

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 5 月 15 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2010～2012

課題番号：22248016

研究課題名（和文） 気候変動による積雪変化が森林土壌の物質循環機能に及ぼす影響

研究課題名（英文） The impact of snowpack change by climate change on biogeochemical cycles in forest soil

研究代表者

柴田 英昭（SHIBATA HIDEAKI）

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授

研究者番号：70281798

研究成果の概要（和文）：冬期間の積雪変化が森林生態系における土壌窒素動態を中心とした物質循環機構に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、列島スケールでの環境傾度を利用した現地実験を行った。その結果、積雪減少による断熱効果の低下は土壌凍結・融解サイクルの増幅を生じ、土壌微生物による窒素無機化を増加させる効果があることなどが示された。したがって、生育活性が低いとされる冬季のプロセスは、生育期における物質循環や水質形成等に無視できない影響があることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：We conducted the field experiments using natural environmental gradient in Japanese archipelago to clarify the impact of snowpack changes in winter on soil nitrogen dynamics in forest ecosystem. We found that nitrogen mineralization by soil microbe increased by the amplification of soil freeze-thaw cycles induced by the decrease of snowpack and its heat insulation ability. It was suggested that winter processes in biologically dormant season were not negligible for biogeochemical cycles and water quality formation in the growing season.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	14,500,000	4,350,000	18,850,000
2011 年度	10,200,000	3,060,000	13,260,000
2012 年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
年度			
年度			
総計	35,300,000	10,590,000	45,890,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：窒素循環，土壌微生物，窒素無機化，硝化，現地培養実験，栄養塩，凍結－融解サイクル

1. 研究開始当初の背景

冬季低温環境下では生態系全体の生物活性が低く、その時期の物質循環速度はしばしば無視されてきたが、最近の研究では積雪下の低温条件でも微生物による炭素や窒素の分解・無機化が無視できない速度で進行することが明らかとなってきた。地球温暖化問題

に関連して、気温上昇や降水量変化に対する森林生態系の応答についての研究は国内外で盛んに行われているが、多くの研究は生物活性の高い無雪期間に焦点を当てており、冬季低温環境下における土壌系の物質循環の変化に関する知見は著しく不足している。特に、冬季における地表への熱遮蔽効果をもつ

積雪が減少することで、初冬や初春といった季節境界時の土壤凍結－融解サイクル(FTC)が増幅し、土壤での物質循環に影響することが懸念されている。融雪期には厳冬期を通じて蓄積された栄養塩が植物に利用される前に、多量の融雪水によって河川へと溶脱されることが知られている。よって、FTCによってリター分解や土壤窒素動態に関わる微生物活性が変化したり、微生物や細根が枯死することによって易分解性有機物の可給性が高まったりすることによって、土壤からの栄養塩溶脱が変化することが予想される。

したがって、本研究では、「積雪減少による土壤の凍結－融解サイクルの増幅を含む環境変化が、直接的・間接的に土壤-微生物-植生間の物質循環を攪乱し、土壤からの栄養塩溶脱を加速する」という仮説を立てた。もともと積雪低温環境に影響されてきた厳冬期から融雪期にかけての土壤系の物質循環機構を解明するとともに、気候変動に伴う冬季の環境変化がもたらす土壤の養分保持プロセス変化と栄養塩溶脱リスクの増大メカニズムを植生や微生物要因の変化を合わせて明らかにすることに主眼を置いた。

2. 研究の目的

気候変動に対する森林の生態系の構造や機能、サービス変化のパターンやメカニズムを解明することは重要であり、土壤の物質循環はそれらを駆動する主要な生態系プロセスである。温暖化による積雪減少は初冬や初春における土壤の凍結－融解サイクルを増幅させると予測されるものの、土壤内における物質循環の変化やメカニズム、それに関わる立地環境、微生物や植生等の生物要因に関する詳細は不明である。本研究では日本各地における森林土壤の現地交換培養、リター分解、菌食動物、細根動態の現地実験、シカによる樹木・ササ食害の変化調査、土壤窒素無機化・硝化や樹木種子の病気にかかわる微生物・菌類の解析等により、「積雪減少といった冬季の環境変化によって土壤-微生物-植生における物質循環機能がどのように変化するのか？」を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

日本列島の環境傾度を利用して、北海道、東北、関東、近畿、九州において日本海側から太平洋側あるいは標高別に調査ライン、拠点サイトを複数設置し、各地における土壤現地培養(レジソコ法やバリードバック法)の地点間比較および交換培養を行った。また、窒素安定同位体のトレーサー実験による総窒素形態変化速度の解析を行った。各研究ライン・拠点サイトでは、積雪環境の違いを利用した比較実験において、リター分解実験やリグニン分解菌、イングロスコ法による

細根動態観測等を行った。

4. 研究成果

冬期間の積雪変化による凍結－融解サイクルの有無が土壤無機化・硝化速度に及ぼす影響を明らかにするための現地土壤培養実験を実施した。観測サイトは北海道(雨龍、足寄)、東北(安比、盛岡)、関東(菅名、草木)、近畿(芦生、上賀茂)、九州(椎葉、高隅)の全10地点である。土壤カラムの上下端にイオン交換樹脂を装着したレジソコ法を用いて、冬期間および生育期間(培養地は足寄のみ)の現地培養実験を行った。土壤培養実験前後における土壤無機態窒素含有量、溶脱量の分析を行い、処理の効果や反応の地点間差について解析を行った。

その結果、凍結環境下にあった土壤は、非凍結環境下の土壤に比べて冬季の無機加速度は大きく、硝化速度は小さくなる傾向が認められた。また、冬季に凍結融解サイクルの条件下にあった土壤は、その後の生育期において硝化速度が上昇する傾向が認められた。それらの影響程度は産地土壤によって異なることも検出され、当該土壤にもともと生息している土壤微生物群集やその機能、活性の土壤間差異を考察するため、統計解析によってその関係性を明らかにした。

また、全国各地の土壤を採取し、土壤DNAを抽出し、16S rRNA 遺伝子による古細菌群集のメタゲノム解析を行った。その結果、ほぼすべての土壤でアンモニア酸化に関わるとされるグループを含む Thaumarchaeota 門が優占することが明らかとなった。Thaumarchaeota 門内のグループでは、地域間差が見られたが、地理的な要因よりは土壤pHなどの環境要因の方が古細菌の群集構造に影響を及ぼすことが示唆された。

本科研を中心として得られたさまざまな研究成果を公表し、議論するために、第124回日本森林学会大会(岩手大学)においてテーマ別シンポジウム「気候変動と森林窒素循環－観測・実験・広域評価」を開催した。

これらの結果から、生育活性が低いとされる冬季のプロセスは、さまざまな角度から生育期における物質循環や水質形成等に無視できない影響があるため、今後は冬季から融雪期、生育期にかけて物質動態の動的な季節変化を詳細に研究する必要があることが示された。

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 25 件)

① Zhang J, Taniguchi T, Tateno R, Xu M, Du S, Liu G-B, Yamanaka N (2013)

- Ectomycorrhizal fungal communities of *Quercus liaotungensis* along local slopes in the temperate oak forests on the Loess Plateau, China. *Ecological Research* (In press)
<http://link.springer.com/journal/11284>, 査読有
- 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
- ③ Hishi T, Tashiro N, Maeda Y, Inoue S, Cho K, Yamauchi K, Ogata T, Mabuchi T (2012) Soil depth distribution and the patterns of alpha- and beta-diversity of families of soil Collembola in cool-temperate deciduous natural forests and larch plantations of northern Japan. *Edaphologia* 91:9-20, <http://soilzoology.jp/学会誌・刊行物/edaphologia/>, 査読有
- ④ Inagaki 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/bulletin-en.html>, 査読有
- ⑤ Sasaki F, Miyamoto T, Yamamoto A, Tamai Y, Yajima T (2012) Relationship between intraspecific variations and host insects of *Ophiocordyceps nutans* collected in Japan. *Mycoscience* 53: 85-91, DOI 10.1007/s10267-011-0137-0, 査読有
- ⑥ Urakawa R, Toda H, Haibara K, Aiba Y (2012) Long-term hydrochemical in an Oyasan Experimental Forest Watershed comprised of two small forested watersheds of Japanese cedar and Japanese cypress. *Ecological Research* 27: 245 (Data Paper), DOI 10.1007/s11284-012-0926-8, 査読有
- ⑦ 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・館野隆之輔・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, 査読有
- ⑧ 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・館野龍之輔・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*, 査読有, 63
- 卷(2)号、2012年、p.97-100
- ⑨ 佐々木道子・戸田浩人・崔東寿, スギ・ヒノキ人工林と落葉広葉樹林におけるA0層の詳細な画分と養分動態. *関東森林研究*, 査読有, 63 卷(2)号、2012年、p.105-108
- ⑩ 平田彩・大塚敏博・戸田浩人・崔東寿 (2012) スギ・ヒノキ中齢林における間伐放置材の分解と養分動態. *関東森林研究*, 査読有, 63(2): 109-112
- ⑪ Fukushima K, Tateno R, Tokuchi N. (2011) Soil nitrogen dynamics during stand development after clear-cutting of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) plantations. *Journal of Forest Research* 16:394-404, DOI: 10.1007/s10310-011-0286-1, 査読有
- ⑫ Inagaki 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, DOI 10.1080/00380768.2011.608169, 査読有
- ⑬ Inagaki Y, Nakanishi A, Fukata H (2011) Soil properties and nitrogen utilization of hinoki cypress under different climatic conditions in Shikoku Island and Kinki District of Japan. *Journal of Forest Research* 16: 405-413, DOI: 10.1007/s10310-011-0271-8, 査読有
- ⑭ Kuroiwa M, Koba K, Isobe K, Tateno R, Nakanishi A, Inagaki Y, Toda H, Otsuka S, Senoo K, Suwa Y, Yoh M, Urakawa R, Shibata H (2011) Gross nitrification rates in four Japanese forest soils: Heterotrophic versus autotrophic and the regulation factors for the nitrification. *Journal of Forest Research* 16(5):363-373 DOI: 10.1007/s10310-011-0287-0, 査読有
- ⑮ Lu X, Toda H, Ding F, Choi D, Fang S (2011) Hydrochemistry and nutrient budgets in a natural forest in a karst area of southwestern China. *Jan J For Environ* 53:61-71, <http://ritchi.ac.affrc.go.jp/abst/53-2.61.htm>, 査読有
- ⑯ Shi WY, Tateno R, Zhang JG, Wang YL, Yamanaka N, Du S (2011) Response of soil respiration to precipitation during the dry season in two typical forest stands in the forest-grassland transition zone of the Loess Plateau. *Agricultural and*

- Forest Meteorology. 151:854-863, DOI:10.1016/j.agrformet.2011.02.003, 査読有
- ⑰ Shibata H, Toda H, Inagaki Y, Tateno R, Koba K, Tange T (2011) Editorial; Soil nitrogen dynamics of forest ecosystems under environmental changes. Journal of Forest Research 16(5):331-332 DOI: 10.1007/s10310-011-0289-y, 査読有
- ⑱ Shibata H, Urakawa R, Toda H, Inagaki Y, Tateno R, Koba K, Nakanishi A, Fukuzawa K, Yamasaki A (2011) Changes in nitrogen transformation in forest soil representing the climate gradient of the Japanese archipelago. Journal of Forest Research 16(5): 374-385 DOI: 10.1007/s10310-011-0288-z, 査読有
- ⑲ Yamasaki A, Tateno R, Shibata H (2011) Effects of carbon and nitrogen amendment on soil carbon and nitrogen mineralization in volcanic immature soil in southern Kyushu, Japan. Journal of Forest Research 16(5):414-423, DOI: 10.1007/s10310-011-0272-7, 査読有
- ⑳ Yoshida M, Tamai Y, Miyamoto T, Yajima T (2011) The Study on Mycorrhizal Status of Current-Year *Acer mono* Seedlings. Eurasian Journal of Forest Research, 14(1):39-41, <http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/22025>, 査読有
- ㉑ Park J-H, Duan L, Kim B, Mitchell MJ, Shibata H (2010) Potential effects of climate change and variability on watershed biogeochemical processes and water quality in northeast Asia. Environment International 36:212-225. DOI: 10.1016/j.envint.2009.10.008, 査読有
- ㉒ Tateno R, Takeda H (2010) Nitrogen uptake and nitrogen use efficiency above and below ground along a topographic gradient of soil nitrogen availability. Oecologia 163:793-804, 査読有
- ㉓ Tobari Y, Koba K, Fukushima K, Tokuchi N, Ohte N, Tateno R, Toyoda S, Yoshioka T, Yoshida N (2010) Contribution of atmospheric nitrate to stream-water nitrate in Japanese coniferous forests revealed by the oxygen isotope ratio of nitrate. Rapid Communications in Mass Spectrometry 24:1281-1286, DOI: 10.1002/rcm.4498, 査読有
- ㉔ 館野隆之輔・鈴木寿仁・濱田肇次・日高謙太 (2010) 南九州のスギ人工林における斜面位置の違いが土壌窒素無機化特性に与える影響. 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 査読有, 37: 129-136
- ㉕ 柴田 英昭・戸田 浩人・稲垣 善之・館野隆之輔・木庭 啓介・福澤 加里部 (2010) 森林源流域における窒素の生物地球化学過程と渓流水質の形成. 地球環境 15(2): 133-143, 査読有
- [学会発表] (計 33 件)
- ① 井上貴央・柴田英昭・福澤加里部・吉田俊也: 森林土壌における窒素動態の空間的不均質性の形成要因の解明: リターと植生構造に着目して. 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ② 稲垣善之・韓慶民: ^{15}N トレーサーを用いたブナの窒素吸収特性の評価, 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ③ 浦川梨恵子・柴田英昭・黒岩恵・稲垣善之・館野隆之輔・菱拓雄・福澤加里部・平井敏三・戸田浩人・小柳信宏・中田誠・中西麻美・福島慶太郎・榎木勉・木庭啓介・諏訪裕一: 森林生態系における土壌の窒素動態に冬季気候変動にともなう凍結融解サイクルの変化が及ぼす影響. 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ④ 館野隆之輔, Kim Mincheol, Adams Jonathan: 土壌窒素動態に微生物群集が果たす役割—メタゲノム研究の可能性. 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ⑤ 館野隆之輔: Nitrogen uptake and nitrogen use efficiency above and below ground along a topographic gradient of soil nitrogen availability (地形が生み出す土壌窒素環境の傾度に沿った地上部・地下部の窒素吸収量および窒素利用効率の変化). 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ⑥ 宮本敏澄・幸田圭一・菱拓雄: 積雪深が異なる地域間でのリター分解およびリター分解菌群集の比較. 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ⑦ 渡辺恒大・福澤加里部・柴田英昭: 北海道北部の森林生態系における短期的な土壌窒素肥沃度の変化に対するササ—土壌系の応答, 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ⑧ 服部大地・小柳信宏・中田誠・浦川梨恵子・戸田浩人: ブナ林とスギ林における土壌中の窒素動態比較—添加培養実験—. 第 124 回日本森林学会大会, 2013 年 3 月 27 日, 岩手大学 (盛岡市)
- ⑨ 福澤加里部・浦川梨恵子・菱拓雄・柴田英

- 昭・宮本敏澄・舘野隆之輔：北海道の冷温帯林における土壌の窒素無機化の変化に対する細根の応答. 第124回日本森林学会大会, 2013年3月27日, 岩手大学(盛岡市)
- ⑩堀口智也・岩月良介・戸田浩人・崔東寿：シカ採食圧排除後2年間のミヤコザサ現存量の回復と養分保持能. 第124回日本森林学会大会, 2013年3月27日, 岩手大学(盛岡市)
- ⑪ Shibata H, Hasegawa Y, Watanabe T, Fukuzawa K: Impact of snowpack decrease on net nitrogen mineralization and nitrification of forest soil in northern Japan. 第60回日本生態学会大会(招待講演), 2013年03月07日, 静岡県コンベンションアーツセンター(静岡市)
- ⑫宮本敏澄・橋本俊市・福澤加里部：積雪の操作がエゾマツ種子への暗色雪腐病菌の感染率に与える影響. 第61回北方森林学会大会, 2012年11月13日, 北海道大学(札幌市)
- ⑬福澤加里部・浦川梨恵子・菱拓雄・柴田英昭・宮本敏澄・舘野隆之輔：土壌の窒素無機化の変化に対する細根の養分吸収の応答. 生物地球化学研究会秋田セッション, 2012年10月20日, 秋田県立大学(秋田市)
- ⑭ Shibata H, Hasegawa Y, Watanabe T, Fukuzawa K: Impact of snowpack decrease on net nitrogen mineralization and nitrification of forest soil in northern Japan. BIOGEMON: The 7th International Symposium on Ecosystem Behavior, 2012年07月16日, Point Lookout Resort and Conference Center(米国・ノースポート市)
- ⑮井上貴央・柴田英昭・福澤加里部：ササ地上部バイオマスと森林土壌中の複数生態系機能との関係性. 日本地球惑星科学連合大会2012年大会, 2012年05月23日, 幕張メッセ(千葉市)
- ⑯渡辺恒太・福澤加里部・柴田英昭：北海道北部の森林生態系における長期的な大気窒素沈着に対するササと樹木のリター動態の応答. 日本地球惑星科学連合大会2012年大会, 2012年05月23日, 幕張メッセ(千葉市)
- ⑰舘野隆之輔：Nitrogen uptake and nitrogen use efficiency above and below ground along a topographic gradient of soil nitrogen availability(地形が生み出す土壌窒素環境の傾度に沿った地上部・地下部の窒素吸収量および窒素利用効率の変化). 第123回日本森林学会大会(招待講演), 2012年3月27日, 宇都宮大学(宇都宮)
- ⑱舘野隆之輔・張健・谷口武士・山中典和・杜盛：半乾燥地における斜面位置の違いが樹木の水と窒素の利用効率に与える影響. 第123回日本森林学会大会, 2012年3月27日, 宇都宮大学(宇都宮)
- ⑲佐々木道子・戸田浩人・崔東寿：スギ・ヒノキ人工林と落葉広葉樹林のリター交換によるA0層分解への影響. 123回日本森林学会大会, 2012年3月27日, 宇都宮大学(宇都宮)
- ⑳平田彩・戸田浩人・崔東寿：強度列状間伐が表層土壌の窒素無機化に及ぼす影響. 第123回日本森林学会大会, 2012年3月27日, 宇都宮大学(宇都宮)
- ㉑浦川梨恵子：Effect of winter climate changes on soil nitrogen dynamics in forest ecosystems. 第5回東アジア生態学連合, 2012年3月19日, 龍谷大学(大津市)
- ㉒柴田英昭：北海道北部における生物地球化学研究の展開：ササと冬に着目して. 生物地球化学研究会札幌セッション, 2011年10月22日, 北海道大学(札幌市)
- ㉓佐々木道子・戸田浩人・崔東寿：スギ・ヒノキ人工林と落葉広葉樹林におけるA0層の詳細な画分と養分動態. 第1回関東森林学会大会, 2011年10月21日, 群馬県社会福祉総合センター(前橋市)
- ㉔平田彩・大塚敏博・戸田浩人・崔東寿：スギ・ヒノキ中齢林における間伐放置材の分解と養分動態. 第1回関東森林学会大会, 2011年10月21日, 群馬県社会福祉総合センター(前橋市)
- ㉕稲垣善之・三浦寛・中西麻美・大浦典子・戸田浩人・市川貴大・福島慶太郎・舘野隆之輔：林齢の異なるスギとヒノキ林におけるリターフォール窒素量の比較. 日本森林学会学術講演集, 122:47. 2011年3月26日, 静岡大学(静岡市)
- ㉖浦川梨恵子, 柴田英昭, 菱拓雄, 稲垣善之, 舘野隆之輔, 福澤加里部, 戸田浩人, 平井敬三, 中西麻美, 福島慶太郎, 中田誠, 小柳信宏, 榎木勉：気候変動による積雪変化が森林土壌の物質循環機能に及ぼす影響-全国サイトにおける土壌の化学的性質. 第122回日本森林学会大会. 2011年3月26日, 静岡大学(静岡市)
- ㉗稲垣善之・中西麻美：気象条件の異なるヒノキ林における表層土壌の性質. 日本地球惑星科学連合2010年大会, MIS006・P07. 2010年5月26日, 幕張メッセ国際会議場(千葉市)
- ㉘浅野友子, 丹下健, 大槻恭一, 智和正明, 高木正博, 舘野隆之輔, 浅井和由：山地源流域における平水時流出水の平均滞留時間. 日本地球惑星科学連合2010年大会.

2010年5月26日、幕張メッセ国際会議場
(千葉市)

- ⑳ Shibata H, Toda H, Inagaki Y, Tateno R, Koba K, Nakanishi A, Fukuzawa K, Urakawa R, Yamasaki A, Hasegawa Y: Regional and comparative soil incubation study on nitrogen dynamics in forest ecosystems, 第121回森林学会大会. 2010年4月3日, 筑波大学(つくば市)
- ㉑ 館野隆之輔, 川路まり, 北岡和彦, 西修平, 慶田祥子, 米田健, 水永博巳: 徳之島亜熱帯林における窒素循環の斜面位置による違い. 第121回森林学会大会. 2010年4月3日筑波大学(つくば市)
- ㉒ 黒岩恵, 磯部一夫, 木庭啓介, 柴田英昭, 戸田浩人, 稲垣善之, 館野隆之輔, 中西麻美, 浦川梨恵子, 福澤加里部, 妹尾啓史, 楊宗興: 4地点の森林土壌における総硝化速度と微生物. 第121回森林学会大会. 2010年4月3日, 筑波大学(つくば市)
- ㉓ 山崎朱夏, 館野隆之輔, 柴田英昭: 火山性未熟土への炭素と窒素の添加が炭素・窒素無機化特性に与える影響. 第121回森林学会大会. 2010年4月3日, 筑波大学(つくば市)
- ㉔ 柴田英昭, 戸田浩人, 稲垣善之, 館野隆之輔, 木庭啓介, 中西麻美, 福澤加里部, 浦川梨恵子, 山崎朱夏, 長谷川由布子: 温度・水分環境変動下での土壌窒素無機化速度における冬季プロセスの重要性. 第121回森林学会大会. 2010年4月3日, 筑波大学(つくば市)

[図書] (計5件)

- ① Fukuzawa K, Dannoura M, Shibata H (2012) Fine root dynamics and root respiration, In: Stefano Mancuso (eds) Measuring roots: An updated approach, Springer-Verlag, 382pp
- ② 戸田浩人 (2012) 第10章 森・川・海. p.100-109. (森林のバランス, 森林立地学会編) 東海大学出版会, 300pp
- ③ 戸田浩人 (2012) 第7章 人工林の資源利用. p.64-74. (森林のバランス, 森林立地学会編), 東海大学出版会, 300pp
- ④ 菱拓雄 (2012) 15章 分解者. p.174-186 (森林のバランス, 森林立地学会編) 東海大学出版会, 300pp
- ⑤ 宮本敏澄 (2011) 暗色雪腐病菌による更新阻害. p.319, (北海道の森林, 北方森林学会編著), 北海道新聞社, 320pp

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 英昭 (SHIBATA HIDEAKI)
北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授
研究者番号: 70281798

(2) 研究分担者

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

宮本 敏澄 (MIYAMOTO TOSHIZUMI)
北海道大学・(連合)農学研究科(研究院)・講師
研究者番号: 00343012

館野 隆之輔 (TATENO RYUNOSUKE)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授
研究者番号: 60390712

菱 拓雄 (HISHI TAKUO)
九州大学・(連合)農学研究科(研究院)・助教
研究者番号: 50423009

戸田 浩人 (TODA HIROTO)
東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授
研究者番号: 00237091

福澤 加里部 (FUKUZAWA KARIBU)
北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・助教
研究者番号: 10456824

諏訪 裕一 (SUWA YUICHI)
中央大学・理工学部・教授
研究者番号: 90154632

中田 誠 (NAKATA MAKOTO)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 80217744

木庭 啓介 (KOBAYASHI KEISUKE)
東京農工大学・共生科学技術研究科(研究院)・准教授
研究者番号: 90311745

(3) 連携研究者

中西 麻美 (NAKANISHI ASAMI)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・助教
研究者番号: 60273497

平井 敬三 (HIRAI KEIZO)
独立行政法人森林総合研究所・東北支所・グループ長
研究者番号: 80370287