

- 研究 -

## トドマツ人工林材の乾燥試験 (第5報)

- 低温及び高温スケジュールによる板材の乾燥 -

信田 聡            千葉 宗昭  
千葉 洋市        奈良 直哉

Drying Tests of Plantation-Grown Todomatsu  
(*Abies Sachalinensis* Mast.) Wood ( )

- Kiln-drying of lumber in a conventional and a high-  
temperature schedules -

Satoshi SHIDA        Muneaki CHIBA  
Yoichi CHIBA        Naoya NARA

Plantation-grown Todomatsu lumber, 2.7×12.0×365cm, was dried in a kiln in the same conventional schedule (50 to 80 ) that had been used for the wet-lumber examined in 100 testing reported in the previous paper, and in the high-temperature schedule (100 to 110 ) used for the drying tests of the sawed squares of Todomatsu, and the suitability of the two schedules for the drying of Todomatsu lumber containing wetwood was examined. The results of the experiments are summarized as follows:

(1) Drying time was reduced by high-temperature drying, and it was about a half shorter than in conventional drying.

(2) As to warps such as crooks, bows and cups, there was no difference either between the conventional and the high-temperature drying, or between the wet-lumber and the normal-lumber which did not contain wetwood.

(3) Nor was there any difference in end checks between the wet-lumber and the normal-lumber.

(4) Surface checks did not happen on the normal lumber in either the conventional or the high-temperature drying, but they happened on the wet-lumber, and the surface checks on the wet-lumber were more serious in the high-temperature drying than in the conventional drying.

(5) The total steam consumption in the high-temperature drying was 2.7 times larger than that in the conventional drying.

(6) The moisture gradient and strain of the lumber after drying was small in both the high-temperature and the conventional drying.

It is possible to apply the high-temperature drying to Todomatsu normal-lumber, but at present this drying schedule must be examined further to reduce steam consumption. When it is applied to the wet-lumber, it is difficult to

prevent surface completely both in the conventional and the high-temperature drying .

100 試験において推定したトドマツ板材 (水食いを含む) の低温スケジュール (50~80 )<sup>4)</sup> 及び正角材の乾燥に用いた高温スケジュール (100~110 )<sup>3)</sup> による板材 (2.7×10.0×365cm) の乾燥試験を行い、両スケジュールの水食いを含むトドマツ板材に対する適否を検討した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 乾燥時間は高温乾燥において短く、低温乾燥の約 1 / 2 であった。
- (2) 狂い (曲がり、縦ぞり、幅ぞり) は、スケジュールの違い、水食いの有無による差は認められなかった。
- (3) 木口割れは、スケジュールの違い、水食いの有無による差は認められなかった。
- (4) 表面割れは、非水食い材では低温乾燥、高温乾燥とも発生しなかった。しかし、水食い材では発生し高温乾燥の方が低温乾燥よりも発生材率が高かった。
- (5) 消費蒸気量は高温乾燥で多く、低温乾燥の 2.7 倍を要した。
- (6) 乾燥後の板材の水分傾斜、歪は小さく、スケジュールの違いによる差はなかった。

トドマツ板材の乾燥を行う場合、非水食い材では高温乾燥を適用することは十分可能であるが、今後消費エネルギーの低減を考え、乾燥条件をどこまで厳しくできるかを検討する必要がある。しかし、水食い材については高温乾燥では特に裏面割れの危険が伴い、また低温乾燥でも表面割れを完全に防止することはできなかった。

## 1. はじめに

既報<sup>1)-3)</sup>にて正角材の乾燥試験について報告したが、今回はトドマツ人工林材の板材 (厚さ27mm) の乾燥試験を、温度レベルの異なる2つの乾燥スケジュール、すなわち、前報<sup>4)</sup>において決定したトドマツ水食い材に関する100 試験による低温スケジュール (50~80 )と、既報<sup>3)</sup>の正角材の高温乾燥試験に用いた高温スケジュール (100~110 )を適用して行い、

これらのスケジュール (100~110 )を適用して行い、これらの乾燥スケジュールのトドマツ板材 (水食いを含む) に対する適否を検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試材

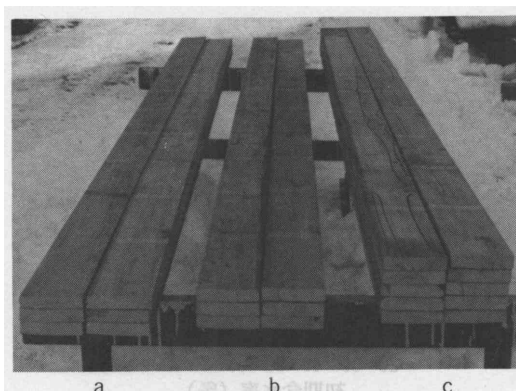
既報<sup>3)</sup>の高温乾燥試験に用いた正角材を製材した際に副材として得た板材を使用した。すなわち、寸法は厚さ×幅×長さか2.7×12.0×365cmの板材で、これらを肉眼観察により水食いの多い板、水食いの少ない板、及び水食いのない板 (非水食い材) の3種類に分け (写真1)、合計118枚 (約1.4m<sup>3</sup>) を1回の試験に供試した。

### 2.2 乾燥装置

蒸気式IF型 (ヒルデブランド社製、HD74 / 型) を使用した。収容材積は2.2m<sup>3</sup>のタイプである。

### 2.3 乾燥スケジュール

第1表に乾燥スケジュールを示す。低温スケジュールとしては前報<sup>1)</sup>で決定したトドマツ水食い板材のス



a: 非水食い材, b: 水食い材 (B), c: 水食い材 (A)  
写真1 トドマツ板材 (乾燥後)

ケジュールを採用した。また高温スケジュールとしては、乾燥初期の100 2時間の蒸煮後、乾燥温度110℃、湿球温度100℃と一定にし、乾燥末期は仕上がり含水率8%を考慮した調湿処理を加えたものとした。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 初期含水率・仕上がり含水率

第1図に、2回の乾燥試験における初期含水率及び仕上がり含水率の分布を示した。すなわち、試験終了時に供試材の中から、水食い材、非水食い材を無作為に30枚抜き取り、仕上がり含水率はこれらの両木口から30cmの位置より幅5cmの小片を2個木取り、全乾法により求めた含水率から推定した。また初期含水率は、あらかじめ測定した初期重量と求めた含水率、仕上がり重量から逆算して求めた。

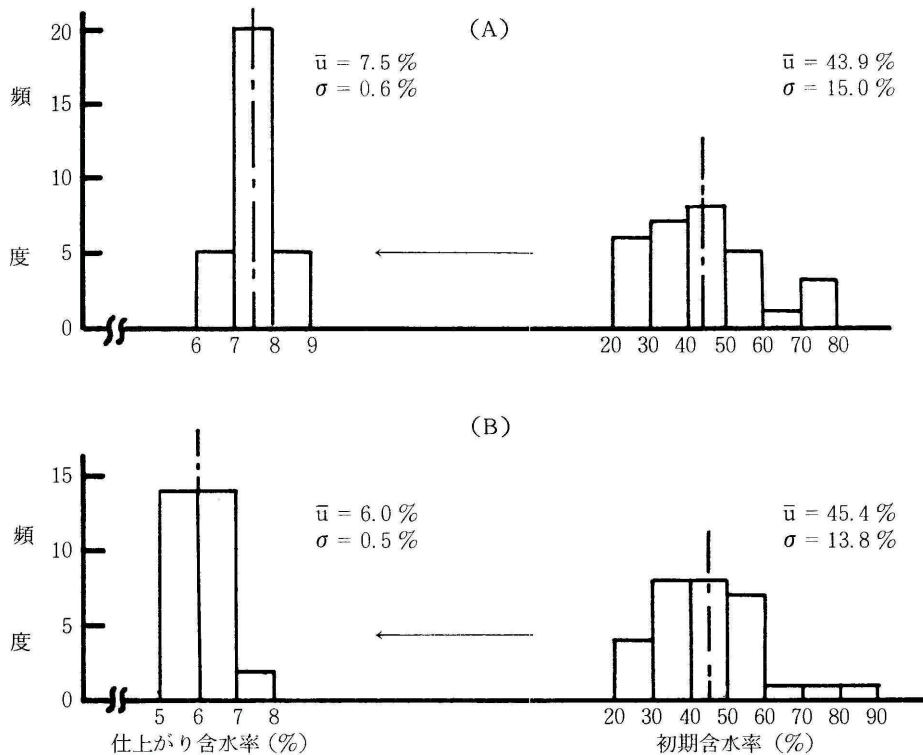
初期含水率は、2回の試験ともほぼ同様であり、また変動もほぼ等しいと判断できる。

高温試験における仕上がり含水率の平均値は6.0%となり、低温乾燥試験では7.5%となった。1.5%ほど高温乾燥の方が仕上がり含水率は低かった。しかし含水率の変動は両者とも同様で、含水率むらは小さい。

第1表 乾燥スケジュール  
(A) 低温スケジュール (B) 高温スケジュール<sup>a)</sup>

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)	含水率 (%)	乾球温度 (°C)	乾湿球温度差 (°C)
生~35	50	4	生		
35~30	50	6	)	110	10
30~25	55	9			
25~20	60	11			
20~15	65	(14/17)			
15~終調湿 <sup>b)</sup>	80	28	10		
	80	6	調湿 <sup>c)</sup>	100/100	9/6

注) a) : 乾燥初期100℃にて2時間蒸煮, b) : 調湿時間7時間, c) : イコーライジングが主



第1図 トドマツ板材(27mm)の初期含水率と仕上がり含水率分布  
A: 低温スケジュール B: 高温スケジュール 各々30枚についての集計

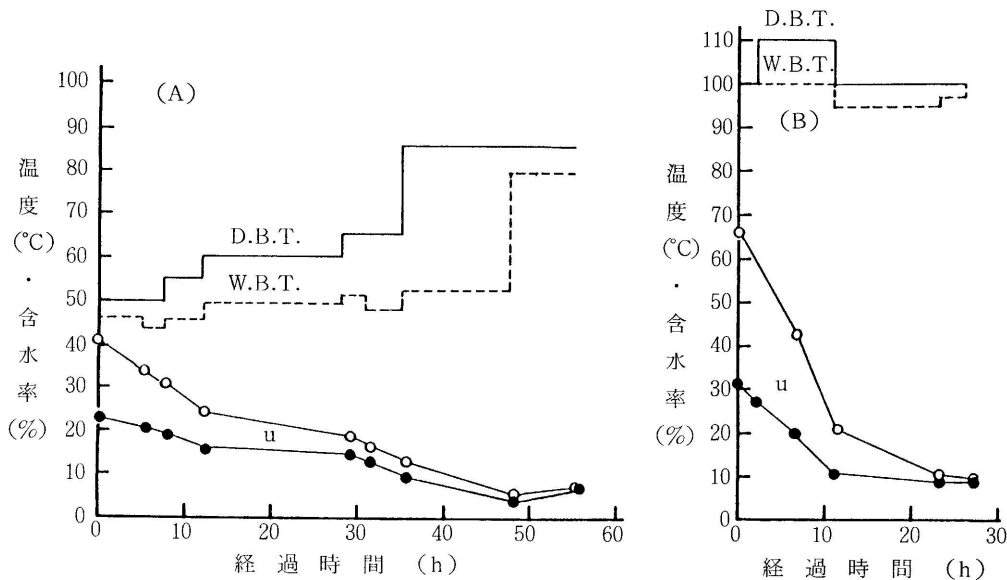
3.2 乾燥経過

第2図に低温スケジュール(A)、高温スケジュール(B)によるトドマツ板材の乾燥経過を示す。また同図には、スケジュールも合わせて示した。すなわち、図中の印、印はコントロール材の含水率を示すものであり、上部の実線は乾球温度、破線は湿球温度を示すものである。乾燥時間は(A)では54.5時間、(B)では26.0時間であり、今回の試験では高温乾燥

は低温乾燥の約1/2の乾燥時間であった。

3.3 狂い

第2表に乾燥後の板材のそりと曲がりの測定結果を示す。供試材より含水率測定に用いた板30枚について、これらの縦ぞり、幅ぞり、曲がりを測定した(第3図)。すなわち、縦ぞり、曲がりは板の材長3mあたりの最大矢高の値を求め、幅ぞりは板の幅方向10cmあたりの中央矢高の値を求めた。

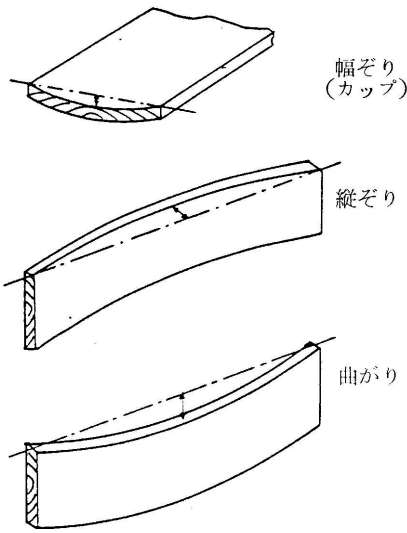


第2図 低温スケジュール(A)と高温スケジュール(B)のトドマツ板材の乾燥経過  
 D.B.T.: 乾球温度, W.B.T.: 湿球温度, u: 試験材の含水率  
 , : コントロール材の含水率経過

第2表 低温および高温乾燥によるトドマツ板材(厚さ27mm)のそりと曲がり

条件	材種	本数(本)	縦ぞり a) (mm)		曲がり b) (mm)		幅ぞり c) (mm)	
			平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
低温スケジュール	水食い材 <sup>d)</sup> (A)	17	5.1	0.5 ~ 15.5	1.6	0 ~ 6.0	1.12	0.05 ~ 2.25
	(B)	7	7.5	2.0 ~ 13.5	1.7	0 ~ 6.0	1.09	0.69 ~ 1.95
	非水食い材	6	13.1	4.5 ~ 19.5	5.2	0 ~ 13.0	1.15	0.46 ~ 1.60
	平均値	30	8.6	0.5 ~ 19.5	2.8	0 ~ 13.0	1.12	0.05 ~ 2.25
高温スケジュール	水食い材 <sup>d)</sup> (A)	21	9.3	1.5 ~ 23.0	2.0	0 ~ 6.5	1.04	0.05 ~ 2.05
	(B)	4	6.2	2.0 ~ 12.0	2.6	0.5 ~ 3.0	1.09	0.70 ~ 1.96
	非水食い材	5	8.1	4.0 ~ 12.5	4.4	1.0 ~ 14.5	1.15	0.52 ~ 1.92
	平均値	30	7.9	1.5 ~ 23.0	3.0	0 ~ 14.5	1.09	0.05 ~ 2.05

注) a), b) スパン3m当たりの最大矢高(mm), c) スパン10cm当たりの中央矢高(mm)  
 d) 水食い材(A)は(B)よりも水食いの程度が著しい。



第3図 そりと曲がり

3.3.1 縦ぞり

縦ぞりは、スケジュールの違い及び水食いの多少による差はなく、個々の値の変動は大きい平均すると材長3mあたり各材種間で5.1~13.1mmの値を示した。

3.3.2 曲がり

曲がりについても、縦ぞりと同様に、スケジュールの違い、水食いの多少とは値において差はなく、材長3mあたり平均すると、1.6~5.2mmの値を示している。

3.3.3 幅ぞり

材種間に差はなく、またスケジュールの違いによる差もない。値としては幅10cmあたり平均値で1.04~1.15mmであり狂いの値としては、全体として小さい値であった。

3.4 割れ

割れは木口割れと表面割れに分けて第3表に示す。すなわち、供試材より抽出した30枚の板について、割れの発生の有無を調べ、割れ発生認められた板について、個々の割れの長さ、幅、板1枚当たりの本数を測定した。第3表中の各値はそれぞれの材種の測定枚数(割れ発生材数)こと平均値と、( )内は個々のデータのバラツキの範囲を示してある。割れ長さ、幅は割れ1本当たりの平均値、割れ本数は、板1枚当

第3表 低温および高温乾燥によるトドマツ板材(27mm)の損傷比較

乾燥条件	材種	測定材数	木口割れ <sup>a)</sup>				表面割れ <sup>a)</sup>			
			割れ発生材率(%)	長さ(cm)	幅(mm)	本数(本)	割れ発生材率(%)	長さ(cm)	幅(mm)	本数(本)
低温スケジュール	水食い材 <sup>b)</sup> (A)	17	100	2.7 <sup>c)</sup> (0.5~15.0)	0.1 (0.1~0.8)	12.4 (3~24)	47	29.3 (1.0~201.9)	0.5 (0.1~1.5)	5.3 (1~12)
	水食い材 <sup>b)</sup> (B)	7	100	2.7 (0.5~8.2)	0.2 (0.1~1.1)	15.1 (10~19)	57	19.9 (4.5~53.0)	0.2 (0.1~0.4)	1.8 (1~3)
	非水食い材	6	100	2.6 (0.6~9.3)	0.1 (0.1~0.7)	12.5 (6~27)	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	平均値		100	2.7 (0.5~15.0)	0.1 (0.1~1.1)	13.3 (3~27)	40 <sup>d)</sup>	24.6 (1.0~201.9)	0.4 (0.1~1.5)	3.1 (1~12)
高温スケジュール	水食い材 <sup>b)</sup> (A)	21	100	3.0 (0.5~24.5)	0.2 (0.1~1.4)	12.6 (2~27)	81	17.7 (1.0~127.4)	0.4 (0.1~1.5)	3.3 (1~10)
	水食い材 <sup>b)</sup> (B)	4	100	5.3 (1.2~34.0)	0.3 (0.1~2.0)	9.3 (4~20)	75	7.6 (0.8~7.6)	0.6 (0.1~1.6)	6.7 (1~16)
	非水食い材	5	100	2.6 (0.9~7.5)	0.1 (0.1~0.4)	10.6 (5~18)	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	平均値		100	3.6 (0.5~34.0)	0.2 (0.1~2.0)	10.8 (2~27)	67 <sup>d)</sup>	12.7 (0.8~127.4)	0.5 (0.1~1.6)	5.0 (1~16)

注) a) 割れ発生認められた材についての統計を行った。長さ、幅は割れ1本当たりの平均値、本数は材1本当たりの平均値。各数値には乾燥以前に入っている割れも含まれている。

b) 水食い材(A)は(B)よりも水食いの程度が著しい。

c) ( )内の数値は、個々のデータの範囲を示す。

d) 全割れ発生材数 / 測定材数 × 100 (%)。

たりの発生数の平均値である。

### 3.4.1 木口割れ

木口割れは、抽出した板30枚すべてに発生していた。すなわち、割れ発生材率100%であった。もちろん、この中には乾燥以前にはいっていた木口割れも含まれているが今回は区別していない。木口割れはスケジュールの違い、水食いの有無による差は認められなかった。

### 3.4.2 表面割れ

割れ発生材率は、高温スケジュールの方が高かった。また非水食い材では、両スケジュールによる乾燥とも表面割れは皆無であった。

割れ長さは、平均値と比較すると低温スケジュールの方が長い値を示したが、割れ幅、割れ本数は同程度であった。

割れの面から使用したスケジュールの適否を評価すると、非水食い材については低温及び高温スケジュールとも適用できると考えられる。また水食い材に対しては、高温スケジュールを用いる場合、表面割れの発生が多くなる危険性があるが、発生した割れそのもの大きさは低温スケジュールを用いた場合のそれと比べればほぼ同じで、しかも、割れ長さについては短い

傾向が認められた。したがって、高温スケジュールについては、正角材にこれを適用するのはむずかしいが板材についての適用は十分可能であろう。

### 3.5 水分傾斜と歪量

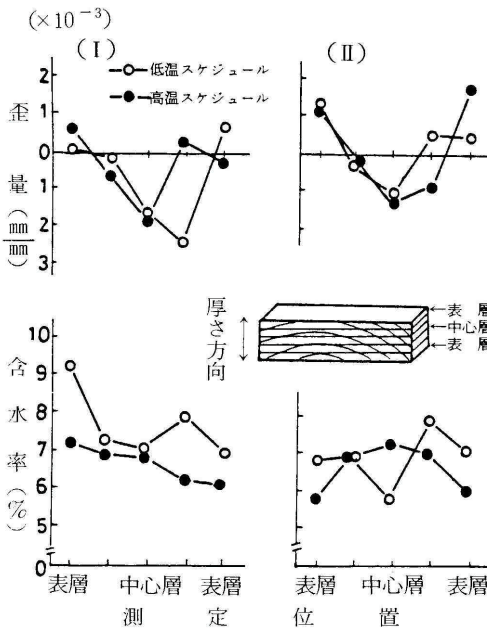
乾燥後の板材内部の水分傾斜と歪量をコントロール材について測定した。その結果を第4図に示す。すなわち、低温スケジュールによる乾燥、高温スケジュールによる乾燥に用いたコントロール材、各2本について、図中の模式図に示すように厚さ方向に5等分してそれぞれの含水率、切断時の寸法変化から歪量を求めた。図中の印は低温乾燥のデータ、印は高温乾燥のデータである。また( )は初期含水率が低い板、( )は相対的に( )より含水率が高い板の結果である。なお、歪量は(1)式により求めた。

$$\text{歪量 (mm/mm)} = \frac{\text{切断後の長さ} - \text{切断前の長さ}}{\text{切断前の長さ}} \dots\dots (1)$$

歪量は、低温乾燥、高温乾燥とも同程度であり、決して大きい残留応力ではない。また水分傾斜も両スケジュールの間に差はなく、しかもその値は大きくはない。もちろん、調湿処理は必ず行うべきであり、この点を考慮すればトドマツ板材の高温乾燥は、通常スケジュールによる乾燥と同様に通用できると思われる。ただし、材色の変化は避けられない。

### 3.6 蒸気消費量

高温乾燥では、低温乾燥に比べて全乾燥時間がかかなり短縮できるため、全体として蒸気消費量は30~80%は少なくなるという報告がある<sup>5)</sup>。今回の2つの乾燥試験について全蒸気消費量を蒸気量計を用いて測定したところ、低温乾燥では、1728kg、高温乾燥では4674kgとなり、高温乾燥は約2.7倍の蒸気量を消費した。高温高湿スケジュールであるため、乾湿球温度をかなり高温に保ったことから蒸気消費量は大きくなったが、乾燥中期以降、湿球パルプを停止したスケジュール(増湿はしない)にすればかなり蒸気量の節約はできるものと思われる。しかし、トドマツ水食い材の場合には損傷が生じ易いことや、また含水率むらが起こりやすいことを考えると、低湿な条件で乾燥しにくいこ



第4図 トドマツ板材の水分傾斜と歪量  
( ) : 初期含水率が低い材 ( ) : 初期含水率が高い材

と及びイコーライジングを長くする必要があるため、高温乾燥によって大幅な蒸気消費量の節減が達成できるかどうかは疑問である。

#### 4. まとめ

低温スケジュールおよび高温スケジュールを用いて水食いを含むトドマツ人工林材(板材)の乾燥を行い、両スケジュールの適否を検討した。その結果以下の知見を得た。

- 1) 乾燥時間は高温乾燥において短く、低温乾燥に対して約1/2であった。
- 2) 狂い(曲がり, そり)については、スケジュールの違い、水食いの有無による差は認められない。
- 3) 木口割れは、スケジュールの違い、水食いの有無による差は認められない。
- 4) 表面割れは、非水食い材では低温乾燥、高温乾燥の両方とも発生しなかった。しかし水食い材では表面割れの発生があり、高温乾燥の方が低温乾燥よりも発生材率が高かった。
- 5) 蒸気消費量は高温乾燥で多く、低温乾燥の2.7

倍を要した。

- 6) 調湿後の水分傾斜, 乾燥応力は小さく、スケジュールの違いによる差はなかった。

トドマツ板材の乾燥に高温乾燥を適用することは十分可能であるが、今後エネルギー低減のために乾燥条件をどこまできびしくできるかを検討する必要がある。また水食いの多い材については表面割れの危険が伴うことが明らかとなり、低温乾燥でも表面割れを完全に防止することはできなかった。

#### 文 献

- 1) 信田ほか3名: 林産試月報, 392, 1~9 (1984)
- 2) 信田ほか3名: 同上, 394, 1~7 (1984)
- 3) 信田ほか3名: 同上, 399, 1~10 (1985)
- 4) 信田ほか2名: 同上, 400, 1~5 (1985)
- 5) 鷲見博史: 農林水産省林業試験場研究報告, 第285号 (1975)

- 木材部 乾燥科 -  
(原稿受理 昭60.1.23)

### 林産試験場月報 1985年6月号(第401号)

(略号 林産試月報)

編集人 北海道立林産試験場編集委員会  
発行人 北海道立林産試験場  
郵便番号 070 旭川市緑町12丁目  
電話 0166-51-1171番(代)

昭和60年6月20日発行  
印刷所 東信印刷株式会社  
郵便番号 078-11 旭川市豊岡1条2丁目  
電話 0166-31-0810番(代)