

機関番号：11101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19380080

研究課題名（和文）白神山地における地すべりが作り出す森林生態系の多様性

研究課題名（英文） Geo-ecological diversity of the forest caused by landslides in the Shirakami Mountains, Northeast Japan

研究代表者

檜垣 大助 (HIGAKI DAISUKE)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：10302019

研究成果の概要（和文）：白神山地の地すべり地において、そこに成立している森林の種構成及び地すべり地内での分布と、微地形や地すべり活動との関係について地生態学的検討を行った。その結果、地すべり地内には、1)微地形と土壌・水分・侵食速さの異なる多様な環境が生じていること、2)地すべり発生時には、滑った後も原型を保った地表に樹木が残存することと裸地化する部分への先駆植生侵入が同時に起こること、で、多様な種構成が成り立っていると考えられた。

研究成果の概要（英文）：Forest species and their distribution have been geo-ecologically studied in relation to the micro-topography and activity of landslides in Shirakami Mountains, Northeast Japan. Various forest species have been found on the landslide slopes in the study area. This is caused by the spatial diversity in soil, water contents in it and erosion rate due to ragged micro-topography and also the existence of various succession stages of vegetation after the landslide movement which frequently appears at many locations..

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
年度			
総計	13,500,000	4,050,000	17,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：地すべり、白神山地、森林植生、地生態学、多様性、微地形、土壌

1. 研究開始当初の背景

防災面から主に扱われてきた地すべりが、複雑な微地形を形成し、多様な生物の生育場所として重要なことは、概念的に指摘され始めていた。また、治水・砂防事業では、環境保全と防災の両立を図るさまざまな手法が実施されているが、地すべりではその取り組みがほとんどなされていない。本研究は、環境配慮型の地すべり対策工検討を可能にするため、地生態学的な地すべり地の環境構造を明らかにする目的で実施した。なお、対象とした白神山地は、東北地方有数の地すべり多発

地帯であるが、同時に落葉広葉樹林の広大な森林に覆われた地域で、この研究に最適である。

2. 研究の目的

本研究では、白神山地を対象に、地すべりが持つ森林生態系の多様性とその成立要因を、地生態学的な面から明らかにすることを目的とする。具体的には、白神山地を主な対象として、地すべり地の微地形に対応した土壌条件・水文条件とその上で働く侵食堆積作用、地すべり地形成の新しさ古さが、どう植生立

地条件として影響し、地すべり地内の微地形に対応した群落構成・分布を成立させているか、を明らかにする。同時に、地すべり地におけるブナ個体群の遺伝子構成を調査し、地形による遺伝的多様性の違いや遺伝的分化の度合いを解析する。

3. 研究の方法

地すべりには、緩慢な動きや森林を大きく破壊する急激なものなどさまざまな運動タイプがある。また、発生以降長期に安定しているものや発生直後のものなど形成の新旧もさまざま、植生遷移段階の差もあると想定される。そこで、これらの条件が異なる地すべり地を選定し、以下の調査・検討を行った。

- 1) 運動タイプと形成時期の異なる地すべり地での、現地測量による微地形構成の把握
- 2) 地すべり地と周辺斜面での、植物種構成と分布、森林構造の把握
- 3) 1)の地すべり地と周辺斜面での土壌・土層厚・土壌水分の微地形ごとの比較、滑落崖の土壌侵食量調査
- 4) 1)の地すべり地内外のブナ個体の遺伝子を比較し、地すべり地でのブナ林形成の課程を検討
- 5) 以上から、白神山地の森林生態系の多様性成立に地すべりがどう関わってきたかを明らかにする。

4. 研究成果

白神山地では、岩木川上流部を例にとると流域の1/3が地すべり地形で占められており、ブロックの相互関係から、規模を変えて繰り返し地すべりが起こってきたことが分かった。C14年代測定を行った地すべりでは、発生年代は、約200年前～2500年前と新しいものが多く、各地で頻繁に地すべりが発生している。

岩木川上流域の5つの地すべり地において、地すべり微地形・土壌条件とそこに成立している植物群落の関係を調べた。馬蹄形滑落崖と凹凸の少ない移動体からなる小規模地すべり地(雨量計地すべり)で、尾根から移動体までを含む50*50mの範囲のすべての出現植物種を調べた。この地すべり地の形成年代は約2,500年前である。その結果、植物組成は、1)ブナ林に特徴的な種の常在度が高いグループ、2)サワグルミ林に特徴的な種からなるグループ、3)それらの識別種を持たないグループの3つに分けられ、それぞれ、1)尾根・滑落崖上部、2)移動体下部、3)それらの中間部という地形条件に対応して存在していた。尾根では土壌の攪乱が少なく比較的乾燥傾向の立地に生育する種が分布する。また、移動体

では、地すべりによる土壌攪乱や滑落崖からの運搬土砂の堆積場に3)グループが、移動体末端ではすべり面に沿った地下水湧出による湿潤な環境で2)グループが分布する。雨量計地すべり地では、急傾斜で不安定な滑落崖で、降雨による土壌侵食が年間で深さ0.5~1cmの速さで起こっているが、ブナ高木も成立している。

一方、少なくとも数百年以上前に形成され、移動体が凹凸に富む高倉森地すべり地では、全体にブナ林型の植生が優占するが、堆積的環境にありやや湿潤な線状凹地部に上記の3)グループが存在する。ここでは、ブナ林の高木層を構成するオーダーやクラスの識別種・標徴種はブナ・シナノキ・ベニイタヤであることが分かった。土壌水分変動観測の結果、凹地部分は凹地間の小尾根に比べ常に湿潤であった。

また、この高倉森地すべり地とその上部の尾根地形を含む約1.75haの面積にある胸高周囲30cm以上の成木263個体と胸高周囲30cm以下で樹高50cm以上の幼樹271個体の空間位値を決定し、それぞれについて6種類の中立的遺伝子マーカーを解析した。その結果、地すべり地以外では個体間の空間距離と親縁関係に相関が見られ、約50m以内で家族構造を形成していることが推測されたが、地すべり地においてはそのような遺伝的構造が明確に見られないことが判明した。その要因の一つとして考えられる結果は後述の1999年に発生した地すべり地に侵入したブナ稚樹の遺伝子解析に見られた。解析された126個体のうち少なくとも81個体は滑落を免れた上部および周辺部に残ったブナ成木を推定母樹とし、そのうちの46個体は滑落崖に最も隣接する個体を親とすることが判明した。従って、地すべり地形におけるブナ林の再生がこのような課程を経るとすれば、遺伝的に類似した個体が空間的には均等に分布するような林分が形成される可能性がある。

微地形の環境的要因と遺伝的構成の関連性をさらに解析する為の基礎的研究として、ブナの多様な環境応答にかかる85種類の遺伝子を単離した。これらの遺伝子の中には、乾燥や低温等に対する環境適応や、ホルモン応答・代謝調節など生理機能に関わる機能を持った遺伝子が多数含まれていることが判明した。今後はこれらの遺伝子の多様性と地形の相関を調べることにより、中立的遺伝子マーカーでは検出できなかった遺伝的構造の相違が明らかになるものと期待される。

複数の地すべりブロックが直列するサンスケ沢地すべり地では、1)地すべり変動履歴及び移動量の最も少ない上部ブロックではブナ林型の植生からなるが、地すべりが繰り返した中・下部ブロックでは複雑な微地形と攪乱によって木本種と草本が

混成し植生種も多くなっていた。また、後者の中で出現種数の多い部分は、樹齢と胸高直径の関係の調査から、約100年前以降に発生した地すべりの地塊に伴って入り込んだ種が生き残った結果と考えられた。

また、サンスケ沢地すべり地の中ブロックの頭部に位置し、活動が100年前以降と新しいブロックでは、土壌粒度組成の比較から、褐色森林土からなる中ブロック表層部よりも細粒でシルト分が多く、常時の土壌水分量も大きい。そこでは、シダ類など湿性を好む種が存在する。

一方、雨量計、高倉森、サンスケ沢各地すべり地での土壌侵食量の結果、チシマザサが侵入していない滑落崖では、年間0.5cm~1cm以上の土壌侵食が見られた。簡易貫入試験による土層構造調査の結果、各調査地の土層厚(Nc値10以下)が尾根・滑落崖で平均1.5m、移動体で2mと厚く、各地すべり地に共通する凝灰岩の風化が速く、さらに地すべりによってその破碎が進んで風化が促進され、それが土層厚を大きくし、結果的に滑落崖で土壌侵食が大きくなると考えられた。サンスケ沢中ブロック頭部の新期地すべりでは、繰り返した地塊移動の結果、細粒化し含水比が高くなったと考えられる。

次に、2つの最近形成された地すべり地での植生回復状況を調べた。

1999年に発生した地すべり地で、その後の植生回復状況を2008年に調べた。地すべり地は、発生当時裸地となった滑落崖、地表の凹凸が形成され倒木が生じた移動体上部斜面、元の森林を載せて移動した同下部斜面に分けられる。下部斜面では地すべりに乗ったまま移動した多数のブナを含む樹木とその後の侵入種という遷移段階の異なる種が混在するが、上部斜面では地すべり時の地表攪乱による倒木により日射環境が変化した結果、ブナ稚樹侵入が進んでいる。また、滑落崖上部では植生回復はわずかで崖錐部のみ遅いがブナ侵入が見られた。このため、ブナ林の回復は地すべり地中・下部で進んでいく。

さらに、2006年に滑落した地すべり地植生回復を2009年に調べた。その結果、1)地すべり中央部に位置し、かく乱が少なく腐植層が残存し島状に植生が残る所では、ブナ林型の種の常在度が高い、2)地すべりの活動が大きく、表層かく乱や湧水の影響を受けた移動体下部、扇状地、2009年発生小規模地すべりの範囲では、ブナ林型の種と先駆的な種の両方の常在度が高い、3)移動体下部の急斜面では先駆的な種が優占していた。

2つの地すべり地の調査から、地すべり地の植生回復では、地すべりの活動による地表

かく乱程度が小さい引張り・圧縮の応力を受けないで移動した範囲で元のブナ林型植生が維持される一方、滑落崖や移動体末端の河岸に面する急斜面では、土壌侵食や礫の転動が原因で先駆型植生が優占することによって、結果的に、地すべり地内で植物種の多様性を生み出していることが分かった。

次に、地すべり移動量が小さく地表かく乱が小さい場合、場所による種の違いではなく、森林構造として樹木の傾きが生じる場合がある。

サンスケ沢地すべり地で、直立性のブナの樹齢と傾きのタイプ及びその角度を調べ、地表変状と微地形から見た地すべりブロック範囲及び活動性と比較した。その結果、a)活動的な地すべりブロックでは、上部で山側への傾き、下部で谷側への傾きが多く見られる、b)活動的ブロックと上方の非活動的ブロックの境界付近に傾きの大きい樹木が集中することが分かった。前者は、地形から見て円弧型のすべり面に沿った地すべり移動の結果と考えられた。後者は、ブロック境界で引張り変位が生じ樹木が傾いたものと考えられた。特定の樹齢以上でのみ傾きが見られるケースは少なかったため、地すべりブロックは、断続的に移動を続けていると推定される。

以上の検討結果から、地すべりが森林植生に及ぼす影響として、以下の点が新たな知見として示される。

1) 白神山地の地すべり地では、地すべり地外と滑落崖、移動体を含め全体には、ブナ林型の植生が優先するが、地すべりの結果、地下水が集中しやすくなった末端部では、湧水が生じ、また、凹地では地下水が滞留してサワグルミ林型など湿性の植物種が優占する。結果として、地すべりによる複雑な微地形形成と地表かく乱の結果、出現種数が多くなる。

2) 各地すべり地内外で土層厚が大きいことから、白神山地では、凝灰岩の風化と地すべりによる破碎による土層の形成が速いため、滑落崖では土壌侵食が起り易く、その部分の植生回復は遅れる。

3) 地すべり発生後の植生回復の過程で、地すべり移動時の斜面位置による地表かく乱の差が生じ、それが一地すべり地内に植生遷移段階の違いを生じさせる。塊状移動では、一体となって移動し地表かく乱の小さい部分で元のブナ林が島状に維持される一方、滑落崖は裸地からの植生回復をする。これらの結果、地すべり地内に植生種の多様性が生じる。

4) 地すべり移動が小さい場合には、地すべりの影響は樹木の傾きとして現れる。円弧型すべりでは、上部斜面での後傾、末端部でつんのめりで前傾する。下方ブロックの方が移動が活発な場合には、ブ

ロック間では、引張キレツにより樹木が傾く。

以上のように、地すべりが多様性のある森林を形成することが地生態学的に示された。このような特徴を地すべり防災対策検討においてどう活かしていくかが、次の課題である。

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 10 件)

①S. Matsuda, N. Wakamatsu, H. Jouyu, H. Makita, and S. Akada(2011) An extensive analysis of R2R3-MYB regulatory genes from *Fagus crenata*, *Tree Genetics & Genomes*, 307-321.

②K. Kitamura, T. Fujita, S. Akada and A. Tonouchi (2011) *Methanobacterium kanagiense* sp. nov., a hydrogenotrophic methanogen, isolated from rice-field soil, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 61

③佐々木長市・松山信彦・佐瀬隆ほか(2009) 白神山地の土壌に関する研究(6), 白神研究, 6, 26-34.

④赤田辰治, 鈴木裕貴, 松田修一, 牧田肇, 三島佳恵, 齋藤宗勝, 齋藤信夫, 檜垣大助(2009) 白神山地高倉森の多様な地形にみられる植生とブナ林の遺伝的構成. 白神研究 6,35-43.

⑤三島佳恵・檜垣大助・牧田肇(2009) 白神山地の小規模地すべり地における微地形と植生の関係, 季刊地理学, 61-2, 109-118.

⑥Matsumura, H., H.Kitajima, S.Akada, J.Abe, N.Minaka, and R.Takahashi (2009) Molecular Cloning and Linkage Mapping of Cryptochrome Multigene Family in Soybean. *Crop Science* 2 : 271-281.

⑦ A.Saitoh, T. Miyagi and A. Takehara(2008) Biodiversity established by landslide processes in humid orogenic area. *Proc. of Int.Conferenceon Management of LandslideHazard in the Asia-Pacific Region*, 828-835.

⑧ D. Higaki, Y. Mishima and H. Makita(2008) Relation between microtopography and forest vegetation at a small landslide area in the Shirakami Mountains. *Proc. of Int.Conferenceon Managementof Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region*. 759-767.

⑨ Nakamura, D. Higaki and H. Makita(2008) The relationship

between the deterioration of trails and the topographiocal conditions in the Shirakami Mountains. *Proc. of Int.Conferenceon Managementof Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region*, 768-776.

⑩赤田辰治, 松田修一, 牧田 肇(2007)ブナ原生林の遺伝子多様性とその保全, 生物の科学 遺伝, 61, 43-47.

[学会発表] (計 5 件)

① 佐藤可菜,井良沢道也(2011) 多雪山地における土砂移動特性の解析, 2010年度土木学会東北支部技術研究発表会,

② 鳥丸猛, 赤田辰治, 石田清, 成田真智子, 牧田肇, 檜垣大助(2009) 白神山地高倉森における森林群集の構造, 日本生態学会第57回大会.

③ 松田修一・若松直子・上祐瞳・赤田辰治(2008) ブナにおけるR2R3 MYB遺伝子ファミリーの網羅的解析, 第120回日本森林学会大会講演会.

④ 笹倉真子・檜垣大助・牧田肇(2008) 地すべり発生後初期段階におけるブナ林の回復, (社)日本地すべり学会 2008年度大会.

⑤ 三島佳恵・檜垣大助・牧田(2007)白神山地の地すべり地の地生態学的研究, 東北地理学会春季学術大会.

[図書] (計 2 件)

①佐々木長市・檜垣大助・本多和茂他(2010) 白神学入門, 弘前大学自然観察園, 73p.

②本多和茂(2010) 自生植物の利用-自生地での保護と日本の環境にあった新素材(カタクリ), 最新農業技術花卉, 農文教, 291-296.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

檜垣 大助 (HIGAKI DAISUKE)
弘前大学・農学生命科学部・教授
研究者番号：10302019

(2) 研究分担者

宮城 豊彦 (MIYAGI TOYOHICO)
東北学院大学・教養学部・教授
研究者番号：00137580
井良沢 道也 (IRASAWA MITIYA)
岩手大学・農学部・准教授
研究者番号：40343024
佐々木 長市 (SASAKI CHOICHI)
弘前大学・農学生命科学部・教授
研究者番号：30162374
斎藤 宗勝 (SAITOU MUNEKATSU)
盛岡大学・栄養科学部・教授
研究者番号：70133254
本多 和茂 (HONDA KAZUSHIGE)
弘前大学・農学生命科学部・准教授
研究者番号：30279442
赤田 辰治 (AKADA SHINJI)
弘前大学・遺伝子実験施設・准教授
研究者番号：10250630