

針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデ樹冠下のトドマツの成長過程

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	石塚,森吉 金沢,洋一
発行元	日本林學會
巻/号	71巻7号
巻号補足	
掲載ページ	p. 281-287
発行年月	1989年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



短 報

針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデ樹冠下の
トドマツの成長過程

石塚 森吉*・金沢 洋一*

ISHIZUKA, Moriyoshi and KANAZAWA, Yoichi: Growth process of *Abies sachalinensis* under *Picea jezoensis*, *Tilia japonica*, and *Acer mono* in mixed coniferous-broadleaved forests of Hokkaido J. Jpn. For. Soc. 71: 281~287, 1989
The height growth process of *Abies sachalinensis* MAST. under *Picea jezoensis* CARR., *Tilia japonica* SIMONK., and *Acer mono* MAXIM. in a mixed coniferous-broadleaved forest in Hokkaido was surveyed and simulated using a simple model. The model describes this process as the growth response of *A. sachalinensis* to light conditions under the crowns of other species, which change with the crown development of a stand. The results of the simulation well-agree with the actual process in a stand whose early stages are first, the period before the upper story trees' heights reach 7~10 m and *A. sachalinensis* under their crowns cannot begin to grow because of the lack of light due to its low crown height, and second, when among the three species of the upper story, *A. sachalinensis* can grow most rapidly under the *T. japonica* crowns owing to the best light conditions enhanced mainly by the fast ascent of its own crown height. Some of the canopy-undergrowth relationships can be explained by similar processes described here.

I. はじめに

トドマツ (*Abies sachalinensis* MAST.) は北海道の針葉樹林や針広混交林の林内によく更新し、上層木の樹冠下に中・下層木が成立しやすい樹種である。そのために、上木となる樹種のちがいによる樹冠下のトドマツの成立状況のちがいが注目され、さまざまな天然林でその実態が報告されてきた(5, 10)。しかし、樹冠下における林木の成立に関する従来の研究は、上木と下木の関係を抽象的な種間関係としてとらえるにとどまるか、上木樹種のちがいによる下木の生育状態を比較する(11)程度で、群落の動態にむすびついた光環境の変化という観点から樹冠下における下木の成立・成長をとらえようとした例はほとんどなかった。

MONSI and OSHIMA (8) は草原と森林における2, 3の遷移過程を、その群落の成長経過とそれに伴って変化し続ける群落内の光条件との相互作用として解析した。彼らは孤立木の樹冠下と林冠の孔隙地における遷移過程を対象としているが、この発想は天然林の樹冠下における稚幼樹の成長過程を解析するにも有効であり、それによって天然林の実態解析から得られた静的な情報をより動的に理解することができると考えられる。

筆者らは札幌市定山溪の針広混交林で、上木のエゾマツ (*Picea jezoensis* CARR.)・シナノキ (*Tilia japonica* SIMONK.)・イタヤカエデ (*Acer mono* MAXIM.) とその樹冠下に成立したトドマツを樹幹解析し、上木の樹高成長に伴う樹冠下のトドマツの樹高成長の経過を調べた。そして、この成長経過を説明するために MONSI and OSHIMA (8) の遷移の解析方法を適用し、樹冠下におけるトドマツの樹高成長過程を、上木の成長とそれに伴って変化し続ける樹冠下の光条件に対するトドマツの成長反応として解析を試みたので報告する。

II. 研究方法

1. 針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデ上木とその樹冠下のトドマツの成長経過
針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデ上木とその樹冠下のトドマツの成長経過を、札幌市定山溪の針広混交林で伐倒した個体の樹幹解析によって調べた。資料を採取した林分は、標高約 500 m, 傾斜約 12° の北東斜面にあり、この林分に 50 m×50 m の調査プロットを設けてそのなかの林分構造、林分の発達過程を同時に調査した。その詳細は前報にある(2, 5)。この林分はエゾマツ・トドマツ・シナノキ・イタヤカエデを主とした針広混交林で、トドマツの

* 森林総合研究所北海道支所 Hokkaido Res. Center, For. and Forest Prod. Res. Inst., Sapporo 004

中・下層木がこれらの樹種の上層木の樹冠下によく成立している。樹冠下におけるトドマツの成立木の定義は、上木の樹冠投影面内にほぼ完全にトドマツの樹冠があり、両者の樹冠と根元位置の関係からトドマツが初めからその樹冠下で生育してきたと推定されるものとした。ここでは上木が孤立木状でなく閉鎖した状態での上木の成長を前提とした。したがって、上木については同世代の小集団が群状に発達し(2)、その周囲が大きな疎開を伴わずに成長してきたと推定されるものを解析の対象に選んだ。このような条件でエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデの樹冠下にトドマツが成立した組合せを、上木3種についてそれぞれ3例ずつ(合計9組合せ)選定し、上木と樹冠下のトドマツ両方を伐倒した。サンプルの選定基準は、各上木樹種について樹冠下のトドマツの樹高が高いほうから3番目までとした。ただし、一つの樹冠下にトドマツが2本以上成立する場合は最大樹高のもので代表させた。同時に、樹高・樹冠高(樹冠基底面の高さ)・根元位置から樹冠の4方向の水平距離を測定し樹冠投影図を作成した。伐採高は地上0.3mとし、樹幹解析用の円板をエゾマツは3.7m、シナノキ・イタヤカエデ・トドマツは2.0m間隔で採取した。

2. 上木の成長にともなう樹冠下のトドマツの成長シミュレーション

前述のとおり、ここでは上木が孤立木状でなく閉鎖した状態での上木の成長を前提とした。また、樹冠下におけるトドマツの成長は樹高成長のみを対象とし、次のような仮定をもとに樹冠下におけるトドマツの成長シミュレーションを行った。

- 1) トドマツの年樹高成長量は樹冠下の光条件によって決まる。
- 2) 樹冠下の光条件は上木の樹冠高あるいは樹冠径などの樹冠因子に依存する。
- 3) 上木の成長に伴って樹冠下の光条件に関係した樹冠因子は連続的に変化する。

上記のシミュレーションの基礎資料を得るために、トドマツ稚幼樹の樹高の年成長量と林内相対照度の関係、樹冠下の相対照度の調査を、札幌市羊ヶ丘の北海道農業試験場内椴山(標高約100m)と恵庭市ラルマナイ川上流金山沢(標高約500m)の針広混交林で行った。調査地の地形はほぼ平坦である。照度の測定(ミノルタデジタル照度計T-1Hを使用)は、椴山が1986年8月9日、金山沢が1987年8月16日のそれぞれ10~13時に行った。両日ともに曇天で、測定時の開放

地の全天照度は椴山が38~42 klx、金山沢が39~42 klxであった。

トドマツ稚幼樹の樹高成長量は、1生育期間前の樹高が0.3~1.5mの個体を対象に、直立した1年生幹の長さを70個体測定した。同時に、稚幼樹の直上部の照度を3点測定し、それぞれの相対照度の平均値を求めた。樹冠下の相対照度の測定は、周囲が閉鎖状態にあるさまざまな大きさ(中・下層木を含む)のエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデを調査対象とした。単木ごとの樹高と樹冠高を測定し、その樹冠投影面の中心部付近(以下、樹冠下とする)で、樹幹の影を避けた地上高1.3mでの水平照度を樹冠投影面の広さに応じて各個体ごと3~5カ所測定し、それぞれの相対照度の平均値を樹冠下の相対照度とした。

同様にシミュレーションのための上木の成長資料を得るために、前述の定山溪の調査プロットでエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデの上層木それぞれ2, 5, 2本を伐倒し、すでにトドマツの上木として伐採した前述のそれぞれ3本ずつとあわせて、エゾマツ5本、シナノキ8本、イタヤカエデ5本の樹高成長曲線を樹幹解析によりもとめた。さらに、調査プロット内とその周辺で上記3種の胸高直径5cm以上の個体を対象に、樹高、樹冠高を測定した。樹高、樹冠高の測定本数はエゾマツが55本、シナノキが68本、イタヤカエデ71本である。なお、樹高-樹冠高を樹冠長とした。

III. 結 果

1. 針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデ上木とその樹冠下のトドマツの成長経過

定山溪の針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデの樹高成長とその樹冠下のトドマツの樹高成長経過を調べた結果を図-1, 2, 3に示した。この結果は、地上0.3mの位置に上木が到達した時期とそこに樹冠下のトドマツが到達した時期の間におよそ40年から170年の遅れがあることを示している。後にシミュレーション結果と比較するためにその時間の遅れを各樹種についてみると、エゾマツの樹冠下でおよそ120年から170年、シナノキでおよそ40~80年、イタヤカエデでおよそ70~120年であった。調査例に限られるが、シナノキ樹冠下では樹高が0.3mに達する時期の遅れが他の2種の樹冠下に比べ短いとともに、その後の樹高成長が速い傾向がある。ただし、イタヤカエデ樹冠下の場合はまだトドマツの生育段階が若く、旺盛な樹高成長の開始時点に達していないよ

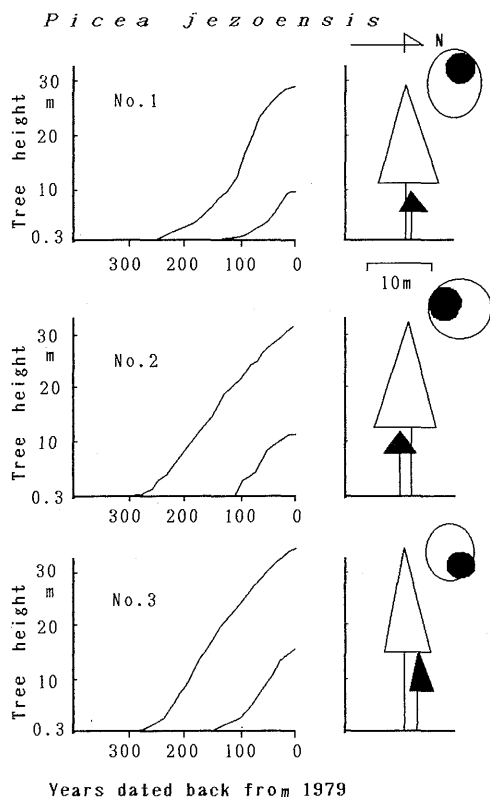


図-1. エゾマツ上木とその樹冠下に成立したトドマツの成長経過(左)とその成立状態および樹冠投影図(右)

Growing process of *A. sachalinensis* under *P. jezoensis* in a mixed coniferous-broadleaved forest
Left: Height growth histories of *P. jezoensis* in upper strata and *A. sachalinensis* under *P. jezoensis* crown. Right: Crown projections and their profiles.

うである。また、樹冠直下に近づいたトドマツの成長は減衰あるいは停滞する傾向が見られた(図-1, 2)。

2. 相対照度とトドマツ稚幼樹の年樹高成長量

図-4に林内におけるトドマツ稚幼樹の直上部の相対照度(以下単に相対照度とする)と樹高の当年成長量の関係を示した。相対照度が1%以下ではトドマツ稚幼樹にはほとんど樹高成長がみられず、相対照度1.5%以上から1cm以上の明らかな樹高成長量がみとめられ、やがて頭打ちになる傾向を示している。両者の関係を次式で近似した(図-4)。係数はMARQUARDT法(9)で求めた。

$$\Delta H = 53.22(1 - e^{-0.0937(RI - 1.14)}) \quad (1)$$

ただし、 ΔH は樹高成長量(cm)、 RI は相対照度(%)

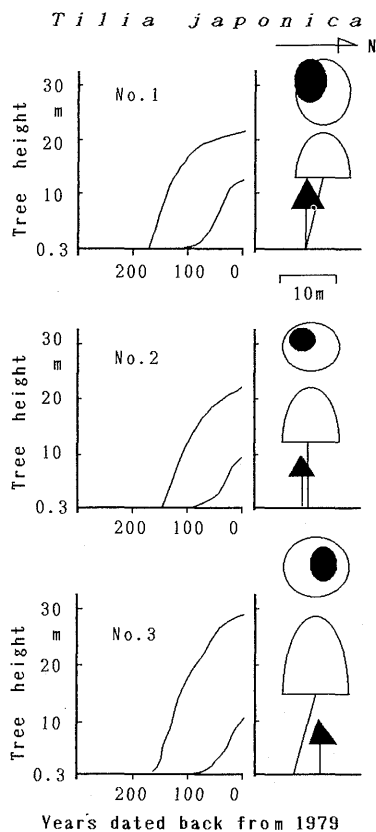


図-2. シナノキ上木とその樹冠下に成立したトドマツの成長経過(左)とその成立状態および樹冠投影図(右)

Growing process of *A. sachalinensis* under *T. japonica* in a mixed coniferous-broadleaved forest
Left: Height growth histories of *T. japonica* in upper strata and *A. sachalinensis* under *T. japonica* crown. Right: Crown projections and their profiles.

3. 樹冠下の相対照度

樹高・樹冠高と樹冠下の地上高1.3mの相対照度の関係を、樹種別に図-5に示した。この図には、さまざまな階層や林冠の発達段階にある樹冠が示されているにもかかわらず、3種ともに樹冠下の相対照度は樹冠高と高い線形の相関を示している。樹冠下の相対照度には葉層の深さ、樹冠径、周囲の林冠の状態などさまざまな要因が関与しているものと考えられるが、図-5の結果は樹冠下の相対照度が樹冠基底面からの距離に依存しているような傾向を示しているため、ここでは樹冠基底面からの距離(L_c)と樹冠下の相対照度(RI)との関係を樹種ごとに以下の回帰直線に近似した。

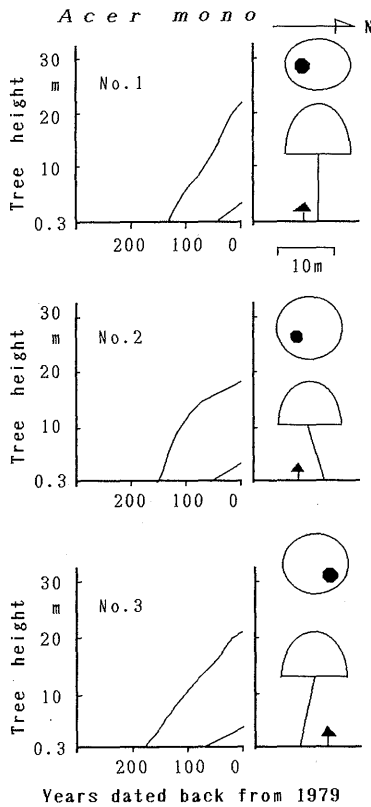


図-3. イタヤカエデ上木とその樹冠下に成立したトマツの成長経過(左)とその成立状態および樹冠投影図(右)

Growing process of *A. sachalinensis* under *A. mono* in a mixed coniferous-broadleaved forest

Left: Height growth histories of *A. mono* in upper strata and *A. sachalinensis* under *A. mono* crown. Right: Crown projections and their profiles.

エゾマツ *P. jezoensis* :

$$RI = 0.126L_c + 0.749, \quad r = 0.93^{**} \quad (2)$$

シナノキ *T. japonica* :

$$RI = 0.190L_c + 0.807, \quad r = 0.93^{**} \quad (3)$$

イタヤカエデ *A. mono* :

$$RI = 0.157L_c + 0.837, \quad r = 0.94^{**} \quad (4)$$

**1%レベルで有意

ただし、地表に近づくと、実際は低木や林床植生による庇陰の影響が関与するため、地上1.3m以下の相対照度は一定と仮定するほうがより現実的であろう。また、上記の回帰式は切片の値はほぼ同じであるが傾きが樹種間で異なっており、樹冠基底面からの距離が大きくなるほど、シナノキ>イタヤカエデ>エゾマツの順に樹冠下が明るくなることを示している。

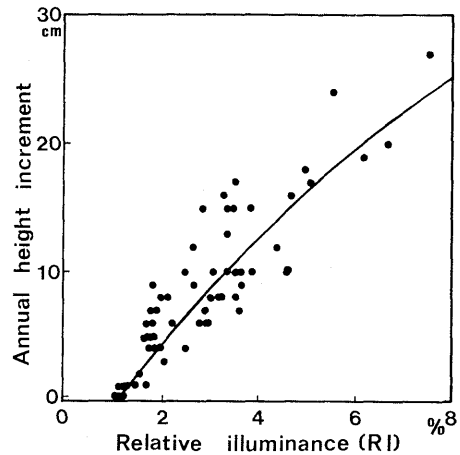


図-4. 林内におけるトマツ稚幼樹の直上部の相対照度と年樹高成長量の関係

Relationship between relative illuminance above *A. sachalinensis* seedlings and their annual height increment in mixed coniferous-broadleaved stands

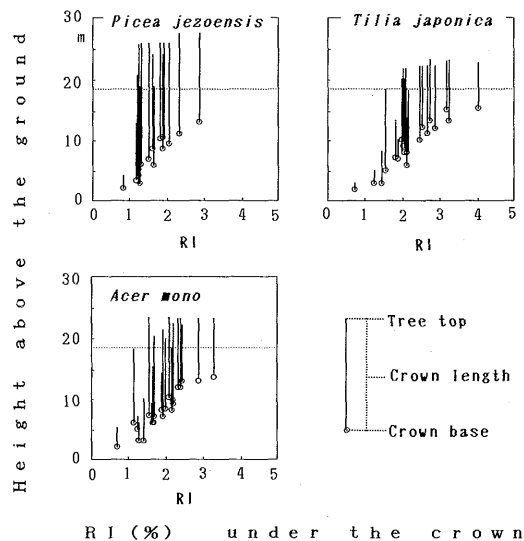


図-5. 針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデの樹高-樹冠高と樹冠下の相対照度(地上高1.3m)の関係

Relationships of relative illuminance (*RI*) under crowns (1.3 m above the ground) to tree height and crown height in mixed coniferous-broadleaved stands

点線は上層林冠を形成する上層木の下限樹高(18.0 m)を示す。Linear correlations are found between *RI* under crown and crown height. Dotted lines indicate the lowest tree height of the upper strata trees.

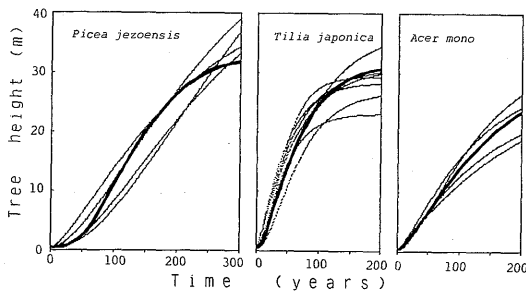


図-6. 針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデ上層木の樹高成長曲線

Height growth curves of *P. jezoensis*, *T. japonica*, and *A. mono* in a mixed coniferous-broadleaved stand

太線は図-8のシミュレーション例に使用した成長曲線
Function of curves is given by Eq. (5). Bold curves are used for the sample of simulation shown in Fig. 8.

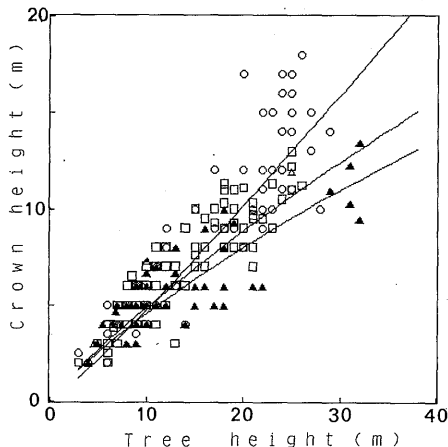


図-7. 針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデの樹高-樹冠高関係

Relationships between tree height and crown height in *P. jezoensis*, *T. japonica*, and *A. mono* in a mixed coniferous-broadleaved stand

曲線は(6)~(8)式による。

記号: ○, シナノキ; □, イタヤカエデ, ▲, エゾマツ。

Curves which approximate specific relationships between them are drawn by Eqs. (6)~(8).

Legend: ○, Tj; □, Am; ▲, Pj.

4. エゾマツ・シナノキ・イタヤカエデの樹高成長ならびに樹高-樹冠高関係

樹幹解析からもとめた樹高成長曲線を次の曲線式で近似した。係数は MARQUARDT 法 (9) によりもとめた。

$$H(m) = A(1 - e^{-k \cdot t})^{1/(1-m)} + 0.3 \quad (5)$$

ただし, H は樹高, t は年数, A, k, m は係数を示す。
上木 3 種の樹高成長曲線群を図-6 に示した。ただ

し, エゾマツは 300 年, シナノキとイタヤカエデは 200 年まで一部外挿して示した。各樹種は樹種ごとに特徴のある似た曲線群を描いており, それぞれの樹種がかなり一定のパターンをもつ樹高成長を行っていることを示している。

また, 対数変換した樹高 (H) と樹冠長 ($H - H_c$) の関係に最小自乗法を適用してべき乗式に当てはめ, 樹高 (H)-樹冠高 (H_c) 関係を次式で近似した (図-7)。

エゾマツ *P. jezoensis* :

$$H_c = H - 0.409H^{1.146} \quad (6)$$

シナノキ *T. japonica* :

$$H_c = H - 0.679H^{0.892} \quad (7)$$

イタヤカエデ *A. mono* :

$$H_c = H - 0.398H^{1.122} \quad (8)$$

樹高-樹冠高関係はばらつきが大きい上記の近似式は傾向線としては妥当なものであろう。

5. 上木の成長にともなう樹冠下の相対照度の変化とトドマツの樹高成長シミュレーション

以上の結果をもとに次のような仮定を設け, 上木の成長にともなう樹冠下のトドマツの樹高成長をシミュレートした。

- 1) トドマツの樹高成長量と相対照度の間に式 (1) の関係が成り立つ。
- 2) 樹冠下の相対照度と樹冠基底面からの距離の間には式 (2)~(4) の関係が成り立つ。ただし, 地上 1.3 m 以下の相対照度は一定とする。
- 3) 成長にともない上木の樹冠高が式 (6)~(8) の関係で上昇する。

上木の樹高成長に図-6 の曲線群を用い, それぞれについてシミュレーションを試行した。それぞれの関係から, 1 年ごとに①上木の樹高, ②上木の樹冠高, ③トドマツ稚幼樹と樹冠基底面の距離, ④樹冠下の相対照度, ⑤トドマツ稚幼樹の樹高成長量を算出した。トドマツの初期樹高を H_0 , i 年における樹高成長量を ΔH_i とすると t 年後のトドマツの樹高 H_t は次式で求められる。

$$H_t = H_0 + \sum_{i=1}^t \Delta H_i \quad (9)$$

ここでは, 樹高の初期値を上木 0.3 m, 樹冠下のトドマツを 0.0 m とした。樹冠下の相対照度が 1.14 % をこえ, トドマツの樹高成長量が 0 より大になる上木の樹高は, エゾマツで 10.4 m, シナノキで 6.9 m, イタヤカエデで 6.5 m と算出された。

上木 3 樹種の比較的平均的な樹高成長曲線 (図-6 に

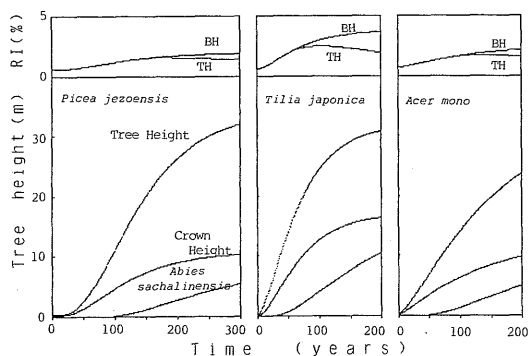


図-8. 上木の成長にともなう樹冠下の相対照度の変化(上)とトドマツの樹高成長(下)のシミュレーション例

A sample of simulations showing changes in relative illuminances (RIs) under the crown and height growth of *A. sachalinensis* under the growing crown of *P. jezoensis*, *T. japonica*, and *A. mono* in a mixed coniferous-broadleaved stand with the advance of growth of the upper tree story

BHは地上1.3m, THはトドマツ頂端部の相対照度を示す。BH: RI at a height of 1.3m, TH: RI at the top of *A. sachalinensis*. The simulation is based on a growth curve shown in Fig. 6.

太線で示す)を用いてトドマツの成長をシミュレートした例を図-8に示した。上木の樹高成長曲線に、エゾマツ5本、シナノキ8本、イタヤカエデ5本の資料でシミュレートした結果、樹冠下のトドマツの樹高が0.3mに達する(初期値0.0m)のは、上木の樹高成長開始後(初期値0.3m)、エゾマツで96~144年(平均118年)、シナノキで29~49年(平均37年)、イタヤカエデで58~78年(平均67年)であった。定山溪における実際例に比べると全体に10~40年早い。樹種間の差の傾向は同じである。また、樹冠下の相対照度はシナノキで最も高く、シナノキ樹冠下はエゾマツ・イタヤカエデに比べ急速に樹冠下の相対照度が高くなっている。したがって、トドマツの樹高成長はシナノキ樹冠下で最も速い結果が得られた。

IV. 考 察

シミュレーションの結果は、大筋において定山溪における樹幹解析の結果(図-1, 2, 3)とよく似た成長過程を示している。しかし、シミュレートしたトドマツは、樹高が2, 3mに達してからは定山溪の実際例に比べて樹高成長速度が下回っている。その原因の一つ

には、トドマツの樹高が2, 3mを超えると同じ相対照度に対する年樹高成長量が式(1)の関係よりも大きくなる可能性として考えられる。筆者らが広葉樹数種について林内の散光照度と年樹高成長量の関係を調べた結果(4)は、その可能性を示唆するものである。

仮定2)に関連して、金沢(6)は樹冠高が高くなるにつれて樹冠下が明るくなることをコンピュータ・シミュレーションで示している。また、菊沢ら(7)はヨーロッパトウヒ間伐林で相対照度の垂直分布を測定し、枝下直下に近づくにつれて相対照度が減少することを示している。定山溪の実際例でトドマツの樹高成長が樹冠直下で低下している(図-1, 2)のは、この仮定の成立を裏付けるものであろう。これらから類推しても、仮定2)は近似的には成り立つものと思われる。しかし、前述のとおり、実際の樹冠下の光条件には樹冠高の他に葉層の深さ、樹冠径、周囲の林冠の状態などさまざまな因子が関与しているものと考えられ、今後はそれらの要因を組み込んだ相対照度の立体分布モデルを検討する必要がある。また、シミュレーションでトドマツの樹高が0.3mに達する時期が、定山溪の実際例に比べて早いのは、このモデルに下層植生による林床の庇陰が考慮されていないことが原因の一つと考えられる。

仮定3)についても、個体のばらつきや周囲の密度が考慮されていないなど検討すべき問題点が残されている。しかし、樹種間の平均的な傾向を比較することは式(6)~(8)の近似で可能と思われる。樹冠高が樹高の成長にともなって連続的に上昇する点については、藤森(1)はスギ植栽木の枝の成長停止や枯死の高さが樹高の成長と相似的に上昇すると報告していることから、ここでの仮定も妥当と考えられる。

以上のように今回のシミュレーションに用いた測定資料やモデルの構成にはまだかなり補強しなくてはならない部分があるが、天然林の実態解析から得られているいくつかの現象をこの結果にもとづいて説明することができる。筆者らは、シナノキの樹冠下にはトドマツ稚幼樹の出現頻度が低い。樹高の高い中層木が成立し、逆にイタヤカエデの樹冠下には稚幼樹の出現頻度が高いが中層木の成立がシナノキ樹冠下に比べ少ないことを報告した(5)。これはシナノキの樹冠下には何らかの要因でトドマツの発生が少ないが、樹冠高の上昇が速く樹冠下が早くから明るくなるので、樹冠下に発生したわずかなトドマツが中層木へと発達することができるためと説明できる。イタヤカエデの場合は

その逆である。シナノキの樹冠下でトドマツの樹高成長が良好であるという事実はこの説明を裏付けるものであるし、イタヤカエデ樹冠下よりシナノキ樹冠下のほうがエゾマツ・トドマツの年輪成長が良好であるという報告もある(11)。

樹冠下における稚幼樹の成長を促す環境の形成には、上木の樹高の初期成長が速いこと、樹高成長に対する樹冠高の上昇が早いこと、同じ樹冠高に対して樹冠下が明るいことなどの条件が複合的に働くものと考えられる。陽樹はそれらの条件を多く満たしているために、下層に陰樹が成立しやすく遷移の条件が整うのであろう。上層木の発達(樹冠高の上昇)にともなって下層木が繁茂してくることは、経験的によく知られた現象である(7)。また、階層構造にも上層木の樹冠高と対応が見られる(3)など、樹冠高に関係した樹冠下の光環境が森林の立体的な構造や動態に及ぼす影響は大きいものと考えられる。

なお、調査に当り北海道営林局技術開発室ならびに旧・定山溪営林署(現・札幌林業技術センター)の関係諸氏の多大な協力を得た。ここに感謝する次第である。

引用文献

(1) 藤森隆郎：枝打ちの技術体系に関する研究。林試研

報 273：1～74, 1975

- (2) 石塚森吉：針広混交林の形成過程。天然林における樹群構造と更新の解析(第2報)。89～101, 北海道営林局, 札幌, 1981
- (3) ISHIZUKA, M.: Spatial pattern of trees and their crowns in natural mixed forests. Jpn. J. Ecol. 34: 421～430, 1984
- (4) 石塚森吉・菅原セツコ・金沢洋一：林内照度と広葉樹数種の伸長量。日林北支論 36：48～50, 1988
- (5) ————・—————：エゾマツ・トドマツ・シナノキ・イタヤカエデ混交林における林木と樹冠の空間配置。日林誌 71：127～136, 1989
- (6) 金沢洋一：熱帯地方の数種樹冠下の光環境。99 回日林論：415～416, 1988
- (7) 菊沢喜八郎・浅井達弘・水井憲雄：ヨーロッパトウヒ間伐試験林の林内照度。日林北支論 36：118～120, 1988
- (8) MONSI, M. and OSHIMA, Y.: A theoretical analysis of the succession process of plant community, based on the production of matter. Jpn. J. Bot. 15: 60～82, 1955
- (9) 中川 徹・小柳義夫：最小二乗法による実験データ解析。206 pp, 東大出版会, 東京, 1982
- (10) 中村和子・向出弘正・岸田昭雄：北海道の天然林の構造に関する研究(V) —上層樹種の組合せの違いと稚幼樹の分布—。日林北支論 36：60～62, 1988
- (11) 酒井寛一・千葉 茂：広葉樹の樹冠下の針葉樹の生育。天然林の生態遺伝と管理技術の研究。141～160, 北方林業会, 札幌, 1983

(1988年11月17日受理)