

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 策勒格尔 (CELEGEER)

論文題目 The effect of disturbance by oak wilt disease on litterfall production, forest dynamics, and seedling dynamics in a warm-temperate secondary forest
(暖温帯二次林のリター生産量、森林動態、および実生動態にナラ枯れが及ぼす影響)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院生命農学研究科 准教授 中川 弥智子

委 員 名古屋大学大学院生命農学研究科 教授 戸丸 信弘

委 員 名古屋大学大学院生命農学研究科 教授 山本 一清

委 員 森林総合研究所 主任研究員 黒川 紘子

論文審査の結果の要旨

CELEGEER は、長期間の樹木調査、林床環境調査、および実生調査のデータに基づき、ナラ枯れが暖温帯二次林に与える影響を明らかにした。以下にその要旨を記載する。

二次林は暖温帯地域の主要な森林タイプのひとつであり、日本では総面積の 23% を占めている。人間活動だけでなく自然撓乱も森林動態や実生動態に影響を与えるが、1990 年代以降、日本の二次林ではコナラ、ミズナラ、アベマキなどの樹木が *Raffaelea quercivora* 菌に感染することで枯死する病気・ブナ科樹木萎凋病（通称、ナラ枯れ（JOW））の被害が拡大した。JOW が森林構造に与える影響については研究されてきた一方、森林の機能や植生の変化、および効果的な森林管理施策の立案につながるリター生産量や、純一次生産速度（NPP）、実生の定着やその影響要因の解明は行われてこなかった。そこで本論文では JOW がリターの生産量、森林動態、および実生動態に及ぼす影響を明らかにし、JOW という自然撓乱が森林に及ぼす影響を特徴づけるとともに、JOW 後の植生変化や今後の研究展望について議論を行った。調査は、愛知県瀬戸市海上の森の暖温帯二次林に設置された 3 つの調査プロット（各 0.16~0.25 ヘクタール）で実施された。調査地では 2008 年以降、ブナ科のコナラやアベマキが JOW によって高い枯死率を示したことが報告されており、その 2 樹種の死亡率から、調査期間を、(1) JOW 最盛期（2008-2010 年）、(2) JOW 終盤期（2010-2013 年）、(3) JOW 収束後（2018-2020 年）の 3 期間（JOW 期間）に分類し、比較した。なお、2018 年~2020 年までは CELEGEER 自身が調査を実施し、それ以前は先行研究で得られたデータを利用した。

まず、JOW が森林構造とリター生産量に及ぼす影響を明らかにするため、6 年間（2009-2011、2013、2018-2019 年）のリター生産量データと 12 年間（2008-2020 年）の毎木調査データを用いた。リター生産量は、各調査プロットに 16 個設置されたトラップ（開口部面積 0.5m²）の中味を、大凡 1 ヶ月に一度回収して器官別に仕分けし、乾重を計測した。毎木調査は胸高直径（DBH）5cm 以上の樹木を対象にサイズ計測と生死確認が 2~3 年に一度行われた。JOW 期間で比較したところ、JOW によるコナラとアベマキの枯死に伴って、落葉樹の胸高断面積合計（BA）は 2008 年から 2013/2015 年の間に 3 つの調査プロット全てで減少し、その後少し増加していた。それに対し常緑樹の BA と幹密度は、全ての調査プロットで時間の経過とともに徐々に増加していた。リター生産量は、調査プロット 1、2、3 において、それぞれ 3.58-5.57、5.91-7.13、6.71-10.23 Mg ha⁻¹ year⁻¹ であった。年間のリター総量および落葉量は、最盛期から JOW 収束後の期間でほとんど変化せず、線形混合モデルによる解析の結果、BA の変化はリター総量および落葉量とは無関係であった。調査地で観察された BA の変動は、リター生産量に明確な影響を与えるほど大きく

論文審査の結果の要旨

なかった可能性があるほか、JOW によって形成された林冠ギャップによって下層の光環境が好転し、亜林冠層や下層の樹木のリター生産量が高まった可能性がある。

次に、森林の動態と地上部純一次生産速度 (NPP) に及ぼす JOW の影響を調べるため、毎木調査データから樹木の死亡率、新規加入率、成長速度を計算し、既存のアロメトリー式を用いて地上部バイオマス (AGB) とその変化量 (Δ AGB)、および地上部 NPP を JOW 期間で比較した。その結果、死亡率、新規加入率、および下層木の成長速度に期間間で有意な違いがあることが判明した。JOW の感染によってナラ類の木が大量に枯死したため、JOW 最盛期に死亡率は高くなったが、その後すべてのプロットで減少し続け、2018 年には調査地での JOW は収束していた。JOW によって枯死した樹木の樹冠下では、光環境の好転によって主に下層に生育する樹木の成長速度が JOW 終盤期に高まり、旺盛な稚樹の成長によって終盤期の新規加入率も高まったが、JOW 収束後では、競争の激化のせいか成長速度や新規加入率は減少に転じていた。一方で、 Δ AGB は調査プロット 1、2、3 において、それぞれ $1.39 - 2.68$ 、 $2.56 - 4.53$ 、 $3.05 - 4.27 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ であり、地上部 NPP の平均値はそれぞれ 6.82 ± 0.64 、 9.99 ± 1.47 、 $11.42 \pm 1.37 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ であった。JOW 期間によって多少の増減はあったものの、 Δ AGB と地上部 NPP への JOW の明確な影響は認められず、枯死したナラ類の負の影響は、高い新規加入率と下層木の成長速度の増加によって緩和された可能性が考えられた。

最後に、実生群集 (樹高 50cm 以下の木本類) の動態に林床環境と実生の機能形質が与える影響を明らかにするため、各調査プロットに 16 カ所設定された $2 \times 2 \text{ m}$ の実生コドラートにおいて、実生の追跡調査を 2009~2013 年と 2018~2020 年に実施した。また、主要な 13 樹種の実生を対象に葉・茎・根・種子に関する 11 種類の形質を測定したほか、光環境、土壌含水率、土壌養分、および前述のリター生産量を林床環境として測定した。光環境は徐々に改善し、2020 年の林冠開空度は 2009 年の初期値より約 1.60~1.81 倍高くなったのに対し、土壌含水率は徐々に低下し、2020 年の土壌含水率は 2010 年の初期値より約 40.8~56.5% 低下した。60 種 13,010 個体の当年生実生と 69 種 9810 個体の非当年生実生を調査した結果、JOW 終盤期に当年生実生の密度が、JOW 収束後に非当年生実生の密度が増加した。構造方程式モデル (SEM) を用いて、実生の生残率に影響を与える直接・間接的要因を解析したところ、JOW 終盤期では光環境のいい場所で、JOW 収束後ではリター量が少なく、土壌養水分の高い場所で、実生の定着が高まることが予測された。一方、先行研究と同様に、機能形質は実生の生残率に直接的な影響を与えていなかったものの、林床環境によって一定の特徴を持つ実生が増えることが示唆された。

論文審査の結果の要旨

以上の結果から、JOW による樹木の枯死は複数年にわたって生じるものの特定の樹種に限定されるため、森林の機能に関わるリター生産量や地上部 NPP には目立った変化がないこと、立ち枯れた樹木の腐朽や倒壊は JOW による枯死後も徐々に起こるため、林床環境の変化は継続的かつ緩やかに生じる結果、実生動態への影響は JOW 収束後にまで及ぶことが明らかとなった。これにより、JOW が暖温帯二次林に与える影響は、これまでによく研究されてきた台風や強風といった短期間で劇的な変化をもたらす自然撓乱のものとは大きく異なることが示唆された。樹病には JOW だけでなく、マツ材線虫病（マツ枯れ）やニレ立枯病など、他にも多数の病気が国内外で確認されている。樹病が森林に与える影響についての研究はほとんど行われていないため、樹病の影響評価に関する森林研究を今後さらに進め、樹病が森林に与える影響の一般化や病気による影響の違いなどを明らかにする必要がある。また、調査地の暖温帯二次林では常緑樹が徐々に増加していること、SEM の解析より特定の形質を有する樹種の実生が定着しやすいことも分かったが、そのうち耐陰性が高い樹種はアラカシの 1 種のみであったこと、実際にアラカシの稚樹や実生が増加しつつあることから、調査地の暖温帯二次林ではアラカシが優占する常緑樹の森へと変化するかもしれない。大きな撓乱が森林で起こるとその遷移は後退することが知られているが、JOW では常緑樹林化への植生変化が促進された可能性が考えられる。しかし、JOW の影響の継続期間や JOW 後の植生遷移の方向性を確認するためには、林床環境や樹木群集の継続的な調査と、他の暖温帯二次林における研究の蓄積が欠かせない。

以上の成果は、ナラ枯れという自然撓乱の特徴を明確にし、樹病が森林に与える影響評価に関するさらなる研究展開の重要性を指摘しただけでなく、ナラ枯れ被害を受けた暖温帯二次林における森林動態や実生動態に関して新たな知見を追加したものである。よって、本審査委員会は本論文の内容が博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認め、論文審査に合格と判断した。