

# ヒノキ人工林における再生産過程の検討 (Ⅲ)

## 大枝ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の 動態と分散構造

加 茂 皓 一・赤 井 龍 男

### Investigations on the Regeneration Process in *Chamaecyparis obtusa* Stands (Ⅲ)

#### Dynamics and Distributional Structures of Natural Hinoki Seedlings in Ooe Hinoki Stand

Kouichi KAMO and Tatsuo AKAI

### 目 次

要 旨	57	3. 稚樹の生存様式	
はじめに	58	4. 発芽床が稚樹の発生、生存に及ぼす 影響	
調査林分の概況	58	総合討論	65
調査方法	59	引用文献	67
結果と考察	59	Résumé	67
1. 種子の散布			
2. 稚樹の発生			

### 要 旨

京都府立大学大枝演習林内のヒノキ人工林で、ヒノキ種子の落下から、発芽、当年生稚樹の定着までの過程を個体数の変化や分散構造から、定量的に把握しようと試みた。

ヒノキ人工林内に 20m×20m の方形区を設置し、その中をさらに 1.25m×1.25m の小方形区に分けた。そして、1974年の春、方形区内のすべての当年生稚樹が、どの小方形区内に入るかを記録し、個体識別するとともに、各々の稚樹の発芽床のタイプを3種類に類型化して、発芽後およびその1年間の稚樹の動態や、分散構造などを調べた。また、1973年の秋から1974年の春まで、方形区内に設置した16個の種子トラップを用いて、種子の落下量の調査も行なった。

その結果、次のことがわかった。

1. 林内における種子の落下は、著しく集中的で、散布むらが見られた。
2. 発芽した稚樹は、集中分布しており(図4)、林内における稚樹の発生には、むらが大きかった。これは、種子の落下量の多いところでは、稚樹の発生も多いという現象(図5)を反映し、種子の落下が集中的であったことが強く影響している。そして、林内での発芽条件には、大きな片寄りはないと思われた。
3. 林内において、発芽後、すこぶる多数の稚樹が消失するものの、当年段階でも、ある一定以上の時間がたてば、死亡率は低下し個体数は比較的安定する(図6)。

4. 発芽から翌年の春までの稚樹の分布は、ずっと集中的で、その集中性は、発芽後2～3週間を除き、時間がたつにつれていっそう高まる(図7)。

5. 発芽後2～3週間の稚樹の死亡は、発芽床の種類にあまり関係なく(図10)、平面空間的にも、ランダムにおこっているようであった。

6. 発芽後2～3週間を過ぎると、稚樹の生存は発芽床のタイプによって特徴づけられ、藓苔地や鉱物質土壌の露われた箇所では、落葉層で覆われたところよりも、生存率はきわめて高まる(図10)。その結果、稚樹の分布は、林内でパッチ状にみられる藓苔地や鉱物質土壌の露出地に、局限される。

7. 当初、種子の落下量の多かった箇所では、発芽後おおよそ1年たっても、相対的に多くの稚樹が生存し、種子散布の集中性が、1年後の稚樹の分布をも、大局的には、決めているようであった。

## はじめに

近年英国の Harper<sup>1,2,3)</sup> らを中心に、植物の個体群動態に関する研究がさかんになってきた。しかし、その大部分は、草本植物に関するもので、林木を取り扱ったものは少なく、ある林において、種子が散布され、発芽し、稚樹が定着するまでの過程についての定量的なアプローチはとりわけ不足している。森林の再生産過程の中で隘路になっている更新の初期段階を量的に解明することは、天然更新や森林施業に合理的基礎を与える上で重要である。そこで、筆者は、愛知県の奥三河地方や京都近辺のヒノキ林で、ヒノキ天然生稚樹の動態を1973年以来調べているが、<sup>4,5,6,7)</sup>ここでは、京都市周辺の天然生アカマツが混交したヒノキ人工林におけるヒノキ天然生稚樹の更新過程の解析を試みた。<sup>8,9)</sup>

表日本のヒノキ林、特に天然生のアカマツが混交したヒノキ林では、林床に天然生のヒノキ稚樹をよくみかける。ところが、それらの林で、ヒノキ稚樹がどのようにして発生し、定着したかについては、不明な点が多い。京都府立大学大枝演習林のヒノキ人工林は、上層に天然生のアカマツがまざり、林床には、比較的多くのヒノキ稚樹が更新しているところがある。そこで、当林分における天然生ヒノキ稚樹の再生産過程を、種子の散布から当年生稚樹の成立までの初期過程に焦点をしぼり、明らかにしようとした。その際、稚樹が平面的にどのように分布しているかは、次代の森林の造成を天然下種更新によって期待しようとする場合、特に重要な意味合いを持つと<sup>10,11)</sup>思われるので、種子や稚樹の分散構造を中心に論議を進めた。<sup>12)</sup>

本研究を行なうにあたり、多大の便宜を与えられた京都府立大学農学部附属演習林、本城尚正博士に対してつつしんで感謝の意を表す。また、本論文をまとめるにあたり、適切な助言をいただいた京都府立大学農学部造林学研究室、斎藤秀樹博士に対し、また、調査に御協力いただいた京都大学農学部森林生態学研究室の大学院生諸氏に対して厚く御礼申し上げる。

## 調査地の概況

京都府立大学大枝演習林は、京都市の南西部老坂峠付近一帯に位置し、標高はおおよそ300mで、気候は概して温和である。母岩は秩父古生層に属する角岩、硬砂岩が多く、部分的に粘坂岩が入っている。調査地のヒノキ人工林は、傾斜約20°の東向き山腹面上に成立し、上層にはアカマツやコナラなどの広葉樹類が混交している。上層木の平均樹高は9.5m、胸高断面積合計は31.3m<sup>2</sup>/haで、その生育状態はあまり良くなく、蓄積も他のヒノキ人工林に比べて少ないようである。林冠は閉鎖し、林内の相対照度は2～3%で暗く、林床には、天然生ヒノキ稚樹と

ともに、シャシャヤンボ、ヒサカキ、タカノツメ、コバノミツバツツジ、ネジキ、サカキなどが生育している。地床は、これらの広葉樹類やヒノキ、アカマツの落葉で覆われているところが多く、鉱物質土壌の露われている箇所や、藓苔地は部分的で少ない。

## 調査方法

1973年に、ヒノキ人工林内に大きさが20m×20mの方形区を設置し、その中を、図1のように、さらに大きさが1.25m×1.25mの小方形区に256等分した。そして、おのおの小方形区内に入る上層木の本数と胸高直径、高さが50cm以上の下層低木の個体数を調べた。一方、種子の散布量の調査を、図1に示した部分に設置した0.4m×0.4mの正方形種子トラップを用いて、1973年の秋から翌年の春まで行

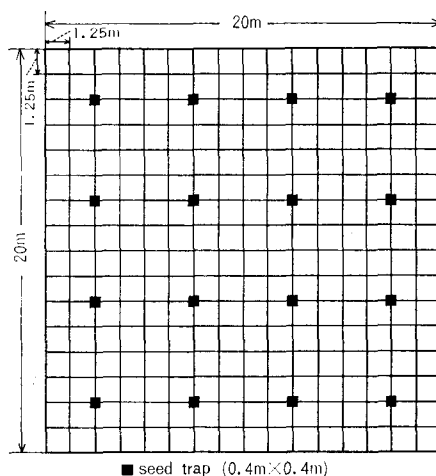


Fig. 1. Description of quadrat and location of seed traps.

なった。また、採集したヒノキ種子の発芽試験も行なった。1973年の春には、発生したヒノキ稚樹がどの小方形区に入るかを記録した後、すべての当年生稚樹を個体識別し、翌年の春まで、適当な間隔で個体数の変化を調べた。その際、各々の稚樹が発生している地床の状態を落葉層で被覆されているところ、鉱物質土壌の露われているところ（この中には薄くF、H層で覆われているところも含めた）、そして藓苔類が生えているところに分け、各個体がどの発芽床に属するかを記録した。また、各調査時には、稚樹の発育初期の稚樹高は測定誤差が大きいので、稚樹の発育状態をもっとも良く反映していると思われる葉の展開段数を基準に、各々の稚樹を、タネから幼根、胚軸のみを出しているもの、子葉を展開させているもの、初生葉をつけているもの、鱗片葉（成葉）の段階に達したものに分け、各個体の発育段階を記述した。

## 結果と考察

### 1. 種子の散布

調査林分内において、1973年秋から1974年春までの間に落下したヒノキ種子の散布様式を、16個の種子トラップについて、次の森下の $I_s$ 指数<sup>13)</sup>から調べた。

$$I_s = \frac{q \sum_{i=1}^q n_i (n_i - 1)}{N(N-1)}$$

ただし、 $q$ ：方形区数

$n_i$ ：第 $i$ ワクにおける個体数

$N$ ：総個体数

$I_s > 1$ ：集中分布

$I_s = 1$ ：ランダム分布

$I_s < 1$ ：一様分布

その結果、 $I_s$ 指数は1.43となり、1%水準で1よりも有意の差で大きいと判定された。それ故、当林分におけるヒノキ種子の散布は、この程度の広がりを考えると、強い集中性を示し、林

内での種子の散布に大きなむらがあるといえよう。ヒノキ人工林内で、種子の落下がどのような分布パターンを取るか調べられた例は多くない。尾方<sup>14)</sup>は、九州地方のヒノキ人工林内で、400 m<sup>2</sup>の方形区内に16個の種子トラップを設置し、種子の散布様式を調べた。それによれば、十分に閉鎖したヒノキ人工林内では、種子トラップ間の変動は比較的小さく、種子の落下はほぼ一様になるという。また斎藤（斎藤秀樹未発表）によれば、日野のヒノキ人工林内では、球果の落下は集中的な年もあるが、種子の落下は、球果の落下よりも、一様な傾向を示す。そして、赤井<sup>15)</sup>は、尾鷲地方のヒノキ人工林で、種子は、林内で、ほぼランダムに落下するだろうと述べている。このように、地形や上層林冠がほぼ均一なヒノキ人工林における種子の落下は、一様やランダムになる場合があると思われる。当林分では、植栽後の保育がほとんど行なわれておらず、上層木の分布は、種子トラップを設置した面積を単位とすれば、ほぼランダムで、上層の個体差は比較的大きく、上層林冠はやや不均一である。そこで、このような林内における上層木の占有空間のかたよりが、種子の散布むらの原因になっているかどうか調べた。種子の散布量と、種子トラップ周辺 25 m<sup>2</sup> 内の上層木の本数および胸高断面積合計との関係は、図2、3のようであった。図から認められるように、種子の散布量は、局部的な上層木の密度の多少や大きさにあまり影響

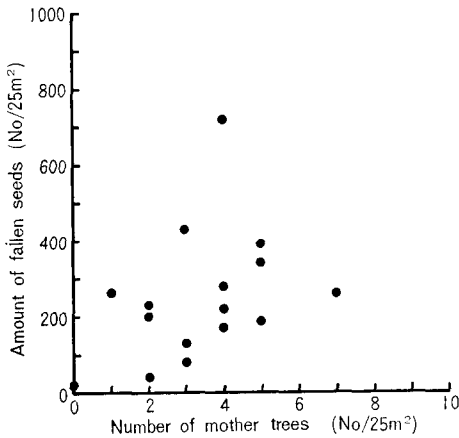


Fig. 2. Relation between amount of fallen seeds and number of mother trees in Ooe Hinoki stand.

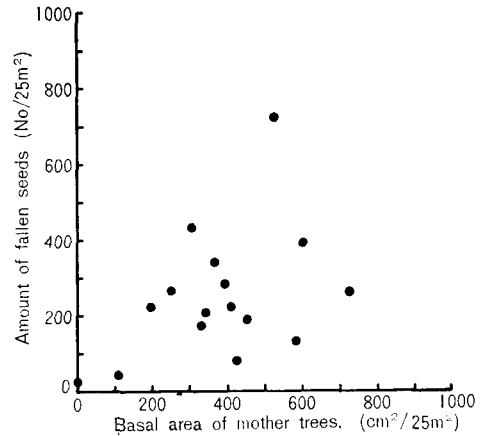


Fig. 3. Relation between amount of fallen seeds and basal area of mother trees.

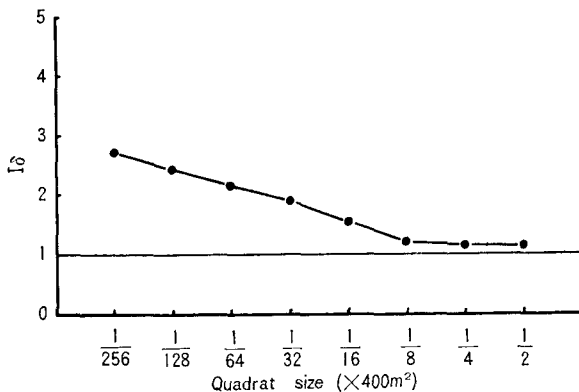


Fig. 4.  $I_0$ -Quadrat size relation for distribution of total germinant Hinoki seedlings in 1974.

されていないようで、この関係からだけでは、種子の散布が著しく集中的であったことは説明されない。そこで、ここでも、球果の場合と同じように、成り木、の存在によって、種子の分布が特徴づけられているのかもしれない。この点は今後調査を続けることにより明らかにしていきたい。

## 2. 稚樹の発生

発芽したヒノキ稚樹が、どのような分布様式を示すかを森下の  $I_0$  指数<sup>13)</sup>から調べた。図4は、方形区面積を順次

増していった場合の  $I_0$  指数を、この年に発芽した当年稚樹について、あらわしたものである。いずれの方形区でも、 $I_0$  は1より大きく、その値は、方形区面積が増すにつれて、しだいに1に近づく。そこで、これらの値が、1よりも有意の差で大きいかどうか検定したところ、いずれも1%水準で1よりも有意の差で大きいと判定された。森下によれば、図4のような  $I_0$  指数—方形区面積の関係を示す稚樹群は、ある集団をもつ集中分布をしていることになり、当林分では、発芽当初のヒノキ稚樹の分布には、大きなむらがあるといえよう。先に述べたように、林内での種子の落下は集中的様相を呈し、部分的に散布量の多いところと少ないところの差が著しい。そこで、このような林床における種子の分布の集中性が、稚樹の発生が集中的であることにかかわりを持っているかどうかを調べてみた。1973年の秋から1974年の春までに、16個のトラップによって採集された種子数と、1974年に、種子トラップ周辺 25m<sup>2</sup> 内に発生したヒノキ稚樹の総数との関係は、図5のようである。なお、種子数は 25m<sup>2</sup> あたりの値に換算してある。図から明らか

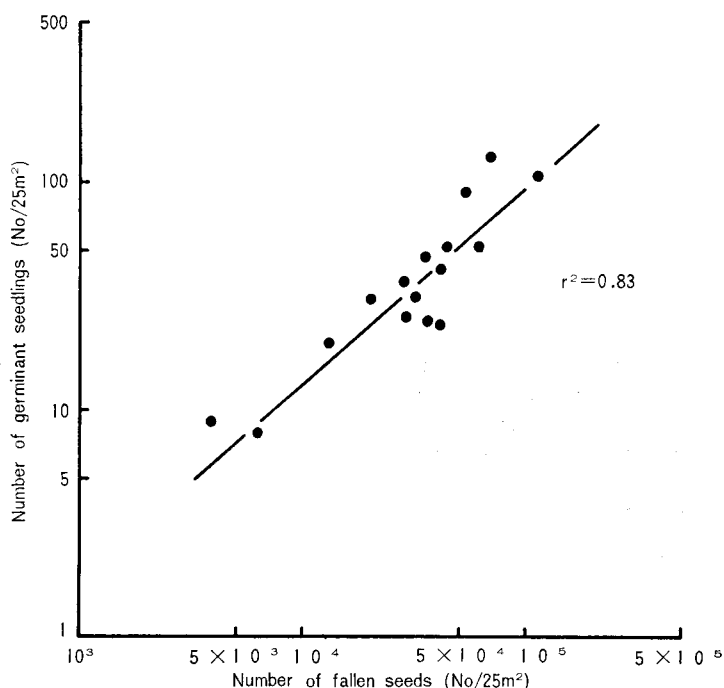


Fig. 5. Relation between number of fallen seeds and number of germinant seedlings.

なように、種子の散布数と稚樹の発生数との間には、きれいな正の相関関係が存在し、林内で、種子の散布量の多いところほど稚樹の発生も多い傾向が認められる。そして、種子の散布量が、稚樹の発生数の変動にどの程度寄与しているかを、寄与率 ( $r^2$ ) で評価してみると、両対数グラフの上ではあるが、種子の散布数の変動によって発芽数のバリエーションの実に82%が説明できることがわかる。このように、当林分内では、おおまかに 25m<sup>2</sup> 程度の広がりをもつ一つの単位に取れば、稚樹の発生は、主にそこへ散布される種子の多少によって決まっているようで、林内での発芽の条件には、それほど極端なむらはないといえそうである。以上の結果から、発芽したヒノキ稚樹の分布に集中性が認められたのは、種子の散布が集中的であったことが原因していることがわかる。

### 3. 稚樹の生存様式

ヒノキ稚樹が、発芽後、どのような減少経過をたどり、その分散構造がどう変化するかを調べ

た。

この年のヒノキ稚樹の発芽は4月末から始まり、5月10日までに当年生稚樹全体の80%が発芽しておえていた。そこで、ここでは、5月10日までに発芽した稚樹群を取り扱うことにしよう。

まず、発芽後おおよそ1年間のヒノキ稚樹の生存過程を検討してみた。図6は、発芽から翌年

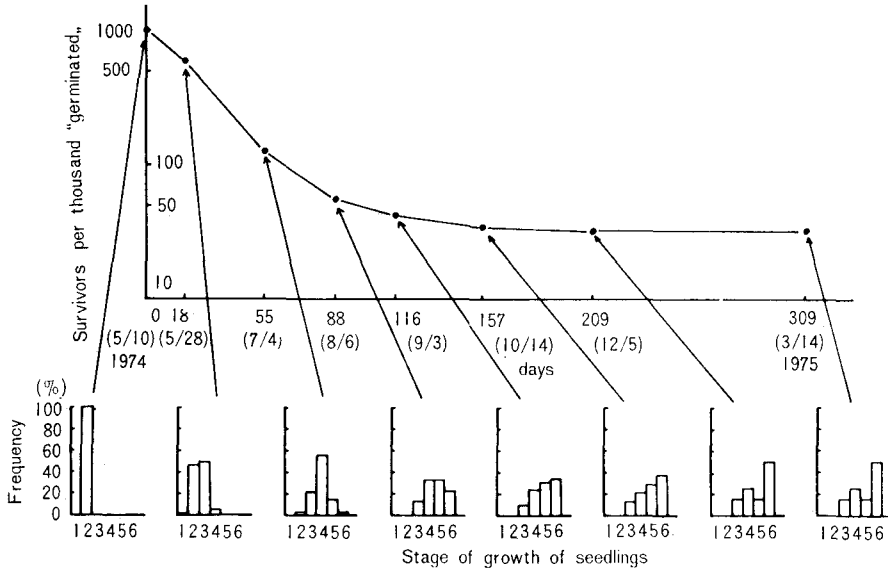


Fig. 6. Survivorship curve for current Hinoki seedlings and pattern of growth of seedlings.

The pattern of growth was indicated by the number and morphology of leaf.

- 1: seedlings that closed cotyledon.
- 2: seedlings developing cotyledon.
- 3: seedlings with 2-4 first leaves.
- 4: seedlings with 6-8 first leaves.
- 5: seedlings with 10-12 first leaves.
- 6: seedlings with scaly leaf.

春までのヒノキ当年生稚樹の生存曲線を描いたもので、図の下部には、各ステージでの稚樹の発育段階を、葉の展開段数を基準にあらわした。稚樹は、発芽後、著しく多く死亡するものの、ある程度時間がたてば、死亡率は低下して、個体数は比較的安定する。この変曲点は、この場合、図から認められるように、発芽後約80日を経過した8月の初旬と思われる。また、稚樹の発育経過をみても、7月の初旬では、まだ大部分の稚樹が、子葉や初生葉の段階にとどまっているが、8月に入ると、成葉を出すものが多くなり、稚樹の発育パターンと生存様式との間には、比較的密接な関係があるように思われる。以上のように、ヒノキ稚樹は、林内でも、発芽後ある一定以上の時間がたてば、その生存条件は一応安定するが、その間におびただしい数の稚樹が死亡していることが理解されよう。

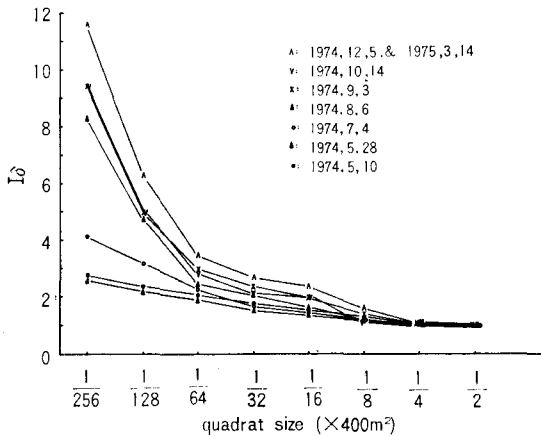


Fig. 7.  $I_0$ -Quadrat size relation for current Hinoki seedlings at various stage after germination, in 1974, 1975.

では、著しい個体数の減少に対応して、

ヒノキ稚樹の分散構造はどのように変化しているであろうか。このことを  $I_8$  指数から調べてみよう。図7は、方形区の面積を順次大きくしていった時の  $I_8$  指数を、稚樹の発育段階ごとにあらわしたものである。図から理解されるように、稚樹はいずれのステージでも、ある集団を持つ集中分布をしており、発芽後2～3週間は、その集中性はほとんど変化していないものの、それ以後になると、しだいに集中の程度が高まってくる。そこで、このような稚樹の集中分布が、どれぐらいの広がりを持った集団を単位として、おこっているかを解析してみた。

$I_8$  指数から集団の大きさを推定する場合、森下の方法が有用である。図8は、 $I_8(S)/I_8(2S)$

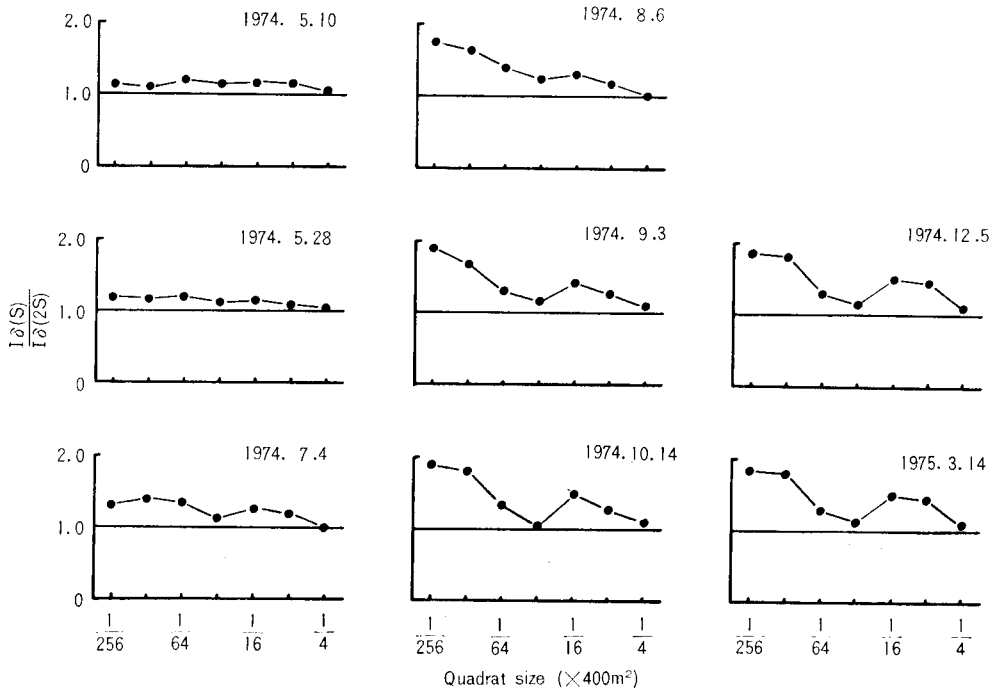


Fig. 8.  $I_8(S)/I_8(2S)$  curves for the current Hinoki seedlings indicated in Fig 7.

の値を方形区面積に対して目盛ったもので、折線のピークにあたる方形区の大きさが、平均的な集団の大きさを示す。 $I_8(2S)$  は面積 ( $S$ ) の2倍の面積での  $I_8$  である。発芽当初の5月10日や、発芽後まだ時間が経過していない5月28日の時点では、集団の所在はあまり明瞭でないものの、一応、大きさが約  $6\text{m}^2$  ほどの小集団が存在しているようである。それが、7月4日になると、約  $3\text{m}^2$  程度の幾分はっきりした形になり、同時に、大きさが約  $25\text{m}^2$  のより大きな集団の存在が浮び上がってくる。そして、8月6日を過ぎると、約  $3\text{m}^2$  の小集団は、さらに約  $1.5\text{m}^2$  以下の大きさに縮小し、より大きな約  $25\text{m}^2$  集団はそのままであるが、その存在はいっそう明確となる。このように、発芽後時間がたち、稚樹の個体数が減少してくるにつれて、当初、あまりはっきりしなかった小集団があらわれるとともに、その大きさは縮小化の傾向をたどりつつ、さらに大きな集団が顕在化してくるといえよう。このことは、稚樹が、発生後、しだいに林内である限られた箇所にしか生存できなくなると同時に、それらが集まって、より大きな集団が、形成され、維持されていると解釈される。

次に、発芽当初の稚樹の分布と、翌年の春まで生存していた稚樹の分布とが、どのような関係にあるか、それらの分布相関を森下の  $R_8^{17)}$  によって求めた。 $R_8$  指数は、平均密度や方形区数の多少に影響されず、通常、種間の関係をあらわすのに用いられており、次式で示される。

$$R\delta' = \frac{2 \sum_{i=1}^q n_{xi}n_{yi}}{(\delta_x + \delta_y)N_xN_y} - \frac{2}{(\delta_x + \delta_y)q}$$

ただし、 $n_{xi}$  :  $x$  グループの第  $i$  番目の方形区における個体数

$n_{yi}$  :  $y$  グループの第  $i$  番目の方形区における個体数

$N_x$  :  $x$  グループの総個体数

$N_y$  :  $y$  グループの総個体数

$\delta_x$  :  $x$  グループの  $\delta$

$\delta_y$  :  $y$  グループの  $\delta$

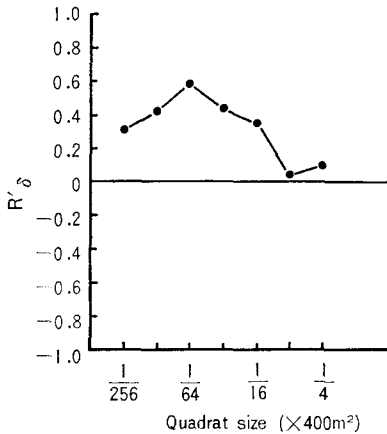


Fig. 9. Inter-group correlation between germinant seedlings and survivor in next spring, represented by  $R'\delta$ -Quadrat size curves.

$R'\delta > 0$  : 2つのグループはあいともなって分布

$R'\delta < 0$  : 2つのグループは排他的に分布

$R'\delta = 0$  : 2つのグループは無関係に分布

$R'\delta$  の値を方形区の大きさに対して目盛ると図9のようになった。図から明らかなように、 $R'\delta$  はすべての方形区で正となり、方形区が大きくなるにつれて、おおむね0に近づく。それ故、発芽当初の稚樹の分布と発芽後1生育期を過ぎた稚樹の分布とは比較的よく一致し、林内で多くの稚樹が発芽した箇所では、少ないところよりも、より多くの個体が生存しているといえよう。そして、このことから種子の散布の集中性に由来する発芽当初の稚樹の分布の集中性が、発芽後1生育期を過ぎても、稚樹の分布に影響していると考えられる。

#### 4. 発芽床が稚樹の発生、生存に及ぼす影響

種子が落下し、着床した地床の状態によって、その後の稚樹の発生、生存がどう影響されるかを調べた。

400m<sup>2</sup> 内に発生したすべてのヒノキ稚樹について、各々の発芽床を、広葉樹、マツ、ヒノキの落葉を主体とするL型、鉍物質土壌および薄いF、H層が存在するA型、そして、蘚苔地のM型に類型化し、発芽後1年近くのヒノキ稚樹の生存経過を、発芽床ごとに追跡した。その結果は図10に示したようである。各々の発芽床におけるヒノキ稚樹の発生数はL型で454個体、A型で247個体、M型で24個体であったが、比較を容易にするため、発生数は1,000個体にしてある。ここでは、各発芽床での発芽率は調べていないが、先に述べたように、林床の大部分は落葉層でおおわれており、残りは鉍物質土壌が露われ、蘚苔地はわずかである。したがって、種子が、これらの発芽床にランダムに散布されたとすると、発芽率は、L型の落葉層では、A型の鉍物質土壌や、H型の蘚苔地よりも著しく低下していることになる。一般に、ヒノキは、<sup>18,19)</sup> 鉍物質土壌や蘚苔地では、落葉層よりも発芽条件が良いことは、よく知られた事実である。したがって、この場合にも、落葉層では、他の2つの発芽床よりも発芽条件が悪いと考えてもよいだろう。

さて、図10から明らかなように、稚樹の生存は、蘚苔地でもっとも良く、鉍物質土壌がそれにつき、落葉層ではすこぶる悪い。この例からみるかぎりでは、落葉層で発芽したものは、定着できる可能性がほとんどないといってもいいすぎではないだろう。古くから、ヒノキ稚樹は、<sup>18),19)</sup> 蘚苔地や鉍物質土壌が露われた箇所でも良く更新するといわれており、実際に、種々のヒノキ林で、ヒノキ稚樹の更新状態を観察してみても、林内で蘚苔類に覆われた箇所や、部分的に鉍物質土壌が



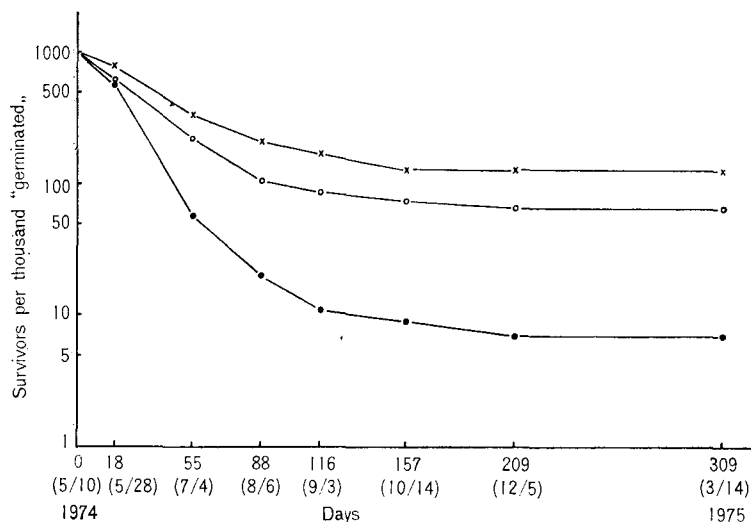


Fig. 10. Survivorship curve for current Hinoki seedlings germinated on various seed beds.

- × : moss
- : mineral soil
- : litter and duff

出ているところでは、多数のヒノキ稚樹がよく更新している場合が多い。したがって、ここで得られた結果は、これらの事実を定量的に裏付けるものといえよう。

ところで、稚樹が落葉層でせっかく発芽しても、その後、ほとんどの個体が失われるということに対して、稚樹の根が落葉内にとどまり、比較的水分条件の安定した鉱物質土壤に、なかなか達することができず、そのため、乾燥などによって枯死するという説明がなされてきた。事実、この場合でも、まだ子葉や初生葉をつけた段階の稚樹は、根の大部分が落葉層内にあることが多かった。したがって、多くの場合、落葉層内の水分条件が、この時期の稚樹の生存に決定的な影響を与えているのではないかと、想像される。ところが、図10から認められるように、発芽後2～3週間は、落葉層での稚樹の死亡率の落ち込みは、他の時期にくらべて大きくなく、その結果、各々の発芽床での生存曲線には、この時期には、それほど大きな違いはないといえよう。そして、発芽床による生存曲線の違いが顕著になるのはこの時期を過ぎてからである。このことは、稚樹自身の生存条件が、発芽後数週間とそれ以後とでは、異なることを示すものであろう。

## 総 合 討 論

ウツ閉したヒノキ人工林で、上層木によって林床に供給されたヒノキ種子が、発芽し、翌年の春まで生存する過程で、その個体数や分散構造の変化から、林内におけるヒノキ稚樹の更新の初期段階を定量的に把握しようと試みた。

当林分内では、1973年の秋から1974年にかけて、比較的多くのヒノキ種子が落下し、その結果、1974年の春には、林内で約230個体/100m<sup>2</sup>のヒノキ稚樹が発生した。ところが、発芽後時間がたつにつれて、その個体数はすこぶる減少し、1975年の春まで生存していたものは、わずか約9個体/100m<sup>2</sup>であった。

そこで、ここでは、まず、発芽直後のヒノキ稚樹の生存経過を詳しく検討することにしよう。林内で発生した稚樹の分布は、種子の散布のかたよりを反映して、集中的な傾向を示す(図4)。

そして、発芽後2～3週間はその集中性にほとんど変化が認められず(図7)、集中斑の形状もこの時期にはほとんど変わらない(図8)。これらのことは、稚樹の死亡が、局地的な発生数の多少にかかわりなく、ほぼランダムにおこり、ある箇所では、特に死亡率が高いが、他の場所では、低いといったことはないということを示していると思われる。ところで、林内で、林床の多くは、ヒノキや、アカマツ、広葉樹類などの落葉でおおわれ、鉱物質土壤の露われている箇所や藓苔地は少なく、それらの分布も不連続である。そして、このような地床条件の違いが、当年生稚樹の生存に多大な影響を与えることはすでに述べたとおりである。しかるに、この時期の発芽床ごとの死亡率をみると、他の時期にくらべて、特に落葉層での稚樹の死亡率が比較的<sup>9)</sup>低く、発芽床の違いによるヒノキ稚樹の死亡率の差異は大きくない(図10)。それ故、発芽後間もないこの時期に、ヒノキ稚樹が、林内でほぼランダムに死亡していたのは、稚樹の死亡が発芽床とはおおむね無関係におこっていたことから説明されるであろう。そこで、次に、その原因を考えてみることにしよう。発芽直後のまだ子葉だけを展開している稚樹は、ヒノキのような細粒種子でも、胚栄養に依存して生活していることが多く、個体はひ弱であるものの、物理的な環境条件の変動に左右されにくい側面があるのではなかろうか。これは、水分条件の不安定な落葉層<sup>9)</sup>での死亡率が、この時期には比較的少ないことから、ある程度うなずけよう。それ故、物理的な要因ももちろん考慮しなければならないが、それ以外の要因が稚樹の死亡に対して大きな役割をはたしていると想像される。この時期に死亡したもののうち、明らかに、昆虫類などによって胚軸を切断されたり、子葉を食害されたりしたものが、実際に認められただけでも、8%あったが、この時期を過ぎると、それが0.6%に減少したことから、林内では発芽直後に生物的な因子によって死亡するものが意外に多いのではないかと思われる。

次に、この時期を過ぎた稚樹の生存過程を調べてみることにする。稚樹の分布は、時間がたつにつれて、ますますその集中性を強めてくる(図7)。また、発芽当初の稚樹の分布と翌年の春まで生存していた稚樹の分布との相関をみると、両者はおおむね一致していることがわかる(図9)。これらのことから、稚樹の発生数の多かった箇所では、少なかったところよりも相対的に生存数が多く、このような生存条件の良いところで、稚樹が集中的に生き残ってきたのであろうと推察される。そこで、このプロセスをさらに詳しく検討することにする。発芽後数週間たつと、藓苔地や鉱物質土壤の露われている箇所<sup>9)</sup>で発生した稚樹の生存条件が、落葉層を発芽床としているものより、相対的に、目立って良くなり始める(図10)。それ故、稚樹の分布は、しだいに、林内でパッチ状に認められる鉱物質土壤や藓苔地に局限されていくであろう。このことは、発芽後認められたルーズな稚樹の小集団がしだいに明らかとなり、さらに、縮小化してゆくことから理解されるであろう。そして、小集団が縮小し、著しくなるのと平行して、より大きな集団があらわれてくる(図8)。これは、もし種子の散布が、この大集団に相当する面積を一つの単位として、集中的になされていたと考えると、その中で生存条件の比較的良好な鉱物質土壤や藓苔地で更新していたものが、小集団を形成し、大きな集団は、種子の散布量が特に多かった箇所をあらわしていることになろう。もしこれが事実であるとすれば小集団は、種子の散布量の多い箇所<sup>21)</sup>で多く、少なかったところでは<sup>21)</sup>少なくなり、その分布は当然集中的な傾向を示すはずである。そこで、小集団の分布様式を厳密の方法を用いて、解析したところ、小集団の存在が明瞭になる時期の小集団の分布は、いずれも集中的であることがわかった。したがって、当林分内において、ヒノキ稚樹は1生育期を過ぎると、その分布は、生存条件の比較的良好な鉱物質土壤の露出地や藓苔地におおむね局限され、集中的で不連続な分布を示すとともに、種子の散布が特に多かったところでは、それらの集中斑が多くみられる分散構造を取るといえそうである。

ところで、ヒノキ当年生稚樹と下層植生との分布相関を図9と同じ方法で求めてみたが、両者の間には弱い正の関数が存在し、下層植生の存在がヒノキ稚樹の発生や、当年段階の生存に対し

て障害になっているという結果は得られなかった。

したがって、当林分内におけるヒノキ当年生稚樹の更新条件は種子の散布量と更新面の状態に大きく依存していると思われる。

## 引用文献

- 1) HARPER, J. L.: A darwinian approach to plant ecology. *J. Ecol.* **55**, 247-270, (1967)
- 2) HARPER, J. L. and J. WHITE: The dynamics of plant populations. *Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Numbers popul.* 41-63, (1970)
- 3) HARPER, J. L. and J. WHITE: The demography of plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol. **5**, 419-463, (1974)
- 4) HETT, J. M.: A dynamic analysis of age in sugar maple seedlings. *Ecol.* **52**, 1071-1074, (1971)
- 5) HETT, J. M. and O. L. LOUCKS: Sugar maple (*Acer saccharum Marsh.*) seedling mortality. *J. Ecol.* **59**, 507-520, (1971)
- 6) WATERS, W. E.: The life table approach to analysis of insect impact. *J. Forest.* **67**, 300-304, (1969)
- 7) GOOD, N. F. and R. E. GOOD: Population dynamics of tree seedlings and saplings in a mature hardwood forest. *Bull. Torrey Bot. Club.* **99**, 172-178, (1972)
- 8) WEAVER, J. E. and F. E. CLEMENTS: *Plant ecology*, McGraw-Hill, (1938)
- 9) BAKER, F. S.: *Principles of silviculture*, McGraw-Hill, (1950)
- 10) 加茂皓一・赤井竜男: ヒノキ人工林における再生過程の検討 (I), 京大演報, **45**, 27-42, (1973)
- 11) 加茂皓一・赤井竜男: 段戸国有林内ヒノキ人工林の稚樹の成立状態 (III), 天然生ヒノキ稚樹の動態, 第87回日林講, (1976)
- 12) BONNEMANN, A. und E. RÖHRIG: *Waldbau auf ökologischer grundlage*, zweiter band, paul parey, (1972)
- 13) MORISITA, M.: Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci, Kyushu Univ., Ser. E. (Biol)* **2**, 215-235, (1959)
- 14) 尾方信夫ほか: 新しい天然更新技術, 創文, (1971)
- 15) 赤井竜男ほか: ヒノキ林その生態と天然更新, 地球社, (1974)
- 16) 斎藤秀樹: 森林のリターフォール量の推定に関する研究, 京大博論, (1972)
- 17) MORISITA, M.: Measuring of interspecific association and similarity between communities, *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol)*, **3**, 65-80, (1959)
- 18) 坂口勝美: ヒノキ育林学, 養賢堂, (1952)
- 19) 佐藤敬二: 日本のヒノキ (上), 全国林業改良普及協会, (1971)
- 20) KOZŁOWSKI, T. T.: *Growth and development of trees*, Vol. 1, Academic press, (1971)
- 21) IWAO, S.: Application of the  $m^*m$  method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrature size. *Res. Popul. Ecol.* **14**, 97-128, (1972)

## Résumé

1. This study was carried out for the purpose of making clear the initial stage of natural regeneration of Hinoki stand with particular emphasis on dynamics and distributional structures of Hinoki seeds and current seedlings.
2. The investigation was performed at the Hinoki plantation of the Ooe Experimental Forest Station of Kyoto Prefectural University, in Kyoto city.
3. A 20 m × 20 m quadrature was settled in the stand and the quadrature was divided into 1.25 m × 1.25 m subquadrature for elucidating the distributional patterns of Hinoki seedlings. 16 seed traps were set up in parallel within a quadrature (Fig 1). Seed crop estimation was carried out from autumn in 1973 to spring in 1974. All Hinoki seedlings germinating in 1974 were labeled with number tags. The location and the seedbed conditions of each seedlings were also recorded. And then, dynamics of seedlings numbers were pursued until next spring.

4. The dispersion of fallen seeds on the forest floor showed contagious distribution estimated from Morisita's index  $I_{\delta}$ .
5. The germinant seedlings were also contagiously distributed (Fig 4). The relationship between number of locally fallen seeds and number of germinant seedlings were found to be closely related (Fig 5). Therefore, the contagious distribution of the seedlings was reflected on that of fallen seeds, and, germination condition was not so locally bias on the forest floor.
6. First year's disappearance of Hinoki seedlings were enormous, particularly many seedlings were lost during the three months after germination (Fig 6).
7. The distributional patterns of current Hinoki seedlings were contagiously distributed with small clumps and large clump through the various stages and the degree of contagious distribution became stronger, as times went on, except a few weeks after germination (Fig 7).
8. Survival of the seedlings within a few weeks after germination was not so contagious rather random, and seedlings died almost regardless of their seed bed conditions (Fig 7 & 10).
9. After the weeks the seedlings became better survived on the seed bed such as moss and mineral soil than on the litter (Fig 10). Consequently, the seedling distribution was gradually limited on the such micro sites as moss and mineral soil distributing patchly on the forest floor.
10. Relatively many seedlings were found, next spring, on the forest floor, where the dispersion of fallen seeds were contagiously denser.