

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 23 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25870286

研究課題名(和文)大規模風倒が森林の長期的な炭素蓄積と動態に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Long-term effects of large-scale windthrow disturbance on forest carbon stock and stand dynamics

研究代表者

鈴木 智之 (Suzuki, Satoshi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教

研究者番号：20633001

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：1959年の伊勢湾台風による風倒が、半世紀後の森林の炭素蓄積と森林動態に与える影響を明らかにした。生立木の炭素蓄積量は倒木を除去した場所(除去区)と残置した場所(残置区)に差はなく、非風倒地の74%であった。残置区の倒木量は非風倒地の3.4倍、除去区の6.3倍であった。林分全体の炭素蓄積量は、残置区と非風倒地がほぼ同じで約120 Mg C/ha、除去区は88 Mg C/haであった。つまり、現在の風倒残置区はその倒木の多さのために、老齢林とほぼ同等の炭素を蓄積しており、半世紀前の風倒木の除去によって現在でも森林の炭素蓄積は約27%も減少していた。

研究成果の概要(英文)：This study explored effects of a large scale windthrow by the Isewan typhoon in 1959 on current carbon stocks and dynamics of subalpine forests. Carbon stocks were measured in forests where downed trees had been salvaged just after the windthrow (salvaged), those not salvaged (unsalvaged), and those where no windthrow had occurred (undamaged). Carbon stocks of live trees in unsalvaged sites were not significantly different from those in salvaged sites, and 74% of those of undamaged sites. Carbon stocks of downed logs in unsalvaged sites were 340% and 630% of those in undamaged and sites, respectively. Stand-level carbon stocks were ca. 120 Mg C/ha in average in unsalvaged and undamaged sites, whereas those in salvaged sites were 88 Mg C/ha. In conclusion, unsalvaged sites sustain carbon stocks equivalent to undamaged sites due to their large amount of downed logs, and the carbon stocks had been reduced by 27% due to the salvage logging that been carried out over a half century ago.

研究分野：生態学

キーワード：大規模風倒 倒木 炭素蓄積 伊勢湾台風 長期動態

1. 研究開始当初の背景

森林は様々な規模の攪乱とそこからの再生の繰り返しによって維持されている。ここ半世紀の間に、森林動態における自然攪乱の重要性が広く認識されてきた。しかし、そのような大規模攪乱は稀にしか起こらないために、その研究の機会の少なさのために、大規模攪乱が長期的な森林動態に与える影響についての知見は依然限られている。

日本の森林における最も主要な自然攪乱要因は台風などの強風である。多くの場合は、ごく一部の樹木が倒れ、ギャップが形成される程度であるが、ごく稀に森林が大面積に、見渡す限り樹木が倒れるような大規模な風倒が起こる。大規模な風倒があった森林では、地上部現存量は急激に減少すると同時に、倒木などの粗大木質リター (coarse woody debris, CWD) が大量に生じる。やがて植生回復に伴い地上部バイオマスの蓄積や CWD の分解が徐々に進む。完全に林冠木が倒れた森林の地上部バイオマスが攪乱前の状態に戻るためには数 10 年、場合によっては 100 年以上かかると予想される。また、大径木の幹や根株などの CWD が完全に分解されるのにも数 10 年以上かかると考えられている。つまり、大規模な風倒は量的にも時間的にも森林の炭素蓄積量やその循環に大きく影響する。さらに、大規模風倒による CWD の発生は、長期的な森林動態にも大きく影響する。分解過程の CWD は、樹木実生の重要な定着地となる。樹種によっては、その定着が適度に分解された CWD 上に限られる場合もあるため、CWD の量によってその後の種組成や森林構造も大きく変わりうる。しかし、これまで、台風による大規模風倒の影響については、風倒後初期の初期的な森林発達状況に関するものが多く、その長期的な影響についての知見は極めて少ない。特に、大量に発生した CWD が長期的にどのように森林の動態や構造に影響するかはほとんど検証されていない。

2. 研究の目的

本研究は約 50 年前の伊勢湾台風によって大規模な風倒攪乱にあった場所の森林構造と樹木の更新動態を明らかにすることで、台風による大規模攪乱が森林の動態および炭素蓄積に与える長期的な影響を明らかにすることを目的とした。そのために、以下の 3 つの課題に取り組んだ。

(1) 伊勢湾台風による風倒跡地のマップ化

(2) 大規模風倒が長期的炭素蓄積に及ぼす影響

(3) 大規模風倒による CWD が長期的森林動態に与える影響

3. 研究の方法

本研究は、伊勢湾台風による風倒被害が多く報告されている日本中部の山岳域を研究

対象とした。日本中部の山岳域を対象に、聞き取り、文献調査、空中写真による調査によって、北八ヶ岳、木曽御嶽、関東山地などで伊勢湾台風による大規模な風倒があったことが判明した。このうち、課題(1)は北八ヶ岳で、課題(2)は北八ヶ岳および木曽御嶽で、課題(3)は北八ヶ岳で実施した。

課題(1)北八ヶ岳麦草峠周辺の 2093ha の範囲を対象に、1949、1962、1966 年について林野庁または長野県によって撮影された空中写真を調査し、画像をもとに風倒跡地および風倒後に倒木が搬出された場所を抽出した。空中写真は GIS ソフトに取り込み、幾何補正し、風倒跡地をマップ化した。

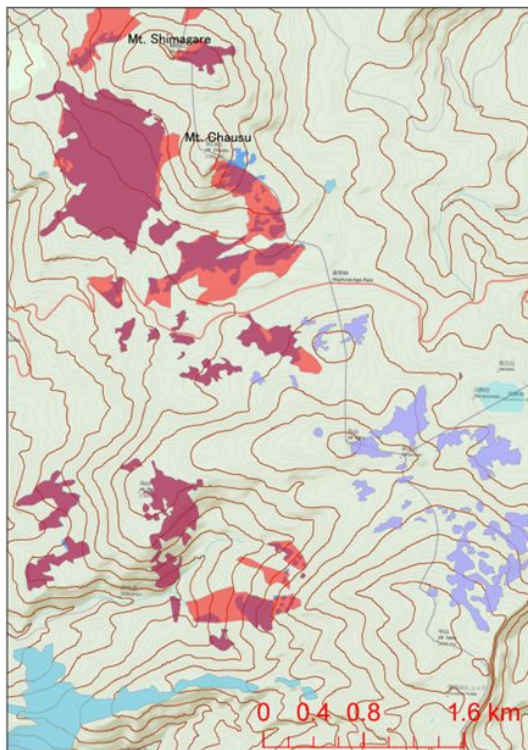
課題(2)課題(1)の結果をもとに、風倒後倒木を搬出した場所(除去区)、風倒後倒木を搬出していない場所(残置区)、風倒がなかった場所(非風倒区)にそれぞれ、20×20m の調査区を 4~6 区設置した。木曽御嶽においても、それぞれ 1~2 区設置した。それらの調査区について、胸高直径 5cm 以上の生木・立枯木の毎木調査を行った(一部調査区は 10×10m または 10×20m の区画のみ)。また、地表面の粗大木質リター(倒木・根株)の位置・サイズ(太さ・長さ)・倒木の方向・腐朽度を測定した。これらの結果をもと、各調査区の生木および枯死木の炭素量をアロメトリー式および腐朽度別の材密度(酒井ら 2008)をもとに推定した。

課題(3)課題(2)の一部の調査区に 1×10m トランゼクトを設置し、1×1m 枠ごとに実生数を測定した。各枠で倒木の占める投影面積の割合を記録し、実生数は倒木上・倒木上以外の別で記録した。

4. 研究成果

課題 1

空中写真による解析対象である北八ヶ岳麦草峠周辺の 2093ha の範囲内において、1962 年の空中写真を用いて 1959 年の伊勢湾台風によると思われる風倒地が検出できた。解析対象の約 14%、299ha で壊滅的な風倒があった(図 1)。さらに、1966 年の空中写真を用いて、倒木がなくなっている、搬出された道がある、などの痕跡から、倒木が搬出された場所が特定できた。風倒のあった 299ha のうち約 241ha から倒木が搬出され、さらに周辺の 89ha では皆伐が行われていたことがわかった。これは大雑把に、この解析対象区域が全て同質の森林だったと過程すると、この区域の約 17%の炭素が系外に持ち出されたことを意味する。実際には、風倒があった場所はバイオマスの多い樹高の高い森林なのに対し、風倒がなかった場所には草地や低木林も含まれるため、この割合はもっと高いものだったと考えられる。



←図1 北八ヶ岳麦草峠周辺の伊勢湾台風による風倒地と倒木搬出地。紫: 風倒後搬出なし、赤紫: 風倒後倒木搬出、赤: 風倒なしだが搬出時に皆伐、水色: 1962年時点で皆伐または搬出(風倒地かどうか不明)。背景地図はArcGIS(Esri社)の地形図を利用。

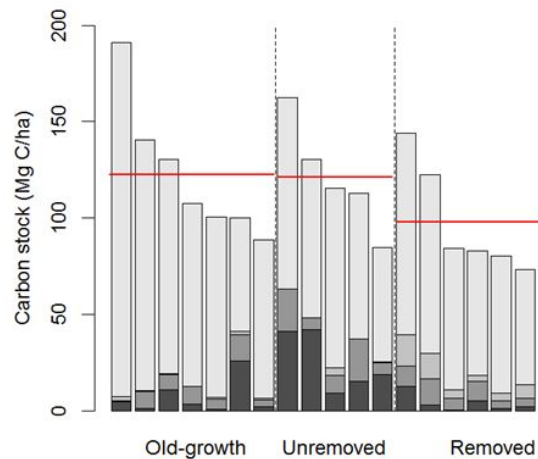


図2 各調査区の炭素量(左から非風倒地、残置区、除去区)。1本のバーが1調査区。■生立木、■立枯木、■根株、■倒木。赤線は各森林タイプごとの全炭素蓄積の平均。

課題2

北八ヶ岳および御嶽の風倒地(除去区・残置区)および非風倒地の森林の炭素蓄積量を調べた結果、生立木は除去区は平均78 Mg C/ha、残置区は82 Mg C/haと差はほとんどなく、非風倒地の108 Mg C/haのそれぞれ72%,74%であった(図2)。残置区の倒木量は約25 Mg C/haで、非風倒地の3.4倍、除去区の6.3倍であった。残置区では腐朽度3および4の倒木がほとんどであったのに対し、除去区では腐朽度3,4の倒木はほとんどなかった。伊勢湾台風による倒木が現在腐朽度3および4として残っていると考えられた。その他、枯死木(立枯れ、根株)を合わせた林分全体(地下部を除く)の炭素蓄積量としては、残置区と非風倒地がほぼ同じで約120 t/haであったのに対し、除去区は88 t/haであった。つまり、現在の風倒残置区はその倒木の炭素蓄積の多さのために、老齢林とほぼ同等の炭素を蓄積しており、約60年前に行った風倒木の除去は現在でも森林の炭素蓄積を約27%も減少させていた。この成果は、風倒後の施業が長期的な森林の炭素蓄積に大きく影響することを示すものである。

課題3

実生調査の結果、モミ属(シラビソ・オオシラビソ)の実生は、倒木上で平均18.5個体/m²、倒木上以外(主に地表)で2.9個体/m²と倒木上で大きく密度が高かった。実生密

度は調査区の光環境によっても大きくことなる傾向があったが(解析途中、2017年3月現在)平均では残置区で13.9個体/m²、除去区で6.0個体/m²、非風倒区で10.2個体/m²と、残置区で最も高かった。コメツガやトウヒの実生は、解析できるだけの個体数がいなかったが、基本的に両種ともほとんど倒木上のみに出現していた。これらの結果から、倒木の少ない除去区では実生の密度や組成が、除去区と異なっており、倒木の除去は50年から100年といった長期的な森林の種組成にも大きな影響を与えると予想される。

発展的課題

上記の当初予定していた課題を遂行する過程で、追加的な調査・解析をすることで新たな発見的成果が得られた。

空中写真の分析の結果、北八ヶ岳に典型的に見られる縞枯れ現象の起きている森林(縞枯れ林)も大規模に風倒があったことが確認された。そこで、縞枯れ林における現地調査と既存データを合わせた解析を行った結果、伊勢湾台風による大規模な風倒が縞枯れ林の動態に長期的な影響を及ぼしていることが明らかになった。小規模な風による攪乱の繰り返しによって動的平衡状態にあると考えられていた縞枯れ林も、伊勢湾台風の前で構造が大きく変化し、その後も現在にいたるまで構造や種組成が変化し続けていることがわかった(Suzuki 2016)。

本研究の成果により、風倒残置区には地上部の約 30%に相当する炭素が蓄積されていることがわかったため、半世紀以上前の伊勢湾台風による倒木が現在の森林の生物群集にも影響を与えていると予想された。そこで、倒木内部の菌類群集のメタゲノム解析と脂肪酸組成分析による食物網解析の検討を行った。

倒木から電気ドリルによりサンプリングした木材から抽出した rDNA の ITS1 領域の配列を用いたメタバーコーディングにより、倒木内部の菌類群集を調べた。腐朽度 2 の倒木では *Trichaptum abietinum* や *Fomitopsis pinicola* といった木材腐朽性の担子菌が高頻度で検出された。腐朽度 4 の倒木では、*Xeromphalina campanella*、*Tylospora fibrillosa*、*Tomentella* sp.、*Thelephora* sp. などの担子菌、特に植物根と菌根共生関係にある菌種が多く検出された。腐朽の進んだ材が菌類の多様性に大きく貢献している可能性が示唆された。

消費者の脂肪酸組成はその餌資源に影響を受けることがわかっているため、消費者やその捕食者の脂肪酸組成を調べることで、その餌資源の由来を推定することが可能になる。本研究では、脂肪酸が倒木分解に関わる食物網の解析に利用できるかどうかを検討するため、倒木の脂肪酸の組成を分析した。その結果、腐朽が進んだ材ほど細菌由来の脂肪酸の割合が高かった。細菌由来の脂肪酸の中でも脂肪酸 16:1w7c はリターや土壌と比べても、腐朽の進んだ材で特に高かった。この脂肪酸 16:1w7c を倒木の餌資源としてのマーカーに使える可能性がある。今後、消費者および捕食者となる生物相について脂肪酸解析を行い、腐食食物網の餌資源としての倒木の重要性の解明に取り組む。

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)

Suzuki SN, Non-equilibrium dynamics of a wave-regenerated forest subject to hierarchical disturbance, *Journal of Vegetation Science* 査読有, vol. 27, 2016, 969-979

[学会発表](計 4 件)

鈴木智之, "大規模風倒による枯死木が森林の炭素蓄積に与える長期的影響", 第 126 回日本森林学会大会, 札幌, 2015 年 3 月 27 日

鈴木智之・西村尚之・鈴木準一郎, "北八ヶ岳の伊勢湾台風風倒跡地の空中写真による抽出と現在の森林構造", 日本森林学会 125 回大会, 大宮, 2014 年 3 月 29 日

鈴木智之, "縞枯れ林の 58 年間の動態: 大規模攪乱の影響と非平衡性", 第 61 回日本生

態学会大会, 広島, 2014 年 3 月 18 日

鈴木智之・西村尚之・鈴木準一郎, "空中写真による北八ヶ岳の伊勢湾台風風倒跡地の抽出と現在の森林構造", 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 2013 年 5 月 22 日

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木智之 (SUZUKI Satoshi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号: 20633001

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

深澤遊 (FUKASAWA Yu)

東北大学・大学院農学研究科・助教