

平成22年 5月17日現在

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

研究成果の概要（和文）：

大気二酸化炭素中に含まれる大気核実験起源の放射性炭素 (^{14}C) は、第2次世界大戦後の米ソ冷戦時に増加したのち単調に減少しており、炭素循環に関する時間軸として用いることができる。本研究は、このユニークな指標 ($\Delta^{14}\text{C}$ 値) を用いて水域生態系（河川生態系）および陸上生態系（森林生態系）の中に時間軸を明示し、食物網を通じてどのような炭素循環が成り立っているかを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

During atmospheric nuclear weapon testing, large amounts of $^{14}\text{CO}_2$ were produced in the atmosphere. Since the end of atmospheric testing after the nuclear test ban treaty in 1963, ^{14}C concentrations from nuclear tests in the atmosphere have declined. Recent photosynthetic products have $\Delta^{14}\text{C}$ values equal to contemporary atmospheric CO_2 . The present study has shown that this unique trend can be used to study turnover of carbon through food webs both in aquatic and terrestrial ecosystems.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2007年度 | 7,400,000 | 2,220,000 | 9,620,000 |
| 2008年度 | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |
| 2009年度 | 3,700,000 | 1,110,000 | 4,810,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 14,600,000 | 4,380,000 | 18,980,000 |

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. 研究開始当初の背景

陸域および水域生態系には、生物体や有機物・無機物などの「滞留時間の異なる炭素プ

ール」が混在している。この炭素プールの滞留時間がどの程度であるか、つまりこの炭素がどのような時間スケールで生態系の中を

流れていくかという、生態系の時間軸を研究することは、人為攪乱下における生態系における炭素循環を理解する上で不可欠である。しかしながら、研究開始当初にはこれを研究する手法はなかった。

2. 研究の目的

本研究計画では、炭素・窒素・イオウ安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{34}\text{S}$) とともに、天然に存在する放射性炭素 14 (^{14}C) を時間軸のトレーサー (図 1) として用いる。粒状有機物などの物質レベルだけではなく、生物の食物網構造も加えた生態系レベルの炭素滞留時間を測定し、生態系の時間軸構造を明らかにすることを目的とする。研究は水域生態系および陸域生態系の両方で行い、炭素循環研究と生態系食物網研究を統合する。

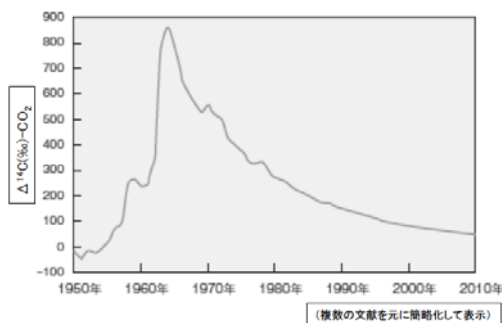


図 1: 大気中の二酸化炭素 (CO_2) における $\Delta^{14}\text{C}$ 値の経時変化。大気 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ 値はラベルされており、毎年の光合成産物となる有機物には「年齢」が刻まれている (陀安ほか 2008 による)

3. 研究の方法

主要な 6 項目について述べる。

(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。それは、 $\delta^{13}\text{C}$ が陸上生産起源と河川生産起源という 2 つの炭素起源を分けることができると、 $\delta^{15}\text{N}$ が栄養段階の指標であるという事実による。しかし、 $\delta^{13}\text{C}$ は光合成速度および炭酸供給速度に影響を受けるため、河川生態系においては炭素起源の分離が難しい場合がある。従って、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した。

(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: 琵琶湖流入河川である芹川上流において調査を行った。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 つの微地形を選び、粒状有機炭素 (POM) および付着藻類 (periphyton) の $\delta^{13}\text{C}$ 値および $\Delta^{14}\text{C}$ 値を調査した。

(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: 北大苫小牧研究林は、少なくとも過去 4 回の樽前山の噴火によって堆積した火山灰の上に立地しており、最後の噴火は約 270 年前 (西暦 1739 年) とされている。従って、最表層に形成された土壌層は最長でも 270 年の炭素蓄積を受けたものである。本研究では洞爺丸台風による攪乱の後、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った。

(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、土壌動物や落葉堆積層の $\Delta^{14}\text{C}$ 値を測定した。この値を、図 1 によって示される大気二酸化炭素 (CO_2) の $\Delta^{14}\text{C}$ 値の変化曲線を用いて、土壌動物が利用した炭素年齢 (carbon age) に変換した。

(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について検討した。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、エサ源としての樹上性の昆虫と飛翔性の昆虫の炭素年齢 ($\Delta^{14}\text{C}$ 値より計算) を比較し、食物源としての樹上性の昆虫と飛翔性の昆虫の重要性について求めた。

(6) 研究のまとめとして、 $\Delta^{14}\text{C}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 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検討した。

4. 研究成果

主要な 6 項目について成果を解説する。

(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

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。そのうち、 $\Delta^{14}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップの結果を図 2 に示す。それによると、炭素の起源を示す $\Delta^{14}\text{C}$ 値は、陸上生産由来の値を示す粒状有機物と河川生産由来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。この結果は、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値を用いた河川生態系食物網研究として世界で最初の例となった。

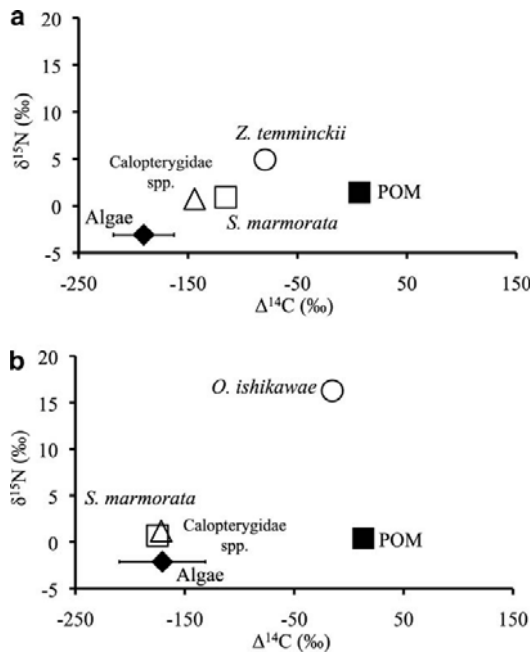


図 2 犬上川上流(a)および芹川上流(b)における $\Delta^{14}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップ(Ishikawa et al. 2010)。◆：付着藻類、■：粒状有機物(POM)、△：*S. marmorata* (ヒゲナガカワトビケラ)、□：Calopterygidae spp. (カワトンボ科の数種)、○(犬上川)：*Z. temminckii* (カワムツ)、○(芹川)：*O. ishikawae* (アマゴ)。エラーバーは標準偏差(n = 4)。

(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

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 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は狭い値を示したのに対し、付着藻類(periphyton)の $\delta^{13}\text{C}$ 値および $\Delta^{14}\text{C}$ 値は大きな幅を示した(図3)。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ていたが、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値はそれらに影響を受けず母岩由来の $\Delta^{14}\text{C}$ 値を示していた。この事実は、しばしば $\delta^{13}\text{C}$ 値が変動する河川においても、変動の少ない $\Delta^{14}\text{C}$ 値は食物網解析の炭素源推定に用いることが出来る可能性を示した。これは、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は光合成速度および炭酸供給速度にともなう同位体分別に影響を受けるのに対し、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は $\delta^{13}\text{C}$ 値によって補正されているため同位体分別の影響を受けず、由来(source)の違いを明確に表すことを示す。このように、河川生態系において $\Delta^{14}\text{C}$ 値は他生性(allochthonous)と自生性(autochthonous)という2つの炭素源の区別に有効な指標であることが示された。

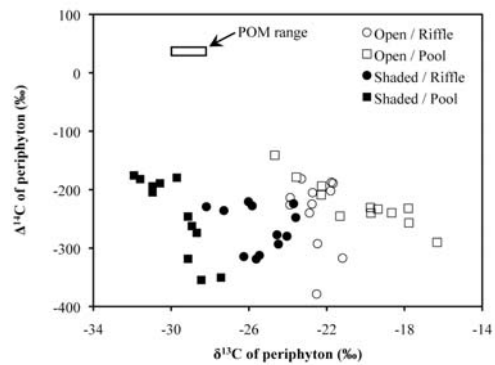


図 3 芹川上流における付着藻類(periphyton)の炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)と炭素放射性同位体($\Delta^{14}\text{C}$)の関係について(Ishikawa et al. submitted)。○(開空度大、早瀬)、□(開空度大、たまり)、●(開空度小、早瀬)、■(開空度小、たまり)の4つの微地形に対して、付着藻類の $\delta^{13}\text{C}$ 値は大きな違いがあるのに対し、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値では差がないことに注意。

(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

樽前山の噴火以来針葉樹林であったサイト(CC)では、土壌腐植および土壌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 CO_2 の $\Delta^{14}\text{C}$ 値をほぼ反映していた(図4)。それに対し、広葉樹林の履歴がある森林(BB, CB, BC)については土壌腐植および土壌層の $\Delta^{14}\text{C}$ プロファイルは大きく攪乱を受けていた。これは、広葉樹に多い土壌動物の混合効果によって土壌有機炭素蓄積構造が影響を受けたことを示唆する。

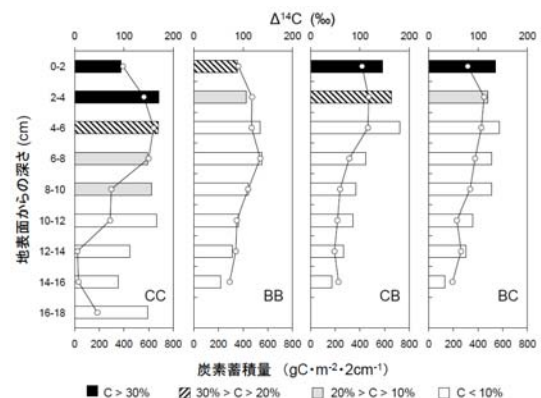


図 4 苫小牧研究林各サイトにおける地表面から採取されたコアの炭素蓄積量(棒グラフ、下軸)および $\Delta^{14}\text{C}$ 値(折れ線グラフ、上軸)。棒グラフの色は、炭素濃度をあらわす。表層の高い炭素濃度は落葉堆積層を示し、下層の低い炭素濃度は土壌層を示す(Toyota et al. in press)。

(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

炭素年齢と $\delta^{15}\text{N}$ 値はCCサイトおよびBCサイトにおいては、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。これは、世界的に見ても温帯の土壌動物においては最初の報告である。その解釈は、分解が進んだ (humification gradient) 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。土壌動物の炭素年齢とリターの炭素年齢を比較してみると、表層性ミミズの炭素年齢はA0層の炭素年齢にほぼ対応し、新鮮な落葉よりも熟成されたA0層のリターを利用していることを示した。一方、CCサイトやBCサイトのサクラミミズやCBサイトのヒトツモンミミズはもっと古い炭素源を利用しており、土壌有機物と混合されている炭素源を利用していることを示した。

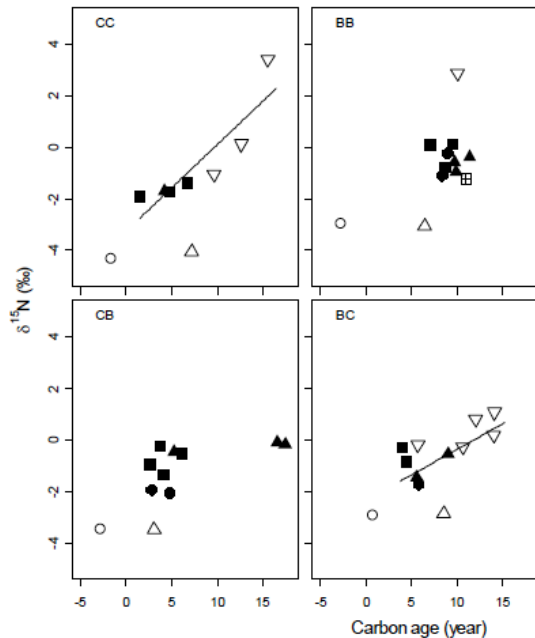


図5 苫小牧研究林各サイト (CC, BB, CB, BC) における、放射性炭素濃度 ($\Delta^{14}\text{C}$) から計算した炭素年齢 (carbon age または diet age) と窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) の関係 (Toyota et al. in press)。○: リタートラップで採取された落葉、△: 落葉堆積 (A0) 層、表層性ミミズ (●: フトスジミミズ (*Amyntas vittatus*)、■: ユノシマミミズ (*Amyntas yunoshimaensis*)、▲: ヒトツモンミミズ (*Metaphire hilgendorfi*)、地中性ミミズ (▽: サクラミミズ (*Eisenia japonica*))、および田: ミミズの糞団粒。

(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

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、土壌から羽化する土壌腐食連鎖由来の「古い炭素資源」を混合して利用していることを示唆する。一方、森林伐採からの経過年数によっての変化は見られなかった。この結果は、大きな環境変動を伴うにもかかわらず、植生二次遷移過程を通じて捕食者による炭素混合が一般的に見られることを示している。一方で、捕食者の捕食特性に起因するエサ起源の相違が見られ、捕食者群集の構造が食物網を規定する重要な要因であることが示された。

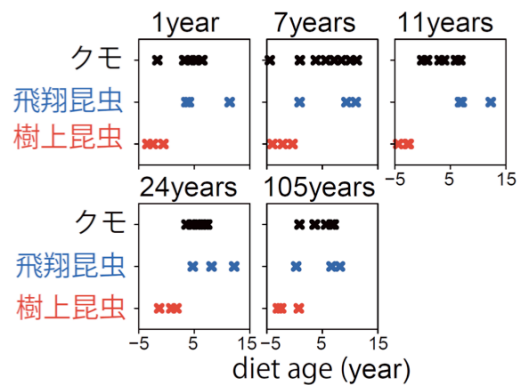


図6 クモおよび生息場所ごとに採集されたエサ昆虫の $\Delta^{14}\text{C}$ 分析から算出した炭素年齢 (Haraguchi et al. in preparation)。飛翔昆虫はサイズ画分の異なる双翅目 (0-5 mm, 5-10 mm, 10-15 mm)、樹上昆虫はトビムシ・半翅目・鱗翅目幼虫より成る。各グラフの上部に調査地の林齢を示す。

(6) 研究のまとめ

$\Delta^{14}\text{C}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 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検討した。本研究で用いた方法は、従来から用いられてきた炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$) を用いた食物網 (図7左図) に加えて、放射性炭素14 ($\Delta^{14}\text{C}$ 値) から計算で求めた炭素年齢 (carbon age) を用いるものである。すなわち、図7右図のように食物網構造に「時間的奥行き」を加えた。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る。

本研究は $\Delta^{14}\text{C}$ 手法が、大気リザーバー (CO_2) と、生態系のリザーバーのうちの大きな部分を占める土壌炭素動態、さらに生態系食物網構造の中身についても研究できる画期的な手法であることを明らかにした。今後は、 $\Delta^{14}\text{C}$ 手法がもっと一般的になり、世界各地での生態系炭素循環解析に用いられるようになることを期待している。

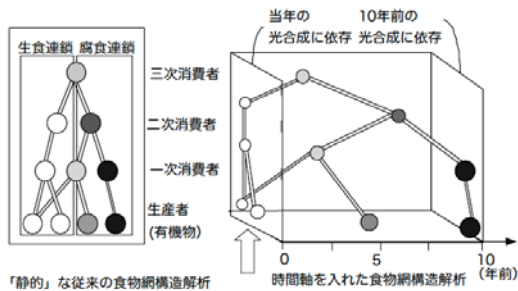


図 7 生態系の時間軸構造を説明する意義：環境変動（図中の矢印）が生態系の食物網構造に与える影響は、静的な従来の食物網構造解析（左図）では解けないが、時間軸を入れた食物網構造解析（右図）を用いると定量的に予測可能となる（Tayasu and Hyodo, in press）。

5. 主な発表論文等（研究代表者には下線）
〔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. Karube, Z., Sakai, Y., Takeyama, T., Okuda, N., Kohzu, A., Yoshimizu, C., Nagata, T. and Tayasu, I. Carbon and nitrogen stable isotope ratios of macroinvertebrates in littoral zone of Lake Biwa as indicators of anthropogenic activities in the watershed. *Ecological Research*, in press [査読有]
4. Maki, K., Kim, C., Yoshimizu, C., Tayasu, I., Miyajima, T. and Nagata, T. Autochthonous origin of semi-labile dissolved organic carbon in a large monomictic lake: Carbon stable isotopic evidence. *Limnology*, in press [査読有]
5. Okuzaki, Y., Tayasu, I., Okuda, N. and Sota, T. Stable isotope analysis indicates trophic differences among forest floor carabids (Coleoptera: Carabidae) in Japan. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, in press [査読有]
6. Ishikawa, N.F., Uchida, M., Shibata, Y. and Tayasu, I. A new application of radiocarbon (^{14}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]

7. Kato, Y., Takemon, Y., Okuda, N., Tayasu, I. and Hori, M. Spatial heterogeneity of trophic pathways in the invertebrate community of a temperate bog. *Freshwater Biology* 55: 450-462 (2010) [査読有]
8. Okuzaki, Y., Tayasu, I., Okuda, N. and Sota, T. Vertical heterogeneity of a forest floor invertebrate food web as indicated by stable isotope analysis. *Ecological Research*, 24: 1351-1359 (2009) [査読有]
9. Kohzu, A., Tayasu, I., Yoshimizu, C., Maruyama, A., Kohmatsu, Y., Hyodo, F., Onoda, Y., Igeta, A., Matsui, K., Nakano, T., Wada, E., Nagata, T. and Takemon, Y. Nitrogen stable isotopic signatures of basal food items, primary consumers and omnivores in rivers with different levels of human impact. *Ecological Research* 24: 127-136 (2009) [査読有]
10. Hyodo, F., Tayasu, I., Konaté, S., Tondoh, J.E., Lavelle, P. and Wada, E. Gradual enrichment of ^{15}N with humification of diets in a belowground food web: relation between ^{15}N and diet age determined using ^{14}C . *Functional Ecology* 22: 516-522 (2008) [査読有]
11. 陀安一郎・兵藤不二夫・石川尚人 大気圏核実験由来放射性炭素 ^{14}C を用いた生態学 生物の科学「遺伝」11月号:90-94 (2008) [査読なし]

〔学会発表〕（計 24 件）

1. 原口岳・内田昌男・柴田康行・陀安一郎「異地性腐食連鎖と自生性生食連鎖が形成する樹上食物網： $\Delta^{14}\text{C}$ によるクモの機能群間の利用エサ資源比較」日本生態学会第57回大会、東京大学 2010.03.17
2. 長谷川尚志・力石嘉人・小川奈々子・大河内直彦・陀安一郎「食性指標としてのアミノ酸窒素安定同位体比の利用：土壌食物網研究への適用にむけて」日本生態学会第57回大会、東京大学 2010.03.17
3. 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
4. Kato, Y., Takemon, Y., Okuda, N., Tayasu, I. and Hori, M. “Spatial heterogeneity of trophic pathways in the invertebrate community of a temperate bog” The Role of Littoral Processes in Lake Ecology. Hegne, Germany, 29 January 2010
5. 石川尚人・内田昌男・柴田康行・陀安一郎「河川付着藻類の $\delta^{13}\text{C}$, $\Delta^{14}\text{C}$ 変動性比較-食物網解析への潜在的な重要性-」日本陸水学会第74回大会 大分大学 2009.09.15

6. Karube, Z, Okada, N. and Tayasu, I. "Carbon and sulfur stable isotope analysis of macrophyte zone food web in Lake Biwa, the largest lake in Japan" BES Annual Meeting, 2009, 10 September, University of Hertfordshire, UK
7. 陀安一郎 「放射性炭素14を用いた食物網研究」第32回日本土壌動物学会大会 筑波研修センター 2009.06.06
8. 原口岳・陀安一郎 「 $\Delta^{14}\text{C}$ 指標を用いた食物網起源の解明：攪乱回復過程における生物のエサ資源の変化」第32回日本土壌動物学会大会 筑波研修センター 2009.06.06
9. Toyota, A., Tayasu, I., Fujimaki, R., Kaneko, N., Uchida, M., Shibata, Y., Hiura, T. "Comparison of soil carbon accumulation in conifer and broad leaf forests using radiocarbon measurements" 2009 International Radiocarbon Conference, The Big Island, Hawaii 2009.05.31
10. 石川尚人・内田昌男・柴田康行・陀安一郎 「河川食物網は年代の異なる炭素を混合している～ ^{14}C 天然存在比を用いた研究～」日本生態学会第56回大会、岩手県立大学、盛岡 2009.03.19
11. 豊田鮎・陀安一郎・藤巻玲路・金子信博・内田昌男・柴田康行・日浦勉「ミミズによる森林土壌の炭素蓄積パターンの変化- ^{14}C 天然存在比を用いた解析」日本生態学会第56回大会、岩手県立大学、盛岡 2009.03.19
12. 藤巻玲路・陀安一郎・浅沼弘人・岡井尚之・佐藤由依・金子信博 「落葉・土壌混食者の生息履歴と森林土壌の有機物蓄積様式-土壌改変効果からの考察-」日本生態学会第56回大会、岩手県立大学、盛岡 2009.03.19
13. 原口岳・陀安一郎 「森林の遷移が食物網に与える影響：捕食者であるクモ類の群集比較から」日本生態学会第56回大会、岩手県立大学、盛岡 2009.03.18
14. Ishikawa, N.F., Uchida, M., Shibata, Y. and Tayasu, I. Tracing carbon fixation pathway within riverine food webs elucidated by natural ^{14}C abundance. ASLO 2009 Nice, France 2009.01.29
15. 石川尚人・陀安一郎 「河川食物網における炭素・窒素同位体比の流程変化」日本陸水学会第73回大会 北海道大学 2008.10.11
16. 荻部甚一・岡田直紀・陀安一郎 「ヨシ帯の空間構造がベントス群集に与える影響-炭素・窒素・硫黄安定同位体比からの解析-」日本陸水学会第73回大会 北海道大学 2008.10.11
17. Ishikawa, N.F., Uchida, M., Shibata, Y. and Tayasu, I. The use of $\Delta^{14}\text{C}$ as an indicator of carbon transfer in stream ecosystems. The 11th AMS Symposium, Rome, Italy 2008.09.15
18. Hyodo, F. Tayasu, I., Konaté, S., Tondoh, J.E. and Lavelle, P. Gradual enrichment of ^{15}N with humification of diets in a belowground food web: relationship between ^{15}N and diet age determined using ^{14}C . 15th International Colloquium on Soil Zoology, Curitiba, Brazil 2008.08.28
19. Tayasu, I., Hyodo, F., Konaté, S., Tondoh, J.E. and Lavelle, P. Feeding group diversity of soil macrofauna (termites and earthworms) in the Lamto reserve in Ivory Coast. 15th International Colloquium on Soil Zoology, Curitiba, Brazil 2008.08.28
20. 兵藤不二夫・陀安一郎・Souleymane KONATE・Jerome Ebagnerie TONDOH・Patrick LAVELLE・和田英太郎 「土壌食物網における食物の腐植化に伴う ^{15}N の濃縮： ^{15}N と食物年齢の関係」日本生態学会第55回大会 福岡国際会議場 福岡 2008.03.15
21. 荻部甚一・岡田直紀・陀安一郎 「琵琶湖沿岸のヨシ帯食物網-炭素・窒素・硫黄安定同位体比からの解析-」日本生態学会第55回大会 福岡国際会議場 福岡 2008.03.16
22. 石川尚人・内田昌男・陀安一郎 「 ^{14}C を用いた河川生態系の食物網における炭素起源推定」日本生態学会第55回大会 福岡国際会議場 福岡 2008.03.16
- [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
2. Tayasu, I., Folgarait, P.J., Hyodo, F. and Lavelle, P. Carbon sources and feeding habits of selected soil animals from an abandoned rice field chronosequence determined by carbon and nitrogen isotope ratios and natural carbon-14. In: Earth, Life, and Isotopes (Ohkouchi, N., Tayasu, I., Koba, K. eds), Kyoto University Press, in press
3. 陀安一郎 群集生態学の研究に用いる同位体解析 In: シリーズ群集生態学4「生態系と群集をむすぶ」(大串隆之・近藤倫生・仲岡雅裕 編), 京都大学学術出版会, pp.55-65 (2008)
4. 陀安一郎 安定同位体と放射性同位体を用いた解析法 In: 土壌動物学への招待-採集からデータ解析まで-(日本土壌動物学会編), 東海大学出版会, pp.105-108 (2007)
6. 研究組織
(1) 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