

## 乱かい法による間伐試験

木梨, 謙吉  
九州大学農学部林学科 : 助教授

柴田, 英隆  
九州大学農学部附属演習林 : 事務官

<https://doi.org/10.15017/1456184>

---

出版情報 : 演習林研究経過報告. 昭和39年度, pp.2-19, 1965. 九州大学農学部附属演習林  
バージョン :  
権利関係 :

## 1 乱かい法による間伐試験

木 梨 謙 吉  
柴 田 英 隆

In a randomized block experiment, the experimental area or material is divided into a number of "blocks," of similar size, and equal in number to the number of replications decided for each treatment. Each block is selected so that it is as uniform as possible, and the treatments occur, in random order, once in each block.

Jeffers : Experimental Design and Analysis in Forest Research.

1.8頁より。

### 1. 諸 言

乱塊法実験においては、まず試験地または試験材料を、ほぼ同様のいくつかのブロックにわかれ、その数はそれぞれの繰返しの数と等しくする。各ブロックは出来るだけ均一になるようにし、どの処理も無作意に少なくとも1回は各ブロックにあらわれるようにする。

乱かい法は実験計画法のうちで、もつともありふれた、したがって常にいつでもどんな試験にも適用可能な筆法である。どの処理も各ブロックに1回は必ずあらわれるようにするのであるから、処理の繰返し回数とブロックの数とは等しくなる。原則としてブロックの効果と処理効果は加法性を持つと假定しているので、一つのブロックの中でたとえば2つの処理の差は、処理自体の差と、実験誤差の差だけとなり、同じブロックの差は0となる。各ブロックでそうなるから処理1の平均値と処理2の平均値の差において結局、ブロックの効果は完全に消去されて、処理効果の差と実験誤差の差の2つの成分からなり立つこととなる。(Cochran and Cox : Experimental Design) すなわち環境因子を消去させることが出来る。

### 2. 試験林の説明

九大粕屋演習林新建団地と新谷団地の境界が東西に走り、新建から新谷にこす径路がある。林小班は15と、163でヒノキの40年を少しこした林分である。土壌はB D(d)としてしめ

されるから比較的乾燥した南面の尾筋沿いで、これにそつて径路が東西に走る。ほぼこの小路に沿つて約400mの間に東の方から1, 2, 3, 4の4 block をそうてい(これは単に地域的に想定した)して、各ブロックに乱塊的に3 Plot (1 Plotは10m×10m)をおき、無作意に3つの処理がこの3 Plot にわりふられた。3つの処理というのは

処理1: 10m×10m Plot 残存立木20本となるよう弱度の間伐を行う

処理2: 10m×10m Plot 残存立木15本となるよう中度の間伐を行う

処理3: 10m×10m Plot 残存立木10本となるよう強度の間伐を行う

の三通りである。これを3 Level (水準)とよぶ。

通常この種の実験ではPlotの周囲は同じ処理のふちをつける。しかし此の場合は全体的に中度の間伐がなされている。

ブロックについては第1節の諸論でのべたように出来るだけ環境的に均一であつてほしいが、山林の実験は圃場や農場とは異なる。均一度も程度の問題である。第1図地形図でわかるように等高線から調べるとブロックは次第に高度が下るよう切られたことになる。たとえば

第1ブロック 480m ~ 500m

第2ブロック 460m ~ 480m

第3ブロック 440m ~ 460m

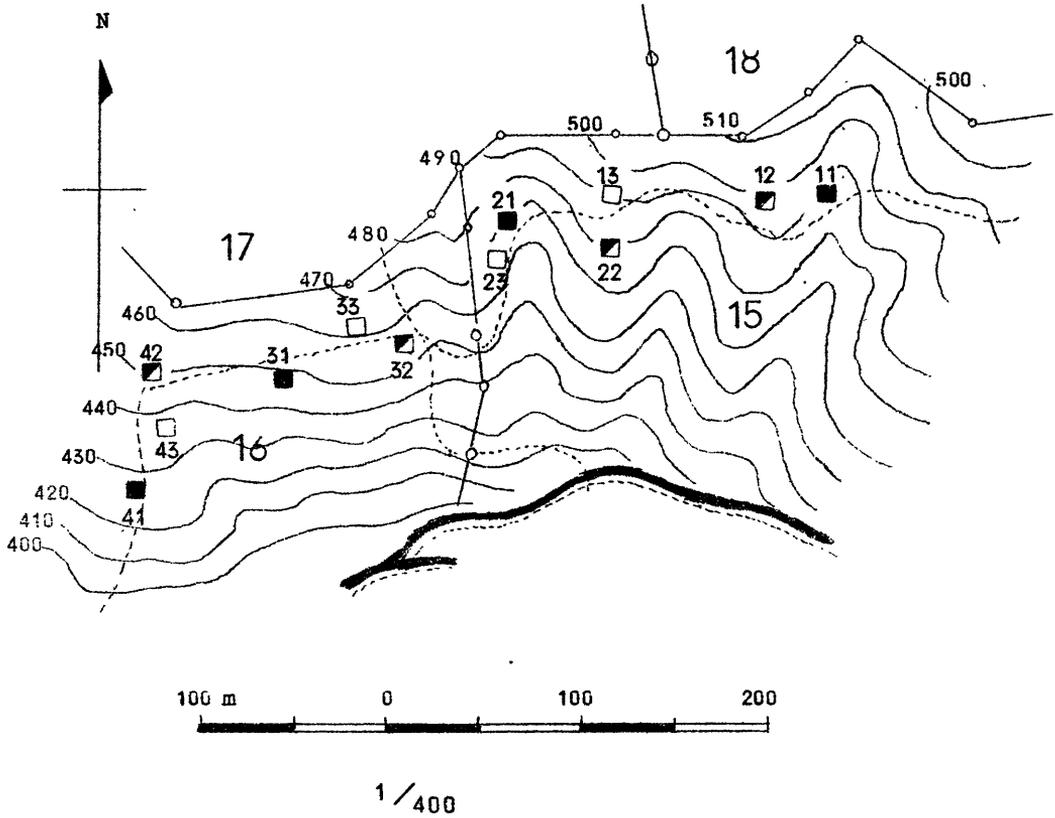
第4ブロック 420m ~ 440m

の範囲で東から100m区切り西に移動したブロックを形成し、その中に上記のプロットが無作意に配置された形となる。

このようにすれば、たとえ山の実験でもブロック、処理、実験誤差について分散分析を立派にやる事が出来る。

第 1 図

乱かい法 ( Randomized Block Design ) による間伐試験林



プロット番号：最初の数字はブロック番号，二番目の数字は立木度を示す。

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| 1      | 2      | 3      |
| ■ 立木度密 | ◐ 立木度中 | □ 立木度疎 |

九州大学粕屋演習林新建15と、163 林小班

(昭和・35年10月設定)

### 3. 測 定

さて、最初に言わねばならぬことが、あと廻しになつたが、そもそもこの試験自体の目的は何か。題意のごとく、間伐の試験である。間伐度によつて樹幹生長量がどの程度影響をうけるかについて明らかにすることを第1の目的とした。

プロット内から平均的な木4本を選んだ。測定部位を地上60cmと3m60cmの二ヶ所として白ペンキをぬり、毎年その上を直径巻尺で測定(mmまで)することとした。

幹材積はこの3m区間をスマリアン法(Smalian)によつて算出した。スマリアン法というのは両断面の平均に長さ乗じる。この場合は1/100 m<sup>3</sup>単位であらわした。

生長量は、材積の差を用いた。したがつて4本の測定木の成長量を出して合計したものを観測値として分散分析に用いている。

設定および測定は次の日付で実施した。

第1回 1960年10月20日設定 補助者(椎葉・北村)

間伐を全林分に対してその翌年6月実施、Plotについては指図通りの本数レベルに調整した。

第2回 1961年11月 3日, 12月7日測定(長・北村)

第3回 1962年 8月30日, 31日測定(佐々木・小原)

第4回 1963年 9月24日 測定(井原・木梨峯)

第5回 1964年 9月27日 測定(関屋・長・永松、石井)

なお昭和36年時森林調査簿を参考までに示すと次表のとおりである。

| 林 班 | 小 班 | 樹 種          | 面 積  | 林 令 | 樹 高 | 直 径 | 材積/ha | 生長量/ha |
|-----|-----|--------------|------|-----|-----|-----|-------|--------|
| 15  | と   | ヒノキ<br>広(マツ) | 3.78 | 41  | 12  | 12  | 215   | 5.93   |
| 16  | ろ   | ヒノキ<br>広(スギ) | 1.88 | 41  | 12  | 18  | 259   | 5.70   |

### 4. 各年度の観測値と分散分析

ここに記された観測値は各Plotあたり4本の測定木の設定時からの生長量(1/100 m<sup>3</sup>単位)の和である。一本の測定木については3mの区分の樹幹部についてのみである。

(第1表) 1961年の測定値と分散分析

| 処理<br>ブロック | 1    | 2    | 3    | 計     | 要因   | SS     | DF | MS     | F    |
|------------|------|------|------|-------|------|--------|----|--------|------|
| 1          | 1.71 | 2.39 | 2.28 | 6.38  | ブロック | 0.6605 | 3  | 0.2202 | 2.24 |
| 2          | 1.71 | 1.99 | 1.88 | 5.58  | 処 理  | 0.3511 | 2  | 0.1756 | 1.78 |
| 3          | 1.56 | 0.98 | 2.00 | 4.54  | 誤 差  | 0.5904 | 6  | 0.0984 |      |
| 4          | 1.41 | 1.60 | 1.88 | 4.89  | 計    | 1.6020 | 11 |        |      |
| 計          | 6.39 | 6.96 | 8.04 | 21.39 |      |        |    |        |      |

(第2表) 1962年の測定値と分散分析

| 処理<br>ブロック | 1    | 2     | 3     | 計     | 要因   | SS     | DF | MS     | F    |
|------------|------|-------|-------|-------|------|--------|----|--------|------|
| 1          | 2.36 | 3.20  | 3.46  | 9.02  | ブロック | 0.8124 | 3  | 0.2708 | 1.24 |
| 2          | 2.45 | 2.99  | 3.20  | 8.64  | 処 理  | 1.4155 | 2  | 0.7078 | 3.24 |
| 3          | 2.25 | 1.50  | 3.20  | 6.95  | 誤 差  | 1.3112 | 6  | 0.2185 |      |
| 4          | 2.33 | 3.10  | 2.88  | 8.31  | 計    | 3.5391 | 11 |        |      |
| 計          | 9.39 | 10.79 | 12.74 | 32.92 |      |        |    |        |      |

第1表, 第2表に示すとおり, 1961, 1962年すなわち設定後二年目までは, 分散分析において処理項は有意でない。まだ間伐の効果が生長量にあらわれていない。

(第3表) 1963年の測定値と分散分析

| 処理<br>ブロック | 1     | 2     | 3     | 計     | 要因   | SS      | DF | MS     | F     |
|------------|-------|-------|-------|-------|------|---------|----|--------|-------|
| 1          | 4.12  | 5.04  | 5.29  | 14.45 | ブロック | 5.2172  | 3  | 1.7391 | 2.76  |
| 2          | 4.42  | 5.60  | 7.52  | 17.54 | 処 理  | 9.6918  | 2  | 4.8459 | 7.70* |
| 3          | 3.79  | 2.85  | 5.82  | 12.44 | 誤 差  | 3.7754  | 6  | 0.6292 |       |
| 4          | 2.91  | 4.82  | 5.28  | 13.01 | 計    | 18.6844 | 11 |        |       |
| 計          | 15.24 | 18.29 | 23.91 | 57.44 |      |         |    |        |       |

(第4表) 1964年の測定値と分散分析

| 処理<br>ブロック | 1     | 2     | 3     | 計     | 要 因  | SS      | DF | MS      | F       |
|------------|-------|-------|-------|-------|------|---------|----|---------|---------|
| 1          | 4.48  | 7.20  | 8.12  | 19.80 | ブロック | 9.0790  | 3  | 3.0263  | 3.34    |
| 2          | 6.18  | 7.38  | 9.44  | 23.00 | 処 理  | 20.6135 | 2  | 10.3068 | 11.38** |
| 3          | 5.02  | 3.59  | 7.70  | 16.31 | 誤 差  | 5.4356  | 6  | 0.9059  |         |
| 4          | 4.08  | 5.94  | 7.15  | 17.17 | 計    | 35.1281 | 11 |         |         |
| 計          | 19.76 | 24.11 | 32.41 | 76.28 |      |         |    |         |         |

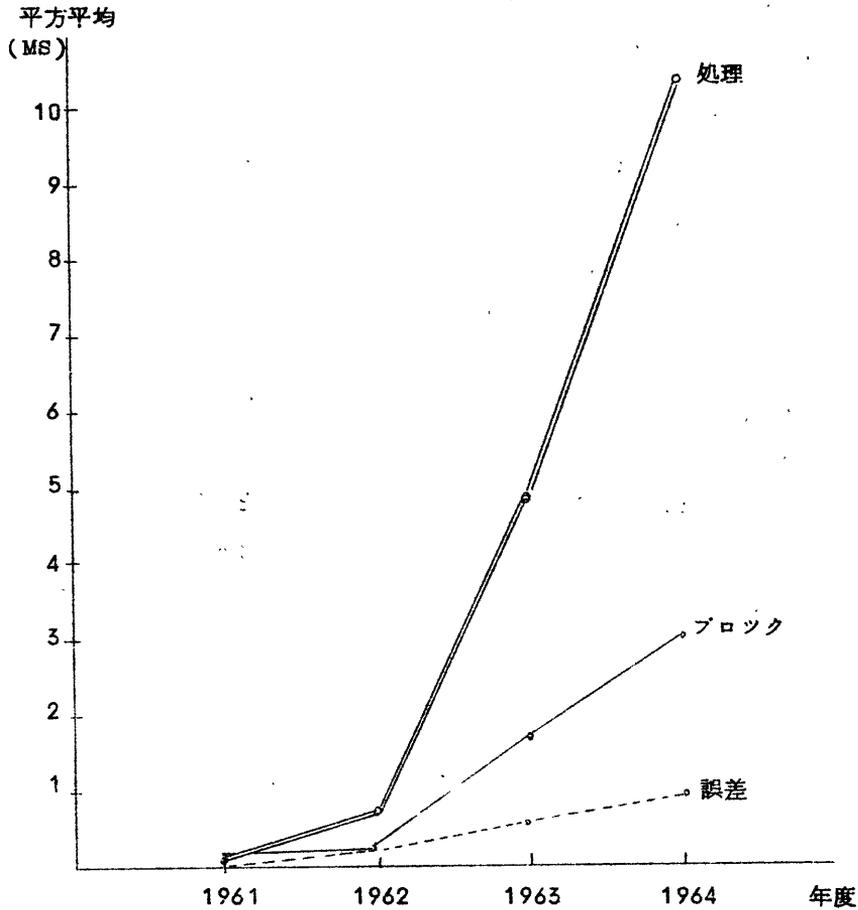
第3表, 第4表1963年, 1964年を見ると処理項は5%有意, 1%有意となり次第に間伐の効果が次第に著しく生長量に影響していることがわかる。

すなわち1961年, 1962年, 1963年, 1964年の測定値とその時点での分散分析の変化のうちブロックの効果はどの時点でも有意でなく, 処理の効果はその分散比F検定でしめすように下表のとおり次第にF(分散比)の値が高くなっている。

| 年 度  | Variance Ratio (F) |
|------|--------------------|
| 1961 | 1.78 not sig       |
| 1962 | 3.24 not sig       |
| 1963 | 7.70*              |
| 1964 | 11.38**            |

設定後二年目(1962年)までは, 間伐度による生長量は誤差のなかで秤量されるが, 三年目で5%の有意, 四年目で1%の(著しい)有意を示す。この事は第2図 でみると一層よくわかる場所である。

第2図 処理，ブロック，誤差平方平均 (MS) の年度別変化



### 5. 年度・間伐水準による生長量の分散分析

以上は年度毎に分散分析を実施したが、年度も1つの要因として、間伐水準、年度、ブロック別の表を作ると第5表となる。これについてまず分散分析第6表をしめすところと  
おりである。

第5表 間伐、年度 別生長量表 ( 1/100 m<sup>2</sup> )

| 間伐水準 | 年度   | Block |       |       |       | 計      |
|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
|      |      | 1     | 2     | 3     | 4     |        |
| 1    | 1961 | 1.71  | 1.71  | 1.56  | 1.41  | 6.39   |
|      | 1962 | 2.36  | 2.45  | 2.25  | 2.33  | 9.39   |
|      | 1963 | 4.12  | 4.42  | 3.79  | 2.91  | 15.24  |
|      | 1964 | 4.48  | 6.18  | 5.02  | 4.08  | 19.76  |
|      | 計    | 12.67 | 14.76 | 12.62 | 10.73 | 50.78  |
| 2    | 1961 | 2.39  | 1.99  | 0.98  | 1.60  | 6.96   |
|      | 1962 | 3.20  | 2.99  | 1.50  | 3.10  | 10.79  |
|      | 1963 | 5.04  | 5.60  | 2.83  | 4.82  | 18.29  |
|      | 1964 | 7.20  | 7.38  | 3.59  | 5.94  | 24.11  |
|      | 計    | 17.83 | 17.96 | 8.90  | 15.46 | 60.15  |
| 3    | 1961 | 2.28  | 1.88  | 2.00  | 1.88  | 8.04   |
|      | 1962 | 3.46  | 3.20  | 3.20  | 2.88  | 12.74  |
|      | 1963 | 5.29  | 7.52  | 5.82  | 5.28  | 23.91  |
|      | 1964 | 8.12  | 9.44  | 7.70  | 7.15  | 32.41  |
|      | 計    | 19.15 | 22.04 | 18.72 | 17.19 | 77.10  |
| 合 計  |      | 49.65 | 54.76 | 40.24 | 43.38 | 188.03 |

第6表 分散分析 ( Preliminary analysis )

| 要 因                 | SS       | DF | MS      | F          |
|---------------------|----------|----|---------|------------|
| Block               | 10.5034  | 3  | 3.5011  | 7.049 **   |
| 間 伐                 | 22.2467  | 2  | 11.1234 | 22.395 **  |
| 年 度                 | 151.7025 | 3  | 50.5675 | 101.807 ** |
| 交互作用<br>間伐 ×<br>年 度 | 9.8441   | 6  | 1.6407  | 3.303 *    |
| 誤 差                 | 16.3916  | 33 | 0.4967  |            |
| 合 計                 | 210.6883 | 47 |         |            |

ブロック効果、間伐（処理）効果、年度効果はそれぞれ著しく（1%）有意であり、間伐と年度の交互作用項は5%で有意である。

間伐2自由度、年度3自由度をそれぞれ一次、二次および三次に直交分解して間伐を $T_{(L)}$ 、 $T_{(Q)}$ 、年度を $Y_{(L)}$ 、 $Y_{(Q)}$ 、 $Y_{(C)}$ に分ちさらに間伐と年度の交互作用を $T_{(L)}Y_{(L)}$ 、 $T_{(L)}Y_{(Q)}$ 、 $T_{(L)}Y_{(C)}$ 、および $T_{(Q)}Y$ に分割して平方和を分解し、詳しい分散分析表第7表を作成するとつぎのとおりである。

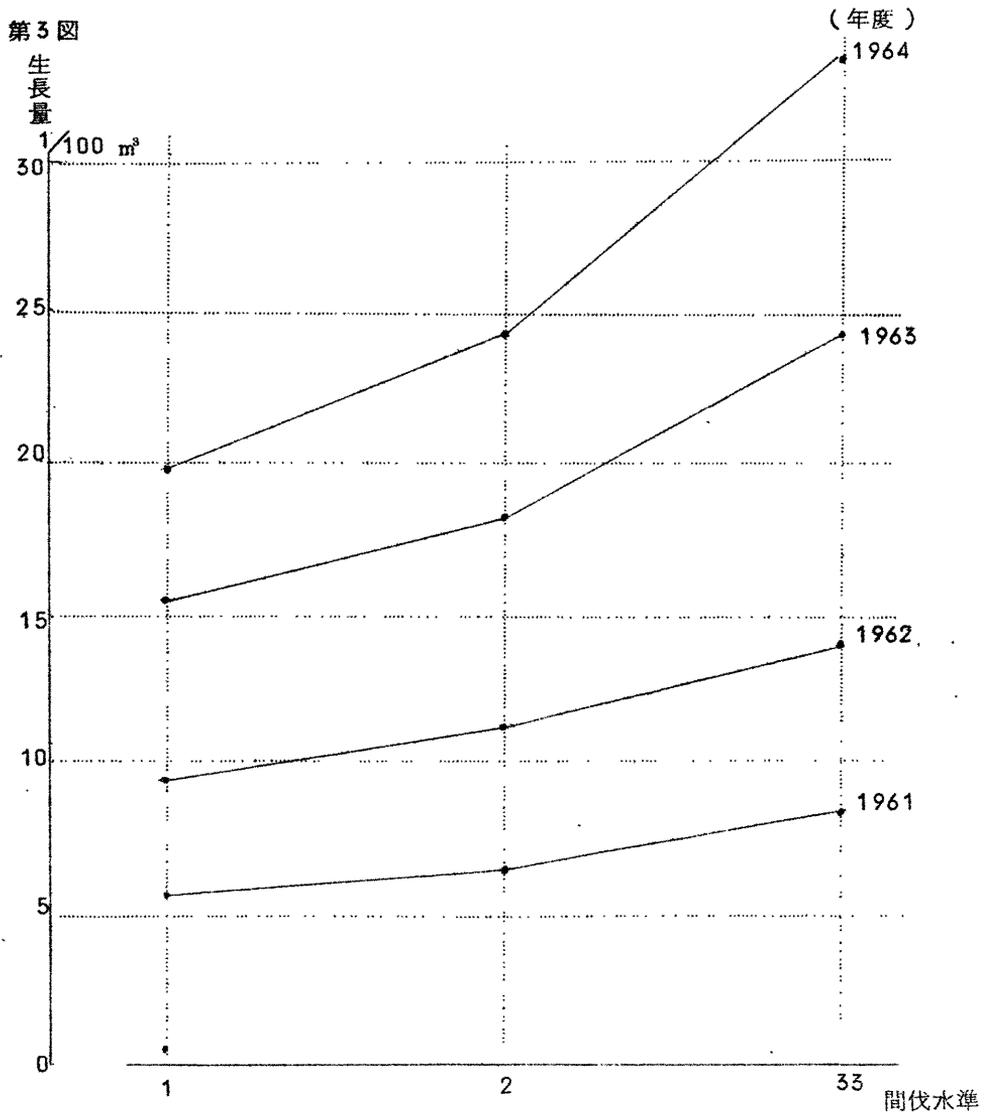
第7表 分散分析 ( Detailed analysis )

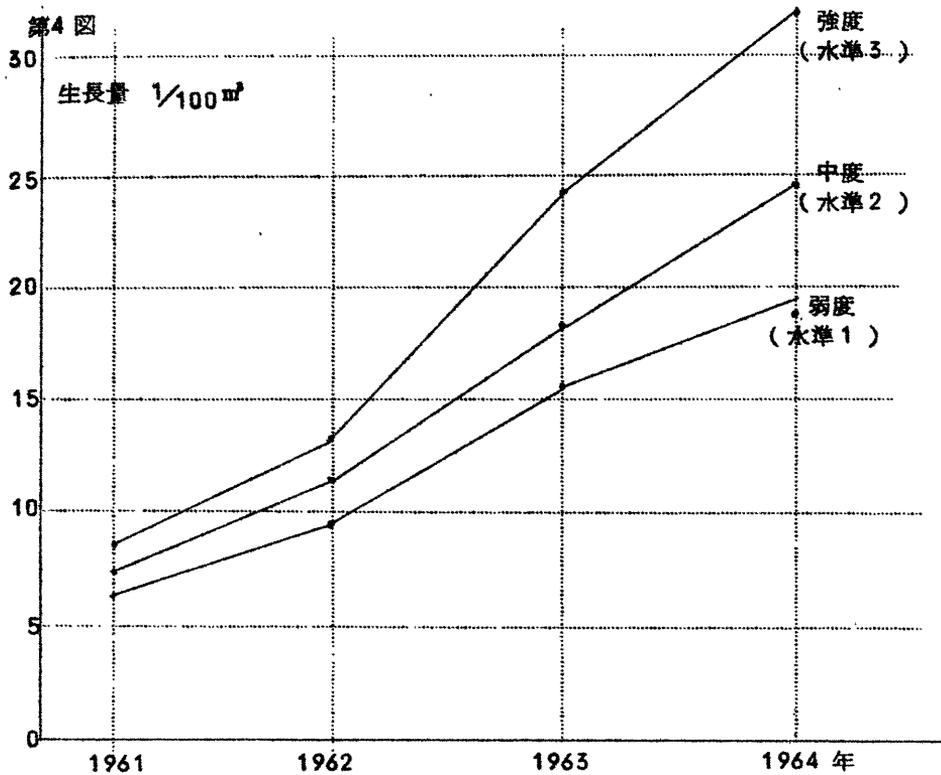
| 要 因              | SS       | DF | MS       | F             |
|------------------|----------|----|----------|---------------|
| Block            | 10.5034  | 3  | 3.5011   | 7.049 **      |
| Thinning         | 22.2467  | 2  | 11.1234  | 22.395 **     |
| $T_{(L)}$        | 21.6482  | 1  | 21.6482  | 43.584 **     |
| $T_{(Q)}$        | 0.5985   | 1  | 0.5985   | not sig       |
| Year             | 151.7025 | 3  | 50.5675  | 101.807 **    |
| $Y_{(L)}$        | 149.1369 | 1  | 149.1369 | 300.255 **    |
| $Y_{(Q)}$        | 1.1133   | 1  | 1.1133   | 2.241 not sig |
| $Y_{(C)}$        | 1.4524   | 1  | 1.4524   | 2.924 not sig |
| Interaction      | 9.8441   | 6  | 1.6407   | 3.303 *       |
| $T_{(L)}Y_{(L)}$ | 9.1776   | 1  | 9.1776   | 18.477 **     |
| $T_{(L)}Y_{(Q)}$ | 0.1625   | 1  | 0.1625   | not sig       |
| $T_{(L)}Y_{(C)}$ | 0.1538   | 1  | 0.1538   | not sig       |
| $T_{(Q)}Y$       | 0.3503   | 3  | 0.1168   | not sig       |
| Error            | 16.3916  | 33 | 0.4967   |               |
| Total            | 210.6883 | 47 |          |               |

これから明らかなように間伐の効果はこの実験の範囲では直線性をしめしている。年度の効果も同様直線的で二次、三次の項は有意でない。交互作用は直線と直線の交互作用項が著しく有意でその他の項は有意でない。またブロックも有意差をしめしている。第1、2ブロックが第3、4ブロックよりよい点について調査をしてみるつもりである。しかし一応ブロックの差は切り離して、処理の効果が、間伐水準に対して直線的であり、年度の効果もまた直線的であ

り、現在のところでは二次、三次の効果はないこと、そして交互作用は処理水準、年度の両直線関係の積として作用していることが、以上の分析を通して明らかである。第3、4図はその状態を図示したものである。

ついでに計算の細部をしめすと以下の通りであるが、第8表は交互作用の計算上必要な表である。





第8表

| 間伐水準 | 年 度   |       |       |       | 計      |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|
|      | 1961  | 1962  | 1963  | 1964  |        |
| 1    | 6.39  | 9.39  | 15.24 | 19.76 | 50.78  |
| 2    | 6.96  | 10.79 | 18.29 | 24.11 | 60.15  |
| 3    | 8.04  | 12.74 | 23.91 | 32.41 | 77.10  |
| 計    | 21.39 | 32.92 | 57.44 | 76.28 | 188.03 |

(計算)  $n = 3 \times 4 \times 4 = 48$

$$CT = \frac{(188.03)^2}{48} = \frac{35355.2809}{48} = 736.5684$$

$$\begin{aligned} \text{Total SS} &= (1.71)^2 + (2.36)^2 + \dots + (7.15)^2 - 736.5684 \\ &= 947.2567 - 736.5684 = 210.6883 \end{aligned}$$

$$\text{Block SS} = \frac{(49.65)^2 + (54.76)^2 + \dots + (43.38)^2}{12} - 736.5684$$

$$= \frac{8964.8621}{12} - 736.5684$$

$$= 747.0718 - 736.5684 = 10.5034$$

$$\text{Thinning SS} = \frac{(50.78)^2 + (60.15)^2 + (77.10)^2}{16} - 736.5684$$

$$= \frac{12141.0409}{16} - 736.5684$$

$$= 758.8151 - 736.5684 = 22.2467$$

$$\text{Year SS} = \frac{(21.39)^2 + (32.92)^2 + \dots + (76.28)^2}{12} - 736.5684$$

$$= \frac{10659.2505}{12} - 736.5684 = 888.2709 - 736.5684$$

$$= 151.7025$$

Interaction T x Y

$$= \frac{(6.39)^2 + (6.96)^2 + \dots + (32.41)^2}{4} - 736.5684 - \frac{22.2467}{151.7025}$$

$$= 920.3617 - 736.5684 - 22.2467 - 151.7025$$

$$= 9.8441$$

以上で第1次 ( Preliminary ) 分散分析をすなわち第6表が出来る。ついで各要因を直交分解するにはまず処理(T)を一次(L)と二次(Q)とにわかす

| 直交比較式      | 1961 | 1962 | 1963 | 1964  | 和     |
|------------|------|------|------|-------|-------|
| -1, 0, +1  | 1.65 | 3.35 | 8.67 | 12.65 | 26.32 |
| +1, -2, +1 | 0.51 | 0.55 | 2.57 | 3.95  | 7.58  |

$$\text{一次 } T_L = \frac{(26.32)^2}{(16)(2)} = \frac{692.7424}{32} = 21.6482^{**}$$

$$\text{二次 } T_Q = \frac{(7.58)^2}{(16)(6)} = \frac{57.4564}{96} = 0.5985 \quad \text{not sig}$$

小計 22.2467

この小計は前出の処理SS (第6表) と一致している。ついで交互作用の計算では、

$$T_{LY} = \frac{(1.65)^2 + (3.35)^2 + (8.67)^2 + (12.65)^2}{(4)(2)} - T_L = 31.1421 - 21.6482 = 9.4939^*$$

$$T_Q Y = \frac{(0.51)^2 + (0.55)^2 + (2.57)^2 + (3.95)^2}{(4)(6)} - T_Q = 0.9488 - 0.5985 = 0.3503$$

9.8442

ついで年度を一次、二次、三次に直交分解する

| 次 数                 | 1961  | 1962  | 1963  | 1964  | 比較式    |                |           |          |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------|-----------|----------|
|                     | 21.39 | 32.92 | 57.44 | 76.28 | C      | C <sup>2</sup> | Divisior  | SS       |
| Y <sub>L</sub> (一次) | -3    | -1    | +1    | +3    | 189.19 | 35792.8561     | 12×20=240 | 149.1369 |
| Y <sub>Q</sub> (二次) | +1    | -1    | -1    | +1    | 7.31   | 53.4361        | 12×4=48   | 1.1133   |
| Y <sub>C</sub> (三次) | -1    | +3    | -3    | +1    | -18.67 | 348.5689       | 12×20=240 | 1.4524   |
| 小計                  |       |       |       |       |        |                |           | 151.7026 |

小計は年度SSと一致している。

Interaction の計算ではまず比較式Cの値を計算して

$$T_L Y_L = (-3)(1.65) + (-1)(3.35) + (+1)(8.67) + (+3)(12.65) = 38.32$$

$$T_L Y_Q = 1.65 - 3.35 - 8.67 + 12.65 = 2.28$$

$$T_L Y_C = (-1)(1.65) + (+3)(3.35) + (-3)(8.67) + (+1)(12.65) = -4.96$$

それぞれの平方和が計算される。

$$T_L Y_L SS = \frac{(38.32)^2}{(4)(2)(20)} = \frac{1468.4224}{160} = 9.1776$$

$$T_L Y_Q SS = \frac{(2.28)^2}{(4)(2)(4)} = \frac{5.1984}{32} = 0.1625$$

$$T_L Y_C SS = \frac{(-4.96)^2}{(4)(2)(20)} = \frac{24.6016}{160} = 0.1538$$

小計 9.4939

これはT<sub>L</sub> Yと一致している。

詳細な分散分析は第7表のとおりとなる。

## 6. 生長量最大の水準の計算

間伐後4回目の測定値(4年間分とす)は1/100 m<sup>2</sup>で次のとおりである。

| Block | Treatment |         |         |
|-------|-----------|---------|---------|
|       | 1         | 2       | 3       |
| 1     | 1.0845    | 1.4340  | 3.2100  |
|       | 1.0980    | 2.8815  | 1.2870  |
|       | 1.9305    | 1.9950  | 1.7550  |
|       | 0.3705    | 0.8850  | 1.8660  |
| 2     | 1.2510    | 0.8415  | 1.3280  |
|       | 1.5660    | 3.2925  | 1.8705  |
|       | 1.9095    | 2.1030  | 3.7635  |
|       | 1.4505    | 1.1430  | 2.4780  |
| 3     | 1.9110    | 0.9390  | 3.2970  |
|       | 0.8175    | 0.9825  | 1.2420  |
|       | 0.7380    | 1.0620  | 1.1385  |
|       | 1.5555    | 0.5715  | 2.0175  |
| 4     | 0.6240    | 0.8235  | 1.4145  |
|       | 1.3875    | 1.5615  | 2.2035  |
|       | 1.0230    | 1.5225  | 1.5675  |
|       | 1.0485    | 2.0280  | 1.9620  |
| 計     | 19.7655   | 24.0960 | 32.4005 |
| 平均    | 1.2353    | 1.5060  | 2.0250  |
| 一年当り  | 0.3088    | 0.3765  | 0.5063  |

第5図は処理別にその分布と平均値をしめしてある。

処理1, 2, 3は1アール(10m×10m)あたりそれぞれ20, 15, 10本であるからこれをNとし, 一年当り1/100 m<sup>2</sup>単位の生長量をZ, 0.3088, 0.3765, 0.5063とすると

|   | (アール当)<br>N | (1/100 m <sup>2</sup> )<br>Z | CK      |
|---|-------------|------------------------------|---------|
| 1 | 20          | 0.3088                       | 21.3088 |
| 1 | 15          | 0.3765                       | 16.3765 |
| 1 | 10          | 0.5063                       | 11.5063 |
| 3 | 45          | 1.1916                       | 49.1916 |

これにもとづき最小二乗法をつきのようにおこなひ

|          | 1 | N   | Z       | CK       |
|----------|---|-----|---------|----------|
| 1        | 3 | 45  | 1.1916  | 49.1916  |
| N        |   | 725 | 16.8865 | 786.8865 |
| Z        |   |     | 0.4934  | 18.5715  |
| 15       |   | 50  | -0.9875 | 49.0125  |
| 0.3972   |   |     | 0.0201  | -0.9674  |
| -0.01975 |   |     | 0.0006  | 0.0006   |

本数と生長量の関係式を計算するとつきのようになる。Nは有意である。

$$Z = 0.6935 - 0.01975 N \quad (\text{第6図})$$

この式にNを乗じてNZをNについて微分して0とおくとNZが最大のときのNを求めることが出来る。

$$NZ = 0.6935 N - 0.01975 N^2$$

$$\frac{d(NZ)}{dN} = 0.6935 - 2 \times 0.01975 N = 0 \quad \text{として}$$

$$N = \frac{0.6935}{2 \times 0.01975} = 17.56$$

$$N = 17.56 \text{ を } Z \text{ 式の } N \text{ に代入して } Z = 0.34669$$

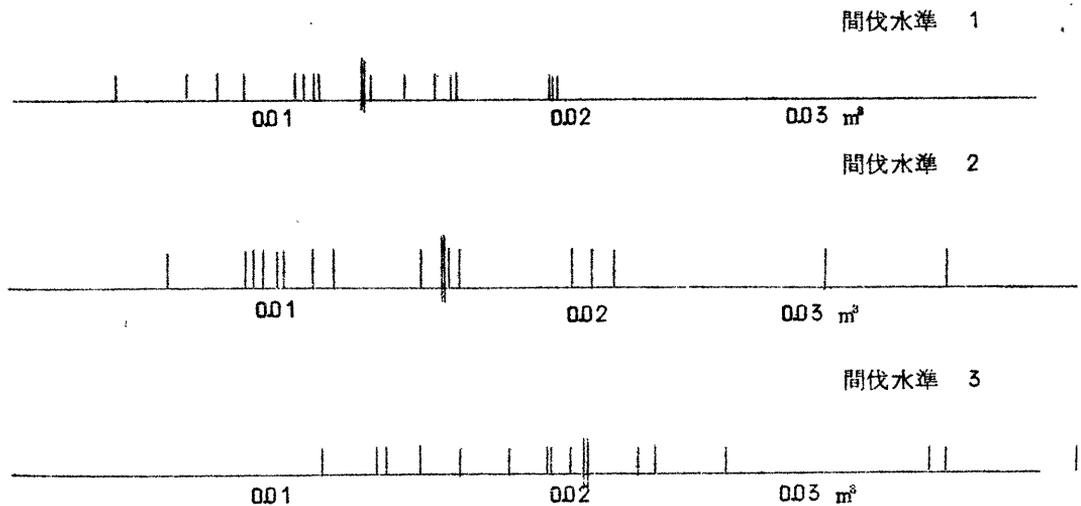
$$\text{さらに } NZ = 17.56 \times 0.34669 = 6.09$$

が一アール当り本数17.56のとき 生長量6.09 (1/100 m<sup>2</sup>)

あるいは1ha当り1756本の時 6.09 m<sup>2</sup> の生長量をもち最大となる。ちなみに

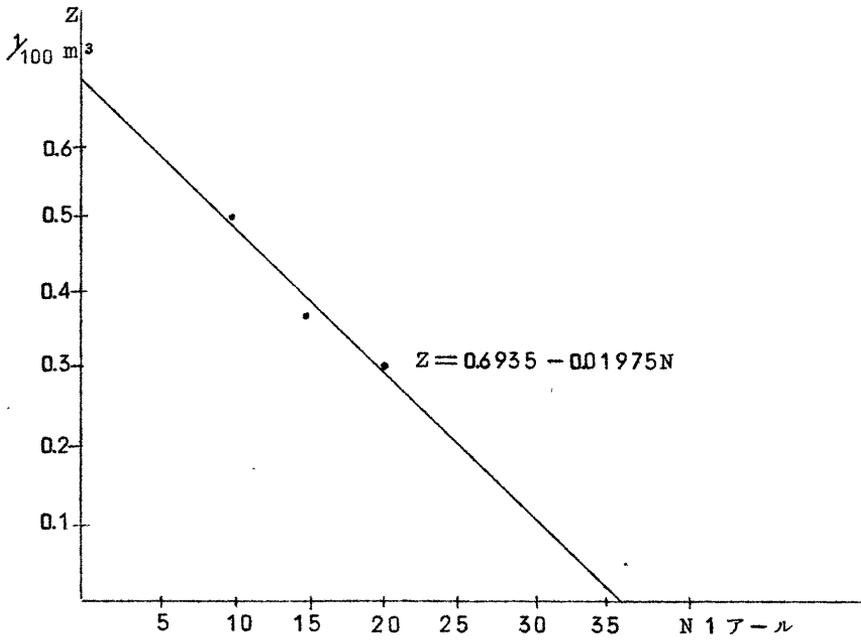
| ha 当 本 | 一年間生長量 $m^3$ | パーセント |
|--------|--------------|-------|
| 500    | 2.97         | 48.6  |
| 1000   | 4.96         | 81.4  |
| 1500   | 5.96         | 97.9  |
| 1756   | 6.09 (max)   | 100.0 |
| 2000   | 5.97         |       |
| 2500   | 4.99         |       |
| 3000   | 3.03         |       |

以上から40年生くらいのヒノキ林分ではここにしめした処理1と2の中間程度の本数のとき、林分としての樹幹の生長量が最大の点があり、その点より本数が多くても少くても、生長量は少くなるが、その減少の度はたとえばmax 6.09に対して1500本のとき97.9%、1000本のとき81.4%、500本とき48.6%となり(第8表)、ha 800本附近で約70%程度となる。間伐を実行するときの参考とすることが出来るであろう。

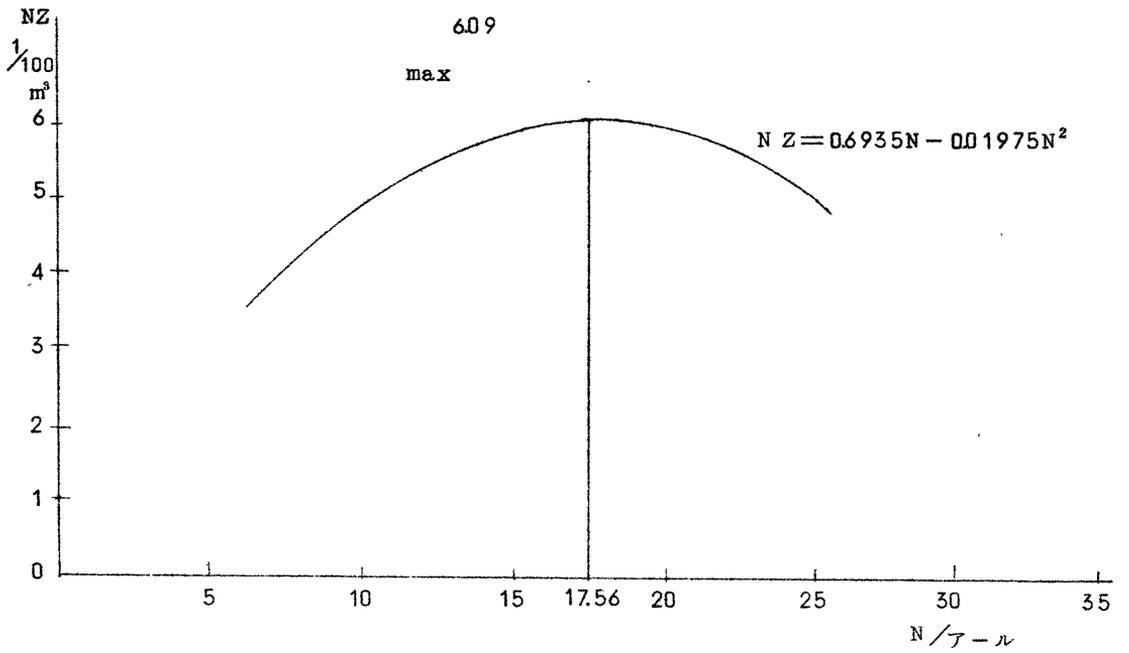


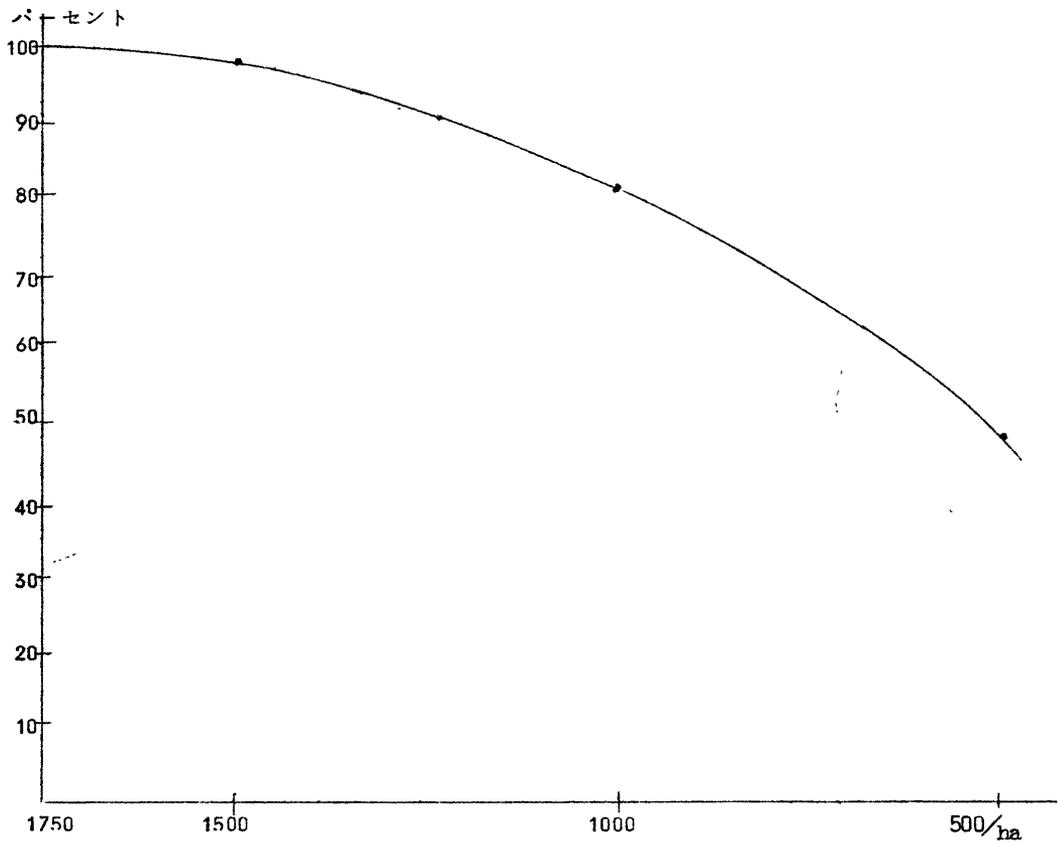
第5図 間伐後4年目の単木樹幹(基部3m)の材積生長量のちらばりと平均値

第6図



第7図





第8図 ha当1750本のときの生長量をmax (609 m<sup>3</sup>)としたときの本数減少による生長量の減少パーセント