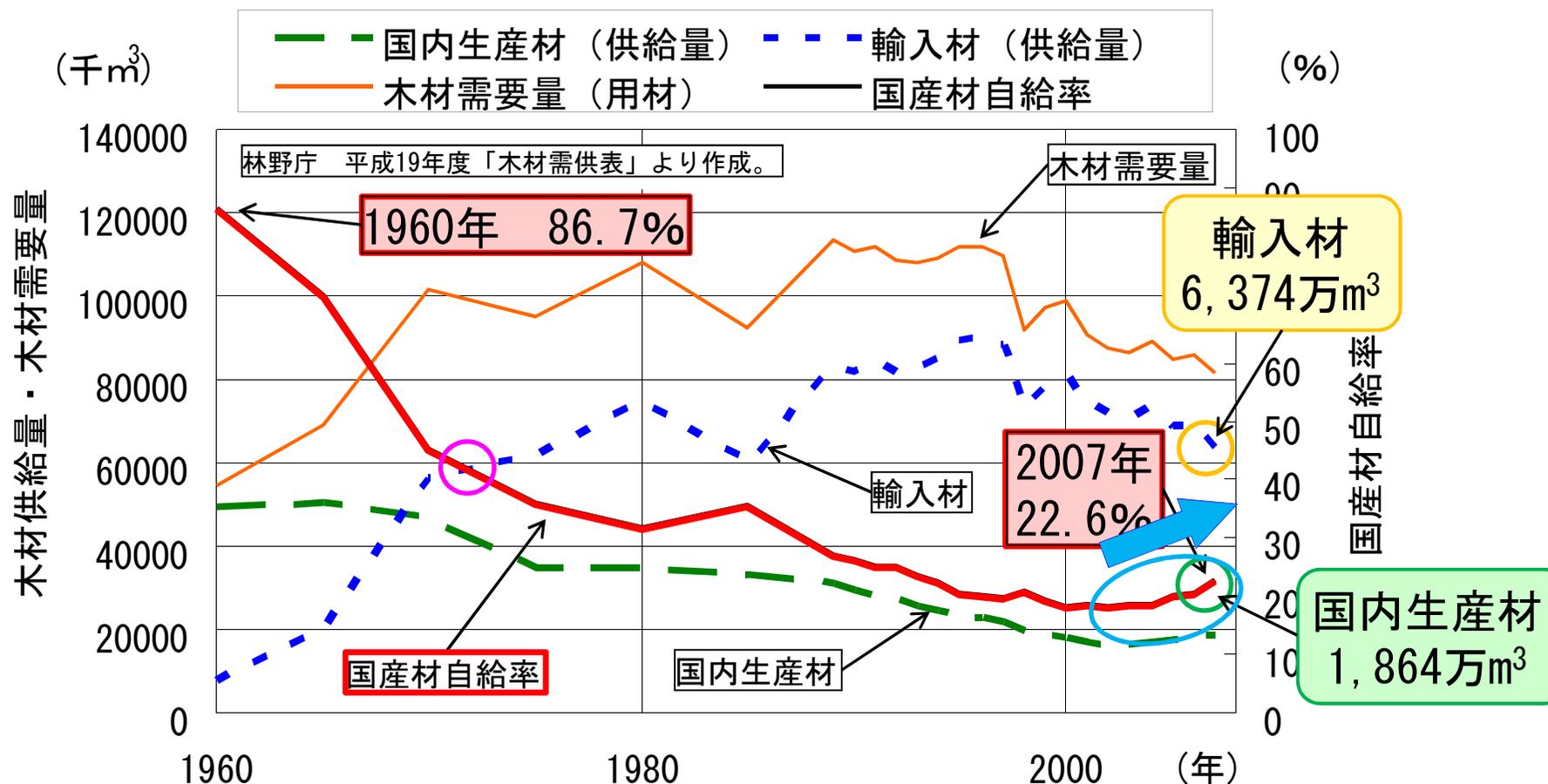
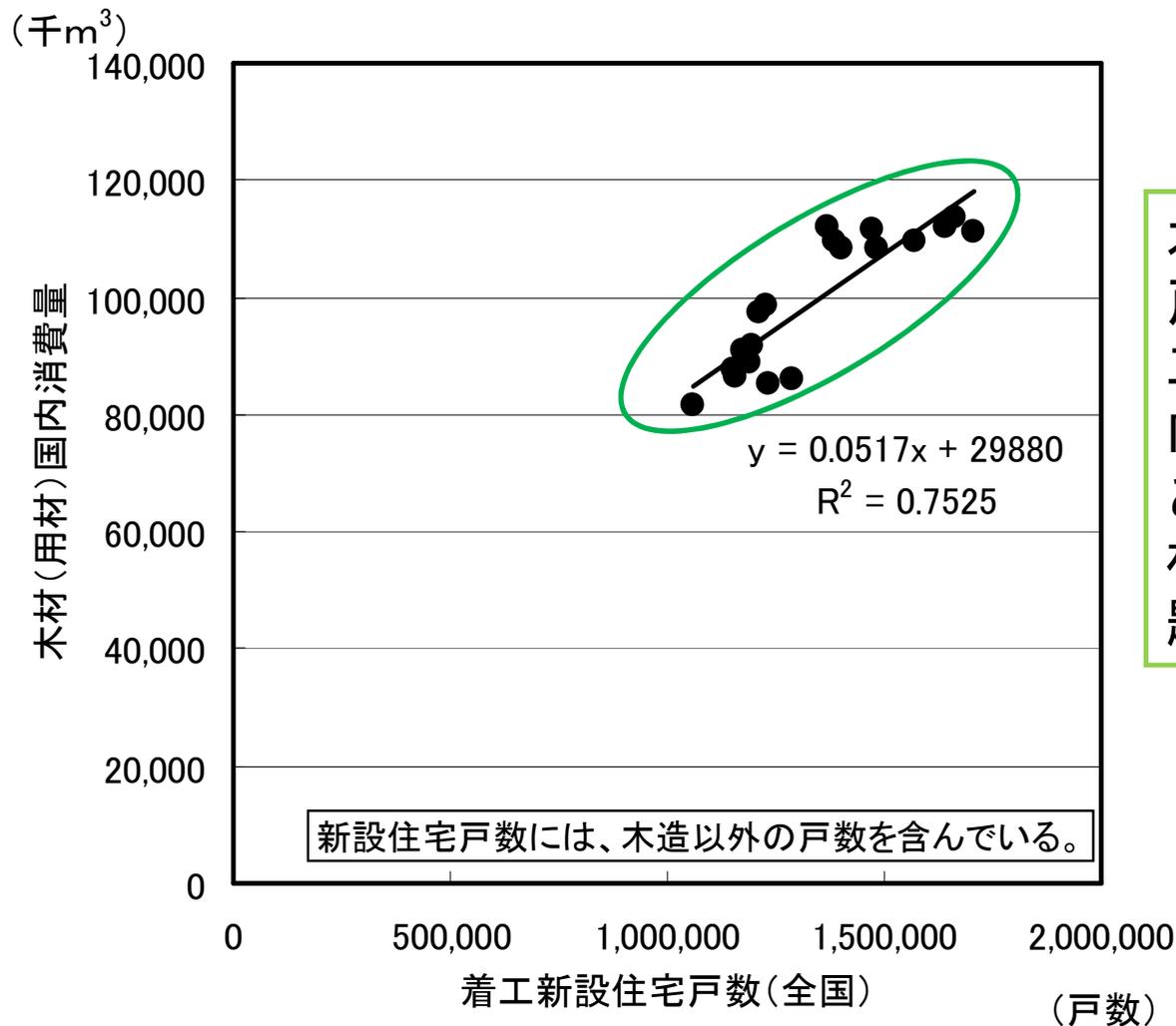


図 国産材自給率及び木材供給量と木材需要量の推移

平成19年農林水産省森林・林業白書によると、国産材供給量は2002年を底に近年増加傾向であり、主に建築用に利用されている製材用材と合板用材の増加によることが示されている。

# 住宅着工戸数と木材国内消費量の関係



木材国内消費量と住宅着工戸数の相関は高く、住宅着工戸数が増加すると木材国内消費量も増加する傾向があり、建築分野において木材の生産は極めて重要な課題であるといえる。

図 住宅着工戸数と木材国内消費量の関係

# 県別林野面積と木材素材生産量の関係

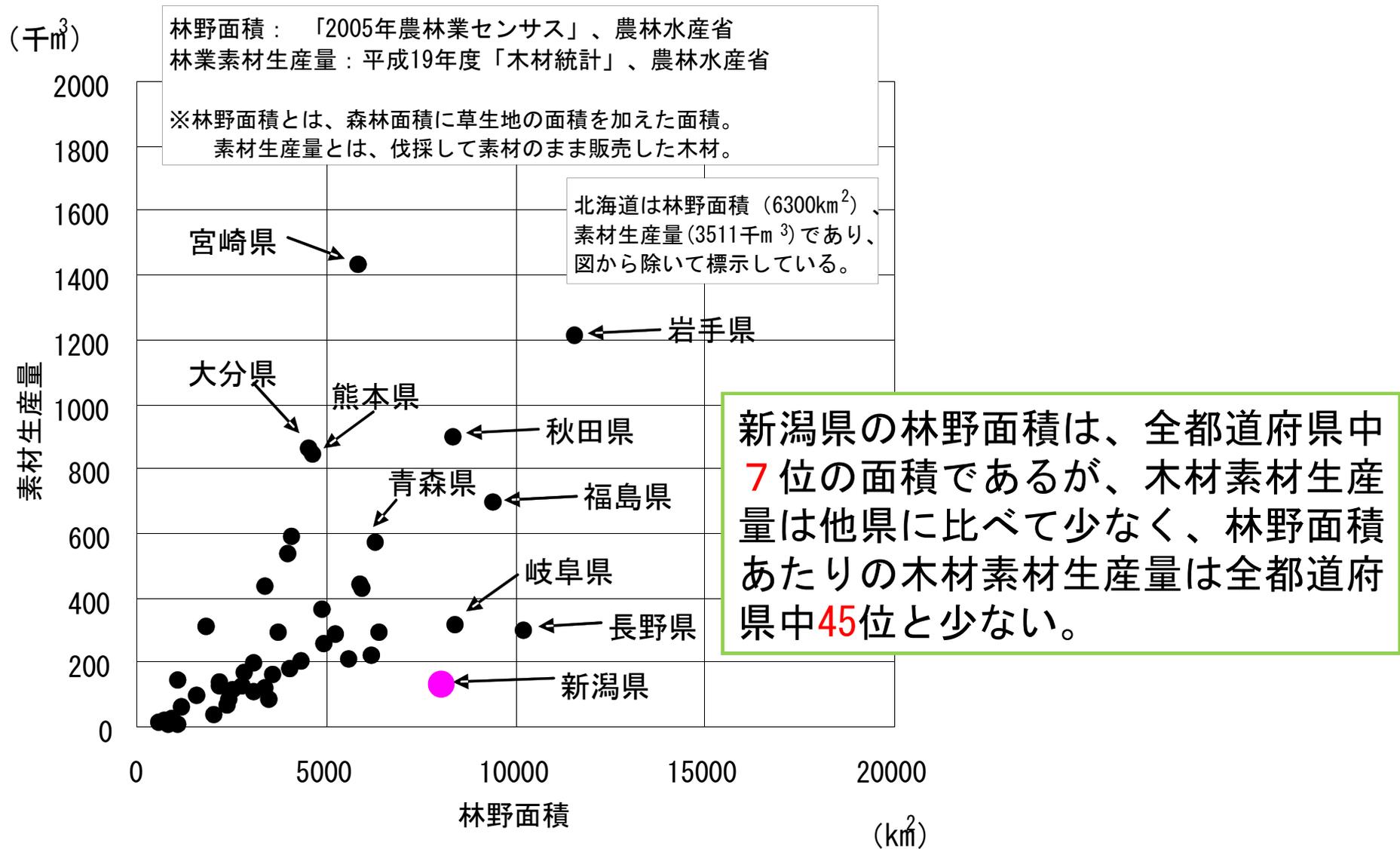


図 県別林野面積と木材素材生産量の関係

# 県人口と木材素材生産量の関係



## 新潟県の木材生産の現状

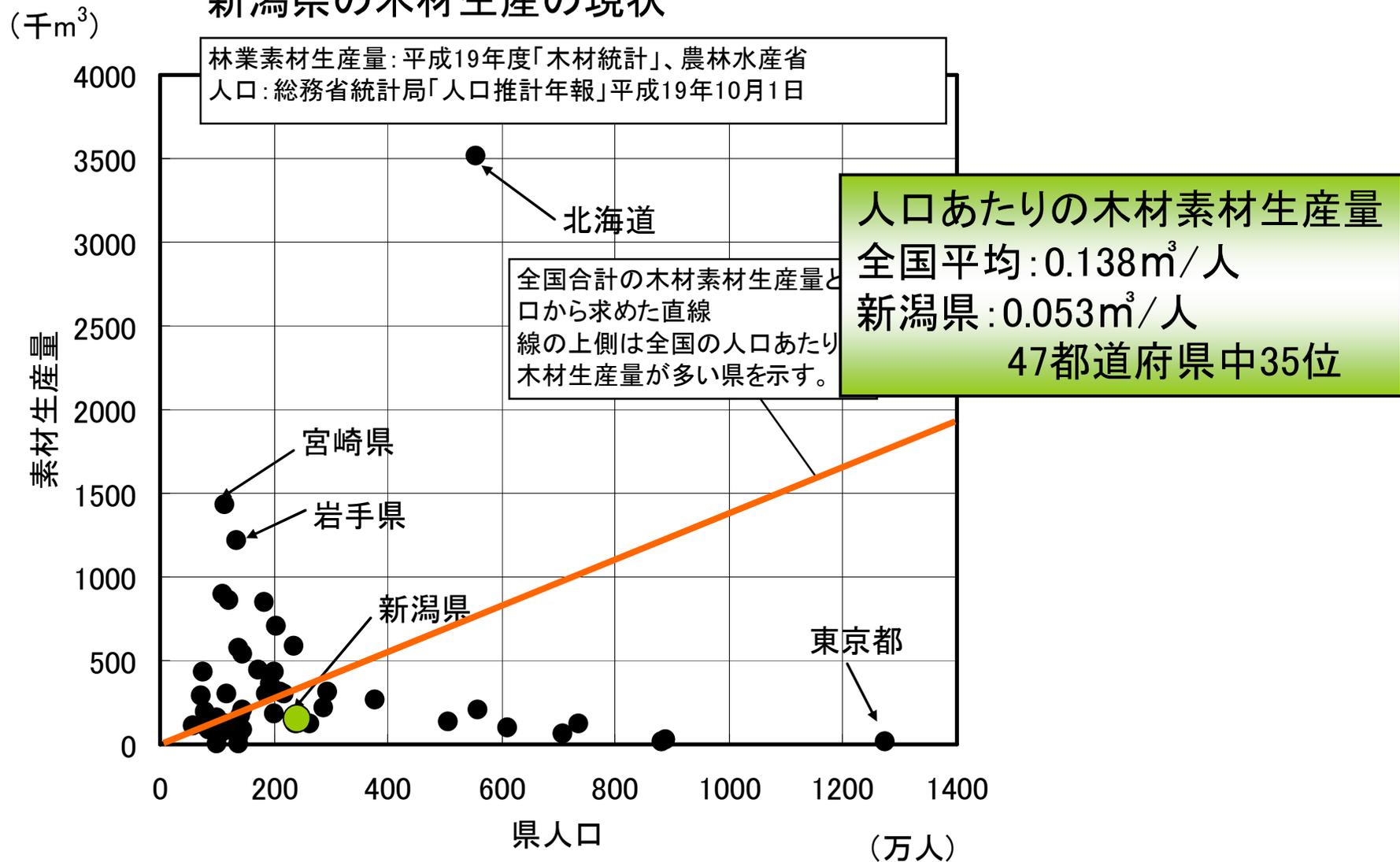


図 県人口と木材素材生産量の関係

# 国内産材における自県材と他県材の需要量



## 新潟県の木材生産の現状

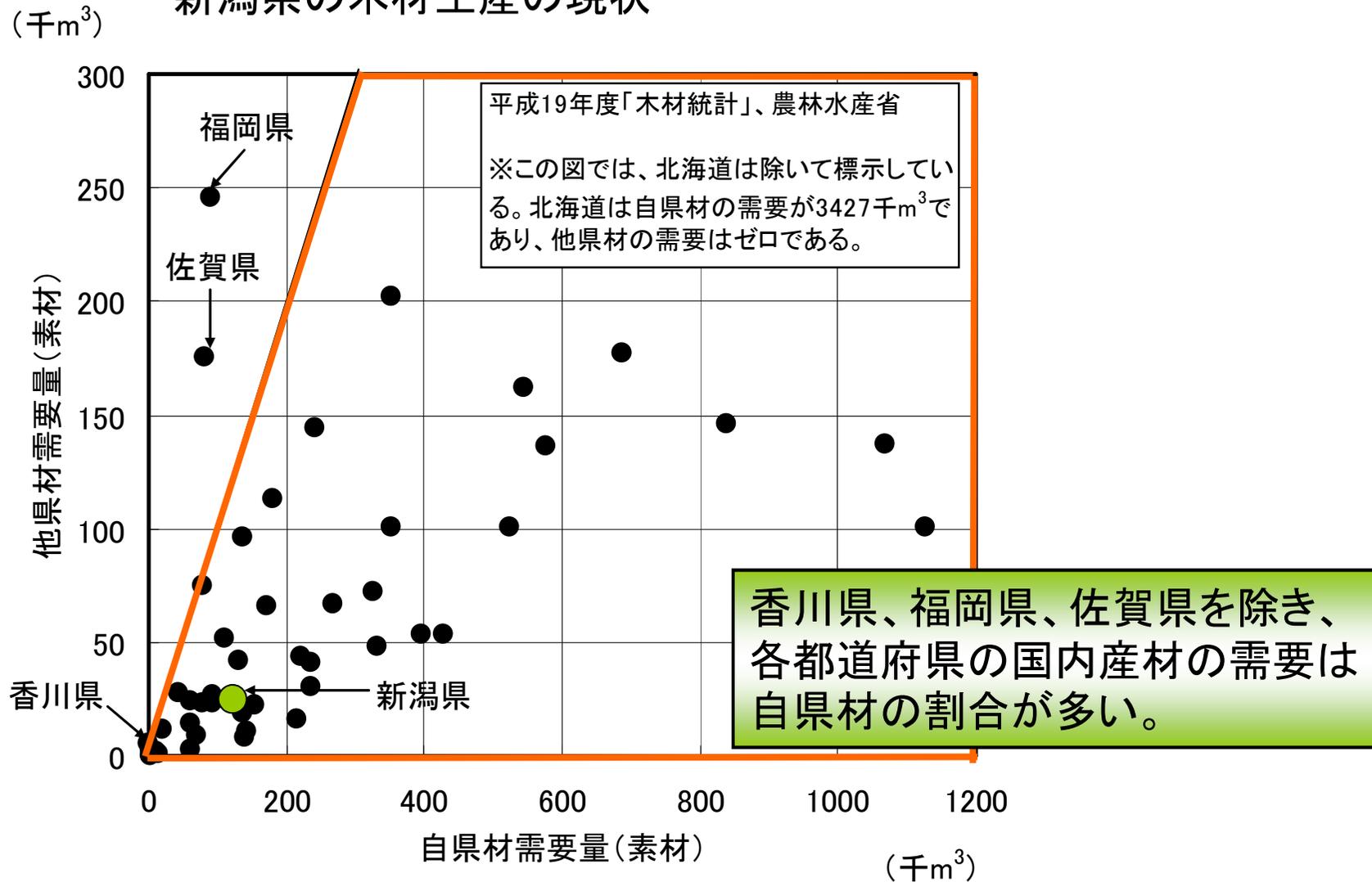


図 国内産材における自県材と他県材の需要量

## 新潟県の木材生産の現状

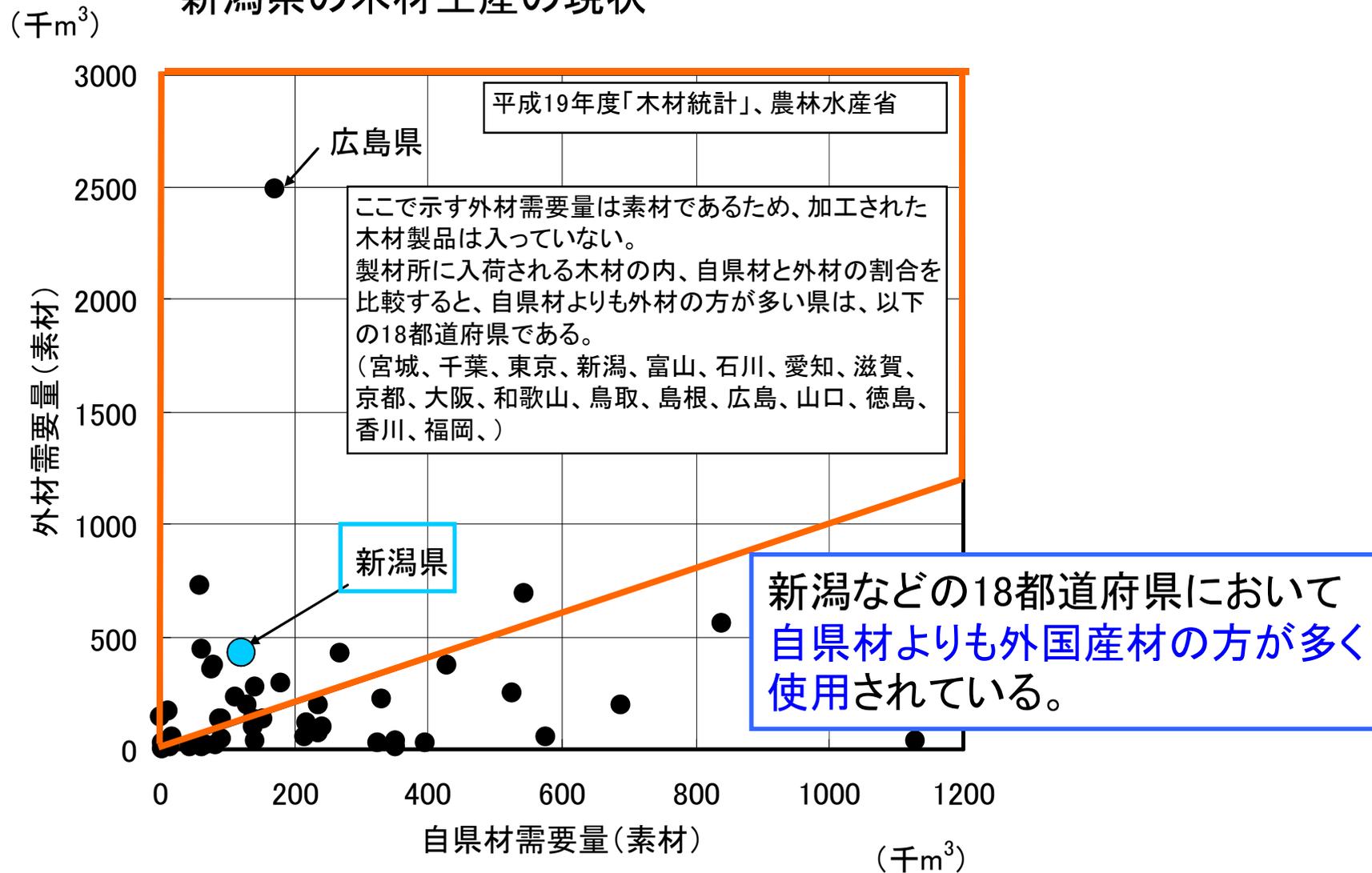


図 自県材と外国産材の需要量の関係

# CO<sub>2</sub>排出量の算定式



表 CO<sub>2</sub>排出量の算定式

$$\text{燃料のCO}_2\text{排出量 (kgCO}_2\text{)} = (\text{燃料の種類ごとに}) \text{燃料使用量 (kl)} \\ \times \text{CO}_2\text{排出原単位 (kgCO}_2\text{/kl)} \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\text{電気のCO}_2\text{排出量 (kgCO}_2\text{)} = \text{電気使用量 (kWh)} \\ \times \text{CO}_2\text{排出原単位 (kgCO}_2\text{/kWh)} \quad \dots \text{式(2)}$$

表 単位発熱量とCO<sub>2</sub>排出係数・原単位

種類	単位発熱量	排出係数	CO <sub>2</sub> 排出原単位
灯油	36.7GJ/kl	67.8kgCO <sub>2</sub> /GJ	2488.26kgCO <sub>2</sub> /kl
軽油	38.2GJ/kl	68.6kgCO <sub>2</sub> /GJ	2620.52kgCO <sub>2</sub> /kl
ガソリン	34.6GJ/kl	67.1kgCO <sub>2</sub> /GJ	2321.66kgCO <sub>2</sub> /kl
電力	0.0036GJ/kl	122.5kgCO <sub>2</sub> /GJ	0.441kgCO <sub>2</sub> /kl

CO<sub>2</sub>排出量の算定については地球温暖化対策の推進に関する法律に基づき、環境省・経済産業省の定める、「温室効果ガス排出量の算定方法」により算定を行う。

# 製材所における月ごとの電力消費量及び製材生産量

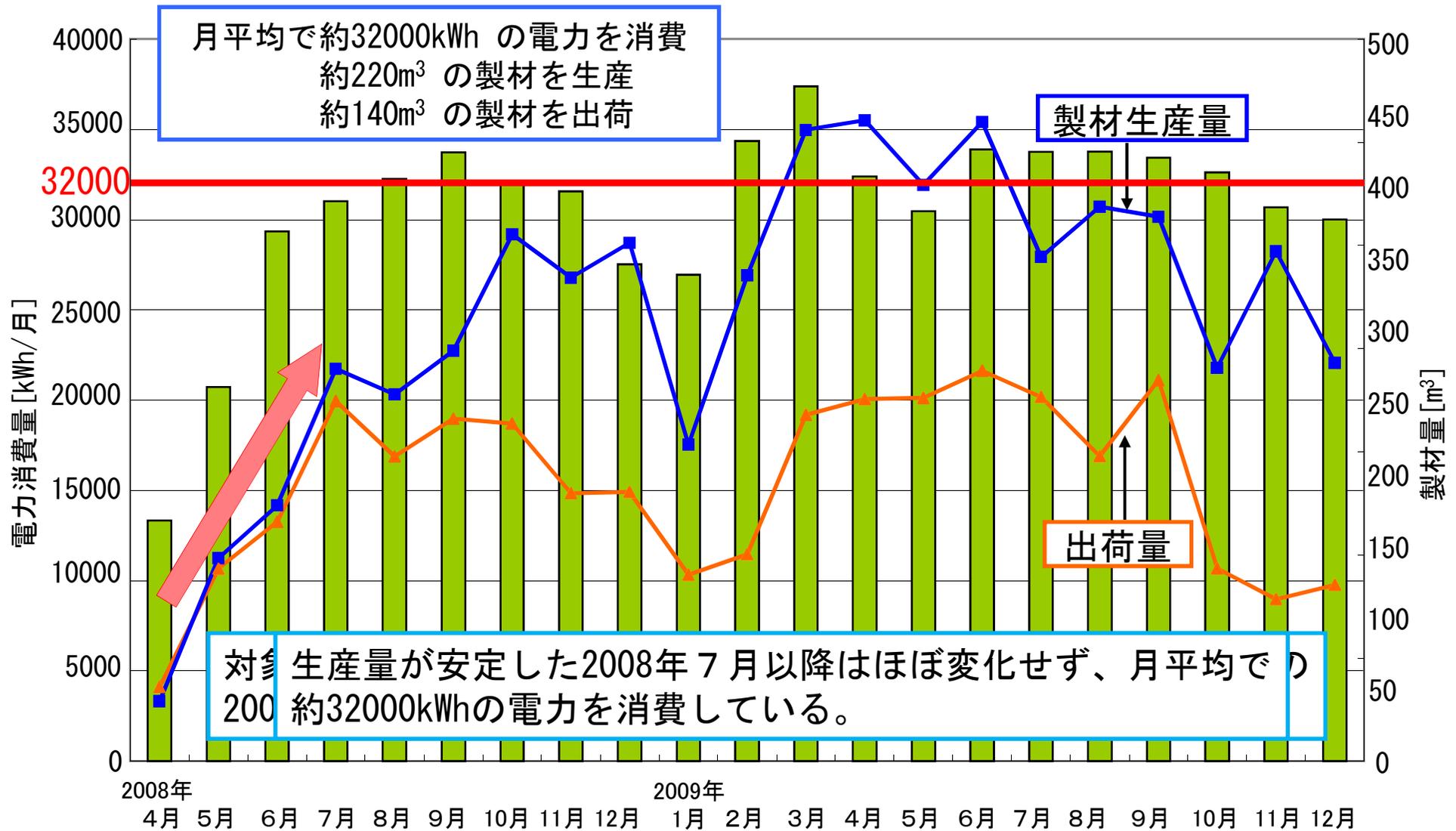


図 製材所における月ごとの電力消費量及び製材生産量

# 月別の灯油消費量

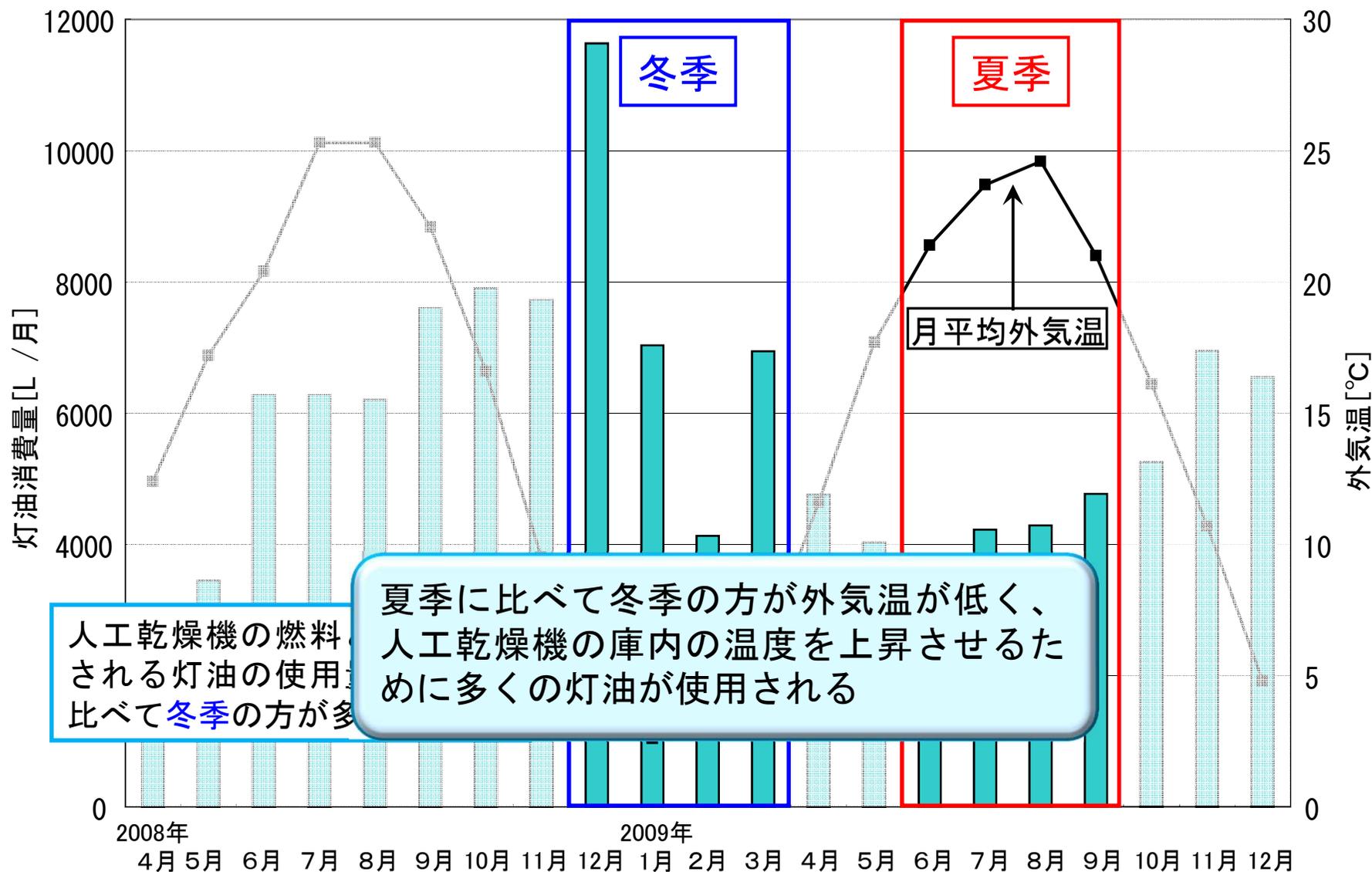


図9 月別の灯油消費量

# 月別の軽油消費量

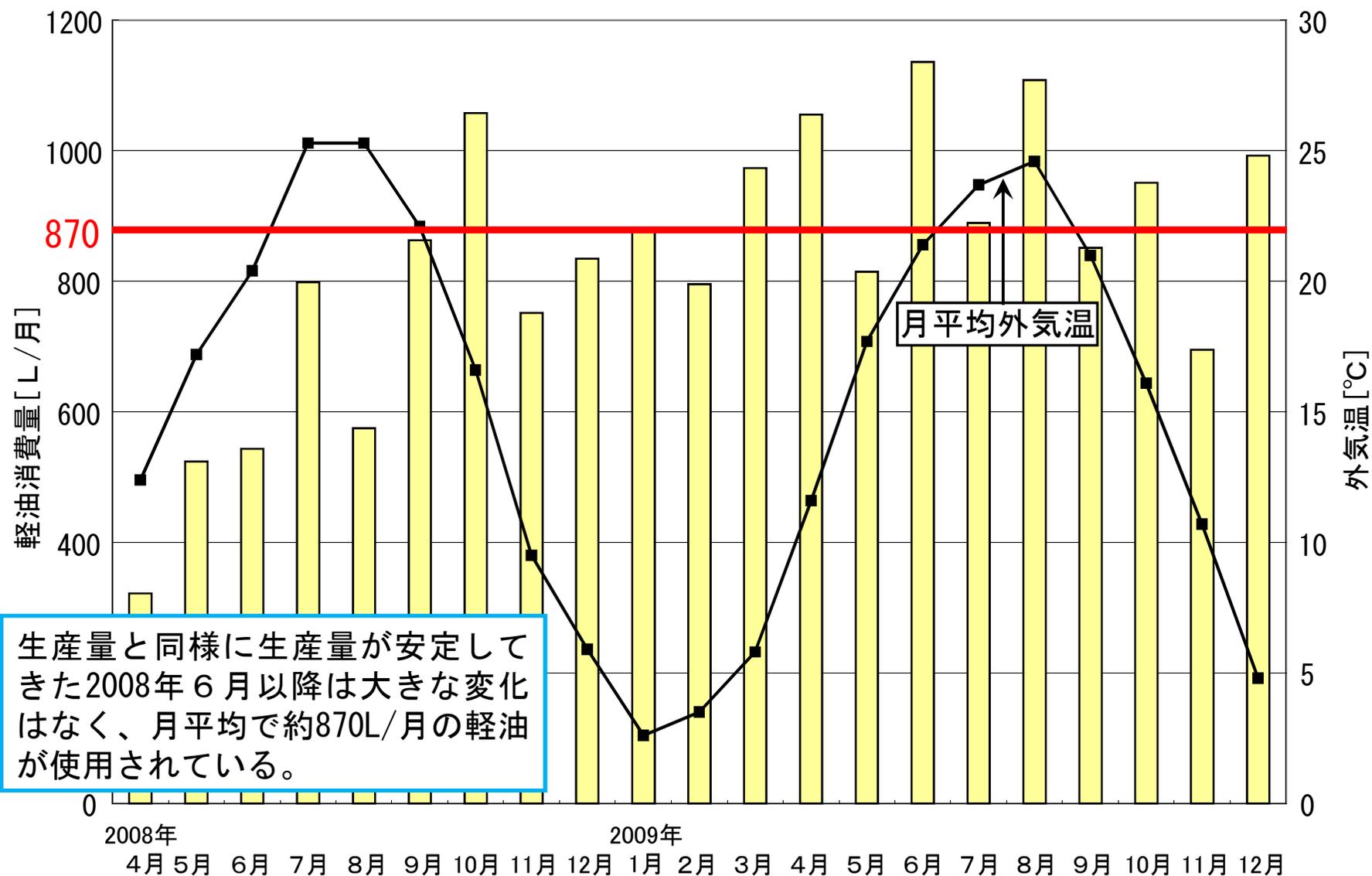


図 月別の軽油消費量

# 月別CO<sub>2</sub>排出量及び生産製材・出荷製材のCO<sub>2</sub>排出量

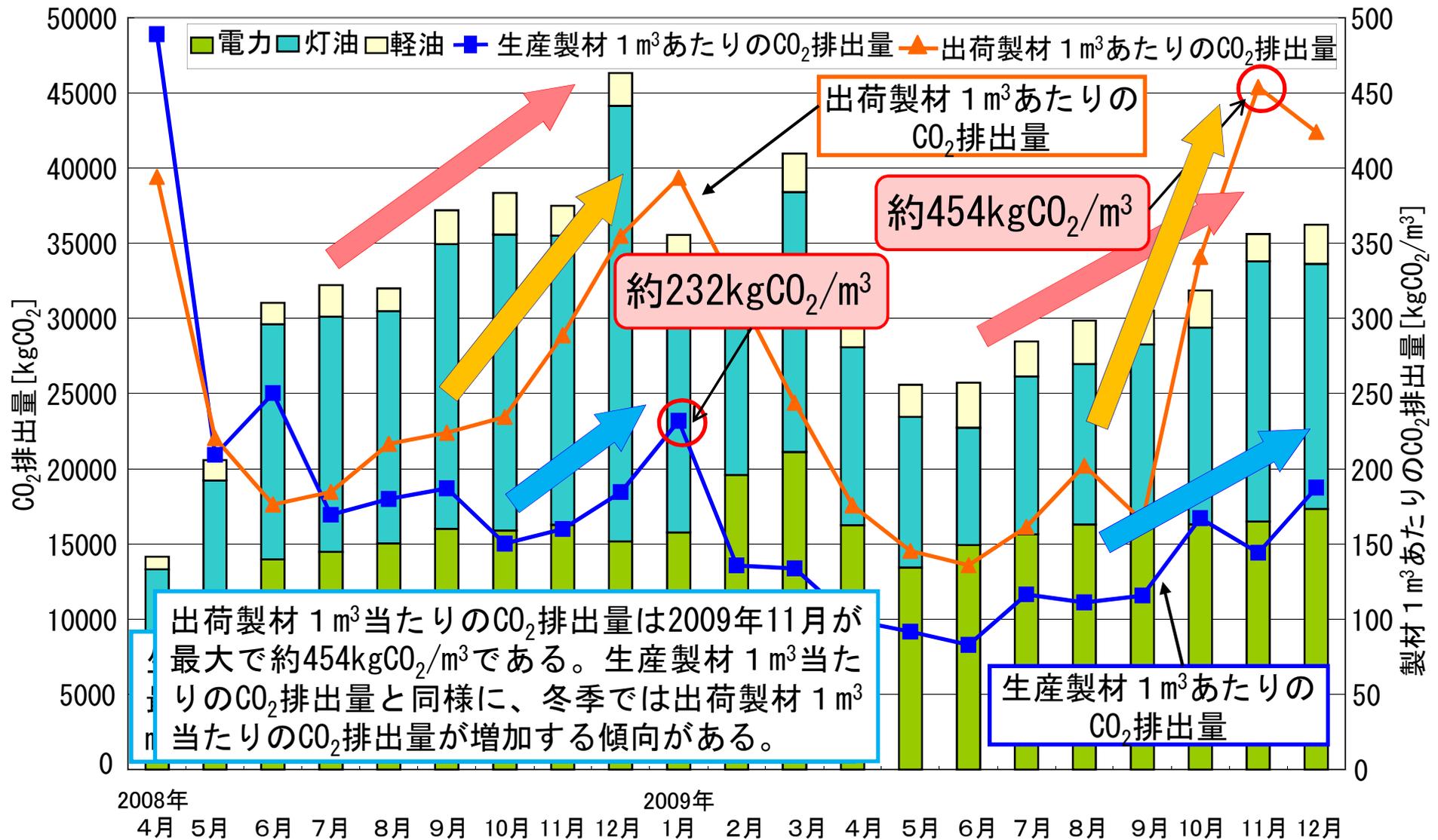


図 月別CO<sub>2</sub>排出量及び生産製材・出荷製材 1 m<sup>3</sup>あたりのCO<sub>2</sub>排出量

# 機械別の月平均CO<sub>2</sub>排出量及び電力消費量割合

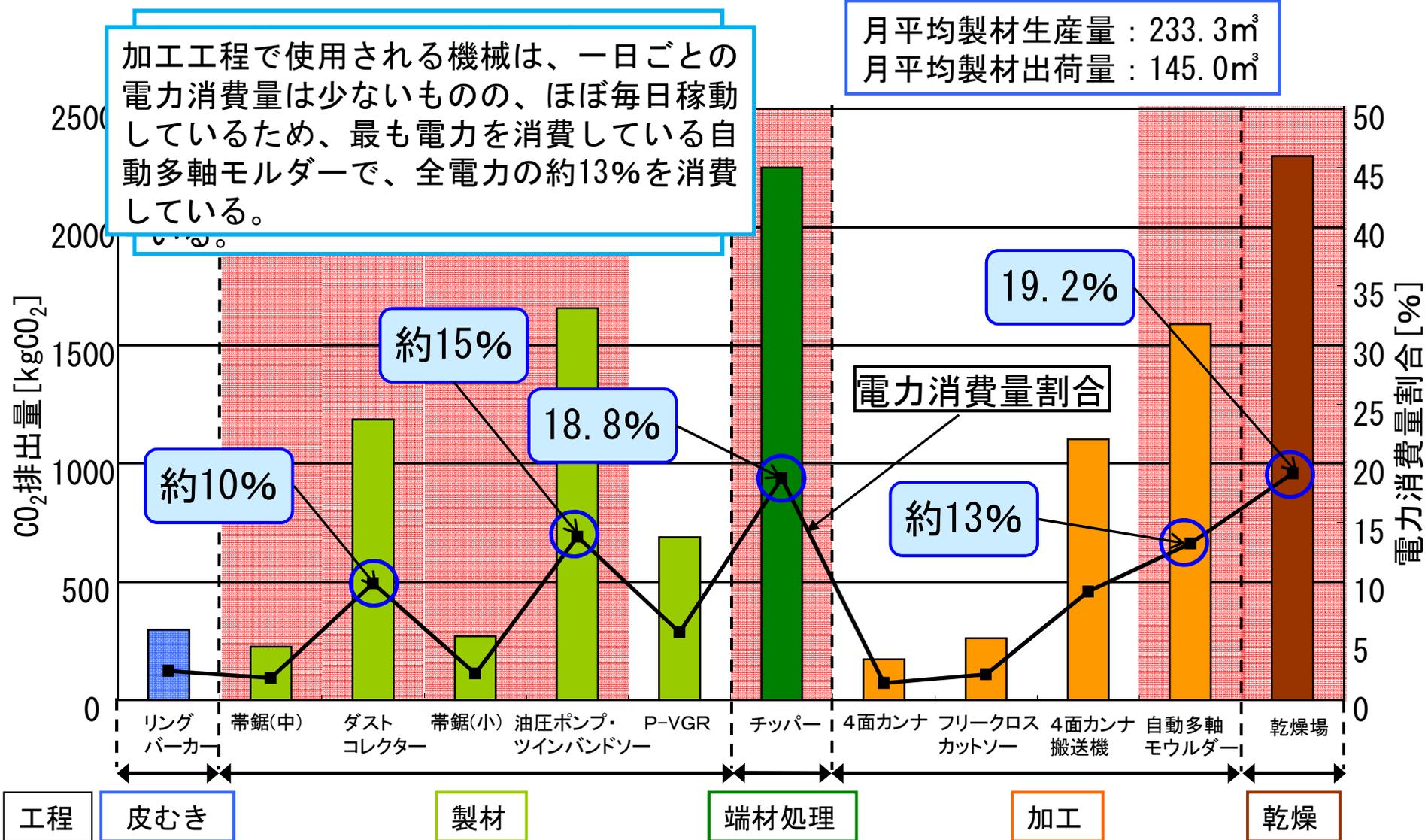


図 機械別の月平均CO<sub>2</sub>排出量及び電力消費量割合

# 2009年9月における人工乾燥機のCO<sub>2</sub>排出量



各乾燥機の1サイクルの平均CO<sub>2</sub>排出量は、9月では乾燥機A(高温)が1437kgCO<sub>2</sub>/サイクル、乾燥機B(中温)が1063kgCO<sub>2</sub>/サイクルである。

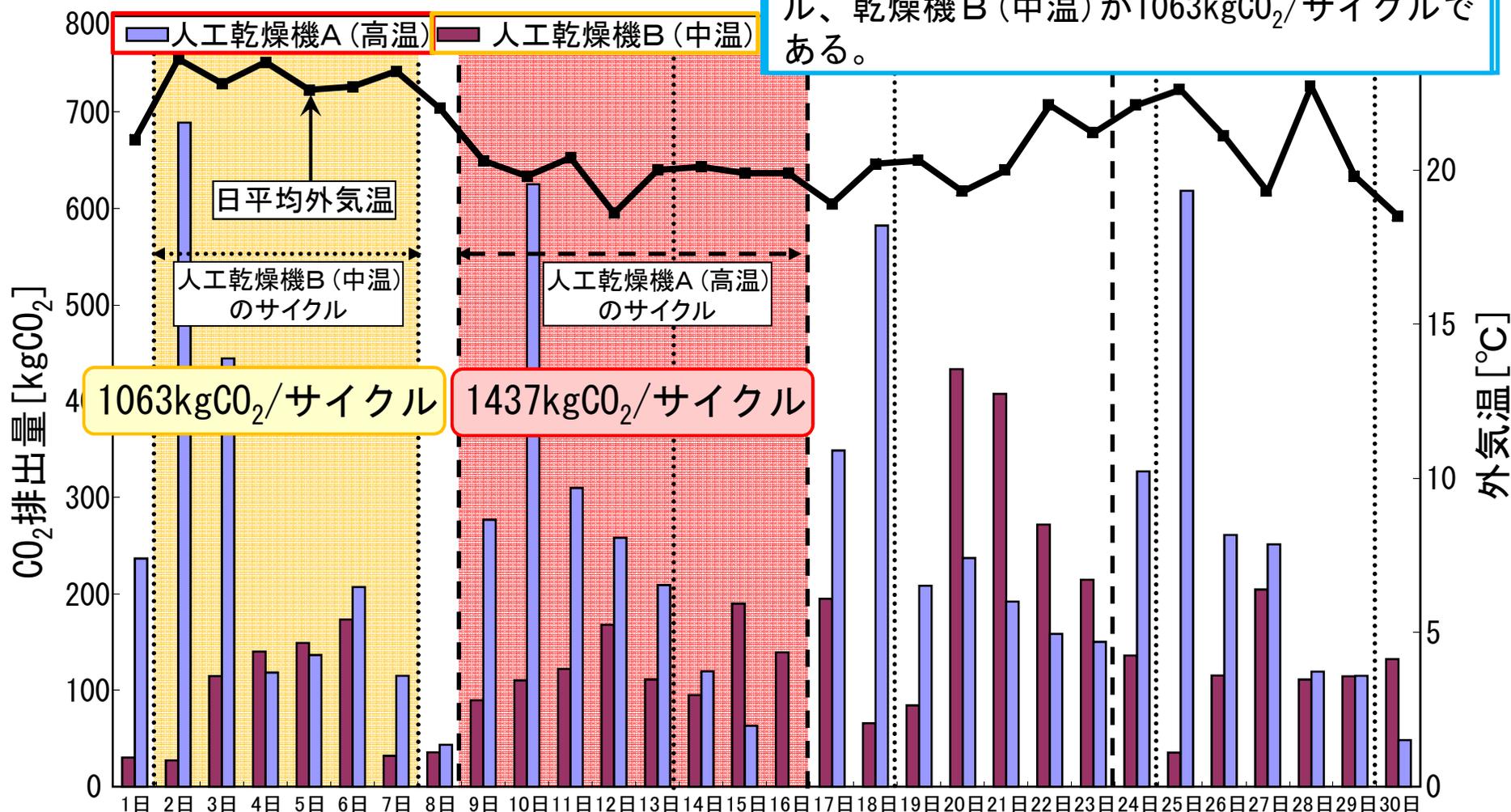


図 2009年9月における人工乾燥機のCO<sub>2</sub>排出量

# 2009年12月における人工乾燥機のCO<sub>2</sub>排出量



各乾燥機の1サイクルの平均CO<sub>2</sub>排出量は、12月では乾燥機A(高温)が1749kgCO<sub>2</sub>/サイクル、乾燥機B(中温)が1194kgCO<sub>2</sub>/サイクルである。

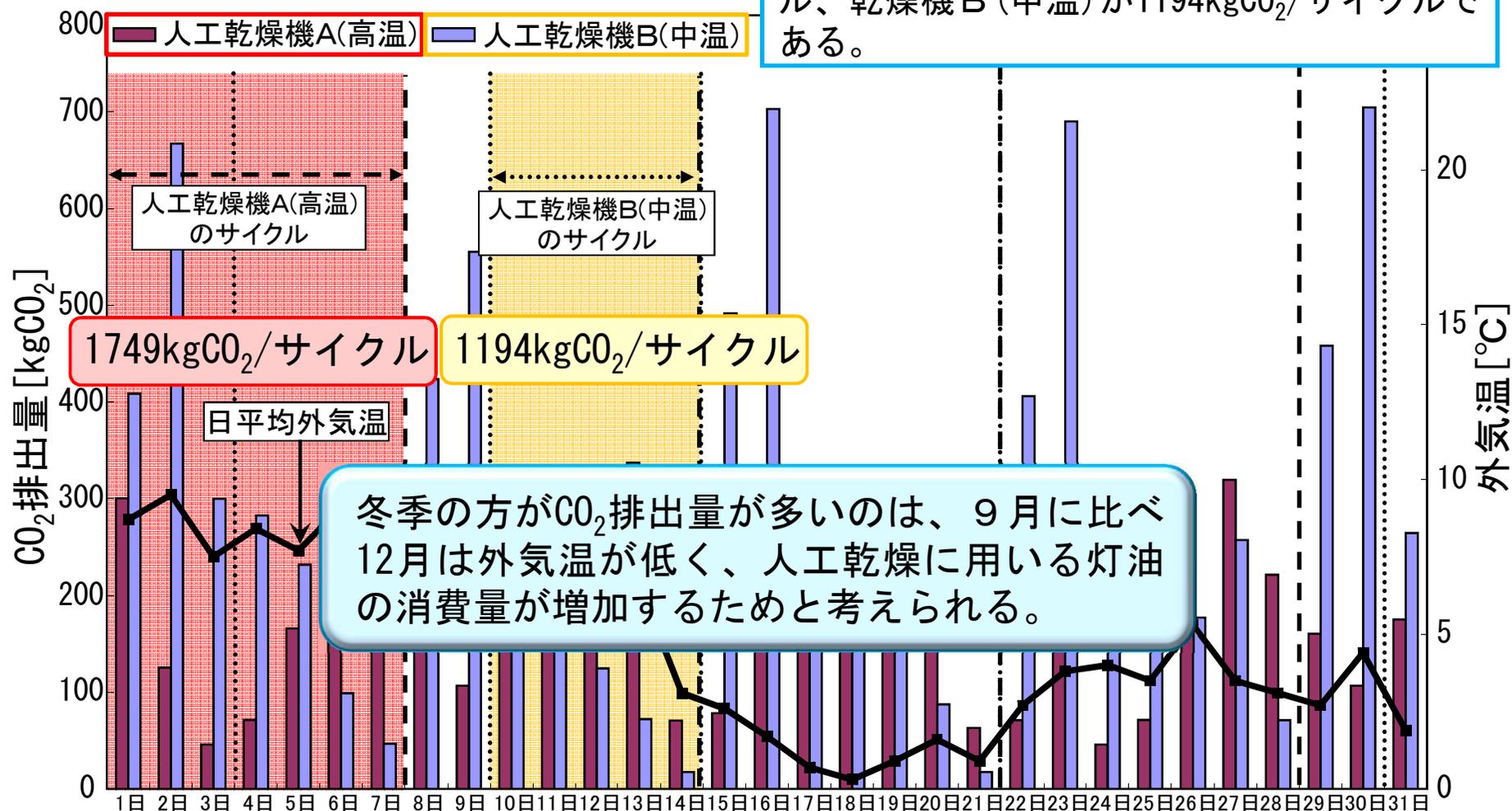


図 2009年12月における人工乾燥機のCO<sub>2</sub>排出量

# 2009年9月と12月における工程別CO<sub>2</sub>排出量

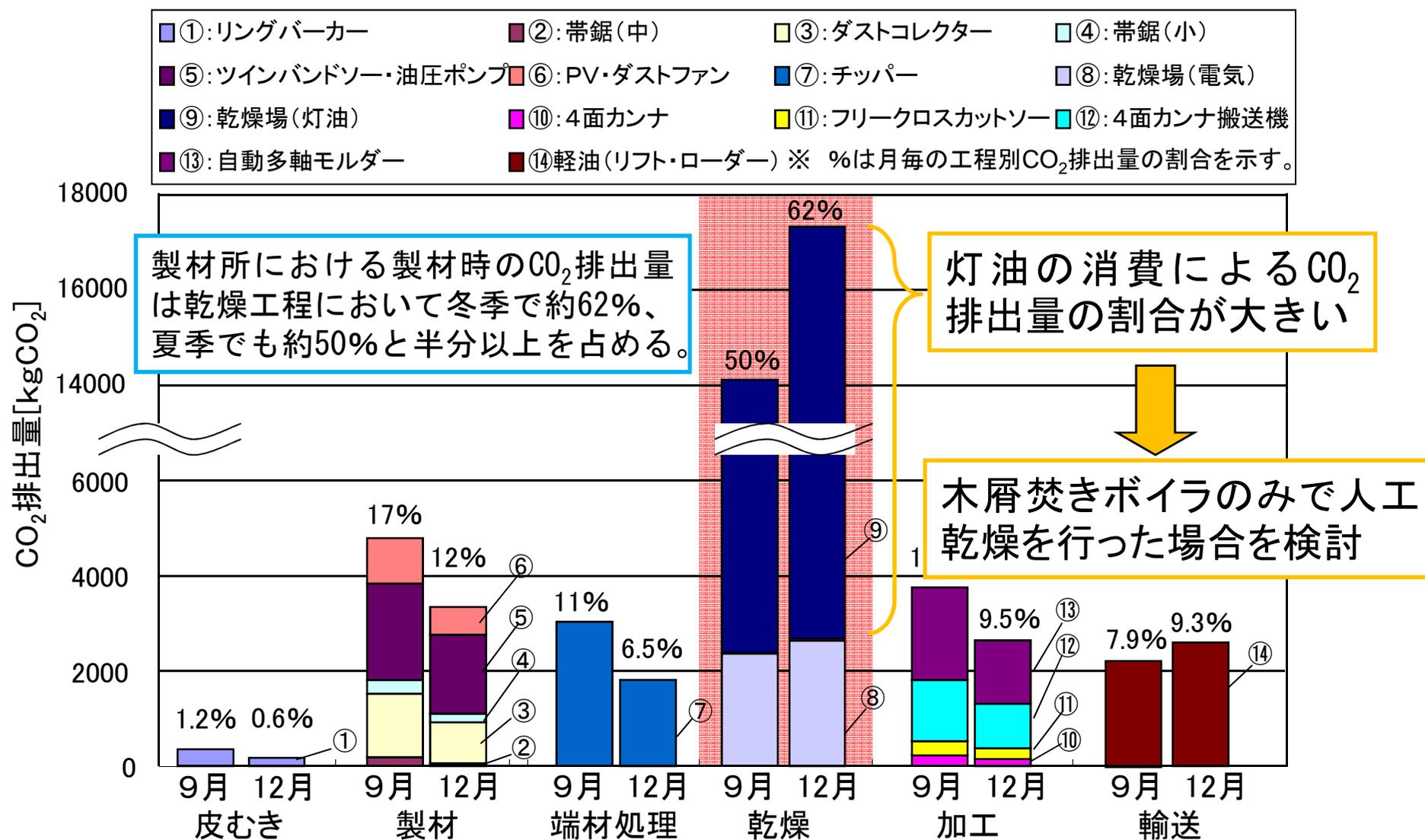
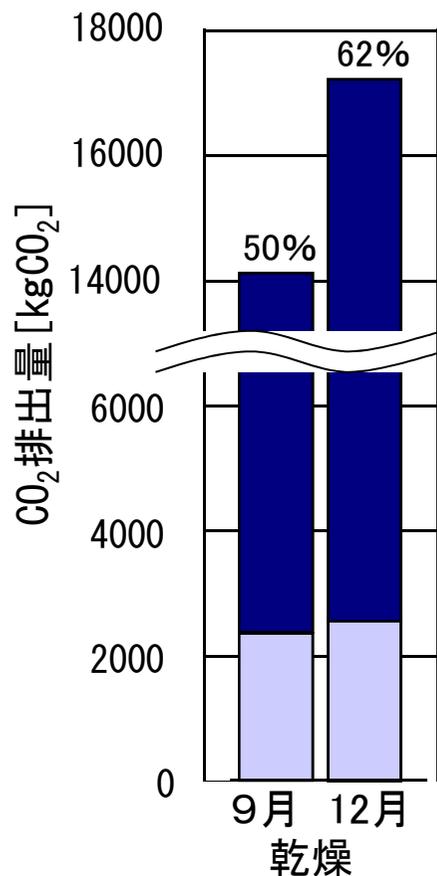


図 2009年9月と12月における工程別CO<sub>2</sub>排出量

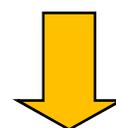
# 木屑焚きボイラによる人工乾燥



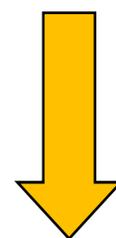
人工乾燥において灯油は年間約62kL使用



発熱量に換算すると年間約2275GJ発熱



同量の発熱を得るためには  
約630m<sup>3</sup>の木屑燃料が必要



※この製材所では年間約3000m<sup>3</sup>の丸太を製材しているのので、歩留まりを50%とすると、十分な木屑燃料を得ることが可能。

月平均で約12.9ton-CO<sub>2</sub>、年間で約154ton-CO<sub>2</sub>を削減することが可能

# 再加工工場におけるCO<sub>2</sub>排出量

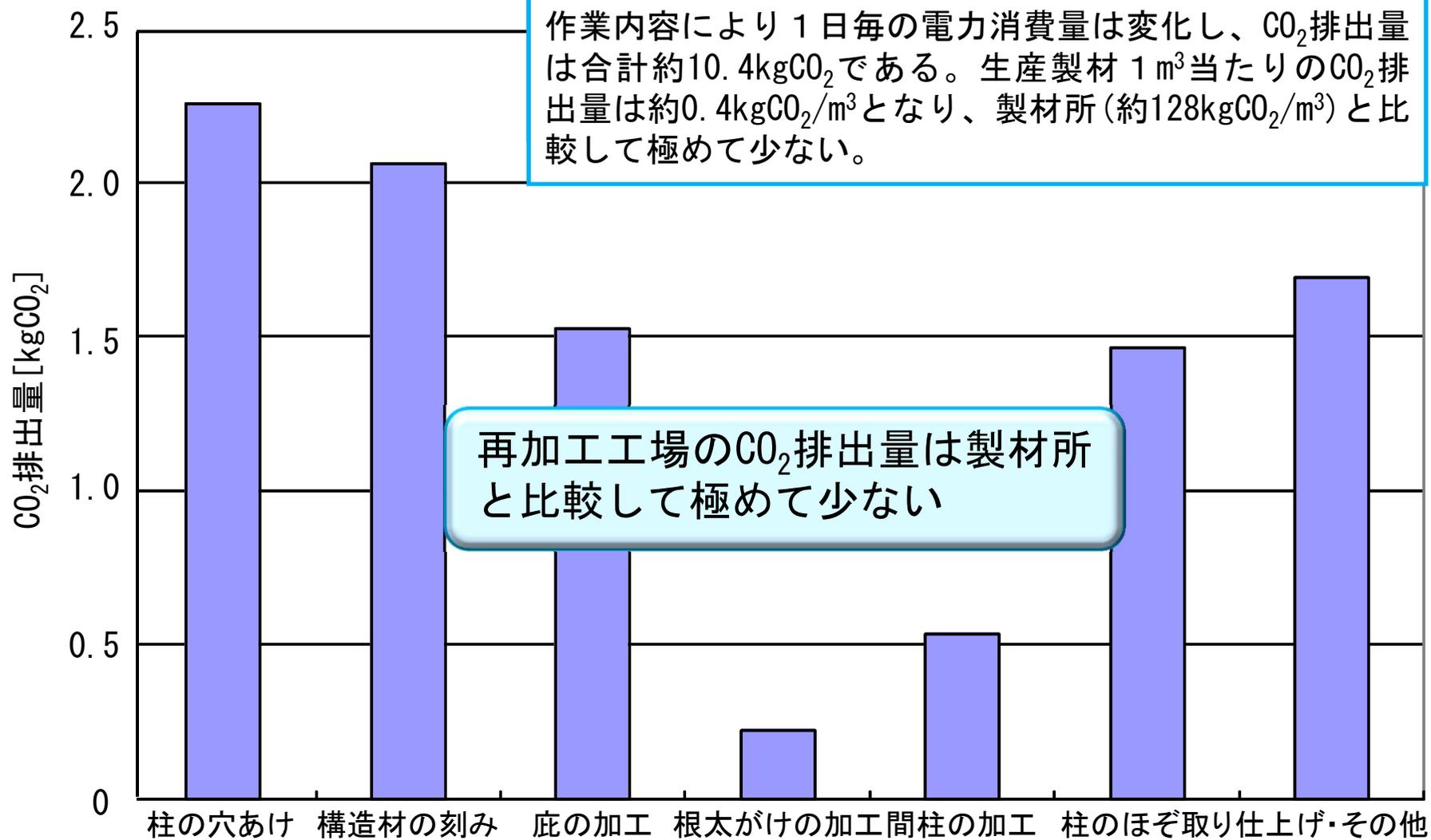


図 再加工工場におけるCO<sub>2</sub>排出量

# 住宅施工時のCO<sub>2</sub>排出量

施工現場までの往復の移動で発生するCO<sub>2</sub>排出量は1日平均23.9kgCO<sub>2</sub>、合計で1146.3kgCO<sub>2</sub>を排出しており、電力消費によるCO<sub>2</sub>排出量(83.1kgCO<sub>2</sub>)に比較して極めて多い。延床面積当たりのCO<sub>2</sub>排出量は10.8kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>となる。

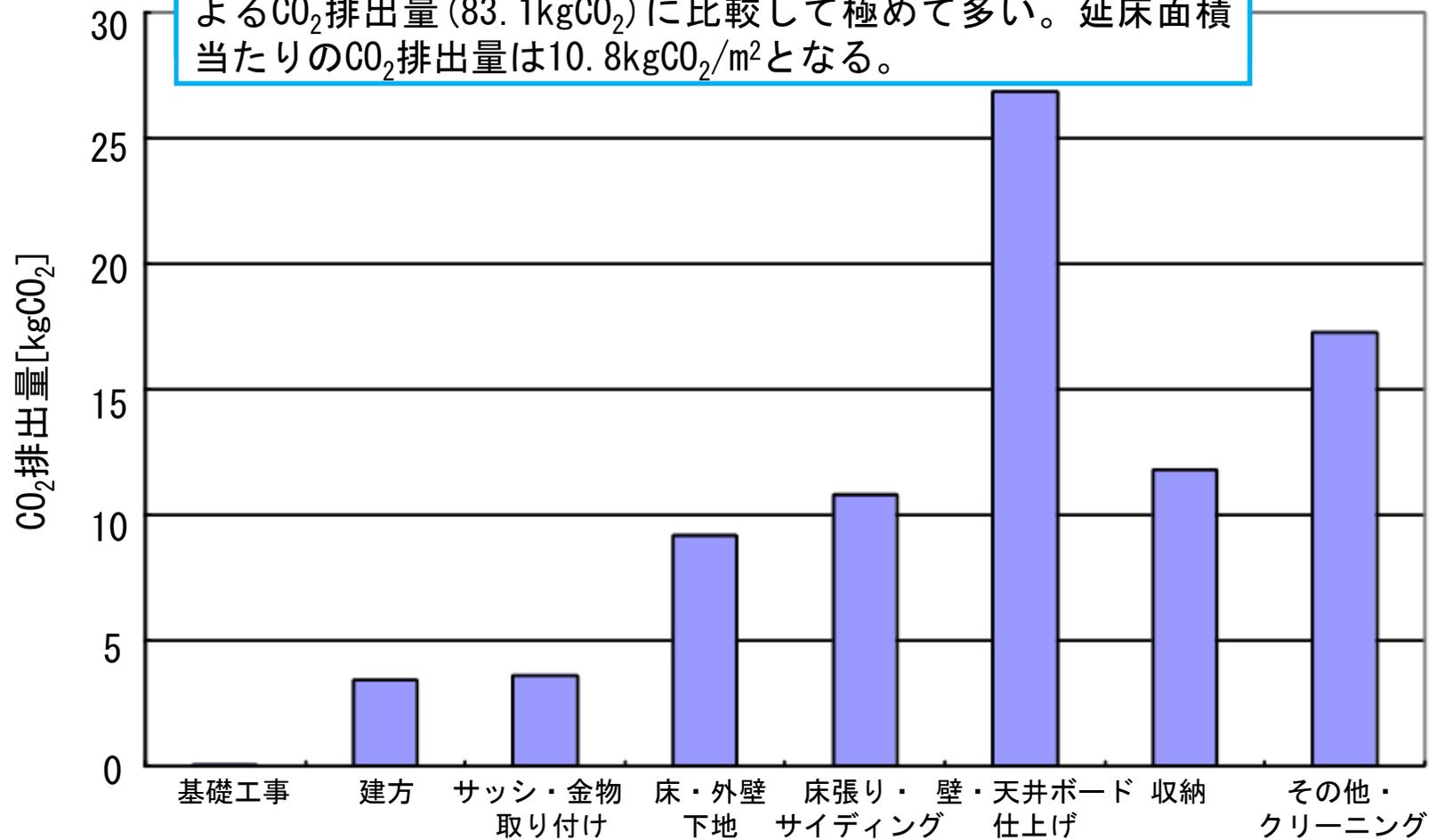


図 住宅施工時のCO<sub>2</sub>排出量

# 木材の輸送工程別CO<sub>2</sub>排出量

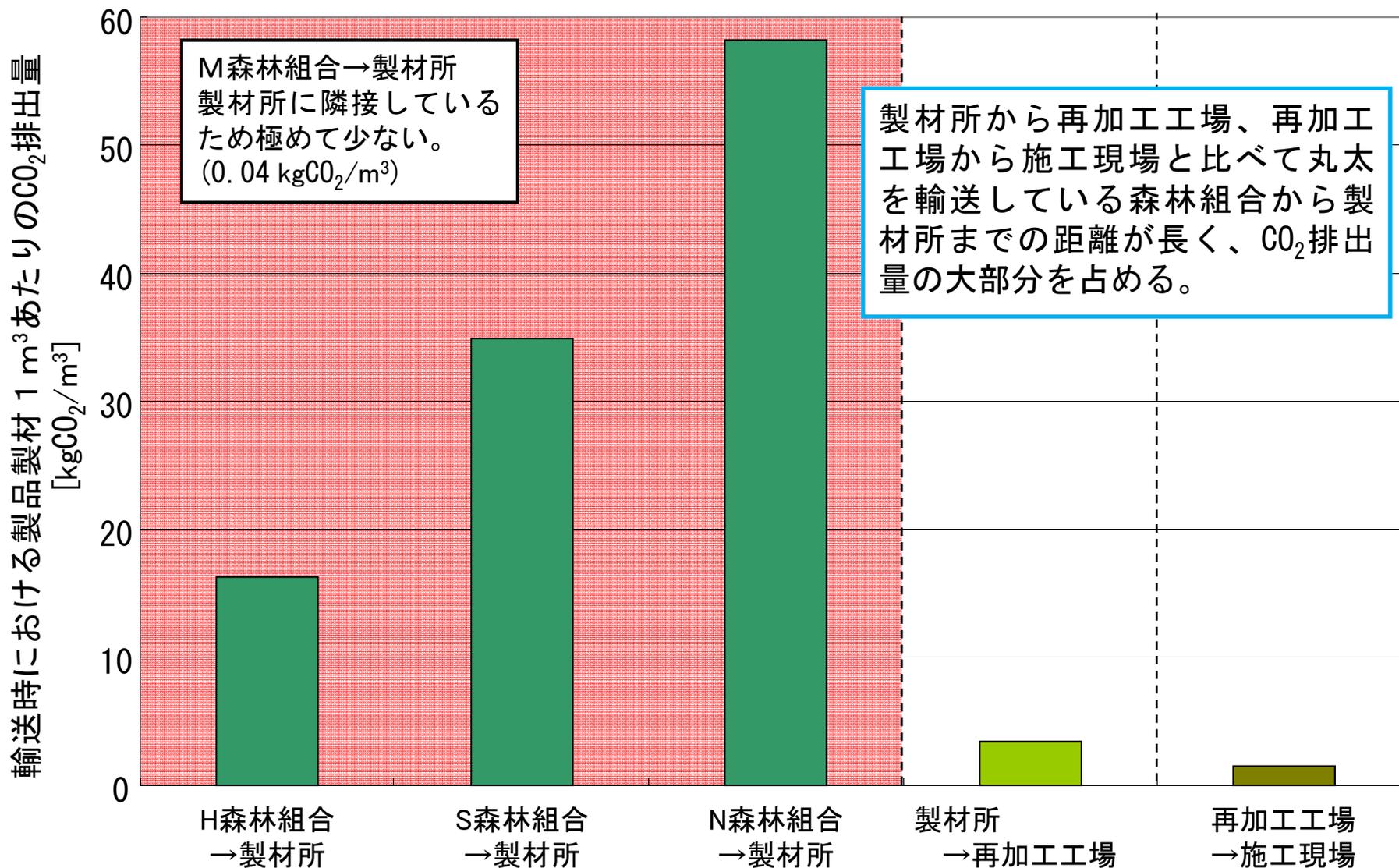


図 木材の輸送工程別CO<sub>2</sub>排出量

# 丸太輸入時の輸出国別CO<sub>2</sub>排出量

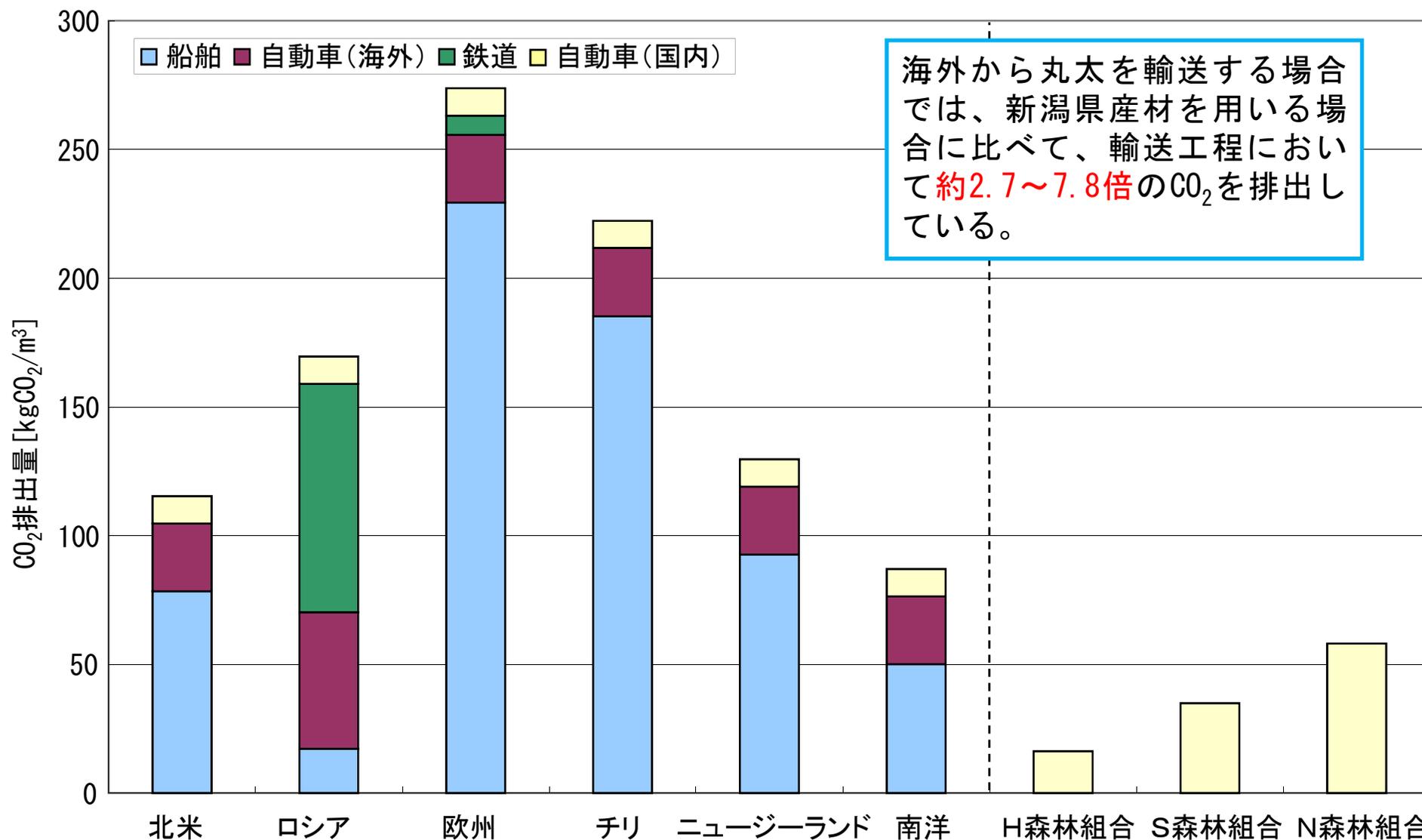


図20 丸太輸入時の輸出国別CO<sub>2</sub>排出量

# 工程別CO<sub>2</sub>排出量及び排出量割合

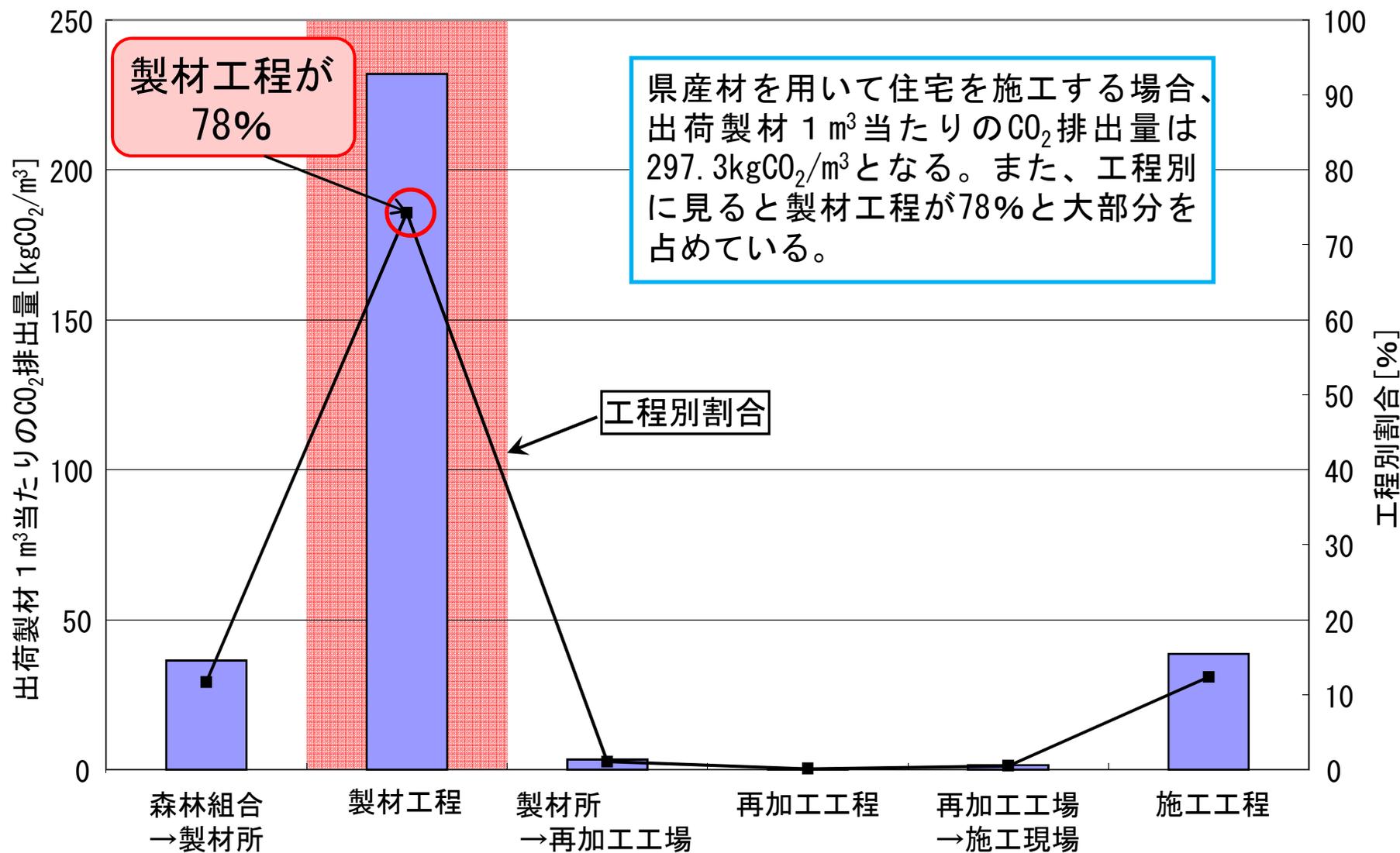


図21 工程別CO<sub>2</sub>排出量及び排出量割合

- ウッドマイレージ：木材の材積 × 輸送距離  
[m<sup>3</sup> · km]                      [m<sup>3</sup>]                      [km]
- ウッドマイレージL：木材の材積 × 輸送距離 (直線距離)  
[m<sup>3</sup> · km]                      [m<sup>3</sup>]                      [km]
- ウッドマイレージCO<sub>2</sub>：木材の材積 × 輸送距離 × CO<sub>2</sub>排出原単位  
[kg- CO<sub>2</sub>]                      [m<sup>3</sup>]                      [km]                      [kg- CO<sub>2</sub>/ m<sup>3</sup> · km]
- 流通把握度 (トレーサビリティ)：確実に流通経路を把握している材積/総材積  
[%]

# 各caseの日平均外気温と日平均室温の関係

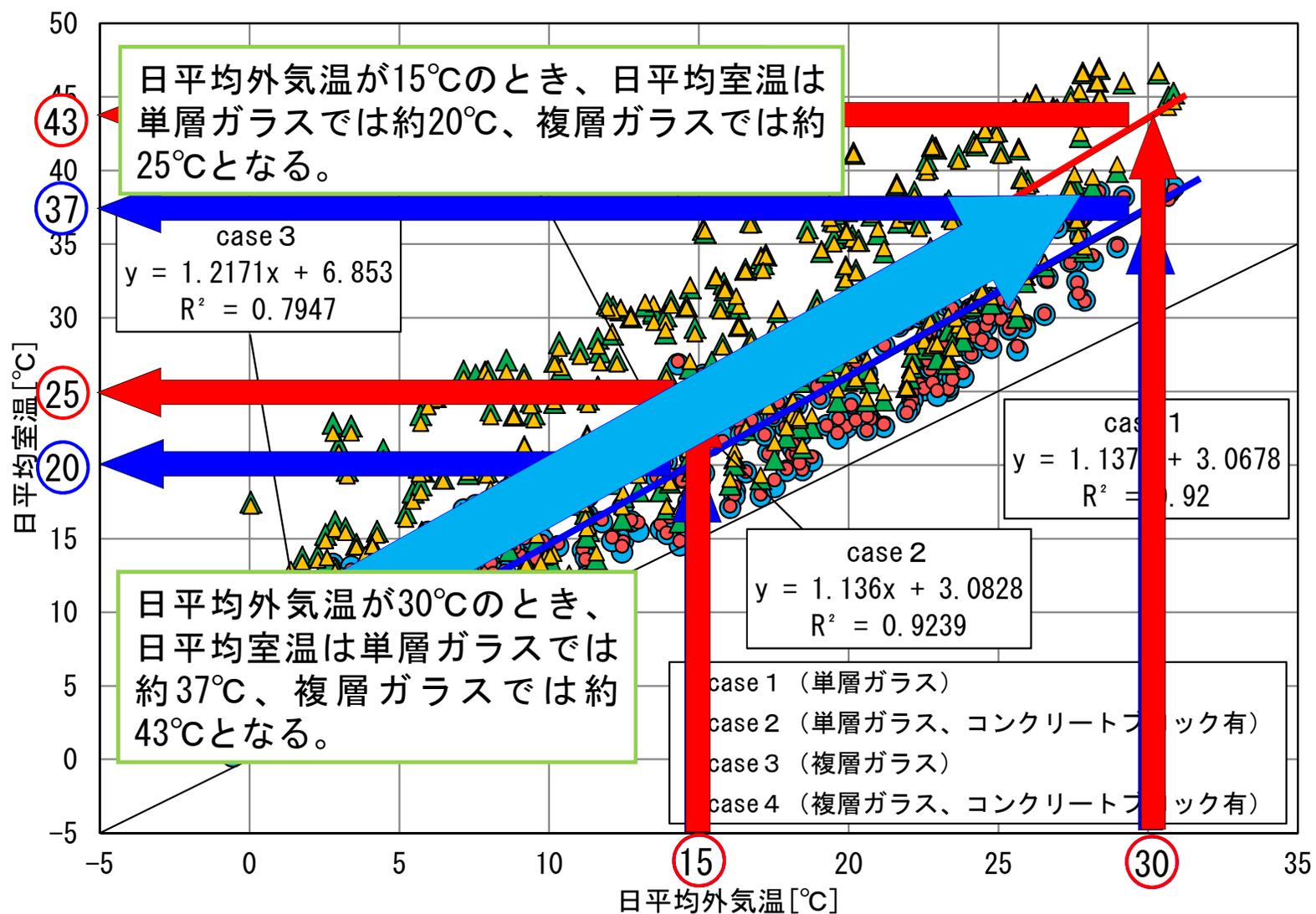


図1 シミュレーションによる各caseの日平均外気温と日平均室温の関係

# 日平均外気温と日平均室温の関係(実験①)

日平均外気温が5℃のとき日平均室温は約7℃となり、  
日平均外気温が15℃のとき日平均室温は約20℃となる。

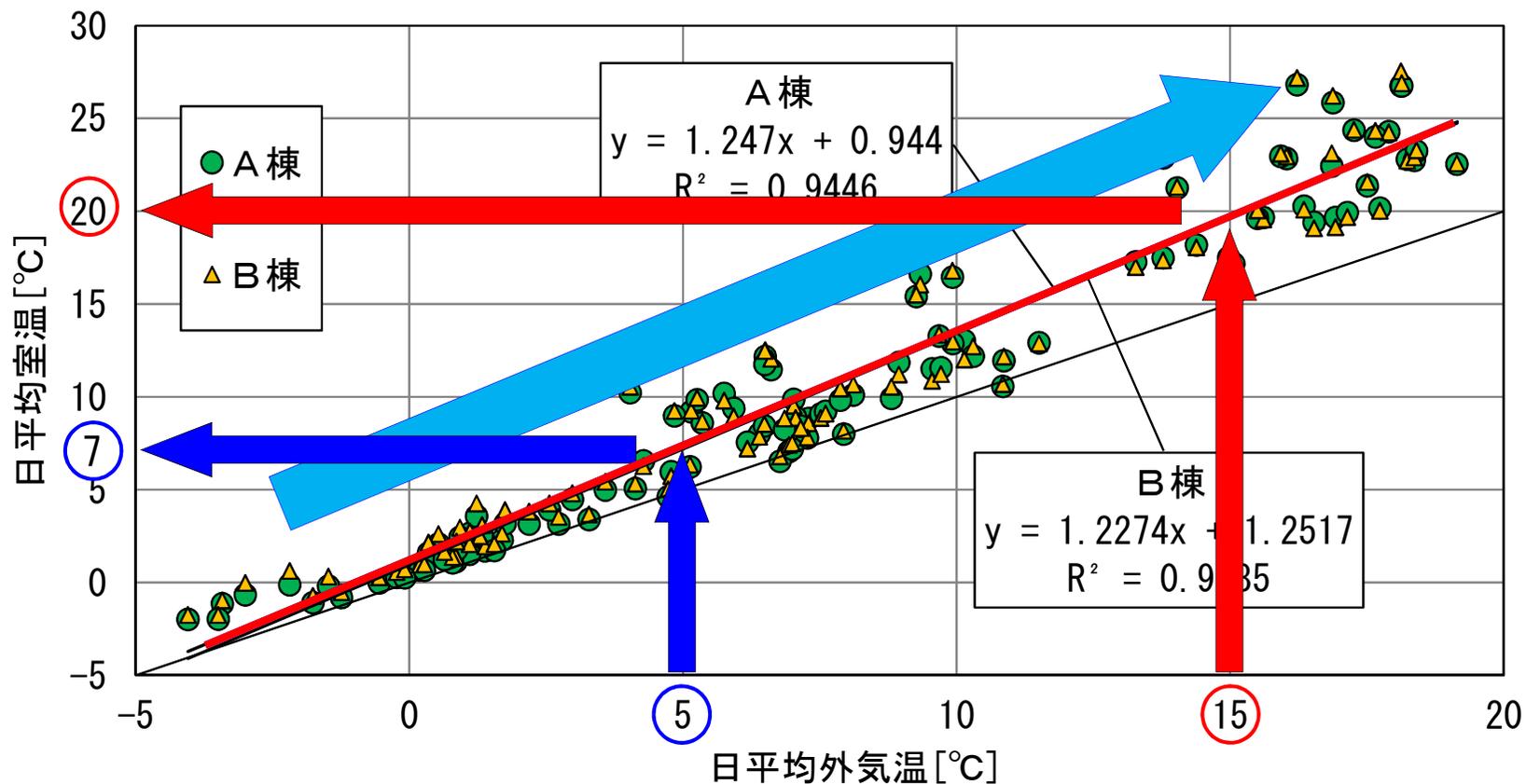


図4 日平均外気温と日平均室温の関係(実験①)

# 日平均外気温と日平均室温の関係(実験②)

日平均外気温が20°Cのとき日平均室温は約23°Cとなり、  
日平均外気温が30°Cのとき日平均室温は約38°Cとなる。

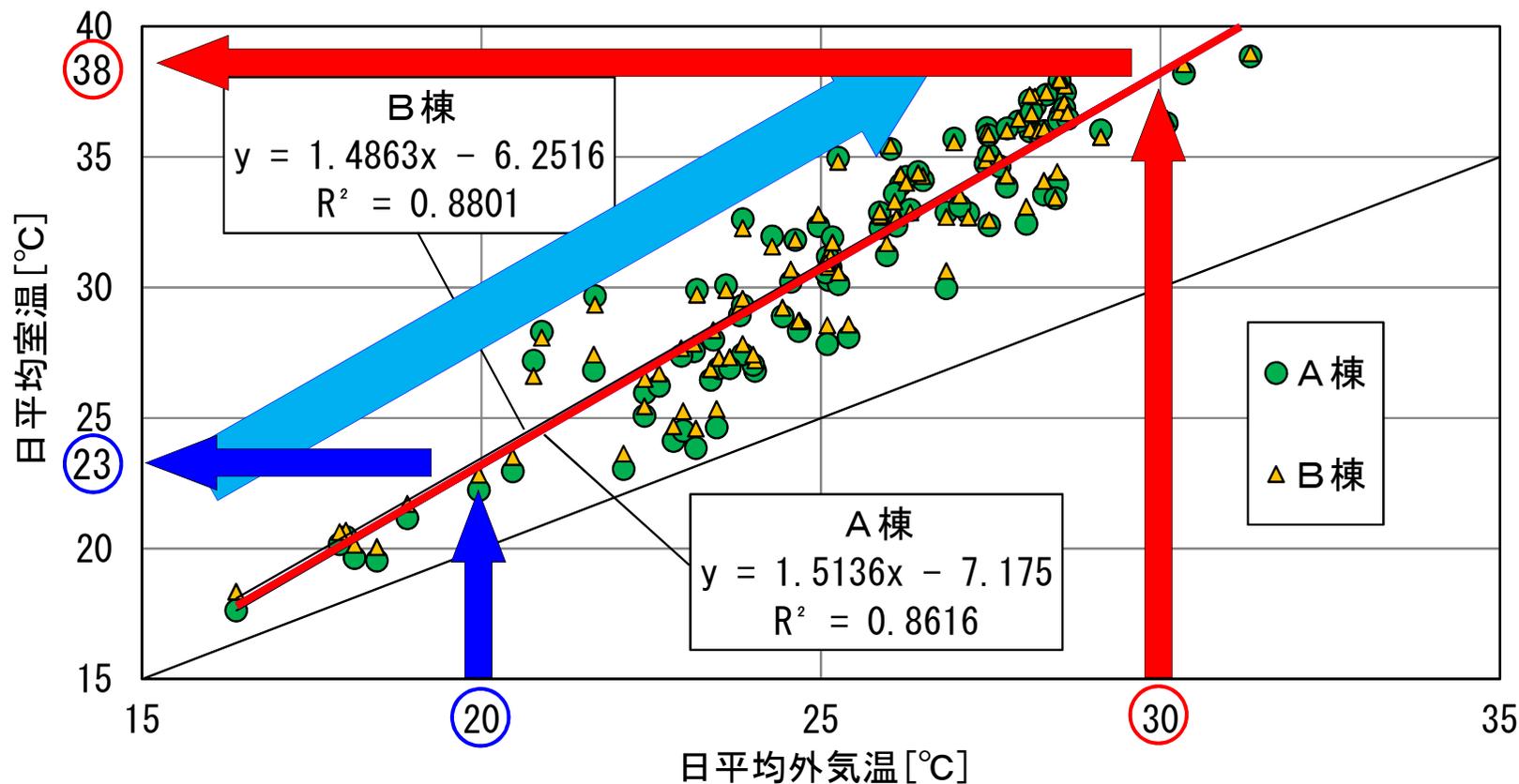


図10 日平均外気温と日平均室温の関係(実験②)

外側対流熱伝達率: 23 [W/m<sup>2</sup>K]

内側対流熱伝達率: 9 [W/m<sup>2</sup>K]

屋根・壁: エアサンドイッチ+ポリカーボネート

厚さ: 0.006 [m]

熱貫流率: 3.42 [W/m<sup>2</sup>K]

屋根・壁: ポリカーボネート

厚さ: 0.002 [m]

熱貫流率: 6.06 [W/m<sup>2</sup>K]

外部から逃げる熱量 [W/K] = 熱貫流率 [W/m<sup>2</sup>K] × 面積 [m<sup>2</sup>] × 外気係数

熱損失係数 [W/m<sup>2</sup>K] = 外部から逃げる熱量 [W/K] ÷ 床面積 [m<sup>2</sup>]



図 対象製材所の配置図

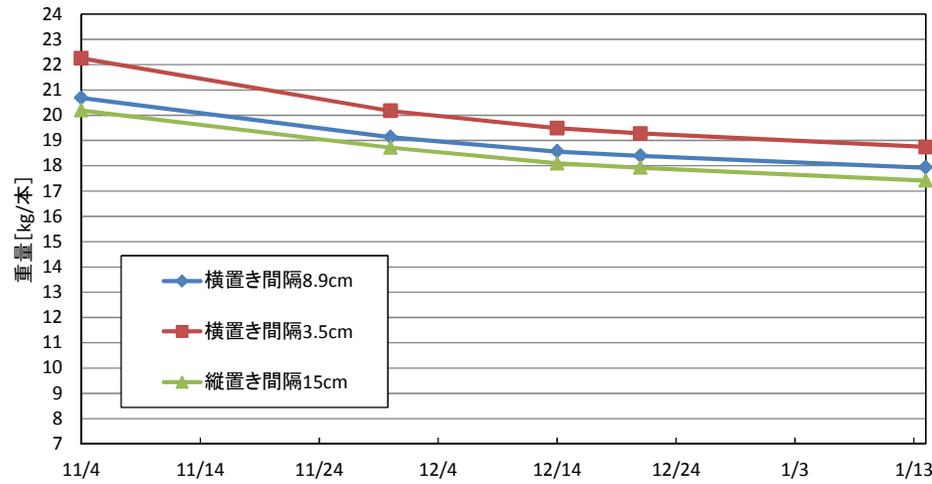


9/27-10/31	A棟		B棟		外気	
	温度 [°C]	相对湿度 [%]	温度 [°C]	相对湿度 [%]	温度 [°C]	相对湿度 [%]
測定点①	20.4	62.9	20.4	62.7	15.2	83.1
測定点②	20.8	63.4	21.1	63.4		
測定点③	20.2	63.1	20.9	64.5		

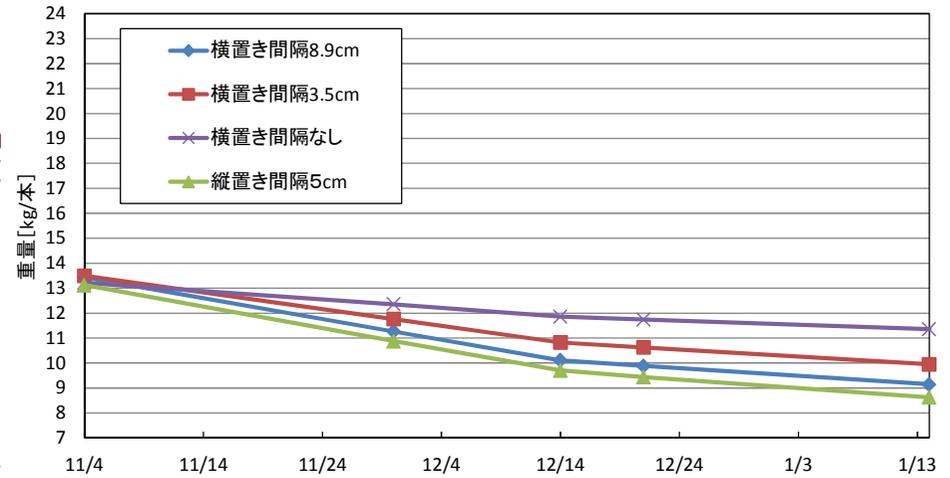
11/1-1/16	A棟		B棟		外気	
	温度 [°C]	相对湿度 [%]	温度 [°C]	相对湿度 [%]	温度 [°C]	相对湿度 [%]
測定点①	6.0	95.5	6.4	94.4	4.2	86.5
測定点②	6.6	94.4	6.7	93.6		
測定点③	6.3	94.8	6.4	94.2		

	A棟		B棟		外気	
	温度 [°C]	相对湿度 [%]	温度 [°C]	相对湿度 [%]	温度 [°C]	相对湿度 [%]
6/16-6/30	25.9	70.7	26.2	74.4	21.4	82.9
8/1-8/31	32.3	56.1	32.5	59.9	25.1	80.3

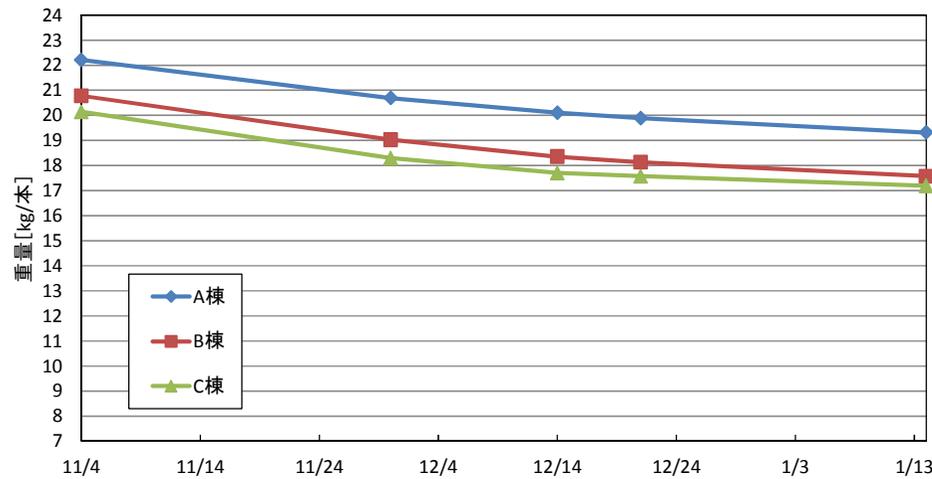
# 木材重量 (実験①)



(1) 設置条件

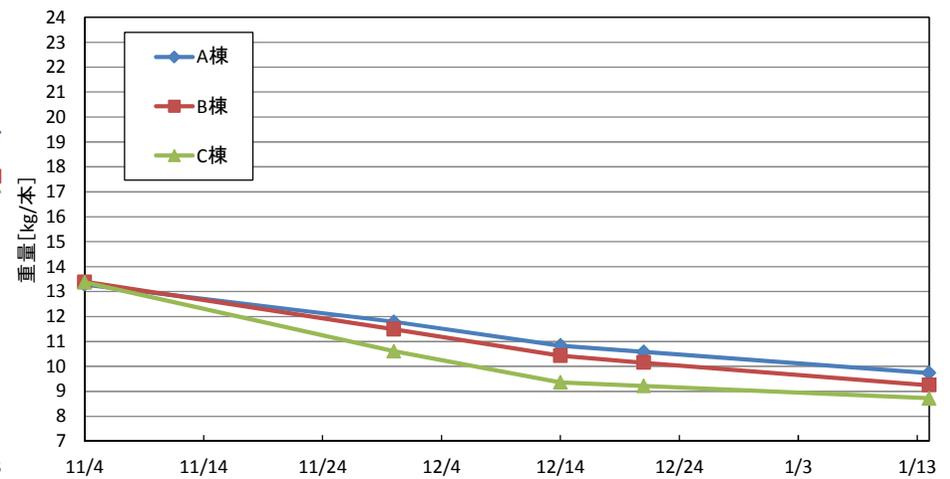


(1) 設置条件



(2) 乾燥施設

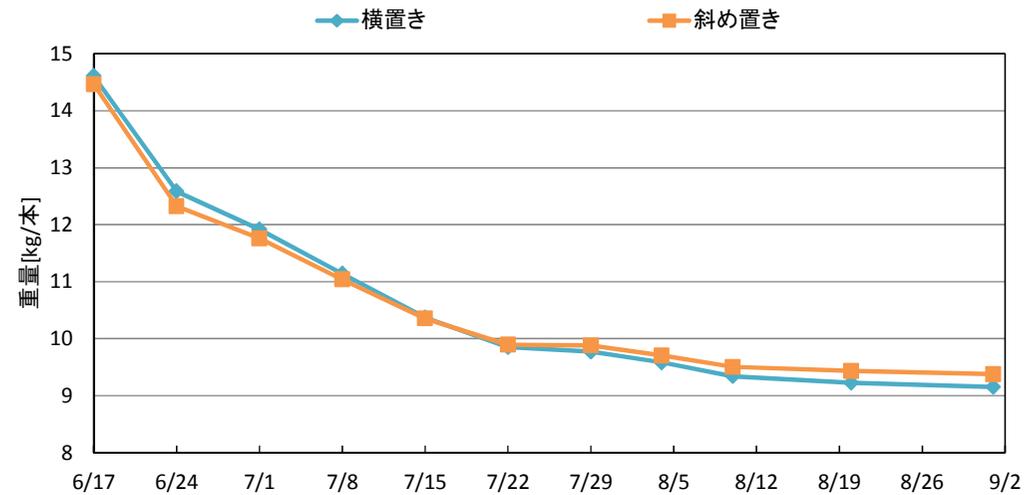
☒ 正角材



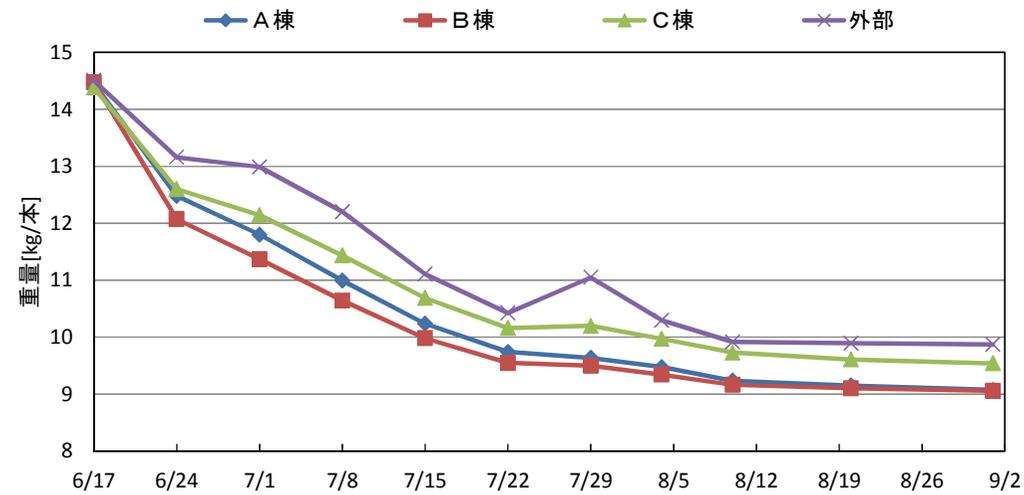
(2) 乾燥施設

☒ 平板材

# 木材重量 (実験②)

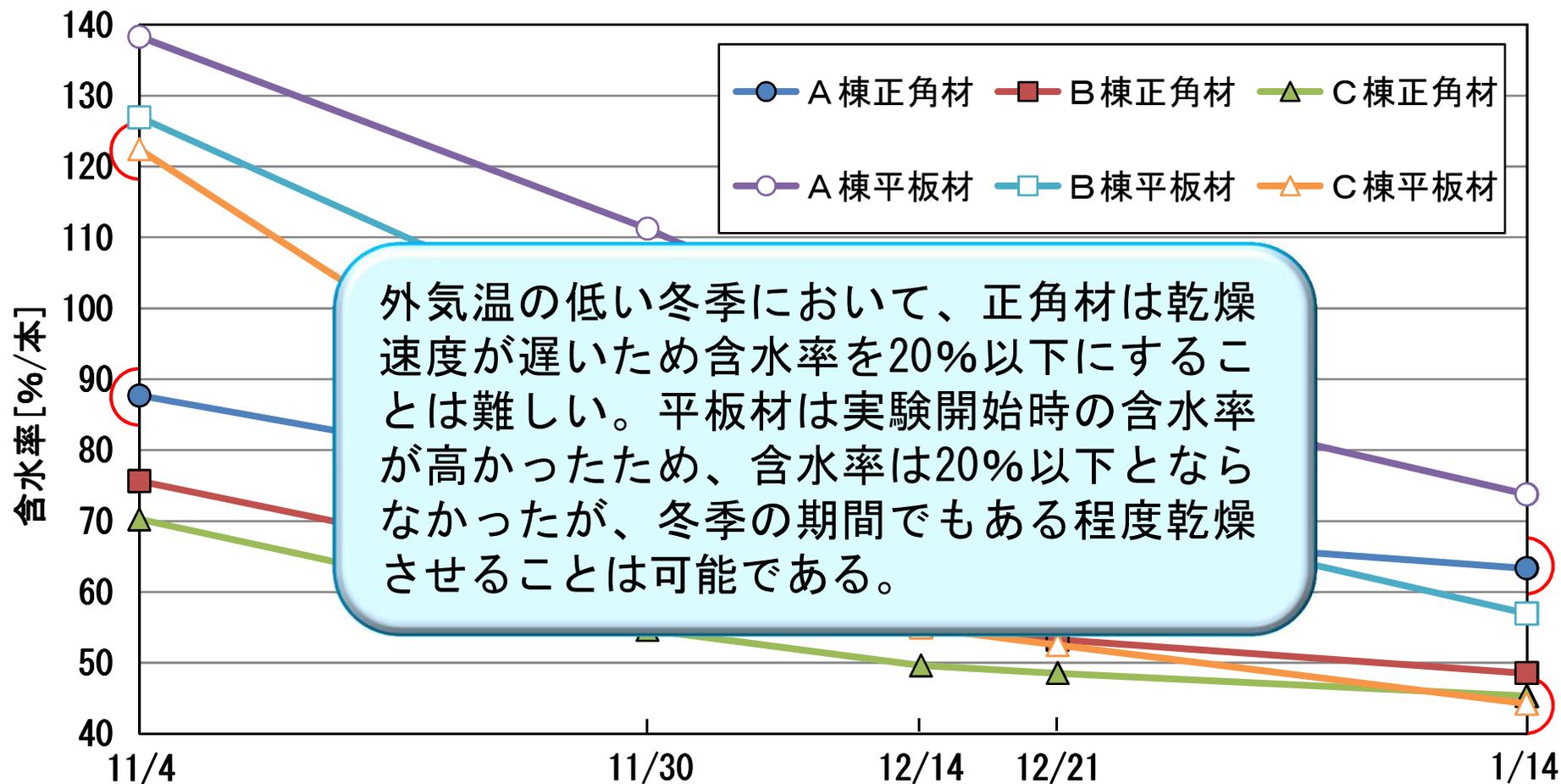


(1) 設置条件



(2) 乾燥施設

# 木材乾燥施設による木材乾燥状況(実験①)



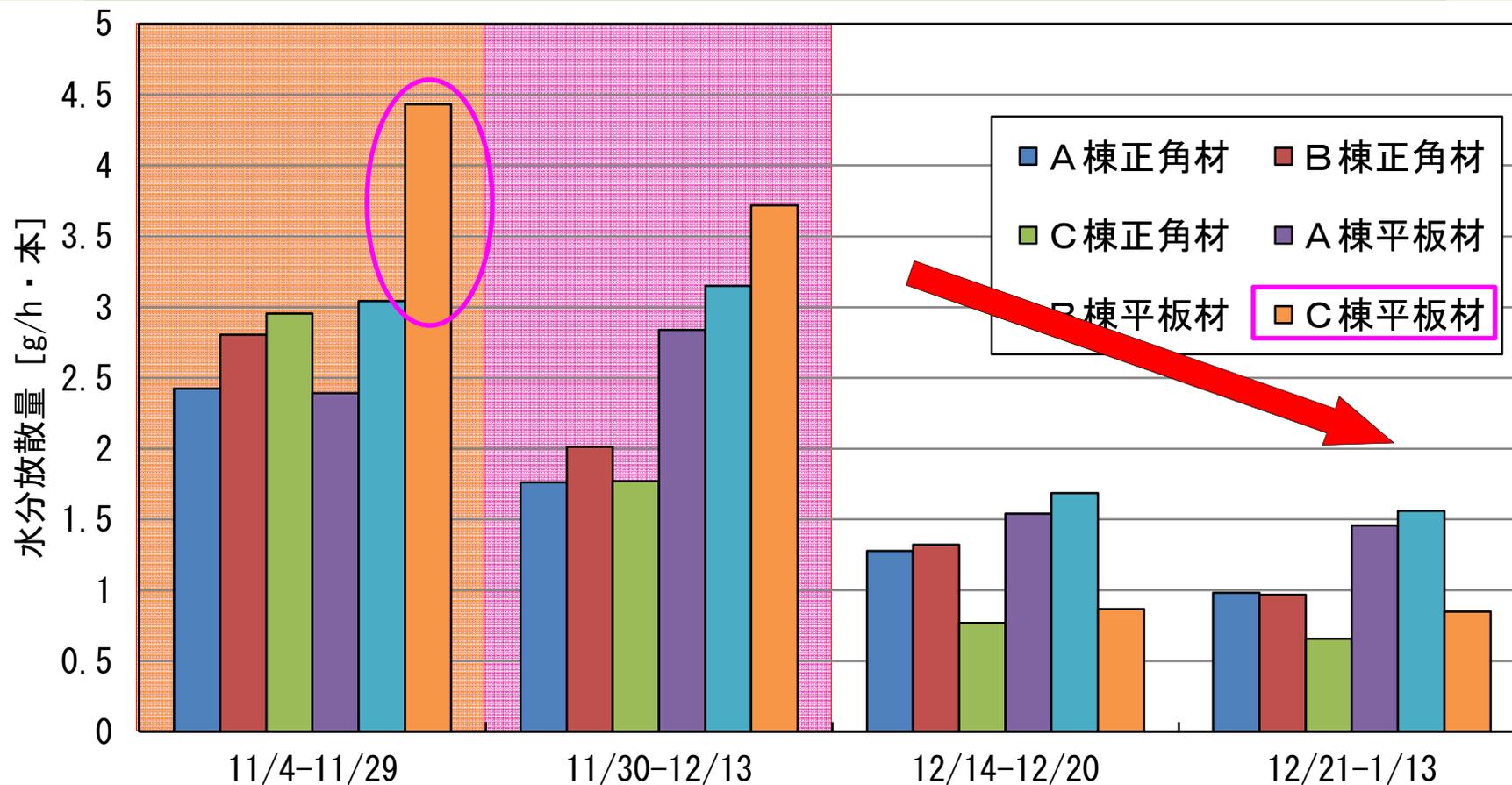
(1) 含水率

図 木材乾燥施設による木材乾燥状況(実験①)  
※図中の数値は正角材・平板材の乾燥施設ごとの全木材の平均値。

# 木材乾燥施設による木材乾燥状況(実験①)



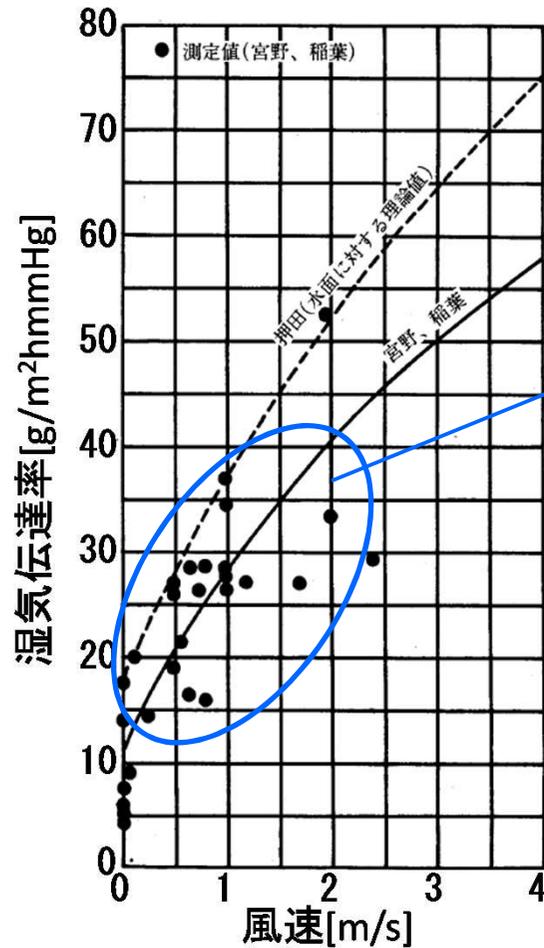
乾燥開始から約1か月(11/4-11/29)では、正角材・平板材でC棟に設置した木材の水分放散量が他の乾燥施設と比べて多く、平板材では特に差が大きい。



(2) 1時間当たりの水分放散量

図 木材乾燥施設による木材乾燥状況(実験①)

※図中の数値は正角材・平板材の乾燥施設ごとの全木材の平均値。



無風時と比較して湿気伝達率は、  
風速が 1 m/s 時で 3 倍、 2 m/s 時  
で 4 倍になる。

※名古屋工業大学 宮野秋彦  
「住宅の結露を防ぐために  
建築材料や空間の湿気性能」

図 湿気伝達率と風速の関係

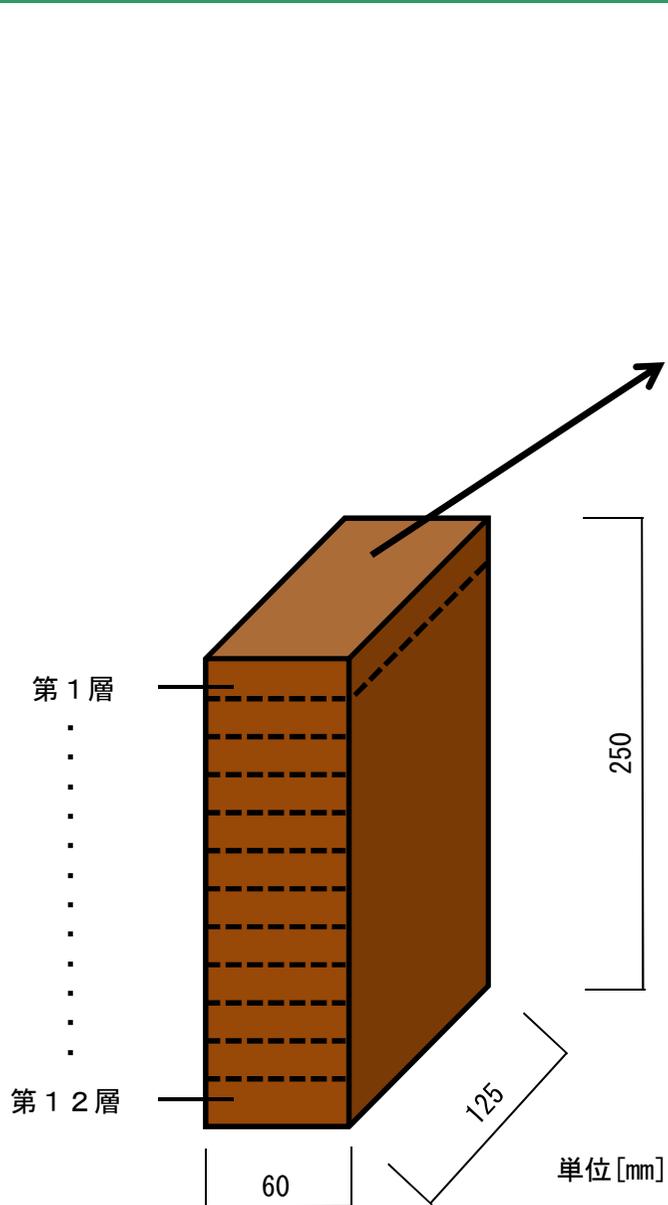
全乾比重[g/m <sup>3</sup> ]	
A1	0.41
A2	0.36
A3	0.32
A4	0.35
A5	0.35
A6	0.36
A7	0.34
A8	0.31
A9	0.32
A10	0.37
A11	0.35
A12	0.41
A13	0.35
A14	0.40
A15	0.34
A16	0.30
A17	0.37
A18	0.32
A19	0.34
A20	0.35

全乾比重[g/m <sup>3</sup> ]	
B1	0.33
B2	0.35
B3	0.31
B4	0.34
B5	0.39
B6	0.31
B7	0.33
B8	0.36
B9	0.37
B10	0.35
B11	0.34
B12	0.35
B13	0.36
B14	0.38
B15	0.31
B16	0.35
B17	0.41
B18	0.35
B19	0.38
B20	0.31

全乾比重[g/m <sup>3</sup> ]	
C1	0.35
C2	0.38
C3	0.32
C4	0.38
C5	0.39
C6	0.32
C7	0.35
C8	0.35
C9	0.37
C10	0.34
C11	0.33
C12	0.38
C13	0.33
C14	0.34
C15	0.35
C16	0.36
C17	0.32
C18	0.34
C19	0.37
C20	0.34

全乾比重[g/m <sup>3</sup> ]	
外部1	0.33
外部2	0.34
外部3	0.35
外部4	0.33
外部5	0.37
外部6	0.39
外部7	0.34
外部8	0.34
外部9	0.33
外部10	0.35

# 全乾比重



13	7	1
14	8	2
15	9	3
16	10	4
17	11	5
18	12	6

第一層

0.32	0.34	0.37
0.35	0.33	0.36
0.33	0.36	0.35
0.33	0.36	0.34
0.32	0.32	0.36
0.31	0.42	0.38
0.42	0.31	0.35

第二層

0.31	0.40	0.67
0.45	0.65	0.72
0.46	0.40	0.41
0.32	0.35	0.35
0.33	0.29	0.36
0.25	0.42	0.40
0.72	0.25	0.42

第三層

0.34	0.38	0.64
0.41	0.57	0.61
0.35	0.43	0.39
0.32	0.34	0.33
0.28	0.26	0.36
0.31	0.39	0.40
0.64	0.26	0.40

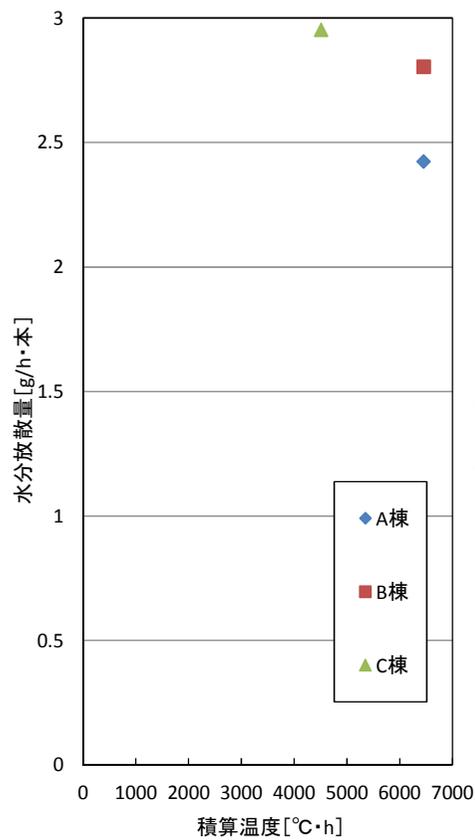
第四層

0.31	0.31	0.35
0.31	0.35	0.32
0.31	0.36	0.33
0.42	0.34	0.30
0.38	0.35	0.39
0.32	0.42	0.44
0.44	0.30	0.35

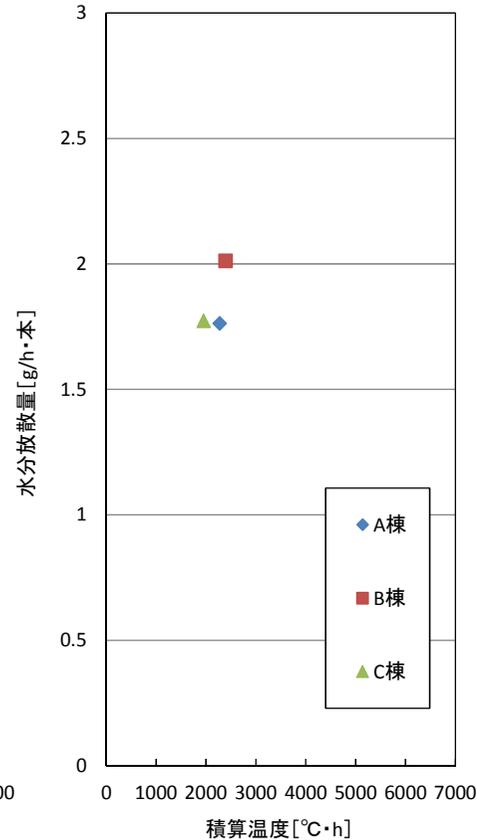
		最大值	最小値	平均値	標準偏差
水平方向	1層	0.42	0.31	0.35	0.026
	2層	0.46	0.25	0.37	0.057
	3層	0.43	0.26	0.35	0.047
	4層	0.44	0.30	0.35	0.042
	5層	0.48	0.31	0.36	0.053
	6層	0.43	0.29	0.34	0.036
	7層	0.40	0.28	0.33	0.031
	8層	0.41	0.27	0.33	0.032
	9層	0.46	0.29	0.33	0.040
	10層	0.46	0.29	0.35	0.050
	11層	0.46	0.29	0.36	0.044
	12層	0.40	0.29	0.34	0.035
					0.35

		最大值	最小値	平均値	標準偏差
鉛直方向	①	0.39	0.33	0.35	0.016
	②	0.39	0.32	0.35	0.019
	③	0.41	0.31	0.34	0.031
	④	0.35	0.29	0.31	0.019
	⑤	0.43	0.33	0.36	0.025
	⑥	0.48	0.38	0.43	0.031
	⑦	0.40	0.31	0.35	0.030
	⑧	0.37	0.31	0.33	0.021
	⑨	0.43	0.33	0.37	0.032
	⑩	0.36	0.30	0.33	0.020
	⑪	0.35	0.26	0.30	0.028
	⑫	0.46	0.38	0.41	0.021
	⑬	0.34	0.30	0.31	0.008
	⑭	0.45	0.31	0.35	0.039
	⑮	0.46	0.31	0.34	0.045
	⑯	0.45	0.32	0.36	0.044
	⑰	0.43	0.28	0.32	0.047
	⑱	0.32	0.25	0.31	0.021
				0.35	0.028

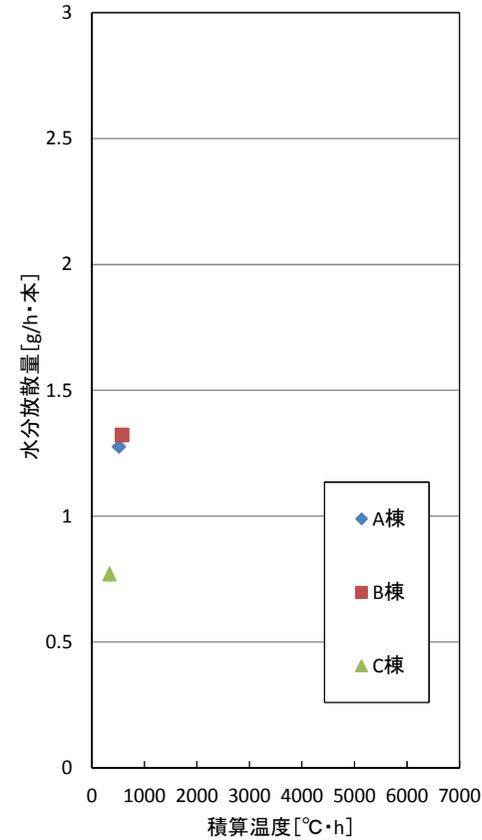
# 積算温度と水分放散量の関係(実験①)



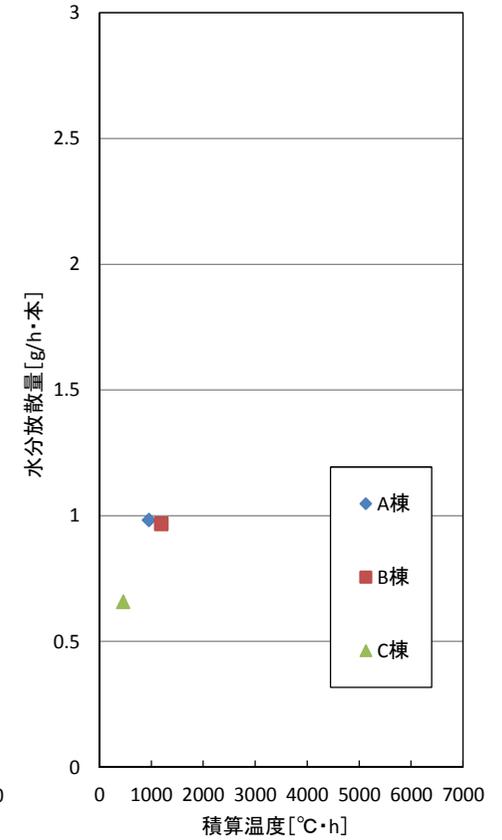
(1) 11/4-11/29



(2) 11/30-12/13



(3) 12/14-12/20



(4) 12/21-1/13

図 正角材

# 積算温度と水分放散量の関係(実験①)

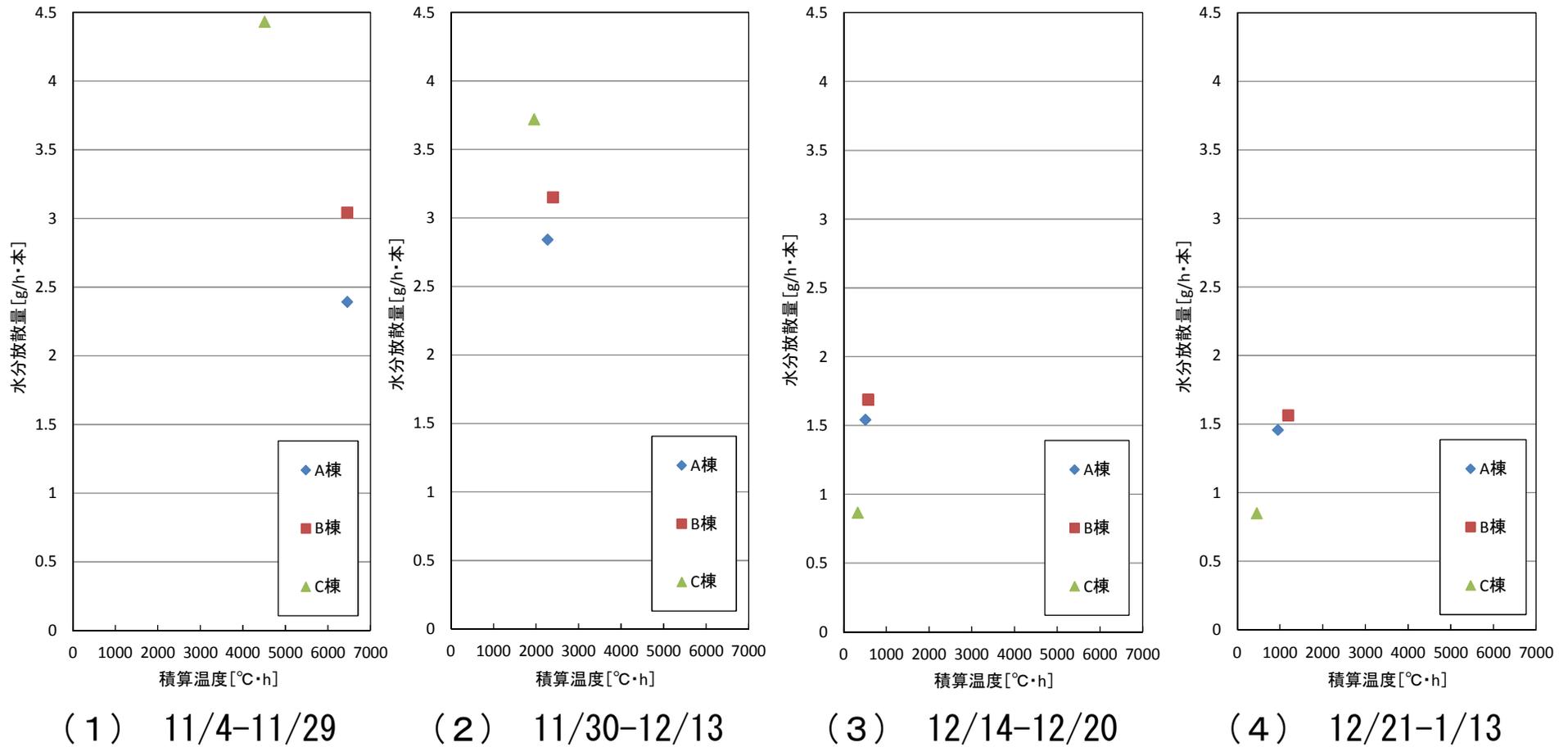


図 平板材

# 積算乾湿球温度差と水分放散量の関係(実験①)

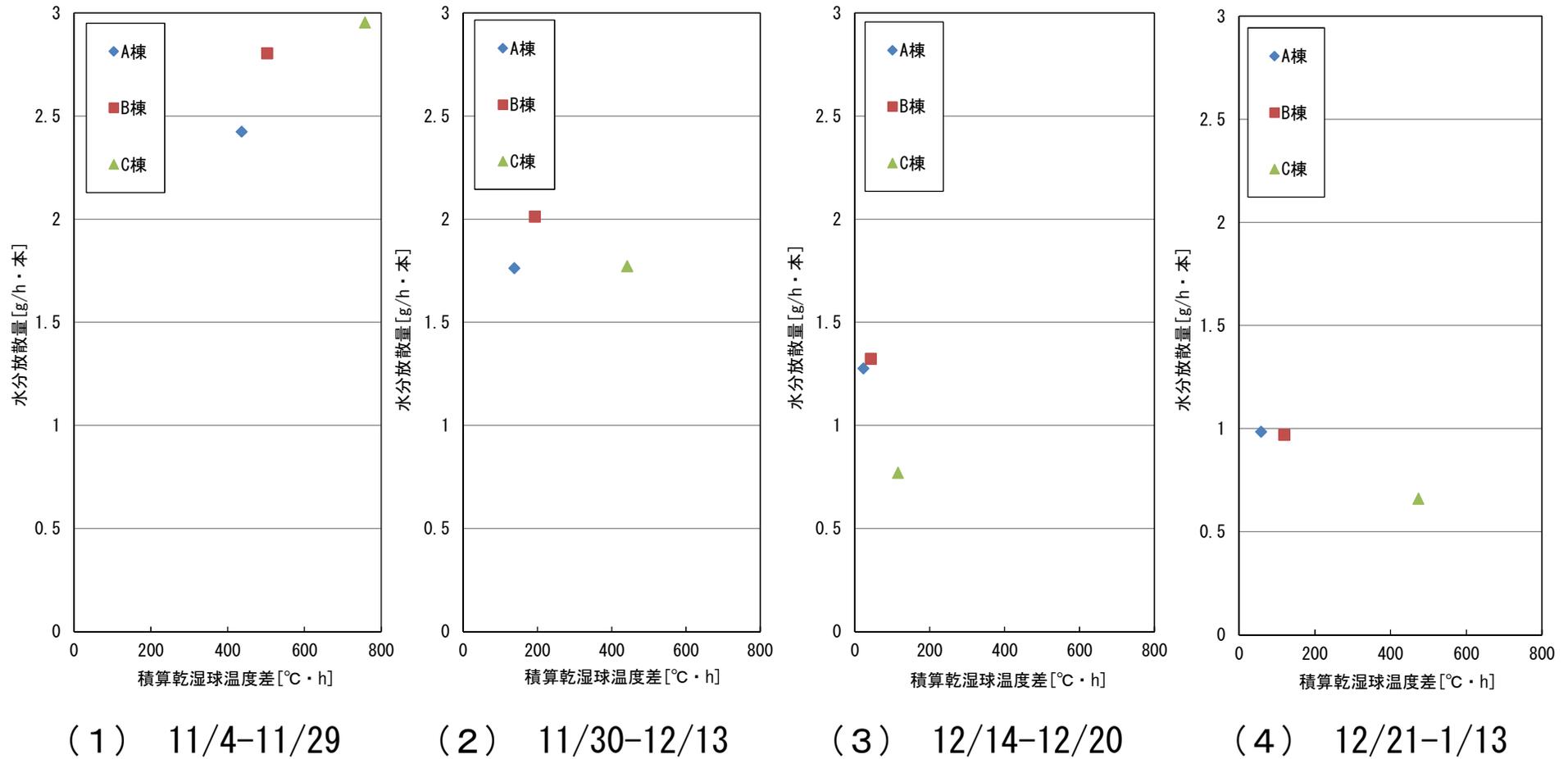


図 正角材

# 積算乾湿球温度差と水分放散量の関係(実験①)

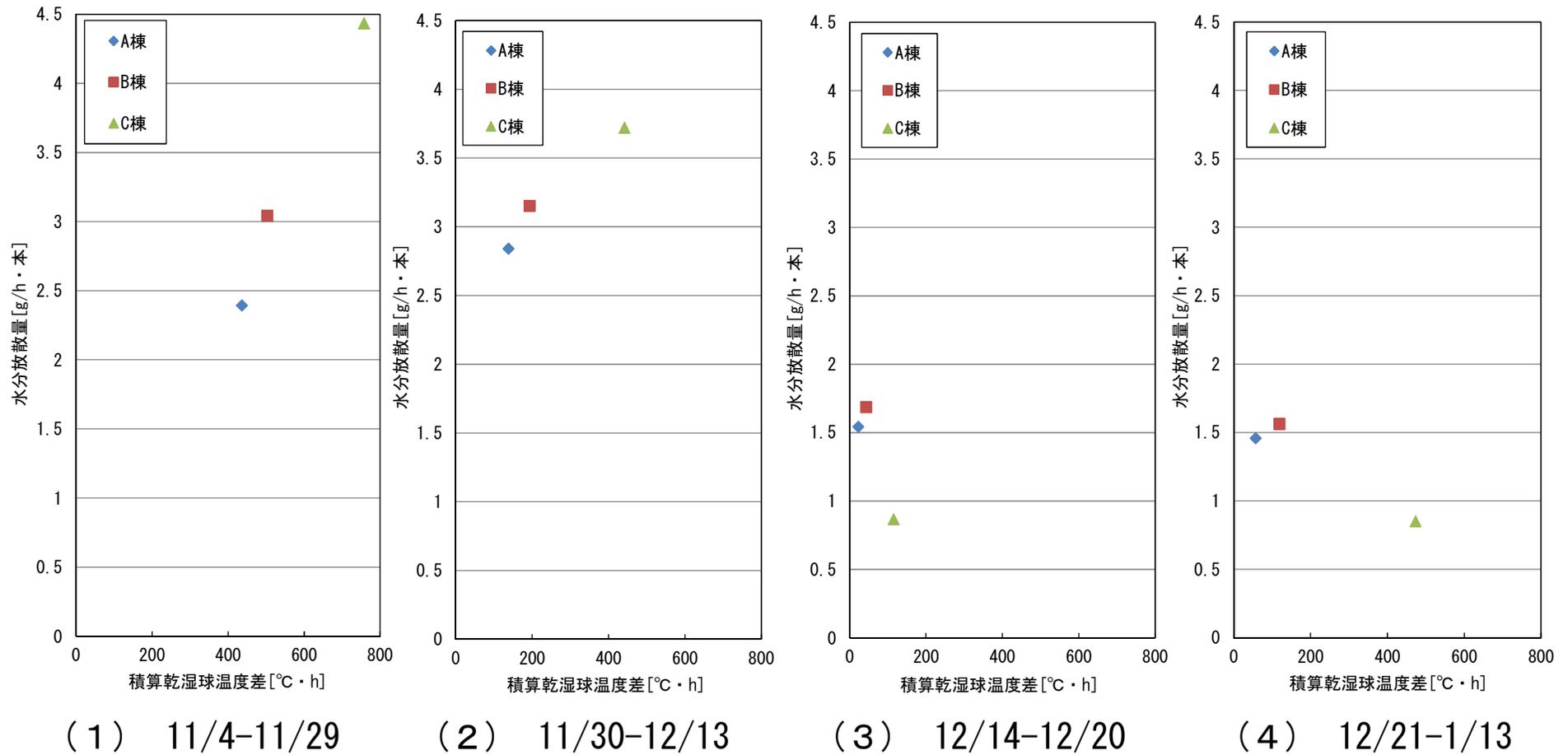
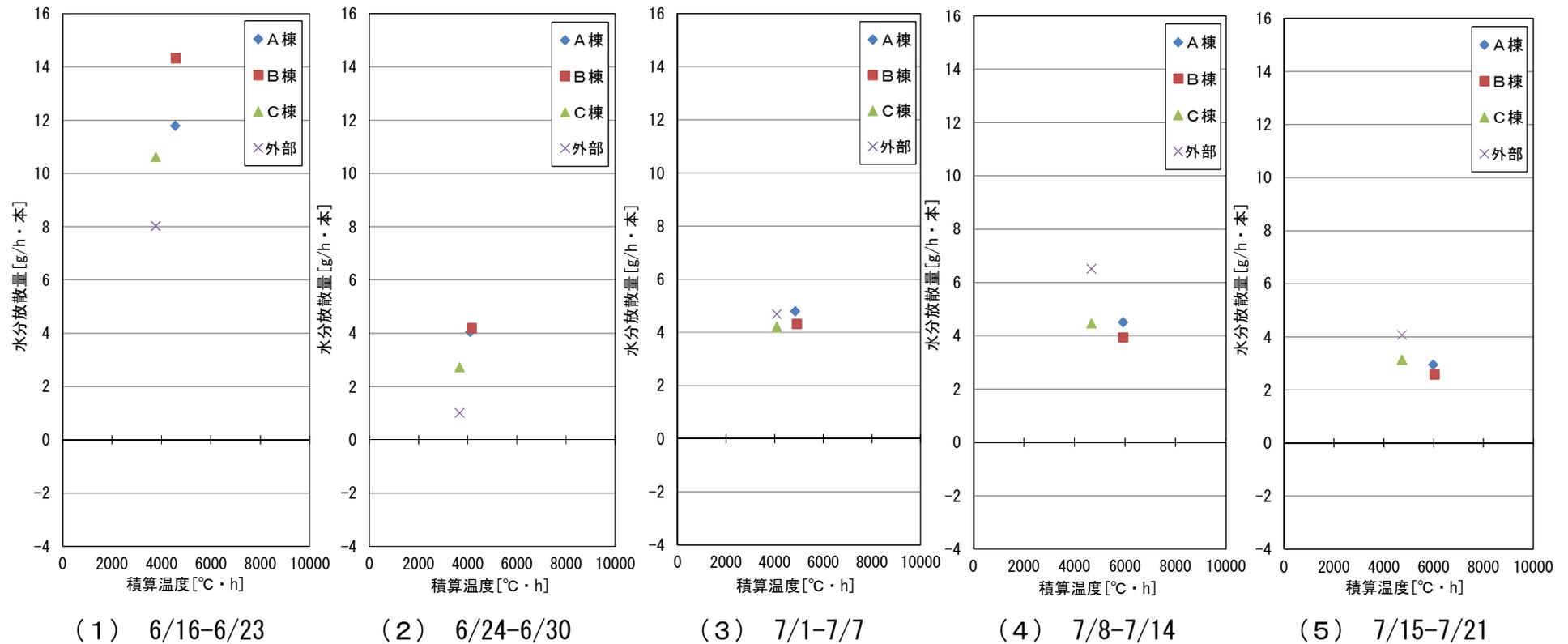
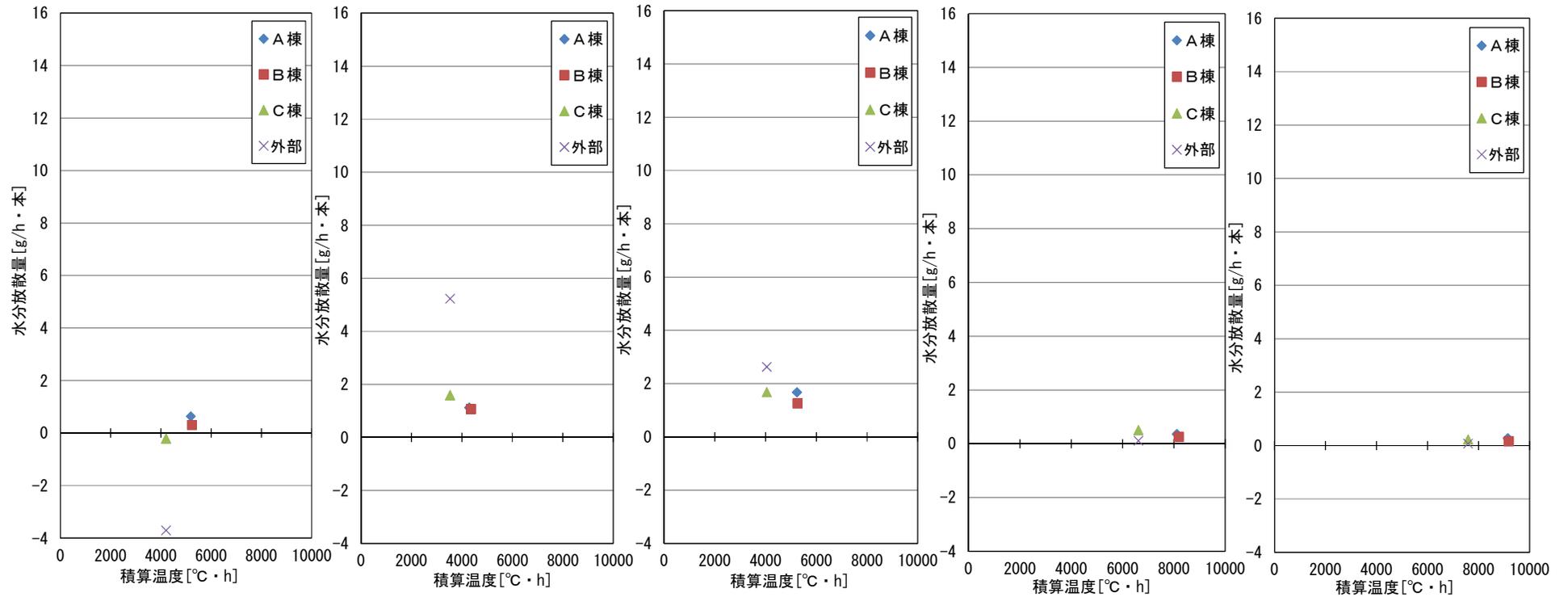


図 平板材

# 積算温度と水分放散量の関係(実験②)



# 積算温度と水分放散量の関係(実験②)



(6) 7/22-7/28

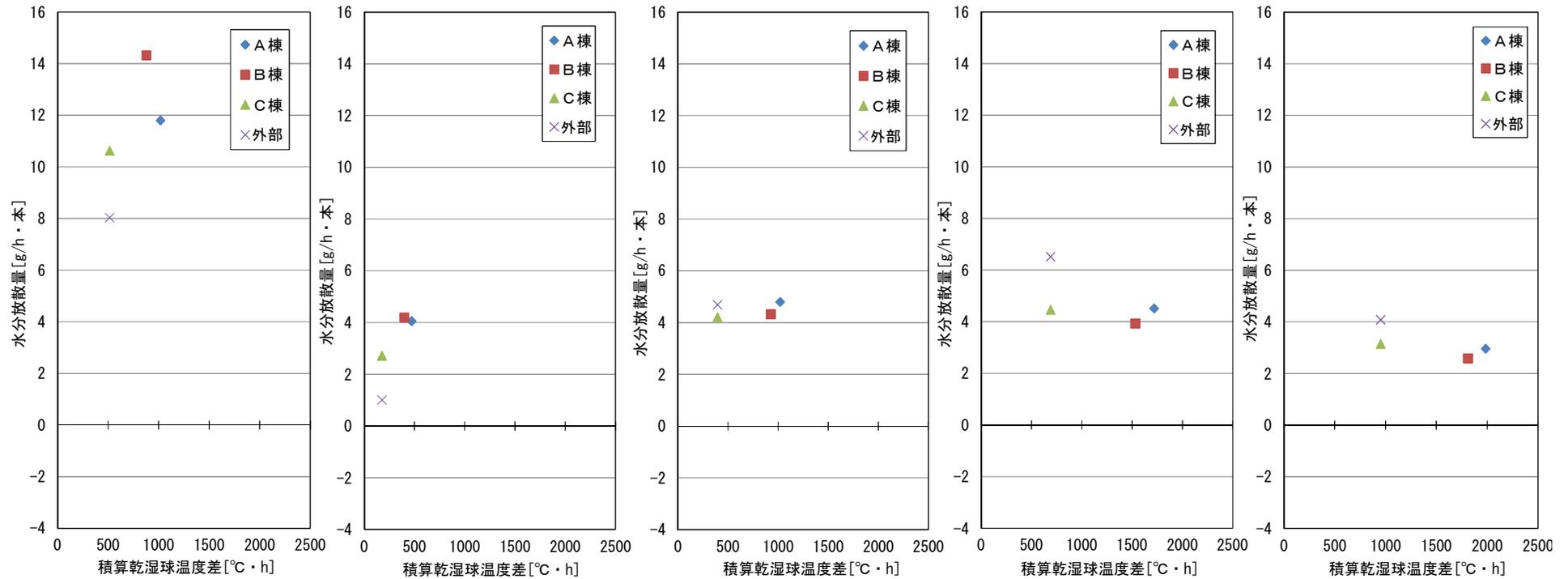
(7) 7/29-8/3

(8) 8/4-8/9

(9) 8/10-8/19

(10) 8/20-8/31

# 積算乾湿球温度差と水分放散量の関係 (実験②)



(1) 6/16-6/23

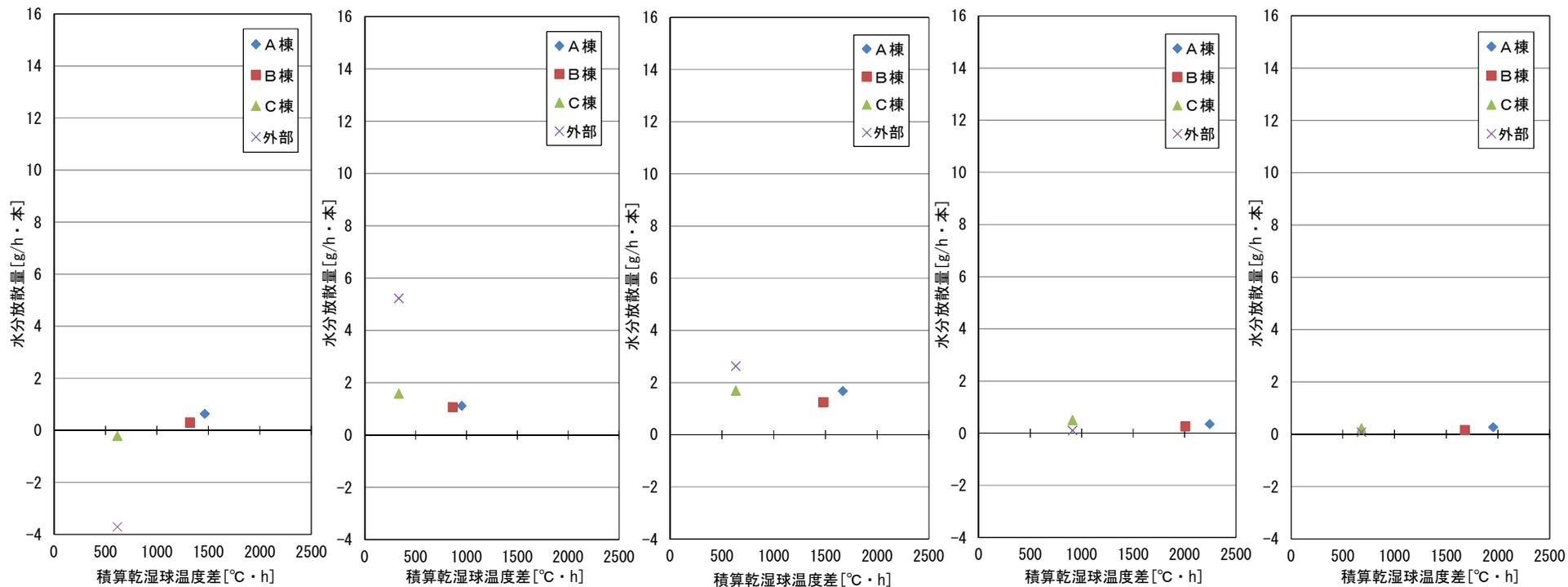
(2) 6/24-6/30

(3) 7/1-7/7

(4) 7/8-7/14

(5) 7/15-7/21

# 積算乾湿球温度差と水分放散量の関係 (実験②)



(6) 7/22-7/28

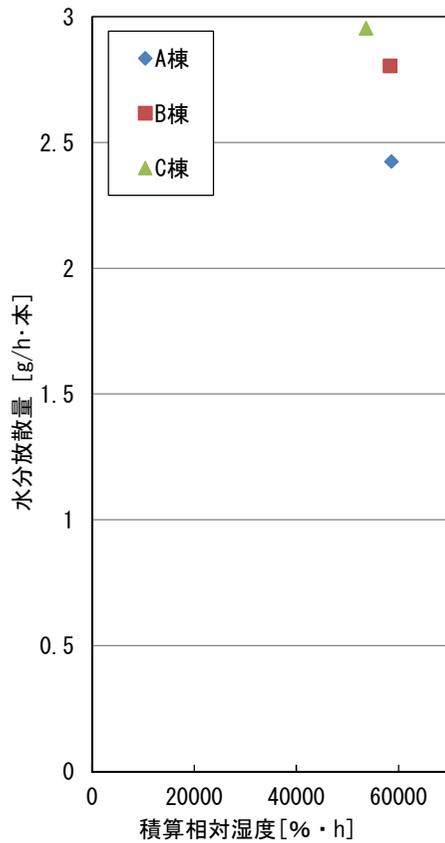
(7) 7/29-8/3

(8) 8/4-8/9

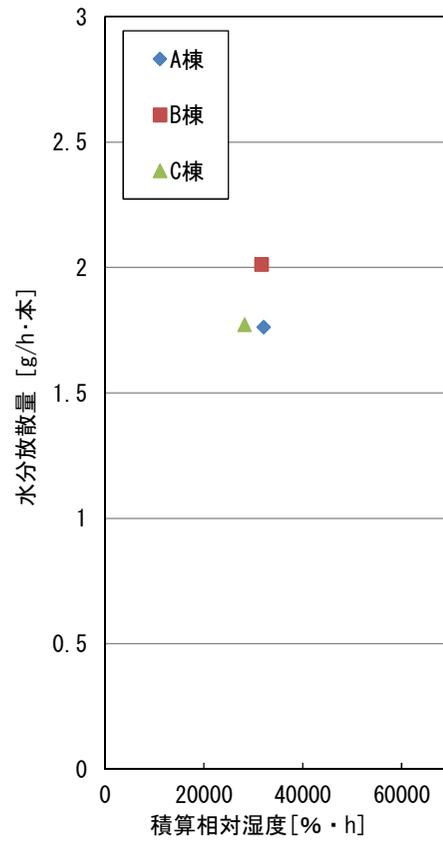
(9) 8/10-8/19

(10) 8/20-8/31

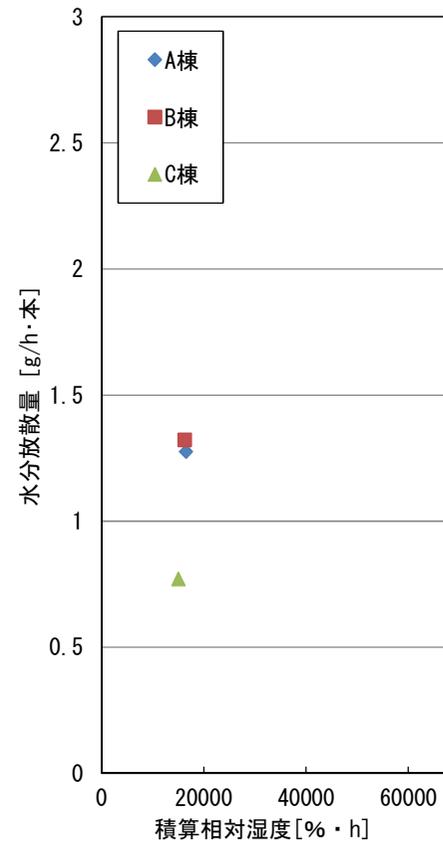
# 積算相対湿度と水分放散量の関係 (実験①)



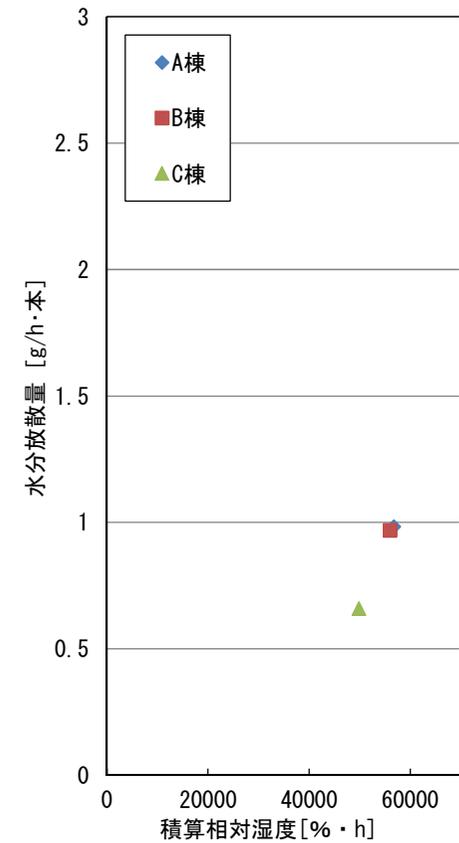
(1) 11/4-11/29



(2) 11/30-12/13



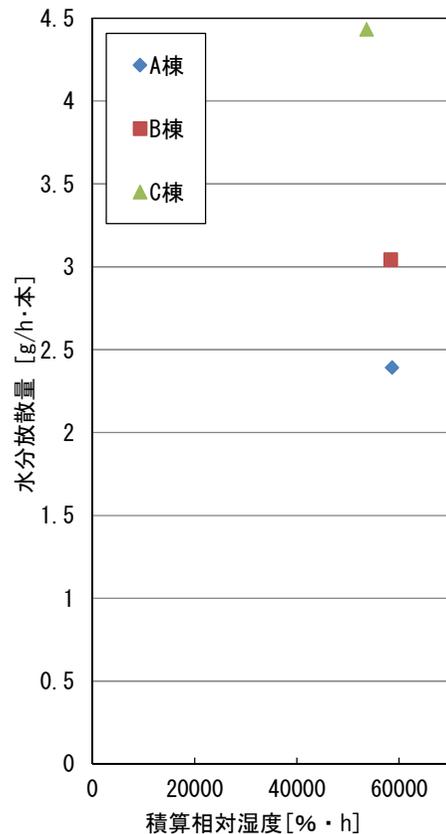
(3) 12/14-12/20



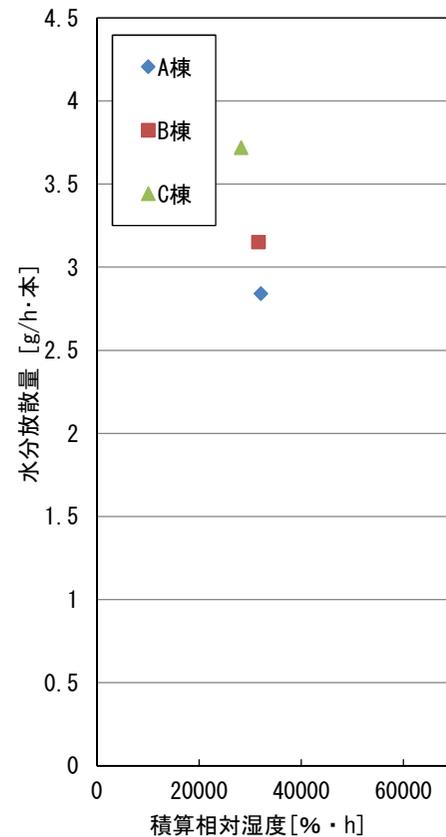
(4) 12/21-1/13

図 正角材

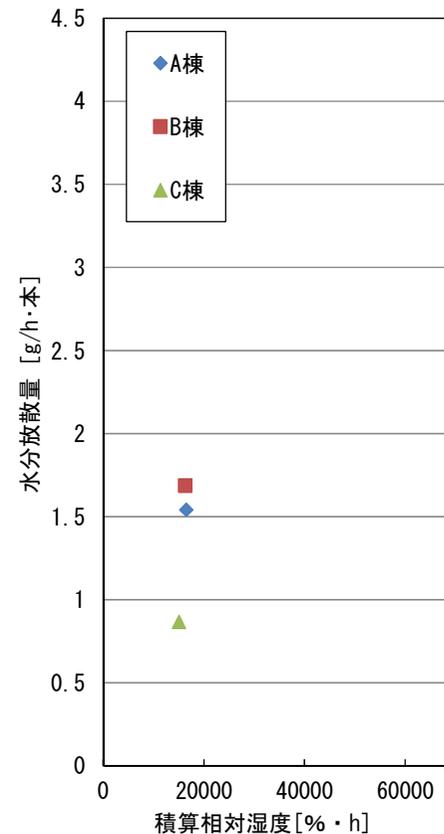
# 積算相対湿度と水分放散量の関係 (実験①)



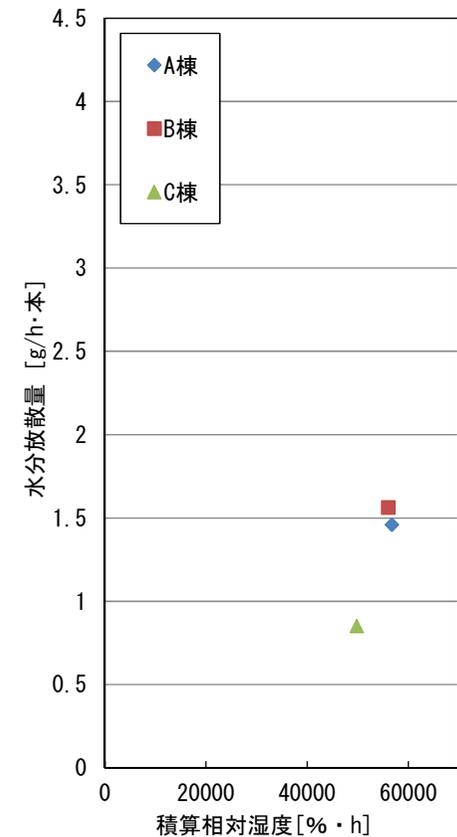
(1) 11/4-11/29



(2) 11/30-12/13



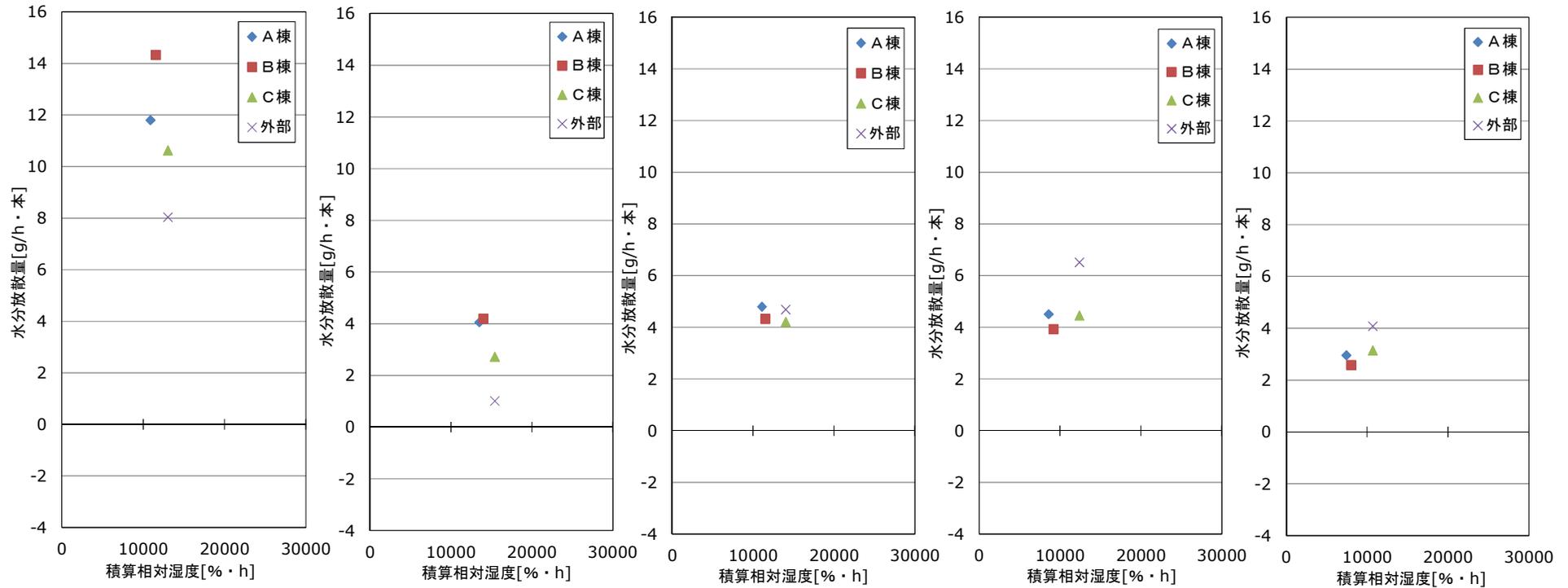
(3) 12/14-12/20



(4) 12/21-1/13

図 平板材

# 積算相対湿度と水分放散量の関係 (実験②)



(1) 6/16-6/23

(2) 6/24-6/30

(3) 7/1-7/7

(4) 7/8-7/14

(5) 7/15-7/21

# 積算相対湿度と水分放散量の関係 (実験②)

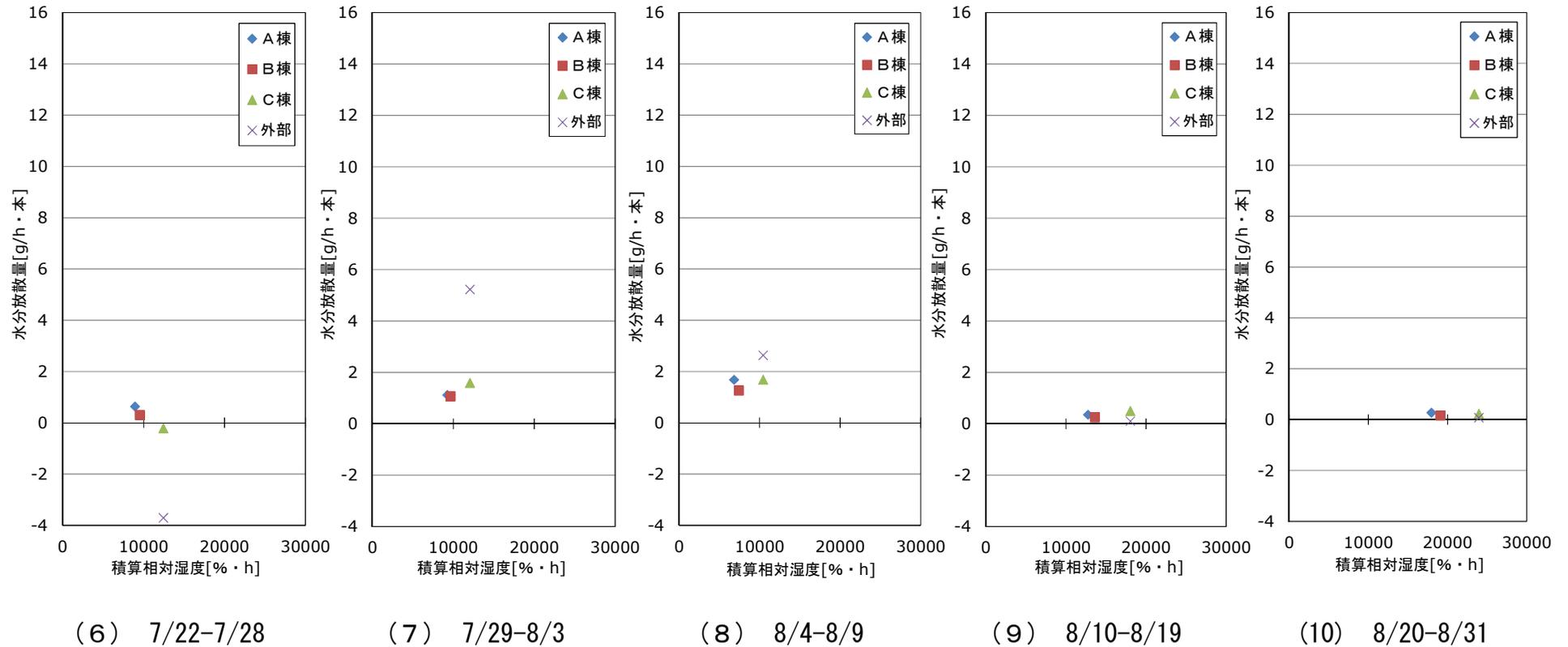


表 乾燥材の含水率基準表

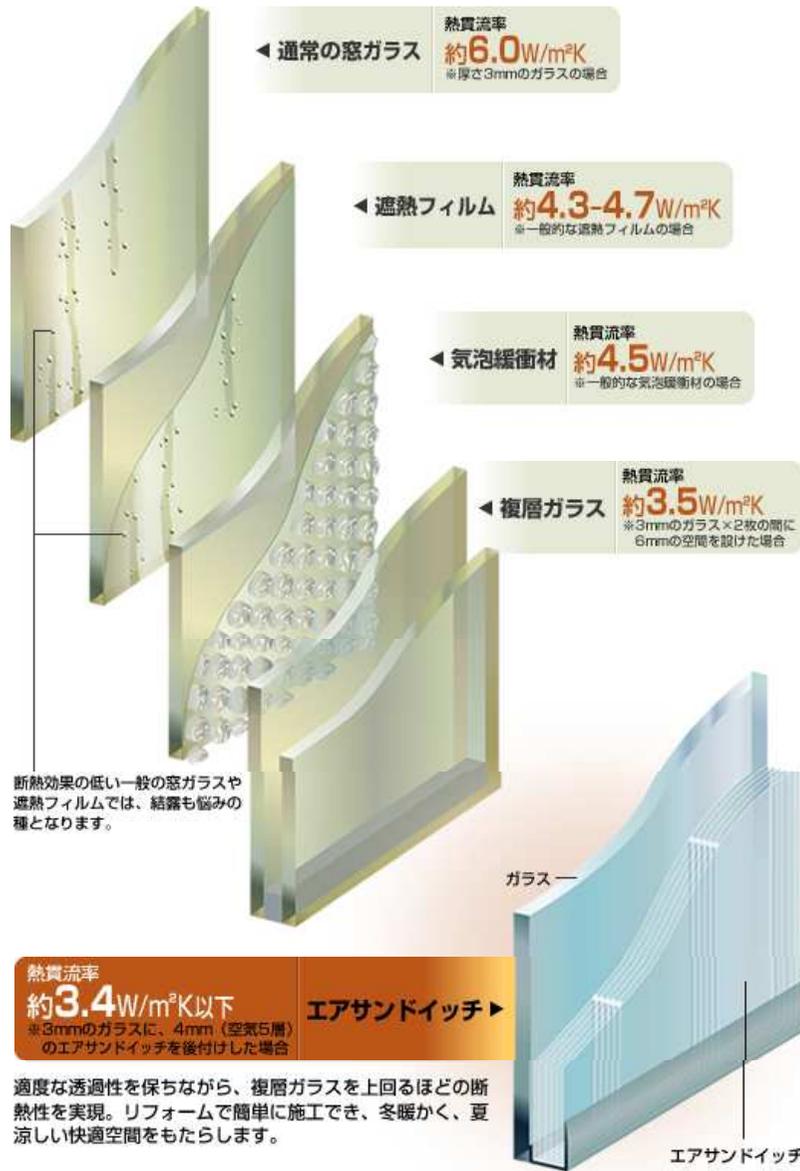
品 目		含水率基準% (表示値以下)	表示記号
造作用製材	仕上げ材	15, 18	SD15, SD18
	未仕上げ材	15, 18	D15, D18
目視等級区分構造用製材、 機械等級区分構造用製材	仕上げ材	15, 20	SD15, SD20
	未仕上げ材	15, 20, 25	D15, D20, D25
下地材	仕上げ材	15, 20	SD15, SD20
	未仕上げ材	15, 20	D15, D20
広葉樹製材		10, 13	D10, D13
枠組壁工法構造用製材		19	D

## 含水率の基準と乾燥方法

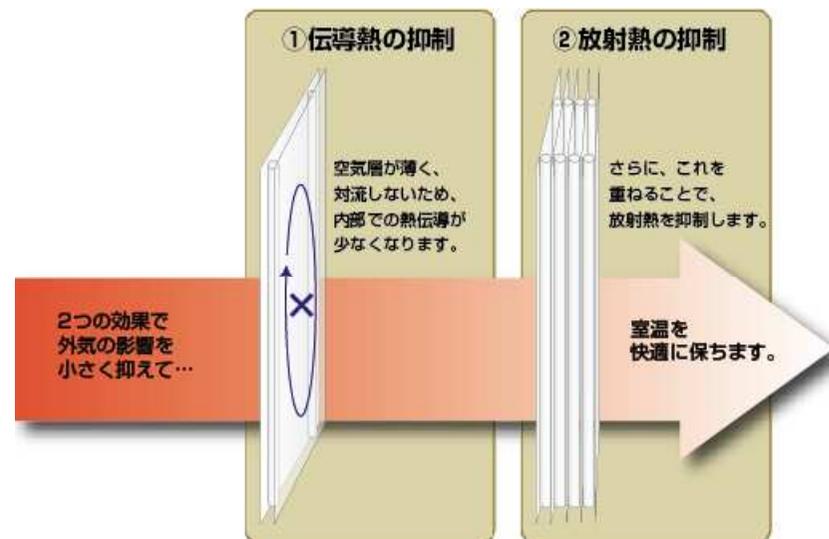
木材は、乾燥していない生材状態から含水率が約30%以下に低下すると収縮して寸法が変化し、温湿度環境に対応した平衡含水率(おおよそ10~20%)に到達して安定します。したがって、含水率が15~20%程度に乾燥された材であれば、通常は許容できる範囲です。

このため、製材JASでは、乾燥材の含水率基準を品目ごとに定めています。乾燥材は、天然乾燥によっても生産できるが、長い日数が掛かることと、到達できる含水率にも限度があり、品質管理が難しい。このため、JASの含水率基準を満足する乾燥材を生産するには、人工乾燥装置を用いるのが一般的です。

引用文献：JLIRA(全国木材検査・研究協会)



複数の薄い空気層が生み出す2つの効果で、高い断熱性を実現しました。



- ① 今後は**外気温の低い時期**における**安定した木材乾燥**を行うため、乾燥施設内の空気環境の改善や木材温度を上昇させて乾燥速度を上げるなどの乾燥方法を検討する。外気温の高い時期では、現状より乾燥速度の速い木材乾燥方法を検討する。さらに、各木材の含水率測定を行うに当たり、**全乾比重のより正確な測定方法**を検討する。
- ② 本研究で作成した木材乾燥施設より**大規模な施設における木材乾燥実験**を行い、年間を通してより実用的な**木材乾燥スケジュールの作成**を目指す。更に新潟県だけでなく**杉の各産地における木材乾燥スケジュール**を作成し、人工乾燥機による乾燥に依存しない、各産地の木材を使用して環境に配慮した地球にやさしい木材乾燥を目指す。