



密度管理図の適合度の改善

真 辺 昭

はじめに

密度管理図の基本的な使い方は、上層木平均樹高と本数から林分材積を求め、あるいは林の相対的な密度—収量比数をよみとることである。この場合の推定の誤差は、林の状態次第ではかなり大きくなることがある。

例えば、トドマツの密度管理図では、作成に用いた資料のうち誤差率±20%の範囲に入るのは、全体の79%である。つまり、残りの21%の林では、少なくとも20%以上の誤差を覚悟しなければならないわけである。

密度管理図は多数の林の平均的な傾向を示しているのだから、個々の林についてある程度の誤差がでるのはやむをえない。しかし、密度管理図の良さは、現地に携行して場所ごとの林況診断を手軽に実行できることにあるので、誤差の原因を明らかにして適合度をできるだけ高めるような使い方を工夫しなければならない。

その意味で、ここではトドマツについて、密度管理図の正確さを高めるための簡易な補正方法について述べることにする。

1. 補正係数—立木度

あてはめの誤差の主な原因は、異なった施業経歴のもとでつくり出された多数の林の構造の違いを、現在の樹高と本数だけでは説明しきれないことからきている。すなわち、実材積が管理図の値より少ない林は、何かの理由で与えら

れた生育空間に相応する生長を過去になしえなかった林であり、一方実材積の過大な林はその超過の程度に応じて平均的な傾向より空間の利用が高度におこなわれてきたものと考えられる。

この空間の利用の程度を、管理図の読みとり材積に対する実材積の比で表わし、記号 R_v で示すことにする。この値は、収穫表を現実林分にあてはめる際に用いられる立木度と同じ意味のものである。

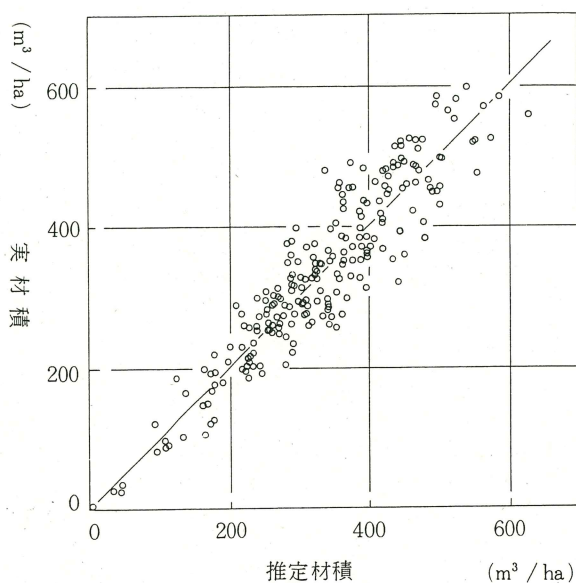
R_v がわかっていると、これを管理図の材積にかけて、正しい林分材積が計算できる。しかし、 R_v は実材積がわかってはじめて求められる値だから、適当な推定方法を考えなければならない。

ここで、 R_v の場合にならって平均直径について実測値と管理図の値との比(R_D)を考えてみる。そうすると、 R_D と R_v の間には密接な対応関係があつて、次式がなりたつ。

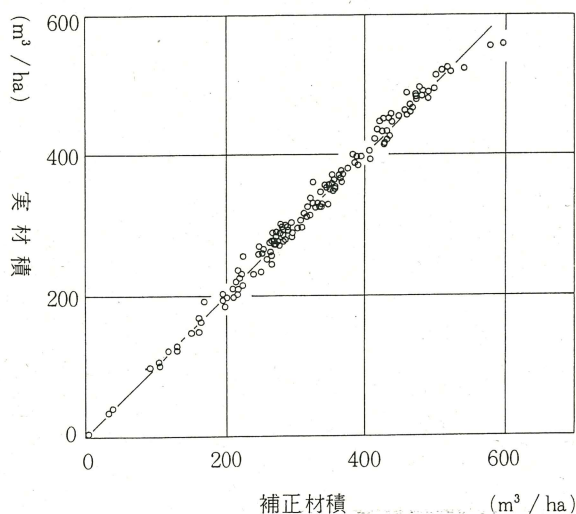
$$R_v = -0.8238 + 1.8292 R_D$$

これにより、目的とする林の平均直径がわかると、管理図の平均直径との比をとって上式に代入し、補正係数 R_v を求めることができる。付図—Aは、 R_D から R_v を直接求められるように上の換算式を計算図表に直したものである。

この補正方法を用いると、材積推定の精度は、全資料の85%が±5%の誤差範囲に入り、±20%の範囲には全資料が含まれるところまで向上する。図—1と2はこのことを示すため、補正前と補正後の推定材積の適合度を比較したもの



図－1 密度管理図のよみとり材積と実材積の関係



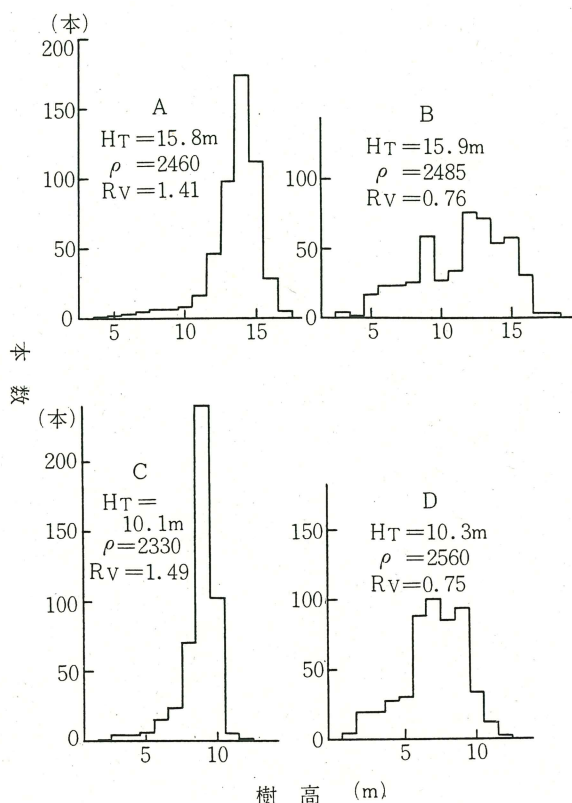
図－2 補正材積と実材積の関係

である。

なお、上層木平均樹高と本数の等しい林では、立木度が大きいほど高密度とみるべきだから、収量比数は、補正材積を本数に対応させて読みとらなければならない。

2. 林分の均質性と立木度

材積の補正に用いる立木度は、林分の均質性と密接な関係がある。この均質性は立木配置と



図－3 立木度の異なる林分の樹高分布

木の大きさの両方を含むが、一般に不揃いな林ほど立木度が低くなる傾向がある。配置の不均質性の影響は、次の例から明らかである。

1 haの林地の中央部に 400m^2 の疎開した部分があって、そこではha当り 500 本の本数密度であるが、その外側はha当り 2,000 本の本数であるとする。また両者とも、上層木平均樹高は15 mで、立木度もそれぞれ1に等しいとしておく。

このとき、ha当り本数と材積の関係は、各部分についてみれば、管理図の等平均樹高曲線と丁度一致しているので、林分材積は管理図を部分ごとに適用してえられる材積の合計に等しくなる。すなわち

$$\text{疎開部} : 166\text{m}^3 \times 0.4\text{ha} = 66.4\text{m}^3$$

$$\text{外周部} : 289\text{m}^3 \times 0.6\text{ha} = 173.4\text{m}^3$$

となって、全体では 239.8m^3 である。一方、全本数、 $500 \times 0.4\text{ha} + 2,000 \times 0.6\text{ha} = 1,400$ 本が林内に均等に分布しているときの管理図の材積は $260\text{m}^3/\text{ha}$ であるから、全林をならした立木度は $173.4\text{m}^3 / 260.0\text{m}^3 = 0.92$ である。このように、配置の不揃いな林を均質であるとし

表ー１ 広葉樹の混交したトドマツ幼齢林の立木度

プロット	樹種	上層木平均樹高(m)	平均直径(cm)	ヘクタール当り		変動係数(%)		R_v
				本数	材積(m ³)	直径	樹高	
1	トドマツ	7.9	8.1	2,549	61.1	12	8	0.90
	ウダイカンバ		10.9	90	3.8			
	その他広		7.0	8	0.2			
	計			2,647	65.1			
2	トドマツ	7.6	7.0	2,132	37.1	24	12	0.65
	ウダイカンバ		10.3	463	19.8			
	その他広		7.9	25	0.5			
	計			2,620	57.4			
3	トドマツ	7.3	5.7	2,242	23.9	27	14	0.44
	ウダイカンバ		9.1	617	19.8			
	その他広		5.2	33	0.2			
	計			2,892	43.9			

て機械的に管理図をあてはめると、材積および林分密度を過大に見積ることになる。

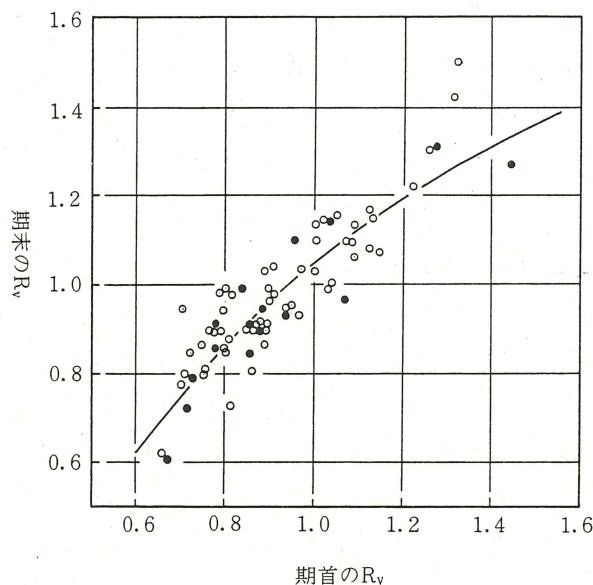
ここで、疎な部分と密な部分を区分して別々に密度管理図から平均直径を求め、本数を重みにして全林の平均直径を計算すると

$$(23.2\text{cm} \times 200\text{本} + 15.1\text{cm} \times 1,200\text{本}) / 1,400\text{本} = 16.3\text{cm}$$

である。一方、1,400本が均等に配置されているときの管理図の平均直径は17.2cmで、 R_d は0.95と計算される。これを付図ーAにあてはめると R_v は0.91と推定され、正しい値とほとんど変わらない結果になる。

立木度は直径または樹高の分布にも関係がある。図ー3はこれを示すため、上層木平均樹高と本数がほぼ等しく、立木度に大きい違いのある林分を選んで樹高の分布を比較したものである。

林分AとBは上層木平均樹高が15.8mと15.9m、本数は2,460本/haと2,485本/haでほとんど差がないのに、立木度は1.41と0.76である。CとDの林分でも同様で、高さとは本数はほぼ等しいのに立木度は1.49と0.75になっている。図にみられるように、 R_v の大きい林の樹高は非常に揃っているが、 R_v の小さいBとDでは、裾の長い扁平な分布である。このような違いは、若い年代における他の植生との競合状態の差による



図ー4 立木度の時間的な変化

ものと考えられる。例えば表ー1は、除伐の遅れたトドマツ幼齢林の成績で、 R_v の値はウダイカンバの混交率の低いプロット1の0.90から、本数の20%をウダイカンバが占めるプロット3の0.44まで順次小さくなっている。同時に、単木間の変動を示す直径、樹高の変動係数もウダイカンバの混交率が高くなるほど大きい。

これらの例は、人工林の初期管理の段階で林分の一様性を高めることが、材積生産量を増加させる上で重要な意味をもつことを示している。

3. 立木度の時間的な変化

立木度は時間的にも変化する。図ー4はトドマツの収穫試験地の生長記録から、5年間の立木度の変化を示したものである。立木度の範囲は0.6~1.4であるが、1.2以上の値を示す場合は少ない。一般に期首より期末の値が大きく、期末の値が小さくなっているときでもその程度は僅かである。

このことから、林分材積の動きを予測する際には、管理図の上で上層木の伸長に対応させて読みとった材積増加量に、立木度の時間的な変化による増加分が加わることになる。付図ーBは、^(注1)図ー4の曲線をもとにして作った立木度の時間的な変化を与える計算図表である。これは5年期

間に対するものなので、期間が長いときには次のようにする。

期首の立木度が0.8で、8年後の値が必要だとすると、付図-Bで0.8に対する5年後の立木度0.835をまず読みとる。次にこれを期首の値として再び期末の値を読み0.86をうる。これから、後半の5年間の変化量は $0.86 - 0.835 = 0.025$ となるので、8年後の立木度は比例計算で

$$0.835 + 0.025 \times \frac{3}{5} = 0.85$$

とする。

図-5は図-4のデータについて、期首の値から期末の立木度を求め、これによって補正した材積を実材積と対比したものである。データの中には間伐直後の林（黒丸）も含まれるが、間伐をしなかった林との傾向の違いはみられない。この場合の補正材積の誤差は、立木度の予測の誤差が加わるため、図-2のときの約2倍に増加する。

計算図表からもわかるように、立木度の増え方は、期首の値が0.75~0.80の間で最大で、その両側では次第に少なくなる。そうして0.55と1.175の付近で期首と期末の値が等しくなり、その外側では逆に期末の値の方が小さい。つまり、材積の増加に効果的な立木度の範囲があるわけで、そのほかの状態、特に低い立木度では

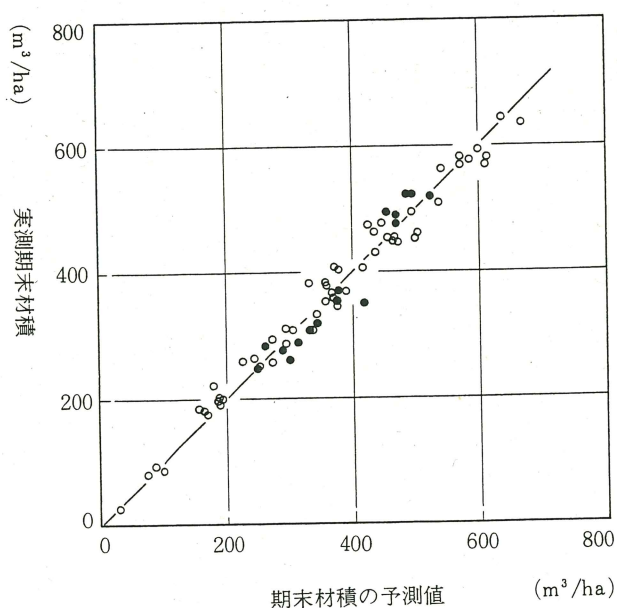


図-5 立木度の変化を考慮して予測した期末材積の適合度

過少な林分材積がいつになっても正常な値に近づけない。

4. 間伐方法と立木度

立木度を変化させるもう一つの原因は間伐の実行である。弱い下層間伐のときには、間伐前より残存林分の立木度が大きくなることもあるが、普通は間伐をすると立木度は低くなる。この低下は、本数間伐率が高くなるほど、また上層木を多く含めて選木するほど著しい。

間伐の実行による立木度の変化は、間伐後の林分材積が間伐の方法との関連で以下に述べるようにしてほとんど誤差なく推定できるので、間接的に求めることができる。

間伐の方法は、強さと種類の二つの見方から性格づけができる。通常、強さは本数間伐率で示され、種類は下層間伐あるいは上層間伐のように、直径または樹高分布のどの部分を重点にして選木するかでさまる。

間伐種を数量的に表わす方法として、間伐木の平均直径 D_T の間伐前平均直径 D に対する比、 D_T/D を用いるものがある。これによる間伐種の区分は次のようである。

0.65 以下 除 伐

0.65~0.75 下層間伐

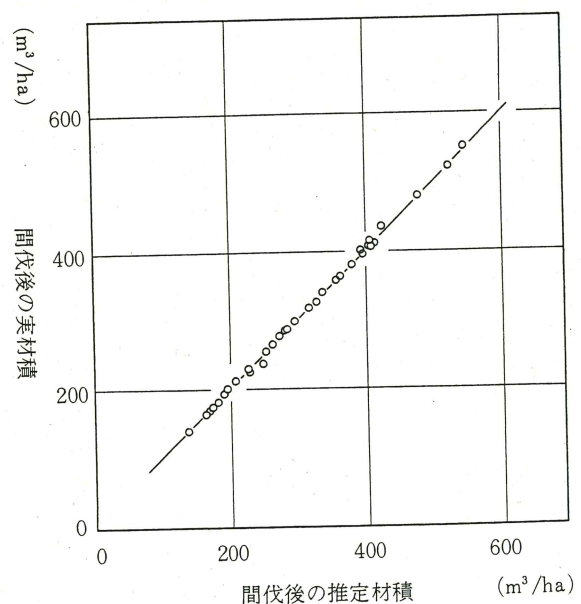
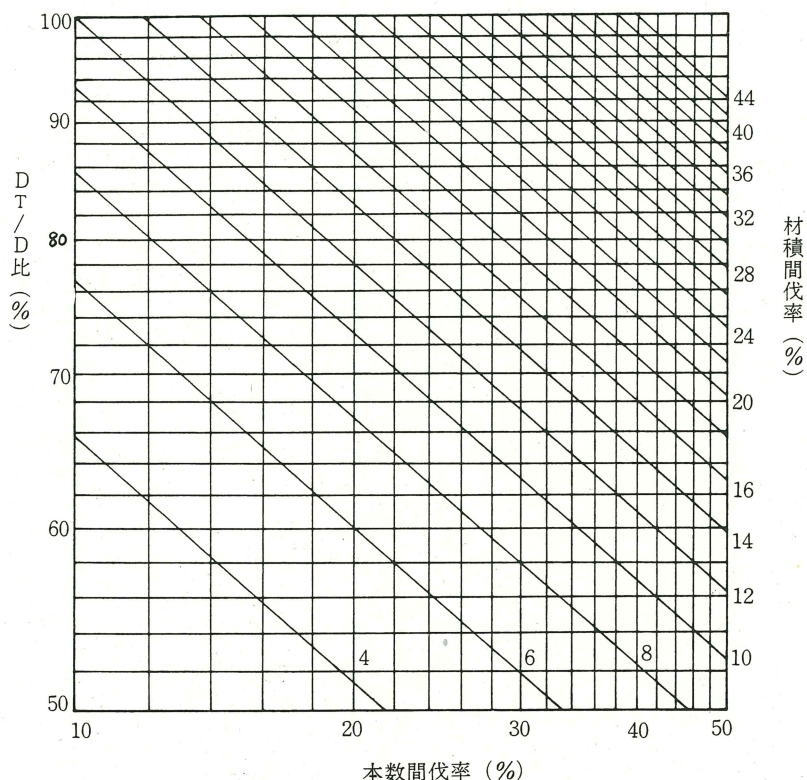
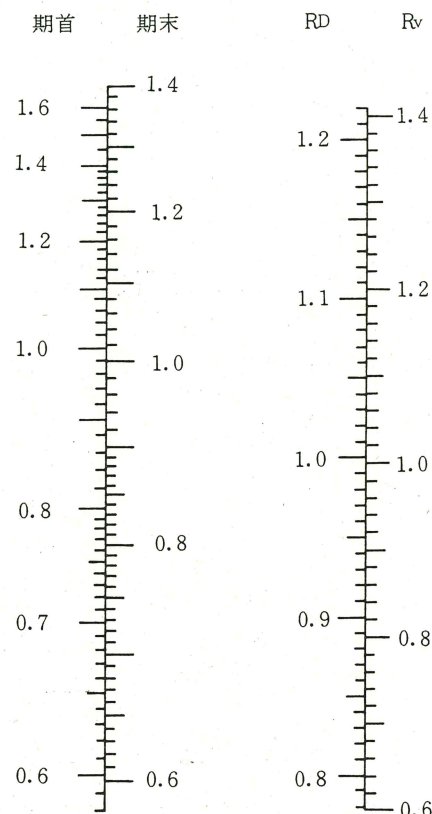


図-6 間伐後の推定林分材積の適合度



C. 本数間伐率と D_T/D 比による材積間伐率の推定



B. 期末立木度の推定 A. 立木度の推定

〔付 図〕

- 0.75～0.90 強度の下層間伐～弱度の上層間伐
- 0.90～1.00 強度の上層間伐
- 1.00 以上 択伐的間伐

特殊な場合として、大きい木から小さい木まで、まんべんなく伐採木を選ぶ全層間伐や、列に沿って機械的に伐採をおこなう列状間伐があるが、これらの D_T/D 比は明らかに1に等しい。

収穫試験地の間伐の結果によると、材積間伐率は本数間伐率と D_T/D 比に関係があり、この二つの因子を使って、計算式をつくと、図一6に示すように間伐木および間伐後の材積が極めて精度よく推定できる（図一6参照）。

付図一Cは材積間伐率の計算図表で、横軸の本数間伐率と縦軸の D_T/D 比に対応する点をきめ、この点を通る斜線の見盛で材積間伐率を読むようになっている。例えば、本数間伐率28%、 D_T/D 比84%の選木をするときの材積間伐率は20%である。点が斜線の間にくるときは、目分

量で補間すればよい。

なお、 D_T/D 比で間伐種をきめると、これを間伐前の平均直径にかけて間伐木の平均直径が正しく計算できる。また残存木についても

$$\text{残存木平均直径} = \frac{(\text{間伐前平均直径}) - (\text{本数間伐率} \times \text{間伐木平均直径})}{(1 - \text{本数間伐率})}$$

の関係から平均直径を誤差なしで求めることができる。

5. 現地での方法

同じ植栽年次の造林地でも、場所によって樹高や本数密度の状態は大きい違いを示すものである。これまで述べてきたことから、密度管理図を有効に利用するためには、林の一樣な部分ごとにあてはめをおこなうことが重要である。

しかし、場所をかえて頻繁に管理図を参照するとすると、上層木平均樹高や本数を普通の標

準地法で求めるのでは手間がかゝりすぎる。このため、以下のような簡便法を提案したい。広い地域の全体の値が必要なら、この方法で求めた各プロットの読みとり値の平均をとればよい。

- 1) 半径 6.2m の円形プロット (120m²) をとって境界木にチョークで印をつける。植栽列がはっきりしていれば、この作業は中心点から巻尺を数回張るだけで完了する。
- 2) プロットの中で樹高の最も高い木 (前生樹を除く) を 3 本選んで樹高を実測する。この平均が上層木平均樹高である。^{注 3)}
- 3) プロット内で直径を測定し平均値を計算する。プロット内本数を 83.3 倍して ha 当り本数に換算する。
- 4) 上層木平均樹高と ha 当り本数から、密度管理図の上で平均直径と材積をよむ。
- 5) 実測平均直径と読みとり値の比、 R_D を計算して計算図表で立木度をきめる。
- 6) 読みとり材積に立木度をかけて補正材積を出し、これを管理図におとして収量比数を読む。
- 7) 収量比数を基準値と比較して間伐本数をきめ、選木する。必要があれば、 D_T/D 比を計算して間伐木、残存木の材積を求める。

半径 6.2 m の円形領域は、立木配置や樹冠の状態、単木ごとの形質をあまり移動せずに見渡せる範囲であり、間伐木の選木テストにも便利な広さである。

おわりに

樹高と本数のほかに、立木度を補正因子とすることで、密度管理図の適合度が著しく向上し、また立木度がきまれば、間伐方法や時間の経過にともなう林の動きがより正確に予想できることを述べた。このようにして、将来の林の姿を出発点の林分状態や取扱いの方法と関連づけて予想できれば、逆にこの予想をもとにして林分の現況ごとにどのような取扱いが適切かを検討することも可能である。トドマツではこの問題についても一応の結論がえられているが、それについてはあらためて述べることにしたい。

(注 1) この曲線は次式で表わされる。

$$R_{VY} = 2.2845e^{-0.7813/R_{VX}}$$

ここで R_{VY} 、 R_{VX} はそれぞれ期末および期首の立木度で、 e は定数 2.71828 である。

(注 2) この計算式は次のようになる。

$$\log P_{TV} = 0.0213 + 0.9422 \log P_{TN} + 2.6329 \log (D_T / D)$$

ここで P_{TV} は材積間伐率、 P_{TN} は本数間伐率で D_T/D は間伐前の平均直径に対する間伐木の平均直径の比である。

(注 3) トドマツの密度管理図では、上層木平均樹高を ha 当り 250 本の樹高上位木の平均樹高としている。ha 当り 250 本をプロット当りに換算すると 3 本になる。

〔参考文献〕

- 1) 真辺 昭：トドマツ人工林の収穫量と収益の予測システムに関する研究，林試研報 317，1～65，(1982)
- 2) 真辺 昭：トドマツの密度管理図，北方林業会，1～69，(1974)
- 3) 林野庁：北海道地方国有林トドマツ林分密度管理図，日本林業技術協会，1～6，(1978)

新技術情報 No. 5

昭和 57 年 3 月 31 日 発行

編集 林業試験場北海道支場

札幌市豊平区羊ヶ丘 1

☎ 061-01 電話 (011) 851-4131