

枯死木の分解速度推定のための標準試料を用いた分解試験法*1

酒井佳美*2

酒井佳美：枯死木の分解速度推定のための標準試料を用いた分解試験法 九州森林研究 77：221－222, 2024 枯死木は森林土壌における炭素プールの1つである。炭素貯留量の推定において不確実性が高いことも知られており、精度の向上が期待されている。本報文では枯死木の分解速度について標準試料を用いた分解試験方法を検討したので報告する。リターバック法を用いた分解試験に標準試料としてスギ丸太材を四等分にした四割材と、同じ丸太材を粉碎し不織布で包んだ疑似材の2種を用いた。比較試料として10年生スギの枝と根を用いた。土壌深5-10 cmの結果から標準試料の四割材の分解定数 (k) は、疑似材よりも常に低く、比較試料の枝と根は両者の中間の値になることが示された。つまり、標準試料の形状を変えた2種を使用した分解試験を実施することで、自然状態の枯死材の分解速度がこれら2種によって得られる分解速度の範囲内と推定可能であると考えられた。ただし、疑似材は水分影響を受けやすい形状であり、乾燥しやすい場所での結果は慎重に検討する必要がある。

キーワード：枯死木, 分解速度, 標準試料

I. はじめに

森林は地球温暖化防止機能への役割が期待されている。森林土壌には森林の全炭素貯留量の5割近くが貯留されている (FAO, 2020)。炭素貯留量の算定において、森林土壌の炭素プールは土壌、リター、枯死木の3つに分けられる。枯死木による炭素貯留量のレンジは幅広く、世界6地域で比較すると4.6~41.5 t ha⁻¹とされている (FAO, 2020)。炭素貯留量への影響要因は森林の種類、樹種、林齢や周辺環境など多岐にわたる。また、この推定値の不確実性も指摘されている。理由として枯死木の供給量に関わる枯死木の発生原因の自然枯死、気象害そして病虫害等のいずれもが不定期な事象であり、発生規模も予測困難である。枯死木の分解速度の推定値のばらつきが大きいことも指摘される。これは枯死木の個体間のばらつきに起因する。枯死木には倒木、根株、立枯木の3つのカテゴリーが含まれること、その大きさは基準となる最低サイズ (直径5 cm, または10 cmとするものが多い) よりも大きければすべて含まれることになる。この結果、分解の進行に影響する木材成分濃度や木質構造に個体間差が大きくなる。枯死木由来の炭素貯留量の推定精度を上げるには、これらの不確実性を低下させることが必要であるが、予測困難な枯死木の供給量よりも分解速度の精緻化が期待されている。

枯死木の分解速度の推定のための実測データは林分に現存する枯死木を試料として用いるクロノシークエンス法、あるいは分解試料の初期値が取得可能なリターバック法により測定されてきた。葉リターではリターバックに市販のTea bagを標準試料として使用し広域・多点で分解速度を測定する手法が成果を上げている (Keuskamp *et al.*, 2013 など)。材でも Zanne *et al.* (2022) が市販のマツ類丸太材による分解試験を世界各地133地点で行い、シロアリ類の気温に対する感受性が地球規模で分解速度に影響を与えることを示唆した。この報告では標準試料の分解定数を解析しており自然状態のマツ類枯死木との数値の乖離は検証されてい

ない。そこで筆者らは標準試料に対し自然状態の枝と根を比較試料として分解定数の検証を行った。本報文はこの結果をもとに枯死木の分解試験方法として提案することを目的とする。

II. 調査地と方法

本研究での調査は2016年より筑波共同試験地 (茨城)、日本大学水上演習林 (群馬)、京都大学芦生研究林 (京都)、森林総合研究所九州支所実験林 (熊本)、鹿児島大学高隈演習林 (鹿児島) で実施しているが、本報文では熊本の結果について報告する。熊本での試験地は10年生スギ林で林冠は閉鎖し下層植生はほとんど無い。分解試験はリターバック法で行った。分解試料は市販のスギ丸太材を使用した。スギ丸太材 (直径6 cm) を木口面から四等分にした「四割材」(1辺3 cm, 長さ25 cm) と、同じ丸太材をウイレー式粉碎機で粉碎し、2 mmの篩を通過するサイズに揃えたもの10 gを不織布で包んだ「疑似材」を作成し、この2種を標準試料とした。比較試料として10年生スギの枝と根 (直径1~3 cm, 長さ約20 cm) を使用した。各試料は2 mmメッシュの寒冷紗製の袋に入れて設置した。標準試料は表層、土壌深さ5-10 cm, および20-30 cm, 比較試料の枝は表層と5-10 cm, 根を5-10 cmに設置した。2017年1月に設置し、一定期間ごとに5反復分を回収した。疑似材は設置期間3年間に4回収し、その他は6年間で5回収した。回収試料は実験室で土壌や根等を刷毛やピンセットを用いて取り除き乾燥重量 (70℃で恒常状態になるまで乾燥)、灰分の測定を行った。灰分量は土壌の混入量とみなし重量補正した。

分解試料の重量残存率 (回収時の乾燥重量 / 初期乾燥重量) の低下は一次指数関数式を分解モデルとして使用した (Olson 1963)。

$$Rt = a \exp(-kt)$$

経過年数 (t) における残存率を Rt , a と k はパラメータであ

*1 Sakai, Y.: Estimating the decomposition rate of deadwoods by litterbag test using standard samples.

*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan

り、 $a = 1$ (残存率の初期値)、 k が分解定数 (year^{-1}) である。パラメータ k はベイズ推定を用いて推定し、統計ソフトウェア R (ver. 4.3.1) (R Development Core Team, 2023) とそのパッケージである RStan (Ver. 2.26.23) を用いた。事前分布は一様分布、チェーン数を 4、MCMC の繰り返し数は 3000 ($\text{iter} = 3000$)、バーンイン期間は 1000 ($\text{warmup} = 1000$)、間引きは無し ($\text{thin} = 1$)、乱数の総数は 8000 ($\text{total post-warmup samples} = 8000$) である。chain 数が 3 以上ですべてのパラメータで $\text{Rhat} < 1.1$ となることを MCMC が収束したとみなした。

Ⅲ. 結果と考察

標準試料と比較試料の 4 種の異なる基質の試料を比較できる土壌深 5-10 cm の結果を見ると、形状が固形の四割材と枝、根では、設置からおよそ 4 カ月経過した分解材の残存率の低下幅が、枝と根の方が大きいものの、その後の減少傾向は似ていた (図-1)。設置 1 年経過から 2 年にかけて残存率の低下が大きくなり、その後やや緩やかな減少となった。これに対し疑似材は設置後 4 カ月の残存率の低下に続き 1 年経過にかけて急速に低下し、固形の試料よりも分解の進行が非常に早い特徴を示した。表層に設置した試料は、3 つの設置深さの中で最も分解の進行が遅く、特に疑似

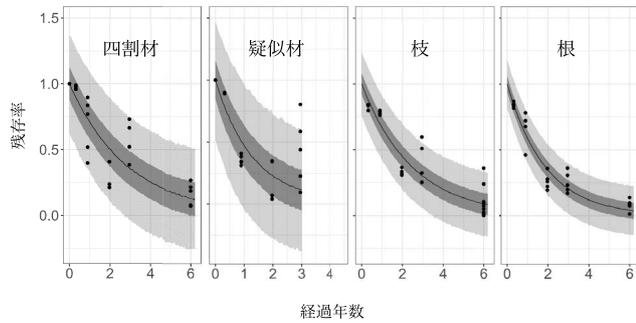


図-1. 土壌深さ 5-10 cm での経過年数に伴う残存率の減少
直線：実測データを元にベイズ法により推定したパラメータ平均値による回帰線
薄いグレー：95%信用区間

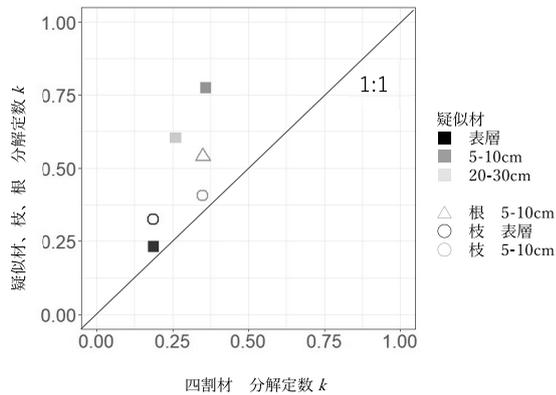


図-2. 四割材の分解定数に対する、疑似材、枝、および根の分解定数 (k)

材で顕著であった。本試験地の林床は下層植生がほぼ無く、乾燥しやすい条件となっていた。疑似材は材の破砕片の集合体であり粗空隙が多く水分環境の影響を受けやすい可能性がある。

標準試料の疑似材の分解定数 (k) はどの設置深さでも四割材よりも分解が速くなったが、表層ではその差が小さかった (図-2)。材料は同じ丸太材である標準試料であったがその形状の違いで分解速度が大きく変化することが明らかとなった。一般に分解が遅いと言われる固形の木材に対して、疑似材は粗空隙が多く試料内部を水や分解者が容易に浸透、侵入できるため、潜在的な分解可能性を高めた試料であると考えられた。比較試料の枝と根は、土壌深さ 5-10 cm では疑似材と四割材の中間となり、表層では四割材と疑似材よりも分解が速くなった。固形状である標準試料の四割材と比較試料の枝と根とでは、比較試料の方が分解は速くなった。両者の大きな違いは樹皮や形成層といった生きた細胞部分の有無である。四割材は分解者が利用可能な可溶性成分等の含有量が低いことが、分解の進行の遅れに影響したと考えられた。

以上の結果より、固形状の場合、標準試料によって得られる分解定数は、自然状態の試料に比べて低くなることが明らかとなった。また、標準試料として、形状を変えて 2 種使用することで、調査地における潜在的な分解可能性のレンジを示すことができると考えられた。つまり、枯死木の分解速度の推定に、同じ樹種の市販丸太材を利用した標準試料の形状を変えた 2 種を使用した分解試験を実施することで、自然状態の枯死材の分解速度がこれら 2 種によって得られる分解速度の範囲内と推定可能であると考えられた。ただし乾燥しやすい表層では結果の検討が必要である。本報告ではデータを示さないが、熊本以外の 4 試験地での結果でもおよそ同じ傾向が得られており枯死木の分解試験の方法として標準試料の活用は有用であると考えられた。

Ⅳ. 謝辞

本研究は JSPS 科研費の助成をうけた (JP19H 03012)。試験地の利用に際し森林総合研究所九州支所実験林には多大な協力いただいた。本研究の分解試料の作成、および回収後の試料調整は阪本由美子氏と作森あかね氏に協力いただいた。

引用文献

FAO (2020) Global Forest Resources Assessment 2020: Main report, Rome, Italy: FAO
 Keuskamp, J. A. *et al.* (2013) *Methods in Ecology and Evolution* 4 (11) : 1070 - 1075.
 Olson, J. S. (1963) . *Ecology* 44 (2) : 322 - 331.
 R Development Core Team (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL: <https://www.r-project.org/>
 Zanne, A. E. *et al.* (2022) *Science* 377 (6613) : 1440 - 1444.
 (2023 年 11 月 14 日受付; 2023 年 12 月 14 日受理)