

木材乾燥操作に関する基礎的研究 (第Ⅱ報)

乾燥特性曲線について(2)

寺 沢 眞⁽¹⁾
小 玉 牧 夫⁽²⁾

Ⅰ 緒 言

先に、林試研究報告第 81 号にて報告した乾燥特性曲線第Ⅰ報にひきつづき、同様の方法によりエゾマツ、カバ、タモ、レッドラワンについての乾燥特性曲線を求めたので、その結果を報告する。

なお、この実験をおこなうにあたり、終始御援助賜った斎藤場長、小倉木材部長に対し、また徹夜実験をおこなうに際し御助力を戴いた乾燥研究室員筒本、佐藤技官に対し深く謝意を表する次第である。

Ⅱ 乾燥特性曲線の作成

(1) 実験方法および供試材

実験方法ならびに供試材の形状は先におこなつた際とほぼ同じで、そのあらましについて一応説明する。

実験装置は恒温恒湿恒風の風洞型実験装置を用い、乾燥条件としては乾球温度 60°C 一定とし、乾湿球温度差を 5, 10, 18, 25°C の四段階にわけ、それらの一定条件下で乾燥を進めた。乾湿球温度差 18, 25°C の強い乾燥条件の場合は、高含水率から乾燥すれば表面硬化等の悪影響が入り、正常な乾燥速度を求めることができないので、この影響を除くために適当な含水率まで乾湿球温度差を緩くして乾燥し、しかるのちに目的とする条件を与えて乾燥をおこなつた。風速は前回と同様 70cm/s 一定とし、供試材は条件を均一にするため一本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。供試材樹種および形状は

Table 1. 供試材の樹種および形状

樹種	および	木取 Specimen	寸 法 Size (mm)			気乾比重 Specific gravity in air drying (13%)	産 地
			長 さ Length	巾 Width	厚 さ Thickness		
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	EZOMATSU CARR.	心材, 板目 Heart wood, Flat Grain	606	112	23.0	0.36	北海道陸別
カバ <i>Betula maximowicziana</i>	KABA BEGEL	"	"	112	22.0	0.64	北海道浦河
タモ <i>Fraxinus mandchurica</i>	TAMO RUPR.	"	"	112	22.0	0.56	"
レッドラワン <i>Shorea sp.</i>	REDLAUAN	心材, 柃目 Heart Wood, Edge Grain	"	113	22.5	0.67	North ミンダナオ

(1) 木材部木材加工科乾燥研究室長

(2) 木材部木材加工科乾燥研究室員

Table 1 に示すとおりである。なお実験に際し、供試材木口面の蒸発を防ぐためにソリダイトもしくは尿素樹脂にて end coating しておこなつた。

(2) 実験結果および考察

各樹種の乾燥特性曲線は Fig. 1~4 に示すとおりである。乾燥特性曲線は各種乾湿球温度差条件下の乾燥経過より乾燥速度曲線を求め、それら乾燥速度曲線より求めたものであり、それぞれ異なつた形状を示すことは先に報告した際に述べてあるとおりである。実際に用いた供試材の形状は、先の実験と比較する意味において床板原板を対象としておこなつた。これらの曲線から、次のことがらが再確認できる。

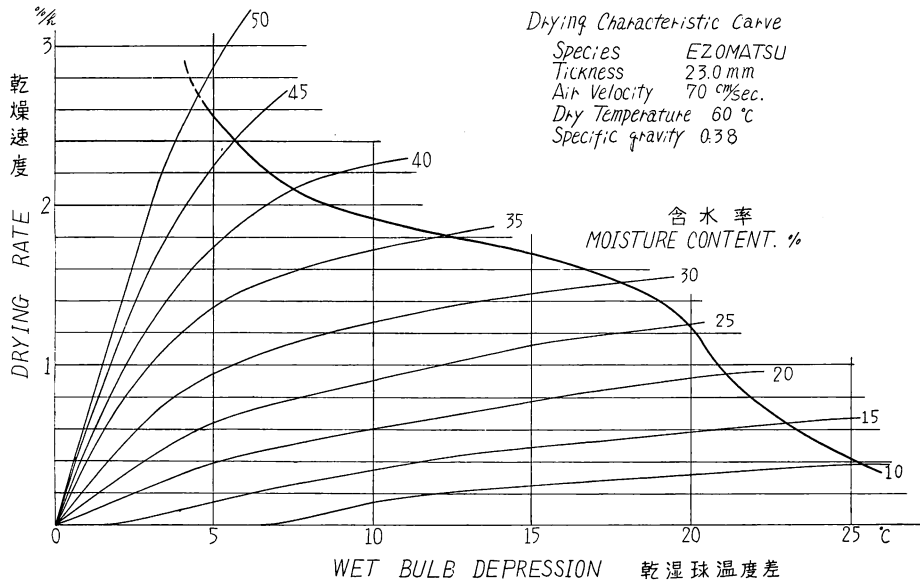


Fig. 1 エゾマツ床板(心材)の乾燥特性曲線

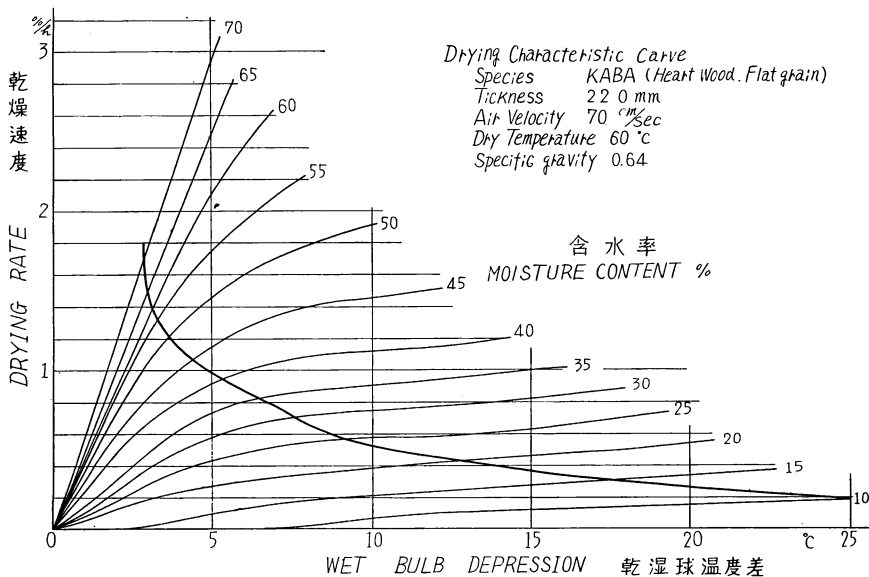


Fig. 2 カバ床板(心材)の乾燥特性曲線

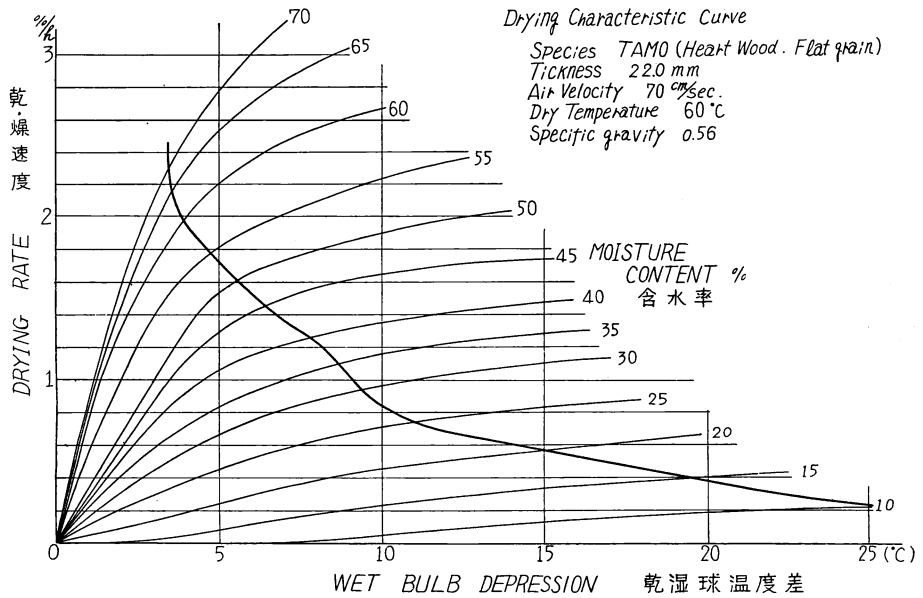


Fig. 3 タモ床板(心材)の乾燥特性曲線

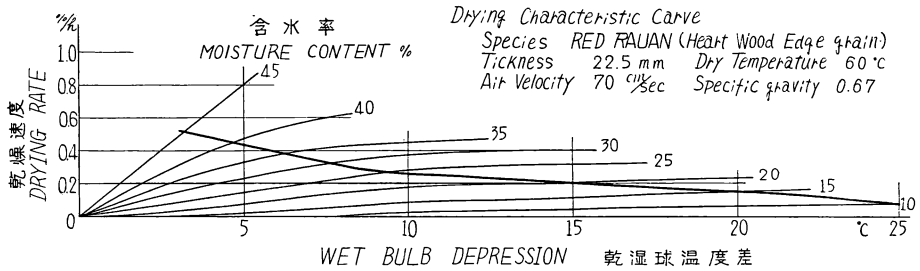


Fig. 4 レッドラワン床板(心材)の乾燥特性曲線

i) 含水率 30%~40% 付近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 (Fig. 4)。

ii) 10% 含水率曲線において乾湿球温度差を大にしても乾燥速度がほとんど増加しない点、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みた最大乾湿球温度差を示すものと思われる。

iii) 各樹種の特性曲線を比較してみると、同一含水率における乾燥速度はエゾマツ (比重 0.36)、タモ (比重 0.56)、カバ (比重 0.64)、レッドラワン (比重 0.67) の順に悪くなっている。この関係は、乾燥速度には材の比重がかなり関与していることを示していると考えられる。

以上のことがらには実験をおこなった供試材に関してであつて、材により木取り方法、比重の違い等で乾燥速度が異なることは当然である。また、本試験に使用したレッドラワンはきわめて乾燥の悪い部に属するものであるように思われ、同一材料中で隣接した一連のものは、これよりかなり乾燥の良いものがあつた。

次に、この乾燥特性曲線より決定した温湿度スケジュールによる乾燥試験結果について述べてみる。

Ⅲ 乾燥特性曲線による乾燥スケジュールの検討

乾燥スケジュールの追求は乾燥時間の短縮とともに、乾燥による損傷減少を考慮しなければならないが、この試験では乾燥による損傷あるいは内部応力の強弱等の問題は一応考慮せず、与えられた試料について乾燥速度の面からのみ判断して乾燥時間を決定し、この定められた乾燥時間内に乾燥し終るような温湿度の与えかたを前記乾燥特性より求め、この得られた温湿度スケジュールにもとづき実際に乾燥試験をおこない、両者の乾燥時間を比較検討し、求めた乾燥特性曲線の信頼性を確かめ、同時に乾燥による損傷の程度を観察し、このようにして決定したスケジュールの実用性についても考察してみた。

乾燥時間を求める方法は、先に報告した際にも述べてあるとおり、全乾燥経過を一本の指数曲線になるようにし、その指数曲線は乾燥末期に与えた空気条件の平衡含水率に漸近する次式にかかげるものとして

$$(u - u_e) = (u_0 - u_e)e^{-kz}$$

あるいは

$$z = \frac{1}{k} \log \frac{u_0 - u_e}{u - u_e} \dots \dots \dots (1)$$

u_0 : 初期含水率 u_e : 乾燥末期の空気条件の平衡含水率 u : 求める含水率 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) 式で z で微分した次式から求めた。

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

たとえば、タモの乾燥特性曲線において (Fig. 3) 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°C , W. T. 35°C) の平衡含水率は約 3.5% であるから、これらの数値を (2) 式に代入すると $k=0.0354$ 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. 5 の直線②のごとくなる。また初期含水率を 70% とし、求める含水率を 10%、末期の空気条件の平衡含水率を 3.5% とすれば (1) 式に k を代入して

$$z = \frac{1}{k} \log \frac{u_0 - u_e}{u - u_e} = \frac{2.3}{k} = 35(h)$$

となる。しかして Fig. 5 (直線②) から得られた含水率と乾燥速度の関係を乾燥特性曲線に適用することにより、各含水率に対する湿度スケジュールが決定され、(Fig. 3 太線)

(1) 式によつ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

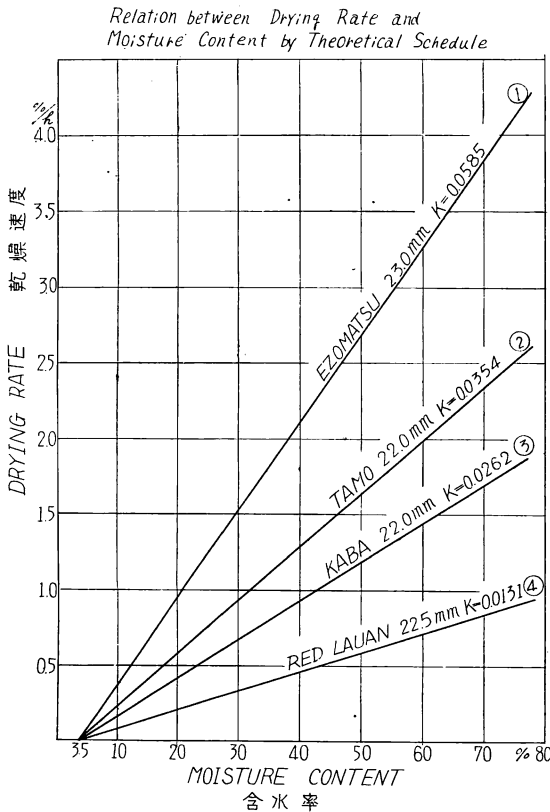


Fig. 5 スケジュール試験における含水率と乾燥速度との関係

Table 2. 各樹種の k および乾燥時間

樹種および木取 Specimen	寸法 Size (mm)			気乾比重 Specific gravity in air drying 13%	含水率 10%乾 球温度 25°C におけ る乾燥 速度 du/dz	k	含水率70%より 10%まで乾 燥するに要す る時間 z	
	長さ Length	巾 Width	厚さ Thickness				計算値	実験値
エゾマツ EZOMATSU 心材, 板目 Heart wood, Flat grain	606	112	23.0	0.36	0.38	0.0585	39.3	44
カバ KABA 心材, 板目 Heart wood, Flat grain	〃	112	22.0	0.64	0.17	0.0262	87.8	83
タモ TAMO 心材, 板目 Heart wood, Flat grain	〃	112	22.0	0.56	0.23	0.0354	65.0	64
レッドラワン RED LAUAN 心材, 柀目 Heart wood, Edge grain	〃	113	22.5	0.67	0.085	0.0131	175.6	180

れに対応するスケジュールが得られる (Fig. 8 ①)。このようにして求められた各樹種の k および乾燥時間は Table 2 に示すとおりである。

このような方法によつて決定した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および結果について次に述べる。

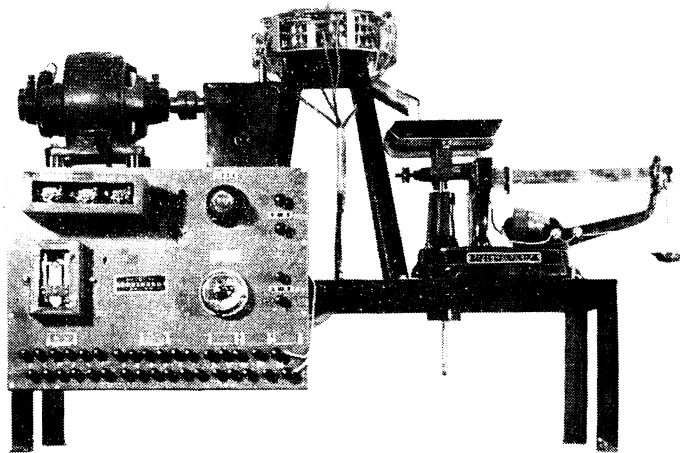
(1) 実験方法および供試材

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の際に同一原木から採取した同一形状のものとした。実験方法は前述の方法で求められた湿度スケジュールに従い、乾球温度を60°C一定とし、供試材の含水率減少ともない、乾湿球温度差を段階的に増加し、風速は70cm/sを与えた。供試材の重量減少測定は、実験装置上に設定した自動重量測定装置 (Phot. 1) により測定した。なお、供試材の木口面にはソリダイトもしくは尿素樹脂にて end coating し、木口面の蒸発を防いだ。

(2) 実験結果および考察

それぞれの供試材について前述の方法により決定した湿度スケジュールに従い、実際に与えた湿度スケジュールおよび得られた乾燥経過を Fig. 6~9の②に、乾燥時間の比較を Table 2 に示す。

この場合空気条件の与えかたは Fig. 6~9の①で示されたなめらかな曲線に従わなければならないはずであるが、実際には④のようななめらか



Phot. 1 自動重量測定装置

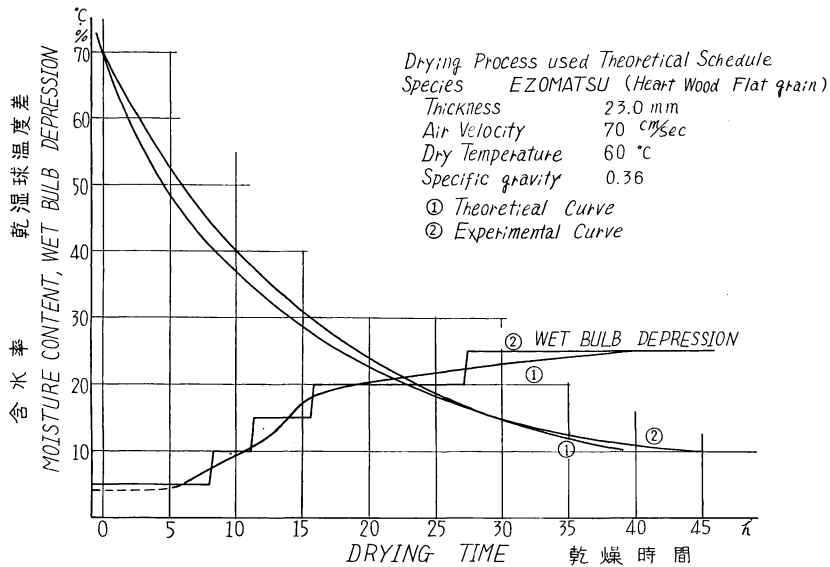


Fig. 6 エゾマツ床板(心材)の乾燥経過

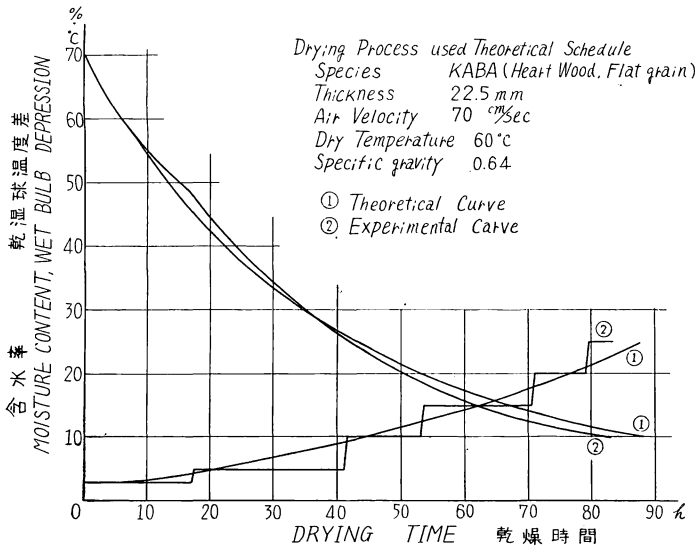


Fig. 7 カバ床板(心材)の乾燥経過

な湿度スケジュールを与えることはできず、②のような段階的なものを与えることになるため、実験としての精度は多少おちるぎらいもあり、さらに供試材の初期含水率を適確に把握できないため、厳密には各含水率に対する空気条件の与えかたに多少のずれが認められているが、全般的にみてほぼ類似した空気条件が与えられたものとし、乾燥経過について理論曲線と実験曲線とを比較検討してみる

と、その差はあまり認められず、比較的合致しているものと云つてさしつかえなからう。しかし、この中でも、エゾマツについては5時間のおくれ(約12%)が認められるのは、樹脂等による乾燥速度の差が採材位置によりはなはだしく影響されたためかと思われる。

以上の結果は乾燥特性曲線を利用して任意の割合で材を乾燥することの可能性を示していることは、先の報告の際のブナ、ナラ、カツラの場合と同じである。このようなスケジュール決定のしかたは、先の報告にも述べたごとく材の狂い、割れ等を充分考慮した方法とはいえないものであるが、試験した材料は乾燥による割れ、狂い等の損傷が認められなかつたし、求めた乾燥時間も経験的な乾燥時間と近似している

などのことからして、このような方法で定められたスケジュールも、ある程度有効に使用し得るスケジュールの一種であると考えてさしつかえなからう。ただし、試験回数が少なく、乾燥温度についても実際に乾燥をおこなう際は、乾燥初期に低温、末期にいたつて高温としているのに対し、この試験では全乾燥経過を一定温度で処理したこと、またこの試験に使用した材料は比較的良質なものであったため、実際現場利用の段階までには、さらに多くの多少特異性質を有する材についてまで実験が必要かと思われる。

乾燥特性曲線の利用目的としては、i) 被乾燥材の湿度スケジュールの目安をたてる。ii) 乾燥時間の略値決定であり、ii) については被乾燥材の含水率10%時 (D.T. 60°C, W.T. 35°C)

の乾燥速度のみを測定することにより求められるため、今後わが国で現在使用している主要樹種に対して上記の方法により乾燥時間の概略を決定し、乾燥操作に対する一助にしていきたいと思う。

IV 摘 要

今回エゾマツ、カバ、タモ、レッドラワンについての乾燥特性曲線を求め、先に報告したナラ、ブナ、カツラの乾燥特性曲線とあわせ考え、乾燥特性曲線によつて決定した湿度スケジュールで乾燥をおこなうことは、乾燥スケジュールの一試案であることが認められた。また、その他の樹種に関して大略の乾燥時間のみを知るためなら、含水率 10% 時 (D.T. 60°C, W.T. 35°C) の乾燥速度のみを測定すればよいことがわかつた。

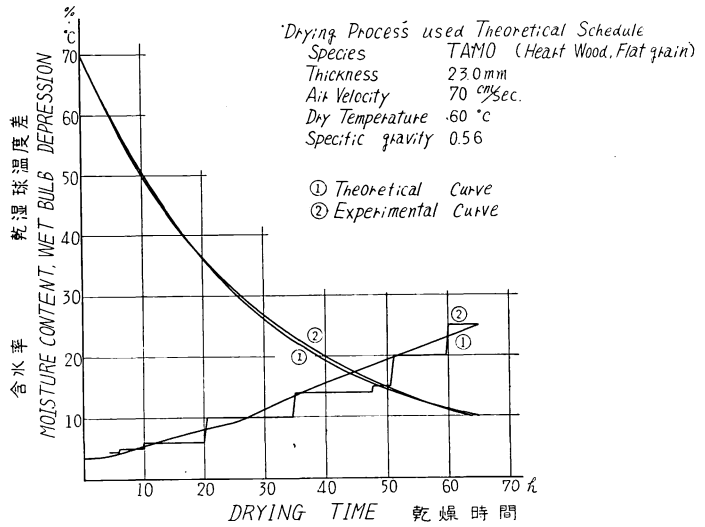


Fig. 8 タモ床板 (心材) の乾燥経過

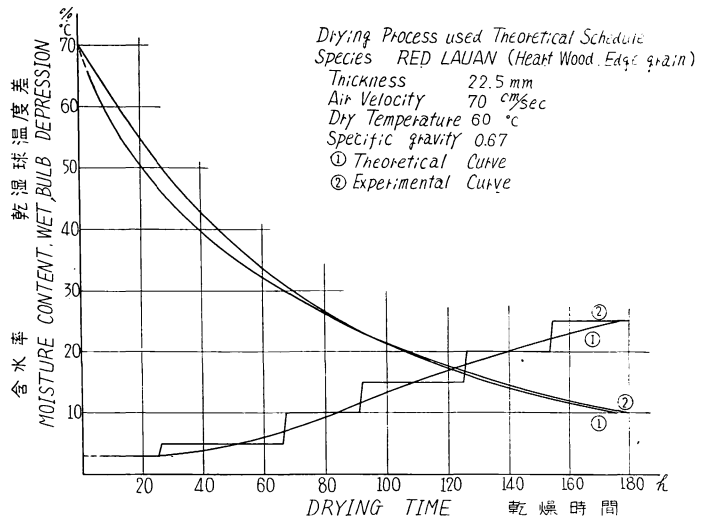


Fig. 9 レッドラワン床板 (心材) の乾燥経過

文 献

寺沢 真・岩下 睦：木材乾燥操作に関する基礎的研究，第I報，乾燥特性曲線について，林試研究報告，81，(1955)。

Fundamental Study on the Operation of Wood Drying. (2)
On the characteristic curve in wood drying —2—
Shin TERAZAWA and Makio KODAMA

(Résumé)

This study was conducted and drew the graphic representation of relationship between drying velocity of several woods and its moisture content, temperature and relative humidity of various heating conditions by means of the same experimental method as already reported on the characteristic drying curve —1— (Bulletin of the Government Forest Experiment station No. 81. 1955—Sep.).

It has been concluded that the schedule of wood drying by this method had practical use and we could be calculated the effective drying time of a given wood only by corresponding with the value of drying velocity at 10% m. c.