

パルプ用丸太の層積計算について

北海道研究林 中川智之

1. はじめに

北海道研究林では現在、請負や直営でのカラマツ人工林の間伐および小面積皆伐を積極的に行っており、2015年度は 8,319 本 761.879 m³の丸太を生産した。

今回生産した丸太のうち、径が小さいものや、曲りが大きいなどの欠点があるものは、パルプ用材として売り払うこととしたが、生産した丸太全体に占めるパルプ用丸太の割合は、本数では 4 割程度であった。

生産した丸太の材積（実積）を計算する方法としては、丸太の長さで 2cm 括約（14cm 未満は 1cm 括約）で測定した丸太の末口直径から末口二乗法（末口直径を二乗したものに丸太の長さをかけて材積を求める方法）で求められる丸太の単材積に、直径階ごとの丸太の本数を掛け合わせる方法が用いられるが、丸太の末口直径は、一本ずつ折れ尺等を用いて測定するため、生産された丸太の本数が多ければ、多くの人工数が必要となる。

北海道研究林における人工林の伐採は、今後も長期間にわたって計画されており、継続的に事業を行い、現在の生産量を維持するためには、より一層の作業効率の向上が求められる。

そのため今回は、作業コスト（売り払い金額に対する作業の手間）が比較的大きなパルプ用丸太について、丸太の材積を一本ずつ測定する従来の検収方法だけでなく、はい積みされた丸太の材積（層積）を求める方法も試験的に用いて、検収方法の変更に伴う材積計算結果の違いや作業時間の変化について調べた。



図 1 支柱を使った極（4 林班）

2. 計算方法

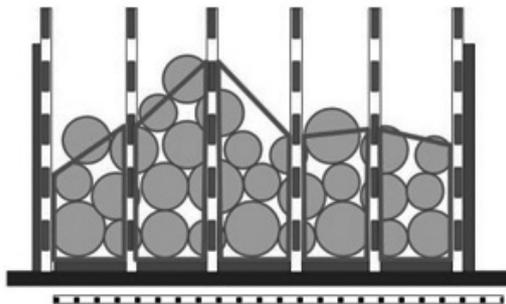


図 2 極の高さを等間隔で測定（支柱あり）

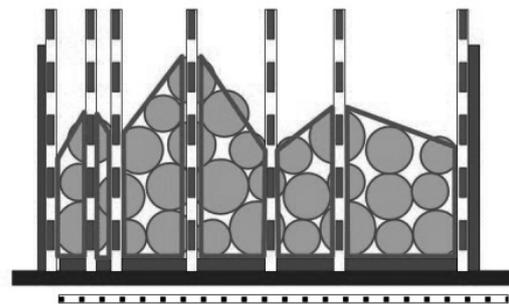


図 3 極の高さを変化する地点で測定（支柱あり）

丸太の層積は、椓を直方体とみなし、木口面の面積と丸太の長さの積に、実積係数（層積から実積へ変換する係数で、丸太を詰めた直方体に占める丸太の体積の割合）をかけて求められる。

層積を実積に変換する実積係数は、過去の研究では0.55～0.78の範囲であるが、丸太の形状や積み方などによって変化するとされている。今回の試験では、積み方や木口面の面積の測定方法の違いによって、実積係数にどのような違いが現れるかを調べ、どの方法が最適であるかを検討した。

2015年度に、4林班ち小班枝番号1のカラマツ造林地で直営部分皆伐を実施し、生産されたパルプ用丸太を、木口の向きを揃えて3つの椓に分けて積み、まずは従来の検収方法で実積を求めた。

次に層積計算を行うため、一度椓積みした丸太を、それぞれの椓が直方体に近い形になるよう、丸太の向きを調整しながら、地面に打ち込んだ支柱の間に積み直した（図1）。

椓の木口面の面積は、支柱から50cm間隔で椓の高さを測定して各区間の面積（図中の実線で囲まれた部分）を合計する方法（以降「等間隔」）（図2）と、支柱から椓の上面の傾きが変化する地点までの距離を測定して各区間の面積（図中の実線で囲まれた部分）を合計する方法（以降「変化点」）（図3）の2つを用いて比較することとした。

なお、サンプル数を増やす目的で、3つの内2つの椓は1回積み直して、それぞれの椓（4ち-1、4ち-2a、4ち-2b、4ち-3a、4ち-3b）の材積を求め、椓の木口面の面積は、丸太の向きの調節により、両側ともほぼ同じとみなした。

また2015年度には、3林班ぬ小班カラマツ造林地で請負間伐を、3林班る小班カラマツ造林地で請負皆伐をそれぞれ行っており、2か所の伐採で生産されたパルプ用丸太（図4）については、木口の向きを揃えてそれぞれ3つ、合計6つの椓（3ぬ-1、3ぬ-2、3ぬ-3、3る-1、3る-2、3る-3）に分け、従来の検収作業を行った後、椓を積み直さず、その



図4 支柱を使っていない椓（3林班）

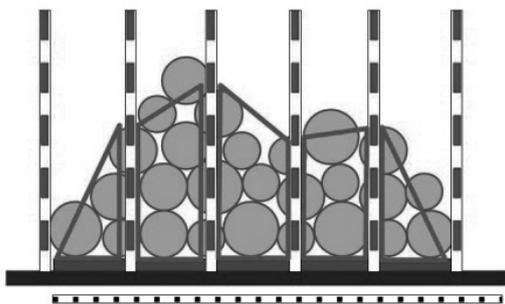


図5 椓の高さを等間隔で測定（支柱なし）

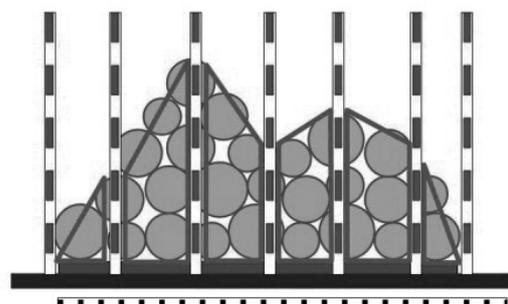


図6 椓の高さを変化する地点で測定（支柱なし）

表 1 実積と層積（等間隔・変化点）

・4林班			
桝	実積Vf(m ²)	層積Vr(m ²)	
		等間隔	変化点
4ち-1	10.758	18.121	17.814
4ち-2a	13.343	21.036	22.611
4ち-2b	13.343	22.056	21.615
4ち-3a	16.508	24.528	26.357
4ち-3b	16.508	29.978	30.087
・3林班(末口)			
桝	実積Vf(m ²)	層積Vr(m ²)	
		等間隔	変化点
3ぬ-1	14.186	21.504	22.317
3ぬ-2	15.404	23.302	23.283
3ぬ-3	13.930	20.551	21.806
3る-1	39.651	58.294	61.142
3る-2	30.612	48.628	49.621
3る-3	15.116	24.240	26.370
・3林班(元口)			
桝	実積Vf(m ²)	層積Vr(m ²)	
		等間隔	変化点
3ぬ-1	14.186	25.305	26.510
3ぬ-2	15.404	27.491	27.607
3ぬ-3	13.930	25.864	26.849
3る-1	39.651	75.415	76.226
3る-2	30.612	59.653	58.464
3る-3	15.116	27.180	28.312
・3林班(平均)			
桝	実積Vf(m ²)	層積Vr(m ²)	
		等間隔	変化点
3ぬ-1	14.186	23.405	24.414
3ぬ-2	15.404	25.396	25.445
3ぬ-3	13.930	23.207	24.327
3る-1	39.651	66.855	68.684
3る-2	30.612	54.140	54.042
3る-3	15.116	25.710	27.341

表 2 実積と層積の回帰分析

桝の木口面の測定方法	サンプル数	回帰式の傾き(実積係数F)	決定係数	標準誤差
4林班・等間隔	5	0.6055	0.755	1.210
4林班・変化点	5	0.5914	0.880	0.846
3林班末口・等間隔	6	0.6578	0.993	0.944
3林班末口・変化点	6	0.6326	0.993	0.947
3林班元口・等間隔	6	0.5286	0.995	0.766
3林班元口・変化点	6	0.5252	0.998	0.476
3林班平均・等間隔	6	0.5865	0.997	0.643
3林班平均・変化点	6	0.5741	0.998	0.494

ままの状態で桝の末口面の面積、元口面の面積をそれぞれ、4林班と同様の方法で測定し（図5、図6）、更に、末口面と元口面の平均の面積からも、層積を計算した。

3. 結果

A. 桝の積み方と層積の計算方法

4林班の3つの桝、3林班ぬ小班と3林班る小班の6つの桝について、従来の検収方法で求めた材積（実積 Vf）と上記の方法で求めた材積（層積 Vr）を表1に示した。

また、桝の木口面の面積の測定方法ごとに、エクセルで実積と層積の回帰分析を行い、切片が0となる直線回帰式の傾き（実積係数 F）と決定係数（R²乗値、近似曲線の推定値が実際のデータにどの程度近いかを表す0から1までの値で、1に近いほどあてはまりが良い）、標準誤差（データの回帰直線からのばらつきを表す）を表2に示した。

表2より、元口面の面積を「変化点」で求める方法（元口・変化点）と「変化点」で元口面と末口面の面積を求めて平均した方法（平均・変化点）の決定係数が0.998となって最も1に近い結果となったが、標準誤差を比べると、元口・変化点が0.476、平均・変化点が0.494となった。

更に、表2に示された実積係数 F を層積 Vr にかけて求めた材積（V）と実積 Vf との差とその標準偏差を表3に示した。

V と Vf の差の標準偏差を比較すると、元口・変化点の標準偏差が最も小さく、ばらつきが最も小さいという結果となった。

これらの結果から、元口面の面積を「変化点」で求めて層積を計算し、その層積に実積係数0.5252をかけて材積を求める方法が、最も適していると考えられる。

B. 材積計算にかかる人工数

今回対象としている桧について、検収にかかった人工数は、2015年度の作業日誌より、14.9人工であった。その内、層積計算のための人工数は3.4人工であったので、従来の検収にかかった人工数は、11.5人工となる。

すべての丸太の本数は6,485本、パルプ用丸太の本数は2,729本であったので、パルプ用丸太の割合は本数で42.1%となり、この割合から、従来の検収の内、パルプ用丸太の検収にかかった人工数は、4.8人工であるとした。

したがって、層積計算を行うことにより、人工数を従来の7割程度に抑えることができたと考えられる。

4. 考察

従来の検収方法では、直径を測定した丸太の数と、木口に払極印が押印された丸太の数が合わないことがしばしばあり、再度本数を数え直すなど作業が煩雑になる場合があるが、層積計算であれば、そのような心配はないので、この点も層積計算のメリットであると言える。

ただ、今回の試験は、サンプルの数が少なかったため、今後はサンプルを増やして、より実用的なものになるよう、改善していきたい。

最後に、報告をまとめるにあたりご指導頂いた北海道研究林長の舘野隆之輔准教授ならびに、北海道研究林技術職員の皆様に、お礼申し上げます。

参考文献

・森下佳宏 (2010) カラマツ一般材の層積検地について 2010年度中部森林技術交流発表会要旨集：35-39

・飯塚寛 (1974) 実積係数の算出について 日本林学会九州支部研究論文集No.27：19-20

表 3 実積係数を用いて用いた材積と実績の比較

・4林班			
桧	層積Vr×実績係数F-実績vf(m ³)		
	等間隔	変化点	
4ち-1	0.214	-0.223	
4ち-2a	-0.606	0.029	
4ち-2b	0.012	-0.560	
4ち-3a	-1.656	-0.920	
4ち-3b	1.644	1.285	
標準偏差	1.207	0.841	
・3林班(末口)			
桧	層積Vr×実績係数F-実績vf(m ³)		
	等間隔	変化点	
3ぬ-1	-0.041	-0.068	
3ぬ-2	-0.076	-0.675	
3ぬ-ε	-0.412	-0.136	
3る-1	-1.305	-0.973	
3る-2	1.375	0.778	
3る-3	0.829	1.566	
標準偏差	0.942	0.943	
・3林班(元口)			
桧	層積Vr×実績係数F-実績vf(m ³)		
	等間隔	変化点	
3ぬ-1	-0.810	-0.263	
3ぬ-2	-0.872	-0.905	
3ぬ-ε	-0.258	0.171	
3る-1	0.213	0.383	
3る-2	0.921	0.093	
3る-3	-0.749	-0.247	
標準偏差	0.712	0.455	
・3林班(平均)			
桧	層積Vr×実績係数F-実績vf(m ³)		
	等間隔	変化点	
3ぬ-1	-0.459	-0.170	
3ぬ-2	-0.500	-0.796	
3ぬ-ε	-0.319	0.036	
3る-1	-0.441	-0.220	
3る-2	1.141	0.414	
3る-3	-0.037	0.580	
標準偏差	0.633	0.493	