

木材の地産地消に関する研究

-太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設における数値解析-

新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻
社会基盤・建築学コース(建築系)

指導教員

文欣潔
赤林伸一教授

1 研究目的

研究目的

- 既往の研究^{文1)}では、製材所から建築現場までの木材の加工過程で消費されるエネルギー及びCO₂排出量について解析を行い、**木材に地産地消の環境負荷軽減効果**について明らかにした。省エネルギー・省CO₂排出量の観点から**県産材の有利性**について検討し、県産材の利用を促進させるための基礎資料が整備されている。
- 製材所におけるエネルギー消費量の測定を行っており、**乾燥工程におけるエネルギー消費量の割合が高い**ことが明らかとなっている。又、太陽熱を利用したパッシブ型木材乾燥施設を作成して**県内産材を使用した木材乾燥実験**を行っている。
- 本研究では**太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設**を対象とした数値シミュレーションを行い、全国における**太陽熱による木材乾燥の環境負荷軽減効果**と**木材乾燥**に関する基礎的データを得ることを目的とする。

文1) 赤林伸一・坂口淳・重川隆廣「木材の地産地消に関する研究その1～2」日本建築学会大会学術講演梗概集 2009年

2 全国842都市における太陽熱利用パッシブ型 木材乾燥施設内温湿度の数値解析

表 1 太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の仕様

壁材[東、西、南]	ポリカーボネート板（厚さ 6 mm）
壁材[北]	断熱材（押出発泡ポリスチレン20mm） の填充された扉
熱損失係数[W/m ² ・K]	27.5
熱貫流率[W/m ² ・K]	6.1
日射透過率[%]	81.0
換気風量[m ³ /h]	288

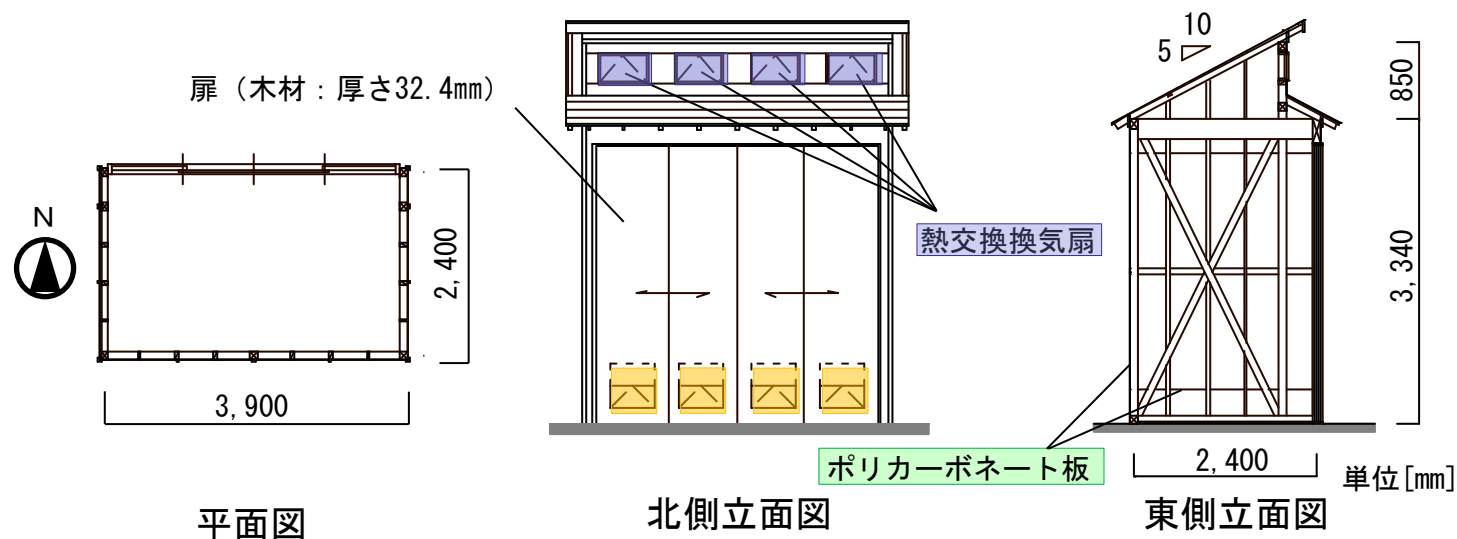


図 1 太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の概要

- 本解析では3月から5月を**春季**、6月から8月を**夏季**、9月から11月を**秋季**、12月から2月を**冬季**とする。
- **全国842都市**の室内温湿度を熱負荷計算ソフトTRNSYSを用いた数値解析結果の温湿度を基に各都市の季節毎の積算乾球温度※¹及び**積算乾湿球温度差**※²を算出し、**積算乾球温度マップ**及び**積算乾湿球温度差マップ**を作成する。

表2 解析条件

解析対象	太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設A棟
解析期間	1月1日～12月31日
外気乾球温度 [°C]	日本建築学会拡張アメダス 気象データ標準年（各都市）
外気相対湿度 [%]	
全天日射量 [W/m ²]	
壁材 [東・西・南]	ポリカーボネート板
壁材 [北]	木造
換気回数 [回/h]	8.154（熱交換換気扇）

※1 積算乾球温度：1時間毎の温度の積算値。

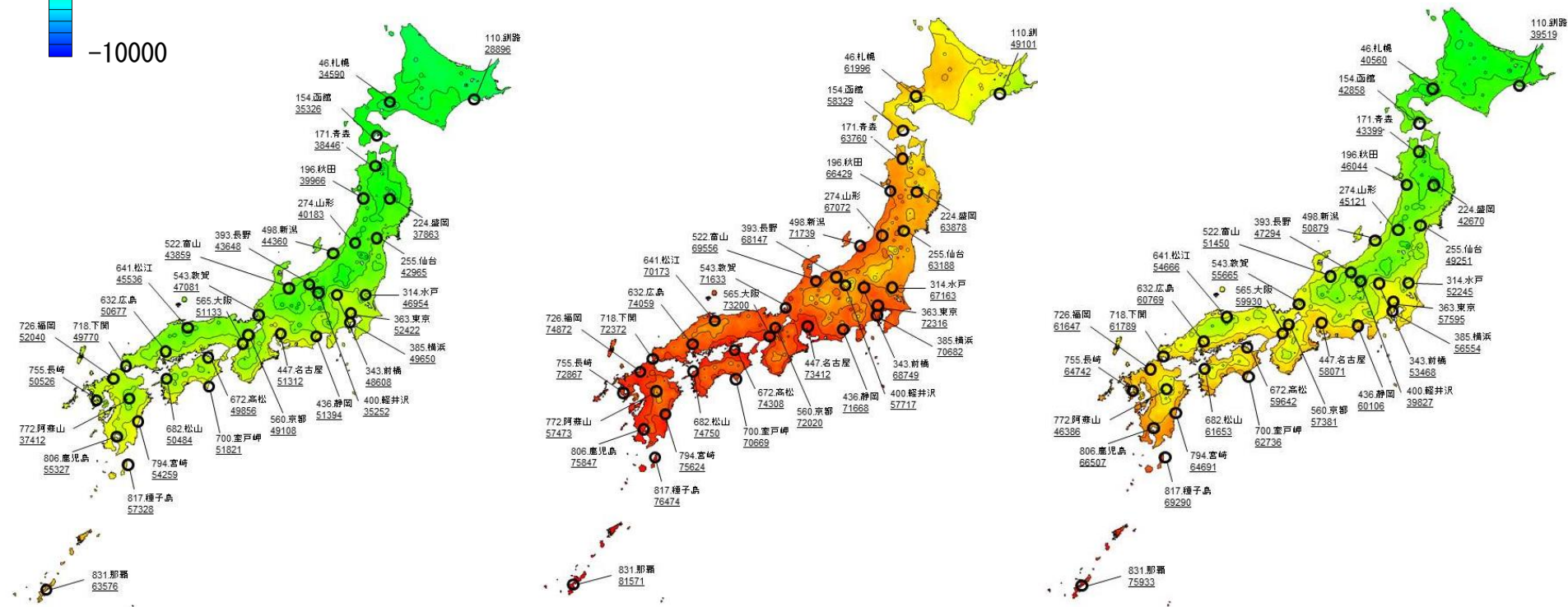
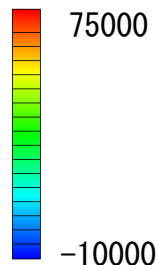
※2 積算乾湿球温度差：1時間毎の乾球温度と湿球温度の差の積算値。空気が乾燥していれば値は大きくなり、空気中の水分が飽和すれば値は0となる。木材は空気が乾燥しているほど乾燥速度が速くなるため、積算乾湿球温度差が大きいほど木材乾燥性能は高いと考えられる。

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。

積算乾球温度マップ

単位[°C・h]



(1) 春季(3月～5月)

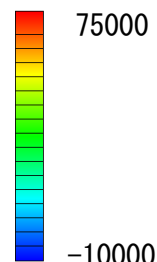
(2) 夏季(6月～8月)

(3) 秋季(9月～11月)

図2 春季・夏季・秋季の積算乾球温度マップ

積算乾球温度マップ

単位[°C・h]



積算乾球温度は1年を通して札幌・青森等の比較的
高緯度の地域及び軽井沢等の高地や阿蘇山等の山間
部では小さく、宮崎・鹿児島等の比較的
低緯度の地域では大きい傾向がある。

単位[°C・h]

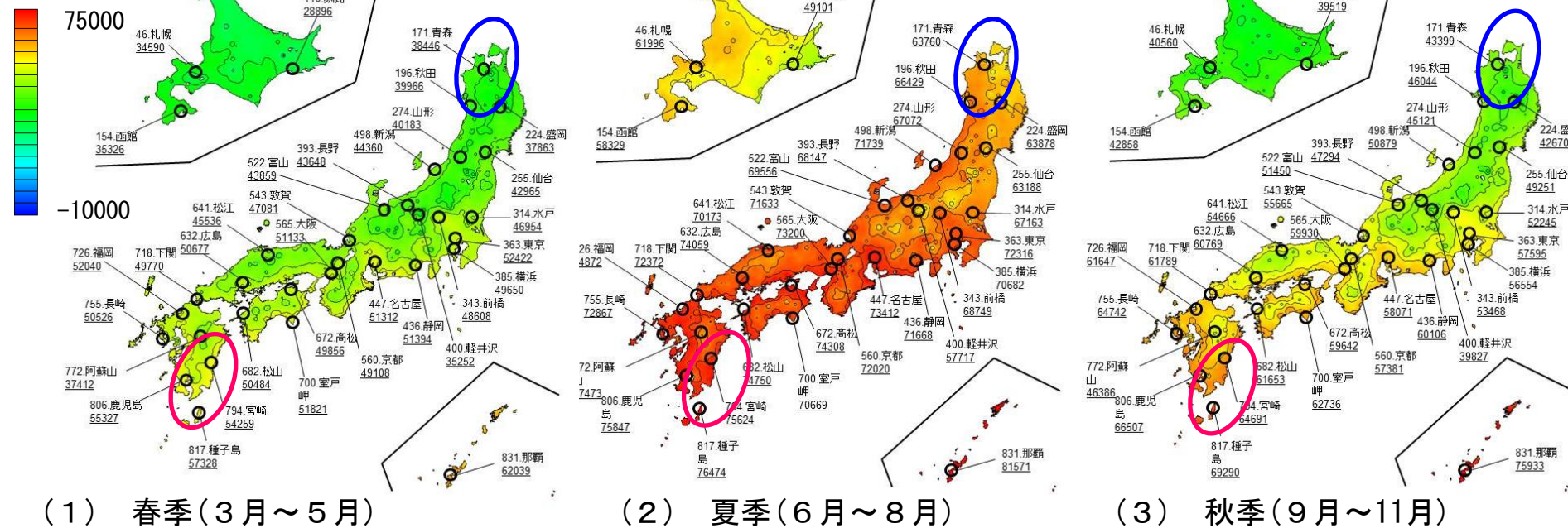
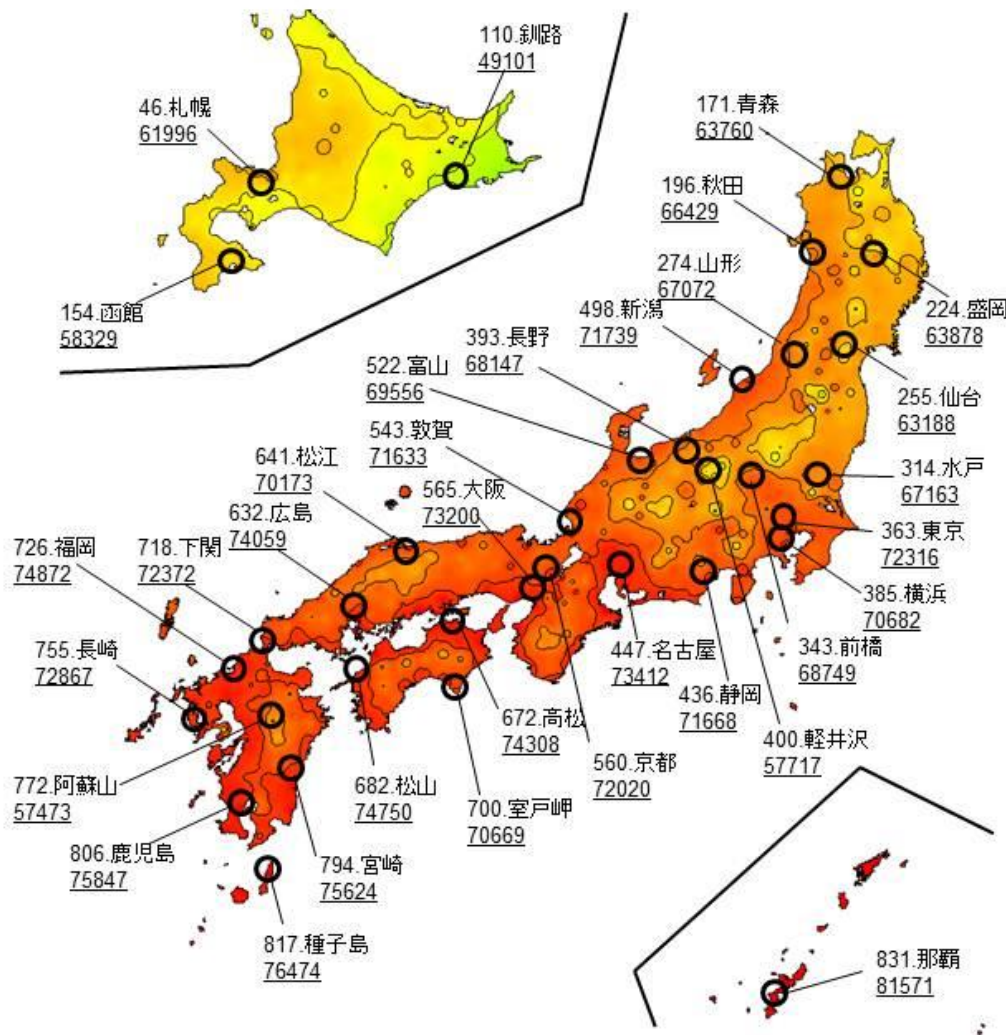


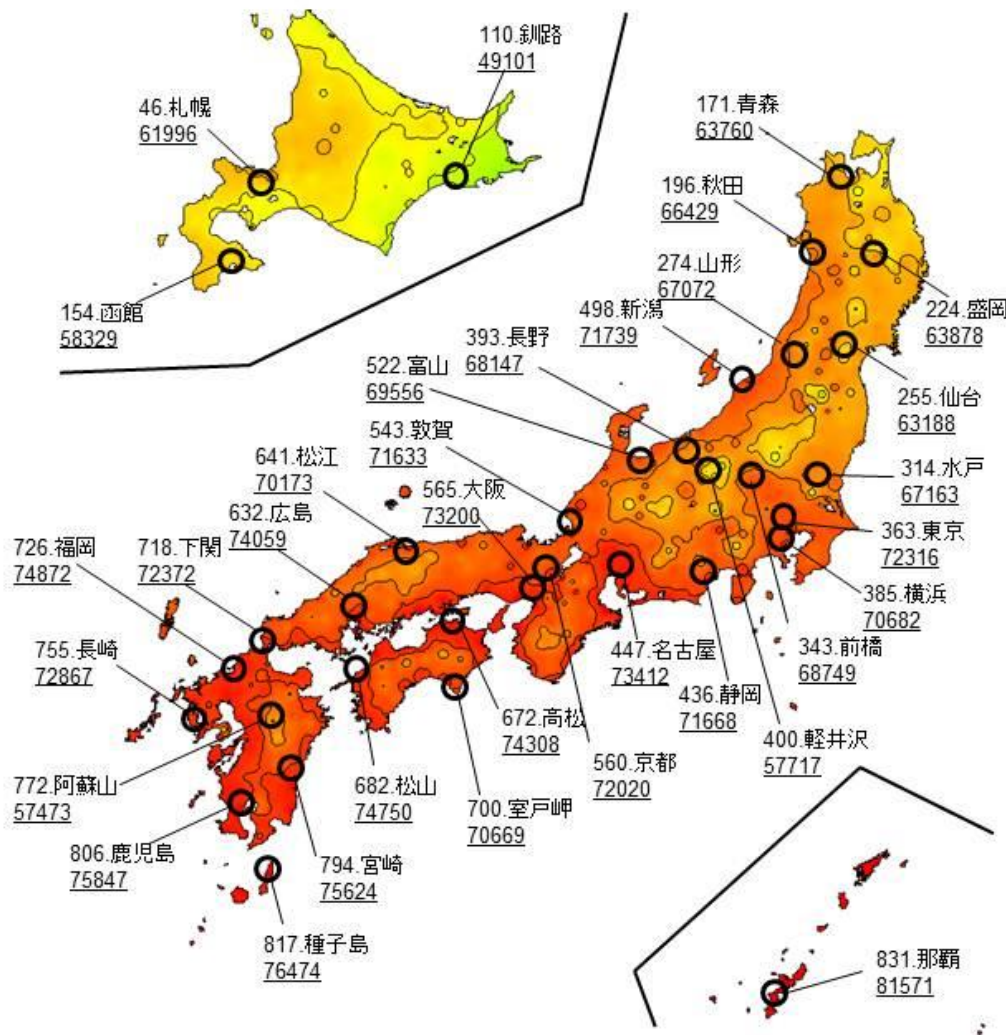
図2 春季・夏季・秋季の積算乾球温度マップ



特に夏季では横浜や静岡等の太平洋側の沿岸部、広島や高松等の瀬戸内海の沿岸部、石川や新潟等の日本海側の沿岸部等の海沿いの地域で積算乾球温度が**大きい**傾向がある。

文2) 赤林伸一・坂口淳・重川隆廣・文欣潔・遠藤悠治
「木材の地産地消に関する研究その9～11」日本建築学会大会学術講演梗概集2012年

※3 測定期間は2011年6月16日から2011年9月1日までの約2か月半である。



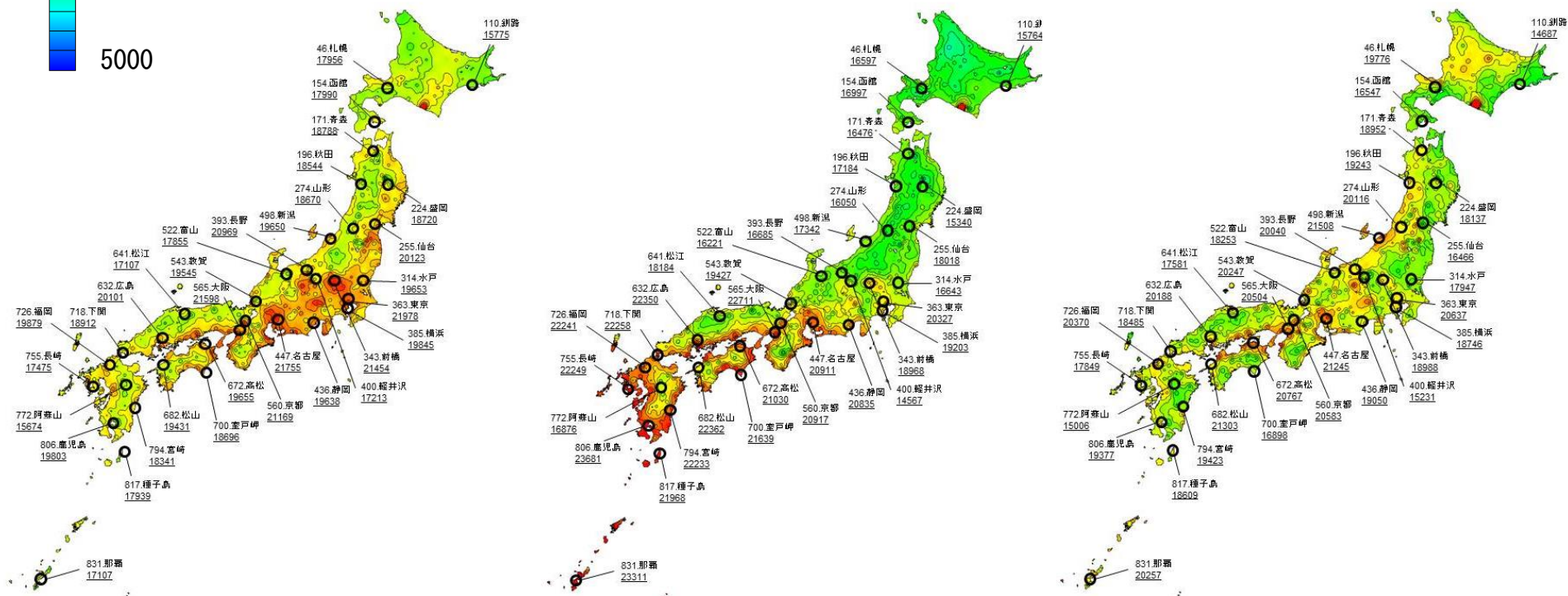
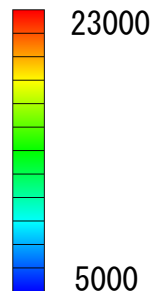
既往の研究^{文2)}の夏季の木材乾燥実験^{※3)}における太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の積算乾球温度は約58,000°C・hで、夏季では殆どの地域でこの値を上回るため、**夏季において太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の利用は可能と考えられる。**

文2) 赤林伸一・坂口淳・重川隆廣・文欣潔・遠藤悠治
「木材の地産地消に関する研究その9～11」日本建築学会大会学術講演梗概集2012年

※3 測定期間は2011年6月16日から2011年9月1日までの約2か月半である。

積算乾湿球温度差マップ

単位[°C・h]



(1) 春季(3月～5月)

(2) 夏季(6月～8月)

(3) 秋季(9月～11月)

図3 春季・夏季・秋季の積算乾湿球温度差マップ

積算乾湿球温度差マップ

積算乾湿球温度差は積算乾球温度と概ね似た傾向があり、軽井沢等の高地や阿蘇山等の山間部では小さい傾向がある。

単位[$^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$]

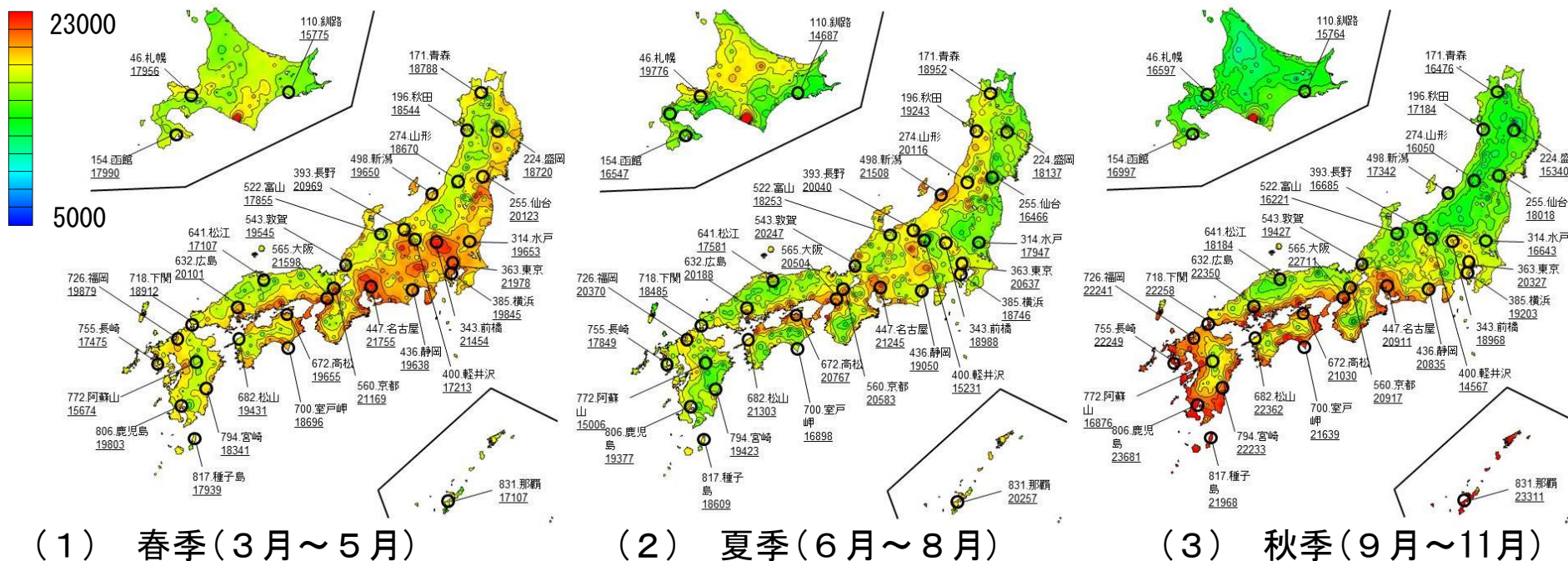
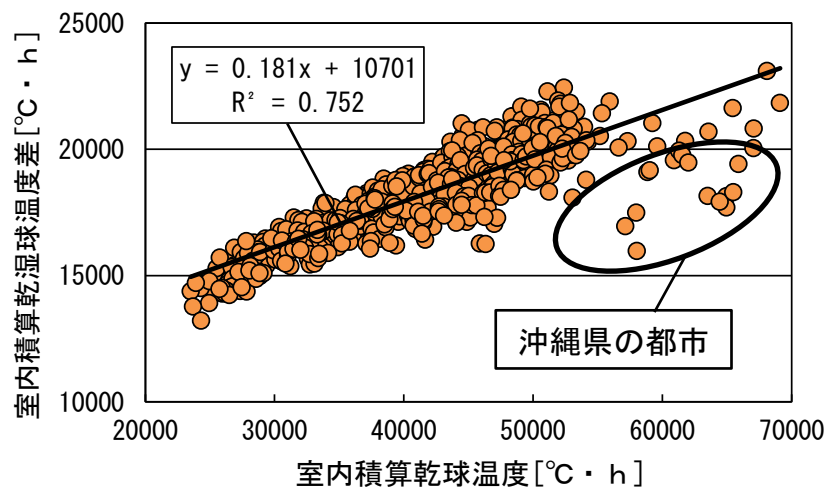
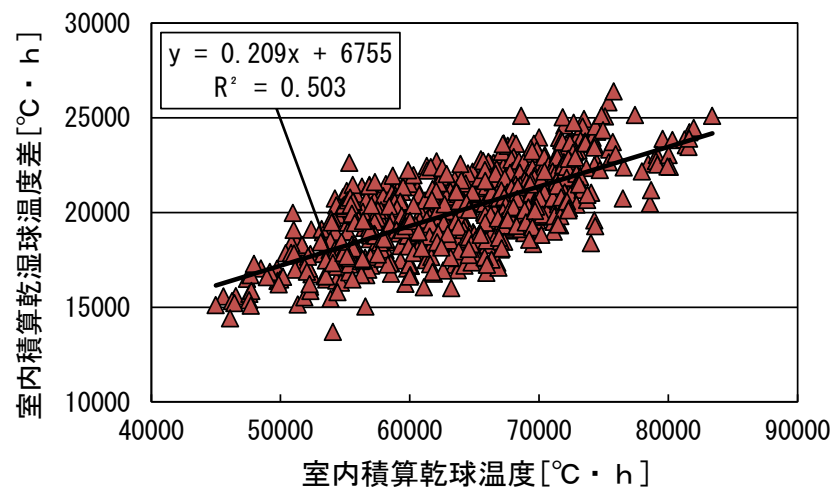


図3 春季・夏季・秋季の積算乾湿球温度差マップ

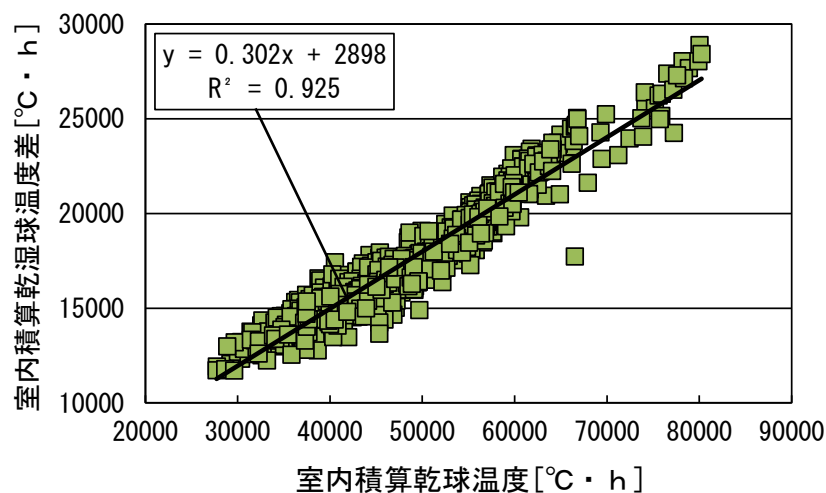
積算乾球温度と積算乾湿球温度差の関係



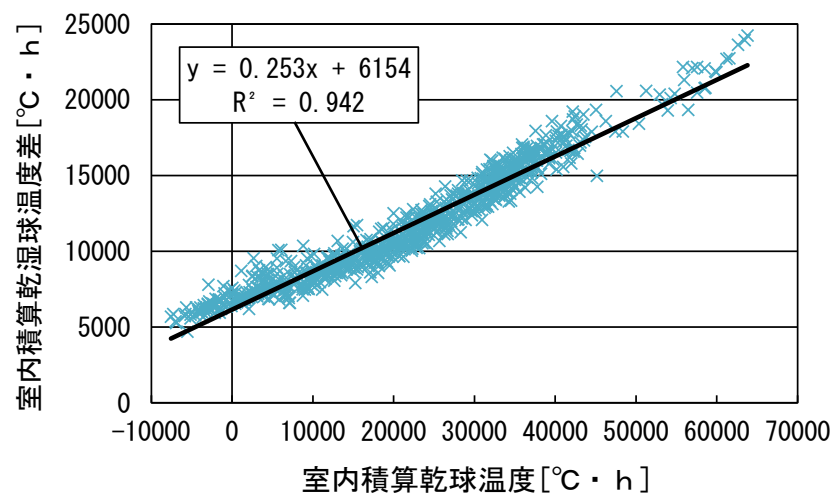
(1) 春季(3月～5月)



(2) 夏季(6月～8月)



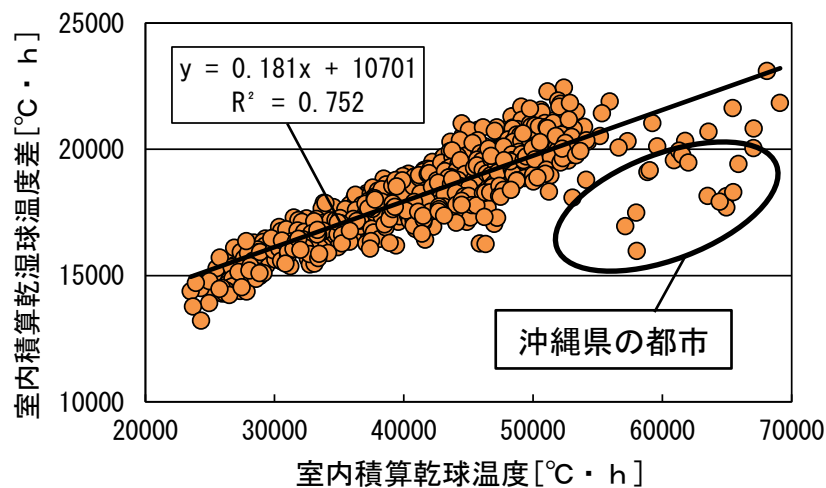
(3) 秋季(9月～11月)



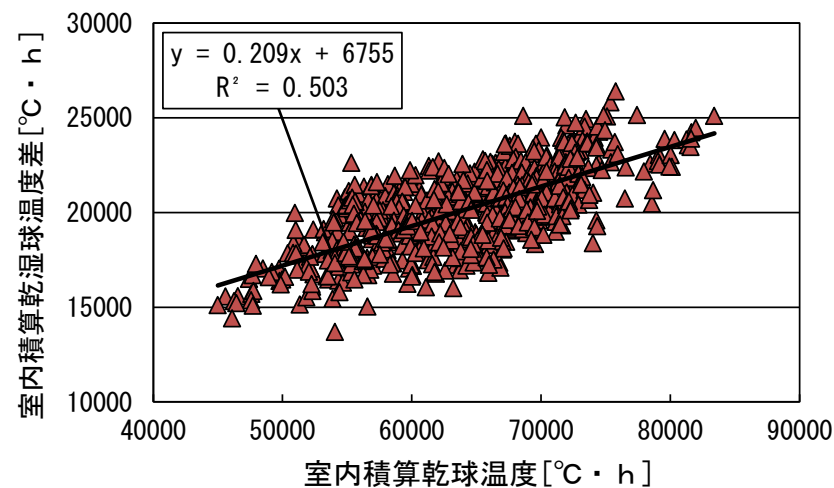
(4) 冬季(12月～2月)

図4 積算乾球温度と積算乾湿球温度差の関係

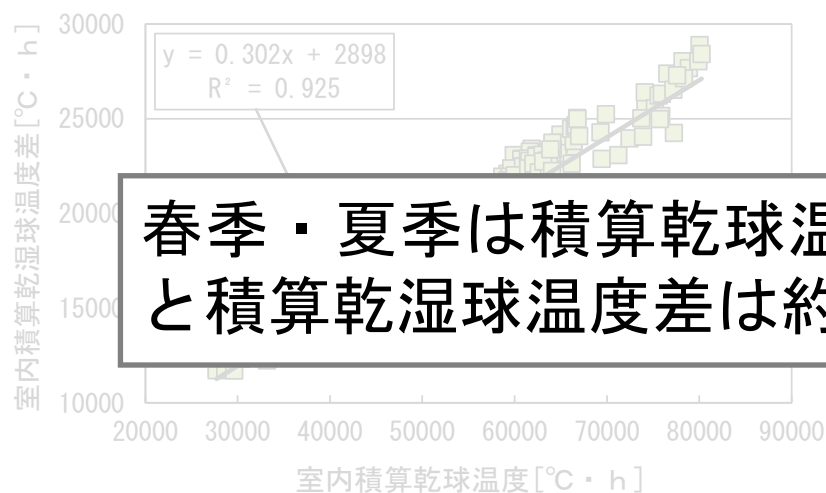
積算乾球温度と積算乾湿球温度差の関係



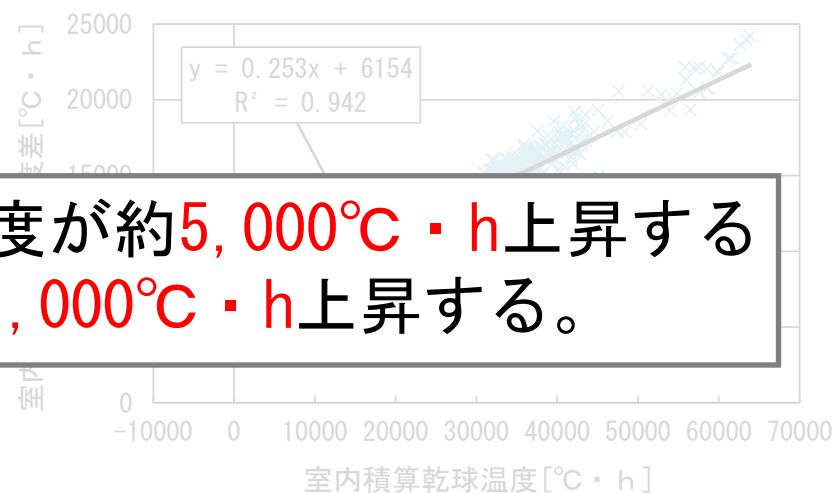
(1) 春季(3月～5月)



(2) 夏季(6月～8月)



(3) 秋季(9月～11月)



(4) 冬季(12月～2月)

春季・夏季は積算乾球温度が約 $5,000^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ 上昇すると積算乾湿球温度差は約 $1,000^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ 上昇する。

図4 積算乾球温度と積算乾湿球温度差の関係

積算乾球温度と積算乾湿球温度差の関係

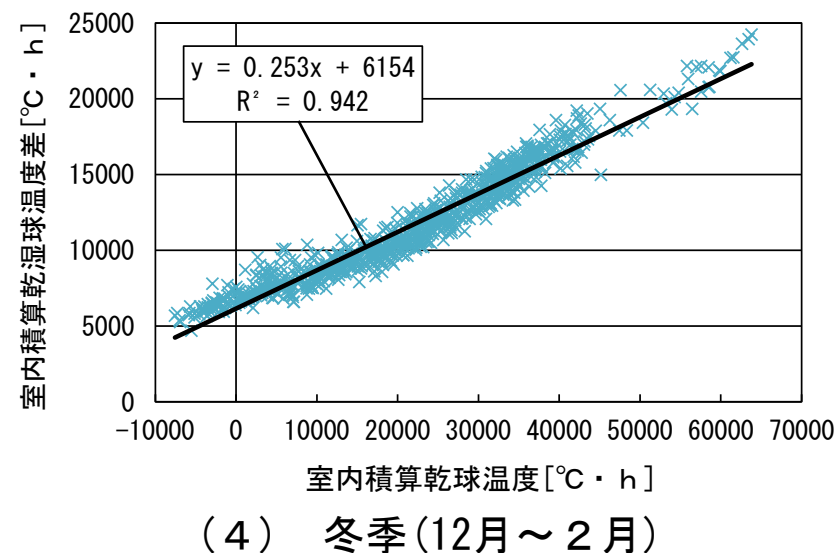
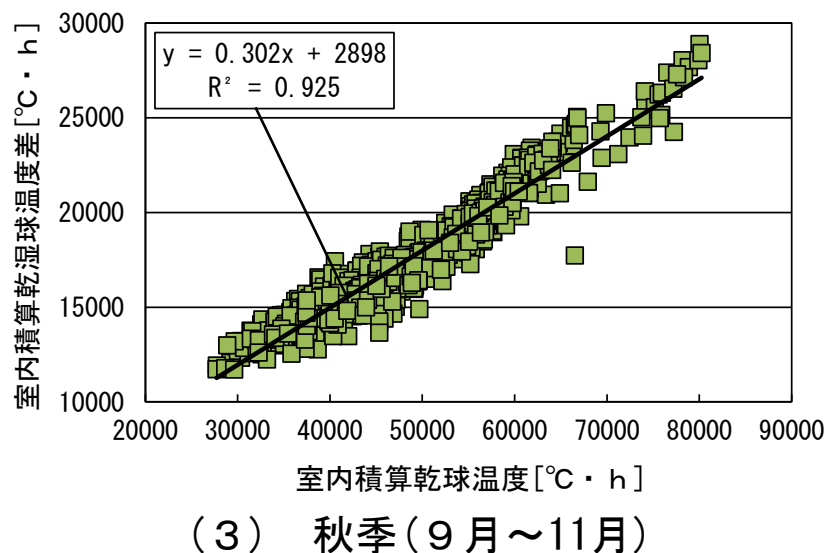
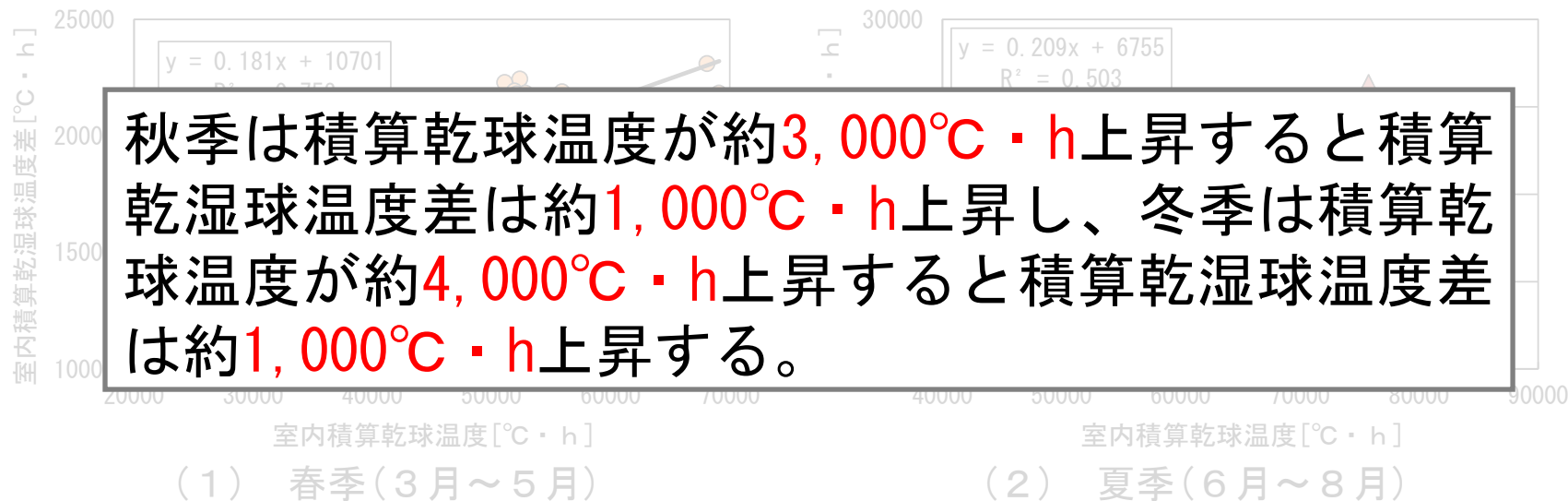


図4 積算乾球温度と積算乾湿球温度差の関係

3 太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設における 主な杉の産地を対象とした数値解析

主な杉の産地における解析概要

表3 主な日本産ブランド杉の産地

国産杉のブランド名	県	使用した気象データの都市名
秋田杉	秋田	能代
天竜杉	静岡	浜松
尾鷲杉	三重	尾鷲
越後杉	新潟	新津
吉野杉	奈良	上北山
智頭杉	鳥取	智頭
久万杉	愛媛	久万
日田杉	大分	日田
飫肥杉	宮崎	油津
屋久杉	鹿児島	屋久島

日本産ブランド杉の産地は秋田県、静岡県、三重県、新潟県、奈良県、鳥取県、愛媛県、大分県、宮崎県、鹿児島県である。これらの地域を中心に積算乾球温度及び積算乾湿球温度差の数値解析結果を報告する。

主な杉の産地における数値解析結果

夏季の主要産地における積算乾球温度は60,000°C・h
～76,000°C・hの範囲に入る。

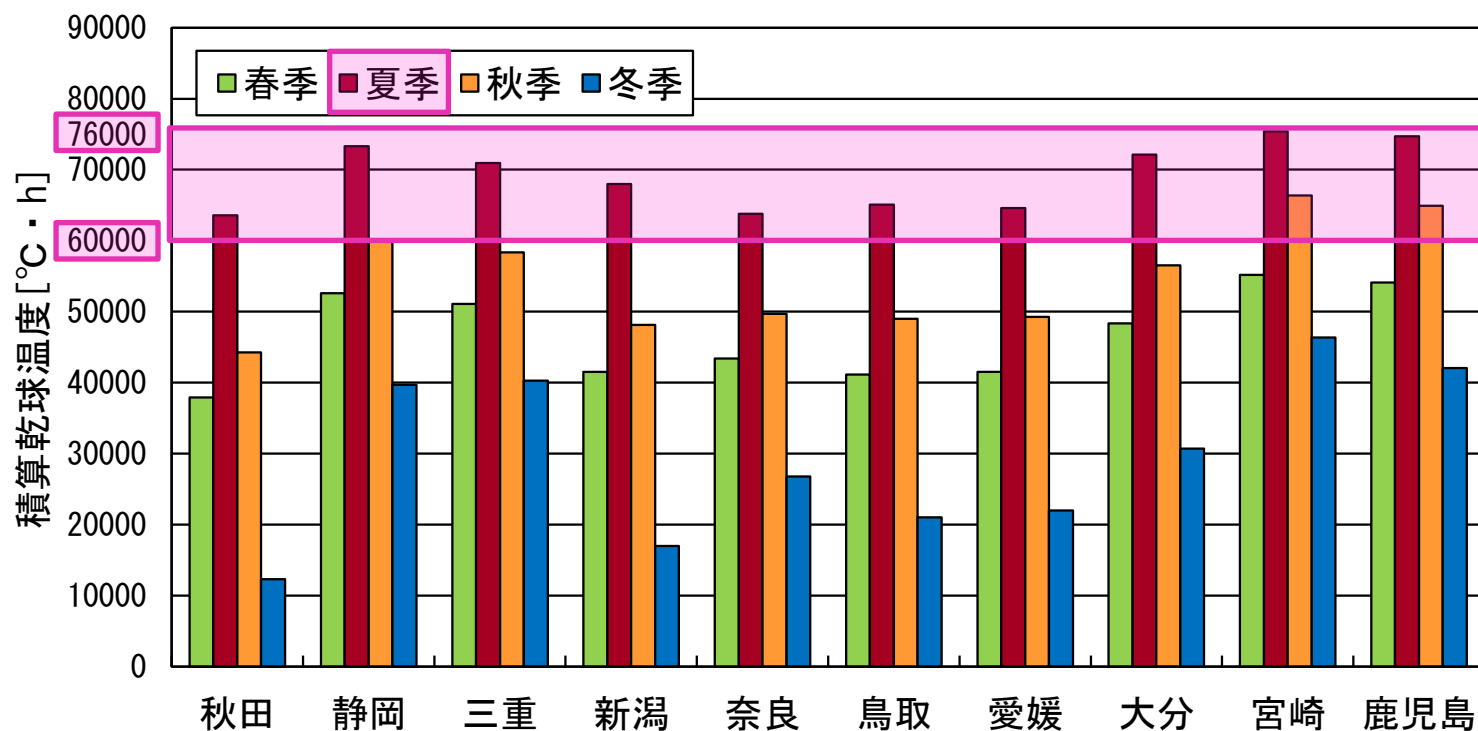


図5 日本産杉の主要産地の季節毎の積算乾球温度

主な杉の産地における数値解析結果

夏季における木材乾燥実験では積算乾球温度が
58,000°C・hであり、含水率約100%の木材を出荷可能
の目安である含水率20%以下にすることが可能である。

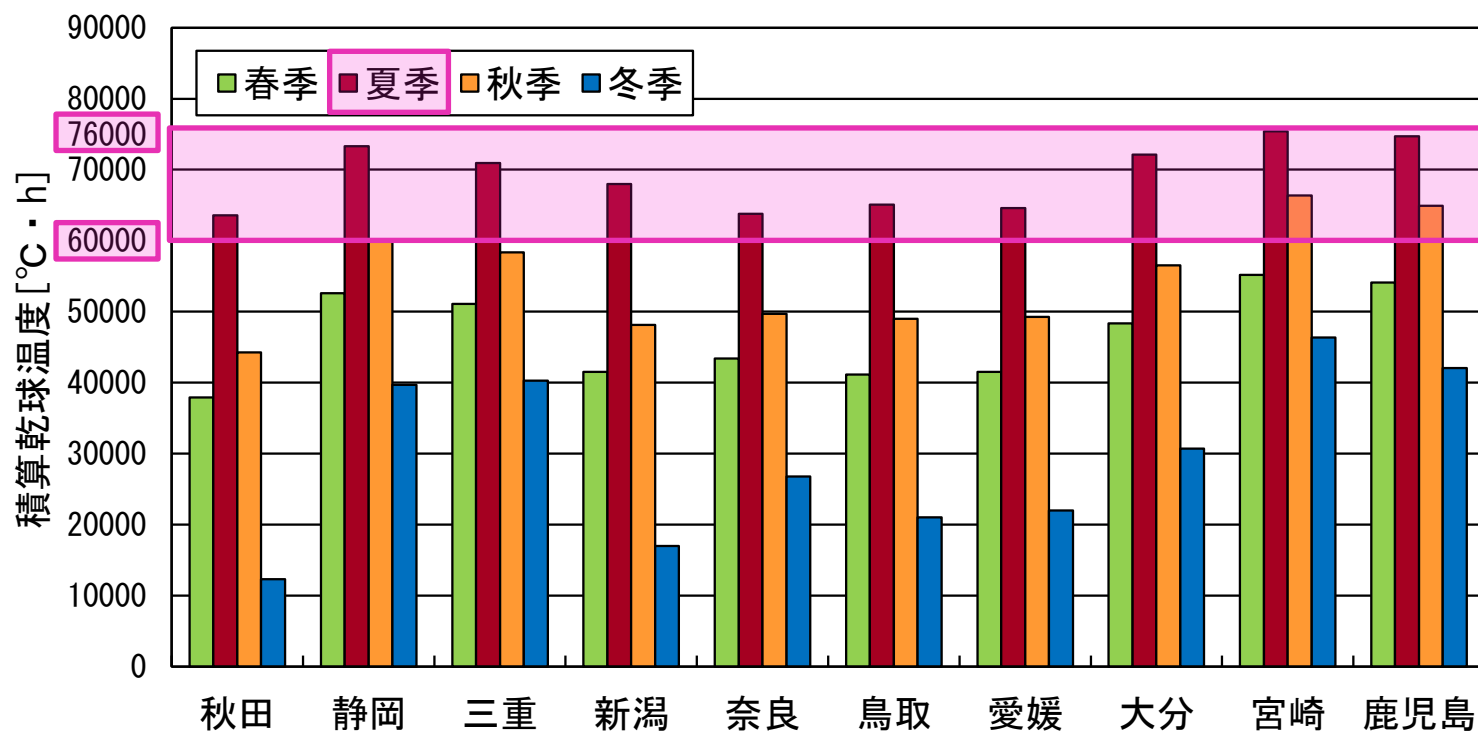


図5 日本産杉の主要産地の季節毎の積算乾球温度

主な杉の産地における数値解析結果

全国主要産地において夏季に太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の利用は可能と考えられる。

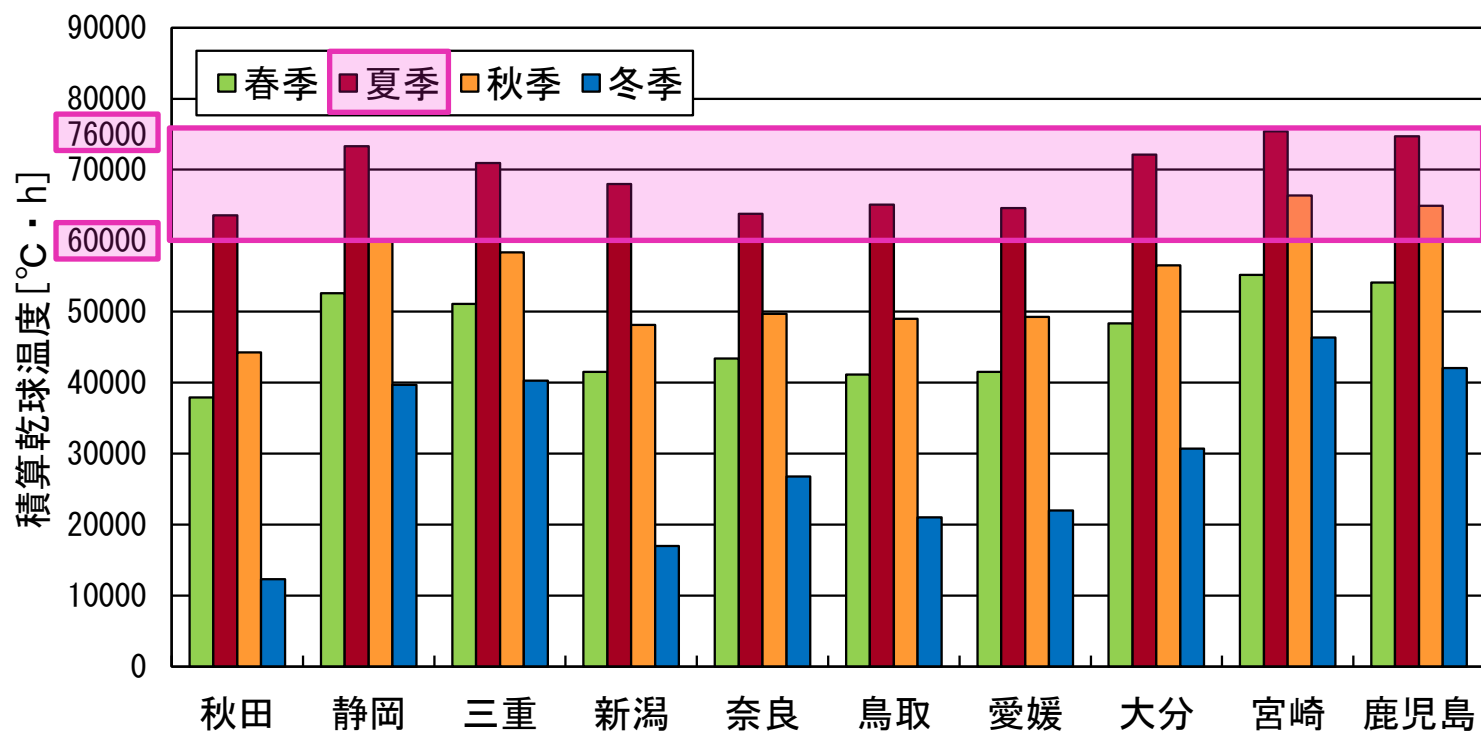


図5 日本産杉の主要産地の季節毎の積算乾球温度

4 全国842都市における大型ガラス張り倉庫 による木材乾燥の数値解析

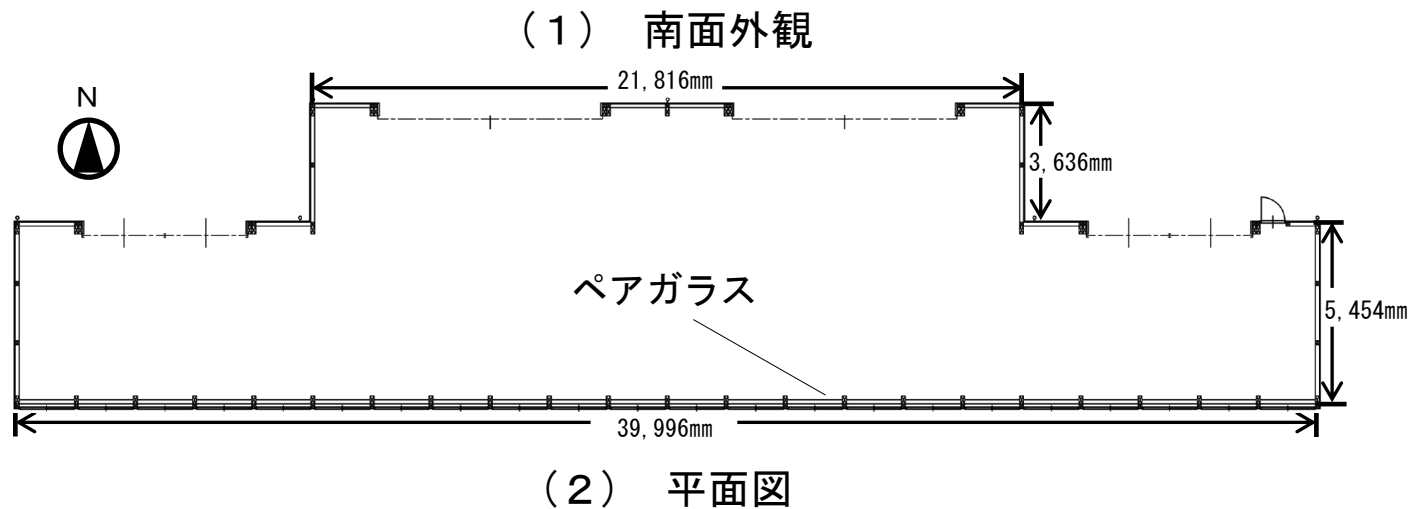


図7 大型ガラス張り倉庫の概要



南壁面仕様：ペアガラス
軒高：6,110mm

(1) 南面外観

本解析では、新潟県加茂市に位置する製材所内に建設した大型ガラス張り倉庫を対象とし、熱負荷シミュレーションソフトTRNSYSにより大型ガラス張り倉庫の**温熱環境**の解析を行う。

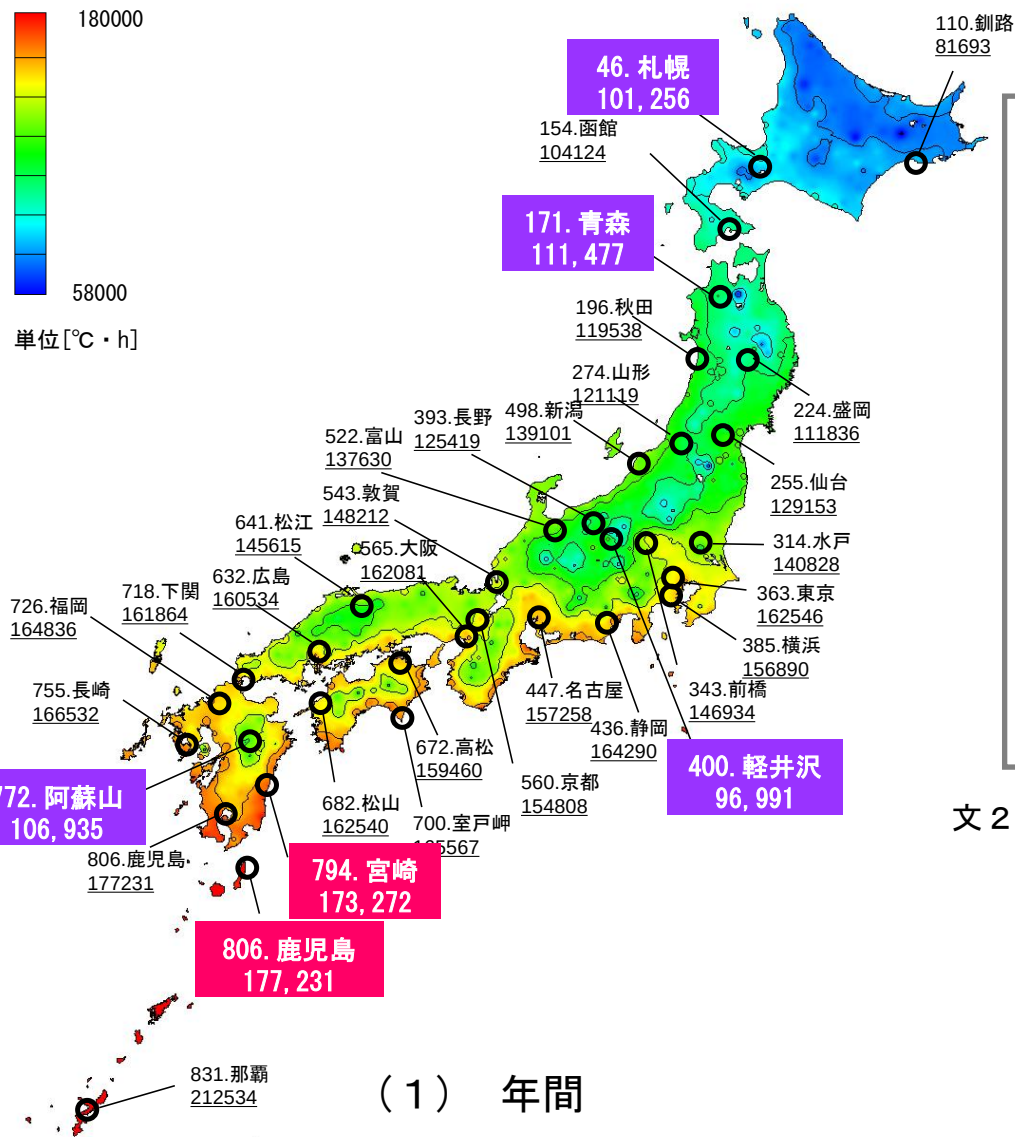
図7 大型ガラス張り倉庫の概要

表 4 大型ガラス張り倉庫の解析条件

解析期間	1月1日～12月31日
外気乾球温度[°C]	日本建築学会拡張アメダス気象 データ標準年
外気相対湿度[%]	
全天日射量[W/m ²]	
壁材[東、西、南]	杉12mm+構造用合板18mm
壁材[北]	鉄0.8mm+フネンエース4mm
床	コンクリート
換気回数[回/h]	1
室体積[m ³]	1700.2
熱容量[KJ/K]	2040.2
初期室内温度[°C]	20
初期室内相対湿度[%]	50

表 5 大型ガラス張り倉庫の仕様

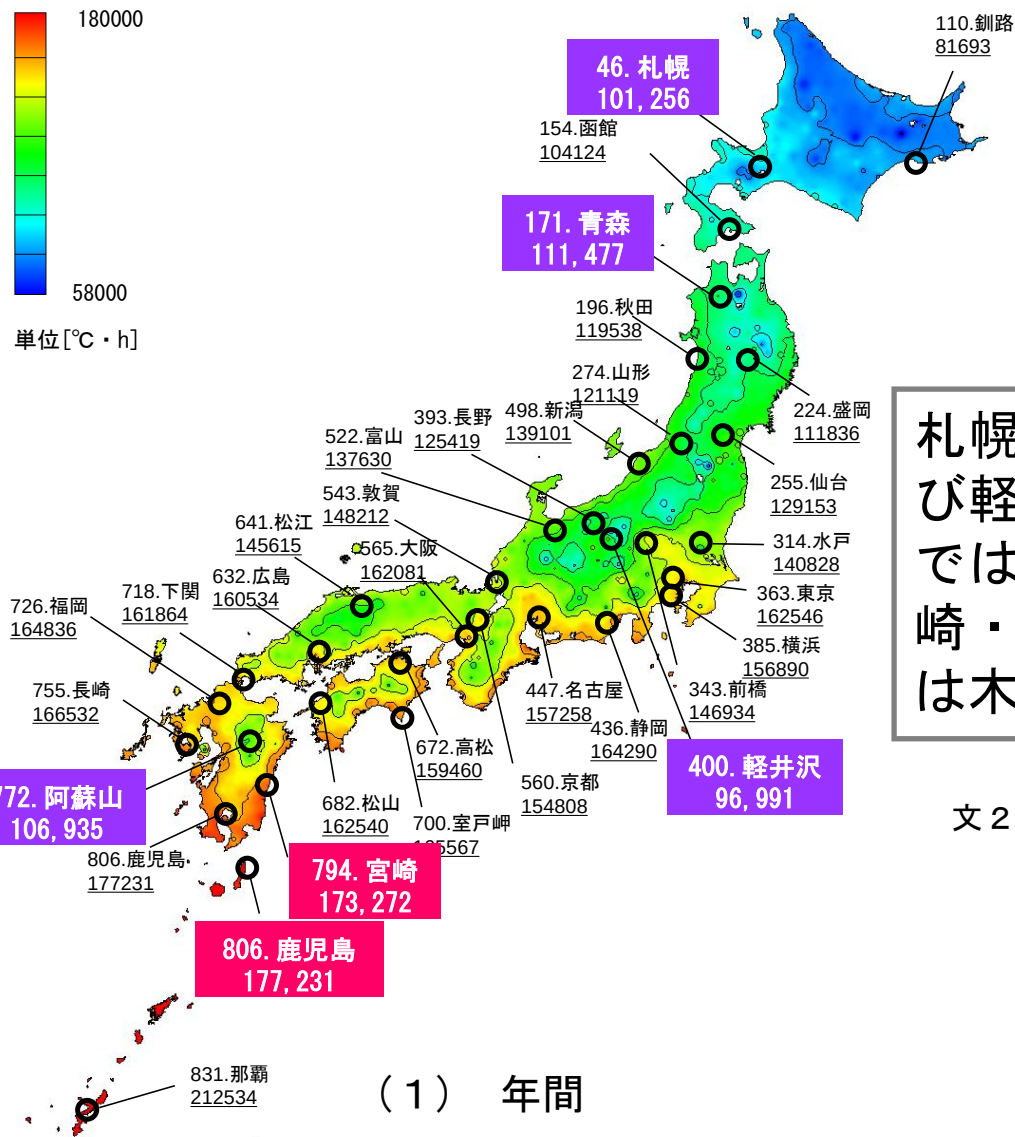
	材質	熱貫流率[W/m ² ・K]	窓の有無
東	杉12mm+構造用合板18mm	2.393	無
西			無
南			有
北			無
シャッター 屋根	鉄0.8mm+フネンエース4mm	3.719	無
床	コンクリート	1.513	
窓	ペアガラス	1.4	



積算乾球温度の年間平均は $126,926^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ であり、この値は、既往の研究^{文2)}における木材乾燥実験において木材が十分乾燥する太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の積算乾球温度の約 $58,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ を上回るため、大型ガラス張り倉庫を**木材乾燥施設として使用することが可能と考えられる。**

文2) 赤林伸一・坂口淳・重川隆廣・文欣潔・遠藤悠治
「木材の地産地消に関する研究その9～11」日本建築学会大会学術講演梗概集2012年

図8 大型ガラス張り倉庫における年間・春季・夏季・秋季の積算乾球温度マップ



札幌・青森等の比較的高緯度の地域及び軽井沢等の高地や阿蘇山等の山間部では木材を年間2回程度乾かせる。宮崎・鹿児島等の比較的低緯度の地域では木材を年間3回程度乾かせる。

文2) 赤林伸一・坂口淳・重川隆廣・文欣潔・遠藤悠治
「木材の地産地消に関する研究その9～11」日本建築学会大会学術講演梗概集2012年

図8 大型ガラス張り倉庫における年間・春季・夏季・秋季の積算乾球温度マップ

2 本論文に関連する追加資料 エアコンを用いた木材乾燥実験

本実験では、地産材保管倉庫に温湿度計を4つ設置して、温湿度を測定する。

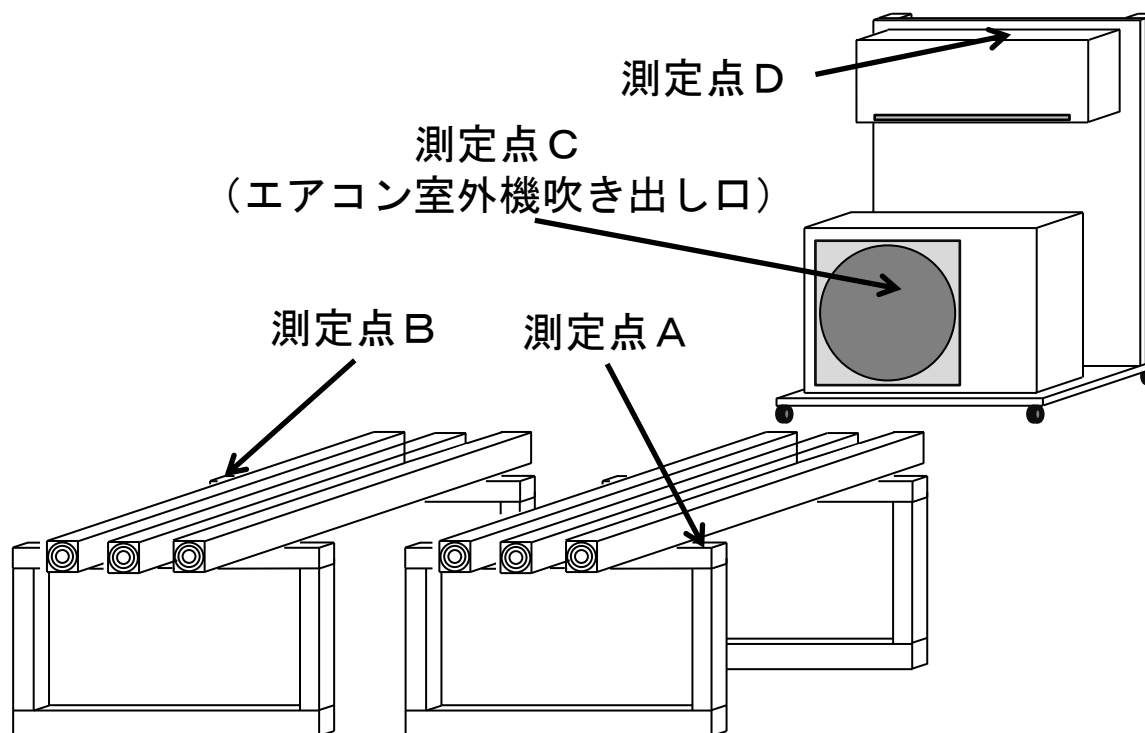


実験対象：新潟県産越後杉
木材寸法：120mm×120mm×3000mm

パナソニックインバータ冷暖房除湿タイプのルームエアコン
(冷房能力5.6KW)

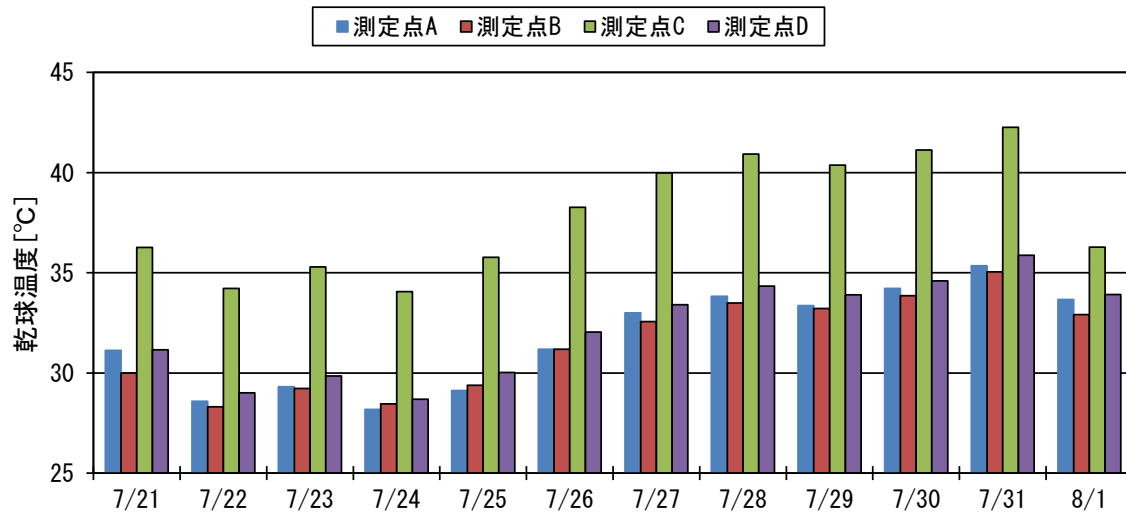
図 正角材の設置写真
図11 正角材の設置概要

地産材保管倉庫に保管されている未乾燥材を、エアコンの室外機からの気流により乾燥させるための装置を新たに作成し、乾燥初期段階の乾燥速度を実験的に明らかにする。

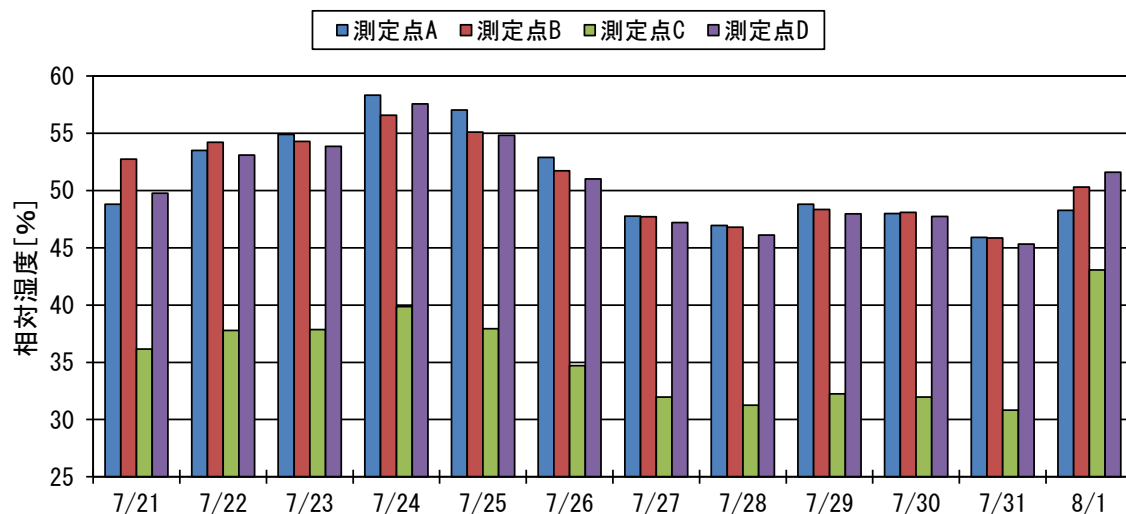


(2) 各測定点の設置場所

図11 正角材の設置概要

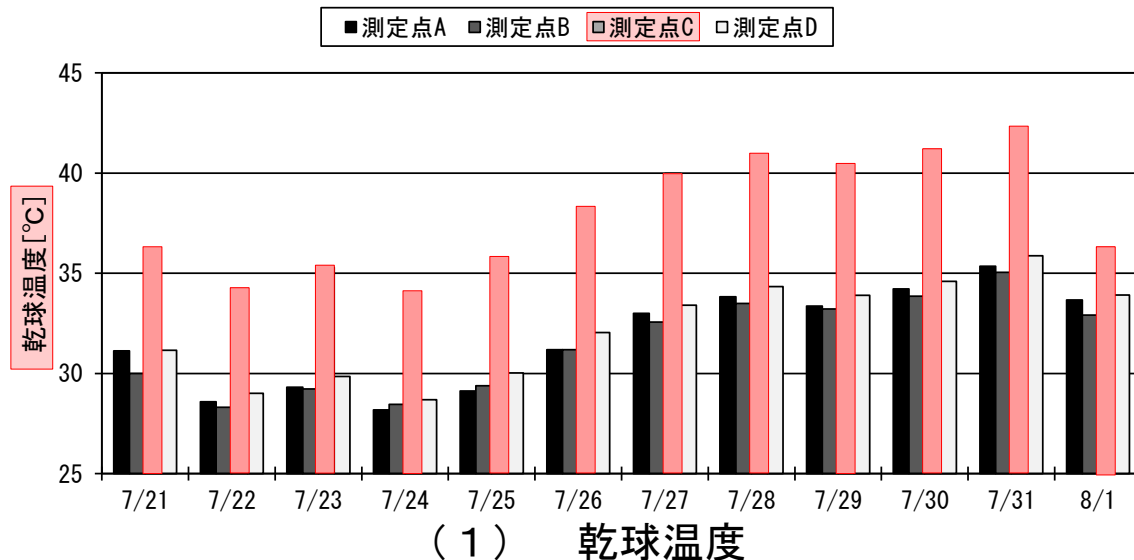


(1) 乾球温度



(2) 相对湿度

図12 各測定点における日平均温湿度



測定点C（エアコン室外機吹出口）の乾球温度は最も高く、相対湿度は最も低くなる。

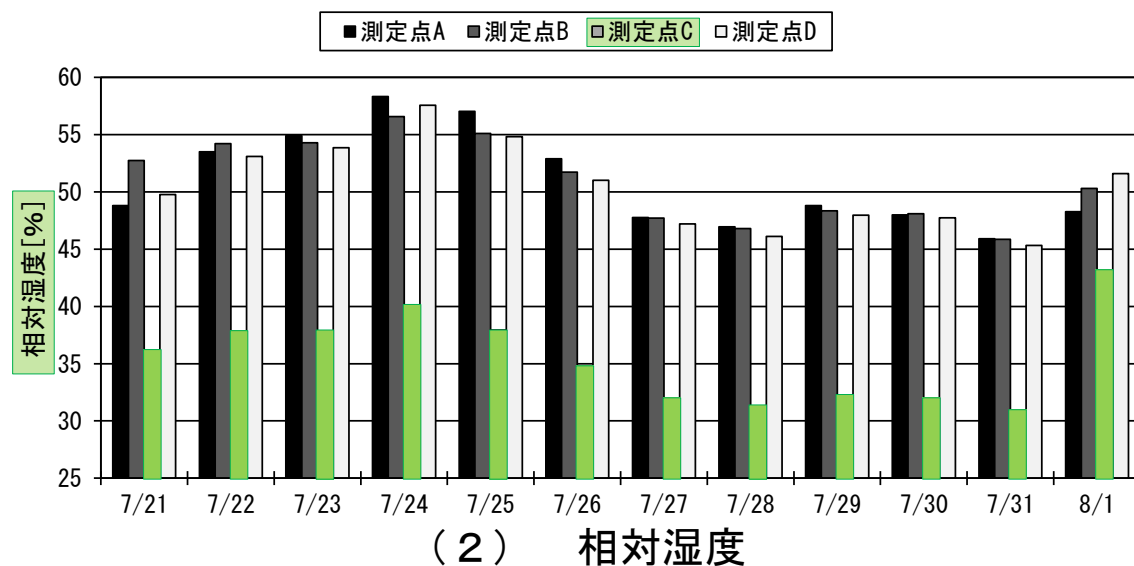


図12 各測定点における日平均温湿度

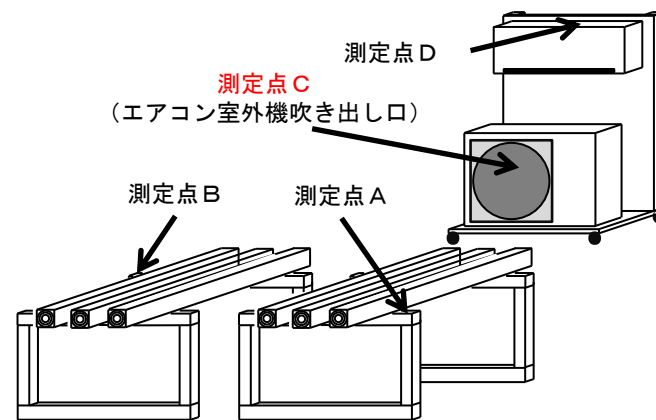
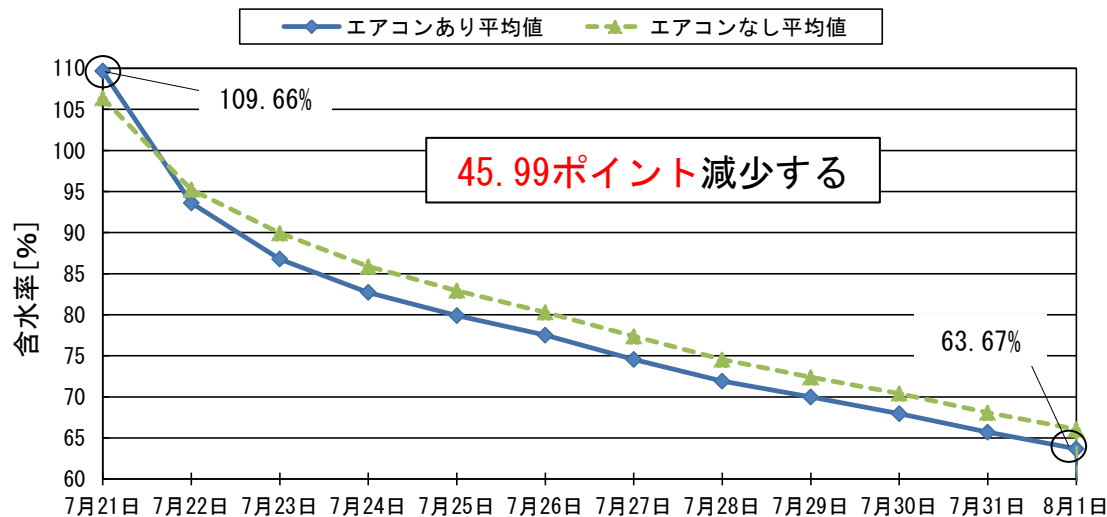


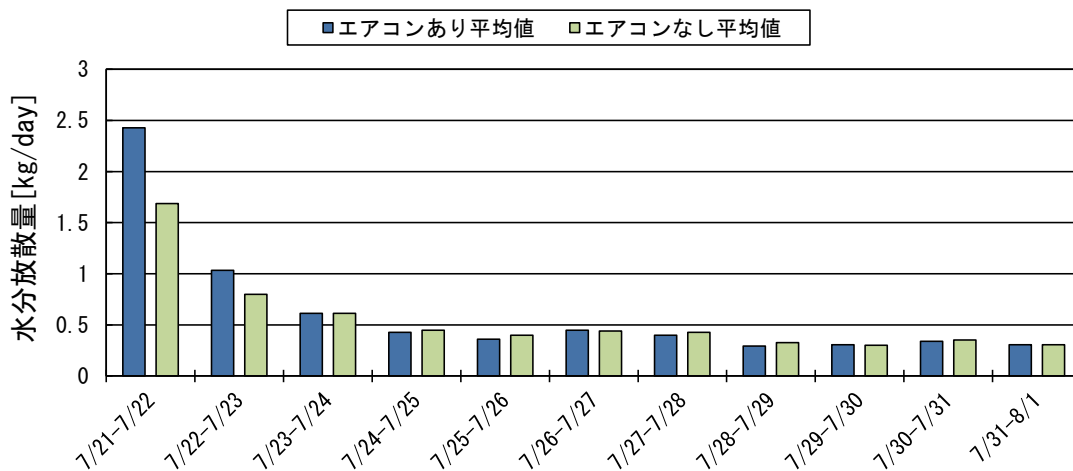
図11 正角材の設置概要

木材乾燥の実測結果



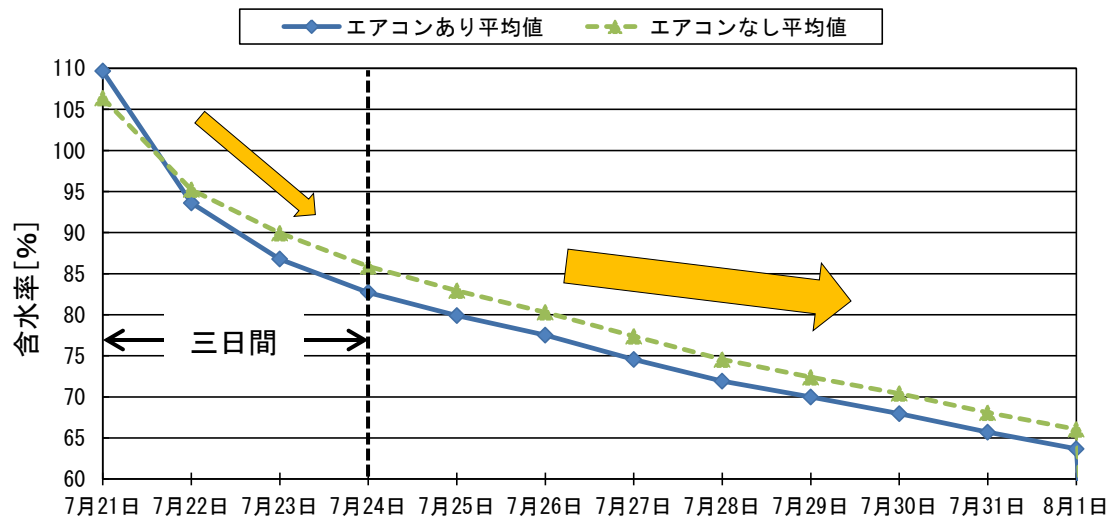
(1) 含水率

エアコンありの方がエアコンなしの場合より早く乾燥する



(2) 水分放散量
図13 木材の実測平均値

木材乾燥の実測結果

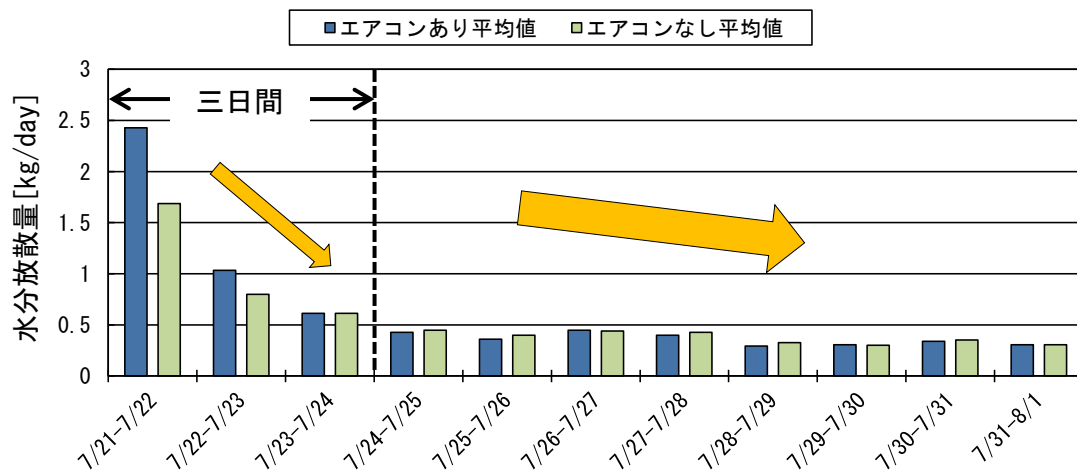


(1) 含水率

気流が当たる位置と気流が当たらない位置を水分放散量を比較すると、水分放散量が違う。最初の三日間（7/21-7/23）が極端に多い。

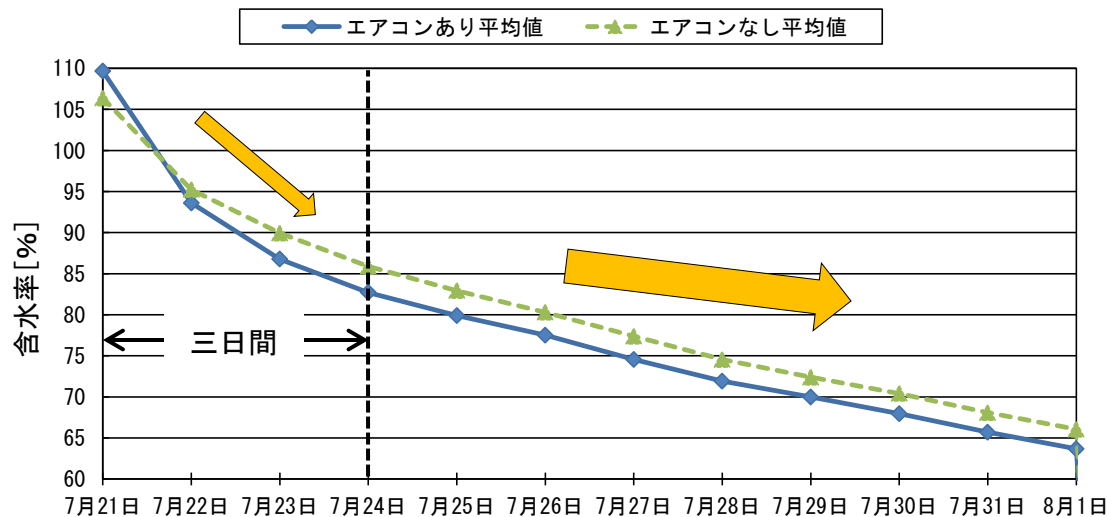


気流の影響は木材乾燥開始当初の三日間では有効と考えられる。



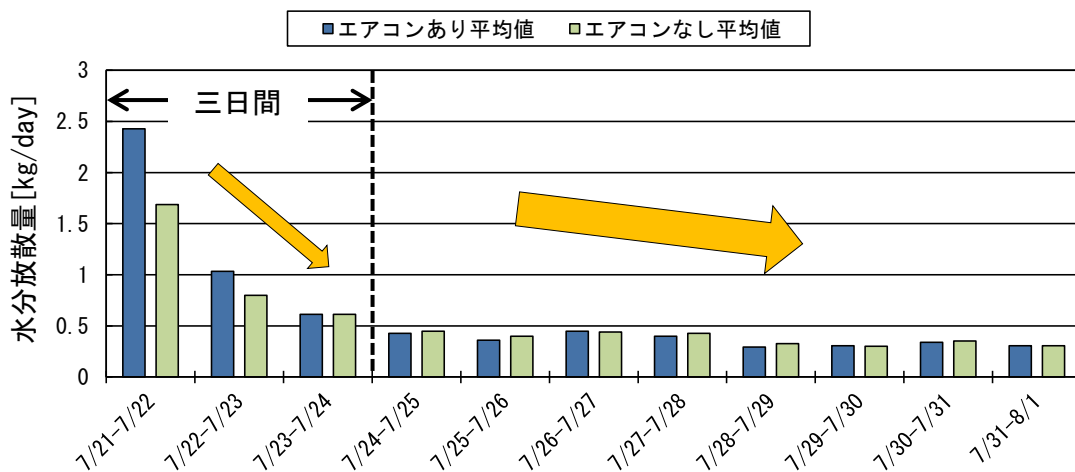
(2) 水分放散量
図13 木材の実測平均値

木材乾燥の実測結果



(1) 含水率

その後は水分放散量の値は少ないことから、木材において気流の影響は木材乾燥開始当初の三日間では有効であるが、**その後の期間では気流の影響は小さいと考えられる。**



(2) 水分放散量
図13 木材の実測平均値

5 結論

5.1 全国842都市におけるパッシブソーラ型乾燥施設内温湿度の数値解析

- ①積算乾球温度は1年を通して比較的高緯度の地域及び高地や山間部では小さく、比較的低緯度の地域では大きい。又、夏季では比較的低緯度な海沿いの地域で大きい。
- ②積算乾湿球温度差は1年を通して高地や山間部では小さい傾向がある。春季・秋季では比較的高緯度の地域では小さく、比較的低緯度の地域では大きい傾向がある。
- ③積算乾球温度は夏季では殆どの地域で太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の実測値である $58,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ を上回るため、太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の利用は可能と考えられる。

5.2 パッシブソーラ型乾燥施設における主な杉の産地の数値解析

- ①主な日本産杉の主要産地は秋田県、静岡県、三重県、新潟県、奈良県、鳥取県、愛媛県、大分県、宮崎県、鹿児島県である。
- ②日本産杉の主要産地の積算乾球温度は全ての地域で夏季・秋季・春季・冬季の順に大きく、夏季の主要産地における積算乾球温度 $60,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ の範囲に入る。このため全国主要産地において夏季に太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の利用は可能と考えられる。

5.3 全国842都市における大型ガラス張り倉庫における木材乾燥の数値解析

- ①積算乾球温度は1年を通して札幌・青森等の比較的高緯度の地域及び軽井沢等の高地や阿蘇山等の山間部は小さく、宮崎・鹿児島等の比較的低緯度の地域では大きい傾向がある。
- ②解析結果は太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設と同様の傾向があり、積算乾球温度の年間 $126,926^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ である。この値は、既往の研究における木材乾燥実験において木材が十分乾燥する太陽熱利用パッシブ型木材乾燥施設の積算乾球温度の約 $58,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ を上回るため、大型ガラス張り倉庫を木材乾燥施設として使用することが可能と考えられる。

本論文に関連する追加資料

2 エアコンを用いた木材乾燥実験

- ①エアコンありの方がエアコンなしの場合より早く乾燥し、含水率は109.66%から63.67%と45.99ポイント減少する。
- ②1日当たりの水分放散量を比較すると、気流が当たる位置と気流が当たらない位置とも最初の三日間（7/21-7/23）が極端に多く、その後は最初の三日間より水分放散量の値は少ないことから、木材乾燥において気流の影響は木材乾燥開始当初の三日間では有効であるか、その後の期間では気流の影響は小さいと考えられる。