

研究種目：若手研究 (A)

研究期間：2007～2009

課題番号：19681002

研究課題名 (和文) 生態系の時間軸構造の解明-放射性炭素分析による生態系炭素循環解析手法の構築-

研究課題名 (英文) Study of ecosystem structure and carbon turnover - Elucidation of carbon cycling in ecosystems using radiocarbon analysis

研究代表者 陀安 一郎 (TAYASU ICHIRO)

京都大学・生態学研究センター・准教授

研究者番号：80353449

研究分野：同位体生態学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：生態系・食物網構造・放射性炭素・炭素循環・時間軸・溶存無機炭素・溶存有機炭素・安定同位体

#### 1. 研究計画の概要

(1) 河川生態系における炭素放射性同位体 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) の利用：河川生態系では、近年炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) を用いた研究が盛んにおこなわれているが、新たな指標として  $\Delta^{14}\text{C}$  値を導入し、河川生態系において食物網を記述する。

(2) 河川生態系研究における炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) と炭素放射性同位体 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) の関係について：琵琶湖流入河川において、主要な一次生産者である付着藻類の光合成速度および炭酸供給速度に関係する、開空度と流速の異なる4つの微地形において、 $\delta^{13}\text{C}$  値と  $\Delta^{14}\text{C}$  値の変化を調べる

(3) 森林土壌生態系における炭素放射性同位体 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) の利用：1960年頃に針葉樹から広葉樹 (CB サイト) または広葉樹から針葉樹 (BC サイト) に樹種交替したサイト、および樹種交替していないサイト (針葉 CC サイト、広葉 BB サイト) の計4サイトで植物遺体、土壌腐植、土壌層および土壌動物群集の解析を行う。

(4) 森林土壌生態系における炭素放射性同位体 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) の利用：北大苫小牧研究林において、土壌を利用する土壌動物における  $\Delta^{14}\text{C}$  値を解析し、大気二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) の  $\Delta^{14}\text{C}$  値の継時変化から、土壌動物が利用した炭素年齢 (carbon age) を推定する。

(5) 食物網研究における炭素放射性同位体

( $\Delta^{14}\text{C}$ ) の利用：茨城県北茨城市に位置する小川を調査地とし、森林生態系が発達する過程での土壌と植物体への炭素蓄積が、動物による有機物利用のあり方を変化させるのかを検討する。具体的には、森林伐採からの経過年数の異なった複数の森林で、捕食者としてのクモに対して、樹上性の昆虫と飛翔性の昆虫を比較し、食物網構造を  $\Delta^{14}\text{C}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  値を用いて解析する。

(6) 研究(1)から(5)に基づき、 $\Delta^{14}\text{C}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  の3つのパラメータを用いて食物網を解析する方法の優位性に関してまとめる。

#### 2. 研究の進捗状況

(1) 滋賀県東部に位置する犬上川および芹川上流域において、河川生物・有機物の  $\Delta^{14}\text{C}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  値を求めた。その結果、炭素の起源を示す  $\Delta^{14}\text{C}$  値は、陸上生産由来の  $\Delta^{14}\text{C}$  値を示す粒状有機物と河川生産由来  $\Delta^{14}\text{C}$  値を示す付着藻類で大きな違いがあり、これらの値を用いて食物網の炭素起源を明確に区別することが出来た。

(2) 芹川の小流程を用いた研究によると、粒状有機物 (POM) の  $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\Delta^{14}\text{C}$  値は狭い範囲の値を示したのに対し、付着藻類の  $\delta^{13}\text{C}$  値および  $\Delta^{14}\text{C}$  値は大きな変化を示した。両者の値の違いについて調べてみたところ、付着藻類の  $\delta^{13}\text{C}$  値は開空度および流速によって変化した。が、 $\Delta^{14}\text{C}$  値はそれらに影響を受けず陸上由来の  $\Delta^{14}\text{C}$  値と明確に分離できた。

(3) 樽前山の噴火以来針葉樹林であったサイトでは、土壤腐植および土壤層の炭素蓄積量は高く、かつ $\Delta^{14}\text{C}$ プロファイルは大気 $\text{CO}_2$ の $\Delta^{14}\text{C}$ 値をほぼ反映していた。それに対し、広葉樹林の履歴がある森林については土壤腐植および土壤層の $\Delta^{14}\text{C}$ プロファイルは大きく攪乱を受けていた。これは、広葉樹に多い土壤動物の混合効果によって土壤有機炭素蓄積構造が影響を受けたことを示唆する。

(4) 炭素年齢と $\delta^{15}\text{N}$ 値はHyodo et al. (2008)で示されたのと同様の正の相関関係が見られた。この事実は、分解が進んだ有機物は炭素年齢が高くさらに微生物分解により窒素同位体比が上昇していると解釈される。

(5)  $\Delta^{14}\text{C}$ 値の継時変化から、動物が利用した炭素年齢(carbon age)を推定した。樹上捕食者であるクモの炭素年齢は、樹上性の昆虫と飛翔性の昆虫の炭素年齢を混合していた。これは、樹上生食連鎖由来の「新しい炭素資源」と、土壤から羽化する土壤腐食連鎖由来の「古い炭素資源」を混合して利用していることを示唆する。

(6) 生態系の中に時間軸を明示することで、「当年の」環境変動が食物網を通じてどのような波及効果を及ぼすかを理解することができた。

### 3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)本研究計画の中で、陸域生態系研究および水域生態系研究の両方が進んだ。最終的に総説(Hyodo et al. in press およびTayasu and Hyodo in press)を執筆し、一つの段階の区切りとした。

### 4. 今後の研究の推進方策

研究が予想以上に進んだため、「研究計画最終年度前年度の応募」を行った。その結果、基盤研究(B)一般「放射性炭素および分子レベル同位体解析を用いた、炭素循環と生態系構造の関係の解明」(研究代表者 陀安一郎)として採択されたため、本研究は2009年度までで終了した。

### 5. 代表的な研究成果

(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] (計11件)

1. Hyodo, F., Kohzu, A. and Tayasu, I. Linking aboveground and belowground food webs through carbon and nitrogen stable isotope analyses. *Ecological Research*, in press [査読有]

2. Toyota, A., Tayasu, I., Fujimaki, R., Kaneko, N., Uchida, M., Shibata, Y. and Hiura, T. Effects of vegetation switch and subsequent change in soil invertebrate composition on soil carbon accumulation patterns, revealed by radiocarbon concentrations. *Radiocarbon*, in press [査読有]
3. Ishikawa, N.F., Uchida, M., Shibata, Y. and Tayasu, I. A new application of radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) concentrations to stream food web analysis. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, section B, Beam Interaction with Materials and Atoms (NIMB)* 268: 1175-1178 (2010) [査読有]
4. Hyodo, F., Tayasu, I., Konaté, S., Tondoh, J.E., Lavelle, P. and Wada, E. Gradual enrichment of  $^{15}\text{N}$  with humification of diets in a belowground food web: relation between  $^{15}\text{N}$  and diet age determined using  $^{14}\text{C}$ . *Functional Ecology* 22: 516-522 (2008) [査読有]

[学会発表] (計24件)

1. Tayasu, I. "Use of carbon-14 natural abundances in soil ecology: carbon assimilation and carbon sequestration." 日本生態学会第57回大会、東京大学 2010.03.16

[図書] (計4件)

1. Tayasu, I. and Hyodo, F. Use of carbon-14 natural abundances in soil ecology: implications for food-web research. In: *Earth, Life, and Isotopes* (Ohkouchi, N., Tayasu, I., Koba, K. eds), Kyoto University Press, in press