

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25年 6月 7日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580167

研究課題名（和文） 窒素安定同位体比を用いた窒素飽和現象発生機構の解明

研究課題名（英文） Elucidation of mechanism of nitrogen saturation by using stable nitrogen isotope ratio

研究代表者

稲垣 善之（INAGAKI YOSHIYUKI）

独立行政法人森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号：00353590

研究成果の概要（和文）：

窒素同位体比を用いて樹木の硝酸態窒素吸収特性を評価した。窒素飽和状態の八王子では、ヒノキ葉の窒素安定同位体比は土壌の硝酸態窒素の値に近く、主に硝酸態窒素を吸収すると考えられた。14地点のヒノキ林において葉の窒素安定同位体比は、堆積有機物量が多い林分で低い傾向が認められた。以上の結果より、堆積有機物の少ない林分において窒素安定同位体比は、硝酸態窒素の吸収能力を判断するのに適した指標であると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

Nitrogen sources for hinoki cypress tree were evaluated by using nitrogen stable isotope ratio. Hinoki cypress in nitrogen saturated condition at Hachioji had low foliar $\delta^{15}\text{N}$ value which is close to $\delta^{15}\text{N}$ value in soil nitrate. The result suggests nitrate in soil is dominant source for hinoki trees. For 14 hinoki cypress forests in different regions in Japan, $\delta^{15}\text{N}$ value was lower where organic matter mass was larger. These findings suggest ability of nitrate uptake by hinoki cypress can be evaluated with foliar $\delta^{15}\text{N}$ value where organic matter accumulation is small.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学、森林生態・保護・保全

キーワード：窒素飽和、ヒノキ、窒素安定同位体比、土壌

1. 研究開始当初の背景

近年、人為起源による窒素化合物が降水や乾性降下物として森林に多く供給されている。森林は本来窒素が欠乏した状態であるが、

多くの窒素が負荷された場合に土壌中の窒素をすべて吸収することができず、溪流から流出する窒素量が増大する。この現象は窒素飽和と呼ばれ、土壌酸性化、樹木衰退、河

川水質の悪化などの悪影響が懸念される。日本では、関東の都市近郊域では渓流水の硝酸態窒素濃度が高い傾向が報告されており窒素飽和の兆候が認められている。

窒素には質量数 14 と 15 が存在し (^{14}N と ^{15}N)、森林の植物、土壌に含まれる窒素はそれぞれ特有の ^{14}N と ^{15}N の存在割合 (窒素安定同位体比) を示す。近年、微量の硝酸態窒素の窒素安定同位体比を高精度で測定する手法が開発された。この手法を用いて、様々な森林土壌の窒素同位体比を測定することにより、植物が吸収する窒素源を明らかにすることが期待されている。

2. 研究の目的

植物が吸収するのは主にアンモニア態と硝酸態の窒素であるが、これらは異なる窒素安定同位体比を示すことが知られている。したがって、樹木の葉と土壌中の窒素の同位体比を比較することによって、樹木の硝酸態窒素吸収特性を評価することができる。

本研究では、日本の様々な環境のヒノキ林を対象として、土壌中と植物体の窒素安定同位体比を比較して、ヒノキが窒素負荷に対して硝酸態窒素の吸収特性をどのように変化させるかを明らかにすることを目的とする。また、植物体の窒素安定同位体比と土壌特性の関係を検討して、葉の窒素安定同位体比を決定する要因を明らかにした。

3. 研究の方法

(1) 関東地方と京都の上賀茂試験地において、土壌中のアンモニア態と硝酸態窒素の窒素安定同位体比を微量窒素安定同位体測定システムで測定する。ヒノキの葉を採取し、窒素安定同位体比を測定する。ヒノキが吸収する窒素源としてのアンモニア態窒素と硝酸態窒素の寄与を明らかにする。

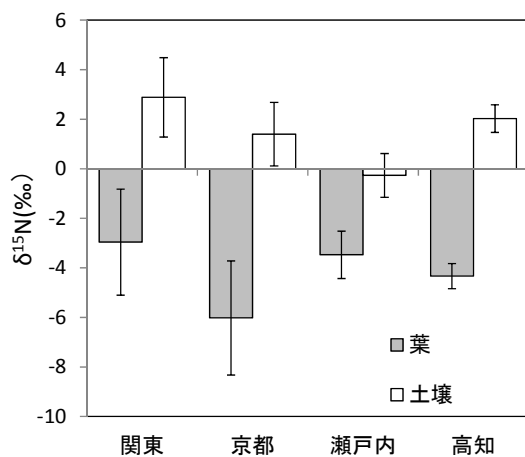


図1 ヒノキ葉と表層土壌の窒素安定同位体比

平均値 ± 標準偏差

(2) 関東、関西、瀬戸内、高知において、様々な環境条件に生育するヒノキ林分を 2-3 か所選定し、葉と土壌の窒素安定同位体比の分布様式を明らかにする。窒素安定同位体比と気象条件、土壌特性との関係を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 窒素飽和状態の八王子では、ヒノキ葉の窒素安定同位体比は低い値を示し、土壌の硝酸態窒素の値に近い値を示したため、ヒノキは主に硝酸態窒素を吸収すると考えられた。一方、都市域から離れるにつれて、葉の窒素安定同位体比は、アンモニア態窒素に近い値を示した。この結果は、都市域から離れたヒノキ林ではアンモニア態窒素を吸収するが、関東都市域に近づくほど、ヒノキは、吸収する窒素源を硝酸態窒素に切り替えることを示唆する。したがって、都市域において葉の窒素安定同位体比が低い値を示した場合、硝酸態窒素の吸収を示し、窒素飽和状態で、ヒノキが窒素源を切り替えて対応したことを示唆した。

京都の上賀茂試験地では、ヒノキ葉の窒素安定同位体比は -7.1 ~ -6.4 ‰ であり、関東地方のヒノキ林における同位体比よりも低かった。上賀茂ヒノキ林における土壌中のアンモニア態窒素と硝酸態窒素の同位体比は、葉の窒素同位体比よりも大きい値を示した。したがって、上賀茂試験地においては、ヒノキ葉、土壌のアンモニア態窒素と硝酸態窒素以外の窒素源を多く利用していると考えられた。上賀茂試験地は、生態系の窒素循環速度が小さく貧栄養である。このような条件では、土壌における有機物層の分解が遅いため、有機物層の同位体比は、葉の窒素安定同位体比に近い値を示しており、有機物層において無機化された窒素の寄与が大きいと考えられた。

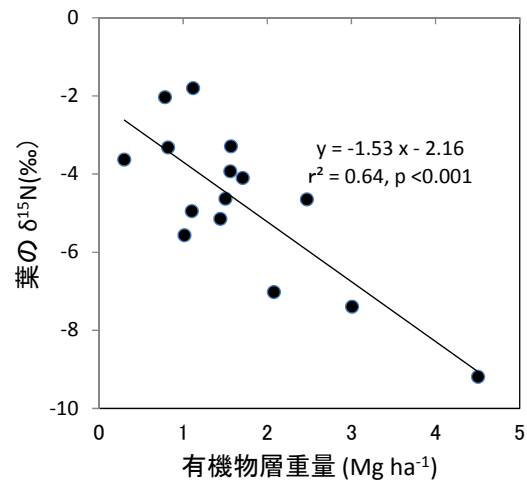


図2 有機物層重量とヒノキ葉の窒素安定同位体比の関係

(2) 調査した23林分におけるヒノキ葉と土壌の窒素安定同位体比の分布を図1に示す。地域ごとに窒素安定同位体比は、次のような特長を示した。関東地域では、地域内の窒素安定同位体比の標準偏差が大きかった。郊外から都市域への窒素循環の変化に対応して窒素同位体比が変化した。京都府では、葉の同位体比が低い値を示した。貧栄養な林分が存在するために葉の窒素安定同位体比が低いと考えられた。四国では降水量の異なる瀬戸内と太平洋側の高知県の林分で比較した。葉の窒素安定同位体比には、明瞭な差は認められなかったが、高知で土壌の窒素安定同位体比が高い傾向が認められた。これらの結果より、ヒノキ林における窒素安定同位体比は、土壌肥沃度、気象条件の影響を受けて、変動することが示唆された。関東地方においては窒素負荷の影響を評価することができたが、他の地域では窒素負荷以外の要因の寄与が大きいと考えられた。

全国14地点のヒノキ林において葉の窒素安定同位体比は、堆積有機物量が多い林分で低い傾向が認められた(図2)。有機物層が多い林分では、有機物層の低い窒素安定同位体比を示す窒素を利用する割合が大きいため、葉の窒素同位体比が低下すると考えられた。

以上の結果より、ヒノキ葉の窒素安定同位体比は、土壌中の硝酸を選択的に吸収する場合と堆積有機物層に窒素源を依存する場合に低い値を示すことが明らかになった。堆積有機物層の蓄積量の大きい林分では、土壌の硝化活性は低く硝酸態窒素の吸収は極めて少ないことがこれまでに明らかにされている。つまり、有機物層が多い林分では低い窒素安定同位体比を示すが、硝酸態窒素の吸収は重要でないと考えられることができる。したがって、葉の窒素安定同位体比に影響を及ぼすメカニズムの違いは堆積有機物層の存在量から判断することができる。堆積有機物層の少ない林分においては、葉の窒素安定同位体比は、窒素飽和状態における硝酸態窒素の吸収能力を判断するのに適した指標であると考えられた。

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6件)

- ①Fang Y, Koba K, Yoh M, Makabe A, Liu X (印刷中) Patterns of foliar $\delta^{15}\text{N}$ and their control in Eastern Asian forests. Ecological Research 査読有 DOI:

10.1007/s11284-012-0934-8

- ②稲垣善之・平井敬三 (2013) スギ人工林の窒素循環に関する生態系サービスの評価. 関東森林研究 64: 77-80、査読有
- ③Inagaki Y, Inagaki M, Hashimoto T, Kobayashi M, Itoh Y, Shinomiya Y, Fujii K, Kaneko S, Yoshinaga S (2012) Aboveground production and nitrogen utilization in nitrogen-saturated coniferous plantation forests on the periphery of the Kanto Plain. Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute 11: 161-173
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/424/documents/424-6.pdf>
- ④稲垣善之・稲垣昌宏・三浦覚・小林政広・伊藤優子・吉永秀一郎・戸田浩人・福島慶太郎・舘野隆之輔・徳地直子(2012) 針葉樹人工林流域における窒素負荷と窒素流亡の関係. 関東森林研究 63: 97-100
- ⑤Inagaki Y, Miyamoto K, Okuda S, Noguchi M, Ito T, Noguchi K (2011) Stem productivity in relation to nitrogen concentration and carbon isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$) in leaves of hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa* Endlicher) plantations in Shikoku district, Japan. Soil Science and Plant Nutrition 57: 710-718、査読有
DOI:10.1080/00380768.2011.608169
- ⑥Inagaki Y, Nakanishi A, Fukata H (2011) Soil properties and nitrogen utilization of hinoki cypress as affected by strong thinning under different climatic conditions in the Shikoku and Kinki districts in Japan. Journal of Forest Research 16: 405-413 査読有
DOI:10.1007/s10310-011-0271-8

[学会発表] (計6件)

- ①中西麻美・稲垣善之・新井宏受・大澤直哉・柴田昌三:異なる気象条件におけるヒノキ林分の葉の窒素安定同位体比と土壤特性との関係. 2013年3月27日岩手大学(盛岡市)
- ②稲垣善之・篠宮佳樹・野口享太郎・鳥居厚志・深田英久:窒素安定同位体比を用いた樹木の窒素吸収源の評価—四国地方のヒノキ、スギ林における事例—日本土壤肥料学会講演要旨集 58:13, 2012年9月5日鳥取大学(鳥取市)
- ③Inagaki Y, Inagaki M, Hashimoto T, Kobayashi M, Itoh Y, Kaneko S, Yoshinaga S: Nitrogen cycling in coniferous forested watersheds in Japan's Kanto region: a comparison of areas having high and low N deposition. ASL02012, 2012年7月12日大津市
- ④稲垣善之・野口享太郎・深田英久:間伐がヒノキ葉の炭素、窒素安定同位体比に及ぼす影響. 日本土壤肥料学会講演要旨集 57: 218, 2011年8月8日つくば国際会議場(つくば市)
- ⑤穂刈梓・木庭啓介・竹林佑・中西麻美・稲垣善之・望月嘉人・黒岩恵・徳地直子・楊宗興:土壤微生物バイオマス窒素同位体比の窒素可給性指標としての可能性について. 日本地球惑星科学連合2011年大会 MIS023-P04 2011年5月23日幕張国際会議場(千葉市)
- ⑥Takebayashi Y, Koba K, Hokari A, Nakanishi A, Inagaki Y, Yoh M: Preferences for different nitrogen forms by plant species elucidated by ¹⁵N natural abundance. International Symposium on Isotope Ecology 2010 in Kyoto, 2010年11月2日京都市

[その他]

ホームページ等

<http://researchmap.jp/hinokilitter/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲垣 善之 (INAGAKI YOSHIUKI)
森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号: 00353590

(2) 研究分担者

木庭 啓介 (Koba Keisuke)
東京農工大学・農学研究科・准教授

研究者番号: 90311745

(H22→H23: 連携研究者)

(3) 連携研究者

木庭 啓介 (Koba Keisuke)
東京農工大学・農学研究科・准教授

研究者番号: 90311745