



“緑” その偉大なる力 “治山”

支所長 陶 山 正 憲

“緑資源”としての森林の有する偉大なる“治山機能”について、若干の力学的な検討を加えてみよう。

1. 四国における治山的森林施業の重要性

四国地域は三つの広域流域からなり、各広域流域に共通の自然条件は、概ね急峻な地形と脆弱な地質構造からなる高度に人工林化の進んだ気候温暖な地域として位置づけられている。その結果、いずれの広域流域に対しても、各種の自然災害回避のための“森林の山地災害防止機能の維持増進”の必要性が指摘されている。

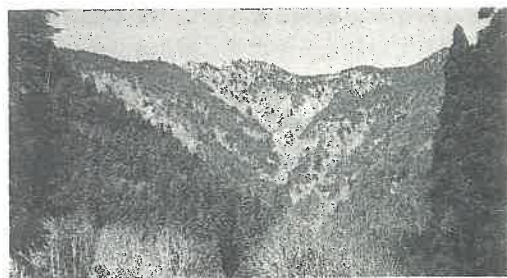
従来、森林と自然災害、特に山地崩壊・侵食現象との関係については、幾多の試験研究が行われ、種々の論争が展開されてきた。その結果、森林のもつ崩壊・侵食抑止力には、ある限界のあることが認められてきたが、現実の森林には未だその能力の限界に到達していないものが

多々あるのも事実であろう。そこで問題は、“現実の森林状態を改良して、森林として持ち得る最大の崩壊・侵食抑止力を発揮させるには、どうすればよいか”ということになる。

以上のように考えれば、四国全域に共通した今後の森林計画の方向は、治山的森林施業技術の推進であり、その強化方策として森林総研四国支所による森林の治山機能に関する研究の重点化が望まれる訳である。

2. 山地崩壊・侵食現象の力学的検討

山地の崩壊現象を、従来の見解に従って、“急斜面にある土砂・石礫が急速に崩落する現象”と定義すれば、崩壊現象は一般に“緩和現象”と考えられ、“崩壊ポテンシャル（潜在崩壊能） P が崩壊において緩和する”とみるのである。すなわち、ここに一つの斜面があると仮定して、これが岩盤の露出した斜面の場合には、



偉大なる力を発揮している森林
(魚梁瀬営林署・西又東又山)



治山機能を直接発揮する根系ネットワーク
(魚梁瀬営林署・千本山スギ天然林)



崩落土砂がほとんど無いわけであるから、 P はゼロに近い。しかしながら、地表面が風化し、土壌が形成され、その上に植生（森林）が繁茂すれば、崩壊可能な土壌層が次第に厚くなり、潜在崩壊能が漸次増加し、 P が漸増する。このように P が増加すれば、崩壊の確率もまた増加すると考えられる。斜面の P がある程度蓄積されると、遂に爆発的にそのエネルギーが放出される。これがすなわち斜面の崩壊で、この崩壊発生によって P は激減する。このようにして、斜面の P は最初のゼロに近い状態にもどり、再び前と同様の過程をたどることになる。このような過程が周期的に繰り返されれば、いわゆる“緩和振動”となる。崩壊現象においては、厳密な意味での周期は存在しないが、一つの山腹斜面が P を失ってから、再び限界 P を回復するまでの時間は、不完全ながら概ね数十年から数百年のオーダーの長周期的な現象であろう。

さて、崩壊の発生直後に取りべき措置は、まず急増する表面侵食に対する防止工事である。なぜならば、表面侵食は崩壊ポテンシャルとは反対方向の経過をたどるからである。すなわち、崩壊発生の直前までは植生（森林）の被覆によって安定していた斜面も、崩壊発生の直後には裸地の出現によって表面侵食が激増するが、再び植生の繁茂につれて侵食は漸減する。このような表面侵食の防止工事としては、従来から山腹治山緑化工として、有効な工種・工法が種々採用され、多くの実績があげられている。

3. 森林の斜面崩壊防止機能

“森林が斜面崩壊を防止しうるか”という問題については、従来種々の論議がなされている。まず、崩壊の有力な発生要因としては、地形、地質、植生と、誘因としての降水量が挙げられる。これらの諸因子の中で、森林（植生）が他の因子と同等に崩壊抑止の方向に作用する一つの因子であることには全く異論はない。しかしながら、森林の崩壊抑止機能には限界があるのも事実であり、他の諸因子の一つ、あるいはそれ以上が、崩壊を起す方向に作用する場合、“森林のみでこの作用を相殺するのは必ずしも可能ではない”と考えるのが妥当である。それにもかかわらず、人為的にコントロール可能な

要因としては森林しか考えられないので、その機能を活用するのが最も効果的であろう。

森林の崩壊抑止機能の発現に最もかかわりの深いのは樹木根系であり、そのかかわりの機構を解明するためには、まず根系強度を力学的に評価する必要がある。

4. 根系強度の力学的評価に対する検討

(1) 樹木根系の抗張力

樹木根系の引張強度については、従来いくつかの試験結果があるが、その結果の一例として、根系の直径（ D ）と最大引張力（ P ）との関係を樹種ごとに整理すると、両者はいずれも相関の高いべき乗回帰式で表されることが確認されている。一方、樹木根系の引張強度（ kg/cm^2 ）を樹種別に平均値で示すと、ニセアカシア：700、ハギ：600、ヤマザクラ：560、アカマツ：450、クロマツ：420、ブナ：420、等となり、樹種によって根系強度は異なる。

(2) 樹木根系の土壌緊縛力

樹木根系の伐根抵抗力とも言われ、立木や切株を斜面に平行に引き倒す力、あるいは鉛直方向に引き抜く力である。試験結果の一例として、地際（根株）直径（ d ）と最大引抜抵抗力（ p ）との関係を示すと、スギ： $p=132d$ 、ヒノキ： $p=5.43d^2$ 、テーダマツ： $p=9.64d^2$ となり、いずれも高い相関を示している。

(3) 樹木根系のせん断力増強作用

根系を含む土柱体と含まない土柱体のせん断強度を求め、その強度差で根系のせん断力増強作用を評価する方法である。土柱体のせん断試験結果の一例として、根系の容積重量（ R ）と土のせん断強度の増分（ S ）との関係を示すと、若齢のスギ： $S=32.2R$ 、若齢のグルチノーザハンノキ： $S=93(R-0.053)$ （遠藤泰造ら）、のようになる。結果として、土の粘着力は根量に比例して増加し、土のせん断強度は内部摩擦力と粘着力との和であるので、土のせん断強度は根量に比例して増加することがわかる。

以上、要するに、緑資源の偉大なる治山機能の実用的な評価には、まず樹木根系による斜面安定化の機作を力学的に精度よく解明することが肝要であり、これが現在求められている緊急かつ重要な研究テーマの一つになっている。

民有林における 省力育林施業の事例 — 山本森林(株)の育林技術 —

造林研究室 竹内郁雄・川崎達郎
森 茂太

林業経営は、外材との競争や代替材の進出による木材価格の低迷、労務費の上昇で厳しい現状にある。このような状況のもとでは、道路網の整備、機械化等による作業の高能率化、育林施業の省力化といった林業のコストダウンが必要不可欠である。

高知県長岡郡大豊町の山本森林株式会社では、林業の生産コストを低下させるため、苗木生産から育林、素材生産まで独創的な技術が創案、実践されている。ここでは再造林における育林施業で、最も労働力と経費を必要とする下刈りの省力化と、それによって造成された林分概況を紹介する。

1. ポット育苗と伐採方法

苗木は自家製のポット苗である。ポット苗は1㎡当たり約90本の密仕立てで養育するため樹冠幅が小さく、山出し苗は下刈りを省略するため3年生で苗高が0.8m前後の「ひょろ高苗」である。この苗は、1日に一人300本程度植栽でき、根が十分発達しているため、活着率は100%に近い。

前生樹のスギやヒノキの伐採は、伐採跡地の雑草木成長を抑制する目的で、以下の2種類の林地の光環境を制限する方法で行われている。

二段林型：二段林の造成と同様に本数で50%前後を伐採した後下木を植栽するが、残存木は巢状に配置する。

帯状型：前生樹がヒノキ林の場合、日照を抑制するため帯状に伐採する。帯幅は斜面方位によって調節し、北向き斜面や西向き斜面の林地では樹高と同じ程度である。帯方向は、伐採木の架線搬出に都合のよい斜面方向である。

2. 二段林型での省力林分

調査林分は、上木を61年生時に間伐し、下木にスギ、ヒノキを水平方向に3本ごと交互に6000本/ha植栽した林分である。下木植栽後は、7年生になるまでまったく下刈りを行っていない。この林分の海拔高は560m、方位はN18W、傾斜は25°、土壌型はB_D型である。

上木はヒノキが主で、僅かにスギが混交し、ヒノキとスギを合わせた密度は219本/haである。67年生ヒノキの平均樹高は22.5m、平均枝下高は11.9mである。下木上部の相対照度は、下木が7年生時(8月)の1週間の平均値が $50.3 \pm 5.3\%$ であった。上木は数本~10本の巢状に残っていたが、枝下高が高かったので相対照度のばらつきは比較的小さい。

この林分では、下木植栽後まったく下刈りが行われていないので、植栽木は他の植生により被圧され、枯死あるいは成長の抑制、側圧による曲がり、ツル類による被害等が心配される。

7年生の時点で植栽間隔からみて枯死したと推定された下木本数は、スギでは60本の調査木中4本、ヒノキでは59本中4本で、その本数割合は両樹種とも7%と低かった。枯死木はまったく残っておらず、枯死したのは植栽後の早い時期と考えられ、枯死の原因は不明であった。

7年生のスギ、ヒノキ下木の平均樹高はそれぞれ3.8、3.7mで、樹種間に差はみられなかった。樹高分布(図-1)は、スギ、ヒノキとも2m前後から5m以上の個体までみられたが、両樹種の本数の85%は、樹高が3.0~4.5mであった。

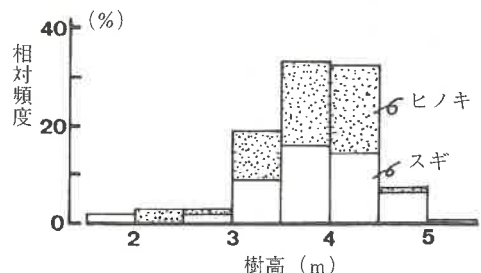


図-1 7年生スギ、ヒノキ下木の樹高分布

5年生の8月における雑草木の調査結果では、

下木樹高と同程度かそれより高い種はヌルデ、カラスザンショウ、アカメガシワ、イイギリ、ヤマハゼ等であった。下木樹高が3 m未満の低い個体は、これら雑草木により成長が抑制されたものと考えられる。

スギ、ヒノキ両樹種を合わせた7年生下木は、雑草木の被圧や側圧が原因と思われる曲がりが7%，雑草木との接触による幹の傷が5%，ツルによる被害が2%みられた。下木植栽後下刈りを行っていない林分としては、雑草木による被害がきわめて少ないといえよう。

3. 帯状型での省力林分

調査林分は、ヒノキ64年生林分を帯状に伐採しスギ、ヒノキを水平方向に3本ごと交互に6000本/ha植栽し、植栽後は3人/ha程度でツル切りと部分的な下刈りを行った林分である。この林分の海拔高は550m、方位はN74E、傾斜は26°、土壤型はB_D型である。帯方向は斜面方位とはほぼ同じで、その幅は20.8mである。

67年生ヒノキの保残林分は、帯の北、南方向の立木密度がそれぞれ962, 761本/haで、平均樹高がそれぞれ21.4, 22.7mであった。

帯方向に対して直角方向に測定した3年生の樹高と3年生の夏に1週間測定した値から求めた相対照度を図-2に示した。相対照度は、帯内の高い箇所では85%，林縁では帯の北、南方向でそれぞれ45, 65%前後を示し、保残林分内に入るにつれて低下した。3年生スギ、ヒノキの樹高は、保残林分内の1.5m程度から帯内の2~2.5m前後と場所による光環境の違いの影響がみられた。

植栽後2年目の8月における雑草木の調査結果では、帯内の相対照度の高い箇所では植栽木よ

りも高い雑草木がみられた。このため、植栽木の中には雑草木によって成長が抑制されていると思われる個体がみられた。

幹曲がりが大きくて間伐の対象となる個体は、図-2に示したように帯内のヒノキに多い傾向がみられたが、スギでは明らかな傾向がみられなかった。幹曲がりの大きな個体の本数割合は、スギの16%に比較しヒノキでは33%と高かった。幹曲がりは、雑草木の被圧や側圧、あるいはツル類が主な原因と考えられ、相対照度の高い帯内では雑草木の繁茂が著しく、比較的成長の遅いヒノキに被害が多かったと考えられる。

3年生時までの枯死木の本数割合は、スギで6%，ヒノキで25%であった。ヒノキで枯死割合が高かったのは、ネズミによる剥皮被害があったためと考えられる。雑草木との接触による幹の傷はスギ、ヒノキ合わせて本数の16%にみられ、この中で約半数がクマイチゴによるものであった。

4. おわりに

ここで紹介した事例は、二段林型にしる帯状型にしる、林地の光環境を抑え、雑草木の旺盛な成長を抑制することを目的としている。光環境と雑草木種子の休眠打破や発芽後の成長との関係は、不明な点が多く、今後これらの点を明らかにすることが重要である。また、下刈りを省くためには、樹高の高い苗木でないと駄目なのか、普通の苗木ではどのようにすればよいかといった検討も必要であろう。

以上、民有林における省力育林施業の一例を紹介したが、下刈りを省くことによる種々の欠点を明らかにし、欠点をカバーする技術の解明が今後に残された課題であろう。

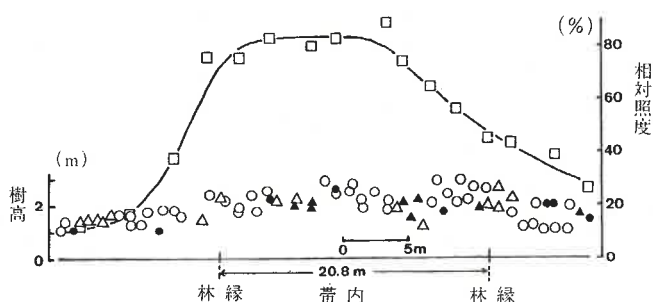


図-2 3年生スギ、ヒノキの樹高と相対照度

四角は相対照度を、丸、三角はそれぞれスギ、ヒノキの樹高を示す。

黒丸、黒三角は、それぞれスギ、ヒノキの曲りが大きい個体を示す。

テントウノミハムシ属 2種の生活史 ～特に成虫休眠について

保護研究室 井上 大成

近年関東地方を中心にヒイラギモクセイなどのモクセイ科の緑化樹に、ヘリグロテントウノミハムシ (*Argopistes coccinelliformis* CSIKI; 以下ヘリグロと略記) による被害が顕在化してきた。ヒイラギモクセイは、従来昆虫による被害が少ないといわれており、萌芽力があり、刈り込みに耐え、煙害にも強いなどの特徴があるため、住宅の生垣や道路の中央分離帯などに多用されている。一方、このヘリグロを含む *Argopistes* 属は、日本からは4種が記録されており、いずれもモクセイ科を食樹としている。しかしこれらの生態については、北海道や朝鮮半島においてヤチダモ林などで大発生したテントウノミハムシ (*A. biplagiatus* MOTSCHULSKY; 以下テントウと略記) についての古い記録があった程度で、詳しい報告はほとんどなされていなかった。ここでは特に上記2種の休眠機構を中心に、その生活史の概略を紹介したい。

1. 発生経過と寄主植物

両種とも地表で成虫越冬し、早春から寄主の新芽・新葉に産卵する。幼虫は潜葉性で、新葉組織を摂食して成長し、3齢を経て土中で蛹化する。卵・幼虫期間および前蛹・蛹期間は各々約1か月で、新成虫は初夏に羽化して地上に現れる。成虫は晩秋まで樹上で生活し、その後越冬場所に移動する。両種の発生経過は非常に似ているが、いくつかの重要な違いが認められる。たとえば、テントウではヘリグロに比べてやや成熟化が進んだ新葉でも産卵したり幼虫が摂食できること、ヘリグロでは夏や秋にも少数の産卵がみられることがあるがテントウの産卵は春にしかみられないこと、ヘリグロの交尾は基本的に越冬後に限られるがテントウでは一部の成虫は越冬前にも交尾することなどである。

本属の寄主植物については、過去にいくつか

の断片的な報告があるが、複数の植物の被選好性を実験的に比較した例はほとんどない。著者の行った関東地方での野外観察と室内実験から、ヘリグロは常緑、テントウは落葉のモクセイ科を主に好むことがわかった。また、幼虫と成虫の選好性は必ずしも一致しないことや、被選好性は高いのに野外で被害がほとんど出ない植物があることなど、興味深い現象も明らかになった。過去にはテントウがモクセイ科以外の植物も寄主としているという報告もあるが、著者の実験ではモクセイ科以外での摂食や産卵はみられなかった。本属によるモクセイ科以外の植物の利用形態は、残された重要課題の一つである。

2. 成虫休眠

ヘリグロ新成虫は、長日では非常に長い産卵前期間の後に産卵するが、短日では産卵しない。彼らは基本的には少なくとも羽化年の初冬ころまでは生殖休眠状態にあり、年内には産卵しないが、越冬後の成虫は夏でも新芽さえあれば産卵し続けられる。一方羽化直後に新芽を与えると産卵個体が現れることから、餌条件に恵まれれば野外でも羽化年内に繁殖できると考えられ、潜在的には部分多化の昆虫といえる。しかし関東地方では羽化直後に多数の新芽が出ていることはまれで、また数少ない新芽は成虫によってすぐ食い尽くされることが予想される。従って、ほとんどの個体では多化性の性質は実際には発揮されず、夏や秋に観察される産卵は、主に越冬成虫の生存個体が行っているといえるのが妥当だろう。また、産卵し始めた成虫でも新芽を除いて成熟葉を与えると産卵を中断し、再度新芽を与えると産卵を再開する。繁殖にとって不可欠な資源を非常に有効に利用しているといえる。

テントウ成虫も、夏から少なくとも冬なかばまでは生殖休眠状態にある。越冬した成虫でも夏や秋には産卵せず、繁殖は春に限られる。この休眠は、長い一つの休眠ではなく、実は日長と温度によって制御された夏休眠と冬休眠とから成り立っている。ヘリグロのように餌条件が休眠に大きな影響をおよぼすことはなく、テントウの休眠は物理的環境によって厳密に制御さ

れている。テントウは春以外の季節に産卵することをかたくなに拒んでいるのである。

両種の世界的な分布をみると、ヘリグロは亜熱帯に、テントウは冷温帯に分布中心をもっていると考えられる。休眠機構の違いは、この分布を反映していると考えれば説明しやすい。即ち、ヘリグロの生活史の原型は新芽萌芽が一つの季節に限定されていない環境下でつくられたもので、かつては(あるいは現在でも熱帯や亜熱帯では)多化性であったものが、新芽の存在する季節が限られる温帯に進出したために、日長をある程度利用して産卵を春に合わせたと考えることができる。餌条件によって産卵を調節する機構は、かつての適応の名残のようなものと考えればよい。一方テントウの生活史の原型がつくられたと考えられる冷温帯では、寄主の萌芽時期は基本的に春だけである。従って、夏や秋に産卵する機構は不要であり、物理的環境によって厳密に繁殖期を春に合わせて1化性を

保っていることは、当然のことといえよう。

3. これからの課題

これらの種の生活史のごく一部を駆け足で紹介したが、どの問題を取り上げてみてもまだ満足な答えが得られたといえるものはない。また生活史の中で特に重要な部分を占めている死亡要因は、ほとんど明らかにされていない。著者が研究の中心に据えた休眠についても、現象面の一部がわかっただけで、産卵を導く物理的・化学的要因の解明や、休眠反応の地理的変異の様相など、残された問題は多い。また種による生息習性の違いや、成虫の色彩多型などにも興味注がれる。しかし、残念ながら著者がこの研究を続けていくのは諸々の事情から難しくなってきた。今後ヘリグロとテントウ以外の種の生活史を含めて、この研究を応援してくれる人が現れるのを期待するばかりである。なお、これらの研究結果は一部を除いて公表済みなので、興味がある方は直接著者に問い合わせられたい。

四国ブロックの重要研究課題

昨秋10月3日に開催された「平成3年度林業研究開発推進四国ブロック会議」に林産関係2課題、森林保護関係4課題が提案され、協議の結果、次のとおり取り扱うことになった。

1. 採択された重要研究課題

①. 地域産針葉樹材の建築用面材・構造材への利用技術開発(徳島・愛媛県提案)

大型木造建築物に地域産針葉樹材を利用する場合の接合技術に関する試験研究データを整備するため、面材・構造材としての地域産針葉樹の材質と接合性能等を解明する。

②. 変色病害を媒介するキバチ類の防除に関する研究(徳島・愛媛・高知県提案)

スギ・ヒノキ造林木等に変色病害を媒介するキバチ類について、林分環境と加害実態等の調査、加害種の生活環や成虫の行動等の解明を行い、林分被害の回避法について検討する。

2. その他の提案課題の取扱い

①. ヒノキの球果を加害するカメムシ類の被害

の実態調査と防除技術の確立(香川県提案)

林野庁の平成4年度新規要求に「採徳園カメムシ等防除対策事業」が取り上げられているため、それへの参加を要望する。

②. 国産材原木市場並びに製品市場の実態と今後のあり方に関する研究(愛媛県提案)

他ブロックに及ぶ調査も必要になるため、その動向や森林総合研究所での課題化の検討方向等をみながら、今後の検討課題とする。

③. 森林・特用林産物を加害する野生鳥獣の実態調査と加害防止対策に関する研究(高知営林局、徳島・香川・愛媛・高知県提案)

紹介された被害状況や加害種が多岐であるため、今後更に調査・情報収集を行い、研究対象や研究手法等の整理・絞り込みを行う。

森林総合研究所 四国情報 No. 7

平成4年1月20日 発行

編集 農林水産省 森林総合研究所 四国支所
発行

〒780 高知市朝倉丁915 電話 0888-44-1121