

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月 30日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21340163

研究課題名（和文） 窒素同位体と食物網の構造から評価する北方域水圏生態系の動態

研究課題名（英文） Dynamic evaluation of boreal aquatic ecosystems assessed by nitrogen isotope and food web structure

研究代表者 南川 雅男（MINAGAWA Masao）

北海道大学・大学院地球環境科学研究院・教授

研究者番号：10250507

研究成果の概要（和文）：外来性動物の侵入や、富栄養化などによって攪乱を受けた水域生態系の安定度を評価する目的で、窒素循環と食物連鎖の構造の指標となる窒素安定同位体の特性を検討した。窒素の富栄養化が実際に起こっている石狩川水系の有機物や、オオクチバスが移入されて食物網が攪乱された富山県の湖沼について、動物の窒素同位体組成に現れる変化を研究した結果、短期調査でもその生態系と物質循環に介入する問題を感知できることを見出した。

研究成果の概要（英文）：To evaluate stability of aquatic ecosystems which are disturbed by interference such as by immigrant biota or by eutrophication, we studied and evaluated here stable nitrogen isotope proxies as a likely indicator assessing the state of nitrogen cycling and food chain structure of an ecosystem. Based on field works at Ishikari river water shed where it has been concerned about large discharge of anthropogenic nitrogenous compounds, and many dam ponds distributed in Toyama prefecture as being concerned about ecological disturbance by large-mouth bass recently. The nitrogen isotope analysis has been clarified as a useful and promising indicator to evaluate environmental problems occurring in ecology and/or nutrient cycling even though based on only snapshot observations.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2010年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2011年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：窒素循環、脱窒、窒素安定同位体、食物網、石狩川、湖沼、オオクチバス、生態攪乱生物

1. 研究開始当初の背景

河川、湖沼、沿岸などの水圏に成り立っている生態系は、自然状態では栄養塩の循環や、生息する生物間の共生が支えあうことで安定して持続しているものである。しかし、現

代では、帰化生物の移入や富栄養化などの人為的攪乱や、地球規模の気候変動の影響を受けてこの構造が不安定になっている懸念がある。災害や人為開発による環境変化に対して、水圏生態系の脆弱さを評価する適切な方

法が必要となっている。これまでは、生態系の不均衡の程度や傾向をみわける長期間で多種類の分析と観測が必須であり、広域のモニタリングは困難であった。

2. 研究の目的

生態系の構造変化や、栄養塩循環のアンバランスを短期間の通常の観測調査で見分けるのは容易くはない。本研究では生態系の状態を統合的に示す指標として「窒素循環の特性」と「食物連鎖の変化」に注目し、その構造に脱窒などの収支の不安定要因や、栄養段階の急激な生態学的遷移が起きた場合に、その兆候をスナップショットの観測で感知する方法を求めるところを目的とした。具体的にはその成分として、生態学試料や有機物試料の窒素安定同位体分布に着目し、有機懸濁物や堆積物の ^{15}N 比率から窒素サイクルの異常を知ること、魚類や水産生物の同位体組成から食物網における異常を知るための手法を確立することを目的とした。さらに実証実験として、実際に窒素の富栄養化が生じている石狩川水系と、帰化魚類の拡散が問題となっている富山県下の湖沼群を対象とした調査により、その有効性を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 河川における富栄養化がもたらす端的な問題は、有機物の酸化分解によって環境の酸素濃度が枯渇することでもたらされる還元環境であり、その結果窒素循環では脱窒作用が駆動する。石狩川では農業や都市廃水よりもたらされる過剰な硝酸イオンの流入により富栄養化が起こることが知られている。この水域で実際に脱窒過程が起こっているか、またその周年変化について調査を行った。脱窒の有無はアセチレン還元法による活性の測定と、脱窒により濃縮することが知られている窒素化合物の ^{15}N の測定分析を行った。

(2) 生態系に強力な肉食動物が導入されると、食物連鎖に異常が起き、栄養段階に変化が生じる。食物連鎖では捕食者の体組織に重窒素の濃縮が起こることから、生態系の構成生物の窒素同位体を分析することで、肉食度の指標を得る。ここでは肉食性の帰化生物で、近年国内の湖沼に繁殖域を広めていることが問題となっているオオクチバスを例に富山県下での各地の湖沼の栄養段階を調査する。

(3) 沿岸域は豊富な生物の生息域となっており、潮間帯や内陸河川に安定な生態系を発達させており、沿岸と河川の間ではそこの各種の動物の種間関係が生態系の維持に重要な要素となっている。北海道内の沿岸域や三陸海岸などにおいて海洋生物と陸上動

物種間の関係を成り立たせている要因を胃内容物や同位体の分析から解明する。

4. 研究成果

(1) 石狩川の水質は、下流域の茨戸湖（三日月湖）で強い脱窒作用が駆動していることが、窒素同位体と堆積物の基質添加実験によって確認された。懸濁粒子や堆積物の有機態窒素の同位体組成は硝酸濃度と逆相関の結果を示し、脱窒の結果を受けた水域で ^{15}N 濃度が異常に高いことが明らかになった（図1）。

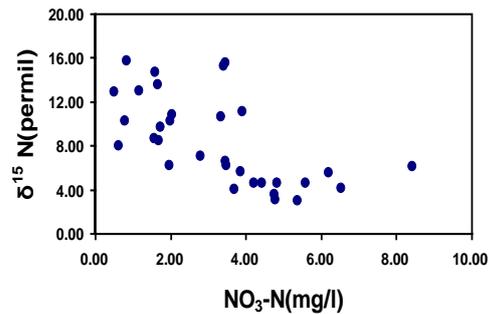


図 1

さらに、2010年の各月の栄養塩の分布調査の結果、農業活動と都市廃水の影響を受けて石狩川の窒素化合物濃度は、国内の河川と比べても有為に高いことが確かめられた。一方、それにもかかわらず、他海域でおこっているような赤潮などの環境汚染が石狩湾で起こらない理由は、石狩川の水質が、火山性土壌の特質としてもたらされるケイ酸塩の濃度が高いことで、珪藻の成長が促されたことと、リン酸イオンの濃度が制限されているため、渦鞭毛藻の増殖が起こらないことが主要な理由として推定できた。

河川水の有機懸濁粒子の同位体分析の結果から ^{15}N は季節ごとの水系における脱窒作用と陸上植物由来の有機物の寄与を反映し、C/N元素比と逆相関の関係にあった（図2）

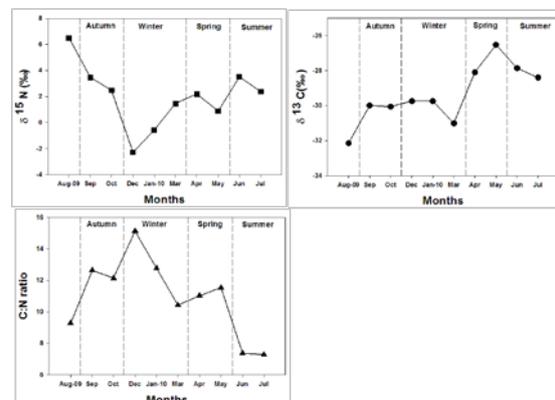


図 2

石狩川を調査域として得られたこれらの結果から、水系の窒素収支に占める脱窒過程の評価が窒素化合物の同位体分析により十分可能なことが実証できた。

(2) 富山県下のダム湖と溜池 10 ヶ所を調査し、共通して生息する外来性の生態系攪乱魚類、オオクチバス (*Micropterus salmoides*) の食地位を胃内容物と軟組織の窒素同位体組成により検定した。オオクチバスはどれの餌生物よりも $\delta^{15}\text{N}$ が高く、どの水域でも食物連鎖の頂上に位置することが確かめられた。調査した湖沼は、ほぼ同じ地域にあるにもかかわらず、海拔の差や水系の立地条件の違いにより、それぞれの生態系の化学環境と窒素循環は異なっていた。それを反映して堆積物の δ 値も大きく異なることが解ったが、最上位の栄養段階にいるオオクチバスは、生息する環境の堆積物の同位体比ともよい相関を示し、環境指標として有効であることが示された。(図 3 の上方のプロットはオオクチバス、下方は堆積物)

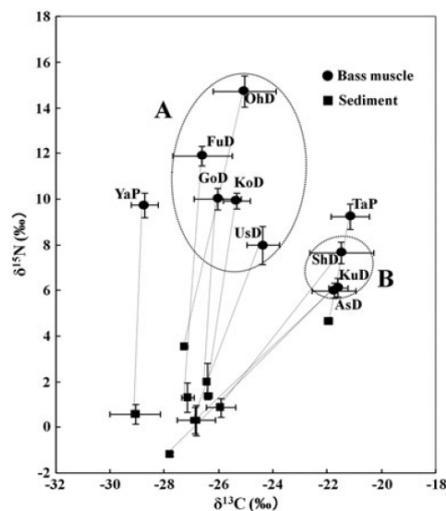


図 3

(3) 北海道沿岸の生態系では海洋生態系で成長した魚類が河川に遡上することで、陸域の窒素収支に海洋生物由来の窒素が輸送される。実際に河川に回帰したサケの同位体比や、ヤツメウナギの同位体比は、河川水だけで生活する魚類とは異なる海洋生物の特徴を示し、窒素同位体に加えて炭素同位体組成も有効な指標となることが確かめられた。

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] (計 9 件)

① P. K. Jha and M. Minagawa, Factors

affecting denitrification rate in Barato lake, Hokkaido, Japan, Asian Journal of Water, Environment and Pollution, 査読有、8、2011、1-10

② O. Inamura, J. Zhang, M. Minagawa, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values in scales of *Micropterus salmoides* largemouth bass as a freshwater environmental indicator, Rapid Communication in Mass Spectrometry, 査読有、26、2012、17-24

③ D. M. Munroe, T. Noda, T. Ikeda, Shore level differences in barnacle (*Chthamalus dalli*) recruitment relative to rock surface topography, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 査読有、392、2010、188-192

④ K. Fukaya, T. Okuda, M. Nakaoka, M. Hori, and T. Noda, Seasonality in the strength and spatial scale of processes determining intertidal barnacle population growth, Journal of Animal Ecology, 査読有、2010、doi: 10.1111/j.1365-2656.2010.01727.x

⑤ D. M. Munroe and T. Noda, Physical and biological factors contribution to changes in the relative importance of recruitment to population dynamics in the open populations, Marine Ecology Progress Series, 査読有、412、2010、151-162

⑥ D. J. Halley, M. Minagawa, M. Nieminen, E. Gaare, Diet: tissue stable isotope fractionation of carbon and nitrogen in blood plasma and whole blood of male reindeer *Rangifer tarandus*, Polar Biology, 査読有、2010、Doi 10.1007/s00300-010-0817-9

[学会発表] (計 11 件)

① 稲村修、張勁、南川雅男、オオクチバスの $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ による淡水域の環境評価、第 58 回日本地球化学会札幌大会、2011/9/15、北海道大学(札幌)

② P. K. Jha, M. Minagawa, Assessment of denitrification processes in lower Ishikari river system, Hokkaido, Japan, 第 58 回日本地球化学会札幌大会、2011/9/16、北海道大学(札幌)

③ 栗林貴範ほか、南川雅男 (第 4 番目)、貧栄養海域への DIN 添加による海藻類の TN および $\delta^{15}\text{N}$ の変化、第 58 回日本地球化学会札幌大会、2011/9/16、北海道大学(札幌)

④ Y. Koshino, M. Minagawa, H. Kudou and M. Kaeriyama, Effect of salmon-derived

nutrients and matters on riparian ecosystems in Shiretoko World Natural Heritage area, PICES 2011 Annual Meeting, 2011/10/20, Khabarovsk's Official Reception House (Russia)

- ⑤ 南川雅男、動座標系で考える生物地球化学のすすめ、第10回生物地球化学研究会、2011/10/22、北海道大学（札幌）
- ⑥ 中島美由紀ら、南川雅男（第6番目）、サケマス類の遡上親魚の遺骸が河川水に与える影響、第10回生物地球化学研究会、2011/10/22、北海道大学（札幌）
- ⑦ P. K. Jha, M. Minagawa, Study of denitrification process in Ishikari river system, Hokkaido, Japan, Goldschmidt Conference, 2010/06/15, University of Tennessee, Knoxville, USA
- ⑧ 野田隆史、岩礁潮間帯における固着生物のメタ群集動態、日本生態学会（大島賞受賞講演）、2011/3/11, 札幌コンベンションセンター（札幌）
- ⑨ P. K. Jha, M. Minagawa, Assessment of denitrification process in Ishikari river system, Hokkaido, Japan, 日本海洋学会春季大会、2010/03/28, 東京海洋大学（東京）
- ⑩ 南川雅男、生元素同位体による自然と人類の持続的共生の仕組みに関する研究（学会賞受賞講演）、日本地球化学会年会、2009/9/16、広島大学（広島）

〔図書〕（計3件）

- ① 南川雅男（共著）、地球と宇宙の化学辞典、培風館、印刷中
- ② 南川雅男（共著）、地球化学講座第8巻「地球化学実験法」田中剛・吉田尚弘共編、培風館、2010, 32-38
- ③ 南川雅男（共著）、「地球惑星学入門」在田、竹下、身延、渡部共編、北海道大学出版会、2010, 197-209

〔その他〕

詳細な報告は下記サイトで公表している。
<http://geos.ees.hokudai.ac.jp/minagawa/kaken2011/report/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南川 雅男 (MINAGAWA MASAO)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・教授

研究者番号：10250507

(2) 研究分担者

野田 隆史 (NODA TAKASHI)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・准教授

研究者番号：90240639