

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25840158

研究課題名(和文)放射性炭素が解き明かす地下部食物網を駆動する炭素の滞留時間

研究課題名(英文)Radiocarbon reveals residence time of carbon driving belowground food webs

研究代表者

兵藤 不二夫(Hyodo, Fujio)

岡山大学・異分野融合先端研究コア・准教授

研究者番号：70435535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、異なる気候帯に属する森林に調査地を設定し、消費者やそれを支える土壌有機物を対象に放射性炭素分析から食物年齢を測定し、どの程度の時間スケールで食物網が支えられているのかを明らかにすることを目的とした。得られた結果は栄養塩濃度や土壌呼吸速度、リン脂質濃度や組成は調査地によって大きく異なることがわかった。また、土壌の放射性炭素濃度も大きく異なっていた。しかしながら、放射性炭素濃度から求めた土壌節足動物の食物年齢については、調査地間において顕著な差は見られなかった。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to explore the diet ages of consumers in three forest ecosystems with different climates. The estimation of diet age can be performed by using natural abundance of radiocarbon. The results showed that diet ages of soil invertebrates did not differ among the studies sites, despite great difference in soil properties, such as soil respiration and radiocarbon concentrations.

研究分野：生態学

キーワード：地下部 食物網 放射性炭素

1. 研究開始当初の背景

陸上生態系の一次生産のほとんどは地上部食物網で消費されることなく、地下部(土壌)の食物網によって利用される。近年の研究から、地下部だけではなく地上部の消費者の多くが地下部由来の物質とエネルギーに依存している可能性が示されている。しかしながら、どれだけ多くの消費者が地下部由来の炭素に依存しているか、あるいは植物が炭素を固定してから消費者に利用されるまでどれくらいの時間がかかるのかという、陸上食物網における物質やエネルギーの流れの速さに関する知見はほとんどない。この食物網における炭素の滞留時間のことを我々は食物年齢と定義づけ、冷戦期に大気圏核実験によって作られた放射性炭素を用いて推定が可能であることを既に示している(図1)。

一般に、土壌炭素の滞留時間やリターの有機物などは、気温や降水量などの気候条件によって大きく影響を受け、より温暖で湿潤な環境ほどその滞留時間や分解速度は速くなることがわかっている(Aerts et al.1994)。我々の先行研究によれば、冷温帯、亜熱帯、熱帯などの異なる気候帯から採集した土壌動物の食物年齢は土壌食、土壌リター食、リター食で有意に異なるものの、それら採集した気候帯の影響は必ずしも受けないことがわかっている(図2)。

2. 研究の目的

そこで本研究では、上述の先行研究と同じ調査地において、分解者だけではなく捕食者を含めた消費者と、それを支える土壌有機物を対象に放射性炭素分析から食物年齢を測定し、どの程度の時間スケールで陸上食物網が支えられているのかを明らかにすることを目的とした。また、同時に調査地の土壌有機物の特

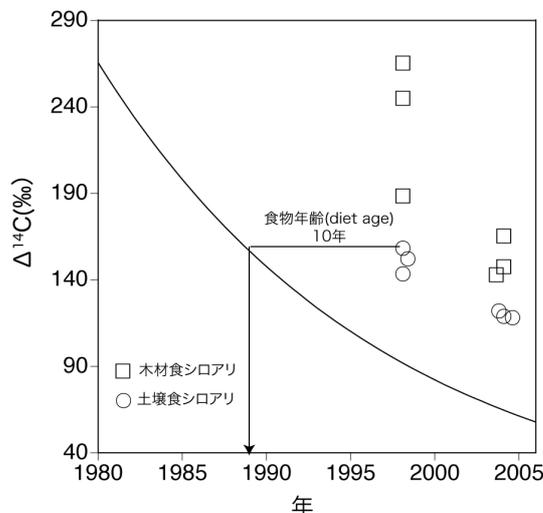


図1 放射性炭素を用いた食物年齢の推定方法(Hyodo et al. 2006)図中の減衰曲線は大気二酸化炭素の放射性炭素含量の経年変化を示す

性を、栄養塩濃度、微生物呼吸速度、微生物のバイオマス量や組成の指標となるリン脂質の分析を行った。

3. 研究の方法

平成25年から27年にかけて、北海道大学苫小牧研究林の冷温帯林(北緯42°40′)、真鶴半島自然公園の照葉樹林(北緯35°08′)、琉球大学与那フィールド(北緯26°45′)において、植物や土壌節足動物などの消費者を採集した。それぞれの年平均気温は6.0℃、15.7℃、22.3℃、年降水量は1450mm、1921mm、2546mmである。また各調査地において土壌も0-5cm、5-10cm、10-15cmから採集した。採集した生物試料は冷凍庫に保存し、その状態のまま大学の研究室まで持ち帰った。実体顕微鏡かで同定後、焼き済みのガラスバイアルに移し、60℃で2晩乾燥した。土壌は冷蔵庫に保存し、冷蔵状態で大学まで持ち帰った。その後、栄養塩(アンモニウム濃度と硝酸濃度)、土壌呼吸に用いた。放射性炭素分析のため土壌試料は60℃で、リン脂質分析のための試料は凍結乾燥した。

アンモニアと硝酸濃度は比色法によって定量した。土壌呼吸はバイアルで一定期間培養し放出される二酸化炭素を赤外線二酸化炭素分析計で測定した。リン脂質は、Bardgett et al. (1999)にしたがった。凍結乾燥土壌試料からクロロホルム・メタノール・クエン酸バッファーを用いて脂質を抽出し、シリカカラムを用いてリン脂質分画を回収した。その後、メチル化しガスクロマトグラフを用いて分離、定量した。

乾燥土壌は1.2Nの塩酸と1.2Nの水酸化ナトリウム溶液を用いて、酸不溶性画分、アルカリ不溶性画分を定量した。これら生物試料と土壌試料は酸化銅と銀泊とともに石英管にいれ、真空ラインを用いて真空にした後封管した。その後、850℃で燃焼し、試料

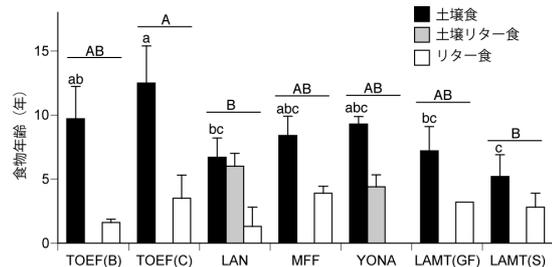


図2 異なる気候帯におけるミミズの食物年齢(Hyodo et al. 2012) TOEF:苫小牧研究林、LAN:ランカスター(イギリス)、MFF(真鶴半島自然公園)、YONA(与那フィールド)、LAMT(GF)(ラムトー保護区の河畔林、コートジボアール)、LAMT(S)(ラムトー保護区のサバンナ、コートジボアール)。同じ文字を含む食物年齢は調査地間で異なることを示す。大文字はすべての食性、小文字は土壌食性を対象とした事後検定の結果を表す。

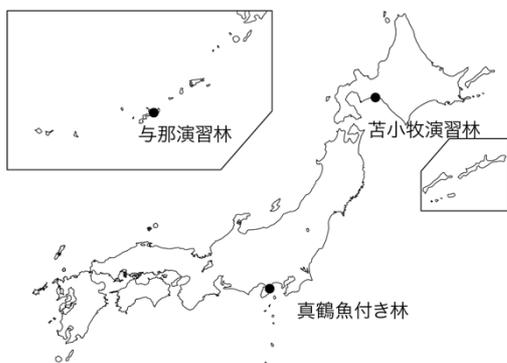


図 3 本研究の調査地

をガス化した。ドライアイスエタノールと液体窒素を用いて、二酸化炭素を精製した。その後、鉄粉を触媒として用いて水素ガスと反応させることでグラファイトとし、外注分析によって放射性炭素濃度を得た。採集年と試料と同じ放射性炭素濃度を持つ年(t)の差を食物年齢とした。この年(t)は、次の式から求めた。

$$t = 2074 - 16.71 \ln(\Delta^{14}\text{C})$$

4. 研究成果

現在、結果の解析中であるが、生葉は大気二酸化炭素の放射性炭素濃度を反映して、調査地間で大きな差はなかった。土壌の栄養塩濃度や土壌呼吸速度、リン脂質濃度や組成は調査地によって大きく異なることがわかった。また、土壌の酸不溶性画分やアルカリ不溶画分量、それらの放射性炭素濃度も調査地によって大きく異なっていた。しかしながら、放射性炭素濃度から求めた土壌節足動物の食物年齢については、調査地間において顕著な差は見られなかった。このことは、各調査地で採集されたミミズの食物年齢に大きな差がないこと、そして食物年齢は古いものでも約10年であるという先行研究で得られた結果と一致する。

引用文献

Aerts, R., 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: A triangular relationship. *Oikos* 79, 439-449.
 Bardgett, R.D., McAlister, E., 1999. The measurement of soil fungal : bacterial biomass ratios as an indicator of ecosystem self-regulation

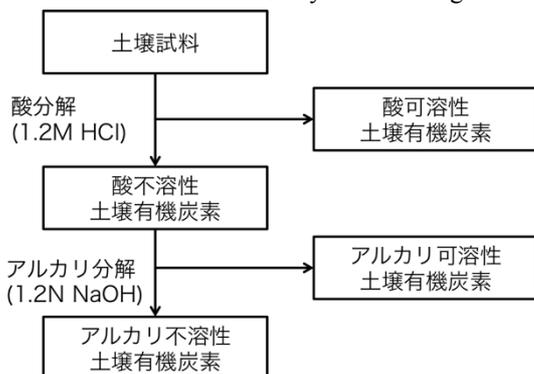


図 4 化学処理による酸・アルカリ土壌画分

in temperate meadow grasslands. *Biol. Fertil. Soils* 29, 282-290.

Hyodo, F., Matsumoto, T., Takematsu, Y., Itioka, T., 2015. Dependence of diverse consumers on detritus in a tropical rain forest food web as revealed by radiocarbon analysis. *Funct. Ecol.* 29, 423-429.

Hyodo, F., Tayasu, I., Wada, E., 2006. Estimation of the longevity of C in terrestrial detrital food webs using radiocarbon (^{14}C): how old are diets in termites? *Funct. Ecol.* 20, 385-393.

Hyodo, F., Uchida, T., Kaneko, N., Tayasu, I., 2012. Use of radiocarbon to estimate diet ages of earthworms across different climate regions. *Appl. Soil Ecol.* 62, 178-183.

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 (すべて査読有り)] (計 7 件)

1. Hyodo, F., 2015. Use of stable carbon and nitrogen isotopes in insect trophic ecology. *Entomol Sci* 18, 295-312.

2. Hyodo, F., Kishimoto-Yamada, K., Matsuoka, M., Tanaka, H.O., Hashimoto, Y., Ishii, R., Itioka, T., 2016. Effects of remnant primary forests on feeding habits of ants in a secondary forest in Sarawak, Malaysia: An isotopic study. *Food Webs.*

3. Hyodo, F., Matsumoto, T., Takematsu, Y., Itioka, T., 2015. Dependence of diverse consumers on detritus in a tropical rain forest food web as revealed by radiocarbon analysis. *Funct. Ecol.* 29, 423-429.

4. Yoshimoto J., Hisamatsu S.T., Kishimoto-Yamada K., Hyodo F., and Itioka T. (2015) Faunal studies of sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) in primary and secondary tropical rainforests in the middle reaches of the Baram River Basin, Borneo. *Contributions from the Biological Laboratory Kyoto University* 30: 77-84.

5. Ishikawa N.F., Hyodo F., and Tayasu I. (2013) Use of carbon-13 and carbon-14 natural abundances for stream food web studies. *Ecological Research* 28: 759-769.

[学会発表] (計 3 件)

1. 兵藤不二夫 「同位体が解き明かす土壌動物の食性と生態系機能」日本生態学会 2016年3月22日仙台国際センター

2. 兵藤不二夫 「同位体が解き明かす土壌動物の食性と生態系機能」日本土壌動物学会 2015年5月23日香川大学

3. 兵藤不二夫 「熱帯雨林の多様な消費者はデトライタスに依存している：放射性炭素分析による解明」日本生態学会 2015年3月19日鹿児島大学

[図書] (計 2 件)

1. 兵藤不二夫 (2014) 安定同位体の生物試料分析 (総合地球環境学研究所編) 「地球環境学マニュアル II—はかる、みせる、読みとく—」朝倉書店 pp. 74-75.

2. 土居秀幸, 兵藤不二夫, 石川尚人(2015)「安定同位体を用いた餌資源・食物網調査法」共立出版 pp. 164

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡山大学・異分野融合先端研究コア・准教授
兵藤不二夫 (HYODO, Fujio)
研究者番号：70435535