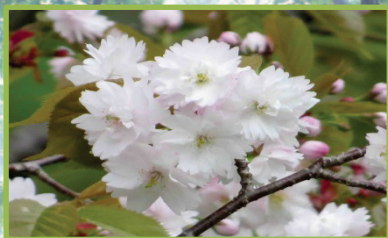


林業新技術 2014

—現場への普及に向けて—



独立行政法人森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute



「林業新技術2014」について

森林の有する多面的機能の発揮、林業の持続的で健全な発展、林産物の供給や利用の確保を図るためには、将来の林業・木材産業の発展に資する技術開発を推進するとともに、開発された技術を計画的、効果的に現場に普及し、実用化を図ることが極めて重要です。

このため、独立行政法人森林総合研究所および公立林業試験機関の近年の研究成果のうち、現場への普及を推進するものとして「林業新技術2014」を選定しました。

今回選定された森林造成、木材利用などの9つの技術については、計画的、効果的な現場への普及、実用化に取り組むこととしています。



「林業新技術2014」技術一覧

高齢のコナラ林を若返らせる..... 3-4

石川県農林総合研究センター林業試験場

60年生以上のコナラ林では、伐採後萌芽よりも実生による更新を期待した方が得策です。前生稚樹の育成が重要で、場合によって補植を効果的に使います。この技術によって、高齢コナラ林の更新不成績地を減らすことができます。

「ネットフェンス」と「くくりわな」を併用してニホンジカを効率的に捕獲する..... 5-6

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

「ネットフェンス」でシカを誘導した先に「くくりわな」を掛ける捕獲を行い、難しい技術や道具を使わなくても高い効率で捕獲できることを実証しました。森林管理の一環として活用することで、森林整備地の被害が抑えられることが期待されます。

チェーンソー用防護服が事業体経営を護ります..... 7-8

森林総合研究所他2機関

作業者がチェーンソー用防護服を着用すると、防護服支給経費以上の災害コスト削減が見込まれ、経営の安定化が図れます。

高精度DEMを使った路線選定プログラム 9-10

森林総合研究所

高精度DEMを使って、林道、林業専用道の路線選定を対話的に行うプログラムを開発しました。条件により変化する土工量を定量的、視覚的に把握できます。森林土木技術者が低コストの路線選定を実現するツールとして活用できます。

過去の写真から山地崩壊発生の前兆をつかむ 11-12

森林総合研究所

大井川流域で近年深層崩壊が発生した斜面の特徴を調べた結果、大規模な崩壊が発生する前に前兆となる小崩壊が見られることを明らかにしました。深層崩壊危険斜面の予測精度を大きく向上出来ます。

膨大な木材の強度データを活用するには？ 13-14

森林総合研究所

これまでに実施された様々な木材に関する強度データを統合するシステムを設計し、規格・基準の改正等に活用できる「木材の強度データベース」を構築しました。

スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害材の土木資材等への利用 15-16

神奈川県自然環境保全センター

神奈川県産業技術センター工芸技術所

スギノアカネトラカミキリ被害材の強度性能が健全材と比べて遜色ないことを明らかにし、被害材の土木資材等への利用促進を図るためのパンフレットを作成しました。被害材利用や被害林分の経営・管理方針を検討する上で参考になります。

これからの低コスト造林の基本は成長の優れた苗木の選択から..... 17-18

森林総合研究所林木育種センター

林木の遺伝的改良を目的に全国から選ばれた精英樹同士を交配し、育成したものの中から選抜されたエリートツリー(第2世代精英樹)は、従来の種苗に比べ成長が特に優れているため、森林吸収源対策と下刈り回数、植栽本数の削減等による低コスト造林への貢献が期待できます。

遺伝子と形態からサクラ栽培品種を見分けて正しく管理しましょう..... 19-20

森林総合研究所他3機関

長い歴史を持つ多数のサクラ栽培品種を正しく継承して、将来の利用に役立てていくため、遺伝子解析を用いた精度の高い品種識別技術を開発しました。主要なサクラ集植所の調査により適正な保存が実施されます。

高齢のコナラ林を若返らせる

1. 現状と課題

シイタケや木炭は、中山間地域の重要な収入源ですが、現存するコナラ林の大半は50年生以上と高齢のため、これをシイタケほだ木や木炭の生産に向けた林(20~30年生)へと若返らせる技術の開発が求められています。コナラ林を若返らせるための天然更新方法としては、萌芽や実生による更新が考えられます。しかし、大径木化したコナラの萌芽力や実生の発生については不明な点が多く、確実な更新方法が求められています。

そこで、林齢の異なるコナラ林(24年生、45年生、60年生、80年生)で伐採後の萌芽力や実生の発生状況の違いを調査し、高齢コナラ林を若返らせる方法について検討しました。



写真1 80年生のコナラの萌芽状況
本数が少なく、成長も悪い

2. 技術開発の内容

2.1 萌芽での更新

各林齢の林で100本の伐り株について、伐採後2年間、萌芽している株の割合、萌芽の本数、最大萌芽高を調べました。その結果、60年生以上の林では萌芽している株の割合が50%以下と低く1株当たりの萌芽本数は2本以下でした(写真1、図1)。伸長量も45年生以下で100cm/年以上であったのに対し60年生以上では70cm/年以下でした。60年生以上では、萌芽力が低下することがわかりました。

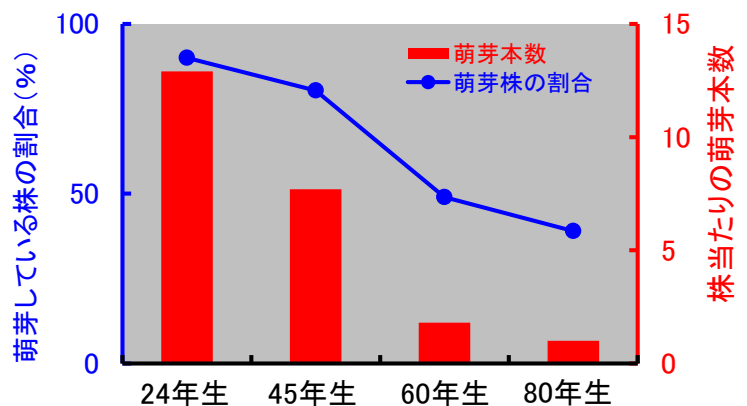


図1 林齢の異なるコナラ林伐採地での萌芽している株の割合と株当たりの萌芽本数

2.2 天然下種更新

各林齢の林での実生調査(1m²各20箇所)の結果、45年生以下では平均高20cmの実生が0.5本/m²以下であったのに対し、60年生以上では平均高30cmの実生が1.5本/m²以上確認され(図2)、後者では天然下種更新の可能性が高いと考えられました。そこで、県内19箇所(100プロット)で伐採前の50年生以上のコナラ林内の実生の更新状況を調査したところ、刈り払いをしてササの少ない林床では実生の定着本数が多く、これらを生かして天然更新が期待できることがわかりました(図3、写真2)。

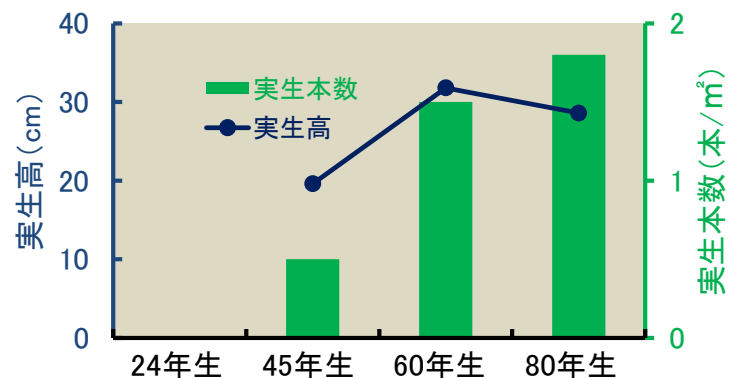


図2 林齢の異なるコナラ林伐採跡地での実生の高さと本数

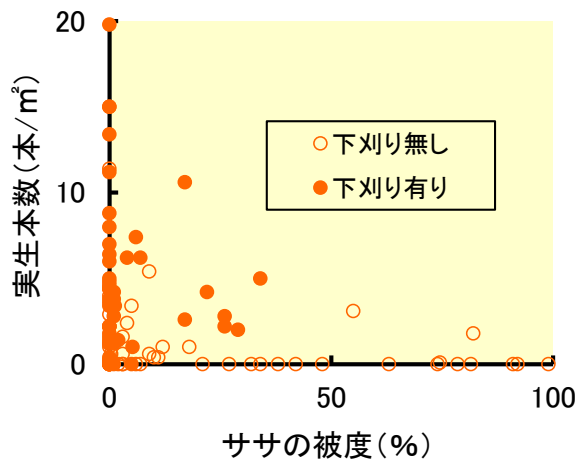


図3 50年生以上のコナラ林内でのササ被度とコナラの実生本数の関係



写真2 コナラ林内での実生更新状況
刈払いされた林床には実生が多い

2. 3 更新状況に応じた補植の活用

萌芽や実生が少ない場合の対策として、苗木の補植による再生の可能性を検討しました。35年生のコナラ林の皆伐跡地で補植試験を行った結果、補植木の初期成長は萌芽に比べ遅いものの、補植後17年経過した時点では、萌芽と同等の成長を示すものもありました(写真3)。萌芽や実生の本数が少ない場所での苗木の補植は効果的であると考えられます。ただし、萌芽に被圧されないようにするためには、伐採株との距離を保つ(1.5~2.0m)ことと、なるべく大きな苗(100cm前後)を補植することがポイントとなります。

以上のことから、45年生までは萌芽を中心とし、60年生以上では実生による更新が得策と考えられました。天然更新を確実に行うには、伐採後に30cm以上の稚樹が10,000本/ha以上必要とされています。原木林として更新するには、萌芽や実生の本数に応じて補植も行い、最終(20~30年生)的に2,000本/ha程度の立木本数に誘導する必要があると考えられます。



写真3 皆伐後に補植されたコナラ(17年生-中央)
萌芽と同等に成長している

3. 期待される効果と普及の対象

東日本大震災以降、シイタケ原木が不足傾向にあります。各地で更新伐を活用した原木生産が行われ、大径木化したコナラ林を生産林へと若返らせる手法に対する期待が高まっています。高齢林での伐採に際しては、伐採前に実生の更新状況を十分に把握するよう呼びかけています。石川県農林総合研究センター林業試験場では、「よくわかる石川の森林・林業技術No.14 薪炭キノコ原木林の育成技術」を平成24年度に手引書として発行し、「移動林業試験場」などを通じて林家や森林組合職員を対象として現地で更新技術の普及を行っています。

なお、手引書をご覧になりたい方は、ホームページ(<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/>)をご活用ください。

「ネットフェンス」と「くりわな」を併用して ニホンジカを効率的に捕獲する

1. 現状と課題

各地でシカが急増し、森林への食害が深刻化しています。これまでシカの捕獲は、地域の狩猟者が主体となり、特に本州では犬で追い出したシカを銃で撃つ「巻き狩り」が中心に行われてきました。しかし、シカが多い場所では、群れで追い出されても捕り逃しが多く、捕獲効率は高くありませんでした。さらに近年は銃猟者が減少するなど、新たな課題も抱えています。今後、増え過ぎたシカを減らすためには、効率のよい新しい捕獲技術の開発が求められています。



図1 森林に隣接する牧草地に夜間出没するニホンジカ

2. 技術開発の内容

2.1 「ネットフェンス」+「くりわな」による 捕獲を試行し、捕獲効率を検証

GPS首輪を装着したシカの行動追跡により、森林に隣接して広大な牧草地が広がる静岡県富士山西麓の朝霧地域では、昼間森林内にいるシカが夜間は牧草地を餌場として利用していること（図1）、利用する牧草地やそこへ向かうルートは広く分散していることが明らかとなっています。そこで、森林と牧草地の境界付近に、移動ルートを遮断するようにネットフェンスを設置する（図2）ことでフェンス間や端部にシカを集中させて、くりわな（設置が簡単な横ばねガイド式、図3）を仕掛け、効率的にシカを捕獲できるか検証を行いました。

その結果、延べ83日間（79晩）で99頭を捕獲し、作業員一人当たりの捕獲効率は、同地域の巻き狩りの約9倍と効率のよい成果が得られました。捕獲は、経験の浅い当センターの研究員が行いましたが、シカの利用場所が集中するため、わなの設置場所の選定が易しくなり、また、同じ場所で繰り返し捕獲が可能でした。

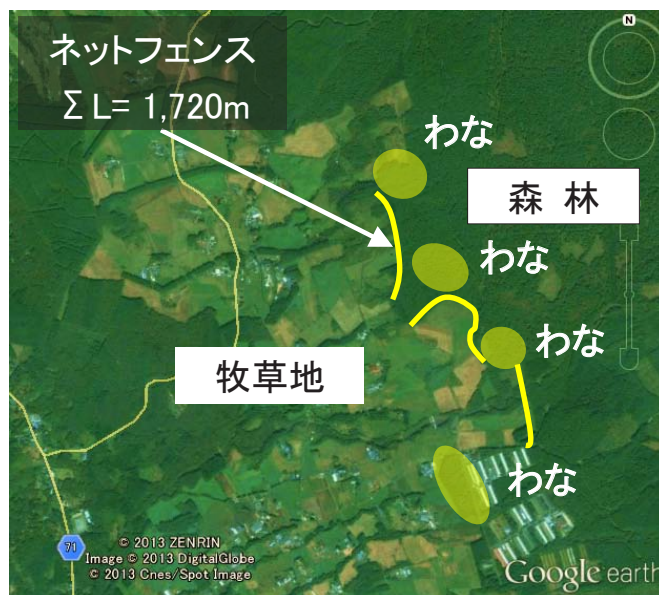


図2 捕獲試験の概況（静岡県富士宮市）



図3 設置が簡単な横ばねガイド式くりわな（左）と
フェンスの横に仕掛けたわなに掛かったニホンジカ（右）

2.2 より効率的に捕獲するために必要な捕獲時期の検討

捕獲効率は、捕獲時期によって大きく変動し、12月(1.90頭/日)は8～9月(0.80頭/日)の2倍以上となり、効率よく捕獲を行うには時期の選択が重要であることがわかりました。また、捕獲効率の変動は、ライトセンサス(夜間、低速で走行する車からスポットライトで周囲を照射して個体数を計測する手法)によるシカの牧草地への出没頭数の季節変動(図4)と符合し、当該地域では、初冬期(12月)と春期(4月)が捕獲適期であることがわかりました。より効率的に捕獲を行うには、出没頭数が多い時期や場所を事前に調べたうえで実施することが有効と考えられました。

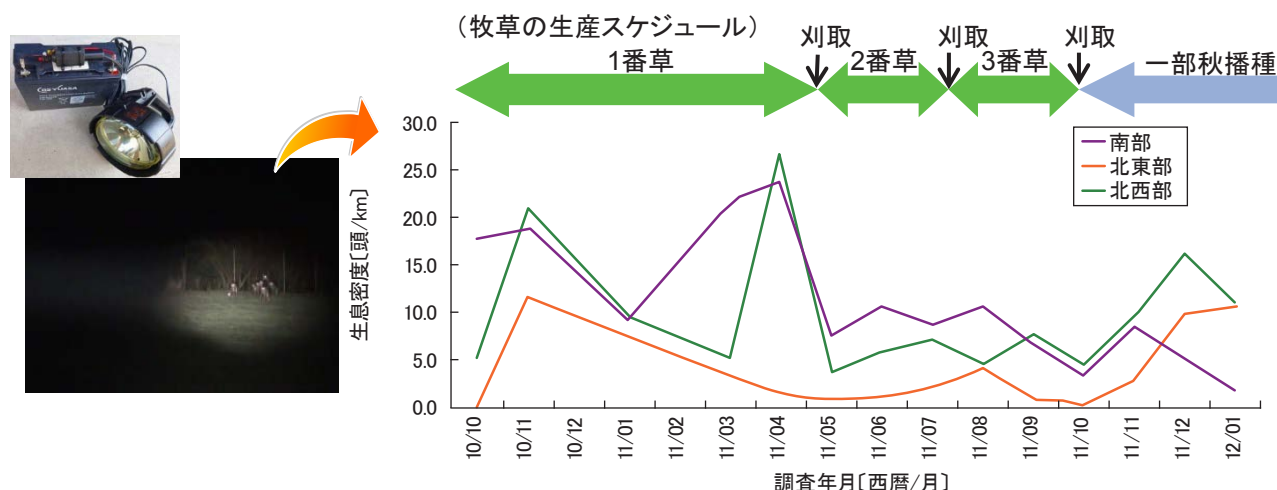


図4 ライトセンサスによるニホンジカの牧草地への出没個体数の季節変動

3. 期待される効果と普及の対象

本技術は、日周行動や季節移動などシカが一定の方向に移動する地域において、移動ルート上で行うことが有効と考えられます。また、難しい技術が必要としないため、捕獲するための基盤と体制を一度整備すれば、わずかな手間で捕獲が可能となります。このため、森林整備作業者が森林整備の合間にわなを掛けるなど一体的にシカの捕獲に取り組むことで、整備地周辺の被害が抑えられることが期待されます。

当センターでは、森林・林業関係者に本技術ほか研究成果を普及するため、シカの捕獲に有用な情報について、冊子「静岡のシカ問題と捕獲Q&A」や「シカ捕獲ハンドブック くくりわな編」(図5)としてまとめました。当センターのホームページ(<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-850/>)で閲覧、ダウンロードできます。

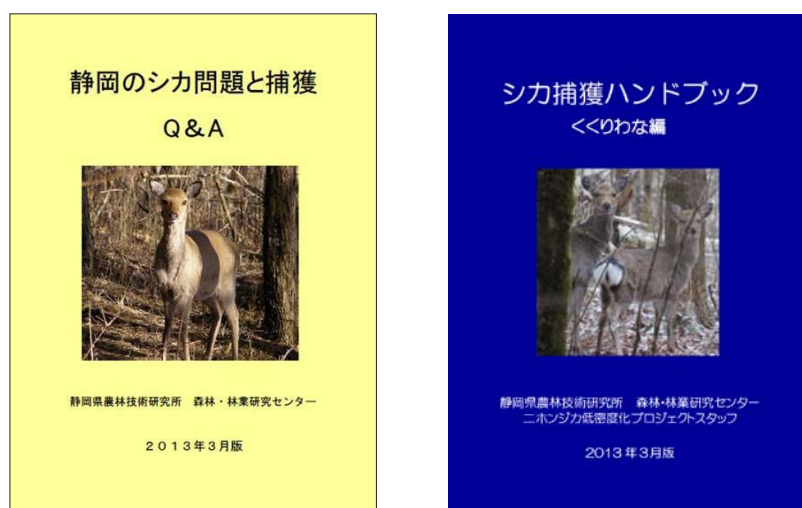
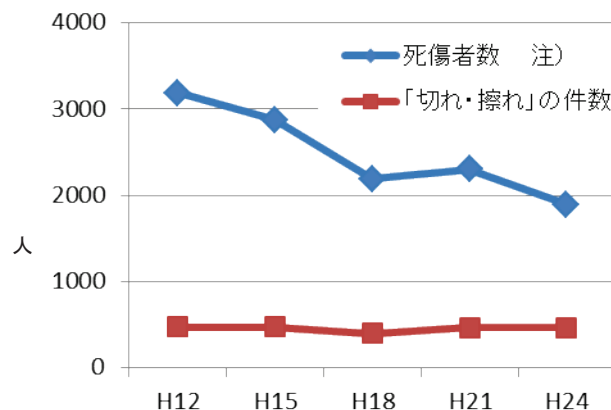


図5 「静岡のシカ問題と捕獲Q&A」(左)と「シカ捕獲ハンドブック くくりわな編」(右)

チェーンソー用防護服が事業体経営を護ります

1. 現状と課題

林業労働災害の発生件数は10年間で約3割減少しましたが、チェーンソーによる切創災害数は年間400～500件もあって減少していません。平成20年には、チェーンソー作業における防護服の着用が努力義務となりました。防護服に災害防止効果があることは明らかなですが、林業事業体の経営面から見た防護服導入の効果は不明でした。そこで、防護服導入による事業体経営的な効果を明らかにし、現場への積極的な防護服導入を促すために、災害発生が事業体にもたらす人的損害、物的損害、生産損失などのコスト(災害コスト)を試算しました。



注) 死傷者数のうち負傷者数は休業4日以上の数
「切れ・擦れ」の9割以上がチェーンソー作業中に発生

図1 林業労働災害の概要

2. 技術開発の内容

2.1 防護服購入・支給経費は事業体の負担にならない

チェーンソーによる切創災害の発生確率や休業日数を求め、防護服を使用しないときの災害コストを試算しました。切創災害が発生すると罹災した作業者の救護や様々な事務手続きなどの災害コスト(図2)が必要です。平均すると1人あたり1年間に見込まれる災害コストは16,000～19,000円にも達します。

防護服を使用していれば、チェーンソーによる切創災害の約6割を防げることが、これまでの研究でわかっています。つまり防護服を常時着用していれば、1人あたりの年間災害コスト16,000～19,000円の6割ですから、約1万円の災害コストを削減できることになります。

防護服1着の価格は15,000～35,000円程度ですが、防護服は約2年で更新するので、防護服の年間購入経費は約1万円で済むことになります。したがって、作業者に防護服を支給したとしても、防護服を着用することで災害コストが1万円削減できるので、防護服の購入経費は相殺され、事業体にとって追加的な負担にはならないことがわかります。

人件費

被災者の救助、搬送
代替作業者
調査、記録
官庁、病院等の連絡、折衝等
災害発生現場の整理、復旧等
見舞い、付き添い等
保険請求
機械・機具類の損傷、復旧費
死亡災害発生時の経費
休業補償

16,000 ～
19,000 円/
人年



図2 防護服を使用しない場合の災害コストの見込み額

図3 いろいろな防護服

2.2 事業体にもたらす経営上の効果

災害コストには図2に示したもののほかに、伐採等の生産作業の停止、再発防止のための経費も必要であり、社会的信用も低下するなど様々な損失が生じます。事業体が雇用する作業者の人数や作業内容などによって予想される災害コストは変わりますが、作業者数20名程度の事業体で試算すると、防護服を着用しなければ生産損失と再発防止経費の合計は最大で8,000円/年人程度と見込まれました。こうした災害コストも防護服の着用で大幅に削減できる可能性があります。条件により、期待される効果は以下の通りです。

作業者数が多い事業体 → 再発防止経費を抑制する効果
(人が多いほど事業体単位の災害発生頻度が高い)
作業者数が少ない事業体 → 作業中断による事業収入への影響を小さくする効果
(代わりの要員を確保しにくい)
伐木、造材作業の多い事業体 → 事業体全体の災害コストを大きく下げる効果
(災害コスト全体に占める、伐木、造材作業の割合がもともと高い)
高齢者、新規就労者の多い事業体 → 災害数発生率を大きく下げる効果
(高齢者、技術の未熟な作業者は災害を起こしやすい)

2.3 これからの安全対策のありかた

チェーンソー用防護服の着用によって災害が減少し、生産事業が安定すれば、事業体の経営も安定します。災害コストが減少すれば、安全対策を行う経営的余力も出ます。これまでの我が国の林業では、安全対策への投資を躊躇して危険な現場で災害が繰り返され、災害コストが安全対策費を圧迫して安全対策が遅れるという悪循環があったかもしれません。しかし、事業体には、災害が起きにくい、安心して働ける職場環境作りに努める義務があります。

安全対策として、防護服をはじめとする防護用品に投資し、災害コストを削減して安全対策に投資できる余裕を生む好循環を作り出すことが、これからの林業経営に必要です。

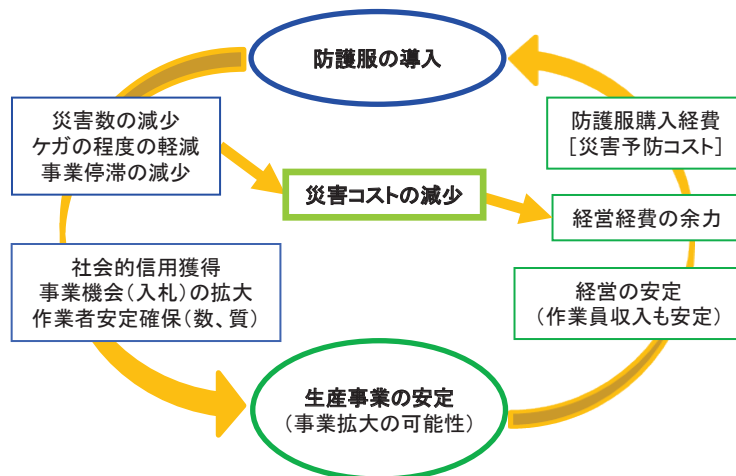


図4 防護服導入により期待される効果の循環

3. 期待される効果と普及の対象

この成果は、防護服の導入が作業者の災害数を減少させるだけでなく、事業体の災害コストも減少させる大きな可能性を示しています。行政や関係団体が林業労働災害を減少させる指導や啓発活動を行う場合に、これまでチェーンソー用防護服を導入していない事業体に対して、防護服導入を推奨する根拠としてこの成果を活用できます。

なお、本研究は、JSPS科研費 23580221「チェーンソー用防護服導入がもたらす事業体経営への効果」の助成を受けて行いました。

高精度DEMを使った路線選定プログラム

1. 現状と課題

林道、林業専用道、森林作業道からなる森林路網を整備して、木材搬出を低コスト化し、林業の活性化をはかる取り組みが進められていますが、そのためには森林路網の作設費を縮減する必要があります。林野庁が平成22年に制定した「林業専用道作設指針」では、林業専用道は、土による構造物を原則とし、切土高、盛土高は極力抑えること、また切土、盛土の土工量の均衡かつ最小化に努めることを求めています。しかし、土工量は地形や道の縦断勾配によって変化するため、地形を考慮して路線選定ができるような支援ツールが求められていました。



図1 施工中の林道

2. 技術開発の内容

2.1 高精度DEM

近年、航空レーザ測量による高精度のDEM(数値地形モデル)が入手できるようになってきました。図2は筑波山周辺のもので、2mの格子間隔で標高が与えられています。山腹を走る道の形状まで記録されていることがわかります。この高精度DEMを使って土工量を計算しながら、対話的に路線選定を行うソフトウェアを開発しました。

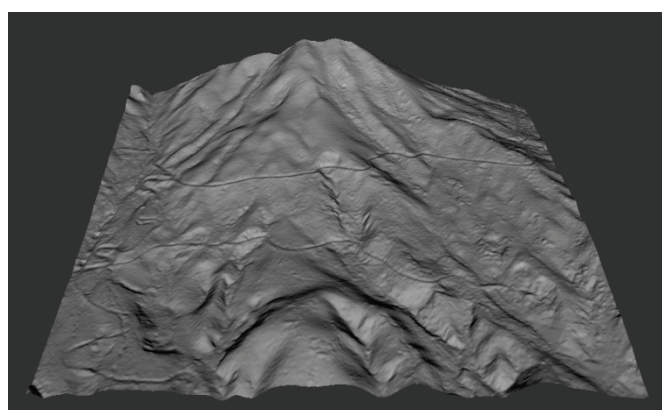


図2 高精度DEM

2.2 土工量の計算方法

林道は直線とカーブの組み合わせで作られています。2つの直線の交点をI.P点といいます。このI.P点の位置を決めることで路線選定を行います。決定したI.P点に対して適切な半径の円曲線をあてはめて曲線部を作ります。

プログラムはバイナリ補間法という方法を使って、2mメッシュの地形情報を数十cm程度にまで分解します。その上で、道の幅、盛土・切土の勾配といった横断面の情報をを使って、土工量を算定していきます(図3)。いわば、地形を細かな積み木に見立てて、切土の部分の積み木を取り除き、盛土の部分に積み木を乗せ、動かした積み木を数えるというイメージです。

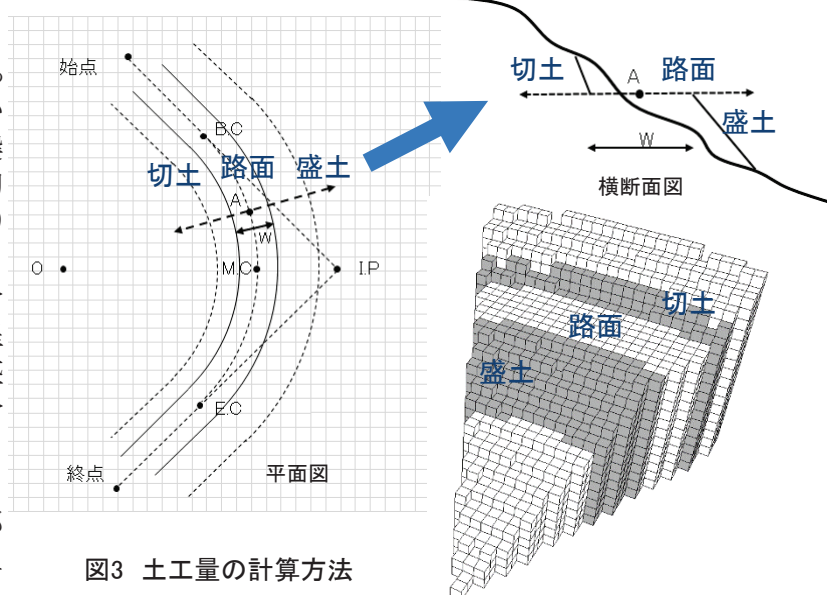


図3 土工量の計算方法

2.3 土工量の計算例

開発したソフトウェアを使って、尾根を走る路線の土工量を条件を変えて計算した例を図4-6に示します。等高線の間隔は2mで、起点と終点を同じ等高線の上にとり、路面の高さも起点、終点と同じ、つまり平らな勾配の道とします。図4ではI.P点を一つ外側の等高線上にとりました。半径30mの円曲線をあてはめて、土工量を計算しました。計算結果は、4段階の濃淡であらわされていて、黒が切土のり面、濃いグレーが切土による路面、グレーが盛土による路面、薄いグレーが盛土のり面です。土工量の合計は750m³で、図中右上の横断面図に示すように、切土ばかりの道となってしまいました。

図5ではI.Pを矢印のように曲線の外側に動かしました。動かしすぎたのか、今度は盛土ばかりの道となりました。土工量も923m³と大きくなっています。

I.Pを両者の中間の位置に移したのが図6です。今度は切土と盛土が、同時にあらわれる道となり、土工量の合計は、417m³と小さくなりました。

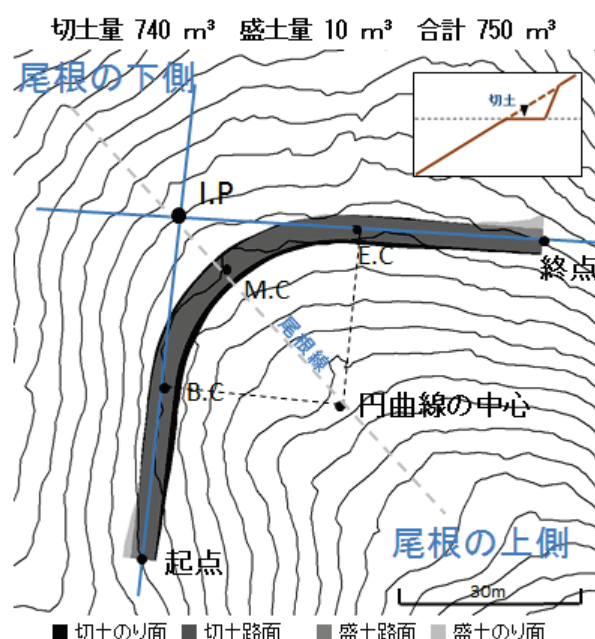


図4 切土を中心とした路線

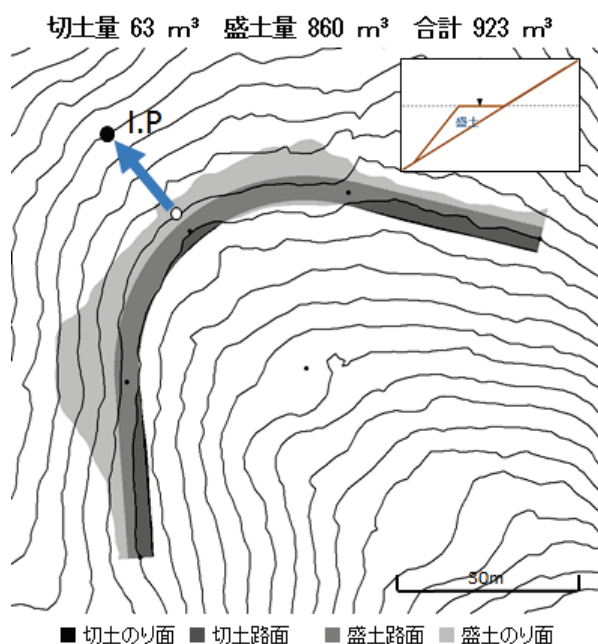


図5 盛土を中心とした路線

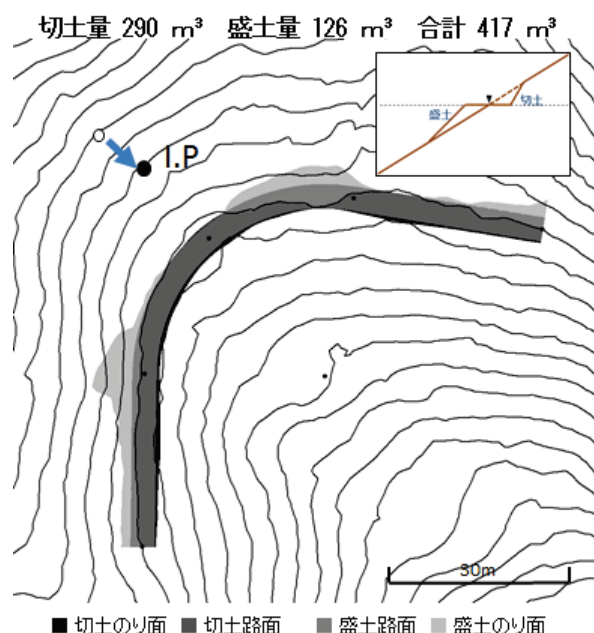


図6 切土・盛土を使った路線

3. 期待される効果と普及の対象

開発したプログラムを使うことで、地図上で選定した路線の概略の土工量を推定できるばかりでなく、I.Pの位置や他の条件の変化が土工量に与える影響を定量的、視覚的に把握することができるようになりました。本プログラムは森林土木技術者が、土工量が少なく、かつ、切土や盛土のバランスがとれ、より低コストの路線選定を実現するためのツールとして活用できます。

過去の写真から山地崩壊発生の前兆をつかむ

1. 現状と課題

近年、全国各地で深層崩壊の発生が目立ちます。深層崩壊はこれまでも発生していましたが、表層崩壊に比べて発生数は少なかったため、危険性の評価手法が確立されていませんでした。最近の研究で、深層崩壊の多くは、山体の重みによって岩盤が緩んだ場所から発生することがわかってきました。しかし、斜面の変形は非常にゆっくりと進行するため、短期間の観測で実態を把握することは困難です。そこで、本研究では年代別の空中写真や衛星データを使って、崩壊が発生した斜面の変化過程を分析し、崩壊の前兆現象を見いだしました。

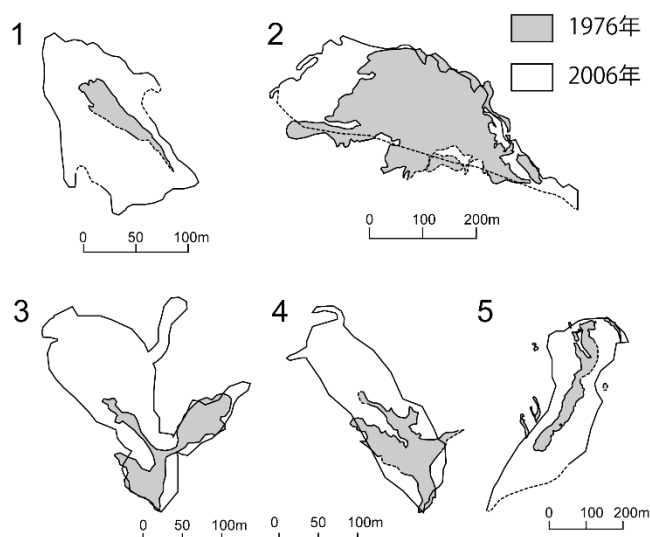


図1 新たな発生や拡大がみられた崩壊地の1976年（灰色）から2006年（白色）にかけての形態変化

2. 技術開発の内容

2.1 年代別空中写真から崩壊の発生様式を分析する

研究の舞台は多くの大規模崩壊が見られる、静岡県の大井川中流域です。この中から過去60年間に10ha以上の拡大が見られた5箇所の崩壊地について、できるだけ多くの空中写真と衛星データを収集し、斜面が変化の様子を解析しました。その結果、5箇所の崩壊地は全て、古くから存在していた、より小規模な崩壊地が拡大してできたことがわかりました(図1)。

そのうちの3つの崩壊地の年代別写真を図2に例示しました。全ての斜面で赤色矢印で示した先行崩壊地が確認できます。その多くは、現在の崩壊地に比べるとずっと小さなものですが、崩壊地2では、1948年の段階ですでに大規模な崩壊が見られます。崩壊地2は1908年の測量で作成された地形図では、今よりも1kmも斜面の下方に小さな崩壊地として記載されています(図3)。このことから、この崩壊地が100年以上の時間をかけて1km以上も崖が後退し、現在見られるような大規模な崩壊地にまで拡大したことがわかります。

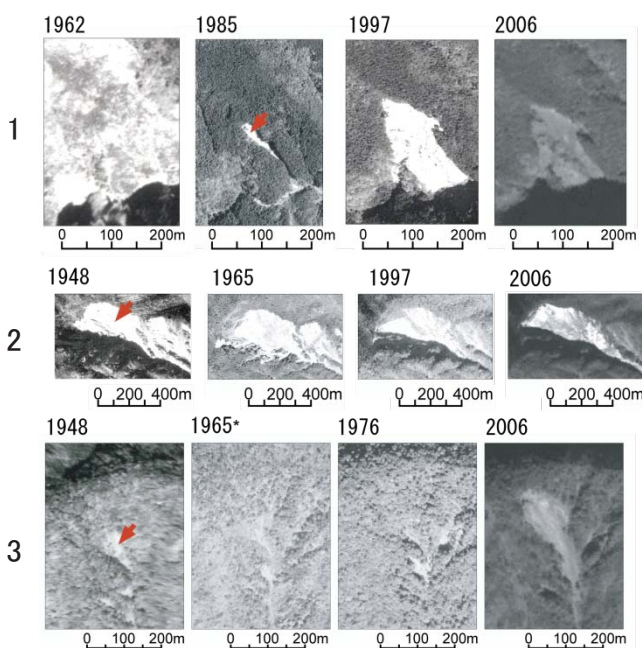


図2 崩壊地1～3の年代別空中写真と衛星画像

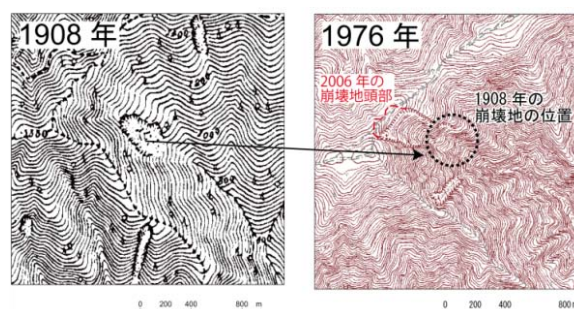


図3 1908年と1976年地形図に記載された崩壊地2

2.2 崩壊地の動態をモニタリングする

現在見られる崩壊地の多くが、以前あった崩壊地の拡大によって形成されたということは、現在の崩壊地の中から、今後も拡大し続けそうな、活動的な崩壊地を探し出すことが防災上重要になることを意味しています。そのためには、現在の崩壊地の背後斜面を観察して、拡大の兆候があるかどうかを監視することが鍵になります。

先ほどの崩壊地2の周辺を詳しく調べたところ、崩壊地背後の稜線部に亀裂が発生しており、その幅が年間10cm程度のスピードで広がっていることがわかりました(図4の矢印)。この亀裂を境にして下側の地盤が崩壊地側にずり落ちているために、稜線部では倒木も発生しています(図5の矢印)。図6は現在倒木が見られる稜線付近の森林内で1999年に撮影されたものです。この段階で稜線付近にはすでに亀裂が発生し、下側の地盤の上の樹木が傾動していることがわかります。当時の空中写真では、この付近に筋状の樹木の隙間が見られますが、それはこのような亀裂沿いに発生した樹木の傾動を反映していると考えられます。

大井川流域の場合、現在見られる崩壊地の背後に亀裂や傾斜木があるような場所では、将来の大規模な崩壊につながる可能性が疑われます。詳しい調査をして、崩壊の危険性を見極める必要があります。



図4 崩壊地2の背後の稜線に発生した亀裂



図5 崩壊地2の背後の稜線に見られる倒木



図6 1999年の写真に見られる亀裂と傾斜木

2.3 深層崩壊の地域的な多様性

深層崩壊の起こり方は、山地の地形や地質条件によって変化します。大井川流域では岩盤が多くの断層によって破碎されていることが拡大型の崩壊が多いことと関係していると考えられるので、同様の地質条件の山地であれば、拡大崩壊に注目することは非常に有効と考えられます。しかし、2011年に紀伊山地で発生した深層崩壊の中には、比較的緩傾斜な尾根が突然滑り出すように発生するなど予測が難しいものも多くありました。このように、ひとくちに深層崩壊といっても様々なケースがあり、その予測においても多くの課題が残されているのが現状です。

3. 期待される効果と普及の対象

本研究の結果は崩壊発生の予測にはそれぞれの山地の個性を見極め、過去の歴史に学ぶことが重要です。わが国では、戦後すぐに撮影された米軍写真や1960年代から撮影が続いている国土地理院や林野庁の空中写真など、多量の空中写真が蓄積され、山地の変化過程を詳しく解析できます。このような、データが利用できる国は世界でも非常に珍しく、空中写真は国土の変遷を記録した貴重なタイムカプセルです。現在、全国各地で住民参加型の防災対策が活発化していますが、そのような場で過去の空中写真を積極的に活用し、地域の山地の歴史と特性について住民自らが理解を深めることが出来れば、よりの確な防災対策につながると考えます。

膨大な木材の強度データを活用するには？

1. 現状と課題

木材の強度は、安全な木造建築物を設計する上で重要で、いろいろなデータが蓄積されてきました。しかし、節などの欠点のない小さな試験体（無欠点小試験体）、製材品、ラミナ（集成材を構成する厚さ5cm以下のひき板）といった材料ごとに評価されたデータは、それぞれの利用目的に沿ったものに限定され、幅広い活用は難しいのが実情でした。

蓄積された膨大な木材の強度データを活用するには、樹種、採材場所、寸法、加工方法などによって異なる強度データを統合して、一元的に分析・管理するためのデータベースの構築が不可欠でした。そこで、無欠点小試験体、製材品、ラミナにそれぞれ対応した強度データベースを整備した上で、これらを統合するシステムについて検討しました。

2. 技術開発の内容

2.1 無欠点小試験体の強度データベース

無欠点小試験体の強度は、木材の強度を知る上で最も基本的なデータで、過去に蓄積された膨大なデータをどのようにデータベース化するかが課題でした。また、原材料は丸太なのか製材品なのか、どの位置から採取したかなどの材料の履歴を関連付ける必要がありました。こうした課題を踏まえ、過去のデータを電子化し「無欠点小試験体の強度データベース」を構築しました。

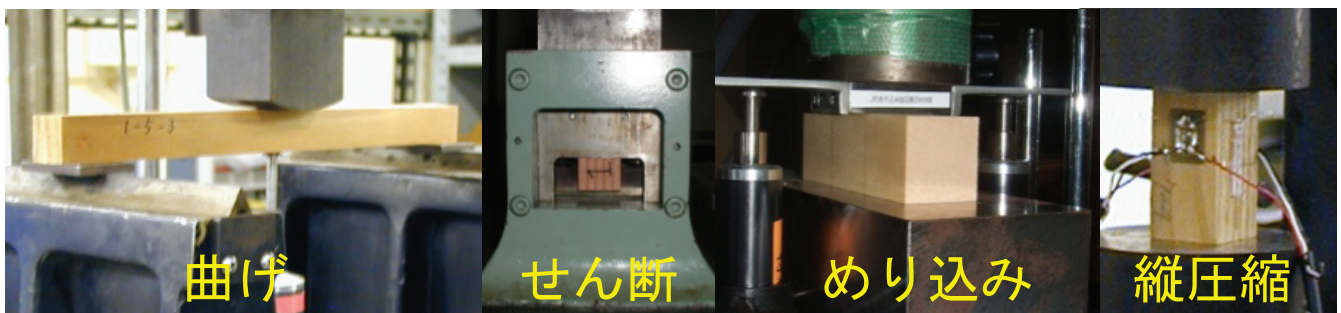


図1 無欠点小試験体の様々な強度試験の様子
これらのデータを原材料情報などと関連付けしたシステムが、無欠点小試験体のデータベースです。

2.2 製材品の強度データベース

「製材品の強度データベース」は、全国の公設試験研究機関の協力を得ながら1997年より開発に着手しています。検討を進める中で、人工乾燥やインサイジング処理などの加工条件が強度低下に影響する可能性があることが次第に明らかになり、製材品の強度と加工条件を関連付けする必要性も出てきたことから、それらの加工条件をデータベースに組み込みました。



図2 製材品の様々な加工条件の例
（左：インサイジング処理）
保存薬剤が木材に入りやすいように、刃物等で表面を処理すること。
（右：人工乾燥の様子）
蒸気や電気等を用いて木材を人工的に乾燥すること。

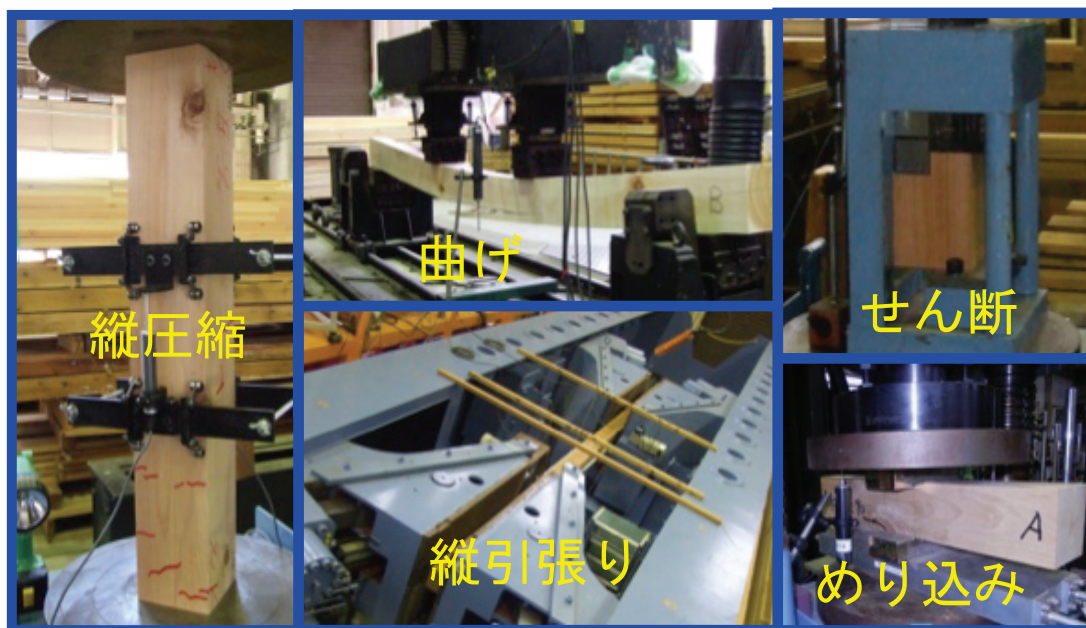


図3 製材品の様々な強度試験の様子
これらのデータと製材品の加工条件とを関連付けしたシステムが、製材品の強度データベースです。

2.3 ラミナの強度データベース

集成材の強度評価では、集成材を構成するラミナの強度特性とラミナのフィンガージョイントの加工条件が重要です。フィンガージョイントの加工条件は、フィンガーの形や接着条件が強度データとして重要で、こうした点を踏まえて構築したのが「ラミナの強度データベース」です。

2.4 木材の強度データベース

構築した3つの強度データベースには、共有可能な項目が数多くあり、それらを関連付けして統合し相互利用できるようになれば、活用の幅が広がります。こうして3つのデータベースを統合するシステムが「木材の強度データベース」です。

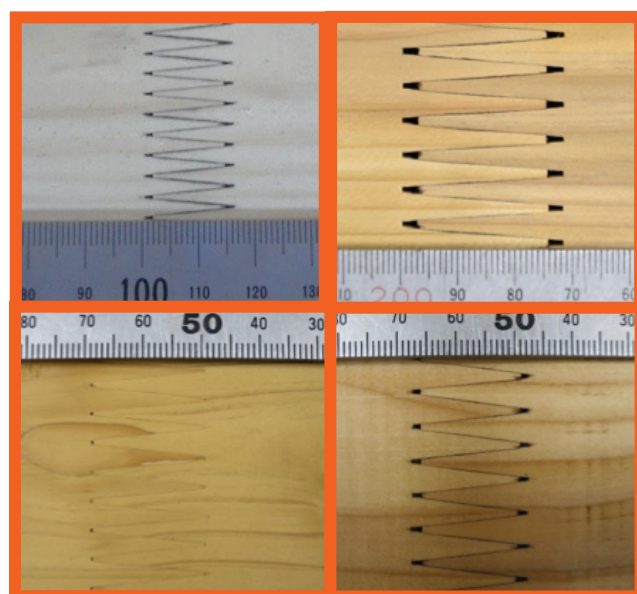


図4 様々なフィンガージョイントの例
フィンガーの形状や接着剤が違います。

3. 期待される効果と普及の対象

開発したデータベースを用いて得られた解析結果は、ホームページで随時公開したり、データ集として取りまとめたりしています。樹種による違いや、柱やはりの断面の大きさが強度に及ぼす影響の解明はその一例です。また、蓄積されたデータは、日本農林規格(JAS)等の改訂に関する技術資料にも反映されています。更に、中国の建築基準法といわれる「木構造設計規範」の改訂の際にも活用され、日本の木材輸出に向けた取組みにも活用されています。

スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害材の 土木資材等への利用

1. 現状と課題

神奈川県ではスギノアカネトラカミキリ(図1)によるスギ・ヒノキの材質劣化被害(図2)が発生している地域があります。この地域では被害の防止対策に加え、被害材を利活用するための技術開発が課題となっています。そこで本研究では、被害材の土木資材等への利用促進を目的として、製材した丸太杭の外見上の被害と強度性能との関係を把握し、野外に1年及び3年暴露したうえで実大強度試験を実施しました。



図1 スギノアカネトラカミキリ成虫



図2 幼虫食害痕の周辺で発生した変色と腐朽

2. 技術開発の内容

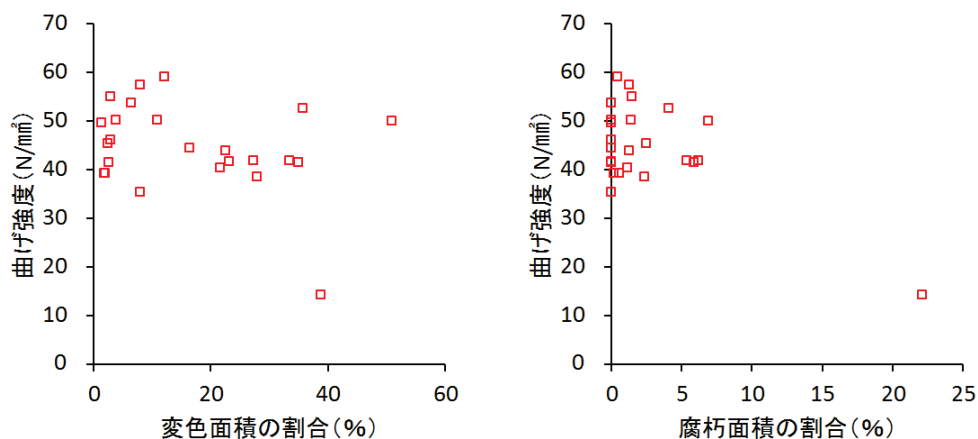
2.1 外見上の被害と強度性能

被害材を製材すると、幼虫の食害痕や変色・腐朽部位が現れます。軽微な被害であれば土木資材として問題なく利用できると考えられますが、具体的にどれぐらいの被害であれば利用に適しているかが分かりませんでした。そこで、野外暴露前のスギ丸太杭(直径9cm、長さ150cm)を対象に、外見で見分けられる変色面積及び腐朽面積の割合と実大強度試験(図3)による曲げ強度との関係を調べました。



図3 実大強度試験の様子

この結果、強度の低下が生じるのは腐朽面積の割合が2割を超えた場合のみでした(図4)。変色面積の割合が大きくなっても強度が低下する傾向は見られなかったため、強度低下には腐朽面積の割合が強く関与するといえそうです。安全を見て、概ね食害痕の数15箇所、変色面積の割合40%、腐朽面積の割合10%を基準として、これらをすべて下回っている丸太杭は、土木資材として問題なく利用できそうです。



2.2 被害材の耐久性と強度性能

次に、被害材の耐久性を調べるため、直径9cm、長さ150cmの丸太杭の先端から85cmまでを地中に打ち込む野外暴露試験を各試験区15本ずつ行い(図5)、暴露1年および3年後と暴露前(暴露0年)の丸太杭の実大強度試験を行いました。その結果、樹種の違いでは強度差があり、ACQ防腐処理を行わないと3年程度の暴露で強度低下が生じましたが、被害のあり・なしでは差がありませんでした(図6)。このように、被害材は健全材と比べて、耐久性、強度ともに遜色ないことが分かりました。なお、今回はスギ被害材の各試験区に2.1のいずれかの基準を上回る丸太杭が1〜3本含まれましたが、いずれも目立った強度低下は生じませんでした。



図5 野外暴露試験の状況

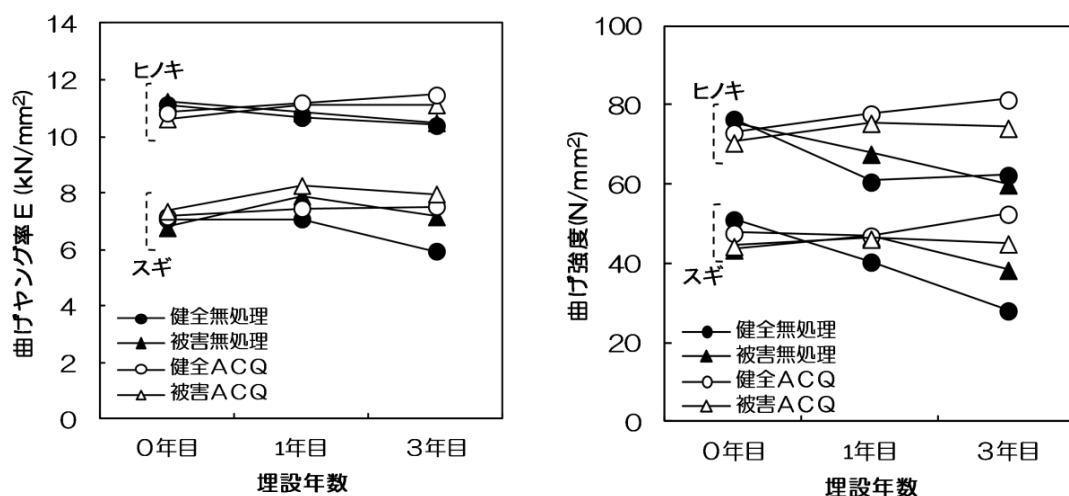


図6 埋設年数と曲げヤング率(左)および曲げ強度(右)

樹種の違いで強度に差が生じる一方、スギアカネトラカミキリによる被害のあり・なしでは材の強度変化に違いがないことが分かる。ACQ防腐処理により強度が維持される。

3. 期待される効果と普及の対象

以上の研究成果に基づき、本県の被害材利用の取り組みをまとめて利用促進を図るためのパンフレットを作成しました(図7)。このパンフレットは県内の森林組合等の森林・林業関係者に配布し、併せて当センター研究連携課のホームページにも掲載し、自由に閲覧・ダウンロードできるようにしました(<http://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/tebiki/kamikiri.pdf>)。

本研究の成果は、被害材利用の行政施策や県有林における被害林分の経営・管理方針の検討、普及職員による被害材利用の相談対応などに活用されています。

図7 スギノアカネトラカミキリ被害材の利用促進パンフレット



これからの低コスト造林の基本は 成長の優れた苗木の選択から

1. 現状と課題

平成25年5月に森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法(以下、「間伐等特措法」という。)が改正され、森林吸収源対策として間伐促進の措置を延長するとともに、今後の伐期を迎える森林の更新に用いる成長に優れた種苗(苗木)の普及を支援する措置が新たに追加されました。また、国内産の木材が外国産の木材と価格競争している現状においては、持続可能な林業経営を行うために造林コストを低減させることが重要です。このためにも、植栽にあたっては成長に優れた苗木を選択することが基本といえます。

2. 技術開発の内容

2.1 精英樹選抜から集団林の造成へ

昭和29年度から、森林資源の量的、質的向上を目的に林木の遺伝的改良を行うための精英樹選抜育種事業が開始され、全国の人工林(一部は天然林)から成長が良く、かつ通直性等の素性が良い個体(第1世代精英樹)を約9,000系統(スギ約3,600系統、ヒノキ約940系統など)選抜しました(図1)。昭和39年以降は、当該精英樹が遺伝的に優れているかどうかの評価を行うため、さし木またはつぎ木によって精英樹のクローンを増殖して採種穂園を造成し、ここから得られた実生苗やさし木苗を利用して約2,000箇所の検定林を造成しました。検定林での成長形質等の調査結果から、それらの形質の成績が上位である優良な精英樹を特定しました。



図1 精英樹高萩6号

2.2 エリートツリーの選抜

昭和55年からは、優良な精英樹同士で人工交配を行い、種子採集、まき付け、そして育苗し、これらの実生苗を植栽して育種集団林を造成する育種集団林造成プロジェクトが開始されました(図2)。成長した育種集団林において、成長が特に優良で、材の剛性、幹の通直性にも優れている個体を選抜後、雄花着花量も調査し着花量が少ない個体をエリートツリー(第2世代精英樹)として決定しています。

エリートツリーの選抜は平成24年度から始まり、25年度末までにスギ268系統、ヒノキ50系統を開発しています(図3)。今後も採種園等における遺伝的多様性を確保する観点から、平成28年度までにスギ約500系統、ヒノキ約200系統を開発する予定です。



図2 造成した集団林(白枠内)



スギ林育2-190 (関東育種基本区)
15年次樹高13.5m, 胸高直径21.5cm



ヒノキ西育2-31 (関西育種基本区)
34年次樹高17m, 胸高直径32cm



スギ九育2-18 (九州育種基本区)
45年次樹高21m, 胸高直径31cm

図3 選抜したエリートツリー

なお、エリートツリーは従来の苗木より成長が早いことを踏まえ、エリートツリー同士で人工交配を行い採取した種子をコンテナにまき付けたり(図4)、さし木苗を植栽した試験地を造成する等、エリートツリーの育苗方法や育林方法に関する研究(図5)にも取り組んでいます。



図4 コンテナを利用したエリートツリー育苗試験



図5 エリートツリーさし木植栽試験地

2.3 森林吸収源対策への貢献等

改正された間伐等特措法では、農林水産大臣が成長等特に優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木を「特定母樹」として指定し、その増殖・普及を図ることにより森林のCO₂吸収能力を強化することとされ、平成25年度に農林水産大臣が指定した特定母樹53のうち47がエリートツリーとなっています。

また、エリートツリーの優れた成長については、その採種園・採穂園の種穂から生産したスギ苗木を植栽した場合、成長に伴う材積の増加速度が従来のものより大きいと推定され、実生苗では約40年、さし木苗では約30年で従来の苗木による伐期50年とほぼ同程度の林分材積になると試算しています。

3. 期待される効果と普及の対象

エリートツリーや特定母樹は、従来の種苗に比べて成長が特に優れているため、森林吸収源対策と下刈り回数、植栽本数の削減などによる低コスト造林への貢献が期待されます。また、その他の特性として材質の剛性にも優れ、花粉も少ないという特徴もあり、良質な材の供給や花粉症を低減する効果も期待されています。

今後は、採種穂園の造成を進めるとともに、開発品種のパフレット等の活用により、苗木の生産者や森林所有者等のエンドユーザーに普及を図ることを考えています。



図6 開発品種のパフレット

遺伝子と形態からサクラ栽培品種を見分けて 正しく管理しましょう

1. 現状と課題

日本には約10種の野生のサクラが自生していますが、日本人は古くから、様々な栽培品種を育成してサクラを観賞してきました。栽培品種は接ぎ木などによってクローン増殖し、代々受け継がれてきましたが、長い年月の間には継承の間違いもあり、系統品種には多くの混乱が生じていました。

そこで、多摩森林科学園などに収集されている多数のサクラ栽培品種を対象として、花の形などの外部形態に加えて、遺伝子型の解析に基づいて、サクラ品種の再分類を行いました。これを機に、サクラ品種のさまざまな特徴をデータベース化し、多くの方々にサクラを楽しんでいただけるよう解説冊子を作成しました。



図1 解説冊子「桜の新しい系統保全」
(森林総合研究所HPからダウンロードできます)

2. 技術開発の内容

2.1 遺伝子解析と形態解析により正確な 識別と再分類が可能になりました

多摩森林科学園のサクラ保存林のほかに、国立遺伝学研究所や新宿御苑に植栽されている栽培品種の個体を加えた計1,479個体について、識別能力の高い遺伝子マーカーを用いてDNA分析を行った結果、222クローン、215栽培品種にまとめられました。

結果の事例をいくつか示すと、染井吉野(そめいよしの)や八重紅枝垂(やえべにしだれ)は、分析対象中のどの個体も遺伝子型は同一で、各栽培品種の起源はひとつであると考えられました。一方、枝垂桜(しだれざくら)、寒桜(かんざくら)、奈良の八重桜(ならのやえざくら)などでは、それぞれの中に複数の遺伝子型が見られ、各栽培品種の起源が複数あると推測されました。また、江戸(えど)、糸括(いとくり)、大手毬(おおてまり)、八重紅虎の尾(やえべにとらのお)は、長い間別名で継承されてきましたが、遺伝子型に差がなく、形態もよく似ているので、起源が同じものと判明しました。このように、遺伝子型を用いた正確なクローン識別による再分類がなされました。



図2 識別結果の事例
上段: 単一起源の栽培品種。左: 染井吉野、右: 八重紅枝垂
中段: 複数起源の栽培品種。左: 寒桜、右: 奈良の八重桜
下段: 別名であったが同一であると確定した栽培品種。
A: 江戸、B: 糸括、C: 大手毬、D: 八重紅虎の尾

2. 2 系統・個体の管理をきちんと行うことから、栽培品種の管理を始めましょう

多摩森林科学園では、1960年代からサクラの栽培品種の収集を始め、「どこから何という呼び名で導入されたか」を記録して、系統管理を行ってきました。同じ呼び名であっても導入元が異なると別物の可能性があったからです。

図3は解説冊子「桜の新しい系統保全」の中の「桜解説」のページですが、左の列を見ると、「安行の大提灯」と「三島の千里香」は同じものであり、「有明」という栽培品種だったという結果が示されています。また左の列と右の列を見ると、同じ「千里香」と呼ばれていたのに、「三島の千里香」は「有明」、「神代の千里香」は「駿河台句」、という異なる栽培品種だったことが示されています。今後は正しい品種名で整理されるべきですが、名称のみで安心せずに、由来を考慮した系統・個体を管理する必要があります。

森林総合研究所では、今回の技術を用いて、全国の主要なサクラ集植所に対象を広げ、重要な系統の遺伝子解析と形態解析を継続しています。正確な識別・分類がなされた系統・個体にきちんとラベルをつけて管理することにより、今後の正しいサクラ栽培品種の管理が始まります。

今回の技術開発の詳細な結果は、冊子「桜の新しい系統保全」(図1)や多摩森林科学園の「サクラデータベース」(図4)をご覧ください。

‘有明’ ありあけ
Cerasus Sato-zakura Group ‘Candida’
サトザクラの栽培品種。花は薄い淡紅色で大輪半八重咲き。花には芳香がある。京都で栽培される「有明」とは異なるので、「関東有明」とも呼ばれる。

安行の大提灯 あんぎょうのおおちょうちん
②ヤマザクラ×オオシマザクラ ③‘有明’ ④安行見本園 埼玉県川口市 ⑤荒川堤にあった大提灯と考えられる栽培品種は‘有明’ ⑥晩春 ⑦中央19

三島の千里香 みしまのせんりこう



②ヤマザクラ×オオシマザクラ ③‘有明’ ④遺伝学研究所 静岡県三島市 ⑤荒川堤にあった千里香大提灯と考えられる栽培品種は‘有明’ ⑥晩春 ⑦中央H9

‘駿河台句’ するがだいにおい
Cerasus Sato-zakura Group ‘Sunugadai-odori’
サトザクラの栽培品種。花は白色で半八重咲き。花に桜餅と同じクマリンの香り。和名は駿河台の屋敷にあったことから。

神代の上句 じんだいのじょうにおい
②ヤマザクラ×オオシマザクラ ③‘駿河台句’ ④神代植物公園 東京都調布市 ⑤上句として導入されたが何らかの間違いと考えられる ⑥晩春 ⑦中央H8

神代の駿河台句 じんだいのするがだいにおい
②ヤマザクラ×オオシマザクラ ③‘駿河台句’ ④神代植物公園 東京都調布市 ⑤神代周辺は東京都の苗木生産の中心地であった ⑥晩春 ⑦西C8

神代の千里香 じんだいのせんりこう
②ヤマザクラ×オオシマザクラ ③‘駿河

台句’ ④神代植物公園 東京都調布市 ⑤千里香の名称で導入されたが栽培品種は‘駿河台句’ ⑥晩春 ⑦中央H9

八柱の滝句 やばしらのたきにおい



②ヤマザクラ×オオシマザクラ ③‘駿河台句’ ④八柱霊園 千葉県松戸市 ⑤滝句として導入された 荒川堤の滝句との関係は不明 ⑥晩春 ⑦西D10

図3 解説冊子「桜の新しい系統保全」における桜解説のページ例



図4 多摩森林科学園サクラデータベース
(<http://db1.ffpri-tmk.affrc.go.jp/sakura/home.php>)

3. 期待される効果と普及の対象

多摩森林科学園(および国立遺伝学研究所、新宿御苑)の植栽個体を対象として開発されたサクラ栽培品種の正確な識別と再分類の手法と主な結果は、解説冊子「桜の新しい系統保全」により全国の主要な植物園やサクラの集植所などに届けられています。また、今回の技術開発をもとにして、森林総研の研究チームにより、全国の主要な集植所の個体の具体的な調査が継続して実行されつつあり、伝統的な栽培品種を今後適正に管理する体制が構築されます。

なお、本研究の一部は、森林総合研究所交付金プロジェクト「サクラの系統保全と活用に関する研究」により行われました。

開発担当機関: (独)森林総合研究所多摩森林科学園、森林遺伝研究領域、関西支所、森林微生物研究領域、企画部、北海道支所、九州支所、日本大学、住友林業、国立遺伝学研究所

「過去の林業新技術」技術一覧

下記の技術の詳細は、森林総合研究所ホームページから、ご覧になれます。

URL: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/shingijutu/index.html>

林業新技術2009

- ・サルを山に帰して被害を防止－「ニホンザルの追い上げマニュアル」を作成－
(森林総合研究所関西支所)
- ・クマの大量出没を予測して被害を軽減する－kumaDAS(クマダス)を開発－
(森林総合研究所)
- ・いつ、どう伐ればいいのか？－林業経営収支予測システム(FORCAS)を開発－
(森林総合研究所林業経営・政策研究領域他)
- ・花粉の少ない苗木を植える－少花粉スギ、ヒノキ及び無花粉のスギ品種の開発－
(森林総合研究所林木育種センター)
- ・スギの乾燥を進めよう－「乾燥材生産と利用のポイント」－
(森林総合研究所加工技術研究領域)

林業新技術2010

- ・マツノザイセンチュウのDNA情報を利用した簡易なマツ材線虫病診断法の開発
(森林総合研究所東北支所他)
- ・抵抗性クロマツをさし木でふやす－抵抗性の高い苗木を安く提供する苗生産システム－
(森林総合研究所九州育種場他3機関)
- ・里山資源の積極的利用で健康な次世代里山を再生する
(森林総合研究所関西支所)
- ・木製道路施設のメンテナンス－木製道路施設の耐久設計・維持管理指針の策定－
(森林総合研究所木材改質研究領域他)
- ・地域材を用いた新集成材の開発および評価－新JAS規格への貢献－
(森林総合研究所構造利用研究領域他)

林業新技術2011

- ・国産樹種のコンテナ育苗技術
(森林総合研究所林業工学研究領域)
- ・マツノザイセンチュウ抵抗性第二世代品種の開発
(森林総合研究所林木育種センター)
- ・おとり木トラップとハザードマップを組み合わせたナラ枯れ防除システム
(森林総合研究所他9機関)
- ・間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント
(森林総合研究所四国支所他)
- ・高齢者・障害者に配慮した木製福祉用具の開発
(森林総合研究所他1機関)
- ・放射線による被害を予測する－樹木への放射線の影響を解明－
(森林総合研究所生物工学研究領域)

林業新技術2012

- ・広葉樹林化を促進する誘導技術の開発 (森林総合研究所他10機関)
- ・富山県におけるナラ枯れ跡地の森林再生技術 (富山県農林水産総合技術センター森林研究所)
- ・スイングヤーダを使用した伐出作業の軽労・省力・安全化技術 (森林総合研究所林業工学研究領域)
- ・「安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル」が完成 (北海道立総合研究機構林産試験場他12機関)
- ・液状化対策としての木杭の利用 (森林総合研究所他4機関)
- ・現場施行を可能にする簡易な耐火集成材製造技術の開発 (森林総合研究所木材改質研究領域)
- ・未利用木質バイオマスを原料とした木粉・プラスチック複合材の高性能化 (森林総合研究所他4機関)
- ・未利用林地残材を原料とする空気質改善剤の開発 (森林総合研究所、日本かおり研究所(株))
- ・Q&A「森林と水の謎を解く」を公開 (森林総合研究所水土保持研究領域)
- ・林産物としてのシカ肉を衛生的に管理する (森林総合研究所北海道支所)
- ・スギカミキリ抵抗性品種の開発 (森林総合研究所林木育種センター)
- ・木酢液を用いたきのこ類のナメクジ食害防除法の開発 (長野県林業総合センター)
- ・海岸防災林の津波軽減効果を解明 (森林総合研究所他12機関)
- ・森林の放射性物質の分布を明らかに (森林総合研究所立地環境研究領域他)
- ・菌床栽培きのこへの放射性セシウムの移行低減技術の開発 (森林総合研究所、放射線医学総合研究所)

林業新技術2013

- ・造林未済地の把握と天然更新を利用した森林化 (北海道立総合研究機構林業試験場他5機関)
- ・再造林の低コスト化をいかに進めるか (森林総合研究所他4機関)
- ・間伐が水流出に及ぼす影響を明らかに (森林総合研究所、秋田県森林技術センター)
- ・森林作業道からの土砂流出抑制技術の開発 (森林総合研究所他2機関)
- ・森林用ドロップネットで効率よくシカを捕獲する (森林総合研究所他3機関)
- ・耐震性・施工性に優れた厚板耐力壁の開発 (奈良県森林技術センター)
- ・竹炭製品の吸放湿および結露防止効果 (鹿児島県工業技術センター)
- ・林地残材を原料とした木製単層トレイの量産化に成功！ (森林総合研究所、庄内鉄工株式会社)
- ・きのこ栽培に有用なLED照明法の開発 (森林総合研究所他8機関)



林業新技術2014

現場への普及に向けて

編集・発行

独立行政法人 森林総合研究所

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地

発行日 2014年(平成26年)8月25日

お問い合わせ先 研究情報科編集刊行係

TEL 029-829-8135

E-mail: kanko@ffpri.affrc.go.jp

* 本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

リサイクル適性(A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。