



土壌の有機物分解を評価する「ティーバッグ法」の修正法を提案

九州支所：森 大喜

森 林土壌の有機物分解を評価するため、市販のティーバッグを標準物質として使用し、土壌に埋設したティーバッグを90日後に掘り出して重さを測定する方法が広く採用されてきました。しかし、室内実験によって得られたティーバッグ重量を時系列で測定した結果と比較したところ、従来の方法では有機物分解過程を適切に再現できないことがわかりました。そこで、より精度の高い修正法として、時系列データ5点を取得して漸近線モデルを適用する手法を新たに提案しました。これにより、土壌有機物分解に対する気候変動影響評価の精度向上が期待されます。

■従来法では正しく評価できない

森林土壌の有機物は陸上で最も貯留量大きい炭素プールであり、その分解速度は大気中の二酸化炭素濃度に大きな影響を与えます。森林土壌の有機物分解に対する温暖化影響を広域で評価するためには、世界共通の均質な有機物で評価する必要があります。世界中どこでも入手可能な素材として、ルイボス茶と緑茶のティーバッグが標準有機物として選定されました。この評価方法は、ティーバッグを土壌に埋設し、90日後の重量残存率から有機物分解速度を評価できるように設計された比較的新しい手法です。土壌中の有機物は時間の経過とともに重量が減少し、重量がほぼ変化しない値に収束していく曲線(分解曲線)を描きます。ティーバッグ法はこの分解曲線をたった1時点のデータから推定できる画期的な方法として開発されました(図1)。現在世界各地で採用され、標準法としての地位を確立しつつあります。

しかし、本手法から求めた分解曲線が実際の分解過程を適切に表現しているのかを検証した研究はこれまでありませんでした。そこで、温度を制御した実験室内において、プラスチック容器に入れた土壌の中でティーバッグを分解させ時系列で重量減少データを取得した結果を、従来法であるティーバッグ法によって求めた分解曲線と比較してみました。その結果、ティーバッグ法は分解過程を適切に再現できないことが明らかになり(図2)、その傾向は特に低温環境の場所(図2の灰色部分)で顕著でした。

■より高精度に分解を再現できる修正法を提案

室内実験から得られた時系列重量減少データに指数モデルおよび漸近線モデルを適用したところ、漸近線モデルによる分解曲線の再現精度は非常に高いことがわかりました(図2)。一方指数モデルはティーバッグ法よりもさらに再現精度が低くなりました。そこで、ティーバッグを10~20日間隔で5回掘り起こして重量減少データを取得し漸近線モデルを適用する手法を「ティーバッグ法の修正法」として新たに提案しました。今後はティーバッグ分解の時系列データを取得して正確な分解曲線を取得することが推奨されます。これにより、土壌有機物分解に対する気候変動影響評価の精度向上が期待されます。

■従来法は相対的な指標としても適当ではない

従来のティーバッグ法は分解曲線を適切に再現できない

ことが明らかになりましたが、従来法は有機物分解速度の相対的な大きさを比較するための「相対指標」としては有用かもしれません。そこで、分解曲線の形を決定する分解速度定数を従来法と修正法を用いて比較しました。この二つに正の相関があれば、従来のティーバッグ法によって分解速度の相対的な比較が可能ということになりますが、正の相関は確認されず、従来の方法は相対的な指標としても適切ではないと考えられました。

研究資金

・科研費(JP19K15879)「割り箸・ティーバッグ大規模分解実験と機械学習の併用による有機物分解速度の広域推定」

参考文献・サイト

Keuskamp et al. (2013) Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution* 4: 1070-1075

Mori et al. (2022a) Risk of misinterpreting the Tea Bag Index: Field observations and a random simulation. *Ecological Research* 37: 381-389

Mori et al. (2022b) Validation of the Tea Bag Index as a standard approach for assessing organic matter decomposition: a laboratory incubation experiment. *Ecological Indicators* 141:109077

Mori et al. (2022c) Is the Tea Bag Index (TBI) useful for comparing decomposition rates among soils? *Ecologies* 3: 521-529

専門用語

指数モデル: 有機物の残存量が指数関数に従って減少していくと解釈する数理モデルです。

漸近線モデル: 有機物の分解しやすい成分は指数関数に従って残存量が減少するが、分解しにくい成分は分解速度が非常に遅いためほとんど分解しないと解釈する数理モデル。有機物の残存量は、最終的に分解しにくい成分の値(漸近線)に近づきます。

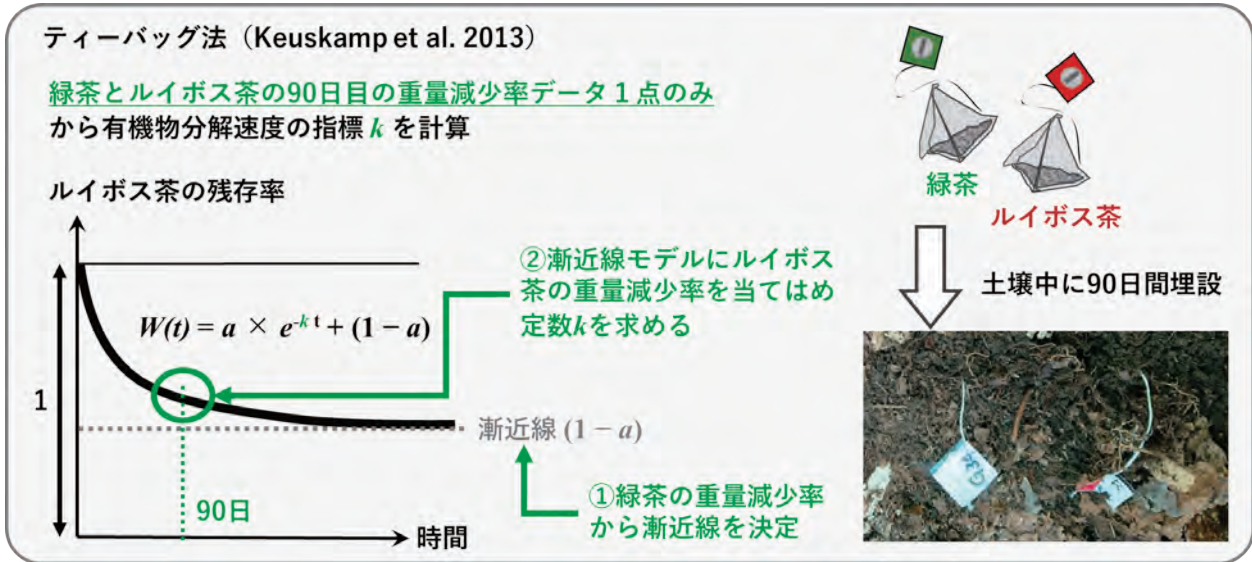


図1 ティーバッグ法の概要

緑茶重量減少率からルイボス茶の分解曲線の漸近線を計算し、ルイボス茶の重量減少率と合わせて分解速度定数 k (分解曲線の形を決定する値) を求め、これを指標とします。(Keuskamp et al. 2013)

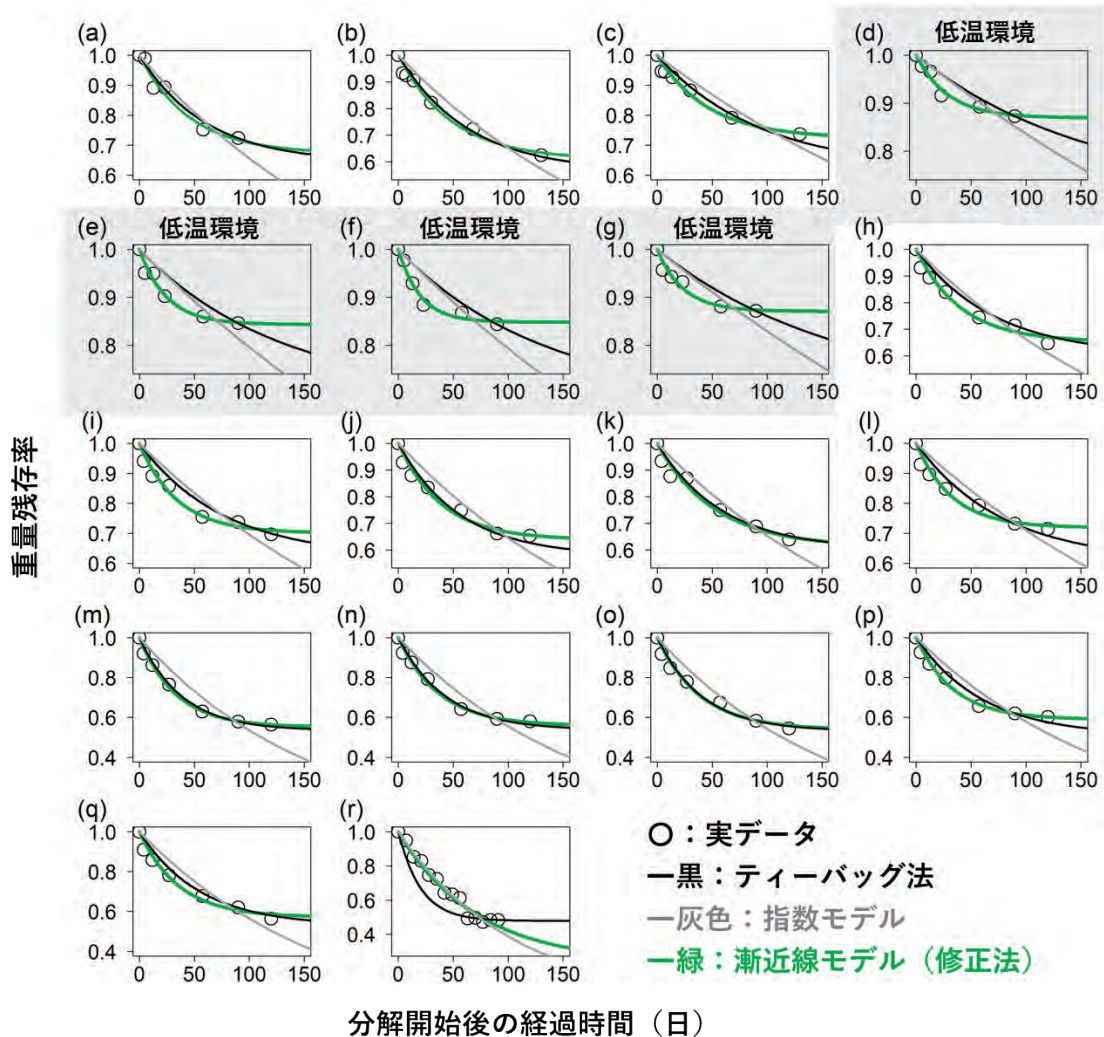


図2 18の異なる土壤環境におけるルイボス茶分解データとティーバッグ法、指数モデル、および漸近線モデル(修正法)で再現した分解曲線の比較

それぞれの図(a-r)は、異なる土壤環境(実験に用いた土壤の採取場所、用いた土壤の水分条件、室内実験を行う際の気温が異なる)での実験結果を表しています。漸近線モデル(修正法)がティーバッグ法よりも実データに近いこと、ティーバッグ法による再現精度は低温環境(d-g)で特に低いことが分かります。(Mori et al. 2022c)