

天然乾燥促進試験（第二報）

—美濃市における送風および加熱の効果について—

野原 正 人

I まえがき

人工乾燥に先立つ予備乾燥として実施される天然乾燥は、相当長期間を必要とするため何んらかの人為的手段を加えて乾燥時間を短縮することが要求されている。

しかし、あくまでも天然乾燥であるため、設備費や運転費に多額の経費を注ぎ込むことは困難であり、不可能に近い。

そのため、簡易な設備で、現場的にも実施が可能な方法として、送風機による棧積への強制送風効果、および温床用の電熱線による加熱効果などについて試験を実施してきた。

本試験は本県の代表的不工地帯であり、山国の寒冷地である高山市と、比較的温暖な平野部である美濃市の二箇所において実施したが、高山市における試験結果については第一報で報告したため、ここでは美濃市の試験結果について報告する。

なお、本試験の実施については、太平産業株式会社（白鳥町）、小林三之助商店（岐阜市）および飛驒産業株式会社（高山市）の方々の御好意によって供試材を得られたことを付記するとともに、深く感謝の意を表す。

II 試験方法

1. 供試材

供試材は、岐阜県産のブナ材（全乾比重0.58）と、ダフリカラマツ（全乾比重0.56）を用い、ブナ材は長さ210cm、厚さ30mmのだら挽とし、ダフリカラマツは長さ400cm、厚さ45mmと18mmの二通りにだら挽した。

2. 促進方法

1) 送風促進法

棧積側面に設置した送風機による強制送風試験は、図-1のように1台の送風機により一つの棧積に送風する（1F：1P）第一報で報告した高山市の場合と同様の方法と、首振り式の送風機1台によって二つの棧積に送風する図-2の方法（1F：2P）の二種類とした。

使用した送風機は前者の場合径60cm、6枚羽のプロペラファンであり、後者の場合は径60cm、4枚羽のプロペラファンである。

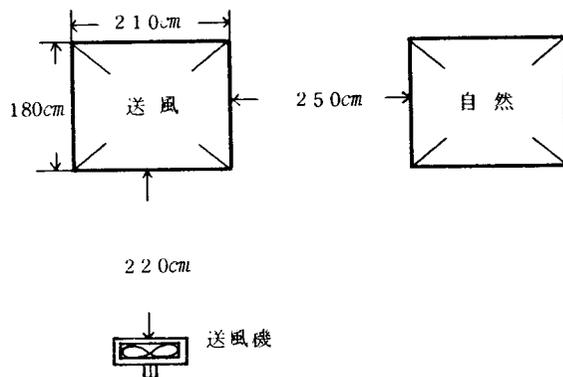


図-1 送風機と棧積の配置（1F：1P）

いずれも1HPのモーターに直結とした。

なお送風は午前8時より午後5時までとし、雨天の場合は中止した。

2) 加熱促進法

温床用の電熱線を棧積内に設置する簡易加熱試験は、大略高山市の場合と同様であるが、使用した電熱線は図-3に示すような太さ約10mm、長さ20m、容量500wのゴム被膜線1本である。

また、加熱は昼夜連続実施した。

3) 加熱送風促進法

送風および加熱の効果を同時に期待しうる方法として、送風機の前面に電熱線を設置し熱風を棧積に送風する、いわゆる加熱送風試験を実施した。

径60cm、6枚羽のプロペラファンの前面に図-4に示すような方法で2KWのニクロム線4本、計8KWを設置し、熱風を棧積に送風した。なお熱風の送風は午前9時より午後5時までとし雨天の場合は中止した。

3. 棧積方法および試験回数

厚さ25mmの棧木を用い、棧積の大きさおよび試験材の設置箇所は表-1の通りとした。

試験材の大きさは長さ60cm、巾10cmとし、棧積の巾方向の中央部を横断し、心材、辺材を交互に各7~8枚、板間隔を1.5cmにして設置した。(カラマツは心材のみ)

各促進方法別の試験回数は表-2の通りである。

4. 測定方法

試験材の含水率減少経過は、原則として週1回重量を測定し、各試験とも試験材の含水率が平衡状態に達するまで試験を継続した。

なお試験終了後に試験材の中央部より巾2cmに採った試験片より絶乾法で含水率を求め各測定時の含水率を算出した。

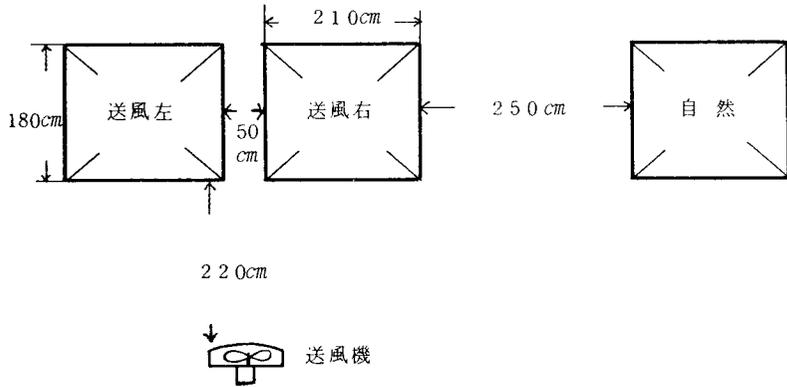


図-2 送風機と棧積の配置(1F:2P)

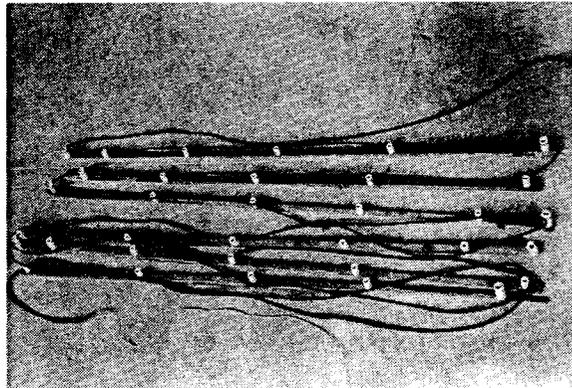


図-3 加熱に用いた電熱線
(温床用 500w 20m)

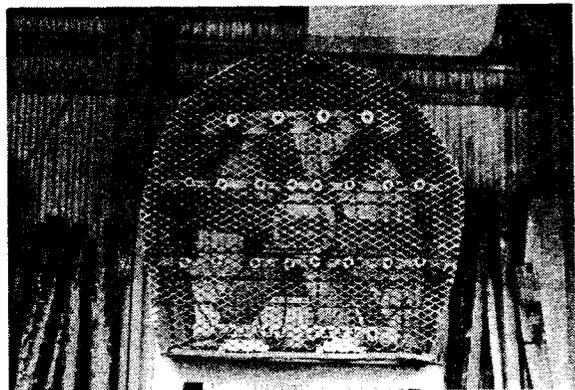


図-4 熱風送風機

表-1 棧積の大きさ

樹種	巾 <i>cm</i>	高さ <i>cm</i>	長さ <i>cm</i>	試験材設置個所
ブナ	180	200	210	地上高120 <i>cm</i> (下段)180 <i>cm</i> (上段)
ダフリカカラマツ	160	160	400	地上高150 <i>cm</i>

表-2 試験回数と試験期間

促進方法		樹種	板の厚さ <i>mm</i>	開始年月日	終了年月日
送風	1F:1P	ブナ	30	45.7.14	45.10.7
		ダフリカカラマツ	45	45.8.12	45.10.7
			18	45.8.12	45.10.7
	1F:2P	ブナ	30	46.9.3	46.11.15
加熱		ブナ	30	46.1.8	46.2.24
		ダフリカカラマツ	45	46.1.8	46.2.24
		ブナ	30	47.1.13	47.4.19
加熱送風		ブナ	30	48.2.1	48.4.14

III 試験結果および考察

1. 送風による促進効果

1) 含水率の減少経過

1台の送風機により一つの棧積に送風した場合のブナ材の乾燥経過を図-5に示す。これは送風効果の大きい棧積上段に設置した心材および辺材の乾燥経過と含水率分布を示したものである。なお図に一枚板の乾燥経過も併記しているが、これは棧積をしない一枚板の状態と同時に乾燥を開始したものである。

心材 辺材とも送風の効果は認められ、ことに心材の場合は一枚板の乾燥経過とほとんど同じような経過を示している。また、乾燥末期において平衡状態となる含水率も送風の方が自然状態に比較して若干低くなり、高山市における試験結果と良く一致している。

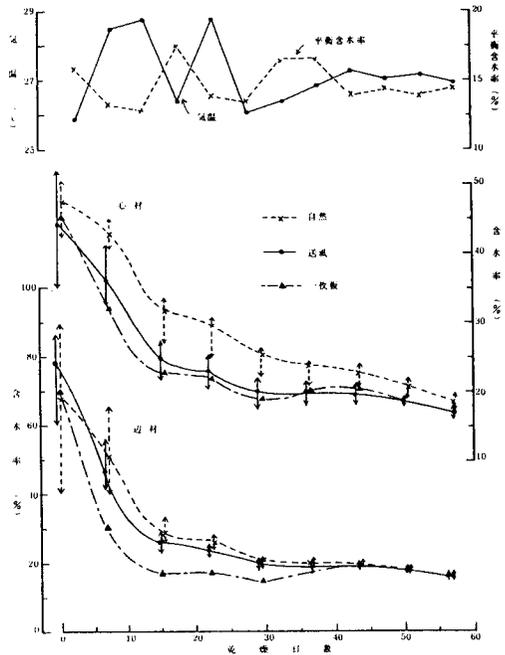


図-5 ブナ30mm板の乾燥経過
(1F:1P、上段、45.7.14開始)

しかし、辺材と心材を比較した場合、高山市では辺材の方に送風効果が大きく認められたが、美濃市の場合は辺材の方が効果は少なくなっている。辺材の方が送風効果の大きいことは当然であるが、美濃市における棧積場所の自然風向が一定せず、一時的に送風機による風向とが逆になり相殺されることがあったために、辺材の送風効果が少なくなったものと思われる。

図-6に同じく1台の送風機で一つの棧積に送風したダフリカカラマツの乾燥経過を示す。

初期含水率が低いこと、乾燥速度が大きいために、ブナ材の場合ほど送風効果は顕著ではないが、18mm板、45mm板とも送風の効果を認めることができる。

とくに18mm板の場合は、一枚板より早く乾燥しているが、自然状態でも乾燥速度が大きいため、送風効果が少なくなっている。

次に、送風による経済効果をより大きくするために、1台の首振り式送風機により2つの棧積に送風した、ブナ材30mm板の乾燥経過を図-7に示す。

1台の送風機で一つの棧積に送風する方法と比較すれば、送風する時間が半減する訳であるが、左右二つの棧積とも自然状態より乾燥速度は大きく、送風の効果を認めることができる。

2) 乾燥むら

棧積内における含水率のばらつきは、生材時に最も大きく、時間の経過とともに減少するが、こうした含水率のばらつき、すなわち乾燥むらは自然状態より送風した方が早く少なくなる。こうした傾向はブナ材の場合も、ダフリカカラマツの場合も同様であり、高山

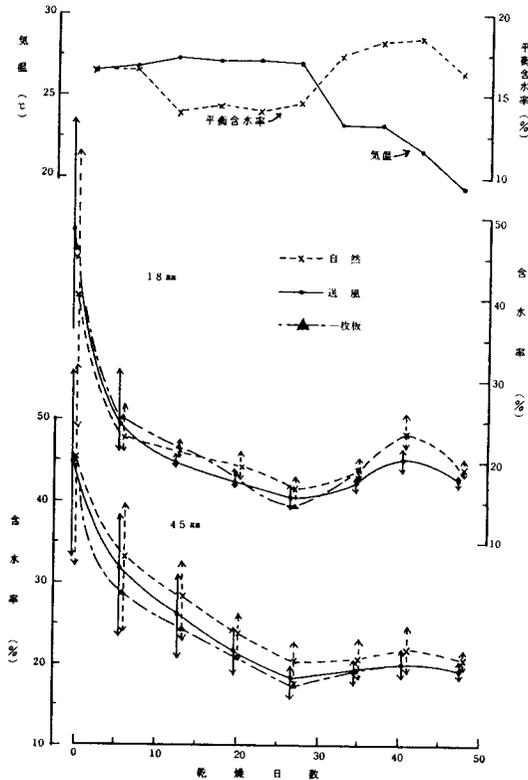


図-6 ダフリカカラマツの18mmおよび45mm板の乾燥経過 (1F:1P, 45.8.12開始)

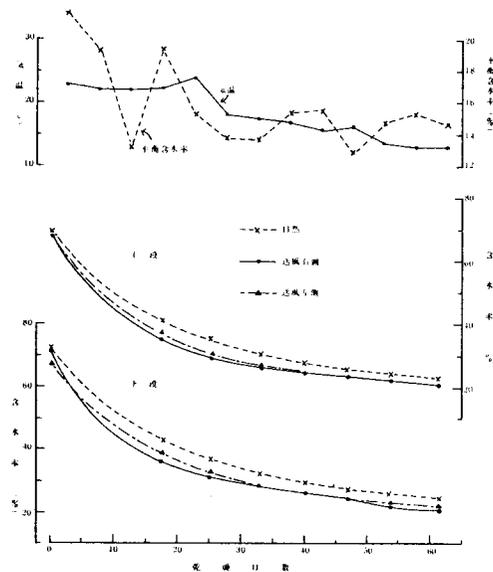


図-7 ブナ30mm板心材の乾燥経過 (1F:2P, 46.9.3開始)

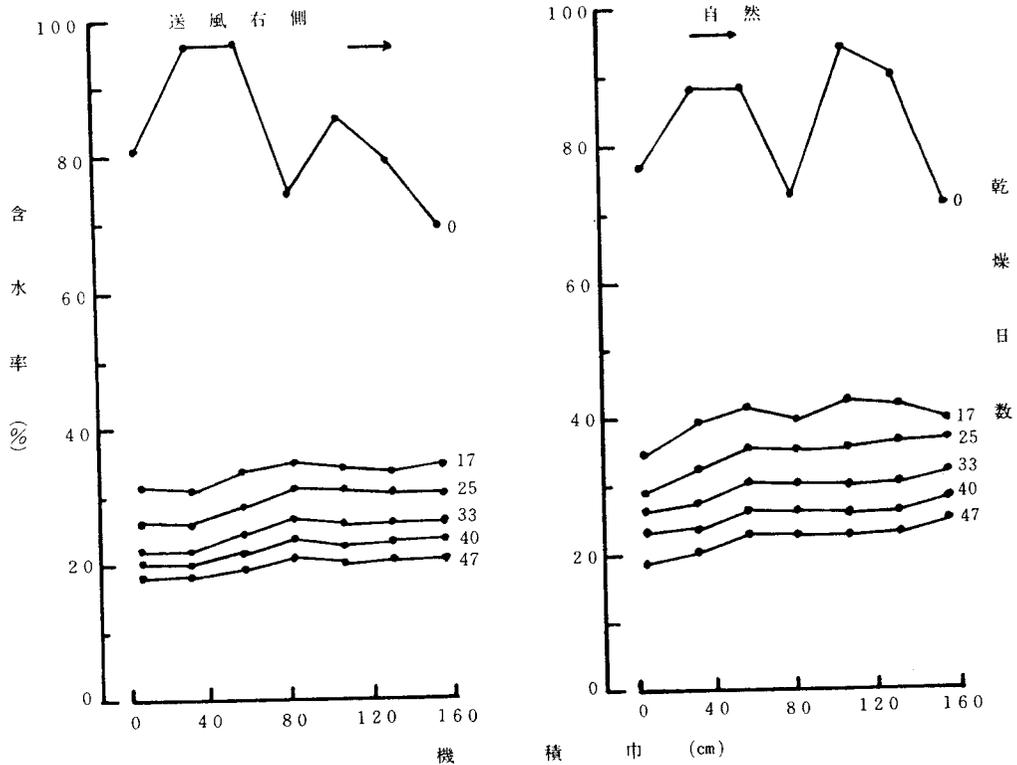


図-8 棧積内の含水率減少経過 (ブナ30cm板、下段、辺材、46.9.3開始)

市における試験結果とも良く一致している。

これは、自然状態の場合は棧積中央部の乾燥がおくれるためであるが、送風によってこの中央部のおくれが少なくなる。

図-8は、1台の送風機により二つの棧積に送風したときの自然状態と送風したときの棧積における辺材の含水率分布の変化を示したものである。

自然状態は棧積中央部から風下側にかけて乾燥がおきているが、送風した棧積は全体がむらなく乾燥している。

このように、送風することにより棧積全体の含水率が比較的均一に減少していくため、乾燥速度が大きいことと共に、含水率の均一化に要する時間も短縮することができる。

3) 乾燥時間

表-3に送風により促進した場合の乾燥日数と短縮率を示す。

ブナ材の場合は棧積上段の心材の平均含水率減少曲線を80%まで延長し、ダフリカカラマツの場合は同じく50%まで延長し、それより30%および25%までに達するまでの日数を求めたものである。

1台の送風機により一つの棧積に送風した(1F:1P)ブナ材の場合は、心材の初期含水率が低いことと同時に、乾燥初期の乾燥速度が小さいため、上述の生材含水率換算法によると送風効果が少なくなるが、実際に80%より乾燥を開始した場合は、もっと短縮率が大きくなるものと思われる。

また、ダフリカカラマツの場合は乾燥時間としては約 $\frac{1}{4}$ に短縮されるが、乾燥日数そのものが短いため、経済効果としてはあまり大きくならないようである。

また、一台の送風機により二つの棧積に送風した(1F:2P)ブナ材の場合は、短縮率そのものも約 $\frac{1}{3}$ になるが、棧積一つの乾燥経費は半減するため経済効果としては、2倍になる。

表-3 送風による乾燥日数の比較

送風方法	樹種と板厚	開始月日	棧積種類	30%まで		25%まで	
				日数	比率	日数	比率
1F:1P	ブナ30mm	45.7.14	自然	40	100.0	49	100.0
			送風	34	85.0	38	77.6
	カラマツ18mm	45.8.12	自然	7	100.0	9	100.0
			送風	5	71.4	7	77.8
	カラマツ45mm	45.8.12	自然	13	100.0	21	100.0
			送風	10	76.9	16	76.2
1F:2P	ブナ30mm	46.9.13	自然	41	100.0	59	100.0
			送風	28	68.3	43	72.9

(注) 生材含水率をブナ材(心材)は80%、カラマツは50%に換算

2. 加熱による促進効果

冬期間における天然乾燥を促進するためにブナ材を簡易加熱したときの乾燥経過を、図-9および図-10に示す。

第一報で報告したように、高山市において簡易加熱を実施した場合は非常に大きな効果が認められたが、美濃市の場合はほとんど加熱の効果が認められなかった。これは、高山市の場合は500wの電熱線2本を棧積内に配置したのに対して、美濃市においては500wの電熱線一本としたことも大きく影響しているが、より以上に美濃市と高山市の気象条件の差が影響しているものと思われる。

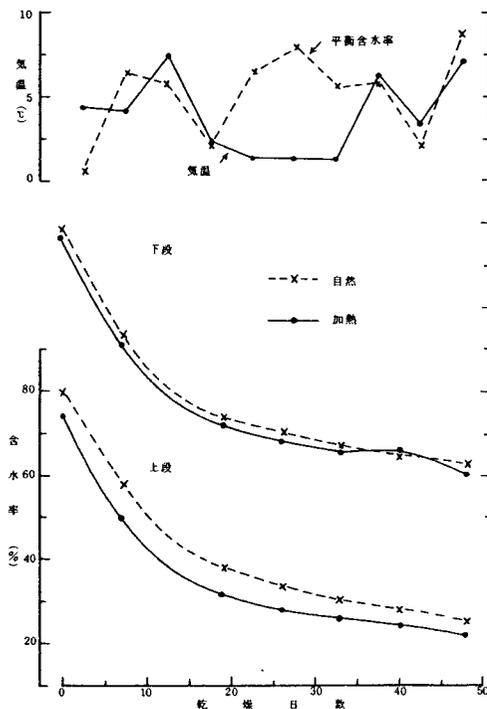


図-9 加熱と自然の乾燥経過
(ブナ30cm板、心材、46.1.8開始)

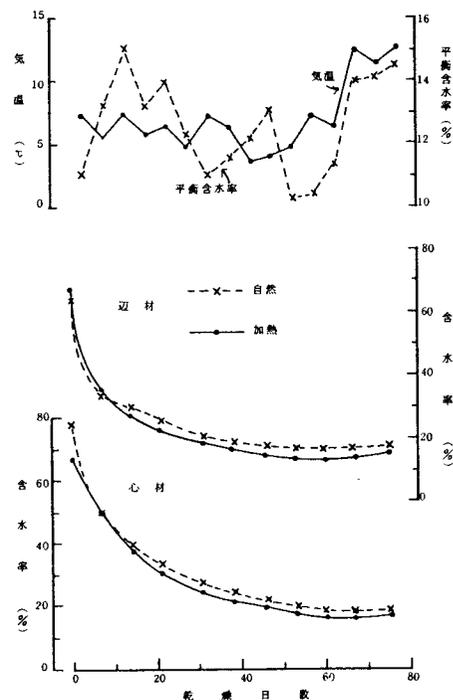


図-10 加熱と自然の乾燥経過
(ブナ30cm板、下段、47.1.13開始)

試験期間中の気温をみると、高山市の場合は約半分近くが0度以下を記録しているのに対して美濃市の場合は0度以下は全くなく試験期間中の平均温度は4度（46年）7度（47年）となっている。（両年とも全国的な暖冬であった）。そのため、平衡含水率も美濃市の場合は3～4%低くなっているし、1月の平均風速も高山市の1.2mに対して美濃市は2.5mと大きくなっている。

このように、美濃市の気象条件が天然乾燥にとって恵まれているため、自然状態の乾燥速度が非常に大きく、加熱の効果があまり認められなかったものと思われる。

また、風速の大きいことも、電熱線の熱を棧積外に逃がすことになり、より加熱効果が失われることになる。

しかし、若干の加熱効果は認められ、乾燥時間は12～16%短縮され、乾燥むらも自然状態より少なくなっている。

加熱促進の場合は全期間を通じて加熱しているため、電力費が相当大きくなり、高山市のように加熱効果の大きい場合でも経済効果としては若干問題がある程であるため、美濃市のような気象条件では、加熱促進は適当な方法ではないといえるであろう。

3. 加熱送風による促進効果

温床用電熱線による簡易加熱の効果がほとんど認められなかったため、送風効果と加熱効果を同時に期待できる方法として、加熱送風による促進方法について検討を加えた。

熱風発生装置は、送風促進に用いた送風機の前面にニクロム線を配置したものであるが8KWを用いたにもかかわらず熱量は少なく、送風機直前で気温より約3℃、棧積の吹込側で約2℃高くなったにすぎない。

なお、送風能力としては吹込側で0.7m/sec、吹出側で0.4m/secである。

この装置を用いてブナ材の30mm板を乾燥したときの乾燥経過を図-11に示す。

2月1日に乾燥を開始したが、乾燥初期は送風のみとし、含水率が平衡状態となった39日目から加熱送風を実施した。

乾燥初期の送風効果は若干認められるが、加熱送風の効果はほとんど認めることができない。

逆に乾燥初期の高含水率時に加熱送風を実施した方が、効果は大きくなったとも考えられるが、いずれにしてもこの加熱送風装置による熱量では促進効果はあまり期待することができず、またこれ以上の電力を使用すれば、乾燥時間は短縮できても乾燥費が増加するため、経済効果は全く期待することができないものと思われる。

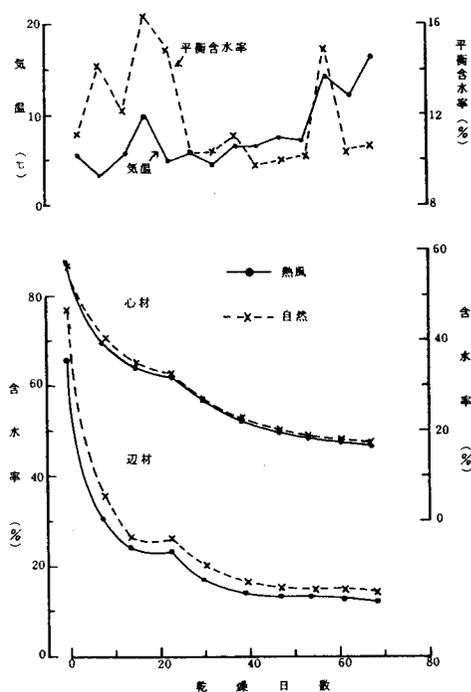


図-11 加熱送風による乾燥経過
(ブナ30cm板、1段、48.2.1開始)

による熱量では促進効果はあまり期待することができず、またこれ以上の電力を使用すれば、乾燥時間は短縮できても乾燥費が増加するため、経済効果は全く期待することができないものと思われる。

IV まとめ

木材の天然乾燥を促進する方法として、棧積側面に設置した送風機による送風効果、棧積内に温床用の電熱線を配置した場合の簡易加熱効果、および送風機と電熱線を組み合わせた加熱送風効果について、高山市および美濃市において試験を実施した。

本報は、その内美濃市で実施した試験結果について報告したものであるが、その結果を要約すると

次のとおりである。

送風促進効果

- 1) 1IPの送風機により送風した場合、乾燥速度は大きくなり、棧積内の乾燥むらも少なくなる。また平衡状態に達する含水率も自然状態と比較すると若干低い値を示す。
 - 2) 乾燥時間の短縮率は、ブナ材の30mm板の場合22.5%、ダフリカカラマツの18mm板は22.2%、45mm板は23.8%となるが(80%より25%まで)、高山市と比較すると短縮率は小さい。
 - 3) 1IPの送風機1台で二つの棧積に送風した場合は、乾燥速度、乾燥むらとも1台の送風機で一つの棧積に送風した場合と同じような効果が認められた。
- また、乾燥時間の短縮率は27.1%となり、高山市の場合に比較して悪くなっているが、棧積一つあたりの乾燥経費が半減するため、経済効果としては相当大きくなる。
- 美濃市のように気象条件に恵まれ、自然のままでも乾燥速度が大きい場合は、1台の送風機で二つまたは三つの棧積に送風する方法を採用した方が、経済的な促進効果を得ることができる。

加熱促進効果

- 冬期間の天然乾燥を促進するために、棧積内に500wの電熱線1本を設置して加熱した場合、あまりその効果が認められなかった。
- 熱容量が少なかったことも原因の一つであるが、美濃市の場合は高山市と比較して気温も高く、湿度も低い上に、風速も大きいため自然状態でも乾燥速度が大きく、加熱した場合の乾燥速度とあまり差がなくなるためである。

加熱送風効果

- 送風機と電熱線を組合せた、加熱送風試験を実施したが、低含水率域のみの加熱であったため、効果はほとんど認められなかった。
- この方法については、送風機の能力と電熱線の容量の関係、および加熱時期(含水率との関係)など、まだ検討すべき点は多いが、いずれにしても屋外での促進方法としては熱ロスが多すぎるため、今後は屋内における天然乾燥の促進方法として考えていくべきであろう。

文 献

- 1) 満久崇磨：木材の乾燥，森北出版(1962)
- 2) 吉田直隆：予備乾燥について，指導所月報，№97 (1960)
- 3) T. W. Rucher, W. R. Smith: Forced-air drying of lumber research and experimental, F. P. J., vol. XI, №9 (1961)
- 4) E. C. Peck: Drying 4/4 red oak by solar heat, F. P. J. vol. XII, №3 (1962)
- 5) E. C. Peck, E. D. Maldorado: Drying by solar radiation in Puerto Rico, F. P. J. vol. XII, №10 (1962)
- 6) 寺沢 真：木材の予備乾燥装置，木工生産，vol. 7, №10 (1963)
- 7) 大石 尚：太陽熱利用予備乾燥について，木材工業，vol. 20, №9 (1965)
- 8) 河原田洋二，由利良重，中川宏：予備乾燥としての簡易乾燥装置について，林産試月報，vol. 15 №173 (1966)
- 9) 野原正人：天然乾燥における諸問題，木工生産，vol. 13, №10, 11, 12, vol. 14, №1 (1969)
- 10) 野原正人：天然乾燥促進試験(第一報)，岐林セ研報，№1 (1972)