

平成 28 年 6 月 11 日現在

機関番号：82708

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25660120

研究課題名(和文) アミノ酸窒素安定同位体比を用いた森林施業が河川生態系へ及ぼす長期的影響とその解明

研究課題名(英文) Long-term impacts of forest managements on the river ecosystems using stable nitrogen isotopic ratios of amino acids

研究代表者

富樫 博幸 (Togashi, Hiroyuki)

国立研究開発法人水産総合研究センター・その他部局等・研究員

研究者番号：80616110

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、森林伐採が河川生態系へ及ぼす長期的影響を水生昆虫の各種同位体から解明した。炭素安定同位体より、水生昆虫は森林の若齢期では水域(付着藻類)に、成熟林では陸域(落葉)資源に依存していた。アミノ酸窒素安定同位体からは、各分類群の水域と陸域の依存度や栄養段階を推定した。また、付着藻類及び刈取食者に含まれる放射性炭素14は、現代の二酸化炭素よりも低かった。これは、岩石中に含まれる古い炭素が地下水等に溶け込み、生態系に利用されていることを意味していた。森林施業が河川生態系へ及ぼす影響は、河川水の栄養塩などは比較的早く回復するものの、食物網構造など生態系の回復は50年以上必要であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：The present study was to clarify the long-term impacts of clear-cutting and replanting on the stream ecosystems using multi-isotopes. Macroinvertebrates were collected in six streams of stand ages from 5 to >90 yr. The mean ^{13}C values of macroinvertebrates decreased with increasing stand ages. The result indicates the macroinvertebrates in old-stand ages depended more on terrestrial resources. From ^{15}N of amino acids, it was possible to estimate the contribution rate of aquatic vs. terrestrial resources and the trophic level of each taxon. The ^{14}C values of both periphyton and grazers were lower than that of modern atmospheric CO_2 . These suggest that soil CO_2 released by groundwater, and that dissolved inorganic carbon with low ^{14}C is incorporated into stream ecosystems. The ecological response in the studied streams to forest managements is much slower than the chemical response. More than 50 yr is required for the food web structure to completely recover from clear-cutting.

研究分野：同位体生態学

キーワード：炭素・窒素安定同位体比 アミノ酸の窒素安定同位体比 放射性炭素14 河川生態系 水生昆虫 森林管理

1. 研究開始当初の背景

森林は生物多様性に富んだ生態系であり、我々人類はその生態系機能やサービスの恩恵を受けながら生活している。しかし森林、特に人工林の場合、人為的攪乱である施業が生物多様性や生態系サービスへ及ぼす影響が懸念され、森林伐採が河川水質、並びに河川生態系へ負の影響を及ぼすことが指摘されている。森林伐採は、河川へ流入する水質、河底構造、及び日射量など環境条件を大きく変化させ、河川生態系へ及ぼすそれらの影響は森林成立まで長期にわたると考えられる。しかし、多くの先行研究では伐採後数年 (<10yr) という比較的短期間の影響を評価したもので、森林成立過程という長期時間スケールにおける影響を解明した事例はない。その理由として、研究者が一生涯を通して伐採から森林成立という長期の現象を把握することが不可能であることが挙げられる。

2. 研究の目的

そこで本研究は、集水域単位の皆伐施業が実施されている試験地(詳細後述)を利用することで、100年単位の森林成立過程における、伐採が河川水質、並びに河川生態系へ及ぼす影響を野外調査、及び各種同位体比を用いて明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

調査地は京都大学フィールド科学教育研究センター和歌山研究林及びその周辺の集水域とした。本試験地は、集水域単位の皆伐施業が行われ、森林管理の時間軸に基づいた生物群集の応答を把握することが出来る。伐採からの時間軸に応じた食物網構造の変化を明らかにするため、調査地は伐採後、2011年時点で3、12、23、38、49年、及び天然生林(90年以上; 図1ではKUと表記)の6地点を設定した。水生昆虫の採集は、コドラート付サーバーネットによる定量採集を行った。得られた生物は同定可能な分類群に類別後、その個体数とバイオマスを計数・計測した。さらに、分類群ごとに炭素・窒素安定同位体比、アミノ酸の窒素安定同位体比及び放射性炭素 14C を測定し、食物網構造を明らかにした。

4. 研究成果

(1) 本調査地に生息していた水生昆虫は、6目20科9属の計35分類であった。水生昆虫の群集構造は季節を通じ、若齢林では付着藻類食の刈取食者が、高齢林では落葉(リター)食の破碎食者が優占していた。炭素・窒素安定同位体分析より、群集全体の炭素安定同位体比は、林齢が増加するに従い低下していた(図1)。以上のことから、本調査地における水生昆虫の生産依存性は、伐採からの時間軸に伴って河川内部の付着藻類を炭素起源とする食物網構造から、陸域起源の有機物であるリター-の依存度を高めていく構造へと変化

していると考えられた。

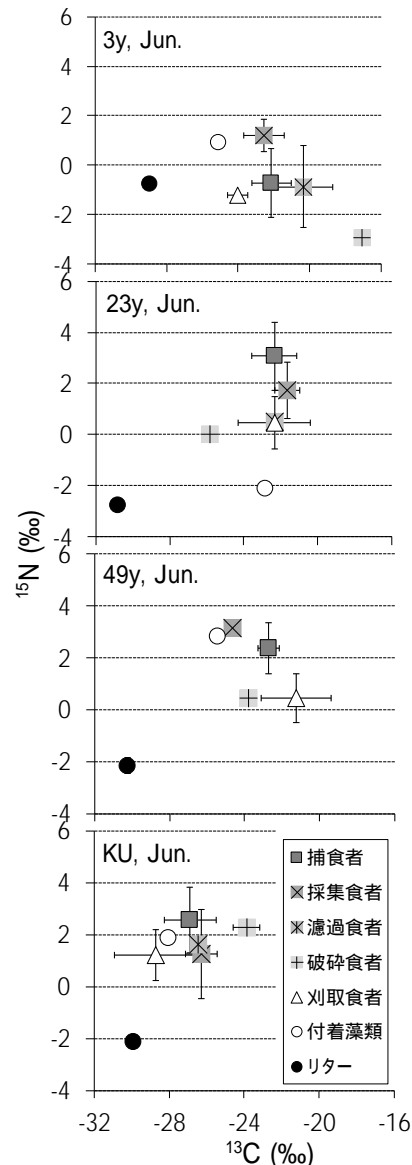


図1 伐採からの時間軸が異なる河川における、水生昆虫採餌機能群別の炭素・窒素安定同位体比(2012年6月)

(2) 水生昆虫のアミノ酸の窒素安定同位体比を測定し、得られた値を ¹⁵N_{Glu} - ¹⁵N_{Phe} マップにプロットした(図2)。各地点で採集された付着藻類及び付着藻類を専食すると想定される刈取食者の ¹⁵N_{Glu} 及び ¹⁵N_{Phe} の値は、予測される栄養段階に一致した。また、リターの値も陸上植物として予測される値に一致し、かつ水中の植物の値と分離することができた。このことから、アミノ酸の窒素安定同位体比は河川生態系において生物の栄養起源や栄養段階の推定に有効であることが示された。ただし、捕食者と想定されるトウゴウカワゲラの栄養段階は、水域の生産者をもとにした推定式を用いると TL=2 から 2.5 と計算され、予測される栄養段階より過小評価していた。トウゴウカワゲラのような

高次捕食者は、さまざまな水生昆虫を捕食することで陸域と水域の両方の栄養起源を得ている可能性がある。そのような生物の場合、両者の混合を考慮する必要があるだろう。

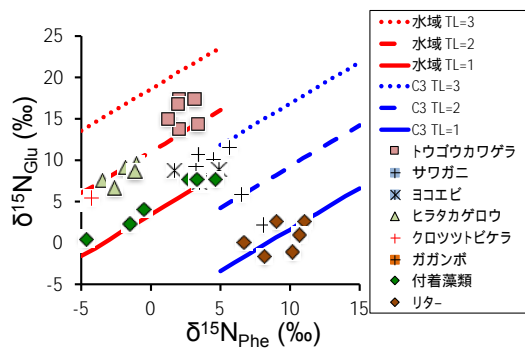


図 2 水中（附着藻類）及び陸上（リター）の異なる栄養起源と水生昆虫のフェニルアラニン ^{15}N ($^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$) とグルタミン酸 ^{15}N ($^{15}\text{N}_{\text{Glu}}$) の 2 次元プロット

(3) 附着藻類及び刈取食者に含まれる放射性炭素 14 は、現代の CO_2 よりも低い値を示していた（図 3）。これらは、岩石中に含まれる古い炭素が地下水などに溶け込み、水生昆虫に利用されていることを意味していた。森林施業が河川生態系へ及ぼす影響は、河川水などの栄養塩は比較的早く回復するものの、食物網構造など生態系の回復は 50 年以上必要であることが分かった。

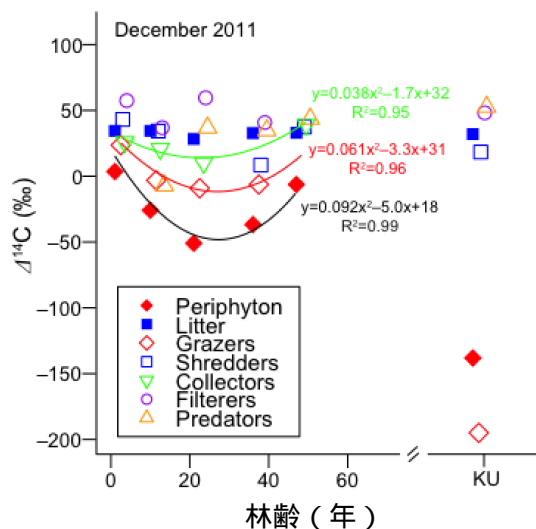


図 3 林齢に応じた水生昆虫採餌機能群別の放射性炭素 14 (2011 年 12 月)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Naoto F. Ishikawa, Hiroyuki Togashi, Yoshikazu Kato, Mayumi Yoshimura, Yukihiro Kohmatsu, Chikage Yoshimizu, Nanako O. Ogawa, Nobuhito Ohte, Naoko Tokuchi, Naohiko Ohkouchi, Ichiro Tayasu, Terrestrial-aquatic linkage in stream food webs along a forest chronosequence: multi-isotopic evidence, Ecology, 査読有, 97 巻 5 号, 2016, 1146-1158 (二人とも第一著者としての業績である).

Naoto F. Ishikawa, Yoshikazu Kato, Hiroyuki Togashi, Mayumi Yoshimura, Chikage Yoshimizu, Noboru Okuda, Ichiro Tayasu, Stable nitrogen isotopic composition of amino acids reveals food web structure in stream ecosystems, Oecologia, 査読有, 175 巻 3 号, 2014, 911-922.

〔学会発表〕(計 10 件)

富樫 博幸、安定同位体比を用いた食物網解析、2015 年度水産海洋シンポジウム、2015 年 3 月、東京

富樫 博幸、石川尚人、加藤義和、吉村真由美、神松幸弘、由水千景、徳地直子、大手信人、陀安一郎、マルチアイソトープ解析による森林施業が河川生態系へ及ぼす長期的影響とその解明、日本生態学会第 62 回全国大会、2015 年 3 月、鹿児島

Naoto F. Ishikawa, Hiroyuki Togashi, Yoshikazu Kato, Mayumi Yoshimura, Yukihiro Kohmatsu, Chikage Yoshimizu, Naoko O. Ogawa, Naohiko Ohkouchi, Nobuhito Ohte, Naoko Tokuchi, Ichiro Tayasu, Terrestrial-aquatic linkage on stream food webs along a forest chronosequence: multi-isotopic evidence, 日本生態学会第 62 回全国大会、2015 年 3 月、鹿児島

大手信人、富樫 博幸、徳地直子、吉村真由美、加藤義和、石川尚人、近藤倫生、陀安一郎、河川への人為起源窒素の負荷が水棲生物の食物網構造に与える影響、日本地球惑星科学連合 2014 年大会、2014 年 4 月、神奈川

Hiroyuki Togashi, Naoko Tokuchi, A difference in food web structures with various forest stand ages in headwater streams, 日本生態学会第 61 回全国大会、2014 年 3 月、広島

Hiroyuki Togashi, Yoshikazu Kato, Naoto F. Ishikawa, Yukihiro Kohmatsu, Chikage Yoshimizu, Mayumi Yoshimura, Nobuhito Ohte, Naoko Tokuchi, Ichiro Tayasu, Terrestrial versus aquatic resources contribution to stream food webs with various forest stand ages: Results from nitrogen isotopic ratios of amino acids, Integrated Ecosystem Management from Hill to Ocean, 2013 年 11 月、京都

Nobuhito Ohte, Hiroyuki Togashi, Naoko Tokuchi, Kenichi Osaka, Ichiro Tayasu, Nitrogen status and its effects on the aquatic food webs of the Arida River, Integrated Ecosystem Management from Hill to Ocean, 2013年11月、京都
石川尚人、富樫博幸、加藤義和、吉村真由美、徳地直子、陀安一郎、スギ人工林の伐採施業が溪流生態系を流れる炭素の¹⁴C年代に及ぼす影響、日本陸水学会第78回大会、2013年9月、滋賀
加藤義和、石川尚人、富樫博幸、由水千景、奥田昇、陀安一郎、琵琶湖集水域のヨシノボリ属におけるアミノ酸窒素安定同位体比の流程変化、日本陸水学会第78回大会、2013年9月、滋賀
石川尚人、加藤義和、富樫博幸、吉村真由美、由水千景、奥田昇、陀安一郎、アミノ酸窒素安定同位体比を用いた河川食物網解析、日本地球惑星科学連合2013年大会、2013年5月、千葉

〔図書〕(計1件)

富樫博幸 他、ニューサイエンス社「昆虫と自然」6月臨時増刊号、森林施業が河川食物網へ及ぼす長期的影響の解明：安定同位体比を利用して、2016年、38-40

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

富樫博幸 (TOGASHI, Hiroyuki)
国立研究開発法人 水産研究・教育機構
東北区水産研究所 任期付研究員
研究者番号：80616110

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：