

置戸照査法試験林の50年

Half-century Check Method Experiment in Oketo Experimental Forest

—成果とその活用について—
- *Result and Application* -

青柳 正英
Aoyagi, Masahide

キーワード: 照査法, 天然林施業, 等比級数則, シミュレート, 置戸

要約: 北海道置戸町の道有林内には昭和30年設定の照査法試験林がある。ここでは8年の経理期で5回目の伐採が完了した。今回、この間の施業成果を総合的に分析した結果、本試験林の全林分で、横軸に直径階数、縦軸にha当たり立木本数(対数值)とする片対数グラフ上で直径一本数回帰曲線がほぼ直線となり、この回帰式より林分蓄積の正確な算出が可能なのが判明した。1本の直線が林分蓄積を表すとすると2本の直線に挟まれた区間は蓄積差(伐採量)となる。この関係から森林施業の最適化のシミュレート法を発見した。

Abstract: The Oketo Experimental Forest (est. 1955) is situated within a prefectural forest in Oketo Town in eastern Hokkaido. In this forest, trees have been felled at eight-year intervals (management stages) and five management stages have been completed thus far. For all forest units, the diameter-tree curve (tree diameter vs. number of trees per hectare), on the semi-logarithmic graph with the diameter grade on the horizontal axis and the number of trees per hectare on the vertical axis (logarithmic values), was essentially a straight line (correlation coefficient ≈ 1), confirming that the accurate estimation of

stand volume from diameter-tree regression lines is possible. Since one regression line indicates the stand volume of one forest unit, the area between two lines represents the difference in volume between the two forest units (amount of trees felled). Based on this relationship, a simulation method that optimizes natural forest managements was developed.

Keywords: check method, natural forest management, geometric progression theory, simulation, Oketo

1. はじめに

北海道東北部に位置する置戸町には、昭和30年設定の置戸照査法試験林（以下、置戸試験林という）がある。照査法とは、あらゆる森林の部分が恒続的に最高の生産力を発揮する状態に導かれる集約な森林施業法の一つである(クヌツヒェル 1960a)。置戸試験林では、8年の経理期で伐採が繰り返され、平成15年度に第5経理期が完了した。この試験林は、年平均成長量 $9.7\text{m}^3/\text{ha}$ 、成長率4.1%と高い成長を維持し、蓄積は常に $300\text{m}^3/\text{ha}$ 前後を維持している。しかも、広葉樹が約4割を占めるなど、極めて多様性に富む美しい天然生林である。本研究では、この比類のない置戸試験林の林分構造を解明し、その成果の北海道の天然林施業への活用を検討した。

2. 調査地と方法

2.1. 調査地概要

置戸試験林はオホーツク海岸より内陸に約85kmの道有林内、海拔高250～440mの北西向きの緩斜台地上に位置する。面積は79 ha、トドマツ、エゾマツの針葉樹にシナノキ、イタヤカエデ、ミズナラ、ハリギリなどの広葉樹が混交する複層林で、天然更新は全般的に良好である。試験地設定の目的は、照査法における、次の3点の目標を達成する施業方法を確立することにある。すなわち、①できるだけ多量の木材を生産する、②できるだけ少量の資源によって生産する、③できるだけ価値のある木材を生産する(北海道林務部 1996)。

2.2. 先行研究の概要

1) 森林現況の推移

置戸試験林は26の林分（照査区）に区分され、各経理期における全照査区のha当たり平均の蓄積、伐採量、成長量は、表1の通りである。第1経理期は、不良蓄積の整理のため、材積伐採率は34%と高く、そのため、一時的に蓄積は減少したが、以後急速に回復し、第6経理期の期首には372sv/haとなっている（1SVは、約1m³で立木に使用。以下、m³とする）（新谷・高橋2005）。

過去47年間の森林の推移を平均値でみると、期首蓄積は310m³/haで、伐採量は69m³/haである。伐採後この森林は年成長量9.7m³/haで成長し、8年後には319m³/haに回復し、その成長率は年4.1%と高い値となっている。なお、針

表1. 照査法試験林（施業区）の林況の推移

経理期	期首蓄積	伐採量	伐採率	成長量	成長率
1	331	114	34	51	2.9
2	266	50	19	79	4.5
3	293	58	20	85	4.5
4	318	60	19	87	4.2
5	338	48	14	82	3.5
6	372	52	14	—	—

(SV/ha),(%)

葉樹の材積比率は58%である(青柳2005)。

2) 直径階別本数分配線

天然林では一般に、直径階別本数分配線（以下、本数分配線）は曲線となる。しかし、置戸試験林では全林分において本数分配線は、横軸を直径階数（5cm括約）、縦軸をha当たり立木本数（対数値）とする片対数グラフ上では、図1のように直線となり、その相関係数は極めて1に近い値となっている(青柳2001)。

この直線式は、直径階数を X 、本数を Y とすると、

$$[1] \quad \log Y = -aX + b$$

と表せる。

以下、この直線を本数回帰直線という。

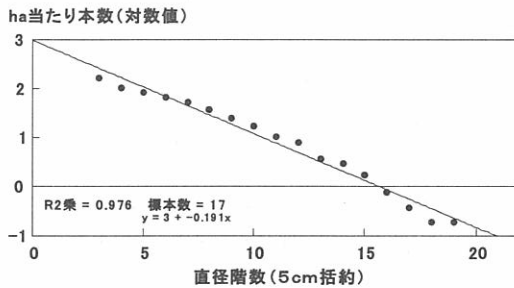


図1. 直径階別本数分配図

2.3. 研究の手法

前項までの先行研究の結果をふまえ、本研究では、まず、林分構造を解明するため、これら林分の直径階別本数分配構造を明らかにし、その本数回帰式を用いて林分蓄積、伐採量、選木方法および期末蓄積の予測方法を検討した。次に、北海道の天然林施業へのその成果の応用を検討するため、北海道有林が管理する道内各地の試験林や保護林などの施業経過や林分構造を当てはめて検証を行った。

3. 結果と考察

3.1. 直径階別本数回帰直線

全照査区について、経理期毎に伐採前、伐採後の本数回帰直線の相関係数を求めた。その結果は、表2にみるように、相関係数は伐採前・後の各130事

表2. 本数回帰直線の相関数の頻度分布

相関係数	件数	伐採前	伐採後
0.91	1	1	—
0.92	3	1	2
0.93	4	3	1
0.94	1	1	—
0.95	9	5	4
0.96	12	8	4
0.97	37	19	18
0.98	93	46	47
0.99	94	43	51
1.00	6	3	3
合計	260	130	130

例（計260事例）の約 9 割で0.97以上であり，平均は0.98（標準偏差0.004以下）であった(青柳 2005)。

3.2. 伐採量の算定

置戸試験林では，全ての本数回帰直線の相関係数が 1 に近似し，ほぼ直線に一致するとみなされる．本数分配線が直線であると仮定すると，式[1]より，直径階 X_n の ha 当たり本数を Y_n ，その立木単材積を $V_n(\text{m}^3)$ とすると， $Y_n = 10^{(-aX_n + b)}$ ，直径階 X_n の蓄積は $Y_n \cdot V_n$ となり，林分全体の蓄積 $V(\text{m}^3/\text{ha})$ は [2]

$$V = \sum 10^{(-aX_n + b)} V_n$$

となる。

次に，式[2]の計算値と現実蓄積との相関関係を調べると，図2のとおりである．相関係数は0.980となり，極めて高い精度で式[2]が適合することが判明した(青柳 2005)．このことより，以下のことがわかる．

- ① 直径階別本数は，数式化が可能であり，その林分蓄積は，式[1]の定数 a ， b を変数とする関数となる．
- ② 1 本の直線が，ある林分の蓄積を表すとなると 2 本の直線に挟まれた区間は，蓄積差を表すことになる．それゆえ，ある森林の回帰直線①に対し，直線②を自由に選ぶことにより，図3のように林分全体および直径階毎の伐採量が机上で予測できる．

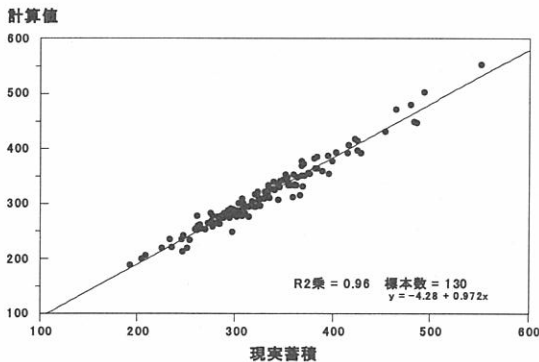


図2. 現実蓄積と計算値(m^3/ha)

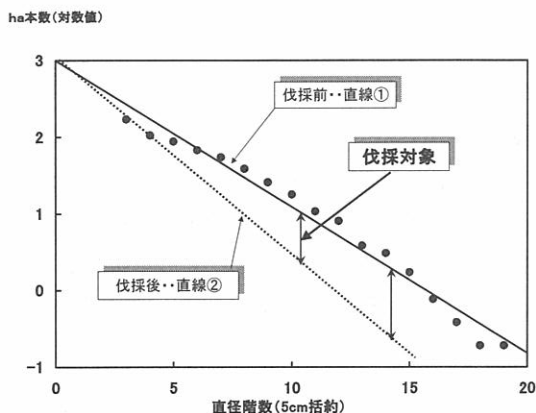


図3. 伐採量の算定

③ 照査法が求める森林施業法は、この a 、 b をどのように選定するか、すなわち、図1の縦軸、横軸、本数回帰直線の3本の直線で囲まれる三角形の形状をいかに管理するかに帰着することが判明した。

3.3. 期末蓄積の予測

森林を伐採した場合、期末（8年後）にはどのように森林に回復しているかを予測した。予測方法は重回帰分析によった。その結果、下記重回帰式[3]は、重相関係数が0.95と高く、分散分析も有意水準1%で棄却され、極めて有効であることが判明した(青柳 2005)。

$$[3] \quad Y = -135 + 0.764X_1 - 0.967X_2 + 822X_3 + 154X_4$$

ただし、 Y =期末蓄積(m^3/ha)、 X_1 =期首蓄積(m^3/ha)、 X_2 =伐採量(m^3/ha)、 X_3 =係数(a)、 X_4 =切片(b)。

3.4. 選木方法のシミュレート

表3は、ある林分の式[1]の係数、切片の値をそれぞれ5%、0.5%ずつ増減した場合のha当たり伐採量を示す。このように、ある林分の式[1]の a 、 b の値が求められると、 a 、 b を任意に変えることにより、図4、5のように蓄積、

表3. 収穫量早見表

係数a1	切片b1				
	0.990	0.995	1.000	1.005	1.010
0.95					
1.00	24	12	0		
1.05	75	65	55	45	34
1.10	117	109	100	91	82

伐採量が自動的に計算され、図示される。これを繰り返すことにより最適の選木が可能となる。

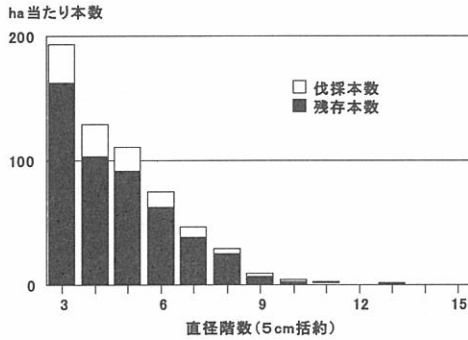


図4. 直径階別本数伐採量の予測

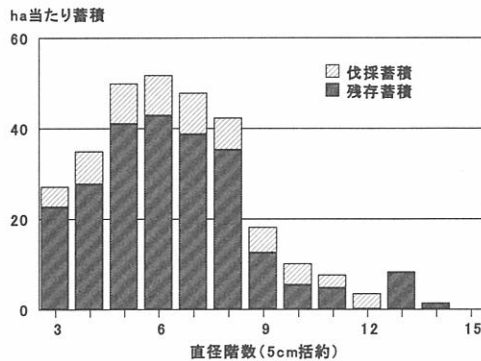


図5. 直径階別材積伐採量の予測

現地では、図4から求められた直径階別伐採本数に基づき、樹冠配置、成長状況などを考慮しながら、伐採木を選定する。そして目標に達するまで選木を繰り返すことになる。

3.5. 成果の応用

1) 対象森林

広大な面積を有する本道の天然林施業への上記成果の活用の可能性について、道有林が管理する保護林や成長量試験地で検討したところ次の点が確認できた。

① 針葉樹、広葉樹、陰樹、陽樹など樹種、幼齡林、壯齡林など林種を問わず、すべての天然林に導入の可能性があること。

② 林分構造については、立木密度が高いこと、施業制限(自然のままに放置)期間が長いことが大きく関係するが、林分蓄積や直径の大小には余り関係しないこと。

③ 本道に広く分布するカンバ幼齡林など山火再生林では、過密で自然淘汰が働いている状況が多く、この段階からの成果の導入は可能性が大きいこと。

2) 目標とする森林蓄積及び伐採量

置戸試験林の各照査区の5経理期間の平均蓄積(m^3/ha)を横軸に、平均伐採量を縦軸とした図6より、照査法の3つの目的について考えると、

(1)出来るだけ多量の木材の生産に関しては、

蓄積と伐採量との関係は図6に見るように上に凸な曲線となり、平均蓄積 305m^3 に伐採量の最大があり、その値は 77m^3 である。このことは、ha当たり期首蓄積約 340m^3 の森林で約 80m^3 伐採することを意味する。

(2)出来るだけ少ない量で生産するに関しては、

これは、伐採量比率(伐採量/平均蓄積)を最高に高めることである。(1)同様に、蓄積 252m^3 で最大29%となる。すなわち、およそ 290m^3 の森林で、約 70m^3 伐採することになる。

(3)出来るだけ価値の高いものを生産する

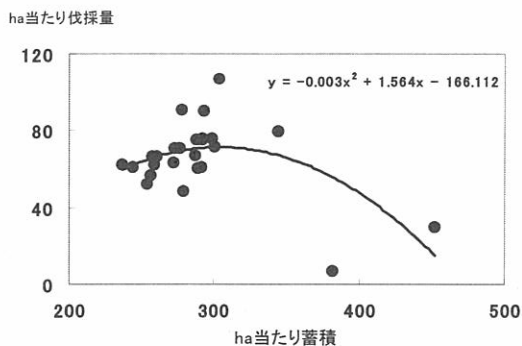


図6. 蓄積と伐採量(m³)

木材は直径が大きいほど利用価値や用途が高く、かつ、造材・搬出などのコストが低減する。それゆえ、大径材の生産比率が高い程、価値の高いものが生産されことになる。ある林分の本数回帰直線の勾配 a 、切片 b の値をそれぞれ10%、1%増やして伐採した場合（これは過去50年間の平均値）の、伐採量に占める大径木（胸高直径37.5cm以上）の材積比率を調べてみると、伐採量は b に関係し、大径木の比率は a に関係する。上記の最大伐採量 ha 当たり80 m³を確保し、かつ、大径材が過半を占めるには、 a は0.23以下、 b は2.8以上でなければならないことになる。

3) 外国の事例

スイスのジュラの択伐林（3.70ha 1907-1916）の本数回帰直線は図7の通りである（クヌッヒェル 1960b）。これは図1の置戸試験林と寸分違わない本数回帰直線となっている。このことは欧州の照査法林にも充分適応できるものと予測される。

3.6. 本数回帰曲線は、なぜ直線に収斂するのだろうか。

ある個体数が、片対数グラフ上で直線に回帰するのは、等比級数則と呼ばれ、生態学では、動物群集と個体数の関係で知られ、その後、植物の場合も良く成立することが分かってきた（沼田 1962）。しかし、林木に関してのこのような事例の報告は知らない。

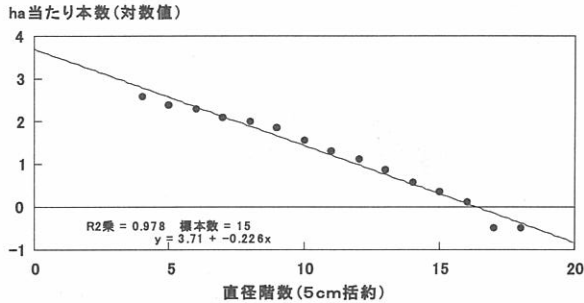


図7. ジュラの択伐林

このような法則の生じる要因は、森林内において、林木同士間の陽光、空間を求めての生存競争の結果であると考えられる。そこで、ある一定の直径成長量と本数枯損率、進階率にもとづきシミュレートすると、同様な傾向で推移することが確認できている(青柳 2004)。しかし、これらについては、より多くの事例による検証が必要である。

3.7. 表1にみるように、近年伐採量が急激に減少し、成長量が増大し過剰蓄積の状況となり、伐採木にも瑕疵木が多く、照査法の目的から離脱する傾向が見られるようになってきた。これは熟練林業技術者が減少し、施業技術の伝承が危うくなってきたことが一因と言えよう。このため、若手技術者が現場で活用できる森林管理技術が必要となり、これに応えられる技術の集積、伝承が急務である。

4. まとめ

置戸試験林では、直径階別本数分配曲線が、片対数グラフ上でほぼ直線となる。このことより、直径階別本数の数式化が可能となり、この式より、以下のことが判明した。

① 1本の直線がある林分の蓄積を表すとなると、2本の直線に挟まれた区間は蓄積差を表すことになる。それゆえ、ある森林の回帰直線に対し、別の直

線を自由に選ぶことにより、直径階毎の伐採量が算出可能となり、机上でいろいろな伐採予選が可能なこと。

②森林を伐採した場合、期末にはどのような森林に回復しているかを予測するため、重回帰分析を行った。その結果、求めた重回帰式は極めて有効であること。

③置戸試験林では、ha当たり平均蓄積約300m³の林分で最大の伐採量があり、その伐採量は約80 m³であること。

④上記知見により、置戸試験林では、本数回帰直線を用いて、伐採予選、伐採後の森林の成長予測、最適な蓄積経理の予測が可能となり、照査法の3つ目的達成のためのシミュレートが可能となったこと。

⑤これら成果は、針葉樹林、広葉樹林、幼齢林、壮齢林を問わず殆どの天然林で導入の可能性が高いこと。

さらには、事例は少ないが、スイスの照査法林でも同様な本数回帰直線が得られ、この成果の普及は極めて大きいと考える。

謝辞

半世紀にわたり照査法を管理してこられた北海道有林課及び網走東部森づくりセンター（旧北見道有林管理センター、元北見林務署）の先輩、同僚、現職の技術者の皆さんに厚く感謝を申し上げます。

引用文献

- 青柳正英. 2001. 天然林施業と林分構造, *日本林学会北海道支部論文集* 49:142-144
- 青柳正英. 2004. 置戸照査法試験林に学ぶ, *日本林学会北海道支部論文集* 52:162
- 青柳正英. 2005. 照査法試験林の50年 (II), *日本林学会北海道支部論文集* 53:141-143
- 新谷剛・高橋雄太. 2005. 照査法試験林の50年 (I), *日本林学会北海道支部論文集* 53:138-139
- 沼田真偏. 1962. 生態学大系 第1巻植物生態学 (1), 古今書院, pp.209-213

- H・クヌッヒェル著 岡崎文彬訳. 1960a. 森林経営の計画と照査, 北海道造林振興協会, pp.171
- H・クヌッヒェル著 岡崎文彬訳. 1960b. 森林経営の計画と照査, 北海道造林振興協会, pp.224
- 北海道林務部. 1996. 一設定40年記念一置戸照査法試験林の成果報告 (第IV報), 北見道有林管理センター