

道産主要針葉樹人工林材からえられた心持ち正角材の 乾燥後のねじれ

近藤 佳秀 中嶋 厚*¹

Twisting after Kiln-drying of Boxed Heart Squares Sawed from Main Softwoods Planted in Hokkaido

Yoshihide KONDO

Atsushi NAKAJIMA

Akaezomatsu (*Picea glehnii* Masters), Karamatsu (*Larix leptolepis* Gordon) and Todomatsu (*Abies sachalinensis* Masters) boxed heart full-size squares, were kiln-dried and stored. These trees are felled from forest plantations in Hokkaido. The dimensions of the squares were 117 by 117 mm in square section and 3.6m length. The longitudinal twist angle and lateral shrinkage were investigated during storage and the check area was investigated at the end. The results were as follows:

- 1) The mean twist angle of Akaezomatsu, Karamatsu and Todomatsu of kiln-dried lumber at the end was nearly 12°, 10°, 6° respectively.
- 2) The surface check area on Karamatsu was the smallest while the largest one was on Todomatsu.
- 3) Under 20% MC, twisting and shrinkage increased linearly with decreasing moisture content.
- 4) Considering twisting, squares should be stored for a certain time after being kiln-dried and then planed.

Key words: softwood boxed heart squares, storage, moisture content, twist, moisture gradient
針葉樹心持ち正角材, 養生, 含水率, ねじれ, 水分傾斜

道産主要針葉樹(アカエゾマツ, カラマツ, トドマツ)人工林材より117mm角心持ち正角材を木取り, 人工乾燥を行った。人工乾燥後の養生期間にねじれ, 収縮を計測し, 試験終了時に割れ面積を計測した。結果を以下に示す。

- 1) 人工乾燥材については試験終了時のアカエゾマツ, カラマツ, トドマツの平均ねじれ角はそれぞれ約12°, 10°, 6°であった。
- 2) 割れ面積はカラマツが最も小さく, トドマツが最も大きかった。
- 3) 含水率20%以下では, ねじれ, 収縮は, 含水率の低下に対して直線的に増加した。
- 4) ねじれの状態から判断すると, 心持ち正角材は乾燥後に一定期間の養生と養生後の修正挽きを必要とすることがわかった。

1. はじめに

北海道の森林から産出される木材は人工林材が約7割を占めている。これらは比較的径級の小さいものが主流であり、カラマツであれば梱包材、トドマツであれば下地材やたるき等の小断面材としての利用が多く、構造材としての利用は進んでいない。この原因はいくつか考えられるが、技術的な課題としては乾燥後の割れやねじれが商品価値を下げるものがあげられる。柱材などの比較的大きな断面を木取ると必然的に心持ちとなるため、乾燥時に割れやねじれが発生しやすい。これをできるだけ低減するために100℃を超える乾球温度で乾燥するいわゆる高温乾燥が用いられている。

住宅などで長期使用された木材が到達する含水率を人工乾燥時の仕上がり含水率として乾燥することが望ましいが、商業的に行われている乾燥では乾燥後の変形について経験的に推定し、乾燥を終了するのが通常である。このため、乾燥後さらに含水率が低下することにより生じるねじれや収縮が予想以上に大きくなることもある。

本研究では、道産主要樹種であるアカエゾマツ、カラマツ、トドマツの人工林材について商業ベースに近い人工乾燥を行った後の養生期間にねじれや収縮がどのように進行するかを測定し、樹種ごとの特性や人工乾燥後に必要となる養生期間について検討した。この試験を養生試験あるいは単に養生と呼ぶこととする。また、生材から室内に保管した場合の経過についても測定し、養生したものと比較した。生材のまま室内に保管する試験は天然乾燥を模したことになるが、屋外で行う通常天然乾燥とは雨や雪、冬期の暖房の影響が異なる点から室内乾燥試験あるいは室内乾燥と呼ぶこととする。

2. 試験方法

供試原木は径級18～20cmのアカエゾマツ、カラマツ、トドマツの人工林材とし、断面117×117mm、長さ3.6mの心持ち正角材に製材して試験材とした。養生、室内乾燥の条件ごとに各樹種15本の試験材を用意した。乾燥経過中の変形が拘束されるのをさけるため、試験材は積み重ねずに保

管した。また長さ方向1/4および3/4の2点で支持し、自重による曲げ応力ができるだけかからないように留意した。

供試原木の入手の都合で養生試験と室内乾燥試験の開始時期は異なる。養生試験については3樹種とも2002年4月に開始したが、室内乾燥試験はトドマツ、カラマツについては2001年4月、アカエゾマツについては2002年2月に開始した。

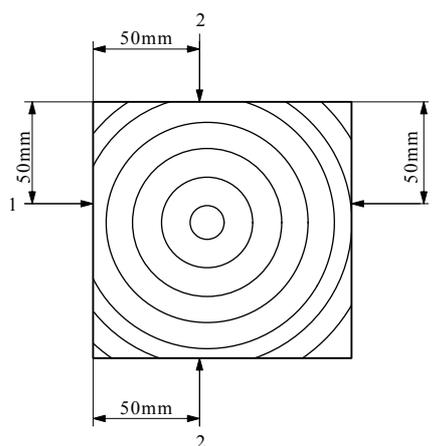
測定項目は重量、ねじれ、曲がり、収縮、水分傾斜とした。

ねじれは材両端部に設置した角度計の読みの差を測定値とした。また隣接する2材面について測定した値を平均して考察した。

曲がり試験材の長さ方向中央の矢高を0.5mm単位で測定した。隣接する2面について測定した値を平均して考察した。

収縮は各試験材の両木口より約60cmと長さ方向中心付近の表面から節の見えない3断面について、第1図のとおり2か所を測定した。これらについて生材時の値に対する減少量を百分率で求めて収縮率とし、3断面6か所の平均を試験材ごとの測定値とした。

水分傾斜は水分計の電極を収縮の測定を行った3断面に設置し、電気抵抗式水分計により試験材の表層付近と断面中央付近の含水率を測定した。



第1図 収縮測定法

Fig. 1. Method of shrinkage measurement.

注) 開始時に測定箇所をマーキングし、マークした点間(1-1,2-2)の距離を測定した。

Note) Mark the measuring points and then measure the distances between marked points (1-1,2-2)

第1表 乾燥スケジュール
Table 1. Kiln-drying schedule.

段階 Step	乾球温度 D.B.T. (°C)	湿球温度 W.B.T. (°C)	時間 Time (h)	工程 Process
1	98	98	16	蒸煮 Steaming
2	140	97	4	昇温・乾燥 Rising temp.& Drying
3	120	97	4	乾燥 Drying
4	110	96	43	乾燥 Drying
5	97	96	24	降温 Dropping temp.
6	80	74	24	調湿 Conditioning
7	-	-	48	冷却 Cooling

Note) D.B.T.: dry bulb temperature; W.B.T.: wet bulb temperature.

試験終了時に割れ面積を測定した。割れ面積は試験材表面に生じた割れのうち長さが50mm以上のものについて長さ×最大幅を計測し、(長さ)×(最大幅)÷2で面積を求めた後、試験材ごとに合計して測定値とした。

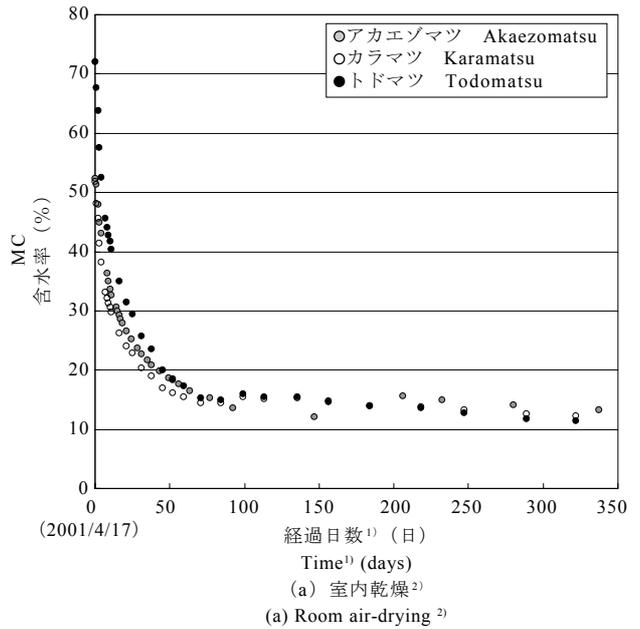
最後に、収縮測定箇所から試験片を切り出し、断面内の含水率の変動(水分傾斜)と平均含水率を全乾法で測定した。これらの試験片の含水率の平均値を試験終了時の試験材の含水率とした。

人工乾燥に用いたスケジュールを第1表に示す。目標含水率は17%とした。乾燥時には3樹種を一度に積み重ねて約1.5tのおもりを4個載せて圧縮した。

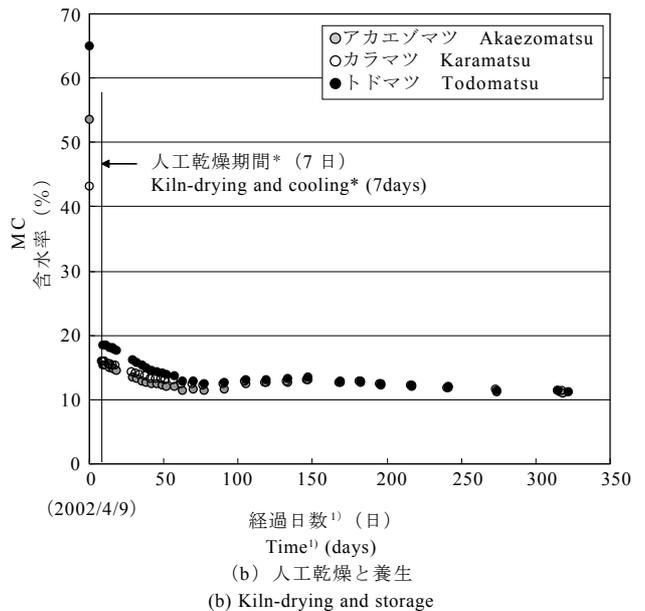
3. 結果と考察

3.1 含水率、ねじれおよび収縮の時間経過

室内乾燥および養生試験中の含水率の経過を第2図に示す。第2図には各樹種の平均値を示した。室内乾燥について見るといずれの樹種も70日程度で含水率の低下が止まり、周囲の温湿度にあわせて含水率が増減した。アカエゾマツの室内乾燥は2月開始であったが他の樹種と比べ乾燥速度が遅くなることはなかった。通常、冬期の天然乾燥は低温により乾燥速度が極端に下がるが、今回の試験は室内で行い、日中は暖房も入ったためと考えられる。人工乾燥終了時の含水率の平均はトドマツがやや高く、カラマツ、アカエゾマツについてはほぼ同じ



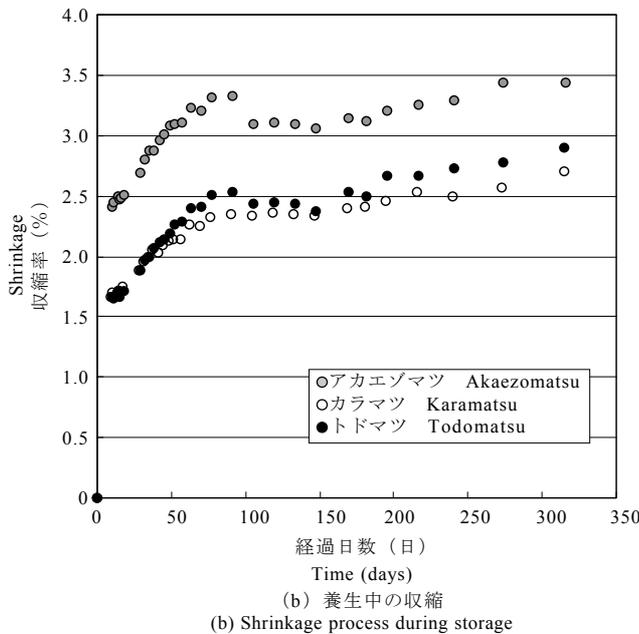
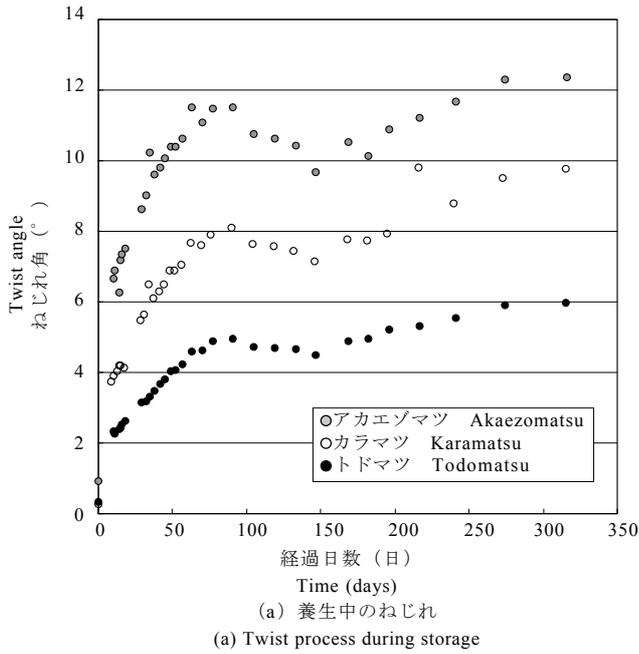
アカエゾマツ: 2002/2/4 開始, カラマツ, トドマツ: 2001/4/17 開始
Akazomatsu: 2002/2/4 start; Karamatsu, Todomatsu: 2001/4/17 start



第2図 乾燥・養生経過
Fig. 2. Drying process.

注) 1): 0日は乾燥前の含水率, 2): 風雨, 降雪, 日射の影響を避けて室内に保管した乾燥
Note) 1): Zero day shows MCs before Kiln-dry; 2): Air-drying in a closed room protected against wind, rain, snow and sunshine.

であった。アカエゾマツの初期含水率がカラマツに比べ高かったことを考えるとアカエゾマツは乾燥性が良いと考えられる。また、3樹種とも試験終了時には水分傾斜が1%以下と均一化されていた。養生試験中のねじれ、収縮率の経過を第3図に示



第3図 カラマツ乾燥材養生中のねじれ、収縮の経過
Fig. 3. Twist and shrinkage process of stored Karamatsu.

注) 製材時の幅を基準とする。
0日は製材直後の値を示す。
Note) Width at sawing is unit.
Zero day means soon after sawing.

す。第3図には樹種ごとの平均値を示した。いずれも養生初期に大きく増加して、70日程度経過すると周囲の温湿度にあわせて増減するようになった。断面中央付近の含水率と表層の含水率の経過から見ると水分傾斜がほぼ解消される時期はアカエゾマツ、カラマツで70日程度となり、ねじれおよび

収縮の変化と一致していた。トドマツについては90日程度とやや長めであった。

第2表に樹種ごとの測定値をまとめた。これには試験終了時の割れ、曲がりについても併記した。カラマツの乾燥材については人工乾燥終了時の仕上がり含水率が十分均一化されていたことがわかる。試験終了時のねじれの大きさはアカエゾマツ、カラマツ、トドマツの順で、おおむね12°、10°、6°(養生試験の場合)であった。割れ、曲がりについて養生試験と室内乾燥を比較すると、人工乾燥を行った養生試験は割れも少なく、曲がりも小さかった。

収縮については室内乾燥に比べ、養生の方が大きな値となったが、これは室内乾燥材に生じた大きな割れにより材面が盛り上がったことによる見かけの差違であると考えられる。

3.2 養生期間の推定

人工乾燥材についてどの程度の期間養生すべきかを考察した。

カラマツの含水率とねじれの関係は第4図に示すようにほぼ直線的な関係であった。収縮についても、ねじれと同様に含水率との関係は直線的であった。木材の場合、これまでの経験から、今回の最大・最小値に近い値が得られることも多く、これらの材に関する情報が必要と考えられるため、最大、最小の試験材についても図に併記した。

人工乾燥後のねじれと含水率の間には直線的な関係があったため、養生を終了して出荷する時の含水率と住宅で使用されている状態の含水率の差から出荷後のねじれが予想できる。この値が十分小さければ、壁にすき間ができる、床が鳴るなどの住宅に関するクレームは少なくなると考えられる。

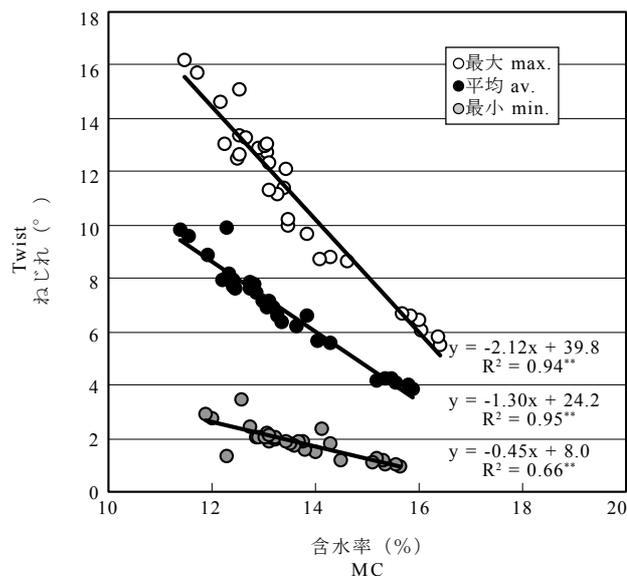
今回は住宅で使用され十分時間が経過した木材の含水率を11%と考え²⁾、許容できるねじれの角度を4°(ねじれ矢高約0.2%。但し材長3.6mの場合)と設定した。この角度は、「枠組壁工法用製材の日本農林規格」に記載されているねじれ矢高の測定方法を参考として、「構造用製材の日本農林規格」における乙種構造材1級相当の曲がりの許容値(0.2%)をねじれ矢高について採用し、ねじれ矢高

第2表 乾燥経過のまとめ

Table 2. Summary of storage and room air-drying process.

	人工乾燥と養生 Kiln-dry and storage process			室内乾燥 Room air-drying process		
	アカエゾマツ Akaezomatsu	カラマツ Karamatsu	トドマツ Todomatsu	アカエゾマツ Akaezomatsu	カラマツ Karamatsu	トドマツ Todomatsu
乾燥開始日 Start (kiln-drying)	2002/4/9	2002/4/9	2002/4/9	2002/2/4	2001/4/17	2001/4/17
養生開始日 Start (storage)	2002/4/17	2002/4/17	2002/4/17			
測定終了日 End	2003/2/18	2003/2/18	2003/2/17	2003/2/18	2002/7/17	2002/7/17
試験期間 (日) Term (days)	315	315	314	379	456	456
割れ面積* (cm ² /本) Check area* (cm ² /specimen)						
max.	52.4	17.2	64.6	267.4	175.5	252.5
av.	8.7	1.7	18.7	173.3	141.7	181.5
min.	0.7	0.0	0.0	86.1	73.8	120.7
曲がり* (本数) Crook* (Num.)						
Under 0.2%	13	13	15	11	8	14
Under 0.5%	2	2	0	4	6	1
Over 0.5%	0	0	0	0	1	0
収縮率* (%) Shrinkage*						
max.	5.6	3.0	3.3	3.2	2.6	2.4
av.	3.4	2.7	2.9	2.4	2.1	1.8
min.	2.3	2.2	2.6	1.8	1.6	1.3
ねじれ(°) Twist(°)						
乾燥直後 After kiln-drying						
max.	11.7	6.7	3.7			
av.	6.7	3.7	2.3			
min.	2.8	0.9	0.6			
試験終了時 End of exam.						
max.	20.2	16.2	8.7	32.1	28.0	16.4
av.	12.4	9.8	6.0	17.9	17.6	6.3
min.	7.4	2.9	1.4	11.4	7.9	2.2
含水率 (%) MC						
製材時 After being sawn						
max.	73.8	62.3	120.2	92.7	83.6	105.7
av.	53.6	43.2	65.0	52.4	51.9	72.0
min.	37.6	38.5	41.6	34.1	36.3	44.7
乾燥直後 After kiln-drying						
max.	19.9	17.6	44.4			
av.	15.3	15.9	18.4			
min.	12.2	12.6	11.2			
試験終了時 End of exam.						
max.	11.2	11.8	12.1	13.4	13.0	13.0
av.	11.1	11.4	11.1	13.1	12.8	12.7
min.	10.7	10.6	10.6	12.8	12.4	12.0

* 試験終了時の値を示す。
*shows the values of end of exam.



第4図 養生過程における含水率とねじれの関係（カラマツ）
 Fig. 4. Relationship between MC change and twist during storage (Karamatsu).

第3表 樹種ごとの回帰式の係数
 Table 3. Co-efficient of regression line.

		最小 min.		平均 av.		最大 max.	
		傾き slope	切片 intercept	傾き slope	切片 intercept	傾き slope	切片 intercept
アカエゾマツ	養生 storage	-0.64	14.5	-1.34	27.1	-2.70	49.9
Akaezomatsu	室内乾燥 room air-drying	-0.97	24.7	-1.40	35.7	-2.26	60.2
カラマツ	養生 storage	-0.45	8.0	-1.30	24.2	-2.12	39.8
Karamatsu	室内乾燥 room air-drying	-0.71	16.4	-1.75	38.6	-2.63	59.2
トドマツ	養生 storage	-0.11	2.5	-0.49	11.1	-0.65	16.7
Todomatsu	室内乾燥 room air-drying	-0.08	2.4	-0.52	13.1	-1.44	33.4

*室内乾燥についての回帰は含水率20%以下で行った。
 *Regression was under 20% MC of room air-drying process.

第4表 ねじれが4°以下になる含水率・必要な養生期間
 Table 4. MC and storage term for under 4 degrees of twist.

		最小 min.		平均 av.		最大 max.	
		含水率 MC	日数 days	含水率 MC	日数 days	含水率 MC	日数 days
アカエゾマツ	養生 storage	17.3	15	14.0	25	12.5	35
Akaezomatsu	室内乾燥 room air-drying	15.1	75	13.9	90	12.7	130
カラマツ	養生 storage	-	-	14.1	31	12.9	120
Karamatsu	室内乾燥 room air-drying	16.7	55	13.3	244	12.5	300
トドマツ	養生 storage	-	-	19.2	-	17.1	100
Todomatsu	室内乾燥 room air-drying	-	-	18.7	51	13.8	180

- (ハイフン) は人工乾燥終了時に基準を満たしていたことを示す
 -(hyphen) shows the twist increase estimated to be lower than 4° after kiln-drying.

=材の幅×sin(ねじれ角)と近似して算出したものである。

第4図の平均に対応する回帰直線から含水率11%の時のねじれ角を求め(約10°),これより4°だけ小さい角度(約6°)に相当する含水率(約14%)になるまで養生後修正挽きしてから出荷すれば、出荷後のねじれが4°以下となると予想できる。養生にかかる期間は第2図より乾燥開始から約31日、乾燥期間を除いた養生期間は約24日となる。

人工乾燥の仕上がり目標含水率を17%とした場合の養生期間の目安は、今回の結果に安全を見込んで30日程度といえる。また、養生が終了した時点で約6°ねじれるなど形状が変化するため、修正挽きして出荷する必要がある。今回の試験は試験材の変形をできるだけ拘束しないよう留意して行ったので、それぞれの試験材は限界までねじれたと考えられる。実際に住宅などで使用する場合には仕口や面材により拘束されるため、材のねじれはより小さな値になると推察される。

第3表に樹種、条件ごとの含水率とねじれの関係から得られる回帰式の傾きと切片を示す。なお、いずれの樹種、いずれの条件においても、含水率(%)とねじれ(°)の間には有意水準1%で高度に有意な相関が認められた。切片は含水率0%時のねじれ、傾きは含水率1%あたりの平均ねじれ角にあたる。平均の傾きと切片を見るとカラマツは他の2樹

種と比べて室内乾燥の値が高い。これはアカエゾマツ、トドマツに比べカラマツは圧縮高温乾燥の効果が高いことを示していると考えられる。最大で見るとアカエゾマツの傾きが養生試験の方が大きく、他と異なる傾向を示した。

第4表は養生後、ねじれの増加が4°以下となるために必要な養生終了時の含水率と養生期間を樹種、条件ごとにまとめたものである。アカエゾマツの養生期間が他に比べて短いことがわかる。これはアカエゾマツの乾燥性の良さを示唆している。

4. おわりに

道産主要針葉樹人工林材を対象として、人工乾燥後のねじれについて検討し一定の知見を得た。また、これらの試験により、圧縮高温乾燥を行って含水率を下げることで、ねじれ、割れについて建築用材として支障のない水準に上げることができるとを改めて示すことができたものと考えている。

文 献

- 1) 北海道カラマツ・トドマツ等人工林材対策協議会, 季報 No.104, (2001).
- 2) 近藤佳秀: 北海道旭川市における住宅の含水率調査の1事例, 林産試だより, 9月号, 4-6 (2002).

—企画指導部 普及課—

—*1: 技術部 製材乾燥科—

(原稿受理:04.5.25)