

平成22年5月14日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19580181
 研究課題名（和文）クロノシーケンス法を用いた森林土壌における有機炭素蓄積速度の評価
 研究課題名（英文）Chronosequence study on organic carbon accumulation rate of forest soils in Japan
 研究代表者
 吉永 秀一郎（YOSHINAGA SHUICHIRO）
 独立行政法人森林総合研究所・九州支所・研究調整監
 研究者番号：10353913

研究成果の概要（和文）：歴史時代に噴出した降下テフラ、歴史時代に発生した岩屑流堆積物、洪水堆積物に発達した土壌を対象として、有機炭素蓄積速度を測定した。降下テフラに発達した土壌では0.01～0.05 kgC m⁻²y⁻¹、岩屑流堆積物に発達した土壌では0.003～0.004 kgC m⁻²y⁻¹の値を示し、細粒画分が多い降下テフラの方が1桁大きい蓄積速度を示した。また、日光千手が原において異なる時期に堆積した洪水堆積物に発達した土壌では過去約100年前までの堆積物では0.02～0.04 kgC m⁻²y⁻¹であったが、約300年前ならびに約1300年前の堆積物では0.01 kgC m⁻²y⁻¹以下であった。降下テフラに発達した土壌における有機炭素の蓄積速度は、Schlesinger(1990)がまとめた欧米の氷河後退地や岩屑流堆積地における蓄積速度（最大で約0.01 kgC m⁻²y⁻¹）よりは大きい値を示したが、岩屑流堆積物に発達した土壌では同等の蓄積速度であった。

研究成果の概要（英文）：Soil organic carbon stocks in forest soils derived from air-fall tephra deposits and debris avalanche deposits were studied to evaluate the recent soil carbon accumulation rate. The accumulation rates of soil derived from air-fall tephra deposits ranged from 0.01 to 0.05 kgC m⁻²y⁻¹ and the rate of the soil derived from debris avalanche deposits ranged from 0.003 to 0.004 kgC m⁻²y⁻¹, respectively. The former rates were remarkably larger than the rates reviewed by Schlesinger(1990), which ranged from 0.001 to 0.01 kgC m⁻²y⁻¹ at boreal, temperate and tropical forests. Difference of these accumulation rates between the soils was due to soil textures which strongly affected a plant invasion and forest regeneration; the tephra deposits had finer soil texture than the debris avalanche deposits.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2007年度 | 1,600,000 | 480,000 | 2,080,000 |
| 2008年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 2009年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学・林学・森林工学

キーワード：森林生態・保護・保全、森林土壌、土壌炭素、蓄積速度

1. 研究開始当初の背景

京都議定書において森林による炭素固定の役割があらためて認識され、その吸収量を算出するために森林生態系における炭素の貯留量ならびに動態についての研究が幅広く展開されてきた。その結果、森林土壌は炭素の重要なシンクとなっていることが明らかにされている (Morisada et al., 2004)。森林土壌に含まれる有機炭素は、植物から供給された堆積有機物が分解する過程で、難分解性の有機物が徐々に集積したものであり、時間の経過とともに増加すると考えられている。この観点に基づいて、古くから生成期間の異なる土壌における有機炭素蓄積量を比較して、有機炭素蓄積量の増加速度を求めるというクロノシーケンズ法を用いた研究が進められてきた。対象となる生成期間の異なる土壌としては、欧米においては、氷河の後退によって形成された土地において生成した土壌、火山泥流堆積地に発達した土壌、日本においては、火山溶岩上に発達する土壌、荒廃山地の緑化地の土壌が取り上げられてきた。しかし、有機炭素の蓄積量の増加速度に着目した研究は、欧米においては Schleginger (1990) によって先駆的にさまざまな立地条件の下での有機炭素蓄積速度が提示されたものの、日本においては、研究分担者らによる予察的な研究 (Morisada et al., 2002 など) に限られる。有機炭素蓄積速度は植生条件、気候条件で変動するため、欧米における研究結果から提示された値を、そのまま日本の森林土壌に適用することはできないため、国内における有機炭素蓄積速度の解明と研究の蓄積が求められている。

2. 研究の目的

本研究は、森林土壌における有機炭素の蓄積速度を各地で測定し、日本における有機炭素蓄積速度の値域を解明することを目的とする。具体的には歴史時代に噴出した年代の異なる降下テフラの上位に発達した土壌における炭素蓄積速度、ならびに歴史時代に発生した岩屑流堆積物、洪水堆積物上に発達した土壌における有機炭素蓄積速度を測定し、値域を明らかにする。これらの蓄積速度を海外における研究事例との比較をおこない、日本における有機炭素蓄積速度の評価を行う。

3. 研究の方法

(1) 樽前山 1739 年、北海道駒ヶ岳 1929 年、浅間山 1783 年、富士山 1707 年、桜島 1779 年ならびに 1914 年の噴火によって堆積した降下テフラの上に発達した土壌を対象として、それぞれの降下テフラの分布の軸に沿って土壌調査を実施し、表層に発達した腐植土層について容積重測定用の不攪乱試料と化学性測定用の攪乱試料を採取した。

(2) 静岡県安倍川源流部の大谷崩れ (1709 年)、高知県佐喜浜川源流部加奈木崩れ (1707 年)、ならびに長野県御岳山・伝上川崩れ

(1984 年) による岩屑流堆積物を対象として土壌調査を実施し、表層の腐植土層について化学性測定用の攪乱試料を採取した。これらの地点では礫が多く分布しているために、容積重については掘り取り法を用い、一定の面積 (400~900 cm²) についての腐植層の厚さ分の土壌をすべて掘削し、礫を分別してその重量を除いた細土容積重として求めた。

(3) 栃木県日光・中禅寺湖湖畔の千手が原において、時代の異なる洪水堆積物から構成される地形面上で土壌調査を実施し、表層の腐植土層について容積重測定用の不攪乱試料と化学性測定用の攪乱試料を採取した。

(4) 採取した化学性測定用の攪乱試料は風乾後、粉碎して微粉末試料を作成し、炭素含有率を測定した。この炭素含有率に腐植層の厚さと容積重を乗じて、それぞれの地点における有機炭素蓄積量を求めた。それを土壌母材の堆積年代から調査した年までの年数で除して有機炭素蓄積速度を算出した。

4. 研究成果

(1) 降下テフラ上に発達した土壌における有機炭素蓄積量は、樽前山では 1.57~5.79 (平均 2.91) kgC m⁻²、北海道駒ヶ岳では 0.44~2.14 (平均 1.27) kgC m⁻²、浅間山では 1.34~4.12 (平均 2.72) kgC m⁻²、富士山では 1.32~3.77 (平均 2.22) kgC m⁻²、桜島では大正噴火によるテフラで 1.10~2.97 (平均 1.98) kgC m⁻²、安永噴火によるテフラで 3.22~6.02 (平均 4.79) kgC m⁻²であった。それぞれの地域でばらつきは大きいものの、富士山を除くと土壌生成期間が長くなるにつれて蓄積量が増加する傾向が認められた (図 1)。

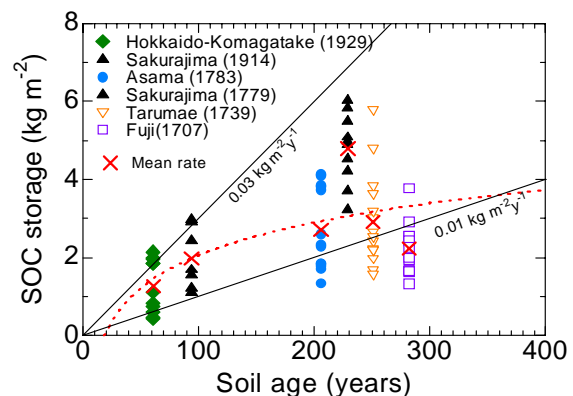


図 1 降下テフラ上に発達した土壌における有機炭素蓄積量

有機炭素蓄積速度は、樽前山では 0.006~0.023 (平均 0.011) kgC m⁻² y⁻¹、北海道駒ヶ

岳では0.007~0.035 (平均0.021) $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、浅間山では0.006~0.020 (平均0.013) $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、富士山では0.004~0.013 (平均0.007) $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、桜島では大正噴火によるテフラで0.011~0.031 (平均0.021) $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、安永噴火によるテフラで0.014~0.026 (平均0.021) $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ であった。

(2) 岩屑流堆積物に発達した土壤における有機炭素蓄積量は、大谷崩れでは0.46~0.83 (平均0.64, $n=3$) kgC m^{-2} 、加奈木崩れでは0.84~1.11 (平均1.00, $n=6$) kgC m^{-2} であった。御岳山・伝上川崩れでは、植生の回復の程度が異なる上部台地 ($n=3$)、中部台地 ($n=3$)、下部台地 ($n=2$) で有機炭素蓄積量が大きく異なった。植生がほとんど回復していない上部台地では、0.07~0.26 (平均0.15) kgC m^{-2} 、樹木が定着し始めた中部台地では0.45~0.63 (平均0.52) kgC m^{-2} 、樹冠が閉鎖された森林の様相を呈する下部台地では0.98ならびに1.30 kgC m^{-2} であった(図2)。

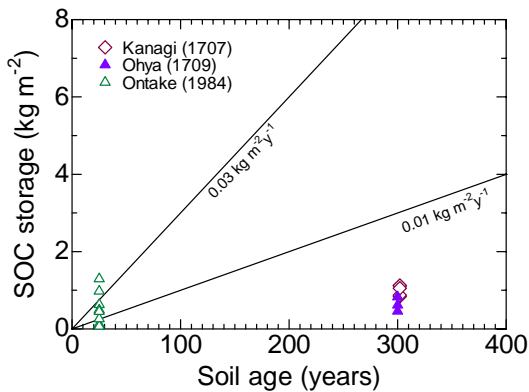


図2 岩屑流堆積物上に発達した土壤における有機炭素蓄積量

有機炭素蓄積速度は、大谷崩れでは0.002~0.003 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、加奈木崩れでは0.003~0.004 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ であり、降下テフラ上に発達した土壤と比べると、1桁遅い蓄積速度であった。一方、御岳山・伝上川崩れについては、上部台地では0.006 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、中部台地では0.021 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、下部台地では0.045 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ であり、植生の回復の度合いによって異なる蓄積速度を示した。

(3) 日光千手が原では降下テフラ、樹木年輪年代ならびに古資料の解析から、異なる高さに分布する地形面を形成した洪水堆積物の年代を特定した。その結果、最も古い土壤である最高位の地形面を覆う榛名山二ツ岳軽石(約1300年前)の上位に発達する土壤を始めとして、西暦1662年、1902年、1919年、1947年、1959年、1966年、1972年の洪水堆積物に発達する土壤が認められた。

これらの土壤における有機炭素蓄積量は、洪水堆積物の年代が古いほど増加する傾向を示した(図3)。約100年程度の土壤生成期間では1.4~2.8 kgC m^{-2} 程度であり、また、最上位の地形面に分布する約1300年の土壤では12~15 kgC m^{-2} 程度の有機炭素が蓄積していた。有機炭素蓄積速度は、約100年間では0.01~0.04 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ であったが、約340年間ならびに約1300年間では0.01~0.02 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 程度であった。

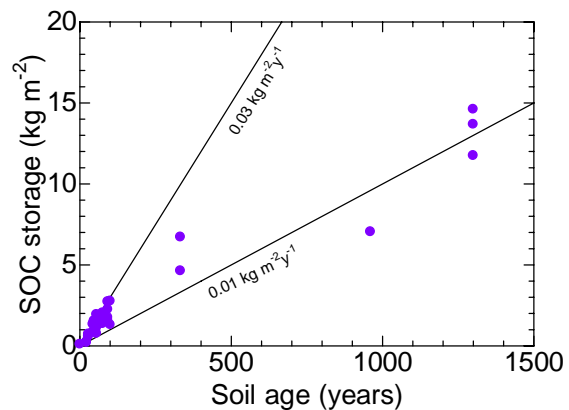


図3 日光千手が原の洪水堆積物上に発達した土壤における有機炭素蓄積量

(4) 以上に記した降下テフラ、岩屑流堆積物、洪水堆積物上に発達した土壤における有機炭素蓄積速度は、大谷崩れ、加奈木崩れ、御岳・伝上川崩れのうち上部台地の岩屑流堆積物では0.01 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 以下と低いものの、それ以外の土壤における有機炭素蓄積速度は0.01~0.03 $\text{kgC m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 程度であり、類似した値を示した(図4)。このような有機炭素蓄積速度の差は、土壤母材の粒径と堆積時の植生破壊の度合いに起因していると考えられる。すなわち、降下テフラや洪水堆積物は砂から小礫程度の粒径を主体としており、これらを充填する細粒物質も認められる。このため、堆積後の植生の侵入、定着が比較的早いことが予想され、土壤への有機炭素の蓄積も大きくなると考えられる。一方、岩屑流堆積物は大きな礫も多く認められ、堆積時の植生の破壊の程度も大きいため、堆積後の植生の侵入、定着が遅くなる。このため、大谷崩れ、加奈木崩れでは有機炭素の蓄積が少ないと考えられる。また、御岳・伝上川崩れの上部台地では、堆積物の粒径が粗く、堆積後25年経過してもほとんど植生の定着が認められず、有機炭素蓄積量も低い値を示した。これに対して、堆積物の粒径が細かく、すでに樹冠が閉鎖されて森林の様相を呈する下部台地では高い有機炭素蓄積量を示した。このことも、堆積物の粒径と植生の回復の程度が有機炭素蓄積速度に大きく影響していることを示唆する。

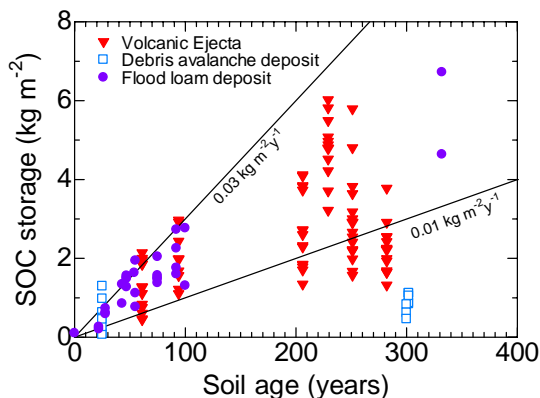


図4 400年間に於ける土壌への有機炭素蓄積量 (図1~3を統合)

Schlesinger(1990)による欧米の氷河後退地や岩屑流堆積地における有機炭素蓄積速度についてのレビューでは、有機炭素蓄積速度は最大で約 $0.01 \text{ kgC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ であり、大半の地点で $0.001 \text{ kgC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ のオーダーの値を示した。本研究における有機炭素蓄積速度は、岩屑流堆積物についてはほぼ同等の値を示したが、降下テフラ、洪水堆積物については大きな値を示した。このことは、先に述べたように、これらの堆積物の粒径が比較的細粒で植生が定着しやすく土壌生成が進行しやすいことによるものと考えられる。さらに、欧米の氷河後退地や岩屑流堆積地に比べて、日本列島は温暖湿潤であり、純一次生産量が大きいことも影響していると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計9件)

- ① Imay A., Yoshinaga S., Inagaki Y., Tanaka N. and Ohta S., Proposal for advanced classification of brown forest soils in Japan with reference to the degree of volcanic ash additions, *Soil Science and Plant Nutrition*, 査読有、印刷中
- ② Takahashi M., Ishizuka S., Ugawa S., Sakai Y., Sakai H., Ono K., Hashimoto, S., Matsuura Y. and Morisada K., Carbon stock in litter, deadwood and soil in Japan's forest sector and its comparison with carbon stock in agricultural soils, *Soil Science and Plant Nutrition*, 56, 19-30, 査読有、2010
- ③ 伊藤江利子、相澤州平、阪田匡司、松浦俊也、三浦寛、吉永秀一郎、山田毅、数値地形情報を用いた森林土壌炭素蓄積量の推定—関東・八郷盆地における事例—、*日本森林学会北海道支部大会論文集*, 58, 89-92, 査読あり、2010

- ④ 稲垣善之、吉永秀一郎、山田毅、篠宮佳樹、鳥居厚志、スギ・ヒノキ人工林において間伐後放置された材の重量減少と窒素放出、*森林立地*, 51, 63-68, 査読有、2009
- ⑤ 森貞和仁、1960年代の森林における堆積有機物層について、*関東森林研究*, 60, 査読有、2009

[学会発表] (計10件)

- ① 吉永秀一郎、桜島大正・安永噴火によるテフラの上位に発達した土壌の炭素蓄積速度、*日本ペドロジー学会*、2010年3月20日 くまもと県民交流館パレア
- ② 吉永秀一郎、森貞和仁、日本の森林土壌の初期生成過程における有機炭素蓄積速度、*日本森林学会*、2009年3月26日 京都大学
- ③ 吉永秀一郎、新期降下テフラ上に発達した土壌における有機炭素蓄積速度、*日本土壌肥料学会*、2008年9月9日 名古屋大学
- ④ 吉永秀一郎、阪田匡司、酒井武、日光・千手が原の河畔林における土壌有機炭素の蓄積速度、*日本ペドロジー学会*、2008年4月5日 筑波大学
- ⑤ Morisada K., Estimating the carbon pool dynamics in Japanese sugi plantations using repeated measurements, *International Symposium on Forest Soils and Ecosystem Health*, 2007年8月20日, Australis Noosa Lakes Resort, Queensland, Australia

[図書] (計3件)

- ① 吉永秀一郎、朝倉書店、森林土壌と水質保全、「森林大百科事典」項目分担執筆、2009、77-79
- ② 森貞和仁、朝倉書店、世界の土壌と森林植生分布、「森林大百科事典」項目分担執筆、2009、68-69
- ③ 吉永秀一郎、旬報社、土壌の生成、土壌の分類、「環境事典」項目分担執筆、2008、759-761

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉永 秀一郎 (YOSHINAGA SHUICHIRO)
独立行政法人森林総合研究所・九州支所・
研究調整監
研究者番号：10353913

(2) 研究分担者

森貞 和仁 (MORISADA KAZUHITO)
独立行政法人森林総合研究所・温暖化対応
推進拠点・チーム長
研究者番号：70353886