

# 高周波木材乾燥に関する実験 (研究資料)

寺 沢 真<sup>1)</sup>  
岩 下 睦<sup>2)</sup>

Sin TERAZAWA, Mutsumi IWASHITA: Data in High Frequency Drying of Wood.

## I 緒 言

木材乾燥の1つの新しい方法として高周波乾燥が取りあげられて以来、すでに6年余を経過し、その間各方面においてその理論と技術に関してのみならず経済性に対しても一応の検討が加えられてきた。すなわち、基礎的な面としては、G. H. Brown<sup>1)</sup>、竹田、糠沢<sup>2)</sup>、C. Skaar<sup>3)</sup>、山本<sup>4)</sup>が木材の高周波特性を明らかにし、この方面の応用への道を開き、福岡<sup>5)</sup>、篠原<sup>6)</sup>によりその乾燥機構が理論的に究明された。これに対し実際の技術においては、S. M. Ishaq<sup>7)</sup>、山本<sup>8)</sup>、村田<sup>9)</sup>、難波、磯部<sup>10)</sup>、F. Fessel<sup>11)</sup>、筆者<sup>12)</sup>等によつてその実用性について検討されてきたが、その経済性については、D. G. Miller<sup>13)</sup>、大沢<sup>14)</sup>により乾燥費は蒸気乾燥に比し非常に高価になることを報じ、谷<sup>15)</sup>は蒸気熱気の併用により乾燥費を軽減しようと報告しているのみである。

一方業界においては、当初、木材乾燥の万能薬のごとく盲信され、これに対する十分な検討がなされずして多く取り入れられたが、高周波乾燥に対する基礎的知識の欠除、なかなしく装置メーカーの木材乾燥の困難性に対する認識の貧困、装置の不備等のため、大部分は使用せず放置され、高周波乾燥の非実用性を常識的に結論づけてきた。その後研究的なメーカーにより木材乾燥の特殊性が認識され、高周波発振機のみでなく、乾燥室まで一体化された乾燥装置が考案されるに至り、造船所、車輛工場等の大企業体において、costよりも乾燥期間短縮の必要性から取り入れられ、実用化されるに至つた。

しかし、一般的にみて高周波乾燥は技術的には可能なるも蒸気乾燥に比し、特に1吋以下の薄材に対してcost高であり、このような材を対象とする一般木工業には不適當であると結論されてきた。しかるに最近に至り、秋田県の1木材協同組合において、ブナ・フローリング天乾材の乾燥に高周波を利用し、すでに1年余にわたり運転されている事実にかんがみ、かかる小企業体において高周波乾燥を実施した場合の企業性と最近の新しい装置の実用性について再検討をおこない、高周波乾燥の可否を改めて吟味する意味において僅か2回であるが、実際に乾燥を実施し、種々測定をおこなつたので、ここにその結果を発表して御参考に供したい。

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

## Ⅱ 乾燥装置の概要

本乾燥装置は高周波発振装置、整合装置、アプリアケーター（乾燥室）の3者から成る。

### 1. 高周波発振装置 (Phot. 1)

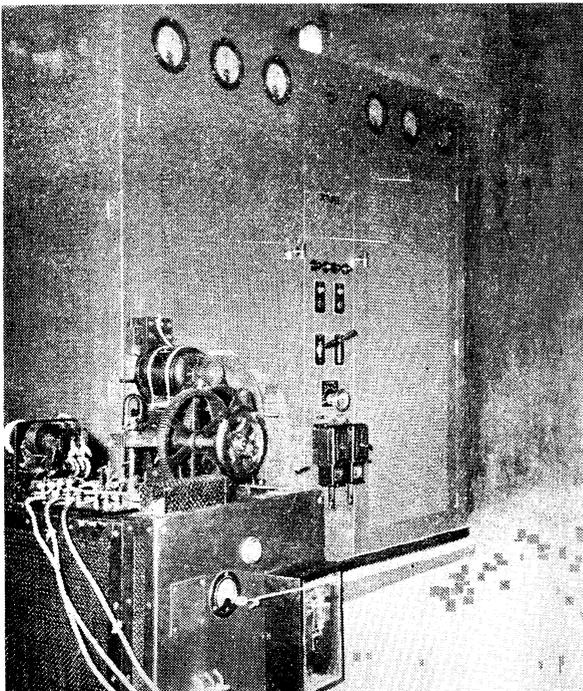
高周波出力：15 KW。周波数：4.5 M.C.。発振回路：ハートレー回路。使用真空管：発振管 8T—10R×2（強制空冷）、整流管 HV—969 または 5H—69A×6。

### 2. 整合装置

電極と並列に接続されたレツヘル線式可変インダクタンス回路を用い、これを Fig. 1 のごとく2つのアプリアケーターの間のシールド用筐体内に装置し、自由に切換えうるようにしてある。なお、発振装置より整合装置までの饋電線は、同軸一線式角筒にて床ピット内に設置され、その間の電波漏洩を完全に防いでいる。

### 3. アプリアケーター（乾燥室） (Phot. 2, Phot. 3)

本装置の特徴とするところは上部電極に圧縮装置が附せられていることと、排気筒の内側に吸気筒を有する排気熱交換装置を設備し、空気予熱器（6 KW）堅型小型ボイラーおよび強制循環装置（1/2 HP ブローアー）により適度の保温と熱効率の向上を目的としていることである。なお、内壁はジュラルミン板にておおい、アースに接続し電波遮蔽を完全にしている（外



Phot. 1 高周波発振装置

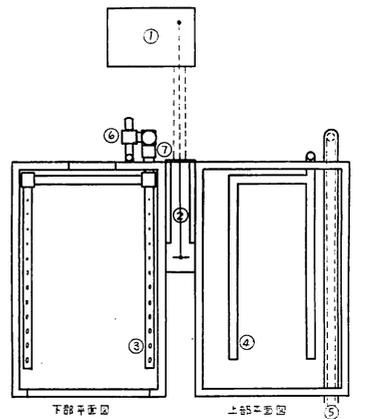
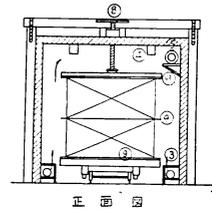


Fig. 1  
乾燥室平面図  
および正面図

- ① 発振機
- ② 整合装置
- ③ 送気ダクト
- ④ 吸気ダクト
- ⑤ 排気熱交換装置
- ⑥ モーター
- ⑦ ヒーター



径、長 16 尺、巾 10 尺 5 寸、高 10 尺、内径、長 15 尺、巾 9 尺 5 寸、高 9 尺 5 寸)。収容石数は標準 25 石、最大 40 石である。

### Ⅲ 乾燥試験

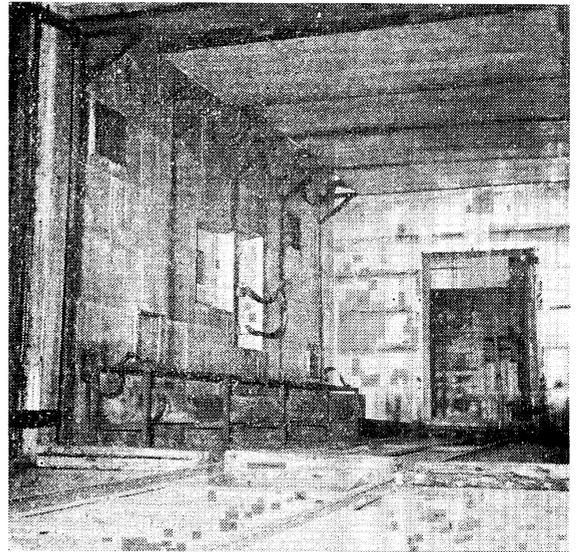
約 2～3 カ月天然乾燥せるブナ・フローリング材を 2 回にわたり上述の乾燥室にて乾燥した経過と結果は次のごとくである。

#### 1. 仕込み方法

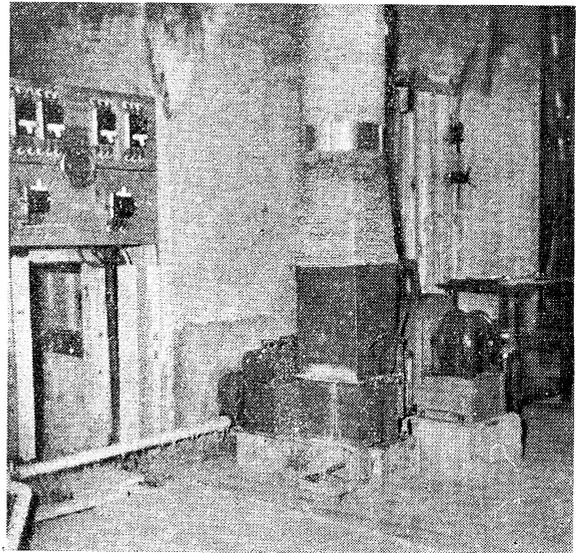
厚さ 7 分、巾 3 寸 8 分、長 10 尺のブナ材を 60 段 16 列に密着積し、30 段目に高压極を挿入し、上下よりアース極にて圧縮した。高周波乾燥が他の方法と異なる点の 1 つは密着積をなしうることである（棧積せる高周波乾燥法ももちろんあるが）。これは内部加熱なるが故に可能となるが、Piling 内部はむしろ温度が高まりすぎるおそれがある。しかし、収容石数は一定の空間内にてはより大となる利点を有する。

#### 2. 乾燥経過

当乾燥室における従来の乾燥経過を検討せるに予熱および空気の循環は全く行わず、ために温度上昇速度遅く、さらに上下の外周空気の温度差はなほだしく、したがって、上下の材温も著しく差異を生じ、その結果仕上り含水率のむらが相当大巾に生じ、その乾燥のおくれの部分乾燥するまで乾燥期間を延長している傾向がみられた。故に本試験においては乾燥初期および末期において空気の加熱および循環を行い可及的に温度むらを少なくし、したがって乾燥むらを少なくすることにより乾燥時間の短縮をはからんとした。第 1 回試験においてはブナ・フローリング天乾材 24.6 石に対し高周波印加時間を約 30 時間、空気加熱、循環は初期において 8 時間、終期において 3 時間半行つた。また、第 2 回目は同じくブナ・フローリング天乾材 24 石に対し、高周波印加時間 25 時



Phot. 2 乾燥室内部



Phot. 3 空気加熱ならびに循環装置

間、空気加熱、循環は初期7時間、終期5時間行つた。

(a) 乾燥経過中における材温および空気温度

従来高周波木材乾燥における木材温度測定は最外層の材の側面に温度計を挿入し、最外層の木材温度以外は技術的に測定しえぬため、かかる位置における温度をもつて操作上の基準にしている。しかし、材を密着積する場合は Piling 内部の蒸気圧の上昇が不可避であり、樹種によつては 80°C 以上の高温度に加熱すると材に損傷を生ずるおそれがあるので、操作上内部温度の測定または推定は必要欠くべからざるものである。本試験においては銅・コンスタンタン線の熱電対を用い、冷接点を側面の材に挿入し、その位置から 10 cm の距離の同じ材に挿入せるアルコール温度計の指示をもつて冷接点温度とし、外層と Piling 内部との温度差を測定し内部温度を求めた。かかる測定方法による場合は、銅・コンスタンタン線が高周波電界により受ける温度誤差を相対的にほとんど除くことができるので、ある程度正確な内部温度が測定しうると考えられる。測定位置は Fig. 2 のごとく、上下のアース極と高圧極の中央にそれぞれ2点とり、同じ高さの空気温度はアルコール温度計により測定した。

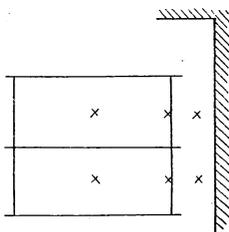


Fig. 2 温度測定位置

れ2点とり、同じ高さの空気温度はアルコール温度計により測定した。

測定結果は Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 に示すとおりで、中心部の材温は外周部材温に比し、30°C 近く高くなつており、終期において 120°C に達している。これは明らかに高周波電力のかけすぎを意味するもので乾燥仕上りからみてほとんど欠点を生じていないが、かかる操作はブナ・フローリング天乾材を圧縮することにより

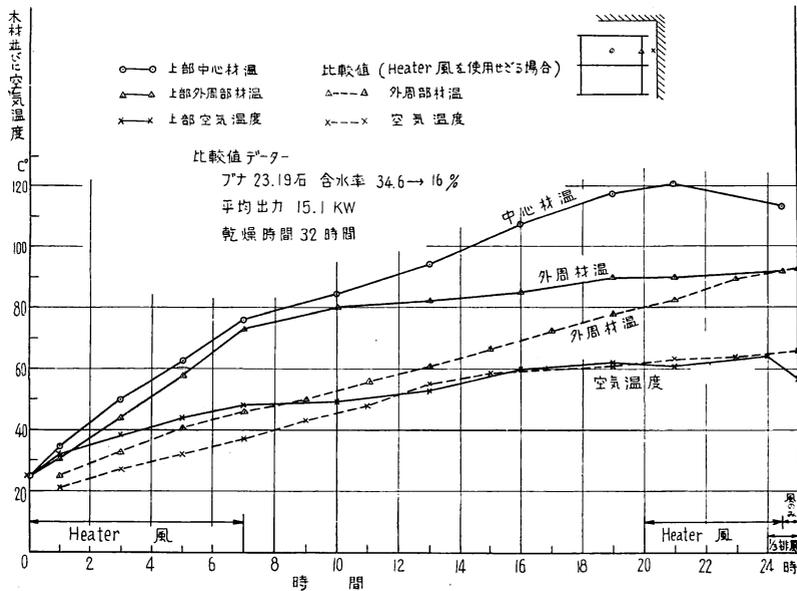


Fig. 3 乾燥経過中における材温および空気温度 (1) (Piling 上部)  
(内外部木材温度差)

はじめて可能であり、比較的割れを生じやすいナラ材の場合は、外周材温 60~70°C の線で高周波電力を抑える必要がある。

上下の木材温度むらは外周部において明らかに上下の空気温度差に影響され、下部は上部に比し最大 20°C の差を生じており、Piling 最下層においてはさらに低温なることが想像される。内部においては、それほど大きくむらがあらわれないが、ある程度空気温度差の影響を受けている (Fig. 5, 16~21 時間)。

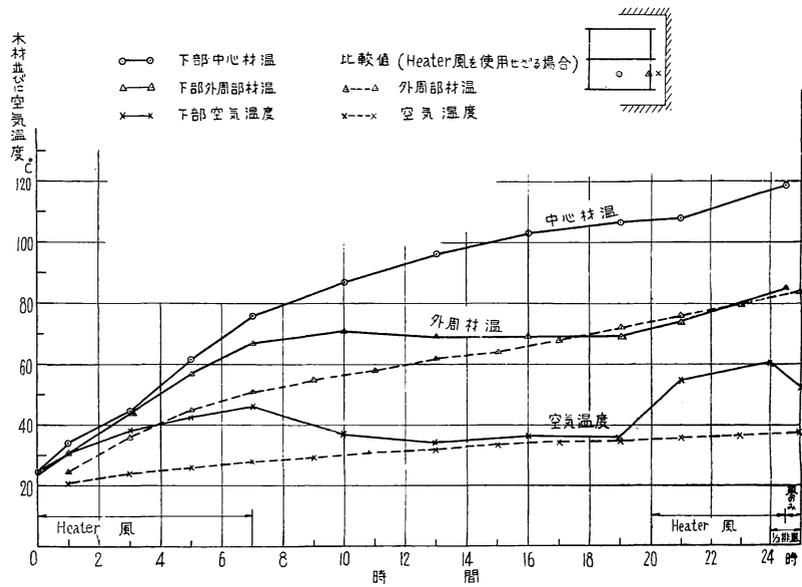


Fig. 4 乾燥経過中における材温および空気温度 (2) (Piling 下部) (内外部木材温度差)

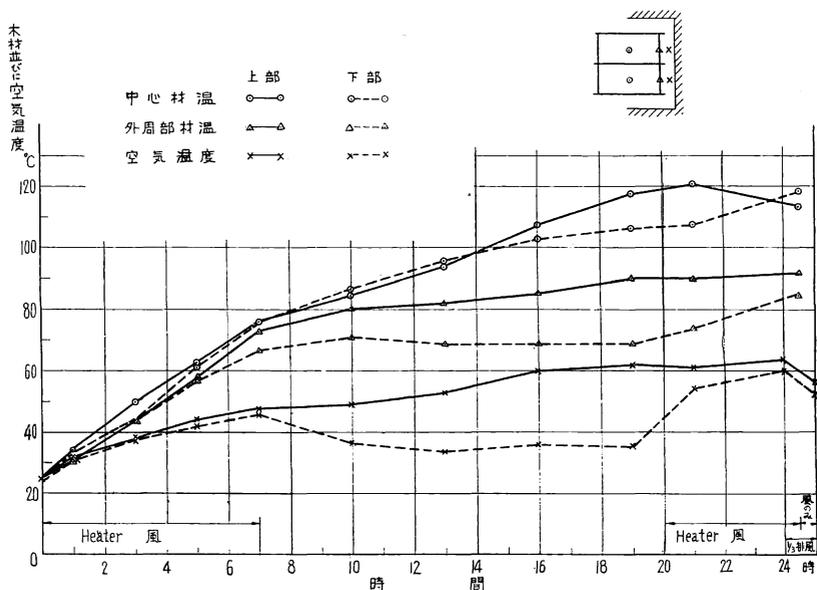


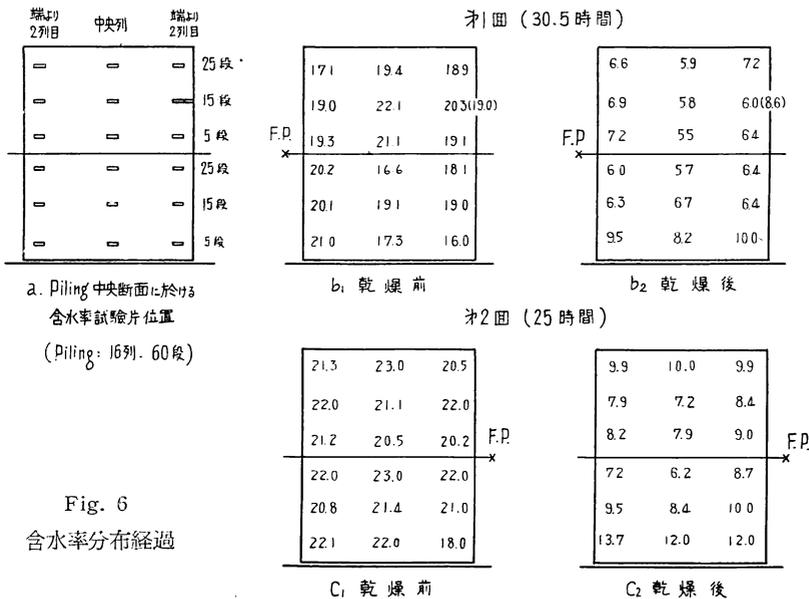
Fig. 5 乾燥経過中における材温および空気温度 (3) (上下温度差)

また、上下の空気温度差はブローワーにて空気循環を行うことによりほとんどなくなることが認められ、空気加熱を Heater により行う場合は、初期の温度上昇時間を短縮することができる。すなわち、70°C まで空気温度を上昇せしめるのに従来約 20 時間かかっていたのに対し、かかる方法により 6 時間にて上昇せしめることができた。したがって、乾燥時間を短縮するためには予熱および空気循環により、温度上昇期間を短縮せしめることが必要である。それ以後の時期においては少なくとも、ブナ・フローリング天乾材に対して空気循環のみを行い、上下の温度むらを少なくすることが必要である。かかることにより従来温度むらのために生じていた乾燥おくれをなくすことができ、乾燥おくれの部分が乾くまで加熱していた期間を不要のものとする事ができる。

(b) 含水率分布

密着積せる高周波乾燥においては試験材を用いて経過中の含水率変化を測定しえないため、やむをえず初期含水率と終期含水率を測定し乾燥程度を検べた。試験材製作のために被乾燥材中より比較的形質、重量のそろつた材を選び、同一供試材より採取せる 3 個の試験材を第 1 回試験においては Fig. 6 a のごとく縦の方向に挿入し、第 2 回試験においては、同一供試材より採取せる 3 個の試験材を横方向に挿入した。かかる試験材配置方法をとることにより少なくとも第 1 回試験においては縦方向の 3 カ所、第 2 回試験においては横方向の 3 カ所の含水率の変化は試験材の形質の影響を除くことができ、その方向の乾燥状態の変化を適確に知ることができると思われる。

第 1 回の試験結果は Fig. 6 b のごとくで、試験材選定の際、比較的重量が軽くてそろつた材を選んだため、天乾材としては含水率がやや低いようであるが、全体の材はこの数値より少し上廻ると考えられる。縦方向の乾燥むらは最下層がおくれており、これは明らかに前項で述



べた空気温度の低下の影響を受けている。また、上部の中段右側最外側に2列目の試験材と同一供試材よりとつた試験材を挿入し、最外側と2列目の材との乾燥状態を比較したところ、明らかに最外側の方が乾燥程度が悪かつた。これは材温より低い外周空気温度の影響を受け、外側の材が温度低下した結果であると考えられる。その他、電極の下側の含水率は材よりの蒸発蒸気が上層部の材間隙をとおり、その辺の湿度を高め、さらに電極に凝縮し、それが滴下して材を湿潤にするために他に比しやや高いようである。しかし、全般的に極端な差がないのは30.5時間も乾燥したためで過乾燥の傾向がみられる。故に前述のごとく温度むらをなくすことにより大巾に乾燥時間の短縮が可能である。第2回の試験においては、かかる見地から乾燥時間25時間で終了してみた。結果は Fig. 6c に示すごとくで最下層以外はまだ過乾燥の傾向がみられる。最下層のおくれは Fig. 5 に示すごとく、途中において13時間空気の循環をとどめたことにより上下の空気温度の差を生じたためであり、温度上昇期以後において少なくとも空気の循環は連続的に行う必要があることを示している（なお、生材の場合またはナラ材のごとき場合は表面硬化を生ずるおそれがあるから注意を要する）。かくすることにより、低含水率から乾燥する場合はさらに時間の短縮が可能であり、また30時間もかけたのでは高周波乾燥の特徴を失うことになる。

なお、横方向の乾燥むらは内部温度が高いため、外層部に比しやや含水率低下が大である。このことは密着積にもかかわらず Piling 内部の蒸発蒸気が密着せる板と板の間をとつて外部に排出されうることを示すものである。

### (c) 乾燥材水分分布

現地において、高周波乾燥材が他の乾燥材に比し、後の加工が容易であるという意見もあり、表面の水分傾斜が影響を与えているのではないかと考えられたので乾燥材の水分分布を測定することにより、その理由を追究せんとした。

試験片は乾燥材から約1.5cm巾に切りとり、断面においてさらに Fig. 7のごとく厚さの1/4の表面層を切りとり、表面層①②③④を一緒に秤量し含水率を求め、外周含水率となし、⑤をもつて中心含水率とした。なお、比較のため自然換気式乾燥室における同様材料による水分分布の測定を近在の大館市秋田県林業試験場に依頼した。試験結果は Table 1.のごとくで、それを図示すると Fig. 8のごとくなる。座標軸に45°の線が材の平均含水率を示し、その線より上側の点が中心含水率を、下側が外周含水率を示している。この場合平均含水率に対する偏差が縦軸方向に表わされている。図か

ら解ることは自然換気式蒸気乾燥に比し高周波乾燥は内外の含水率むらが案外少なく、特に高周波乾燥の場合は外周含水率が比較的高いことである（もちろん、内部はそれ以上に高いが）。このことは乾燥

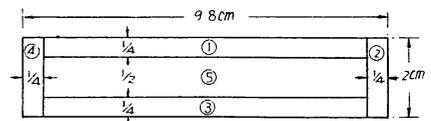


Fig. 7 乾燥材水分分布測定試験片

Table 1. 乾燥材水分分布  
(比較値：自然換気式乾燥—秋田県林試提供)

種類	No.	平均含水率 %	中心含水率 %	平均=外周含水率対スル偏差 %	平均=外周含水率対スル偏差 %
高周波乾燥	A 2	6.0	6.6	+0.6	5.6
	B 2	5.8	5.9	+0.1	5.6
	E 2	6.7	6.9	+0.2	6.5
	II 2	7.2	7.4	+0.2	7.1
	V 2	8.4	8.7	+0.3	8.3
	IV 1	12.8	14.2	+1.4	12.3
自然換気式乾燥	A	5.4	5.5	+0.1	4.9
	B	6.0	7.4	+1.4	5.3
	C	5.6	6.3	+0.7	5.3
	D	6.8	7.8	+1.0	6.4
	E	6.4	7.5	+1.1	5.7
	F	7.7	10.6	+2.9	7.2
	G	5.0	5.5	+0.5	4.7
	H	5.1	6.1	+1.0	4.1
	I	7.5	9.0	+1.5	6.3

うなづかれる。かくして材に含水率むらがないことが後の加工に良い影響を与えているのではないかと判断される。ただし、この比較値は出所の異なる試料の結果であり、さらに追試する必要がある。ともあれ、この事実が確認されうならば高周波乾燥の1つの利点といえることができる。

空(アツプリケーター)が2つあるため、1つの空の乾燥が終わった場合引つづき他の空に高周波を印加し、乾燥終了の材は積おろしまで約半日くらい室内に放置されており、その間に空および材温が降るため関係湿度は高く、特に密着積のため個々の材の周囲は高湿度に保たれた状態でいわゆる Conditioning が良く行われるような結果になるのではないかと考えられる。なお、筆者がかつて1枚の厚材を現場の条件に一致せしめて高周波乾燥した際<sup>12)</sup>、その水分傾斜が極端についたことから考え、密着積の効果の比較的大きいことが

(d) 室内風速分布

前述のごとく乾燥むらをなくし、乾燥時間を短縮するためには空気循環が必要であるが、高周波乾燥室内の空気の循環は蒸気乾燥室の場合の熱の供給ならびに蒸発水分の排出の作用と異なり、むしろ初期における室内の温度上昇、終期における排気作用とともに、空気温度の均一化が目的である。故に蒸気乾燥の場合ほど重要性はないが、室内気流の不均一はやはり空気温度のむら、ひいては乾燥むらの原因になりうる。したがって、本試験においては室内ダクト附近の風速を測定し、室内気流の均一化の資料とした。測定位置ならびに結果は Fig. 9, Table 2, に示す

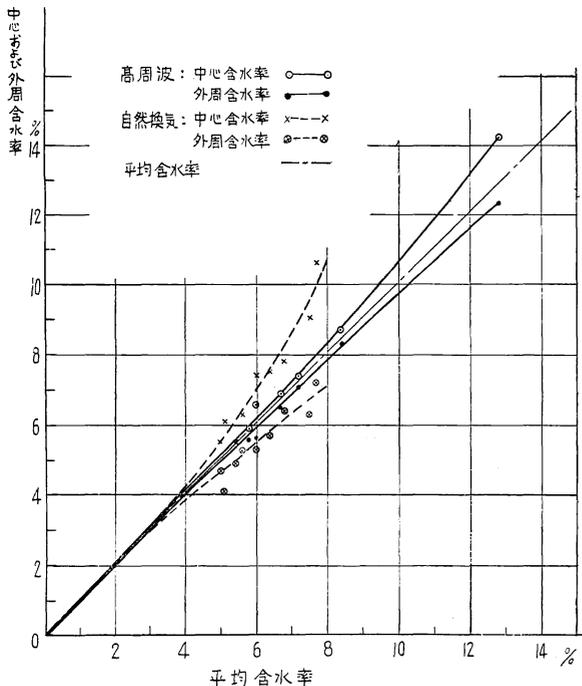


Fig. 8 高周波ならびに自然換気式乾燥材水分分布比較

ごとく、吹出孔真上の風速はダクト末端部が強く、特に入口附近がきわめて弱い。左右では右側の直線のダクトの方が強い。また、上昇気流は絶対値は弱いが大体同じ傾向を示している。長手方向の不均一はダクトの吹出孔が末端に行くにしたがって大きくしてあるため、これは全く逆の関係でなければならない。すなわち、入口より末端に向つて開口は小さくすべきである。横方向の不均一は左右対象にダクトが設けられてないため必然的で、これも入口を室中央に移す必要がある。風速の絶対値は最近の強制換気式乾燥ほど強くする必要はなく、この程度の上昇気流があれば充分であろう。

#### Ⅳ 乾燥費

乾燥費は乾燥事業の立地条件その他により異なるため、これを他の乾燥室と一概に比較することは困難であるが一応本乾燥室に対する乾燥原価を過去1年の実績を基礎にして算定し検討してみた。

過去1年間の乾燥実績の内、設立当初において試験的に実施せる乾燥が多く含まれ、所期の乾燥石数を乾燥していないため、1年間の実績を算定基準とするわけにゆかず、やむをえず1カ月（昭和28年5月31日～6月30日）の実績をもつて算定基準にすることにした（Table 3）。すなわち、樹種はブナ、乾燥石数 388石、総乾燥時間 578.3 時間、総使用電力量 1259.2

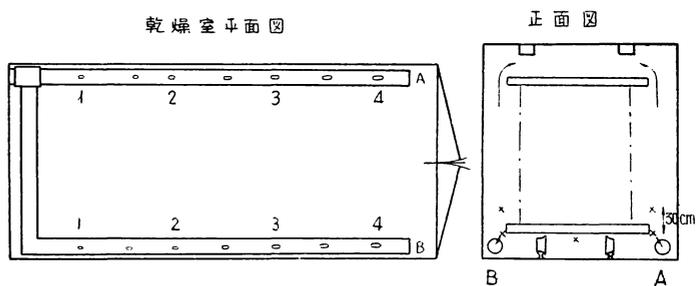


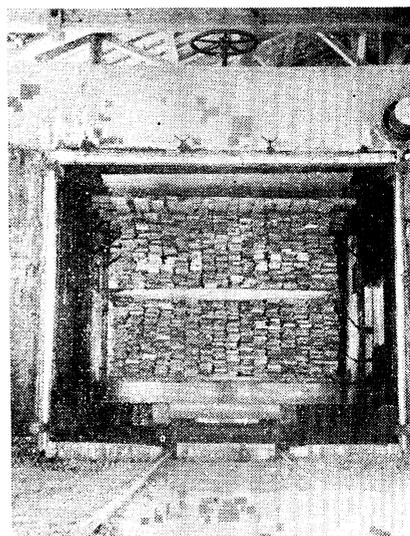
Fig. 9 風速分布測定位置

Table 2. 高周波乾燥室内風速分布

位 置	風 速 cm/s			
	1	2	3	4
A { 吹出孔 上昇気流	50	500	600	600
	16	74	45	74
B { 吹出孔 上昇気流	149	344	313	360
	13	8	45	24
台車下側	16	24	8	16



Phot. 4 第1回乾燥材



Phot. 5 第2回乾燥材

Table 3. 乾 燥 実 績

No.	開始 期日 月日	終了 期日 月日	樹種	石数 石	初 期 含水率 %	終 期 含水率 %	乾燥 時間	使用 電力量 KWH	高周波 電力量 KWH	平均 出力 KW	備 考
96	5.31	6. 2	ブナ	26.3	30	15	39.30	892	574.	14.6	昭和 28 年 6 月乾燥実績 { 材寸法：7分×3~3.5分 ×10尺
97	6. 2	6. 4	〃	18.9	33	15	32.	662	469.5	14.7	
98	6. 4	6. 5	〃	20.6	33	15	34.	754	498.8	14.7	
99	6. 5	6. 6	〃	18.6	30	15	28.	638	414.	14.8	
100	6. 6	6. 8	〃	26.8	33	15	43.	942	620.3	14.4	
101	6. 8	6.10	〃	25.7	33	15	40.50	956	620.3	15.3	
102	6.11	6.12	〃	19.6	33	15	32.	702	479.8	15.0	
103	6.12	6.13	〃	20.8	30	15	30.	676	441.8	14.7	
104	6.13	6.14	〃	20.0	30	15	31.	658	441.4	14.3	
105	6.14	6.16	〃	19.6	32	15	31.	676	454.	14.6	
106	6.16	6.18	ブナ セン	9.0 19.4	30	14	43.	896	570.4	13.3	
107	6.18	6.21	ブナ	23.9	30	15	41.	916	582.2	14.1	
108	6.21	6.23	〃	26.2	30	15	39.	818	532.3	13.7	
109	6.23	6.25	〃	24.3	30	15	33.	710	468.9	14.2	
110	6.25	6.27	〃	21.1	30	15	27.	604	386.6	14.3	
111	6.27	6.28	〃	21.5	28	15	31.	600	401.2	13.0	
112	6.28	6.30	〃	20.7	30		23.	492	329.2	14.7	事故のため中止
合計(ならびに平均)				388.0	(30)	(15)	578.20	12592		(14.4)	

Table 4. 真 空 管 使 用 状 態

消耗年月日	種 類	使用時間 時間	消耗原因
27年 9月28日	整流管 マツダHV-969	1073.10	
〃 11月23日	〃 〃 〃	1539.50	グロー拡散
〃 12月 3日	〃 〃 〃	962.00	〃
28年 2月19日	〃 TEN. HV-969	2597.30	
〃 4月13日	〃 マツダHV-969	1715.40	グロー拡散
〃 4月21日	〃 〃 〃	2058.40	〃
〃 6月 8日	〃 TEN. HV-969	4365.10	
〃 6月30日	発振管 NEC. 8T-10R	4666.15	F.G タッチ
〃 7月10日	整流管 TEN. HV-969	4877.20	
〃 7月23日	発振管 NEC. 8T-10R	4641.40	吸込みによる不良
〃 7月20日	整流管 マツダHV-969	5051.15	
8月27日現 在の使用時間	整流管 マツダ5H69A	661.30	
	〃 〃 〃	994.45	
	〃 NEC.5H69A	2065.15	
	〃 マツダ5H69A	836.25	
	〃 NEC.5H69A	2236.35	
	〃 NEC.5H69A	3126.15	
	発振管 NEC.8T-10R	605.50	
〃 NEC.8T-10R	935.50		

平均寿命：整流管 2700 時間 発振管 4650 時間

Table 5. 計 算 要 素

1. 真空管	
発振管	8 T-10R×2 単価 78,000 円 平均寿命 4,000 時間
整流管	HV969 または 5H69A×6 単価 11,000 円 平均寿命 2,700 時間
2. 電力料金	昭和 27 年 7 月～昭和 28 年 6 月（1 カ年）使用電力量 103,687KWH に対し、支払料金 409,262 円 年平均 3 円95/KWH
3. 人件費	男 1 日 240 円×3 人+女 1 日 130 円×2 人 すなわち 男 720 円, 女 260 円 計 980 円/1 日
4. 設立費	4033,648 円（発振機ならびに同附属装置, アププリケーター 2, 建物を含む）
5. 火災保険料	年間 117,600 円
6. 金 利	年間 182,400 円

Table 6. 乾 燥 費

費目	内 訳	金 額 (1 カ月)	石当り 経 費	摘 要
直接費	発振管, 整流管消費費	36,664.22 円	95.00 円	$\left(\frac{78,000(\text{円}) \times 2}{4000(\text{時間})} + \frac{11,000(\text{円}) \times 6}{2700(\text{時間})}\right) \times 578.3^{(\text{時間})}$
	人 件 費	29,400.00	76.00	980(円)×30(日)
	電 力 費	49,738.40	128.00	3(円)95×12,592(KWH)
	小 計	115,802.62	299.00	
間接費	設 備 償 却 費	16,200.00	42.00	償却年数 20 年, 1 年 300 日実働 $\frac{4,033,648(\text{円})}{20(\text{年}) \times 300(\text{日}) \times 24(\text{時間})} \times 578.3(\text{時間})$
	火 災 保 険 料	9,800.00	25.00	117,600(円)÷12(月)
	金 利	15,200.00	39.00	182,400(円)÷12(月)
	雑 費	7,850.00	20.00	{ 評価の便宜上, 直接費および雑費以外の間接費の合計の 5% をもつて雑費とした。}
	小 計	49,050.00	126.00	
総 計		164,852.62	425.00	月乾燥石数 388 石

KWH である。

また、最近の新しい真空管の寿命は当初のものに比し大分長くなっているようであるが、メーカーによりまちまちであり、つかみどころがないため、設立以来 1 カ年の実績を基礎にして決定した。それによると Table 4. のごとく平均寿命は整流管が 2700 時間、発振管が 4650 時間となつたが、発振管は筒数が少ないため一応 4000 時間とした。

計算要素をまとめると Table 5. の通りであり、その結果、乾燥費は Table 6. のごとくなつた。

前述のごとく現行の乾燥時間はさらに短縮し得、したがつて、月当り乾燥石数も 500 石くらいまでは増加する可能性があるから、この価格はある程度低下せしめることはできると思われる。しかし、これを他の蒸気乾燥と比較するならば、立地条件を異にするとしても、自然換気式乾燥室が 3～4 室もある場合、または最近のインターナル・ファン・タイプの蒸気乾燥室で

は 2 室でも（上の条件のものは 2 日半<sup>16)</sup>で乾燥しうるから）月当りの乾燥石数が大巾に上廻るため、乾燥費が安くなり、ほとんど問題にならないが、月 400 石以下の材を乾燥する乾燥室においてはじめて比較の対象となるわけである。したがって、高周波乾燥によりフローリング材程度の厚さの材を乾燥する場合は 1 回の収容石数が少ないため、月当り乾燥石数のあがらないことがほとんど致命的な欠陥である。しかし、本乾燥室が 400 円/石 くらいの経費でも採算がとれているということは、次の特殊な立地的条件その他によるものと思われる。

すなわち、(i) この地方においては、鋸屑 60 kg 俵 1 俵 30 円、薪材同製材雑片を 200 層積立方尺 6000 円で売ることにより電力料金を補つてあまりあるということを考慮するならば、さらにこの乾燥費に現われない収益があること。

(ii) 後述する歩止りの向上があること。

(iii) 天然乾燥材を乾燥するため蒸気乾燥では比較的乾燥しにくい時期を急速に乾燥しうること。

(iv) たまたまこの地方にこの装置と競合する乾燥装置がないこと。

等を列挙することができるであろう。

## V その他の問題

### (1) 高周波発振機ならびにその附属装置

高周波乾燥が業界に脚光をあびた当初の機械に比して、この装置はメーカーの経験と努力により格段の進歩をきたし、筆者が以前に要求していたことが<sup>17)</sup>ほとんど完全に満足される状態になつている。すなわち、セツトが使いやすく電気の素養のない者が使用することができる。また、出力の整合がとりやすいこと、ほとんど故障を生ずることなく安全である。また、電波漏洩に対する考慮が、ファイダーならびにアプリアケーター（乾燥室）に完全にとられている。その他効率においても可能な範囲の最高値を示している。これらの改良に対するメーカーの努力には敬意を表したい。

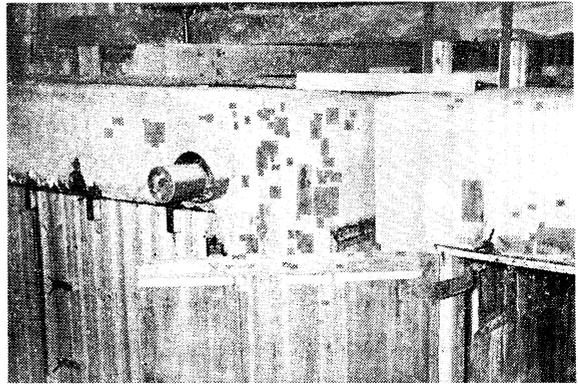
### (2) 圧縮装置

高周波乾燥は材を密着積にして乾燥できるため、上部電極を手廻しプレスにて圧縮しうる点は 1 つの大きな特徴といえよう (Pnot. 6)。圧縮乾燥が可能なるため、特に乾燥による狂いを最小限度にとどめることができる。たとえば、節の部分の収縮が大きく、その部分が狂うことはやむをえないとしても、節の部分が狂うことによつて、その附近の正常な部分まで狂いを波及せしめる率がきわめて少なくなることは事実である。このことは蒸気乾燥にはみられぬ利点であり、約 5% の歩止りの向上が考えられる。

### (3) 乾燥操作基準について

この乾燥法は密着積なるため、蒸気乾燥のごとく含水率試験材を経過中に秤量して、Piling

全体の含水率を推定することが不可能であり、また、木材温度の測定が不完全であるため、操作の基準がなく、完全に盲運転である。かかることは乾燥を失敗せしめる原因になるおそれが大きい。しかし、含水率が変化した場合、電気的には Piling 全体の Capacity が変化し、それにつれて整合回路の Inductance (L)



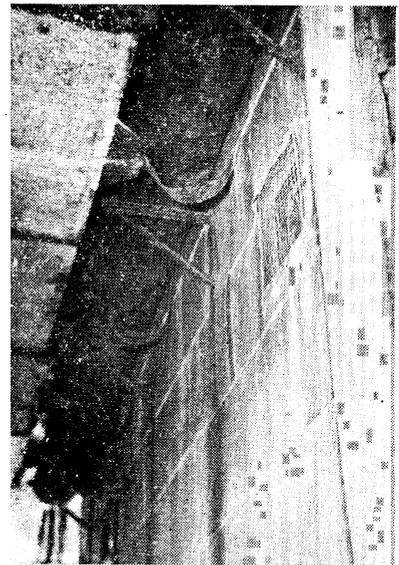
Phot. 6 乾燥室上部 (圧縮装置)

または Capacity (C) を変化せしめるため、あらかじめ含水率と整合の L または C との関係を知っておけば、その L または C の変化で含水率の変化を操作中に知ることができるわけであるが、電源電圧の変動はなほ大きく、それにつれて整合も変化するためこの目的は果せなかつた。

現場の技術者は、含水率の減少にともない、負荷のインピーダンスが高くなり、整合回路のマイカ・コンデンサーの温度が上昇することから、この温度を測定して判断しているが、しかし、すべて経験と勘に頼らねばならぬことは高周波乾燥の最大の欠点である。

#### (4) 乾燥室の腐蝕について

アツプリケーター (乾燥室) の電波漏洩を防ぐために壁体の内側にジュラルミン板を張り、これをアースに接続するため銅帯のリードが溶接されているが、異金属の接点において電位差を生ずるため、イオン化傾向の強いジュラルミンの腐蝕がはなほ大きい。これはやはり同種の金属を用うべきであろう。その他室内空気の湿度が常に高いため、ダクトの鉄、窓の鋼網、扉の内張の鋼網の腐蝕もはなほ大きく、湿気に対する考慮が必要であろう (Phot. 7)。



Phot. 7 乾燥室の腐蝕

## 摘 要

高周波乾燥の再検討の意味において、ブナ・フローリング天乾材を実際に乾燥し、その操作、乾燥結果、装置、経済性等について、検討をおこない次の結果をえた。

(1) 最近の蒸気乾燥室が比較的短時日で大量に乾燥しうる事実にかんがみ、1回に30石程度(出力15KWに対して)より乾燥しえぬ高周波乾燥にかかる蒸気乾燥にひつてきする企

業性を与えるためには、可及的に短時間で乾燥を完了しうるとく操作法を改善しなければならない。この観点から均一にしてより速やかに温度上昇なせしめるため、温度上昇期において室内空気の加熱および循環が必要である。しかし、ナラのごとき水分拡散のおそい材に送風する場合は、表面蒸発のみ促進せしめることになり、表面硬化を生ずるおそれがあるから注意を要する。

(2) 高周波乾燥は蒸気乾燥の場合におけるごとく室内温度差、試験材の含水率測定等の操作の基準化が困難である。高周波の場合、材自体が発熱体であるから、材温の正確な把握が必要であるが、これが困難であることはこの乾燥法の大きな欠陥である。

(3) 乾燥材の水分傾斜が蒸気乾燥に比し小さいことは高周波乾燥の 1 つの利点として認められる。また、圧縮乾燥なるため 120°C 前後の高温で乾燥しても、材のあばれを抑えることが可能であり、節の部分の変形をより小範囲にとどめうることはこの種装置の効果を明らかに示すものであるということができよう。

(4) 高周波発振機ならびにその附属装置は著しい改良進歩の跡がみられたが、乾燥室内壁のシールド板の腐蝕に対する考慮を払う必要がある。

(5) 乾燥費は 425円/石 で、蒸気乾燥に比しやすいつは思われぬが、現地における特殊な立地条件のために現在採算がとれているようである。しかし、将来技術的な改良、経営の合理化等により現在の経費をある程度低減せしめることは可能である。ただし、以上のことはブナ・フローリング天乾材を月 400 石～500 石まで乾燥する場合においてのみ可能なことであり、それ以上の石数が必要な場合は蒸気乾燥に比し経費高になる欠陥を有する。

これらの結果はブナ材のフローリング天乾材を乾燥せる場合を対象としており、たとえばナラ材を用いたとするならば、材温、空気の循環、狂い、割れの問題、乾燥費等の関係はおのずからまた異なつてこなければならぬ。したがつて、これをもつて高周波乾燥全般を検討することはきわめて危険であるが、従来概念的に不適當であるとされていたかかかる薄材の乾燥に高周波を適用した場合、ブナのごとき狂いやすいつは水分拡散の速い材に対してはある程度高周波の特徴を利用して、上記のごとき小規模の乾燥において、その立地条件によつては高周波を使用しうるのでないかと考えられる。

なお、実験にあたり多大の御協力をえた早口木材協同組合 佐々木和吉氏、富永清次氏、工場の方々ならびに秋田県林業試験場長 高橋克己氏、同試験場の方々をはじめ、終始御援助を賜つた齋藤木材部長に謹みて謝意を表する。

## 引用文献

- 1) Brown, G. H., Bierwirth, R. A., Hoyler, C. N.: Theory and Application of Radio-Frequency Heating. D. Van Nostrand Company, New York. (1947).
- 2) 竹田政民, 糠沢建次: 10cm の電波に対する木材の複素誘電率に及ぼす水分の影響について, 科学 17, 6, p. 181, 昭 22 (1947).
- 3) Skaar, C.: The Dielectrical Properties of Wood at Several Radio Frequencies. Bulletin of the New York State College of Forestry at Syracuse University. Vol. XXI, No. 1—d, (1948).
- 4) 山本 孝: 木材の高周波特性について, 日林誌 32, 4, p. 135, 昭 25 (1950).
- 5) 福岡醇一: 木材の高周波乾燥について, 北大応用電気研究所記事 1, 昭 23 (1948).
- 6) 篠原卯吉, 大島重威, 岩田幸二: 木材の高周波乾燥の研究 (第1報), 同 (第2報) 木材工業 6, 6, 8, p. 254, p. 354, 昭 26 (1951).
- 7) Ishaq S. M.: High-Frequency Drying of Wood, F. P. L. Report, No. R 1681 (1947).
- 8) 山本 孝: 高周波による木材加工に関する研究, 東大農学部演習林報告 41, p. 183, 昭 21 (1951).
- 9) 村田二郎: 高周波と木材乾燥, 木材工業 4, 6, p. 250, 昭 24 (1949).
- 10) 難波捷吉, 磯部宏策: 大量木材の高周波乾燥, 最新の高周波応用 第2集, p. 35, 昭 26 (1951).
- 11) Fessel F.: Hochfrequenztrokung von Laubhölzern. Versuchsergebnisse Holz als Roh- und Werkstoff. 10 Jg, Heft 6, p. 280 (1952).
- 12) 岩下 睦, 小泉信三: 高周波乾燥における 2, 3 の実験, 59 回日林講 6, 5, p. 200, 昭 26 (1951).
- 13) Miller D. G.: Application of Dielectric Heating to the Seasoning of Wood, F. P. R. S. Reprint, Vol. 2, p. 235 (1948).
- 14) 大沢健治: 高周波電界によるイス床板単板の乾燥について, 日林誌 32, 4, p. 135, 昭 25 (1950).
- 15) 谷恵吉郎: 木材乾燥の経済的研究, 最新の高周波応用 第2集, p. 45, 昭 26 (1951).
- 16) 小倉武夫, 寺沢 真, 筒本卓造: インターナルファン型乾燥室における試験結果, 林試研究報告 60, p. 49, 昭 28 (1953).
- 17) 岩下 睦: 高周波の実用性 (誌上討論), 木材工業 6, 5, p. 200, 昭 26 (1951).