



土壌動物の多くは落葉分解者として機能していない？

ー トビムシの餌炭素年齢から従来の常識が覆る ー

森林昆虫研究領域: 藤井 佐織

大阪府立環境農林水産総合研究所: 原口 岳

総合地球環境学研究所: 陀安 一郎

落 葉などの枯死有機物は、土壌微生物や土壌動物の摂食活動により分解されると考えられています。しかし、土壌に住む微小な生物の餌源を特定することが困難なため、土壌動物が分解者として本当に機能しているかどうかは検証が不十分でした。本研究では、放射性炭素同位体分析により微小な土壌動物の餌炭素年齢を世界で初めて測定しました。その結果、土壌食物網の起点付近に位置するトビムシが、枯死有機物より新しい、光合成されて間もない炭素を主に食べていることを明らかにしました。さらに、クモなど捕食者の体も、枯死有機物よりも新しい炭素からできていることが分かり、トビムシの食性が土壌食物網全体に強く影響していることがわかりました。

成 果

■ 陸域の物質循環と土壌食物網

陸域生態系では、枯れて地面に落下した落ち葉などの枯死有機物が、土壌動物の食べる・食べられる関係でつながった「土壌食物網」を通して分解され、炭素循環が形作られていると考えられてきました。しかし、土壌動物の食物源を把握することは簡単ではありません。とくに、トビムシをはじめとする体長1ミリメートル程度の微小な無脊椎動物は分析が困難なため不確定要素が多い状況でした。しかし、トビムシは多くの土壌動物の餌であり、土壌中の栄養段階の最下層、すなわち起点に位置するため、土壌食物網全体の食物源を決定している可能性があります。近年、トビムシは枯死物由来の食物だけでなく藻類や植物の根など生きた食物源にも依存していることが示唆されてきました。これは、トビムシ、そしてクモなどトビムシを捕食する土壌動物が枯死有機物を利用する分解者ではなく、生きた有機物に依存する消費者である可能性を意味しています。しかし、確定的な証拠は得られていませんでした。

■ 微小な土壌動物トビムシの餌炭素年齢

そこで、トビムシ各種を中心とする土壌動物の枯死有機物への依存度を、餌炭素年齢を測定することで評価しました。京都の天然ヒノキ林で様々な土壌動物分類群を対象に、炭素の新しさを評価する放射性炭素同位体分析、ならびに従来から食性解析に用いられてきた炭素・窒素安定同位体分析を行いました。その結果、トビムシのほとんどの種は、枯死有機物よりも新しい炭素、すなわち光合成されてから間もない炭素からできた餌を利用していることが示されました(図1)。また、腐植の多い深い層に住む土壌性のトビムシ(図2)は窒素安定同位体比が高いものほど新しい炭素に依存する傾向を示しました。窒素安定同位体比が高い理由は、微生物による分解が進んだ有機物を食べたためか、菌根菌を食べたためかのどちらから判別できませんでしたが、新しい炭素を利用していたという前述の結果を踏まえると、理由は後者と推察されました。

■ 土壌動物の役割

このように、トビムシの枯死有機物への依存が小さいこと

を示す強固な証拠を得ることができました。また、クモやムカデなどの捕食者の炭素年齢は、概してトビムシよりも古いものの、枯死有機物よりは新しい場合が多く、トビムシの食性が土壌食物網全体に強く影響していることが伺えました。森林土壌中の有機物分解における土壌動物の役割に関する従来の考えは今後見直されていくこととなるでしょう。

研究資金と課題

本研究は、科研費(19K21201)「微生物食者の食物年齢から土壌食物網の生態系機能を解き明かす」による成果です。

文献および参照サイト

Fujii, S. et al. (2021) Radiocarbon signature reveals that most springtails depend on carbon from living plants. *Biology Letters*, 17(9), 20210353

専門用語

トビムシ: 世界中の陸域生態系の土壌で優占し、森林土壌においては平方メートルあたり数万個体が生息することが多い。多様な種を含み、土壌有機物層の中で種ごとに住み場所が分かれています。(図2)

放射性炭素同位体(^{14}C)分析: 1963年の部分的核実験禁止条約の締結後、大気核実験は行われなくなったため、この核実験に由来する ^{14}C の濃度($\Delta^{14}\text{C}$)は年々希釈され、低下しています。この ^{14}C 濃度がある年の光合成産物に反映されることを利用して、動物の ^{14}C 濃度からその動物が何年前の光合成産物を餌資源として利用しているか特定できます。 ^{14}C 濃度が低いほど新しい炭素です。

栄養段階: 食物網におけるレベルのこと。栄養段階が高いほど食物連鎖の上位に位置する捕食者です。

炭素・窒素安定同位体比: 炭素安定同位体(^{12}C 、 ^{13}C)の存在比である炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)と、窒素安定同位体(^{14}N 、 ^{15}N)の存在比である窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$)で、動物の食物源や食物網中の栄養段階を推定できます。腐生菌による分解が進んだ有機物ほど $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ が高い、菌根菌の $\delta^{15}\text{N}$ が高い、栄養段階が上位であるほど $\delta^{15}\text{N}$ が高い、等が知られています。

菌根菌: 植物と共生して菌根を形成する菌類の総称。植物が生産した炭水化物が菌根菌に供給される一方で、菌根菌は土壌から養分を吸収して植物に供給します。菌根菌は植物が光合成したばかりの新しい炭素を獲得しているので ^{14}C 濃度が低くなります。

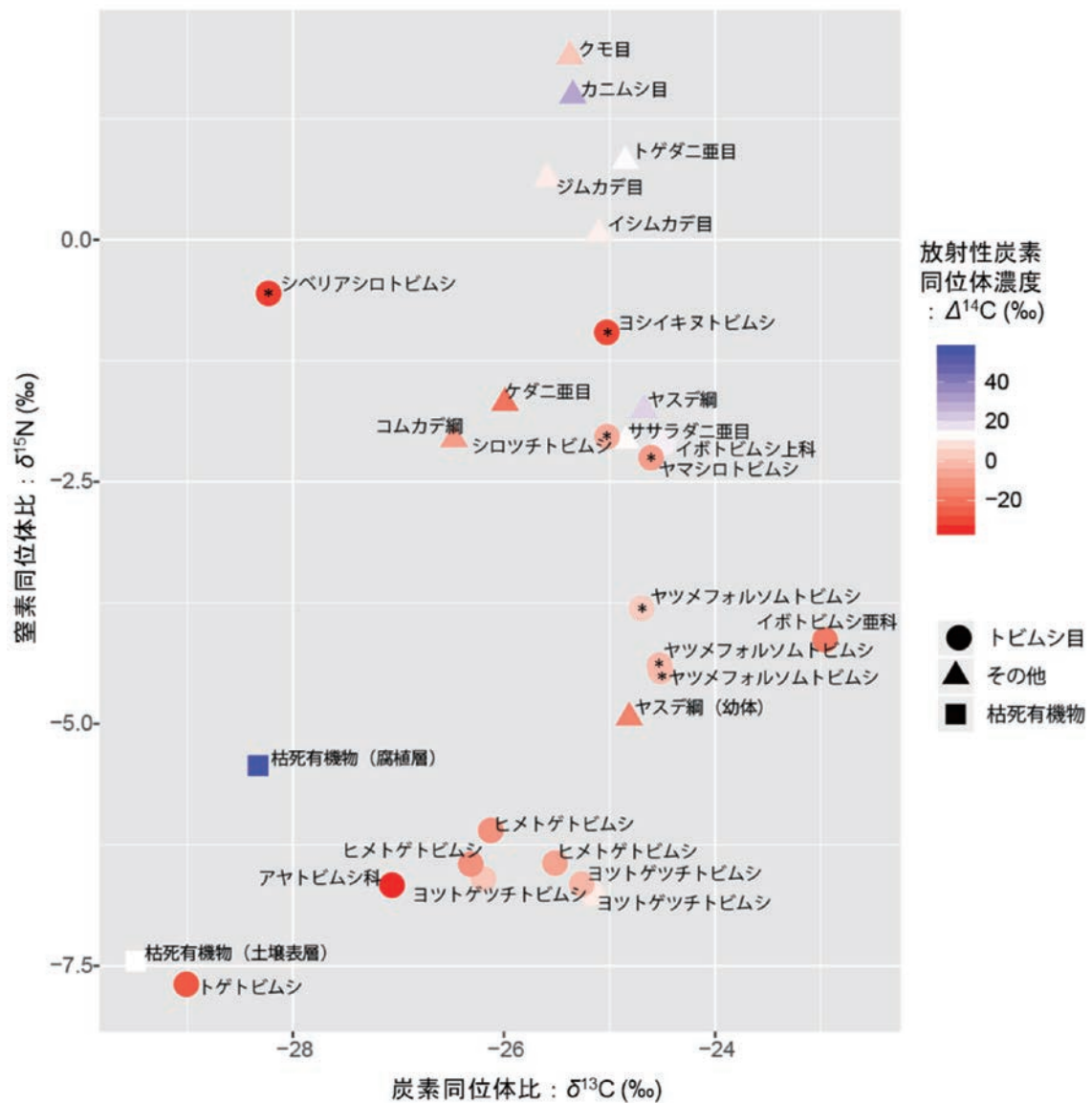


図1 土壌動物と枯死有機物の、炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$)・窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) に対する放射性炭素同位体 (^{14}C) 濃度
各点の色が ^{14}C 濃度 ($\Delta^{14}\text{C}$) の値を示しており、土壌表層 (新規落葉からなる層) の枯死有機物の値を基準 (白) に
して、それより高ければ青 (古い)、低ければ赤 (新しい) で示しました。腐植の多い深い層に住む土壌性のトビムシ
には*を付けました。



図2 様々なトビムシの光学顕微鏡写真 (上段は表層性、下段は腐植の多い深い層に住む土壌性の種)