

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：84202

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23405030

研究課題名(和文)モンゴル北部森林火災跡再生困難地での「倒木遮蔽更新」仮説の検証と再生促進法の開発

研究課題名(英文)Verification of the "regeneration sheltered by fallen trees" hypothesis in poorly recovering burned forests of northern Mongolia and development of methods for promoting natural regeneration.

研究代表者

草加 伸吾 (KUSAKA, Shingo)

滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・専門学芸員

研究者番号：70359264

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,200,000円、(間接経費) 1,560,000円

研究成果の概要(和文)：30年程前から頻発する山火事跡地の再生が非常に悪いことから、再生を促進するために、この森林の更新機構と再生阻害要因を調べた。森林内や林縁に樹木の直線列が見られることから、倒木の陰に実生の定着立地が生じ更新するという『倒木遮蔽更新』仮説を着想、発表した。それを検証するため、焼け跡での再生阻害要因実験を行った結果、直射光、種子の供給不足、リター、による発芽定着阻害が顕著に見られ、倒木の北側に熊手をかけて播種した実験区が最も実生が多く芽生えた。

自然に亜高木にまで育った倒木遮蔽更新例が数多く発見でき、上記実験での結果と合わせ仮説が検証できたと考える。仮説を応用した森林再生促進マニュアルを作成した。

研究成果の概要(英文)：Many forest fires have happened since about 30 years ago and regeneration of such burned forests go very badly. So we investigate the regeneration mechanism and the factors inhibiting regeneration of those forests. We sometimes found linear arrangements of trees in those forests. So we hit upon "Regeneration sheltered by fallen trees" hypothesis. We made field experiment on factors inhibiting regeneration in burned area to verify our hypothesis. The data indicates clearly three inhibiting factors, direct sunlight, shortage of seeds and litter. And we have the highest numbers of seed germination in the experimental site of northern side of raking and seeding area. In addition to these results, we found other many samples of "Regeneration sheltered by fallen trees" naturally growing up to sub-trees. From these two additional results, we verified our hypothesis. We made the manual that is useful to promote forest regeneration on applying by our hypothesis.

研究分野：農学A

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：倒木遮蔽更新仮説 再生促進方法 シベリヤカラマツ 火事跡再生困難 直線列 国際情報交換 モンゴル国 フブスグル湖

1. 研究開始当初の背景

モンゴル北部、フブスグル湖周辺(北緯 51 度、東経 100 度、高度 1600m)は、シベリアによく発達している永久凍土地帯の南限に当たり、地球温暖化の影響を最も受けやすい地域である。年平均気温 - 2℃、雨量は 200~400mm と少なく、湖の集水域の大半は、シベリアカラマツの純林に覆われており他の樹種はほとんど混在していない (Goulden et.al.2006, 吉良 2001)。この 20~30 年、ソ連崩壊による社会体制の変化と共に、主として人為起源の山火事が多発し、モンゴル全体では少なくとも年平均 6 万 ha (FAO,2002)焼失しているとの報告がある。また数年前にもマイマイガ、カレハガ等の害虫(森林害虫)の大発生により、大面積の森林が枯死し、湖の水質や永久凍土の融解促進への影響が無視できない状況にある。さらに問題なのは、被害地の森林の復活・再生が非常に遅いことで、実生・稚樹が少なく、これは何等かの実生定着阻害の可能性を示している。

現在でも、都市部以外では森林材が暖房・調理燃料、建築材として最もよく利用されており、森林資源を持続可能な状態に回復させる上で重要な研究であり、初めて着想した「倒木遮蔽更新」仮説の応用の可能性が高い点で実現性がある。

2. 研究の目的

モンゴル北部フブスグル湖流域で、近年多発している森林被害(火災・蛾食害等)跡地での森林再生が非常に緩慢であることから、数年前から長期コドラートを設置して、定着実生の調査を継続している。

森林火災跡地の再生状況を把握する。火災に伴い環境条件がどう変化しているか(水分条件、光・温度条件)阻害要因は何か。その結果、ほぼ唯一の優占樹種、シベリアカラマツの林が樹冠火災を受けた場合、十数年後においても、実生による更新が非常に少ないことがわかってきた。実生定着阻害要因についての予備実験の結果、光の直射が実生定着を最

も阻害することが明らかとなり、

(1) 森林観察で着想を得た「倒木遮蔽(しゃへい)更新」仮説を検証すること。

(2) 仮説を応用した有効な森林再生促進手法の開発を行うこと。これらを目的として、研究を行う。

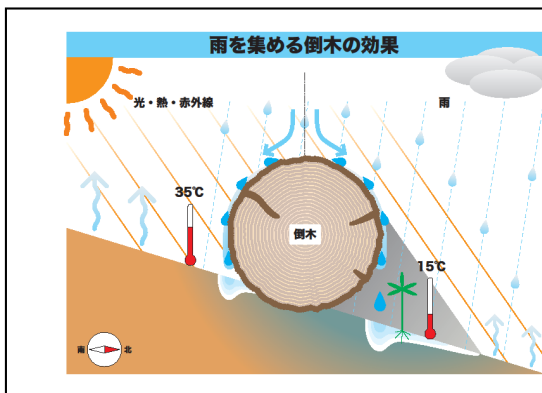
この阻害要因を除く方式がうまく機能するならば、また現地に適した可能な方法が創り出せれば、この広大で再生困難な焼失地や虫害地を、植林よりもっと簡便に少ない費用で、再生させていけるのではと期待している。

(さらに倒木遮蔽更新仮説が、さまざまな光環境下での倒木周囲の実生や稚樹の分布調査から検証されていくと、この新しい更新方式が亜寒帯林の針葉樹の更新方式に新たに付け加わることになり、学術的にも意味がある。またこの更新方式は様々な半乾燥地での更新に見出される可能性が生じる。また、他の水分環境の厳しい地域での緑化や植林にも応用できる可能性があると考えている)

3. 研究の方法

森林と樹冠焼失地の両方で、コドラートを設定して、土壌調査を行い、再生稚樹のナンバリングにより再生状況を定量化し、カラマツ再生阻害要因実験を行って、再生を阻害している主要因を把握する。そのとき土壌水分、温度についても代表的条件毎にロガー設置によりデータをとる。その結果に基づいて、倒木を活用した、現場で可能な再生促進技術の開発を行い、湖東南部ヘクタアルの樹冠焼失地で試行する。これは自然更新を助けるために、広大な焼失地に種子散布の核となる実生を育てる方式である。また異なる環境下で倒木を選定し、その周囲の実生、稚樹の定着実態調査を行って、「倒木遮蔽更新」(仮説)が自然で起こっている可能性を検証する。

「倒木遮蔽(しゃへい)更新」仮説：ある林床火災跡地で、主として倒木の片側地面だけに若い木々が生えている場所に遭遇し、「倒木遮蔽(しゃへい)更新」の着想を得た。「非常に降水量の少ない、ある程度陽の射す環境では、倒木が差し込む日射をさえぎった日陰側にだけ、局所的に湿った微環境が生まれ、そこだけが種子発芽、実生の更新できる場所となる」可能性がある。また倒木は日射を遮るだけでなく雨水を集める効果もあると考えている。これなら成長後、一列の直線列を構成するし、根上がり樹形にもならない。このような過程を仮に「倒木遮蔽更新」と呼ぶことにする。この過程なら、焼け跡のように直射日光により乾燥した場所でも再生促進への応用が可能かもしれない。



そこでこの仮説を焼け跡再生に応用する。

(1) 毎木調査、コドラート調査

樹冠焼失地、森林地に 20m × 20m のコドラートを設置し、毎木調査を行い、再生稚樹のナンバリングを通して、再生状況を把握する。また焼失地斜面の中央斜面上部から下部にベルト状にコドラート(10m × 200m)を長く設置し、再生稚樹の調査を行う。

(2) 土壌調査・凍土調査、土壌浸透水調査

ヘクツアルの樹冠焼失地、森林地の調査地で、土壌に鉄の棒を打ち込んで、細い穴を開け、太い針金に 10cm 毎に温度計を配列した自作の温度測定器を使って、凍土の位置(深度)測定調査、土壌ピットを掘って、

土壌調査、土壌水分調査を行い、樹冠焼失などの攪乱による凍土位置の変化、土壌温度、水分条件の変化を把握する。凍土位置と森林の有無の関係を調べる。焼失地から下流への栄養塩流出測定のため、土壌浸透水を採取するライシメータを設置、採水、分析する。

(3) 異なる環境下での倒木周囲の実生、稚樹定着実態調査

森林内と森林疎林域および 10 年以上前の山火事樹冠焼失域(草地)でなるべく東西方向(特に樹冠焼失域で)の残存倒木、各 10 本程度を選び、倒木の位置、方位、直径、長さ、腐朽度、コケ、草本の有無等を記録する。倒木上と両側 50cm 域内の実生、稚樹の位置、種類、数、胸高直径、樹高、(樹齢)生存状態等、実態調査を行う。湖東南部ヘクツアル焼失地、ハトガル村周辺、湖東岸ボルソフ近くの火災跡地、西岸八口スまでの湖岸を予定している。この調査により、自然に起きた倒木遮蔽更新例が見つかると思った。

(4) 再生阻害要因に関する実験 (ハトガル村、ヘクツアル森林火災跡地)

再生阻害の原因となっている可能性のある主な要因、光、種子の供給不足、草本の繁茂、土壌表層リターの影響を調べるために、ハトガル村近くの、北の峠を越えた北西向き斜面下部で、かつてはカラマツ林であったが、現在は草地となっている緩傾斜地に、周りからの陰を排した 20m × 20m の実験地を設定し、家畜侵入防止の木柵で囲む。内部に東西方向に 4 列(1m × 1m のコドラート)の実験区を配置し、うち 2 列は相接するコドラートのペアからなり、接する境界上に倒木の幹を置く。コドラート数は 54 個。実験条件としては、* 播種：適量の種子を播くか、播かない。* 地表処理：除草する、熊手で浅く耕す。放置(無処理)。* 倒木との関係：倒木の北側に置く、南側に置く、倒木無し。これらの組み合わせを、繰り返し 3 回

で、ランダムに配置する。発芽前に、学校生徒の協力を得て、実験を行い、結果を夏に調べ、発芽定着阻害要因を明らかにし、再生促進技術開発のための基礎データとする。東西方向に並べた2列の倒木の両側を含む54箇所の場所に1m×1mのコドラートを設定し、6種類の地表処理をランダムに配置してどの場所のどの処理が最も発芽定着がよいかを見る。同様の実験をヘクツアル森林焼失区でも行って、再生阻害要因を解明し、現地に即した、効果的な森林再生促進方法を開発する。木柵はカラマツ実生を食害するヤギ等の家畜密度の高い村の近くの場合に設置し、離れた山の地域ではロープ柵を設ける。もし、森林の更新過程で、「倒木遮蔽更新」仮説が重要な役割を占めるならば、この応用は半乾燥地での荒廃した森林の再生に大きな力を発揮すると考えられる。

4. 研究成果

- (1) 稚樹密度：コドラートでの毎木調査の結果、4, 5本のそろった成木がほぼ直線上に並ぶ直線列配置が見られた。森林コドラートではシベリヤカラマツの稚樹がなく、約20年前の火事跡の長コドラートでは9.7本/100m²と少なく再生が悪い。
- (2) 土壌水分：森林下では湿っているのに樹冠焼失地で乾燥、低い。表面15%、5cm以下3-7%。
- (3) 凍土位置は森林下で1.3mなのに樹冠焼失地では2.3mと低下しており、火事による樹冠の焼失が直射光を許し、土壌の乾燥化、凍土の低下をもたらしていると思われる。
- (4) 土壌浸透水は小雨と乾燥のため、収集ができないが多かった。雨水や河川水と比べ窒素分が高い傾向が見られたが、データ数が少なく、今後の課題である。
- (5) 再生阻害要因に関する実験

ハトガル村では許可を得て、実験区周囲に柵を作って家畜の影響を防いでいたが、毎回柵を壊して馬を入れ草を食ませたり、地表近くにトンネルを掘る齧歯類の住み付きにより処理の影響を評価できる実験的環境でなくなったので、停止した。それでも最初の年には、倒木北側陰だけに20数本の実生が生え、倒木無しでは3本だった。

ヘクツアル森林火災跡地で行った4回繰り返しの実験の結果、2011年6月～2013年7月の約2年間に倒木南側に22本、倒木北側

に187本、倒木なしに27本の実生が生え、倒木北側陰が実生が生えやすく直射光の発芽定着阻害(乾燥害)が明らかになった。

倒木の位置と有無、種子供給の有無、地表処理のちがいを要因とし、斜面の位置を環境変数とした「R」での統計解析の結果、倒木北側は倒木なしに比べ、7倍ほど実生が生えやすい結果となった。また地上処理の違いでは、倒木北側に熊手でかいて播種した、リターを除去した場合が最もよく生える結果となった。多くの種子が散布される森林下に実生がほとんどないのは厚く堆積したリターによることと一致する。

この実験区の倒木両側の除草区と地表処理なしの草本区で土壌水分を一年を通して観測した結果、種子が発芽定着する春～夏はN除草>N草地>>S除草>>S草地の順(N:倒木北側、S:倒木南側)に土壌水分が少なく乾燥し、秋はN草地 N除草 S除草>>>S草地の順に乾燥していた。1年を通じて倒木南側の草地在最も乾燥し、春～夏に北側除草区が最も湿っている結果は実生の生えやすさの実験結果と符合する。倒木なしと倒木南、倒木北の再生実生数の比較から「倒木遮蔽更新」仮説は発芽レベルで検証されたと思われる。

ここで実験に使用したシベリアカラマツの種子を持ち帰って、琵琶湖博物館の人工環境室で「国際種子検査規定(1983)」に従って20、光5000Lxのもと50粒を10回繰り返し1ヶ月の発芽試験の結果、発芽率33%という結果となった。発芽率はかなり低く、野外の場合もっと低くなることを考えて播種数を決める必要がある。

(6) 異なる光環境下での倒木周囲の実生、稚樹定着実態調査

広く調査を行い、湖東南部ヘクツアルの別の森林火災跡地および湖西ハロスの明るい草原や林縁で、多くの自然に起きた倒木遮蔽更新例を発見した。

数m程に育った再生木がまだ残存している倒木の陰側だけに10本以上再生している実例データを十数例採ることができた。これは、倒木陰に再生した稚樹の一部は、自然状態で亜高木にまで育つことの証明となる。

また例は少ないが、ヘクツアルの暗い森林内でも3例ほど倒木遮蔽更新例を見つけた。

以上より、「倒木遮蔽更新仮説」は実生レベル、亜高木レベルで検証できたと考える。

再生阻害要因実験での結果や自然の再生例などの観察、発芽率などから、『倒木遮蔽更新仮説』を応用した森林再生促進のための

一次マニュアルを作成した。

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 件)

〔学会発表〕(計5件)

草加伸吾、モンゴル北部森林火災跡再生困難地での「倒木遮蔽更新」仮説の検証。第61回日本生態学会大会，(2014年3月18日)，広島国際会議場(広島県広島市)。

草加伸吾、モンゴルでのシベリアカラマツ林の再生促進 - 仮説の検証 - 。平成26年度滋賀県植物研究会総会，(2014年2月22日)，琵琶湖博物館会議室(滋賀県草津市)。

草加伸吾、モンゴル北部山火事跡再生困難地での再生促進研究と七不思議。琵琶湖博物館研究セミナー，(2014年2月21日)，琵琶湖博物館会議室(滋賀県草津市)。

草加伸吾、モンゴル北部森林火災跡再生困難地での「倒木遮蔽更新」仮説の検証。滋賀自然環境研究会発表会，(2013年7月28日)彦根市勤労者会館会議室，(滋賀県彦根市)。

草加伸吾、

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

草加 伸吾 (KUSAKA, Shingo)
滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・専門学芸員
研究者番号：70359264

(2)研究分担者

大久保 卓也 (OKUBO, Takuya)
滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・部門長
研究者番号：60280814

(3)研究協力者

BADAMTSETSEG Bazarragchaa (Badmer)
NATURAL HISTORY MUSEUM OF MONGOLIA・
Botanist
研究者番号：