

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580192

研究課題名（和文） 上木伐採による損傷が下層広葉樹の成長と生残に与える影響の解明

研究課題名（英文） Logging damage of hardwood understory trees:
elucidation of its influence to growth and survival.

研究代表者

倉本 恵生（KURAMOTO SHIGEO）

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号：00353673

研究成果の概要（和文）：天然林の単木・樹群での伐採（択伐）と、人工林の間伐による、広葉樹下層木の損傷実態を解明した。また、損傷が下層木の生育に与える影響を解明するために、上木伐採で損傷した下層木の追跡調査と、木の大きさや光環境などを制御した損傷実験を行った。天然林択伐ではサイズの小さい下層木で損傷率・損傷強度が高く、損傷による成長と生残率低下が確認された。人工林間伐では伐採方式や使用機械と損傷率との関係を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Damage of understory hardwoods, following selection logging in natural forests and thinning in planted forests, was investigated. Influence of logging damage to growth and survival of understory trees was also elucidated from the census of damaged trees in actual logging sites, and from artificial damage experiments. For selection logging in natural forest, small understory trees showed higher damage in both probability and intensity. Damaged trees decreased growth and survival, compared of non-damaged trees. For thinning in plantation, damage of understory trees was related thinning regime and type of machine used in operation.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2010年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 2011年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,300,000 | 690,000 | 2,990,000 |

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：択伐・間伐・損傷・持続的管理

1. 研究開始当初の背景

(1) [非皆伐施業のリスクとしての伐採による下層木損傷] 択伐などの非皆伐施業は、様々な樹齢・大きさの木からなる樹群構造を作り出し、常に立木を残すことで、環境機能と木材生産を調和させ、持続的に収穫を行える利点を持っている。ただし、伐倒木の直撃

や搬出機械・搬出木の衝突によって下層木が損傷を受けやすい。伐採損傷の程度が大きい、あるいは、損傷が下層木の成長を低下させ死亡しやすくしているならば、林の構造多様性は低下し非皆伐施業の利点は損なわれる。実際に択伐天然林では、下層木本数の減少や樹種の減少が起きており、持続的な森林管理の

上で問題となっている。そのため、伐採損傷の実態解明と影響評価が求められる。

(2) [人工林施業でも問題となる広葉樹下木の損傷] 近年の人工林管理では強度間伐と部分的主伐による広葉樹導入が提唱されている。さらに、伐採の効率化のため高性能林業機械の導入がすすめられている。人工林内には広葉樹幼木が定着している場合がよくあり、伐採はすでに進入している広葉樹下木に損傷を与える可能性がある。このため天然林択伐施業だけでなく、人工林施業においても上木伐採による下木損傷の実態を明らかにする必要がある。

(3) [損傷が成長や生残に与える影響を解明する必要] 天然林択伐施業では、上木伐採にともなう下木の損傷実態が本研究連携研究者と代表研究者の先行研究で調べられている。それによれば、損傷木のほとんどは部分的に損傷を受けており、壊滅的な損傷を受けたものは一部にすぎない。施業による下層木の減少の要因としての下層木損傷の影響を明らかにするためには、部分的な損傷が成長を低下させ死亡しやすくしているかを解明しなくてはならない。上木の伐採は下木の光環境を不均質に変化させる、すなわち、ある下木には光があたるようになるが別の下木は暗いままである。このもとで伐採による損傷が加わるため、損傷の影響の評価には、光環境の違いも考慮する必要がある。また、実際の伐採現場では、個々の損傷木に対して、上木との位置関係などによる損傷の受けやすさと、損傷による成長・生残への影響の両者がかかっている。損傷の影響を確実に評価するには、実験操作によって損傷の影響だけを、損傷の受けやすさから分離して評価する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、まず実際の伐採による広葉樹下木の損傷実態を明らかにすることを目的とする。さらに、損傷が広葉樹下木の成長の低下や枯死につながるかを検証することを目的とする。

(1) 損傷実態の解明

先行研究の行われた天然林択伐施業では、損傷の発生割合・形態および強度が調べられている。伐倒時には上木の衝突によって樹冠の折損が主に発生する。伐倒木の搬出時には、搬出木や搬出機械の衝突によって幹の剥皮被害が主に発生する。これらの知見は通常の毎木調査の対象となる胸高直径5 cm以上の残立木について明らかにされたもので、損傷割合は約20%とされている。

本研究では、数林分で調べられている天然林択伐の被害実態について、さらに調査林分を増やして明らかにしていく。また、択伐の繰り返しによる下層小径木の減少との関係

を明らかにするため、直径5 cmよりも小さい幼木の損傷実態も明らかにしていく。

人工林の間伐作業については、天然林択伐作業と異なり伐倒作業も機械によって行われている場合が多い。このため、伐倒時の上木の倒れこみ衝撃は緩和されている可能性がある反面、伐倒木を機械で取りまわすため、取りまわし木自体や機体の衝突衝撃が残木にかかる可能性もある。また、伐採木が林内に散在する天然林伐採と違い、伐採を効率化するために列状の伐採方式がとられる場合が多い。こうした作業過程や伐採方式の違いを考慮しながら、人工林間伐での下層木損傷実態を明らかにする。

(2) 損傷の成長・生残への影響の解明

先行研究では天然林択伐の事例で、胸高直径5 cm以上の残木の約20%程度が損傷を受けることが判明しているが、そのほとんどは部分的な損傷である。したがって、上木伐採が下層木の減失につながることを検証するには、部分損傷した下層木の成長と生残を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、伐採による損傷を受けた下層木の追跡調査を行って、損傷と成長・生残の関係を明らかにする。ただし、実際の現場では、損傷木は様々な樹種・サイズからなり、これらの条件を揃えて損傷の有無や強度の影響を比較することは難しい。さらに光条件も個々の下層木で異なる。そのため、本研究では、光要求性の異なる幾つかの対象樹種を選び、サイズのばらつきを抑えた上で、光条件と損傷強度を操作した実験を設定する。これにより、伐採の際に変化する光条件のもとで、損傷が下層木の成長・生残に与える影響を明確に検証する。

3. 研究の方法

本研究は次の3段階の計画によって、伐採時損傷の実態と、損傷が下層木の成長・生残に与える影響を解明する。

(1) 伐採で実際に発生する損傷の実態を、1) 天然林の択伐施業と2) 人工林の間伐について明らかにする。天然林択伐については、新たな伐採現場において、先行研究の調査対象サイズより小さい下層木を中心に、先行研究を補完する調査を行う。人工林間伐においては実態が未解明であるため、高性能林業機械を導入した間伐現場での損傷発生実態について調査を行う。

(2) 伐採による下層木の損傷と、成長・生残の関係を明らかにする。7年前に択伐が行われた天然林の試験地で、通常の毎木調査の対象サイズである5 cm以上の立木、およびそれ以下の幼木のすべてについて、伐採時の損傷を克明に記録している。これらの調査木の再調査により、損傷と下層木の成長・生残との関係を明らかにする。また、択伐時の損傷

が記録されている天然林中で、1～7年経過後の成長・生残状況を調べ、サイズや損傷と成長・生残の関係を明らかにする。

(3) 損傷実験によって、損傷と成長低下・枯死との関連性を、損傷の受けやすさなどの要因から分離して検証する。施業現場では、伐採木との位置関係や上木と下層木の分布関係から個々の下層木によって損傷の受けやすさに違いがある。このため、現場での損傷と成長・生残の関係解析では、損傷の受けやすさと損傷の影響の受けやすさが結びついていて、損傷の影響が見えにくい可能性がある。一方、実際の施業林では、伐採によって下層木に光が到達する部分ができ、上木によって光が遮られた部分と光環境が大きく異なる。このため、下層木は上木の伐採によって損傷を受けるか受けないかだけでなく、光環境も同時に大きく変化する。したがって損傷の影響評価には、光環境の影響を組み入れる必要がある。また、森林には様々な樹種が生育しており、それぞれの樹種によって光の要求度(耐陰性)が異なる。耐陰性の低い樹種(生育に明るい環境を要求する樹種)にとっては、上木の伐採によって明るい環境ができれば、損傷を受けても成長は増加するかもしれない。逆に暗い環境のもとで損傷を受けてしまえばすぐに枯死してしまうかもしれない。耐陰性の高い樹種の場合は、むしろ強い光がストレスになる可能性もあるため、伐採により明るくなった環境で損傷を受けることがダメージになることも考えられる。そこで、耐陰性の異なる樹種を選び、光環境を変えながら、損傷を実験的に加え、成長を調査した。損傷は、伐倒時の上木の衝突によって生じやすい樹冠の折損と、伐木の搬出時に生じやすい幹の剥皮を再現した。

4. 研究成果

(1) 天然林択伐における下層木の損傷実態

択伐が実施された天然林試験地において、樹高1.3m以上の広葉樹下層木の伐採時の損傷を克明に記録し、またその翌年に起こった上木風倒の際の下木損傷も記録した。通常の毎木調査の対象となる胸高直径(DBH)5cm以上の残木の損傷率は直径クラスの大きいものまで含めて全体で20%程度であったが、それよりも小さい幼木では30%が損傷を受けていた(図1)。また、壊滅的な損傷は20%に及んでおり、DBH5cm以上の壊滅損傷率よりも大きかった。また、損傷率全体・壊滅損傷率とも低木種・亜高木種で高木種よりも大きかった。さらに、伐採由来の損傷率は、風倒よりも高かった。これらのことから、上木伐採による損傷率・損傷程度は自然条件での上木の倒壊によるよりも高く、サイズの小さい立木ほど高いと考えられた。これらの結果から、比較的サイズの

大きな下層木では損傷被害率は少ないが、サイズの小さな下層木では損傷被害率が高く、壊滅的な損傷も多くなっており、損傷がサイズの小さな下層木の直接的な減少要因であると考えられた。

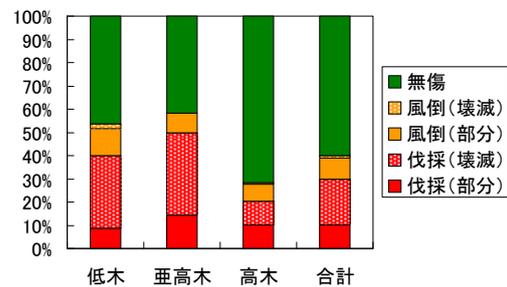


図1 択伐および風倒による損傷木の割合。損傷は壊滅損傷と部分損傷に分けて示す

(2) 人工林間伐における下層木の損傷実態

広葉樹下木の進入したトドマツ人工林において高性能林業機械を導入した間伐を実施し、試験的に間伐方式を変えて、残木損傷を調べた。残木損傷は23～36%発生しており、定性間伐より列状間伐で少なく、列状間伐のなかでも伐開幅の大きい2伐4残方式のほうが1伐3残方式に比べ、損傷率が低かった(図2)。損傷形態・強度をみると、天然林伐採に比べ、折損被害が少ない一方で、幹の剥皮が多く、高い位置で複数個所に発生する傾向にあり、被害強度も高い傾向にあった。機械で保持して伐倒するため、伐倒時の衝撃や方向がコントロールされることで折損被害は少ない。一方、伐倒木の枝払い時に高速で材を送り出す際や機械の転回時に幹の高い位置に強い衝撃が加わることで剥皮損傷は大きくなると考えられた。これらの結果は、高性能林業機械を導入した間伐が今後増加する際に、重大な剥皮損傷を残木に与える

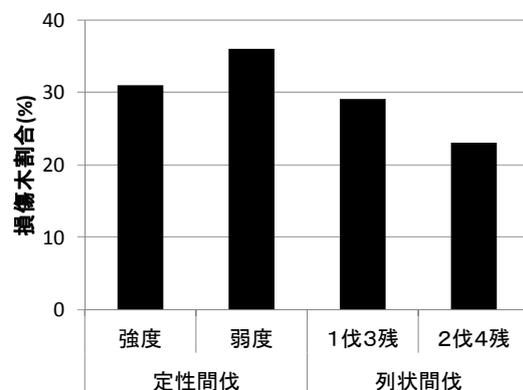


図2 高性能林業機械を用いた人工林間伐における伐採形式と下層残木の損傷割合

可能性があること、この低減には伐開幅の広い列状間伐が有効であることを示している。上記の試験では建設機械に林業用アタッチメントを装着した高性能林業機械を使用した。欧州製の林業専用開発された機体を導入した事例についての損傷木発生調査を行い、専用機での損傷発生率が数%程度と非常に低いことを明らかにし、林業専用機体の導入が生産性向上だけでなく、損傷低減の見地からも有効であることを示した。

(3) 損傷が下層木の成長と生残に及ぼす影響

幼木の損傷実態を調査した試験地において択伐5年後の幼木の生残率を、風倒による損傷を受けた幼木や無傷の幼木と比較した。上木の伐採による損傷を受けた幼木は顕著に生残率が低下しており、無傷の幼木の生残率が80%程度あるのに対して、30%程度であった(図3)。また、上木の風倒に由来する損傷よりも生残率は低かった。生残率の低下は高木種でとくに著しかった。

一方、DBH 5 cm以上の下層木の場合は、サイズが大きくなるほど、幹折れなどの重大な損傷が少なく、樹冠の一部の折損や剥皮で択伐後数年間の間に枯死する例はほとんどみられなかった。しかし、サイズが小さく、損傷強度が大きい場合は成長が低下する可能性があることが確認された。これらの結果から、択伐により、サイズの小さい下層木ほど重大な損傷を受けて減少し、さらに部分的な損傷でもその後数年間で枯死しやすいことが確認された。とくに生残率の低下は高木種で大きく、損傷による即自的な減少とその後の損傷木の死亡増加が複合して下層小径木の減少につながると考えられた。

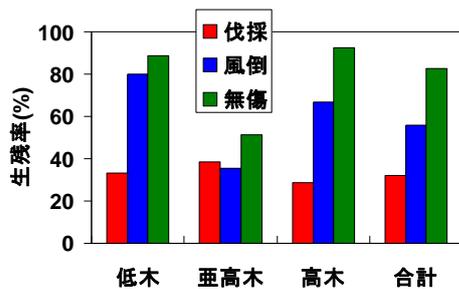


図3 天然林択伐による損傷、風倒による損傷および無傷の幼木の5年間の生残率

(4) 損傷実験による損傷影響の解析

損傷が成長に与える影響をさらに明確にするため、生育に比較的明るい環境を要求するハリギリと、暗い環境でも生育し強い光にさらされると光合成阻害を引き起こすと考えられているイタヤカエデのそれぞれで、DBH 10 cm以下の下層木を2本ずつ対にして、一方に損傷処理をかけ他方を比較のた

めの対照とした。損傷処理は、幹の先端の樹冠を折損する処理(幹折れ)と、幹外周の30%程度を剥皮する処理を施した。また、損傷・対照の2対のうち、一方は上木を伐採して明るくし(ギャップとし)、他方は上木の樹冠に覆われたまま(林冠下)とした。

ハリギリでは樹冠の折損処理(幹折れ)を加えた木では、明るい場所でも暗い場所でも無傷(対照)に比べて幹の成長がやや低下していた(図4)。一方、イタヤカエデではハリギリと同様の折損処理を加えた木と無傷の木との間に成長の差は検出されなかった。また、剥皮処理の場合は、折損と違って両樹種とも明確な傾向はみられなかった。

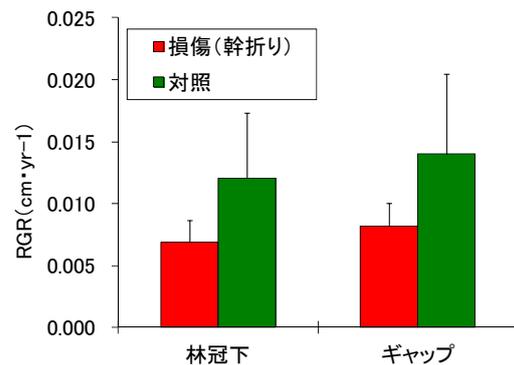


図4 異なる光環境(伐採ギャップ・林冠下)での損傷処理(幹の折損)と対照(損傷なし)の幹の相対成長率(RGR)

これらの結果、および前項までの成果を合わせると、天然林択伐ではサイズの小さい下層木ほど上木の伐採によって損傷被害を受けやすく、損傷による成長低下・生残率の低下といった影響を受けやすいと考えられた。生産器官である葉が失われる場合に成長が低下することは針葉樹人工林の台風被害で確認されている。伐採に由来する折損被害も同様の影響を及ぼし、成長が低下することで枯死の増加につながっていると推察された。

しかし、影響は2年程度の実験期間では明確ではなく、樹冠が喪失による成長低下を経て枯死率の増大に至る過程の検証にはさらに継続した調査が必要と考えられた。剥皮の影響についても中長期的な影響を検証する必要がある。しかしながら、明るい環境を要求するハリギリのような樹種で折損による成長低下が見られたことは、比較的サイズの大きい残木に対して択伐は有利に働いても、サイズの小さい残木を減少させることで将来的に収穫木を減少させるおそれがあることを裏付けている。

したがって、下層木の損傷を低減させることが下層木の減失を抑制するうえで重要であることが本研究から提起される。本研究で

は人工林間伐において間伐方式や使用する機会の選択により損傷被害を低減するための具体的知見を提供している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Yoshiyuki Inagaki、Shigeo Kuramoto、Hidehisa Fukata, Effects of typhoons on leaf fall in hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa* Endlicher) plantations in Shikoku Island, Japan, Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute, 査読有、Vol 9 : 103-112、2010

[学会発表] (計6件)

- ① 倉本 惠生、佐々木 尚三、林業専用機 (Ponsse Beaver) を導入したカラマツ人工林間伐における残存木損傷、第123回日本森林学会大会学術講演集、2012年3月27日、宇都宮大学 (宇都宮市)
- ② 倉本 惠生、佐々木 尚三、真庭利明、藤岡裕之 高性能林業機械を用いたトドマツ人工林間伐による残木・下層木損傷 日本森林学会第122回大会学術講演要旨集、2011年3月26日、静岡大学 (静岡市)
- ③ Shigeo Kuramoto、Shozo Sasaki、Shin Abe、Satoshi Ishibashi、Post-harvest damage and subsequent survival following selection harvesting of small understory trees in a mixed conifer-hardwood forest in Hokkaido Island, northern Japan. Proceedings of FORMEC 2010 symposium 2010年7月12日パドバ大学 (イタリア)

[その他]

成果普及冊子. 持続可能な天然林管理をめざしてー択伐天然林における施業管理技術 森林総合研究所交付金プロジェクト成果普及冊子

6. 研究組織

(1) 研究代表者

倉本 惠生 (KURAMOTO SHIGEO)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号：00353673

(2) 連携研究者

佐々木 尚三 (SASAKI SHOZO)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・地域研究監

研究者番号：90353705

今 博計 (KON HIROKAZU)

地方独立行政法人・北海道立総合研究機構・林業試験場・研究主任

研究者番号：20414253