

林 産 の 部

木材乾燥操作に関する基礎的研究 (第1報)

乾燥特性曲線について

寺 沢 真⁽¹⁾
岩 下 睦⁽²⁾

I 緒 言

木材乾燥技術を発展せしめるために水分移動等に関する基礎的研究は従来多く行われ、着々その成果が報告されているが、まだ実際の現場における乾燥操作の面にまでは結びつくにいたっていない。この研究は、これらの基礎的な成果に対して実際面から一步、歩み寄るために、また乾燥操作上現場の技術者が直ちに応用しうる基礎的データを提供せんとして行つたものである。すなわち、木材を乾燥する場合、ある形状のものをいかなる条件で乾燥したならば、どの程度の速度で乾燥するかということは実際に乾燥操作に従事する者にとつて最も大きな関心事であろう。この問題を解明するため、われわれは二、三の材について乾燥速度と乾燥条件および含水率の関係より、それぞれの樹種、形状に対する乾燥特性曲線を作成、検討し、さらに一步進めてこの特性曲線により乾燥スケジュール追究の一試案と結果を提示し、大方の御批判を乞ふ次第である。

なお、この実験を行うにあたり、終始御援助を賜つた齋藤木材部長、小倉材料科長、黒田加工科長に対し、また、実験装置の設計製作に多大の御協力をいただいた井阪三郎技官に対し、謹んで謝意を表するとともに、半年有余にわたる徹夜実験に御助力をいただいた乾燥研究室員大沼加茂也技官、筒本卓造技官、小玉牧夫技官、佐藤庄一技官の勞に対し感謝の意を表するものである。

II 乾燥特性曲線の作成

(1) 実験方法および供試材

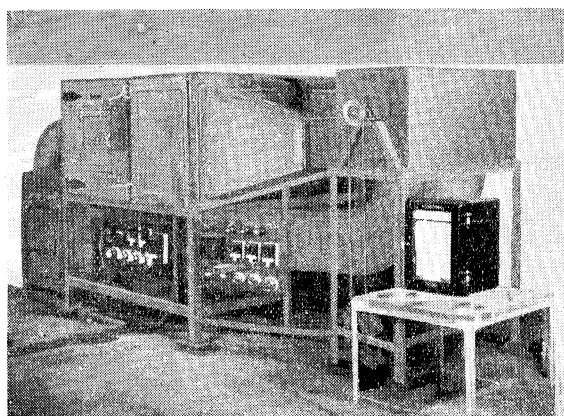
実験装置は特に製作せる恒温、恒湿、恒風の風洞乾燥装置 (Phot. 1, Fig. 1.) を用い、乾燥条件として乾球温度を 60°C 一定とし、乾湿球温度差は 2, 5, 10, 15, 17, 20, 25°C 等のうちから樹種形状により適當間隔に 5~6 段階選び、それらについて一定条件下で乾燥を進めた。乾湿球温度差 15°C 以上のきびしい乾燥条件の場合、高含水率から乾燥するならば、表面硬化等の影響がはいり正常な乾燥速度を示さないで、この影響を除くため適當な含水率まで緩慢に乾燥を行い、しかる後に目的とする条件を与えた。風速については現在インターナルファン型乾燥室で実際に使用されている風速を考慮して 70 cm/S と定め、供試材は条件を均一にするため径 2 尺以上の原木をだら挽きし、隣接した板より一連の試料を採取した。供試樹種および形状を Table 1 に示す。なお、実験に際し木口面はソリダイト (石炭酸系合成樹脂) にて end coating し木口面の蒸発を防いだ。

(2) 実験結果および考察

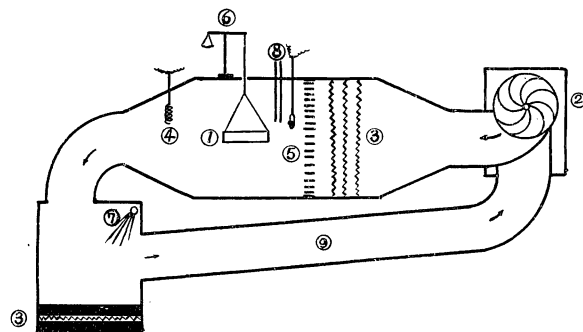
乾燥経過の一例をイヌブナ辺材、板目、21.0mm 厚の場合にとると Fig. 2 に示すとおりである。

これらの経過を乾燥速度と含水率の關係に書きなおすと、Fig. 3 のごとき乾燥速度曲線となる。さら

(1) 木材部木材加工科乾燥研究室長 (2) 元木材部木材加工科乾燥研究室員 現徳島県林業指導所



Phot. 1 実験装置 Equipment for experiment



- ① Test Piece ⑥ Balance
 ② Blower ⑦ Spray
 ③ Heater ⑧ Thermometer
 ④⑤ D.B.T. W.B.T. Controller ⑨ Return circuit

Fig. 1 実験装置 Equipment for experiment.

に Fig. 3 において、各温度差ごとに含水率における乾燥速度を図上に取り、等含水率曲線を描くと Fig. 4 のごとくなる。これは樹種、比重、心辺材、形状(厚さ、巾)、板目柾目の別により特有の形状を示しているの、これを乾燥特性曲線と名づけた。同様な方法により得られた他の樹種、厚さ、木理状態の特性曲線を Fig. 5~12 に示す。

従来これらの乾燥速度、空気条件、含水率の関係について TORGESON¹⁾、小倉²⁾らは温湿度条件を関係湿度で提示している。前者は単にそれらの要素間の関係を示すにとどまり、後者は約 1.5 mm の薄板を用い、蒸発速度におよぼす外周条件の影響について曲線の性質を考察し、その実用的価値を暗示している。本実験においては前述のごとく温湿度条件として一応乾球温度を現在実際に最も使用されている 50—70°C の中間 60°C に取り、他の温度については温度の影響として別途に実験を行うことにした。湿度条件としては実際に直読しうる乾湿球温

Table 1

樹種および木取 Specimen			寸法 Size (mm)			気乾比重 Specific gravity of air drying (13%)	産地
			厚さ Thickness	巾 Width	長さ Length		
イヌブナ INUBUNA <i>Fagus japonica</i> MAXIM	辺材 Sap wood	板目 Flat grain	21.0	113	606	0.52	木曾
"	心材 Heart wood	板目 Flat grain	22.5	113	"	0.63	"
"	"	"	26.0	240	"	0.59	"
ブナ BUNA <i>Fagus crenata</i> BLUME	辺材 Sap wood	板目 Flat grain	21.5	113	"	0.65	"
ナラ NARA <i>Quercus crispula</i> BLUME	心材 Heart wood	板目 Flat grain	20.5	113	"	0.66	"
"	"	柾目 Edge grain	20.5	113	"	0.65	"
"	"	板目 Flat grain	28.0	240	"	0.66	"
"	"	柾目 Edge grain	26.0	240	"	0.65	"
カツラ KATURA <i>Cercidiphyllum japonicum</i> S. et Z.	"	板目 Flat grain	13.5	274	"	0.53	北海道大 夕張管内 林署管内

度差で示し、実用面の追求に終始した。したがって、実験に用いた材種も本邦において最も多く使用されているブナ、ナラの床板原板、あるいは家具用材材、カツラ 4.5 分板を取り上げたわけである。これらの曲線から次のことが明らかにされる。

(i) Fig. 4 において含水率を示す線が直線であることは(この場合は含水率80%)恒率乾燥期間を意味し、その傾斜角は樹種(比重)形状等が決定すれば特定のものとなり、乾燥速度(%/h)のかわりに蒸発速度(g/h.cm²)で表わすならば、この傾斜角はほぼ一定になるはずである。

(ii) 中間の含水率において 乾湿球温度差を大きくしても、そのわりに乾燥速度が増加しないものは、水分移動の困難な樹種であることを示す (Fig. 10, 11)。

(iii) 低含水率、たとえば 10% 曲線において乾湿球温度差を大にしても、乾燥速度があまり増加しない点、すなわちこの場合は 25°C 前後が乾燥末期における経済的に見た最大温度差を示し、この曲線がまだ上昇している場合にはさらに温度差を大にするのが有利であることを示している。

(iv) 床板原板について各樹種の特性格線を比較してみると、水分の移動性はイヌブナ辺材(比重 0.52)、ブナ辺材(比重 0.65)、イヌブナ心材(比重 0.63)、ナラ心材板目(比重 0.66)、ナラ心材板目(比重 0.65)の順に悪くなっている。この関係は、水分の移動性には材の比重とその他に構造的な問題も干渉していることを示していると考えられる。

以上のことがらは、ここに作製された特定の樹種についての特性格線にも

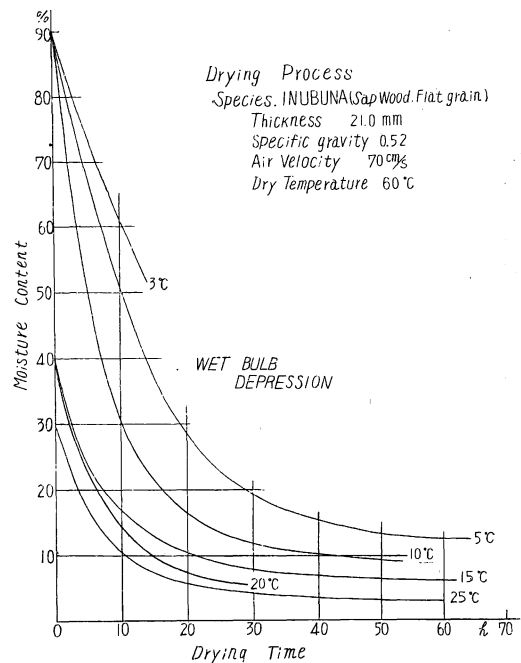


Fig. 2 イヌブナ板目床板(辺材)乾燥経過

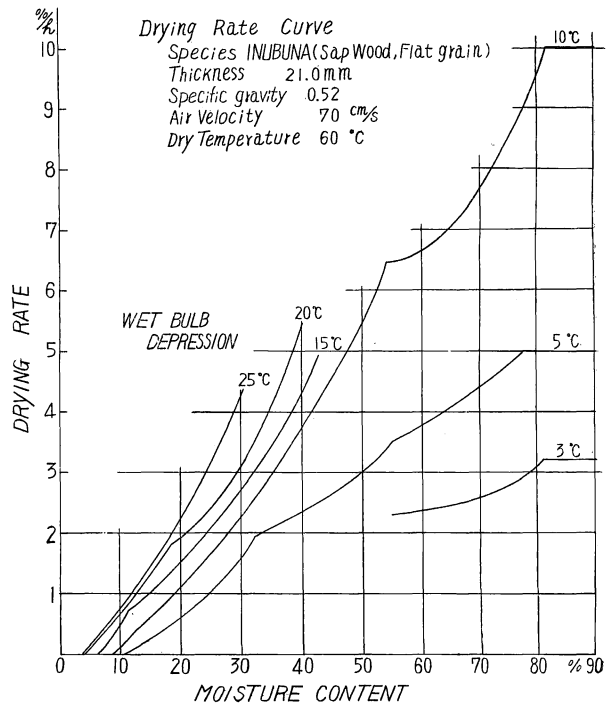


Fig. 3 イヌブナ板目床板(辺材)乾燥速度曲線

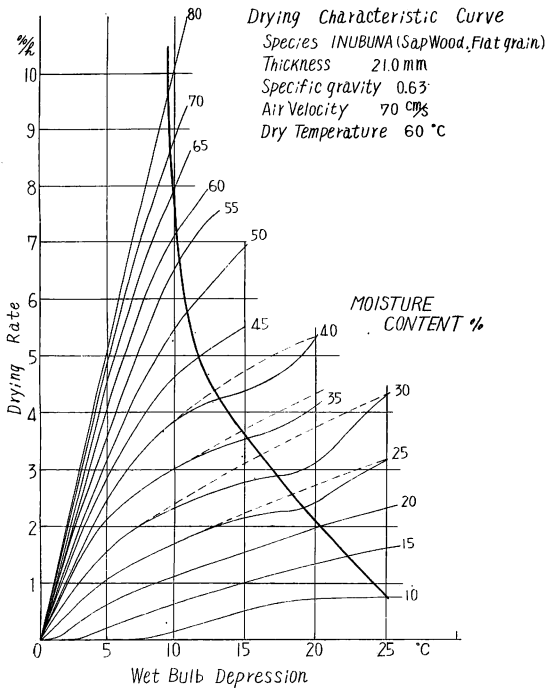


Fig. 4 イヌブナ板目床板(辺材)乾燥特性曲線

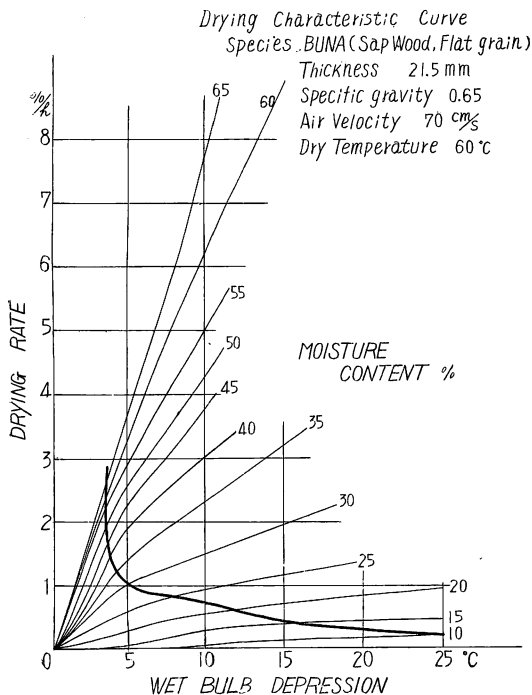


Fig. 5 ブナ板目床板(辺材)乾燥特性曲線

とづいて考察したことで、木材組織の複雑性により同樹種にても産地が異なれば比重も違い、したがって乾燥速度も異なり、また、同一原木にても木取り位置の差により性質を異にすることは当然で、これらの特性曲線はある巾をもつた帯で示さるべきでFig.4の実測値も点線のごとく考えられてよからう。しかし、実際問題として乾燥室内の全部の材について考えた場合、そこに含まれる個々の材はすべて性質を異にし、含水率も不揃いなためこれを逐一調査することもできず、また可能だとしても乾燥操作にあたつて個々の材に適合した温湿度を与えることは不可能で、結局平均的な条件を与えて満足せねばならない。それゆゑこれらの特定な材料から得た特性曲線を利用して任意の温湿度条件および含水率における乾燥速度の概略を予知することも実際面からみればうなずけるといいえよう。したがって、この曲線を用うることにより、乾燥室において棧積中の温湿度を熱電対等により測定すれば、その部分の含水率経過をある程度推定しうることになる。また、積極的にある温湿度条件を与えることにより任意の割合で材を乾燥させることも可能となり、乾燥スケジュールの検討に応用することができる。

以下乾燥特性曲線を用い、スケジュールの検討に応用した場合の例について報告する。

Ⅲ 乾燥特性曲線による乾燥 スケジュールの検討

本来、木材乾燥のスケジュールは一つの樹種形状を取り上げて数多く存在するはずである。ただ、乾燥時間を可及的に短くして、しかも損傷を生じない経済的なスケ

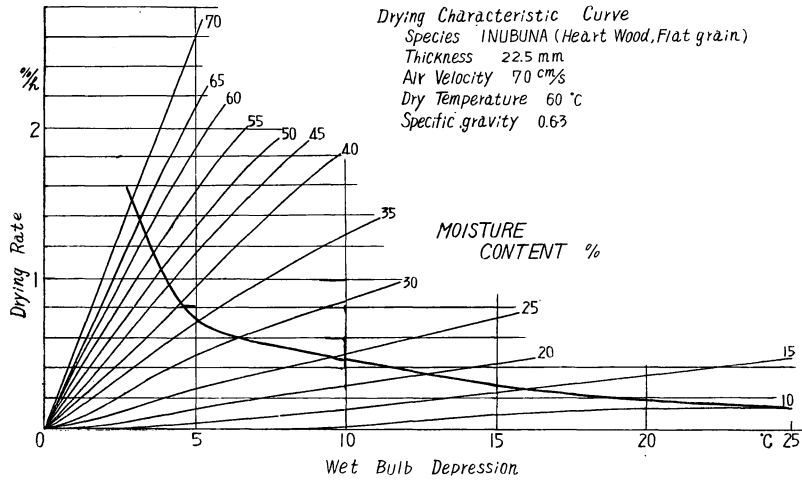


Fig. 6 イヌブナ板目床板 (心材) 乾燥特性曲線

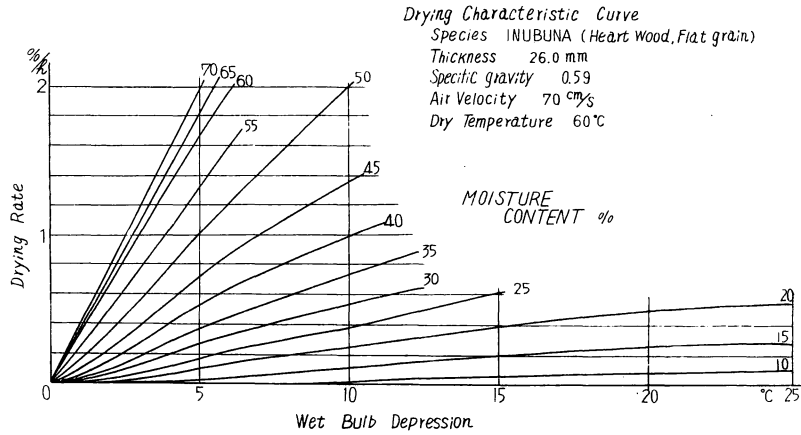


Fig. 7 イヌブナ板目材 (心材) 乾燥特性曲線

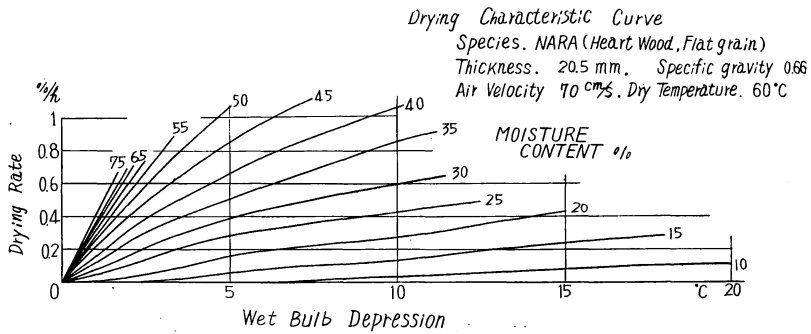


Fig. 8 ナラ板目床板 (心材) 乾燥特性曲線

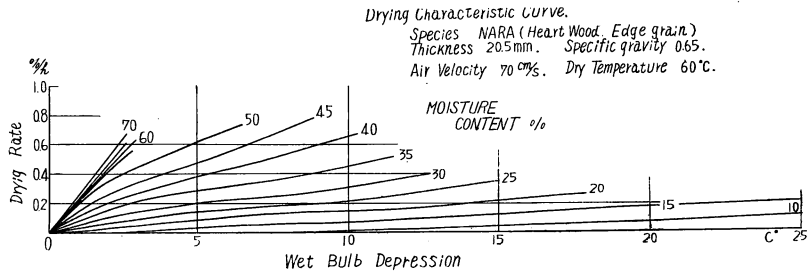


Fig. 9 ナラ柾目床板(心材)乾燥特性曲線

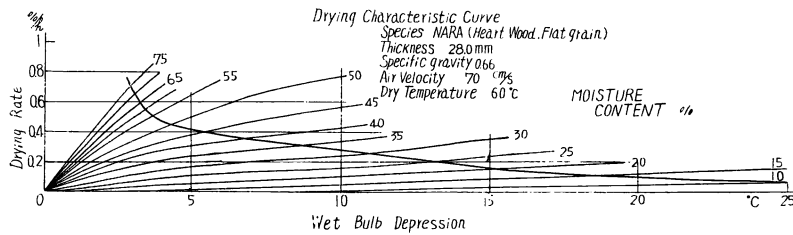


Fig. 10 ナラ板目時板(心材)乾燥特性曲線

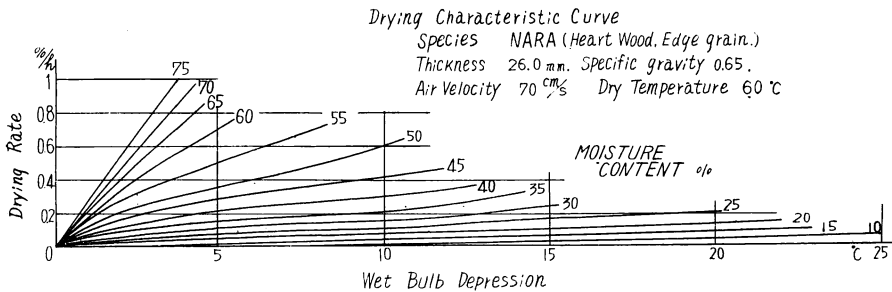


Fig. 11 ナラ柾目時板(心材)乾燥特性曲線

ジュール決定ということに困難性がある。従来かかるスケジュール決定については含水率、温湿度条件と乾燥によって生ずる損傷との関係において検討されている。しかして乾燥による損傷は木材組織にも影響されるが、水分傾斜が主要な因子であるとして³⁾、これをスケジュール決定の手がかりとするために水分傾斜が実験的、理論的に数多く研究されているが、まだこれが実際のスケジュールにまで結びつくに至っていない。B. C. MANSON⁴⁾は木材を同一空気条件下で乾燥する場合、乾燥速度が含水率に比例し、乾燥経過は指数曲線になると仮定し、乾燥室における理論的スケジュールを求めているが、最少の品質低下で乾燥するに要する時間を実験的経験によつて決定しなければならぬという矛盾を含んでいる。また、最近 E. C. PECK⁵⁾ R. C. RIETZ⁶⁾ 小倉武夫⁷⁾によつて、いわゆる Stress method と称し、木材の収縮によつて生ずる応力の分布の時間的変化より、損傷を生じない温湿度条件を決定し、あらかじめ設定されたスケジュールにあてはめるという比較的实际的な報告がなされている。

以上のごとくスケジュールの検討は、乾燥による損傷を考慮することが主体であるが、この研究においては定められた含水率減少経過をたどるような温湿度条件を、乾燥特性曲線によりあらかじめ知ることができる点を活用し、特性曲線の実用性を検討すると同時に乾燥スケジュール追究の一試案を提示せんとしたものである。

しかして、乾燥特性曲線を用いてスケジュールを検討する場合、木材の含水率をどのような速度で減少させるかということが問題となるが、これは乾燥材の形状により当然異なるべきもので、板材が主として板の両面から蒸発するのに対して平角、正角材は側面の蒸発も加わり、さらに木管²⁾くりものなどの半成品は木口面の蒸発が大きく、特に木口割れを防除するために異なつた含水率減少経過をとらねばならない。

このように考えると含水率減少経過は樹種、形状によりきわめて複雑微妙なものとなり早急に解決できぬ問題となるが、従来の経験的乾燥スケジュールについて考察してみると、その含水率減少経過は指数曲線に類似するものが多いので、今回の実験では結果の整理を単純化する意味からも板材に対して全乾燥経過を1本の指数曲線でおおすことにした。

この指数曲線は含水率0%に漸近する曲線とせず、乾燥末期に与えた空気条件の平衡含水率 u_e に漸近する次式のごときものとした。

$$(u - u_e) = (u_a - u_e) e^{-kz}$$

あるいは

$$z = \frac{1}{k} \log \frac{u_a - u_e}{u - u_e} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 u_a : 初期含水率 u_e : 乾燥末期の空気条件の平衡含水率 u : 求むる含水率 z : 乾燥時間

しかして、この k は乾燥特性曲線に示された乾湿球温度差 25°C における含水率10%の乾燥速度 $\frac{du}{dz}$ と (1) 式を z で微分した次式から求めた。

$$\frac{du}{dz} = k(u - u_e) \dots \dots \dots (2)$$

たとえば、ブナ辺材、板目、厚さ 21.5 mm の材の乾燥特性曲線において (Fig. 5), 含水率 (u) を 10%, 乾湿球温度差を 25°C とすると、乾燥速度は 0.23%/h であり、この時 ($D.T. = 60^\circ\text{C}$, $W.T. = 35^\circ\text{C}$) の平衡含水率は約 3.5% であるから、これらの数値を (2) に代入すると、 $k = 0.0354$ となり、さらに k を乾燥速度と含水率の関係で図示すると Fig. 13 直線 ③ のごとくなる。また、初期含水率を 70%, 求める含水率を 10%, 末期の空気条件の平衡含水率は 3.5% であるから (1) 式に k を代入すれば、

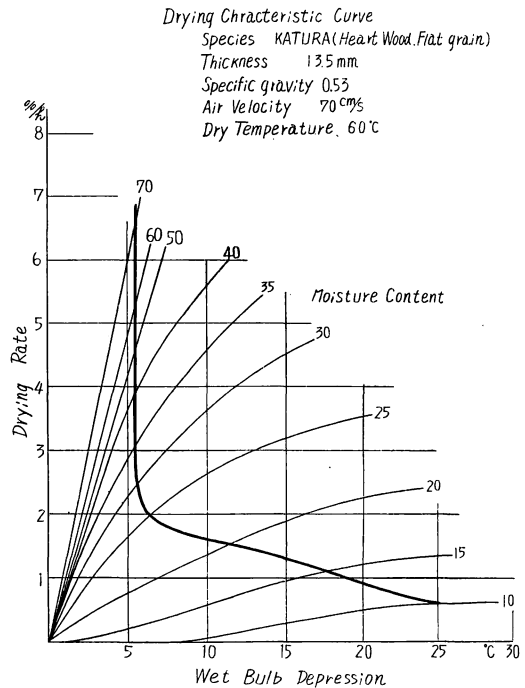


Fig. 12 カツラ板目 4.5 分板 (心材) 乾燥特性曲線

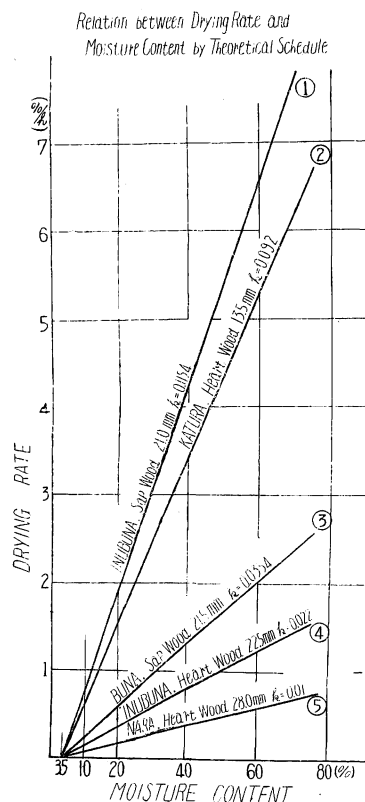


Fig. 13 スケジュール試験における含水率と乾燥速度との関係

$$z = \frac{1}{k} \log \frac{u_a - u_e}{u - u_e} = \frac{2.3}{k} = 65.1 \text{ (h)}$$

となる。しかして、Fig. 13 (直線③) から得られた含水率と乾燥速度の関係を特性曲線に適用することにより (Fig. 5 太線), 各含水率に対する温湿度スケジュールが決定され, (1) によって得られた乾燥時間を考慮すると, 設定された乾燥曲線 (指数曲線) とこれに対応するスケジュールが得られる (Fig. 15 曲線①)。

なお, 本実験においては前述のごとく乾燥経過を 1 本の指数曲線とし, その k は特性曲線の乾燥末期の条件により決定した。また, 乾燥時間は (2) 式より求め, 規準乾燥曲線を作成し, その含水率と乾燥速度との関係に適合するように特性曲線より温湿度条件を求めたのであつて, 上記の計算式は指数的に含水率を低下せしめるための規準乾燥曲線を作る手段にすぎない。

同様にして前述の乾燥特性曲線より Table 2 が計算される。また, さらにこれらのうちから, イヌブナ辺材, 板目, 厚さ 21.0mm, 同心材, 板目, 厚さ 22.5mm, ナラ心材, 板目, 厚さ 28.0mm, カツラ心材, 板目, 厚さ 13.5mm について乾燥特性曲線より得られた温湿度スケジュールは Fig. 4, Fig. 6, Fig. 10, Fig. 12 の太線にて示すとおりで, 乾燥経過とスケジュールの関係は Fig. 14, Fig. 16, Fig. 17, Fig. 18 に①印で記入された曲線となる。なお, これらの材の含水率と乾燥

Table 2

樹種および木取 Specimen		寸 法 Size (mm)			気乾比重 Specific gravity of air drying	含水率 10% 乾湿 球温度差 25°C にお ける乾燥 速度 $\frac{du}{dz}$	k	含水率70%より10%まで乾燥するに要する時間 z	
		厚さ Thick- ness	巾 Width	長さ Length				計算値	実験値
イヌブナ 辺材,板目	INUBUNA Sap wood, Flat grain	21.0	113.0	606.0	0.52	0.75	0.1154	19.9	19.5
イヌブナ 心材,板目	INUBUNA Heart wood, Flat grain	22.5	113.0	606.0	0.63	0.14	0.0215	106.8	97.5
イヌブナ 心材,板目	INUBUNA Heart wood, Flat grain	26.0	240.0	606.0	0.59	0.10	0.0154	149.5	—
ブナ 辺材,板目	BUNA Sap wood, Flat grain	21.5	113.0	606.0	0.65	0.23	0.0354	65.1	54.0
ナラ 心材,板目	NARA Heart wood, Flat grain	20.5	113.0	606.0	0.66	(0.12)	(0.0185)	(124.5)	—
ナラ 心材,柾目	NARA Heart wood, Edge grain	20.5	113.0	606.0	0.65	0.10	0.0154	149.5	—
ナラ 心材,板目	NARA Heart wood, Flat grain	28.0	240.0	606.0	0.66	0.065	0.0100	230.0	223.0
ナラ 心材,柾目	NARA Heart wood, Edge grain	26.0	240.0	606.0	0.65	0.055	0.0085	272.0	—
カツラ 心材,板目	KATURA Heart wood, Flat grain	13.5	274.0	606.0	0.53	0.60	0.0923	24.9	28.0

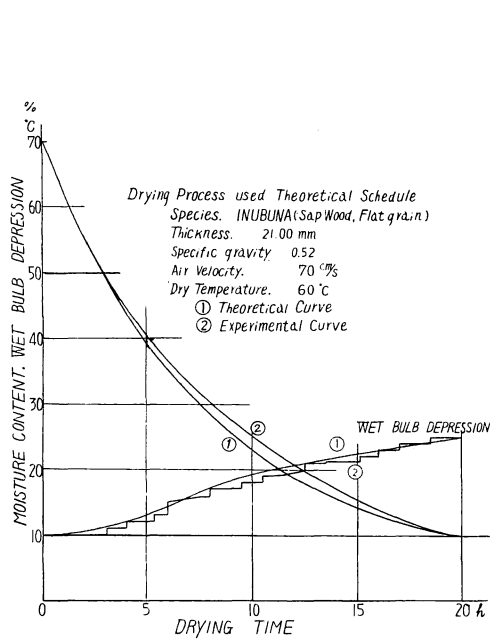


Fig. 14 イヌブナ床板(辺材)の乾燥経過

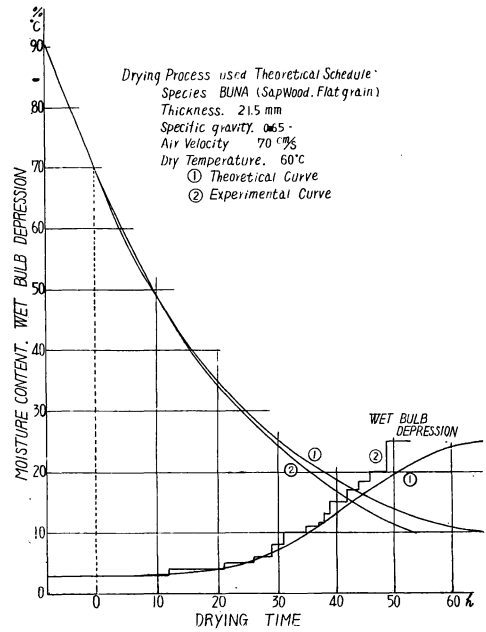


Fig. 15 ブナ床板(辺材)の乾燥経過

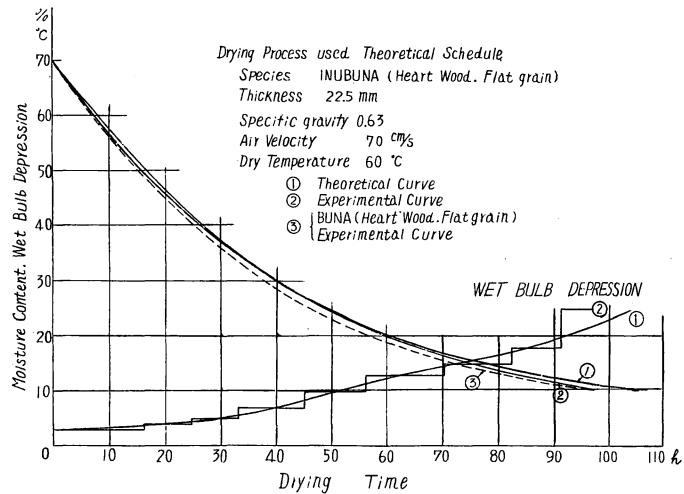


Fig. 16 イヌブナおよびブナ床板(心材)の乾燥経過

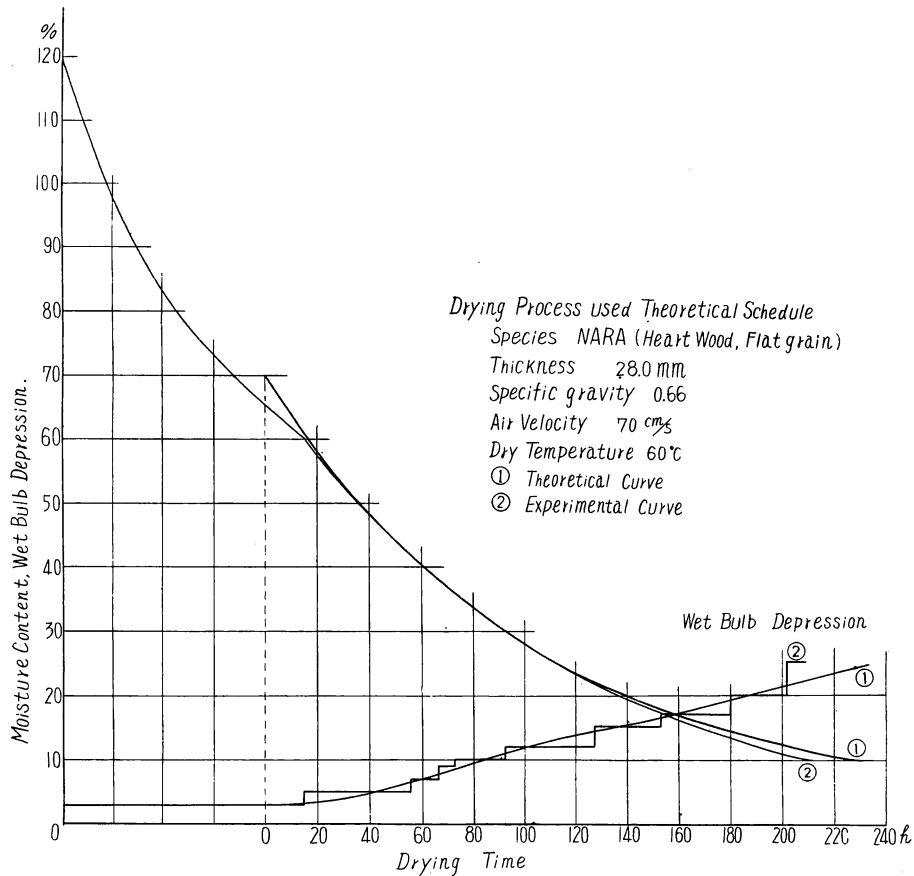


Fig. 17 ナラ材(心材)の乾燥経過

速度の関係は Fig. 13 に ① ④ ⑤ ② の直線で示すとおりである。さて、このような方法により決定した温湿度スケジュールにもとづき、実際に供試材を乾燥した方法と結果について次に述べる。

(1) 実験方法および供試材

実験装置は乾燥特性曲線作成の際と同一のものをを用い、供試材も特性曲線作成時に同一原木から採取し形状も同一とした。実験方法は前述の温湿度スケジュールに従い、供試材の含水率減少に伴い乾湿球温度差を段階的に増加し、風速 70 cm/s を与えた。供試材の含水率減少量は実験装置上に設置せるバランスに供試材を吊し、供試材の重量減少を連続的に測定し算出した。なお、供試材の木口面は前項の実験と同様、ソリダイトにて end coating し、木口面の蒸発を防いだ。

(2) 実験結果および考察

それぞれの供試材について、前述の方法により決定した温湿度スケジュールに従い実験を行い、実際に与えた温湿度スケジュールおよび得られた乾燥経過は Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16, Fig. 17, Fig. 18 に ② で示されたものである。かかる試験に際しては先に決定した温湿度スケジュールと実験のそれが同一でなければ比較にならぬが、実際には、なめらかな乾湿球温度差変化にしたがうことができず、また、供試材の初期含水率も適確に把握できにくいため、結果的に多少のずれが認められる。

Fig. 16, イヌブナ心材, 厚さ 22.5mm (比重 0.63) に ③ で印された曲線は, ブナ心材, 厚さ 22.2mm (比重 0.67) を同時に試験した結果で, 両者の含水率減少曲線が近似していることから乾燥特性曲線も共用できるものと思われる。ナラ心材, 板目, 厚さ 28.0 mm の場合 (Fig. 17) 高含水率域において理論曲線とかなりの開きが認められるが, これは先に特性曲線を作製した時の初期含水率が 80% 前後であつたのに反し, 供試材は貯木中に吸水して 120% 前後となつていたため, この状態から乾燥を開始して 60~70% までになったものと, 特性曲線作成のものと, 同一空気条件でも水分傾斜がかなり異なり, このような結果になつたと思われる。

特性曲線に示された最高含水率曲線は水分傾斜が少ない状態(製材したばかり)で試験された結果であるから, これより高含水率から乾燥を開始した場合, 平均含水率が同一であつても含水率減少量は小さくなると思ねばなるまい。これは特に水分移動の悪い樹種において 50% 以上の含水率域にあらわれやすい現象と考えられる。

総合的に実験曲線が理論曲線より早く含水率低下しているのは (Table 2 参照), 特性曲線が同一の空気条件のもとで乾燥した場合の数値 (Fig. 2 参照) にもとづいて作られているため, 減率第二段において材表面の含水率は, はじめからはぼその空気条件の平衡含水率に達しているのに反し, この実験のごとく空気条件を逐次変化せしめて含水率を降ろしてくる場合は, そのつど表面がその時の平衡含水率に急速におちるため, 乾燥末期において, 理論曲線より含水率低下が大になつたものと思われる。したがつて, 全乾燥時間は計算値よりいくぶん短縮されたものもあるが, 全般的に比較的良好に理論曲線と合致しているといえよう。

以上の結果は, 乾燥特性曲線を利用して任意の割合で (この実験では指数的に) 材を乾燥することの可能性を示している。しかしはじめに述べたごとく, かかる指数曲線で材を乾燥せしめる温湿度条件は数多く存在するスケジュールのうちの一つであることに異論はないと思われるが, はたしてこの方法によつて決められたスケジュールがそれぞれの樹種, 寸法, 木取りに対して最も経済的に適切なものであるかどうかは, 以上の僅かな試料によつてはもちろん判定しがたく, さらにこれを理論的に考察した場合, その根本思想が水分の移動性のみにあることは, ブナ材のごとく木理による狂いの生じやすい材, また, ナラ材のごとく髄線部に割れの弱点を有す材についてのスケジュール決定には問題が存するはずである。しかし, かような指数曲線で乾燥した材が結果的にみて割れ, 落込等の乾燥による損傷を認めなかつたこと, および実際の経験的乾燥時間 (乾燥むらの少ない I. F. 型乾燥室による) と近似している (Table 2) 等はこのような方法で決定されたスケジュールもある程度有効に使うスケジュールの一種であると考えられるので,

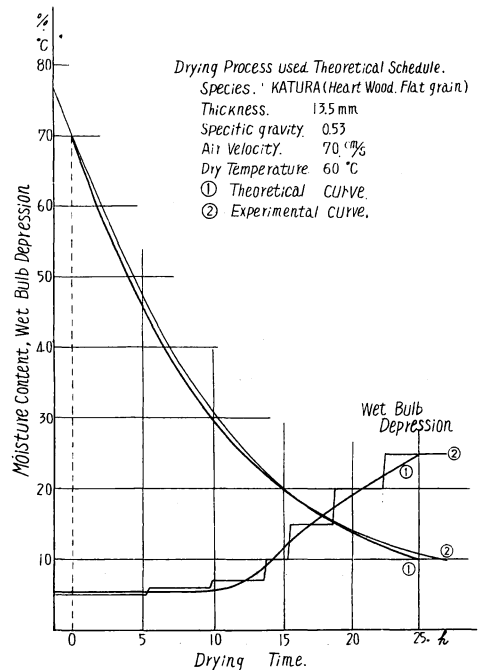


Fig. 18 カツラ 4.5 分板 (心材) の乾燥経過

今後 stress method のごとき方法を用い、応力ならびに水分分布に対する考慮を加え、特性曲線により最適のスケジュール決定の問題を追究し、木材乾燥操作の理論的解明の一助にしていきたいと思う。

Ⅳ 摘 要

木材乾燥の実際操作の面を究明するために、乾燥速度、乾燥条件、含水率の関係よりそれぞれの樹種、形状に対する乾燥特性曲線を作成し、その性質ならびに応用の範囲について考察した。すなわち、これらの曲線から恒率乾燥の限界、水分移動の難易、乾燥末期の経済的乾湿球温度差を知ることができる。また、この乾燥特性曲線を利用した場合に、任意の割合——この実験においては指数曲線——で材を乾燥することができ、特性曲線の有効性と、さらに乾燥によつて生ずる損傷に対して考慮を加えることによつて乾燥スケジュール決定の一試案となしうる可能性を見いだした。

参 考 文 献

- 1) TORGESON O. W.: The Drying Rate of Sugar maple as affected by Relative Humidity and Air Velocity. F. P. L. Print. No. R 1264.
- 2) 小倉武夫: 木材の乾燥機構に関する研究, 第 3 報, 木材水分の蒸発速度について, 林試研究報告, No. 51. (1951)
- 3) 松本文三: 木材の水分傾斜及乾燥スケジュール, 日本林学会誌, 16, 4 号, 昭和 10 年
- 4) MANSON B. C.: Quality Control and the Improved Seasoning Processes of the Redwood Industry. Forest Product Research Society Reprint. (1950)
- 5) PECK E. C.: A New Approach to the Formulation of Hardwood Dry Kiln Schedules. Southern Lumberman. December 15. (1940)
- 6) RIETZ R. C.: Accelerating the Kiln Drying of Hardwoods. Southern Lumberman. July 1. (1950)
- 7) 小倉武夫: 木材の水分移動性および乾燥中に生ずる歪みの温度による影響, 林業試験場研究報告, No. 77, Jan. (1955)
- 8) 寺沢真, 中田伸, 山本昭夫: 紡績用木管の新しい乾燥法について, 木材工業 10, 3, (1955)

Shin TERAZAWA and Mutsumi IWASHITA: Fundamental Study on the
Operation of Wood Drying. (1) On the characteristic curve in wood drying.

Résumé

For the purpose of learning the process of timber drying exactly and determining the drying schedule, we found experimentally the relations between drying condition (dry and wet temperature) and drying rate having the parameter of moisture content, and made characteristic curves in drying as shown in Fig. 4—12. These curves show individual characters depending upon wood species (specific gravity), thickness and difference of grain, tangential or radial direction.

By utilizing these curves, we can find the drying rate in any drying condition and moisture content. Furthermore, we can determine the temperature schedule at which timber may be dried with a certain rate.

In this study, we assumed that the results in quality would be quite satisfactory in the case of reducing moisture content exponentially at the 1st and 2nd decreasing rate. Then, utilizing the characteristic curves, we determined the exponential curve and schedule corresponding on these curves, and concluded the effectivity of the characteristic curves (See Fig. 14—18). Hence, we intend to examine the drying schedule in addition to the consideration of distortion, such as the Stress method, during the drying cycle.