

京都府南部における広葉樹二次林の構造と動態

後藤義明（大気－森林系担当チーム）

玉井幸治・深山貴文・小南裕志（森林環境研究グループ）

1. はじめに

東海地方から近畿、中国地方にかけての花崗岩地帯では、過度の収奪による森林破壊が進み、江戸時代の終わり頃まで植生のないはげ山景観が広範に分布していた。これらのはげ山の多くは、明治時代以降に行われた緑化工事によって植生が回復し、現在では森林としての姿を取り戻している。こうした森林は、大面積にわたって、最も強度の人為的攪乱を受けた立地上に成立した森林であるということが出来る。現在では、薪炭林や農用林として利用されてきた里山に代表される二次林と、景観的には変わらない。しかし、その成立過程は大きく異なっており、遷移に伴う種組成や階層構造の変化も異なる特徴を持つ可能性がある。こうした森林は、近畿地方から中国地方にかけての広い範囲に分布しているが、その構造や動態に関する研究蓄積はきわめて限られている。本研究は、はげ山を人工的に緑化することによって成立した二次林を対象に、一つの小流域を単位とする調査区を設け、その形成過程や森林構造、主要樹種の動態を明らかにすることを目的として行ったものである。

2. 調査地および方法

調査は京都府相楽郡山城町北谷国有林 509 林班い小班に位置する山城試験地で行った。ここは淀川水系木津川の支流である不動川の源頭のひとつにあたり、試験地は北東から南西に伸びる 2 本の尾根にはさまれた小流域からなる。試験地を含む周辺の林地は、荒廃地復旧のため明治時代に緑化工事が行われた歴史のある広葉樹二次林であり、かつてはアカマツが優占していたと考えられるが、現在その数は少なく、落葉広葉樹と常緑広葉樹が大半を占めている。試験地を 25m² の方形区 680 個 (1.7ha) に区分し、試験地内に出現する胸高直径 (DBH) 3 cm 以上の全個体について樹種と DBH を測定した。本試験地で得られている相対成長式を毎木調査で得られた試験地内の林木の DBH に適用して、試験地の地上部現存量を求めた。毎木調査は 1994 年と 1999 年に行った。

3. 結果および考察

本試験地の優占種であるコナラやソヨゴ、リョウブ、ネジキなどは 5 年間の新規加入率と枯死率がほぼ釣り合っていたが、ヒメヤシヤブシやヤマウルシなどの先駆性樹種は枯死率が新規加入率を大きく上回っており、試験地から急速に姿を消しつつあると推定された。アラカシは新規加入率が高く、枯死率は 0%/年だった。森林全体の新規加入率は 2.26%/年、枯死率は 3.85%/年であり、この値は日本各地の老齢林等で調査されている値の範囲内にあった。

階層構造を解析した結果、本試験地の森林は 3 層に区分された。低木層の存在する小プロットは試験地のほぼ全域に分布していたのに対し、高木層や亜高木層の存在する小プロットは散在していた。低木層には高密度で林木が生育し、葉現存量も多かった。光資源を巡る個体間競争は、主に低木層を構成する樹木間で激しい状態にあるものと考えられる。

本試験地の森林の構造を、日本各地に分布するコナラを優占種とする広葉樹二次林と比較したところ、本試験地の森林は高木層や亜高木層の発達が悪く、低木層が高密度で存在することや、地上部現存量が 90ton/ha 余りとかなり少ない状態にあることがわかった (図-1)。二次林は一般に遷移の進行に伴って階層構造が発達し、現存量が増加するとされている。本試験地の森林は緑化工事後既に約 100 年が経過しているが、未だ成熟した状態には達していないと考えられる。

現在本試験地で最も著しい成長を示しているのは優占種であるコナラであり、コナラは上層への進級率が高く、肥大成長による現存量増加も大きかった。コナラは枯死率が低く、後継樹も豊富に存在することから、今後もコナラの優占する状態が続くものと判断される。アラカシは現在幹数が少ないものの、枯死率はきわめて低く、将来コナラに代わって優占種となりうる有力な樹種であると考えられる。

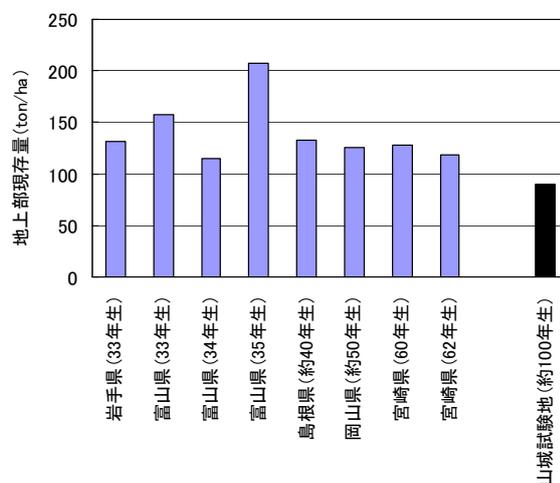


図-1 日本各地のコナラの優占する広葉樹二次林の現存量

林床草本種ミヤコアオイの交配様式

石田 清 (森林生態研究グループ)

1. はじめに

落葉樹2次林などの明るい林床に適した灌木や草本の多くは、上層木がスギ・ヒノキなどの針葉樹人工林に置き換わると生存率や繁殖量が減少し、個体数が減少していく。そのような植物のなかでも、雌雄同株や両性花を咲かせる種に及ぼす人工林化の影響を予測したい時には、生存率や種子生産量のみならず、交配様式（他殖率）についての情報が必要となる。例えば、自家不和合性を持ち外交配（他殖率=1）を行う植物の場合、人工林化で交配相手が減少すると、他家花粉不足を介して種子生産が減少する。一方、自家和合性で他殖・自殖をともに行う植物、特に遅延型自家受粉（他家花粉が不足した時に自殖を行う受粉様式）を行う植物については、個体密度が減少した時でも自殖で種子生産を補償できるために種子生産減少の程度は外交配種よりも小さいだろう。しかし、自殖率が増加するために近交弱勢の影響が強まり、次世代以降の成長や生存率が減少すると予想される。これらの植物とは対照的に、自殖主体の交配システムを持つ植物の場合（多くの事例で他殖率<0.2）は、個体密度の減少は種子生産や次世代の生存・成長にあまり影響しないと考えられる。このように、個体密度の減少が種子生産と次世代に及ぼす影響は自家不和合性の有無や受粉様式によって異なるため、保全対象となる種がどのような交配様式を持つのかを知ることは重要である。ここでは、人工林化によって個体数が減少している里山の林床草本種ミヤコアオイ (*Asarum asperum*) の交配様式について報告する。

2. 材料および方法

ミヤコアオイは常緑性の多年生草本であり、3～4月に両性花を咲かせる。花粉媒介昆虫は明らかにされていない。材料は滋賀県志賀町の蓬莱山山麓の標高290m（プロット1）と600m（プロット2）にある落葉広葉樹二次林で行った。各林分に10×10mのコドラートを設定し、2003年の6月中旬にプロット1と2のそれぞれ9個体、15個体から種子を採取して赤玉土を入れたポットに播種し、翌春に発芽した実生を用いてアロザイム分析を行った。分析に供した実生数は、プロット1と2でそれぞれ119、184個体である。電気泳動はポリアクリルアミドゲルで行った。分析した酵素種はアラニンアミノ転移酵素とアルコール脱水素酵素であり、電気泳動で得られたバンドパターンから推定した3多型遺伝子座 (*AAT-1*, *AAT-2*, *ADHI*) の遺伝子型を個体ごとに同定した。これらの遺伝子型を用いて、他殖率の1遺伝子座推定値（3遺伝子座の平均値； t_s ）と多遺伝子座推定値（ t_m ）を推定した。また、二親性近親交配（兄弟交配などの自殖以外の近親交配）の程度を表す $[t_m - t_s]$ 値も計算した。さらに、これらの推定値の標準誤差を家系を単位としたブートストラップ法で求めた。

3. 結果と考察

ミヤコアオイの他殖率は2集団ともに高く、1遺伝子座推定値と多遺伝子座推定値はそれぞれ0.88～0.96、0.92～0.99となった（表-1）。この種は部分的に自殖するものの、その割合は1割以下と低いものといえる。カンアオイ属は雌性先熟型の開花様式を持つとみられており（菅原, 1999）、これが自殖率を低くしていると推定される。 $[t_m - t_s]$ 値についても2集団ともに0.03～0.04と小さく（表-1）、二親性近親交配の程度も小さいと推定される。これらの結果から、ミヤコアオイは他殖主体の交配様式を持つ自家和合種であり、人工林化などで林床が暗くなり個体密度が減少すると、他家花粉不足あるいは自殖率の増加で種子生産と次世代の生存率・生長量が減少すると予想される。個体密度と他家花粉不足の関係は花粉媒介昆虫の移動距離などの訪花特性に依存するため、個体密度減少がどの程度結実率の低下をもたらすかを予測するためには、花粉媒介昆虫の行動や柱頭上の花粉量と個体密度との関係を明らかにしていく必要がある。

表-1 ミヤコアオイの他殖率。 t_s と t_m は、それぞれ1遺伝子座推定値と多遺伝子座推定値を表す。()内の数値はブートストラップ標準誤差を示す。

調査区	t_s	t_m	$t_m - t_s$
Plot 1	0.96 (0.14)	0.99 (0.12)	0.03 (0.02)
Plot 2	0.88 (0.14)	0.92 (0.12)	0.04 (0.03)

引用文献

菅原敬. 1999. カンアオイの花生態:キノコバエをだまして花粉を媒介するタマノカンアオイ. 花の自然史(大原雅編), pp.57-73. 北大図書刊行会

シカとネズミとササはどのように樹木の死亡に関わるか？

伊東宏樹（森林生態研究グループ）

日野輝明（野生鳥獣類管理担当チーム）

1. はじめに

日本各地でニホンジカ（以下、シカ）が増加し、樹皮の剥皮や稚樹・実生の採食による森林の衰退が懸念されている。本研究では、奈良・三重県境にある大台ヶ原において、シカ、ネズミ類（アカネズミおよびヒメネズミ）、ミヤコザサ（以下、ササ）、樹木の実生の相互関係を実験的に明らかにし、森林の保全に寄与することを目的とした。

2. 方法

大台ヶ原の針広混交林内に、シカの排除、ネズミの排除、ササの刈り取りの3つの処理を組み合わせた（ $2 \times 2 \times 2 = 8$ 通りの処理）実験区を5ヶ所設置し、1997年から、ササの地上部現存量の変化と、高木性樹種の実生の発生と生残とを調べた。この結果を元に生存時間分析を行ない、各処理の有無の組み合わせにより、実生の生残がどのような影響を受けるのかを解析した。具体的には、ログランク検定により、シカ・ネズミ・ササのそれぞれの有無のもとで、シカ・ネズミ・ササの各要因が有意に生存時間に効果を及ぼしているかを検定した。

3. 結果と考察

大台ヶ原においては、1997年にはウラジロモミが、1998年にはアオダモが、1999年にはブナがそれぞれ多数の実生を発生させたので、この3つのコホートについて生存時間分析を行なった。ログランク検定の結果、ネズミ類については、いずれの種の実生の生存時間に対して有意な効果を及ぼしているとは認められなかった。しかし、シカとササについては一部に有意な効果が認められた。まず、ウラジロモミについては、ササ刈取処理下でのシカとシカ排除処理下でのササがともに有意に負の効果と認められた。アオダモでは、ササ刈取処理下でのシカの効果は有意に負だったのに対し、ササ残存処理下では有意に正だった。また、ササの効果はシカ排除処理下で有意に負であった。ブナでは、ササ刈取処理下でのシカの効果とシカ排除処理下でのササの効果がともに有意に負であった。

Kaplan-Meier法で描いたウラジロモミ・アオダモ・ブナの生存曲線を図-1に示す。なお、図-1では、有意な効果を及ぼしているとは認められなかったネズミ類については省略してある。ウラジロモミについては、シカ・ササがともに負の影響を及ぼしていることがわかる。アオダモについて、ササ残存処理をおこなった場合には、シカが残存している方が生存率が良いことがわかる。これは、ササを残存させ、かつシカを排除した場合には、それまで矮化していたササが急速に回復し、林床面を強度に被圧するためと考えられた。ブナは、特にササに強く影響を受けていた。

シカ被害地においては、シカの排除が保全策としてまず検討されることが多いが、本研究の結果からは、シカだけではなくササも考慮すべき場合もあることが示された。

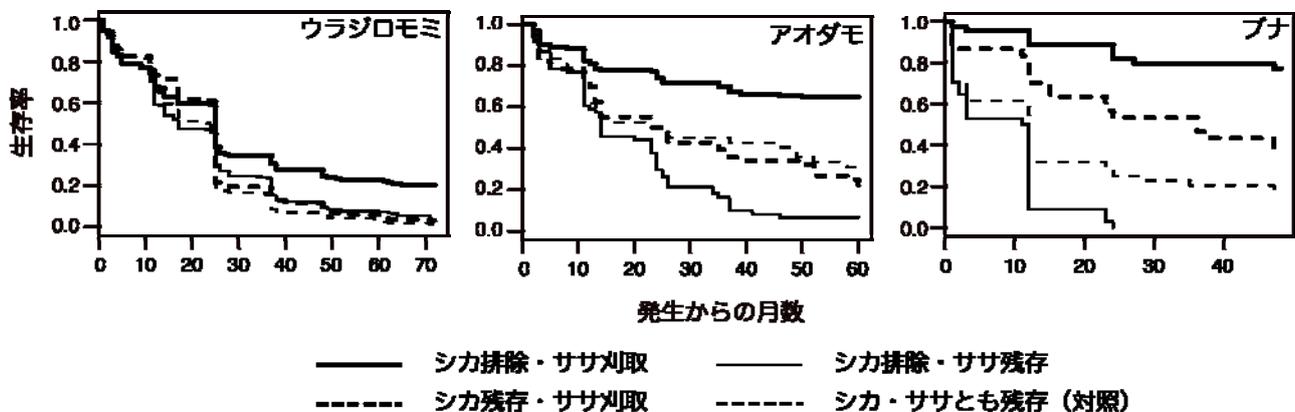


図-1 シカおよびササの有無と、ウラジロモミ・アオダモ・ブナの生存曲線との関係

落葉広葉樹 2 次林における木部組織呼吸量の季節変動特性の評価

深山貴文・小南裕志・細田育広（森林環境研究グループ）・後藤義明(大気－森林系担当チーム)

1. はじめに

山城試験地では落葉広葉樹 2 次林の二酸化炭素固定量を求めるため、乱流変動法等の微気象学的手法等を中心とした連続観測を行っている。しかし近年の観測により、山城試験地では森林生態系の夜間呼吸量の観測において微気象学的手法のみでは十分な精度を確保することが困難であることが指摘されている。そこで、我々は他の手法で直接的に夜間呼吸量を観測するため、チャンバー法を呼吸の発生源に対して連続的に適用することとした。本研究では特に木部組織呼吸量を連続観測するためチャンバー法を自動化し、温度－木部組織呼吸量関係とその季節変動特性について評価することを目的とした。

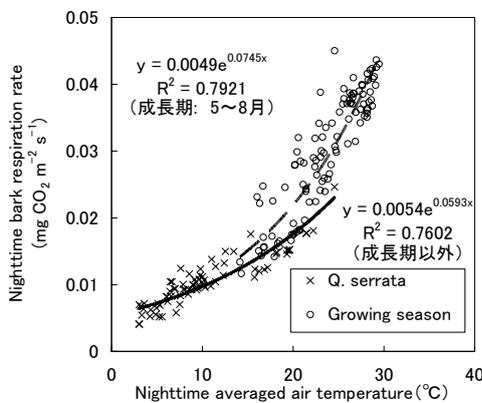
2. 試験地及び方法

観測は京都府南部の相楽郡山城町に位置する山城試験地において行った。山城試験地の標高は約220mで、現存量の約7割を落葉広葉樹が占めており、主要樹種はコナラ(*Quercus serrata*)、ソヨゴ(*Ilex pedunculosa*)等である。気温と木部組織呼吸量の関係を求めるため、山城試験地内の落葉樹と常緑樹の代表樹種として、コナラ(胸高直径17.4cm)とソヨゴ(同15.3cm)の成木を各1本選定し、それぞれの樹幹北面胸高位置に風呂場用防水パテ等を用いて容積910ccの亚克力製チャンバーを固定した。これは30分間隔で呼吸量を長期連続測定することのできる自動チャンバーであり、2001年5月から8ヶ月間の連続観測を行った。また、成長期を推定するため、樹幹の直径成長量と樹体含水率の季節変動特性の連続測定も行った。樹幹成長量の測定には変位計 (M-11-30S、宝電研、日本)を用いた。この変位計の特徴はインダクタンス式であることであり、抵抗式の欠点である温度によるドリフトの影響が排除されている点である。この変位計の先端を平面状に加工し、樹幹に垂直に接触するように金具を用いて樹幹に固定した。樹体含水率の測定には、土壌水分計(HYD-10、Stevens Vitel inc.、米国)を使用した。このセンサーはTDR (Time Domain Reflectometry) 式の土壌水分計であり、先端の金属部分をドリルで開けた樹体の穴に挿入し、固定して使用した。

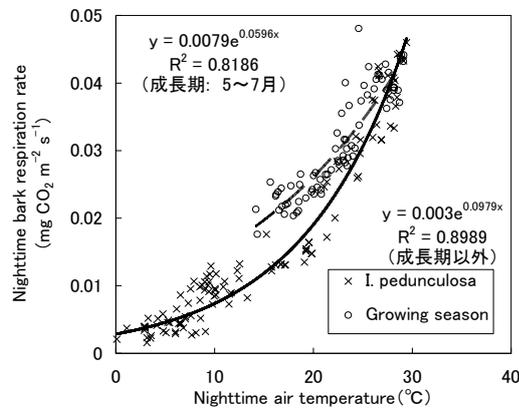
3. 結果及び考察

変位計で連続観測されたコナラとソヨゴの胸高直径(DBH)の季節変化についてみると、コナラは5月上旬をピークとして高い成長量が初期にまとまって認められ、凸型の成長曲線を描いたのに対し、ソヨゴは成長速度が後期にかけて加速していくため凹型の曲線を示した。また、コナラの成長期はソヨゴより1ヶ月長く続く特徴があった。樹体含水率はコナラ、ソヨゴ共、成長の開始時期とほぼ同時に上昇していた。

変位計のデータより、コナラの成長期を5月から8月、ソヨゴの成長期を5月から7月と推定して、データを成長期とそれ以外の時期に分離して関係を求めたところ、成長期には比較的高い呼吸量が認められ、年間を通じた気温と呼吸量の関係にはヒステリシスが認められることが分かった。(図－1、図－2)



図－1 コナラの気温－木部組織呼吸量関係



図－2 ソヨゴの気温－木部組織呼吸量関係

アカネズミは堅果中のタンニンをどうやって無害化しているのか

- タンニン結合性唾液タンパク質の効果の検証 -

島田 卓哉(生物多様性研究グループ)

1. 研究の目的と背景

森林性の野ネズミにとって、コナラ属樹木の種子(堅果)は秋から冬にかけての重要な資源である。アカネズミ、ヒメネズミなどの日本産野ネズミに関しても落果時期の集中的な堅果利用が数多く報告されている。ところが、コナラ、ミズナラなどの堅果には、消化管への損傷や消化阻害作用を引き起こすタンニンが乾重比にして3~9%という高濃度で含まれており、堅果の摂取は何らかの生理的なコストを伴うことが予測される。

実際に、ミズナラ及びコナラ堅果のみをアカネズミに供餌したところ、体重が著しく減少し、ミズナラの場合には2週間で8個体中6個体が死亡した。自然条件下のアカネズミは、何らかの生理的・行動的なメカニズムによって堅果中のタンニンの致命的なダメージを回避しているものと考えられる。タンニンに対抗するための生理的なメカニズムの一つとして、タンニン結合性唾液タンパク質(Proline-rich proteins; PRPs)の分泌が挙げられる。アカネズミはPRPsを有していることが明らかにされている。PRPsは、唾液中に分泌されるタンニンとの親和性の高いタンパク質であり、口腔でタンニンに結合し、タンニンの活動を阻害することによってタンニンを無害化する機能を有している。また、PRPsは、タンニンの摂取あるいは β 受容体作動薬の投与によって、分泌が誘導されることが知られている。

そこで、本研究では、 β 受容体作動薬の一種イソプロテレノロールの投与によってPRPsの産生が活性化されたアカネズミを用いて、PRPsがタンニンによるダメージを緩和する効果について検討した。

2. 調査方法

実験には、京都府京田辺市で捕獲したアカネズミ成体13個体を用いた。うち7頭にはイソプロテレノロールを10日間腹腔内投与し、6頭にはコントロールとして生理食塩水を投与した。その後、ミズナラ堅果を10日間供餌し、体重変化を記録した。

また、堅果供餌一日目には、唾液を採取し、PRPsの抽出および定量を行った。麻酔したアカネズミに唾液の浸出を促すために催唾作用のあるカルバコールを投与し、以後10分間に分泌された唾液をマイクロピペットで採取した。唾液0.1mlに当量のトリクロロ酢酸を加え、攪拌後、遠心分離し、上清を採取した。この過程をもう1回繰り返して、集めた上清を検液とした。検液を水酸化ナトリウムで中和し、透析チューブ(分画分子量10000)に入れ、純水中で24時間透析を行いトリクロロ酢酸を除去した。チューブ内の検液を定量に希釈し、Bradford法によってタンパク質濃度を決定した。PRPs分泌量は、単位時間当たりの唾液1ml中に含まれるPRPsの量(μg)と定義した。

3. 結果と考察

PRPs分泌量は、コントロールで $36.8 \mu\text{g} / \text{ml} \pm 8.4 \text{ S. D.}$ 、PRPs誘導群で $52.4 \mu\text{g} / \text{ml} \pm 14.2 \text{ S. D.}$ であり、有意にPRPs誘導群の方が多かった。この結果から、アカネズミにおいてもイソプロテレノロールによってPRPsの誘導が行われること確認された。

堅果供餌後5日間の体重変化は、コントロールで-19.0%、PRPs誘導群で-10.2%であり、有意にコントロールの体重減少の方が大きいことが示された(図-1)。この結果から、PRPsが誘導されることによってタンニンによる負の効果が軽減されることが明らかになった。しかしながら、PRPs誘導群においても約10%の体重減少が認められており、アカネズミはPRPsの誘導だけで堅果中のタンニンを克服できる訳ではないことも示された。

今後は、タンニンを分解する腸内細菌の働きや行動的にタンニン濃度の高い部位を回避するなどのその他のメカニズムについても検討する必要がある。

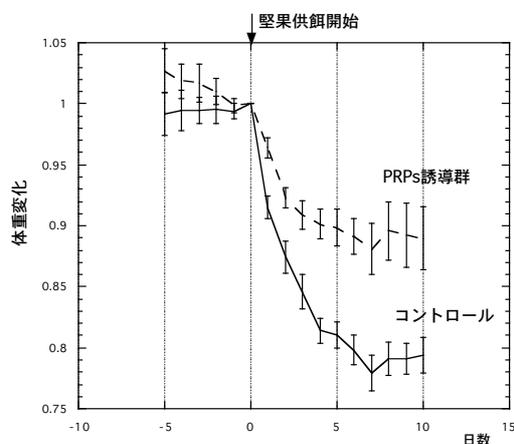


図-1 ミズナラ堅果を供餌したアカネズミにおける体重変化

サビマダラオオホソカタムシのまつ枯損被害地における放飼試験（3回目）

浦野忠久（生物被害研究グループ）

1. はじめに

2002年度より、マツノマダラカミキリ（以下カミキリ）生物的防除を目的としたサビマダラオオホソカタムシ（以下ホソカタムシ）の、マツ枯損被害地における放飼試験を開始した。2003年度の結果は、ホソカタムシ成虫を放飼した全供試木内の寄生率が31%であり、死亡原因不明を加えるとカミキリの死亡率は85%に達した。本年度、同一試験地で3回目の放飼試験を行ったのでその結果を報告する。

2. 材料と方法

近江富士花緑公園（滋賀県野洲市）内のマツ林を試験地とし、2003年にマツ材線虫病で枯死したと思われるアカマツ16本を供試木とした。この内10本に2004年4月30日、ホソカタムシ成虫を1本あたり雌雄同数で計20、40、80個体の3通りで、合計420個体放飼した（放飼木）。放飼用のホソカタムシは室内飼育で2002～2003年に羽化したものを用いた。残り6本は放飼木と同一林分内の枯死木で、これらにはホソカタムシを放飼せず、放飼木上のホソカタムシが移動して寄生するかどうかを確認するために設定した（無放飼木）。これらすべての供試木を6月上旬から7月上旬にかけて伐倒回収し、関西支所で剥皮割材した。また、放飼樹幹から採集したマダラカミキリ不明死亡120個体を保存し、KOH溶液で処理して検鏡した。

3. 結果と考察

割材調査の結果を、過去2年間の試験結果と比較して図-1に示した。今年度の放飼木全体における材内のカミキリに対するホソカタムシの寄生率は29%であった。今年も放飼木には原因不明の死亡個体が多く認められ、これを加えた放飼木内のカミキリ死亡率は57%となった。ホソカタムシ成虫は樹幹の胸高部に放飼したが、高さ別の寄生率は下部で高く、樹幹上部や枝では低くなる傾向があった。供試木1本あたりの放飼頭数を3通りとした結果、20頭放飼の場合は、40および80頭放飼の場合に比べ寄生率が低くなった。無放飼木全体のカミキリ死亡率は35%であったが、今年初めて無放飼木1本において、樹幹内のカミキリに対するホソカタムシの寄生が認められた。この木は最も近い放飼木から265m離れていたため、今年の放飼成虫が移動して産卵したというより、昨年あるいは一昨年の放飼残存成虫およびその次世代による寄生である可能性が高い。

不明死亡120個体を検鏡した結果、10個体でホソカタムシの孵化幼虫、中齢幼虫および繭が確認された。この結果、不明死亡個体の中に実際に寄生を受けたものが含まれることが明らかになった。

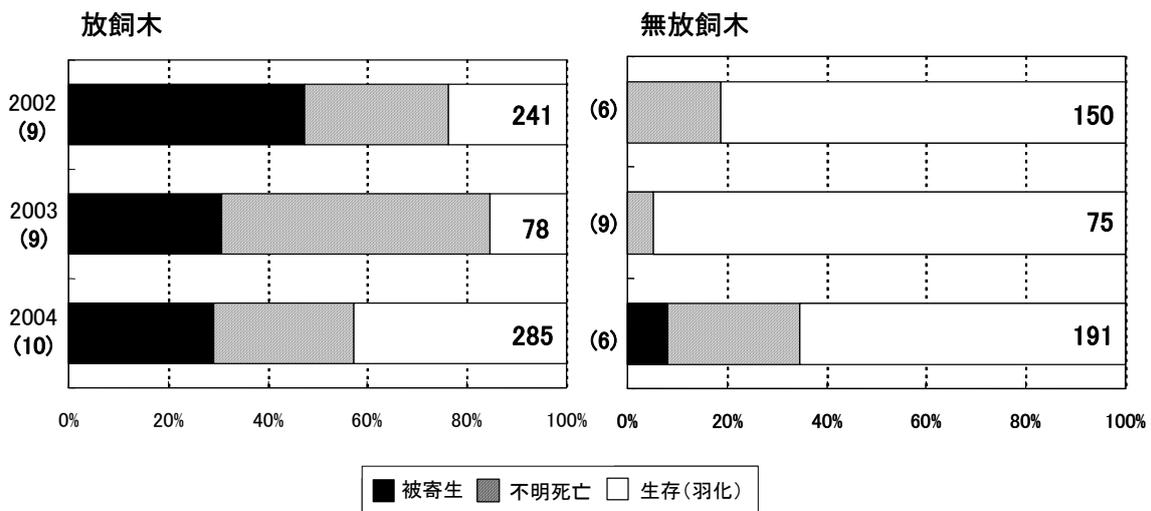


図-1 2002～2004年の放飼試験における放飼木および無放飼木材内でのマツノマダラカミキリ各死亡要因の占める割合。括弧内の数字は供試木の本数、グラフ上の数字は各供試木における合計個体数を示す。