

# 乾燥材のさらなる普及に向けて

北海道立林産試験場 企画指導部普及課長 中 島 厚

## はじめに

北海道における建築用材出荷量に対する人工乾燥材の割合は、統計を取り始めた昭和59年は2.1%でしたが、年々順調に増え続け平成14年度には43.4%に達しました。しかし、それ以降は40%前後で推移しており<sup>1)2)</sup> (図1)、住宅着工の低迷とともに処理材積は思うようには伸びていません。一方、全国では20%を超える水準に留まり北海道はその約2倍となりますが、建築用材総出荷量の半数にも満たないことや、処理比率が頭打ち状態になっていることなどから、一層の普及推進が求められています。こうした現状を受け、北海道では平成24年までに60%とする指標値を、一方、全国では平成27年までに50%を目標値として、乾燥装置の導入促進や乾燥技術の開発・改善への取り組みが強化されます。

このように人工乾燥材の供給を促進するとともに乾燥技術の一層の進歩によって低コスト化や品質向上に大きな期待が寄せられる今日です。本稿では、道内における乾燥材生産の現状と今後の展開に向けた主な課題等を述べます。

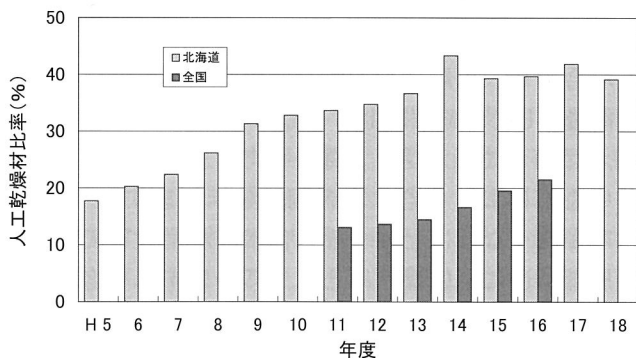


図1 建築用材の人工乾燥処理実績

## 北海道における乾燥材普及の変遷

前述のとおり、北海道における乾燥材比率は現状で頭打ちになっているものの、ごく最近まで順調な推移を示しました。寒冷な地域特性を背景として昭和50年代からは住宅の気密・断熱化工法が徐々に浸透するとともに、暖房のセントラル化、計画換気などによる室

内環境の低湿傾向が顕在化するようになり、寸法精度の高い建築用材への要求が徐々に高まりを見せていきました。これをいち早く察知した生産者ならびに行政機関は、乾燥技術の習得や適切な乾燥材の普及を推進することを目的に、昭和61年「北海道乾燥材普及協議会」を連携し設立したことは、普及率増加の大きな原動力になったものと思われます。また、道内3社の乾燥装置製造メーカーがいずれも旭川市近郊にあり、競って蒸気式乾燥装置の性能向上に努めるとともに地元製材工場への販売導入が順調に進んだことも普及を押し上げた要因の一つと思われます。なお当時は、住宅への構造用集成材の利用が認められず、乾燥材比率に集成材原板を含みませんが、近年の集成材使用の増加は著しく、これを人工乾燥処理量に含めた場合、平成18年度において乾燥材の割合は45%になるようです<sup>1)</sup>。

## 針葉樹製材乾燥の現状

現在、道内にある人工乾燥装置の数は472室となっており、その85% (装置容量では83%) が蒸気式です。次いで多いのが低温除湿式で、最近では減圧式などの特殊乾燥装置の導入も認められます。また、蒸気式では高温型装置の導入が進み、無垢の心持ち構造材に高温処理が行われ乾燥時間の短縮と割れ防止に役立てられています。ただし、北海道における心持ち柱・梁材の生産は一部の工場に限られ、寸法安定性や狂いづらといった根強い信頼から集成材や心去り製材の使用がほとんどです。高温型装置の導入は使用温度範囲が広いこと、断熱・気密性に優れる点などから、中温域での乾燥を行う工場にも広く受け入れられているものと思われます。

近年、地球環境への意識の高まりから様々な製品・サービスにおいてLCA手法を用いた環境負荷の定量的評価が試みられています。LCAとは、製品の製造から廃棄に至る過程の環境負荷を評価する手法です。建築用材では原木伐採から製材、乾燥、加工、建築 (躯体工事) までの一連の工程で排出される二酸化炭素のうち最も多くを占めるのは、乾燥製材の製造、とりわけ

乾燥部門であると言われております<sup>3)</sup> (図2)。経営採算の見地からのみならず、これからは地球温暖化の問題からも乾燥に投入される化石燃料の削減、コスト低減は大きな課題と思われまます。しかし、蒸気式乾燥装置の多くは、ボイラーが小型で扱いやすいといった理由から燃料に灯油やA重油などの化石燃料を使用しており、原油高の影響もあってコスト低減が困難な状況にあります。ただし、おおむね月産500m<sup>3</sup>以上の乾燥材を生産する比較的規模の大きな工場では燃料費削減のため工場残廃材を燃料に利用できる木屑炊きボイラーを既に導入しているケースがほとんどですので、今後は小規模工場への導入可能性についての検討が必要と思われまます。近年の著しい原油高騰から採算の合う工場規模は小さくなる傾向にはありますが、導入可否の大きな判断基準は設備投資額と思われまます。油炊きボイラーに比べ高額なため、低価格な木屑炊きボイラーの開発が望まれます。また、工場規模が小さくなれば、木屑の確保や自動運転による人件費削減などへの対応はコスト低減効果に及ぼす影響を無視できない点も考慮する必要があります。

その他、乾燥設備の共同利用の考え方があり、乾燥設備を一箇所に集約して共同運用する仕組みを作ることにはコスト低減にとって有効な手段となり得まます。特に単独では乾燥設備への相対投資額の大きくなる小規模工場にとって有利であり、乾燥施設の共有とそこに専属の技術者を配することによって、一定の品質のものを低コストで生産できる可能性が高まります。

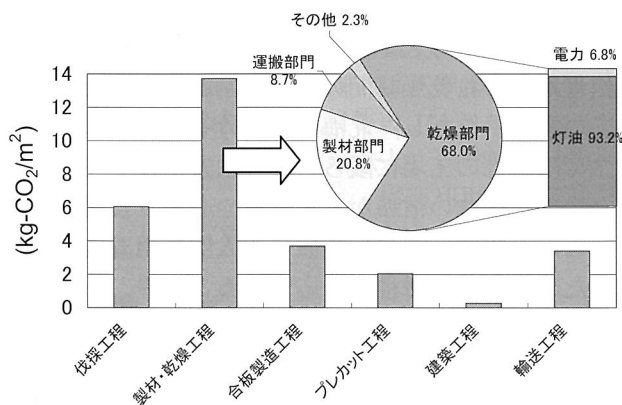


図2 製造工程における二酸化炭素の排出比較

### 乾燥材に求められるもの

乾燥材は流通上、生材と区別され扱われますが、表示どおりの性能が付与されているか疑問の残る場合も少なくありません。乾燥材の需要は確実に伸びており、

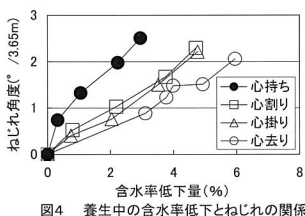
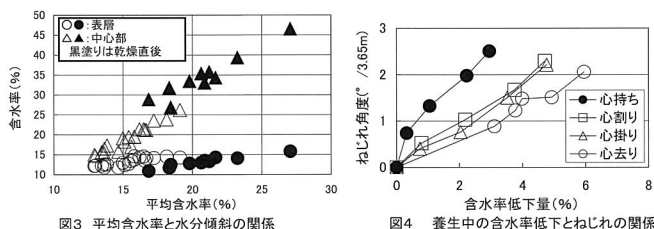
品質の保証された乾燥材を供給することは、現状で頭打ちになっている乾燥材比率を一層上昇させるためには必須と思われまます。また、この現状を掘り下げると、無垢の乾燥材がさほど伸びていないことがうかがえます。コスト問題もさることながら、無垢材の品質に対する信頼が十分に獲得されたとは言いきれない面を否定できません。すなわち、建築サイドでは安心して使えないといった疑念が見え隠れしており、今は良くて家を建てた後に割れや寸法収縮が生じクレームに発展することへの不安であったり、一定量をほしい時に手に入れるなどの要望に満度に答えてもらえないことなどが理由として挙げられまます。

こうした不安意識を払拭するためには、影響が大きいと考えられる含水率表示に対する不信感を取り除くことが肝要であり、供給側は表示保証への取組みが必要です。水分管理の重要性を認識し、含水率計測はもとより徹底した品質管理規準を設け実行することは、近頃、報道を賑わしている食品偽装表示問題と同様に供給側の責務と思われまます。

水分管理は乾燥工程のみならず、製材工場での原木管理から建設現場へ搬入し使用されるまでをトータルで考える必要がありますが、とりわけ乾燥後の扱いには注意が求められまます。殊に人工乾燥後の仕上がり含水率は均一ではないと考えるのが妥当です。乾燥むらは、装置性能(温湿度・風速ムラ)や初期含水率、断面寸法などに支配され、断面が大きく仕上がり含水率が高いほど顕著となる傾向があります。すなわち無垢の建築用構造材(柱・梁)はこれに当てはまり、よほどの注意が必要です。また、目標の含水率に仕上がった場合でも、表層付近と中心部の含水率差は柱等で10%前後もしくはそれ以上あることも少なくありません。例えば図3に、カラマツ材の平均含水率と表層および材中心部における含水率の関係を示しまます<sup>4)</sup>。平均含水率が高くなるほど中心部の含水率が増大しており、表層部は逆に過乾燥ぎみとなっています。平均含水率が16%付近で中心部の含水率が20%を下回っています。この水分傾斜は、内部加熱が行える高周波等を用いることで改善できますが、蒸気式などの表面加熱法であれば通常は避けることができません。このため、蒸気による表面加熱に加えて補助的に高周波加熱を行い、内部の乾燥を促進させる方法が梁材のような断面の大きな製材の乾燥に活用されるようになりまます<sup>5)</sup>。ただし、この方法を道内で採用している例は今のところ見当たりまません。

また、水分傾斜の大きい材は、後に内部水分が表面移動するに伴ってねじれ等の狂いを生じさせます。例えば、カラマツ正角材について各種木取り別に養生期間中の含水率低下量とねじれの変化を図4に示します<sup>9)</sup>。含水率低下量あたりのねじれの変化は心持ち材で大きく、次に心割り・心掛り材が同程度で、心去り材が最も小さな変化を示し、これらは乾燥直後のねじれの大きさに比例しました。含水率低下1%あたりのねじれ角度の平均値は材長が3.65mの場合、心持ち材で0.87°、心割り材0.49°、心掛り材0.51°、心去り材0.35°でした。このことから、木取りによって養生後の狂いの大きさは異なりますが、いずれも含水率が平衡状態になった段階で狂いを取り除くための鉋削加工仕上げが不可欠と言えます。

以上のように、含水率の均一化と水分傾斜の平坦化は大断面の無垢材にとって容易とは言えませんが、信頼を得るための絶対条件となります。



に比べて多いことや、生材処理に効果のあるヤニ抜きのための蒸煮工程が必要となる場合も多く、必ずしも天然乾燥を行うことが妥当とは言えません。特に心持ち材で柱などの断面の大きな製材は割れの発生が顕著となるので実施すべきではありません。

また、人工乾燥後の養生処理は、内部水分の表面移動を進め形状の安定を図るための重要な工程となります。カラマツ梁材（梁せい300mm）を約1年間屋内で養生した時の内部水分の経過に関して図6を示します<sup>7)</sup>。乾燥直後の表層含水率の平均は15%以下ですが養生を開始した初期段階ではやや上昇しており、保管場所の気候に応じ吸湿したものと思われます。一方中心部は、平均値20.9%に対し乾燥直後は28~37%と高含水率を示しました。養生の初期段階でやや急速に低下し、徐々に表層含水率に近づく様子が認められます。中心部の含水率が20%を下回る時、平均含水率の値は概ね16%であり、これは前述した正角材の例と同様でした。以上のように、低含水率ほど水分傾斜の平準化が認められることや、現実問題として仕上がり含水率の高い材が少なからず出現することを考慮すると人工乾燥後の養生は重要な工程と理解できます。

### 3. 水分計測

製材の含水率測定には、携帯型の高周波容量式含水率計が広く用いられています。しかし、これらの水分計では乾燥直後に柱材等を測定した場合など、水分傾斜の影響による誤差が生じることがあります。水分計の材面へのあて方や比重補正、測定深度の問題を熟知し、定期的に全乾法による含水率と照合するなど、一定の精度を確保しておく必要があります。最近では、断面の大きな乾燥材についても、内部水分を検知できる精度の高い設置型含水率計が用いられ、特に量産工場での水分管理に役立てられています。こうした製材全数の測定が可能なインライン式水分計の設置によって、例えば基準値以下の乾燥材は養生期間を短縮する判断に利用するなど、効率的な水分管理に寄与します。

### 乾燥材の水分管理技術

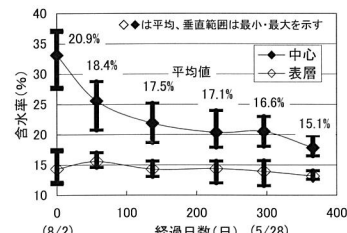
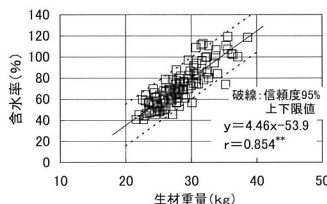
以下では、乾燥材の含水率均一化と水分傾斜を軽減するための具体的手法について紹介します。

#### 1. 初期含水率の揃った製材のグループ化

含水率と生材重量には高い相関関係があることが判明しています（図5）。そこで、重量選別を行い、区分された製材ごとに適切な乾燥を行うことが有効とされています<sup>9)</sup>。これにより各グループごとに最適な乾燥条件を与えられるので、不良材や仕上がりのばらつきを減らすことが可能になります。この際、重量区分をこまかくするとまとまった量を確保するのが難しいので、実用的には2~3種類に区分するのが適当と思われます。

#### 2. 予備乾燥と養生

広葉樹製材では、初期含水率を揃え乾燥応力の緩和を目的として人工乾燥前に天然乾燥を行うのが一般的です。針葉樹製材についても同様の効果が期待できます。しかし、表面割れが生材から人工乾燥を行う場合



## 道産針葉樹材の人工乾燥スケジュール

乾燥装置の操作は、被乾燥材の含水率を把握しながらあらかじめ作成した乾燥スケジュールに従って温湿度を調整することで進めます。これに対しタイム制御と呼ばれる、スケジュール表に処理時間を当てはめ温湿度を自動制御させる方法があります。多くの針葉樹製材工場では、作業が簡便であることから、このタイム制御による管理が行われているのが実情です。しかし、この方法では処理時間を設定するのに多くの経験と知識を要します。これは、前述のように樹種や製材寸法、初期含水率などによって乾燥速度が一様でないばかりか、温湿度条件や含水率状況によって刻々と変化するので予想が困難なためです。

そこで林産試験場では、カラマツおよびトドマツを対象に乾燥性に影響を及ぼすいくつかの情報を入力することで、乾燥時間を推定するタイムスケジュール表示プログラムを開発しました<sup>8)</sup>(図7)。往々にして、工場では低温、高湿の乾燥スケジュールを採用し、乾燥時間が標準に対し長いにもかかわらず仕上がり含水率が目標に達しないなどのケースが見受けられます。本システムは、材厚や初期含水率など様々な情報に基づき温湿度条件を提案し、かつ乾燥時間を推定しているので、材種や仕上がり含水率を変更したい場合などにも即座に乾燥スケジュールを得ることができます。今後、道産カラマツ・トドマツ人工林材の乾燥に本プログラムが活用されることを期待します。

図7 タイムスケジュール自動表示プログラム

入力項目 (下の入力欄のみ変更可能)									
樹種	厚	幅	心持ち	初期含水率	仕上り含水率	乾燥条件	蒸査	イコライジング	コンディショニング
1	60	115	0	50	8	1	1	1	1
0:トドマツ	整数値	整数値	0:心持ち	整数値	整数値	0:中温	0:蒸査なし	0:なし	0:なし
1:カラマツ			1:心去り			1:中高湿	1:蒸査あり	1:あり	1:あり
						2:高温	スケジュール提示		
含水率~	~含水率	乾燥温度	湿球温度	乾燥球温度差	相対湿度	平衡含水率	推定乾燥時間	乾燥速度	
蒸査	90.0	90.0	0.0	100.0	22.5	8			
50	40	90.0	87.0	3.0	88.8	14.4	23		
40	35	90.0	86.0	4.0	85.4	12.9	12	0.52076	
35	30	90.0	85.0	5.0	82.0	11.8	14	0.44315	
30	25	90.0	83.0	7.0	75.5	10.1	15	0.39565	
25	20	90.0	80.0	10.0	66.6	8.3	19	0.32109	
20	15	90.0	75.0	15.0	53.6	6.4	19	0.32305	
15	10	90.0	68.0	22.0	38.7	4.7	25	0.24165	
10	8	90.0	60.0	30.0	25.6	3.2	20	0.14739	
イコライジング		85.0	68.0	17.0	47.5	6.0	29		
コンディショニング		85.0	78.0	7.0	75.7	10.5	15		
合計時間							199	+初期昇温時間	

## さいごに

平成19年7月に林野庁から公表された「木材に関する技術開発目標」によると、乾燥技術に関して以下のような項目を挙げ、今後5年間にわたる取組みが実施される予定です。

1. 乾燥材の基準の明確化 (含水率、表面割れや内部割れの程度、強度など)
2. 品質の高い乾燥材を低コスト・短時間で生産するための適切な乾燥技術の開発・改良
  - ・乾燥前の含水率に応じた分別のあり方
  - ・乾燥中の温度ムラの抑制
  - ・乾燥過程の欠点 (落ち込み、表面割れ、内部割れ等) の改善
  - ・香り成分や耐蟻成分などの減少の抑制
  - ・前処理技術や天然乾燥、既存の各種人工乾燥法の効果的組合せ
  - ・開発した乾燥システムの現場技術者への普及、定着
3. 高含水率まで測定できる含水率計の開発

このように乾燥技術や装置の改善・開発は今後も日進月歩を続けると思われます。北海道においても、乾燥装置の増加、技術力の向上によって高い品質の乾燥材、とりわけ無垢製材を安定して供給する仕組みを早期に実現し、生産量のさらなる増加を期待するところです。

## 参考資料

- 1)北海道水産林務部林務局林業木材課：「平成18年度人工乾燥材生産実態調査結果」
- 2)林野庁木材産業課調べ
- 3)古俣寛隆，加藤幸浩，高山光子，由田茂一：第2回日本LCA学会研究発表会講演要旨集，3，84-85，2007
- 4)中寫厚，土橋英亮：日本木材学会北海道支部講演集第32号，29-32，2000
- 5)社団法人全国木材組合連合会：乾燥材生産の技術マニュアル改定新版，30-39，2006
- 6)中寫厚，幡多輝昭，上野英治：日本木材学会北海道支部講演集第31号，9-12，1999
- 7)中寫厚，土橋英亮：林産試験場報，17(2)，1-5，2003
- 8)中寫厚，土橋英亮，河原映：林産試験場報，21(1)，15-28，2007